



elektor

DÉCOUVRIR

CRÉER

PARTAGER



Raspberry Pi
mesure de consommation
d'électricité



Meassy
système de mesure pour
audiophiles



Android
carte d'E/S (2)



ampli audio 60 W compact

**réalisation fringante
à un prix abordable**

Dans cette édition :
4 projets de lecteur
2 projets du labo
2 cours
1 banc d'essai
et bien d'avantage...

**cours d'assembleur
(3^e partie) : simulation**

de 555 avec PIC • cours : langage

UPL d'EAGLE • carte ARM SAM-D20 : adaptateurs

Gnublin/EEC & ECC • banc d'essai : magnétomètre à

trois axes MLX90393 • Red Pitaya à l'écoute : récepteur

FM stéréo • tubes alimentés sur batteries • rétronique : Téfifon, lecteur de

bande à sillon gravé • concours ARM CMSIS : les gagnants • trucs & astuces

L 19624 -448- F: 7,80 €-RD



DÉCOUVRIR

CRÉER

PARTAGER

elektor●PCB Service

le fruit de la coopération d'elektor et d'eurocircuits



**confiez-nous
la production de vos circuits imprimés,
vous avez tout à y gagner !**

➡ **le prix !**

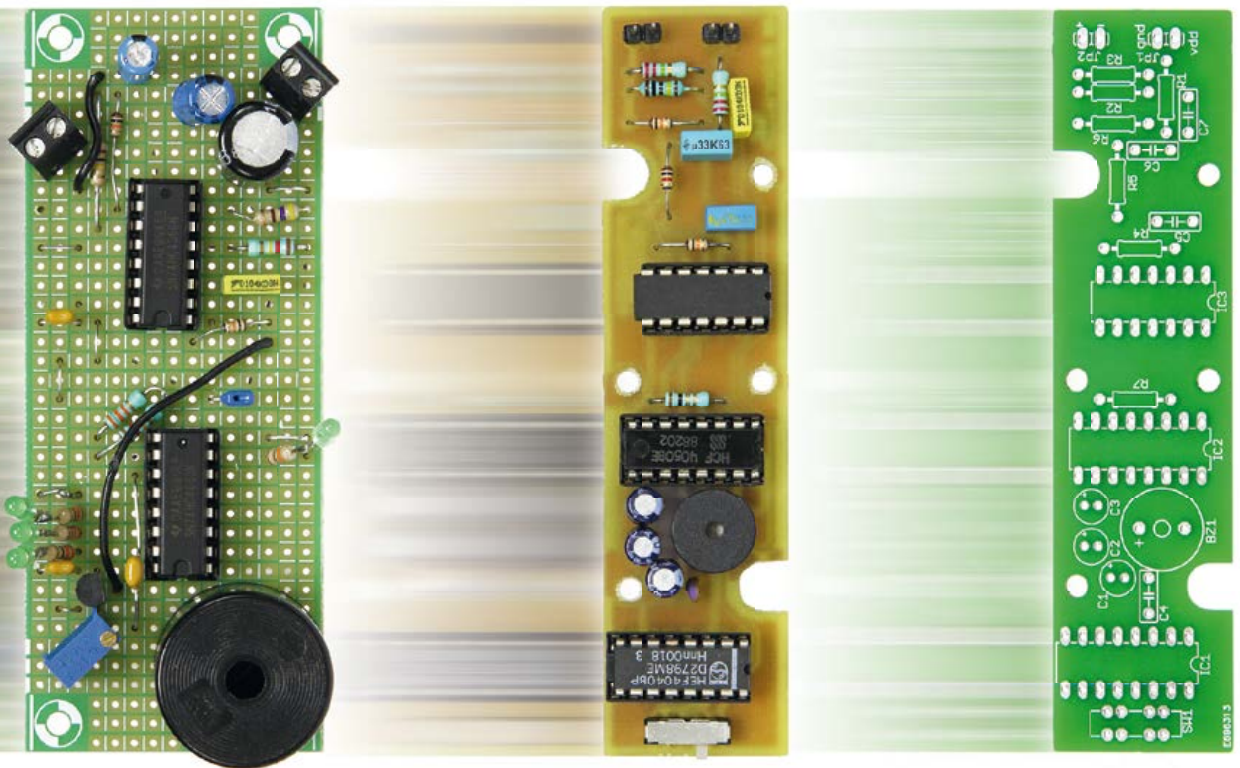
irrésistible...

➡ **la qualité !**

imbattable...

➡ **la fiabilité !**

inégalée...



elektor PCB service est, à l'échelle européenne, le service le plus complet de fabrication sur mesure de circuits imprimés. Ce service commence en ligne, par le confort et l'efficacité d'outils faits sur mesure, étudiés pour vous permettre de visualiser votre commande et de l'analyser *avant* de payer.

- Pour vos débuts, vous utiliserez éventuellement le service de **prototypage sans masque de soudure** ; dans ce cas, vos circuits imprimés simple ou double face sont nus.
- Pour les utilisateurs exigeants, nous proposons les options sans compromis. Le **PCB Visualizer** montre les circuits imprimés tels qu'ils seront livrés, le **PCB checker** procède à une vérification technique de votre circuits imprimés (*design rules check*), et enfin le **PCB configurator** facilite la préparation de la commande.

Des menus bien conçus et un guidage par options accélèrent le processus de commande sans négliger aucun détail. Au moment de passer votre commande, vous savez exactement ce qui sortira de nos machines.



Qu'il soit perso ou pro, confiez votre prochain PCB à :

www.elektorPCBservice.com

Elektor est édité par :

PUBLITRONIC SARL

c/o Regus Roissy CDG

1, rue de la Haye

BP 12910

FR - 95731 Roissy CDG Cedex

@ : service@elektor.fr

Tél. : (+33) 01.49.19.26.19

du lundi au vendredi de 10h à 13h

Fax : (+33) 01.49.19.22.37

www.elektor.fr | www.elektormagazine.fr

Banque ABN AMRO : Paris

IBAN : FR76 1873 9000 0100 2007 9702 603

BIC : ABNAFRPP

Publicité :

Fabio Romagnoli +32 485 65 40 90

fabio.romagnoli@eimworld.com

DROITS D'AUTEUR :

© 2015 Elektor International Media B.V.

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

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

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



L'inspiration est-elle dans le bocal ?

« Je n'ai pas le Wi-Fi, pas la 4G, la 3G non plus d'ailleurs. Je n'ai pas d'écran tactile. Je ne peux pas vous dire combien de kilomètres vous avez couru hier ni vous montrer des vidéos de chats qui parlent. Je ne suis pas fabriqué à l'autre bout du monde. Je ne suis pas extra-plat, non vraiment pas. Et pourtant à ma façon, je peux améliorer votre quotidien... Le Parfait, conservons ce que le monde a de meilleur. Retrouvez tous nos bocaux... »

L'été dernier, vous avez peut-être vu ce spot publicitaire qui vante les avantages d'un célèbre bocal pour conserves ménagères. Cette parodie des campagnes pour les appareils *high-tech* célèbre le retour à l'essentiel. Le bocal est aujourd'hui à la mode parce qu'il répond aux aspirations du moment : alimentation saine, respect des saisons, réduction du gaspillage, succès du fait-maison, conservation sans dépense d'énergie. Ses ventes croissent régulièrement depuis quelques années. Le bocal n'est plus l'apanage des grands-mères.

Nous voilà bien loin de l'électronique. Il est vrai que cela fait du bien de temps en temps de revenir aux choses simples. Quel plaisir d'aller au jardin pour s'y livrer à des tâches terre à terre comme l'arrachage des mauvaises herbes ou la récolte des légumes d'automne. Ou bien encore travailler le bois pour remettre en état un meuble, ou le métal pour réparer une pièce en fer forgé. J'apprécie ces moments où l'on se retrouve face à soi-même, où notre esprit est libre sans être attiré par un écran, ni interrompu par une sonnerie... Paradoxalement c'est au fond du jardin que j'ai mes meilleures idées pour le travail *elektorien*, lorsque je suis déconnectée au sens propre.

Toutefois, quand je vois les projets mijotés par nos lecteurs et le labo d'Elektor ce mois-ci (comme tous les autres mois d'ailleurs), je reviens avec plaisir et enthousiasme dans le monde de l'électronique. Et je serais curieuse de savoir ce que faisaient ces auteurs au moment précis où ils ont eu l'idée de leur projet.

Mariline Thiebaut-Brodier

Notre équipe

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

- 6 Elektor : guide de connexion(s)
- 62 l'e-choppe d'Elektor
- 80 des nouvelles du monde d'Elektor
- 82 Hexadoku
- 20 concours de conception ARM CMSIS les gagnants

DÉCOUVRIR

CRÉER

PARTAGER

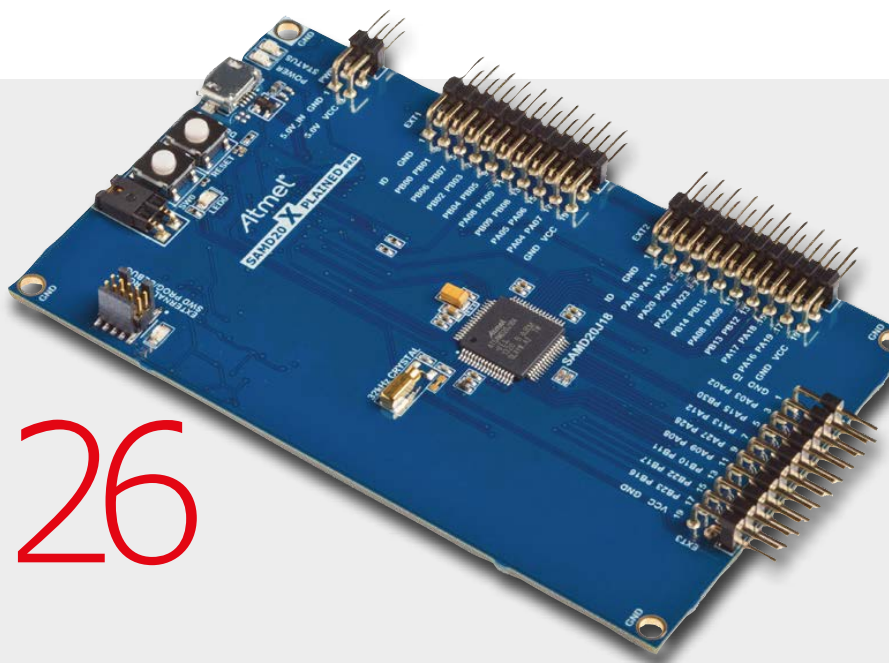
- 8 bienvenue dans la section DÉCOUVRIR
- 9 trucs et astuces
contrôleur AVR, variomètre à aimant
- 10 cours intensif d'assembleur (3)
remplacez un 555 par un PIC
- 17 tubes alimentés sur batteries
drôle de composant n°19
- 18 trucs & astuces pour EAGLE (1)
dressez votre aigle
en lui apprenant le langage ULP

DÉCOUVRIR

CRÉER

PARTAGER

- 25 bienvenue dans la section CRÉER
- 26 surARMement : deux nouveaux adaptateurs
invasion sur les connecteurs d'extension de la
carte SAM-D20
- 33 mesurez votre consommation d'énergie
avec un RPi
assisté de Python, PHP et MySQL
- 38 ampli audio 60 W ultra compact
pas cher, une réalisation fringante qui en jette !
- 42 Red Pitaya en récepteur FM stéréo
la plateforme de mesure à l'écoute
- 46 carte d'E/S pour Android (2)
l'électronique embarquée, pilotez-la depuis
votre téléphone portable
- 54 MEASSY
système à la mesure des haut-parleurs des
audiophiles



26



AMPLI AUDIO

PAS CHER, UNE

Il ne détient sans doute pas le
mais sur 38x56 mm, cet ampli-
est moins cher et plus petit
intégrés comparables. Il offre
et se glisse sans peine dans
caisson de grave du salon...

54



SURARMEMENT : DEUX NOUVEAUX ADAPTATEURS

INVASION SUR LES CONNECTEURS D'EXTENSION DE LA CARTE SAM-D20

Mini-platines - maxi utilité : dès à présent, il est possible de connecter à la carte SAM D20 popularisée par notre cours ARM les cartes d'extension EEC/Gnublin et ECC. Radio 433 MHz, RS-485, NFC, clavier tactile, afficheur, relais, MIDI, CA/N 16 bits sont les ingrédients de projets les plus divers à base de cerveau ARM 32 bits. Bien évidemment cet article est accompagné d'un logiciel de démo !

DÉCOUVRIR

CRÉER

PARTAGER

68 **bienvenue dans la section PARTAGER**

69 **magnétomètre à trois axes MLX90393
configuré par logiciel**
banc d'essai

72 **Zelio Logic**
automate programmable
au service de la domotique

74 **Rétronique**
Tefifon : lecteur de bande à sillon gravé

78 **.LABorama**
le goût du fait maison

60W ULTRA COMPACT

RÉALISATION FRINGANTE QUI EN JETTE !

record de la plus haute fidélité,
ificateur à composants discrets
que les modules de puissance
une excellente qualité de son
un coin de la voiture, le



MEASSY

SYSTÈME À LA MESURE DES HAUT-PARLEURS DES AUDIOPHILES

Vous êtes un passionné qui construit ses enceintes acoustiques, mais qui en a assez des sacs de nœuds et de l'instabilité des systèmes de mesure improvisés. Un bout de câble par-ci, un adaptateur par-là et puis quoi ? Vous connaissez cette frustration ? Moi aussi, alors j'ai conçu un instrument de mesure digne de ce nom : voici MEASSY, l'appareil qui mesure les haut-parleurs en action.

 **bientôt sur ces pages**

Produire des signaux jusqu'à 10 MHz

Un laboratoire d'électronique digne de ce nom est doté d'un générateur de fonctions. Notre prochain projet phare vous permettra d'en réaliser un exemplaire bien équipé. Les signaux triangulaires, sinusoïdaux et rectangulaires sont produits par synthèse numérique directe (DDS, *Direct Digital Synthesizer*) ; huit boutons, deux potentiomètres à dix tours et un afficheur graphique rendent son utilisation conviviale.

T-Board avec contrôleur ARM

Grâce à notre cours ARM, nombre de lecteurs ont acquis de l'expérience avec le SAM D20 d'Atmel. Le SAM D21 appartient, comme son petit frère, à la famille des contrôleurs Cortex M récents et économes en énergie, mais il possède en plus une interface USB. Notre petite carte avec processeur embarqué facilite le prototypage sur une plaque d'expérimentation.

Windows sur Raspberry Pi

Ça y est ! Il est possible de télécharger gratuitement Windows 10 pour Raspberry Pi 2. Nous vous montrerons comment écrire des programmes afin de piloter des circuits électroniques.

Sous réserve de modification.

Le numéro de novembre paraîtra le 20 octobre.

Elektor : votre guide

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

57

pays

247063

membres actifs

10

experts &



elektor.post

L'hebdo d'Elektor

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

www.elektor.com/newsletter



communauté Elektor

Devenez membre, Green ou Gold

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

www.elektor.com/memberships



elektor.TV

Pour y voir plus clair

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

www.youtube.com/user/ElektorIM



Elektor PCB Service

Des cartes à la carte

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

www.elektorpcbservice.com



elektor.labs

découvrir, créer & partager

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

www.elektor-labs.com



elektor.academy

À cheval sur la courbe d'apprentissage

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

www.elektor-academy.com

de connexion(s)

29

481

233521

08:57

SEPTEMBER 02 2015

auteurs

publications

visiteurs (mois)

date de référence



elektor.magazine

Plus de 500 pages d'électronique inédite chaque année

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

www.elektormagazine.fr



e-choppe Elektor en ligne

Votre panier d'achats pour l'électronique

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

www.elektor.fr



livres et DVD Elektor

La puissance de l'information

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

www.elektor.fr

Formule GREEN

92,50 € par an

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

www.elektor.fr/formule-greencard

Formule GOLD

127,50 € par an

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

www.elektor.fr/formule-goldcard

Formule gratuite !

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

www.elektor.fr/inscription

3 formules pour rester connecté avec Elektor !

bienvenue dans la section **DÉCOUVRIR****Jens Nickel**

La conscience humaine constitue l'un des domaines de recherche les plus fascinants de l'intelligence artificielle et la robotique. Un magazine scientifique de renom a abordé le sujet dans un article consacré au robot-enfant iCub. Elektor en a fait de même il y a quelques années dans sa rubrique « Nouvelles ».

iCub apprend seul en explorant son corps par interaction avec son environnement. Pour cela, il bouge ses membres de manière aléatoire et découvre les effets que ceux-ci peuvent engendrer. Les chercheurs espèrent que le bébé androïde améliore en permanence la perception qu'il a de lui-même. Les spécialistes sont unanimes sur ce point : l'autoperception est un des piliers de la conscience humaine.

Espérons que cette équipe interdisciplinaire réussira à en apprendre plus sur le développement du bébé par l'intermédiaire de ce petit robot. Je pense néanmoins qu'il manque un élément essentiel à iCub par rapport à son homologue biologique. En effet, dès qu'un bébé voit le monde, il explore

celui-ci avec ses sens et découvre certaines lois universelles, comme celle de la gravitation, cette force responsable de la chute des corps. Il acquiert également la « permanence » de l'objet : il sait que ce dernier continue d'exister même si on le cache derrière un autre. Le bébé arrive à la perception spatiale de la pièce dans laquelle il se trouve, avec tous les objets qu'elle contient en se servant de règles d'addition simples.

Rapidement, il en résulte pour lui un « espace logique » qui inclue bien sûr une image de son propre corps*. De sa propre initiative il repousse les limites de cet « espace ». Car savoir, c'est vraiment pouvoir. Plus le bébé en sait, plus il est capable d'atteindre des objectifs séduisants. La curiosité est donc payante. Or, c'est justement ce ressort qui met la machine en route, quel que soit notre âge. C'est cet *elater animi* qui manque encore à tous les robots, même à iCub qui ne peut être « motivé » qu'au travers de programmes rigides. Et puis, comme l'indique l'auteur de l'article susmentionné, on ne souhaite pas trop conférer à un robot l'autodétermination.

« Je peux sortir ? » « Tu pourrais me brancher l'ordinateur ? » « Pourquoi mes jambes sont-elles aussi courtes ? » Ce n'est que lorsque l'humanoïde posera de telles questions, qu'il aura quelque chose d'humain. Le bébé doit non seulement éprouver du plaisir à résoudre certaines tâches, mais aussi à s'en donner de nouvelles.

La soif d'apprendre et de comprendre est tellement forte qu'elle pousse parfois à aller au-delà de la recherche du bénéfice direct. « Ai-je (enfin) saisi quelque chose de complexe ? » « Mes connaissances dans un domaine particulier seront-elles encore plus solides ? » Ressentez-vous vous aussi cette bonne sensation de plaisir intellectuel ?

C'est dans cet esprit que nous vous souhaitons beaucoup de plaisir à apprendre.

* Nous aussi, les humains, nous ne savons ni comment se crée cet « espace » ni ce qui se produit « au-delà des limites de cet univers ». En fait, il n'est pas impossible que tout soit le résultat d'une belle illusion à la « Matrix ». Mais peu importe. Il semblerait que l'essentiel pour l'autoperception c'est qu'il n'y ait pas de contradiction entre observation et conclusion. Les mesures exécutées avec nos appareils constituent des aides supplémentaires, mais peut-être qu'elles aussi font partie d'une illusion. Nous n'avons pas les moyens de le prouver ou de le réfuter. Cela me rappelle cette expérience de pensée avec la capsule spatiale fermée qui est soit en repos, soit en mouvement rectiligne et uniforme. Un observateur dans la capsule spatiale est incapable de détecter la différence puisque dans les deux cas il obtient les mêmes résultats de mesure.

Il est intéressant de voir ce que les physiciens en concluent. Il n'y a aucun point fixe absolu dans l'univers qui permette de détecter un mouvement de la capsule. Soit c'est la capsule qui est en repos, soit c'est ce point qui est en mouvement. Tout est une question de point de référence, point que nous pouvons sélectionner selon nos envies ; tout est relatif.

Comme nous n'avons pas d'étalon pour faire la distinction entre notre image « normale » du monde et une bonne illusion, il se pourrait que notre image usuelle de la réalité ne soit qu'un choix arbitraire. En fait, il est possible que plusieurs espaces logiques coexistent sans pour cela engendrer de contradictions entre observation et conclusion. ◀

(150358 – version française : Pascal Duchesnes)

trucs et astuces

les lecteurs écrivent aux lecteurs

Encore des solutions fûtées qui facilitent la vie des électroniciens.



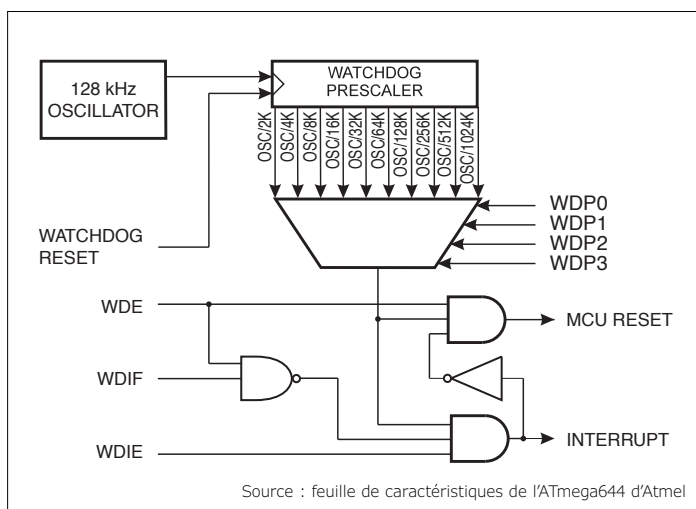
Conseil de sécurité pour contrôleur AVR

Andreas Riedenauer (FAE), Ineltek Mitte GmbH

Le temporisateur de type chien de garde (Watchdog Timer, WDT) déclenche une remise à zéro quand le contrôleur se plante. Cela n'arrive pas qu'avec une erreur dans le programme, le coupable peut aussi être un puissant parasite électromagnétique ou un rayonnement radioactif comme celui des rayons cosmiques.

En fonctionnement normal, on peut toujours réinitialiser périodiquement le WDT par une instruction WDR (Watch Dog Reset) insérée dans la boucle du programme. Sans quoi, comme on vient de le voir, c'est le système qui subit une réinitialisation. Du même coup, les registres de fonctions spéciales (SFR, également registres d'E/S) retournent à leur état par défaut, mais aussi les ports, dont les entrées se retrouvent privées de leur résistance de polarisation haute. Quand il s'agit de la commande d'étages de puissance, en particulier avec des charges inductives, il faut veiller à ce que cette situation ne perdure pas en raison du fort courant continu mis en jeu et du risque de saturation.

Le même processus peut survenir lors d'une panne du quartz du système, suite à un choc violent, par exemple, pour couper les étages de puissance. Mais attention ! Si l'horloge du système s'arrête au moment de l'envoi de l'instruction WDR, les E/S ne pourront pas réagir ! En conséquence, il est recommandé de positionner cette instruction WDR à un endroit non critique dans le



déroulement du programme. Une bonne précaution consiste à commander les sorties de manière telle qu'elles ne puissent pas causer de dommages, même si elles risquent de se bloquer dans cet état.



Le variomètre à aimant

Burkhard Kainka

L'inductance fixe représentée ici fait 22 μH . Mais si vous en approchez un aimant, son coefficient d'auto-induction diminue. Pourquoi ? Quand un noyau de ferrite est soumis à un puissant champ magnétique, sa perméabilité diminue et peut aller jusqu'à la saturation. Il est ainsi possible de régler l'inductance dans une plage de 1 à 10 par exemple.

Il va de soi qu'on ne parle pas ici de l'appareil qui, en aviation, mesure la vitesse de montée ou de descente. La syntonisation par variomètre remplace l'usage du condensateur variable habituel et a parfois été mise à profit sur les autoradios. Elle souffre malgré tout d'un excès d'amortissement. Alors que l'impédance diminue en haute fréquence, la résistance série du fil de la bobine reste la même, ce qui diminue le facteur de mérite. Quand l'accord est obtenu par condensateur variable, la bande passante reste assez constante d'un bout à l'autre de la gamme, tandis qu'avec le variomètre, elle s'élargit. On peut faire l'expérience sur un récepteur pour ondes moyennes en approchant un aimant de l'antenne ferrite. En bas de gamme, l'accord est aisé, mais la sélectivité et la sensibilité s'atténuent à mesure que la fréquence augmente. ◀



(150227 – version française : Robert Grignard)

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 € !



cours intensif d'assembleur

(3) remplacez un 555 par un PIC

Miroslav Cina miroslov.cina@t-online.de

La première partie de cet article était consacrée aux bases de la programmation en assembleur et aux aspects matériels du contrôleur PIC utilisé. Dans la deuxième partie, nous avons conçu un dé électronique. Dans cette dernière partie, nous vous montrons comment simuler un circuit intégré (CI) standard comme le célèbre temporisateur NE555 à l'aide d'un microcontrôleur moderne.

Ne perdons pas notre temps à parler du temporisateur NE555 lui-même. Ce circuit intégré est produit depuis 1972 et détient aujourd'hui encore le record du nombre de pièces vendues alors qu'il n'est même pas « numérique ». Il est non seulement capable de fonctionner comme générateur de signaux rectangulaires ou monostable, mais sa mise en œuvre est en plus incroyablement souple.

La version normale bipolaire permet des signaux jusqu'à 500 kHz, et ses successeurs plus modernes comme le LMC555 de TI atteignent même des fréquences jusqu'à 3 MHz. On peut très bien produire des signaux rectangulaires et autres avec des circuits intégrés polyvalents comme les microcontrôleurs. Nous vous montrons ci-dessous comment utiliser un PIC12F675 pour remplacer un 555. Nous nous intéresserons essentiellement à la fonction d'oscillateur rectangulaire. Les autres fonctions, par ex. monostable..., peuvent très bien être réalisées par logiciel ; nous vous encourageons à faire preuve d'imagination !

