



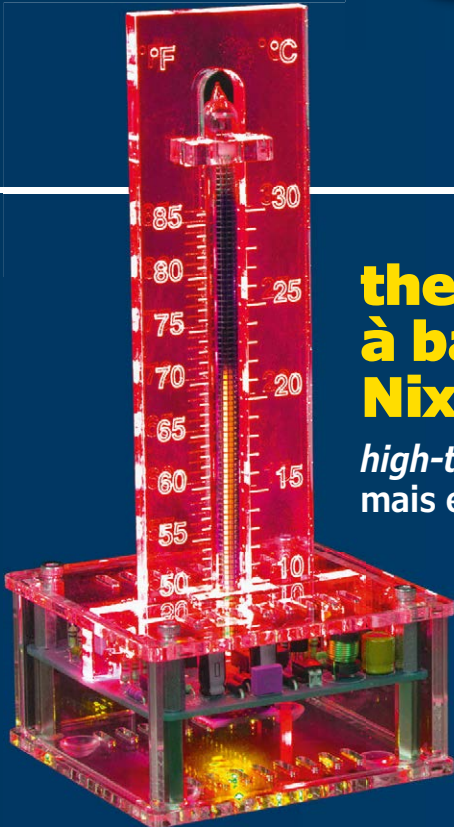
(presque) tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur...

le soudage



radar Doppler expérimental

avec un peu de FFT et DSP pour la mesure de vitesse



thermomètre à bargraphe Nixie

high-tech, mais encore rétro

toupie à main à persistance rétinienne



textes et animations lumineuses librement programmables



Suite d'outils IoT Security

Quand complexité rime avec simplicité

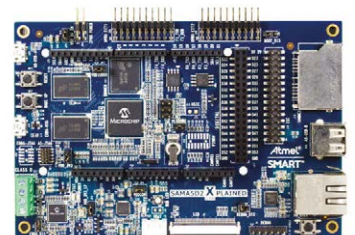


La suite d'outils IoT Security pour le microprocesseur SAMA5D2 permet une utilisation simple et une prise en main rapide de ses fonctionnalités de sécurité avancées, telles que la technologie ARM® TrustZone® et le moteur de chiffrement matériel, sans phase d'apprentissage longue et fastidieuse. La suite couvre les exigences de sécurité pour les fabricants d'objets connectés en un pack unique et facile à utiliser. Il permet le stockage, le chiffrement/déchiffrement et l'échange de clés entre appareils et applications, et ses interfaces de programmes d'application (API) faciles à utiliser vous font gagner un temps précieux.

Caractéristiques

- ▶ **Démarrage fiable** – Démarrage vérifié par racine de confiance (RoT, Root of Trust)
- ▶ **Protection du firmware** – Chiffrement et exécution du firmware authentifié
- ▶ **ID de confiance de l'appareil** – Certificat unique de l'appareil lié à la RoT
- ▶ **Stockage sécurisé** – Stockage sécurisé des clés, certificats et données
- ▶ **Communications sécurisées** – Jumelage des appareils et communications via l'Internet des objets authentifiés
- ▶ **Mise à jour sécurisée du firmware** – Mise à niveau distante du firmware de manière sécurisée

Téléchargez gratuitement le kit d'évaluation de la suite IoT Security pour démarrer.



Carte d'évaluation
Xplained Ultra SAMA5D2
(ATSAMA5D2-XULT)

microchip
DIRECT

 **MICROCHIP**

www.microchip.com/SAMA5D2

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

Téléphone : (+33) 01 70 61 27 41
du lundi au vendredi de 10h à 13h

Télécopie : (+33) 01 70 61 27 42

www.elektor.fr | www.elektormagazine.fr

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

Publicité :

Quentin Bentz
Tél. : (+33) 06 63 31 71 09
quentin.bentz@eimworld.com

DROITS D'AUTEUR :

© 2018 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 éditrice n'accepte aucune responsabilité du fait de l'absence de mention à ce sujet. Conformément à l'art. 30 de la Loi sur les Brevets, les circuits et schémas publiés dans Elektor ne peuvent être réalisés que dans des buts privés ou scientifiques et non commerciaux. L'utilisation des schémas n'implique aucune responsabilité de la part de la Société éditrice. La Société éditrice n'est pas tenue de renvoyer des articles qui lui parviennent sans demande de sa part et qu'elle n'accepte pas pour publication. Si la Société éditrice accepte pour publication un article qui lui est envoyé, elle est en droit de l'amender et/ou de le faire amender à ses frais; la Société éditrice est de même en droit de traduire et/ou de faire traduire un article et de l'utiliser pour ses autres éditions et activités, contre la rémunération en usage chez elle.

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



Promenons-nous dans les bois...

C'est l'été, le moment idéal pour une sylvothérapie. Il paraît que les bains de forêt permettent de se relaxer et de renforcer son système immunitaire. Un tour dans les bois ne devrait être que bénéfique. Enfin presque... Une tique a peut-être élu domicile sur une de vos jambes. Toutefois vous allez pouvoir aider la science en signalant vos piqûres sur une appli (ou un site web) et en envoyant les tiques à des chercheurs.

Ce projet de recherche participative sur les tiques, baptisé *CITIQUE*, a pour objectif de mieux connaître ces acariens porteurs d'agents infectieux transmissibles à l'homme et à l'animal, dont les bactéries responsables de la maladie de Lyme. Le recensement des piqûres en 2017 a permis d'établir une carte de la présence des tiques en France (par département).

Participez à la collecte. Pour une fois, vous partagerez vos données personnelles (âge, sexe, localisation) de votre plein gré. Vos informations seront précieuses pour alimenter une base de données unique en France, accessible à tous les chercheurs : une tiquothèque (www.citique.fr).

J'ai découvert ce projet lors d'une journée consacrée à la santé connectée. Ce stand était « perdu » au milieu des piluliers connectés, des systèmes domotiques d'*activité-métrie*, des cabines de téléconsultation et des robots chirurgiens. Ces projets sont à la fois enthousiasmants et déroutants. Un projet auquel on peut participer activement a un côté rassurant.

Bonne balade

Mariline Thiebaut-Brodier

PS Elektor Labs (ou labo d'Elektor), le site où les lecteurs d'Elektor partagent leurs expérimentations et réalisations a bien grandi, assez pour montrer le bout de son nez sur la couverture d'Elektor. Encore un site de recherche collaborative !

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 :	Pascal Godart, Robert Grignard, Denis Lafourcade, Denis Langrand, Jean-Louis Mehren, Denis Meyer, Hervé Moreau, Helmut Müller, Xavier Pfaff
Service de la clientèle :	Cindy Tijssen
Graphistes :	Giel Dols, Mart Schroijsen, Patrick Wielders
Elektor en ligne :	Daniëlle Mertens



48

5 bientôt dans Elektor

9 agenda

juillet-août 2018

12 Q & R

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

43 puce pour jeu vidéo GI AY-3-8500

drôle de composant n°37

58 vol tous azimuts

piloté par Clemens Valens

106 Rétronique

initiation aux microprocesseurs avec le Kosmos CP1 (1983), prise en main en douceur

110 questions d'éthique

un zettaoctet de données pour régner dans le plus grand secret

112 l'e-choppe d'Elektor

114 hexadoku

casse-tête pour elektorniciens

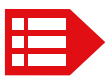


thermomètre à bargraphe Nixie

30

high-tech, mais encore rétro

La fascination des tubes de type Nixie perdure. Après l'horloge Nixie pilotée par GPS d'Elektor de mai 2016 [1] et celle à tubes VFD [2] de mai/juin 2018, synchronisée par l'internet, on change de genre avec un tube moins connu : le russe IN-9. Il s'agit d'une colonne qui s'éclaire sur une hauteur variable. Ce tube a entre autres servi de vumètre. Comme il n'affiche pas de chiffre, ce n'est pas un authentique Nixie, mais comme il contient aussi un gaz noble, il offre le même chatoyement chaud et une pareille allure rétro.



en coulisse

11 bruits de labo...

réparation d'un module Wi-Fi avec des prises CMS MHF4

26 projet 2.0

corrections, mises à jour et courrier des lecteurs

56 electronica Fast Forward 2018

la startup lauréate du prix e-ffwd 2016, deux ans après

72 trucs et astuces

interrupteur pour porte transformé en détecteur d'eau

82 concours de projet ESP32 de 2018

les gagnants

84 sélection d'Elektor

oscilloscope, endoscope et IdO : mesurer, inspecter et communiquer

86 framboise aromatisée à l'orange

économique, pratique, bonne !

92 hors-circuits de R. Lacoste

modulations numériques : le BA-B.A. GMSK, OQPSK, QAM, OFDM & Cie

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

le soudage



radar Doppler expérimental

avec un peu de FFT et DSP
pour la mesure de vitesse

- 30** thermomètre à bargraphe Nixie
high-tech, mais encore rétro
- 38** outil de débogage du bus CAN
CAN 2GO : facile à utiliser et pas cher
- 44** CN/A audio et commande de volume
pour RPi d'Elektor
ajustements et mises à jour
- 48** radar Doppler expérimental
avec un peu de FFT et DSP
pour la mesure de vitesse
- 62** shield SDR 2.0 d'Elektor
syntonisation et réception
- 69** cadre de serrage
pour le soudage par refusion
une réalisation personnelle très économique
- 74** toupie à main à persistance rétinienne
carrousel d'animations
- 100** Laser Time Writer
le retour de l'horloge à laser...

toupie à main à persistance rétinienne carrousel d'animations

À vrai dire, les toupies à main sont passées de mode. Mais celle-ci affiche des textes et des animations lumineuses librement programmables. Voilà qui devrait donner un regain d'intérêt pour les toupies cet été...

74



 bientôt sur ces pages

sur la scène : les projets

- 6** simple détecteur de hauteur de son
que du bon air !
- 15** indication de position
sur fraiseuse ou tour
avec Platino
et des règles de mesure numériques
- 22** radio RNT (DAB) sur clé DVB-T
transformez une clé USB DVB-T bon marché
en radio numérique terrestre avec Welle.io

Extrait du sommaire du prochain numéro :

- Adaptation USB-DMX
- Alimentation fantôme
- Commande de LED avec serveur ESP8266
- Détecteur de pluie
- Fondus lumineux à LED
- Machine à cocktails connectée
- Portique de commande numérique à trois axes
- Poste de soudage fait maison
- Etc.

Sous réserve de modification.

Le numéro de septembre-octobre 2018 paraîtra le 23 août 2018.

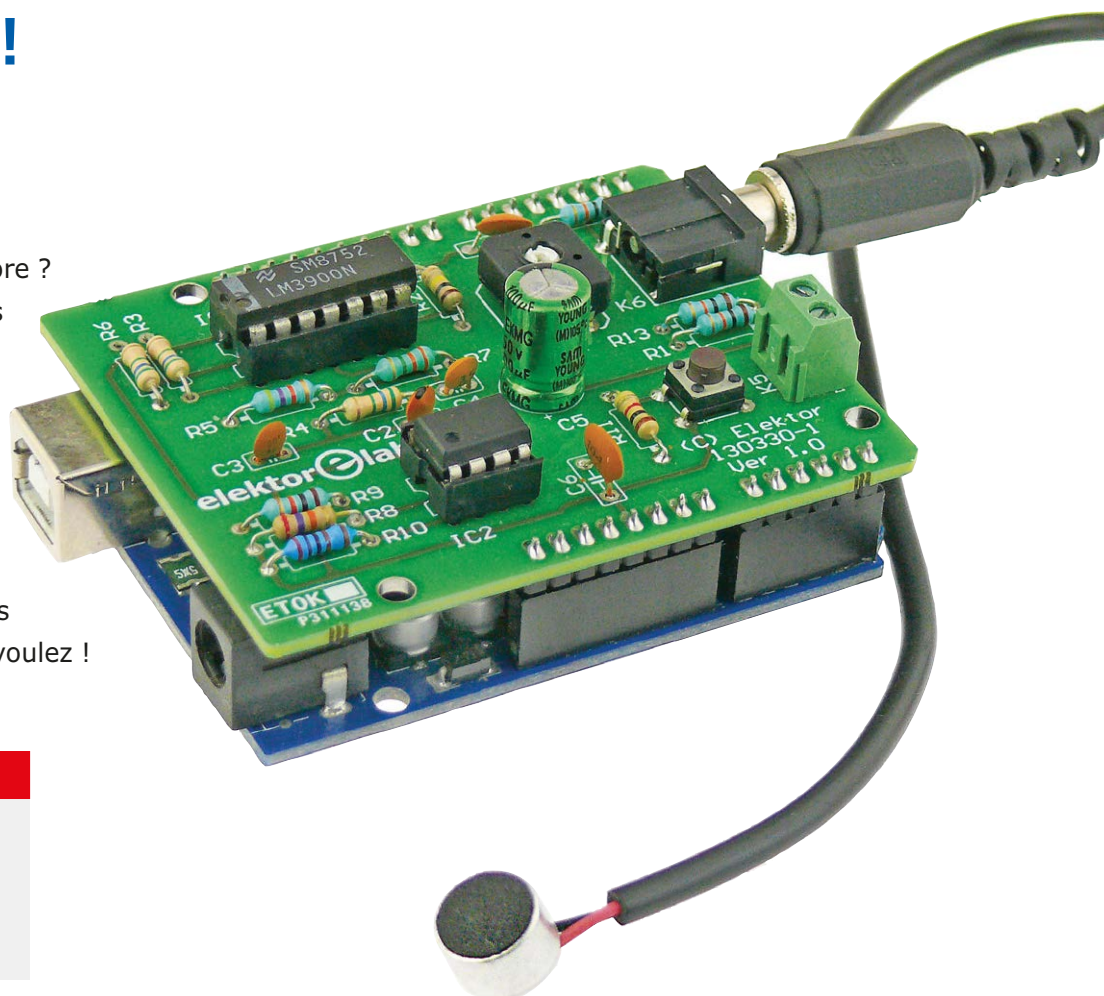
12



simple détecteur de hauteur de son que du bon air !

Sunil Malekar (labo d'Elektor)

Vous chantez comme la Castafiore ? Un logiciel correcteur de fausses notes comme Auto-Tune transformera vos beuglements aigus en douce sérénade. Quant aux grincements de porte que vous imitez si bien au violon, le circuit présenté ici saura les sublimer en vibratos mélodieux ou en... ce que vous voulez !



Caractéristiques

- Détection de la hauteur sur cinq octaves
- Augmente/diminue les octaves
- Précision limitée
- Personnalisable

L'idée de ce projet m'est venue en feuilletant « 301 circuits », le deuxième des livres de la populaire collection « 300 circuits » publiée par Elektor. Dans la description du projet n° 14 appelé *Easy Music*, l'auteur explique comment son petit circuit peut produire différentes formes d'onde à partir d'une mélodie sifflotée à l'entrée. L'étage de sortie comprend un amplificateur de puissance rudimentaire et un haut-parleur.

De nos jours, si vous cherchiez à concevoir un circuit similaire, la première chose que vous feriez est d'appeler un Arduino en renfort, et c'est précisément ce que j'ai fait. Autrement dit j'ai associé neuf et ancien (**fig. 1**). L'ancien est l'étage d'entrée du projet *Easy Music*, le neuf est une carte Arduino Uno (ou AVR Playground) exécutant un programme d'estimation de la hauteur du son.

Un panachage matériel et logiciel bien dosé

Le signal d'entrée (d'un microphone p. ex.) est appliqué sur K6 via l'ajustable P1 commandant la sensibilité de l'entrée. D'abord transformé en mono s'il est stéréo, le signal est amplifié par IC1.B, puis par IC1.A (cf. **encadré**). S'il n'est pas trop complexe, c.-à-d. s'il n'a pas plus de deux passages par zéro par période – cas d'un sifflotement typique – sa forme devrait alors être proche de celle d'une onde rectangulaire. IC2.A, un comparateur rapide, raidit fortement les flancs, ce qui permet des mesures de fréquence précises.

Le reste du processus est pris en charge par le programme qu'exécute le microcontrôleur. La broche d'entrée 8 (PB0 sur l'ATmega328) est surveillée en continu ; dès qu'un front montant ou descendant

est détecté, le programme compte les microsecondes écoulées. Le front suivant de même type, donc montant ou descendant, indique la fin de la période et arrête le compteur. La période mesurée est convertie en une valeur de fréquence que le programme compare aux valeurs rangées dans un tableau de notes (fréquences). La valeur la plus proche détermine la fréquence du signal ensuite produit sur la broche 11 (PB3). Ce signal sert d'entrée à un autre système de traitement du signal (retard, effet chœur, autre).

Calcul de la période

La fréquence du signal d'entrée est mesurée à l'aide d'interruptions produites par changement d'état d'une broche. Puisqu'avec l'ATmega328 ce type d'interruption est déclenché à la fois sur

front montant et descendant, la routine d'interruption ne prend en compte qu'une interruption sur deux, ce qui est o-k si le signal d'entrée ne contient pas plus de deux passages par zéro par période. Les interruptions acceptées sont horodatées avec la fonction `micros()` d'Arduino, la période du signal d'entrée étant alors donnée par la différence de temps entre deux interruptions.

Les surprenantes joies du zap

Un octet ne pouvant stocker une valeur supérieure à 255, il faut plus d'un octet pour sauvegarder la valeur (en μs) de la période mesurée ; 1 kHz équivaut p. ex. à une période de 1000 μs . Pour couvrir l'intervalle des fréquences possibles, la période est stockée dans une variable de 32 bits, soit 4 octets (le type « 24 bits » n'est pas disponible).

Puisque nous utilisons des interruptions, il est possible qu'une partie du programme

veille mettre à jour la variable `period` au moment même où une autre partie du code lit son contenu pour le convertir en note. Car, hélas pour nous, c'est octet par octet que le contrôleur traite les valeurs multioctets, ce qui signifie que ce traitement peut être interrompu entre deux octets. Autrement dit, la routine d'interruption ayant priorité, il se peut qu'elle modifie le contenu de `period` au moment même où ce contenu est lu par une autre fonction. C'est comme si un changement de chaîne inopiné de la part de votre conjoint(e) complétait « *Mais y connaît pas Raoul ce mec ! Y va avoir un réveil pénible...* » par : « *...avec notre nouvelle crème hydratante.* » Notre programme pourrait, de la même façon, produire des résultats inattendus.

Opérations atomiques

Nous évitons cette situation en plaçant la partie sensible du code dans un

INFOS SUR LE PROJET

Musique

détecteur de hauteur de son

MIDI

➔ débutant

connaisseur

expert

env. 2 h

Poste de soudage,

Arduino Uno,

ordinateur avec EDI Arduino

env. 20 €

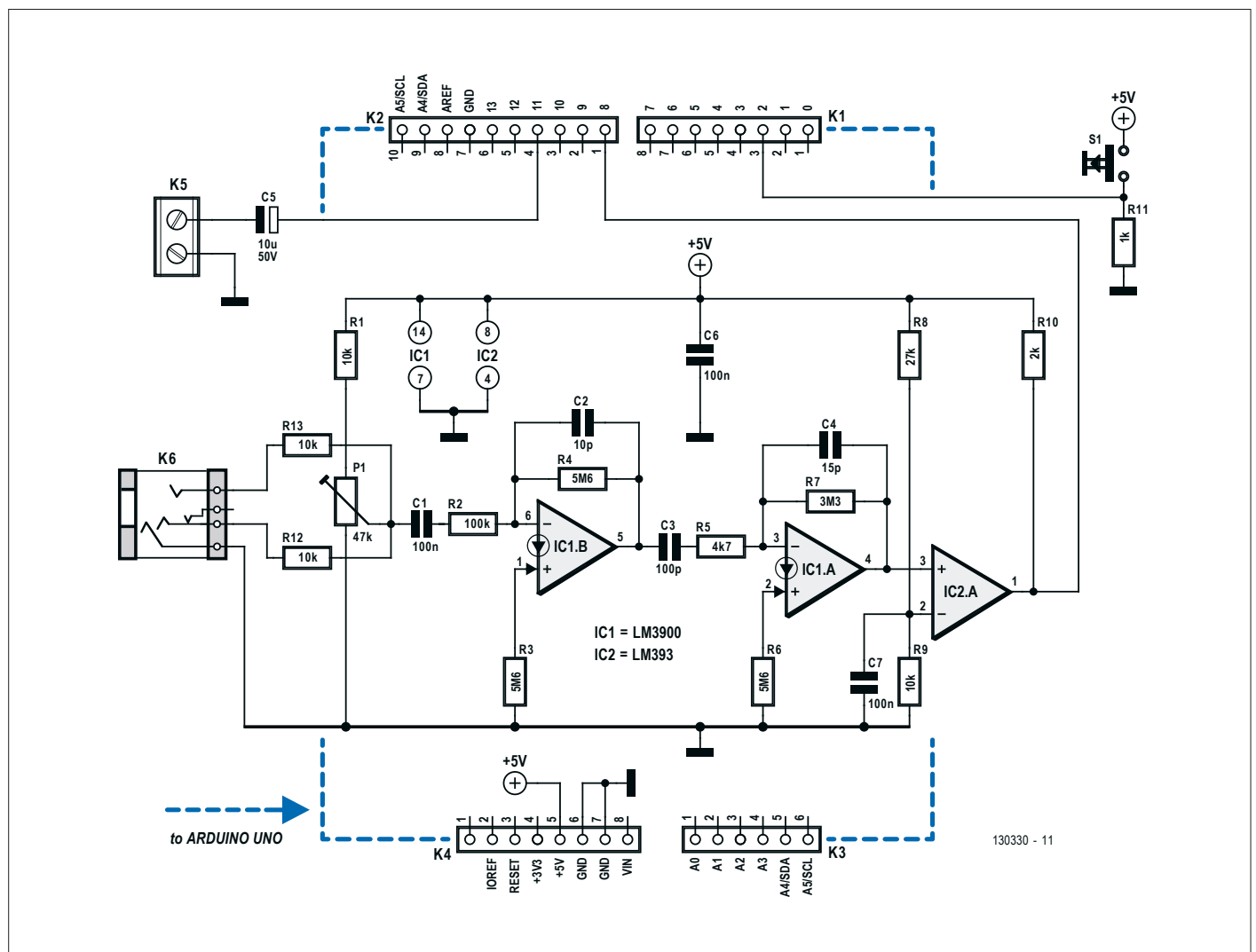
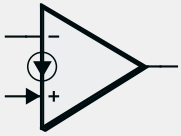


Figure 1. Aidons les jeunes : un vieux LM3900 de 40 ans pilote le détecteur de hauteur reposant sur un Arduino récent.

Flash Rétronique : l'amplificateur de Norton LM3900

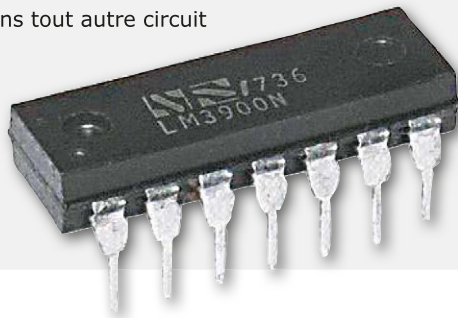


L'étage d'entrée étant un copier-coller d'un circuit vieux de 40 ans, rien d'étonnant à ce qu'on y trouve un composant plus guère utilisé de nos jours. Si ce copier-coller a été possible, c'est que le LM3900 travaille sous tension unique, une caractéristique rare parmi les circuits à AOP de l'époque, mais qui était justement sa principale raison d'être. Nous

aurions pu le remplacer par un AOP à tension unique moderne, mais c'était l'occasion de mettre en vedette ce grand classique du début des années 1970, d'ailleurs toujours fabriqué et facile à trouver.

On appelle le LM3900 un amplificateur de Norton – d'après le théorème éponyme – car contrairement aux AOP habituels qui amplifient la différence de tension entre leurs entrées, le LM3900 amplifie la différence de courant traversant ses entrées. Comme il a des sorties en tension, des résistances sont nécessaires pour convertir la tension de sortie en courants d'entrée. Le rapport entre la résistance montée entre l'entrée positive et la masse (R3/R6 sur la figure 1) et la résistance de contre-réaction (R4/R7) détermine le niveau de sortie CC. La nature singulière du LM3900 empêche bien sûr de le remplacer par « cet autre ampli-op que j'avais sous la main » – ni ici, ni dans tout autre circuit l'utilisant.

La note d'application AN-72 de Texas Instruments (*The LM3900: A New Current-Differencing Quad of Plus or Minus Input Amplifiers*) explique son fonctionnement. Le LM359 est la version (double) rapide du LM3900.



bloc dit atomique. Atomique signifie ici que le contrôleur exécute le bloc sans interruption.

```
#include <util/atomic.h>
uint32_t _period;
ATOMIC_BLOCK(ATOMIC_RESTORESTATE)
{
    _period = period;
}
```

La valeur contenue dans `period` est copiée dans une variable elle aussi de 4 octets qui, désormais hors de portée de la routine, peut être utilisée sans crainte.

Les opérations atomiques s'avèrent essentielles dès lors que plusieurs fils (*threads*) ou tâches partagent les mêmes ressources (mémoire, port d'E/S, etc.) Beaucoup l'ignorent, pourtant, comme le montre la directive de compilation `#include` ci-dessus, il est tout à fait possible de les utiliser dans un code Arduino.

Recherche dichotomique

Reste à appairer cette période à une note. Pour cela le programme cherche



LISTE DES COMPOSANTS

Résistances

Par défaut : 0,25 W, 5 %
 R1, R9, R12, R13 = 10 kΩ
 R2 = 100 kΩ
 R3, R4, R6 = 5,6 MΩ
 R5 = 4,7 kΩ
 R7 = 3,3 MΩ
 R8 = 27 kΩ
 R10 = 2 kΩ (ou 2,2 kΩ)
 R11 = 1 kΩ
 P1 = potentiomètre ajustable 47 kΩ

Condensateurs

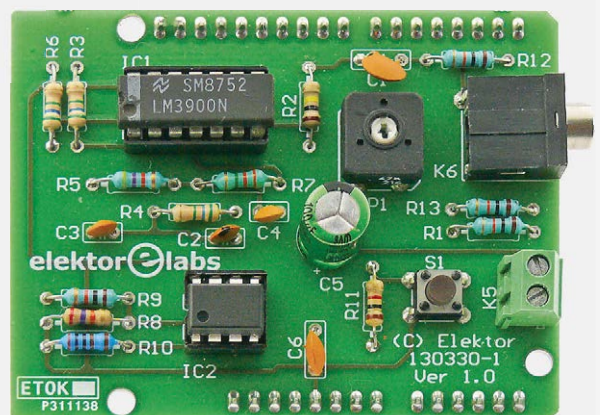
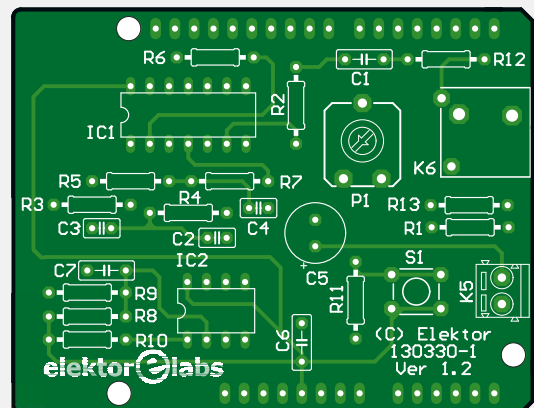
C1, C6, C7 = 100 nF, pas de 5 mm
 C2 = 10 pF, pas de 2,5 mm
 C3 = 100 pF, pas de 2,5 mm
 C4 = 15 pF, pas de 2,5 mm
 C5 = 100 μF, 50 V, pas de 2 mm

Semi-conducteurs

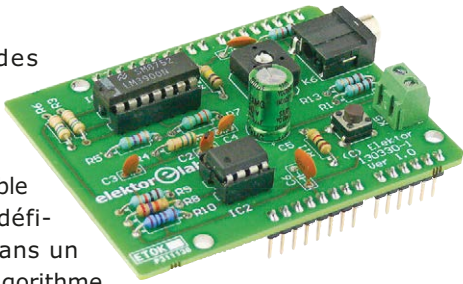
IC1 = LM3900
 IC2 = LM393

Divers

K1, K4 = barrette mâle à 8 broches, pas de 2,54 mm
 K2 = barrette mâle à 10 broches, pas de 2,54 mm
 K3 = barrette mâle à 6 broches, pas de 2,54 mm
 K5 = bornier à 2 vis, au pas de 3,5 mm
 K6 = prise pour jack stéréo, 3,5 mm, encartable
 Support de CI DIP à 14 broches pour IC1 (optionnel)
 Support de CI DIP à 8 broches pour IC2 (optionnel)
 Circuit imprimé, réf. 130330-1



la meilleure des correspondances entre la valeur mesurée et un ensemble de valeurs prédéfinies rangées dans un tableau trié. L'algorithme



compare d'abord la valeur entrée à la valeur située au milieu du tableau. Si elle est plus petite, la même comparaison est de nouveau effectuée en prenant cette fois-ci pour tableau la première moitié du tableau précédent. Si elle est plus grande, c'est la moitié supérieure qui est considérée. La procédure est répétée jusqu'à ce qu'une correspondance soit trouvée ou que le tableau ne puisse plus être divisé en deux, autrement dit qu'il ne reste plus qu'un seul élément. Notre tableau contenant 128 notes, une telle recherche par dichotomie demande en moyenne 6 itérations ($\log_2(n) - 1$, avec $n = 128$), ce qui est plutôt rapide.

Effet octaver

Le poussoir S1 relié à la broche 2 (PD2) de l'Arduino (fig. 1) commande la fonction « octaver », un effet bien connu des joueurs de basse. Une pression répétée sur ce bouton active successivement le diviseur de fréquence avec les valeurs 1, 2, 4 et 8, produisant ainsi un signal de sortie ayant la même fréquence que celle du signal d'entrée, ou un signal diminué de 1, 2 ou 3 octaves.

À vous de jouer

Vous pouvez utiliser le signal de sortie tel quel, ou le traiter d'une façon quelconque, ou modifier le tableau des fréquences, ou encore donner une autre fonction au poussoir. Les pistes à explorer ne manquent pas.

L'ajout d'une sortie MIDI en est une autre. Le port série est libre, tout ce que vous avez à faire est d'ajouter une table de correspondance entre les notes et le code MIDI, et de produire les messages *note off* et *note on* adéquats. Si vous aimez la difficulté, essayez d'améliorer la détection de la fréquence lorsque les signaux d'entrée sont plus complexes qu'un simple sifflement de forme sinusoïdale. Cela dit, une détection imparfaite ajoute au système une touche d'improvisation intéressante. ◀

(130330 - version française : Hervé Moreau)

Lien

[1] www.elektormagazine.fr/130330

@ **WWW.ELEKTOR.FR**

→ circuit imprimé vierge
pour *shield* détecteur de hauteur
www.elektor.fr/130330-1

→ AVR Playground
www.elektor.fr/129009-72

→ Arduino Uno
www.elektor.fr/ArduinoUno



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.

juillet-août 2018

◇ 3^e Symposium du génie électrique

Réunion des trois principaux colloques francophones du génie électrique (EF, EPF et MGE)
03 au 05/07 – Nancy
<https://sge2018.sciencesconf.org/>

◇ Japan Expo Paris

Festival des loisirs japonais
05 au 08/07 – Paris
www.japan-expo-paris.com/fr/



◇ Maker Faire Nantes 07 au 09/07 – Nantes

www.lesmachines-nantes.fr

(Crédit photo :
Maker Faire Nantes,
Darnel Lindor)

◇ Fab City Summit

11 au 13/07 – Paris
<https://summit.fabcity.paris>

◇ Salon du véhicule électrique et hybride

12 au 15/07 - Val d'Isère
www.salon-vehicule-electrique.com

◇ Fab Distributed

14 au 15/07
Bataville (éducation), Saclay (science et recherche),
Auray (écologie, solidarité), Cahors (énergie),
Albi (agroalimentaire) Perpignan (économie),
Le Puy-en-Velay (mobilité)
<http://distributed.fab14.org>

◇ 14th International Fab Lab Meeting

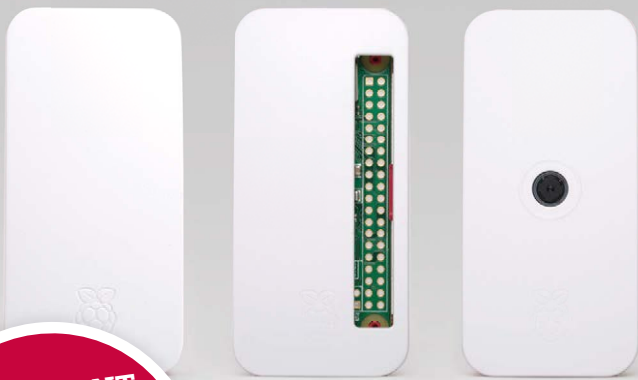
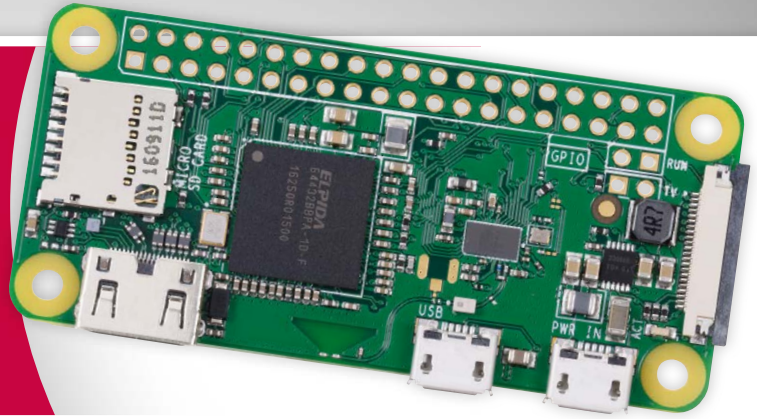
16 au 22/07 – Toulouse
<http://fab14.org>

◇ CIGRE

Conseil international des grands réseaux électriques
23 au 31/08 – Paris
www.cigre.org

ABONNEZ-VOUS ET RECEVEZ

RPI ZERO W GRATUIT



SEULEMENT
54,95 €
PAR AN
(6 NUMÉROS)

TOUS LES 2 MOIS, LES DERNIÈRES NOUVELLES DU RASPBERRY PI ET LES MEILLEURS PROJETS !

Souscrivez dès maintenant un abonnement d'un an au magazine MagPi, nous vous offrons :

- Six numéros du magazine MagPi
- Une carte Raspberry Pi Zero W
- Un boîtier avec trois couvercles différents
- Un connecteur pour module de caméra
- Un câble HDMI/mini-HDMI et un câble micro-USB/USB OTG

Vos avantages :

- Prix au numéro réduit
- Chaque numéro directement dans votre boîte aux lettres
- Cadeau de bienvenue d'une valeur de 22,95 €
- Découverte de chaque nouveau numéro avant sa sortie en kiosque



ABONNEZ-VOUS : WWW.MAGPI.FR

réparation d'un module Wi-Fi avec des prises CMS MHF4

Il y a quelques semaines, j'ai acheté un nouvel ordinateur portable. Pour pouvoir expérimenter avec d'autres systèmes d'exploitation, je voulais avoir un module Wi-Fi « plus compatible » que celui intégré. Pas de problème : j'ai cherché et sélectionné un module approprié, je me suis connecté sur eBay et, en deux temps trois mouvements il était mien. Il ne me reste qu'à faire l'échange et tout sera prêt...

Thomas Scherer (Allemagne)

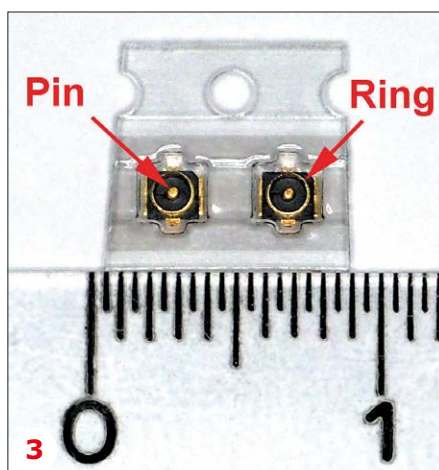
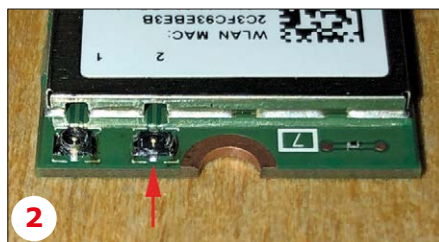
Ce n'est pas si simple ! Avant de triompher, les dieux de la miniaturisation vous obligent à vous frotter à des composants minuscules. Si ce type de module Wi-Fi récent est déjà devenu lilliputien grâce au connecteur M.2-PCIe de seulement 2,1×3,0 cm, cela est particulièrement vrai pour les connexions HF. Après avoir ouvert le nouvel ordinateur portable, je n'ai pas été trop étonné par le minuscule connecteur RF des deux câbles d'antenne. Un petit tournevis m'a aidé à le soulever du circuit. Puis, l'ancien module Wi-Fi a été remplacé par le nouveau et les câbles d'antenne rebranchés. Dans mon esprit, j'avais quasiment fermé l'ordinateur portable et redémarré lorsque je me suis aperçu que le deuxième câble d'antenne persistait à ne pas rester branché sur sa prise. Que se passait-il donc ?

Connecteurs et prises femelles

Les prises femelles étaient vraiment bien plus petites qu'auparavant (il y a trois ans !). Tel un vieux fan de Sherlock Holmes, une loupe m'a mis sur la voie : en soulevant le connecteur, j'avais arraché l'anneau métallique extérieur de la prise femelle. Il restait dans le connecteur et empêchait le branchement d'une prise intacte. La **photo 1** montre la petite bague en métal maléfique. Vous voyez bien : $\varnothing = 1,35$ mm ! Sur la **photo 2**, vous pouvez voir que la prise RF de droite de l'ancien module était cassée. En fait, ce n'était qu'un demi-mal, car le second câble d'antenne pouvait être branché et le nouveau module Wi-Fi fonctionnait magnifiquement.

MHF4

Un électronicien pourrait considérer ce module Wi-Fi d'origine esquiné comme



un dommage collatéral suite une chirurgie à cœur ouvert sur un ordinateur portable - ou bien envisager cela comme un défi. Vous auriez certainement fait comme moi : chercher sur l'internet des

prises CMS RF appropriées. Cela m'a appris que les « anciennes » et habituelles prises U.FL, de quand même 2 mm de diamètre, sont dorénavant remplacées par les prises dénommées MHF4 [1] avec ce diamètre diabolique de 1,35 mm. Et on trouve ces choses facilement. Par paquets de mille. Mais heureusement, de temps en temps aussi à l'unité. Donc par mesure de précaution, j'ai commandé deux pièces à 0,80 € (+ 4,95 € de port) et j'ai préchauffé le fer à souder.

Soudage

En principe, je n'ai pas peur des petits composants, au contraire je dispose de bonnes pinces brucelles et d'un souffleur d'air chaud pour le brasage. « Tout ce qui dépasse 1 mm doit être réalisable ! » était ma devise. Alors j'ai ouvert le fin emballage de la **photo 3** et sorti un exemplaire avec mes brucelles. Flûte ! - et le premier exemplaire a atterri sur l'immensité du plancher. Avec plus de précautions et encore plus de lenteur, j'ai réussi à dessouder l'ancienne prise défectueuse en la chauffant et en l'essuyant. J'ai aussi réussi à appliquer la nouvelle prise MHF4 (restante) en utilisant beaucoup d'air. L'ancien module Wi-Fi a été sauvé.

Mais honnêtement : je ne recommencerais pas une autre fois, parce que l'investissement (en temps) et l'importance de la concentration pour garder une main ferme ne valent vraiment pas le résultat. Je retiens la leçon. Je suis quand même fier d'y être parvenu ! ◀

(160645 - version française : Denis Langrand)

Lien

[1] [Fiche technique de la prise coaxiale Murata MHF4, type MM4829-2702 : https://bit.ly/2q77B3B](https://bit.ly/2q77B3B)



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

le soudage

Réponses de **Thijs Beckers, Luc Lemmens** et **Jan Visser** (labo d'Elektor)



- Support : petites pastilles ou large plan de masse.
- Vitesse de fer : pour un soudage « lent » (c.-à-d. avec un temps de contact panne-composant long), réglez le fer sur une température relativement basse ; pour un soudage « rapide », utilisez une température élevée. Un brasage trop chaud entraîne une évaporation du flux ou une surchauffe du composant.

Q Comment éviter que la brasure ne ternisse ?

R La température et le temps de chauffe doivent être corrects. Avant d'ajouter la brasure, assurez-vous que les surfaces métalliques à assembler soient bien préchauffées, c.-à-d. que leur température atteigne (presque) le point de fusion de l'étain. Sinon le flux risque de s'évaporer avant même de faire effet. Notez que les brasures à l'étain conformes à la directive RoHS ternissent toujours.

Q Quel fer à souder choisir ?

R Du fer-crayon de 8 W au fer à pyrograver de 150 W, tout dépend de votre objectif. Si vous ne soudez qu'occasionnellement et uniquement pour de petits projets, un fer à souder électrique bon marché de 25 à 40 W suffit. La panne d'un fer de moins de 40 W est habituellement étroite et convient donc au brasage des composants électroniques. Au-delà de cette puissance, la panne est souvent encombrante, donc peu maniable. Si vous soudez régulièrement un grand nombre de composants, et en particulier des CMS, il est recommandé d'utiliser un fer d'environ 100 W doté d'un réglage de température. Généralement livré avec diverses pannes, ce type de poste de soudage convient à la réalisation de soudures aussi bien fines que larges. Si un poste générique d'entrée de gamme vous tente, gardez à l'esprit que vous pourriez avoir du mal à lui trouver des pannes de rechange. Bien qu'un prix bas ne soit pas forcément synonyme de mauvaise qualité, ne courez pas après les économies si vous souhaitez profiter longtemps de votre poste.

Q Quelle est la température idéale pour un fer à souder ?

R Elle dépend de plusieurs facteurs :

- type de la brasure : étain-plomb (point de fusion plus haut) ou sans plomb (point de fusion plus bas).
- Épaisseur de la panne / capacité de chauffe / construction de l'élément chauffant / qualité du poste de soudage.

Q Quel est le meilleur fil à braser ?

R La réponse est subjective. Au labo d'Elektor, nous utilisons du fil étain-plomb à cœur de résine (flux) pour nos prototypes – le flux nettoie les surfaces d'assemblage et garantit un bel étalement de la brasure. Notez que l'utilisation de l'étain au plomb est encore autorisée dans les prototypes, mais pas en production ! Nous utilisons du fil de 0,8 à 1 mm de diamètre pour les traversants ; le 0,5 mm donne de bien meilleurs résultats avec les CMS.

Q Quand utilisez-vous de la pâte à braser ?

R Surtout lorsque nous utilisons un four à refusion ou une station (pistolet/fer) à air chaud. Parfois un distributeur

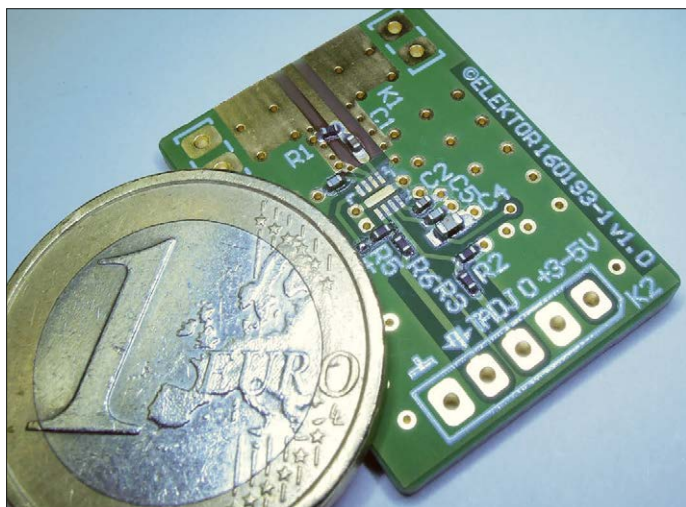


ou un objet pointu s'avèrent pratiques pour appliquer à l'avance la pâte à un endroit difficilement accessible.

Q Pourquoi utilisez-vous du flux ?

R Le flux rompt la tension de surface de l'étain fondu et facilite l'écoulement de la brasure. Il a aussi un léger effet nettoyant et décapant sur les surfaces métalliques, d'où une meilleure adhésion de l'étain.

Il existe plusieurs types de flux, chacun de composition chimique différente. Un flux *no-clean* (sans nettoyage) ne requiert pas de post-traitement. Les autres types de flux doivent être retirés



après brasage, car ils sont (légèrement) conducteurs et leur effet décapant peut persister, donc altérer la qualité des connexions.

Q Comment garder mon fer propre ?

R Retenez avant tout qu'une panne contaminée ou corrodée gêne le transfert de chaleur vers la brasure, et donc nuit à sa qualité. Essayez donc régulièrement votre panne, de préférence après chaque brasage d'une connexion, sur une éponge humide ou sur de la laine d'acier.

Ne chauffez pas inutilement votre fer et débranchez-le dès que vous avez terminé. Une surface chaude s'oxyde plus vite, de plus les résidus de flux carbonisent et forment des petits points noirs dans l'étain.

Si vous utilisez une éponge humide (pas mouillée !), essayez rapidement votre panne pour ne pas trop la refroidir (et ne pas brûler l'éponge...), car dans ce cas l'étain se solidifierait et serait mal essuyé.

Si vous utilisez de la laine d'acier, brossez doucement la panne – la récurer comme une casserole l'endommagerait irrémédiablement, voire décaperait son revêtement métallique.

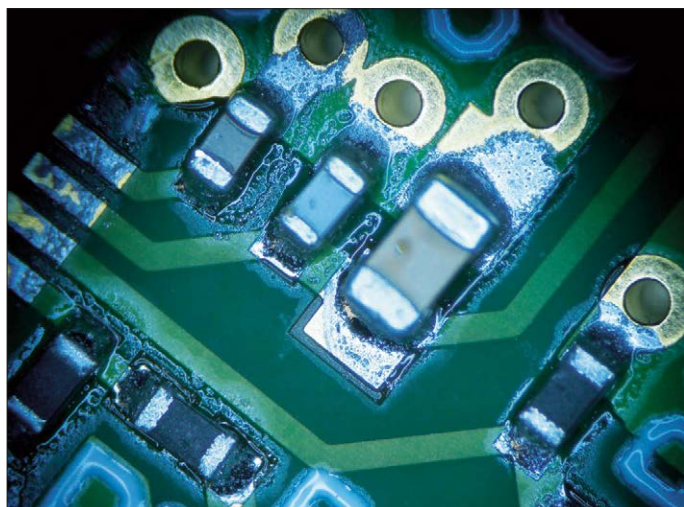
Un produit comme Tip Activator peut débarrasser une panne de contaminations et oxydations tenaces. On trempe la panne chauffée dans l'activateur avec un léger mouvement de va-et-vient, puis on l'essuie sur une laine d'acier. On étame ensuite la panne avec une généreuse dose de brasure fraîche, on l'essuie à nouveau, puis on l'étame une nouvelle fois, cette fois-ci légèrement. On peut aussi utiliser du flux (l'activateur coûte

assez cher), mais dans ce cas il faut souvent plusieurs cycles de nettoyage pour obtenir un bon résultat.

Note : les décapants sont normalement inutiles si la panne est nettoyée régulièrement ; donc inspectez-la soigneusement avant et après chaque session. À la longue, la dégradation du revêtement de la panne est toutefois inévitable. Il faut alors la remplacer.

Q Comment dessouder ?

R Utilisez un fer à souder normal, avec éventuellement une pompe aspirante (électrique ou manuelle) et/ou un fer



à dessouder (avec si nécessaire un supplément de flux) pour retirer autant de soudure que possible.

Un pistolet ou un fer à air chaud peuvent également servir à dessouder des traversants. On chauffera p. ex. simultanément les trois pattes d'un transistor pour le retirer en une seule passe. Attention toutefois à ne pas toucher le plastique d'un boîtier ou d'un fil proches, le plastique peut fondre ou brûler plus vite qu'on ne l'imagine.

Si le composant à dessouder peut être sacrifié, il est souvent pratique de couper ses broches avant de les dessouder une par une. Il faut ensuite retirer autant de soudure que possible à l'aide de la pompe ou avec de la tresse à dessouder. Une tresse laisse des résidus de résine sur la surface, qu'il faut donc nettoyer à l'aide d'alcool isopropylique ou de nettoyant « spécial circuit imprimé » avant d'y monter de nouveaux composants.

Q De quoi ai-je besoin pour souder des CMS ?

R Un petit fer à panne mince et du fil fin à cœur de résine peuvent suffire pour les CMS d'une certaine taille, mais plus le composant est petit, plus le soudage devient difficile (cf. photos). Une résistance de taille 0805 aura ainsi tendance à coller à la panne. De même, plus le pas des broches d'un circuit intégré est petit, plus le risque de former des ponts de soudure est grand. On peut éviter ces aléas, mais à partir d'une certaine taille la seule option possible est le recours à la pâte à braser et au pistolet à air chaud, voire au four à refusion. De plus, les connexions de certains CMS (en particulier celles

des circuits intégrés) sont inaccessibles avec un fer à souder. On trouve des stations à air chaud de qualité acceptable pour moins de 100 €. La plupart des composants ne justifient pas l'acquisition d'un four, mais un four à refusion est indispensable pour la production de petites séries ou de grandes cartes.

Q Comment souder un composant en boîtier BGA ?

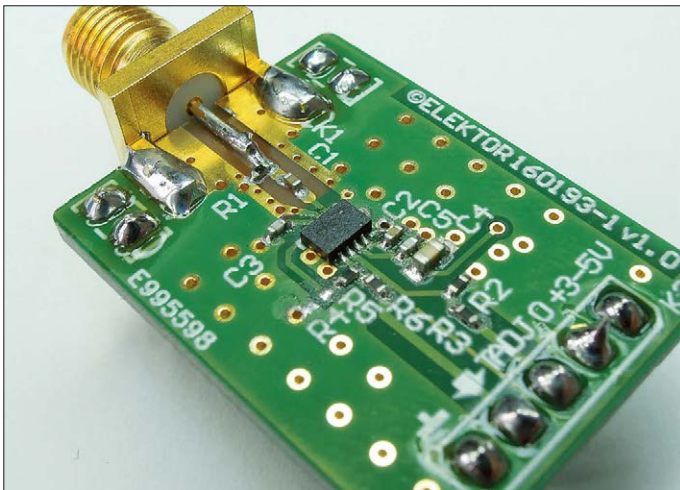
R Un composant à BGA (*Ball Grid Array*) ne peut être soudé que dans un four ou au moyen d'une station à air chaud. Trois facteurs sont déterminants : la quantité de brasure (c.-à-d. le diamètre des billes), la propreté des pastilles (qui doit être parfaite, donc retirez toute trace de brasure à l'aide d'une tresse à dessouder) et enfin la température, qui doit être suffisamment élevée pour garantir l'assemblage de toutes les connexions. Supposons donc que vous disposiez d'un composant BGA neuf avec des billes de diamètre adapté aux connexions, ainsi que

de l'alcool isopropylique (ou utilisez un bain à ultrasons). Par sécurité, vérifiez qu'aucun court-circuit ne s'est formé entre l'alimentation et la masse.

Q Ai-je besoin d'une hotte aspirante ?

R Les vapeurs qui émanent d'un fil à braser moderne ne sont pas réputées nocives en petites quantités, mais peuvent être source d'irritation et d'allergies. Par contre les émanations de plastique brûlé sont très toxiques. Ces risques devraient être une raison suffisante pour ventiler votre espace de travail ou, mieux, vous équiper d'une hotte aspirante. L'échoppe vous en proposera bientôt une (cf. photo) en modèle de table. L'aspiration se fait soit horizontalement via une ouverture rectangulaire dans le coffret, soit au moyen d'un flexible à embout à monter en option. ◀

(160697 - version française : Hervé Moreau)



d'une carte propre. Appliquez une quantité raisonnable de flux sur les plages d'accueil du BGA. Positionnez-le aussi précisément que possible, en respectant le(s) marquage(s) pour la broche 1. Le réglage de la température et de l'écoulement d'air se détermine expérimentalement et dépend de la station et de la buse utilisées. Prenez en compte les composants en plastique sensibles à la chaleur : même s'ils peuvent théoriquement résister à 300 °C, ne tentez pas le diable ; appliquez de l'adhésif Kapton en cas de doute (référez-vous à leur fiche technique). Évitez que le flux d'air ne touche d'autres composants. La combinaison température-flux d'air doit apporter suffisamment d'énergie thermique. Chauffez le circuit intégré et la carte en appliquant un mouvement circulaire. Chauffez également une zone d'environ 1 à 2 cm autour du circuit intégré pour bien chauffer la carte. Au début le flux se répandra dans toutes les directions, mais une partie restera sous le circuit intégré, ce qui permettra à l'étain de bien s'écouler. Quand tout l'étain a fondu, le circuit intégré - s'il a été bien positionné - s'alignera de lui-même et au bon emplacement. Soyez attentif durant le chauffage : l'alignement se fait de façon assez soudaine, signe que tout l'étain a fondu et que le circuit intégré est en place. Si maintenant vous déplacez rapidement le pistolet à air chaud d'avant en arrière, vous devriez voir le circuit intégré « tanguer » légèrement sur les billes fondues. C'est que l'opération est un succès. Limitez la durée de cette action à 2 ou 3 s, puis retirez le pistolet. Laissez le circuit intégré refroidir. Ensuite, nettoyez le flux avec

Ponçage et limage

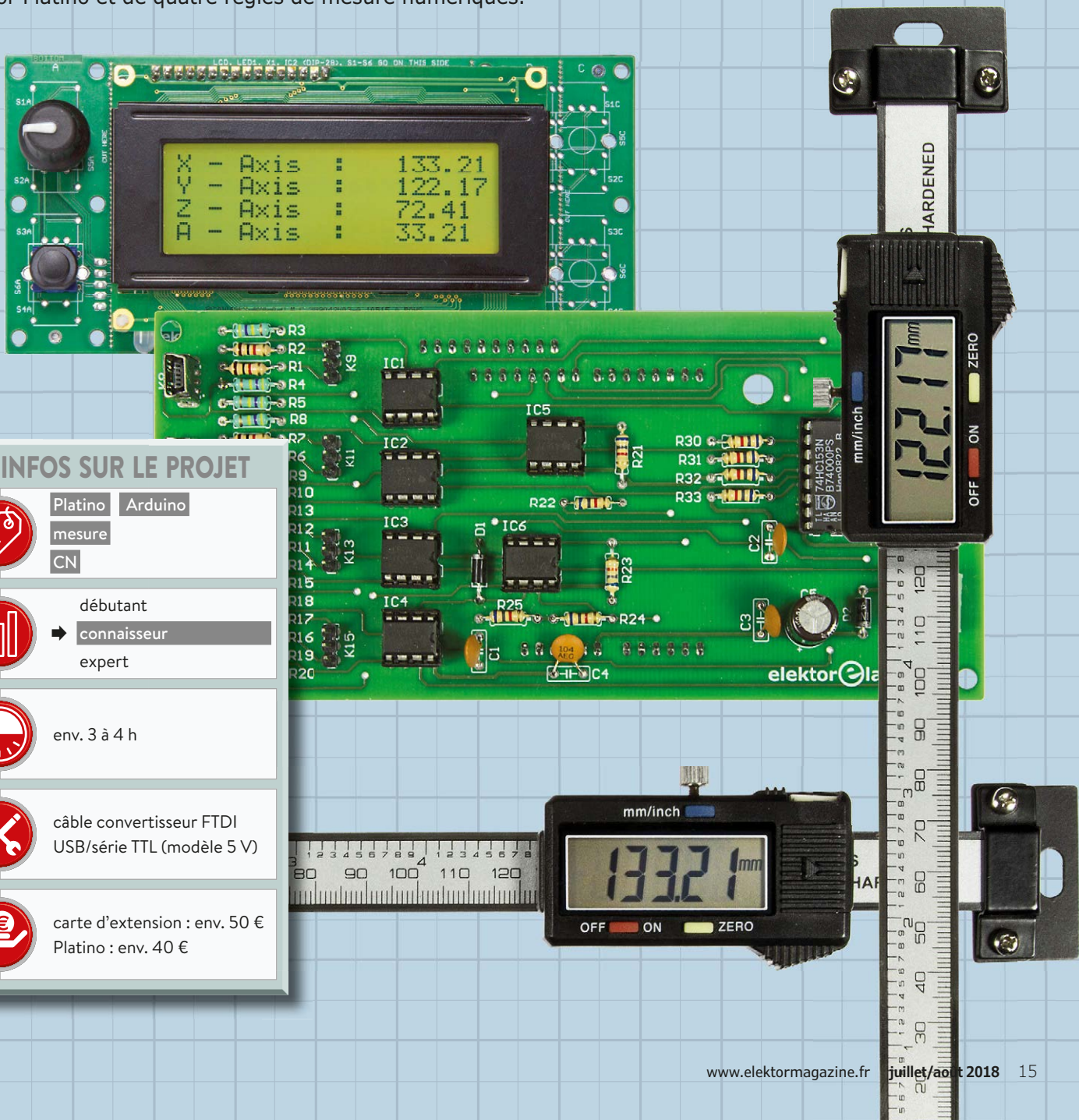
Note : ce qui suit ne s'applique pas aux fers à souder de l'électronicien. On peut nettoyer une panne à l'aide d'une lime ou avec du papier de verre si celle-ci est en cuivre. Sinon : **jamais**. La surface d'une panne de fer d'électronicien est typiquement recouverte d'une couche d'argent que toute action abrasive endommagera, voire enlèvera. Le brasage n'en sera pas facilité, bien au contraire. La moindre éraflure occasionnée par un ponçage au papier de verre se remplira de petits débris et dégradera elle aussi le brasage.



indication de position sur fraiseuse ou tour avec Platino et des règles de mesure numériques

Sunil Malekar (labo d'Elektor) et Thijs Beckers (Elektor Pays-Bas), sur une idée de Michel Vacher (France)

De nombreux amateurs d'usinage des métaux souhaitent moderniser leurs tours ou fraiseuses avec une « liaison informatique » et ainsi passer dans le monde de la Commande Numérique (CN). Voici comment déterminer la position exacte du foret ou de la fraise de votre machine à l'aide d'une carte à microcontrôleur Elektor Platino et de quatre règles de mesure numériques.



INFOS SUR LE PROJET

- Platino Arduino
- mesure
- CN
- débutant
- connaissseur**
- expert
- env. 3 à 4 h
- câble convertisseur FTDI USB/série TTL (modèle 5 V)
- carte d'extension : env. 50 €
Platino : env. 40 €

En cherchant une solution simple pour surveiller la position de l'outil de coupe de sa fraiseuse, Michel Vacher a examiné le schéma de l'Arduino Uno et conclut que le circuit tel quel n'était pas assez rapide pour échantillonner directement le signal en provenance d'une règle de mesure numérique. Il a estimé nécessaire d'ajouter quelques circuits intégrés

périphériques pour pouvoir travailler avec l'ATmega328P. Le labo d'Elektor a étudié et simplifié son circuit, ce qui donne un circuit imprimé adaptable au système à microcontrôleur Platino [1].

À quoi ça sert ?

Nous présentons ici un système de mesure de précision sous forme

d'une carte d'extension pour Platino. Ce système à base de Platino sert à lire jusqu'à quatre règles de mesure numériques simultanément. La carte d'extension comporte des tampons/convertisseurs, un multiplexeur et les connecteurs de jonction avec les règles de mesure. Le LCD de Platino affiche en temps réel les valeurs de toutes les règles

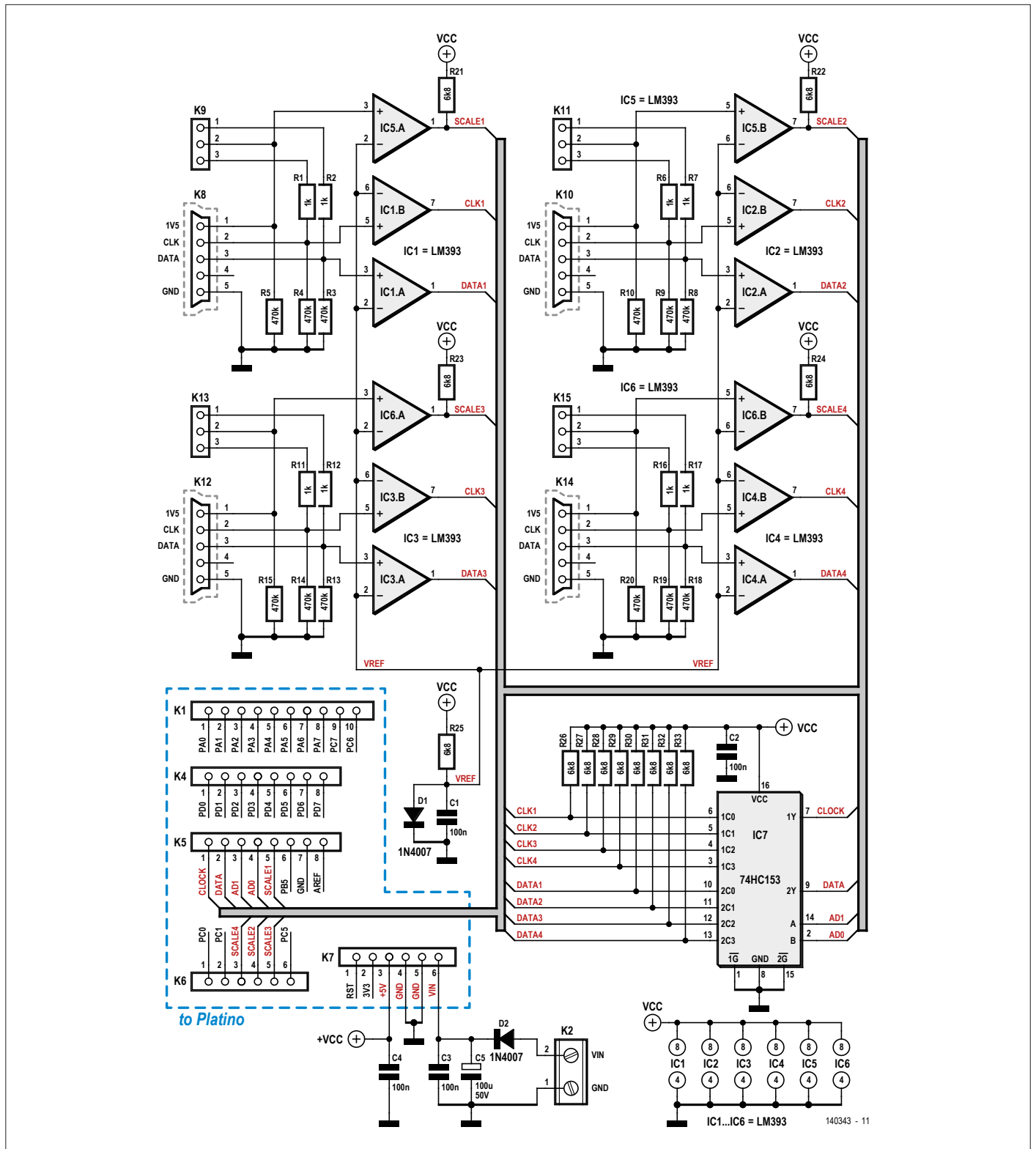


Figure 1. Le schéma de la carte d'extension montre la relative simplicité du circuit.

connectées, ce qui permet de surveiller les déplacements sur des machines dont la course des têtes est limitée.

Que vous faut-il ?

Le matériel comporte trois parties :

1. Une carte Platino avec LCD ;
2. Une carte d'extension ;
3. Des règles de mesure numériques.

Carte à µC Platino avec LCD

La carte à µC Platino constitue le cœur du projet. Platino simplifie le développement d'applications à base de µC AVR par simple addition d'une carte pour les fonctions de l'étage d'entrée. Selon les exigences du projet, la carte Platino prend en charge un LCD et accepte toutes les variantes de la famille de µC AVR. Pour ce projet, nous avons équipé Platino d'un ATmega328P cadencé à 16 MHz et d'un LCD (4x20 car.) rétroéclairé.

Carte d'extension

Elle est indispensable et conçue pour s'interfacer avec jusqu'à quatre règles de mesure. Elle assure le prétraitement des signaux et la transmission à la demande vers Platino de l'ensemble des signaux requis. Les règles sont reliées à la carte par des connecteurs mini-USB de type B (nota : en réalité, ils ne transportent pas de signaux USB !).

Règles de mesure numériques

Malheureusement, les règles de mesure numériques du commerce n'utilisent pas toutes le même protocole. Il n'y a pas de norme non plus pour l'interface des données. Le logiciel fourni avec ce projet est adapté à la règle Guilin Timm de type GB/T 22515-2008 et fonctionne probablement aussi tel quel avec beaucoup d'autres marques. Ce n'est toutefois pas garanti.

Comment ça marche

Commençons par la carte d'extension (schéma de la **figure 1**). Les règles de mesure sont reliées à la carte via les connecteurs K8, K10, K12 et K14. Elles sont alimentées par une pile, soit une tension de 1,5 V. Pour que Platino puisse traiter les signaux numériques des règles, il faut les relever jusqu'à 5 V. C'est le rôle d'IC1 à IC6 (tous des LM393). Le point de commutation (ou seuil) des comparateurs est fixé à +0,7 V par la diode D1.

Lorsqu'une règle est connectée, le signal V_{CC} (broche 1 de K8, K10, K12

Caractéristiques

- Alimentation : 9 à 15 V AC ou DC
- Afficheur LCD à 4 × 20 caractères
- Lecture en temps réel de quatre règles de mesure à la fois
- Interface USB de type mini-B pour la connexion des règles de mesure
- Carte Platino d'Elektor avec µC ATmega328P
- Programmation facile avec câble USB/série FTDI et EDI Arduino, ou *in situ*

ou K14) qui véhicule 1,5 V sert de détection de présence. Le comparateur (IC5A, IC5B, IC6A ou IC6B) augmente le niveau et délivre le signal *Scale* (1, 2, 3 ou 4). Si une ligne *Scale* est à l'état logique haut, la règle est présente ; si l'état logique est bas (0 V), la règle est absente.

En option, on peut utiliser les connecteurs K9, K11, K13 et K15 pour actionner à distance les boutons *Reset* et *Mode* — mais seulement si les règles de mesure le permettent ; celles utilisées, et suggérées dans la Liste des Composants, n'ont pas cette fonction. Ces connecteurs sont disponibles pour de futures améliorations.

Connexion des règles de mesure

La **figure A** montre la structure de l'interface des données des règles de mesure. D'après les informations disponibles sur l'internet (forums, blogs, etc.), nous avons constaté que beaucoup de règles de marques différentes utilisent la même disposition. Des câbles préfabriqués pour la connexion des règles de mesure sont disponibles sur le marché (par ex. sur eBay, recherchez exactement ce texte : « *Data Cable for Digital Callipers* »), mais une option moins chère consiste à souder directement un connecteur comme le JST S4B-ZR-SM4A-TF (Farnell n° 1830923) sur le circuit imprimé de la règle et à utiliser la fiche associée sur le câble de données. Une option encore moins chère serait de souder le câble de données directement sur le circuit imprimé de la règle comme nous l'avons fait pour nos prototypes, mais ce n'est pas recommandé pour un usage fréquent à cause des possibles mouvements du câble qui conduiront à des fractures dans les fils de cuivre et finalement à une rupture complète due à la fatigue du métal.

Par commodité, nous avons choisi d'utiliser des câbles mini-USB dont nous avons coupé un des connecteurs. Avec des embases mini-USB en entrée sur la carte

d'extension, la connexion des règles à la carte est un jeu d'enfant. Le brochage est indiqué sur la **figure C**.

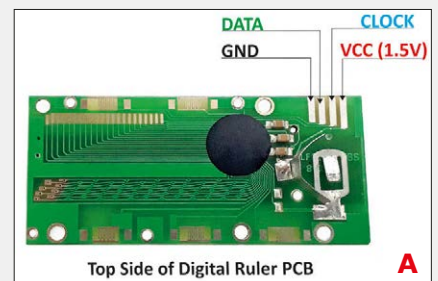


Figure A. De nombreuses règles de mesure numériques partagent la même disposition des broches pour leur connexion numérique de données.