Étape 1 : oscillateur minimal

Pour notre premier programme, nous n'aurons besoin que d'un microcontrôleur et de quelques lignes de code – et c'est tout. La fréquence du signal rectangulaire produit peut être définie dans le code, d'une valeur très faible à environ 166 kHz. Le microcontrôleur montre sa supériorité pour les basses fréquences parce qu'il peut produire de manière stable des périodes ou des impulsions avec une durée d'un jour, d'un mois ou plus encore. La fréquence maximale dépend de la fréquence d'hor-

loge du contrôleur. Comme le montre la **figure 1**, le circuit ne peut pas être plus simple.

Le programme nécessaire ne s'occupe que du pilotage de la sortie. Pour un signal rectangulaire avec un rapport impulsion/pause de 50 %, on atteint la fréquence la plus élevée avec le code suivant en assembleur :

```
output_1 bsf    GPIO,D'001' ;1us @ 4 MHz
          nop      ;1us @ 4 MHz
          nop      ;1us @ 4 MHz
          bcf    GPIO,D'001' ;1us @ 4 MHz
          goto   output_1    ;2us @ 4 MHz
```

La première instruction met la sortie GP1 à 1 (logique). Le commentaire de cette instruction indique la durée de l'instruction : une μ s pour une horloge à 4 MHz. On attend ensuite deux μ s du fait de deux instructions nop, jusqu'à ce que la sortie soit de nouveau mise à 0 (logique). Cette attente est nécessaire pour obtenir la symétrie ; en effet, le retour au début de la boucle avec la commande goto dure 2 μ s. Cette boucle sans fin crée pour une cadence de l'oscillateur interne de 4 MHz une fréquence de sortie à env. 166 kHz. L'oscillogramme de la **figure 2** prouve la bonne qualité du signal rectangulaire ainsi obtenu. Pour des fréquences plus basses, il suffit d'intégrer des pauses plus longues. Vous avez pour ce faire deux possibilités : pour la gamme des kHz, il suffit d'ajouter le nombre correct de nop supplémentaires. Pour les signaux plus lents, il vaut mieux

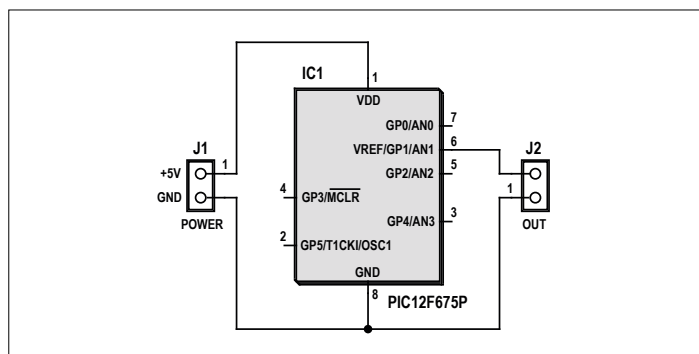


Figure 1. La variante la plus simple du substitut au 555 se passe de composants externes.

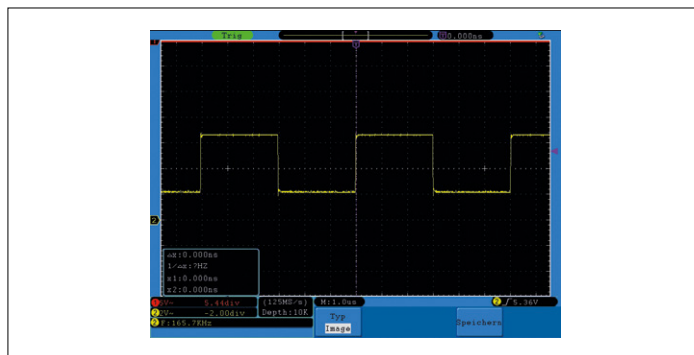


Figure 2. Oscillogramme du signal de l'étape 1 : un bon 166 kHz pour un rapport cyclique de 50 %.

créer une boucle d'attente à part entière qui démarre dans la boucle principale. Pour un rapport cyclique de 0,5, les pauses doivent être symétriques. L'exemple suivant met en évidence le double appel de la routine *wait_1*:

```
output_1 bsf   GPIO,D'001' ;1us @ 4 MHz
        nop    ;1us @ 4 MHz
        nop    ;1us @ 4 MHz
        call   wait_1    ;predefined delay
        bcf    GPIO,D'001' ;1us @ 4 MHz
        call   wait_1    ;predefined delay
        goto   output_1  ;2us @ 4 MHz
```

Un appel via la commande *call* dure déjà 4 μ s (*call* elle-même a besoin de 2 μ s et le *return* dure 2 μ s). On définit dans la routine *wait_1* le temps d'attente nécessaire.

Si on a besoin d'un rapport cyclique asymétrique, on intègre des pauses asymétriques. C'est ce que fait le code suivant avec *nop* :

```
output_1 bsf   GPIO,D'001' ;1us @ 4 MHz
        nop    ;1us @ 4 MHz
        nop    ;1us @ 4 MHz
;additional delay - additional 4  $\mu$ s -----
        nop
        nop
        nop
        nop
;-----
        bcf    GPIO,D'001' ;1us @ 4 MHz
        goto   output_1    ;2us @ 4 MHz
```

Les 4 μ s supplémentaires réduisent la fréquence à environ 100 kHz. Comme la phase à 1 dure maintenant 7 μ s et que la phase à 0 seulement 3 μ s, le résultat donne un rapport cyclique de 70 % visible sur la **figure 3**.

Encore une chose à propos du minutage : normalement, toutes les instructions ont besoin de quatre cycles d'horloge. La durée d'exécution est donc tout naturellement $t = 4 / \text{fréquence d'horloge}$. Les exceptions sont par exemple *goto*, *call* ou *return*, qui manipulent le compteur d'instructions ; elles ont besoin

de huit cycles d'horloge et donc d'un temps d'exécution deux fois plus long.

Vous devez savoir que l'horloge interne calibrée en usine avec une précision de $\pm 1\%$ peut également être manipulée. En cas de besoin, il est possible de modifier la valeur de calibrage stockée dans la puce. C'est ce que fait justement le code suivant :

```
bsf   STATUS,RP0
call  H'3FF'
movwf OSCCAL
bcf   STATUS,RP0
```

Bien sûr, on peut enregistrer dans le registre *OSCCAL* une valeur personnelle et ainsi changer le cycle d'horloge réel.

Maintenant que ce principe est clair, voyez le **listage 1**, le code complet grâce auquel on va transformer un PIC12F675 en un générateur rectangulaire à 166 kHz, avec un rapport cyclique de 0,5.

Tout d'abord, le contrôleur utilisé est défini et configuré à partir de *_U002*. Ce faisant, l'oscillateur interne est activé avec la valeur « 100 » dans les trois bits de poids faible ; la broche MCLR est réglée pour servir d'entrée et non de RAZ. Les quatre instructions suivantes (de *bsf* à *clrf*) désactivent les fonctions analogiques inutiles et mettent la broche GP1 en sortie. Les trois instructions suivantes de *call* à *bcf* étalonnent l'oscillateur interne comme on l'a vu plus haut. La boucle principale finale de *bsf* jusqu'à *goto* ne compte que cinq instructions.

Étape 2 : réglage de la fréquence

Le circuit de la **figure 4** comprend en plus le potentiomètre P1, qui permet de régler la fréquence de sortie d'environ 885 kHz à 1,45 MHz. La création du signal se fait cependant d'une tout autre manière que dans le premier exemple. Ici, vous allez voir l'application de la fonction *CLKOUT* ainsi que l'utilisation du convertisseur A/N intégré.

Jusqu'ici, le signal rectangulaire était créé par la mise à 1 et la mise à 0 de la broche de sortie. Faisons maintenant travailler le matériel à notre place. Le PIC12F675 offre la possibilité d'appliquer directement sur une sortie la fréquence d'horloge divisée par 4. Si on met les trois bits de poids faible du registre de configuration à « 101 » au lieu de « 100 », la broche GP4 est utilisée comme *CLKOUT*. Avec une horloge à 4 MHz, c'est un

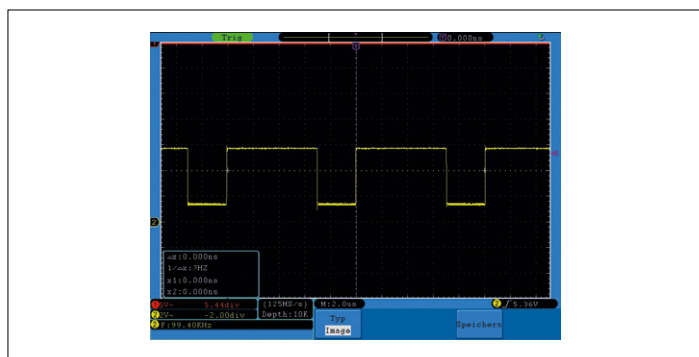


Figure 3. Avec quatre autres instructions *nop*, la fréquence baisse à 100 kHz avec un rapport cyclique de 70 % non symétrique.

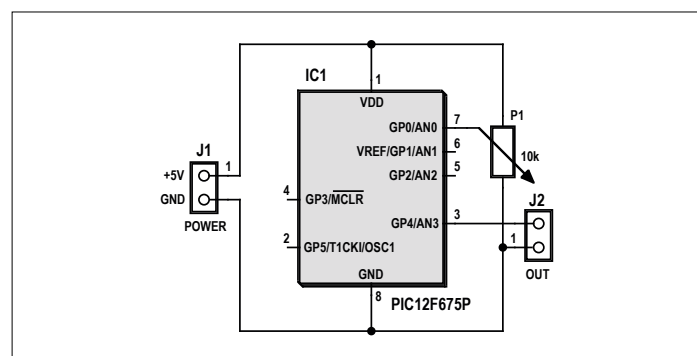


Figure 4. Un potentiomètre supplémentaire suffit pour pouvoir régler la fréquence.

Tableau 1. Registre ADCON0

Signification	ADFM	VCFG	-	-	CHS1	CHS0	GO/DONE	ADON
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0

signal de 1 MHz qui est créé et le rapport cyclique est de 50 %. Pour pouvoir changer la fréquence, on va détourner de sa fonction le calibrage de l'oscillateur interne cité précédemment (en donnant d'autres valeurs au registre *OSCCAL*). La plage de valeurs du registre sur 8 bits va de 00h à FFh. L'oscillateur interne se laisse habituellement régler sur une plage de 3 à 5,8 MHz. Un quart de cette valeur donne la gamme déjà citée de la fréquence de sortie.

Pour que le microcontrôleur puisse détecter la position du potentiomètre via le CA/N, il faut écrire encore un peu de code. Dans ce but, trois registres sont importants :

- **ADCON0** : configuration du CA/N
- **ADRESH, ADRESL** : octets de poids fort et faible du résultat sur 16 bits du CA/N
- **ANSEL** : *Analog Select Register* – fixe la vitesse d'échantillonnage et détermine la broche qui sera une entrée analogique

Voyez la signification des bits du registre **ADCON0** dans le **tableau 1**. Le bit 7 est ce que l'on appelle *A/D Result Formed Select Bit* (ADFM). Le CA/N intégré a une résolution de 10 bits, le résultat est stocké dans deux registres de 8 bits (= 16 bits),

dont seuls 10 bits sont significatifs. Les six autres bits ont la valeur 0. La valeur d'ADFM définit la position des bits superflus. Si ADFM = 0, le résultat est aligné à gauche, c'est-à-dire que les six bits de poids faible du registre **ADRESL** sont mis à 0. Par conséquent, les huit bits de poids fort du résultat sont mis dans le registre **ADRESH**. Les deux bits de poids faible (LSB) restants par contre sont dans les deux bits de poids fort (MSB) d'ADRESL. Si ADFM = 1, c'est exactement l'inverse, le résultat est alors aligné à droite.

VCFG choisit la tension de référence du CA/N. Si VCFG = 1, alors c'est la broche Vref (GP1) qui est utilisée. Si VCFG = 0, c'est V_{DD} , tout simplement la tension d'alimentation qui sert de référence.

Les deux bits CHS1 et CHS0 choisissent la broche qui servira d'entrée au CA/N. Si les deux sont à 0, le canal AN0 est sélectionné, et ainsi la broche GP0.

Go/DONE lance une conversion A/N, lorsqu'on l'a mis à 1. Ensuite, on peut tester si la conversion est achevée. Le bit a alors la valeur 0.

Avec ADON = 0, on peut ensuite désactiver complètement l'unité A/N (pour économiser le courant) et la réactiver avec ADON = 1.

Les registres **ADRESH** et **ADRESL** contiennent comme on l'a

Listage 1.

```

;*****
;*      NE555 Replacement - Example 1      *
;*      v 1.00 - 19.06.2015                *
;*****
;*      Microcontroller: PIC12F675          *
;*      Oscillator: internal                *
;*****
;Pin connections:
;GP0 --> N/C
;GP1 --> Output
;GP2 --> N/C
;GP3 --> N/C
;GP4 --> N/C
;GP5 --> N/C
;-----
;Chip configuration:
INCLUDE «P12F675.INC»
__U002 EQU B'00000110000100'
;MCLR = input/internal osc.
__CONFIG U002
;-----
;analog functions off, GP1 = output
    bsf STATUS,RP0 ;switch to regist. bank 1
    movlw B'11111101'
;GP1 = output; GP0; GP2 - GP5 = input

                                movwf TRISIO
                                clrf ANSEL ;GPIO are digital I/O's
;-----
;oscillator calibration
    call H'3FF'
    movwf OSCCAL
    bcf STATUS,RP0 ;switch back to Bank 0
;-----
;Main Loop
;-----
output_1 bsf GPIO,D'001' ;1us @ 4 MHz
          nop             ;1us @ 4 MHz
          nop             ;1us @ 4 MHz
;additional delay - additional 4 us -----
          nop
          nop
          nop
          nop
;-----
          bcf GPIO,D'001' ;1us @ 4 MHz
          goto output_1   ;2us @ 4 MHz
;-----
END

```

Listage 2.

```

;*****
;*      NE555 Replacement - Example 2 with P1      *
;*      v 1.00 - 19.06.2015                        *
;*****
;*      Microcontroller: PIC12F675                 *
;*      Oscillator: internal                       *
;*****

;Pin connections:
;GP0 --> Poti
;GP1 --> N/C
;GP2 --> N/C
;GP3 --> N/C
;GP4 --> CLKOUT
;GP5 --> N/C
;-----
;Chip configuration:
INCLUDE "P12F675.INC"

_U005      EQU    B'00000110000101'
            ;MCLR = input / internal osc. + CLKOUT
__CONFIG   _U005
;-----
;setup ADC -----
;Result left adjusted, VDD = reference, GP0 = input,
activate ADC
            movlw  B'00000001'
; ADFM      = 0 --> result is left justified
; VCFG      = 0 --> Vdd = voltage reference
; CHS1:CHS0 = 00 --> Channel 00 (GP0)
; GO        = 0 --> no start now

```

```

; ADON      = 1 --> switch the module ON
            movwf  ADCON0
;Samplerate, GP0 = analog input
; movlw B'00010001'
; ADCS<2:0> = 001 --> ADC clock = FOSC/8
; ANS3 = 0
; ANS2 = 0
; ANS1 = 0
; ANS0 = 1 --> analog input on AN0 (GP0)

            bsf    STATUS,RP0
            movwf  ANSEL
            bcf    STATUS,RP0

;-----
;Main Loop
;-----
;start A/D conversion -----
main_loop  bsf    ADCON0,D'001'
w_adc      btfsc  ADCON0,D'001'
            goto   w_adc

;modify clock -----
            movf   ADRESH,0
            bsf    STATUS,RP0
            movwf  OSCCAL
            bcf    STATUS,RP0
            nop
            nop
            goto   main_loop

;-----
END

```

vu le résultat de la conversion A/N.

La signification d'ANSEL se trouve dans le **listage 2**.

La première modification par rapport au listage 1 est la valeur « 101 » pour les trois bits de poids faible du registre de configuration. Du coup, la broche GP4 est soumise à un quart de la fréquence d'horloge.

La section suivante va nous aider à configurer le CA/N. Tout d'abord, le résultat est calé à gauche. Si l'on n'utilise qu'ADRESH en ignorant ADRESL, on a un résultat formaté sur 8 bits. En outre, V_{DD} sert de référence et GP0 d'entrée de mesure.

Nous allons ensuite régler la fréquence du CA/N à un huitième de la fréquence de l'horloge et mettre GP0 en entrée analogique. Cette action met fin à l'initialisation.

Dans la boucle principale, une conversion A/N est lancée et le résultat mis en mémoire. Dans l'étape suivante, la fréquence de l'oscillateur interne dépendant du résultat du CA/N ou de la position du curseur du potentiomètre est réglée avec une résolution de 256 pas.

Étape 3 : interruptions et temporisateur

Si vous voulez disposer d'une fréquence réglable, mais stabilisée par quartz, il faut procéder autrement (cela demande

plus d'efforts). Vous n'échapperez pas aux interruptions ni au recours à un temporisateur/compteur. Le circuit de la **figure 5** montre les composants supplémentaires nécessaires : un quartz et ses deux condensateurs.

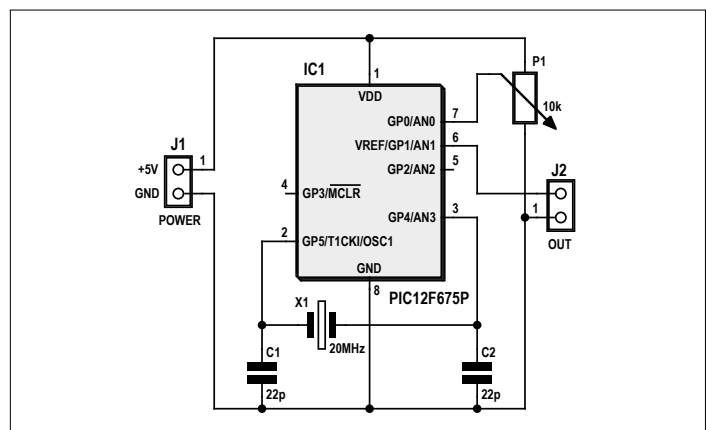


Figure 5. Grâce au quartz, le générateur rectangulaire est beaucoup plus stable.

Tableau 2. Registre INTCON

Signification	GIE	PEIE	T01E	INTE	GPIE	T0IF	INTF	GPIF
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0

Le programme devra exécuter deux tâches. D'une part, il doit comme précédemment détecter la position du potentiomètre, mais aussi délivrer un signal rectangulaire précis qui ne pourra pas être perturbé par un changement de la fréquence. C'est pour cette raison qu'il y a deux parties dans le code. Inutile de rappeler comment acquérir la position du potentiomètre. Pour produire le signal de sortie, deux nouvelles fonctions du microcontrôleur sont utilisées : *Timer0* et *Interrupts*.

La fonction *Timer0* peut être utilisée en temporisateur ou compteur. En temporisateur, le registre correspondant est incrémenté périodiquement par l'horloge. En compteur, ce sont des événements externes par exemple qui sont comptés. Pour simuler le 555, il faut le mode temporisateur. Le temporisateur

produit alors le signal de sortie proprement dit. Voilà comment cela se passe :

au début, une valeur est chargée dans le registre du temporisateur TMR0. À partir de là, cette valeur est incrémentée jusqu'à ce qu'elle atteigne FFh. Comme il s'agit d'un registre à huit bits, il s'ensuit un dépassement à l'incrément suivante et le registre contient alors la valeur 00h. Le dépassement est un événement qui déclenche une interruption. On peut alors créer le signal à délivrer dans la routine d'interruption.

La manipulation de Timer0 et de son registre TMR0 n'est vraiment pas compliquée. Quand on met le bit T0CS à 0, Timer0 sert de temporisateur. À partir de là, TMR0 est incrémenté à chaque cycle d'instructions (horloge / 4).

Listage 3.

```

;*****
;*   NE555 Replacement - Example 3 with Xtal   *
;*           v 3.07 - 05.07.2015               *
;*****
;*           Microcontroller: PIC12F675        *
;*           Oscillator: internal               *
;*****
;GP0 --> Poti
;GP1 --> Output
;GP2 --> N/C
;GP3 --> N/C
;GP4 --> Xtal
;GP5 --> Xtal
;-----
;Chip configuration:
INCLUDE "P12F675.INC"
_U003      EQU  B'00000110000010'
           ;MCLR = external xtal up to 20 MHz
__CONFIG U003
;=====
;Variable definitions
w_save0    EQU  H'20'
w_save1    EQU  H'A0'
stat_save  EQU  H'21'
v_delay    EQU  H'22'
v_value    EQU  H'23'
v_tmp      EQU  H'24'
;=====
;Set adress of subroutines
      ORG  H'000'
      goto rst_main
      ORG  H'004'
      goto int_main

;-----
;ISR
;Save status register -----
int_main movwf  w_save0 ;save content of W-reg.
           ;could be Bank0 or Bank1
          swapf  STATUS,0 ;move content of Status to W
          bcf    STATUS,RP0 ;switch to Bank0
          movwf  stat_save
           ;save original content of Status

;GPIO toggle -----
          movf   v_value,0
          movwf  GPIO
          incf   v_value,1

;Store ADC value in TMR0 -----
          movf   v_delay,0
          movwf  TMR0
          bcf    INTCON,T0IF

;Restore status register -----
          swapf  stat_save,0 ;restore old Status to W
          movwf  STATUS
           ;push content to Status register
           ;select old Bank
          swapf  w_save0,1 ;rebuild content of W-reg.
          swapf  w_save0,0 ;restore W register
          retfie

;-----
;ISR
rst_main
...
;missing code
...
;-----
END

```

Quelques mots encore sur les interruptions : toutes les propriétés importantes sont pilotées par le registre INTCON. Voyez la signification de ses bits dans le **tableau 2**. Pour notre projet, seuls trois bits sont importants :

- GIE : *Global Interrupt Enable*. GIE = 1 active et GIE = 0 désactive les interruptions.
- T0IE : *Timer0 Interrupt Enable*. Seulement si T0IE = 1, un dépassement de TMR0 provoque une interruption.
- T0IF : *Timer0 Overflow Indicator*. En cas de dépassement de TMR0, T0IF = 1. On peut consulter le bit et le code doit le remettre à « 0 ».

Point important encore, la routine d'interruption doit toujours commencer à l'emplacement de mémoire 004h du programme. Pour les interruptions, il y a encore deux instructions à connaître :

SWAPF

Cette instruction échange les deux quartets (*nibbles*) d'un registre. Une valeur de E4h devient après l'échange 4Eh. Pour les interruptions, il est en outre important que le registre d'état reste inchangé pendant l'exécution de cette instruction. La syntaxe est :

```
swapf    f,d
```

L'adresse de registre « f » peut comporter des valeurs entre 00h et 7Fh et « d » peut être soit 0, soit 1. Pour d = 0, le résultat est sauvegardé dans le registre W. Si d = 1, c'est de nouveau le résultat qui s'inscrit dans le registre.

RTFIE

RTFIE est l'acronyme de **RET**urn **F**rom **Int**errupt. Cette instruction met fin à la routine d'interruption et le programme principal reprend son cours. Avec RTFIE, il ne faut donner aucun paramètre (comme avec RETURN). La syntaxe est :

```
retfie
```

Au démarrage d'une interruption, le bit GIE du registre INTCON est mis à 0, ce qui arrête les autres interruptions. L'instruction RTFIE remet le bit GIE à 1.

Voyons le code du **listage 3** : on remarque d'abord qu'ici CLK-OUT n'est pas employé. En outre, les trois bits de poids faible du registre de configuration sont mis à « 010 », ce qui permet l'utilisation d'un quartz de haute fréquence.

Suit une section avec la déclaration des variables. On définit ici les variables principales *v_delay*, *v_value* et *v_tmp* ainsi que *w_save0*, *w_save1* et *stat_save* pour le traitement des interruptions.

Dans la section suivante, la directive ORG fixe les adresses de démarrage de deux sous-routines. Vous ne connaissez pas encore cette directive, mais sa fonction est facile à expliquer : ORG fixe l'adresse de l'instruction qui suit. Dans notre cas, *rst_main* est verrouillé à l'adresse 000h et *int_main* à 004h. Comme l'instruction *goto* n'occupe qu'un octet, les adresses 001h à 003h restent inoccupées. Nous faisons appel à cette directive parce que les vecteurs (adresses cibles) de la RAZ et

des interruptions doivent toujours être 000h et 004h.

Avant d'arriver à l'ISR (*Interrupt Service Routine*) *int_main*, il faut bien savoir ce qu'est une interruption. En principe, l'exécution du programme est interrompue par l'apparition d'un événement déterminé et une routine d'interruption (ISR) s'exécute. Une fois l'ISR terminée, le programme principal revient à l'emplacement où il se trouvait et il continue. C'est la même chose que l'appel d'un sous-programme, simplement cet appel peut se passer à n'importe quel endroit du programme. Il est tout à fait possible que le programme ait exécuté une opération arithmétique, ait positionné les bits du registre d'état et qu'une interruption survienne avant l'instruction BTFSF suivante. Comme l'ISR ne peut gêner le déroulement du programme principal, elle doit sauvegarder avant sa tâche le contenu du registre d'état et ensuite le rétablir (avant le saut de retour). C'est pourquoi l'ISR se plante plus souvent que l'on ne pourrait le supposer.

L'instruction SWAPF s'avère ici importante, elle va nous permettre de sauvegarder le contenu d'un emplacement mémoire dans le registre W. Au début de l'ISR, les registres W et d'état sont sauvegardés. La première instruction *movwf w_save0* sauvegarde le registre W à l'emplacement mémoire *w_save0*. Comme nous ne savons pas si le programme principal travaillait au lancement de l'interruption avec la banque 0 ou 1, il est très important que *w_save0* (ici 20h) et *w_save1* (ici A0h) restent libres. L'instruction *movwf* laisse d'ailleurs inchangé le contenu du registre d'état. Les trois instructions suivantes sauvegardent le contenu du registre d'état à l'emplacement mémoire prévu *stat_save* (21h) dans la banque 0. Ainsi tout ce qu'il faudra restaurer plus tard est sauvegardé.

C'est ici que commence vraiment le travail de l'ISR : la variable *v_value* est fournie au port GPIO à chaque interruption. La variable est ensuite incrémentée. Comme la broche GP0 délivre le signal de sortie (dont le niveau est déterminé par le bit de poids faible de la variable), il y a un changement de niveau à chaque interruption. Maintenant, il reste à copier la variable *v_delay* dans le registre TMR0. Comme la valeur de ces variables correspond à la position du curseur du potentiomètre, la fréquence de sortie est ainsi définie.

Il reste encore à restaurer les valeurs originales du registre W et du registre d'état, ensuite l'ISR peut se terminer avec l'instruction *retfie*.

Les gammes de fréquences que l'on peut couvrir avec ce code et ce circuit dépendent de la fréquence du quartz et sont présentées dans le **tableau 3**.

La description de la partie manquante du listage nous en emmènerait trop loin. Vous pouvez bien sûr télécharger gratuitement en [4] cet exemple complet ainsi que les autres listages de cet article, pour les examiner tranquillement.

Tableau 3. Fréquences de sortie avec la fréquence du quartz comme paramètre

Fréquence du quartz	f _{sortie} min.	f _{sortie} max.
2 MHz	237 Hz	4,63 kHz
4 MHz	474 Hz	9,26 kHz
20 MHz	2.370 Hz	46,30 kHz

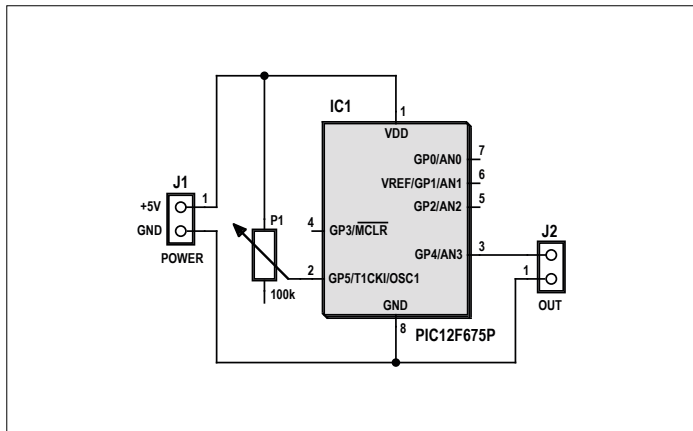


Figure 6. Dans la variante sans code, il suffit d'un potentiomètre pour régler la fréquence.

Étape 4 : PIC sans logiciel

Un microcontrôleur sans logiciel, ça fait quoi ? En fait, le circuit de la **figure 6** comporte uniquement un potentiomètre comme composant supplémentaire et on peut quand même régler sa fréquence de 170 kHz à 3,5 MHz sans bits ni octets. Quand la précision n'est pas essentielle, vous pouvez régler l'oscillateur interne en « mode RC » sans quartz. Comme à l'étape 2, la broche GP4 est utilisée comme sortie CLKOUT. Une résistance sur GP5 définit la fréquence. Comme la fréquence de l'oscillateur dépend directement de la résistance, aucun code n'est nécessaire.

Plus la résistance sur GP5 est faible, plus la fréquence est élevée. Quand cette résistance descend sous environ 3 kΩ, l'oscillateur s'arrête. Peu avant, la fréquence maximale est à 3,5 MHz. Avec la résistance maximale de P1, 100 kΩ, la fréquence est à environ 170 kHz. On peut aller encore plus loin : avec une résistance de 10 MΩ la fréquence baisse à environ 2,1 kHz.

Pour être précis, il faut quand même un mot pour configurer correctement le circuit, et donc un peu de code. Le **listage 4** correspondant est cependant très court. À part pour la configuration, il n'y a rien à faire. Un extrait du fichier LST correspondant montre que la longueur du programme est exactement de 0 :

Listage 4.

```
*****
;*      NE555 Replacement - Example 4 w/o code      *
;*      v 1.00 - 19.06.2015                        *
*****
;*      Microcontroller: PIC12F675                  *
;*      Oscillator: internal, RC mode with external R *
*****

;Pin connections:
;GP0 --> N/C
;GP1 --> N/C
;GP2 --> N/C
```

MEMORY USAGE MAP ('X' = Used, '-' = Unused)

```
2000 : -----X-----
-----
```

All other memory blocks unused.

Program Memory Words Used: 0

Program Memory Words Free: 1024

Le fichier LST est créé par un passage de l'assembleur sur le code source. Il contient le code lui-même et des informations de l'assembleur (par exemple la quantité de mémoire du programme occupée par le code).

Perspective

Avec un exemple sans code, le cours intensif d'assembleur est arrivé à son apogée et en même temps à sa fin. Nous espérons que ce cours vous a plu ! Peut-être allez-vous vous procurer un PICKit3 ou PICKit2 et essayer d'améliorer ou d'enrichir l'un ou l'autre exemple. Je me ferai un plaisir de répondre à vos questions envoyées à mon adresse miroslav.cina@t-online.de. ◀

(150393 – version française : Eric Dusart)

Liens

[1] PIC12F675: www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?product=PIC12F675

[2] Première partie du cours : www.elektormagazine.fr/130483

[3] Seconde partie du cours : www.elektormagazine.fr/150274

[4] Troisième partie du cours : www.elektormagazine.fr/150393

```
;GP3 --> N/C
;GP4 --> Output
;GP5 --> Poti
;-----
;Chip configuration:
INCLUDE "P12F675.INC"

_U004 EQU B'00000110000111'
;MCLR = input, RC mode, GP4 = CLKOUT
__CONFIG _U004
;-----
END
```


tubes alimentés sur batteries

drôle de composant n°19

Neil Gruending (Canada)

Lorsque vous entendez tubes à vide, vous pensez aussitôt à un ampli audio, lourd et encombrant, coiffé de tubes qui luisent et ronronnent. Ces tubes ont besoin de beaucoup de puissance et de tensions plutôt élevées, mais saviez-vous qu'il en existe un autre type capable de fonctionner sur batterie ? Il y a même des tubes qui peuvent se contenter d'une pile de 9 V !

Les premières radios fournissaient aux tubes les tensions de filament, d'anode et de grille à l'aide de batteries. Les batteries de type A se chargent de la tension de filament qui vaut typiquement 1,5 V, même si des radios très anciennes nécessitent des batteries plomb-acide 2 V, 4 V ou 6 V. Ces batteries avaient une durée de vie relativement courte : il faut au moins 50 mA pour produire une émission suffisante de la cathode. La tension d'anode venait d'une batterie de type B, avec une tension habituellement plus élevée (22,5 V, 45 V, 67,5 V, 90 V, 120 V ou 135 V). On voit réapparaître ces batteries principalement sur eBay mais les versions modernes contiennent de l'électronique (un petit convertisseur) plutôt que des produits chimiques. Enfin, la tension de polarisation de grille est fournie par une batterie de type C qui résiste longtemps : le courant de grille d'un tube est très faible. En fait les batteries C duraient si longtemps qu'on a continué à les utiliser même après le remplacement des sources A et B par le secteur. Les séries de tubes DF92 (1L4 ; CV1758) et DAF96 (1AH5 ; 1P1) développées par Philips/Mullard sont des modèles courants. Une partie de l'histoire de la conception de la fameuse série D a été couverte dans des épisodes de Rétronique : *Colette, radio portative Philips en 1956* (02/2012) et *Résurrection d'un poste de radio Pye P87BQ* (05/2015). Les tubes alimentés par batterie étaient aussi couramment employés dans l'industrie automobile. Dans les années 50, les voitures comportaient un solénoïde appelé vibreur pour créer une tension alternative grossière depuis une batterie automobile de 12 V, ensuite élevée

jusqu'à env. 180 V afin de pouvoir utiliser des tubes conventionnels. Les vibreurs n'étaient toutefois pas très fiables et de surcroît très bruyants. C'est pourquoi on a développé un nouveau type de tubes capables d'être alimentés directement par la tension d'une batterie de voiture, tels que le 12K5. Ils fonctionnaient si bien qu'en 1958 on les trouvait dans presque toutes les voitures américaines.

Mais les tubes alimentés par batterie ont aussi leurs inconvénients. La tension de plaque plus faible implique une puissance de sortie faible, habituellement quelques dizaines de milliwatts. Cela cantonne leur utilisation aux

récepteurs ou amplificateurs de faible puissance.

Aujourd'hui, les tubes alimentés par batterie ne sont plus fabriqués, mais les revendeurs de vieux stocks en proposent. Ils sont le plus souvent utilisés dans les circuits audio à faible puissance tels que les amplificateurs de ligne ou pour casque. Ils ont recours à divers tubes, mais il y a au moins un amplificateur pour casque qui comporte des tubes Raytheon 6418 dans son étage d'entrée. Le tube

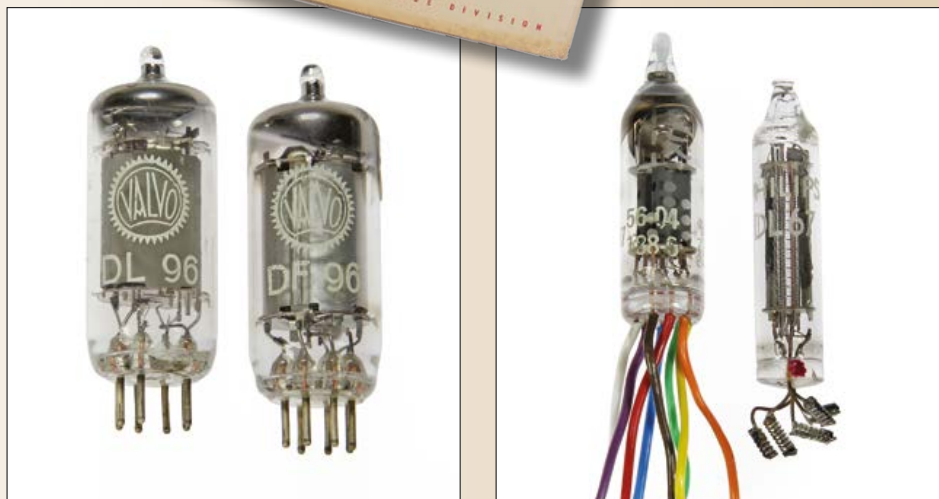
6418 miniature demande très peu de puissance : 10 mA de

courant de filament et une tension de plaque de seulement 9 V. Il convient parfaitement aux applications alimentées par batterie.

Ceux qui ont envie d'expérimenter avec les tubes, mais qui ont peur des hautes tensions n'ont maintenant plus d'excuses. ◀

(150366 – version française :

Kévin Petit)



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

trucs & astuces pour EAGLE (1)

dressez votre aigle en lui apprenant le langage ULP



Neil Gruending (Canada)

Moins connus que les fonctions de dessin, les « programmes écrits en langage utilisateur » permettent pourtant de donner plus d'envergure aux ailes d'EAGLE. Comme je trouve plus facile d'apprendre les arcanes syntaxiques d'un nouveau langage d'après un code d'exemple, j'adopterai ici la même approche après avoir présenté l'environnement de programmation d'EAGLE.

La programmation sous EAGLE

Une des spécificités du logiciel EAGLE de Cadsoft est qu'il permet d'écrire des programmes pouvant interagir avec des schémas ou des cartes, et même avec le logiciel EAGLE lui-même. Ces programmes de l'utilisateur (*user language programs*, ULP) offrent beaucoup plus de possibilités que l'ensemble de règles fourni par d'autres logiciels de conception pour en contrôler les outils. Le panneau de commande (**fig. 1**) contient les programmes de l'utilisateur exécutables reconnus par EAGLE. Par défaut, EAGLE cherche dans le dossier `C:\EAGLE-7.3.0\ulp` les fichiers d'extension `.ulp` et les affiche dans ce panneau afin que l'utilisateur puisse les appliquer à un schéma, une carte ou une bibliothèque par simple clic droit sur le nom du programme. EAGLE permet aussi l'utilisation de scripts, sorte de langage à base de macros pour importer des fichiers ou configurer EAGLE. Un programme d'utilisateur est par contraste un « vrai » programme, c.-à-d. capable de faire beaucoup de choses. Pour en savoir plus sur les scripts, référez-vous au manuel d'EAGLE.

Introduction aux programmes d'utilisateur

Les programmes d'utilisateur d'EAGLE sont des fichiers texte avec l'extension `.ulp` qui respectent la syntaxe ULP (*User Language Program*). La documentation sur ULP n'est pas incluse dans le manuel d'EAGLE mais peut être téléchargée en [1] ou

consultée dans l'aide en ligne. Les programmeurs en C seront en terrain familier puisque la syntaxe d'ULP ressemble à celle du C. Pour ouvrir et modifier un programme ULP, il suffit de faire un clic droit sur son nom dans le panneau de commande, ce qui ouvre l'éditeur de texte d'EAGLE (**fig. 2**). Même si ce simple éditeur est utile, il lui manque à mes yeux une fonction de coloration syntaxique. Par chance il existe un fichier de syntaxe [3] pour Notepad++ [4]. Pour l'ajouter à Notepad++ ouvrez le menu *Affichage*, puis sélectionnez *Panneau de langage défini par l'utilisateur*. Cliquez ensuite sur *Importer* et sélectionnez le fichier de syntaxe XML que vous avez téléchargé. Redémarrez Notepad++ pour voir l'entrée EAGLE ULP dans le menu *Language* et profiter de la coloration syntaxique (**fig. 3**). Désactivez la correction orthographique automatique, et éventuellement modifiez les paramètres (couleurs, polices).

Le format ULP

L'éditeur est maintenant paramétré de façon ad hoc, téléchargez un exemple de programme ULP ici [2] (**fig. 4**). Lorsqu'on l'exécute à l'intérieur d'un schéma ou d'une carte, le programme crée dans le dossier d'installation (`C:\EAGLE-7.3.0` pour moi) un fichier appelé *example1.txt* qui contient « `1 + 2 = 3` ».

La première ligne débute par `#require` pour signaler à EAGLE que le programme nécessite au moins la version 7.0 d'EAGLE. Cette directive n'est pas obligatoire, mais en général je l'ajoute au cas où mon code appellerait une fonction qui n'existe que pour certaines versions d'EAGLE.

La ligne suivante est la directive `#usage`. Elle dicte à Eagle ce qui doit être affiché dans le panneau de commande lorsqu'on clique sur le programme (**fig. 5**). Chaque ligne de texte placée après la directive `#usage` doit être entourée de guillemets pour être reconnue comme chaîne de caractères à afficher. Le caractère de nouvelle ligne `\n` qui termine la première ligne demande à EAGLE d'aller à la ligne. Libre à vous d'afficher une seule ligne ou plusieurs après `#usage`. Les directives comme `#require` et `#usage` permettent de contrôler la façon dont EAGLE interprétera le reste du code ULP. Elles sont faciles à repérer puisqu'elles commencent par un `#`, comme les directives C destinées au préprocesseur.

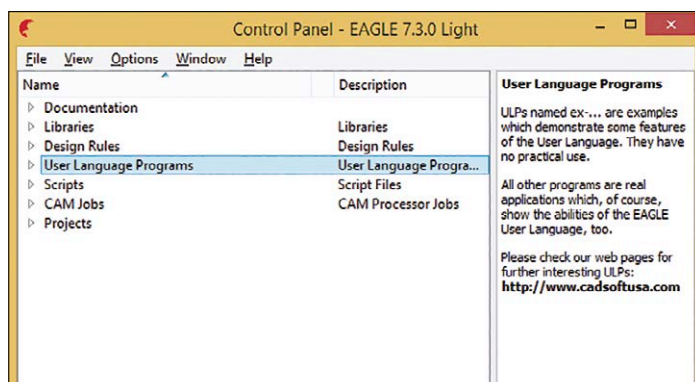


Figure 1. Le panneau de commande.

Les cinq lignes suivantes sont des commentaires, donc du texte ignoré par EAGLE lorsqu'il exécute le code, mais toujours utiles à la compréhension d'un programme. Un commentaire d'une seule ligne doit commencer par deux barres obliques //. Un commentaire de plusieurs lignes doit être encadré par /* et */. On ne peut pas imbriquer plusieurs commentaires multi-lignes, car le compilateur interpréterait le premier */ rencontré comme la fin du commentaire.

La première partie d'un fichier ULP comprend ce qu'EAGLE appelle les *déclarations*. C'est ici que sont définies les variables et fonctions du programme. Dans notre exemple sont ainsi déclarées deux variables de type string nommées one et two. Une déclaration de variable commence toujours par le type de la variable, qui peut être :

- **int** : un nombre entier compris entre -2147483648 et 2147483648 ;
- **char** : un caractère ASCII ou un entier compris entre 0 et 255 ;
- **real** : un nombre représenté en virgule flottante ;
- **string** : une suite de caractères, habituellement de l'information textuelle.

Après le type vient le nom de la variable. Comme avec la plupart des langages, un nom de variable doit commencer par une lettre ou un tiret bas. Les chiffres sont autorisés après le premier caractère, p. ex. variable1. Notez que le compilateur distingue la casse des lettres, donc que a et A sont deux variables différentes. Les deux variables de notre exemple sont définies sur deux lignes distinctes, mais on peut déclarer plusieurs variables à la fois en les séparant par des virgules, comme ceci : int a, b, c; L'exemple montre aussi que le signe égal (=) sert à initialiser la valeur d'une variable. Vient ensuite la déclaration (et la définition) d'une fonction appelée add. Elle prend en argument deux entiers et retourne leur somme sous forme d'un entier.

La partie suivante d'un fichier ULP contient les instructions du programme. Ici la fonction add additionne 1 et 2 et stocke le résultat dans une variable appelée c. On trouve ensuite une instruction composée qui utilise la fonction prédéfinie output() d'EAGLE. Une instruction composée (ou « bloc ») est toujours encadrée par des accolades qui définissent la portée des constantes, variables ou fonctions qu'elle utilise. Ici la fonction output() est utilisée pour dire à la fonction printf d'écrire dans un fichier appelé *exemple1.txt*.

Conclusion

Nous avons vu la structure des programmes ULP et comment les lancer. Dans le prochain numéro, nous verrons sur un exemple moins rudimentaire comment lire les données d'un schéma. ◀

(150331 - version française : Hervé Moreau)

Liens

- [1] www.cadsoftusa.com/downloads/documentation
- [2] www.elektormagazine.fr/150331
- [3] www.cadsoftusa.com/downloads/file/notepad_userdefinedlang.zip
- [4] <https://notepad-plus-plus.org/>

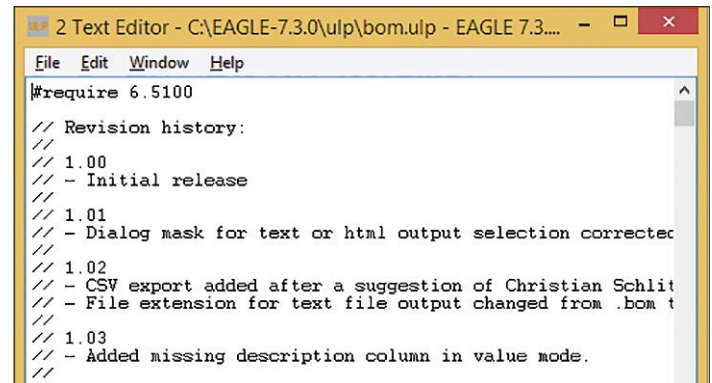


Figure 2. L'éditeur de texte d'EAGLE.

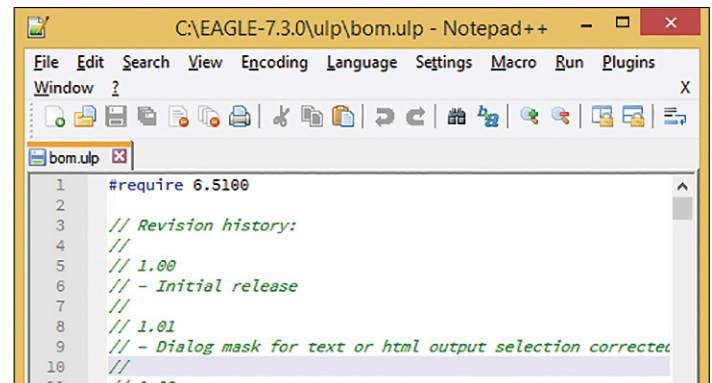


Figure 3. L'éditeur de texte Notepad++.

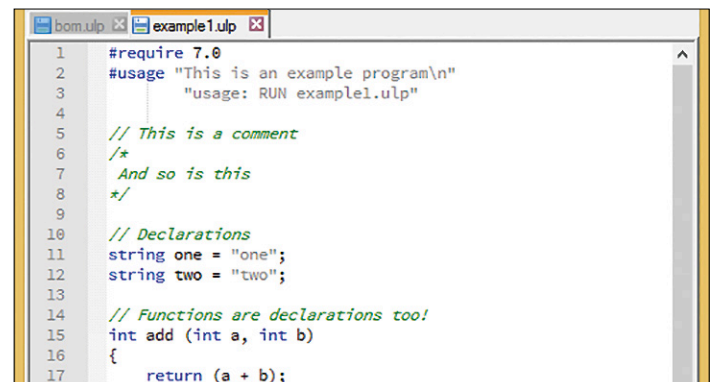


Figure 4. Programme d'exemple ULP.

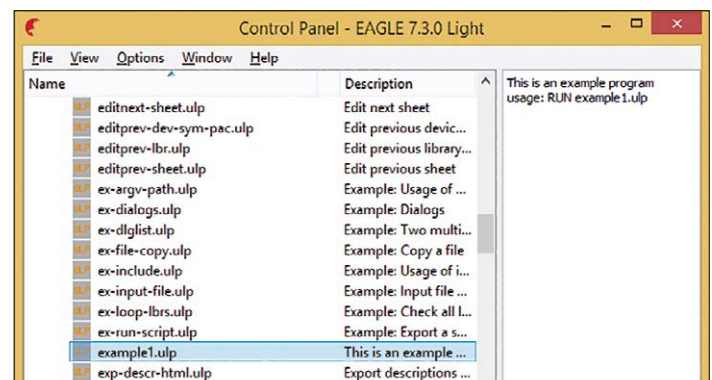


Figure 5. Le programme d'exemple dans le panneau de commande.

concours de conception ARM CMSIS

Les gagnants !

De concert avec Elektor, la société britannique ARM et les fabricants ST, NXP, Freescale, Infineon, lançaient en mars dernier un concours de conception. Le nombre de participants (notamment français) nous a agréablement surpris, de même que le niveau général. Le choix des gagnants a été une rude affaire.



Les µC ARM Cortex M offrent une puissance impressionnante. La facilité d'utilisation des pilotes de bas niveau qui donnent accès aux interfaces U(S)ART, I²C et USB est un facteur déterminant pour tirer profit de leurs superbes atouts : l'idée astucieuse d'ARM est de proposer un standard de pilotes CMSIS (*Cortex Microcontroller Software Interface Standard*) qui contient une typologie unifiée des pilotes. De là est née l'idée d'un concours CMSIS offrant aux participants le choix entre quatre cartes d'évaluation de très belle facture, de ST, NXP, Freescale et Infineon, avec une licence gratuite (valable six mois) du puissant environnement MDK ARM de ARM/Keil. Le montant total des prix s'élève à 10 000 \$.

Razzia sur les cartes

Il n'est pas exagéré de parler de bousculade, puisqu'en quelques jours environ 800 demandes de participation nous sont parvenues des quatre coins du monde. 400 d'entre elles ont été satisfaites par l'envoi d'une carte d'évaluation et d'une licence gratuites, à charge pour les participants de boucler leur projet en cinq mois et de le soumettre au jury.

La barre était placée haut : le projet soumis devrait convaincre non seulement par son intérêt pratique, et son caractère novateur, mais le logiciel devrait – notamment grâce à la bibliothèque CMSIS – se distinguer par sa portabilité et sa transparence. Il s'agissait aussi de tirer un maximum des possibilités de la carte utilisée.

Choix

Le jury composé d'experts issus des sociétés participantes a passé une partie de son été à examiner plusieurs douzaines de dossiers retenus comme aptes à concourir. La qualité du code et la documentation de nombreux projets ont impressionné les jurés, mais plus encore la diversité des applications et des solutions mises en œuvre : de l'électronique médicale aux applications de domotique en passant par l'audio et le radio-amateurisme, la palette est très colorée. Et voici les gagnants ! ◀

(150297 – version française : Denis Meyer)



Des informations complémentaires sont disponibles sur le site www.keil.com/contest.

1^{er} prix : détecteur de ronflement et surveillance de l'apnée du sommeil

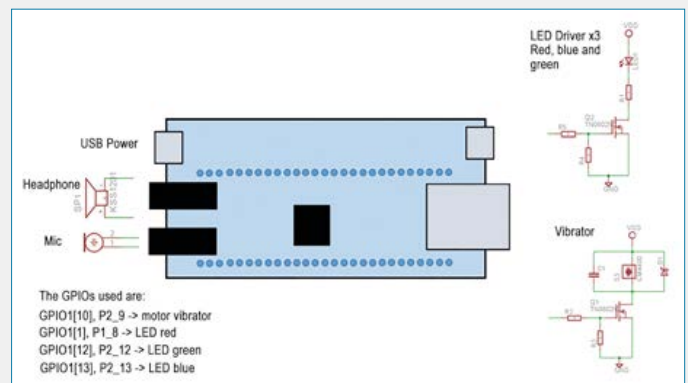
5 000 \$

Clemente di Caprio, Rome, Italie

L'analyse des bruits émis par un dormeur permet de détecter l'apnée du sommeil, un trouble méconnu, mais fréquent, aux conséquences pourtant fâcheuses. Pour le jury, l'originalité de ce projet et son utilité sont deux atouts majeurs, mais aussi l'efficacité de son logiciel.

Projet basé sur un LPC4330 de NXP, un µC à double cœur qui combine un Cortex M4 ARM et un Cortex M0 ARM. Le cœur de type M0 se charge de la saisie et du stockage des données, tandis que le cœur M4 procède à l'analyse du signal audio pour laquelle il fait appel aux fonctions de traitement de signal intégrées au processeur. Ce projet a recours à une composante du MDK Pro pour le système de fichiers et au

standard CMSIS pour l'interface avec la carte mémoire ainsi que les interfaces série et audio.



2^e prix : WhereSat – pointeur de satellite pour radioamateurs

3 000 \$

Stephan Lubbers, Dayton, USA

Cet instrument portable permet aux radioamateurs de repérer la position de « leurs » satellites dont l'orbite géostationnaire impose une précision accrue du pointage. Habituellement, il faut pour cela un appareillage coûteux. WhereSat offre une solution bon marché, qui exploite les données de poursuite des satellites et possède une entrée pour une boussole ma-

gnétique et un accéléromètre pour calculer la position de la cible. Le pointage de l'antenne est facilité par des LED.