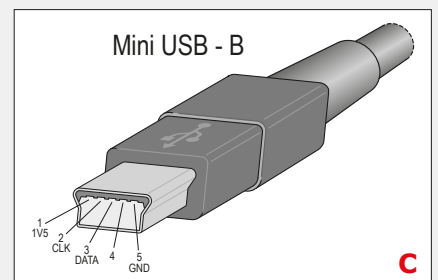


Figure C. Bien qu'elle puisse être déduite du schéma de la figure 1, la disposition des broches pour la connexion de la règle de mesure est plus simple à voir sur une illustration séparée.

Les comparateurs IC1 à IC4 relèvent les niveaux des signaux d'horloge et de données des règles connectées. Ces signaux sont alors envoyés au multiplexeur IC7 (un 74HC153). Le µC de Platino sélectionne la sortie du multiplexeur via les lignes d'adresse ADO et AD1. La sortie d'IC7 délivre des

signaux d'horloge et de données, envoyés à la carte Platino pour traitement et affichage.

La plupart des résistances sont là pour supprimer les parasites et le bruit sur les lignes, à l'exception de R25 qui sert à fixer VREF en association avec D1.

Passons à la carte Platino. La broche 5 de K5 et les broches 3, 4 et 5 de K6 transmettent les signaux *Scale* de la carte d'extension. Une boucle du micrologiciel de l'ATmega328P les surveille en permanence. Si un signal haut est détecté sur une broche, alors une règle est connectée sur l'entrée



LISTE DES COMPOSANTS DE LA CARTE PLATINO

Résistances

R3 = 47 Ω
 R4, R5, R6, R7, R10, R12 = 10 kΩ
 R11 = 4,7 kΩ
 P1 = potentiomètre de réglage horizontal, 10 kΩ

Condensateurs

C1, C2 = 22 pF, 50 V, COG/NPO, au pas de 2,54 mm
 C3, C5, C6 = 100 nF, 50 V, X7R, au pas de 5,08 mm
 C4 = 10 nF, 50 V, X7R, au pas de 2,54 mm
 C9 = 10 µF, 50 V, au pas de 2,54 mm

Inductance

L1 = 10 µH

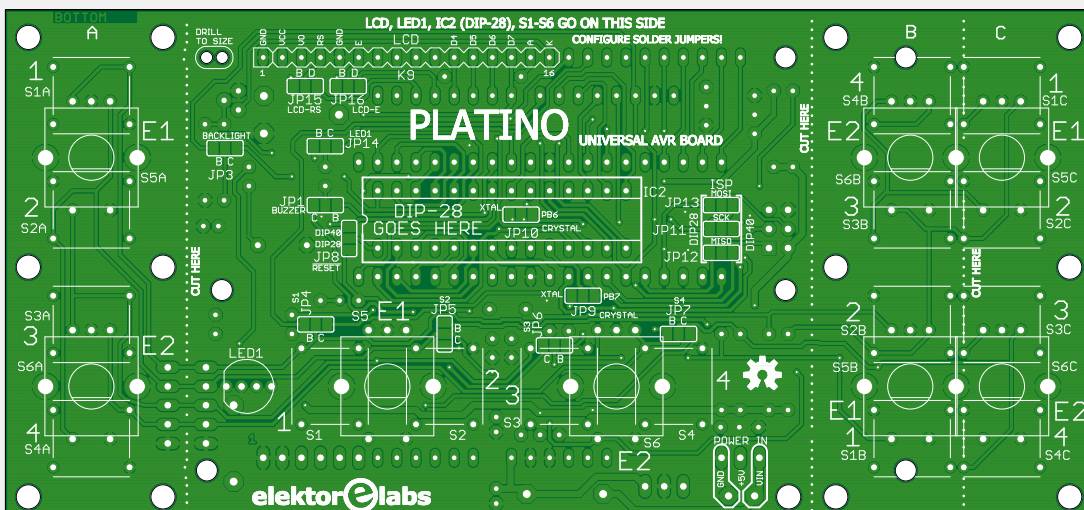
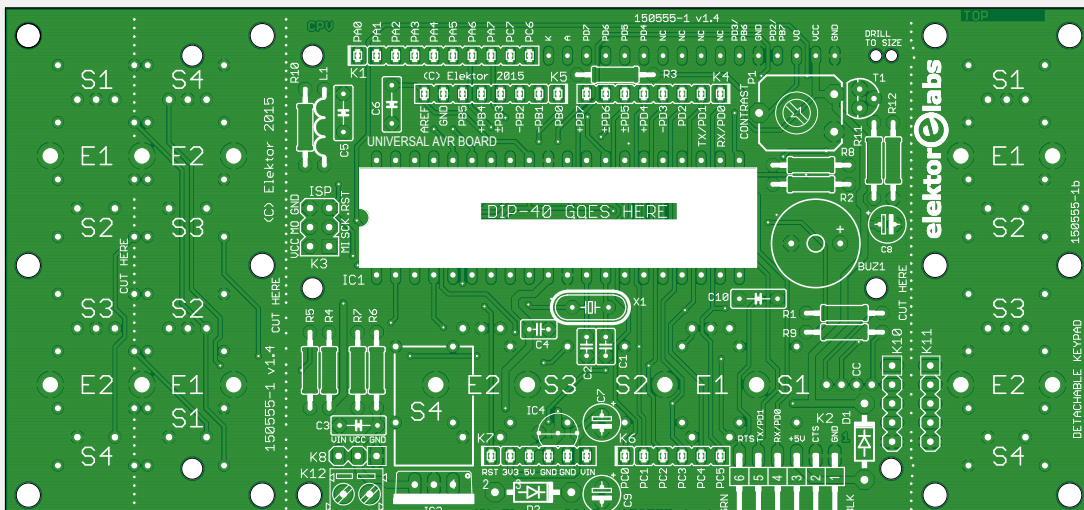
Semi-conducteurs

IC1 = ATmega328P, programmé
 T1 = BC547C
 D2 = 1N5817
 IC3 = MC7805

Divers

K1 = barrette mâle verticale, SIL, 10×1, au pas de 2,54 mm
 K3 = barrette mâle verticale, 2×3,

au pas de 2,54 mm
 K4, K5 = barrette mâle verticale SIL, 8×1, au pas de 2,54 mm
 K6, K7 = barrette mâle verticale SIL, 6×1, au pas de 2,54 mm
 K9 = embase femelle SIL à 16 voies, au pas de 2,54 mm
 LCD1 = LCD à 4×20 car., réf. 120061-73 ou réf. 120061-76 (www.elektor.fr)
 X1 = oscillateur à quartz, 16 MHz
 Support de CI DIL à 28 broches (pour ATmega328P)
 Circuit imprimé, réf. 150555-1 v1.4 (www.elektor.fr)



correspondante. Le μC envoie au multiplexeur l'adresse associée pour qu'il aiguille les signaux d'horloge et de données correspondants sur les lignes de données et d'horloge (broches 1 et 2 de K5). S'il n'y a pas de règle connectée sur une entrée, le μC saute simplement le traitement de cette entrée et passe à la suivante.

Un front descendant sur la broche d'horloge indique l'arrivée des données, ce qui provoque une interruption due à un changement d'état. Ensuite les données sont lues, converties et affichées. Enfin, la carte d'extension est munie du connecteur K2 pour brancher une alimentation de 12 V. Ces 12 V sont envoyés à la carte Platino (via la broche 6 de K7) où le régulateur IC3 (un 7805) les convertit en 5 V stabilisés pour alimenter à la fois Platino et la carte d'extension.

▶ Les données sont transmises même lorsque les règles de mesure sont éteintes

Logiciel

Sans information sur le protocole de données des règles de mesure, nous avons été obligés de le rétroconcevoir à la main. Les **figures 2** et **3** montrent des copies d'écran des signaux d'horloge et de données capturés sur une règle.

Voici nos conclusions sur le protocole de données de nos règles de mesure numériques :

- Les données sont transmises en continu, même lorsque l'affichage de la règle est éteint.
- Les règles de mesure utilisent un niveau logique de 1,5 V, qui impose un décalage de niveau pour rendre les signaux compatibles avec la logique 5 V de l'Arduino.
- Les données sont transmises sur une ligne de données et une ligne d'horloge.
- Les données doivent être lues à chaque front descendant sur la ligne d'horloge.
- L'horloge s'interrompt brièvement après quatre fronts.
- Un jeu de données complet comprend 24 bits.
- Le premier bit est toujours à 1.
- Les bits suivants représentent la valeur de la mesure, en commençant par le bit de poids faible (LSB).
- En mode mm, cette valeur correspond à la mesure multipliée par 100. Ainsi pour 1,5 mm, on lit 150.
- Le bit 21 est le bit de signe ; s'il est à 1, la valeur est négative.
- Entre chaque série de 24 bits, il y a une période d'environ 120 ms pendant laquelle les signaux de données et d'horloge restent à l'état haut.
- La période du flux de données est d'environ 130 ms, les premières 10 ms contenant la mesure.
- La vitesse d'horloge et le rythme des données diffèrent légèrement entre les règles de mesure, voir la **figure 4**.

Ce qui donne la décomposition suivante du flux de données :

X,B,B,B, B,B,B,B, B,B,B,B, B,B,B,B, X,X,X,X, X,S,X,X,

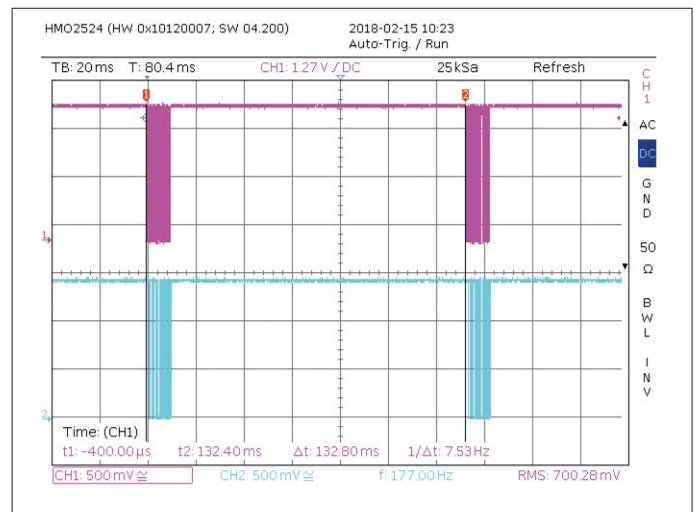


Figure 2. Les signaux de données (en haut, en magenta) et d'horloge (en bas, en cyan) sont produits par le circuit de la règle de mesure à intervalles d'environ 130 ms.



Figure 3. Le protocole de données (en haut, en magenta) doit être décodé (ici la règle de mesure est mise à 0,00). Le signal d'horloge (en bas, en cyan) est actif à l'état bas et s'interrompt brièvement après quatre fronts.

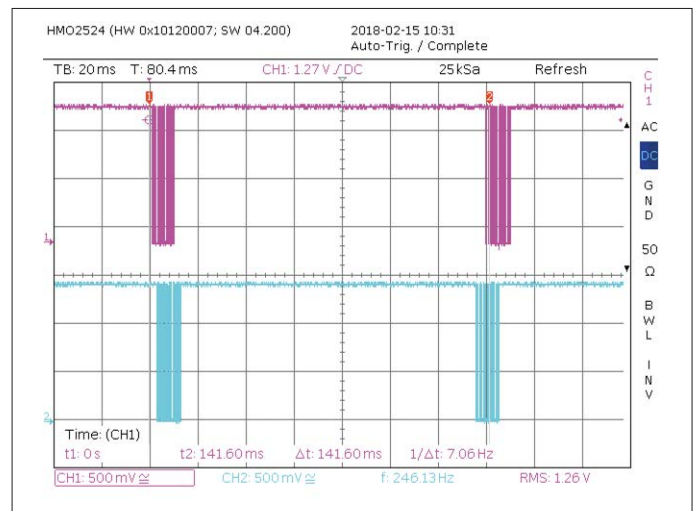


Figure 4. Voici les signaux de données de deux règles de mesure. Comme on le voit, l'intervalle des données (et le rythme) n'est pas le même, mais diffère légèrement entre les deux.

où les X sont des bits à ignorer, les B un nombre binaire avec le bit de poids faible en tête de chaîne et S le bit de signe. Le logiciel vérifie si une règle est connectée et lève un drapeau en conséquence. La broche d'entrée d'horloge est surveillée et un changement d'état déclenche une interruption. La

routine de service de l'interruption lit la broche de données à chaque front descendant de l'horloge. Si 24 bits sont lus sur la broche de données dans un flux continu de 24 fronts d'horloge (en tenant compte des courtes pauses entre quatre fronts d'horloge), la valeur est déclarée valide.

Nous avons écrit le logiciel du projet pour le μ C ATmega328P (μ C au cœur de la célèbre carte Arduino Uno) avec l'EDI Arduino (téléchargement gratuit des fichiers *.ino* et *.exe* depuis [2]).

Pour adapter le logiciel, reportez-vous au **tableau 1** (brochage du μ C).



LISTE DES COMPOSANTS DE LA CARTE D'EXTENSION

Résistances

R1, R2, R6, R7, R11, R12, R16, R17 = 10 k Ω
 R3-R5, R8-R10, R13-R15, R18-R20 = 470 k Ω
 R21-R33 = 6,8 k Ω

Condensateurs

C1, C2, C3, C4 = 0,1 μ F, 50 V,
 au pas de 5,08 mm, radial
 C5 = 100 μ F, 50 V, au pas de 5,08 mm, radial

Semi-conducteurs

D1, D2 = 1N4007
 IC1-IC6 = LM393N

IC7 = CD74HC153E

Divers

K2 = bornier à vis à deux contacts
 6 \times support de CI DIL à 8 broches
 (pour LM393N)
 Support de CI DIL à 16 broches
 (pour CD74HC153E)
 K1 = embase femelle verticale SIL, 10 \times 1,
 au pas de 2,54 mm
 K4, K5 = embase femelle verticale SIL, 8 \times 1,
 au pas de 2,54 mm
 K6, K7 = embase femelle verticale SIL, 6 \times 1,

au pas de 2,54 mm

K9, K11, K13, K15 = barrette mâle verticale

à 3 broches, au pas de 2,54 mm

K8, K10, K12, K14 = embase USB mini-B, verticale, à 5 contacts, par ex.

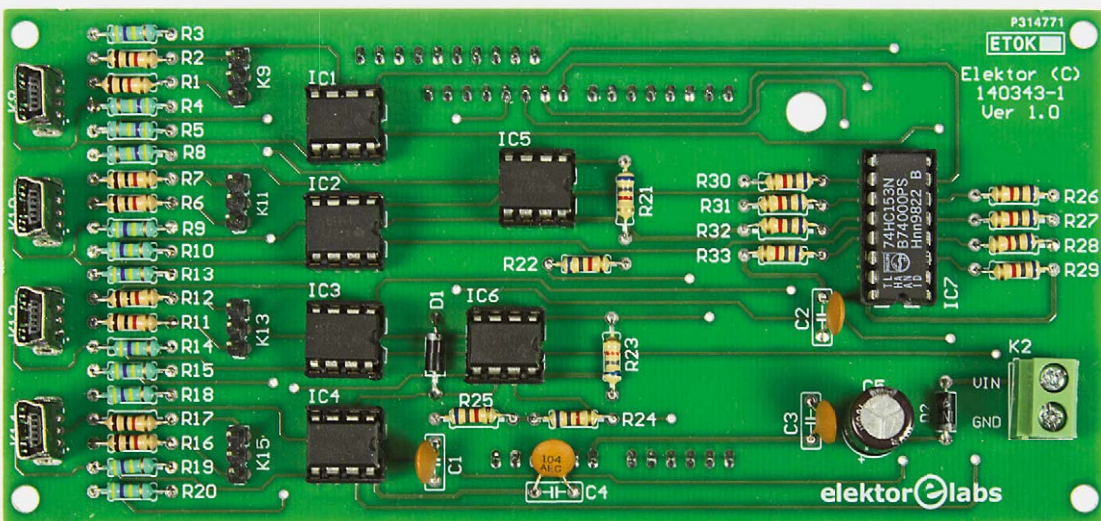
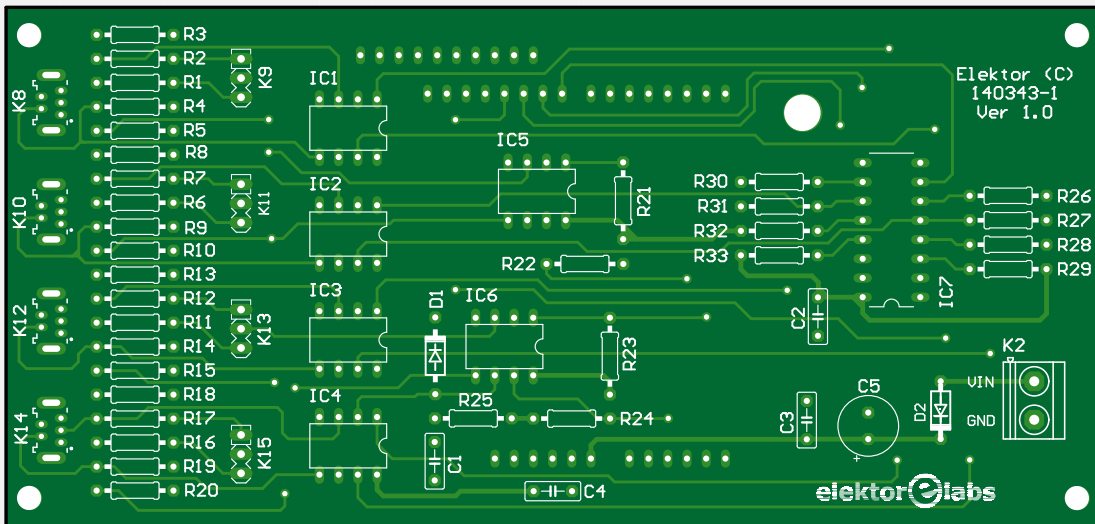
Farnell réf. 1125349

Circuit imprimé réf. 140343-1 (www.elektor.fr)

Divers

Câble USB mini-B

Règles de mesure numériques, par ex. Guilin Timm de type GB/T 22518-2008 [4]



Construction du prototype

D'abord positionnez les cavaliers de la carte Platino conformément au **tableau 2** (les cavaliers à souder permettent diverses configurations de Platino). Ensuite il vaut mieux souder les composants les plus petits comme les résistances et les diodes, puis les composants plus grands. Enfin, assemblez complètement Platino avec son LCD, le μC ATmega328P, et tous les composants et connecteurs restants. Procédez de même pour la carte d'extension : composants les plus petits d'abord, les plus hauts ensuite. Elle est conçue pour s'adapter exactement au dos de la carte Platino grâce à ses connecteurs. On peut améliorer la stabilité avec des entretoises sur les trous de fixation des deux cartes pour maintenir fermement les circuits imprimés ensemble.

Les détails de la connexion entre les règles de mesure et la carte d'extension figurent dans l'encadré **Connexion des règles de mesure**.

Un adaptateur mural DC ou AC avec une sortie de 9 à 15 V convient pour alimenter le circuit qui consomme environ 70 mA. Maintenant téléchargez le micrologiciel dans l'ATmega328P. S'il a un chargeur d'amorce, on peut programmer le μC via K2 avec un câble USB/série FTDI, tout comme une carte Arduino depuis l'EDI Arduino. Sans chargeur d'amorce programmé, il faut un programmeur *in situ* pour AVR pour « graver » le

micrologiciel dans le μC via K3. Pour cela, vous aurez besoin de la configuration correcte des fusibles : voir **figure 5**. Vous devriez maintenant être prêt pour...

Les tests

Procédez comme suit.

- Connectez les règles de mesure à la carte d'extension.
- Branchez l'alimentation au connecteur K2 de la carte d'extension.
- Le LCD de Platino s'allume, et après l'écran de bienvenue, les mesures des règles connectées devraient apparaître.
- Pour vérifier la lecture d'une règle, déplacez-la dans n'importe quelle direction : la mesure devrait être mise à jour sur le LCD.

Toutes les mesures sont en mm avec deux décimales de résolution. Les lectures des règles de mesure sont marquées ainsi :

- Axe X = connecteur K8 ;
- Axe Y = connecteur K10 ;
- Axe Z = connecteur K12 ;
- Axe A = connecteur K14 ;

Maintenant il ne reste plus qu'à installer les règles de mesure dans l'application pour laquelle vous avez réalisé ce projet, et vous y êtes ! ◀

(140343 – version française : Denis Lafourcade)

Tableau 1. Brochage du microcontrôleur

Broche	Fonction
PB0	signal d'horloge de la règle
PB1	signal de données de la règle
PB2, PB3	lignes de sélection du multiplexeur
PB4	règle n° 1 disponible
PC2	règle n° 2 disponible
PC3	règle n° 3 disponible
PC4	règle n° 4 disponible
PD2	RS LCD
PD3	activation du LCD
PD4, PD5, PD6, PD7	broches de données du LCD
PC5	rétroéclairage du LCD

Tableau 2. Configuration des fusibles de la carte Platino v 1.4

JP3	C
JP8	DIP28
JP9	XTAL
JP10	XTAL
JP11	SCK
JP12	MISO
JP13	MOSI
JP15	D
JP16	D

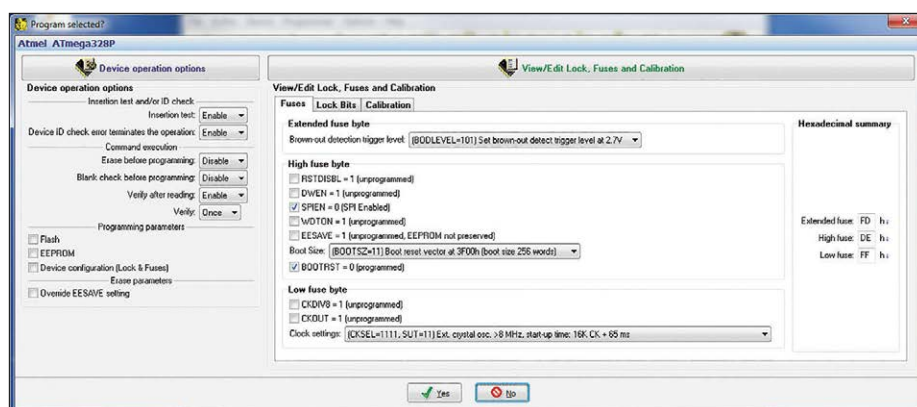


Figure 5. Assurez-vous d'utiliser cette configuration des fusibles lorsque vous programmez l'ATmega328P *in situ* !

Liens

- [1] www.elektormagazine.fr/100892
- [2] www.elektormagazine.fr/140343
- [3] <http://en.timm.cn/instruments-tool-v29-horizontal-digital-scale-unit.html>

DANS L'É-CHOPPE

→ carte d'extension, circuit imprimé nu
www.elektor.fr/140343_41
 → microcontrôleur ATmega328P programmé
www.elektor.fr/140343_1
 → Platino v1.4, circuit imprimé nu
www.elektor.fr/150555-1
 → LCD à 4×20 car.
www.elektor.fr/120061
 → livre « Maîtrisez les microcontrôleurs à l'aide d'arduino (3^e édition) »
www.elektor.fr/mastering-microcontrollers

radio RNT (DAB) sur clé DVB-T

transformez une clé USB DVB-T bon marché en radio numérique terrestre avec Welle.io

Thomas Scherer (Allemagne)

En Allemagne, la norme de diffusion de la télévision numérique DVB-T a été supplantée par la norme DVB-T2 en 2017. On grimace dans les zones frontalières des pays européens voisins, mais aussi à l'intérieur du pays aux plaques d'immatriculation D. Les téléviseurs et les décodeurs TNT seulement compatibles DVB-T sont soudainement devenus des déchets électroniques et ont dû être remplacés par de nouveaux modèles compatibles T2. Pour les uns, la peine - pour les autres, la joie : en fait des masses de clés USB sont devenues obsolètes, mais donc aussi très bon marché, parce qu'elles ne pouvaient recevoir que du DVB-T. Mais grâce à un logiciel spécial nommé Welle.io, on peut transformer certaines de ces clés en SDR (radio logicielle) qui permet de recevoir assez convenablement la radio numérique terrestre.



L'arrêt de la télévision analogique terrestre au profit de la TNT diffusée en DVBT, puis en DVBT-2 dans le souci du « dividende numérique » (meilleure utilisation de la bande passante) n'est pas seulement un progrès technique, il produit aussi des dommages collatéraux, puisque les anciens récepteurs sont inutilisables, du moins correctement. Même les auditeurs enthousiastes de la radio classique sont touchés par des changements drastiques. En 2017, le Parlement allemand a décidé la fin [1] des radios analogiques FM, PO et GO. En bref, on ne pouvait plus vendre de récepteurs de

radio non compatibles DAB (*Digital Audio Broadcasting* ou Radio Numérique Terrestre). De plus en plus de voix s'élèvent pour demander par quoi remplacer la diffusion de signaux radio analogiques modulés. Le tollé est retentissant, parce que le DAB ne peut à lui seul combler le manque, sachant que 97 % de la population allemande ne dispose d'aucun appareil de radio numérique. L'État souhaite renforcer la base installée avant que, par exemple, la plupart des automobilistes ne puissent plus recevoir des informations sur le trafic. C'est ainsi que va la technique. Si le changement n'est pas

volontairement adapté, c'est au pouvoir administratif de s'en occuper.

Pourquoi DAB ?

Aucun doute, la radio DAB est exempte de bruit de fond et selon le débit binaire utilisé (normalement entre 48 et 112 kbit/s), donne un son de qualité assez bonne, presque celle du CD par flux. On n'en obtient certes pas la qualité de signaux compressés sans ou à faibles pertes, mais la transmission numérique dépasse souvent celle de la FM en divers aspects. À cela s'ajoute que le numérique autorise nettement plus de canaux dans



Figure 1. Deux clés USB DVB-T différentes avec télécommande.

le même spectre de fréquence que l'analogique. Donc tout irait-il pour le mieux et le législateur aurait-il été bien avisé de forcer le passage à la radiodiffusion numérique ?

Là où luit la lumière, l'ombre s'installe aussi. L'ennui majeur de la radio numérique est celui de toute transmission numérique : le signal est là... ou pas. À la maison, ce n'est pas bien grave, si la réception est intermittente, on déplace l'antenne de façon à bien capter la station voulue (disons les paquets émis, puisque les émetteurs sont groupés en bouquets). Mais en route en voiture, ce n'est pas pareil : si la force du champ faiblit, il n'y a pas que la qualité du son qui diminue, le bruit augmente ou bien on passe en mono comme en FM classique. En DAB+, au contraire, si la réception est sous un certain seuil, le signal disparaît complètement. Si pendant que vous écoutez un programme, vous quittez la zone de couverture, vous avez des blancs de quelques secondes et finalement plus rien du tout. Ce peut être très énervant, d'autant plus que l'extension du réseau d'émetteurs ne sera peut-être jamais complétée. Sans compter que la radio comme elle était va sans doute disparaître totalement, remplacée par des flux internet sur les téléphones mobiles.

Mais à la maison, on reste en place, pas besoin de mobile. Tous ces soucis sont écartés et jusqu'à ce que la radio parte à la ferraille, on peut toujours faire des expériences sur la radio numérique, d'autant qu'avec l'arrivée des clés USB

à bon compte et du logiciel adapté, cela ne coûte vraiment pas cher.

Choix de la clé

Quand Albrecht Lohöfener, l'auteur du logiciel **Welle.io**, a donné à la rédaction d'Elektor des renseignements à propos d'une clé USB porteuse d'un logiciel de conversion radio, il a éveillé ma curiosité. Alors, j'ai fouillé sur le site en question [2] et décidé de me procurer une de ces clés USB bon marché. Le logiciel couvre plus que les clés DVB-T, mais c'est de toute façon un bon début. Selon le site internet et les renseignements d'Albrecht Lohöfener, presque toutes les clés DVB-T contiennent des puces Realtek RTL2832U [3]. L'internet regorge de clés. Certaines clés comportent un quartz stabilisé, les modèles les moins chers n'en ont pas. Le logiciel Welle.io s'accommode des deux, puisqu'il peut compenser automatiquement le décalage de fréquence de l'oscillateur.

Jusqu'ici, c'est facile. Après une brève recherche, j'ai commandé (pour 25 €, c'est un peu plus cher) une clé USB avec « tuner R820T2 amélioré ». C'est la pièce bleue de la **figure 1**. L'appareil dispose même d'une prise SMA comme raccordement d'antenne (!) et d'une petite antenne télescopique rétractable d'une longueur maximale de 27 cm (cf. **figure 2**). Comme antenne en $\frac{1}{4}\lambda$, on arrive à une fréquence optimale voisine de 275 MHz. Ce n'est pas loin de la gamme de 174 à 230 MHz de la bande III VHF, importante pour le DAB. Ces fréquences sont clairement supérieures à celles de la FM, ce qui réduit la portée,



Figure 2. L'antenne télescopique avec support aimanté de la clé bleue.



Figure 3. L'antenne *stub* à support aimanté de la clé blanche moins onéreuse.

mais raccourcit les antennes. En tout cas, cette antenne télescopique est bien meilleure que l'habituelle antenne *stub* de seulement 13 cm de long de la **figure 3**, qui accompagne les clés DVB-T généralement moins chères comme la blanche de la figure 1.

Si vous vous demandez pourquoi j'ai deux de ces clés, sachez qu'au début, j'ai eu des soucis pour faire fonctionner la clé bleue. C'était en partie à cause

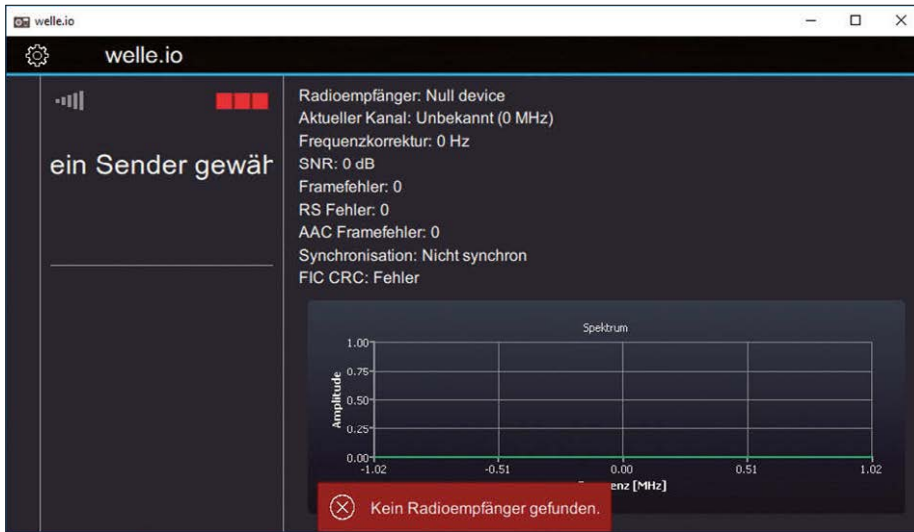


Figure 4. Aucune clé détectée – pas de réception (copie d'écran de Welle.io).

de ma nonchalance dans l'utilisation des pilotes et aussi de petites incohérences de la version précédente (RC3) de Welle.io. Mais avec la version actuelle du logiciel, la réception est épatante !

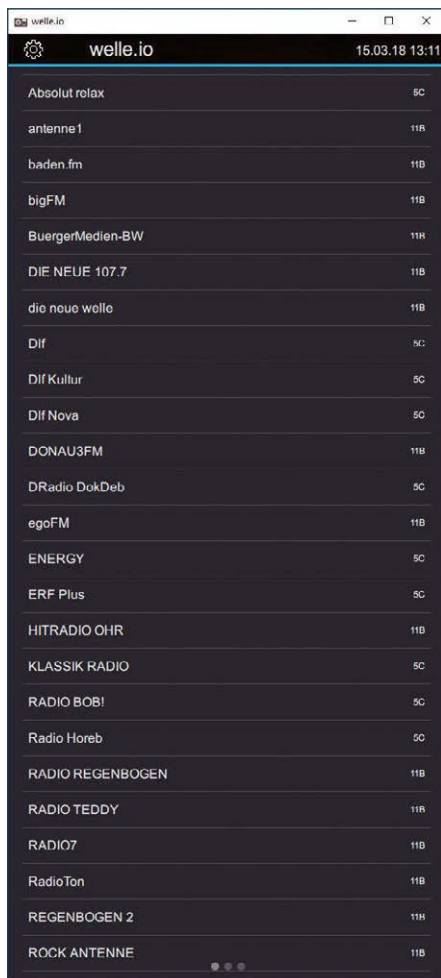


Figure 5. Un bel assortiment d'émetteurs trouvés avec la version 1.0 finale de Welle.io.

En pratique

Aussitôt la clé bleue arrivée, j'ai installé le logiciel sur mon PC, branché la clé USB dessus et... au démarrage de Welle.io, il ne s'est rien passé.

La fenêtre du programme s'est bien affichée, mais tout ce qu'on pouvait voir, c'est que la clé n'était pas détectée. On voit à la **figure 4** l'interface experte de Welle.io avec des infos techniques de la réception et, quand cela marche, la représentation graphique du spectre du signal. Comme il est agaçant ce bandeau rouge en dessous ! Une lecture plus précise du site m'a aidé : il faut d'abord installer un pilote, comme dans l'ancien temps. On s'habitue vite aux nouveaux systèmes où tout cela se fait automatiquement. Pour installer le bon pilote, on va sur le site sous *Hardware* -> *RTL-SDR* et là, pour Windows, dans la partie *Windows Setup*. Contrairement à ce que la notice indique, je n'ai pas vu d'appareil *RTL2838UHIDIR*, mais bien un *Bulk-In, Interface (Interface 0)*, ce qui n'a fait aucune différence, le pilote s'est installé aussi. L'impatience est donc punie quand on croit que ça ne marche pas !

Quelques clics et un redémarrage du logiciel plus tard, le message rouge avait disparu et ma clé bleue reconnue. N'empêche, il ne trouvait pas de radio. Il devait bien y avoir quelque part une recherche d'émetteur ou quelque chose du genre. Cela a duré tout un temps, jusqu'à ce que je remarque que la ligne blanche à gauche, on peut la pousser vers la droite avec la souris et alors un clic sur le rouage à gauche, en haut, pour chercher des émetteurs faire apparaître d'autres réglages. En fait, j'avais

une version préliminaire du logiciel. La version 1.0 ne joue plus à cache-cache. Après l'exécution de la recherche d'émetteurs, le logiciel en a trouvé un certain nombre et après un clic sur la flèche de retour, la liste s'affiche à gauche. Cependant, le résultat de la recherche n'était pas vraiment exaltant. Réception depuis mon bureau. Alors, j'ai pris une allonge USB pour placer la clé et l'antenne près de la fenêtre. Hélas, pas de résultat vraiment meilleur. Peut-être ma clé n'est-elle pas au point ?

Clé ou logiciel

J'ai simplement commandé une autre clé, bon marché, cette fois. La blanche de la figure 1 peut aussi être télécommandée, elle a une antenne plus petite avec une prise d'antenne HF normale et un mini-CD avec un logiciel TV obsolète. Tout ça pour 12 €. Cette clé est de facture plus simple, elle n'a pas de quartz stabilisé en température. Plein d'espoir, je l'ai insérée dans une prise USB, mais la réception n'était ni meilleure ni franchement pire qu'avec la bleue deux fois plus chère. Cela ne tient pas à la clé elle-même.

Juste quand je comptais abandonner, la version finale 1.0 de Welle.io est sortie. Nouvelle chance, plaisir renouvelé. J'ai alors supprimé la version RC3 de mon disque dur et installé la version 1.0 de Welle.io. Zut, ma clé n'est plus reconnue par le logiciel ! Je soupçonne que le pilote a aussi été renouvelé, et cela se confirme. Dans le dossier welle.io sous « Programm Files (x86) » de mon système Windows 10, l'installateur du pilote donne, au lieu de zadig 2.2, zadig 2.3. Donc, avec le nouveau pilote installé, par précaution, je redémarre le PC, la clé dans la prise et je lance Welle.io. Youpi ! La clé est reconnue.

Une nouvelle recherche d'émetteurs apporte maintenant une étonnante belle moisson de stations, la liste est à la **figure 5**. Quand je clique sur l'une d'elles, j'obtiens un son stable de bonne qualité. La **figure 6** monte la réception de « Dlf Nova » en mode expert. À droite, le spectre du signal s'insère en temps réel. Il y a également des infos techniques pour les contemporains intéressés. Sur mon PC, la vue en mode expert fait consommer jusqu'à deux watts de plus que la présentation normale plus simple. Alors, tout va bien jusqu'à présent ?

Expériences

La réception est vraiment bonne. Il faut savoir que mon bureau se situe en bordure de l'État allemand, il n'est distant de la France que de 4 km à vol d'oiseau. J'obtiens pratiquement les mêmes résultats avec les deux clés, seule la force du champ de chaque émetteur est un point sous le maximum avec la clé blanche, tandis qu'avec la bleue, c'est souvent le maximum. Rien d'étonnant, son antenne est plus grande.

Cependant, j'ai bientôt eu de nouvelles difficultés, n'importe comment, la réception et une nouvelle recherche d'émetteurs ne fonctionnaient plus du tout. Pour vérifier si cela provenait du fait d'avoir installé le nouveau pilote sans avoir effacé l'ancien, j'ai installé Welle.io en même temps que le pilote sur mon portable sous un Windows 10 tout neuf. Et là, tout est parfait : réception stable et sans parasites dans tous les coins de la maison. Même avec l'antenne courte et la clé moins chère, la réception est super, il faut juste orienter correctement l'antenne.

L'un dans l'autre, avec une clé DVB-T plus Welle.io, on peut se constituer une bonne radio sur PC à peu de frais. D'expérience, je choisirais plutôt la clé bleue à cause de son antenne, même si elle coûte le double de la blanche.

Divers

Pareille clé DVB-T au repos tire du 5 V de l'interface USB environ 100 mA, elle se contente donc de 0,5 W. En service comme radio, elle a besoin d'un peu plus

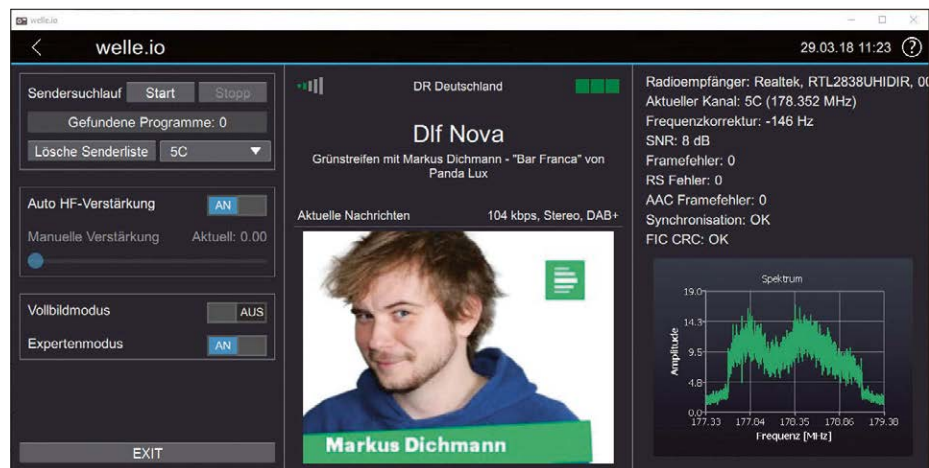


Figure 6. Malgré un niveau faible à l'antenne, une bonne réception de « Dif Nova ». La page est présentée ici en mode expert.

d'énergie. La **figure 7** montre la clé bleue en action. Là, un courant de 0,26 A circulait sous 5,2 V. La clé consommait alors 1,35 W. À cela s'ajoute la consommation du PC qui exécute Welle.io. J'estime un surplus de consommation d'à peu près 5 W pour Welle.io. Cela ne vaut toutefois que pour mon PC, équipé du processeur i7-7700K qui tourne aux alentours de 4 GHz. Avec le portable, c'est un peu moins.

La petite télécommande livrée avec la clé ne fonctionne pas avec Welle.io. Peut-être faut-il espérer des mises à jour, voire passer à l'action.

Welle.io n'est pas seulement un logiciel à source ouverte, il est aussi épaulé par une aide en ligne, un petit Wiki et un forum. Libre à vous de contribuer au développement. Le code source com-

plet est disponible sur le site de GitHub. Welle.io existe pour d'autres SE que Windows. Sur Google Play, il y a une version pour Android ainsi que pour les appareils mobiles dotés de port USB maître. À côté de la version pour les SoC ARM, il y en a encore pour les processeurs x86. En principe, il est aussi possible de faire une radio DAB autonome sur base d'un Raspberry Pi avec affichage. La version Windows est compilée, prête sous forme d'un installateur à télécharger. Pour Linux x86, une version 64 bits est disponible. Des traductions circulent aussi sur l'internet pour OS X. Toutes mes expériences ont eu lieu sous la dernière version 64 bits de Windows 10. ◀

(160502 - version française : Robert Grignard)



Figure 7. La consommation de courant de la clé bleue utilisée comme radio DAB.

Liens

- [1] Décision du Bundestag d'arrêt des radios FM, PO et GO : <https://bit.ly/2IVUxVV>
- [2] Site du logiciel Welle.io : www.welle.io
- [3] Site de Realtek pour la puce RTL2832U : <https://bit.ly/1dtzV0T>





projet 2.0

corrections, mises à jour et courrier des lecteurs

(version française : Helmut Müller)

CN/A audio pour RPi

Elektor 07-08/2017, p. 22 (160198)

Un nouveau logiciel est disponible sur la page du labo de ce projet :

www.elektormagazine.fr/labs/audio-dac-for-rpi-networked-audio-player-using-volumio.

Le logiciel RuneAudio utilisé autorise maintenant le fonctionnement sur un réseau sans fil et il y a d'autres fonctions comme la radio par internet (Dirble).



pollution électromagnétique causée par les lampes à LED

Elektor 03-04/2018, p. 12 (160610)

Je voudrais apporter quelques compléments à cet article.

Nous avons un certain nombre de spots montés dans le plafond (voir la photo), de 16 à 18 W de puissance environ, fabriqués en RPC (République Populaire de Chine). Les défaillances de jeunesse sont malheureusement assez fréquentes. Les lampes qui ont survécu les six premiers mois semblent ensuite devoir vivre indéfiniment.

Dans la salle de bains et la cuisine, nous avons installé des groupes de six ou même huit de ces lampes, qui sont commandées toutes à la fois par le système domotique au moyen d'une carte à relais. Par rapport à la sinusoïde de la tension du secteur, les fronts montants raides du courant sont très peu dispersés, comme en témoigne le chant du contact du relais quand il se ferme. Avec pour conséquence qu'il y a toujours un contact qui finit par rester collé, ce qui oblige à changer tout le module.

Remède 1 : mettre en série des filtres LC pour diminuer les pointes de courant. Effet secondaire bienvenu : un petit condensateur additionnel (de 100 nF, je crois) a également notablement réduit les pics parasites.

Remède 2 : remplacer les modules à relais électromagnétiques par des modules à relais statiques – depuis, tout est rentré dans l'ordre !

Remarquons que du fait de leur faible résistance à froid, six lampes à incandescence de 100 W en parallèle provoquent aussi un gros appel de courant à l'allumage, mais qui, de par sa caractéristique sinusoïdale, pose beaucoup moins de problèmes de commutation que six lampes à LED en parallèle. Merci pour votre article.

Manfred Tischler

Indication de la rédaction :

Les lampes à LED sont alimentées par des alimentations à découpage dont les pics de courant à l'allumage dus au redressement et au filtrage par condensateurs se font nettement sentir du côté secteur. Si l'on en allume un grand nombre à la fois, il peut s'avérer utile d'insérer un limiteur de courant d'allumage (composé d'une résistance de puissance de faible valeur court-circuitée au bout de quelques dizaines de millisecondes).





pollution électromagnétique causée par les lampes à LED

Elektor 03-04/2018, p. 12 (160610)

Un article très intéressant, qu'en tant qu'observateurs du marché pour le respect de la loi sur la CEM (compatibilité électromagnétique), nous pouvons confirmer d'expérience.

Nous soutenons votre appel aux lecteurs à devenir actifs et nous vous invitons à nous contacter si l'un d'eux remarquait un « perturbateur ». Nous examinerons tous les cas signalés, et si le produit est toujours en vente, nous le testerons et, au besoin, le retirerons du marché.

Vous pouvez envoyer vos informations de manière informelle à :



Bundesnetzagentur – ASt DO, DLZ3, Marktüberwachung
Alter Hellweg 56 – 44379 Dortmund (Allemagne)

Mattias Geier, Bundesnetzagentur

(agence fédérale pour le dialogue entreprises-consommateurs)

Merci pour votre réaction, provenant pour ainsi dire des plus hautes instances administratives. Nous sommes heureux que notre article ait retenu votre attention et que vous en confirmiez la teneur.

La rédaction d'Elektor



station météo RPi Zero W

Elektor 01-02/2018, p. 54 (160566)

Dans cet article, il est question, entre autres, du bus I²C. Mais j'ai un petit malaise à la description et à l'utilisation des résistances de rappel. Il y a plusieurs capteurs qui sont connectés au bus et qui ont déjà leurs résistances de rappel. Selon le principe de ces résistances, une seule suffirait pour amener une ligne à un niveau déterminé. Pour réduire d'éventuels parasites inductifs et s'opposer aux capacités des lignes, on peut augmenter les valeurs des résistances de rappel et en mettre une à chaque extrémité du bus.

Mais en tout cas, il n'est nullement besoin que chaque capteur possède sa propre résistance de rappel, et en particulier, ainsi que le propose l'article, pour le capteur de pression différentielle. Cela peut même s'avérer nocif. Pour 3,3 V, la résistance doit être d'au moins 1,1 k Ω (courant maximal de 3 mA, selon la spécification I²C). Je suppose (sans certitude) que les trois capteurs connectés ont chacun une résistance de rappel intégrée de 10 k Ω . Comme il s'agit d'une simple connexion en parallèle, leur résistance équivalente sur le bus est de 3,3 k Ω . Une résistance supplémentaire n'aurait sans doute aucun effet dommageable et pourrait même contribuer à réduire les effets capacitifs. Mais si les résistances intégrées étaient de 4,7 k Ω , on en serait à une résistance équivalente de 1,5 k Ω environ, c'est-à-dire très près de la limite. Si l'on en ajoute une autre de moins de 4,7 k Ω , on dépasse la limite de courant au risque de dysfonctionnements ou même de dégâts.

Il serait préférable d'installer des résistances de rappel aux deux extrémités du bus et de supprimer les résistances intégrées.

Martin Seine

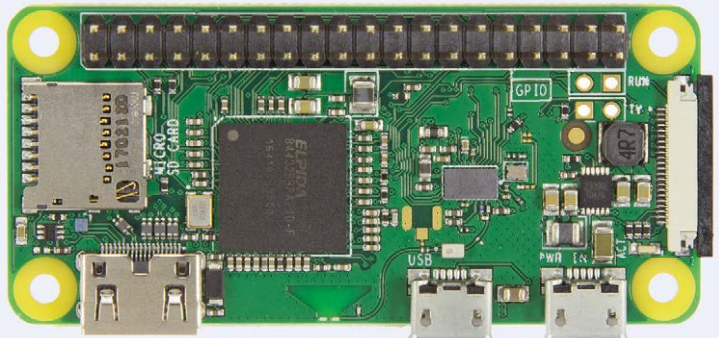
Réponse de l'auteur :

Mon projet fonctionne en permanence depuis plus de six mois sans problème.

J'ai mentionné certaines limitations du projet dans l'article. Les résistances de rappel sont fréquemment intégrées au circuit du capteur et peuvent varier de 4,7 à 10 k Ω . Je ne pense pas qu'il soit souhaitable de démonter une résistance d'un capteur neuf. Le nombre maximum de capteurs sur un bus est donc fixé par les résistances de rappel. Tant que la résistance équivalente est comprise entre 4 k Ω et 10 k Ω , il n'y a pas de problème.

Effectivement, il n'était pas nécessaire, ici, d'équiper les capteurs de pression différentielle de résistances. Mais si un utilisateur n'utilisait que ces capteurs dans son projet, ces résistances seraient nécessaires, les capteurs n'en embarquant pas.

Zeno Otten





un nuage en forme de framboise

Elektor 03-04/2018, p. 74 (160494)

Je viens juste de trouver le dernier numéro dans mon courrier et, bien entendu, je l'ai immédiatement feuilleté. J'ai donc survolé l'article sur le Raspberry Cloud. Il est bien fait mais, par manque de place, tout est décrit fort succinctement. Néanmoins, moi qui ai déjà installé plusieurs fois un *ownCloud*, j'ai quand même appris quelque chose de nouveau.

Mais il y a deux petites choses qui manquent et qui peuvent simplifier la vie :

1. L'accès SSH est automatiquement activé par la présence d'un fichier vide *ssh* dans la partition *boot*. Cela épargne un branchement laborieux d'écran et de clavier.
- Les cartes SD deviennent volontiers défectueuses après un certain temps. Si l'on a besoin d'un disque dur, on peut copier l'ensemble du système d'exploitation sur ce disque (y compris le swap). La procédure est décrite sous www.carluccio.de/raspberry-pi-root-file-system-auf-usb-festplatte. Seule la partition *boot* reste sur la carte SD, qu'on peut remplacer rapidement au besoin.

Frank Klee



émulateur DCF77 à ESP8266

Elektor 03-04/2018, p. 22 (150713)

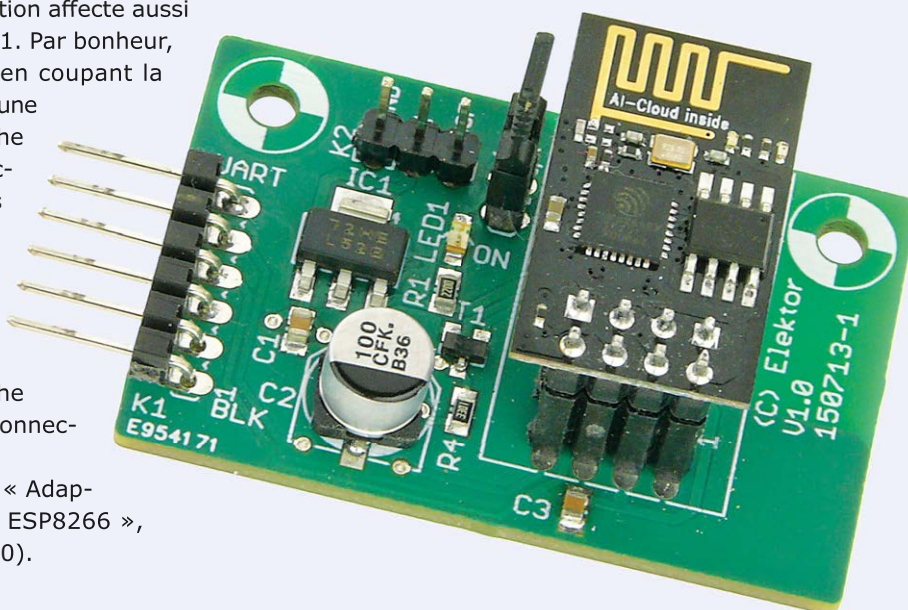
Merci pour cet intéressant article, qui m'a motivé à m'occuper de ce module Wi-Fi et à m'intéresser à la connexion de mes projets à l'internet.

En étudiant l'article et le circuit, j'ai pris conscience de deux particularités qui devraient être complétées pour épargner de la frustration lors de la reproduction du montage :

1. Le module ESP-01 avec le contrôleur ESP8266 est connu pour sa consommation électrique relativement élevée. Une utilisation du module pour des pendules radio contrôlées à piles n'a guère d'intérêt, les piles étant consommées au bout d'un temps très court. On pourrait améliorer cette situation en utilisant les fonctions de sommeil et de sommeil profond du module, combinées à une lecture de l'heure.
2. L'usage d'un adaptateur FTDI est recommandé pour la programmation et les tests. Comme le marché propose de nombreux modèles différents de ces adaptateurs, les tensions requises en différents points de l'adaptateur devraient être indiquées. L'article ne parle que de '3,3 V', mais selon le schéma, on devait avoir une tension de 5 V sur la broche 3 de K1. Toutefois, les broches 4 et 5 de K1 doivent fonctionner en 3,3 V, ce qui n'est pas le cas de la plupart des adaptateurs, pour lesquels il n'est d'ailleurs pas précisé quels niveaux de tension sont requis et où. Je me suis procuré un adaptateur bon marché qui possède des cavaliers pour passer de 3,3 à 5 V, pour constater que cette commutation affecte aussi la broche VCC, c'est-à-dire 3 sur K1. Par bonheur, j'ai pu modifier mon adaptateur en coupant la piste vers la broche 3 et en soudant une connexion directe entre cette broche et le 5 V, ce qui devrait le faire fonctionner. Les adaptateurs FTDI sous forme de câble, où l'électronique est intégrée au connecteur USB, semblent mieux s'en tirer, car il est généralement indiqué que la tension de 3,3 V ne concerne que les lignes de signal et que la broche d'alimentation fournit les 5 V du connecteur USB.

Le point 2 s'applique aussi à l'article « Adaptateur de programmation USB pour ESP8266 », Elektor 01-02/2018, page 12 (160490).

Jürgen Messerschmidt





X7R, Y5V, NP0, quesaco ?

Elektor 11-12/2017, p. 109 (160575)

Je voudrais ajouter une autre caractéristique des condensateurs à l'article très intéressant « Pourquoi tous les condensateurs céramiques ne se valent-ils pas tous ? » du numéro d'Elektor de novembre/décembre 2017. Il s'agit du facteur de pertes $\text{tg } \delta$, une grandeur caractéristique de chaque condensateur. Il est la cause de l'échauffement des condensateurs quand ils sont traversés par un courant. Mais attention ! Pour les condensateurs de classe 2, ce facteur est jusqu'à 35 fois plus élevé que pour ceux de classe 1. Et



comme de nos jours, du fait de la diminution de leurs dimensions, les condensateurs céramiques sont aussi utilisés en électronique de puissance (dénomination « convertisseur à résonance LLC »), on doit porter une attention particulière à leur facteur de pertes. Pour l'échauffement acceptable, le courant maximal dépend directement du facteur de pertes du condensateur. On en déduit aussi la tension maximale admissible, le produit du courant par la résistance série apparente, tension qui peut être largement inférieure à la tension de service. De tout cela, il résulte que même dans les applications d'électronique de puissance il y a intérêt à utiliser des condensateurs céramiques de classe 1. Dans le domaine de la haute fréquence, du fait des exigences sur le facteur de qualité, qui est l'inverse du facteur de pertes, on n'utilise de toute façon que des condensateurs de classe 1. Il reste la question de savoir comment est défini et mesuré le facteur de pertes. Si l'on néglige l'inductance parasite du condensateur, le facteur de pertes $\text{tg } \delta$ est le rapport de la résistance série équivalente sur la réactance (ESR/XC). Ces deux grandeurs dépendent de la fréquence. Pour les condensateurs céramiques de classe 1, la valeur typique de $\text{tg } \delta$ est de 0,001. La résistance série équivalente est aussi désignée par ESR. Comme c'est une résistance active, elle est responsable de l'échauffement du condensateur au passage du courant. Elle est aussi responsable du fait que le déphasage entre la tension et le courant n'est pas exactement de 90° , mais de $90^\circ - \delta$. À ceux qui ont le désir ou l'obligation de s'intéresser de plus près à cette question (et en particulier à l'échauffement et au courant maximal dans les condensateurs), je recommande l'outil de simulation sous <http://ksim.kemet.com/Plots/SpicePlots.aspx>.

Roland Stiglmayr

Merci pour ces précisions et votre compliment. Vous avez tout à fait raison : le facteur de pertes est un autre paramètre critique des condensateurs, étroitement lié au facteur de qualité. Cela pourrait donner matière à un autre article.

Robert Lacoste

mouser.fr

Les dernières nouveautés pour vos conceptions les plus récentes™

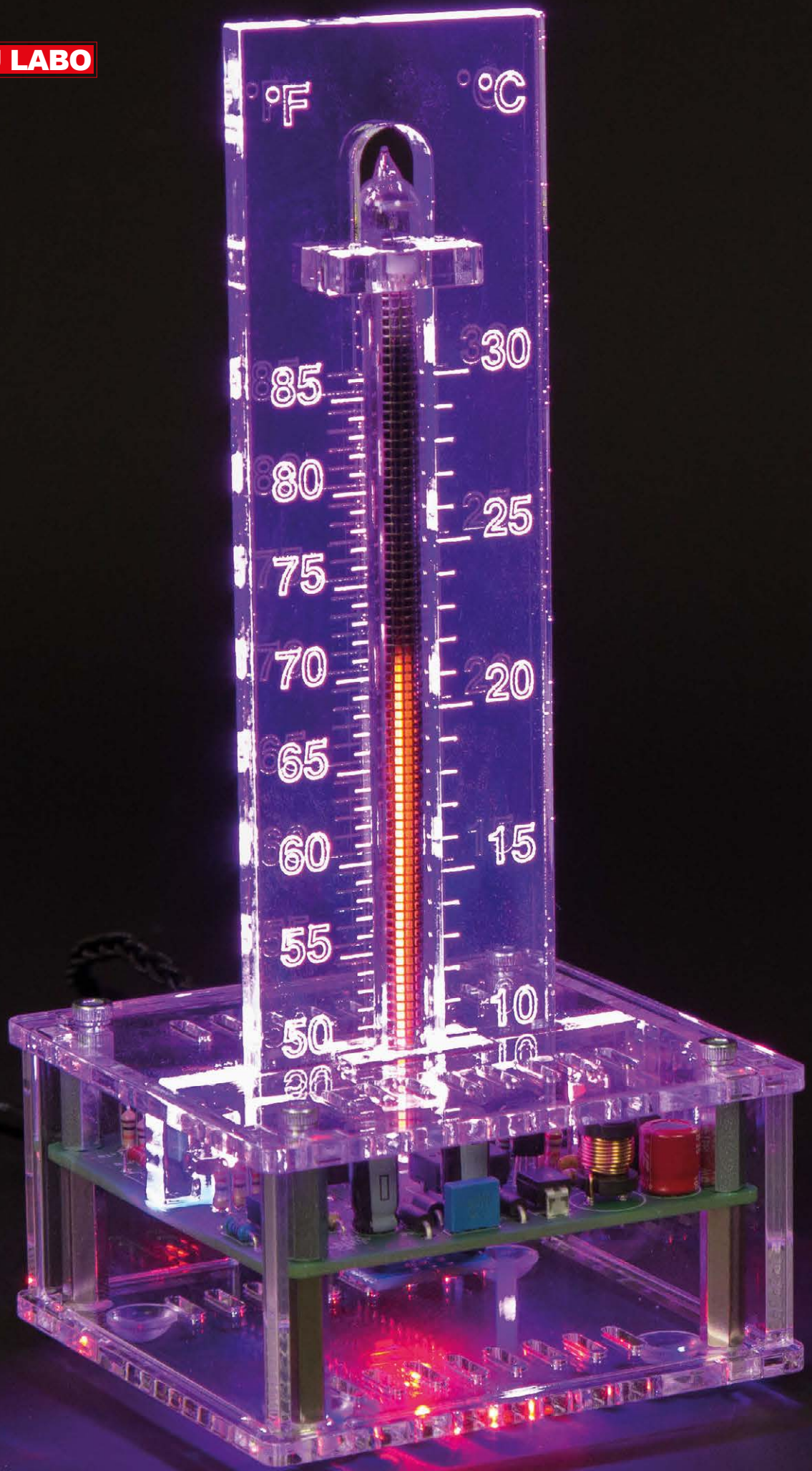
La plus vaste sélection de produits les plus récents.

Plus de 5 millions de produits de plus de 700 fabricants.



MOUSER
ELECTRONICS

Distributeur agréé de semi-conducteurs et de composants électroniques



thermomètre à bargraphe Nixie

high-tech, mais encore rétro

Ilse Joostens & Peter S'heeren (Belgique)

La fascination des tubes de type Nixie perdure. Après l'horloge Nixie pilotée par GPS d'Elektor de mai 2016 [1] et celle à tubes VFD [2] de mai/juin 2018, synchronisée par l'internet, on change de genre avec un tube moins connu : le russe IN-9. Il s'agit d'une colonne qui s'éclaire sur une hauteur variable. Ce tube a entre autres servi de vumètre. Comme il n'affiche pas de chiffre, ce n'est pas un authentique Nixie, mais comme il contient aussi un gaz noble, il offre le même chatoiement chaud et une pareille allure rétro.

INFOS SUR LE PROJET

-  **Température**
Arduino Nano tube IN-9
kit complet, boîtier compris
-  **débutant**
connaisseur expert
-  env. 2 h
-  outillage normal
PC avec EDI Arduino
-  env. 65 € (kit complet)

Nous avons initialement envisagé d'utiliser le tube bargraphe russe IN-13 pour réaliser notre thermomètre. Sa commande est vraiment très simple et il a servi de nombreuses fois dans des projets modernes. Nous avons cherché parmi les plus grands fournisseurs de tubes NOS (*New from Old Stock*, neufs issus de stocks anciens), pris contact avec différents vendeurs, mais hélas, nous sommes rentrés bredouilles. Ces tubes IN-13 sont tellement rares – il n'en reste que quelques dizaines – qu'ils sont

devenus hors de prix.

Comme nous espérons que de nombreux lecteurs réaliseront notre projet de thermomètre, nous avons finalement choisi le tube IN-9. Il en reste en quantité et ils sont encore bon marché. Une des raisons de cette situation est le peu d'intérêt qu'il rencontre auprès des concepteurs et amateurs électroniciens parce qu'il est difficile de le faire fonctionner de manière fiable, avec les frustrations qui s'ensuivent et les gros mots qui s'échappent.

Tubes incrémentiels

Historique

Les indicateurs linéaires ont une longue histoire, elle s'étend sur des siècles : baromètres à mercure, thermomètres au mercure ou à l'alcool, jauges pour liquides, manomètres, etc. Avec l'essor de l'électronique, les afficheurs ont commencé à foisonner, galvanomètre à cadre mobile, oeil magique et tous les indicateurs à barre mobile, au néon ou à l'argon, à VFD, à LED ou à OLED, à cristaux liquides.

Caractéristiques techniques

- Alimentation 5 VCC par connecteur USB
- Consommation d'énergie : 0,6 à 1,7 W selon la température
- Utilisation d'un tube russe IN-9
- Arduino Nano joint au kit
- Plage de température : +10 à 30 °C / +50 à 85 °F
- Capteurs compatibles : DS18B20, DS18S20 et DS1822
- Capteur de température livré : DS18B20
- Éclairage d'arrière-plan RVB
- Aucun CMS

Les premiers indicateurs linéaires au néon sont apparus dans les années 1930 pour repérer l'accord des radios dotées d'un réglage automatique de gain ou de volume (AGC/AVC). Des noms connus de firmes commerciales étaient Tuneon, Tune-A-Lite, Flash-O-Graph et Tonebeam. Ces tubes ont vite été remplacés par d'autres indicateurs comme les tubes à œil magique dès leur sortie.

Plusieurs années après, on a fabriqué en ex-Union soviétique les tubes IN-9 et IN-13, dont la production a continué jusqu'au début des années 1990. Plus récemment, on a produit des afficheurs linéaires au néon plasma tels que les russes IN-33 et les séries PBG-1220x et 1610x de Burroughs/Vishay.

Dans le cadre de cet article, nous n'aborderons que les tubes indicateurs linéaires remplis de néon ou d'argon.

Construction du tube IN-9

Le tube IN-9 se compose d'une ampoule en verre qui contient une grille anode nickelée, ouverte à l'arrière. À l'intérieur de celle-ci, il y a un fil de cathode en molybdène suspendu à un ressort en acier. Dans l'ampoule se trouve aussi un fixateur de gaz (*getter*) qui a la forme d'un disque de couleur gris métallisé. Ce fixateur est constitué principalement de baryum, il absorbe les impuretés dans le mélange gazeux de l'ampoule. Ce mélange se compose surtout de néon, avec un petit peu d'argon. En jargon du métier, on l'appelle mélange de Penning, du nom d'un physicien néerlandais qui en a découvert les avantages. Il facilite l'allumage à une tension plus basse qu'avec du néon seul. En combinaison avec le molybdène de la cathode, l'ionisation se produit déjà à 155 V.

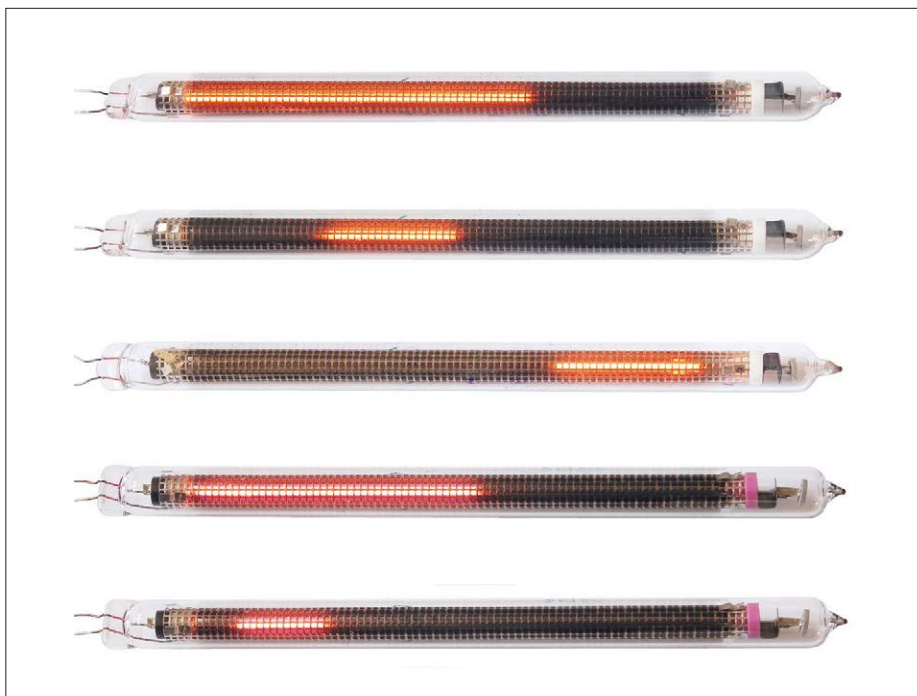


Figure 1. Dysfonctionnements des tubes IN-9. De haut en bas : un tube au néon qui fonctionne bien, deux tubes à colonne lumineuse coupée, un tube à l'argon au fonctionnement correct et un tube à l'argon dont la colonne lumineuse est coupée.

Une couche de zirconium enduit le bas du fil de cathode, c'est là que se produit le départ de l'allumage à moins de 140 V déjà et la longueur de la colonne lumineuse est assez proportionnelle au courant qui traverse le tube.

Récemment, il a été question (et réponse) du tube IN-9 dans l'article « les tubes Nixie » paru dans l'Elektor de mars/avril 2018 [3].

Lors de la production, le fil de cathode subit une pyrolyse par un surplus de courant qui provoque le dépôt de matière sur l'intérieur de l'ampoule. C'est ce qui explique la légère coloration sombre, surtout à l'arrière.

On a aussi produit des tubes IN-9 avec un mélange gazeux à base d'argon. Ils ont de ce fait une tension d'allumage plus élevée et la colonne lumineuse en est plus violette.

Commande des tubes IN-9 – et pièges

Traditionnellement, la commande des tubes IN-9 se fait en courant continu d'environ 150 V, en combinaison avec une source de courant par un transistor ou un transistor et un amplificateur opérationnel. Presque tous les circuits actuels à IN-9 sont conçus de cette manière.

Alors que nombre de ces tubes se laissent commander docilement, certains d'entre eux sont plus récalcitrants. Un dysfonctionnement fréquent, c'est la coupure de la colonne lumineuse, elle ne commence plus à la base, mais quelque part au milieu du tube. Une fois, elle a même démarré depuis le sommet. Même sur des tubes qui initialement se comportent normalement, de brusques variations du courant dans le tube peuvent provoquer cet effet. L'unique remède consiste à couper l'alimentation et espérer qu'au prochain essai, le défaut ne se reproduise pas. La **figure 1** illustre ces dysfonctionnements.