Le µC choisi est le STM32F429 de STMicroelectronics, un Cortex M4 ARM. L'environnement logiciel Middleware MDK Professional et les pilotes CMSIS sont bien mis à profit pour le système de fichiers, l'USB et l'interface graphique.



3^e prix : surveillance de la consommation d'eau avec interface web

1 000 \$

Waldemir Cambiucci, Sao Paulo, Brésil

Ce projet est à considérer dans le contexte de grave pénurie d'eau potable dans les métropoles brésiliennes où elle est rationnée. Sans faire de grands frais, la solution proposée permet de surveiller la consommation en temps réel et de détecter des fuites éventuelles ou du gaspillage. Le dispositif exploite le signal de capteurs de débit et de capteurs de niveau

dans des réservoirs et commande des pompes, et offre une interface internet pour surveiller l'ensemble à distance.

Le µC retenu est un Kinetis K64F de Freescale, à cœur Cortex M4 ARM. L'interfaçage et la commande font appel aux pilotes CMSIS de même que la communication Ethernet. L'interface web a été programmée avec des composants réseau du MDK Pro.



4^e prix : plateforme pour ateliers IoT

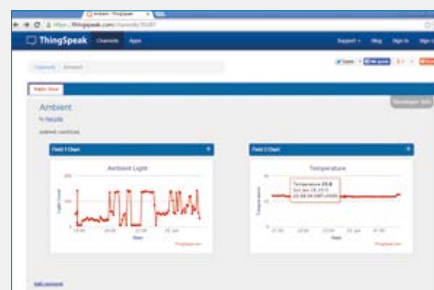
500 \$

Fernando Lichtschein, Buenos Aires, Argentine

Ce projet est une plateforme éducative pour l'Internet des Objets, un outil de grande classe qui permet de comprendre comment intégrer les services Cloud de la plateforme ThingSpeak dans un système embarqué avec ses capteurs. Il est fait appel à RTX RTOS qui permet de

réaliser d'autres fonctions.

C'est la plateforme XMC4500 d'Infineon qui est utilisée ; les pilotes CMSIS sont mis à contribution aussi bien pour la connexion à l'internet et qu'aux capteurs via USART.



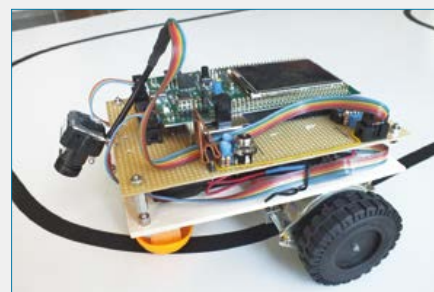
5^e prix : CamBot – avec reconnaissance optique

500 \$

Bernhard Schloß, Tübingen, Allemagne

Grâce à sa caméra, ses moteurs pas-à-pas et un afficheur intégré, ce robot autonome sur tricycle suit le tracé d'une ligne noire. Les broches de la carte STM32 Discovery sont astucieusement utilisées. Le traitement de l'image est effectué par le µC STM32F429 (cœur Cortex M4).

Les pilotes CMSIS sont utilisés pour les interfaces I²C et SPI, qui communiquent avec l'afficheur et les capteurs. Une composante GUI du MDK Pro est chargée de l'affichage.



Mentions spéciales :

- **Nitin Bhaskar** : astucieux système de point de vente avec NFC
- **Stuart Bockman** : mesure de la gigue d'un pointeur laser et reconnaissance de gestes à l'aide d'accéléromètres
- **Javier Fernandez** : analyseur de bus polyvalent
- **Alexander Dmitriev** : commande intelligente d'arrosage avec interface web

Bienvenue dans Elektor Labs

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

Notre offre : La célébrité



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

Notre histoire

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

Notre équipement

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

Nos produits

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

396

propositions

57

études en cours

177

projets achevés

608

projets en tout

Nos principes

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

Nos webinaires

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

Nos experts et nos concepteurs

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

elektor labs

Sharing Electronics Projects

Home [Proposals](#) [In Progress](#) [Finished](#)

Search

Log In

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

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

Read/Write ?

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

le XXI^e siècle vient seulement de commencer
tout reste à inventer



j'explore l'électronique,
je lis **elektor**

www.elektor.fr/membres

bienvenue dans la section **CRÉER**

Clemens Valens, Elektor Labs

PARTAGER

CRÉER

DÉCOUVRIR



intelligentes pourraient subir le même sort. D'abord nous en serions fiers, mais dès lors qu'elles deviendraient trop intelligentes nous les débrancherions, agacés que nous serions par leur comportement devenu étrange et incompréhensible.

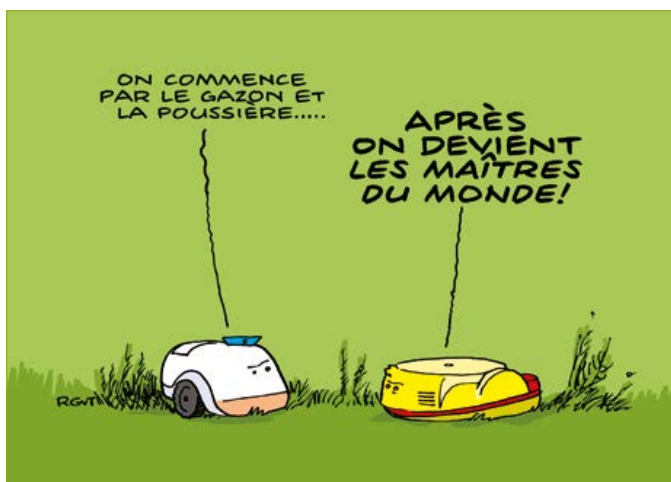
Alors qui sait, ne supprimez pas le prochain croquis Arduino qui semblera ne produire que du charabia, peut-être serez-vous face à une entité mutante. Et laissez cet amplificateur poursuivre ses oscillations folles, peut-être est-il en train de vous révéler le sens de la vie.

Hyper intelligence

Certains pensent que l'intelligence artificielle (IA) – et la technologie en général – va évoluer de façon exponentielle. D'après eux, l'IA s'auto-améliorera à un rythme toujours plus rapide, pour au final aboutir à une singularité technologique « *au-delà de laquelle les événements pourraient devenir imprévisibles, adverses, voire même incompréhensibles* ».

Les croissances exponentielles sont souvent problématiques, car il peut suffire de quelques itérations pour passer de l'insuffisance à l'excès. Vous pensiez votre machine intelligente *presque* aussi brillante que vous, et un beau matin la voici qui vous surpasse de loin. Quelques itérations de plus, et la voilà qui peut même se passer de l'humanité. Un scénario plutôt alarmant.

À moins que ? Dans notre société, nous n'avons pas de problème avec une personne dont nous reconnaissons l'intelligence, mais si sa façon de raisonner sort du cadre de notre entendement, alors nous la déclarons cinglée et l'envoyons réfléchir chez les fous. J'ai le sentiment que les machines hyper



Robot (trop) sapiens

L'intelligence artificielle est presque indissociable des robots. Les Japonais leur consacrent beaucoup d'argent et sont parvenus à d'impressionnants résultats. Toyota a par exemple créé des robots capables de jouer de la trompette ou du violon. Kirobo, le robot astronaute de 34 cm de haut, est revenu sur Terre en début d'année après un séjour de 18 mois à bord de la station spatiale internationale (ISS). Son rôle est d'étudier les phénomènes d'individualisation sociale et de repliement sur soi dus, paradoxalement, à l'incidence des médias sociaux. Manque de chance, Kirobo a réagi comme un vrai mordu d'électronique. À son retour sur Terre, ses premiers mots ont été : « Vue d'en haut, la Terre brille comme une LED bleue. ». Étonnant ? Il

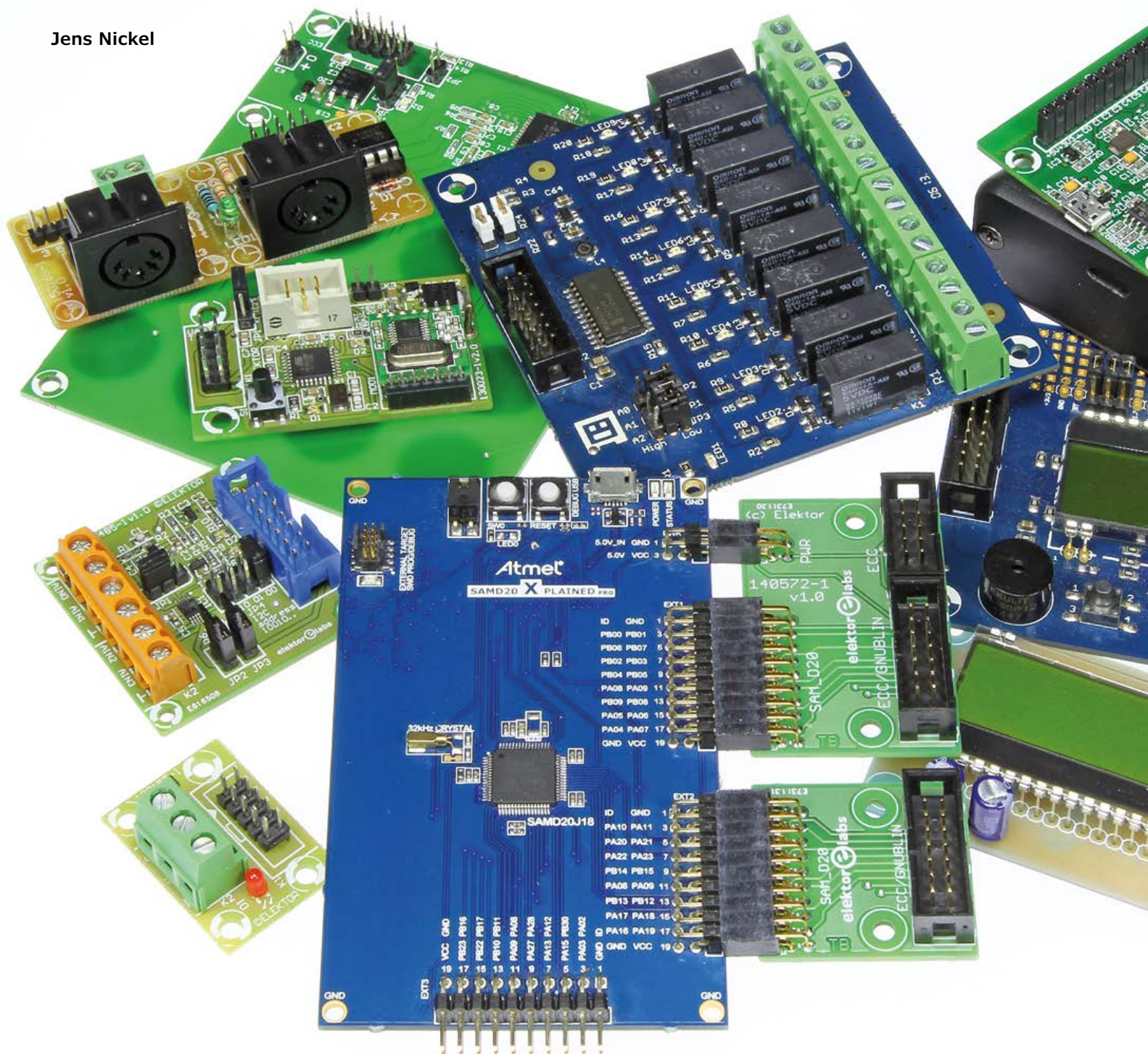
semble que ses concepteurs, des passionnés de technique, aient construit un robot à leur image, donc féru lui-même de technique, qui voit une LED bleue là où le poète aurait vu une orange bleue. Si les robots sont populaires au Japon, chez Elektor il est rare que nous recevions une proposition ou demande de projet robotique. Peut-être en avez-vous construit un qui intéresserait la communauté ? Faites-le nous savoir ! Inutile qu'il soit intelligent ou ressemble à Kirobo, l'essentiel est qu'il soit amusant. ◀

(150359-I – version française : Hervé Moreau)

surARMement : deux nouveaux adaptateurs invasion sur les connecteurs d'extension de la carte SAM-D20

Mini-platines - maxi utilité : dès à présent, il est possible de connecter à la carte SAM D20 popularisée par notre cours ARM les cartes d'extension EEC/Gnublin et ECC. Radio 433 MHz, RS-485, NFC, clavier tactile, afficheur, relais, MIDI, CA/N 16 bits sont les ingrédients de projets les plus divers à base de cerveau ARM 32 bits. Bien évidemment cet article est accompagné d'un logiciel de démo !

Jens Nickel



La carte ARM de notre cours « μ C ARM pour néophytes - pour passer de 8 bits à 32 bits » [1] est un best-seller de l'e-choppe d'Elektor. Rien d'étonnant : pour 40 euros, on a la carte *SAM D20 Xplained Pro*, une base solide pour ses propres projets embarqués [2]. Dotée d'un μ C SAMD20J18 épaulé par 256 Ko de Flash et 32 Ko de RAM [3], elle contient un débogueur du nom d'EDBG [4], qui facilite le développement et le rend plus confortable. L'environnement de développement gratuit Atmel Studio

6 [5] téléchargé, on peut se lancer immédiatement dans le développement du programme ; pas besoin d'un quelconque autre outil matériel ou logiciel. La carte comporte trois connecteurs d'extension à 2x10 broches qui permettent de s'essayer aux différentes fonctions du contrôleur : UART, I²C, CA/N... Outre le 3,3 V et la masse, ces connecteurs permettent d'accéder aux 16 broches du μ C ; comme d'habitude les registres du μ C définissent leurs fonctions. Toutes les broches peuvent servir

d'entrées et de sorties numériques, certaines serviront aussi d'entrées analogiques pour la mesure de tension. Nombre de broches remplissent en outre des fonctions d'interface. La **figure 1** montre le brochage des trois connecteurs d'extension et les broches de port correspondantes. Nous avons déjà fait un choix dans les fonctions logiques précitées (parmi celles qui sont programmables). La moitié inférieure du connecteur met à disposition les broches d'interface pour I²C, UART et SPI, en haut

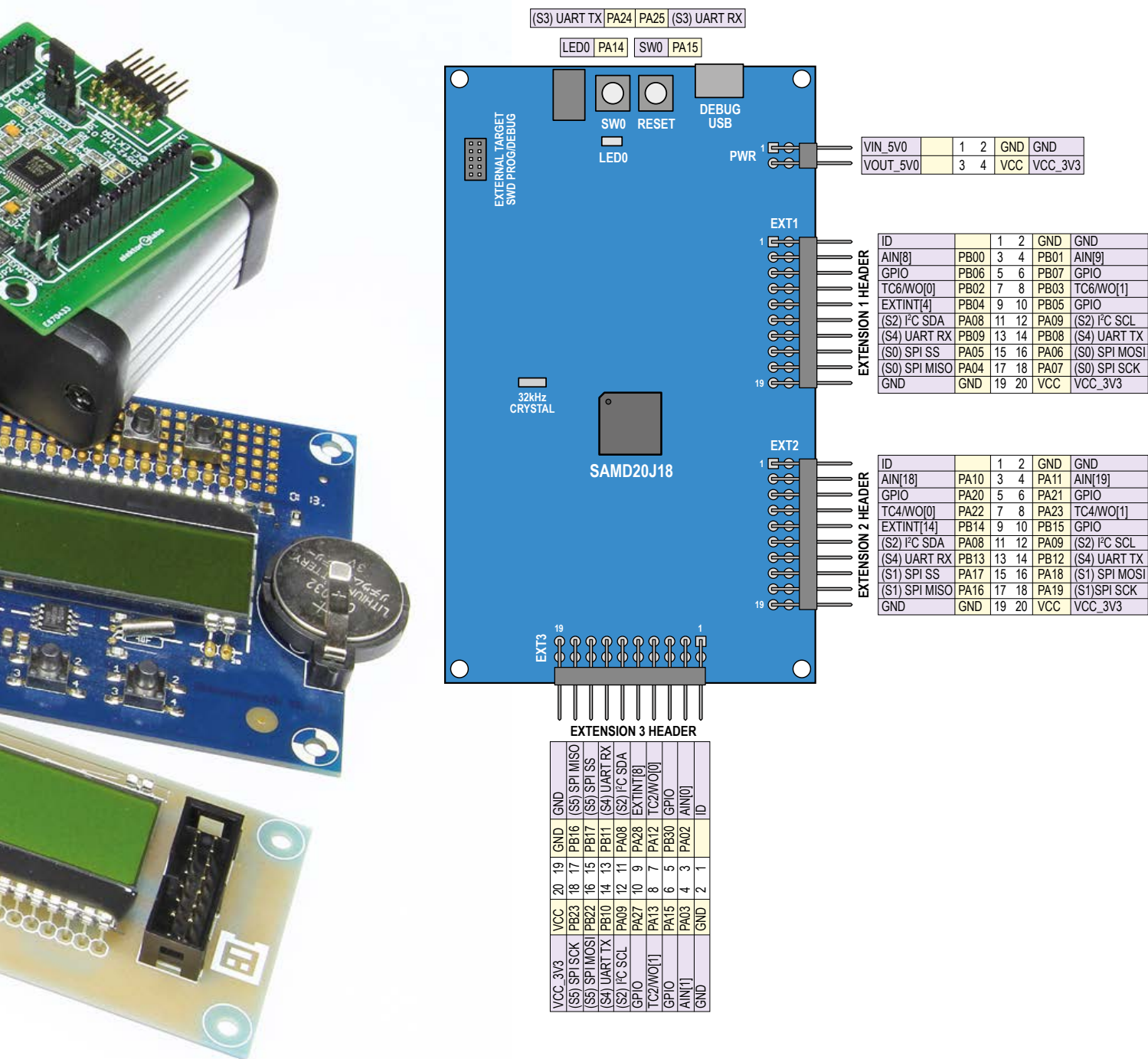


Figure 1. Les tableaux proches des trois connecteurs d'extension donnent le brochage et les broches de port correspondantes. Nous avons effectué une sélection parmi les fonctions logiques.

▶ Boostez vos projets
au « 32 bits »

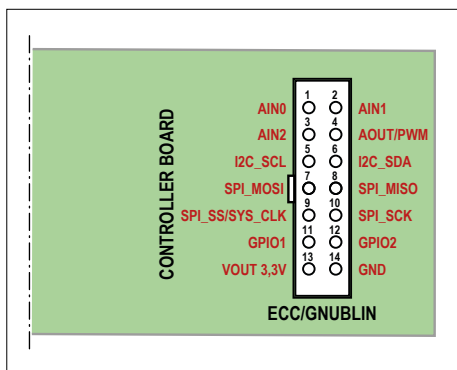


Figure 2. Spécification du connecteur à 14 broches de la Gnuclin/EEC. Sur une carte de contrôleur, le « nez » du connecteur du câble en nappe est tourné vers l'intérieur.

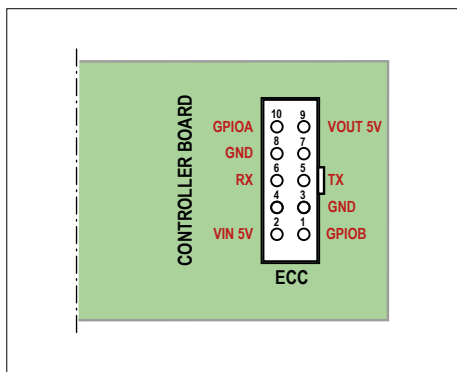


Figure 3. Avec un ECC, la transmission des signaux UART se fait par niveau de 5 V. Sur une carte de contrôleur, le « nez » du connecteur du câble en nappe est, normalement, tourné vers l'extérieur. En cas de rotation du connecteur à 180°, la carte pourra servir de périphérique pour une autre carte contrôleur, pour des mesures par exemple.

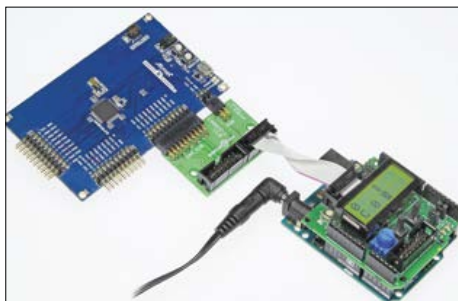


Figure 4. On voit ici une carte SAM-D20 et une carte Arduino Uno interconnectées (avec un *shield*) pour travailler de concert. Comme les « nez » des connecteurs ECC des deux cartes sont tournés vers l'extérieur il faudra utiliser ici un câble en nappe « croisé ».

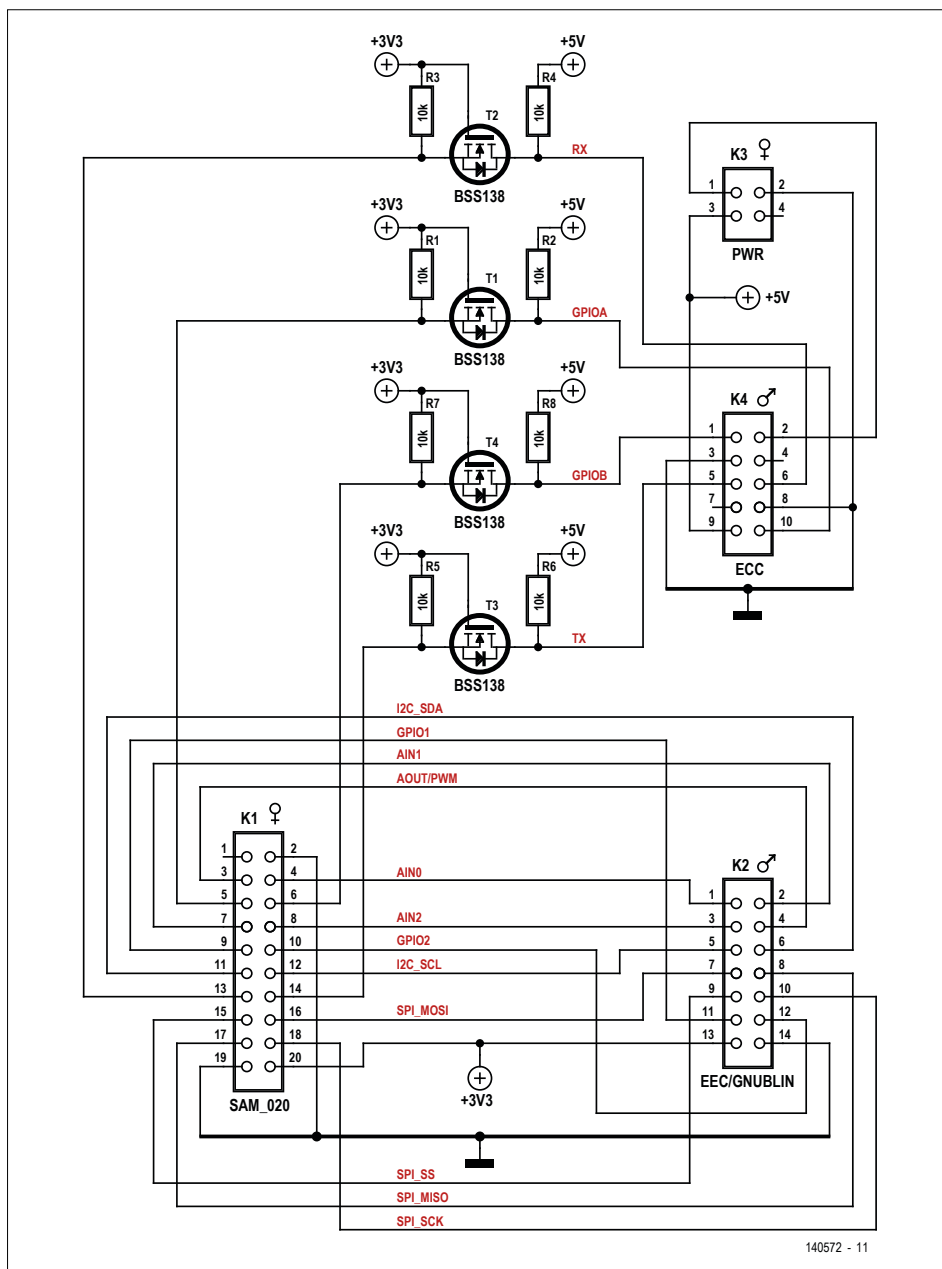


Figure 5. Schéma de l'adaptateur de plus grande taille avec convertisseur de niveau 5 V/3,3 V pour quatre signaux.

Tableau du brochage

Le tableau ci-dessous donne le brochage des connecteurs d'extension, des broches du contrôleur (EXT1 par exemple) et la fonction sur EEC et ECC (en bleu).

		1	2	GND	GND
AOUT	PB0	3	4	PB1	AIN0
GPIOA	PB6	5	6	PB7	GPIOB
AIN1	PB2	7	8	PB3	AIN2
GPIO1	PB4	9	10	PB5	GPIO2
I2C_SDA	PA8	11	12	PA9	I2C_SCL
RX	PB9	13	14	PB8	TX
SPI_SS	PA5	15	16	PA6	SPI_MOSI
SPI_MISO	PA4	17	18	PA7	SPI_SCK
GND	GND	19	20	3,3 V	EEC_3,3

les entrées et sorties numériques (GPIO), entrées analogiques (AIN) et broches des fonctions temporisateur/compteur (TC).

Cartes d'extension

Globalement, (presque) tout ce dont peut rêver le développeur est donc disponible. Un câblage en l'air et un circuit additionnel sur plaque d'essais permettent déjà de réaliser des projets simples. Pour la construction de prototypes plus robustes, Atmel propose des cartes d'extension enfichables. Bien sûr, rien ne vous interdit de réaliser votre propre platine dotée d'un connecteur femelle 2x10 soudé. Inconvénient : ces cartes ne peuvent se connecter que sur la carte SAM-D20 et quelques autres cartes similaires du fabricant.

C'est là qu'interviennent nos deux cartes d'adaptation qui augmentent considérablement les possibilités de prototypage rapide. Elles donnent en effet accès à la « ménagerie » sans cesse croissante de cartes d'extension EEC/ECC, qui à leur tour peuvent se connecter aux cartes contrôleur les plus diverses (carte Linux Elektor, Arduino Uno, etc.). Les deux cartes d'adaptation sont disponibles dans notre e-shoppe [6].

Commençons par le petit adaptateur (140572-2) : les broches essentielles du connecteur d'extension Atmel sont amenées sur un connecteur d'extension à 14 broches GnuBlin/EEC (**Embedded Extension Connector**), dont la spécification prévoit, entre autres, le transfert des signaux I²C et SPI (cf. **fig. 2**). On peut y connecter nombre de cartes d'extension mises au point par l'équipe de Benedikt Sauter : afficheur, extension de port, commande de moteur pas à pas, capteur de température et la carte à 8 relais déjà souvent utilisée. À cela s'ajoutent notre platine de CAN à 16 bits et le wattmètre du dernier numéro (cf. encadré « modules EEC ») ; d'autres suivront. Notre SAM D20 peut donc maintenant, par le biais de ces platines d'adaptation, être doté de différents bras utilisables dans une riche palette de projets de mesure et de commande.

Communication

La platine du « grand » adaptateur (140572-1) de câblage identique est en plus dotée d'un ECC (**Embedded Communication Connector**). Il sert ici au transfert de signaux UART (**fig. 3**). Le labo d'Elektor a développé de nombreux

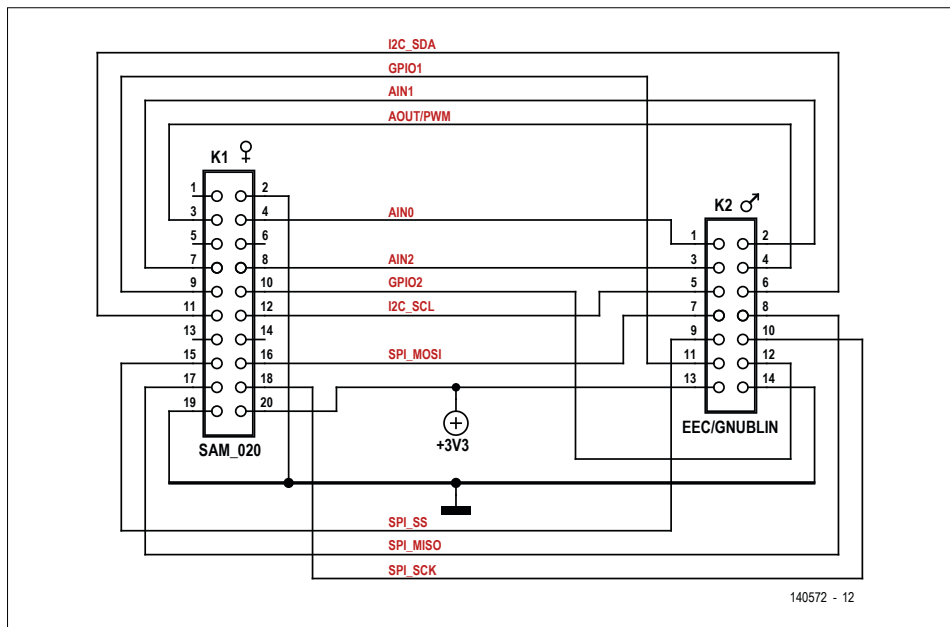


Figure 6. La petite version de l'adaptateur ne comporte que des liaisons passives.

modules de communication appropriés. Exemples : module radio 433 MHz, module MIDI In/Out et passerelle NFC pour des expériences avec la communication en champ proche (cf. encadré « modules EEC »).

La commande des modules ECC (contrairement aux EEC) se fait par niveaux de 5 V, alors que le SAM D20 travaille à des niveaux de 3,3 V. D'où la présence de quatre convertisseurs de niveau sur la carte (deux pour RX/TX et deux pour les signaux numériques

auxiliaires GPIOA et GPIOB). La spécification requiert que l'une des broches ECC fournisse 5 V (Vout). Nous avons pu dériver ce 5 V depuis un autre connecteur de la carte ARM. On peut appliquer 5 V à une autre broche de ce connecteur à 4 broches pour alimenter la carte ARM. La spécification d'ECC prévoit aussi une broche à cet effet : il nous a donc suffi d'interconnecter les deux broches 1:1. Dès lors, l'alimentation de la carte ARM peut se faire par une autre carte contrôleur ou la passerelle

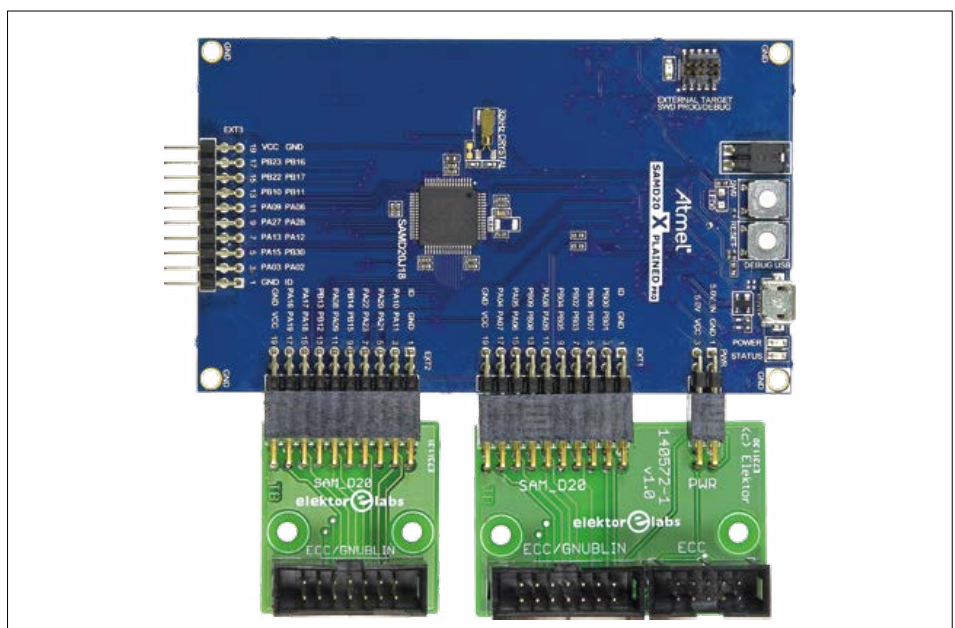


Figure 7. La platine « grande taille » de l'adaptateur ne peut être connectée qu'à EXT1, la petite platine peut l'être à tous les connecteurs d'extension.

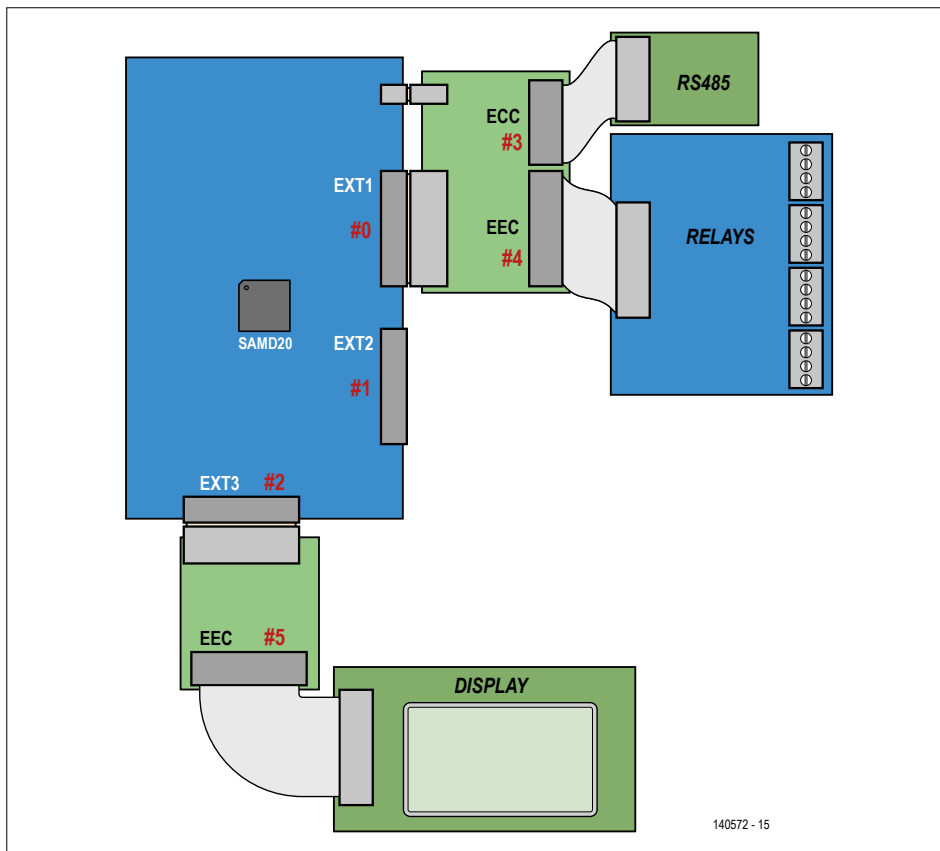


Figure 8. Numéros de bloc des connecteurs du projet de démonstration. Ils sont assignés lors de l'initialisation de la carte (en commençant par la carte du contrôleur).

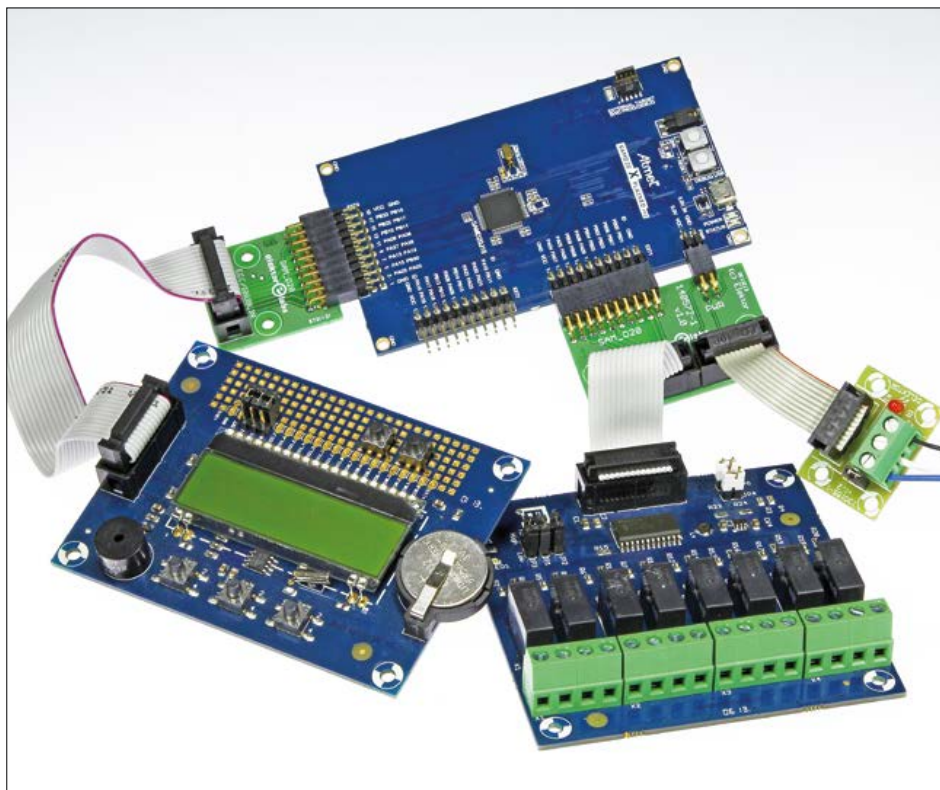


Figure 9. Pour notre démonstration, nous connectons un module RS-485 au connecteur ECC et la carte de relais au connecteur EEC de la carte d'adaptation de « grande taille ». Le connecteur EEC de la petite carte d'adaptation se voit connecter un module d'extension GnuBlin avec affichage.

ECC. En principe, cela fonctionne avec la carte *shield* d'Arduino [7]. Ici, cependant, les deux « nez » de connecteur HE10 mâle pointent vers l'extérieur, indiquant la similitude de fonction ECC des deux cartes (« carte contrôleur ») ; elles ne peuvent donc pas être interconnectées par câble plat. Pas difficile cependant de réaliser un câble plat croisé. Ou encore on dote la carte d'adaptation d'une embase mâle 2x5 broches au lieu du connecteur HE10 mâle et on pointe le « nez » du connecteur de câble plat vers l'intérieur. Les deux contrôleurs peuvent alors également communiquer l'un avec l'autre pour, par exemple, travailler ensemble dans le cadre de projets de mesure plus gros (fig. 4).

Schéma

Les schémas (fig. 5/fig. 6) se passent de commentaires : des liaisons 3,3 V purement passives et les quatre convertisseurs de niveaux évoqués. K3 est le petit connecteur « PWR » (*PoWeR*, alimentation) en haut à droite sur la carte ARM. K1 est représentatif de l'un des trois connecteurs d'extension EXT1, EXT2 ou EXT3. La grande carte d'adaptation ne peut - comme le montre à l'évidence la **figure 7** - être connectée qu'à EXT1.

Ainsi, les broches contrôleur du SAM-D20 accessibles sur l'ECC sont fixées. Ce sont PB8 et PB9 ainsi que PB7 et PB6 pour des signaux auxiliaires, comme nous l'apprend le **tableau du brochage**. Avec notre carte d'adaptation, il n'y a donc qu'une interface UART du contrôleur ARM de disponible, dénommée à bon escient EXT1 dans l'ASF (*Atmel Software Framework*). S'y ajoute cependant, pour des projets personnels, l'interface UART convertie vers la prise USB par le biais de l'EDBG [8].

Venons-en à l'EEC. Les cinq broches prévues pour les entrées et sorties numériques et les entrées analogiques sont connectées, en cas de connexion d'un adaptateur à EXT1, aux broches PB1 à PB5 de l'ARM. La broche EEC-DAC (sortie analogique) ne respecte pas totalement la spécification GnuBlin originelle, vu que celle-ci prévoit là une sortie PWM. En cas de connexion de la petite carte d'adaptation à EXT3, c'est alors la broche PA2 du SAM D20 qui devient accessible ; logiquement c'est la sortie du CNA interne du μC .

Les broches I²C SDA et SCL sont toujours (où que soient connectés les adaptateurs)

reliées à PA8 et PA9 vu qu'Atmel n'a routé que cette interface I²C pour les trois connecteurs d'extension de la carte. Certes, ce n'est pas là un inconvénient significatif. Nous ne l'avons pas essayé, mais il devrait être possible, par le biais des mêmes broches, de commander deux circuits intégrés I²C esclaves, voire plus si tant est que l'on configure une adresse I²C différente pour chacun des esclaves. Pour l'interface SPI, c'est différent : on a routé sur EXT1 à EXT3 les broches de trois interfaces SPI matérielles différentes du μ C. En cas d'utilisation de trois cartes d'adaptation, on dispose de trois interfaces SPI complètes ayant chacune leur propre connecteur EEC.

Configurations

Les idées de prototypage rapide ne connaissent donc pratiquement pas de limite. On pourra par exemple réaliser une commande par ElektorBus avec port RS-485, un module d'affichage SPI et la carte à 8 relais. Vous pouvez même basculer sur ARM le projet du wattmètre, ou encore notre projet de démo NFC avec une passerelle NFC et un afficheur. L'analyseur MIDI du dernier numéro qui reçoit les données MIDI d'un clavier, est maintenant réalisable en 32 bits, cela ouvre la porte à des projets de synthétiseur intéressants.

Le projet de démo NFC et le projet d'analyseur MIDI reposent sur l'EFL (*Embedded Firmware Library*), et sont donc faciles et rapides à adapter à d'autres matériels [9][10]. Entretemps, nous avons, pour le SAM D20 et la carte, enrichi la couche matérielle EFL décrite il y a quelque temps. Le fichier du contrôleur prend maintenant en charge les deux interfaces UART sur l'EDBG et sur EXT1, et les trois interfaces SPI routées vers l'extérieur. Le fichier de la carte permet l'accès à toutes les broches des connecteurs EXT1 à EXT3.

Pour les deux cartes d'adaptation, nous avons créé de petits fichiers de carte d'extension qui reprennent le câblage sous forme logicielle. Si l'on inclut les fichiers mentionnés dans son propre projet, on pourra utiliser tels quels tous les fichiers de carte d'extension pour modules ECC et EEC créés jusqu'à présent ainsi que, bien entendu, les fichiers de la bibliothèque EFL et une bonne partie du code de l'application, qui se trouve, en général, dans le fichier *Main*. Il faudra bien entendu

Listes des composants

de la carte EEC/ECC

Résistances :

R1 à R8 = 10 k Ω

Semi-conducteurs :

T1 à T4 = BSS138

Divers :

K1 = embase femelle
2x10 contacts, coudée,
pas de 2,54 mm

K2 = connecteur HE10 mâle
2x7 contacts, pas de 2,54 mm

K3 = embase femelle
2x2 contacts, coudée,
pas de 2,54 mm

K4 = connecteur HE10 mâle 2x5 contacts
ou embase mâle 2x5 contacts (cf. texte),
pas de 2,54 mm

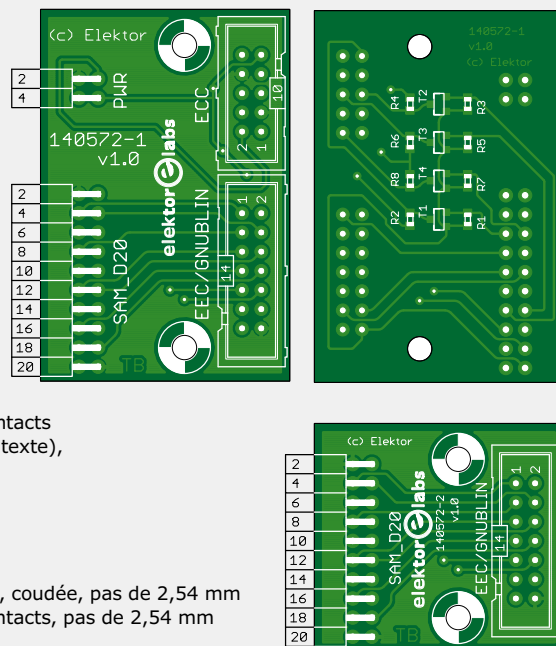
Circuit imprimé 140572-1 [6]

de la carte EEC

K1 = embase femelle 2x10 contacts, coudée, pas de 2,54 mm

K2 = connecteur HE10 mâle 2x7 contacts, pas de 2,54 mm

Circuit imprimé 140572-2 [6]



modifier l'initialisation de la carte utilisée dans la fonction `ApplicationInit`.

Intégration

Il faut en effet dire à l'EFL quelle carte d'extension a été connectée et à quel connecteur, sinon le câblage ne sera pas reproduit convenablement dans la table de brochage interne de l'EFL et les modules logiciels seront incapables de collaborer correctement. Comme ce fut déjà le cas pour le « triplan » Arduino Uno, *shield* d'Elektor et module ECC/EEC, il est possible d'intégrer facilement des cartes d'extension dans l'EFL (en fait, le *shield* est aussi une carte d'adaptation qui convertit les signaux des fameuses embases femelles d'Arduino pour l'ECC/EEC [7]).

Débutons le code Init par

```
ControllerEFL_SAMD20J18_Init();
```

```
BoardEFL_SAMD20XplainedPro_Init();
```

À l'appel de la seconde fonction, les connecteurs EXT1 à EXT3 et leurs broches sont enregistrés dans les tableaux de broches de bloc et de carte. Les connecteurs sont alors accessibles par le biais des numéros de blocs de connecteurs #0 à #2, ce que nous avons symbolisé dans la **figure 8**.

Connectons maintenant, par exemple, la grande carte d'adaptation et l'une

des petites cartes d'adaptation à EXT3. Les fichiers *ExtensionEFL-AtmelExt-EECECC.h/c* ainsi que *ExtensionEFL-AtmelExt_EEC.h/c* qui mettent à disposition une fonction Init de même nom, concernent les platines. On assigne à chacune le numéro de bloc du connecteur auquel est connectée la carte d'adaptation, dans ce cas #0 (EXT1) et #2 (EXT3) :

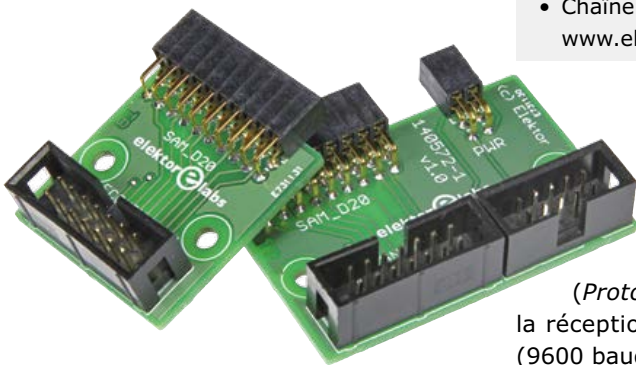
```
ExtensionEFL_AtmelExt_EECECC_
Init(0);
ExtensionEFL_AtmelExt_EEC_Init(2);
```

Comme résultat, on a, lors de l'appel suivant, ajout de trois autres connecteurs. La fonction Init du haut enregistre d'abord le connecteur ECC puis le connecteur EEC dans le tableau de blocs qu'il est dès lors possible d'adresser par le biais des numéros de bloc #3 et #4. C'est au tour ensuite de la fonction Init du bas qui enregistre un autre connecteur EEC (#5). L'initialisation des cartes ECC et EEC peut ensuite se faire. Pour notre démo (cf. ci-après), nous connectons un module RS-485 au connecteur ECC et la carte de relais à l'embase EEC de la grande carte d'adaptation (cf. **fig. 9**). À l'embase EEC de la petite carte d'adaptation, nous connectons ensuite un module d'extension GnuBLIN qui dote notre carte ARM d'un écran (pilote par SPI). Il existe déjà, pour tous ces modules d'extension, des fichiers de code EFL [6], que nous

incluons tels quels dans notre projet. Ils mettent eux aussi à disposition les fonctions Init correspondantes que nous appelons maintenant par le numéro de bloc de connecteur associé :

```
ExtensionEFL_ECC_RS485_Init(3);
ExtensionEFL_EEC_Relay8_Init(4);
ExtensionEFL_EEC_ExtensionModule_
    Init(5);
```

Le câblage du système relativement complexe est complet maintenant. Nous avons enregistré, outre six connecteurs, deux interfaces UART dans les tableaux de bloc dont l'accès se fait par les numéros



de bloc #0 (USB via EDBG) et #1 (interface RS-485 sur l'ECC). L'affichage ainsi que les boutons et la LED sur la carte du µC portent tous le numéro de bloc #0.

Commande de relais

Notre démo propose, application connue, la commande de relais via RS-485. À l'autre extrémité du bus RS-485, réalisable à l'aide de trois lignes, nous branchons le fameux convertisseur RS-485/USB connecté à un PC. Avec un programme de terminal comme HTerm [11], on peut alors commander les relais depuis le PC. Par

```
Relay_LibrarySetup();
UARTInterface_LibrarySetup();
BlockProtocol_
    LibrarySetup(UARTInterface_
        Send, 1,
        UARTInterface_GetRingbuffer(1));
```

nous initialisons donc les bibliothèques nécessaires dans la fonction ApplicationInit (entre autres une version simplifiée de BlockProtocol) et, par le placement de la ligne de code

```
BlockProtocol_Engine();
```

Modules ECC dans Elektor

- Module RS-485 (module UART) : www.elektormagazine.fr/130155
- Module radio 433 MHz (passerelles radio) : www.elektormagazine.fr/130023
- Passerelle NFC : www.elektormagazine.fr/140177
- Module MIDI In/Out (analyseur MIDI) : www.elektormagazine.fr/150169
- Convertisseur USB <-> série : www.elektormagazine.fr/130542
- Clavier capacitif à 12 touches : www.elektormagazine.fr/130105
- Analyseur UART/RS232 : www.elektormagazine.fr/140126

Modules EEC dans Elektor

- Module CA/N pour Arduino, carte Linux, etc. : www.elektormagazine.fr/130485
- Wattmètre CA/CC : www.elektormagazine.fr/140409
- Carte d'extension Linux - Afficheur, boutons, horloge RTC, buzzer et 16 GPIO : www.elektormagazine.fr/120596
- Huit relais et plus encore - Module d'extension pour les cartes à µC Linux et autres : www.elektormagazine.fr/130157
- Chaîne d'outils et API C/C++ - pour cartes d'extension Linux et Raspberry Pi : www.elektormagazine.fr/130212

dans la fonction ApplicationLoop nous appelons, à répétition, le moteur de protocole (Protocol_Engine). Ce dernier suit la réception d'instructions du terminal (9600 bauds, 8N1). L'instruction

```
R 0 5 +<CR>
```

permet, par exemple, d'activer le relais 5 sur la carte [12].

Le projet de démo téléchargeable ici [6] affiche un texte de bienvenue. Une action sur le bouton SW0 de la carte SAM-D20, commute la LED utilisateur.

Si l'on ne dispose ni de module RS-485 ni d'adaptateur RS-485/USB, on pourra connecter le PC directement à la carte

ARM via USB. Il faut dans ce cas-là faire passer de 1 à 0 le numéro de bloc UART par le biais duquel s'effectue la communication de protocole de bloc et l'appel de configuration de la bibliothèque correspondante devient :

```
BlockProtocol_
    LibrarySetup(UARTInterface_
        Send, 0,
        UARTInterface_GetRingbuffer(0));
```

Et voilà que cela (re)fonctionne ! ◀

(140572 - version française : Guy Raedersdorf)

Liens

- [1] www.elektormagazine.fr/140037
- [2] www.elektor.fr/samd20-board
- [3] www.atmel.com/Images/Atmel-42129-SAM-D20_Datasheet.pdf
- [4] www.atmel.com/images/atmel-42102-samd20-xplained-pro_user-guide.pdf
- [5] www.atmel.com/tools/atmelstudio.aspx
- [6] www.elektormagazine.fr/140572
- [7] www.elektormagazine.fr/140009
- [8] www.elektormagazine.fr/140512
- [9] www.elektormagazine.fr/120668
- [10] www.elektormagazine.fr/140328
- [11] www.der-hammer.info/terminal
- [12] www.elektormagazine.fr/130154

mesurez votre consommation d'énergie avec un RPi

assisté de

Python, **PHP** et **MySQL**

Zeno Otten (Pays-Bas)

Dans cet article, nous vous expliquons comment réaliser un gestionnaire de consommation d'énergie à base de Raspberry Pi. Avec quelques lignes de code, vous pourrez facilement rassembler et traiter les données, puis les afficher sur une page web.