À l'origine, on utilisait les tubes IN-9 pour des mesures de tension et de courant du secteur. Ils étaient alors alimentés par la seule alternance positive de la tension alternative redressée. Dès lors, les tubes s'allumaient et s'éteignaient 50 fois par seconde. À chaque période, les tubes avaient tendance à s'allumer par le bas et du coup, il n'y avait que peu de risque de casser la colonne de lumière. Et si le phénomène se produisait quand même, la colonne était automatiquement rétablie à la période suivante.

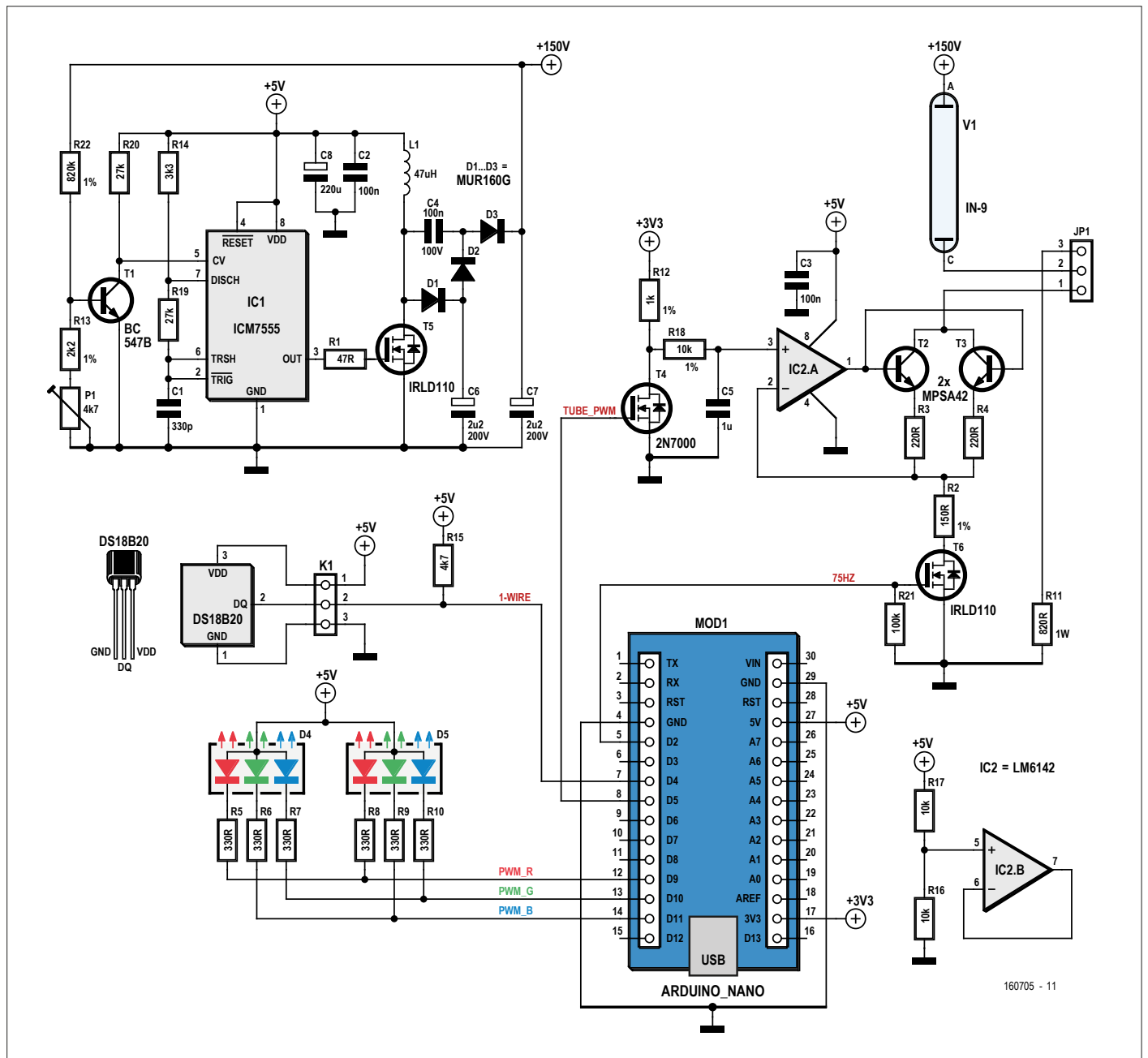


Figure 2. Le schéma du thermomètre bargraphe à Nixie.

L’an dernier, le groupe de discussion neonixie-L [4] a ardemment traité du sujet, d’ailleurs, le participant dont le pseudo est « start end » a même posté un schéma dans lequel le courant dans le tube IN-9 est interrompu périodiquement. Nous avons testé l’idée en profondeur, le système marche parfaitement. Ne vous étonnez donc pas que notre thermomètre soit partiellement basé sur ce principe. Petit inconvénient, la linéarité du tube en est un peu dégradée, mais le logiciel peut y remédier simplement. Une autre caractéristique ennuyeuse du tube est que parfois la colonne n’arrive plus jusqu’au sommet. Cela se produit

surtout quand le tube est resté inutilisé longtemps. On peut heureusement rétablir le bon fonctionnement par une procédure de surtension en soumettant le tube à un excès de courant jusqu’à ce que la colonne soit remontée suffisamment.

IN-13 versus IN-9

Le IN-13 est un peu plus long que le IN-9, alors que le courant nécessaire pour que le tube s’allume sur une certaine longueur est moindre. Le rendement lumineux est un peu plus faible aussi. La différence la plus notable est que le IN-13 dispose d’une électrode supplémentaire, une cathode auxiliaire sous

forme d’un morceau de fil de faible longueur. Comme la cathode auxiliaire est constamment allumée, la colonne lumineuse est plus encline à démarrer du bas. C’est plus fiable que l’allumage du IN-9. De plus, le IN-13 ne souffre normalement pas d’avoir subi une longue inactivité, un processus de surtension est donc rarement nécessaire.

Le schéma

Dans le schéma de la **figure 2**, on distingue une alimentation à découpage, la commande du tube, des LED RVB et un Arduino Nano. Nous avons choisi cet Arduino-là parce que, pour son prix, nous

sommes dispensés de monter un micro-contrôleur et un convertisseur USB/sérial sur le circuit imprimé. Autre avantage appréciable, on peut alors construire le circuit sans aucun composant à monter en surface, il est ainsi mis à la portée d'artistes du soudage moins expérimentés.

Alimentation à découpage

L'alimentation est construite autour d'un 7555, un concept classique que nous avons déjà mis à profit avec succès dans d'autres circuits. Comme nous partons d'une tension assez basse de 5 V pour en faire à peu près 150 V, nous avons cette

fois fait appel à un doubleur de tension. Il offre l'avantage supplémentaire que les composants utilisés, exception faite du condensateur de sortie, ne doivent supporter que la moitié (75 V) de la tension de sortie. Par souci de simplicité, nous avons pris pour C6 et C7 des exemplaires



LISTE DES COMPOSANTS

Résistances :

R1 = 47 Ω
 R2 = 150 Ω 1 %
 R3, R4 = 220 Ω
 R5 à R10 = 330 Ω
 R11 = 820 Ω 1 W
 R12 = 1 k Ω 1 %
 R13 = 2,2 k Ω 1 %
 R14 = 3,3 k Ω
 R15 = 4,7 k Ω
 R16, R17 = 10 k Ω
 R18 = 10 k Ω 1 %
 R19, R20 = 27 k Ω
 R21 = 100 k Ω
 R22 = 820 k Ω 1 %
 P1 = potentiomètre ajust. 4,7 k Ω , horizontal, 10 mm

Condensateurs :

C1 = 330 pF NPO
 C2, C3 = 100 nF X7R
 C4 = 100 nF, 100 V, film
 C5 = 1 μ F X7R
 C6, C7 = 2,2 μ F/200 V
 C8 = 220 μ F, faible RSE

Semi-conducteurs :

D1 à D3 = MUR160G
 D4, D5 = LED RVB, 5 mm, anode commune
 T1 = BC547B
 T2, T3 = MPSA42
 T4 = 2N7000
 T5, T6 = IRLD110
 IC1 = ICM7555
 IC2 = LM6142NOPB
 IC3 = DS18B20+ (pas sur le circuit imprimé)

Divers :

L1 = 47 μ H/1,2 A, ELC08D470E
 JP1 = embase à 3 picots, au pas de 2,54 mm + cavalier
 K1 = embase mâle à 3 broches coudées à verrouillage (Würth 61900319521)
 K2 = connecteur femelle à 3 contacts + fils de raccordement (Würth 61900311621 + 3x 619100126015, pas sur le circuit imprimé)
 MOD1 = Arduino Nano (avec CH340) + 2x embases femelles droites à 16 pôles (Würth 61301611821)
 V1 = tube bargraphe IN-9 (Russie)

Composants mécaniques

4x pied en caoutchouc autocollant (TME RI-RBS-12)
 4x boulon M3x6 à tête cylindrique à six pans creux, acier zingué DIN 912
 4x boulon M3x8 à six pans creux, acier inoxydable A2, DIN 7991
 2x boulon M3x10, acier zingué, Pozidriv, DIN 7985A

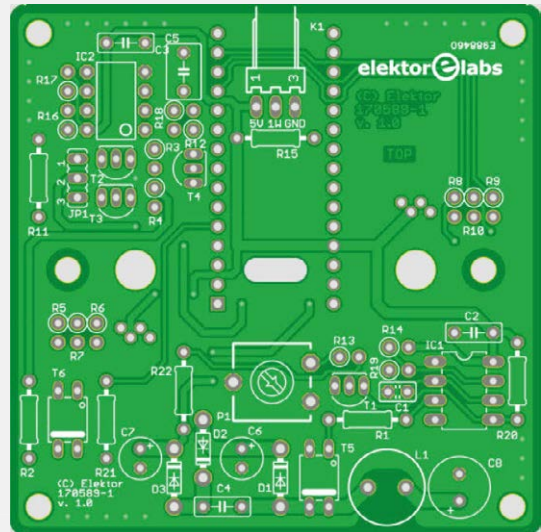
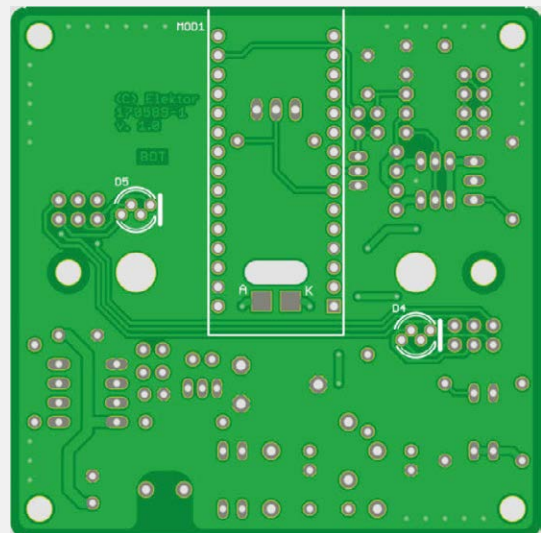


Figure 3. Le circuit imprimé double face pour composants traversants uniquement.



2x écrou hexagonal M3, acier, DIN 934
 2x rondelle M3, plastique, DIN 125A
 2x vis M2x10 à tête cylindrique Phillips, acier zingué, DIN 7985A
 2x écrou hexagonal M2, acier zingué, DIN 934
 4x entretoise de 14 mm, M3, M/F
 4x entretoise de 20 mm, M3, F/F
 gaine thermorétractable, \varnothing = 6,4 mm, ratio 1 à 2
 gaine thermorétractable, \varnothing = 1,6 mm, ratio 1 à 2
 acrylate clair, extrudé, épaisseur = 3 mm, découpé au laser (boîtier)
 acrylate clair, extrudé, épaisseur = 5 mm, découpé et gravé au laser (échelle)
 MetalGraph Plus MP922-314, 1/16e de pouce (Rowmark), acier inoxydable brosse finition noire, découpé au laser (échelle)

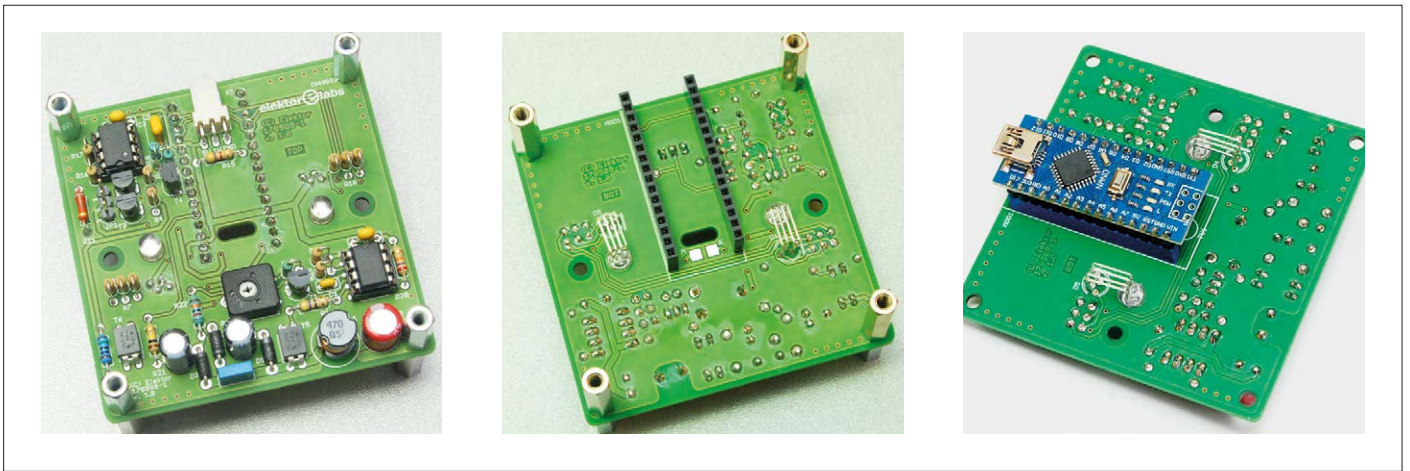


Figure 4. Trois photos pour voir comment bien installer tous les composants.

de 200 V. Cela n'augmente pas sensiblement le prix, mais évite toute méprise tragique.

La combinaison de diodes et condensateurs du doubleur de tension peut sembler complexe à première vue, mais son principe est en fait assez simple. Supposons que T5 soit en conduction. Un courant circule dans la bobine L1. Quand T5 bloque, en tant qu'inductance, L1 tente de maintenir le courant au même niveau, en conséquence, l'énergie emmagasinée se déverse à travers D1 dans le condensateur C6 qui voit sa tension s'élever au fil des cycles. Jusqu'ici, nous avons un classique convertisseur élévateur (*boost*). Admettons maintenant que, dans l'intervalle, C6 s'est chargé à 75 V. Quand T5 repassera en conduction, C4 va se charger à partir de C6 par D2 jusqu'à 75 V. Il n'y a pas de courant en provenance de D3 parce que, selon toute vraisemblance, la tension sur C7 est supérieure à celle de C6. Quand T5 bloque de nouveau, C7 se charge de la somme de la tension au point nodal T5/D1/C4/L1 (env. 75 V) et de la tension sur C4 (env. 75 V aussi), ce qui donne en théorie 150 V à peu près. Comme à chaque cycle, C4 transfère seul des charges vers C6 et C7, sa capacité peut être plus faible que celle de C6 et C7. Vu que nous avons pris pour C5 un MOSFET bon marché avec une $R_{DS(on)}$ relativement haute, le rendement du circuit total n'est pas spécialement élevé, on sait déjà qu'il y aura production de chaleur. Mais avec une consommation d'énergie totale du circuit de 0,6 à 1,7 W en service normal, il n'y a pas lieu de s'en soucier.

Le lien [5] donne encore des informations intéressantes (en anglais) sur les multi-

plicateurs de tension. Le lien [6] aussi, mais en français.

Commande du IN-9

Le tube IN-9 est commandé par une source de courant composée de l'amplificateur opérationnel IC2, des transistors T2 et T3 et des résistances R2, R3 et R4. Le signal analogique d'entrée est formé par un signal modulé en largeur d'impulsion (MLI) en provenance d'Arduino et lissé par R18 et C5. Pour cela, nous utilisons le 3,3 V fourni par le convertisseur USB/sérial de l'Arduino. La tension de 5 V issue des ports USB d'ordinateurs ou de banques de puissance peut singulièrement varier, sans compter la chute de tension sur le câble USB lui-même. En utilisant la tension d'alimentation de 3,3 V, ces variations sont sans effet sur l'affichage de la température sur le tube IN-9.

Pour limiter la production de chaleur dans les transistors de la source de courant, il y a deux MPSA42 en parallèle.

Le transistor T6 est directement piloté par l'Arduino et commute le tube 75 fois par seconde. Une fréquence plus haute que le 50 Hz du secteur rend moins perceptible le papillotement.

Pour une tension d'alimentation aussi basse que 5 V, nous avons opté pour un amplificateur opérationnel à excursion totale, un LM6142. Avec une puce standard comme le LM358, la tension de sortie n'est pas assez haute pour attaquer T2 et T3, et les mettre en conduction suffisante.

Enfin, vous pouvez réaliser un processus de pyrolyse par surtension en reliant avec le cavalier JP1 la cathode du tube IN-9 à la masse à travers une résistance

de 820 Ω . Dans ce cas, ne branchez pas le circuit sur le port USB d'un PC, il ne pourrait pas fournir assez de courant. En outre, en usage normal, le logiciel fait périodiquement monter et descendre la colonne lumineuse dans une petite animation pour maintenir le tube en bonne condition.

La construction

Comme de coutume, installez sur la face dédiée du circuit imprimé (**figure 3**) les composants des plus petits aux plus grands, mais attendez pour K1. Fixez la résistance R11 un peu à distance du circuit imprimé parce qu'elle chauffe très fort pendant l'opération de surtension. Coudez deux fois les pattes des LED RVB et montez-les côté soudures pour qu'elles traversent le circuit imprimé par les trous de 5 mm. Veillez à leur bonne orientation !

Sur chacune des embases femelles à 16 broches qui accueilleront l'Arduino Nano, supprimez une broche et soudez les deux embases côté soudures. Finalement, montez K1 du côté des composants. La **figure 4** montre bien le résultat escompté.

Insérez l'Arduino Nano dans les embases et installez IC1 et IC2 dans leurs supports. Montez ensuite le tube IN-9 dans l'échelle de température à l'aide des clips qui l'accompagnent. Fixez les clips dans l'échelle de température avec la fente orientée vers l'arrière et faites glisser le tube par le bas dans les clips pour le mettre dans la bonne position (**figure 5**). Comme le diamètre des tubes IN-9 peut varier à la fabrication, quatre jeux de clips sont prévus dans le kit pour différents diamètres. À vous de choisir le jeu

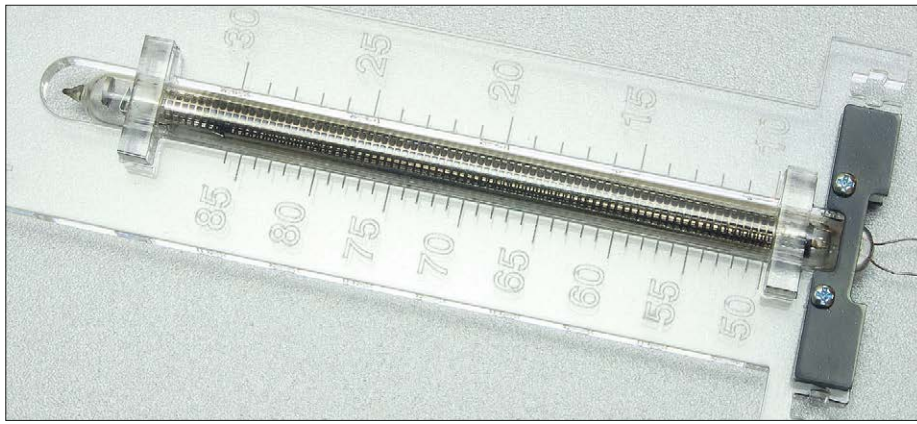


Figure 5. Voici comment placer le tube dans le support.

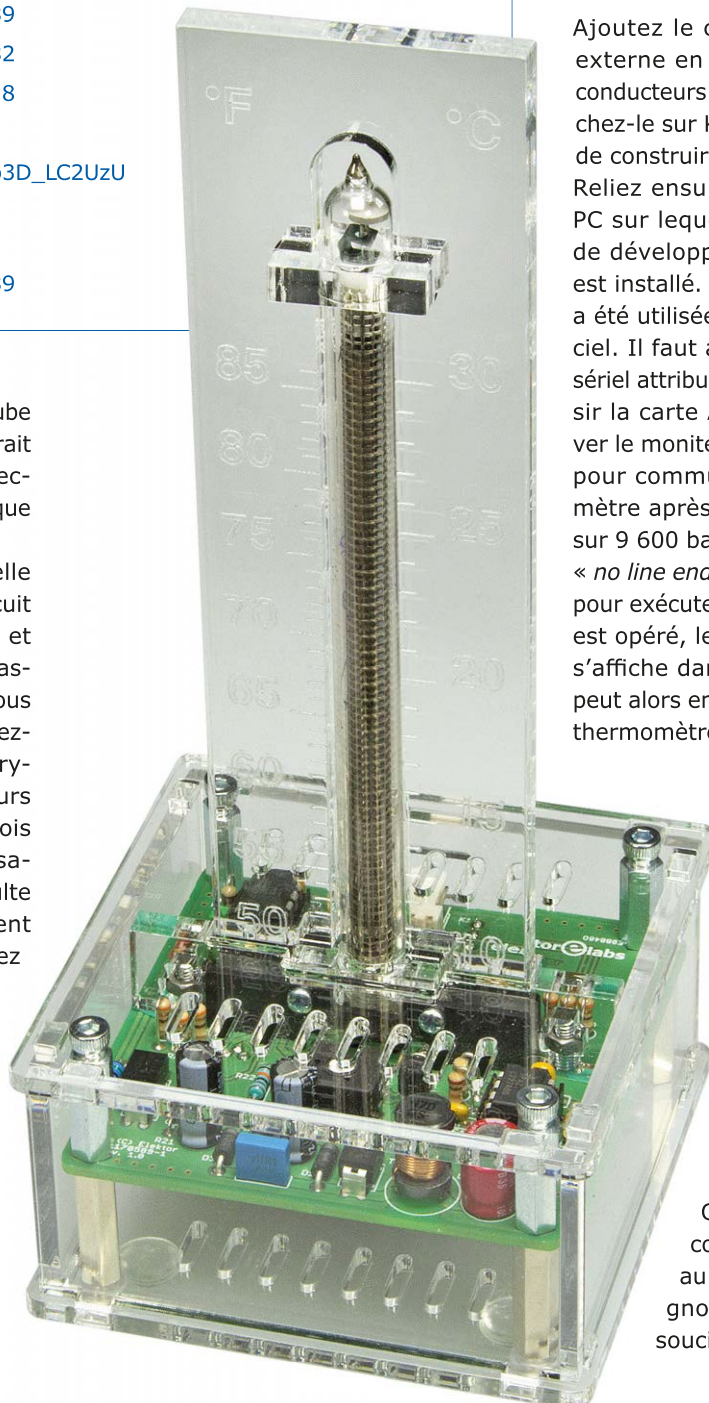
Liens

- [1] www.elektormagazine.fr/150189
- [2] www.elektormagazine.fr/160682
- [3] www.elektormagazine.fr/160618
- [4] <https://goo.gl/hhgawx>
- [5] www.youtube.com/watch?v=ep3D_LC2UzU
- [6] https://fr.wikipedia.org/wiki/Multiplicateur_de_tension
- [7] www.elektormagazine.fr/170589

adéquat, celui qui immobilise bien le tube sans une pression exagérée qui briserait le tube. Montez les plaques de protection des LED RVB avec le côté métallique vers l'intérieur.

Installez alors l'ensemble de l'échelle de température et du tube sur le circuit imprimé avec deux boulons M3×10 et soudez les pattes du tube dans les pastilles A et K côté soudures. Assurez-vous que les fils ne sont pas tendus, courbez-les avant de les souder. Le verre acrylique coupé au laser n'est pas toujours d'équerre et le rayon laser est parfois un peu oblique, en outre, sa focalisation est parfois imparfaite. Il en résulte alors que l'échelle n'est pas vraiment droite sur le circuit imprimé. Dévissez légèrement les boulons et insérez un morceau de la feuille de plastique qui protégeait l'acrylique, plié en deux ou en quatre, entre l'échelle et le circuit imprimé. La **figure 6** montre le résultat.

Figure 6. Le thermomètre fixé à l'échelle dans son boîtier de verre acrylique.



Après une dernière vérification, on peut le mettre sous la tension d'une source USB capable de fournir au moins 1 A. Avec P1, on règle la tension aux bornes de C7 à 150 V ou, pour un tube IN-9 à l'argon, à 160 V. Pontez les broches 2 et 3 de JP1 pour lancer un processus de surtension. Le tube doit alors s'allumer. Si la colonne lumineuse ne monte pas assez haut, maintenez l'opération jusqu'à ce que le maximum soit atteint, environ 12 mm sous l'anneau blanc dans le tube. Cela peut prendre 10 à 15 minutes. Il est normal que le tube, R11 et T5 deviennent assez chauds. Débranchez ensuite le cavalier pour le remettre sur les broches 1 et 2 de JP1.

Ajoutez le capteur de température externe en soudant le câble à trois conducteurs sur le connecteur et branchez-le sur K1. C'est aussi le moment de construire le boîtier.

Reliez ensuite le thermomètre à un PC sur lequel l'EDI (environnement de développement intégré) Arduino est installé. C'est la version 1.8.5 qui a été utilisée pour développer le logiciel. Il faut alors sélectionner le port sériel attribué au thermomètre et choisir la carte Arduino Nano. Puis activer le moniteur sériel de l'EDI Arduino pour communiquer avec le thermomètre après le chargement. Réglage sur 9 600 bauds et à la ligne suivante « *no line ending* ». On ouvre le croquis pour exécuter le chargement. Quand il est opéré, le déroulement du croquis s'affiche dans le moniteur sériel, on peut alors envoyer des commandes au thermomètre.

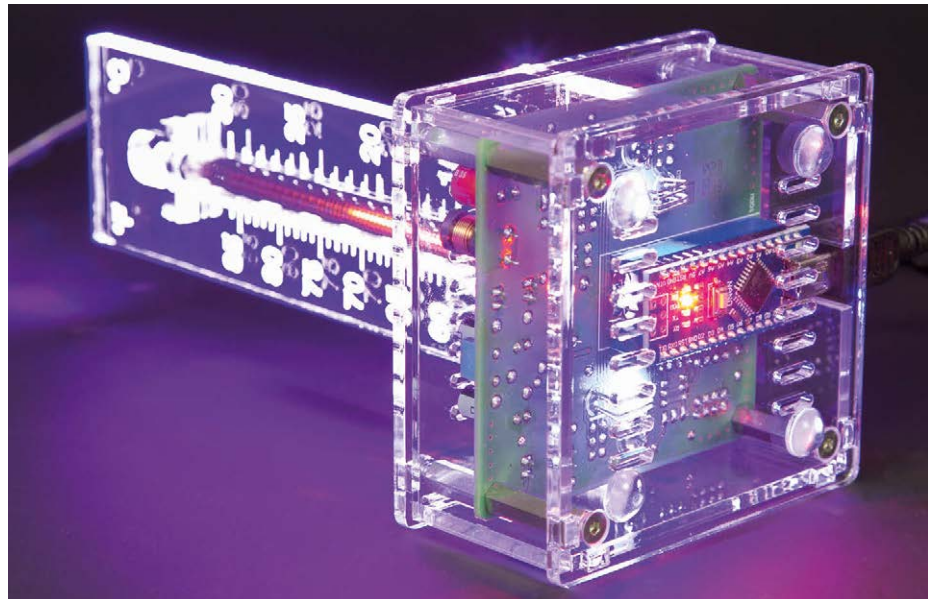
Le thermomètre répond à une trentaine de commandes. Elles sont toutes documentées dans le fichier source **cmd_proc.ino** qui fait partie du téléchargement gratuit sur [7]. Plusieurs commandes ont une forme abrégée, par exemple **setting dump** équivaut à **s d**.

Quand on envoie beaucoup de caractères en série au thermomètre, le tube clignote. C'est normal, pas de souci. Le processeur doit pro-

duire un signal à 75 Hz pour commander le tube, mais aussi exécuter le code approprié dans la bonne chronométrie. Quand tous ces caractères transitent par le port sériel, la bibliothèque Arduino sous-jacente est bloquée jusqu'à ce que les caractères soient arrivés et donc le signal à 75 Hz en est perturbé, le tube n'est plus bien piloté.

Cet effet peut se produire lors du transfert de nombreuses informations comme un **setting dump** ou quand le logiciel est compilé avec des options activées pour l'envoi d'informations de débogage. Cela ne se produit pas en service normal.

C'est une table de conversion qui permet au logiciel de transformer la température en degrés Celsius en un signal MLI qui commande le tube IN-9. La procédure d'étalonnage consiste à établir à la main les valeurs MLI et observer les températures qui s'affichent. Vous aurez à les programmer dans la table. Plus il y en a, meilleure sera la précision du thermomètre. S'il n'y a pas de valeur MLI pour une température donnée, le logiciel interpole entre les valeurs MLI de deux températures voisines connues.



Il est recommandé de vérifier l'étalonnage après un certain temps de service et éventuellement de le corriger. ◀

(160705/170589 -

version française : Robert Grignard)



DANS L'É-CHOPPE

→ Thermomètre à bargraphe Nixie (kit complet)

www.elektor.fr/nixie-bargraph

→ Arduino Nano

www.elektor.fr/arduino-nano

Publicité

EX PÉRIENCE, C OMPÉTENCE, I DÉES, T ALENT & E NVIES

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

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

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

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

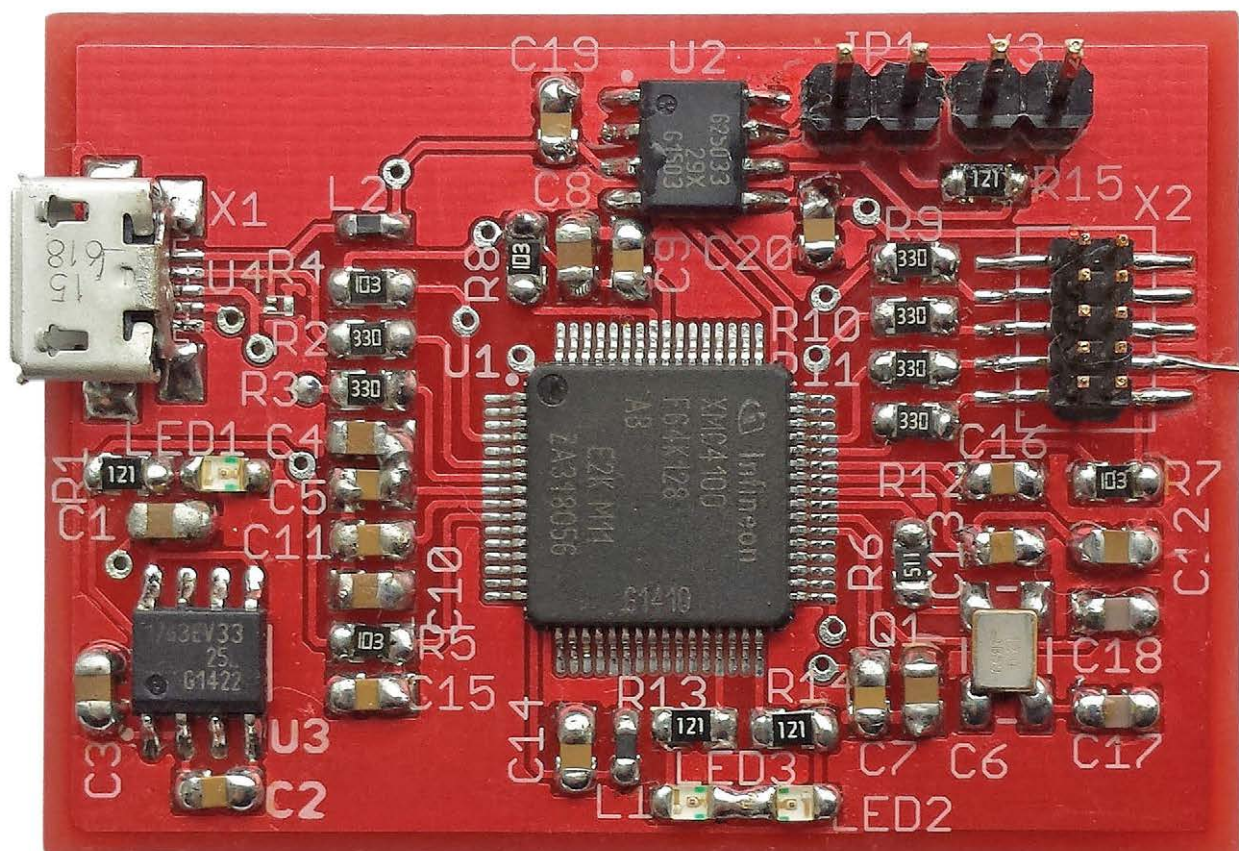
La relation éditeur-auteur est encadrée par un contrat d'édition qui stipule vos droits d'auteur sous la forme d'un pourcentage déterminé du prix de vente.

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



outil de débogage du bus CAN

CAN 2GO : facile à utiliser et pas cher



Le CAN (*Controller Area Network*) est une interface de communication utilisée dans de nombreuses applications industrielles et automobiles. Le caractère complexe de ces applications requiert souvent des outils de mise au point simples à utiliser et efficaces. CAN 2GO est un de ces outils, adapté aux protocoles 2.0 A et B. Une fois qu'il est relié à un bus CAN et à un PC, on accède à toutes ses fonctions grâce à l'IHM d'une application pour PC.

Szymon Panecki (Pologne)

On peut décrire CAN 2GO comme un outil de débogage de la communication CAN 2.0 A/B. Le graphique de la **figure 1** présente les tâches exécutées par le circuit. Concentrons-nous sur chacune d'elles pour expliquer leurs rôles.

La première tâche exécutée par CAN 2GO peut être qualifiée de « conversion CAN-USB ». Le circuit scrute le trafic CAN, et reçoit et traite chaque message envoyé sur le bus. Il conver-

tit le contenu du message au format ASCII et le transfère par l'interface USB au PC où l'utilisateur peut l'observer avec l'application CAN Analyzer, spécifique à CAN 2GO.

La seconde tâche est la réciproque de la première : lorsqu'un message est envoyé depuis le PC vers CAN 2GO (avec l'application CAN Analyzer), elle le convertit en message CAN et l'envoie sur le bus.

La troisième tâche est en liaison avec les deux premières. L'envoi et la réception de messages CAN doivent être signalés à l'utilisateur. Pour cela nous avons une solution très simple...

un voyant à LED. Après réception de chaque message CAN, une LED clignote une fois sur la carte. Une autre LED s'allume brièvement quand un message CAN est envoyé.

Tous les appareils connectés à un bus CAN doivent envoyer et recevoir des messages avec un débit (vitesse) CAN identique, autrement ils ne pourront pas communiquer. CAN 2GO doit donc pouvoir s'adapter au débit utilisé par le bus CAN. C'est la quatrième tâche. Elle est activée lorsque l'utilisateur décide de régler CAN 2GO avec une vitesse de bus différente. Des caractères ASCII représentant la nouvelle valeur du débit CAN sont alors envoyés du PC (par l'application CAN Analyzer) vers le circuit CAN 2GO par l'interface USB. Le circuit CAN 2GO les interprète et ajuste le nouveau débit du bus CAN.

Sélection des composants

La mise en œuvre des fonctions décrites ci-dessus requiert une sélection spécifique de circuits intégrés (CI). À savoir : le µC (microcontrôleur), l'émetteur-récepteur CAN et les circuits intégrés de gestion de l'alimentation et de protection de l'USB. L'auteur a sélectionné les composants suivants dans la gamme d'Infineon Technologies :

- µC : XMC4100-F64K128 ;
- Émetteur-récepteur CAN : TLE6250GV33 ;
- CI de gestion de l'alimentation : régulateur de tension IFX1763XEJV33 ;
- CI de protection USB : diodes TVS (Suppression des Transitoires de Tension) ESD8V0L2B-03L.

Mise en œuvre du système – outils de développement

Le système a été développé à partir de trois outils gratuits. L'auteur a utilisé *Cadsoft EAGLE 7.3 Light Edition* pour la conception matérielle et deux EDI (Environnement de Développement Intégré) pour le développement du logiciel : *Infineon DAVE IDE for MCU* (révision 3.14) et *Microsoft Visual C# IDE for PC*. DAVE (*Digital Application Virtual Engineer*) est conçu pour les familles XMC dont fait partie le XMC4000, un processeur Cortex M4. DAVE s'appuie sur Eclipse et embarque des compléments communs à tous les EDI : un éditeur de code, un compilateur, un éditeur de liens et un débogueur. Une partie essentielle de DAVE est *Code Engine*, qui s'appuie sur des composants logiciels – « DAVE Apps ». Une appli DAVE peut être vue comme une boîte noire associée à une ressource ou une fonction spécifique (par exemple un périphérique du µC comme le SPI ou une couche supérieure comme un système de fichiers FAT). De cette façon, on peut facilement configurer les couches matérielle et logicielle depuis l'IHM, par exemple pour l'affectation des broches du SPI ou le réglage des paramètres de communication. *Code Engine* va produire une bibliothèque de code source tenant compte des fonctions du composant et de la configuration utilisateur, et va l'inclure dans le projet de l'EDI. Ce code source comporte un jeu de fonctions en C et des structures qui configurent les ressources du µC, ainsi qu'une API (*Application Programming Interface*) permettant de les utiliser dans une application. Cette approche avec des composants intuitifs rend le développement logiciel facile, rapide et fiable.

Micrologiciel du µC

La **figure 2** montre le schéma fonctionnel de l'application exécutée par le µC. Après un redémarrage, le µC configure ses

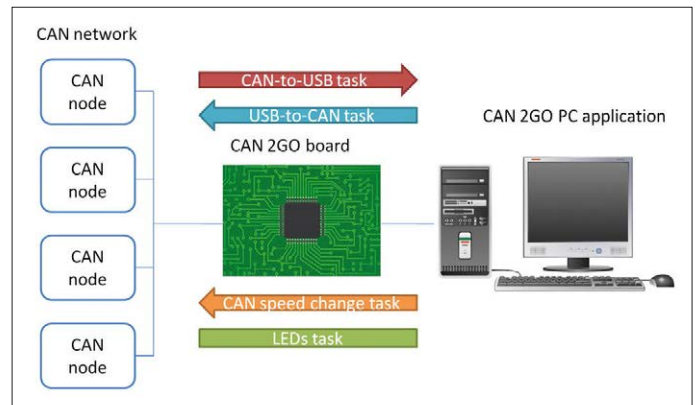


Figure 1. Les tâches exécutées par le kit CAN 2GO (carte et application PC) avec des flèches indiquant le sens du flot de données.

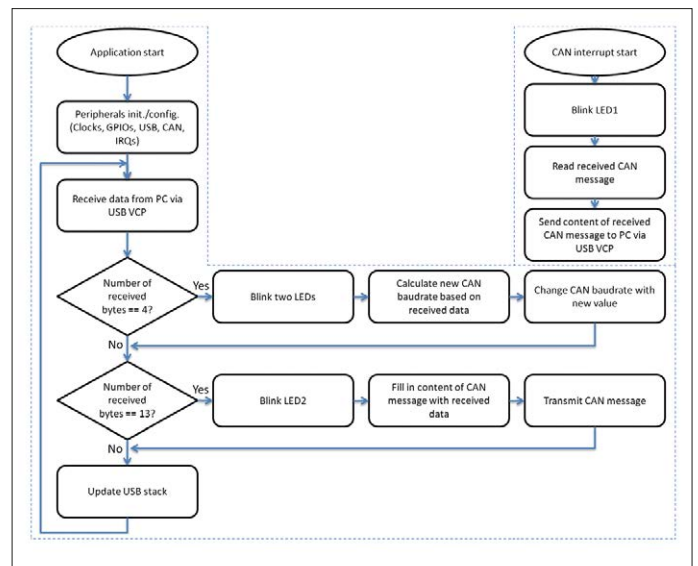


Figure 2. Schéma fonctionnel de l'application tournant dans le µC.

périphériques : horloges, GPIO, interfaces de communication (USB, CAN) et interruption CAN. Lorsque la configuration de ses ressources internes est terminée, le µC démarre une boucle sans fin dans laquelle la pile USB vérifie en permanence l'arrivée de nouvelles données par l'interface USB. On a dans ce cas deux situations.

- Si l'interface USB a reçu quatre octets, c'est que le µC doit changer le débit CAN. Ces quatre octets indiquent le nouveau débit avec une simple « formule ». Chaque octet représente un chiffre du débit en kbits/s, par exemple « 0500 » signifie 500 kbits/s. Immédiatement après réception de ces quatre octets, le nouveau débit CAN est calculé et appliqué. Deux LED vont clignoter brièvement pour indiquer qu'un nouveau débit est utilisé.
- Si l'interface USB reçoit treize octets, le µC va émettre un message CAN. Ces treize octets sont interprétés ainsi : le premier octet indique le format du message ; « 0 » signifie CAN 2.0A avec identifiant standard, « 1 » signifie CAN 2.0B avec identifiant étendu. Du second au cinquième octet, on a l'identifiant du message et les données vont du sixième au treizième octet. Par exemple « 0000512345678 » indique

un message CAN 2.0A avec identifiant standard, adresse 5 et donnée 12345678. Après réception de ces treize octets, un message CAN est immédiatement créé et émis sur le bus. Une LED (LED2, cf. schéma) clignote pour indiquer qu'un message CAN a été émis.

En marge de cette application qui tourne dans une boucle sans fin, le logiciel du μC gère une routine d'interruption. Celle-ci intervient lorsqu'un message est reçu sur le bus CAN. Dans la routine d'interruption CAN, le μC lit le message reçu (ce qui consiste à le recopier des registres vers un tableau de treize octets) et l'envoie au PC par l'interface USB. Une LED (LED1, cf. schéma) clignote pour indiquer qu'un message CAN a été reçu et envoyé au PC.

Conception du matériel – le schéma

La figure 3 montre le schéma complet du circuit. Comme il est composé de plusieurs parties, la façon la plus simple pour

l'analyser est sans doute de le diviser en blocs fonctionnels et de décrire chacun d'eux séparément.

Commençons par l'alimentation. La tension d'alimentation est fournie par le connecteur USB X1. Lorsque le câble USB est branché, il délivre une tension d'environ 5 V. Cette tension est filtrée par une perle de ferrite (L2) pour réduire les possibles EMI (Interférences Électromagnétiques). Deux circuits intégrés sont alimentés directement par cette tension (VDD5USB) : l'émetteur-récepteur CAN U2 et le régulateur de tension U3. Ce dernier rabaisse les 5 V à 3,3 V (VDD3.3). La tension des deux broches d'entrée et sortie est filtrée respectivement par les condensateurs C3 et C1. Le μC fonctionne sous 3,3 V et cette tension est appliquée sur ces broches :

- Broches VDDPx (domaine VDD) :
- VDDP1 découplé par C4 et C5,
- VDDP2 découplé par C6 et C7,
- VDDP3 découplé par C8 et C9,

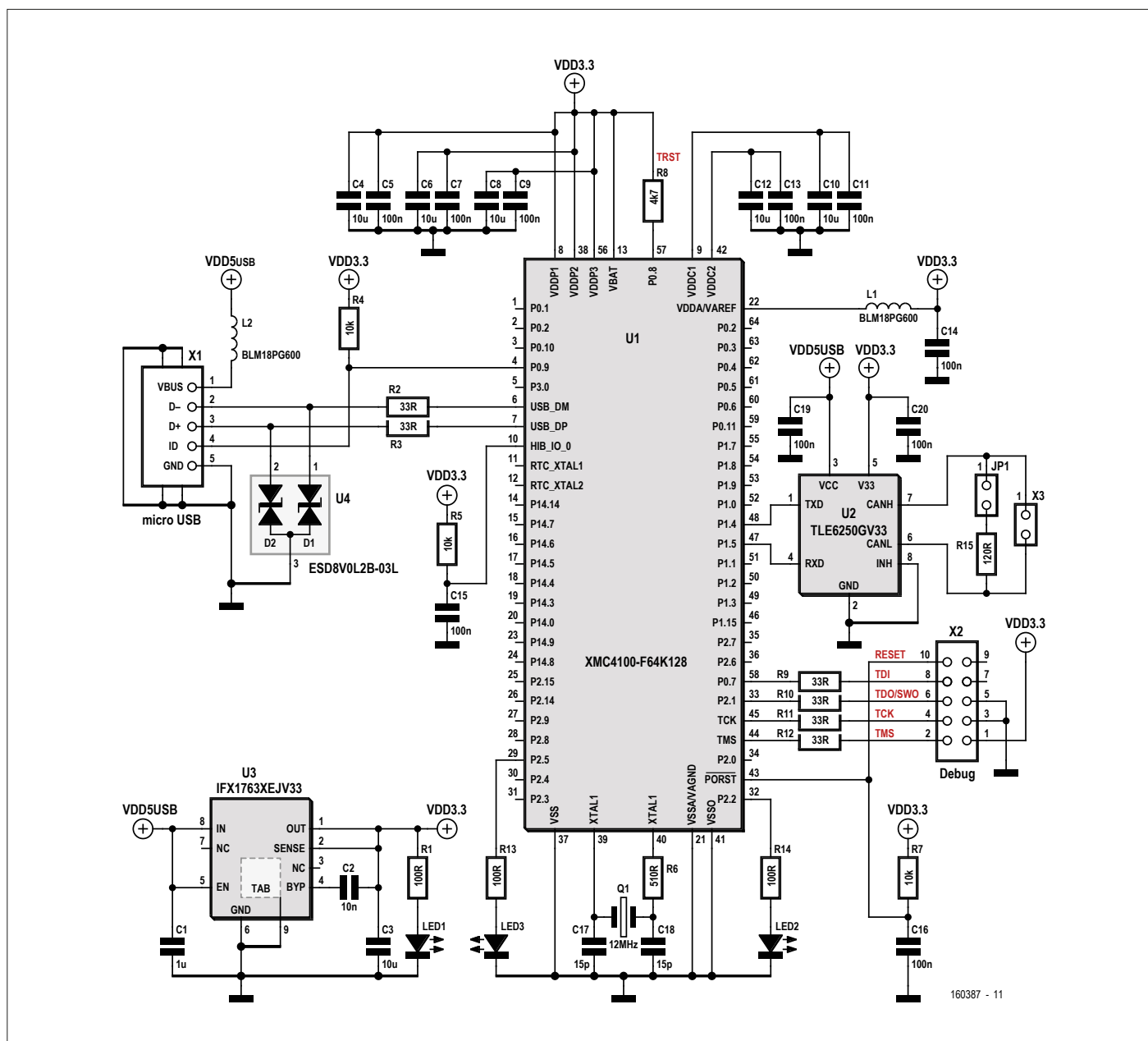


Figure 3. Le schéma tourne autour du μC , principal composant du circuit.

- Broche VBAT (domaine Hibernata),
- Broche VDDA/VAREF (domaine Analog), filtrée par la perle de ferrite L1 et découplée par C14.

Le µC est aussi muni de deux broches de sortie d'alimentation VDDCx (domaine VDD Core). Ces broches fournissent une tension de 1,3 V produite à l'intérieur du domaine VDD PAD par un régulateur de tension intégré. On n'utilise pas cette tension dans ce circuit, mais c'est une bonne pratique que de découpler ces broches (C10-C13).

On doit faire attention avec les broches de masse, au nombre de trois pour le µC : VSSA/VAGND, VSSO et VSS. Toutes doivent être connectées au même plan de masse, ainsi que le régulateur de tension, l'émetteur-récepteur CAN, le connecteur USB et tous les condensateurs de découplage.

Le composant essentiel du circuit d'horloge est un oscillateur à quartz (Q1) qui produit un signal d'horloge à 12 MHz. Une broche du quartz est directement reliée à l'entrée d'horloge du µC (XTAL1), l'autre est reliée à la sortie d'horloge du µC (XTAL2) par R6. Il y a aussi des condensateurs de charge entre chaque broche du quartz et le plan de masse (C17, C18).

L'horloge de débogage permet de déboguer, mais aussi de programmer le µC. Le µC XMC4100 comporte deux interfaces de débogage et de programmation : JTAG (*Joint Test Action Group*) et SWDP (*Serial Wire Debug Port*). Les broches du µC pour JTAG/SWDP (TDI, TDO, TCK/ SWDCLK et TMS/SWDIO) sont reliées au connecteur de débogage X2. Ce connecteur donne aussi accès à la broche RESET du µC et aux lignes d'alimentation VDD3.3 et GND. Le brochage du connecteur est compatible avec le standard utilisé par les sondes de débogage/ programmation des µC de type Cortex-M (comme le J-Link de Segger). Le µC peut être réinitialisé en appliquant un signal logique bas sur sa broche PORST. Un simple circuit RC (R7/ C16) réduit le risque de réinitialisation intempestive.

Il y a trois LED sur le circuit imprimé. La LED1 indique la présence de la tension d'alimentation. La résistance en série R1 limite le courant qui la traverse. Deux LED supplémentaires (LED2 et LED3 sur P2.2 et P2.5) sont commandées par le µC. Un niveau logique haut les allume, avec les résistances R13 et R14 pour limiter le courant. Les cinq lignes d'interface USB du connecteur X1 sont disponibles. L'utilisation de USB D+ et USB D- est indispensable parce qu'elles transmettent les données. Ces lignes sont reliées au µC et donnent accès à l'interface USB du µC par USB_DP et USB_DM. USB D+ et USB D- ont des résistances en série (R2 et R3) pour l'intégrité du signal. Les diodes TVS (U4) protègent contre les transitoires électrostatiques (ESD). L'utilisation du signal USB ID est facultative. Cette ligne est reliée avec une résistance de rappel au plus à la broche P0.9. En testant l'état du signal USB ID, le µC peut déterminer si une fiche USB 3.0 micro-A ou micro-B est insérée.

Enfin l'émetteur-récepteur CAN (U2) convertit les données sérielles CAN en signaux différentiels CAN et vice-versa. La communication série s'effectue entre l'émetteur-récepteur CAN (TXD, RXD) et le µC (P1.4, P1.5). De l'autre côté, U2 communique avec les nœuds CAN connectés à X3. Le signal différentiel de communication est produit entre les broches CANH (*CAN High*) et CANL (*CAN Low*). Quand l'émetteur-récepteur est couplé au premier ou au dernier nœud CAN du bus, on doit mettre le cavalier JP1 pour avoir une terminaison correcte du bus (avec R15).

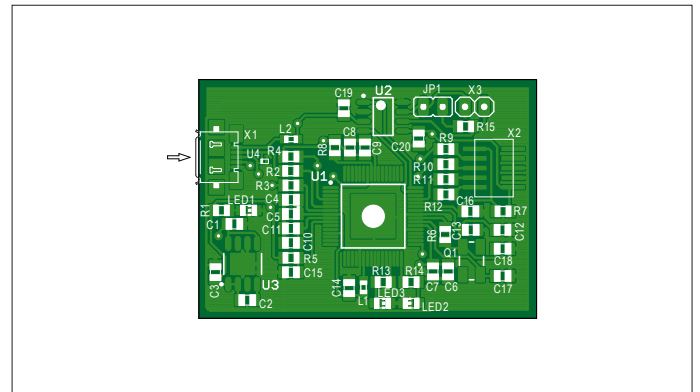


Figure 4. Le tracé de la face supérieure de la carte montre clairement le microcontrôleur au cœur du circuit.

Application PC pour Windows

Conception du matériel — le circuit imprimé

La **figure 4** montre la face supérieure du circuit imprimé double-face (les fichiers PDF des faces supérieure et inférieure sont disponibles en [1]). Comme sur le schéma, le µC est au milieu de la carte, entouré par tous les composants. Les composants passifs comme les condensateurs de découplage et les résistances de l'interface USB sont au plus près du µC. Le circuit d'horloge et de réinitialisation du µC est à droite avec le connecteur de débogage (X2). L'interface CAN est au-dessus (X3) et les LED commandées par le µC en dessous. À gauche, près du connecteur USB, la LED1 s'allume quand l'alimentation fonctionne correctement.

Application pour le PC

Une fois connectée au PC, la carte CAN 2GO est reconnue comme un dispositif sur port COM. Il y a deux façons pour gérer la communication avec un tel dispositif depuis un PC :

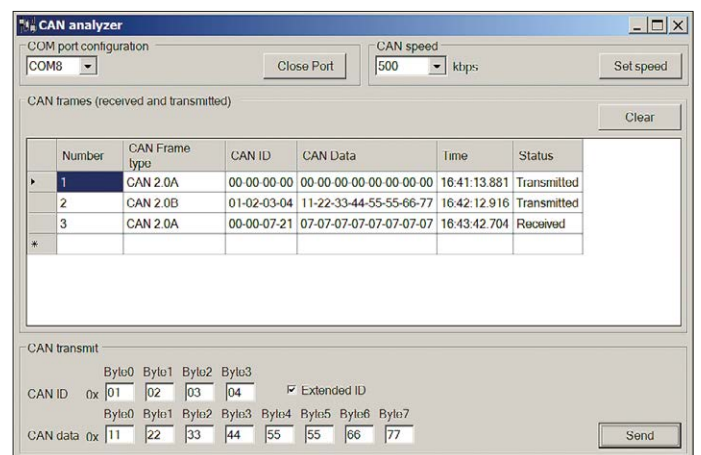


Figure 5. Vue de l'application CAN Analyzer pour CAN 2GO.

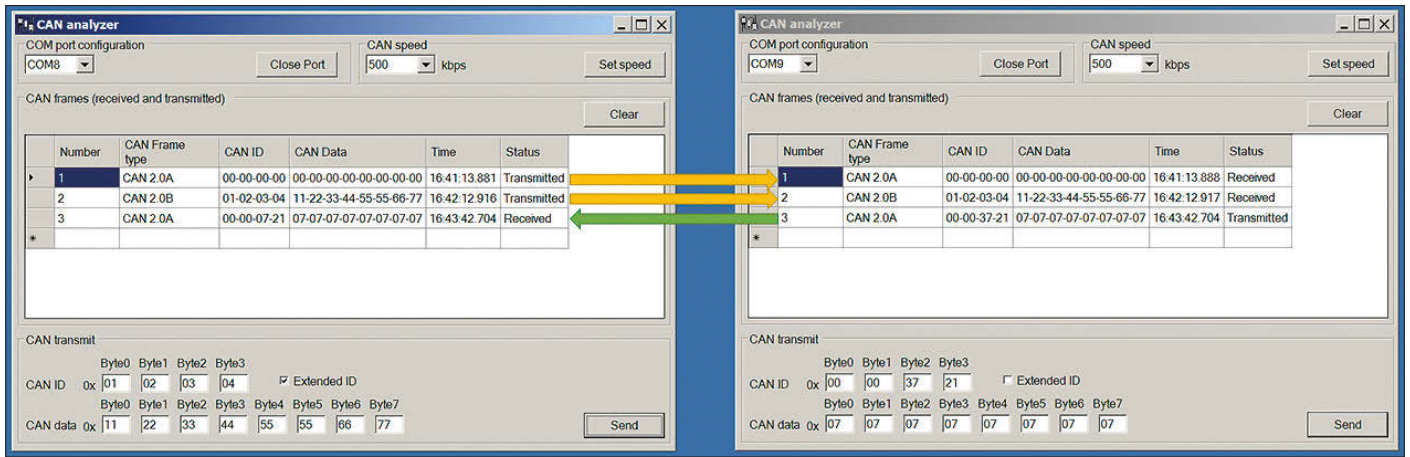


Figure 6. Exemple de communication entre deux kits CAN 2GO.

soit avec un terminal pour port COM, soit en développant une application spécifique. L'auteur a choisi la deuxième approche et créé une application. Celle-ci est constituée d'une fenêtre (fig. 5) qui contient :

- Une liste de choix de port COM avec un bouton d'ouverture/fermeture de port.
- Une liste de choix de débit CAN avec un bouton de confirmation de la vitesse choisie.
- Un tableau qui montre le trafic sur le bus CAN (messages émis et reçus). Le bouton *Clear* efface le tableau.
- Des champs de messages CAN à compléter par l'utilisateur. Le bouton *Send* les envoie sous forme de message CAN.

Mode d'emploi

Nous devons d'abord régler le matériel :

- Relier la carte CAN 2GO à un PC avec un câble micro-USB.
- Relier la carte CAN 2GO au bus CAN via X3.
- Si CAN 2GO est le premier ou le dernier nœud sur le bus, mettre le cavalier JP1 pour terminer correctement le bus.

On doit alors identifier le numéro du port COM attribué automatiquement par Windows à la carte CAN 2GO. Pour cela, ouvrir le Gestionnaire de Périphériques de Windows (Win 7 & 10 : pressez la touche *windows* et la touche *Pause/Break* puis cliquez sur Gestionnaire de Périphériques en haut à gauche). CAN 2GO devrait apparaître sous « Ports (COM & LPT) ». Retenez le numéro de port COM et lancez l'application PC CAN Analyzer. Sélectionnez le bon port COM dans la liste défilante et cliquez sur « *Open Port* ».

Le débit CAN par défaut est 500 kbits/s (kbps). Si les nœuds sur le bus CAN ont un débit différent pour la communication, l'application PC peut reconfigurer CAN 2GO pour utiliser la bonne vitesse. Sélectionnez le bon débit dans la liste défilante et cliquez sur « *Set speed* ». Le tableau au milieu de la fenêtre affiche le trafic sur le bus CAN. Le contenu des messages émis et reçus sur le bus CAN est affiché. Chaque ligne présente un message CAN distinct et donne des informations sur son type (CAN 2.0A avec identifiant standard ou CAN 2.0B avec identifiant étendu), son identifiant (en fonction du type de message CAN, c'est une valeur sur 11 ou 29 bits), ses données (valeur

sur 8 octets), son horodatage (à quelle heure le message a été émis ou reçu) et la direction de transmission. Ce tableau est rafraîchi automatiquement.

En bas de l'application, un champ permet d'envoyer des messages CAN. On peut ici renseigner l'identifiant du message, son type (CAN 2.0A ou 2.0B) et son contenu. Ceci fait, le message peut être émis sur le bus CAN en cliquant sur le bouton « *Send* ». Le **figure 6** montre un exemple de communication CAN entre deux kits CAN 2GO. ◀

(160387 - version française : Denis Lafourcade)

Si vous avez des questions, contactez l'auteur par courriel : Panecki.Szymon@gmail.com.

Lien

[1] www.elektormagazine.fr/160387

DANS L'E-CHOPPE

→ 17730
livre en anglais
« Controller Area Network – Projects with ARM and Arduino »

→ 18219
livre électronique en anglais
« Controller Area Network – Principles, Projects, Programming »

→ 18268
carte d'émission-réception CAN sur SPI, « CAN SPI Click 3.3 V »

→ 18267
carte d'émission-réception CAN sur SPI, « CAN SPI Click 5 V »

→ 13971
carte E-blocks CAN (EBO18)



puce pour jeu vidéo GI AY-3-8500

drôle de composant n°37

Neil Gruending (Canada)

Vous souvenez-vous du légendaire jeu vidéo Pong ? Moi oui, mais il ne m'inspirait rien de particulier jusqu'à ce qu'un de nos lecteurs, Antoni Magre, ne me suggère par courriel que la puce pour jeux vidéo AY-3-8500 de General Instruments ferait un parfait *drôle de composant*. Après quelques recherches, je ne pouvais qu'être d'accord !

Les anglophones qualifient Pong et autres jeux similaires des années 70 de jeu *ball-and-paddle*, à cause des balles et raquettes qui y figurent. Leur apparence graphique simple permettait aux consoles de l'époque de donner le choix parmi douze jeux différents, tous codés en dur dans une collection de puces. À cause de ces nombreux circuits intégrés spéciaux, les consoles de jeu étaient chères et difficiles à vendre. Il y avait un réel besoin d'une solution moins chère avec un seul circuit intégré. L'une des premières solutions à puce unique a été l'AY-3-8500 de General Instruments (GI), qui a rendu les consoles Telstar de Coleco célèbres (fig. 1) en 1976. Plus d'un million d'unités ont été vendues cette année-là [1].



Figure 1. Console de jeu Telstar de Coleco.
Image : Phillip Lozano sur Pinterest.

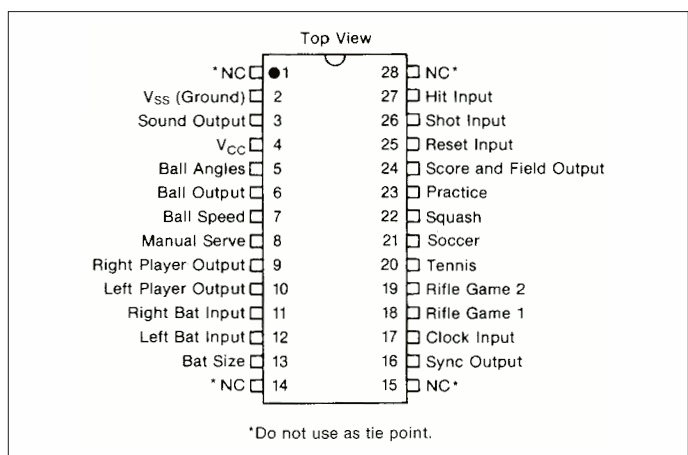
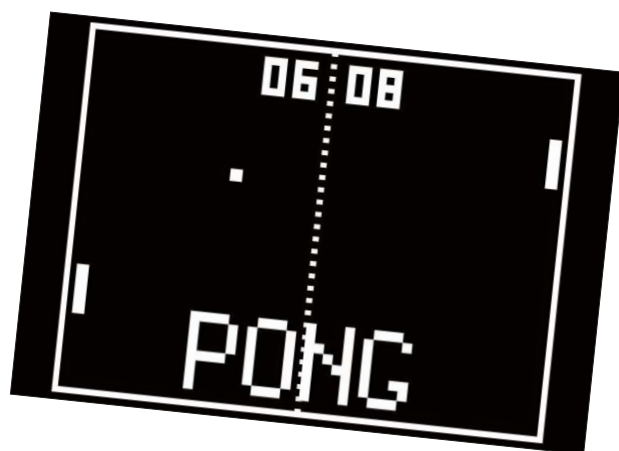


Figure 2. Brochage de la puce AY-3-8500 de General Instruments.
Image : Wikimedia Commons [4].



General Instruments avait surnommé la puce 8500 « Ball and Paddle » [2] : elle permettait de jouer au tennis, football, squash ainsi qu'à deux jeux de tir qui utilisaient une balle et une « raquette ». Il était possible d'ajuster la taille de la raquette et la vitesse de la balle pour changer la difficulté du jeu et la puce pouvait même compter les points. Les jeux de tir utilisaient du matériel supplémentaire dans des armes factices pour capturer l'état d'une cellule photoélectrique utilisée pour détecter la cible. Une prouesse d'intégration sur silicium (LSI), surtout lorsque l'on sait que tout fonctionnait avec des temporisateurs et des compteurs.

Cependant l'un des aspects les plus intéressants de la puce 8500 était sa flexibilité. Un examen attentif de son brochage (fig. 2) révèle qu'elle possédait plus de broches que nécessaire pour un simple jeu de Pong. Par exemple, les sorties vidéo séparées pour les deux joueurs permettaient au concepteur de changer la couleur (intensité du niveau de gris) pour chacun des joueurs avec des résistances. Il était également possible de créer une version à quatre joueurs en multiplexant quatre manettes sur les broches d'entrée gauche et droite. La feuille de caractéristiques est pleine d'idées pour personnaliser le jeu : nul besoin d'une équipe d'ingénieurs pour créer un nouveau produit.

Bien évidemment, la production de la puce 8500 n'a pas duré longtemps, mais on trouve encore des consoles d'occasion. Toutefois, la puce 8500 était conçue pour piloter directement un modulateur RF et ne fonctionnera donc pas avec les écrans modernes sans un circuit d'adaptation tel que le circuit à sortie vidéo composite conçu par Manuel van Dyck [3]. Bonne chance et bon rétro-jeu ! ◀

(160646-1 - version française : Kévin Petit)

Liens

- [1] « Before the Crash: Early Video Game History », Mark J. P. Wolf.
- [2] www.pong-story.com/GIMINI1978.pdf
- [3] <http://mrpjevans.com/2014/05/binatone-composite-mod/>
- [4] https://en.wikipedia.org/wiki/File:AY-3-8500_pinout.png

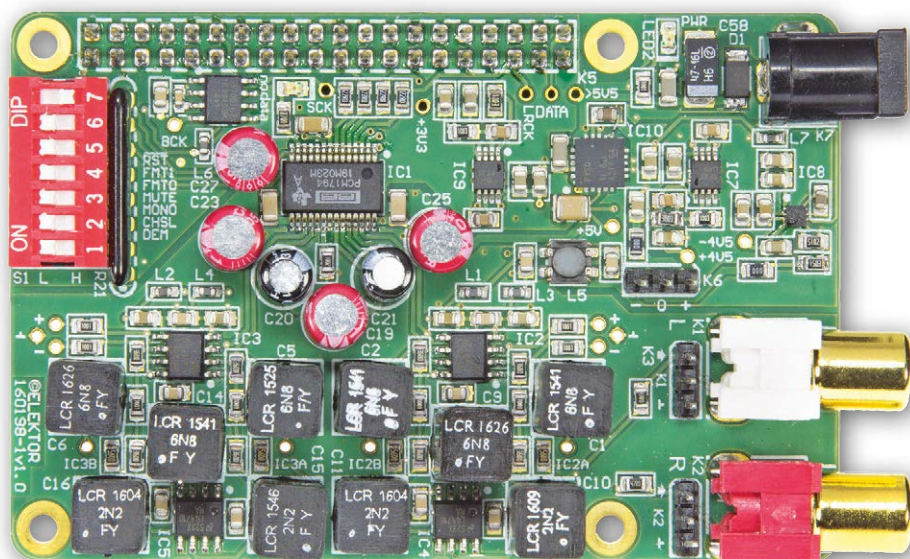


Envoyez-moi vos idées en quelques lignes ou sous forme d'un article déjà rédigé : neil@gruending.net

CN/A audio et commande de volume pour RPi d'Elektor ajustements et mises à jour

merci à tous pour vos questions et contributions

Compilé par **Ton Giesberts** (labo d'Elektor)



L'effet de synergie probable du croisement d'un poids lourd comme le Raspberry Pi avec l'art subtil de la conception audio haut de gamme, a fait que les articles *CN/A audio pour RPi* [1] et sa suite *Commande de volume pour le CN/A audio* [2] ont eu tous deux un succès fou. Mais du succès naissent les questions.

[CN/A audio pour RPi, Elektor 7-8/2017.](#)

Comme pour tous les projets audio personnels parus dans une publication papier et/ou en ligne, non seulement les utilisateurs affluent pour acheter les cartes et jouer de la musique, mais ils réagissent aussi, dans un bon esprit d'ingénierie, avec d'utiles commentaires. En voici certains — attention, cela va terriblement vite.

RuneAudio

Un utilisateur a gentiment signalé que le réseau sans fil (WLAN) ne fonctionne pas avec le système Volumio 1.55 ajouté au logiciel du projet en [3] (il s'agit d'[Elektor_Volumio_8GB_Image.zip](#) dans la section *Logiciels*). Après essai, en effet, le Wi-Fi ne fonctionne pas. Pour trouver une solution, j'ai refait l'installation de Volumio 1.55 comme décrit plus loin dans « Raspbian Stretch ne fonctionne pas ». J'ai utilisé [2017-07-05-raspbian-jessie](#) et l'interface graphique (GUI) de *Desktop Pixel* pour configurer le Wi-Fi. Pas de souci pour établir une connexion sans fil ! Ensuite, j'ai installé Volumio. Pour installer l'écran tactile de 3,5 pouces TFT LCD de Waveshare, il faut le pilote [LCD-show-170703.tar.gz](#) [4]. J'ai configuré le Wi-Fi et obtenu une adresse IP, même s'il a fallu quelques minutes. Le montage d'un NAS a aussi réussi. Mais la mise à jour d'une bibliothèque ne s'est pas terminée. Après redémarrage, toute l'interface Wi-Fi avait disparu...

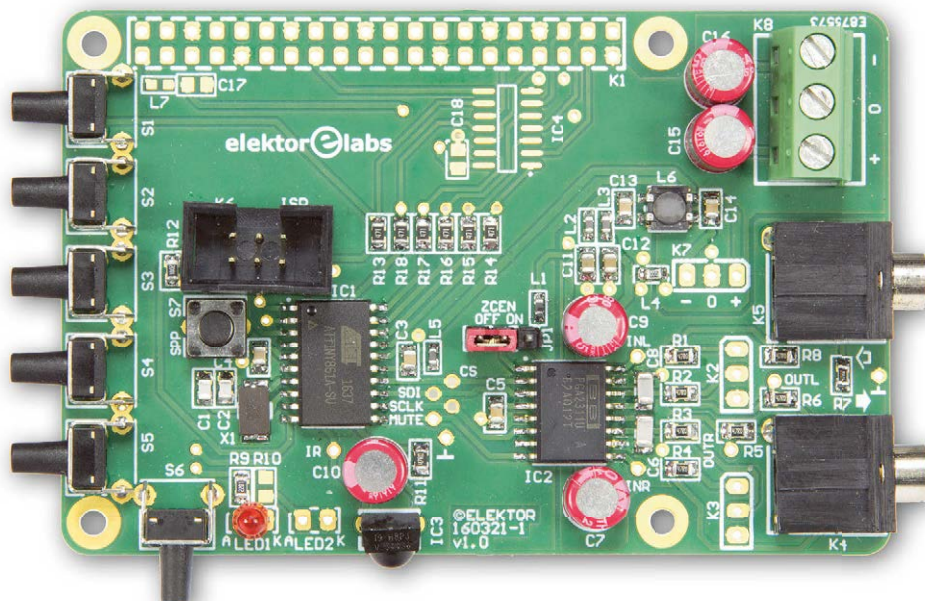
Quelques jours plus tard, j'ai inséré la carte SD et réessayé, et Volumio a démarré normalement. J'ai configuré le Wi-Fi et étonnamment cela a fonctionné. J'ai obtenu une adresse IP et le NAS ajouté précédemment était accessible et opérationnel. Après avoir désactivé l'option « Attendre le réseau au démarrage » dans l'outil de configuration du logiciel du Raspberry Pi (*raspi-config*), le redémarrage, sans connexion LAN, a été ralenti de plus d'une minute. L'ajout de la ligne `xserver-command=X -s 0 -dpms` dans `/etc/lightdm/lightdm.conf` pour désactiver l'économiseur d'écran a provoqué le gel de l'installation. Je ne suis pas sûr que cette image fonctionne correctement, mais par chance il y a une autre solution : RuneAudio ! J'ai effectué plusieurs tentatives pour faire marcher le Wi-Fi dans l'installation de Volumio 1.55, mais en vain. Le Wi-Fi fonctionne très bien dans l'installation de RuneAudio. Si vous voulez installer vous-même RuneAudio, consultez dans la section *Mises à jour* de la page du projet : *From the lab - using RuneAudio* [3]. Nous avons ajouté une image de 8 Go avec RuneAudio et l'écran tactile de 3,5 pouces TFT LCD de Waveshare pleinement fonctionnel : [Elektor_RuneAudio_8GB_Image.zip](#). Voir la section *Logiciels*. Il est facile de configurer une connexion Wi-Fi dans RuneAudio.

Après avoir *flashé* l'image sur une carte SD d'au moins 8 Go, connectez d'abord le réseau filaire et effectuez les réglages pour le Wi-Fi (sous MENU/NETWORK). Il vaut mieux utiliser l'interface web. Saisissez l'adresse IP du RPi avec RuneAudio dans un navigateur de votre choix. On trouve l'adresse IP de la connexion LAN dans MENU/Network à côté d'ETH0 sous NETWORK INTERFACES.

Lorsqu'on essaye d'entrer le mot de passe sur l'écran tactile de 3,5 pouces, un clavier occupe presque tout l'écran et on ne voit pas ce qu'on tape. Saisir des caractères ainsi est difficile, mais possible. Quelquefois tous les caractères ne sont pas acceptés. Pour moi un clavier USB a fonctionné. Une chose étrange est survenue lorsque j'ai sélectionné le menu réseau. Scanning for networks s'est affiché et quelques secondes plus tard plusieurs réseaux Wi-Fi de mon voisinage ont été listés, excepté le mien ! J'ai décoché l'option Enable 20/40 MHz Coexistence dans le menu des paramètres sans fil de mon routeur et peu après mon réseau Wi-Fi était aussi listé. Assurez-vous que de nouveaux dispositifs soient autorisés à se connecter à votre routeur. D'autres paramètres de sécurité ou de configuration du réseau peuvent entraîner la défaillance de la connexion et/ou que le SSID de votre réseau sans fil ne soit pas trouvé !

Déconnectez le câble LAN et redémarrez. RuneAudio devrait maintenant se connecter par l'interface sans fil. Après la mise sous tension, un bref écran de copyright avec un login apparaît. Attendez et soyez

Commande de volume pour le CN/A audio, Elektor 11-12/2017



patient — cet écran peut rester plus d'une minute avant que le démarrage ne se poursuive. RuneAudio n'a pas de menu pour rééchantillonner et par conséquent tous les fichiers audio et les stations radio de l'internet (comme Dirble) doivent être encodés en 24 ou 32 bits, sinon il n'y a pas de son. Si vous installez vous-même l'écran tactile, dans l'image originale de RuneAudio vérifiez les configurations suivantes, nécessaires pour notre CN/A : (dans Elektor_RuneAudio_8GB_Image, ces réglages sont déjà effectués)

- dans MENU/MPD/Audio Output, sélectionnez HiFiBerry DAC (I2S) comme interface de sortie audio ;
- dans MENU/MPD/Volume control, sélectionnez disabled (désactivé) ;
- dans MENU/SETTINGS/Features management, activez Local Browser ;
- dans MENU/SETTINGS/Features management, activez USB Automount.

Rasbian Stretch ne fonctionne pas

Une nouvelle version de Raspbian pour le Raspberry Pi est sortie mi-août 2017. L'installation de Volumio 1.55 comme décrit dans le texte de ce projet avec le fichier 2017-08-16-rasbian-stretch a échoué. Il manquait des paquets comme

php5-imagick. Vous pouvez installer le navigateur Midori, mais il ne démarre pas lorsqu'on l'appelle dans : `~/config/lxsession/LXDE-pi/autostart`.

Le lancement au démarrage du navigateur par défaut Chromium ne posait pas de problème en ajoutant ceci à autostart : `@/usr/bin/chromium-browser --kiosk --disable-restore-session-state http://localhost`

Volumio s'est lancé au démarrage, mais après l'installation du pilote d'affichage de Waveshare LCD-show-170703.tar.gz, dhcpcd n'a pas pu établir de connexion (pas sûr que le pilote soit en cause). Donc, pas de réseau. De plus, les clés USB ne se montaient pas. Après plusieurs heures, il était temps d'utiliser une version plus ancienne de Raspbian : 2016-09-23-rasbian-jessie.img, sans remise à niveau ni mise à jour pour RPi. Ça a marché. L'encadré « **Recette pour un lecteur de**

musique autonome » est une description à jour de l'installation de Volumio 1.55. Après cette installation, il faut changer quelques réglages pour que le CN/A audio joue dans Volumio :

- dans Playback/Audio Output, sélectionnez sndrpihifiberry ;
- dans Playback/Volume control mixer/mixer type, sélectionnez disabled ;
- dans System/I2S driver, sélectionnez Hifiberry ;
- dans Library, sélectionnez UPDATE LIBRARY.

Tous les changements dans une clé USB ou un NAS déconnectés/reconnectés nécessitent une mise à jour pour être visibles dans Volumio.

« The Sound of Silence ? »

Le lecteur Werner Jäger a demandé un conseil pour vérifier si des données audio sont réellement émises du RPi vers le module CN/A. Dans son cas, aucun son ne sortait du Volumio — même si le logiciel semblait bien fonctionner et que l'interface graphique s'affichait sur le LCD via Midori.

Werner a préparé une carte micro-SD de 16 Go et a lancé le logiciel sur un RPi 2B. Il a ensuite pris l'image Raspi trouvée sur le mini-DVD et suivi toutes les instructions décrites ici. Il a

Recette pour un lecteur de musique autonome (avec Volumio 1.55, RPi 2 et LCD)

Ou comment installer Volumio 1.55 sur un Raspberry Pi 2 avec un LCD de 3,5 pouces, 480×320 pixels, pour obtenir un lecteur de musique autonome. D'abord installez l'image [2016-09-23-raspbian-jessie.img](#) sur une carte micro-SD d'au moins 8 Go. On trouve l'image ici :

<http://downloads.raspberrypi.org/raspbian/images/raspbian-2016-09-28/>

Connectez un moniteur (HDMI), un clavier et une souris au RPi. Mettez sous tension le RPi. Lorsque le démarrage est terminé, ouvrez un terminal et lancez :

```
sudo apt-get update
```

```
sudo raspi-config
```

pour étendre la partition sur la totalité de la carte micro-SD et peut-être changer la configuration du clavier, en anglais par défaut. On peut aussi activer SSH ici. Je recommande fortement de changer le mot de passe par défaut pour des raisons de sécurité. Après la configuration du LCD, travailler depuis un ordinateur distant à travers une connexion SSH peut faciliter la saisie de commandes dans un terminal. Les caractères sur le LCD de 3,5 pouces sont un peu petits. Le login par défaut reste : pi/raspberry.

```
sudo reboot
```

```
sudo apt-get install midori
```

(un navigateur internet que nous savons lancer en plein écran)

```
sudo nano ~/.config/lxsession/LXDE-pi/autostart
```

Ajoutez les lignes suivantes (n'oubliez pas de mettre # en tête de la ligne **xscreensaver**...) :

```
#@xscreensaver -no-splash
@xset s off #disable screensaver
@xset -dpms
@xset s noblank #disable screensaver blanking
@unclutter -idle 0 #disable mouse pointing
midori -e Fullscreen & ZoomOut & ZoomOut -
    a http://localhost
```

Pour désactiver l'économiseur d'écran en permanence :

```
sudo nano /etc/lightdm/lightdm.conf
```

et ajouter dans la section `[SeatDefaults]` (et nulle part ailleurs sinon ça ne marchera pas) les commandes suivantes :

```
xserver-command=X -s 0 -dpms
```

```
sudo apt-get autoremove minecraft-pi
```

```
sudo apt-get autoremove wolfram-engine
```

```
sudo reboot
```

(Alt-F4 pour quitter Midori après le redémarrage)

```
sudo apt-get install alsa-utils mpd mpc minidlna
usbmount ntfs-3g -y
```

```
sudo nano /etc/mpd.conf
```

Commentez la ligne suivante avec un # :

```
bind_to_address "localhost"
```

Pour un réseau, c'est la ligne après le #

```
sudo apt-get install nginx sqlite3 php5-fpm php5-
```

```
curl php5-sqlite php5-cli php5-gd php5-imagick -y
```

```
sudo apt-get install samba samba-common-bin -y
```

```
sudo apt-get install autofs -y
```

```
sudo nano /etc/auto.master
```

Ajoutez la ligne suivante à la fin :

```
/media/ /etc/auto.ext-usb
```

```
--timeout=10,defaults,user,exec,uid=1000
```

```
sudo mkdir /var/www
```

(existe déjà, vérifiez-le d'abord avec : `ls /var/www`)

```
sudo mkdir /mnt/disk1
```

```
sudo mkdir /mnt/disk2
```

```
sudo mkdir -p /mnt/NAS
```

```
sudo mkdir -p /mnt/USB
```

```
sudo ln -s /mnt/NAS /var/lib/mpd/music/NAS
```

```
sudo ln -s /mnt/USB /var/lib/mpd/music/USB
```

```
sudo rm -r /var/www
```

configuré Volumio et redémarré plusieurs fois, tout en s'habituant à manipuler le GUI du lecteur audio, en particulier pour mettre à jour la « bibliothèque ». À la fin, quelques chansons, à 16 bits aussi bien que 24, se voyaient dans la liste de lecture

et le temps de lecture défilait. Malheureusement, bien que le module CN/A et l'ampli stéréo soient alimentés, il n'y avait rien sur l'entrée audio analogique.

On a conseillé à Werner de placer les commutateurs DIP ainsi :

Liens

[1] « CN/A audio pour RPi », Elektor 7-8/2017 : www.elektormagazine.fr/160198

[2] « Commande de volume pour le CN/A audio », Elektor 11-12/2017 : www.elektormagazine.fr/160321

[3] Page du labo d'Elektor : www.elektormagazine.fr/labs/audio-dac-for-rpi-networked-audio-player-using-volumio#/comments/labs/1206

[4] Pilote de LCD : [http://www.waveshare.com/wiki/3.5inch_RPi_LCD_\(A\)](http://www.waveshare.com/wiki/3.5inch_RPi_LCD_(A))

Ceci efface tout le contenu de /var/www. Pour éviter les erreurs :

```
fatal: destination path '/var/www' existe toujours et
n'est pas un répertoire vide
sudo git clone https://github.com/volumio/Volumio-
WebUI.git /var/www
sudo chmod 775 /var/www/_OS_SETTINGS/etc/rc.local
sudo chmod 755 /var/www/_OS_SETTINGS/etc/php5/mods-
available/apc.ini
sudo chmod -R 777 /var/www/command/
sudo chmod -R 777 /var/www/db/
sudo chmod -R 777 /var/www/inc/
sudo cp -var /var/www/_OS_SETTINGS/etc /
cd /var/lib/mpd/music ; sudo ln -s /mnt/disk1/Music
sudo ln -s /mnt/NAS /var/lib/mpd/music/NAS
sudo ln -s /mnt/USB /var/lib/mpd/music/USB
sudo nano /etc/modules
```

Ajoutez les lignes suivantes au fichier /etc/modules :

```
snd_soc_bcm2708
bcm2708_dmaengine
snd_soc_hifiberry_dac
```

Configurez maintenant ALSA

```
sudo nano /etc/asound.conf
```

Créez /etc/asound.conf avec le contenu suivant :

```
pcm.!default {
    type hw card 0
}
ctl.!default {
    type hw card 0
}
```

```
sudo reboot
```

À ce stade le LCD n'est toujours pas utilisé, seulement la sortie HDMI.

Volumio apparaît et réclame sa mise à jour. La première

mise à jour provoque une erreur. Fermez Midori (Alt-F4) et relancez-le. Entrez <http://localhost> dans la barre d'adresse et réessayez. Ou clic droit sur la page d'erreur, sélectionnez retour et réessayez. La deuxième fois ne devrait pas provoquer d'erreur et l'écran principal de Volumio devrait apparaître.

Pour utiliser l'écran de 3,5 pouces de Waveshare, copiez le pilote depuis le CD (dans notre cas le fichier s'appelait `LCD-show-161112.tar.gz`) dans un répertoire du Raspberry Pi. Le plus simple est d'utiliser une clé USB. Suivez les instructions du manuel utilisateur disponible sur le CD. Il précise d'exécuter `tar xvf LCD-show.tar.gz`.

Selon où vous avez copié le pilote (dans notre cas dans /home/pi/Documents), exécutez :

```
tar xvf /home/pi/Documents/LCD-show-160520.tar.gz
puis
cd /home/pi/LCD-show/
sudo ./LCD35-show
```

Le système va redémarrer et Volumio devrait apparaître en plein écran sur le LCD. Si vous voulez encore utiliser le Raspberry Pi pour autre chose, la touche F11 permet de quitter le mode plein écran et le Bureau est accessible. Pressez à nouveau sur F11 pour remettre Midori en plein écran (si c'est la fenêtre active).

Ajouter un emplacement à la bibliothèque peut nécessiter un redémarrage pour être visible.

Comme l'installation du LCD écrase ou modifie /boot/config.txt, nous sauvegardons l'activation d'AudioDAC pour terminer. `sudo nano /boot/config.txt`

Pour activer I2S dans /boot/config.txt, décommentez ou ajoutez la ligne :

```
dtparam=i2s=on
and add line:
dtoverlay=hifiberry-dac
```

```
sudo reboot
```

- **1 à 6** : position L (ON)
 - **7** : position H (OFF)
- et le système a fini par fonctionner.

Prise en charge de Moode Audio

Si Moode Audio prend en charge un CN/A HifiBerry ou un CN/A générique I²S, notre CN/A devrait aussi fonctionner. Mais sachez que le PCM1794A ne supporte pas le mode I²S à 16 bits. Si de l'audio à 16 bits est lu dans une trame à 32 bits, alors l'audio à 16 bits fonctionne. Sinon une conversion de la fréquence d'échantillonnage est nécessaire pour changer le format des données audio de 16 à 32 bits. Volumio peut le faire. ◀

(160632 - version française : Denis Lafourcade)



@ WWW.ELEKTOR.FR

→ CN/A audio pour RPi assemblé, écran inclus
www.elektor.fr/rpi-audio-dac

→ CN/A audio pour RPi : circuit imprimé nu
www.elektor.fr/dac-rpi-pcb

→ Commande de volume pour le CN/A audio :
circuit imprimé avec IC1, IC2, IC4 montés
www.elektor.fr/rpi-dac-pcb

→ Livre en anglais : *Raspberry Pi Advanced Programming*
www.elektor.fr/rpi-adv-prog

→ Raspberry Pi 2 (modèle B) www.elektor.fr/rpi-2



radar Doppler expérimental

avec un peu de FFT et DSP pour la mesure de vitesse

Caractéristiques

- Mesure la vitesse de cibles mobiles
- Module radar de faible puissance, disponible dans le commerce
- Bande K (24 GHz)
- Portée : au moins 60 m ; 100 m possible
- Résolution : 0,24 m/s
- Traitement du signal numérique facile à comprendre
- Carte mère dsPIC universelle, reconfigurable pour d'autres applications



INFOS SUR LE PROJET



Doppler
radar
DSP FFT



débutant
connaisseur
→ expert



env. 4 h



Outils de soudure pour
CMS, programmeur dsPIC,
MPLAB-X



env. 150 €

Kai Hiltunen (Finlande)

Il y a quelques temps j'ai lu un article sur les petits radars [2]. Par la suite, j'ai vu que divers fabricants proposaient maintenant des puces et modules émetteurs-récepteurs bon marché pour réaliser des radars, ce qui m'a décidé à réaliser mon propre exemplaire à micro-ondes.

Mon objectif était de construire un radar Doppler à micro-ondes à partir d'un module radar à un prix abordable et disponible dans le commerce.

Le plus intéressant à mon sens était d'apprendre de nouvelles choses et de réussir à faire fonctionner un montage élec-

tronique comme prévu. Bien sûr, il est important aussi de trouver une utilisation pratique au produit fini. Un radar Doppler peut mesurer la vitesse d'une balle, d'un vélo ou d'un coureur, ce qui peut s'avérer très amusant pour les enfants les plus sportifs du voisinage.

Un peu de théorie sur le radar Doppler

Un radar émet un signal avec son antenne émettrice. Lorsque le signal rencontre un obstacle, une portion de l'énergie transmise est réfléchiée et est reçue, très atténuée bien sûr, par l'antenne réceptrice

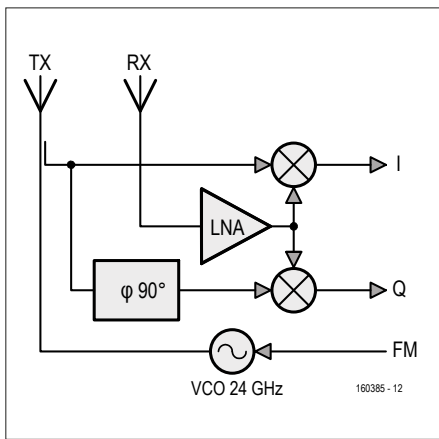


Figure 1. Toute cette circuiterie est contenue dans le module émetteur-récepteur radar Doppler K-LC5 de 25,4 × 25,4 × 6 mm.

du radar. Si le signal émis était modulé d'une quelconque façon, par ex. en AM ou FM, le radar peut calculer la distance par rapport à l'obstacle grâce au temps de propagation du signal de retour. Si, comme dans ce projet, le signal n'est pas modulé et continu, on ne peut pas mesurer la distance. Les mouvements de l'obstacle peuvent néanmoins être détectés grâce à l'effet Doppler ou au décalage du signal réfléchi. L'effet Doppler produit un changement de la fréquence du signal dû au mouvement.

Si le signal transmis rencontre un obstacle — une cible dans la terminologie des radars —, qui se déplace directement vers le radar, le décalage de fréquence Δf du signal réfléchi par rapport à la fréquence d'émission est égal à :

$$\Delta f = 2v \times f_0 / c \quad [\text{Hz}]$$

ou

$$v = \Delta f \times c / 2f_0 \quad [\text{m/s}]$$

Dans cette formule, v est la vitesse de la cible, f_0 la fréquence d'émission et c la vitesse de la lumière. Pour vous donner une idée : si f_0 vaut 24 GHz, une vitesse de l'objet v de 1 m/s produit un décalage Doppler de 160 Hz.

La **figure 1** montre le schéma de principe du module radar choisi pour mes expérimentations. Le signal émis est produit par un oscillateur commandé en tension (VCO) qui fonctionne dans la gamme de 24,050 à 24,250 GHz. On peut utiliser l'entrée FM de la tension d'accord pour moduler la fréquence du VCO. Nous avons réalisé ici un radar Doppler simple

à onde continue, on n'a donc pas besoin de l'entrée d'accord.

La sortie de l'oscillateur est connectée à l'antenne émettrice via un coupleur directionnel. Grâce à lui, la majeure partie de l'énergie passe par l'antenne émettrice, mais une petite partie est aussi couplée aux mélangeurs RF de la voie de réception, ce qui permet au transmetteur d'échantillonner le signal émis et de s'en servir de référence pour la voie de réception.

Le mélangeur RF est un composant à trois ports : Fréquence Radio (RF), Fréquence Intermédiaire (IF) et Oscillateur Local (LO). Un mélangeur RF peut être vu comme un composant non linéaire qui délivre sur son port IF la somme et la différence des fréquences des signaux LO et RF.

Voyons un exemple

Supposons que la fréquence du signal transmis (TX) soit de 24,1 GHz et que ce signal s'introduise inévitablement dans le mélangeur du récepteur comme un signal LO (notez la ligne presque connectée de la **figure 1**). Imaginez que le signal réfléchi par un objet quelconque — notre cible —, reçu par l'antenne réceptrice et introduit dans le port RF du mélangeur (RX), soit à 24,100001 GHz, c.-à-d. 1 kHz au-dessus de la fréquence TX. Comme le mélangeur produit en sortie la somme et la différence des fréquences LO et RF, il y aura un signal sinusoïdal de fréquence 1 kHz (la différence) et un signal de fréquence 48,200001 GHz (la somme). Il y aura aussi bien sûr des interférences, du bruit et autres harmoniques, mais ils seront soit supprimés, soit négligeables. Si nous introduisons la valeur de 1 kHz dans l'équation ci-dessus, avec $f_0 = 24,1$ GHz et $c = 3 \times 10^8$ m/s, la vitesse de l'objet est de 6,2 m/s ou 22,4 km/h.

Nota : si le signal RX était 1 kHz en dessous de LO, on aurait eu le même signal de sortie IF. Les fréquences 24,100001 GHz et 24,099999 GHz sont dites fréquences images, car elles produisent le même signal de sortie IF.

Le module radar de la figure 1 a deux mélangeurs, avec deux sorties marquées « I » et « Q ». Ce sont les composantes du signal dites en phase (« I ») et en quadrature (« Q »). Les chemins des signaux « I » et « Q » sont identiques, à l'exception d'un déphaseur de 90° dans la branche « Q ». De la phase relative entre « I » et « Q », il est possible de déterminer si RX était au-dessus ou en dessous de LO.

Dans ce projet, le problème de la fréquence image est ignoré, et on n'utilise que la sortie « I » du mélangeur. De ce fait nous ne pouvons déterminer que la vitesse dite « radiale » de la cible, c.-à-d. que nous ne savons pas si la cible se rapproche ou s'éloigne du radar, car RX peut aussi bien être à 24,100001 GHz qu'à 24,099999 GHz.

Fonctionnement du circuit

Après cette présentation, les fonctions du circuit à réaliser et du logiciel de traitement du signal sont évidentes : mesurer précisément la fréquence d'un signal sinusoïdal à la sortie IF du mélangeur, la convertir en une valeur de vitesse et la présenter à l'utilisateur. Alors, comment s'y prendre ?

La **figure 2** présente le schéma du circuit qui repose sur le module radar choisi : le K-LC5 de RFBeam, un émetteur-récepteur en bande K bon marché. Ce module se charge des tâches complexes liées aux hautes fréquences et au radar à micro-ondes, ce qui permet au reste du circuit de s'occuper des basses fréquences et du traitement du signal. Notez qu'il existe aussi une version V2 de ce module sans VCO et donc sans entrée FM.

Limitons d'abord la bande passante du signal

La sortie « I » de l'émetteur-récepteur est injectée dans un filtre passe-bande actif IC10.B, conçu et simulé avec le simulateur de circuit gratuit LTSpice. La bande passante à -3 dB du filtre couvre une gamme de fréquences de 70 Hz à environ 7 kHz. Avec la formule du décalage Doppler présentée ci-dessus, la vitesse maximale que l'on peut mesurer est de 45 m/s, c.-à-d. environ 160 km/h. C'est suffisant si le radar sert à mesurer la vitesse d'une balle ou d'un vélo. Le gain en tension du circuit est de 20 pour amplifier le signal à un niveau suffisant pour le convertisseur A/N. La **figure 3** montre la fonction de transfert du circuit simulé.

Échantillons-le

Le signal IF filtré et amplifié issu de l'émetteur-récepteur est échantillonné par IC2, un convertisseur A/N (CA/N) AD7680. Ce convertisseur à approximations successives sur 16 bits est capable d'une cadence d'échantillonnage de 100 kHz (kSPs ou kiloéchantillons par seconde). Les conversions A/N sont lancées par le microcontrôleur IC1 qui s'appuie sur une temporisation qui

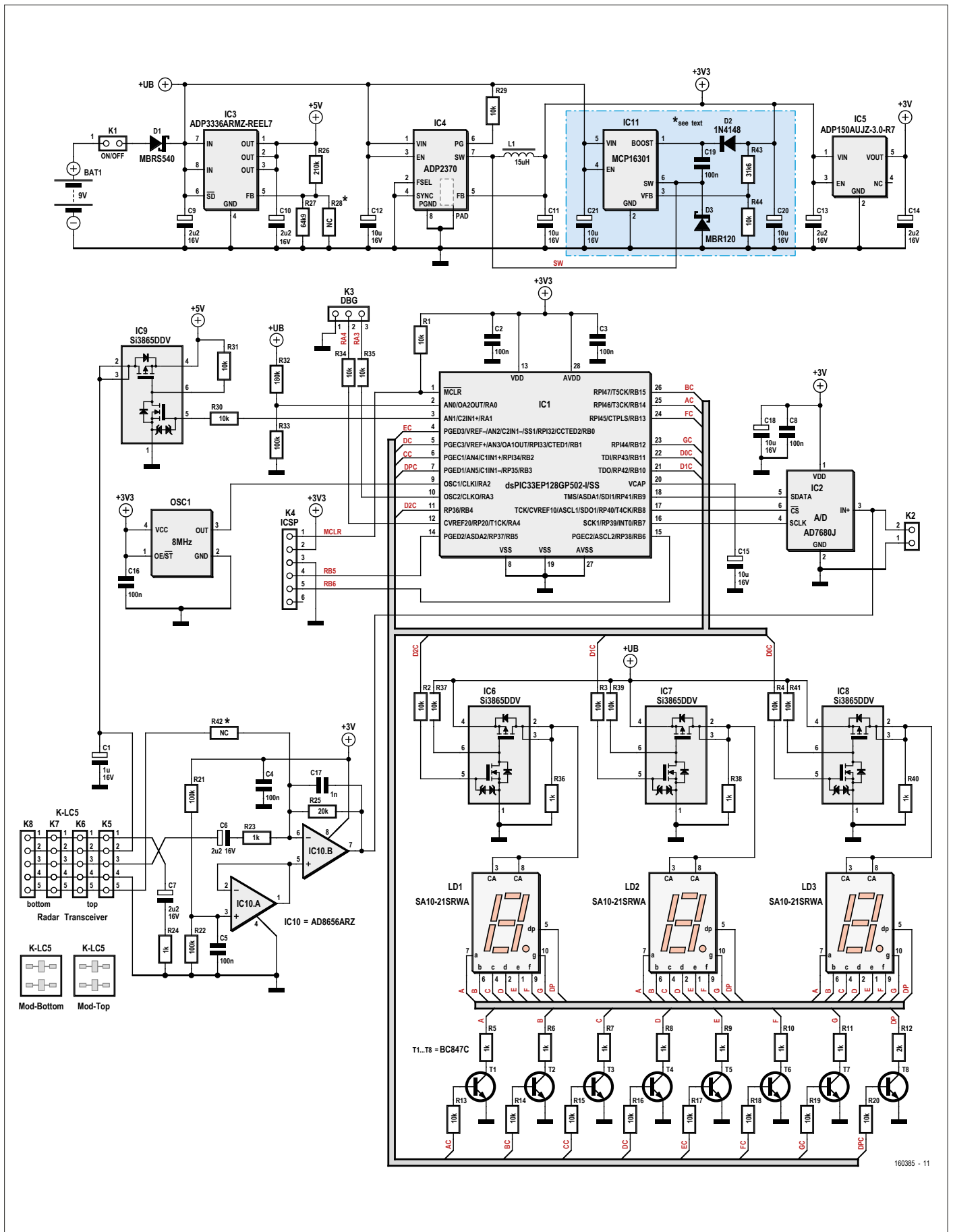


Figure 2. L'alimentation en haut du schéma produit trois tensions à partir d'une pile de 9 V : +5 V, +3,3 V et 3 V. En bas à droite l'affichage à 7 segments et ses pilotes de LED. Le module émetteur-récepteur radar est connecté à une des embases K5 à K8 ; K5 et K6 sont sur la face supérieure de la carte, K7 et K8 sur la face inférieure.

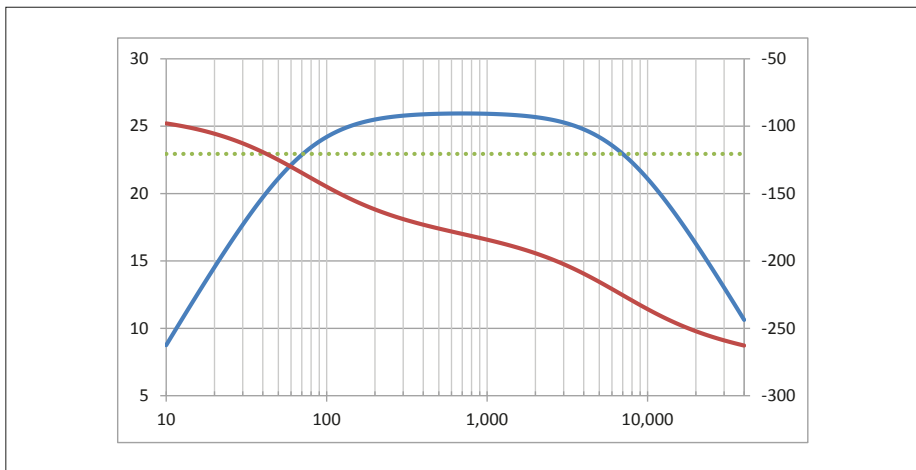


Figure 3. Simulation avec LTSpice du filtre passe-bande bâti autour d'IC10. L'amplitude en décibels est en bleu, la ligne horizontale pointillée en vert clair est à -3 dB du maximum de la ligne bleue, et la phase suit la ligne rouge. L'axe horizontal représente la fréquence en hertz.

tourne à 60 kHz. La valeur convertie est lue sur un port SPI.

En plus de superviser le processus d'échantillonnage, le μ C de traitement du signal numérique IC1 actionne l'interrupteur d'alimentation du module radar et rafraîchit les trois afficheurs à 7 segments multiplexés. Près de huit mesures par seconde sont prises. Lorsqu'il n'échantillonne pas, le module radar est éteint à l'aide d'IC9, un commutateur de charge pratique qui combine deux MOSFET à canaux P et N en un seul boîtier.

Le même type de commutateur de charge est utilisé pour multiplexer les trois afficheurs à 7 segments. L'anode commune (CA) de l'afficheur concerné est activée tandis que les deux autres afficheurs sont éteints. Les cathodes des

afficheurs sont commandées via les transistors T1 à T8.

Alimentation

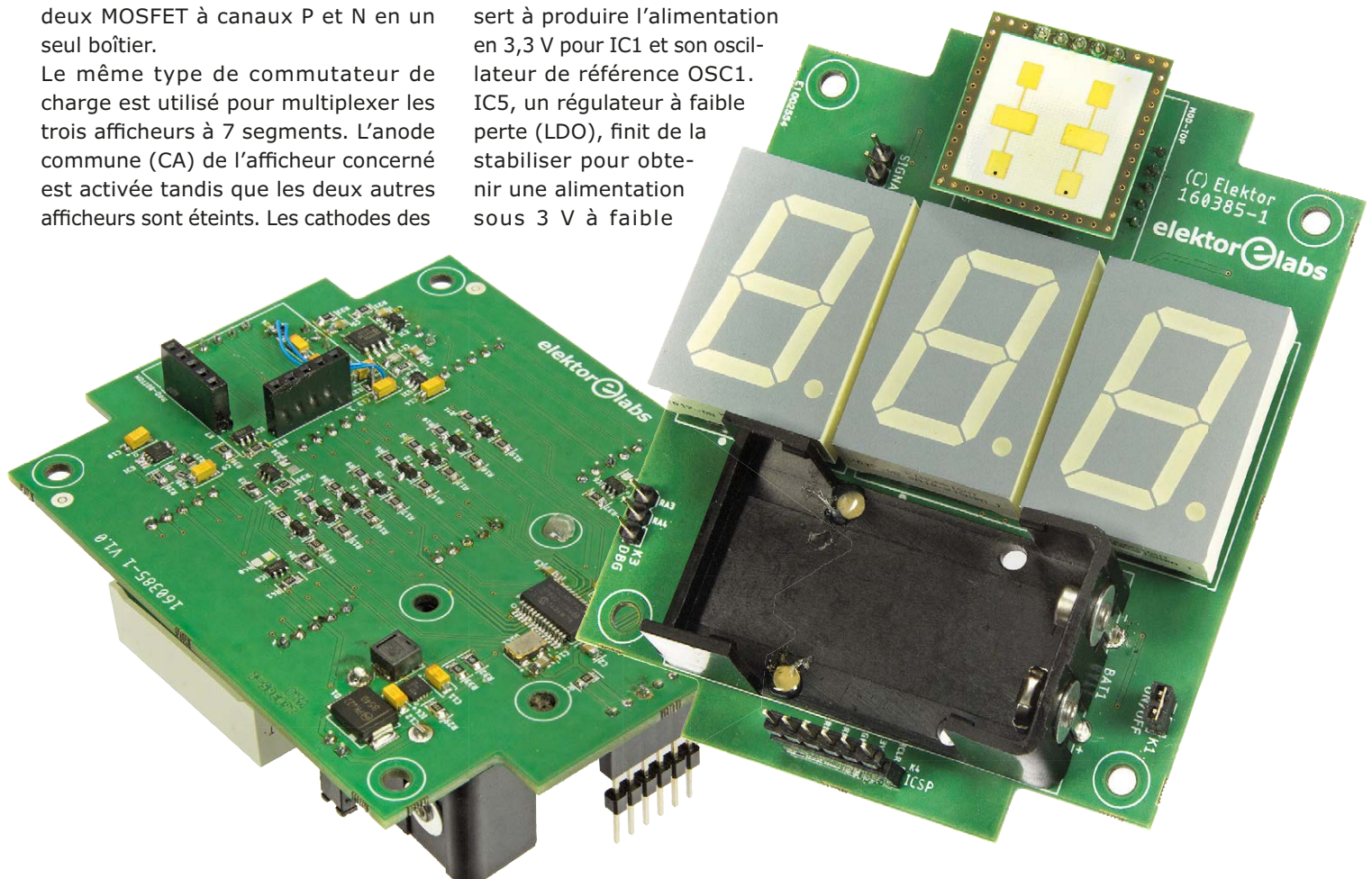
Le circuit est conçu pour être alimenté par une pile de 9 V, toutefois il supporte des tensions d'entrée jusqu'à 12 V. La tension de la pile pilote directement les afficheurs à 7 segments. Un régulateur linéaire, IC3, produit l'alimentation en 5 V du module radar. Une paire de régulateurs à découpage (IC4/IC11) sert à produire l'alimentation en 3,3 V pour IC1 et son oscilateur de référence OSC1. IC5, un régulateur à faible perte (LDO), finit de stabiliser pour obtenir une alimentation sous 3 V à faible

bruit pour les ampli-op et le CA/N.

Le régulateur à découpage de 3,3 V peut être réalisé de deux manières, avec IC4 ou IC11. L'avantage d'IC4 est qu'il nécessite moins de composants (dans ce cas, inutile de monter C19, C20, C21, D2, D3, R43, R44, IC11), mais il est difficile à souder sans un four à reflux. C'est pour cela que nous avons ajouté une autre option avec IC11 (dans ce cas, ne montez pas IC4 et R29). Avec les composants supplémentaires, il n'y a pas de réelle différence de coût, mais IC11 dispose d'un boîtier à 6 broches SOT-23 plus pratique. Les composants C11, C12 et L1 sont requis dans les deux configurations. L'emplacement R28 est là au cas où vous ne trouveriez pas de résistance de 64,9 k Ω . Une bonne vieille 68 k Ω en parallèle avec 1,5 M Ω est une approximation suffisante. R28 sera aussi utile si un réglage fin est nécessaire.

R42 procure une entrée de test pour la chaîne de traitement du signal. On peut aussi utiliser K2 pour cela, mais dans ce cas on saute le filtre passe-bande. K2 sera aussi utile pour exploiter le signal de sortie de l'émetteur-récepteur dans une autre configuration ou simplement pour l'observer sur un oscilloscope.

Le μ C peut mesurer la tension de la batterie aux bornes de R32 et R33. Le logi-



ciel actuel n'utilise pas cette option.
Le circuit consomme environ 100 mA lorsque le radar est allumé, et autour de 30 mA sinon. La fréquence de mesure observée était de 8 Hz. Avec un rapport cyclique de 22%, cela donne une consommation moyenne de courant de 45 mA.

Fonctionnement du logiciel

Hormis les bibliothèques, le code source pour ce projet tient dans un seul fichier [1] et est composé d'une poignée

Attention fragile

Le module émetteur-récepteur radar Doppler K-LC5 est sensible à l'électricité statique donc soyez prudent.



LISTE DES COMPOSANTS

Résistances

R28, R42 = pas installées*
R5-R11, R23, R24, R36, R38, R40 = 1 kΩ
R12 = 2 kΩ
R1-R4, R13-R20, R29*, R30, R31, R34, R35, R37, R39, R41, R44* = 10 kΩ
R25 = 20 kΩ
R43* = 31,6 kΩ
R27 = 64,9 kΩ
R21, R22, R33 = 100 kΩ
R32 = 180 kΩ
R26 = 210 kΩ

Condensateurs

C17 = 1 nF
C2, C3, C4, C5, C8, C16, C19* = 100 nF
C1 = 1 μF 16 V
C6, C7, C9, C10, C13, C14 = 2,2 μF 16 V
C11, C12, C15, C18, C20*, C21* = 10 μF 16 V

Inductance

L1 = 15 μH

Semi-conducteurs

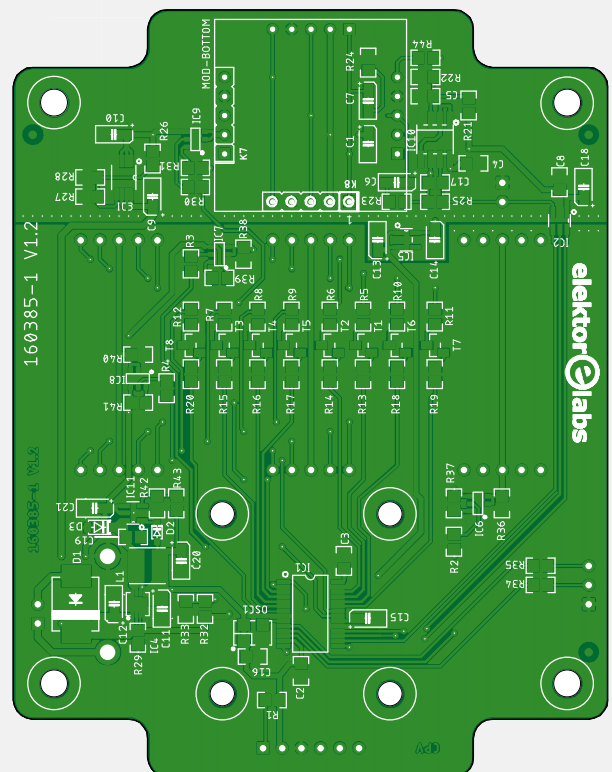
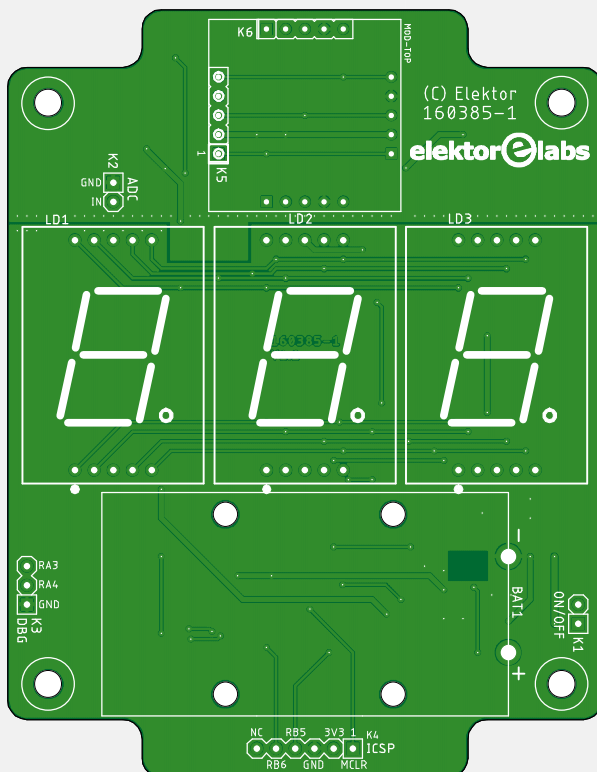
D1 = MBR540
D2* = 1N4148WS
D3* = MBR120
IC1 = dsPIC33EP128GP502-I/SS
IC2 = AD7680-ARJZ
IC3 = ADP3336-ARMZ
IC4* = ADP2370-3.3
IC5 = ADP150AUJZ-3.0-R7
IC6, IC7, IC8, IC9 = SI3865DDV
IC10 = AD8656ARZ
IC11* = MCP16301
LD1, LD2, LD3 = SA10-21SRWA, afficheur à 7 segments, CA, 2,54 cm de haut
OSC1 = module oscillateur à 8 MHz, Abracon ASFL1-8.000MHZ-EK-T

T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8 = BC847C

Divers

BAT1 = support de pile de 9 V (Keystone 1294)
K1, K2 = barrette mâle à 2 broches, au pas de 2,54 mm
K3 = barrette mâle à 3 broches, au pas de 2,54 mm
K4 = barrette mâle à 6 broches, au pas de 2,54 mm
K5, K6, K7, K8 = embase femelle à 5 broches, au pas de 2,54 mm
Émetteur-récepteur radar Doppler de type K-LC5 de RFBeam
Interrupteur ou cavalier pour K1
Boîtier : Bud Industries PN-1323-C
Circuit imprimé, réf. 160385-1

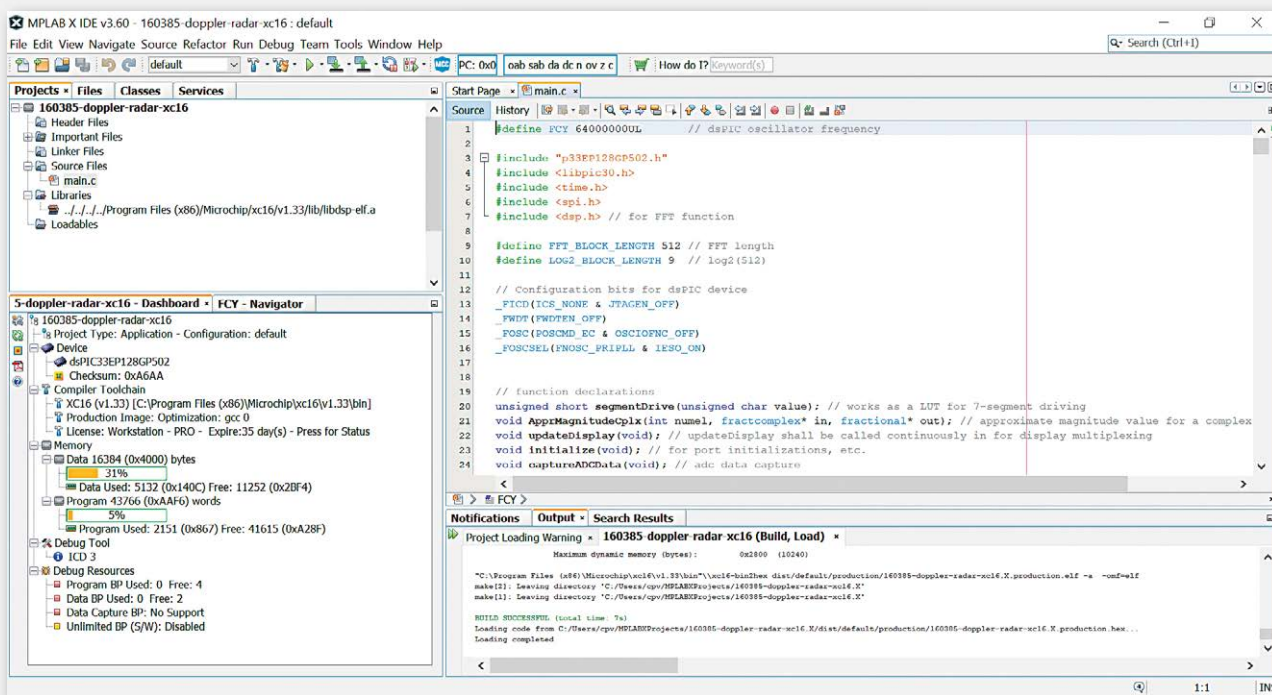
* voir le texte pour les options et considérations



Compiler le logiciel

Pour compiler le logiciel de ce projet, il faut l'EDI MPLAB-X de Microchip (nous avons utilisé la version v3.60), avec un compilateur adéquat. Le bon choix pour cela est XC16 (V1.33 à la date de rédaction) qui prend en charge la famille dsPIC. Bien qu'il faille officiellement une licence pour libérer toute sa puissance, il marche très bien sans. XC16 inclut la

bibliothèque *libdsp* (nous avons utilisé *libdsp-elf.a*) nécessaire pour ce projet. Vous pouvez télécharger le projet depuis [1]. Si vous souhaitez configurer votre propre projet, vous n'avez besoin que du fichier *main.c* et de la bibliothèque *libdsp*. Compilez pour le microcontrôleur dsPIC33EP128GP502.



de fonctions décrites dans cette section. Après la mise sous tension, le système est initialisé. Ceci comprend l'initialisation des ports d'E/S du μ C, du temporisateur et des interruptions, ainsi que de la bibliothèque de la Transformée de Fourier Rapide (FFT). Une fois terminé, le processeur démarre la boucle principale. Chaque cycle commence par l'activation de l'émetteur-récepteur radar, suivi d'une attente qui permet au module d'être prêt à fonctionner. 512 échantillons sont alors prélevés sur le signal d'entrée et stockés dans un tableau de valeurs entières sur 16 bits. Dès que les données ont été capturées, elles peuvent être traitées. Pendant ce temps, le module radar est éteint pour économiser la batterie.

Quelle surprise, une FFT !

Le traitement du signal comprend une FFT à fenêtre. Avec la suite *Microchip C30 Toolsuite for dsPICs* (voir encadré), Microchip fournit une bibliothèque DSP contenant toutes les fonctions pour cela. Avec elle, une fenêtre de Hanning est d'abord appliquée pour pallier le fait que

la longueur des données n'est pas infinie. Puis la FFT est calculée et la sortie est réordonnée (inversion bit à bit) pour obtenir un ordre convenable. Comme l'entrée de la FFT est en valeurs réelles (et non complexes), seule la première moitié du tableau de sortie — c.-à-d. les éléments 0 à 255 — contient des données utiles alors que l'autre moitié est redondante. Chaque élément du tableau — c.-à-d. chaque segment de fréquence — correspond à une fréquence égale à $i \times F_s / 512$, où i est l'indice de l'élément ou numéro de segment et F_s la fréquence d'échantillonnage (60/3 kHz, moyenne de trois échantillons). La différence de fréquence entre deux segments de la sortie de FFT est d'environ 39 Hz (20 kHz/512). D'après la formule du décalage de Doppler ci-dessus, cela correspond à une vitesse d'environ 0,24 m/s, ce qui détermine la résolution de notre radar Doppler.

Un petit tour de passe-passe

La sortie de la FFT est un tableau de nombres complexes fractionnaires. L'am-

plitude du signal, qui nous intéresse ici, est égale à la racine carrée de la somme des carrés des parties réelle (a) et imaginaire (b) :

$$\text{amplitude} = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Une approximation permet d'éviter le coûteux calcul de la racine carrée. Plusieurs méthodes donnent une valeur approchée du module d'un nombre complexe ; j'ai choisi l'approximation par l'erreur d'équi-ondulation présentée dans le document [3]. On trouvera plus de détails sur cette approximation dans les commentaires du code source [1].

Détection de la cible

À ce stade, on connaît l'amplitude du signal dans chaque segment de fréquence. Si le faisceau radar a été réfléchi par une cible, il y aura un signal avec une fréquence correspondant à la vitesse de la cible (qui s'avance vers le radar ou s'en éloigne). On peut détecter ce signal parce que l'amplitude du segment de fréquence correspondant dépasse le seuil

de détection. S'il n'y a pas de cible, seul du bruit est présent et les amplitudes des segments sont toutes en dessous du seuil de détection. Ici, on utilise un seuil de détection déterminé expérimentalement qui évite autant que possible les fausses détections.

Dans la phase finale du traitement du signal, on cherche dans les segments de fréquence la fréquence la plus élevée qui dépasse le seuil de détection. Cela revient à chercher la plus grande vitesse de cible valide. Si on trouve, le numéro de segment est stocké et maintenu pendant au moins une seconde pour avoir un affichage lisible sans clignotement. L'amplitude est convertie en une valeur de vitesse en km/h à l'aide d'une table de correspondance précalculée.

La prise d'une mesure, c.-à-d. l'échantillonnage du signal d'entrée et son traitement, prend environ 25 ms. Après chaque mesure, le processeur rafraîchit l'affichage et attend environ 100 ms avant de recommencer. Les mesures sont ainsi prises à un rythme d'environ huit fois par seconde.

Montage et essais

Le circuit imprimé est une carte à double face d'environ 100 × 80 mm. Bien que ce projet concerne un radar Doppler expérimental, on a appliqué avec soin les bonnes pratiques de conception pour bien séparer les parties analogiques et numériques. Les afficheurs à 7 segments sont montés sur la face supérieure avec le support de pile ; tous les autres composants sont sur la face inférieure de la carte. On peut monter le module émetteur-récepteur radar des deux côtés, droit ou pivoté de 90°. C'est parce que l'angle d'ouverture est différent pour les axes x et z (azimut et site). Nous avons prévu K5 à K8 pour faciliter les expérimentations selon l'orientation du module.

La plupart des composants sont de minuscules CMS (Composants Montés en Surface). Le boîtier dsPIC par ex. est un SSOP à 28 broches au pas de 0,65 mm et le souder à la main peut être délicat. Toutefois, avec un bon fer à souder, un modeste microscope et/ou de bonnes lunettes et un peu de pratique, même les plus petits composants de ce circuit peuvent être soudés à la main. Le seul qui soit vraiment difficile à placer (à notre avis) est IC4, on peut l'éviter en choisissant l'option IC11 (voir ci-dessus).

Le circuit imprimé est installé dans un boîtier standard en polycarbonate (NEMA

Liens

- [1] Téléchargements gratuits pour cet article : www.elektormagazine.fr/160385
- [2] Gregory L. Charvat, *The Future of Small Radar Technology*, Circuit Cellar, avril 2014.
- [3] Richard G. Lyons (éd.), *Streamlining Digital Signal Processing*, IEEE Press, 2007.

4X, c.-à-d. étanche et utilisable à l'extérieur) avec un couvercle transparent. L'affichage est clairement visible à travers le couvercle tandis que l'électronique est plus ou moins protégée des impacts, par exemple des balles.

Le radar a été testé pendant des séances d'entraînement de floorball (le floorball est une sorte de hockey avec une balle). Il a réussi à détecter une balle en plastique de 7 cm de diamètre à une distance de plusieurs mètres. Il est possible de détecter une voiture distante de 50 à 100 m (60 m selon les spécifications du module radar). Je n'ai pas effectué de validation exhaustive de la précision de mesure de la vitesse, mais au moins les vitesses mesurées pour la voiture étaient cohérentes avec les vitesses indiquées par le compteur de la mienn.

Dernières réflexions

Je suis vraiment satisfait des résultats de ce projet. Le radar Doppler est au moins un beau jouet et a également du potentiel pour de nombreuses autres applications. Le projet a aussi été très instructif, car c'était la première fois que j'utilisais un µC de traitement de signal numérique. Dans de précédents projets, j'avais utilisé des µC à 8 bits ou des processeurs plus puissants comme ceux que l'on trouve typiquement sur les cartes Raspberry Pi et BeagleBone. Il a fallu un peu de temps pour faire fonctionner la transformée de Fourier, qui est au cœur du traitement du signal dans cette application. Les exemples et la documentation fournis par Microchip ont été ici d'un grand secours. Le µC dsPIC

est plutôt efficace pour ce genre de traitement du signal. Il vient compléter ma boîte à outils pour de futurs projets.

Si le module émetteur-récepteur radar a suscité votre intérêt, nul besoin de fabriquer tout de suite un circuit imprimé. J'ai commencé à expérimenter avec en connectant les sorties IF à la carte son de mon PC. Sur le PC, un logiciel SDR accepte en entrée le signal de la carte son et affiche de beaux spectres et spectrogrammes pour examiner le contenu fréquentiel du signal. Une simple configuration comme celle-ci permet d'avoir une bonne idée du fonctionnement du module radar et du type de cible qu'il peut détecter.

Autres applications

Comme le module radar contient toute la circuiterie spécialisée, la carte mère est en fait une carte DSP presque universelle avec un CA/N à 16 bits, 100 kéch/s et un grand afficheur à 7 segments de 3 chiffres. Le connecteur K5 (ou un de ses frères), avec son alimentation 5 V commutable, constitue une entrée adaptée au couplage d'une carte d'entrée d'extension de votre propre conception. Les composants R42 et K2 offrent encore plus de souplesse lorsque l'ampli-op à tampon IC10 ne peut pas être utilisé. Les connecteurs K3 et K4 permettent de commander d'autres dispositifs ou de communiquer avec eux. Dans son robuste boîtier étanche, on peut sur ce modèle imaginer et réaliser toutes sortes d'applications. ◀

(160385 - version française : Denis Lafourcade)



DANS L'É-CHOPPE

- Circuit imprimé nu du radar Doppler expérimental
www.elektor.fr/doppler-radar-pcb
- Microcontrôleur dsPIC33EP128GP502 programmé
www.elektor.fr/doppler-radar-dspic
- Émetteur-récepteur de radar Doppler K-LC5
www.elektor.fr/k-lc5



electronica

Deux ans après,
JF Brandon de
BotFactory a toujours le
sourire.



L'imprimante pour circuits imprimés
multicouche Squink d'origine avec ses
différentes têtes d'impression.

Vainqueur dans la
catégorie « Startup » du
prix e-ffwd 2016, et 2^e
au classement général,
BotFactory a reçu 50.000 €
en budget marketing.



electronica fast forward
the startup platform

powered by elektor

Fast Forward 2018

la startup lauréate du prix e-ffwd 2016, deux ans après

En 2016, lors du salon **e**lectronica à Munich, l'entreprise américaine BotFactory a remporté le premier prix de la catégorie « Startup » de l'**e**lectronica Fast Forward (e-ffwd) — *the Start-up Platform powered by Elektor* — avec son produit *Squink*, imprimante de bureau et machine d'assemblage pour circuits imprimés. Deux ans après, nous les retrouvons.

Elektor : en quoi le prix e-ffwd 2016 a-t-il fait bouger les choses pour vous ?

BotFactory : le changement le plus important a été de nous retrouver exposés à un nouveau public. Nous avons réellement besoin d'être vus par des interlocuteurs intéressés par l'électronique ou déjà présents dans ce secteur, et la remise du trophée e-ffwd 2016 nous a permis de gagner en crédibilité.

Elektor : quel est votre réalisation la plus importante depuis novembre 2016 ?

BotFactory : la commercialisation de notre imprimante pour circuits imprimés SV2 ! Pour en savoir plus, consultez notre site web (www.botfactory.co).

Elektor : y a-t-il des changements inattendus dans vos projets depuis novembre 2016 ?

BotFactory : nous avons été surpris par la complexité de certains problèmes techniques soulevés par la conception de notre nouvelle imprimante SV2. Sans m'attarder sur les détails, certains problèmes apparemment simples se sont révélés plus compliqués, et à l'inverse d'autres plus difficiles ont été résolus très simplement. Notre imprimante SV2 est un appareil incroyablement complexe. Nous avons donc travaillé en profondeur pour repérer certains problèmes passés inaperçus, en mettant en place de manière réactive un processus de développement rigoureux, basé sur la méthodologie de développement Agile. Au final, le développement et la commercialisation du produit ont pris bien plus de temps que prévu en novembre 2016, mais le produit est aussi plus performant que ce que nous avons envisagé !

Elektor : au cours des dix prochaines années, votre défi sera-t-il principalement financier pour bénéficier de ressources suffisantes et pouvoir investir dans une nouvelle technologie, ou plutôt technique en améliorant et en élargissant votre gamme de produits ?

BotFactory : le défi majeur se situe dans les aspects techniques de notre technologie. Les ingénieurs électriciens ont des besoins spécifiques et nous devons y répondre pour pouvoir leur livrer notre produit. Notre objectif majeur est de pousser notre technologie existante pour répondre à leurs besoins. Les problématiques financières sont secondaires, car personne n'ignore que ce secteur est immense avec un problème de marché considérable. Une fois le problème technique résolu, le retour sur investissement sera énorme.

Elektor : selon vous, quelle est la partie la plus difficile de votre travail ?

BotFactory : une partie de ma mission consiste à commercialiser le produit, qui est fondamentalement pour moi un processus répétitif et mécanique. L'approche suppose une certaine attitude, même lorsque des centaines de personnes se disent « pas intéressées ». En réalité, il faut garder à l'esprit que vous leur rendez service grâce un produit pouvant réellement changer la donne dans leur activité. C'est ce qui me motive à continuer.

Elektor : qu'est-ce qui est relativement facile dans votre travail ?

BotFactory : difficile de répondre à cette question ! Rien n'est tout à fait simple dans une startup !

Elektor : quelle est la partie la plus agréable de votre travail ?

BotFactory : créer des choses avec nos imprimantes pour circuits imprimés ! J'ai fabriqué des masques pour des matrices de LED, des capteurs analogiques, des pédales d'effets pour guitare et même une carte Arduino personnalisée. Lorsque je démontre que n'importe qui peut créer toutes sortes de circuits avec nos imprimantes Squink et SV2, le public se passionne. Pouvoir fabriquer un circuit en quelques heures ou créer un produit en une journée est un pouvoir extraordinaire, que j'aime beaucoup partager avec d'autres. J'éprouve un vrai bonheur chaque jour à inventer pour le plaisir d'inventer.

Elektor : est-il difficile de trouver de nouveaux talents étant donné la pénurie de candidats possédant les compétences nécessaires ?

BotFactory : oui ! Je m'adresse à ceux qui lisent cet article. Si vous souhaitez travailler avec nous, n'hésitez pas à nous le faire savoir en nous écrivant à l'adresse : contact@botfactory.co !

(160702 – version française : Pascal Godart)



Rendez-vous sur www.elektormagazine.fr/e-ffwd et complétez le formulaire. Vous trouverez sur cette page les conditions générales du concours ainsi que des informations complémentaires.

Nous nous réjouissons de votre participation à l'édition 2018 de l'e-ffwd et nous serons heureux de vous accueillir au salon **e**lectronica de Munich en novembre prochain.



vol tous azimuts

piloté par **Clemens Valens** (labo d'Elektor)

version française : **Hervé Moreau**

Aurons-nous droit à réparation ?

Avez-vous déjà tenté de remplacer l'écran d'une tablette, de réparer un connecteur de portable ou encore de réanimer un smartphone tombé dans l'eau ? Sans doute que oui. De mon côté, si quelques-unes de mes tentatives de réparation ont abouti, la plupart se sont soldées par un échec.

Il faut dire, et c'est ce qui explique d'ailleurs bon nombre de mes échecs, que l'ouverture même de ces appareils relève du défi. Tutoriels vidéo et pratique peuvent ici vous en apprendre long sur l'art de la « conception anti-réparation ». Vis cachées ou inviolables, fixations à toute épreuve et collage des pièces entre elles sont quelques-unes des techniques couramment mises en œuvre pour empêcher toute intervention non autorisée.

Les appareils électroniques ne sont pas les seuls à souffrir de cette approche. Un ingénieur chargé de concevoir les intérieurs de véhicules a par exemple révélé qu'une grande partie de son travail consistait à rendre l'accès aux mécanismes internes des véhicules aussi difficile que possible. Selon ses propres mots : « Nous ne voulons pas que quiconque s'en mêle. »

Certains argumentent que s'ils ne peuvent réparer



une chose qui leur appartient, cette chose ne leur appartient pas vraiment. C'est sans doute un point de vue assez extrême (je ne peux pas me réparer moi-même, par exemple), mais il faut reconnaître que l'acharnement dont font montre les fabricants pour nous empêcher de réparer leurs produits est non seulement frustrant, mais injuste. Le plus proche synonyme de cette obsolescence programmée, pour appeler un chat un chat, est sans doute le mot fraude.

Jusqu'à présent, ma seule réponse à ce problème a été d'investir dans d'étranges et minuscules embouts de tournevis, ventouses et autres outils de levage tels que des médiateurs de guitare. Je possède aussi du ruban adhésif pour écran ainsi qu'un outil pour retirer ces fichus clips que les fabricants d'automobiles adorent et qui cassent dès que vous les regardez.





Mais il y a de l'espoir

Aux États-Unis, pays où tout est possible, un mouvement a été lancé pour laisser les consommateurs libres de faire réparer leurs appareils électroniques par le prestataire de services de leur choix. Au moment où j'écris ces lignes, des projets de loi sur le « Droit à la réparation » ou la « Réparation équitable » ont été déposés dans une vingtaine d'états. L'adoption de telles lois nécessiterait l'accès à des pièces, schémas, outils de remplacement et logiciels de diagnostic.

« Nous devons œuvrer pour une réduction des déchets inutiles – en réparant ce qui peut encore l'être – mais les entreprises se servent de leur pouvoir pour rendre la réparation de leurs produits difficile, alors qu'elle devrait être la première des solutions et la plus abordable. Elle peut l'être, mais nous devons d'abord corriger nos lois », explique Emily Rusch, directrice du *California Public Interest Research Group* (CALPIRG).

Bien sûr, seul l'avenir nous dira ce qu'il en est des bénéfices supposés d'une telle initiative. Il y a quelques années, juste parce que le hasard m'avait fait tomber dessus, j'ai téléchargé le manuel d'entretien et les schémas de mon téléphone Samsung Galaxy S3. Il m'est alors rapidement apparu que toute réparation, à l'exception peut-être du remplacement de l'écran ou de la batterie, était hors de mes capacités. Le constat serait le même pour le logiciel d'un routeur Wi-Fi par exemple : même si le code source est disponible, il n'est pas forcément d'une grande aide pour tout le monde.

https://calpirg.org/sites/pirg/files/reports/CAP_Recharge_Repair_Feb1_2018.pdf

BBC micro:bit et Arduino : la vie en *blue*

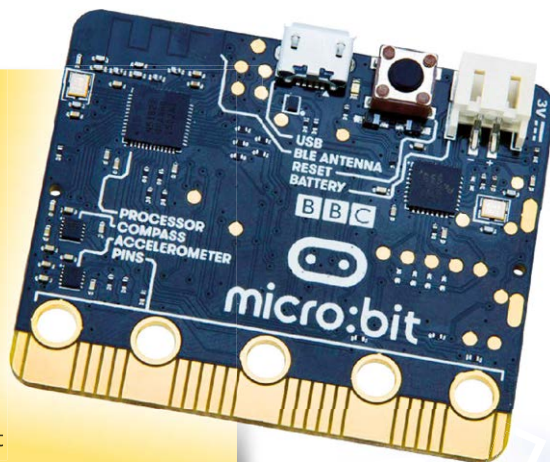
Même selon les critères d'un développeur expérimenté, l'environnement de développement intégré (EDI) Arduino est tout sauf un jouet, et il est également très populaire chez les programmeurs moins aguerris. La principale raison en est, bien sûr, sa facilité d'utilisation.

Autre facteur de popularité, l'EDI Arduino prend désormais en charge plusieurs chaînes de compilation. On peut donc rester dans son environnement bleu familier pour programmer d'autres microcontrôleurs que l'AVR, par exemple un contrôleur à processeur ARM ou l'ESP32.

Et saviez-vous que vous pouviez aussi y programmer la carte BBC micro:bit ? Et pas seulement elle, mais n'importe quel SoC nRF51 (micro:bit ou Caliope) ou nRF52 de Nordic. Ces puces étant à Bluetooth LE, voilà qui devrait réjouir ceux qui conçoivent des projets connectés ou pour l'IdO.

Le paquet Arduino pour cartes à nRF5x est sur GitHub :

<https://github.com/sandeepmistry/arduino-nRF5>



Carte BBC micro:bit
(www.elektor.fr/bbc-micro-bit)

Outil de labo indispensable



La troisième main Hobby Creek possède quatre bras flexibles.
(www.elektor.fr/hobby-creek-third-hand)

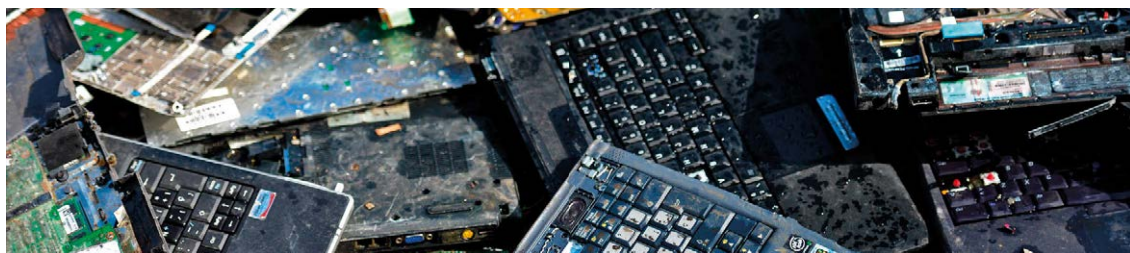
verticale sur laquelle est souvent montée une loupe et, parfois, un support de fer à souder. C'est ingénieux sur le papier, mais en pratique le dispositif manque souvent de stabilité, les cartes ne tiennent jamais bien, et à l'usage la force de serrage des articulations devient trop faible ou s'avère au contraire trop forte. Un meilleur outil est ce support à quatre bras et pinces pivotantes à protection thermique. Les bras de 30 cm sont assez flexibles pour positionner un objet n'importe comment dans l'espace. Les huit trous filetés du lourd support permettent de monter jusqu'à huit bras (ou une hotte aspirante p. ex.) et donc de maintenir plusieurs objets en même temps. Ne lui manquent plus que des moteurs robotisés pour faire le travail à votre place.