La facture énergétique des ménages néerlandais a augmenté en moyenne de 5% par an depuis 17 ans. En France, on prévoit une hausse de la note d'électricité des ménages soumis au tarif bleu d'environ 20% entre 2012 et 2017. Ces hausses viennent notamment de l'augmentation du prix des carburants sur le marché mondial et du fort accroissement du nombre d'appareils électriques dans les foyers. L'électricité est devenue un poste conséquent du budget des ménages.

Prendre conscience de sa consommation et en avoir un aperçu sont un premier pas pour réaliser des économies. L'enregistrement de la consommation d'électricité et son affichage en ligne peuvent aider et révéler la consommation de différents appareils. Grâce à ces connaissances et ces informations, vous pourrez prendre les décisions qui vous feront économiser de l'argent.

Relevé de la consommation

Tout ménage qui achète de l'électricité à un fournisseur a un compteur chez lui. Les compteurs les plus anciens fonctionnent avec un disque. Sa vitesse de rotation mesure la quantité d'électricité consommée. Une fois par an, on relève le compteur pour établir la facture. Un contrôle par an ne suffit pas pour disposer d'informations pertinentes afin de prendre les bonnes mesures d'économie d'énergie. Un relevé en ligne - continu dans le temps - nous donnera beaucoup plus d'informations. En mesurant la vitesse de rotation [2,3] du disque, il est même possible de mesurer la consommation de chaque appareil de la maison.

La numérisation croissante a permis aux distributeurs d'éner-

gie de mettre en place de plus en plus de compteurs dits intelligents. Il est ainsi possible de relever les chiffres du compteur à distance et de les communiquer directement au fournisseur. Les compteurs intelligents ont un système de calcul du rachat d'énergie (en cas d'utilisation de panneaux solaires).

Sur ce type de compteur, le relevé en ligne de la consommation d'énergie est réalisé sur un port série. Cette connexion permet de récupérer facilement les données numériques du compteur. Le relevé peut se faire toutes les 10 s, c'est idéal pour observer toutes les variations de la consommation. En sauvegardant les données, vous pourrez à tout moment consulter les données de consommation d'énergie sur une page web depuis un ordinateur, un ordiphone ou une tablette.



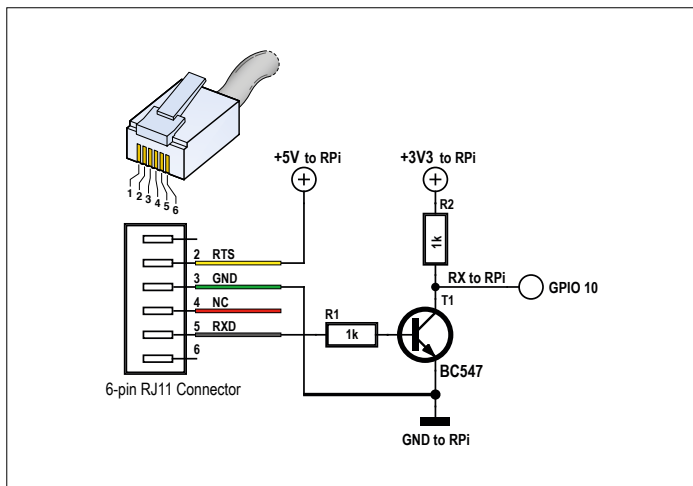


Figure 1. Liaison entre compteur électrique et nano-ordinateur RPi.

Des entreprises commerciales proposent déjà des solutions pour surveiller et gérer la consommation d'énergie. Elles vendent différents modèles de gestionnaire de consommation électrique. Mais il y a un moyen plus sympathique pour y arriver. S'il y a déjà un compteur intelligent dans votre maison, vous pouvez attaquer directement ce projet. Sinon, demandez-en un à votre fournisseur.

Dans cet article, nous allons vous apprendre à utiliser un Raspberry Pi (modèle 1) et un compteur intelligent pour relever, enregistrer, analyser et présenter sur une page web vos consommations d'électricité. Vous pouvez également enregistrer les restitutions d'énergie des panneaux solaires.

Matériel

Le Raspberry Pi est le nano-ordinateur le plus populaire du moment (plus précisément un véritable ordinateur Linux au format d'une carte de crédit). Le RPi possède assez d'entrées/sorties et d'interfaces pour pouvoir relever et traiter les données en provenance du compteur intelligent. Les données peuvent également être enregistrées sur le RPi, qui gèrera une base de données de type MYSQL. La consultation des résultats se fait également sur le RPi en se servant d'un serveur HTTP Apache en association avec une page web PHP.

Le compteur dispose d'une sortie série avec la particularité que le signal sortant est inversé. La **figure 1** montre le circuit électronique qui permet de mesurer ce signal. La broche 2 est l'entrée pour interroger (RTS), la broche 5 fournit les données (RXD) et la broche 3 est reliée à la masse. Les signaux sont compatibles 5 V. Le signal de données est inversé par le transistor BC547 et envoyé sur la broche 10 GPIO du RPi avec une tension de 3,3 V, tension maximale supportée par les GPIO du RPi. Comme le schéma le montre, la récupération du signal n'est pas un grand défi électronique.

Les données sont envoyées toutes les dix secondes par le compteur via la ligne RxD sous la forme d'une série de trames qui contiennent les données de l'utilisateur (voir plus loin). Tant qu'un 1 logique est appliqué sur l'entrée RTS, les données sont envoyées en continu par le compteur.

Logiciel

Ce projet demande peu de connaissances en électronique. Par contre, les logiciels sont plus exigeants. Les explications ci-dessous des étapes nécessaires, illustrées par des exemples tirés des programmes, montrent comment transformer un Raspberry Pi en gestionnaire de consommation d'énergie. Nous avons installé la distribution Linux Raspbian sur la carte SD. Nous avons repéré en **vert** les commandes pour le RPi. Elles doivent être exécutées sur un terminal. En **rouge**, ce sont les lignes de programmation en Python. Les **lignes bleues** sont les commandes de programmation dans MySQL. Les lignes du programme PHP sont en **brun**.

Pour pouvoir utiliser le port série comme indiqué à la figure 1, il faut fermer la connexion sur ce port. Ouvrez le fichier `/etc/inittab` avec un traitement de texte et tapez un `#` devant la ligne : `T0:23:respawn:/sbin/getty -L ttyAMA0 115200 vt100`.

Le RPi utilise par défaut le port série pour envoyer des informations à l'extérieur au démarrage. Nous devons désactiver cette fonction pour programmer et utiliser nous-mêmes le port série. Utilisez pour cela le fichier `/boot/cmdline.txt` et effacez toutes les références à `tyAMA0` (le nom du port série). Le fichier ressemblera alors à ceci : `dwc_otg.lpm_enable=0 console=tty1 root=/dev/mmcblk0p2 rootfstype=ext4 elevator=deadline rootwait`. Redémarrez ensuite le RPi.

Python

Le langage de programmation Python est installé par défaut sur le RPi. La totalité du programme de collecte des données est écrite dans la version 2.6 et peut être téléchargée en annexe de cet article [2].

La commande suivante permet d'installer une bibliothèque spéciale qui comprend les fonctions destinées à la programmation du port série :

```
sudo apt-get install python-serial
(pour en savoir plus, voir [3])
```

Le compteur intelligent utilise le protocole RS232 avec les caractéristiques définies comme suit en Python :

```
ser = serial.Serial()
ser.baudrate = 9600
ser.bytesize=serial.SEVENBITS
ser.parity=serial.PARITY_EVEN
ser.stopbits=serial.STOPBITS_ONE
ser.xonxoff=0
ser.rtscts=0
ser.timeout=20
ser.port="/dev/ttyAMA0"
```

Attention : il faut adapter ces paramètres à votre modèle de compteur. Cherchez sur l'internet sa notice (réf. de votre compteur et les mots-clés « sortie domotique » ou « sortie téléinformation client »). Cette notice sera également utile pour déchiffrer les trames reçues.

Les données sont lues sur la ligne Rx (GPIO10) :

```
ligne = ser.readline()
```

Les trames envoyées par le compteur électrique sont encore obscures :

```
0-0:96.1.1(8549D313736438764837648364834)
1-0:1.8.1(01238.000*kWh)
1-0:1.8.2(02224.000*kWh)
1-0:2.8.1(02327.000*kWh)
1-0:2.8.2(04528.000*kWh)
0-0:96.14.0(0002)
1-0:1.7.0(0000.00*kWh)
1-0:2.7.0(0000.12*kWh)
0-0:17.0.0(999*A)
0-0:96.3.10(1)
0-0:96.13.1()
0-0:96.13.0()
0-1:24.1.0(3)
0-1:96.1.0(8549D313736438764837648364834)
0-1:24.3.0(121106150000)(00)(60)(1)(0-1:24.2.1)(m3)
(00054.386)
0-1:24.4.0(1)
!
```

Le paquet de données se termine par un « ! ». La signification des autres lignes se trouve dans le manuel du compteur, mais les chiffres qui nous intéressent sont faciles à repérer.

Les valeurs des lignes 1-0:1.8.1, 1-0:1.8.2, 1-0:2.8.1, 1-0:2.8.2, 1-0:1.7.0 et 1-0:2.7.0 sont stockées dans les variables *var1* à *var6* du programme Python.

Les valeurs numériques se trouvent dans les positions 10 à 15 de la ligne :

```
if ligne[0:9] == "1-0:1.8.1":
    var1 = ligne[10:15]
    print "Consumed (L)      ", var1
```

Var1 = consommation (L) en kWh

Var2 = consommation (H) en kWh

Var3 = restitué (L) in kWh

Var 4= restitué (H)en kWh

Var5 = consommation actuelle en W

Var6 = restitution actuelle en W

Varx est ensuite stockée dans une base de données MySQL toutes les 10 min. Raison pour laquelle on importe la bibliothèque MySQLdb en Python :

```
import MySQLdb as mdb
```

La base de données sera baptisée « nom_database ». Le tableau dans lequel les relevés sont stockés aura le nom « relevés1 ».

```
con = mdb.connect('localhost', 'nom_connexion',
    'mot_de_passe', 'nom_database')
    with con:
        cur = con.cursor()
        cur.execute("INSERT INTO
relevés1(horodatage,Data1) VALUES (%s)" , ( now,var1))
```

```
print now, "Data written in database "
cur.close()
```

Dans le programme réel P1.py que vous téléchargerez en [2], les six variables et la variable d'horodatage ont été sauvegardées dans la base de données.

MySQL

La base de données MySQL peut être sauvegardée sur un ordinateur du réseau auquel le RPi est également connecté, mais vous pouvez aussi l'installer sur le RPi.

Il y a assez d'espace sur la carte micro-SD du Rpi, en effet l'auteur a choisi une version de 8Go, donc il a pu opter pour la sauvegarde sur la carte SD.

Pour pouvoir utiliser une base de données MySQL sur le RPi, il faut d'abord installer les programmes suivants. Saisissez dans un terminal la commande suivante :

```
sudo apt-get install mysql-server python-mysqldb
```

Pendant cette installation, on vous demandera le mot de passe *root* de la base de données. Vous pouvez alors ouvrir une nouvelle base de données. Par exemple, une base qui va consigner les relevés avec l'utilisateur « unUtilisateur ».

Lancez le navigateur MySQL dans un terminal :

```
$ mysql -u root -p
```

Tapez ensuite les commandes MySQL :

```
mysql> CREATE DATABASE nom_database
mysql> USE nom_database
mysql> CREATE USER 'unUtilisateur'@'localhost' IDENTIFIED
BY 'mot_de_passe';
mysql> GRANT ALL PRIVILEGES ON nom_database.* TO
'unUtilisateur'@'localhost'
mysql> GRANT ALL PRIVILEGES ON nom_database.* TO
'unUtilisateur'@'localhost'
mysql> FLUSH PRIVILEGES;
mysql> quit
```

Ensuite, créez un tableau « Relevés1 » dans lequel les données seront enregistrées. Dans l'exemple suivant, il s'agit de l'horodatage et des données : date+heure (jour-mois-année-heure:minute:seconde) et une chaîne d'un maximum de onze caractères (*Data1*).

```
mysql > CREATE TABLE relevés1 (horodatage, date,Data1
varchar(11));
```

Dans le véritable programme P1.py, six champs de données sont définis.

MySQL est un environnement de programmation complet et très vaste. Dans ce projet, nous n'allons donner que les commandes nécessaires (requêtes) pour pouvoir enregistrer les données. Vous trouverez facilement d'autres commandes et extensions sur l'internet. Les requêtes dont nous avons besoin servent à extraire les données de la base et à les présenter par exemple sur une page web. Nous en reparlerons plus loin. La base de données peut maintenant recevoir les relevés exécutés par le programme P1.py du téléchargement [2].

Electricity consumption / production

Date: 19-05-2015
Time: 22:57:47

Consumed (L): 2217.333 kWh
Consumed (H): 2057.824 kWh

Produced (L): 249.367 kWh
Produced (H): 594.197 kWh

Consumption : 220 Watt
Production : 0 Watt

22:57:47: A device has 590 Watt disabled

Figure 2. Aperçu des relevés actuels.

Serveur web

Ces données doivent être accessibles et pouvoir être présentées sur une tablette, un portable ou tout autre appareil numérique. Comme le RPi peut le faire, il faut d'abord le transformer en serveur web. Pour ce faire, vous allez installer le serveur Apache (voir info et manuel en [4]) et installer les programmes suivants sur votre RPi. Tapez dans un terminal les commandes suivantes :

```
sudo apt-get update
sudo apt-get install apache2
sudo apt-get install mysql-server
```

Pour pouvoir travailler avec PHP, vous devez aussi l'installer :

```
sudo apt-get install php5
sudo apt-get install php5-mysql
sudo apt-get install php5-gd
```

Testez ensuite le serveur web et PHP à l'adresse <http://localhost/index.html> que vous allez consulter dans un navigateur sur le RPi. Si tout va bien, la page de test apparaît.

Les pages web sont stockées par défaut dans `/var/www/index.html`. Remplacez `index.html` par `/var/www/index.php` avec votre propre contenu, et voilà votre serveur web créé.

Le serveur tourne maintenant sur le RPi. Et il sera sans doute intégré à un réseau (domestique). Les ordinateurs du réseau domestique doivent pouvoir accéder au RPi et à la page web par http://ipadres_du_Pi/index.php.

Certains réglages sont encore nécessaires dans le routeur si le RPi doit aussi être accessible depuis l'internet. Ils vont dépendre du réseau Wi-Fi et du routeur utilisés.

Page web PHP

La page web que nous allons consulter dans le navigateur internet doit se connecter à la base de données où se trouvent les relevés. Il faudra ensuite choisir les données à afficher et leur quantité.

Dans ce projet, on va afficher sur le site web l'état actuel du compteur et trois graphiques. Ils montreront l'évolution de la consommation d'électricité des huit dernières heures et des dernières 24 h. En même temps, on déterminera et affichera la moyenne sur les graphiques.

Le troisième graphique montre qu'un appareil est connecté ou débranché, et combien d'énergie cet appareil consomme.

Connexion avec la base de données

En PHP, se connecter à une base de données MySQL est facile. Tapez les commandes suivantes pour créer l'accès à la base de données « database ».

```
$host = "localhost";
$user = "unUtilisateur";
$pass = "mot_de_passe";
$dbase = "database";
```

```
$link = mysql_connect($host, $user, $pass);
if (!$link) {
    die('Could not connect: ' . mysql_error());
}
echo 'Connected successfully<br>';
```

```
mysql_select_db($dbase, $link) or die('Could not select database.');
```

On peut maintenant lire dans la base de données. Faisons une requête pour sélectionner des données.

Un exemple de requête comme on peut en faire en PHP :

```
$query = 'SELECT horodatage,Data1,Data2,Data3,Data4,Data5,Data6 FROM Relevés1 ORDER BY
        horodatage ASC LIMIT 144'
```

Cette commande sélectionne les 144 dernières mesures (horodatage, champs *Data1* à *Data6*) du tableau « Relevés1 », triées par ordre croissant dans le temps. En fait, cette requête va former un nouveau tableau comprenant des données qui peuvent être représentées.

Résultats

Quand on consulte le lien web <http://77.162.137.240/p4.php>, le RPi crée un site web qui affiche d'abord l'état actuel du compteur (**fig. 2**).

La consommation (L) en kilowattheures est la consommation pendant les heures où le courant est relativement bon marché (par ex. entre 23h et 06h et le week-end). En dehors de ces heures, on a un tarif **Haut**. Le prix qu'il faut payer par kilowattheure varie d'un fournisseur à l'autre. En principe, les coûts peuvent être affichés ici directement en euros.

Si vous avez par exemple des panneaux solaires, l'énergie fournie jusqu'à présent peut être relevée sur les lignes Production (H) et Production (L).

Et vous pouvez même voir la consommation actuelle, exprimée en watts.

Tendances

Pour créer un graphique en PHP et afficher l'évolution de la consommation d'électricité, on utilise l'outil `phpgraph.php` [5]. Cette bibliothèque permet de créer facilement des graphiques sur un ensemble de données ; dans le cas qui nous occupe, ce sera l'évolution de la consommation d'énergie des huit dernières heures (**fig. 3**).

Voici un exemple qui montre le temps sur l'axe des X et la consommation en W sur l'axe des Y. La valeur « actual time »

est à zéro ($t=0$). Les valeurs les plus anciennes se trouvent à droite sur l'axe du temps.

Les valeurs réelles de l'horodatage ne figurent pas sur l'axe des X parce qu'elles prendraient trop de place sur le graphique. La quantité de mesures par heure s'élève à six. Cela permet de limiter un peu la taille de la base de données, mais en principe les relevés devraient être enregistrés une fois toutes les 10 s. Le graphique montre que la consommation nocturne (cinq heures sur le graphique) est d'environ 150 à 200 W. Elle provient principalement d'une combinaison réfrigérateur/congélateur et de quelques autres petits consommateurs.

Les pointes du graphique proviennent d'une plaque de cuisson en céramique utilisée à ce moment.

Lorsque la puissance fournie par les panneaux solaires est supérieure à la consommation du moment, de l'énergie est envoyée dans le réseau. Cette situation est calculée par le compteur, et est visible dans le graphique de **la figure 4** également. La consommation est alors simplement négative !

Comme les données sont stockées dans la base de données, une autre requête permet de montrer une tendance qui restitue la consommation des dernières 24 h (**fig. 5**).

La requête PHP est :

```
$query2 = 'SELECT horodatage,Data1,Data2,Data3,Data4,Data5,Data6 FROM relevés1 ORDER BY horodatage DESC LIMIT 144'; //dernières 24 h, 6 relevés/heure
```

Le pic élevé d'environ 2400 W provient de nouveau de cette plaque de cuisson. On peut ainsi se rendre compte que la combinaison réfrigérateur/congélateur absorbe env. 160 W. La dernière illustration (**fig. 6**) affiche la mise en service ou hors service d'un appareil et sa consommation en watts. En fait, le système calcule par rapport au dernier relevé l'augmentation ou la baisse de la consommation en watts.

La valeur minimale qui permet de détecter les appareils est de ± 10 W et est définie par les caractéristiques du compteur.

Conclusion

Le gestionnaire d'énergie est conçu avec un nano-ordinateur Raspberry Pi. Un petit branchement électronique et quelques efforts vous permettront de collecter et traiter les données d'un compteur numérique.

L'utilisation des logiciels demande un peu d'attention, mais ensuite il sera possible de programmer n'importe quelle fonction sur le Raspberry Pi. Ce gestionnaire d'énergie ne coûte donc pas cher et est facile à construire.

En utilisant les environnements de programmation standard que sont Python, PHP et MySQL, ce projet ne peut pas rater. En conservant les données dans une base de données MySQL locale, il est possible de présenter sur un site web les données réelles et sous forme de tendance. Ce site web va permettre de voir quels appareils domestiques sont responsables de la grosse partie de la facture électrique.

Grâce à ces données, vous pourrez faire des économies qui seront visibles immédiatement. Débrancher un appareil pendant un instant montre directement sa consommation d'électricité. ◀

(150313 – version française : Eric Dusart)

Liens

- [1] www.hobbytronics.co.uk/tutorialscode/raspberry-pi-tutorials/raspberry-pi-serial-port
- [2] www.elektormagazine.fr/150313
- [3] http://elinux.org/Serial_port_programming
- [4] www.penguinututor.com/linux/RaspberryPi-webserver
- [5] www.ebrueggeman.com
- [6] Article "Wattmètre sous Lego Mindstorms, Z. Otten, Elektor juillet/août 2009, www.elektormagazine.fr/080262
- [7] www.zenot.nl

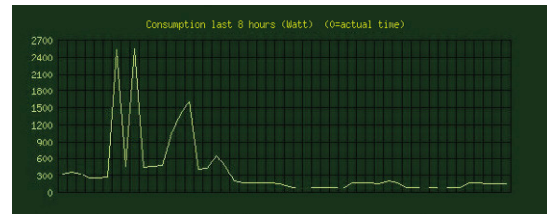


Figure 3. Consommation d'électricité au cours des huit dernières heures.

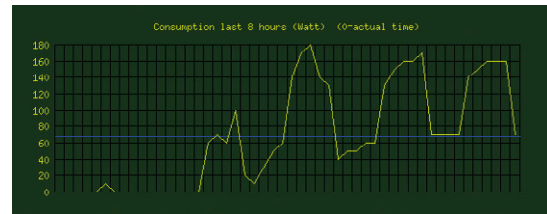


Figure 4. Quand des panneaux solaires produisent beaucoup d'énergie, la consommation totale peut devenir négative.

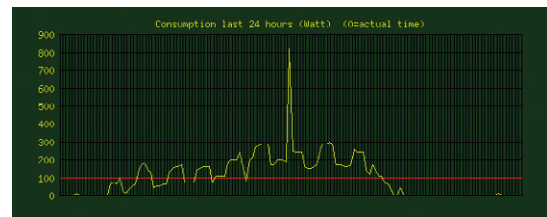


Figure 5. La consommation d'énergie au cours des dernières vingt-quatre heures.



Figure 6. Brancher/débrancher un appareil permet de mesurer sa consommation.

ampli audio 60 W ultra compact pas cher, une réalisation fringante qui en jette !



Robert M. Carter (Royaume-Uni)

Il ne détient sans doute pas le record de la plus haute fidélité, mais sur 38x56 mm, cet amplificateur à composants discrets est moins cher et plus petit que les modules de puissance intégrés comparables. Il offre une excellente qualité de son et se glisse sans peine dans un recoin de la voiture, le caisson de grave du salon...

Jadis, à l'ère du disco, construire soi-même son amplificateur constituait un enchantement pour les amateurs de bonne musique, mais aussi une sérieuse économie. De nos jours, nous sommes inondés d'appareils en tout genre, à l'aspect incertain et venus de loin. La per-

fection de la reproduction du son semble moins importante. Mais peut-être qu'aujourd'hui, lassés du crincrin de ces bidules étranges et plus économes, nous accordons à la construction personnelle un regain d'intérêt. Voici un amplificateur compact de 60 W avec une histoire et

du panache : il y a 15 ans il brillait par sa modeste dimension et ses composants discrets peu onéreux, il n'a rien perdu de son intérêt. Les Darlington complémentaires de l'étage final, les BDW93C/94C, sont encore sur le marché et à un prix correct (guère plus de 2 €). Si c'est une

Caractéristiques techniques

- Sensibilité d'entrée : 0,2 V_{eff} (ou 1 V_{eff} ; cf. texte)
- Impédance d'entrée : 7 kΩ (ou 14 kΩ avec un gain réduit ; cf. texte)
- Puissance sinus. : sur 4 Ω : 60 W, DHT+b = 1 %, sur 8 Ω : 36 W, DHT+b = 1 %
- Bande passante : 20 Hz à 80 kHz (-3 dB)
- Rapport signal/bruit : >90 dBA
- DHT+b : 0,045 % à 1 kHz (10 W/4 Ω)
- Facteur d'amortissement : > 250 (1 kHz), (>1 300 si gain réduit, cf. texte)
- Courant de repos : ≈33 mA (ampli terminé)

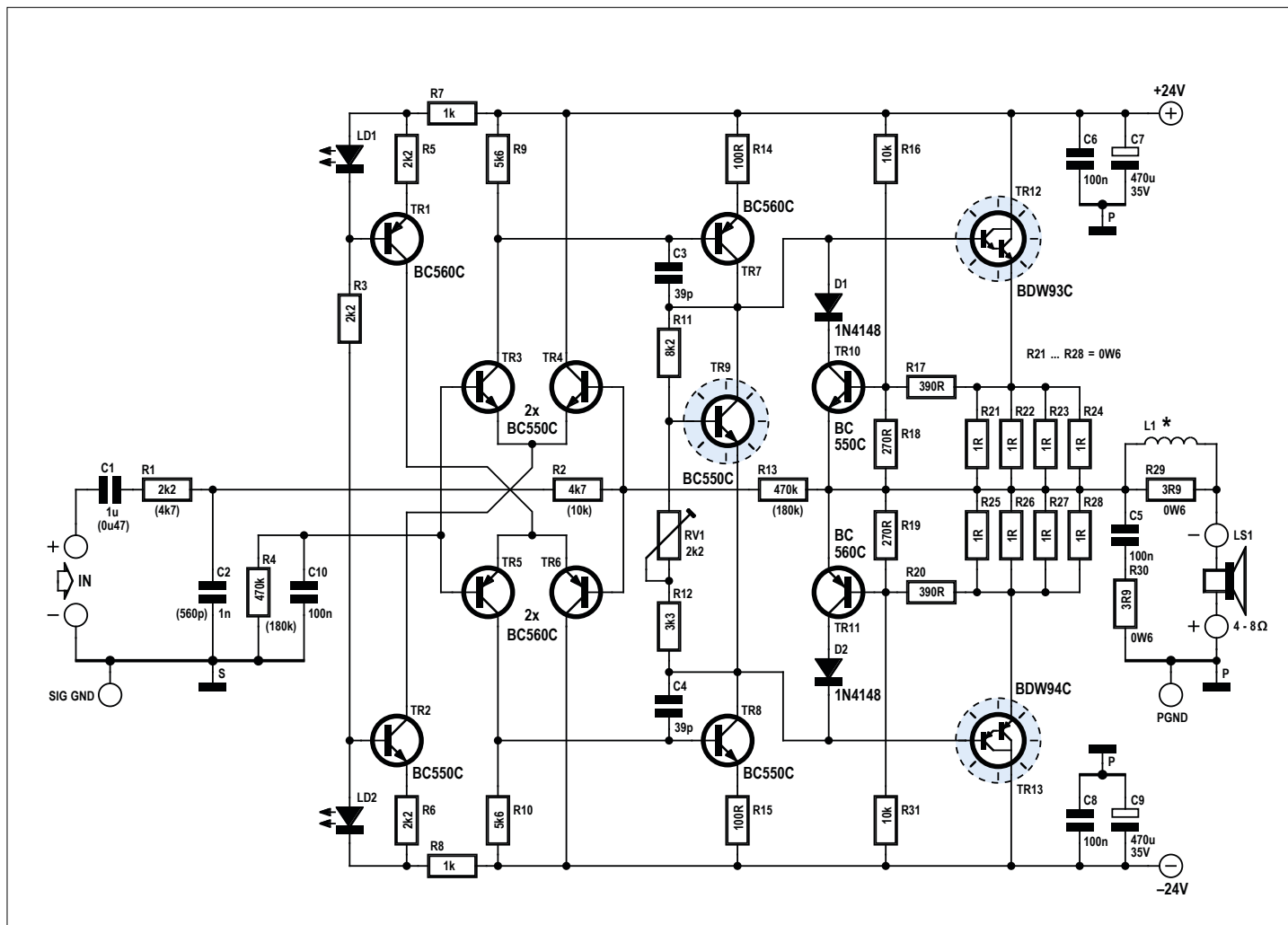


Figure 1. Schéma de l'amplificateur audio compact de 60 W.

distorsion infinitésimale qui vous motive, il existe d'autres schémas, mais si vous voulez une bonne qualité à un prix raisonnable, un format réduit et une construction facile, lisez la suite...