Si, comme moi, vous n'avez que deux mains ou, pire, qu'une seule, en posséder une troisième peut être intéressant. Pour ceux qui l'ignoraient, une troisième main est un dispositif muni de deux pinces crocodile articulées et montées aux extrémités d'une barre mobile horizontale. Cette barre peut aussi coulisser le long d'une tige

Cette hotte aspirante peut être fixée sur le socle de la troisième main.
(www.elektor.fr/hobby-creek-fume-extractor-arm)



D'après le rapport *Global E-waste Monitor 2017* publié par les Nations Unies, 44,7 millions de tonnes de déchets d'équipements électriques et électroniques ont été produits en 2016. Une tonne de ces déchets contient approximativement 30 kg d'or, 350 kg d'argent, 15.000 kg de cuivre et diverses quantités d'autres métaux précieux. La difficulté réside bien sûr dans leur extraction. Quant à la rentabilité financière de l'opération, jusqu'à présent la question restait ouverte. S'il ne manque pas de problèmes, le monde ne manque pas non plus de scientifiques prompts à leur trouver des solutions. Une équipe composée de chercheurs des universités Tsinghua de Pékin et Macquarie de Sydney s'est attaquée à celui-ci. Après des heures de calculs prenant en compte les coûts de la collecte des déchets, de la construction des bâtiments et des équipements nécessaires à leur recyclage, et en incluant les aides gouvernementales ainsi que les bénéfices à tirer de la revente des déchets non-métalliques, l'équipe a conclu que l'exploitation minière urbaine – le nom donné à ce procédé – serait plus économique que l'exploitation minière traditionnelle. Celle de l'or serait même treize fois moins coûteuse. Le début d'une ruée vers l'or en Asie ?



Bientôt la ruée vers l'or... des déchets ?



Du Gatsometer au radar Doppler

Un article de ce numéro explique comment construire un radar Doppler pour mesurer la vitesse d'objets tels qu'une balle ou une voiture. Parmi les applications de ce type de radar, on trouve leur pose au bord des routes, généralement à des endroits inattendus, le plus souvent derrière quelque massif d'herbes hautes afin de ne pas gâcher le paysage. Le contrôle de vitesse, c'est le nom de cette application populaire, a été inventé par le pilote de rallye hollandais Maurice

« Maus » Gatsonides pour mesurer sa propre vitesse. Plus tard il fonda la société Gatsometer afin de commercialiser son invention. Un Gatsometer n'utilise pas les ondes radio pour mesurer la vitesse, mais la détermine à partir de deux clichés pris à intervalle de temps fixe. Gatsonides a également conçu ses propres voitures, dont la Gatford (Gatsonides-Ford, 1946) et la Gatso 4000 Aero Coupé, assemblée par le constructeur aéronautique néerlandais Fokker.



La Gatso 1500 Sport de 1949, surnommée « Platje » (la Plate). Source : Wikipedia.

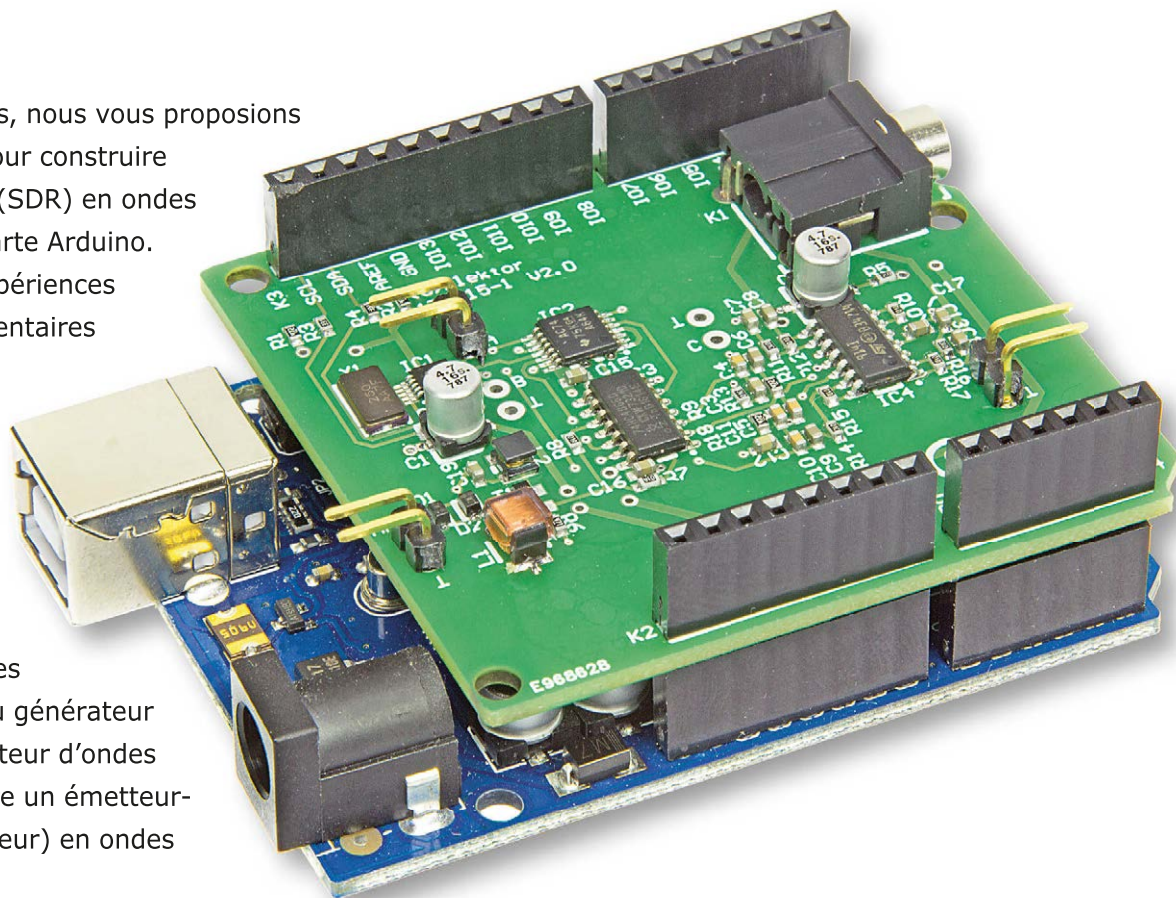
Vous voulez participer ? Envoyez vos commentaires, suggestions, trucs et astuces à labs@elektor.com

shield SDR 2.0 d'Elektor (1)

syntonisation et réception

Burkhard Kainka

Il y a juste deux ans, nous vous proposons le *shield* SDR [1] pour construire une radio logicielle (SDR) en ondes courtes avec une carte Arduino. Les nombreuses expériences ainsi que les commentaires positifs nous ont poussés à le doter de nouvelles possibilités. Le *shield* SDR 2.0 est maintenant bien plus qu'un simple récepteur. Les applications vont du générateur de signaux à l'émetteur d'ondes courtes pour en faire un émetteur-récepteur (trancepteur) en ondes courtes complet.



Sur la première version déjà, le *shield* disposait, avec le SI5351, d'un triple générateur de boucle à phase asservie (PLL) embarqué, mais le récepteur ne se servait que d'une seule des sorties. Or, avec au moins une autre sortie, on

peut faire bien davantage, comme transformer le *shield* SDR en un trancepteur en ondes courtes (CW) pour radioamateur. Jusqu'ici, cette sortie sur la puce CMS était difficile d'accès. Dans ma deuxième version de la carte, les deux autres sorties du générateur sont amenées sur des points de connexion, il suffit de souder sur chacun d'eux un connecteur à broches et d'y brancher les câbles nécessaires.

Radioamateurs à part, il est possible de réaliser plein de projets. Le *shield* est devenu un générateur de signaux universel accordable par logiciel avec une haute précision en fréquence. On en a toujours besoin dans un labo d'électronique. En utilisant le récepteur pour mesurer des niveaux, on peut aussi déterminer des

courbes de fréquence et d'évolution de l'impédance. Chacun peut réaliser simplement avec un croquis Arduino un appareil de mesure pour ses besoins spécifiques.

Comparé à la dernière version, le circuit de la **figure 1** est à peine modifié. Seules les quatre connexions A à D sont venues s'y ajouter.

A : sortie CLK0 du SI5351

B : sortie CLK2 du SI5351

C : sortie BF/FI gauche, couplage continu

D : sortie BF/FI droite, couplage continu

La **figure 2** montre le *shield* avec les connecteurs à broches coudées pour raccorder l'antenne et les deux sorties supplémentaires. Ils sont disposés de

Caractéristiques

- Tensions d'alimentation : 5 V et 3,3 V d'Arduino
- Domaine de fréquence : 150 kHz à 30 MHz
- Sensibilité : 1 μ V
- Gain total : 40 dB
- Niveau d'antenne maximum : 10 mV
- Ampleur de la dynamique : 80 dB

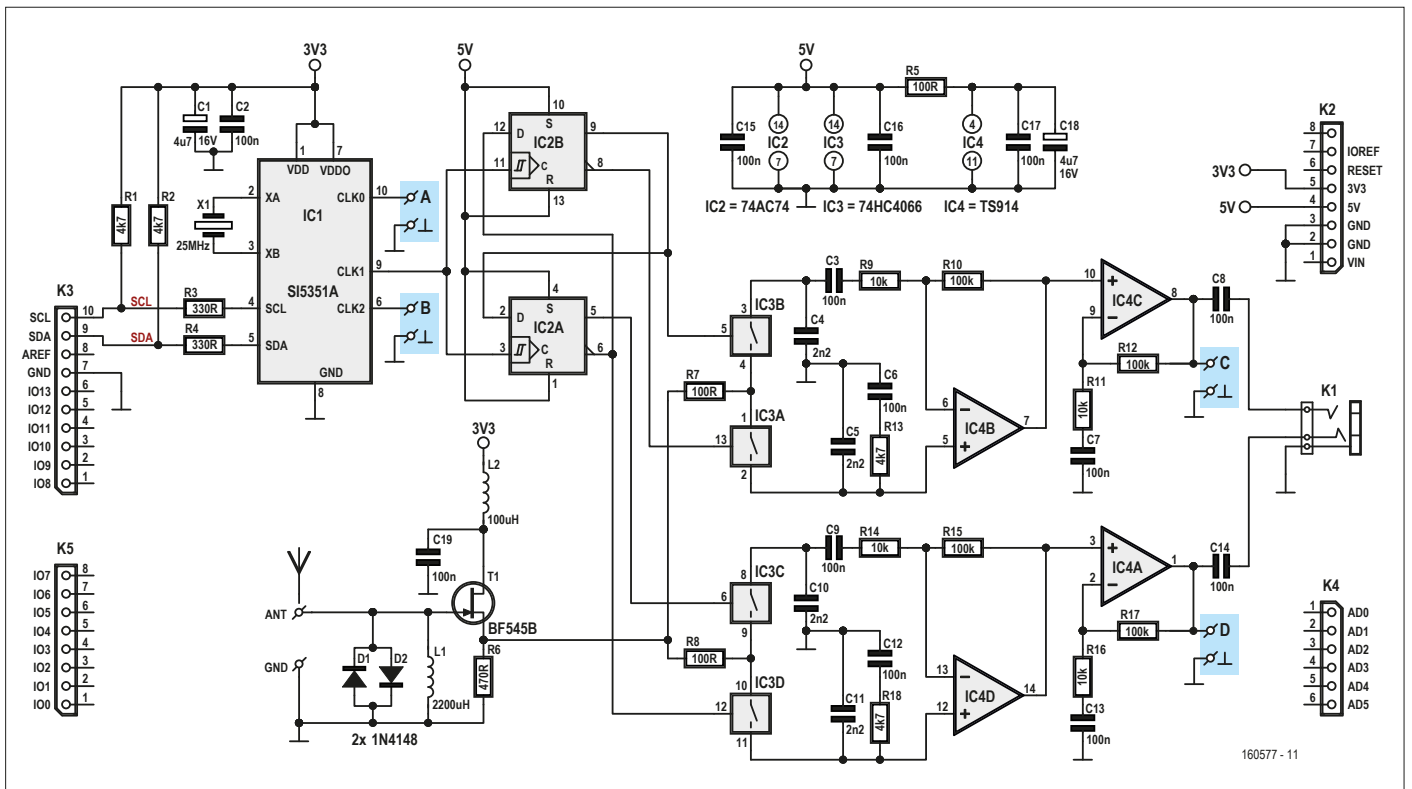


Figure 1. Les nouveaux connecteurs sont mis en évidence dans le schéma.

manière à ce que « mon premier shield », celui d'expérimentation avec LCD [2], puisse encore s'installer dessus. Il avait déjà fait ses preuves dans la première version pour réaliser un récepteur autonome, sans l'aide d'un PC. Avec la version 2.0, vous pouvez donc réaliser un appareil de mesure également autonome.

Premier essai avec G8JCFSDR

Vous n'avez pas travaillé avec le premier *shield* SDR ? Nous rappelons ici rapidement les premières étapes. Le plus simple pour commencer, c'est avec le programme G8JCFSDR pour SDR (figure 3) de Peter Carnegie [3]. Elektor l'a présenté en 2007 [4], il est depuis lors en constante expansion. C'est

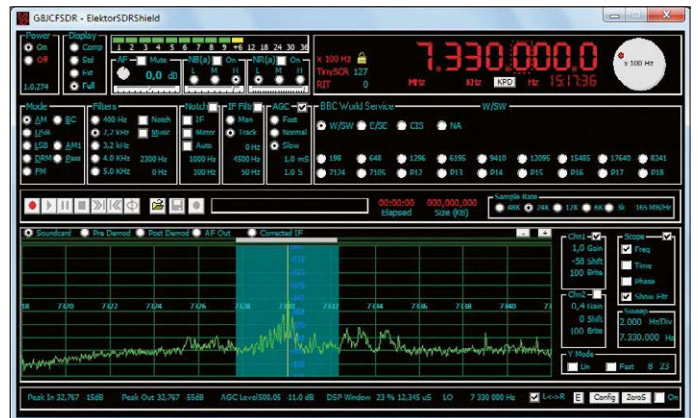


Figure 3. Réception d'un émetteur de radiodiffusion.

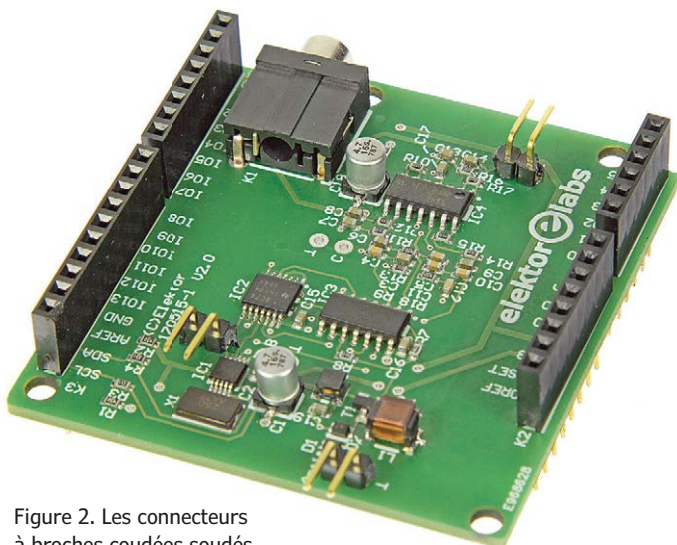


Figure 2. Les connecteurs à broches coudées soudés.

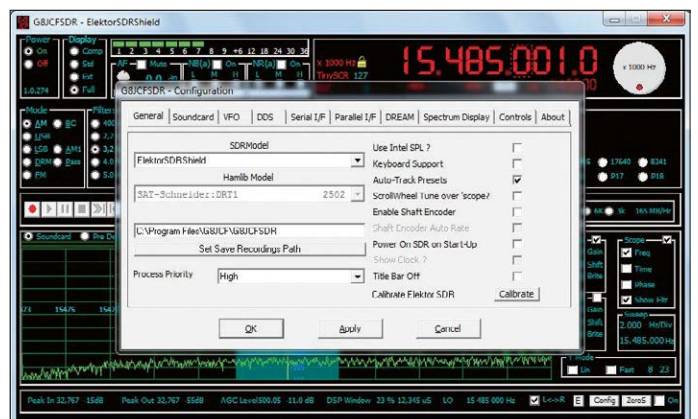


Figure 4. Sélection du récepteur.

ainsi qu'on atteint désormais une syntonisation au hertz près. L'étalonnage individuel du VFO (oscillateur à fréquence variable) est devenu un jeu d'enfant. Le programme charge, de manière complètement automatique, le micrologiciel approprié dans l'Arduino. Il ne faut donc plus du tout travailler avec l'EDI Arduino. Connectez, allumez, c'est terminé.

Au premier allumage, le SDR est encore « off ». D'abord il faut choisir le matériel voulu (fig. 4), puis régler sous *Serial I/F* l'interface utilisée, par exemple COM2. La

première fois, le programme s'assure que le micrologiciel nécessaire est disponible, sinon, il ouvre une fenêtre pour un chargement automatique (fig. 5). Une aide précieuse pour ceux qui ont peu d'expérience d'Arduino. Plus de souci avec la compilation, la version du logiciel et ce genre de contraintes.

Pour maintes applications, la précision rudimentaire du VFO ne suffit pas, parce que l'oscillateur à 25 MHz peut diverger de quelques kHz. Il a alors besoin

d'un étalonnage. On se règle sur une station dont la fréquence est connue, on clique sur *Calibrate* et un nouveau menu apparaît (fig. 6). On se règle le mieux possible sur l'émetteur et on clique sur *Apply*. Le VFO est ainsi étalonné. D'ailleurs, pour un résultat optimal, on se met en position *USB* sur le battement zéro avec une porteuse d'un émetteur de radiodiffusion, en s'aidant de préférence de l'image sur oscilloscope de la sortie BF (AF OUT, Scope -> Time). En fonction des antécédents de l'Arduino utilisé,



LISTE DES COMPOSANTS

Résistances :

R1, R2, R13, R18 = 4,7 k Ω , 1%/100 mW, CMS 0603
 R3, R4 = 330 Ω , 1%/100 mW, CMS 0603
 R5, R7, R8 = 100 Ω , 1%, 100 mW, CMS 0603
 R6 = 470 Ω , 1%/100 mW, CMS 0603
 R9, R11, R14, R16 = 10 k Ω , 1%/100 mW, CMS 0603
 R10, R12, R15, R17 = 100 k Ω , 1%, 100 mW, CMS 0603

Condensateurs :

C1, C18 = 4,7 μ F/16 V, CMS boîtier B
 C2, C3, C6, C7, C8, C9, C12, C13, C14, C15, C16, C17, C19 = 100 nF/50 V, X7R, CMS 0603
 C4, C5, C10, C11 = 2,2 nF/50 V, X7R, CMS 0603

Inductances :

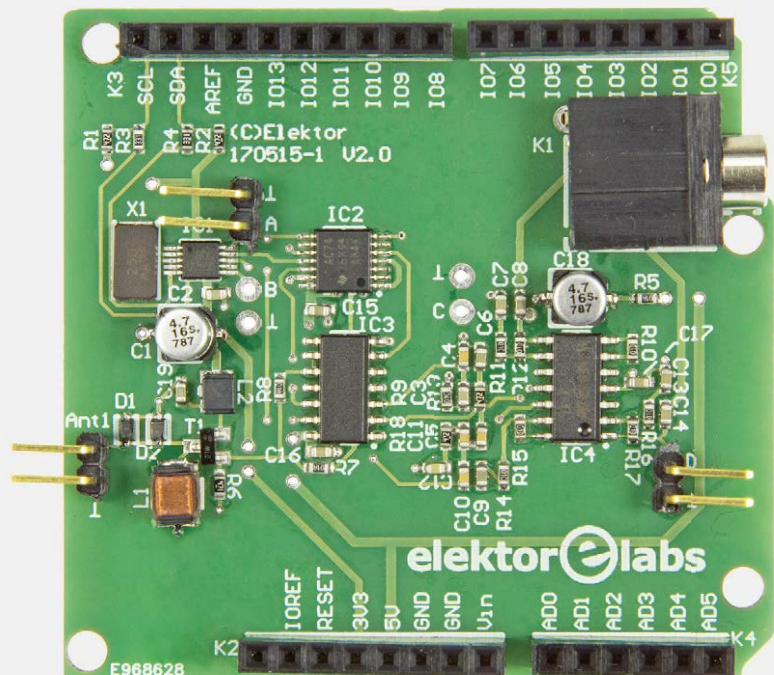
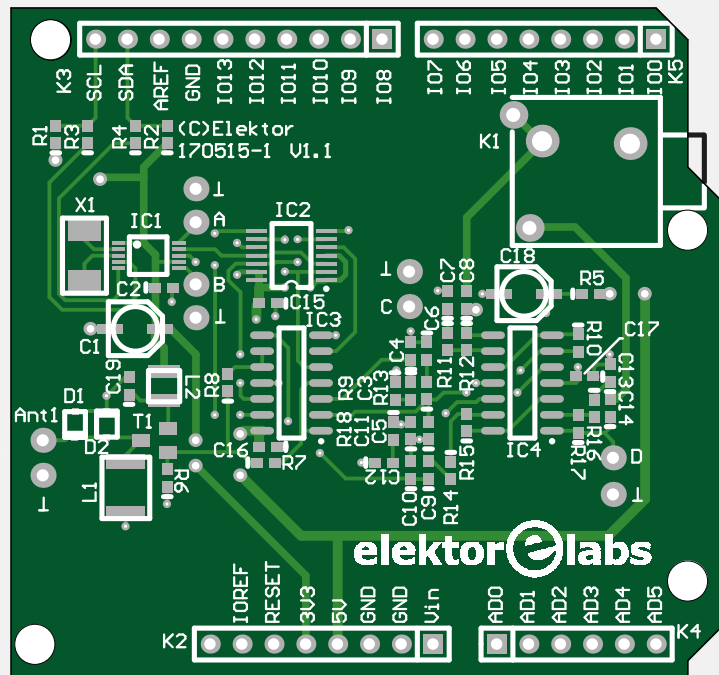
L1 = 2200 μ H (Fastron L-1812AF)
 L2 = 100 μ H (Murata LQH32CN101K23L)

Semi-conducteurs :

D1, D2 = 1N4148WS, SOD-323
 T1 = BF545B, SOT-23
 IC1 = SI5351A-B-GT, MSOP-10
 IC2 = SN74AC74PW, TSSOP-14
 IC3 = 74HC4066, SOIC-14
 IC4 = TS914IDT, SOIC-14

Divers :

K1 = prise jack stéréo 3,5 mm encartable, Lumberg KLBR 4
 K2, K3, K4, K5 = 1 jeu de connecteurs, compatibles Arduino (1 \times 6 broches, 2 \times 8 broches, 1 \times 10 broches)
 X1 = quartz 25 MHz (Aabracon ABM7) circuit imprimé, réf. 170515-1
 ou
 circuit imprimé avec CMS installés, réf. 170515-91 (www.elektor.fr)



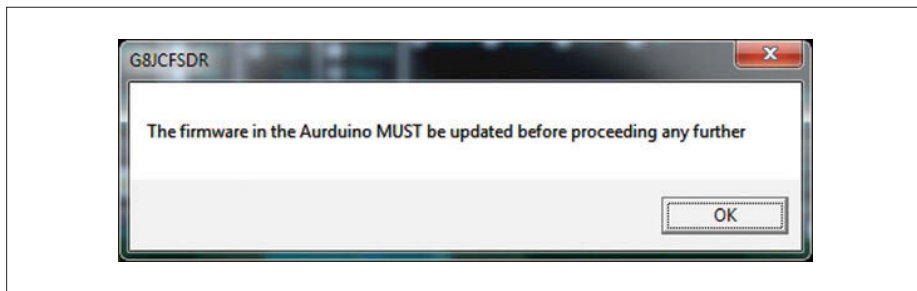


Figure 5. Confirmation du téléchargement.

il se peut que l'étalonnage soit complètement raté à la première tentative. Il convient alors de cliquer sur RESET pour revenir aux conditions initiales, dans lesquelles on peut s'attendre à une erreur de plusieurs kHz.

L'étalonnage réussi, le récepteur est prêt pour le service. Il permet de capter tous les signaux de radiodiffusion en AM sur CW et SSB. On peut aussi décoder les modes numériques en utilisant le logiciel supplémentaire approprié.

Conseils pour l'antenne

Si c'est la première fois que vous partez traquer les ondes par SDR, vous serez surpris et déçu si vous n'entendez rien d'autre qu'une épouvantable friture. Aussi, pour commencer, voici quelques conseils utiles sur les antennes. Pour capter de puissants émetteurs de radiodiffusion en ondes courtes, un fil de quelques mètres pendu quelque part ou même gisant sur le plancher de la pièce peut suffire. Toutefois, cette antenne intérieure ramasse aussi des parasites en provenance de câbles ou d'appareils électriques. La numérisation interne conduit à un très fort bruit de fond, ce qui rend les choses encore plus difficiles en intérieur. Il est possible d'améliorer l'antenne en la prenant de bonne longueur et en la plaçant à l'extérieur (mais rentrez-la s'il y a de l'orage). Malgré tout, arrivent encore à l'entrée du récepteur des parasites principalement dus au brouillage sur la prise de terre. Même si l'antenne amène un signal absolument propre, le pôle opposé est la ligne de terre polluée. Les deux tensions s'additionnent à l'entrée et la somme est un fort bruit de fond qui noie les signaux faibles.

Un remède éprouvé consiste à établir une prise de terre plus propre. À défaut d'une prise de terre directe, on peut utiliser un tuyau de distribution d'eau ou du chauffage central. En plus, il faut un transformateur de séparation HF qui empêche

que la prise de terre propre soit contaminée par le conducteur de sécurité. Idéalement, on utilise un câble coaxial entre le récepteur et le transformateur de séparation (fig. 7), situé près de la fenêtre pour que l'antenne proprement dite reste totalement hors de la maison. Avec un peu de chance, on peut ainsi améliorer la marge au bruit jusqu'à 20 dB.

Pour le transformateur, nombre de noyaux différents conviennent. La figure 8 montre un noyau en poudre de fer avec les deux enroulements séparés. La grandeur du noyau et le nombre de spires ne sont pas critiques, on peut encore expérimenter sur le ratio des spires.

Arduino en commande du VFO

Il s'agit maintenant de développer un logiciel pour Arduino. Avec le temps, la bibliothèque Arduino Etherkit/Si5351 s'est révélé le meilleur choix pour commander en souplesse la puce à boucles

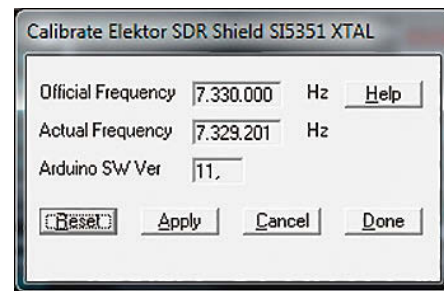


Figure 6. Étalonnage du VFO.

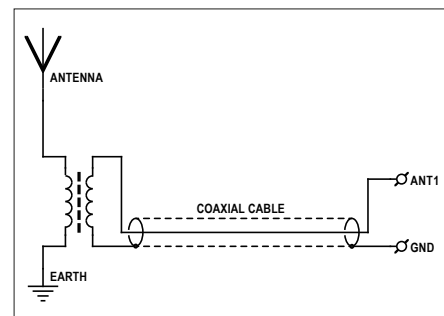


Figure 7. Emploi d'un transformateur.

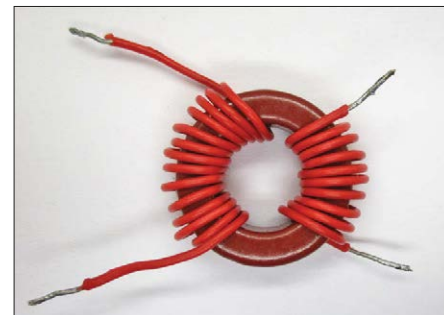


Figure 8. Bobinages isolés sur noyau torique.

Listage 1. Commande de PLL dans *si5351example* (fragment).

```
#include "si5351.h"
#include "Wire.h"

Si5351 si5351;

void setup()
{
  // Start serial and initialize the Si5351
  Serial.begin(57600);
  si5351.init(SI5351_CRYSTAL_LOAD_8PF, 0);

  // Set CLK0 to output 14 MHz with a fixed PLL frequency
  si5351.set_pll(SI5351_PLL_FIXED, SI5351_PLLA);
  si5351.set_freq(14000000ULL, SI5351_PLL_FIXED, SI5351_CLK0);

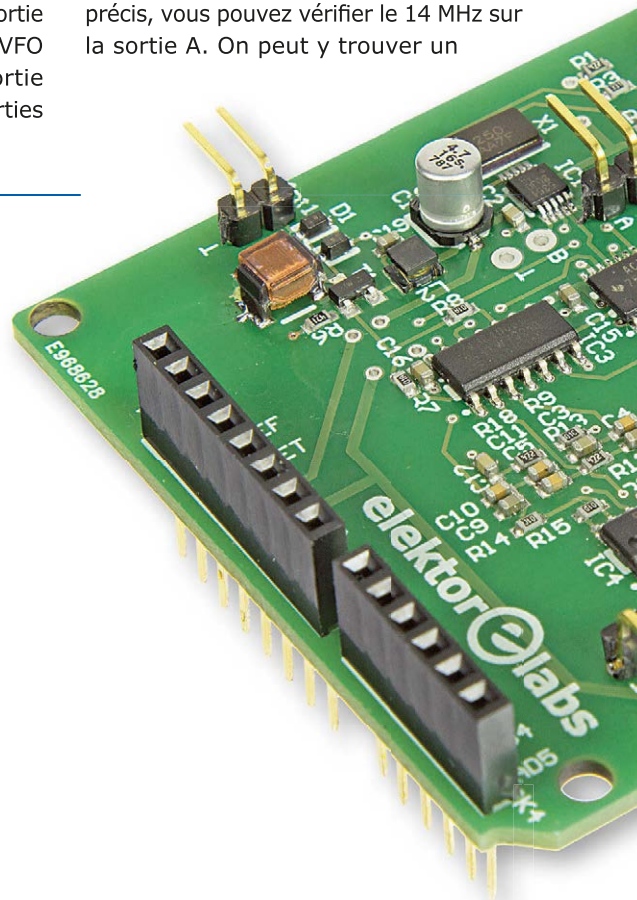
  // Set CLK1 to output 20 MHz
  si5351.set_freq(20000000ULL, 0ULL, SI5351_CLK1);
}
```

à phase asservie. Vous pouvez aussi mettre en ou hors service chacun de ces canaux PLL et il est encore possible d'égaliser la phase entre canaux sur la même fréquence. De plus, on peut réaliser un étalonnage précis de la fréquence. Il y a intérêt à essayer d'abord l'exemple fourni. La bibliothèque et quelques

exemples d'application sont disponibles en suivant [5].

Le principe du processus découle du croquis *si5351example* (listage 1). On peut l'utiliser intact sur le *shield* SDR. La sortie CLK0 communique à la borne A du VFO le 14,000 MHz. D'autre part, la sortie CLK1 fournit le 20 MHz aux deux parties

du diviseur IC2. Le signal est alors divisé par quatre pour former la fréquence de VFO de 5 MHz destinée à la radio logicielle. Si vous avez un fréquencemètre précis, vous pouvez vérifier le 14 MHz sur la sortie A. On peut y trouver un



Listage 2. Conversion des commandes de contrôle dans *si5351vfo2_0*.

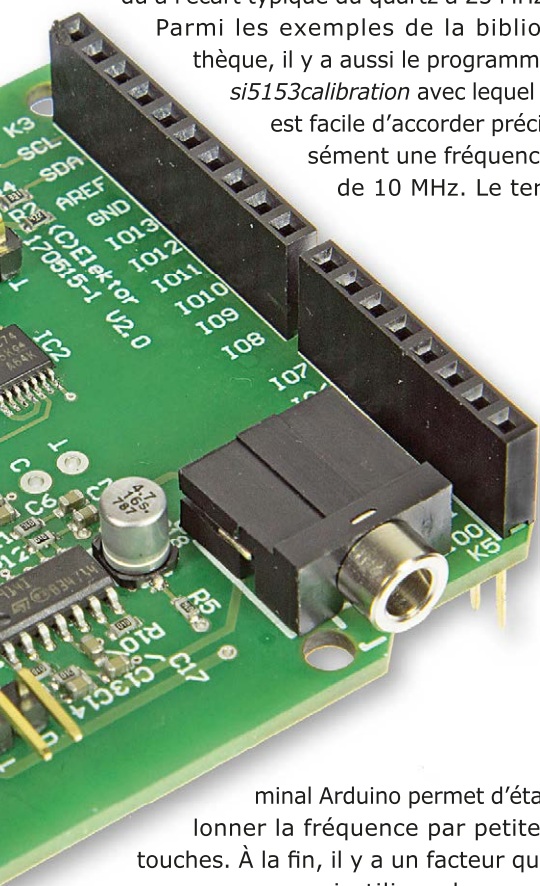
```
void loop(void)
{
  si5351.update_status();
  if (si5351.dev_status.SYS_INIT == 1) {
    setup();
    delay(500);
  }
  if (Serial.available()) {
    int ch = Serial.read();
    freq = Serial.parseInt();
    Serial.println(ch);
    Serial.println(freq);
    int ch2 = Serial.read();
    Serial.println(ch2);
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print(ch);
    lcd.print(" ");
    lcd.print(ch2);
    ch2 = Serial.read();

    if (freq > 20){
      lcd.setCursor(0, 0);
      lcd.print(freq);
      lcd.print(" ");
      if (ch == 32) si5351.set_freq(freq*400000ULL, SI5351_PLL_FIXED, SI5351_CLK1); // " "
      if (ch == 70) si5351.set_freq(freq*400000ULL, SI5351_PLL_FIXED, SI5351_CLK1); //F
      if (ch == 102) si5351.set_freq(freq*400ULL, SI5351_PLL_FIXED, SI5351_CLK1); //f

      if (ch == 65) si5351.set_freq(freq*1000000ULL, SI5351_PLL_FIXED, SI5351_CLK0); //A
      if (ch == 97) si5351.set_freq(freq*100ULL, SI5351_PLL_FIXED, SI5351_CLK0); //a
      if (ch == 66) si5351.set_freq(freq*1000000ULL, SI5351_PLL_FIXED, SI5351_CLK2); //B
      if (ch == 98) si5351.set_freq(freq*100ULL, SI5351_PLL_FIXED, SI5351_CLK2); //b
    }
    if (freq==0){
      if (ch == 65) si5351.output_enable(SI5351_CLK0, 0);
      if (ch == 66) si5351.output_enable(SI5351_CLK2, 0);
      if (ch == 70) si5351.output_enable(SI5351_CLK1, 0);
    }
    if (freq==1){
      if (ch == 65) si5351.output_enable(SI5351_CLK0, 1);
      if (ch == 66) si5351.output_enable(SI5351_CLK2, 1);
      if (ch == 70) si5351.output_enable(SI5351_CLK1, 1);
    }
  }
}
```


décalage dans la plage de 1 kHz à 2 kHz, dû à l'écart typique du quartz à 25 MHz.

Parmi les exemples de la bibliothèque, il y a aussi le programme *si5153calibration* avec lequel il est facile d'accorder précisément une fréquence de 10 MHz. Le ter-



minial Arduino permet d'étalonner la fréquence par petites touches. À la fin, il y a un facteur que vous pouvez aussi utiliser dans vos propres programmes *si5351.set_correction(cal_factor)* ; c'est efficace. On arrive ainsi à la meilleure précision avec un écart minime de quelques hertz. Mais si vous soupçonnez votre fréquence-mètre d'imprécision ou si vous n'en avez pas sous la main, il existe une autre méthode. Utilisez un émetteur de radio-diffusion dont la fréquence est connue et produisez un signal à la même fréquence. Toute différence donne à entendre une tonalité de battement. On n'a donc besoin que d'une seule station en ondes courtes. J'ai choisi Radio Chine internationale sur 9 525 kHz et cette fréquence est inscrite dans l'exemple. Au début, un son de superposition est apparu à environ 1 kHz. Je l'ai alors ajustée jusqu'à obtenir le battement nul.

Sur le terminal, on voit chaque bouton pour les commandes qui permettent de hausser ou baisser la fréquence. On y va mollo, par pas de plus en plus étroits jusqu'au bon étalonnage (**fig. 9**).

Le résultat final pour le facteur était 154 400. Donc la fréquence réglée pour 10 MHz était trop élevée de 1 511,00 Hz. On écrit alors dans son programme : *si5351.set_correction(154400)*; pour la correction. On peut bien sûr déterminer par d'autres

méthodes l'écart du récepteur et le corriger pour arriver à 10 MHz.

Micrologiciel VFO polyvalent

Notre nouveau micrologiciel VFO (sur [6]) doit être compatible avec la première version et convenir aux programmes PC déjà développés, mais aussi prendre en charge les nouveaux canaux. Et en plus, il faut considérer l'élargissement des exigences. Jusqu'ici, il fallait absolument transmettre à 9 600 bauds les fréquences de réception en kHz, converties en concordance par l'ancien micrologiciel. Dans le nouveau, on peut encore donner le réglage en kHz complets avec la commande F, mais aussi en Hz avec un petit f. En outre, il y a maintenant les commandes pour les canaux A et B ajoutés. Ces deux sorties ne sont activées que sur demande, d'où les commandes courtes pour activer et désactiver.

F 3500 syntonisation en kHz
 (VFO = 3 500 kHz)
f 3500250 syntonisation en Hz
 (VFO = 3 500 250 Hz)

A 7000 sortie A, résolution en kHz
a 7000300 sortie A, résolution en Hz
A 0 sortie A : désactiver
A 1 sortie A : activer

B 7000 sortie B, résolution en kHz
b7000300 sortie B, résolution en Hz
B 0 sortie B : désactiver
B 1 sortie B : activer

Le **listage 2** montre la réception et le traitement des données de commande. Le signe de la commande (F, f, A, a etc.) tient dans la variable *ch*, la fréquence en *freq*. La fréquence *f* reçue s'affiche également sur le LCD. De plus, une sortie sérielle des données sert au débogage. On peut ainsi vérifier si les données d'un programme sur PC ont été correctement reçues. Les fréquences sont ainsi attribuées à chaque canal en fonction de la commande de contrôle.

Pour la conduite, on utilise les mêmes outils qu'avec le *shield* SDR précédent (**fig. 10**). La différence, dans le nouveau micrologiciel, est qu'on ne donne plus la fréquence de réception, mais bien celle du VCO, pour autant que la fréquence intermédiaire (IF) reste à 12 kHz. D'un clic sur la bande des 20 m, la fréquence

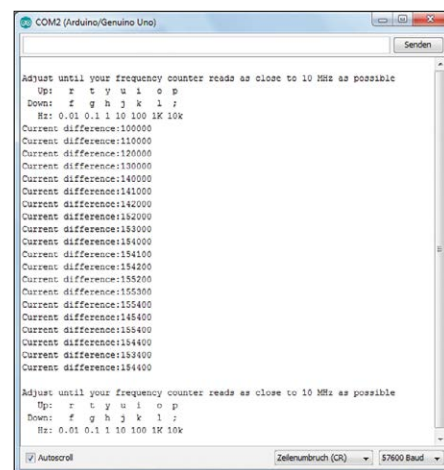


Figure 9. Étalonnage avec *si5153calibration* et le terminal Arduino.

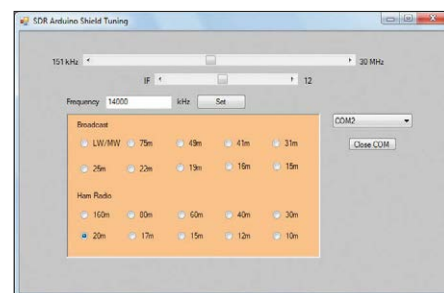


Figure 10. Syntonisation sur 14 MHz.

du VFO se positionne sur 14 000 kHz, on entame la bande au milieu du spectre. La spécification de la fréquence VFO est devenue de plus en plus répandue, en particulier dans les modes numériques. On peut encore utiliser le curseur IF pour exécuter un réglage fin par pas de 1 kHz. Généralement, on utilise le programme de syntonisation à côté du logiciel SDR# proprement dit. La **figure 11** montre la mise en œuvre de SDR# (téléchargement via [7]) lors de la réception de signaux CW.

Nouvelle interface VFO

Le nouveau programme pour PC *SDRshield2_0.exe* écrit en VB6 met à profit les nouvelles possibilités du micrologiciel (**fig. 12**). La glissière du bas a une résolution de 1 kHz et fait des bonds de 25 kHz. La glissière du haut sert au réglage fin par pas de 10 Hz minimum. Outre les boutons de bande, il y a une fonction de scanneur qui balaye toute la bande par pas de 5 kHz. On peut régler le logiciel SDR en AM sur une plus grande bande passante pour obtenir rapidement une vue de l'oc-

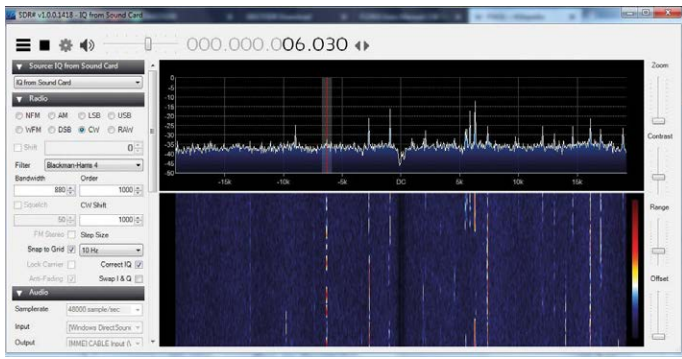


Figure 11. SDR# en service.

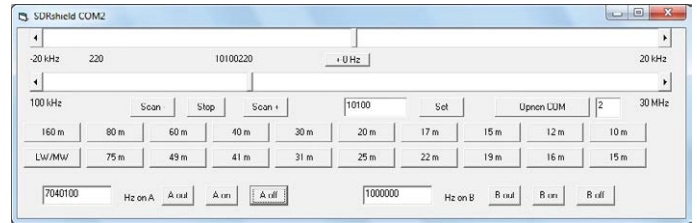


Figure 12. Réglage de la fréquence du VFO et des sorties supplémentaires.

cupation actuelle de toute la bande. Le long du bord inférieur se trouvent les éléments de commande des canaux supplémentaires A et B. On introduit une fréquence en hertz pour l'envoyer à la sortie du VFO. Il faut aussi activer le canal. On peut toujours le mettre en ou hors service, il garde la fréquence prescrite. Les pré-réglages sont 1 000,000 kHz pour le canal B et 7 040,100 pour le canal A, le centre du domaine WSPR (*Weak Signal Propagation Reporter*) d'une bande étroite de seulement 200 Hz dans la bande des 40 m. Ce mode numérique impose les plus hautes exigences en matière de précision de fréquence, aussi la sortie du canal A est-elle d'une aide appréciable pour le réglage correct.

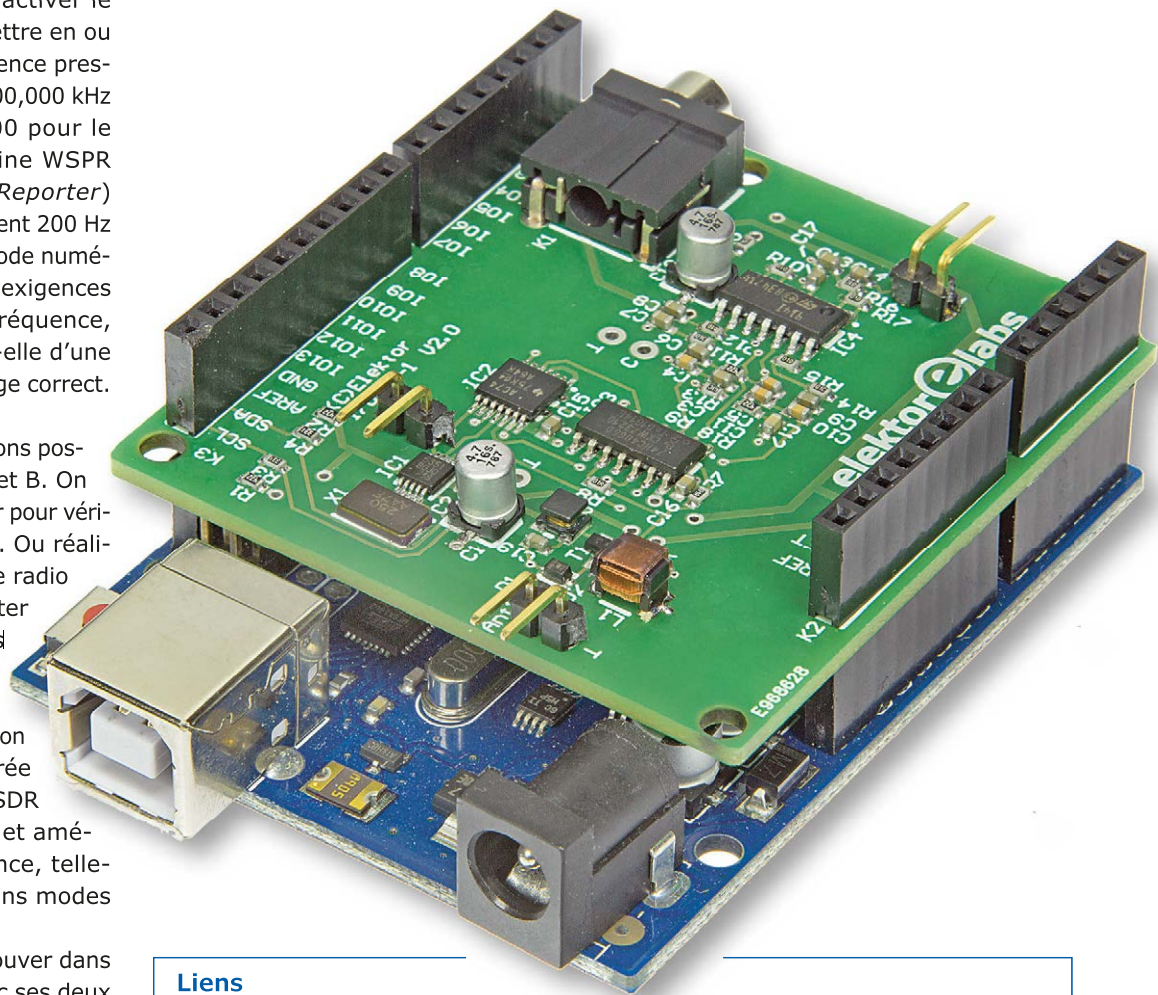
Il y a d'innombrables applications possibles pour les sorties VFO A et B. On peut en faire un autre récepteur pour vérifier la précision de fréquence. Ou réaliser un BFO à incorporer à une radio simplement AM pour lui ajouter la SSB et d'autres modes. Les anciens postes de radioamateurs équipés d'un condensateur variable pour la syntonisation disposent souvent d'une entrée pour VFO externe. Le *shield* SDR peut assumer cette fonction et améliorer la précision en fréquence, tellement importante dans certains modes numériques.

D'autres possibilités sont à trouver dans le domaine de la mesure. Avec ses deux générateurs universels qui couvrent tout le domaine de 8 kHz à 160 MHz, on peut ajuster des circuits oscillants, tester des filtres passe-bas ou la qualité de petits transformateurs annulaires dans des domaines déterminés du spectre. Elektor consacrera bientôt un article à d'autres applications en métrologie. ◀

(160577 - version française : Robert Grignard)

@ WWW.ELEKTOR.FR

Elektor SDR-Shield 2.0
www.elektor.fr/sdr-shield-2



Liens

- [1] www.elektormagazine.fr/150515
- [2] www.elektormagazine.fr/140009
- [3] www.g8jcf.dyndns.org/index.htm
- [4] www.elektormagazine.fr/070565
- [5] <https://github.com/etherkit/Si5351Arduino>
- [6] www.elektormagazine.fr/160577
- [7] <https://airspy.com/download/>

cadre de serrage pour le soudage par refusion

une réalisation personnelle très économique

Vous voulez passer du soudage manuel de votre circuit imprimé à la refusion ? Votre budget ne vous permet pas d'acquérir un cadre de serrage professionnel à plusieurs milliers d'euros ? Alors, réalisez-le vous-même !



Jakob Bodenmüller, Timo Jauss et Jan-Eric Kettner
(École Supérieure d'Albstadt-Sigmaringen)

De nos jours, il n'y a plus guère de cas où la réalisation personnelle d'un appareil est plus économique que son achat. En voici néanmoins un exemple ! Au cours d'un projet d'étude dans le cadre du cursus d'ingénierie industrielle de l'École Supérieure d'Albstadt-Sigmaringen, une équipe d'étudiants a réalisé un tel cadre comme outil d'aide au soudage par refusion de circuits imprimés.

De facture industrielle, un tel appareil est disponible dans le commerce pour 2.500 € environ. Alors, les 310 € dépensés en matériel par les étudiants pour une réalisation faite maison de grande qualité représentent une alternative séduisante pour le bricoleur. Après assemblage, le cadre de serrage présenté ici doit encore être équipé de vis d'avance ou micrométriques pour que la table du circuit puisse être positionnée avec précision.

Le soudage par refusion, comment ça marche ?

Les structures toujours plus minuscules sur les circuits imprimés et les composants, devenues inaccessibles au fer à souder, exigent d'autres techniques de soudage. Le soudage par refusion en est une. On peut la décrire sommairement de la manière suivante.

Quand on a réalisé le dessin d'un circuit imprimé et qu'on l'a soumis à un fabricant de circuits imprimés, on peut obtenir avec ses plaques et sur demande un masque en feuille plastique ou métallique qui permet d'étendre de la pâte à braser sur les nombreuses et minuscules pastilles. Avec un raclioir du commerce, il est facile d'étaler cette pâte, une fois qu'on a positionné le masque sur le circuit au micromètre près. Il faut, bien sûr, être assuré que ce positionnement ne sera pas altéré au cours de l'opération, ce qui nécessite que le masque et le circuit soient rendus solidaires par serrage dans un cadre. Ce réglage doit pouvoir être maintenu lorsqu'on retire un circuit

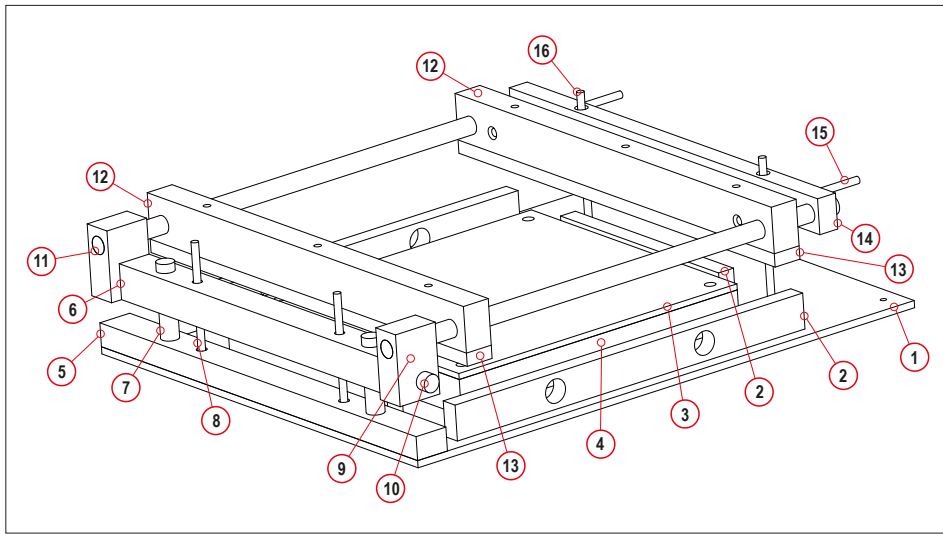


Figure 1. Vue isométrique du cadre de serrage.

traité et qu'on le remplace par un (ou plusieurs) autres. Après l'étalement de la pâte à braser, les CMS sont déposés sur le circuit manuellement ou par un automate. Collés par la pâte, les composants restent en place lors du passage dans le four à refusion, quand la pâte fond puis se solidifie.

Solide comme un roc et pourtant souple

Les **photos** montrent le prototype du cadre, dont la plupart des pièces sont réalisées à partir de matériaux semi-finis (AlMgSi₃). Le matériau est de bonne tenue à la corrosion, relativement léger et présente un rapport prix/performance raisonnable. Seuls les rails de guidage du porte-masque et les tiges filetées sont en acier inoxydable, étant donné la rigidité et la résistance à l'usure requises.

C'est sur la vue isométrique par l'arrière (**fig. 1**) qu'il est le plus facile d'identifier les différentes pièces. Les quatre barres de positionnement (2) sont fixées sur la plaque de base (1). Elles comportent des perçages dans lesquels seront taraudés en fin de montage des filetages pour les vis d'avance ou

micrométriques. Les barres latérales comportent deux de ces perçages, la barre arrière un seul et la barre frontale aucun.

Entre ces barres de positionnement se trouve, librement mobile, la table (3) recevant le circuit imprimé, plaque épaisse en acier posée et vissée sur un cadre en profilés Item (4). On trouve facilement de tels profilés, avec leurs vis d'assemblage, sur l'internet [1]. Il importe que cette table de travail soit en acier, étant donné que le circuit sera fixé sur des pieds magnétiques (disponibles sur l'internet [2] ou réalisés maison).

Outre les barres de positionnement, la plaque de base reçoit aussi, fixée par vis, la barre support (5) qui porte tout le dispositif porte-masque basculant. Comme le montre la vue de détail

(**fig. 2**), cette structure est d'une certaine complexité, car le dispositif porte-masque doit non seulement pouvoir basculer, mais être réglable en hauteur afin de s'appliquer ensuite sur le circuit imprimé avec précision. Cette barre de soutien comporte deux colonnes cylindriques en acier inoxydable (7), immobilisées par des vis sans tête, ainsi que deux tiges filetées (8). La barre charnière (6) joue librement sur les colonnes et les tiges filetées. Des ressorts de tension sur les colonnes poussent cette barre vers le haut, des écrous papillon sur les tiges filetées la poussent vers le bas. Aux deux extrémités de la barre charnière se trouvent les blocs pivotants (9) emmanchés sur de courts axes (10) cylindriques. Ces blocs pivotants reçoivent aussi les rails cylindriques (11) sur lesquels est monté le dispositif porte-masque proprement dit. Non représentées sur le dessin et peu visibles sur les photos, des vis sans tête immobilisent ces rails cylindriques dans les blocs pivotants. Le porte-masque se compose de deux barres (12) à la face inférieure desquelles viennent se coller des joues de serrage (13) grâce à trois vis, pinçant ainsi le masque (**fig. 3**). La barre

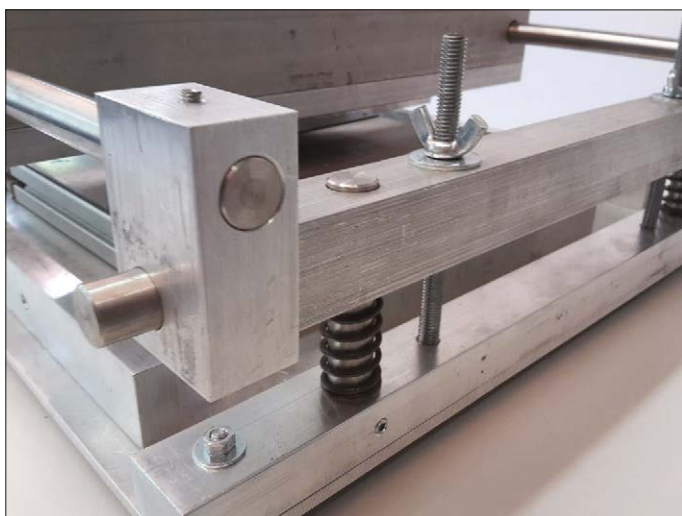


Figure 2. Détail de réalisation des blocs pivotants.

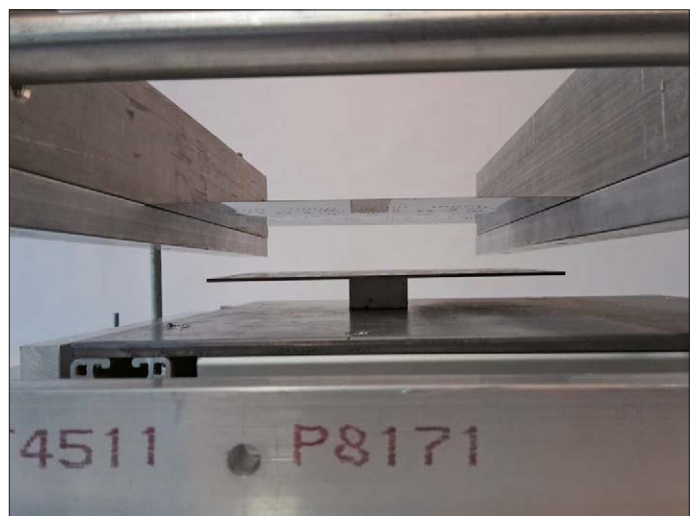


Figure 3. Le masque est maintenu par les joues de serrage. Le circuit imprimé n'est pas encore en place ; il sera bientôt sur pieds magnétiques.

arrière est immobilisée sur les rails par des vis sans tête alors que la barre avant peut (encore) coulisser librement, ce qui nous amène à la dernière pièce, la barre de tension (14) qui est aussi immobilisée sur les rails par des vis sans tête. La barre libre avant comporte deux trous taraudés dans lesquels sont vissées des tiges filetées (15) qui traversent librement la barre de tension. Sur ces tiges, des écrous papillon permettent de tirer la barre libre vers la barre de tension (**fig. 4**). Deux ressorts sur les rails cylindriques font en sorte qu'on puisse toujours revenir à la position de réglage initiale. Enfin, deux tiges filetées verticales (16) traversant la barre de tension assurent que la hauteur du porte-masque à l'avant puisse être réglée au moyen d'écrous papillon à l'identique de la hauteur à l'arrière.

Réalisation pratique

Ne désespérez pas si la description précédente vous a paru d'une obscure clarté ! Sur la page web [3] du projet sujet de cet article, vous trouverez de nombreux dessins techniques des pièces avec leurs cotes, une liste de toutes les pièces et d'autres photos.

Pour la réalisation de ce cadre, les étudiants ont eu à leur disposition l'atelier de l'école, largement équipé de fraiseuses, tours et perceuses. Mais nulle raison de désespérer si vous ne disposez pas de telles machines : on peut commander directement sur l'internet et sur mesure la plupart des pièces chez un vendeur de pièces métalliques. Il n'y a que les perçages et les taraudages qu'il vous faudra réaliser vous-même. Pour cela, une bonne perceuse d'établi ou sur pied, ainsi qu'une certaine expérience du travail des métaux (sinon, voir [4]) vous seront indispensables. Le tableau donne la liste des outils dont vous aurez besoin.

Une fois toutes les pièces assemblées, vous pouvez vous occuper de quelques aspects pratiques et esthétiques, par exemple de munir l'une des barres avant ou arrière de deux voyants de niveau à bulle pour que le cadre puisse être mis en station parfaitement horizontale. Les écrous papillon peuvent être remplacés par des écrous boutons en plastique ou en laiton plus



Figure 4. La barre avant est tirée vers la contre-barre au moyen d'écrous papillon.

esthétiques et plus ergonomiques. De même pour les vis de serrage des joues, ce qui permet de positionner et de pincer le masque sans avoir besoin d'un outil quelconque.

Encore un mot sur la table du circuit imprimé. Il n'est pas possible de la régler indépendamment en X et en Y. Ce serait sans aucun doute l'idéal pour la positionner commodément et avec précision sous le masque. Mais cela exigerait un appareillage de précision coûteux qui anéantirait la plus grande partie de l'économie réalisée avec la fabrication maison.

L'équipe d'étudiants avait pour objectif de mener le projet jusqu'au stade montré sur les photos. Pour qu'à l'avenir l'appareil puisse être mis en usage pratique à l'Institut, il faut encore l'équiper de vis micrométriques (pas forcément bon marché). Un coup d'œil sur la page web [5] vous permettra de vous faire une bonne idée de ces dispositifs de positionnement. ◀

(160567 - version française : Helmut Müller)

Outillage nécessaire

- Marteau
- Pointeau
- Lime plate
- Perceuse sur pied ou d'établi
- Forets Ø 4 à 16 mm
- Forets d'alésage
- Scie à main
- Équerre
- Pied à coulisse
- Tarauds pour trous borgnes M5, M6, M8
- Filières
- Tournevis cruciformes
- Marbre
- Trusquin de hauteur
- Règle en acier



IM ELEKTOR-SHOP

→ EC-Placer

Machine de mise en place de CMS assistée par caméra

www.elektor.fr/ec-placer-manual-pick-and-place-machine

→ Microscope numérique USB V160 d'Andonstar

Microscope USB

www.elektor.de/usb-digital-microscope-v160

→ Mastering Surface Mount Technology, Vincent Himpe

Livre en anglais, éditions Elektor

www.elektor.fr/mastering-surface-mount-technology

Liens

- [1] Profilés Item : <http://product.item24.de/produkte/produktkatalog/products/konstruktionsprofil-6-1001042790/>
- [2] Par exemple : www.indiegogo.com/projects/pcbite-the-professional-and-affordable-pcb-holder--4#/
- [3] Dessins techniques et plus : www.elektormagazine.fr/160567
- [4] Taraudages : www.gsr-germany.de/files/newsletter/gsr-handbuch-de.pdf
- [5] Positionnement mécanique : <https://de.misumi-ec.com/vona2/mech/>



trucs et astuces

par les lecteurs pour les lecteurs

Encore une solution astucieuse qui facilite la vie des électroniciens.



Interrupteur pour porte transformé en détecteur d'eau



Jörg Trautmann (Allemagne)

L'auteur a identifié précisément cette lacune sur le marché : « De nombreux appareils intelligents sont disponibles sur le marché. Les plus courants sont les interrupteurs magnétiques et optiques de systèmes d'alarme pour portes ou fenêtres. Ces composants sont relativement bon marché et souvent proposés à moins de 20 € sur eBay. Mais qu'en est-il d'une alarme de détection d'eau ? Ces appareils sont beaucoup plus chers. On les trouve généralement à partir de 60 € ».

Et déjà se pose la question : serait-il possible, et avec quels moyens, de convertir un tel interrupteur pour porte ou fenêtre de maison intelligente en détecteur d'eau ? Il était important pour l'auteur que cela reste bon marché, facile à mettre en œuvre et qu'il soit facile de revenir en arrière le cas échéant. Après une courte recherche, il a

décidé d'utiliser un interrupteur magnétique pour porte comme candidat à une transformation expérimentale.

Interrupteur pour porte

Au fait, qu'est-ce qu'un interrupteur pour porte intelligent ? Il va sans dire qu'un objet intelligent doit disposer d'une communication sans fil intégrée, mais en fait c'est le capteur qui retient notre attention. Et celui-ci est d'une conception plutôt simple, car composé d'un contact Reed commandé par un aimant. On détecte ainsi l'ouverture non désirée d'une porte ou fenêtre sous surveillance. Cette information est alors retransmise sans fil sous forme d'une alarme à une maison intelligente ou à un récepteur approprié.

De l'eau à la place du contact Reed

À présent il est urgent d'examiner si de l'eau sur de simples électrodes dont l'im-

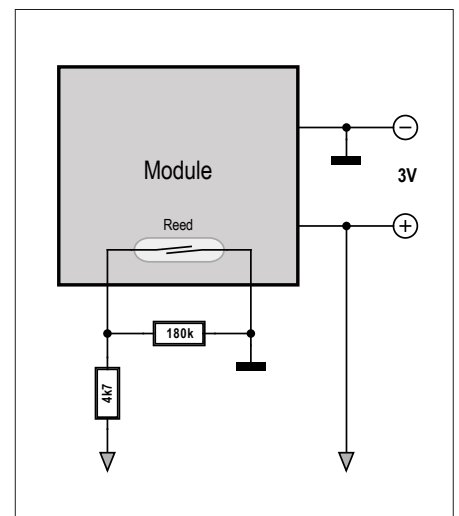


Figure 1. Inverseur composé de deux résistances. Circuit est un bien grand mot pour cette décrire cette modification.

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



pédance est haute comparée à celle de contacts Reed, peut déclencher sans ambiguïté le circuit logique du capteur. Les expériences l'ont démontré : cela fonctionne parfaitement, car l'impédance d'entrée du circuit logique est relativement élevée. Néanmoins la logique du détecteur est maintenant inversée.

Pourquoi ? Lorsque la porte est fermée, son aimant provoque la fermeture du contact Reed. Si on ouvre la porte, l'alarme est déclenchée. Pour le capteur modifié, cela signifierait qu'il indique l'absence d'eau. C'est donc exactement l'inverse. Il faut donc inverser la logique, et ce avec le moins d'effort possible.

« Circuit »

Ce terme est vraiment à mettre entre guillemets, car l'inverseur se compose uniquement de deux résistances, un schéma est donc à peine nécessaire. Voyons cela.

Comment ça marche ?

Il s'avère que le contact Reed est connecté entre la masse et une entrée numérique munie d'une résistance de rappel vers le haut. Un contact ouvert correspond donc à un niveau logique d'entrée haut. Le module en question « commute » de manière fiable lorsque le contact est ponté par une résistance de 220 kΩ. J'ai simplement ajouté en parallèle avec le contact une résistance de 180 kΩ, et le circuit électronique a alors détecté un état « fermé » permanent. Afin que la présence d'eau puisse maintenant déclencher une alarme, il faut que le niveau sur l'entrée numérique devienne légèrement plus élevé. Je connecte donc une électrode sur l'entrée numérique, et une autre à +VCC (3 V) du circuit électronique. La résistance typique de l'eau se situe entre 10 kΩ et 100 kΩ, c'est largement suffisant pour détecter un niveau haut et déclencher une alarme. Le contact Reed n'a même pas besoin d'être soudé ! Mais attention : si pour une raison quelconque, le contact Reed est fermé et que les électrodes entrent en contact, l'alimentation est alors en court-circuit. Pour éviter cela, je monte une résistance de protection de 4,7 kΩ en série avec une des deux électrodes, peu importe laquelle. La figure 1 illustre cela.

Prototype

On doit choisir en guise d'électrodes quelque chose qui résiste à la corrosion. Les broches extraites d'un connecteur SIL conviennent très bien, car elles sont plaquées or et bon marché. L'auteur en a uti-

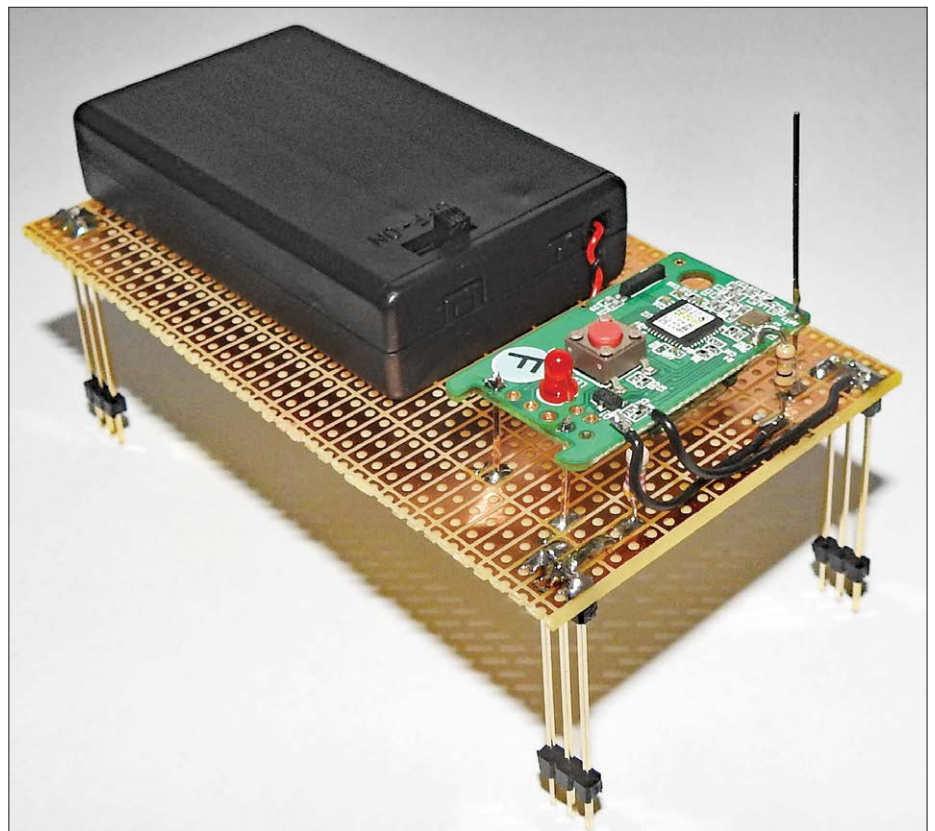


Figure 2. Le prototype de l'auteur. La platine à trous repose sur 4x3 longues broches, qui font office d'électrodes d'un seul côté.

lisé de particulièrement longues, comme vous pouvez le voir sur le prototype de la figure 2. Elles sont placées judicieusement aux quatre coins de la platine à trous et font alors aussi office de pieds. On peut installer le module converti en détecteur d'eau par exemple dans une cave à risque ; il ne suffira de changer les piles

toutes les quelques années. Cette transformation minimise en outre les besoins supplémentaires en énergie, car il n'y a du courant en permanence que dans la résistance de 180 kΩ, soit quelque µA. L'utilisation de piles AA est donc une bonne idée. ◀

(160470 – version française : Xavier Pfaff)

@ELEKTOR.FR

→ Émetteur/récepteur 433 MHz
www.elektor.fr/stx882-srx887

→ Alarme pour moto
www.elektor.fr/motorbike-alarm-120106-41

→ Livre en anglais « Make: Making Things Smart »
www.elektor.fr/make-making-things-smart



toupie à main à persistance rétinienne

carrousel d'animations

Thomas Raab

À vrai dire, les toupies à main sont passées de mode. Mais celle-ci affiche des textes et des animations lumineuses librement programmables. Voilà qui devrait donner un regain d'intérêt pour les toupies cet été...

Régulièrement, un jouet tendance vient submerger l'humanité comme un tsunami. Les yoyos, les tac-tacs, les balles bondissantes, les cubes de Rubik, la pâte fluo baptisée slime, les tamagotchis, les élastiques à tresser et, l'année dernière, ces toupies à main. D'habitude, ces vagues se retirent aussi vite qu'elles sont venues ; il n'en a pas été autrement du hit de l'été dernier, la toupie à main. Alors que, sans elle, la survie des enfants et des ados paraissait menacée, il serait difficile, aujourd'hui, de trouver quelqu'un qui s'y intéresserait encore. Plus rien d'excitant... Sauf si ce jouet avait quelque chose de

plus à offrir que l'objet vendu à des millions d'exemplaires : POV. Sous cet acronyme se cache la notion de « Persistence of Vision », soit, en français, la persistance rétinienne. À cause de la résolution temporelle limitée de l'œil humain, l'effet de la lumière sur la rétine persiste quelque temps après son extinction. Les excitations lumineuses à une fréquence suffisante se fondent alors en un mouvement fluide ou un motif continu. Le cinéma et la télévision utilisent la persistance rétinienne, mais aussi la très appréciée horloge CLIC-clock d'Elektor. Sur les pendules, des LED produisent un motif qui correspond à l'heure ; sur la toupie à main à POV, il s'agit de

courts textes et d'animations qu'on peut programmer soi-même.

La toupie à main à POV se compose de trois parties : l'électronique avec le microcontrôleur et les LED, un logiciel élaboré dans le microcontrôleur, ainsi qu'un ensemble mécanique assez complexe qui requiert une imprimante 3D, un roulement à billes et une certaine habileté manuelle. Examinons ces parties dans l'ordre.

L'électronique

Au premier coup d'œil, le circuit électronique de la toupie à main à POV n'a rien de surprenant : un microcontrôleur



standard dans une configuration standard, équipé de sept LED, une interface de programmation standard, comme l'est l'alimentation. Mais regardez-le encore une fois !

Le microcontrôleur

Comme j'utilise des microcontrôleurs AVR d'Atmel aussi bien pour mes projets professionnels que domestiques, ses périphériques et sa programmation me sont familiers. Pour la toupie à main, j'ai choisi l'ATmega328PB parce qu'il permet la connexion directe de toutes les LED à un port (via les résistances séries R2 à R8). Avec ses 32 Ko de mémoire flash, il n'est pas nécessaire d'user d'astuces pour réduire la taille du programme. De plus les 2 Ko de RAM contribuent à une exécution fluide du programme. Pour les textes, on dispose de copieuses mémoires EEPROM de 1 Ko.

La variante PB du microcontrôleur possède deux UART, dont l'un partage les connexions avec l'interface de programmation ISP. À travers cette unique interface, on peut ainsi programmer non seulement le microcontrôleur, mais aussi les textes. Le PC peut communiquer avec le contrôleur au moyen d'un convertisseur approprié, comme la passerelle USB/série BoB-FT232R [1]. On peut se passer de quartz, car l'oscillateur RC à 8 MHz intégré est tout à fait suffisant pour ce projet.

Le contrôleur dispose d'une horloge à haute résolution et d'une interruption de capture d'entrée (*Input Capture Interrupt*) convertible en une interruption de comparaison de sortie (*Output Capture Interrupt*) (dans ce mode, on indique à l'horloge la valeur de débordement de son compteur). On obtient ainsi une bonne résolution avec un faible sautellement des points lumineux des LED.

INFOS SUR LE PROJET



Persistence rétinienne (POV)
toupie à main
impression 3D



débutant
→ connaisseur
expert



un jour environ



station de soudage CMS,
imprimante 3D, PC,
BoB USB/série FT232R



env. 35 € (sans le boîtier)

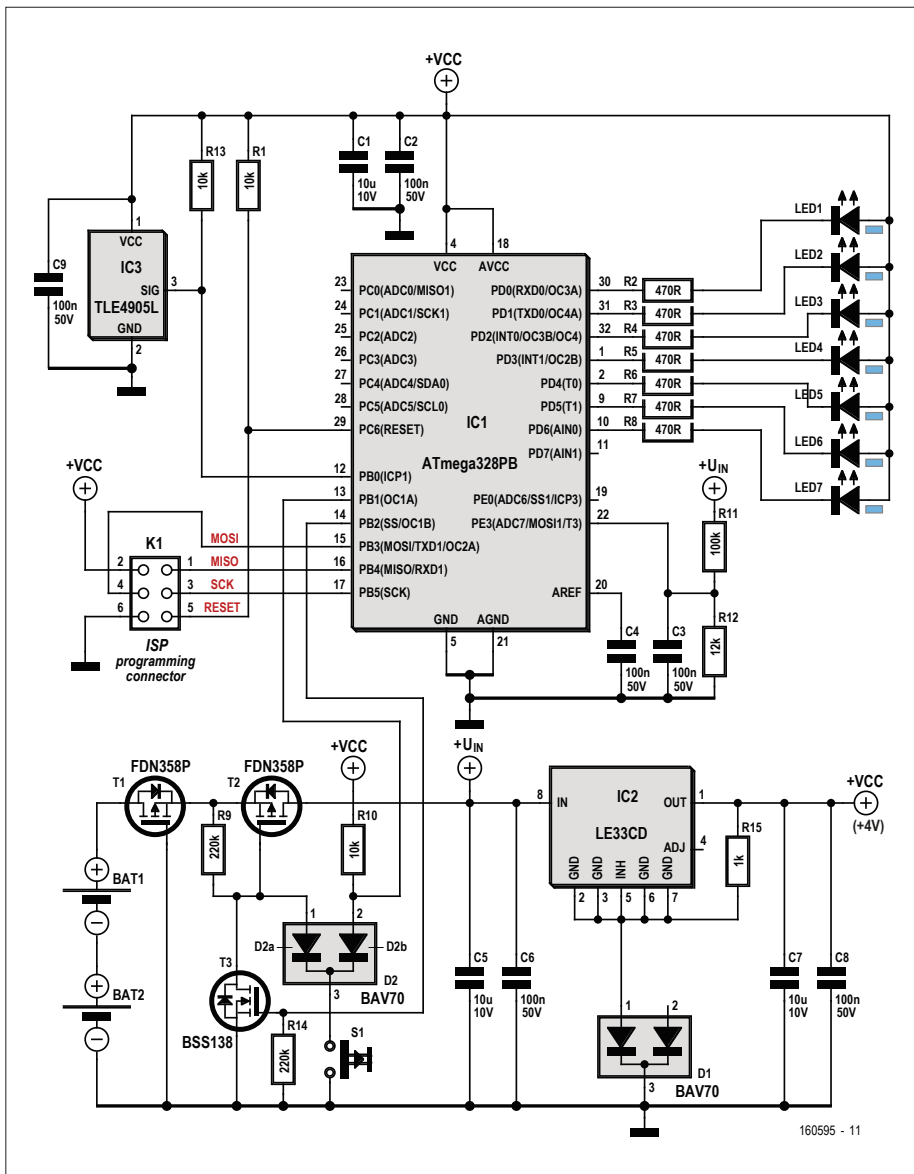


Figure 1. Le circuit de la toupie à main à POV comprend un microcontrôleur avec des LED, un capteur à effet Hall et une alimentation élaborée.

Capteur à effet Hall

Le logiciel doit connaître la vitesse de rotation de la toupie à main à POV pour pouvoir commuter les LED au bon moment. Un moyen de mesurer cette vitesse, ou encore la durée d'un tour, consiste à faire passer un capteur à effet Hall tournant devant un aimant fixe. Pour cela, on a retenu le capteur TLE4905L (IC3) qui produit un petit signal croissant lorsqu'il passe devant un champ magnétique avec la bonne polarité (que doit présenter l'aimant fixe). La sensibilité du capteur est suffisante, même pour des petits aimants. Le contrôleur récupère le signal du capteur sur PBO (interruption de capture d'entrée) et calcule la durée d'un tour à l'aide de l'intervalle de temps qui s'écoule entre deux fronts montants consécutifs.

Affichage à LED

J'ai choisi des LED bleues, car elles sont très lumineuses même avec un courant très faible, ce qui augmente la durée des piles par rapport à des LED d'autres couleurs. Les résistances de 470 Ω R2 à R8 limitent le courant dans les LED à une intensité sans risque. Cette intensité suffit pour un affichage lumineux lorsque les LED sont commandées par multiplexage quand la toupie tourne. Au repos, les LED sont pilotées par un signal à modulation de largeur d'impulsion.

Mesure de la tension des piles

La tension des piles est mesurée avec le convertisseur analogique-numérique (CA/N) du contrôleur. Les valeurs de mesure brutes du CA/N, avec sa réfé-

rence de tension de 1,1 V intégrée, peuvent (moyennant un dimensionnement correct du diviseur de tension R11/R12) être utilisées directement, sans calcul supplémentaire, pour afficher cette tension. Pour information, la tension de mesure maximale théorique du CA/N est de 10,267 V, ce qui est suffisamment près de 10,23 V, la valeur idéale pour un CA/N avec une résolution de 10 bits (1023 pas). Le condensateur C3 stabilise la tension lorsqu'elle est lue par le CA/N. Cette tension de mesure est prélevée en aval de « l'interrupteur principal » T2 pour que le diviseur de tension ne vide pas les piles lorsque la toupie est éteinte.

Alimentation

L'électronique est alimentée par deux piles bouton standard CR2032 en série. Il y a plusieurs raisons à cela : le capteur à effet Hall TL4905L nécessite une tension d'alimentation de 3,7 V. Une seule pile ne suffirait pas et un régulateur élévateur de tension serait excessif. Les LED bleues ont une tension directe d'au moins 3 V. Bien qu'elles s'allument déjà faiblement à une tension moindre, leur luminosité varierait exagérément avec l'épuisement des piles. Enfin, l'équilibre mécanique de la toupie bénéficie de la répartition dans ses bras de composants de même poids. Elle est plus facile à équilibrer et tourne plus longtemps parce qu'elle est plus lourde.

Le MOSFET à canal P T1 est une protection contre l'inversion de polarité à très faible chute de tension. À sa place, on pourrait bien sûr utiliser une diode Schottky, mais sa chute de tension de 0,3 V serait bien supérieure. Si la polarité des piles est correcte, la tension de drain parvient au travers de la diode intrinsèque à la source, qui devient plus positive que la grille. Le transistor conduit et court-circuite la diode intrinsèque. La chute de tension n'est que de quelques millivolts. En cas d'inversion de polarité, la diode intrinsèque ne conduit pas ; la tension de source est égale à celle de la grille et le transistor est bloqué.

Régulateur de tension

Comme le capteur à effet Hall nécessite au moins 3,7 V, le régulateur de tension (IC2) produit, compte tenu d'une petite marge de sécurité, une tension de 4,0 V. Avec une chute de tension typique de 0,2 V dans le LE33CD, les piles pourraient se décharger jusqu'à 2,1 V avant

que le régulateur cesse d'exercer sa fonction. Mais comme à 2,5 V, les piles ont déjà fourni leurs dernières gouttes, la marge de sécurité est suffisante.

À 4 V, on dispose aussi d'une amplitude suffisante pour les résistances de limitation de courant des LED. Ainsi que le laisse supposer sa désignation, le LE33CD fournit une tension de 3,3 V, il faut donc insérer dans sa connexion à la masse une diode qui introduit une chute de tension de 0,7 V (D1). Un petit courant de polarisation circule à travers la résistance R15, de sorte qu'on atteint très exactement les 4,0 V.

Allumage/Extinction

La portion de circuit constituée des transistors T2 et T3 n'est rien d'autre qu'un interrupteur manuel pour l'allumage et automatique pour l'extinction. Quand le montage est éteint, si on appuie sur S1, la grille de T2 est mise à la masse. T2 conduit, la tension des piles arrive au régulateur de tension qui se met à alimenter le contrôleur en 4,0 V. Quand l'alimentation du contrôleur est assurée, on peut lâcher le bouton, car le contrôleur met la grille de T3 au niveau haut via la broche PB2. Ce transistor se met à conduire et maintient la grille de T2 à la masse à la place de S1.

Quand le contrôleur décide de se mettre lui-même hors tension, il lui suffit de mettre la broche PB2 au niveau bas ou de la faire passer à l'état « haute impédance » lors d'une réinitialisation (c'est alors R4 qui se charge de mettre la grille de T3 à la masse). Dans tous les cas, T3 est bloqué, la tension de la source est appliquée sur la grille de T2 via R9 et le transistor se bloque.

Le circuit pourrait aussi fonctionner si la grille de T2 était reliée directement à la broche PB2 du contrôleur. Mais il y aurait alors un problème : le circuit de protection interne du contrôleur dériverait le courant d'alimentation par R10 vers +VCC, ce qui suffirait à maintenir le contrôleur en marche, alors que T3 déconnecte la broche du contrôleur d'une « fausse » tension d'alimentation.

Bouton-poussoir S1

Pour pouvoir utiliser le bouton-poussoir à d'autres tâches que l'allumage, il est déconnecté par D2a de la grille de T2, laquelle est maintenue au niveau bas à l'état actif. Ainsi la broche PB1 se trouve au niveau haut à travers R10 et une pression sur S1 peut la mettre au niveau bas,



sans affecter la tension de grille de T2. On pourrait se dispenser de D2b.

Logiciel

On ne peut donner ici qu'une vue sommaire du logiciel. Sa description en détail remplirait des livres. Pour en savoir plus, vous pouvez consulter la description (en anglais) sur la page du labo d'Elektor [3] et/ou examiner le code source abondamment commenté.

La tâche principale du logiciel consiste à produire des motifs de points lumineux pendant que le jouet tourne. Pour cela, le logiciel doit savoir quand et pour combien de temps un point doit être allumé, sinon on n'observerait qu'un clignotement incohérent. Il doit donc **synchroniser** le motif lumineux. Une autre tâche consiste à mettre à disposition un ensemble de motifs qui vont **produire des images**. Comme les images statiques finissent par ennuyer, il y a la possibilité de modifier l'image affichée au cours du temps et donc d'**animer** les images.

Boucle principale

La boucle principale connaît plusieurs modes. Le mode *démarrage* est actif lorsqu'on appuie sur le bouton-poussoir et que l'animation de mise sous tension se déroule. Ceci évite une mise en marche intempestive.

Le mode suivant *repos* se met en attente d'une rotation de la toupie ou de la fin du délai avant extinction. Les LED et le bouton-poussoir permettent au joueur de choisir le mode d'affichage. Chaque pression du bouton-poussoir fait passer au mode suivant. Le mode choisi est activé quand la toupie se met à tourner. Quand le délai avant extinction est écoulé, il y

a une brève animation suivie de l'arrêt du contrôleur.

Une autre tâche consiste à lancer une *mesure de la vitesse de rotation* et à exploiter le résultat. Quand le programme se trouve dans le mode repos et détecte une vitesse de rotation significative, il passe dans le mode *rotation*. Dans ce mode, le contrôle passe au générateur d'effets qui produit l'affichage choisi au cours de la rotation. Pour que l'image fournie par les LED soit suffisamment lumineuse, elles sont alimentées par un courant intense qui les rendrait beaucoup trop brillantes en mode repos. C'est pourquoi, au repos, elles sont alimentées par un signal à modulation de largeur d'impulsion qui réduit leur luminosité à 10%.

Synchronisation

L'émission du motif lumineux est synchronisée par la « barrière magnétique » (aimant et capteur à effet Hall). Ce capteur produit une impulsion à niveau bas au passage de l'aimant. Le flanc de l'impulsion déclenche une interruption qui lance un chronomètre. Chaque fois que ce chronomètre atteint une certaine valeur, la rangée de points suivante est émise. Pour obtenir une image de largeur constante, cette valeur doit dépendre de la vitesse de rotation, c'est pourquoi le logiciel doit évaluer la durée d'un tour avant d'afficher les rangées de points. Au premier tour, on n'affiche rien, on démarre simplement le compteur qui permet de déterminer la durée jusqu'au flanc d'impulsion suivant du capteur à effet Hall. Cette valeur est divisée par le nombre de rangées de points possibles, ce qui indique au logiciel la durée pendant laquelle il doit activer une rangée. Comme la toupie ralentit peu à peu,

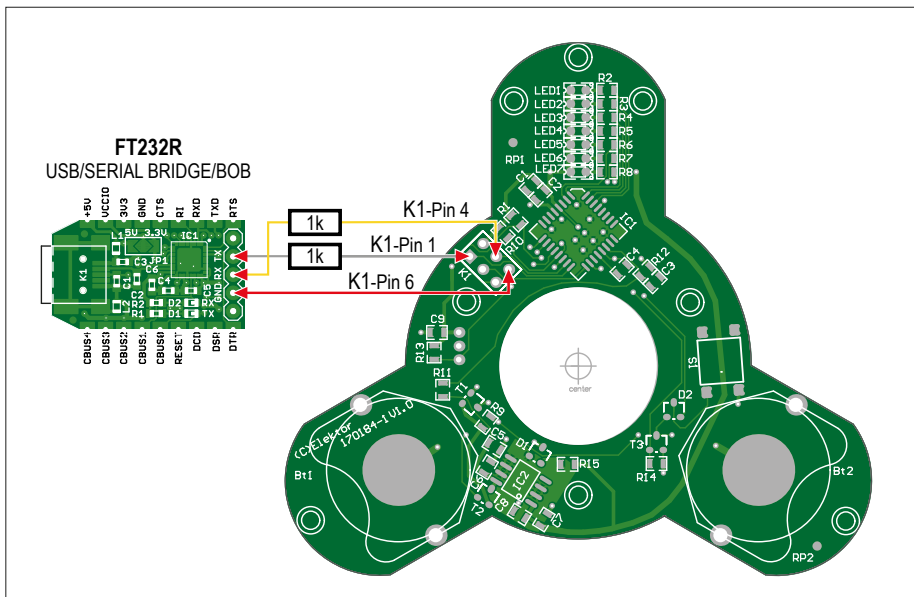


Figure 2. Liaison entre la carte USB/série et l'interface de programmation de la toupie.

la mesure de la vitesse de rotation est constamment active, jusqu'à ce que la vitesse de la toupie devienne trop faible pour maintenir la persistance lumineuse. Le logiciel repasse alors en mode repos et utilise les LED pour d'autres tâches, par exemple comme menu pour choisir un autre mode.

Production de l'image

L'image est produite en transférant les données d'un tampon de sortie vers les LED. Pour cela, il faut que la machine à effets choisie remplisse d'abord le tampon avec des données significatives. Les données préparées sont copiées de la mémoire flash dans le tampon de sortie. La mémoire flash contient des motifs pour la plupart des caractères ASCII, toutefois, du fait de la faible résolution verticale de sept points seulement, il n'y a que des lettres majuscules. Il y a aussi les chiffres, ainsi que quelques symboles, par exemple celui de la pile. Cela permet de convertir en motifs d'affichage des chaînes de caractères ASCII simples. On trouvera davantage d'explications dans la description de l'interface en ligne de commande (CLI) [2].

Quand la rotation est en cours, pour éviter un scintillement lorsqu'on remplit le tampon avec de nouvelles données, on utilise deux tampons : l'un est rempli pendant que l'autre sert à l'émission de l'image. Quand le premier est plein, on les permute en manipulant des pointeurs, ce qui est beaucoup plus rapide que l'opération de remplissage.

L'avantage de ce double tampon est qu'il rend le moment et la durée du traitement totalement indépendants de l'émission synchronisée. C'est le seul moyen pour obtenir des animations fluides.

Jeu de caractères

La police de caractères est stockée dans la mémoire flash. Chaque caractère se compose d'un octet d'information avec le nombre d'octets qui suivent et un drapeau « espace automatique ». Les octets suivants représentent les rangées de points qui doivent être successivement affichées dans le mode *rotation*. Quand toutes les rangées ont été affichées et que le drapeau « espace automatique » est levé, les données sont suivies d'une rangée vide, ce qui permet d'économiser un octet de données pour chaque caractère normal. Les icônes définies par l'utilisateur, comme celle de la pile, peuvent être définies sans espace automatique. Elles sont constituées de caractères ASCII non imprimables et peuvent être affichées par le logiciel de la même manière que les caractères de texte normaux.

Effets

Dans l'EEPROM se trouvent sept blocs de données (blocs de configuration) pour sept modes de fonctionnement, qui peuvent contenir des réglages universels (effet utilisé, lien vers du texte, autres paramètres comme des délais). Les LED et le bouton-poussoir permettent de choisir le bloc utilisé.

Le logiciel connaît sept effets différents, configurables par l'utilisateur par l'intermédiaire de l'interface en ligne de commande (CLI) :

- **EFFECT_STABLE** : affichage d'un texte statique, sans modification.
- **EFFECT_CHAR_WISE** : le texte croît d'une lettre à l'autre. Quand il est complet, le processus se répète.
- **EFFECT_WORD_WISE** : le texte est affiché mot par mot.
- **EFFECT_SCROLL_TEXT** : le texte se déplace de droite à gauche, d'une rangée à la fois.
- **EFFECT_ROTATIONS** : les tours sont comptés et affichés.
- **EFFECT_ROTATIONS_MAX** : le dernier comptage du nombre de tours et la valeur maximale depuis l'allumage sont affichés.
- **EFFECT_BATTERY** : l'état de charge des piles en pour cent ainsi que la tension sont affichés.

Il y a aussi sept emplacements de mémoire pour des textes jusqu'à 64 caractères de long. On peut associer à chacun de ces emplacements un effet de texte différent. On peut aussi configurer la synchronisation de certains effets. On trouvera des détails dans la description de l'interface en ligne de commande.

Dans un microcontrôleur fraîchement programmé, sans configuration stockée dans sa mémoire EEPROM, il existe quelques effets pré-réglés.

Mesure de la tension de la pile

Cette mesure est sous le contrôle du module `Batterie.c`. À chaque exécution de la boucle principale, la fonction `Battery_Update()` est appelée, elle effectue la mesure et le calcul de la capacité des piles. La tension des piles est mesurée toutes les 20 ms et passée à travers un filtre passe-bas. Cette valeur est mise à la disposition d'autres parties du programme dans la variable `battery_value`. La tension (avec deux décimales) et l'état de charge sont stockés dans `battery_voltage` et `battery_level`.

L'état de charge est déterminé à partir des deux valeurs définies : `BATTERY_FULL_VOLTAGE` (selon la feuille de caractéristiques Varta $2 \times 3 \text{ V} = 6 \text{ V}$) et `BATTERY_EMPTY_VOLTAGE` ($2 \times 2,6 \text{ V} = 5,2 \text{ V}$). Dans ce domaine, la décroissance de la tension est pratiquement linéaire.

Interface en ligne de commande

Les textes que doit afficher la toupie à main à POV sont saisis sur l'interface

en ligne de commande (CLI). Il y a sept modes d'affichage différents possibles. L'interface utilise le second UART de l'AT-

mega328PB, qui est connecté à l'intérieur du contrôleur aux mêmes broches que le port SPI. Pour charger le micrologiciel



LISTE DES COMPOSANTS

Résistances

(toutes 125 mW, 1%, CMS 0805)
R1,R10,R13 = 10 k Ω
R2 à R8 = 470 Ω
R9,R14 = 220 k Ω
R11 = 100 k Ω
R12 = 12k Ω
R15 = 1 k Ω

Condensateurs

(tous 10 %, X7R, CMS 0805)
C1,C5,C7 = 10 μ F, 10 V
C2,C3,C4,C6,C8,C9 = 100 nF, 50 V

Semi-conducteurs

IC1 = ATmega328PB-AU, TQFP32 (Atmel)
IC2 = LE33CD, régulateur LDO 3,3 V, 0,1 A (ST)
IC3 = TLE4905L (Infineon)
T1,T2 = FDN358P, SOT23 (ON semi)
T3 = BSS138
D1,D2 = BAV70, diode à double cathode, SOT23
LED1 à LED7 = LED bleue, CMS 0805

Divers

S1 = bouton-poussoir MC32882

K1 = embase mâle à 2x3 contacts, verticale, au pas de 2,54 mm
2 vis à tête plate M3x5 (pour l'équilibrage)
2 écrous M3 (pour l'équilibrage)
3 vis Parker à tête fraisée 2x10 (autotaraudeuses ?)
Bat1,Bat2 = CR2032 avec porte-pile (20 mm)
Circuit imprimé, réf. 170184-1

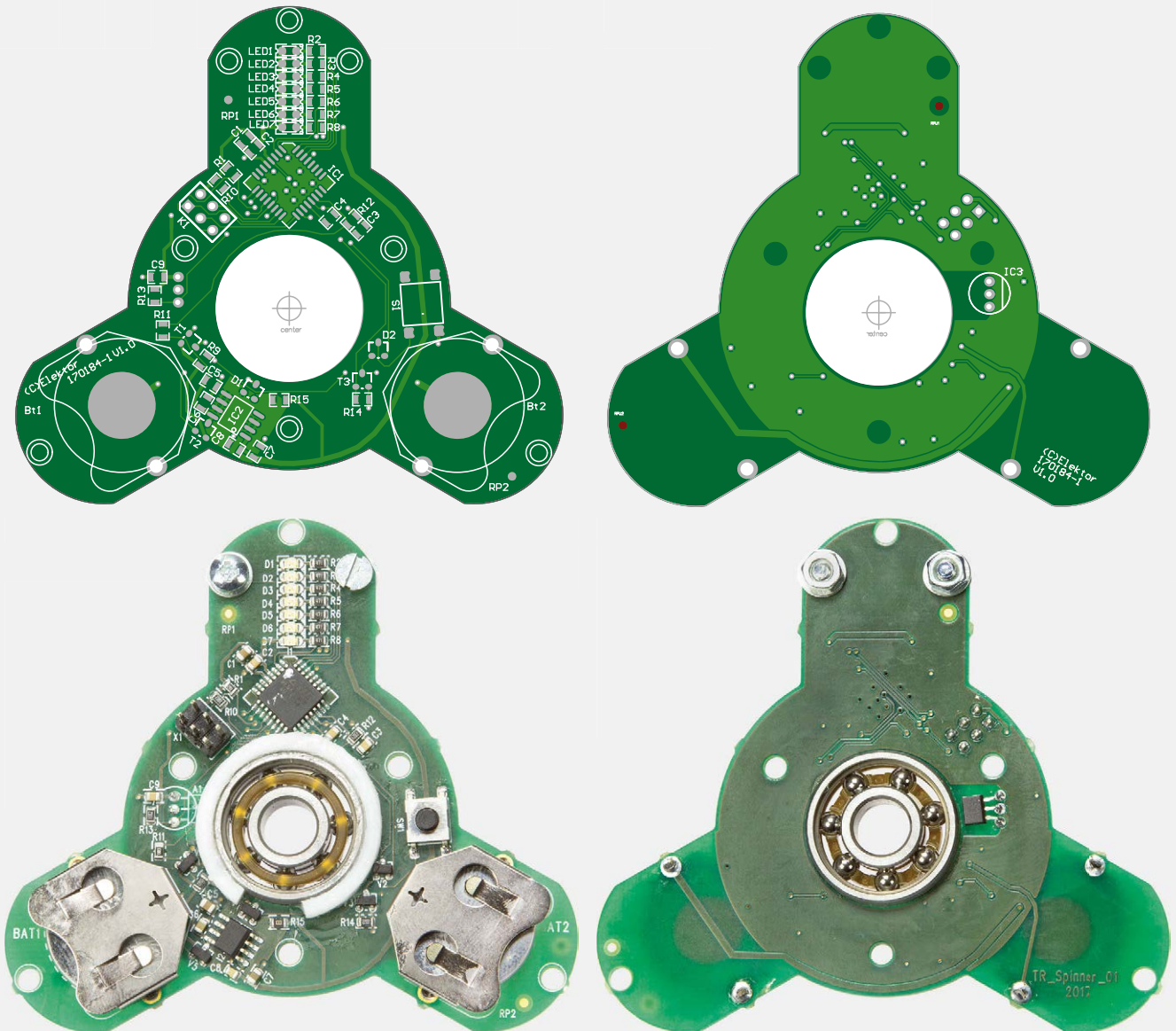


Figure 3. L'un des circuits imprimés les plus bizarres de mémoire d'Elektoriens est garni presque uniquement de CMS.

et communiquer avec le contrôleur, on peut donc utiliser le même connecteur. La communication sérielle pour le réglage des effets peut s'effectuer au moyen d'un BoB USB/série. Cette carte de liaison doit être pourvue d'un petit adaptateur présentant le même brochage que le programmeur ICP utilisé pour charger le micrologiciel (par exemple l'AVRISP mkII). Le convertisseur USB/série devrait fonctionner en 5 V. Il est conseillé d'ajouter deux résistances de protection de 1 kΩ en série dans les lignes Rx et Tx (**fig. 2**).

Terminal

Pour pouvoir communiquer avec la toupie à main à POV, on a besoin d'un émulateur de terminal sur le PC. Les paramètres de communication sont 19.200 bauds, 8 bits de données, 1 bit de stop, pas de parité. Il n'y a pas de protocole d'échange de données (*handshaking*).

Les données entrantes sont stockées dans un tampon linéaire d'une taille maximale de 80 caractères. Comme ce tampon ne peut pas déborder, les caractères excédentaires sont ignorés. À la réception d'un caractère de fin de ligne CR, on renvoie alors un message d'erreur. La toupie termine ses lignes par CR+LF, en réception elle peut s'accommoder de CR+LF ou simplement de CR, car elle ignore le caractère de saut de ligne LF. Après le raccordement du convertisseur, il suffit d'allumer la toupie pour activer la liaison avec le terminal. Le terminal affiche alors le message de démarrage ; tout est prêt pour la saisie de données. Pour la saisie de données, la temporisation est réglée sur 60 s au lieu de 10 s, pour que vous ayez assez de temps pour taper les données. Cette temporisation est bien entendu réarmée dès qu'on tape quelque chose.

Syntaxe de commande

Le CLI dispose d'un jeu de commandes simplifié. Une commande se compose normalement de trois caractères suivis d'une fin de ligne. Le premier caractère est la commande elle-même, le second son destinataire et le troisième l'indice d'un texte ou d'un paramétrage.

```
<c><d><i>[': '<p1>[': '<p2>[': '<p3>[': '<p4>]]]]
```

- <c> est la commande. On peut avoir 'R' (ou '?') pour lire, 'W' pour écrire ou 'C' pour effacer.
- <d> est le destinataire, qui peut

être 'T' pour un texte ou 'S' pour la mémoire de paramètres.

- <i> est l'indice numérique de l'élément choisi ou '*' pour tous. La plage valide dépend du destinataire.

La commande d'écriture est suivie d'un ':' avec un ou plusieurs paramètres, séparés eux aussi par un double point. Les apostrophes dans la ligne de syntaxe indiquent un caractère ASCII à saisir, les signes '<>' un paramètre et les crochets une partie optionnelle. Le type et le nombre de paramètres dépendent du destinataire. Une ligne vide provoque l'effacement de l'écran. Les commandes ne sont pas sensibles à la casse.

Destinataires

Il existe sept emplacements de mémoire pour l'enregistrement de textes et de réglages. Chaque texte peut compter jusqu'à 64 caractères. L'indice peut donc prendre les valeurs 1 à 7. Pour la lecture et l'effacement, l'indice peut prendre la valeur '*', de sorte que l'ensemble des textes peut être lu ou effacé.

Lors du traitement, la commande et la destination sont réunies en un seul octet, ce qui permet au programme d'appeler la fonction voulue au moyen d'un aiguillage simple *switch/case*.

Si un paramètre contient des caractères non imprimables, leur code ASCII peut être entouré des caractères '<>'. Ce nombre est alors interprété comme un code ASCII. Par exemple, <65> représente le code ASCII 65 (le caractère 'A' majuscule, qui serait bien entendu un caractère imprimable). Si le programme renvoie une réponse contenant des caractères non imprimables, ils sont entourés des mêmes crochets obliques. Si un texte contient un caractère '<', il doit être doublé et envoyé sous la forme '<<'. Quand elle a traité une commande correctement, la toupie renvoie 'OK'. S'il se produit une erreur, elle renvoie un message d'erreur commençant par un point d'exclamation, par exemple : '! SYNTAX ERROR'.

Description des commandes et des effets

Vous trouverez une description détaillée des commandes et des effets dans le dossier téléchargeable du projet.

Conception mécanique

La forme du circuit imprimé de la toupie à main à POV figure sans doute parmi les

plus étranges vues au cours des 40 ans de l'histoire d'Elektor (**fig. 3**). Les composants doivent naturellement être très petits. À l'exception du connecteur de programmation et des deux porte-piles dans deux des lobes de la toupie, le circuit imprimé ne comporte que des CMS sur sa face supérieure. Il faut reconnaître que les travaux de soudage ne sont pas faciles, mais au moins, on n'utilise aucun composant à matrice de billes (BGA) et autres joyusetés. Sur le lobe sans pile se trouvent sur une rangée les sept LED avec leurs résistances séries.

Sur la face inférieure, il n'y a qu'un seul composant, traversant celui-là : le petit capteur à effet Hall, qui doit être soigneusement positionné par rapport à l'aimant fixe pour permettre la détection de la rotation.

Pour le connecteur de programmation K1, utilisez une embase mâle dont les broches ne dépassent pas la hauteur du boîtier. En cas de doute, on peut utiliser une embase femelle, mais alors il faut modifier l'adaptateur du convertisseur USB/série en conséquence.

Êtes-vous intrigué par la présence de deux vis apparemment inutiles à côté des LED ? Elles ne sont là que pour équilibrer la toupie, pour qu'elle tourne rond sans s'agiter.

Le roulement à billes

C'est, bien entendu, la pièce maîtresse de la toupie. Vous pouvez le récupérer d'une vieille toupie chinoise, mais il est préférable d'en prendre un tout céramique ou un hybride avec un anneau extérieur en acier inox (100Cr6), une cage en nylon (TN) et des billes en céramique (Si₃N₄) : ces modèles peuvent tourner pendant au moins dix minutes. Et contrairement aux modèles bon marché, ils ne sont guère sensibles à l'humidité. Pour éviter que le roulement à billes ne soit obstrué par de la saleté, il devra avoir des joints d'étanchéité en acier des deux côtés (car les roulements de toupie tournent à sec et n'ont pas besoin d'être lubrifiés). Par bonheur, même si c'est difficile à croire, il n'existe qu'une seule dimension de roulements pour toupies : diamètre extérieur D = 22 mm, diamètre intérieur d = 8 mm, largeur B = 7 mm.

Préparation de l'impression 3D

Le boîtier de la toupie à main à POV se compose de cinq pièces (**fig. 4**) réalisées avec une imprimante 3D : le couvercle du boîtier, le fond du boîtier, les parties

inférieure et supérieure du bouton central et la bague d'appui du roulement à billes. Les fichiers d'impression au format *Stl* sont disponibles dans le dossier du projet téléchargeable sous [2]. On trouve sur l'internet un bon nombre de visionneuses *Stl* pour la visualisation en ligne des pièces, qui, comme [4], sont souvent associées à des services d'impression 3D. Cela peut être intéressant, même si vous possédez une imprimante 3D, car ces services proposent un large choix de matériaux d'impression et de couleurs et obtiennent des résultats sensiblement meilleurs qu'avec une imprimante semi-professionnelle (disons, d'amateur).

Il faut encore quatre vis à tête fraisée pour tout assembler. L'idéal ce sont des vis Parker autotaraudeuses de 2 mm de diamètre et 10 mm de longueur, difficiles à trouver, mais on peut se contenter de vis d'un diamètre de 2,2 mm et d'une longueur de 9 mm. On peut aussi utiliser des vis non autotaraudeuses, mais dans ce cas il faut faire un avant-perçage de la pièce opposée sur environ 1,3 mm. Il vous faut encore un aimant bille de 3 mm de diamètre (récupérable sur l'un de ces jouets magnétiques bon marché).

Collez la bague d'appui sur le roulement avec une colle instantanée. Le roulement et la bague doivent être posés parfaitement à plat. Avant de pouvoir coller le circuit imprimé, il faut enlever une petite portion de la bague pour qu'elle ne repose pas sur les composants. Il est indispensable de s'assurer qu'il est possible de coller précisément le circuit imprimé sur la bague d'un seul coup (**fig. 5**).

Au milieu de la moitié inférieure du bouton central, on perce un trou chanfreiné de 2 mm pour la vis. Au milieu de la moitié supérieure, on perce également un trou, mais de plus petit diamètre, de 1,5 mm. Enfoncez maintenant à force modérée l'aimant bille dans le trou de la partie inférieure (du côté interne). Selon la qualité de l'impression 3D, il sera peut-être nécessaire de retravailler les trous internes ou le trou pour le bouton central au cutter ou au papier de verre.

Et pourtant elle tourne...

Posez les deux pièces du bouton central sur le roulement et assemblez-les avec l'une des vis à tête fraisée. Posez le circuit imprimé dans la coquille supérieure du boîtier de sorte que le bouton-poussoir



Figure 4. Pièces du boîtier de la toupie, imprimées en 3D.

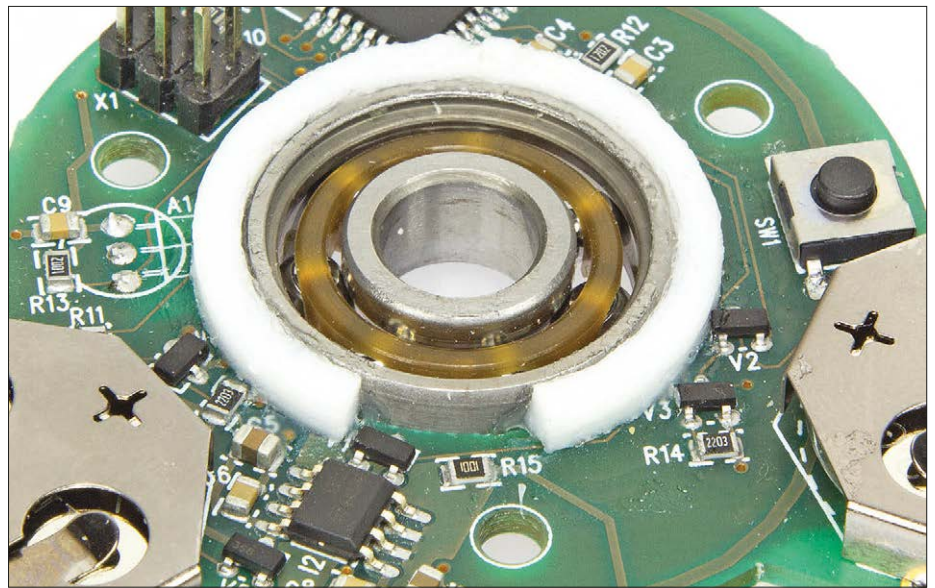


Figure 5. La bague d'appui doit être échancrée pour ne pas reposer sur les composants, mais uniquement sur le circuit imprimé.

apparaisse dans le trou du boîtier et que les LED soient visibles dans la fente du boîtier. Mettez en place la coquille inférieure et assemblez avec les trois vis.

La toupie à main POV est maintenant terminée. Tourne-t-elle bien ? Alors, amusez-vous bien ! ◀

(160595/170184 -

version française : Helmut Müller)

DANS L'E-CHOPPE

→ circuit imprimé nu
www.elektor.fr/fidget

→ microcontrôleur programmé
www.elektor.fr/fidget-pc

→ passerelle USB/série BoB-FT232R
www.elektor.fr/usb-serial

Liens

- [1] www.elektormagazine.fr/110553
- [2] www.elektormagazine.fr/160595
- [3] www.elektormagazine.fr/labs/pov-fidget-spinner
- [4] www.viewstl.com

concours de projets ESP32 de 2018

Trois mois pour trouver LA bonne idée de projet avec l'ESP32 d'Espressif Systems, la développer et ensuite écrire la documentation, c'est court. Un **grand merci** à tous ceux qui ont relevé ce défi et qui ont fait de ce concours un succès.

Grand gagnant : machine à cocktails connectée

de Mras2an

James, one Martini please, shaken and not stirred. Demandez à votre assistant personnel de préparer votre cocktail préféré. Lorsqu'il est prêt, prenez-le sur la machine.

Le jury a été particulièrement impressionné par la documentation complète et détaillée de ce projet.

Les descriptions de toutes les parties du projet, les schémas, la réalisation des circuits imprimés, la liste complète des pièces, le code source, la conception mécanique et les vidéos, tout était là.

Beau boulot !

<https://goo.gl/NrSKPF>

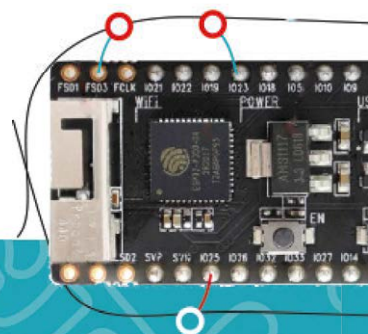


2^e prix : commande d'éclairage intelligente

de lavrukhin_oe

Ce savant mélange de modules ESP32 et ESP8266 et de chargeurs USB reconditionnés donne naissance à un système d'éclairage pour votre maison, à commande tactile ou par ordiphone. Le circuit est logé dans une boîte de jonction standard, ce qui permet de l'ajouter facilement et discrètement à un système existant.

<https://goo.gl/2QP6K9>



– les gagnants

3^e prix : thermomètre et thermostat Wi-Fi pour barbecue

de Dig Kleppe

C'est un passe-temps populaire, mais peu d'entre nous maîtrisent les subtilités du barbecue. C'est du passé : ce projet ajoute un contrôle précis de la température à votre barbecue. Clin d'œil à la cuisine : le circuit est installé dans une boîte de conservation des aliments. Bien joué !

<https://goo.gl/E4iyRP>



Félicitations du jury

4. Console de jeux à ESP32

de luni

<https://goo.gl/Ei7x82>



5. Mesure de débit urinaire pour tous !

de GreenEyedExplorer

<https://goo.gl/z3oVLT>



6. Convertisseur électromécanique décimal/binaire/hexadécimal

de Proto G

<https://goo.gl/KReZnF>

7. Stompbox numérique pour guitaristes

de ErichsStomper

<https://goo.gl/PMzG7J>

8. Radiomush, radiologie de champignons, 30 ans après Tchernobyl

de Volker

<https://goo.gl/kRRWxb>

9. Voltmètre numérique à ESP32

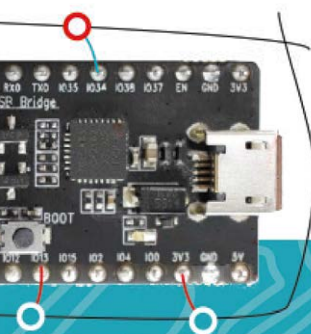
de Gustavo Murta

<https://goo.gl/nKwknV>

10. Station météo MQTT

de Waltermann_2010

<https://goo.gl/dmfhn8>



(160660)



SÉLECTION DANS L'E-CHOPPE

oscilloscope, endoscope et IdO

mesurer, inspecter et communiquer

Rédaction d'Elektor

Faisons un nouveau petit tour dans les rayons de notre boutique.

Sonde d'oscilloscope sans fil IkaScope WS200

Avec les équipements de mesure comme les oscilloscopes, les innovations sont rares et les réelles nouveautés peu nombreuses. Malgré tout, l'IkaScope de la société française Ikalogic – principalement connue pour ses analyseurs logiques – a des caractéristiques exclusives.

Un peu plus encombrante qu'un stylo, l'IkaScope pèse tout juste 60 g. Un capuchon protège la pointe de touche et la sonde communique en Wi-Fi avec un PC, une tablette ou un ordiphone. Il n'y a pas de bouton marche/arrêt ; à l'arrière, deux témoins LED et un connecteur micro-USB pour charger la batterie interne. La fine pointe en carbure de l'IkaScope sert d'interrupteur de mise en marche. Ikalogic a breveté ce système sous le nom *ProbeClick*, mais il ne s'agit que d'un interrupteur à poussoir monté à l'extrémité interne de la pointe.

Pour utiliser la sonde IkaScope, il suffit de la prendre bien en main et d'appuyer la pointe sur un point du circuit à mesurer ; elle s'enfonce alors légèrement. L'électronique de l'IkaScope se met en marche et la sonde cherche une liaison Wi-Fi vers un PC, une tablette ou un ordiphone auquel envoyer les mesures. Quand vous relevez la pointe, l'image se fige et est enregistrée. Le logiciel de mesure associé est disponible pour pratiquement tous les types d'ordinateurs courants : PC sous Windows, Linux ou MacOS, et tablettes/ordiphones sous Android ou iOS. L'interface utilisateur est pratiquement la même sur tous les systèmes. La trace mesurée occupe la plus grande partie de l'écran (fenêtre), comme il se doit avec un logiciel d'oscilloscope. Les boutons de contrôle habituels pour les fonctions de déclenchement, d'échelle et de base de temps sont situés sur le bord et en bas.

La vitesse d'échantillonnage de 200 Méch./s est assez élevée. La bande passante en entrée est de 30 à 50 MHz, selon l'atténuation.

La gamme de sensibilité de l'IkaScope est de 100 mV/div à 10 V/div. La mesure des très petits signaux est par conséquent problématique. La tension maximale d'entrée vaut ± 40 V, ce qui suffit pour la plupart des mesures.

L'IkaScope est une sonde novatrice, unique en son genre, mais sa conception est à l'origine de certains inconvénients. Le mode de fonctionnement est peu pratique pour faire des mesures



répétées au laboratoire. En déplacement, les techniciens SAV et les électroniciens qui ne souhaitent pas trop s'encombrer la plébisciteront certainement.

Endoscope PeakTech P5600

Quand on parle d'endoscope, c'est l'instrument destiné aux applications médicales qui vient immédiatement à l'esprit. Ici,



@ WWW.ELEKTOR.FR

→ Sonde d'oscilloscope sans fil IkaScope WS200
www.elektor.fr/ikascope-ws200

il s'agit plutôt d'un appareil pratique qui permet d'examiner des endroits difficiles d'accès grâce à un tube flexible et mince, doté d'une caméra intégrée. Ce qui fait tout de suite penser à la possibilité d'explorer des espaces quasiment inaccessibles autour du moteur d'une voiture ou d'inspecter le tuyau d'alimentation d'une machine à laver. Cet appareil n'a pas été spécifiquement conçu pour l'électronique, mais il concerne tous ceux qui souhaitent lever les mystères de recoins difficiles d'accès. L'endoscope PeakTech P5600 est constitué d'un appareil de base, sous la forme d'une poignée-pistolet surmontée d'un moniteur LCD TFT, et raccordée à un tube flexible de 1 m de long muni d'une petite caméra. L'ensemble est livré dans une mallette en matière plastique avec quelques accessoires : piles, câbles de raccordement, carte micro-SD et pièces d'appoint pour la caméra.

Montée à l'extrémité du tube, la caméra possède une résolution de 640×480 pixels. L'objectif offre un angle de visualisation d'ouverture raisonnable d'environ 60°. Autour de lui, sont montées six LED blanches, activables à partir de la poignée, avec un réglage continu de la luminosité. L'extrémité du tube qui abrite la caméra à une épaisseur de 8,2 mm, contre 7 mm pour le reste du tube. Vous avez donc accès à des espaces et des ouvertures de dimensions raisonnablement réduites. Le tube est étanche à l'eau (niveau de protection IP67, submersion dans l'eau possible jusqu'à 1 m de profondeur). La mise au point de l'optique commence à une distance d'environ 3 cm.



Le moniteur TFT (3,5 pouces, résolution : 320×240 pixels) est incorporé dans un boîtier séparé, assorti à l'arrière d'un certain nombre de contacts. Ce boîtier est solidarisé, avant utilisation, avec la poignée-pistolet.

Avec une certaine habitude, l'opération est facile à maîtriser et la qualité de l'image acceptable. Il est cependant fort dommage que la résolution du moniteur soit si faible, car la qualité d'image est assez élémentaire. La caméra fonctionne cependant très bien. Même en faible luminosité, elle produit des images correctes, bien que du bruit parasite commence à devenir visible. Le résultat est bien sûr meilleur lorsque les LED sont allumées.

Il m'a semblé que la longueur du tube (1 m) était plus que suffisante pour pratiquement toutes les situations. Cette longueur est considérable et nécessite une attention particulière pour plier le tube à la forme souhaitée et le déplacer en synchronisme avec la poignée. Au début, vous risquez facilement de dépasser l'objet que vous essayez d'inspecter. L'opération nécessite un peu d'expérience. Pour ceux qui souhaitent réellement intervenir à plus grande distance avec cet endoscope, il existe un autre tube de caméra d'une longueur de 2 m. Ce qui devrait être suffisant pour la plupart des applications. Enfin, un petit conseil pour les utilisateurs intéressés : utilisez des piles alcalines de bonne qualité, car l'appareil consomme en permanence près de 350 à 400 mA, LED éteintes.

Proposé par PeakTech, cet endoscope est un appareil comode, adapté à de nombreuses opérations, et pas seulement dans le domaine de l'électronique.

Kit IoT de Dragino

La bataille qui se joue entre les technologies de communication LoRa, LTE-M, NarrowBand-IoT (NB-IoT) et Sigfox (par ordre alphabétique) pour devenir la référence de l'Internet des objets (IdO - *Internet of Things* - IoT en anglais) entraîne la prolifération, sur le marché, d'innombrables modules radio très peu coûteux. L'intérêt de ces modules et technologies est qu'ils sont conçus pour un fonctionnement à (relativement) longue distance, ce qui est difficile avec les interfaces Wi-Fi or Bluetooth.

L'Internet des Objets repose sur une idée simple : les objets (nœuds périphériques) émettent des données, au travers d'une passerelle, vers un service (cloud) à partir duquel elles sont diffusées auprès de ceux qui les utilisent. Bien que le concept soit astucieux, il est trop complexe pour la plupart des applications. Dans de nombreux cas, une ou plusieurs connexions P2P (pair à pair) suffisent amplement. Parmi les technologies citées, seule LoRa permet la communication P2P (en cours de développement sur LTE-Direct). De plus, LoRa ne nécessite aucun abonnement, d'où son attractivité pour les passionnés d'électronique.

Le kit IoT de Dragino est un outil idéal pour commencer à explorer le cloud ou créer un réseau privé en technologie LoRa. Il contient une passerelle LoRa LG01-P, deux shields (cartes d'extension) LoRa Arduino pour créer des nœuds LoRa, et tout un ensemble de capteurs et d'actionneurs (capteur de flamme, relais, capteur photosensible, buzzer, transducteur à ultrasons, capteur de température et d'humidité).

La passerelle peut dialoguer avec le cloud (ThingSpeak, par ex.) ou jouer le rôle d'un point d'accès pour les nœuds LoRa, ce qui leur permet d'échanger les uns avec les autres dans un réseau maillé. Le kit IoT proposé dans l'e-choppe d'Elektor est la version 868 MHz.

Dragino propose une gamme de produits intéressante qui permettra aux passionnés de l'Internet des objets d'expérimenter les réseaux LoRa. Que vous soyez à la recherche de modules professionnels, étanches et à l'épreuve des intempéries, de passerelles LoRa particulièrement soignées, ou plutôt passionné d'installations Arduino plus rustiques et d'engins « maison » incorporant un Raspberry Pi, Dragino a une solution pour chacun et pour toutes les applications. ◀

(160689)



@ WWW.ELEKTOR.FR

→ Endoscope PeakTech P5600
www.elektor.fr/peaktech-5600

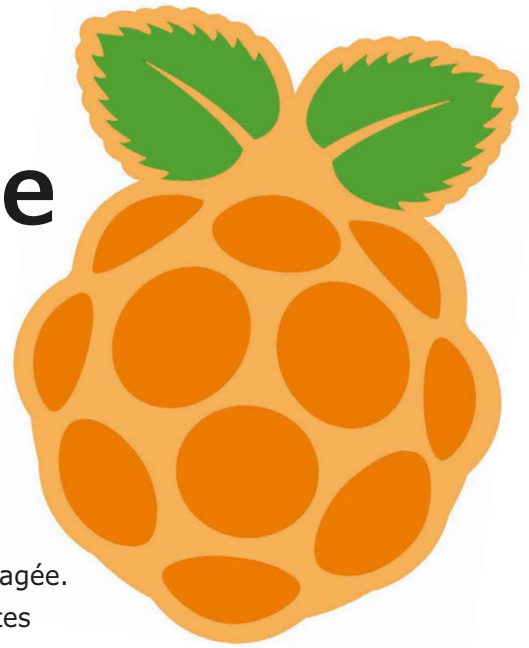


@ WWW.ELEKTOR.FR

→ kit IoT de Dragino (version 868 MHz version)
www.elektor.fr/lora-iot-devkit

framboise aromatisée à l'orange

économique, pratique, bonne !



Tam Hanna

Le nano-ordinateur Raspberry Pi est parfois cher pour l'application envisagée. La famille Orange Pi fabriquée en Chine comprend des douzaines de cartes alternatives qui, du point de vue du prix et de la puissance de calcul, sont plus attrayantes. Cet article présente l'un des membres de la famille : la carte Orange Pi Lite.

La *Raspberry Pi Foundation* d'Eben Upton a longtemps accaparé le marché amateur de l'ordinateur monocarte : le processeur, très bon marché, car issu des fonds de tiroir de Nokia, a permis au dirigeant de Broadcom de concevoir un ordinateur qu'au début, il a été difficile de concurrencer.

Un vieux dicton prétend que « tôt ou tard, à toute situation, des Chinois viendra la solution ». La société Allwinner, fabricant chinois de processeurs, ne pouvait évidemment pas tolérer la marche triomphale de son concurrent Broadcom sans réagir : sa réponse fut l'Orange Pi, apparu en 2014. Entretemps, la famille s'est considérablement agrandie : on trouve plus d'une douzaine de modèles différents sur AliExpress.

Quand on s'intéresse à l'électronique, on cherche toujours à obtenir le meilleur coût pour la plus grande puissance de calcul. La famille Orange Pi [1] de Shenzhen Xunlong est intéressante pour tous ceux qui veulent gérer du matériel avec un ordinateur Linux et qui peuvent se contenter de la puissance d'une carte de

la classe d'un Raspberry Pi. Les cartes chinoises plairont à tous ceux qui accordent de l'importance à une bonne connectivité aux réseaux sans fil. D'autres préféreront une alternative au RPi parce qu'ils apprécient modérément l'agitation politique de la Fondation Raspberry Pi.

Disponibilité

Bien que les ordinateurs Orange Pi soient aujourd'hui disponibles chez l'un ou l'autre revendeur, le vrai connaisseur achète ses cartes directement en Chine chez le fabricant. AliExpress sert de distributeur ; Shenzhen Xunlong propose aussi sur ce site web des kits comprenant des accessoires divers.

Se pose la question de savoir quelles cartes vont intéresser quels utilisateurs. Le schéma de la **figure 1** montre la répartition des différentes cartes Orange Pi. On remarque qu'à l'exception de la famille Zéro, une bonne partie, dont le brochage est représenté sur la **figure 2**, est grosso modo compatible avec le RPi (voir

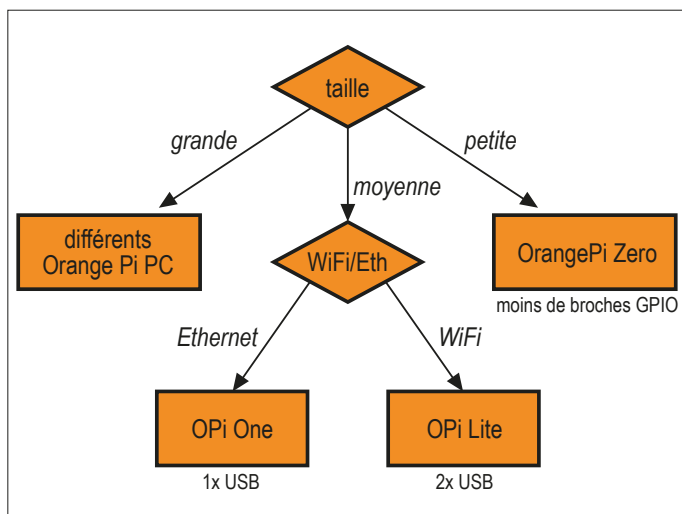


Fig. 1. Une présentation ordonnée de la famille.

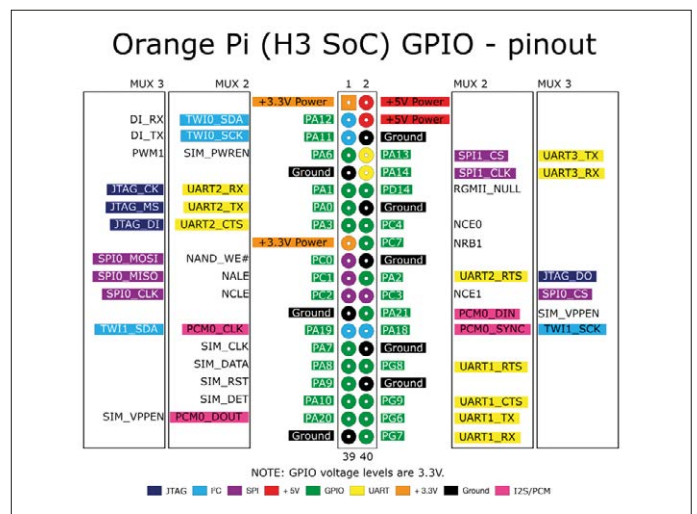


Fig. 2. L'assignation des 40 broches du connecteur rappelle pour partie celle du RPi (source : www.orangepi.org).

aussi la **figure 3**). Dans ce qui suit, nous nous intéresserons au nano-ordinateur Orange Pi Lite. Avec ses 28,8 g, il est plus léger que le RPi 3, environ douze dollars moins cher, mais comprend néanmoins deux ports USB et une antenne Wi-Fi. L'Orange Pi One ne présente, au lieu du Wi-Fi et des deux ports USB, qu'un seul port USB, mais y ajoute un port Ethernet, et il est encore moins cher (neuf dollars environ).

Configuration

Il y a une chose qu'on doit reconnaître à la Fondation Raspberry Pi : si vous achetez l'un de leurs ordinateurs, vous êtes paré du point de vue du logiciel et de l'écosystème. Un RPi peut s'alimenter avec n'importe quel chargeur micro-USB, ce qui simplifie considérablement la mise en service.

Assez curieusement, l'Orange Pi Lite présente également un connecteur micro-USB, mais qui est inutilisable pour l'alimenter du fait de la présence d'un composant intermédiaire (voir aussi [2]). L'alimentation s'effectue par un connecteur femelle ou bien les broches 2, 4 et 6 auxquelles sont connectés le +5V (broches 2 et 4) et la masse (broche 6). Ce « point faible » vaut pour toute la famille Orange Pi : si l'on tient absolument à alimenter son nano-ordinateur par une prise micro-USB, il faut renoncer aux produits de Shenzhen Xunlong.

Le problème suivant concerne le logiciel : les images système disponibles sous [3] ne sont guère plus que de la poudre aux yeux. Les liens ne fonctionnent parfois pas du tout et les fichiers qu'on parvient à télécharger ne bénéficient que d'une maintenance médiocre.

Dans la communauté des utilisateurs de l'Orange Pi, le projet Armbian est devenu une norme de fait. On peut le télécharger sous [4]. Notez que, pour l'Orange Pi Lite, il en existe une version Ubuntu et une version Debian. Les différences entre ces deux versions sont minimes, mais elles se manifestent tôt ou tard et exigent un complément de test.

Téléchargez l'image Debian [4B] et gravez-la sur une carte SD de taille suffisante. Branchez l'écran HDMI, la souris et le clavier sur le nano-ordinateur, puis l'alimentation. Ne soyez pas surpris que le démarrage dure jusqu'à une minute entière ; les ordinateurs Orange Pi prennent leur temps avant d'allumer leur écran.

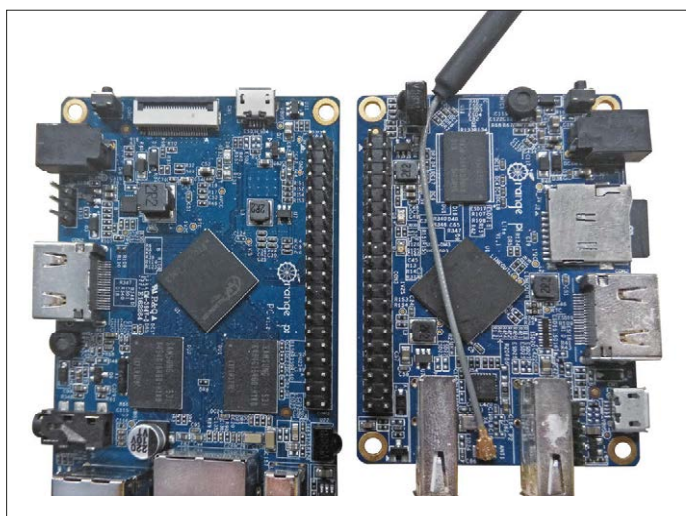


Fig. 3. Attention : la disposition du connecteur varie d'une carte à l'autre !

Android à bord

La mémoire flash embarquée de l'Orange Pi PC Plus contient une version chinoise d'Android qui, selon certaines rumeurs, ne serait guère qu'à moitié utilisable.

C'est Linux !

Les images Armbian sont des systèmes informatiques classiques : au premier démarrage, on se trouve face à un écran de demande de connexion. Les paramètres corrects diffèrent d'une image à l'autre : pour l'Orange Pi Lite, il faut saisir `root` et `1234`.

À la première connexion, le système demande de changer le mot de passe par sécurité puis lance un assistant de configuration. La saisie du nom de l'utilisateur est obligatoire, les autres rubriques peuvent être ignorées par pression répétée sur la touche Entrée. Après ce travail, l'ordinateur redémarre et on se retrouve face à l'interface graphique d'Armbian (**fig. 4**).

Armbian est Debian : cette distribution Linux très ancienne est aussi la base de Raspbian, le système du Raspberry Pi. Il s'ensuit que le RPi et l'Orange Pi sont plus ou moins compatibles au niveau applicatif. La première petite différence apparaît dans la gestion du matériel. Alors que le RPi s'appuie sur la bibliothèque *Wiring Pi*, la société Shenzhen Xunlong utilise *WiringOP*.

Avant le premier emploi, la bibliothèque doit être téléchargée et compilée, ce qui, dans l'idéal, demande la séquence de commandes suivante :

```
cd ~
mkdir opigpiolib
git clone https://github.com/zhaolei/WiringOP.git -b h3
cd WiringOP
chmod +x ./build
sudo ./build
```

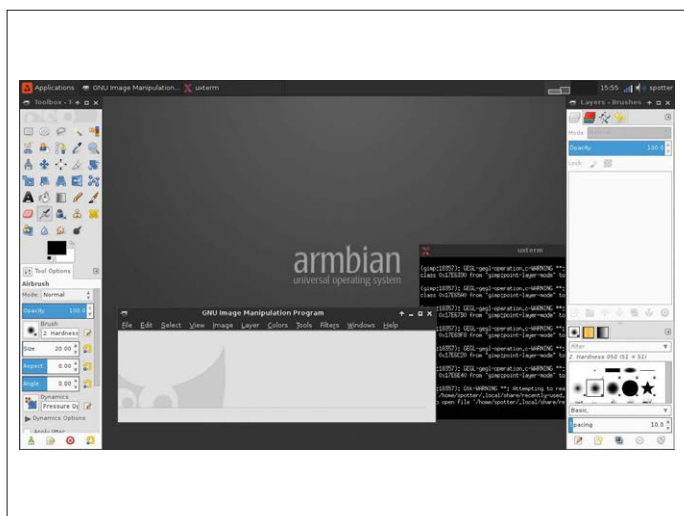


Fig. 4. Ça ressemble au Linux standard.

```
$ gpio readall
```

Orange Pi										
BCM	wPi	Name	Mode	V	Physical	V	Mode	Name	wPi	BCM
		3.3v			1	2		5v		
17	8	SDA_0	ALT5	0	3	4		5v		
11	9	SCL_0	ALT5	0	5	6		0v		
6	7	GPIO_7	ALT3	0	7	8	0	ALT3	TxD3	15 13
		0v			9	10	0	ALT3	RxD3	16 14
1	0	RxD2	ALT3	0	11	12	0	ALT3	GPIO_1	1 110
0	2	TxD2	ALT3	0	13	14		0v		
3	3	CTS2	IN	0	15	16	0	ALT3	GPIO_4	4 68
		3.3v			17	18	0	ALT3	GPIO_5	5 71
64	12	MOSI	IN	0	19	20		0v		
65	13	MISO	IN	0	21	22	0	ALT3	RTS2	6 2
66	14	SCLK	IN	0	23	24	0	ALT4	CE0	10 67
		0v			25	26	0	ALT3	GPIO_11	11 21
19	30	SDA_1	ALT4	0	27	28	0	ALT4	SCL_1	31 18
7	21	GPIO_21	ALT3	0	29	30		0v		
8	22	GPIO_22	OUT	0	31	32	0	ALT3	RTS1	26 200
9	23	GPIO_23	OUT	1	33	34		0v		
10	24	GPIO_24	OUT	0	35	36	0	ALT3	CTS1	27 201
20	25	GPIO_25	OUT	0	37	38	0	ALT3	TxD1	28 198
		0v			39	40	0	ALT3	RxD1	29 199

```
BCM wPi Name Mode V Physical V Mode Name wPi BCM
Orange Pi
```

Fig. 5. L'assignation des broches GPIO est assez complexe.