Plongée dans le circuit

Le schéma de la **figure 1** montre un canevas très conventionnel, avec une symétrie totale soutenue par des sources de courant et une compensation de fréquence à un seul pôle. Mais il met en œuvre des astuces inhabituelles pour réduire le nombre de composants. D'abord, l'amplificateur suit une configuration inverseuse, plutôt que le chemin conventionnel en non-inverseur. Du coup, il faudra inverser la polarité des haut-parleurs, mais un ampli inverseur corrige beaucoup plus aisément que l'autre le décalage de phase en boucle ouverte, tout bénéfice pour la simplicité de la conception. En outre, le condensateur d'entrée joue un double rôle : couplage en alterna-

tif, réduction du gain en continu à l'unité. En fait, la boucle de rétroaction n'intervient pas dans la réponse en fréquence de l'ampli, tout se passe en dehors, le signal est conditionné dès l'entrée par un réseau passif pour sabrer dans les composants.

Dans ce but, l'amplificateur proprement dit opère à grand gain jusqu'à des fréquences inférieures à la bande audio et vous remarquerez que, à part le condensateur de compensation de 39 pF et ceux d'un découplage élémentaire, il n'y a nulle part de guirlandes de mystérieux réseaux RC « pour la stabilité ». Malgré cela, l'amplificateur dispose d'une marge de phase théorique de 40 ° et le tracé compact de la carte le préserve au mieux des parasites. Considérez-le comme un amplificateur opérationnel de puissance discret. Les mesures effectuées pour cet article ont eu lieu avec des câbles presque dépourvus de blindage, en environnement parasite, or le prototype n'a montré aucun signe d'instabilité.

Dans le passé, la plupart des amplis avaient une faible sensibilité d'entrée, 1 V_{eff} le niveau de ligne. Vous pouvez le construire ainsi, utilisez alors les valeurs indiquées entre parenthèses pour un gain de 12 fois ou 22 dB ; mais de nos jours, les sources à niveau de ligne sont assez rares et le plus courant est celui des sorties pour casque d'un téléphone tactile ou d'une tablette. Si on connecte un de ces appareils à une chaîne hi-fi, c'est à peine audible, même à plein volume. Le circuit tel quel offre un gain de 36 dB (67x) qui permet la pleine puissance à partir d'une sortie casque moderne ou 0,2 V_{eff} – le facteur d'amortissement est bien un peu affecté aux hautes fréquences, mais le plus important se joue dans le registre plus bas. Notez la polarisation par LED des sources de courant : une LED donne moins de bruit qu'une zener, donc élimine deux condensateurs de découplage et présente une dérive moindre lors de la mise sous tension ! Économie supplémentaire de sous, comme

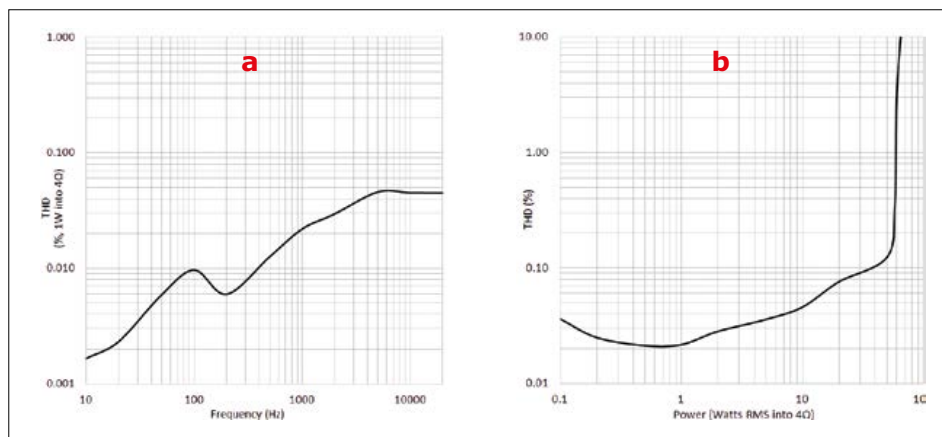


Figure 2. La DHT en fonction de la réponse en fréquence (2a) et la DHT en fonction de la puissance de sortie (2b).

d'espace, les résistances d'émetteur des transistors de puissance sont d'un modèle standard de 1 Ω . Combinées en parallèle, elles ont une moindre inductance que les résistances bobinées habituelles.

Les Darlington de puissance travaillent à faible courant de repos, un petit préjudice pour les chiffres de distorsion, mais un abaissement notable des pertes thermiques, pas seulement par souci d'écologie, mais plutôt pour y gagner sur les

radiateurs et la faculté de piloter l'étage de sortie sans devoir refroidir les TO-92.

Performance

Malgré un choix moins ambitieux pour les transistors, la qualité audio est bonne (voir les courbes usuelles des **figures 2a** et **2b**). Lors des tests d'écoute subjectifs, le prototype rivalisait avec une onéreuse chaîne hi-fi d'un constructeur célèbre pour sa qualité : des basses serrées, un détail précis et une grande transparence vocale

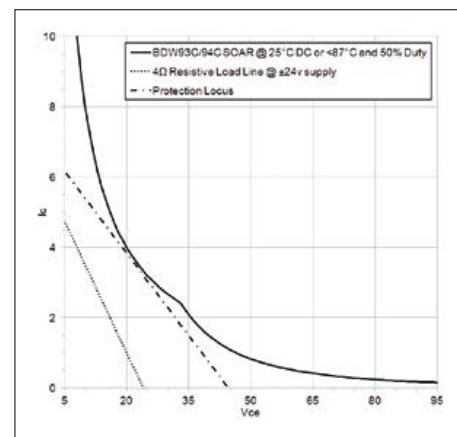


Figure 3. L'aire de sécurité (SOAR, safe operating area) est déterminée par la charge de l'amplificateur et les caractéristiques des transistors de puissance.

dans le médium.

Protection et alimentation

Pour tirer 60 W (65 W à 10 % de DHT) des transistors de sortie en TO-220, il faut les attaquer en force et donc de bons radiateurs aussi (cf. plus loin). Une protection contre la surcharge n'est pas du luxe. On utilise des circuits conventionnels à une seule pente. L'aire de sécurité est représentée à la **figure 3**, on y voit une bonne latitude pour des charges induc-

Liste des composants

Résistances :

R1 = 2,2 k Ω (4,7 k Ω)
 R3, R5, R6 = 2,2 k Ω
 R2 = 4,7 k Ω (10 k Ω)
 R4, R13 = 470 k Ω (180 k Ω)
 R7, R8 = 1 k Ω
 R9, R10 = 5,6 k Ω
 R11 = 8,2 k Ω
 R12 = 3,3 k Ω
 R14, R15 = 100 Ω
 R16, R31 = 10 k Ω
 R17, R20 = 390 Ω
 R18, R19 = 270 Ω
 R21-R28 = 1 Ω 0,6 W
 R29, R30 = 3,9 Ω 0,6 W
 RV1 = 2 k Ω ajust. vertical
 Option : 2 résistances 150 Ω 4 W
 pour mise au point
 () = valeur pour gain réduit

Condensateurs :

C1 = 1 μ F (0,47 μ F)
 C2 = 1 nF (560 pF)
 C3, C4 = 39 pF
 C5, C6, C8, C10 = 0,1 μ F
 C7, C9 = 470 μ F 35 V radial
 () = valeur pour gain réduit

Inductance :

L1 = bobine de 10 spires sur diam. 5 mm, cuivre émaillé 1 mm

Semi-conducteurs :

D1, D2 = 1N4148
 LD1, LD2 = LED rouge 2,1 V ; 2 mm x 5 mm
 TR1, TR5, TR6, TR7, TR11 = BC560C
 TR2, R3, TR4, TR8, TR9, TR10 = BC550C
 TR12 = BDW93C
 TR13 = BDW94C

Divers :

radiateur (cf. texte)
 set de montage pour TR12 et TR13
 9 ponts de câblage
 circuit imprimé
 alimentation adéquate avec fusibles 2 AF
 dans lignes \pm 24 V
 (cf. texte pour recommandations)

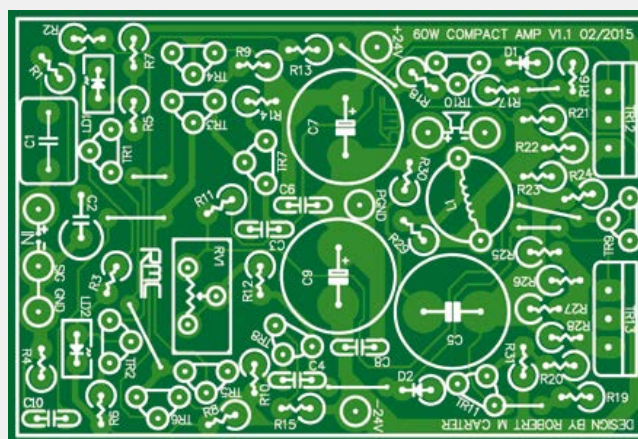


Figure 4. Disposition des pistes et des composants à l'échelle 150 %.

tives et des haut-parleurs d'une résistance plus basse que celle annoncée, env. jusqu'à $3,1 \Omega$. Il faut protéger l'ampli par des fusibles de 2 AF (rapides) dans les lignes de l'alimentation, laquelle peut être non régulée, avec l'habituel transformateur de 100 VA et 18-0-18 V, un pont redresseur et deux condensateurs de 10 000 μF pour une paire stéréo. Étamez les pistes soumises à de forts courants, celles qui conduisent aux collecteurs et émetteurs des transistors de sortie, au haut-parleur et à la masse, mais sinon, la construction est facile. À part la pose de neuf bouts de fil de câblage en faisant attention de ne pas causer de pont de soudure sur le petit circuit imprimé (**fig. 4**, échelle 150 %) et de s'assurer que le côté plat du TR9 surélevé soit en contact étroit avec le radiateur principal (l'époxy thermique est recommandé), il y a peu de choses à dire.

Prenez soin du radiateur

Quelle dimension donner au radiateur ? Voilà un sujet souvent abordé furtivement, quand il n'est pas totalement ignoré ; or un radiateur inadapté est sans doute la cause la plus fréquente de panne d'un amplificateur fait maison. On en parle peu parce qu'il n'y a pas de réponse définitive à cette question. Il faudrait savoir au préalable à quoi l'ampli devra servir : à reproduire des ondes sinusoïdales ou un genre particulier de musique ? Sera-t-il soumis à une charge fortement réactive ? Jusqu'à quelle température le ferez-vous fonctionner et quelle sorte d'isolateurs utiliserez-vous, avec quelle conductibilité thermique ? En définitive, la décision est subjective : le sécuritaire à tout prix (ceinture et bretelles) ou le risque de panne dans des conditions peu probables. Durant les essais, nous avons poussé les transistors de sortie à la surchauffe jusqu'à la panne. Le seul dommage a été le claquage des dits transistors et des fusibles de l'alimentation, pas de piste brûlée ou de pannes en cascade, coût de l'opération : env. 2 € !

Le facteur critique, c'est la température maximale admissible sur les composants de sortie et donc encore une décision subjective, sauf si vous en rajoutez une couche et considérez les valeurs de dissipation en continu. Les BDW93 et 94 ne peuvent pas dépasser ici une température de **boîtier** de 87°C (40 W_{cc} , d'ailleurs en impulsions). En court-circuit, le

courant est limité à 3 A par les circuits de protection, plus de 6 A avec un haut-parleur en sortie, ce qui donne une dissipation totale pour le module de 72 W. Si la température ambiante maximale est de 40°C et les rondelles d'isolation de bonne qualité ($0,5 \text{ K/W}$ par transistor), le radiateur sera 18°C plus froid que le boîtier, d'où une température maximale de 69°C , $+29^\circ\text{C}$ par rapport à l'ambiance. Alors, il faut un radiateur de $0,4 \text{ K/W}$. Imaginez le volume !

Une autre approche considère des signaux un peu plus faibles, comme la musique. Dans ce cas, $1,2 \text{ K/W}$ suffirait. Et si vous prévoyez un bilame calibré sur 70°C , fixé sur le radiateur et branché de manière à déconnecter le haut-parleur quand les choses tournent mal, vous aurez l'esprit tranquille pour employer un radiateur encore plus réduit. Après tout, c'est un ampli compact, tout de même ! Un ventilateur est aussi une solution.

Que penser de ces combinaisons de radiateur pour processeur et ventilateur ? Question température maximale et dissipation, les puces actuelles Intel/AMD ressemblent fort à ce que nous cherchons. J'ai fixé le prototype à un radiateur en aluminium de caractéristiques inconnues (ça me semblait bon) qui s'est montré à la hauteur pour un module, sans ventilateur, et pour une paire stéréo avec une douce ventilation forcée (**fig. 5**).

Un dernier point : le fond de boîtier des transistors est connecté au collecteur et doit être isolé électriquement du radiateur. Dans le paragraphe précédent, on citait des rondelles d'isolation d'une conductibilité thermique de $0,5 \text{ K/W}$. Prudence ! Je recommande des rondelles de mica avec une fine couche de pâte thermique sur les deux faces ; si vous utilisez une vitre d'isolation ou un film de silicone de la variété gris rose, méfiez-vous. Certains de ces ensembles destinés à l'isolation à haute tension peuvent être dix fois moins bons que le mica pour la conduction de chaleur. Choisissez des canons de la bonne profondeur pour isoler les vis et fixez solidement les transistors jusqu'à ce qu'un peu de pâte déborde sur le pourtour (**fig. 6**).

Astuces de construction

Une fois terminés, les modules sont raccordés à l'alimentation. Pour éviter le ronflement, la prise médiane des condensateurs réservoirs est le point commun de la masse du système, l'alimentation des

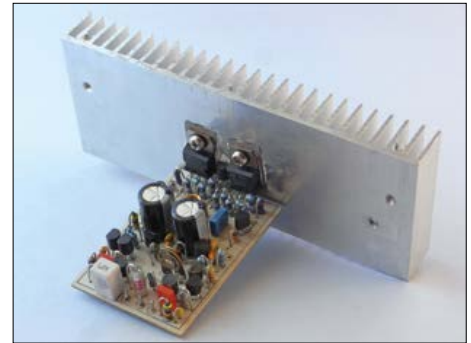


Figure 5. Ne lésinez pas sur le radiateur !

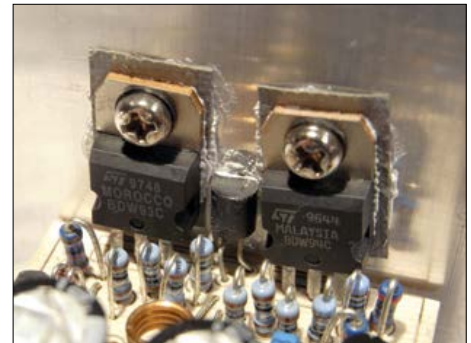


Figure 6. Esthétique douteuse, mais ensemble parfait pour garder au frais les transistors de puissance.

circuits imprimés et les connexions de masse du signal y seront reliées par des câbles distincts (un bon gros fil pour la masse de l'alimentation). Le prototype comporte des fusibles en verre de 20 mm et des porte-fusibles à fils en série avec les lignes de $\pm 24 \text{ V}$.

Avant la première mise sous tension, on a vérifié avec soin qu'il n'y avait aucun court-circuit sur le circuit imprimé, remplacé provisoirement les fusibles par des résistances de 150Ω et 4 W , et tourné RV1 à fond vers la gauche, aucun haut-parleur connecté.

Lors de l'allumage, la sortie devrait être proche de 0 V, il y avait quelques millivolts de décalage sur le prototype. On ajuste alors RV1 pour atteindre une chute de tension de 5 V sur chacune des résistances temporaires de 150Ω , pour un courant total de repos de 33 mA, ce qui a conduit à mettre RV1 à mi-course sur le prototype. Si tout est en ordre, on peut remplacer les résistances par les fusibles et tester le module avec de la musique, loger le tout dans un boîtier et mettre en service. ◀

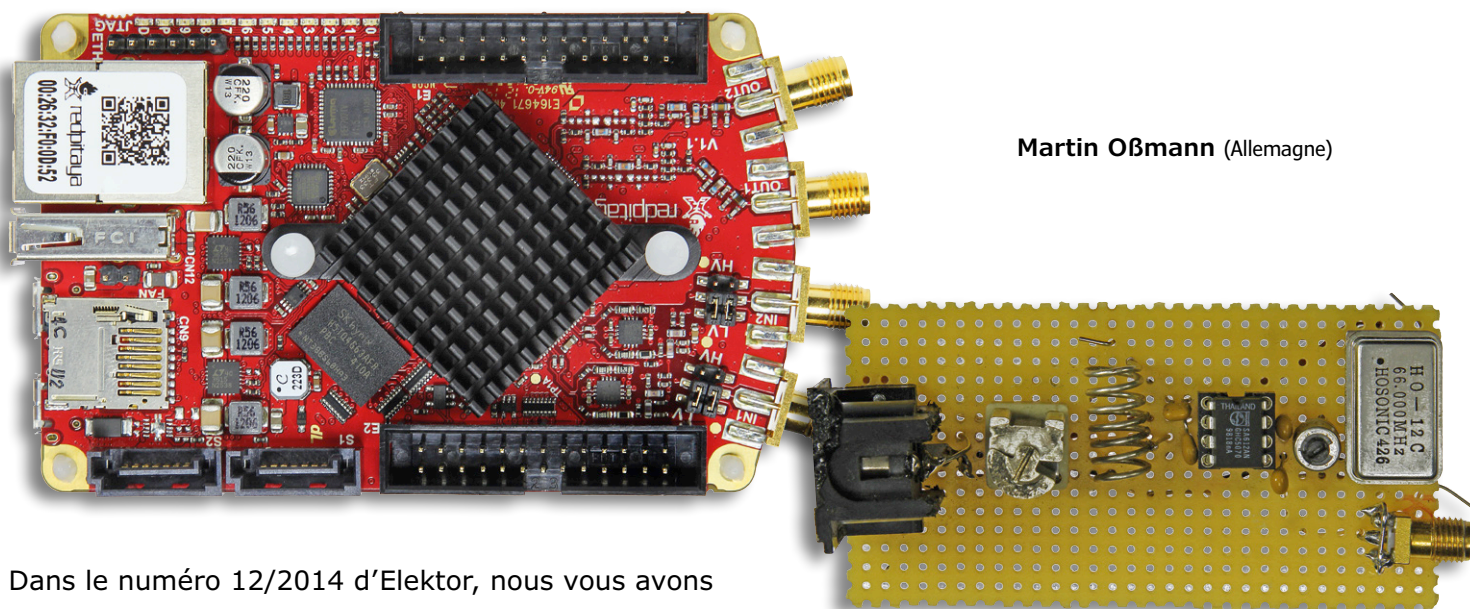
(150183 - version française : Robert Grignard)

Red Pitaya

en récepteur FM stéréo

La plateforme de mesure à l'écoute

Martin Oßmann (Allemagne)



Dans le numéro 12/2014 d'Elektor, nous vous avons présenté la carte « Red Pitaya » modulable à souhait. Dans cet article, nous allons faire de cette plateforme de mesure un récepteur FM stéréo.

Ici l'accent n'est pas mis sur l'application elle-même – on achète un récepteur FM pour quelques euros, mais sur les principes utilisés. La radio FM traditionnelle (stéréo et RDS) avec une bande passante de 400 kHz [1] requiert un traitement numérique efficace. Red Pitaya est en mesure de relever le défi.

Il serait injuste de ne voir, dans Red Pitaya, qu'un simple oscilloscope USB. L'article d'introduction d'Elektor [2] a montré que cette plateforme de mesure *open source* programmable peut être utilisée comme générateur de signal, analyseur de spectre, oscilloscope, contrôleur PID, et bien plus encore. Moults programmes sont disponibles gratuitement. Le puissant SoC (système sur puce), à base de ZC7Z010 de Xilinx (CPU ARM9 double cœur), avec un FPGA rapide, beaucoup de RAM et animé par Linux (sur carte SD comme pour RPi), est épaulé par des convertisseurs A/N et N/A rapides qui servent d'interface avec le monde analogique. De plus, Red Pitaya dispose, comme il sied à un tel système, de différentes interfaces : E/S universelles via RS-232, USB, voire Ethernet.

Le concept

Red Pitaya peut numériser des signaux jusqu'à env. 50 MHz. C'est pourquoi on trouve sur la **figure 1** un étage préliminaire rustique, qui déplace la bande de radiodiffusion de 88 à 108 MHz vers la plage de 22 à 42 MHz. On utilise, comme mélangeur, un NE612 avec un oscillateur à quartz local, OL1, de 66 MHz. Le CAN de Red Pitaya échantillonne le signal à 125 Méc/s, ce signal attaque le FPGA. Ce dernier constitue le siège du premier étage de notre récepteur FM : mélange dans la bande de base

(FI zéro) et filtrage. Ensuite, le signal échantillonné à quelque 244 kHz se retrouve à l'entrée de la CPU, où se fera la démodulation proprement dite. Le décodeur stéréo aussi prend la forme de code en C ; il nous reste même assez de puissance pour réaliser un démodulateur/décodeur RDS.

Au cœur du FPGA

Le mélange dans le FPGA se fait par oscillateur DDS, très proche du générateur de signal dont dispose à l'origine Red Pitaya. Plutôt que d'appliquer le signal de la sortie à un CNA, ce signal attaque le FPGA pour le mélange. L'obtention des signaux sinus et cosinus se fait par lecture du tableau avec un décalage de 90°. On réalise ce que l'on appelle un mélangeur I/Q [3]. Les composantes ainsi calculées, I (signal en phase) et Q (signal en quadrature de phase), permettent de déterminer l'amplitude et la phase du signal reçu. Si A est l'amplitude du signal et p sa phase, on a :

$$I = A \cos(p)$$

$$Q = A \sin(p)$$

Après le mélange, les signaux IQ attaquent un filtre passe-bas et le taux d'échantillonnage élevé de 125 Méc/s est abaissé

(décimation) à un taux de quelque 244 kéch/s (facteur de division $R = 512$). Des filtres CIC tels que décrits dans [4] et [5] assurent le filtrage et la décimation (**fig. 2**). Les filtres CIC délivrent, pour ainsi dire, des valeurs d'intégration (moyennes) flottantes ; le filtre est subdivisé en deux parties, entre lesquelles se répartit la réduction du taux.

Comme un tel filtre CIC n'utilise qu'additions, soustractions et temporisations d'une horloge (z-1 ici), il se laisse programmer dans un FPGA sans coûter trop cher en ressources. En Verilog, les lignes cruciales sont :

```
reg [width-1:0] CICint1 ;
reg [width-1:0] CICint2 ;
reg [width-1:0] CICstore1 ;
reg [width-1:0] CICdiff1 ;
reg [width-1:0] CICstore2 ;
reg [width-1:0] CICdiff2 ;

always @(posedge cic_clk_i) begin
  if ( inp_strobe_i ) begin
    CICint1 <= CICint1 + inp_data_i ;
    CICint2 <= CICint2 + CICint1 ;
  end end
```

```
always @(posedge cic_clk_i) begin
  if ( inp_strobe_i ) begin
    CICdiff1 <= CICint2 - CICstore1 ;
    CICstore1 <= CICint2 ;
    CICdiff2 <= CICdiff1 - CICstore2 ;
    CICstore2 <= CICdiff1 ;
  end
end
assign out_data_o = CICdiff2 ;
```

```
always @(posedge cic_clk_i) begin
  if ( out_strobe_i ) begin
    CICdiff1 <= CICint2 - CICstore1 ;
    CICstore1 <= CICint2 ;
    CICdiff2 <= CICdiff1 - CICstore2 ;
    CICstore2 <= CICdiff1 ;
  end
end
assign out_data_o = CICdiff2 ;
```

Deux de ces filtres pris en cascade introduisent une division du taux d'échantillonnage par 32 et 16. D'où le taux final : $125 \text{ Méch/s} / (32 \times 16) \approx 244 \text{ kéch/s}$.

Le signal en quadrature ainsi filtré arrive alors à un registre FIFO, d'où il est lu par un programme en C pour la suite du traitement. Dans le signal IQ au taux de 244 kéch/s, il serait possible d'insérer un signal FM de largeur de bande de 244 kHz, car il se compose de deux signaux, échantillonnés chacun à 244 kéch/s. Conformément au théorème d'échantillonnage, un signal unique ne permettrait qu'une bande passante de $244 \text{ kHz} / 2$.