Pour le pas suivant, vous pouvez utiliser un petit programme de démonstration qui produit un signal carré sur l'une des broches de sortie GPIO. Pour cela, créez un nouveau fichier appelé `main.c` avec le contenu suivant :

```
#include <wiringPi.h>
int main (void) {
    wiringPiSetup ();
    pinMode (0, OUTPUT) ;
    for (;;) {
        digitalWrite (0, HIGH) ;
        digitalWrite (0, LOW) ;
        digitalWrite (0, HIGH) ;
        digitalWrite (0, LOW) ;
    }
    return 0 ;
}
```

La compilation s'effectue plus ou moins comme d'habitude sur le RPi :

```
$ gcc -Wall main.c -lwiringPi
$ sudo ./a.out
```

Pour certaines versions de l'Orange Pi, la compilation produit des erreurs qui indiquent l'absence de la bibliothèque `pthread` :

```
$ gcc -Wall main.c -lwiringPi
//usr/local/lib/libwiringPi.so: undefined reference
to `pthread_join'
```

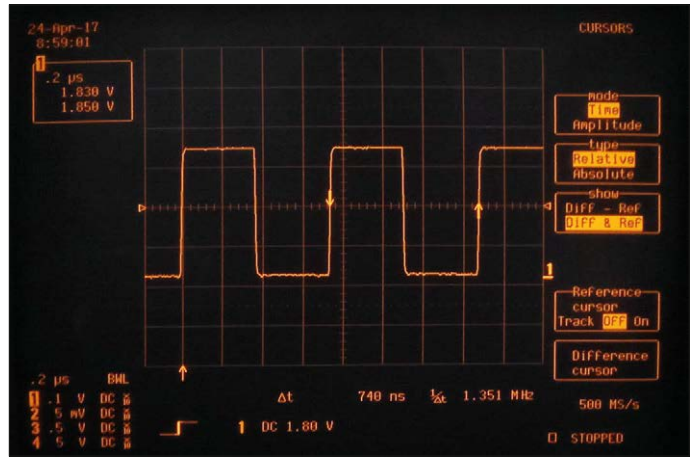


Fig. 6. Ces créneaux semblent tout à fait utilisables.

```
//usr/local/lib/libwiringPi.so: undefined reference
to `pthread_create'
//usr/local/lib/libwiringPi.so: undefined reference
to `pthread_cancel'
collect2: error: ld returned 1 exit status
```

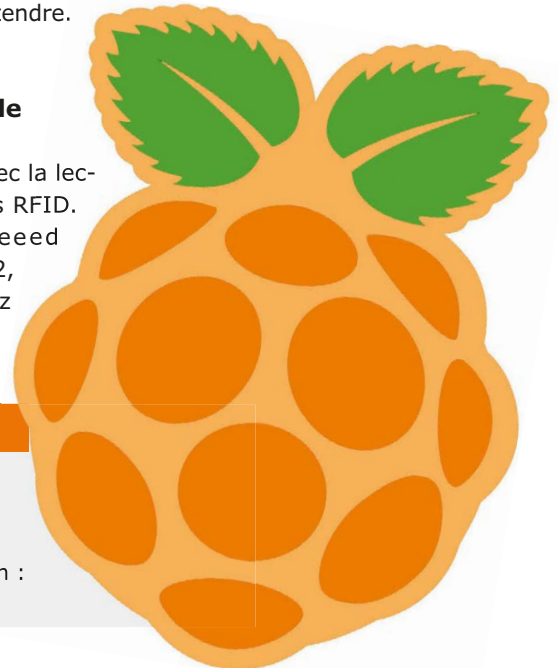
Il s'agit habituellement là d'une erreur de configuration du compilateur GCC, qui n'inclut pas automatiquement `pthread`. Pour la corriger, il suffit d'ajouter un paramètre à la commande de compilation :

```
$ gcc -Wall main.c -lwiringPi -pthread
$
```

Dans le cas idéal, l'identification des différentes broches du connecteur GPIO s'obtient au moyen de la commande `gpio readall`. Pour simplifier, la **figure 5** présente un exemple de ce qui s'affiche pour un Orange PC Plus à 40 broches. Cela fait, nous pouvons maintenant connecter l'ordinateur à notre attelage habituel : l'analyseur de domaine de modulation et l'oscilloscope à mémoire numérique. Les **figures 6 et 7** montrent ce à quoi vous pouvez vous attendre.

L'activation de l'UART

Poursuivons avec la lecture de badges RFID. Le module Seed 713-113020002, disponible chez



Difficultés alimentaires

Les cartes orange Pi sont très sensibles à une tension d'alimentation trop faible : outre des plantages lorsqu'on active l'interface graphique, on observe des erreurs de lecture de la carte SD. Si vous avez des problèmes au démarrage d'un nouvel ordinateur, commencez par vérifier la chute de tension dans le câble d'alimentation : ces ordinateurs s'autorisent jusqu'à 800 mA !

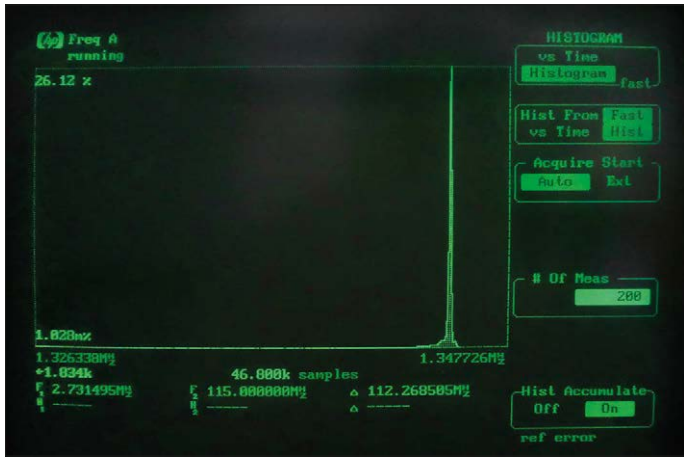


Fig. 7. Même la stabilité n'offre guère de prise à la critique.

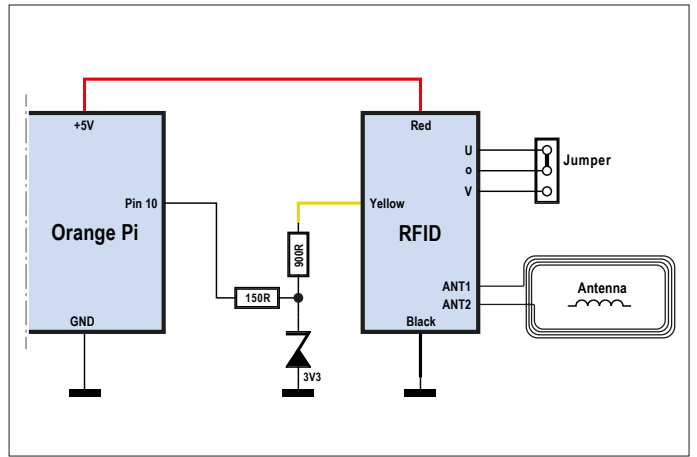


Fig. 8. Un adaptateur de niveau de tension est absolument indispensable.

Mouser pour douze dollars environ, y compris son antenne, est tout à fait ce qu'il nous faut pour nos premiers pas dans le monde de la technologie 125 kHz, vu la modestie de l'environnement matériel nécessaire. Du point de vue électronique, la **figure 8** montre tout ce dont on a besoin : alors que le RPi tolère le 5 V jusqu'à un certain point, l'Orange Pi exige dans tous les cas une adaptation de niveau (pas très compliquée).

Pour la configuration matérielle de ses systèmes sur une puce (SoC), Allwinner utilise un fichier binaire chargé par le noyau au cours du démarrage et qui, outre les régulateurs de tension et les horloges, sert à configurer divers autres sous-systèmes. L'UART utilisé par notre programme de démo n'est normalement pas accessible comme le montre l'examen de l'arborescence des périphériques (sous `/dev`), qui n'affiche pour l'instant qu'un seul UART (`ttyS0`) :

```
$ ls -l
...
crw--w---- 1 root tty      4,   9 Apr 12 06:07 tty9
crw--w---- 1 root tty    251,  0 Apr 12 06:08 ttyS0
crw----- 1 root root    248,  0 Apr 12 06:07 tv
```

Pour régler ce problème, il faut commencer par modifier le fichier de configuration lu par le matériel au cours de la phase de démarrage. Les scripts utilisés par les différents modèles d'ordinateurs se trouvent sur la carte SD dans le répertoire `/boot/bin`. Pour Armbian, on a le contenu suivant :

```
$ ls
aw-som-a20.bin      bananapiproLCD7.bin  lime-a10-lcd.bin  nanopiair.bin      orangepilite.bin   pcduino2.bin
bananapi.bin        beelinkx2.bin        lime-a10.bin      nanopim1.bin       orangepione.bin    pcduino3.bin
bananapilcd7.bin   cubieboard.bin       lime-a33.bin      nanopim1plus.bin   orangepipc.bin     pcduino3nano.bin
bananapim1plus.bin cubieboard2.bin      lime.bin          nanopineo.bin      orangepicplus.bin  orangepicplus.bin
bananapim1plusLCD7.bin cubieboard2dual.bin lime2-emmc.bin    olinux-som-a13.bin orangepiplus.bin   orangepiplus2e.bin
bananapim2plus.bin cubietruck.bin       lime2.bin         orangepi.bin       orangepiplus2e.bin
bananapipro.bin    lamobo-r1.bin        micro.bin         orangepi2.bin      orangepizero.bin
```

Le fichier réellement utilisé pour le démarrage se trouve en fait un niveau plus haut et s'appelle `script.bin`. Mais il s'agit là d'un lien logique, traduit par la commande `realpath` :

```
$ pwd
/boot
$ realpath script.bin
/boot/bin/orangepicplus.bin
```

Les fichiers de configuration correspondants peuvent exister sous deux formes : outre la version binaire utilisée par l'ordinateur, il y a le fichier `.fex`, lisible par l'homme.

Pour convertir le fichier binaire, ici nommé `/boot/bin/orangepicplus.bin`, comme on vient juste de le découvrir, on utilise la commande suivante :

```
$ sudo bin2fex orangepicplus.bin orangepicplus.fex
[sudo] password for spotter: . . .
fexc-bin: orangepicplus.bin: version: 1.2
fexc-bin: orangepicplus.bin: size: 36392 (84
sections), header value: 36392
```

La structure des fichiers `.fex` rappelle celle des fichiers `.ini`, qui est documentée en détail sous [5]. Pour l'instant, le seul passage qui nous intéresse est celui qui configure l'UART associé au lecteur RFID. Éditez ce paragraphe pour le rendre identique à ce qui suit :

Listage 1. Lecture d'un badge au moyen de l'UART.

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <errno.h>

#include <wiringPi.h>
#include <wiringSerial.h>

int main ()
{
    int fd ;
    int count ;
    unsigned int nextTime ;

    if ((fd = serialOpen ("/dev/ttyS3", 9600)) < 0)
    {
        fprintf (stderr, "Unable to open serial device: %s\n", strerror (errno)) ;
        return 1 ;
    }

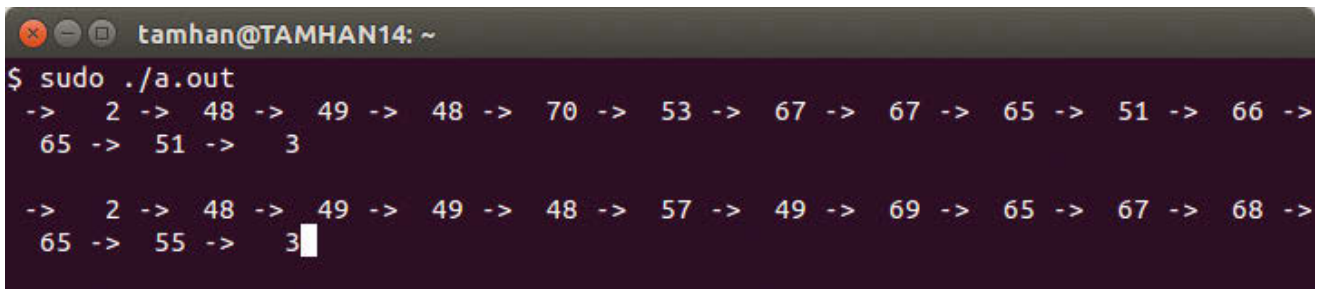
    if (wiringPiSetup () == -1)
    {
        fprintf (stdout, "Unable to start wiringPi: %s\n", strerror (errno)) ;
        return 1 ;
    }

    nextTime = millis () + 300 ;

    for (count = 0 ; count < 256 ; )
    {
        delay (3) ;

        while (serialDataAvail (fd))
        {
            printf (" -> %3d", serialGetchar (fd)) ;
            fflush (stdout) ;
        }
    }

    printf ("\n") ;
    return 0 ;
}
```



```
tamhan@TAMHAN14: ~
$ sudo ./a.out
-> 2 -> 48 -> 49 -> 48 -> 70 -> 53 -> 67 -> 67 -> 65 -> 51 -> 66 ->
65 -> 51 -> 3

-> 2 -> 48 -> 49 -> 49 -> 48 -> 57 -> 49 -> 69 -> 65 -> 67 -> 68 ->
65 -> 55 -> 3
```

Fig. 9. Deux badges différents ont été reconnus correctement. Après chaque processus de lecture, appuyez sur Entrée pour retourner en début de ligne de commande.


```
[uart3]
uart_used = 1
uart_port = 3
uart_type = 4
uart_tx = port:PA13<3><1><default><default>
uart_rx = port:PA14<3><1><default><default>
uart_rts = port:PA15<3><1><default><default>
uart_cts = port:PA16<3><1><default><default>
```

À titre de comparaison, voici le code qui décrit un UART désactivé :

```
[uart2]
uart_used = 0
uart_port = 2
. . .
```

Le seul enregistrement des modifications du fichier `.fex` ne change en rien le comportement de l'ordinateur, même après un redémarrage obligatoire. Encore faut-il reconverter le fichier `.fex` en un fichier `.bin`, ce qui s'effectue au moyen de la commande `fex2bin` :

```
$ sudo fex2bin orangepipcplus.fex orangepipcplus.
  bin
```

Après un redémarrage, le nouveau port série apparaît dans l'arborescence des périphériques sous `/dev` :

```
crw--w---- 1 root tty      251,   0 Apr 24 13:34
  ttyS0
crw-rw---- 1 root dialout 251,   3 Apr 24 13:34
  ttyS3
crw----- 1 root root    248,   0 Apr 24 13:34 tv
```

Lecture des badges RFID

L'activation et la configuration d'un UART ne représente qu'une petite partie des options. Un problème classique est le choix de la fréquence de l'horloge pour obtenir un compromis satisfaisant entre la puissance de calcul et la consommation électrique. On trouvera des compléments d'information sur les forums ; occupons-nous de la lecture des données RFID.

Au lecteur de badge, il faut associer un programme qui récupère les données sérielles fournies par l'UART. La première tâche de ce programme est d'ouvrir un accès vers l'UART, voir la première partie du **listage 1** [6].

Ensuite, il faut lire les informations reçues. Étant donné l'importance croissante du RFID, l'auteur propose une petite digression. Il existe deux types de lecteurs. Le premier, auquel appartient notre lecteur, lit les informations du badge et les envoie en flux sériel continu vers le destinataire.

Le second groupe est basé sur le protocole Wiegand qui utilise deux lignes de données pour transmettre des impulsions. Ce protocole fait l'affaire des vieux routiers de l'informatique, car, pour des raisons historiques, il est limité à 26, voire 34 bits (!) et est increvable. La plupart des lecteurs RF sont proposés pour l'un et l'autre protocole, mais l'auteur a une préférence pour le modèle UART.

Attention : collisions !

Quand plusieurs programmes accèdent simultanément au même bus sériel, il peut se produire des collisions. D'expérience, on sait qu'elles ne sont pas détectées par le système d'exploitation : les clients récupèrent alors une « salade de données ».

Pour des raisons de commodité, notre programme (**listage 1**) lit les octets un à un pour les afficher sur la ligne de commande. Tout est alors prêt pour un premier test. Connectez le lecteur de badge au nano-ordinateur, compilez le programme comme d'habitude et présentez un badge devant la bobine rouge. L'affichage sur la ligne de commande devrait ressembler à ce que montre la **figure 9**.

En faire plus

Comme on a pu le constater, l'Orange Pi est un ordinateur à base de Linux. Il en découle que les divers protocoles, tels que I²C et SPI se comportent à peu près comme on en a l'habitude avec le RPi et compagnie.

En examinant de plus près les interfaces de programmation (API) de l'I²C ou du SPI (ou en utilisant la bibliothèque *WiringOP*), on pourra facilement connecter des périphériques divers. Outre les afficheurs, les capteurs les plus variés sont disponibles.

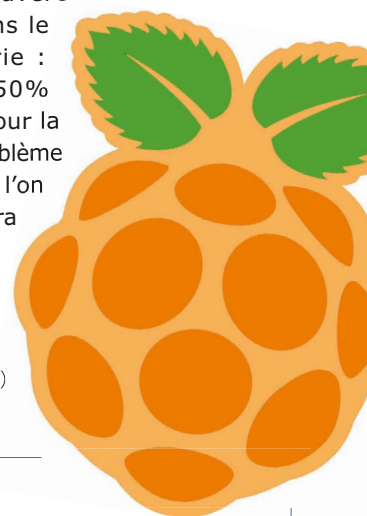
Conclusion

Quand le premier Orange Pi a vu le jour, beaucoup doutèrent des chances de survie de l'entreprise. Trois ans plus tard, Shenzhen Xunlong est toujours en activité et a même mis sur le marché bon nombre de nouveaux modèles. De plus, pratiquement tous les modules proposés jusqu'ici sont toujours disponibles.

L'utilisation d'un Orange Pi s'avère particulièrement payante dans le cas d'une production en série : une diminution du coût de 50% n'est certes pas négligeable. Pour la production à l'unité se pose le problème des coûts de développement ; si l'on n'est pas un expert Linux, on sera plus à l'aise avec le RPi, car sa communauté d'utilisateurs est bien plus vaste. ◀

(160456 -

version française : Helmut Müller)



Liens

- [1] www.orangepi.org
- [2] www.youtube.com/watch?v=4zICevDOhr8
- [3] www.orangepi.org/downloadresources/
- [4] www.armbian.com/download
- [4B] <https://dl.armbian.com/orangepilite/>
- [5] http://linux-sunxi.org/Fex_Guide
- [6] www.elektormagazine.fr/160456

modulations numériques : le BA-B.A.

GMSK, OQPSK, QAM, OFDM & C^{ie}

Robert Lacoste (Chaville)

Dans les années 80, j'étais plus que fier de mon superbe Apple II et de son vélocé processeur 6502 à 1 MHz. Afin de communiquer avec les premiers BBS (*bulletin board systems*), j'ai vite cassé ma tirelire pour lui offrir un modem : échanger des données via une simple ligne téléphonique était tout simplement magique ! Le débit était, euh, de 300 bits par seconde et mes parents ont un peu tiqué devant la première facture téléphonique, mais c'était fantastique pour l'époque. Avançons de quelques années : notre box ADSL utilise toujours à peu près la même paire de cuivre, mais à une vitesse de quelques dizaines de mégabits par seconde (Mbps)... De même, plus personne ne s'étonne devant les débits faramineux possibles avec un simple smartphone 4G.

D'où proviennent ces améliorations fulgurantes ? Elles sont en partie liées à la loi de Moore et à l'avancée des performances des composants, mais surtout aux progrès réalisés par les mathématiciens et les ingénieurs spécialistes

du traitement de signal. Grâce à eux, nous pouvons passer par les mêmes « tuyaux » de communication, mais de manière beaucoup plus efficace. Comment ? En employant des techniques de codage, de modulation et de démo-

dulation avancées. Avez-vous déjà rencontré des acronymes comme GMSK, OQPSK, QAM ou OFDM ? Savez-vous ce qu'ils veulent dire ? Savez-vous comment fonctionnent les systèmes de correction d'erreurs ? Non, alors soyez

Tableau. Vue d'ensemble des modulations.

OOK	<i>On-Off Keying</i>	modulation d'amplitude (AM) à 0% ou 100%
ASK	<i>Amplitude Shift Keying</i>	variante d'OOK multiniveau
FSK	<i>Frequency Shift Keying</i>	modulation par déplacement de fréquence, multiveau possible
MSK	<i>Minimal Shift Keying</i>	modulation FSK avec écart de fréquence fixé à la moitié du débit binaire
BPSK	<i>Binary Phase Shift Keying</i>	modulation de phase (0° et 180°)
DPSK	<i>Differential-PSK</i>	modulation de phase avec information codée dans le déphasage entre deux signaux successifs
QAM	<i>Quadrature Amplitude Modulation</i>	modulation d'une porteuse par modification de l'amplitude de la porteuse elle-même et d'une onde en quadrature (une onde déphasée de 90° avec la porteuse)

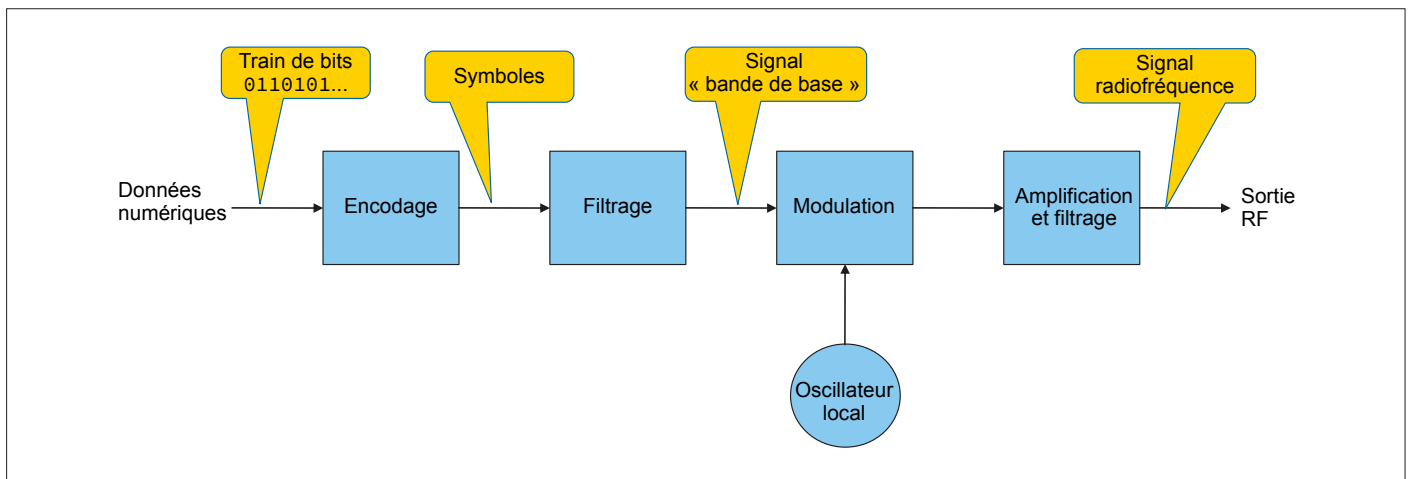


Figure 1. Dans presque tous les systèmes de transmission de données, le message est codé et filtré, puis utilisé pour moduler une porteuse à fréquence fixe avant l'amplification et la transmission.

heureux : ces sujets nous occuperont pendant quelques numéros, car je vous propose une mini-série sur les modulations numériques !

Modulation ?

Imaginons que vous vouliez concevoir un transmetteur de données sans fil. Vous avez un message, à savoir une chaîne binaire de zéros et de uns, et vous voulez l'envoyer à un autre correspondant avec le moins d'erreurs possible. Le mécanisme que vous utiliserez passera typiquement par quatre étapes (**fig. 1**). Tout d'abord, vous codez votre flux de données. Par exemple, vous ajouterez quelques octets de préambule et de synchronisation pour aider le récepteur à détecter le début du message. Des mécanismes de contrôle et/ou de correction d'erreurs seront ajoutés à ce stade, au moins une somme de contrôle (*checksum*) pour détecter les erreurs. Vous coderez également les données elles-mêmes dans un format adéquat pour la transmission. La technique la plus simple, baptisée NRZ (*non return to zero*) consiste... à ne rien faire, c'est-à-dire à envoyer un niveau haut pour chaque '1' à transmettre et un niveau bas pour les '0'. Cette approche a quelques inconvénients, en particulier quand le message contient de longues suites de 0 ou de 1 : le récepteur peut se désynchroniser. D'autres mécanismes de codage plus robustes existent, comme le codage Manchester, dans lequel les valeurs binaires sont codées lors des transitions ascendantes ou descendantes (c'est-à-dire qu'un un est codé '10' et un zéro est codé '01'). Des tas d'autres

techniques, dont des algorithmes de correction d'erreur, permettent d'optimiser encore le codage. Pour l'instant gardons en tête qu'un tel codage peut être utile, j'y reviendrai dans mon prochain article. Après cette phase de codage des données, le signal, toujours composé de zéros et de uns, peut alors être filtré pour optimiser la transmission. Cette étape sera aussi le sujet d'un prochain article, ignorons-la donc pour le moment et voyons comment utiliser ces zéros et ces uns pour moduler une fréquence por-

teuse et la transmettre. Cette étape sera le cœur de cet article, car les options sont nombreuses !

OOK ?

Commençons par la méthode de modulation la plus simple, appelée OOK (*On-Off Keying*). C'est simplement une modulation d'amplitude (AM), avec une modulation à 0% ou 100% selon l'état du bit à transmettre : on envoie la porteuse à pleine puissance si c'est un '1', ou rien si c'est un '0'. Évidemment vu sa simpli-

Listage 1. Un petit script SciLab pour calculer et afficher le spectre d'un signal OOK.

```

// Production d'une porteuse
fcarrier=1000000;
dt=1/(fcarrier*5);
npoints=128;
t=(0:npoints-1)*dt;
cw=sin(2*pi*fcarrier*t);

// Affichage de la porteuse avec sa FFT
subplot(3,2,1); plot(cw); xtitle('Carrier');
spectrumc=abs(fft(cw)); subplot(3,2,2); plot(spectrumc(1:$/2));

// Production d'un créneau unitaire et affichage avec sa FFT
pulse=zeros(1:npoints);
pulse(16:47)=1;
subplot(3,2,3); plot(pulse); xtitle('Pulse');
spectrumr=abs(fft(pulse)); subplot(3,2,4); plot(spectrumr(1:$/2));

// Modulation OOK
ook=pulse.*cw;

// Affichage du résultat avec sa FFT
subplot(3,2,5); plot(ook); xtitle('OOK');
spectruma=abs(fft(ook)); subplot(3,2,6); plot(spectruma(1:$/2));
  
```

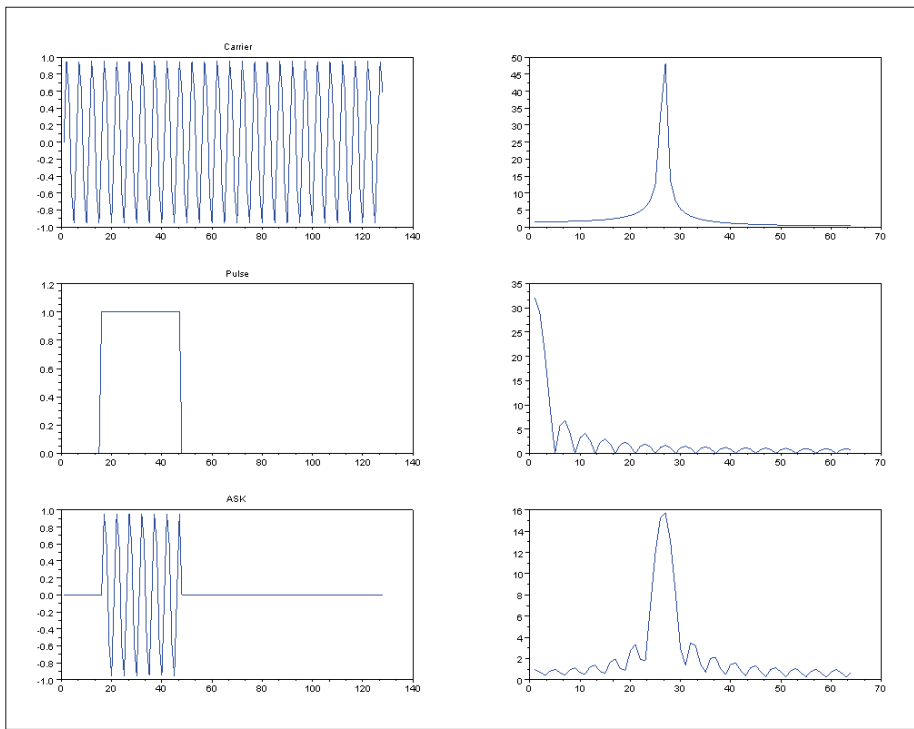


Figure 2. Sur cette simulation Scilab, les signaux temporels sont à gauche et leurs spectres en fréquence à droite. Le spectre d'un créneau rectangulaire est une courbe définie par $\sin(x)/x$, qui se retrouve sur le spectre d'une impulsion OOK.

citée, on emploie cette solution dans les produits à très bas coût. Comme toute modulation AM, l'OOK souffre d'une forte susceptibilité au bruit : un parasite peut être vu comme un '1'. Une autre diffi-

culté est qu'un émetteur OOK nécessite un canal radio assez large par rapport au débit de la liaison. Il ne peut donc pas être utilisé pour des liaisons rapides, car le canal occupé sortirait des canaux

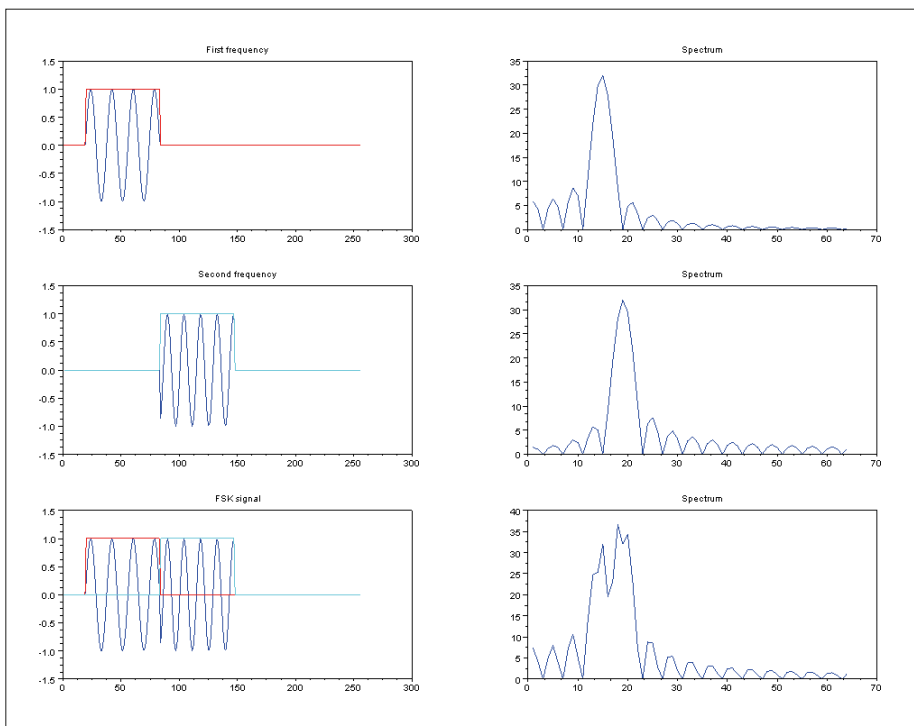


Figure 3. Le spectre d'un signal FSK est l'addition des spectres de deux signaux OOK, l'un centré sur $F-dF/2$ et l'autre sur $F+dF/2$. Ici la différence de fréquence est sélectionnée afin de positionner le pic de l'un des deux sur le zéro du second, ce qui améliore les performances.

tolérés par la réglementation. Pourquoi ? Pour cela, il faut regarder le spectre correspondant, c'est-à-dire passer dans le domaine des fréquences. C'est ce que l'on obtient si on raccorde un analyseur de spectre à la sortie d'un émetteur, mais je vais me contenter ici d'une simulation numérique (voir fichiers à télécharger [1]). En effet on peut facilement calculer le spectre en fréquence d'un signal via ce qu'on appelle une transformée de Fourier. Prenons Scilab, un outil de calcul numérique gratuit et à code source ouvert. Le petit script de l'encadré calcule et affiche le spectre en fréquence d'un '1' modulé en OOK.

Regardez le résultat de cette simulation sur la **figure 2**. Le spectre en fréquence d'une impulsion OOK comprend bien sûr la fréquence porteuse, mais aussi de nombreuses bosses régulièrement espacées autour de cette porteuse... Pourquoi ? Regardez à nouveau sur la figure 2. Un signal OOK est en fait la multiplication de la porteuse par un créneau rectangulaire d'un bit de long. Dans le domaine des fréquences, le spectre d'une porteuse est une simple barre verticale. Si vous avez lu mon article sur les filtres CIC [2], vous vous souvenez peut-être que le spectre d'un créneau rectangulaire est une courbe mathématiquement définie par $\sin(x)/x$. Cette courbe a un lobe principal, mais avec une infinité de lobes latéraux d'amplitude décroissante. Le premier est 13 dB inférieur au lobe principal, ce qui est assez élevé. L'espacement de fréquence des lobes est l'inverse de la durée du bit (donc quand le débit binaire augmente, le spectre est plus large)... Enfin, les mathématiciens nous ont appris que le spectre du produit de deux signaux (ici la porteuse et le créneau rectangulaire) est ce qu'on appelle la convolution de leurs spectres individuels. Ici c'est simplement le spectre de la fenêtre rectangulaire $[\sin(x)/x]$ décalé pour être centré sur la fréquence porteuse comme le montre la figure 2.

Multiniveau ?

Quittons l'OOK pour une modulation proche, l'ASK, ou *Amplitude Shift Keying*. C'est une variante d'OOK où la puissance RF n'est pas totalement nulle pour la transmission des zéros. Par exemple on peut laisser 10% de puissance pour les '0', et 100% pour les '1'. L'intérêt est faible sans le filtrage dont je par-

lerai dans un prochain article, mais cet exemple de l'ASK va me permettre d'introduire la notion de modulation multiniveau. L'idée est d'augmenter le débit de la liaison, en appliquant plus de deux niveaux de puissance différents. Par exemple, une modulation baptisée 4-ASK utilise quatre puissances RF différentes, disons 10%, 40%, 70% et 100%. Cela permet de transmettre deux bits à la fois, et de doubler ainsi le débit de la liaison. Comment ? Facile, il suffit de grouper les bits à transmettre deux par deux (créant ainsi ce qu'on appelle des symboles), et d'associer chaque paire de bits à un niveau de puissance donné. Par exemple '00'=10%, '01'=40%, '10'=70% et '11'=100%. Un symbole de deux bits est donc transmis en une seule fois. Bien sûr rien n'empêche d'aller plus loin et d'utiliser huit niveaux pour coder des symboles de trois bits à la fois (8-ASK), mais au risque d'un plus grand nombre d'erreurs, car les différents symboles seront assez difficiles à discerner pour le récepteur.

FSK et ses variantes

Allons un cran plus loin. Vous savez probablement qu'une modulation de fréquence est plus robuste qu'une modulation d'amplitude. Plutôt que d'utiliser une modulation OOK ou ASK, la plupart des systèmes de transmission reposent sur une modulation baptisée FSK (*Frequency Shift Keying*). L'idée est simplement d'émettre une fréquence un peu plus basse que la porteuse pour les '0', et une un peu plus élevée pour les '1'. En notant dF l'écart de fréquence entre les '1' et les '0', les deux fréquences transmises sont donc alternativement $F_c - dF/2$ et $F_c + dF/2$, avec F_c la fréquence centrale.

Que se passe-t-il dans le domaine des fréquences ? Imaginez que vous transmettez en FSK un seul '0' suivi d'un seul '1'. Le zéro est équivalent à un créneau rectangulaire modulant une porteuse centrée sur $F_c - dF/2$. Son spectre est donc comme pour l'OOK en forme de $\sin(x)/x$, mais centré sur $F_c - dF/2$. De même pour le '1', vous obtiendrez le même spectre, mais centré sur $F_c + dF/2$. Le spectre complet du signal FSK sera la somme des deux, comme illustré sur la **figure 3**.

Cette petite analyse vous montre un autre point très important. Afin d'améliorer la sensibilité du récepteur, il est judicieux de limiter l'interférence entre

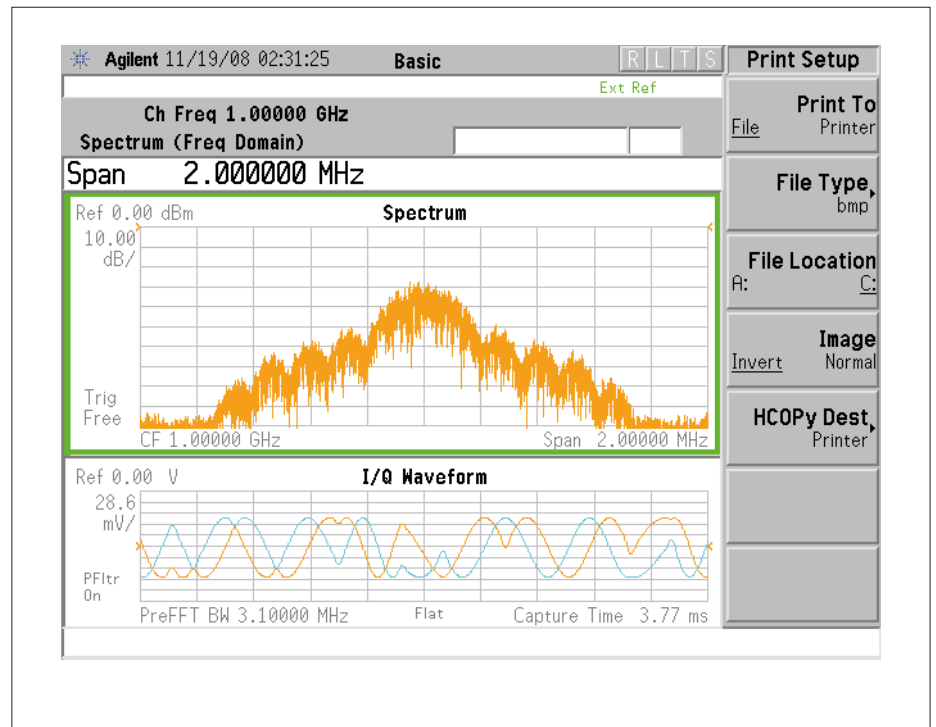


Figure 4. Le spectre réel d'un signal MSK. Reconnaissez-vous $\sin(x)/x$?

les transmissions des zéros et des uns. Regardez à nouveau la figure 3. Si la séparation dF entre les deux fréquences est égale à la largeur exacte du lobe $\sin(x)/x$, alors le pic du spectre '0' sera aligné avec un point de puissance minimale du spectre '1', et réciproquement. Une telle modulation est baptisée orthogonale et aura de bonnes performances. À quoi cela correspond-il dans la vraie vie ? C'est simple : la largeur du lobe $\sin(x)/x$ est l'inverse de la durée du bit, qui n'est rien d'autre que le débit binaire. Ainsi, une modulation FSK sera orthogonale si l'écart de fréquence dF (entre les '1' et les '0') est identique au débit binaire de la liaison, ou à un de ses multiples. Par exemple, si vous avez un émetteur à 433,92 MHz et un débit binaire de 9600 bps, alors les fréquences binaires FSK doivent idéalement être définies comme 433,92 MHz \pm 4800 Hz, ou 433,92 MHz \pm 9600 Hz, etc. D'autres écarts de fréquence conviendraient, mais avec de moins bons résultats. De plus le spectre total sera plus propre, ce qui aidera à satisfaire les contraintes réglementaires.

Évidemment on peut aussi réaliser du multiniveau en FSK. Par exemple, vous pouvez regrouper les bits quatre par quatre, et coder chaque symbole par

une fréquence choisie parmi seize. On appelle évidemment une telle modulation 16-FSK, et elle permet un débit quatre fois plus rapide qu'une FSK standard avec des canaux de même largeur. Ici aussi, le prix à payer est une portée réduite, car la sensibilité du récepteur va inmanquablement être plus faible.

MSK ?

Un dernier mot sur la FSK : toujours en faisant une modulation de fréquence, il y a en fait une autre solution pour minimiser l'interférence inter-symbole. Si vous réglez l'écart de fréquence à seulement (et très exactement) la moitié du débit binaire, alors l'interférence théorique est aussi nulle. Cela n'est pas visible sur la figure 3 et c'est un peu plus complexe à expliquer, car la phase des signaux intervient. Cette modulation spécifique et très optimisée est appelée MSK (*Minimal Shift Keying*). Elle est peu utilisée dans les produits bon marché, car le récepteur associé doit être assez sophistiqué. Toutefois vous la côtoyez tous, car elle est la base du GSM...

Allez, une petite manip de labo pour vous montrer un « vrai » signal MSK. J'ai eu recours à un générateur de signal Keysight E4432B configuré pour délivrer un signal MSK et j'ai connecté sa sortie à un analyseur de spectre vectoriel Keysight

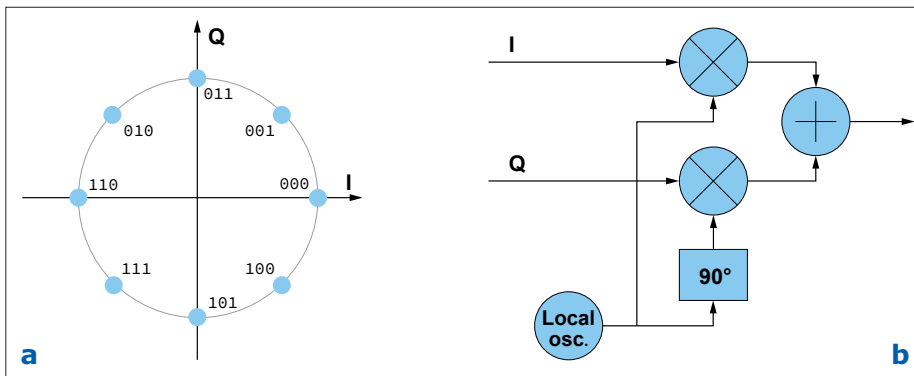


Figure 5. a) Une modulation 8-PSK utilise huit phases différentes pour coder trois bits à la fois. b) Un modulateur IQ est basé sur deux multiplicateurs pilotés chacun par un oscillateur local, en phase et en quadrature. Les deux signaux sont ensuite additionnés. Ceci permet de produire n'importe quel déphasage de 0 à 360° et n'importe quelle amplitude avec des tensions données, appliquées sur I et Q.

E4406A (je sais, j'ai de la chance...). Et hop ! Voici le résultat sur la **figure 4**. Évidemment vous reconnaîtrez un $\sin(x)/x$, non ?

Modulation de phase

Nous avons déjà utilisé la modulation d'amplitude et de fréquence, il reste une solution possible : la modulation de phase. Ici, l'idée est de garder amplitude

et fréquence constantes, mais de changer la phase de la porteuse pour distinguer les zéros et les uns. Une modulation BPSK (*Binary Phase Shift Keying*) exploite deux phases, 0° et 180°, pour envoyer respectivement des zéros et des uns. La modulation de phase a un inconvénient principal : pour le récepteur, il n'y a aucun moyen de connaître la phase absolue d'un signal, en l'absence d'une

référence. Il n'y a que deux solutions pour résoudre ce problème, toutes deux utilisées. La première consiste à ajouter à chaque message une séquence spécifique pour indiquer au récepteur quelle est la phase de référence : une boucle à verrouillage de phase (PLL) permet au récepteur de s'asservir dessus. L'autre solution est de coder les informations non pas sous forme d'une phase absolue, mais sous forme d'un changement relatif de phase. Ce mode est appelé DPSK (modulation PSK différentielle).

Pourquoi s'embêter alors avec la PSK ? Parce qu'il est facile d'avoir plus de deux niveaux, sans élargir le spectre comme en FSK et sans augmenter trop la sensibilité au bruit comme en ASK. Par exemple, une modulation du doux nom de QPSK se sert de quatre phases (0°, 90°, 180° et 270°) pour coder deux bits à la fois. La modulation 8-PSK a recours à huit phases décalées de 45° pour coder trois bits à la fois. Ces deux modulations sont par exemple utilisées par Bluetooth.

I/Q ?

Une façon pratique de représenter une modulation de phase comme 8-PSK est de tracer les différents états sur un diagramme polaire, comme celui reproduit sur la **figure 5a**. Un tel diagramme est en fait bien plus qu'un dessin, c'est une illustration de la façon dont un modulateur de phase est en pratique construit. Imaginez qu'on vous demande de réaliser un circuit pour déphaser un signal d'un angle variable. Pas simple ? En fait si, il suffit d'exploiter deux versions de la fréquence porteuse, l'une en phase et l'autre en quadrature, c'est-à-dire décalée de 90°, et d'en faire la somme avec des gains réglables (**figure 5b**). Les amplitudes respectives correspondent à la projection du vecteur recherché sur les axes horizontaux et verticaux, baptisés I et Q. C'est ce qu'on appelle un modulateur I/Q ; il permet de créer un signal avec n'importe quelle phase. Mais comment diantre ?

Allez, ceci vous dit sûrement quelque chose :

$$\sin(a+b) = \sin(a)\cos(b) + \cos(a)\sin(b)$$

De là on a :

$$\sin(2\pi f + \varphi) = \sin(2\pi f)\cos(\varphi) + \cos(2\pi f)\sin(\varphi)$$

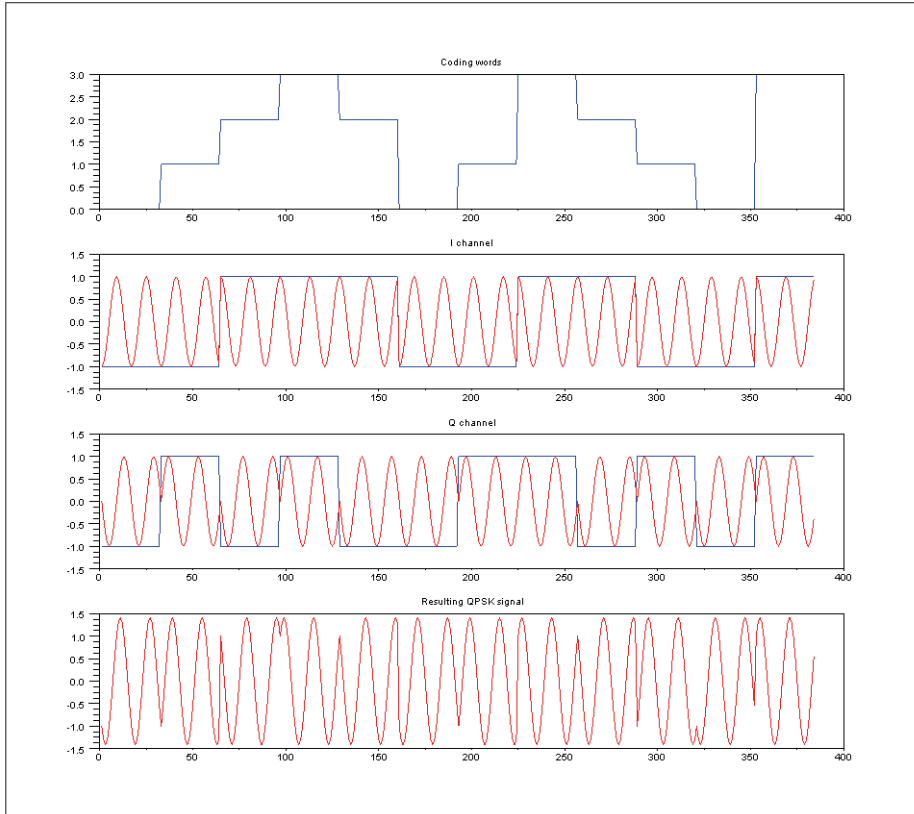


Figure 6. Un exemple de modulation QPSK. La partie supérieure montre les symboles à transmettre (quatre niveaux). Les deux tracés du milieu montrent respectivement les signaux I et Q (en bleu) et la sortie correspondante du multiplicateur. Enfin, le tracé du bas montre le signal modulé qui en résulte.

Vous vous rappelez aussi que $\cos(a) = \sin(a + \pi/2)$, donc on peut réécrire la chose ainsi :

$$\sin(2\pi f t + \varphi) = I \cdot \sin(2\pi f t) + Q \cdot \sin(2\pi f t + \pi/2)$$

avec $I = \cos(\varphi)$ et $Q = \sin(\varphi)$, des constantes qui dépendent du déphasage recherché.

Vous reconnaissez les deux porteuses en phase et en quadrature, multipliées par les valeurs I et Q, et additionnées... Ne vous affolez pas si cela vous semble encore un peu mystérieux, je vous prépare un article rien que sur ce sujet pour un prochain numéro...

La **figure 6** vous montre un exemple de modulation QPSK utilisée par exemple par Wi-Fi pour sa variante 802.11b (11 Mbps).

ASK+PSK=QAM

Si vous regardez à nouveau la figure 5a, vous verrez que dans la PSK les différents états sont représentés par des points sur le cercle unité, car ils correspondent à des phases différentes, mais avec une amplitude constante. Comment transmettre encore plus de bits par symbole ? En jouant non seulement sur la phase de la porteuse, mais aussi sur son amplitude. Chaque combinaison de phase et d'amplitude peut alors coder un symbole, ce qui crée une sorte de combinaison de PSK et d'ASK. En réalité, il est plus efficace d'étaler les différents symboles dans le plan I/Q plutôt que d'utiliser des couples phases & amplitudes, mais le résultat est très proche. Cette technique est appelée QAM, pour *Quadrature Amplitude Modulation*. Regardez la **figure 8** pour une illustration des symboles de la modulation 16-QAM qui s'appuie sur seize combinaisons de phase et d'amplitude pour coder quatre bits d'un coup. La bonne nouvelle est que le modulateur IQ présenté ci-dessus peut être utilisé pour la modulation QAM, il suffit de créer des combinaisons plus complexes pour les signaux I et Q, en faisant varier leurs amplitudes respectives. La **figure 9** vous montre le résultat d'une petite simulation sous Scilab d'une telle modulation 16-QAM (fichier à télécharger [2]).

Vu ses performances, la modulation QAM est largement pratiquée dans les appli-

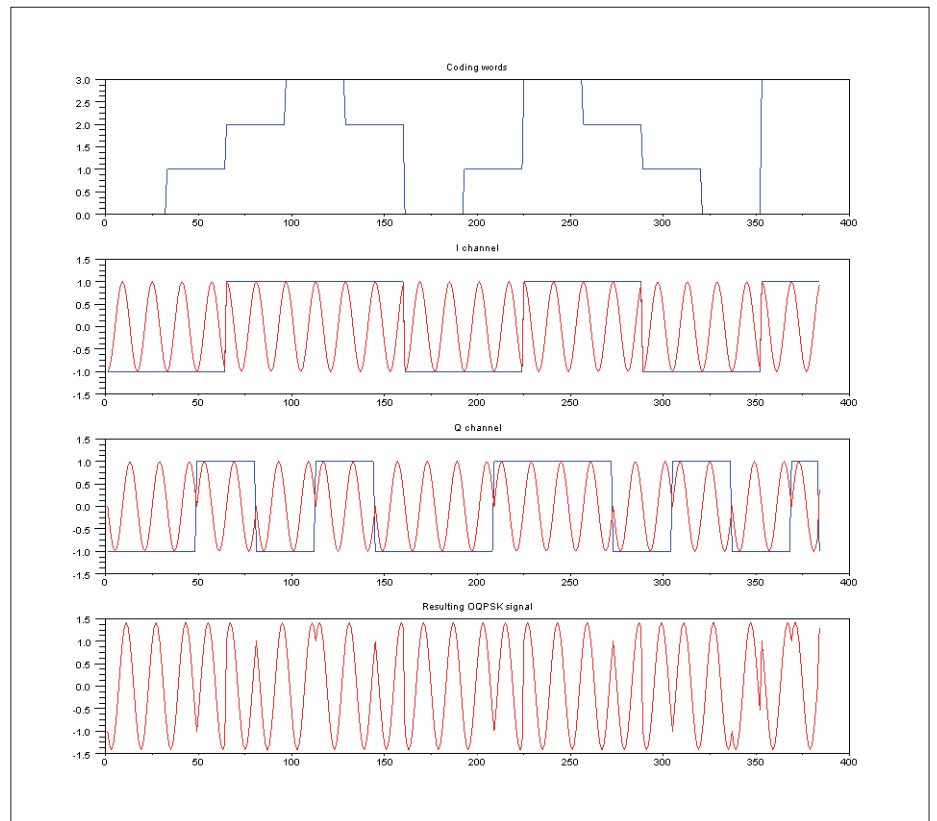


Figure 7. QPSK est une variante de QPSK où le canal Q est décalé d'un demi-bit vers la droite par rapport au canal I. En comparant cette figure avec la figure 6, vous verrez que les changements de phase sont un peu moins brusques.

cations qui nécessitent un débit binaire élevé tout en conservant un canal pas trop large. Les modulations 16-QAM, 32-QAM ou même 256-QAM sont par exemple au cœur des normes Wi-Fi ou DVB (DVB-T à DVB-C). Bien entendu une modulation comme 256-QAM, où un octet complet est transmis en une seule fois via 256 paires de valeurs de signaux I/Q, est très sensible aux interférences et au bruit. Comme toujours le gain de débit s'accompagne d'une baisse de la sensibilité du récepteur et donc de la portée de la liaison.

De FSK à OFDM...

Rappelez-vous, lorsqu'on a parlé de FSK je vous ai expliqué comment l'interférence inter-symbole peut être minimisée en sélectionnant une déviation de fréquence égale à un multiple du débit binaire. Pour mémoire l'idée est de placer le pic du spectre de l'une des deux fréquences dans un zéro du spectre de la seconde, ce qui donne une modulation dite orthogonale. On retrouve la même idée dans un ensemble de techniques de modulation appelées OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*).

L'OFDM est en fait une sorte de FSK optimisée, mais sous amphétamines. Tout d'abord, l'OFDM n'utilise pas seulement deux, mais des centaines de fréquences, en général régulièrement espacées. Deuxièmement, chaque fréquence n'est pas une simple sinusoïde modulée par un créneau comme en FSK, mais est utili-

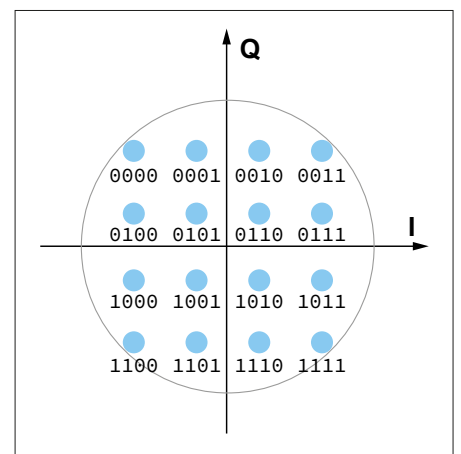


Figure 8. Une constellation 16-QAM, où quatre bits sont codés à la fois, ce qui donne 16 points sur le plan I/Q, chacun correspondant à une phase et une amplitude.

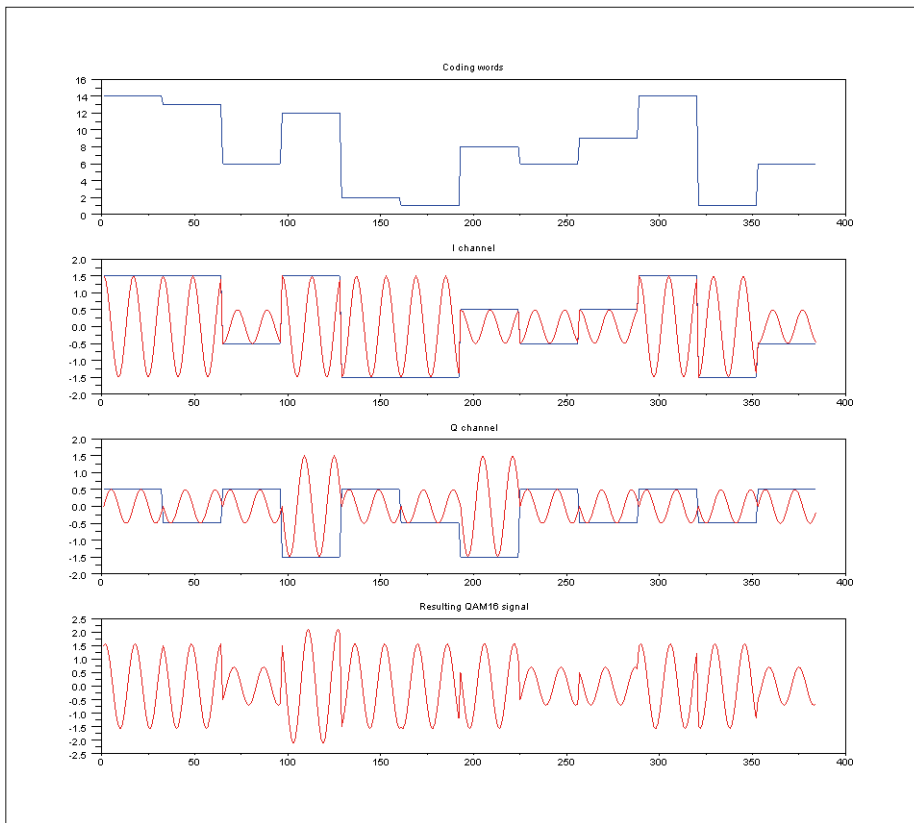
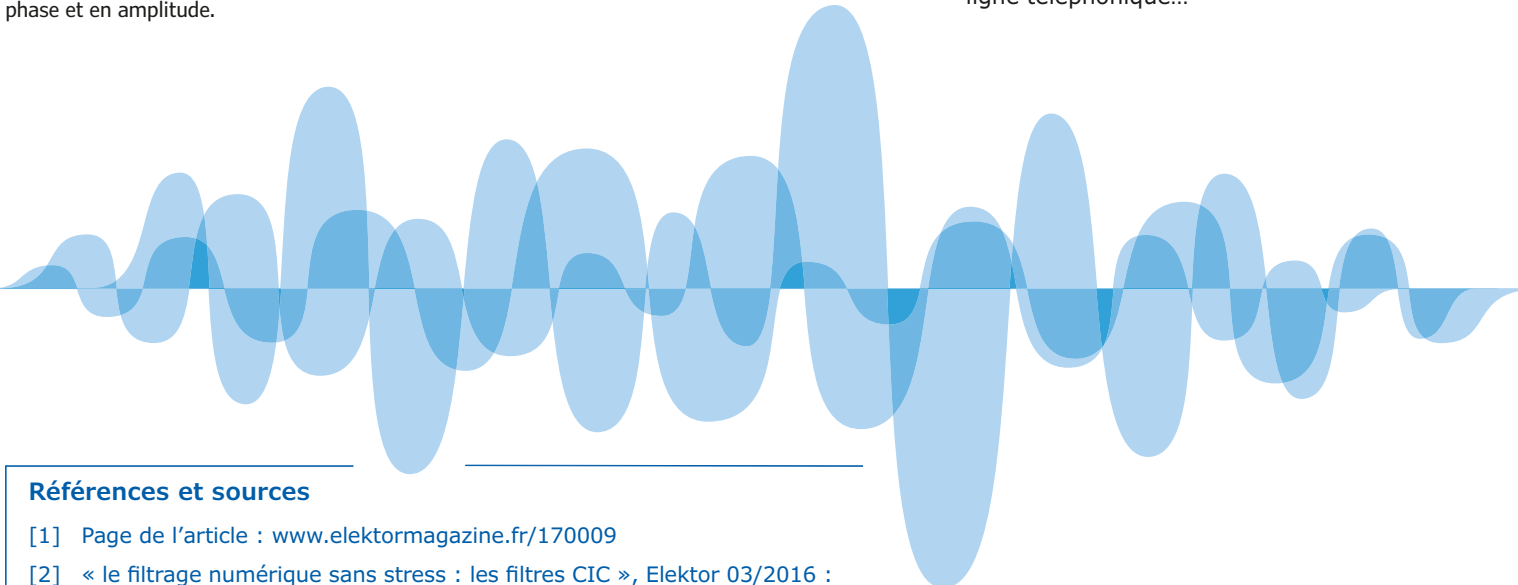


Figure 9. Une simulation d'une modulation 16-QAM. Le signal de sortie est à la fois modulé en phase et en amplitude.

sée comme sous-porteuse d'un canal de transmission complet. Chacune de ces centaines de sous-porteuses est modulée avec une modulation numérique, par exemple QAM, en prenant garde à bien choisir leurs débits respectifs pour respecter l'orthogonalité, et le flux de données est transmis simultanément sur ces centaines de porteuses !

Vous imaginez bien que le débit binaire global peut être énorme. C'est pourquoi OFDM est utilisé en ADSL, en Wi-Fi 802.11n, pour les radios DAB, pour la vidéo numérique en DVB-H et DVB-T, etc. Par exemple en ADSL2+, la ligne téléphonique occupe une plage de fréquence de 0 à 2,2 MHz. Cette bande est divisée en 512 canaux de 4,3125 kHz chacun. Enfin, pour chaque canal, une modulation est automatiquement sélectionnée en fonction des possibilités de ce canal afin de transmettre de 1 à 15 bits par symbole. Au total, le débit binaire maximal de l'ADSL2+ est donc égal à $512 \times 4,3125 \text{ kHz} \times 15 \text{ bits}$, soit environ 33 Mbps. Pas si mal sur une simple ligne téléphonique...



Références et sources

- [1] Page de l'article : www.elektormagazine.fr/170009
- [2] « le filtrage numérique sans stress : les filtres CIC », Elektor 03/2016 : www.elektormagazine.fr/150636
- [3] « Digital Modulation in Communications Systems – An introduction », Agilent, note d'application 1298 : <http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5965-7160E.pdf>
- [4] « Wireless Digital Communications: Design and Theory », Tom McDermott, NEG, Tucson Amateur Packet Radio Corporation, ISBN 0-9644707-2-1 : www.tapr.org
- [5] « Intuitive Guide to Principles of Communications: All about modulation », Charan Langton : www.complextoreal.com, www.complextoreal.com/chapters/mod1.pdf
- [6] Scilab : www.scilab.org
- [7] Générateur de signal numérique 250 kHz-3 GHz, Agilent : www.agilent.com
- [8] Générateur de modulation I/Q E4406A, Agilent : www.agilent.com

Pour conclure

Les modulations numériques ne sont pas toujours faciles à comprendre, car elles s'appuient l'air de rien sur des notions mathématiques complexes. J'espère que ce petit article vous aura éclairé sur ces notions essentielles. Dans le prochain article, je continuerai dans le même esprit avec un aspect effleuré ici : les différentes techniques de codage des données. ◀

(170009)

Cet article a été publié dans la revue Circuit Cellar (n°233, décembre 2009).



**electronica
fast forward**
powered by elektor

the startup platform

PROPULSEZ VOTRE **PROJET NOVATEUR**

SUR

**LE MARCHÉ
INTERNATIONAL !**

○ Participez à l'édition 2018
du concours

du 13 au 16 novembre 2018
à Munich

Les prix du concours electronica fast forward sont offerts par

Informations détaillées :
www.elektormagazine.com/e-ffwd



electronica



Laser Time Writer

le retour de l'horloge à laser...

Ilse Joostens & Peter S'heeren (Belgique)

D'après une idée de Nicholas Stock (San Diego, Californie)

Dans le numéro de janvier/février 2018, nous avons décrit la transformation de l'horloge de sable – projet désormais légendaire – en horloge *high-tech* à laser.

Un laser violet y écrit l'heure sur un morceau d'autocollant phosphorescent à intervalles réguliers ; l'absence des vibrations du lit de sable de l'horloge originelle en fait un objet plus acceptable dans un endroit calme.



INFOS SUR LE PROJET



Arduino
laser horloge
détecteur à IR passif



débutant
→ connaisseur
expert



env. 1 h ½



Fer à souder à panne fine,
outils divers,
ordinateur



env. 120 € (kit complet),
ou 45 € (kit de
transformation)

Nous avons veillé à réutiliser un maximum de composants de l'horloge de sable pour la transformer en horloge à laser. Les coûts étaient limités et il y avait aussi moins de déchets, ce dont ne se plaindra pas la planète... Cependant, il y avait quelques inconvénients : le projet initial ne pouvait pas être complètement revu, et les modifications étaient donc relativement modestes. Le kit complet de l'horloge *Laser Time Writer* (LTW) est désormais disponible dans l'e-choppe, et nous en avons profité pour ajouter quelques fonctions.

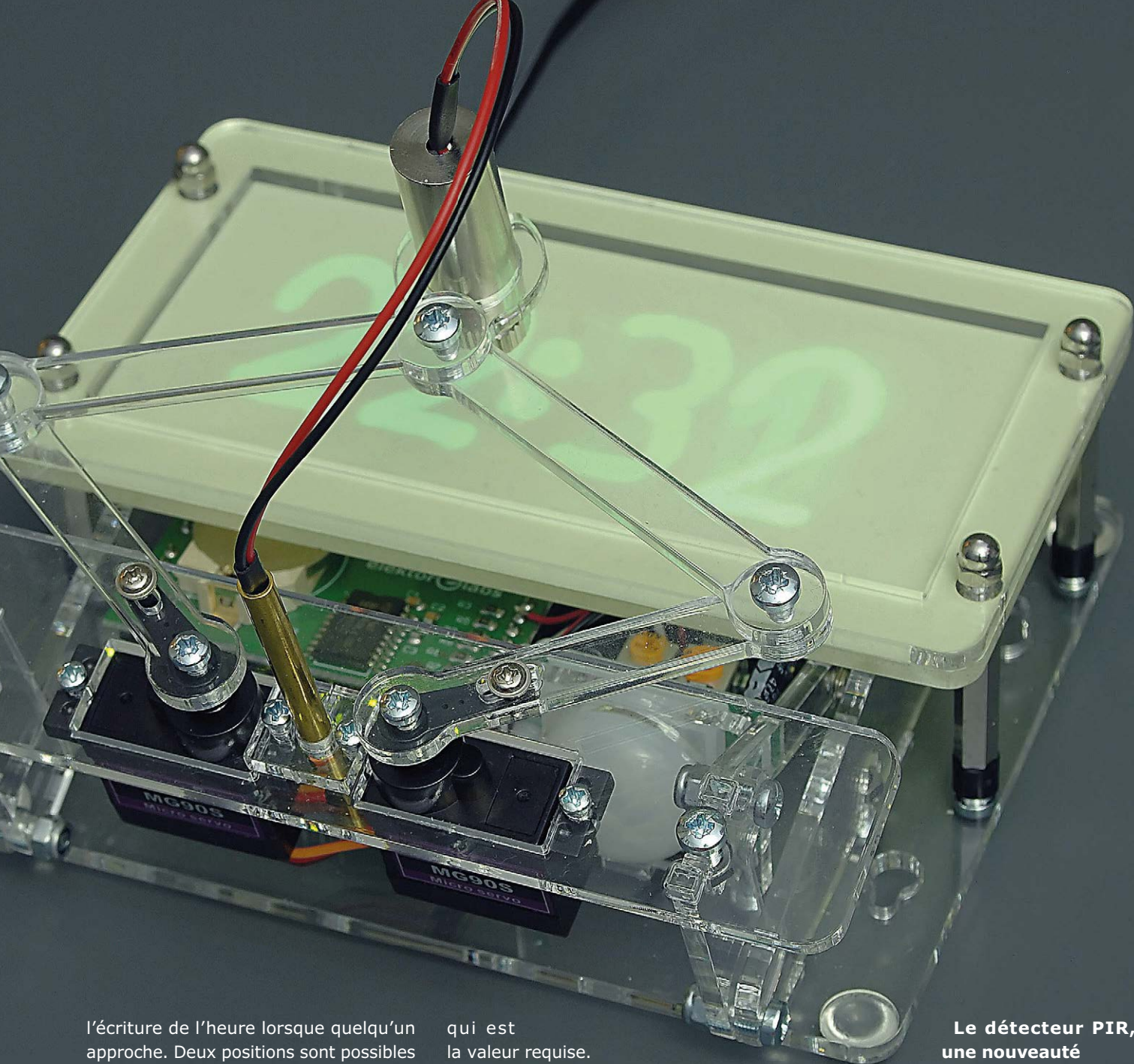
À l'horizontale ou à la verticale

Pour le kit de transformation, la plaque de base ne pouvait pas être modifiée. Nous n'avons pas cette limitation ici, et nous en avons profité pour ajouter quelques trous de montage de l'horloge. L'innovation la plus frappante est probablement la position variable de la carte

Arduino Uno, le cœur du circuit. Grâce à cela, vous avez le choix entre deux options pour le positionnement du câble d'alimentation et de l'éventuel câble USB : soit à l'arrière, soit à l'avant. En outre le logiciel permet de choisir d'écrire l'heure à l'endroit ou à l'envers, il y a donc pléthore d'options pour monter l'horloge.

Cette horloge, comme le modèle précédent, peut bien entendu être posée à l'horizontale. Quatre trous dans la plaque de base permettent également de l'accrocher verticalement à un mur, pantographe en haut ou en bas. Enfin, l'horloge peut être simplement installée sur une table, avec l'affichage à la verticale, grâce à un support en Plexiglas fourni avec le kit ; la **figure 1** montre cette possibilité.

Cerise sur le gâteau, un détecteur de mouvement à infrarouge passif (PIR) a été ajouté à l'horloge, qui déclenche



l'écriture de l'heure lorsque quelqu'un approche. Deux positions sont possibles pour le détecteur, en fonction du montage de l'horloge.

Montage

Un manuel détaillé et richement illustré de 23 pages, en anglais, guide l'utilisateur lors du montage de l'horloge LTW. Ce manuel est disponible gratuitement sur la page du projet [1]. Et si en plus vous relisez l'article du numéro de janvier/février [2], tout devrait se passer sans anicroche.

L'électronique

Le schéma du circuit, qui est resté inchangé, est repris en **figure 2**. Attention : contrairement au circuit du kit de transformation, il ne faut pas monter de résistance de 2,2 k Ω en parallèle sur R4. La valeur de R4 dans le kit complet de l'horloge LTW est de 1 k Ω , ce

qui est la valeur requise.

La mécanique

Avant de vous lancer dans la construction, réfléchissez à la position dans laquelle vous placerez l'horloge, et étudiez bien les photos du manuel. De votre choix dépendra l'orientation correcte de certains sous-ensembles. Les photos marquées soit avec un A, soit avec un B, peuvent servir de fil conducteur.

Le détecteur PIR, une nouveauté

Deux ajustables permettent de régler le délai de retour au repos après déclenchement et la sensibilité du détecteur. Le délai doit être minimal, la sensibilité peut quant à elle être réglée en fonction de l'environnement. Le cavalier doit être sur la position **non repeatable trigger** : le détecteur revient automatiquement au repos après un déclenchement.

Caractéristiques

- Basé sur l'horloge de sable d'Elektor de janvier/février 2017
- Laser violet
- Longue rémanence des chiffres verts
- À poser sur un meuble ou à suspendre au mur
- Détecteur de mouvement PIR
- Kit complet disponible

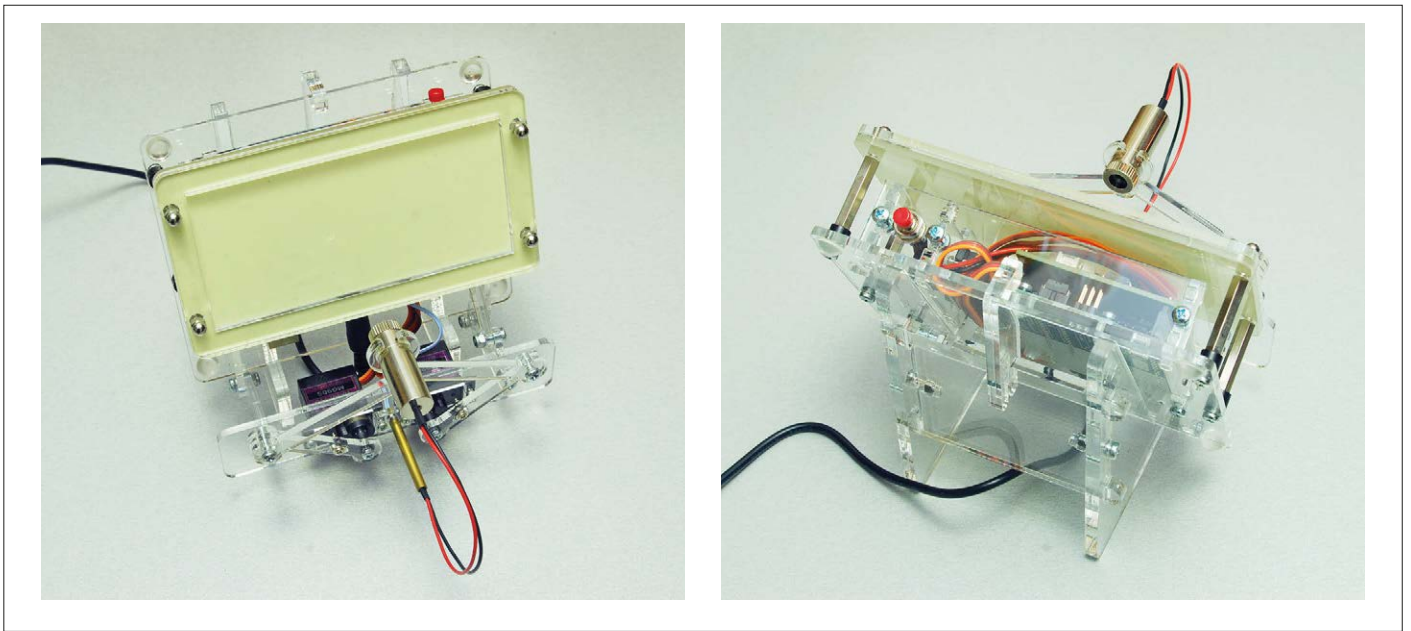


Figure 1. L'horloge Laser Time Writer peut aussi être placée sur un support.

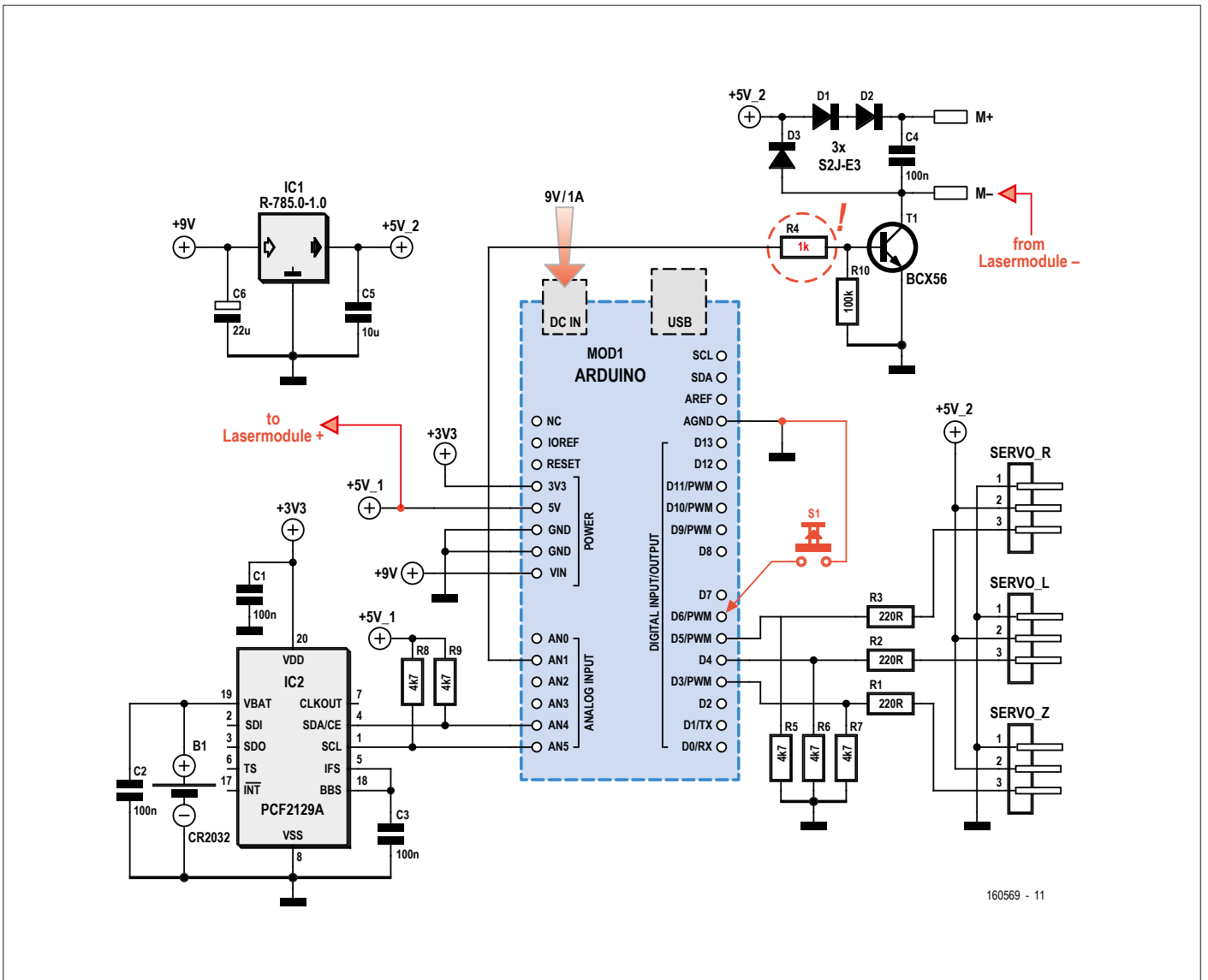


Figure 2. Le schéma de l'horloge Laser Time Writer.

L'alimentation du détecteur est de 5 V, elle est fournie par l'Arduino, comme celle du laser (fig. 3).

Le fait que la « vue » du détecteur soit gênée par les servomoteurs et d'autres parties de l'horloge ne pose pas de problème du tout. Le pourquoi est expliqué ci-après.

Le logiciel

Le logiciel de l'horloge LTW a été augmenté de quelques commandes pour le détecteur PIR. La commande *ire* met le détecteur en service, *ird* hors service. Le délai de retour au repos peut aussi être réglé par logiciel, avec la commande *iri* ; par ex. *iri 180* donne un délai de 180 s, soit 3 min. Pour conserver les réglages, utilisez la commande *sew*.

Le retour au repos automatique fait en sorte que le laser n'écrive pas en continu malgré plusieurs détections successives. La détection est bloquée pendant environ 6 s après un retour au repos. Ce n'est qu'après ces divers délais que l'écriture pourra à nouveau être déclenchée.

Détecteurs à infrarouge passif (PIR)

On trouve des détecteurs PIR un peu partout, que ce soit pour l'automatisation d'un éclairage extérieur, dans des applications de domotique, ou des systèmes d'alarme (détection de mouvement). Cependant leurs principes de fonctionnement sont souvent méconnus ; quelques explications sur l'effet pyroélectrique, les capteurs à infrarouge passif et les lentilles bon marché pour l'infrarouge à ondes longues (*Long Wavelength Infrared, LWIR*) sont donc les bienvenues.

L'effet pyroélectrique

La plupart des lecteurs sont familiers avec l'effet piézoélectrique, propriété de certains matériaux solides à se polariser électriquement sous l'action d'une contrainte mécanique (pression ou flexion). La pyroélectricité, où un changement de température entraîne une variation de polarisation électrique, a été découverte avant et y est liée (les cristaux pyroélectriques forment un sous-ensemble des cristaux piézoélectriques).

La première référence à la pyroélectricité date de 314 av. J.-C., par Théophraste, un disciple d'Aristote. En 1707, Johann Georg Schmidt constata cet effet avec la

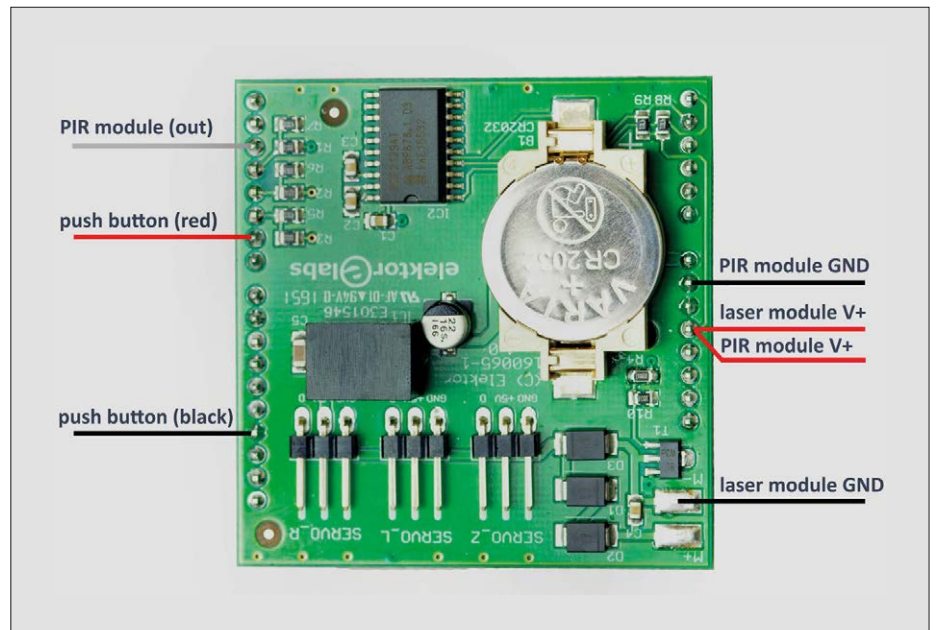


Figure 3. Connexion du module laser, du bouton-poussoir et du détecteur de mouvement PIR.



LISTE DES COMPOSANTS

Résistances (CMS 0805)

R1-R3, R11 = 220 Ω
 R4 = 1 kΩ
 R5-R9 = 4,7 kΩ
 R10 = 100 kΩ

Condensateurs

C1-C4 = 100 nF, CMS 0805 MLCC
 C5 = 10 μF, 10 V, CMS 1206 MLCC
 C6 = 22 μF, 16 V

Semi-conducteurs

D1-D3 = S2J-E3
 T1 = BCX56
 IC1 = convertisseur CC-CC, 5 V/1 A, SIP-3 (Würth Elektronik 173 010 578)
 IC2 = PCF2129A

Divers

K1 = jeu de barrettes sécables droites, contacts mâles, au pas de 2,54 mm (1×10, 2×8, 1×6)
 SERVO_Z, _L, _R = barrette sécable coudée, 3 contacts mâles, au pas de 2,54 mm
 B1 = pile bouton CR2032, avec support pour circuit imprimé
 Arduino Uno R3, ou équivalent
 Bouton-poussoir SPST-NO, trou de montage de 6 mm
 Jeu de fils (rouge/noir) + gaine thermorétractable
 Module laser, 12×35 mm, 405 nm, 5 à 10 mW (eBay)
 Détecteur de mouvement PIR, HC-SR501

Mécanique

8 vis M2×10, tête Phillips ou Pozidriv

4 vis M2×6, tête Phillips ou Pozidriv
 2 rondelles M2 en nylon
 2 entretoises hexagonales F/F M2, 10 mm
 6 vis M2,5×8, acier zingué, Pozidriv DIN 7985A
 2 vis M3×8, acier zingué, Pozidriv DIN 7985A
 15 vis M3×10, acier zingué, Pozidriv DIN 7985A
 2 vis M3×12, acier zingué, Pozidriv DIN 7985A
 8 écrous hexagonaux M2, acier zingué, DIN 934
 9 écrous hexagonaux M3, acier zingué, DIN 934
 3 écrous de blocage M3, acier zingué, DIN 985
 4 écrous de blocage M3, hauts, chromés, DIN 1587
 6 entretoises pour M3, 3 mm, polyamide
 4 entretoises hexagonales M/F pour M3, 25 mm, laiton nickelé (hauteur totale minimale de 33 mm, par ex. TME TFM-M3X25/DR213)
 4 entretoises pour M3, 5 mm, polyamide, diamètre ext. 6 mm
 1 tube en laiton de 35 mm de long, diamètre 4 mm × 0,5 mm
 4 patins adhésifs en caoutchouc pour la plaque de base
 4 patins adhésifs en caoutchouc pour le support en Plexiglas
 3 servos, Tower Pro MG90S ou MG90, avec engrenages métalliques
 Plexiglas extrudé (XT), 3 mm, transparent, découpé au laser
 Autocollant phosphorescent, 80×150 mm² (cherchez sur eBay avec les mots clés « glow in the dark sticker »)

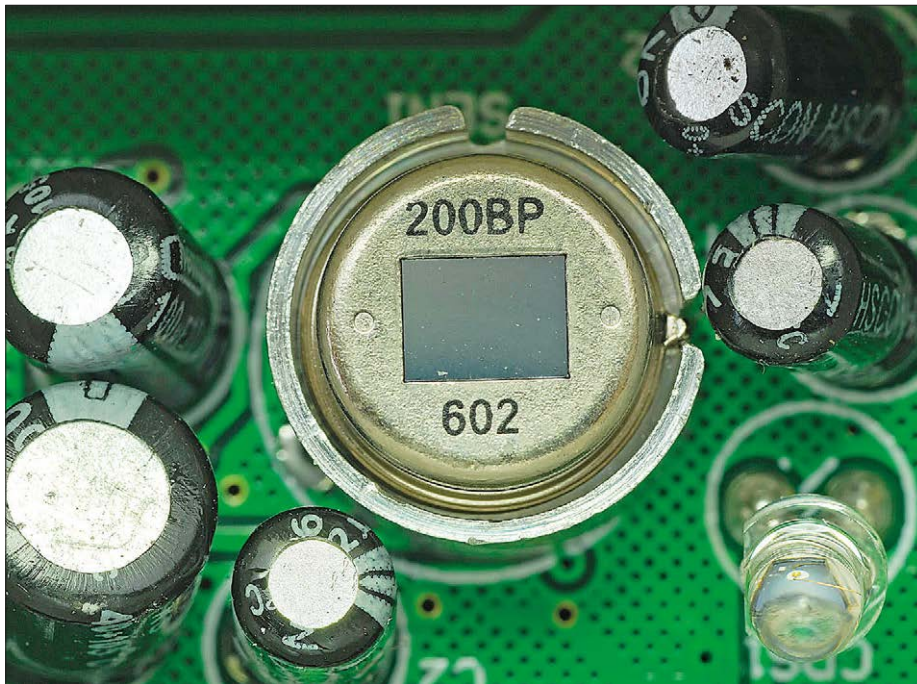


Figure 4. Gros plan sur le détecteur PIR et son filtre caractéristique.

@ELEKTOR.FR

- Laser Time Writer (kit complet)
www.elektor.fr/lasertime-kit
- Laser Time Writer (kit de transformation)
www.elektor.fr/lasertime-ug
- Détecteur de mouvement PIR
www.elektor.fr/pir
- Lampe à élément Peltier (kit complet)
www.elektor.nl/peltier-lamp-1

tourmaline, qui attirait la cendre chaude, mais pas la froide.

Sir David Brewster, physicien britannique reconnu pour ses travaux sur l'optique physique, étudia aussi la pyroélectricité au 19^e siècle et en établit les bases scientifiques ; c'est lui qui en 1824 donna son nom à l'effet pyroélectrique.

William Thomson (alias Lord Kelvin), physicien britannique d'origine irlandaise, et le physicien allemand Woldemar Voigt réussirent en 1878 à établir une théorie du phénomène. Dans les années 1880, les Français Pierre et Jacques Curie découvrirent l'effet piézoélectrique en

étudiant la pyroélectricité.

L'effet pyroélectrique ne doit pas être confondu avec l'effet thermoélectrique, ce dernier étant à la base d'un article publié l'année passée : « De la bougie aux LED, modules Peltier convertis en générateur thermoélectrique » [3]. En thermoélectricité, un gradient de température donne naissance à une tension permanente, alors qu'en pyroélectricité la différence de potentiel temporaire résulte d'un changement de température d'un matériau.

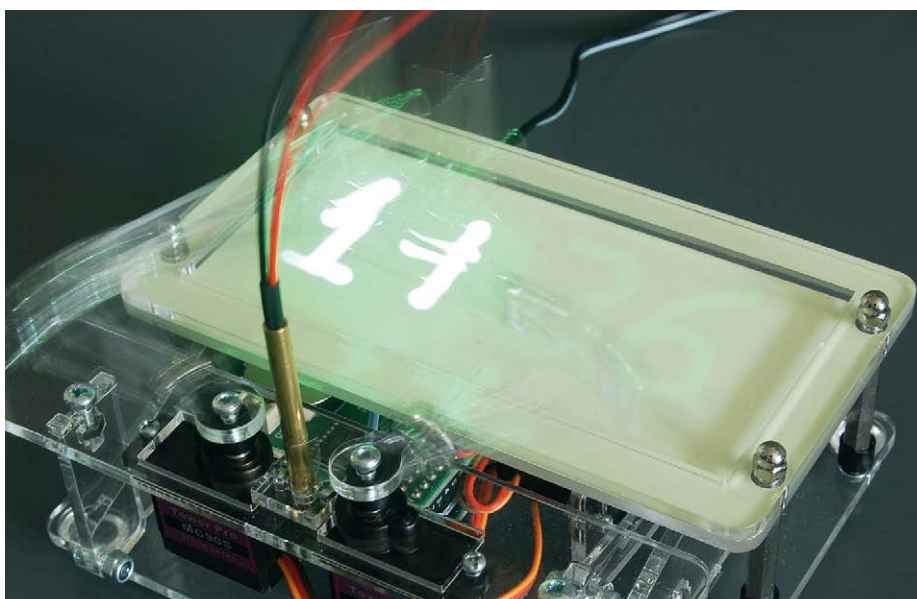
Capteurs PIR

À l'exception de quelques capteurs pour des applications spécifiques, les détecteurs de mouvement à infrarouge passif reposent pour la plupart sur l'effet pyroélectrique. Les matériaux utilisés sont constitués de films fins de nitrure de gallium, de nitrate de césium, de polyfluorure de vinylidène, de phtalocyanine de cobalt, ou de dérivés de phénylpyridine. Pour minimiser l'influence des changements de température ambiante, du rayonnement solaire ou des vibrations, on utilise deux capteurs placés côte à côte et reliés tête-bêche ; la dimension des capteurs est d'environ 2,5 mm², et la distance entre les deux de ± 1 mm. Lorsque la température est uniforme, la différence de potentiel aux bornes de chaque capteur est identique en valeur absolue. Si une source de chaleur, par ex. une personne, se déplace le long des capteurs, ils deviendront tour à tour plus chauds avant de refroidir ; la tension aux bornes des deux capteurs en série ne sera plus nulle : d'abord positive (ou négative), avant de s'inverser et de revenir à zéro. L'électronique du détecteur interprète ce changement comme une détection de mouvement, et la sortie change d'état. Les capteurs sont en principe placés horizontalement ; la détection de mouvements verticaux ou d'avant en arrière est donc peu efficace. Il existe cependant des modules à quatre capteurs pour remédier à ce problème.

Les éléments pyroélectriques sont sensibles sur une large plage de longueur d'onde ; pour les modules PIR, on utilise un filtre, généralement en silicium, qui limite la bande passante à la plage 8 à 14 μm , longueur d'onde typique du rayonnement des êtres humains. La **figure 4** montre un capteur et son filtre.

Les lentilles

Si les capteurs sont laissés à nu, la sensibilité du détecteur est relativement



réduite. À partir d'une certaine distance, la source de chaleur se fond dans l'arrière-plan et le détecteur ne peut plus détecter ses mouvements. La solution pour augmenter la sensibilité du détecteur est de placer une lentille devant les capteurs.

Lorsque l'on parle de lentilles pour l'infrarouge moyen, et plus précisément l'IR à ondes longues (LWIR), on pense souvent aux optiques utilisées en imagerie thermique ou avec les lasers au CO₂, qui nécessitent des matériaux exotiques et chers comme le gallium, l'arséniure de gallium ou le séléniure de zinc. Pour des applications moins exigeantes, et c'est le cas des détecteurs PIR, des lentilles meilleur marché sont aussi disponibles. De simples hydrocarbures comme le polyéthylène ou le polypropylène laissent passer les infrarouges et peuvent être utilisés pour les lentilles bon marché des détecteurs PIR. Pour s'en convaincre, on peut réaliser une expérience simple avec une bouteille de lait vide en polyéthylène de haute densité (PE-HD). On place trois résistances dans la bouteille et on les chauffe en y faisant circuler un courant (la puissance dissipée par chaque résistance est d'environ 250 mW) ; une caméra thermique permet de constater que les résistances sont parfaitement « visibles » (fig. 5). On aurait envie de crier *Eurêka !*

La lentille doit être la plus plate possible, afin de limiter l'absorption du rayonnement IR ; une solution possible est la lentille de Fresnel (fig. 6). Dans les détecteurs PIR, on utilise souvent plusieurs lentilles de Fresnel côte à côte pour créer de petites zones de détection qui se chevauchent ; la sensibilité du détecteur est fortement augmentée lors d'un déplacement d'une source de chaleur d'une zone à l'autre. La figure 7 illustre le fonctionnement d'un détecteur équipé d'une lentille de Fresnel, et de plus amples informations sont disponibles sur le site de la *GloLab Corporation* [4, 5].

Outre les lentilles, il y a d'autres dispositifs pour augmenter la sensibilité des capteurs PIR, comme utiliser une grille ou un masque pour créer des zones infrarouges d'ombre et de lumière quand une source de chaleur passe devant le capteur. On pourrait aussi utiliser un sténopé ; c'est plutôt rare dans les produits commerciaux, mais très amusant pour expérimenter.



Figure 5. Une bouteille de lait en polyéthylène laisse passer les rayons IR.

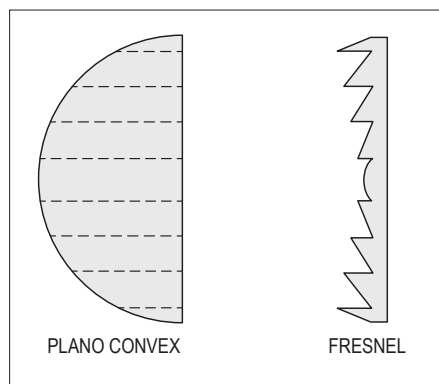


Figure 6. Une lentille de Fresnel est en fait une lentille plan-convexe découpée et aplatie.

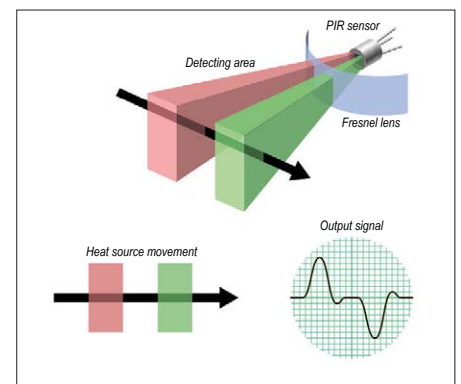


Figure 7. Fonctionnement d'un détecteur PIR ordinaire.

Les servomoteurs et le Plexiglas de l'horloge *Laser Time Writer* forment une espèce de grille devant le capteur PIR. Lorsqu'on se déplace, cela crée des ombres sur les éléments pyroélectriques du capteur PIR. Il en résulte une série de

variations de température, ce qui garantit un déclenchement fiable. ◀

(160538 - version française : Jean-Louis Mehren)

Liens

- [1] www.elektormagazine.fr/160538
- [2] www.elektormagazine.fr/160569
- [3] www.elektormagazine.fr/160441
- [4] www.gloLab.com/pirparts/pirparts.html
- [5] www.gloLab.com/focusdevices/focus.html

initiation aux microprocesseurs avec le Kosmos CP1 (1983)

prise en main en douceur

Karl-Ludwig Butte (Allemagne)

Nous sommes en 1983. La révolution de la micro-informatique vient juste de traverser l'Atlantique et déferle sur l'Europe. La soif de connaissance a fait un bond et il devient vite évident qu'il est préférable de se familiariser avec cette nouvelle technologie le plus tôt possible. La maison d'édition Franckh, fondée en 1822 à Stuttgart, établit le même constat. Elle s'est déjà fait un nom avec ses nombreuses boîtes d'expérimentation en sciences naturelles et en électronique, destinées aux enfants et adolescents. Leur offre est vite complétée par le microordinateur expérimental Kosmos CP1.

Dès 1904, la maison d'édition Franckh s'intéresse aux sciences naturelles, avec la création de l'« association des amoureux de la nature Kosmos ». Le nom actuel de la société « Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG » remonte à cette époque. Au début des années 20 du siècle dernier, un département d'enseignement distinct est créé et conçoit les kits d'expérimentation Kosmos [1]. Les lecteurs les plus âgés se souviendront certainement encore du slogan mémorable : « De la montagne à l'océan, tout est à la portée

de Radioman ». Que ce soient « Radioman », « Technikus » ou « Optikus », toutes les boîtes d'expérimentation Kosmos étaient caractérisées par des pièces de grande qualité et d'excellents manuels didactiques.

L'ordinateur expérimental Kosmos CP1 (**fig. 1**) s'inscrit complètement dans cette tradition. Dans cet article, nous l'examinerons de près d'un point de vue théorique et pratique : par un heureux concours de circonstances, nous avons mis la main sur un exemplaire de ce matériel hors du commun.



Figure 1. L'ordinateur expérimental Kosmos CP1.



Figure 2. Les entrailles de l'appareil.

EST^D 2004

www.elektor.tv



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

Le matériel

Le CP1 s'appuie sur le processeur 8049 d'Intel, complété uniquement par la puce multifonction 8155 d'Intel et quelques autres composants. La saisie est effectuée sur un clavier à membrane, l'afficheur à six chiffres de sept segments. La **figure 2** montre les entrailles de l'appareil, et la **figure 3** le schéma en détail.

Les particularités commencent dès l'alimentation : à première vue, celle-ci ressemble à une stabilisation tout à fait classique avec le régulateur de tension 7805. Celui-ci est connecté à un pont redresseur de Graetz, de sorte que l'appareil peut aussi être alimenté en courant alternatif. Le manuel du CP1 mentionne que vous pouvez même utiliser un transfo pour train électrique. Peu importe que le courant soit continu ou alternatif, le redresseur protège le circuit des inversions de polarité. Cependant le clou c'est un transistor, qui allume le premier point décimal de l'afficheur lorsque la tension d'entrée est trop élevée. Mon appareil était équipé d'un adaptateur secteur d'origine adéquat, à connecter au bornier arrière à l'extrême gauche.

Le processeur à 8 bits 8049 d'Intel a été produit à l'aide du « advanced N-channel silicon gate HMOS process » [2] et dispose de 2 Ko de ROM, de 128 octets (!) de RAM et 27 ports d'E/S. Le générateur d'horloge interne fonctionne à 6 MHz et ne nécessite qu'un quartz externe. De nos jours, on décrirait ce microprocesseur en termes de performance probablement comme un petit microcontrôleur. En revanche ses dimensions de 51x12,5 mm seraient considérées aujourd'hui comme énormes. La mémoire ROM était déjà programmée par le fabricant et n'était plus modifiable. Cependant la variante P8749 du processeur disposait de 2 Ko de PROM, de sorte que l'utilisateur pouvait lui-même en écrire une seule fois le contenu, en utilisant un programmeur approprié. Kosmos avait intégré un interpréteur en ROM, dont nous parlerons plus tard. La puce multifonction 8155 d'Intel offre 2 Ko de RAM HMOS statique, deux ports d'E/S à 8 bits programmables, un port programmable à 6 bits, un temporisateur à 14 bits programmable et un bus de données/adresse multiplexé [3]. Cette puce polyvalente est idéale pour garder le schéma du CP1 simple et clair.

Le clavier à membrane comprend 30 touches réparties sur trois blocs : les touches 0 à 9 se situent dans la rangée supérieure (à l'instar d'un clavier standard) ainsi que sur un pavé numérique à droite (comme une calculatrice, **figure 4**). Le troisième bloc comprend dix touches de commande, estampillées à la fois avec les abréviations anglaises et les traductions allemandes. Ainsi, une touche « Irrtum » (erreur en allemand) est bien plus parlante qu'une touche « CLR » (de l'anglais « Clear »). Le clavier est réalisé sans contacts mécaniques, de sorte que son maniement s'apparente à celui d'un écran tactile moderne. À de rares occasions, la saisie sur les touches n'est pas détectée, ou est doublée, d'où la nécessité de suivre les frappes sur l'afficheur.

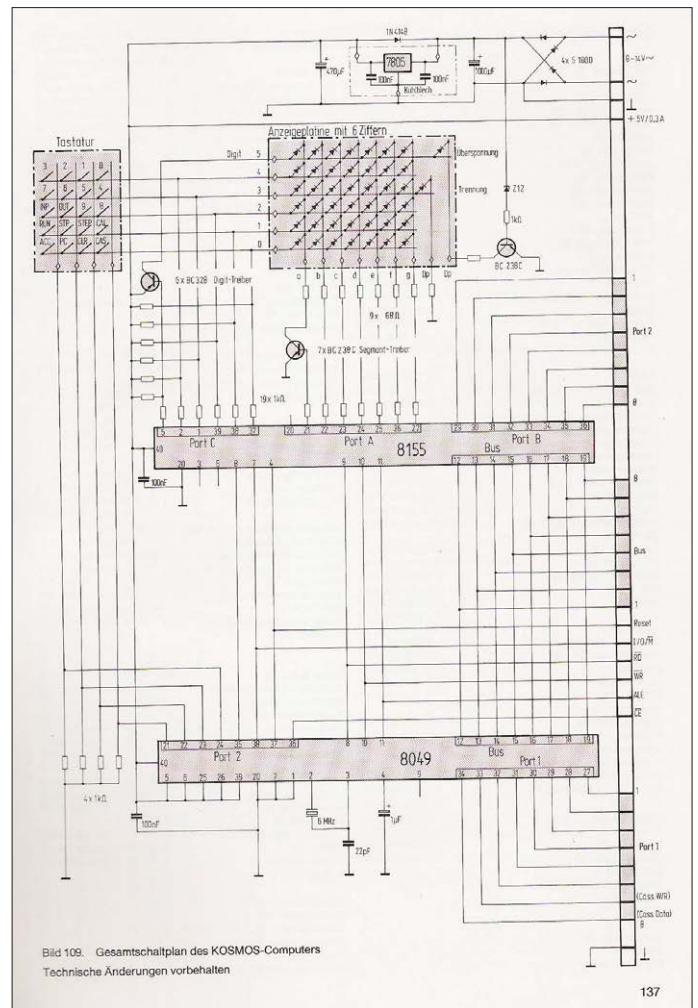


Figure 3. Schéma du CP1 (reproduit avec l'aimable autorisation de Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG, qui conserve tous les droits d'auteur).

L'afficheur à six chiffres de sept segments mesure 1,8 cm de haut et s'illumine d'un rouge intense.

Et avec un tel équipement minimaliste, on devrait pouvoir vraiment apprendre la programmation ? Sans écran plat de 23 pouces, sans environnement de développement intégré (IDE) à plusieurs gigaoctets, et qui plus est sans même une connexion à l'internet ? Eh bien, chers lecteurs, sachez que tout cela n'était tout bonnement pas disponible il y a 35 ans.



Figure 4. Le clavier du CP1.

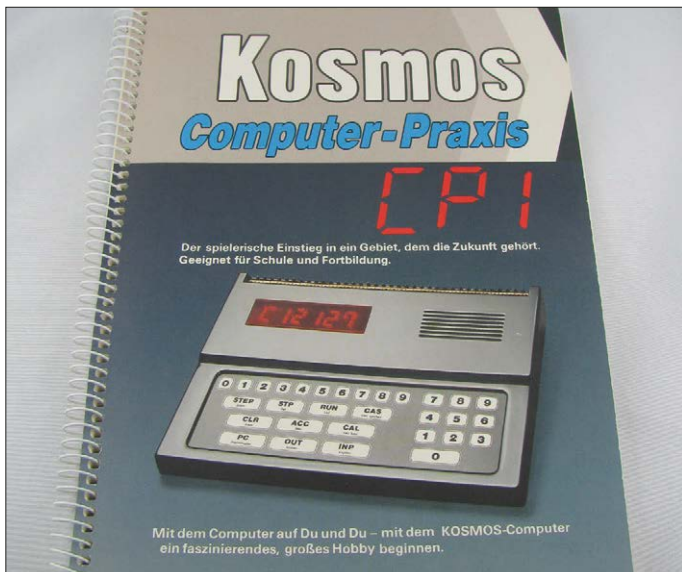


Figure 5. Le manuel de 145 pages et sa reliure à spirale.

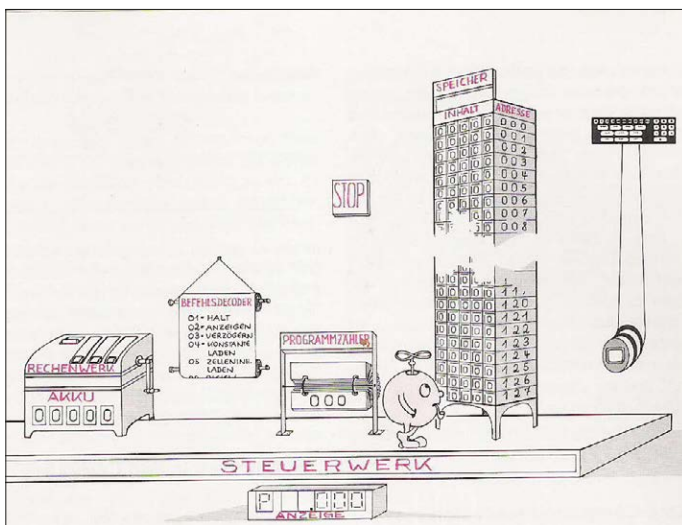


Figure 6. Computron dans son environnement (reproduit avec l'aimable autorisation de Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG, qui conserve tous les droits d'auteur).

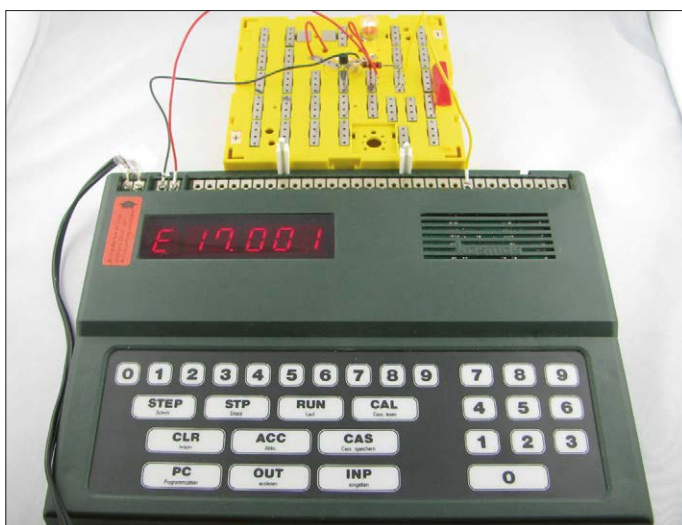


Figure 7. « Hello World » en 1983, avec Kosmos CP1 et Kosmos Radio+Elektronik.

Cependant, c'était salubre : le programmeur concentrait son attention sur ce qu'il avait et, par conséquent, acquérait une compréhension beaucoup plus approfondie du système. Le tout était facilité par un excellent manuel convivial, que nous allons examiner en même temps que le logiciel (en ROM).

Mode d'emploi

Le Kosmos CP1 est livré avec un manuel à spirale de 145 pages (fig. 5). Cette reliure en spirale garantit en effet que vous gardez les mains libres pour expérimenter, car le manuel reste ainsi naturellement ouvert sans problème. Essayez donc ceci avec un livre moderne avec un dos collé : il se refermera de lui-même, sauf si de force vous le contraignez à rester ouvert, ce qui conduira rapidement à la rupture de son dos et donc à des pages volantes.

L'introduction au Kosmos CP1 a été écrite par Karl Steinbuch, ex-professeur de traitement de l'information à l'Université de Karlsruhe (TH). Il prédit déjà dans ce document quelques-uns des développements techniques devenus réalité quotidienne aujourd'hui : d'une production industrielle robotisée au commerce électronique en passant par les postes de télétravail. Il était déjà clair pour lui que le succès professionnel allait dépendre de solides compétences en informatique. « Quiconque ne se sent pas à l'aise avec un ordinateur dans ce monde à venir », dit le professeur, « est en mauvaise posture, tel un analphabète des temps modernes » [4].

Le chapitre d'introduction suivant reprend une fois encore l'objectif pour lequel cet ordinateur expérimental avait été développé : tout le monde devrait pouvoir s'initier à l'informatique aussi facilement que possible. « Vous devez expérimenter comment un ordinateur stocke, gère, calcule, surveille, trie, mesure, joue et, en particulier, comment il peut être utilisé pour contrôler ou réguler d'autres appareils, équipements ou circuits » [5]. Nous pourrions lire ceci dans un manuel du Raspberry Pi ou de l'Arduino ! La plupart des PC ordinaires d'aujourd'hui ne sont plus adaptés à ces expériences, vu que l'industrie a réussi à empêcher les utilisateurs d'accéder au matériel et aux périphériques des ordinateurs les plus répandus dans le monde. Plus aucun « port utilisateur » (Commodore PET 2001), ni « port d'expansion » (Tandy Radio Shack TRS-80) ou encore « connecteur d'E/S de jeu » (Apple II) ne vous invite à expérimenter. Ce n'est que lorsque Arduino, Raspberry Pi & Cie ont permis une nouvelle renaissance d'applications proches du matériel, que l'on a redonné à l'utilisateur une possibilité qui allait pourtant de soi avec le Kosmos CP1.

Expérimenter

Avec l'avant-propos et l'introduction, le lecteur est suffisamment tenu en haleine, il est donc temps d'entrer dans le vif du sujet. Rien de plus simple : on connecte l'adaptateur d'alimentation à l'ordinateur et au secteur, et déjà on peut lire « P .000 » à l'écran pour indiquer que tout est prêt. Ah, ce bon vieux temps sans téléchargements, ni inscription en ligne, ni recherche improbable dans les forums, lorsque d'aventure quelque chose ne fonctionne pas...

D'abord on essaye un programme de test du matériel et un jeu de réaction, tous deux stockés dans la ROM du CP1. Cela donne confiance (oui, tout fonctionne) et le cas échéant met fin à la nervosité et à l'incertitude. Maintenant on est donc prêt à explorer le fonctionnement interne d'un ordinateur, dispositif

sans doute le plus complexe que l'ingéniosité humaine ait jamais produit. L'inconvénient avec un ordinateur c'est que beaucoup de composants essentiels sont invisibles. Un petit personnage tout en rondeur ainsi que des dessins conviviaux permettent de lever cette difficulté : « Ce petit lutin vif - nous l'avons baptisé 'Computron' - est censé rendre visibles les processus électroniques internes de l'ordinateur » [6]. La **figure 6** montre Computron dans son environnement constitué de mémoire, registre et compteur ordinal.

Petit à petit, le lecteur se familiarise ainsi avec les commandes comprises par le Kosmos CP1 grâce aux petits exemples de programme. Pour que tout cela fonctionne aussi facilement, les développeurs du CP1 ont eu recours à une astuce : au lieu de confronter l'utilisateur aux nombres binaires et hexadécimaux et à l'assembleur du 8049, l'interpréteur stocké en ROM et déjà mentionné ci-dessus insère une sorte de « strate de confort » entre l'utilisateur et le matériel brut. Cet interpréteur permet d'utiliser des nombres décimaux et seulement une fraction du jeu d'instructions, les instructions sélectionnées étant traduites en allemand. Grâce à ces deux mesures, le seuil de difficulté initial est suffisamment abaissé pour que la familiarisation avec l'informatique devienne un réel plaisir.

Certaines choses semblent rester immuables, même après 35 ans : le premier programme qui démontre le couplage avec du matériel externe est - vous l'avez déjà deviné - un clignotant. Cette variante de « Hello World » du programmeur de microcontrôleur fonctionne cependant avec une ampoule de lampe de poche au lieu de la LED usuelle d'aujourd'hui. Afin de pouvoir réaliser des expériences simplement et sans soudure, les développeurs ont conçu le boîtier du CP1 de manière à ce que les panneaux de connexion des boîtes d'expérimentation Kosmos puissent être connectés directement, comme l'illustre la **figure 7**.

Les circuits deviennent de plus en plus complexes au fil des pages, notamment dans la deuxième partie « Suggestions de programmes pour jouer, contrôler, mesurer et apprendre » : du pilotage de chauffage au système de comptage de personnes ou à la commande de train électrique, en passant par un générateur audio. Et d'autres éléments de théorie sont alors introduits, tels que les systèmes numériques ou les combinaisons binaires. Selon la devise « Jamais deux sans trois », la troisième partie du manuel propose « Quelques principes de base du traitement électronique des données ». Dans celle-ci, le lecteur est familiarisé par ex. avec les circuits électriques, les circuits logiques de base, l'arithmétique binaire et les additionneurs complets. L'utilisateur est ainsi bien préparé à aller encore plus loin avec son CP1.

Extensions

Que serait un système informatique sans options d'extension ? C'est clair : très vite ennuyeux. Kosmos avait prévu à cet effet quatre modules d'extension : l'interface à cassette CP2, l'extension de mémoire CP3, le module de relais CP4 et l'interface d'E/S CP5.

En outre, il existait une coopération avec les kits Fischertechnik, comme un prospectus du CP1 (**fig. 8**) le montre.

Conclusion

Si vous avez découvert l'informatique sur l'ordinateur d'expérimentation CP1 de Kosmos, vous avez certainement acquis une solide base de connaissances et avez passé de

Figure 8. Prospectus sur les extensions avec Fischertechnik (reproduit avec l'aimable autorisation de Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & Co. KG, qui conserve tous les droits d'auteur).



nombreuses heures agréables et utiles. L'obstacle de départ a été facilement surmonté, sans que d'importantes notions techniques essentielles aient été omises. Les possibilités d'extension du Kosmos et de Fischertechnik ont ouvert des voies vers l'électronique et la robotique. Tenté par le CP1 ? Bonne nouvelle, vous trouverez en [7] un lien vers un simulateur CP1 écrit en Java. ◀

(160699 - version française : Xavier Pfaff)

Liens et citations

- [1] <https://de.wikipedia.org/wiki/Franckh-Kosmos>
- [2] <https://console5.com/techwiki/images/4/4a/MCS-48.pdf>
- [3] www.ndr-nkc.de/download/datenbl/8155.pdf
- [4] « KOSMOS Computer-Praxis », éditions Frankh, Stuttgart, 1^{ère} édition, 1983, p. 5.
- [5] *ibidem*, p. 6.
- [6] *ibidem*, p. 9.
- [7] <https://sourceforge.net/projects/cp1-sim/>



@ WWW.ELEKTOR.FR



→ Livre « Retronics » (en anglais)
www.elektor.fr/retronics

→ Livre numérique « Retronics » (en anglais)
www.elektor.fr/retronics-eb



QUESTIONS D'ÉTHIQUE

un zettaoctet de données pour régner dans le plus grand secret

Tessel Renzenbrink (Pays-Bas)



La série *Silicon Valley* de la chaîne HBO est une satire sur ce pôle industriel bien connu. Dans une scène mémorable de la première saison, où des startups s'affrontent face à un panel d'investisseurs en lançant de courtes idées (*pitch*s) sur leur projet dans une compétition appelée *Startup Battlefield*, le désintéressement hypocrite des entreprises *high-tech* est raillé et ridiculisé. On y voit une succession rapide de *pitch*s, chaque équipe tentant de vanter les mérites de son entreprise pour

un monde meilleur ; cela nous donne à entendre quelques phrases cocasses : « Il fera mieux vivre dans le monde grâce à nos centres de données définis par logiciel pour le *cloud computing* » ; « Nous rendons le monde meilleur avec des bases de données extensibles, distribuées et tolérantes aux pannes ». [1]

Les réalisateurs et autres scénaristes n'ont pas sucé tout cela de leur pouce. Il s'agit bien de l'histoire originelle de la plupart des startups : un groupe d'amis, le garage d'une vieille bicoque, et des idées griffonnées sur un sous-bock ; le tout pour améliorer notre vie, pas pour s'enrichir. Mark Zuckerberg insiste toujours sur le fait que Facebook ne vise qu'à rapprocher les gens et à leur permettre de communiquer entre eux ; Google, d'un autre côté, s'est donné pour mission ambitieuse de mettre toutes les informations à la portée de tout un chacun.

Le pire, c'est que nous avons pris tous les bobards de la Silicon Valley pour argent comptant. Au début, toutes ces nouvelles technologies étaient passionnantes, et nous voulions croire non seulement aux promesses d'un tas de services gratuits et d'appareils rutilants bon marché, mais aussi qu'elles apporteraient la solution à tous nos problèmes : la faim dans le



monde, les épidémies, et les embarras de la circulation...

La manipulation comme modèle d'entreprise

La société commence cependant à faire marche arrière, et à douter du « tout numérique ». Le mécontentement est tangible et ne cesse de croître ; il a sans doute atteint son apogée avec le récent scandale de Facebook et *Cambridge Analytica*. Le réveil est collectif, et Facebook

est attaqué de toutes parts : des pertes colossales sur les marchés financiers, des politiciens des deux côtés de l'Atlantique qui exigent des comptes, et des médias qui ont disserté pendant des semaines sur les atteintes à la démocratie. Cambridge Analytica a tenté d'influencer les électeurs lors du référendum sur le *Brexit* et lors des présidentielles américaines, grâce aux données récoltées sur Facebook. Marc Zuckerberg voudrait nous faire croire qu'il s'agit là

d'une dérive regrettable, alors que c'est en fait le cœur du modèle d'entreprise des géants du Web que sont Facebook, Google, Alibaba ou Tencent. Ce modèle ne se limite pas à la collecte de données – parfois intimes – sur nous ; celles-ci sont ensuite traitées pour pouvoir nous manipuler.

Comme le dit si bien Shoshana Zuboff, professeur émérite à la Harvard Business School, le but est bel et bien de modifier notre comportement. Elle étudie depuis les années 80 les effets de la révolution numérique sur les entreprises, et elle est convaincue qu'un nouveau modèle économique, où les sociétés augmentent leurs gains en influençant directement le comportement de la clientèle, est en train de se développer. Il ne s'agit pas de séduction, comme c'est le cas avec la publicité, mais bien d'un véritable contrôle du comportement. Elle a appelé ce modèle économique « capitalisme de surveillance » [2] : les entreprises collectent un maximum de données personnelles et les utilisent pour prédire et modifier le comportement d'un groupe de personnes, dans le but d'en tirer profit.

« Dans dix minutes votre moteur se coupera ! »

Le quotidien *Frankfurter Allgemeine Zeitung* a publié un article sur ce modèle

dommage ; le calcul se fait sur la base de l'historique des automobilistes sur une période d'un an.

Un autre modèle est cependant en train de se répandre, celui de l'assurance au kilomètre (*usage-based insurance*), qui permet aux compagnies de suivre le comportement de leurs clients en temps réel : vitesse, trajets, pauses, utilisation du téléphone et du système de navigation, entretien du véhicule, etc. Un algorithme permet ensuite de décider de la prise de mesures correctives si nécessaire, par ex. une augmentation sensible de la prime en cas de comportement inadéquat, ou un avertissement de mise

mettraient d'influencer le comportement des conducteurs de manière dynamique et en temps réel, en distribuant punitions et récompenses : augmentation ou diminution de la prime, arrêt du moteur, points bonus ou bons de réduction ».

Démocratie sous influence

Zuboff insiste sur le fait que ces développements ne se limitent pas au monde de l'assurance, ni même à notre comportement en tant que consommateur. Tous les aspects de notre vie pourraient être influencés : « Il ne s'agit plus seulement de vous envoyer des prospectus ou annonces publicitaires en ligne ciblés. On veut monnayer les données collectées sur vous en temps réel – le déroulement de votre quotidien – pour influencer ou modifier directement votre comportement ».

C'est sans doute pourquoi le scandale de Cambridge Analytica a fait autant de bruit. Les atteintes de Facebook à la vie privée ont été nombreuses en ses 14 ans d'existence, mais cela n'avait jamais soulevé autant de protestations. Nous réalisons enfin que nos données sont utilisées pour nous manipuler, qui plus est dans un aspect fondamental de nos sociétés : le processus démocratique. ◀

(160701 – version française : Jean-Louis Mehren)

illustration : domaine public



dans le monde des assurances [3]. Pour les assurances auto, il est d'usage de récompenser les bons conducteurs en diminuant leur prime, et d'augmenter celle des conducteurs responsables d'un

hors service temporaire du moteur lors du dépassement du temps de conduite. Zuboff écrit dans l'article : « Dans leurs publications, les compagnies d'assurance prétendent que ces données per-

Liens

[1] HBO's Silicon Valley, Startup Battlefield : is.gd/swMCyq

[2] Shoshana Zuboff, *Big Other: Surveillance Capitalism and the Prospects of an Information Civilization* : is.gd/Hq9jRf

[3] Shoshana Zuboff, *The Secrets of Surveillance Capitalism*, *Frankfurter Allgemeine Zeitung* : is.gd/hCRfFX



bienvenue dans votre e-choppe

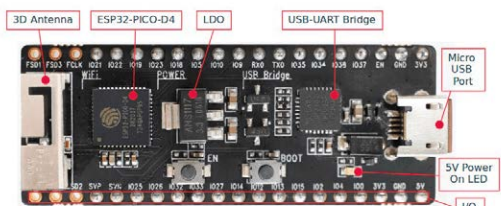
la rédaction recommande



ESP32-PICO-KIT

Avec un minimum de composants discrets, la carte ESP32-PICO-KIT est entièrement fonctionnelle et expose toutes les broches de l'ESP32, c'est idéal pour les plaques d'essai. Son convertisseur USB-série facilite la programmation et le débogage. Comme l'ESP8266, l'ESP32 possède une interface Wi-Fi, mais y ajoute le Bluetooth. La puissance de ses deux cœurs à 32 bits est complétée par des ports et interfaces dont l'ESP8266 est dépourvu. En résumé, l'ESP8266 est un contrôleur Wi-Fi doté de quelques E/S, alors que l'ESP32 est un contrôleur complet. L'ESP32 comporte deux convertisseurs A/N et N/A, des circuits pour capteur tactile, un contrôleur hôte SD/SDIO/MMC, un contrôleur esclave SDIO/SPI, des interfaces UART, SPI, I²C, I²S, Ethernet MAC, MLI (PWM) pour la commande de LED et de moteurs, ainsi qu'une interface pour télécommande à infrarouge et, bien sûr, des ports GPIO. Le système sur puce (SoC) ESP32-PICO-D4 offre 4 Mo de mémoire flash SPI dans un boîtier de 7x7 mm.

Clemens Valens (labo d'Elektor)



www.elektor.fr/esp32-pico-kit

Vos favoris :

1. Testeur intelligent de CMS Mastech MS8911 (LCR-mètre)
www.elektor.fr/ms8911



2. Raspberry Pi 3 (modèle B+)
www.elektor.fr/rpi3b-plus

3. Kit de l'horloge à tubes VFD avec ESP32
www.elektor.fr/vfd-horloge

4. Raspberry Pi 3 Basic to Advanced Projects (livre en anglais)
www.elektor.com/rpi-projects-book

5. Microscope numérique HDMI/AV ADSM 302 d'Adonstar
www.elektor.fr/adsm302

Horloge à tubes VFD et liaison Wi-Fi par ESP32

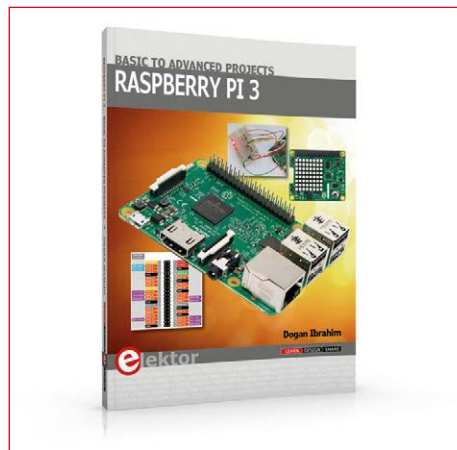


Cette horloge à l'allure vintage affiche l'heure et de la date sur six tubes russes, des VFD type IV-22 et deux indicateurs VFD DM160 (traits séparateurs entre heures, minutes et secondes). Pour sa mise à l'heure, elle se connecte par Wi-Fi à un serveur NTP de l'internet. La structure de l'horloge est modulaire : module DevKitC ESP32 d'Espressif compatible Arduino, carte d'affichage et carte d'éclairage RVB d'arrière-plan.

Prix (membres) : 152,96 €

www.elektor.fr/vfd-horloge

Raspberry Pi 3 – Basic to Advanced Projects

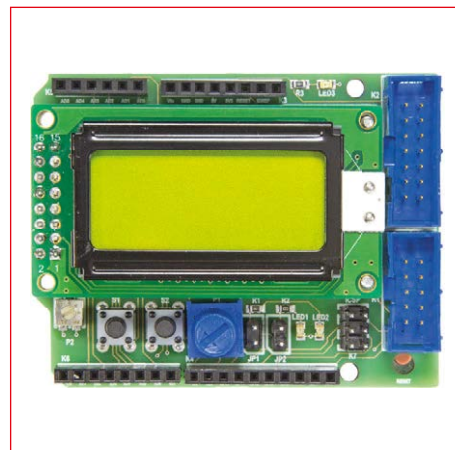


Ce livre (en anglais) traite du nano-ordinateur Raspberry Pi 3, mais surtout de son utilisation dans diverses applications de contrôle et de surveillance : 30 projets testés et fonctionnels. Il couvre aussi la configuration du RPi 3, l'installation et l'utilisation du système d'exploitation Linux, et l'écriture des programmes en Python. Les montages proposés sont intéressants parce qu'ils reposent sur du matériel récent.

Prix (membres) : 29,95 €

www.elektor.fr/rpi-basic-advanced-projects

Shield d'expérimentation Arduino version 2.0



Le shield proposé en 2014 améliorait la carte Arduino avec des LED, des boutons-poussoirs, un écran LCD et un accès à l'interface UART et aux broches du microcontrôleur. Ce shield a suscité – et suscite encore – beaucoup d'intérêt ; une révision s'imposait donc ! La version 2.0 de ce shield permet maintenant de connecter n'importe quel écran LCD standard avec connexion à 2x8 trous.

Prix (membres) : 29,25 €

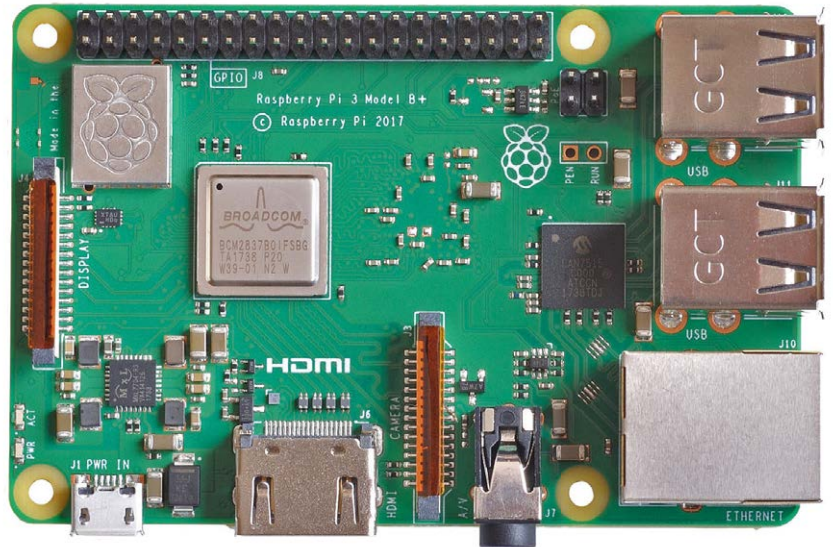
www.elektor.fr/160593-91



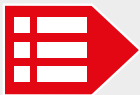
Raspberry Pi 3 (modèle B+)

Par rapport à celles de son prédécesseur, la vitesse et la puissance de ce Raspberry Pi 3 B+ ont gagné globalement 15 %.

Cette amélioration significative du RPi 3 B+ n'entrave nullement sa compatibilité (électrique et mécanique) avec les modèles RPi 3 B, 2 et B+.



- Accélération du processeur quadricœur : environ 15 % de capacité de traitement supplémentaire
- Prise en charge du décodage H.264 MPEG-4 (1080p30), du codage H.264 (1080p30) et de la gestion graphique Open GL ES 1.1 et 2.0
- 1 Go de mémoire LPDDR2 SDRAM
- Communication sans fil à double bande 802.11ac (2,4 GHz / 5,0 GHz)
- Gestion de l'alimentation améliorée
- Gestion thermique améliorée



Prix (membres) : 36,95 €
www.elektor.fr/rpi3b-plus

Maîtrisez les microcontrôleurs à l'aide d'Arduino (3^e édition)

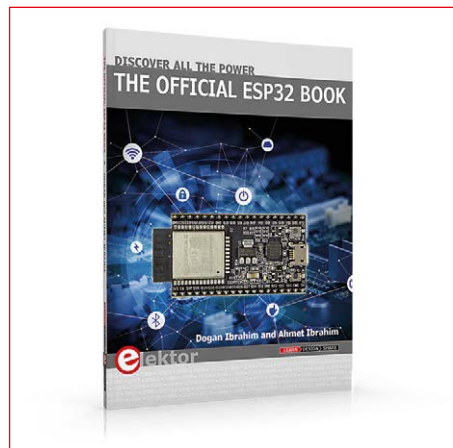


3^e édition augmentée avec AVR Playground & Elektor Uno R4
L'ambition de cet ouvrage est de vous faire entrer dans le monde Arduino puis de vous en faire ressortir victorieux pour vous emmener plus loin dans l'apprentissage de la programmation des microcontrôleurs. Il met la théorie en pratique sur une carte Arduino avec l'environnement de programmation Arduino.

Prix (membres) : 32,85 €

www.elektor.fr/livre-arduino3

The official ESP32 Book (livre en anglais)

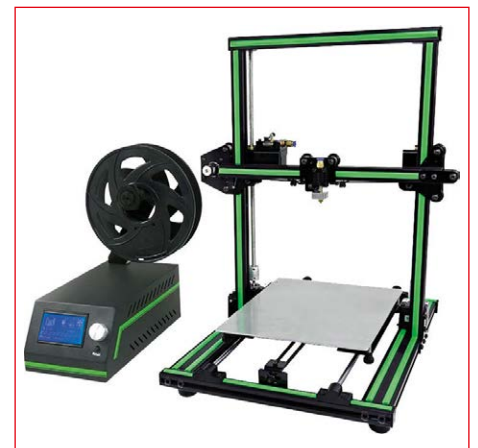


Ce livre est une introduction au microcontrôleur ESP32 et décrit les principales caractéristiques matérielles et logicielles de cette puce. Le but principal de cet ouvrage est de montrer au lecteur comment utiliser le matériel et les logiciels de l'ESP32 dans des projets pratiques. De nombreuses réalisations reposent sur la carte de développement ESP32 DevKitC, l'environnement de développement Arduino et le langage de programmation MicroPython.

Prix (membres) : 31,46 €

www.elektor.fr/official-esp32-book

Anet E10 : nouvelle imprimante 3D en kit



Pas envie, ni le temps d'assembler des pièces détachées ? L'imprimante 3D Anet E10, en kit et assemblée en un ¼ h, est idéale pour vous. Elle est silencieuse, robuste (châssis en aluminium), rapide, précise et elle imprime des objets de grande taille. Vidéo sur le déballage et le montage : il suffit d'assembler le socle (muni de son plateau chauffant) et le portique, fournis montés l'un et l'autre. Pas de soudures, mais des connecteurs étiquetés.

Prix (membres) : 319,00 €

www.elektor.fr/anet-e10

Hexadoku casse-tête pour elektorniciens

Votre magazine se termine toujours et encore par une grille de sudoku particulière. Éteignez le fer à souder, oubliez les écrans de PC et d'oscilloscope, rangez les pinces et les fils. Faites travailler votre matière grise d'une autre façon : attrapez un crayon pour remplir la grille d'hexadoku.

N'oubliez pas d'envoyer votre réponse pour tenter de gagner un bon d'achat.

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 **cinq** 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 !

Où envoyer votre réponse ?

Envoyez votre réponse (les chiffres sur fond grisé) avec vos coordonnées par courriel, avant le **27 juillet 2018** à l'adresse hexadoku@elektor.fr

Les gagnants

La solution de la grille du numéro de mai/juin 2018 est **DEF0C**.

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

Mike **Corteling** (Australie), Emil **Cugini** (Suisse), Simone **Drall** (Allemagne), Jos **van Goethem** (Pays-Bas) et Lucie **Liochon** (France).

Bravo à tous les participants et félicitations aux gagnants !

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

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

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.



enova

Salon de l'innovation en électronique,
mesure, vision et optique

PARIS

Paris expo
Porte de Versailles

23 - 24
OCTOBRE
2018

PRENEZ DE L'AVANCE
SUR LE FUTUR

Votre badge gratuit sur www.enova-event.com

Made by
GL
events

enova
2018 >

LYON
7-8 FÉVRIER

TOULOUSE
30-31 MAI

PARIS
23-24 OCTOBRE

- Plus de 45 ans d'expérience
- Grande disponibilité et livraison garantie
- Plus de 90 000 produits

LA TECHNIQUE PROFESSIONNELLE AU SERVICE DE VOTRE PROJET - POINTS FORTS DE LA TECHNIQUE DE MESURE

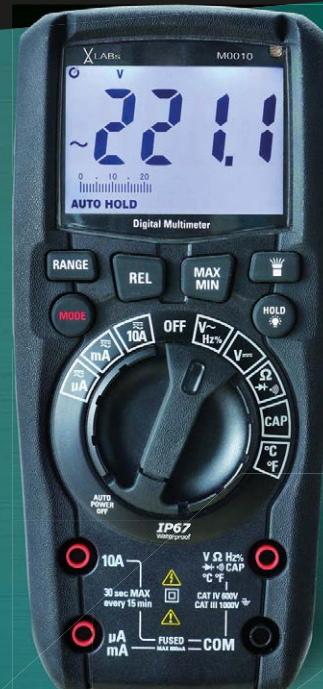
Multimètre TRMS, 6 000 counts

Outre toutes les fonctions de mesure élémentaires pertinentes, comme la mesure d'intensité, de tension, de résistance, de capacité et de fréquence, le multimètre permet également la mesure de températures à l'aide d'une sonde de température.

- Intensité CA/CC jusqu'à 10 A, tension CA/CC jusqu'à 1 000 V
- Fonction de test des diodes et contrôle de passage
- Rétroéclairage et lumière de travail intégrée
- Graphique en barres analogique

Référence : VAL M0010

BON PLAN **80,65** (€ 67,21)



XLABs

EN 61010-1
CAT IV
600 V

EN 61010-1
CAT III
1000 V

IP67

UTILISABLE ÉGALEMENT
DANS L'OBSCURITÉ LA PLUS TOTALE !



Générateur de fonction arbitraire GWINSTEK

L'appareil AFG-2225 propose 2 canaux avec des spécifications identiques : il est optimal pour des applications à double signal, comme la génération d'un signal différentiel ou la signalisation IQ.

- Résolution de 1 µHz sur l'intégralité du spectre
- Largeur de bande de 10 bits
- 1-99 % de facteur d'utilisation avec une forme d'ondes rectangulaire
- Interface hôte USB / appareil



Référence : AFG-2225 au lieu de € 384,81

346,89 (€ 289,08) **10% ÉCONOMISEZ**

Oscilloscope numérique à mémoire UNI-T

Conçu pour une agréable convivialité avec transposition extrêmement rapide des mesures saisies. Idéal pour les travaux d'entretien, à des fins de formation et pour le domaine de l'assurance qualité.

- Écran : écran 7" Full Color
- Taux d'échantillonnage : 250 MS/s
- Profondeur mémoire : 25 kpts
- Interfaces : USB OTG, Pass/Fail



2 CANAUX
25 MHz

Référence : UTD 2025 CL au lieu de € 281,49

251,24 (€ 209,36) **11% ÉCONOMISEZ**

Lot de testeurs, 8 pièces

- 2 x Kleps 30
- 2 x pointes de sonde PRUF2
- 2 x pinces crocodile AK2S
- 2 x câbles de mesure 1 m MLN 1/100 (1,0 mm²)



Référence : PMS 4 8 pièces

22,29 (€ 18,57)

Câbles de raccordement

- Mini-pinces crocodile isolées
- Longueur du câble : env. 480 mm



Référence : MK 612S 10 pièces

1,51 (€ 1,26)

ABONNEZ-VOUS MAINTENANT À LA NEWSLETTER ET PROFITEZ PLEINEMENT !

Pour être toujours le premier informé - Des offres exceptionnelles, des thèmes intéressants, des opérations et des nouveautés



SE CONNECTER MAINTENANT ▶ <http://rch.it/NLFR>