Pour vérifier le fonctionnement de l'étage d'entrée, nous l'avons wobulé à l'aide d'un générateur de signal. L'amplitude du signal dans le registre FIFO a été déterminée mathématiquement par la CPU ARM et transmise en sortie, sous forme de logarithme, par l'un des CNA. La **figure 3** montre la courbe de wobulation résultante du filtre.

Sur l'image, l'échelle horizontale est de 200 kHz/div, l'échelle verticale de 10 dB/div. On peut se faire une idée de la courbe de bande passante de l'étage d'entrée. Vous savez maintenant comment procéder avec un programme en C et des CNA pour bien voir ce qui se passe dans le code du FPGA.

Démodulation FM

Comme la paire de signaux IQ contient des informations sur

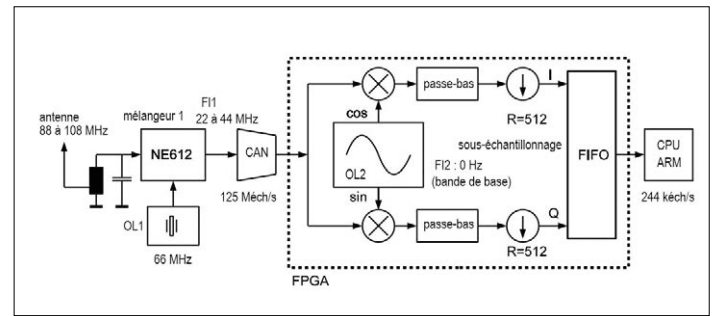


Figure 1. Double mixage par matériel et logiciel.

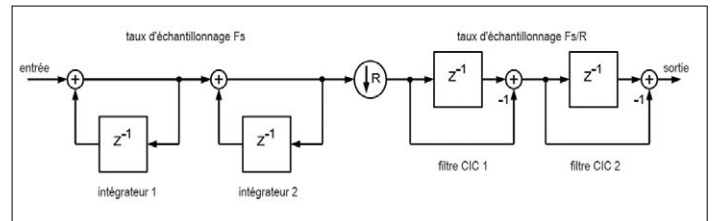


Figure 2. Structure du filtre CIC (Cascaded Integrator-Comb).

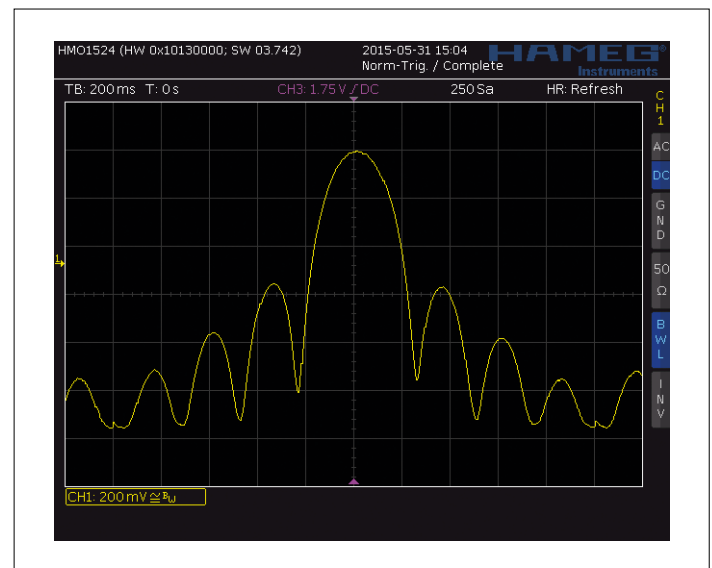


Figure 3. Courbe de bande passante de l'étage d'entrée du FPGA.

la phase instantanée du signal, la fonction $\text{atan2}(Q, I)$ permet d'en extraire facilement la phase (**figure 4**) et d'en dériver la fréquence instantanée par calcul de différence de valeurs successives. Il faut bien sûr veiller, à ce que lors de la transition de n vers $-n$, la phase ne saute qu'en apparence. On trouve un filtre passe-bas en aval de la détection de fréquence.

La **figure 5** montre la phase instantanée (en haut, en jaune) et la fréquence instantanée (en bas, en bleu) pour un signal FSK avec décalage de fréquence carré. Selon que la fréquence est positive ou négative, la courbe de phase devient un signal en dents de scie montant ou descendant. La **figure 6** montre le spectre d'un signal MPX reçu, calculé « en direct » par FFT par Red Pitaya et fourni en sortie par les deux CNA pour la représentation x-y sur un oscillo. On identifie clairement la fré-

quence-pilote à 19 kHz (ligne fine de forte amplitude) et à sa gauche le spectre du signal BF L+R. À sa droite, symétriquement à 38 kHz, on a le signal L-R. Les deux petites crêtes à droite sont celles du signal RDS. L'impressionnante puissance de calcul de Red Pitaya est manifeste lors de telles visualisations de spectres « en direct ».

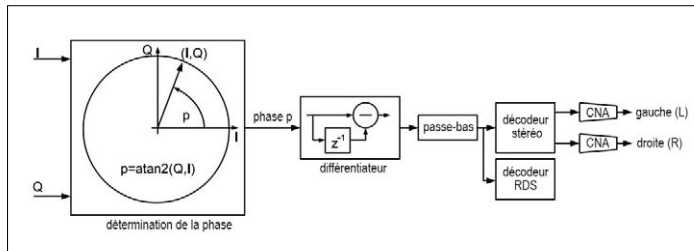


Figure 4. Démodulation FM par logiciel en C.

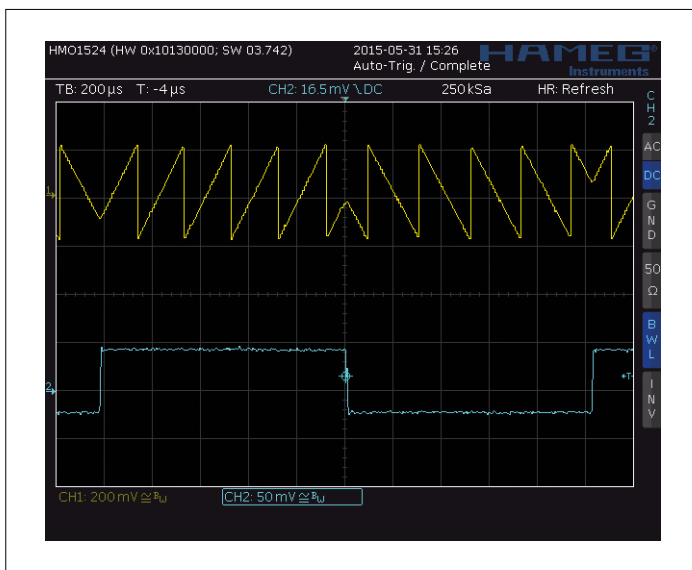


Figure 5. Phase instantanée (jaune) et fréquence (bleu) en MDF (modulation par déplacement de fréquence ; FSK pour *Frequency Shift Keying* en anglais).



Figure 6. Spectre du signal MPX en réception.

Décodeur stéréo

Revenons à la figure 4 ! En aval du filtre passe-bas, le signal passe par un décodeur stéréo, programmé lui aussi en C.

```
phase=atan2(inputI,inputQ) ; // phase actuelle
frequency=phase-lastPhase ;
// différence de phase = fréquence
lastPhase=phase ;
if ( frequency < -M_PI ) { frequency += twoPi ; }
// période 2 Pi
if ( frequency > M_PI ) { frequency -= twoPi ; }
MPXsignal = 2000.0 * frequency ;
// signal MPX paré
```

```
phase19=phase19+frequency19+vco19 ;
```

```
// phase pilote 19 kHz,
```

```
// vco=tension de commande
```

```
if ( phase19>twoPi ){ phase19 -= twoPi ; }
```

```
// période 2-Pi
```

```
integrate19 += cos(phase19)*MPXsignal ;
```

```
// multiplier et additionner
```

```
int LminusRaw=2.0*sin(2*phase19)*MPXsignal ;
```

```
// mélange L-R avec 38 kHz
```

```
int LplusRaw=MPXsignal ;
```

```
cicInSample(..., LplusRaw) ; // filtrer L+R
```

```
cicInSample(..., LminusRaw) ; // filtrer L-R
```

La **figure 7** montre la structure du décodeur stéréo. Une PLL reconstitue la sous-porteuse de 19 kHz. Avec l'oscillateur à 19 kHz « intégré », on réalise aussi l'oscillateur auxiliaire de 38 kHz, qui assure le remélange du signal L-R en bande de base. Par filtrage passe-bas, on extrait du signal MPX le signal L+R. Avec le même passe-bas, on filtre le signal L-R. Par addition et soustraction, on obtient, à partir de L+R et de L-R, les signaux pour les deux canaux stéréo.

Autre aspect intéressant de Red Pitaya : la possibilité de créer des signaux de test avec les CNA. Sur la **figure 8** on voit le signal L-R en haut (en jaune), CTRL, la tension de commande du VCO en bas (en bleu), ceci pour la gauche, boucle de régulation non fermée (interrupteur S ouvert). La tension de commande a un profil sinusoïdal, sa fréquence étant la différence de fréquence entre les fréquences-pilotes de 19 kHz transmise et locale.

Parallèlement, le signal L-R est modulé en amplitude par le double de la fréquence. L'amplitude varie selon le degré de correspondance entre la phase de la porteuse auxiliaire 38 kHz locale et de la porteuse émise.

Au milieu de l'image, on a fermeture de la boucle de régulation. Après une brève oscillation, la PLL se verrouille et la récupération à amplitude constante du signal L-R se produit. Avec le décodeur stéréo, nous avons maintenant réalisé, avec Red Pitaya, un récepteur FM parfaitement fonctionnel en tant que SDR (**Software Defined Radio**). Il ne nous manque plus que la démodulation et le décodage RDS.

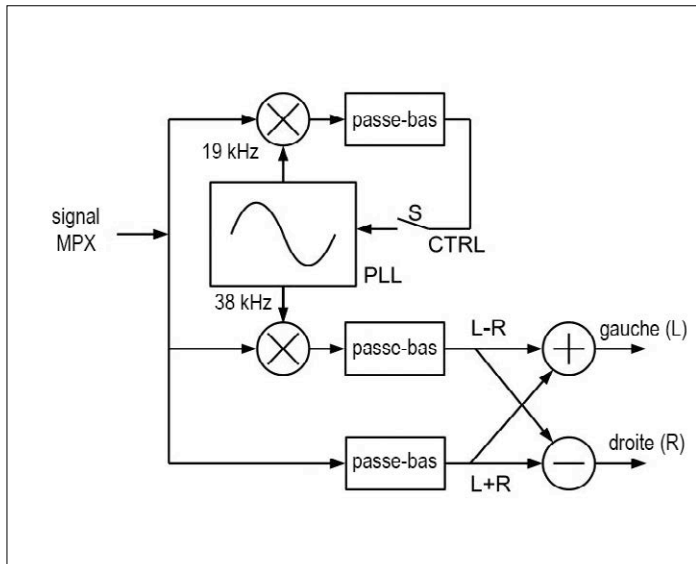


Figure 7. Structure du décodeur stéréo.

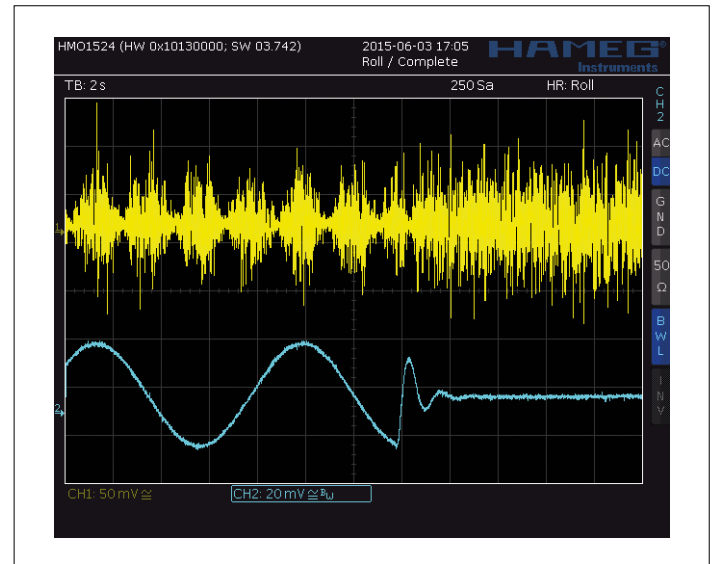


Figure 8. Coup d'œil dans les entrailles du décodeur stéréo.

Décodage RDS

La **figure 9** montre le schéma de principe de l'obtention des données RDS. Comme le signal RDS à 57 kHz ne comporte pas de composantes spectrales, impossible d'utiliser une PLL ordinaire pour la récupération de la sous-porteuse de 57 kHz. Il faut utiliser une « boucle de Costas » qui récupère la porteuse pratiquement à partir des bandes latérales.

L'implémentation du décodage RDS pousse cependant la CPU ARM à ses limites. En utilisant, pour l'implémentation des différents oscillateurs de mélange, non pas les fonctions trigonométriques (sinus, cosinus) complexes, mais des techniques de tableaux DDS et en activant l'optimisation de la vitesse du compilateur, on regagne suffisamment d'air pour permettre à la CPU de Red Pitaya de se charger, à 244 kéch/s, des démodulations stéréo et RDS.

La démodulation s'accompagne d'une récupération de la cadence binaire ainsi que d'une identification et synchronisation de trame avec correction d'erreur. Il est ensuite possible d'afficher les données.

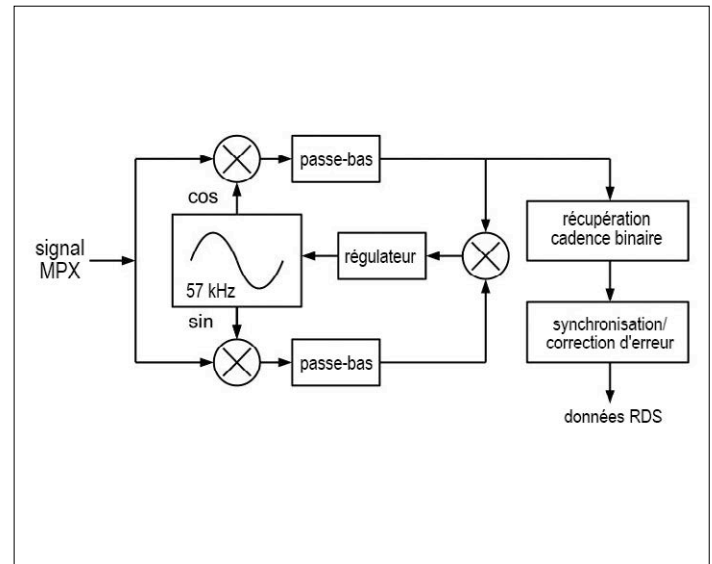


Figure 9. Structure du décodeur RDS.

Pour l'auteur, avec cet article, « la boucle est bouclée » puisque son premier article publié dans Elektor il y a 25 ans décrivait un décodeur RDS logiciel [6].

Perspectives

Il n'est pas question de réaliser un tel projet en vitesse, le temps d'un week-end. Il faut progresser par étapes et contrôler individuellement le fonctionnement des différents blocs tels que mélangeurs, filtres, décimation du taux et boucles de régulation. Il est utile de produire des signaux de test avec le FPGA ou les CNA programmés en C et de les examiner ensuite à l'oscillo. Le processus pour une réalisation essentiellement logicielle est similaire à celui pour un projet matériel classique. Là, on injecte dans le logiciel des signaux de test délivrés par des générateurs via des CAN, pour wobuler le filtre par exemple. Ou encore, on met le logiciel lui-même à contribution pour produire les signaux de test. ◀

(150326 – version française : Guy Raedersdorf)

Liens

- [1] https://fr.wikipedia.org/wiki/RadiKo_FM
- [2] www.elektormagazine.fr/140277
- [3] Ellis, Michael, *Using Mixers in Radio Communications*, <http://michaelgellis.tripod.com/mixerscom.html>
- [4] Donadio, P., *CIC Filter Introduction*, <http://home.mit.bme.hu/~kollar/papers/cic.pdf>
- [5] Oßmann, Martin, *AVR Software Defined Radio*, E-book, Elektor-Verlag, www.elektor-magazine.com/fileadmin/E-book_AVR_Software_Defined_Radio.pdf
- [6] Oßmann, Martin, *RDS Software Dekoder*, Elektor 12/89

carte d'E/S pour Android (2)

l'électronique embarquée, pilotez-la depuis votre téléphone portable



Elbert Jan van Veldhuizen (Pays-Bas)

Dans cette deuxième partie, nous examinerons les modules Bluetooth, Wi-Fi et hôte USB, et verrons quelle appli commandera la carte d'E/S pour Android. En guise d'exemple, nous concevrons une appli pour insoler et graver des circuits imprimés.

Modules

Commençons par passer en revue les différents modules de communication capables de s'associer à la carte d'E/S pour Android.

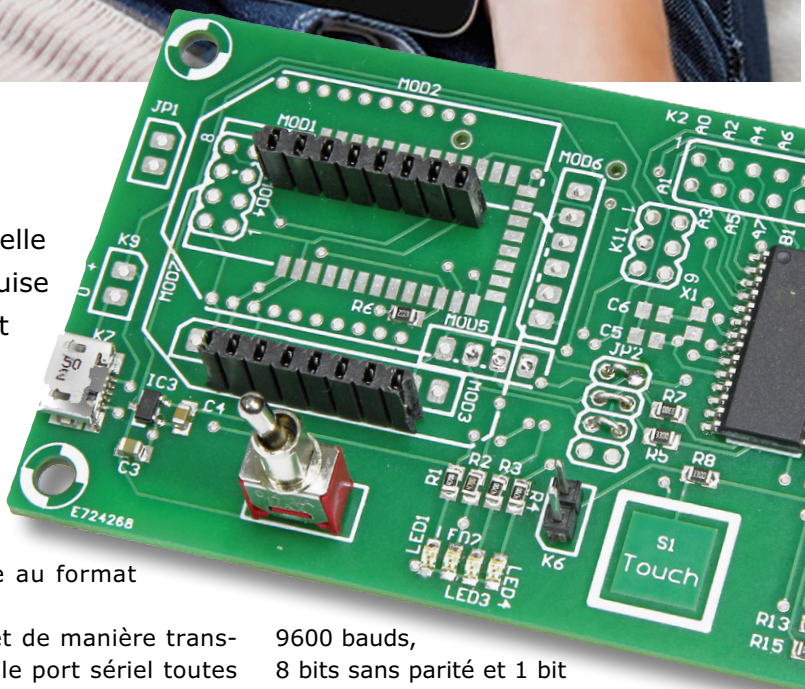
Bluetooth HC-06

Le HC-06 est un module Bluetooth très répandu. On le trouve comme

carte de liaison avec un connecteur à 6 contacts ou comme platine au format ZigBee.

Le HC-06 transmet de manière transparente à travers le port sériel toutes les données qu'il reçoit par sa liaison Bluetooth. Le port sériel est réglé sur

9600 bauds, 8 bits sans parité et 1 bit d'arrêt. Le contact que l'appareil Android établit avec le module passe par



une recherche de la configuration Bluetooth du HC-06 (cf. **figure 1**). Il faut ensuite réaliser l'appariement. Le code PIN est 1234. Dans le menu d'appariement, on voit aussi l'adresse Bluetooth (xx:xx:xx:xx:xx:xx). Elle sera utilisée par l'appli.

Pendant la connexion, la LED verte est allumée en continu. S'il n'y a pas de liaison, elle clignote. Le HC-06 ne peut avoir qu'une connexion et fonctionne en esclave, c'est donc à l'appareil Android d'établir la liaison.

RN-41/42

D'autres modules Bluetooth qui, selon les caractéristiques, s'adaptent à la carte sont le RN-41XVC (Bluetooth à haute puissance) et le RN-42XVC (Bluetooth à basse puissance). Ces modules (remarquez le XVC dans le numéro de type) ont le format ZigBee. Je ne les ai pas testés, si vous le faites, vous pouvez nous faire part de votre expérience.

e-BoB Elektor BL600

Ce module Bluetooth 4.0 convient aussi pour la carte. Rappelez-vous qu'il doit être mis en mode transparent (BT4 <-> UART) au préalable. Un encadré vous explique comment procéder.

RN-171XV

Le RN-171 est un module Wi-Fi de Microchip. Ce module transmet de manière transparente à travers le port sériel toutes les données qu'il reçoit par une connexion TCP/IP en Wi-Fi. Le port sériel est, comme sur le HC-06, réglé sur 9600 bauds, 8 bits sans parité et 1 bit d'arrêt. Ce module est nettement plus compliqué que

le HC-06 à deux points de vue. D'abord, il doit établir en priorité une liaison avec un réseau Wi-Fi. Mais pour arriver à régler les paramètres comme SSID et mot de passe pour le réseau, il faut que la liaison soit établie. Autant dire la métaphysique de l'œuf et de la poule. Le plus simple consiste à modifier momentanément le SSID et le mot de passe

du réseau Wi-Fi vers les réglages standard du RN-171, à savoir « roving » et « rubygirl ». On peut alors, avec un programme de terminal comme TeraTerm Pro (cf. partie 3), s'identifier sur le RN-171. La LED verte révèle l'état de la liaison. Un clignotement rapide signifie que le module n'est pas identifié sur un routeur Wi-Fi, mais il l'est si le clignotement est lent. Ce n'est que quand la LED verte est allumée en permanence que la liaison TCP/IP est engagée. La LED jaune signale le transfert de données dans un sens comme dans l'autre.

Il existe d'autres solutions pour établir une liaison. Au lieu de régler différemment le routeur Wi-Fi, on peut aussi commuter l'appareil Android comme routeur en modem affilié (*tethering-mode*), avec les SSID et mot de passe comme ci-dessus. L'appareil Android travaille alors en routeur et vous pouvez établir une liaison avec une appli telnet (disponible par exemple sur Play Store). Le RN-171 est capable de créer un réseau ad hoc, qui est accepté par Windows, mais pas par Android. Finalement, on peut encore établir une liaison directement par le port sériel du module RN-171, par exemple avec un câble USB/série. C'est faisable via le cavalier SERIAL sur la carte. Mais n'oubliez pas de découpler le microcontrôleur.

Le RN-171 dispose de deux modes. D'ordinaire, le module envoie toutes les données qui ont transité par la liaison TCP/IP vers le port sériel. Mais dès que les signes \$\$\$ arrivent, il passe en mode interactif. On a alors tout loisir de régler le RN-171 par plusieurs commandes. Vous pourriez aussi commander directement un certain nombre de ports du module [1], mais nous ne le faisons pas ici.

Tableau 1. Commandes pour paramétrer le module RN-171

Commande	Signification
\$\$\$	met en mode interactif
scan	balaye les réseaux Wi-Fi (inutile quand le SSID est connu)
set wlan ssid SSID	inscrit le SSID du routeur (ou point d'accès, AP)
set wlan passphrase	inscrit le mot de passe de l'AP
set wlan join 1	indique d'établir une liaison par AP
save	enregistre les paramètres
join SSID	s'identifier sur le réseau
exit	quitte le mode interactif et passe en liaison transparente

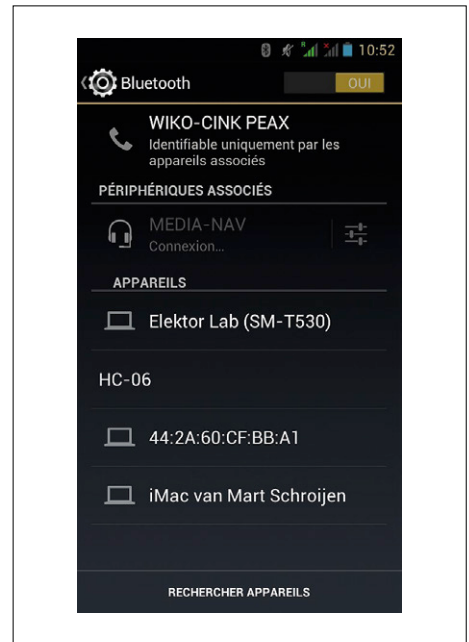


Figure 1. Le menu d'appariement de Bluetooth.

Le **tableau 1** reprend les commandes nécessaires pour régler le module.

Le RN-171 ne peut soutenir qu'une liaison TCP/IP à la fois. Il se sert normalement du port 2000. Le RN-171 peut aussi en initier une lui-même, mais nous n'avons pas utilisé cette possibilité dans le projet.

ESP8266

Assez récent et très bon marché, ce module Wi-Fi ESP8266 est disponible sous différentes formes, mais la plus répandue compte huit (2 x 4) contacts et s'adapte directement sur la carte. On pourra, à l'aide du cavalier JP1, modifier son micrologiciel, qui est encore en développement au moment où j'écris ces lignes. Le débit binaire dépendra de la version, actuellement de 115 200 bauds chez moi, mais



on ne peut pas encore le changer. On peut configurer le module en point d'accès sur lequel l'appareil Android s'identifie ou choisir un autre point d'accès. La mise au point de ce mode n'est pas encore terminée. La transmission de données n'est pas transparente, il faut communiquer par commandes AT. Il faudra donc aussi une adaptation du micrologiciel de la carte d'E/S. Un article complémentaire décrira le module quand une version stable du micrologiciel sera disponible.

e-BoB Android d'Elektor (réf. 130516-91)

Cet e-BoB basé sur le FT311D a été décrit dans le numéro de juin 2014 du magazine. Il s'adapte sur le connecteur à 10 contacts MOD3 de la carte d'E/S pour Android. D'autres modules équipés du FT311D sont disponibles. Entre-temps, FTDI a également sorti le FT312D. Alors que le FT311D peut travailler avec d'autres protocoles à côté de la liaison série, le 312D ne permet que la liaison série. C'est suffisant pour la carte d'E/S.

Pour le mode USB Accessory, et donc pour utiliser ces modules, il faut au moins la version 3.2 d'Android. En pratique, il semble y avoir un certain nombre d'appareils Android avec lesquels, malgré la bonne version, le module ne fonctionne pas.

L'e-BoB Android fournit aussi bien du 5 V que du 3,3 V. Pour de faibles courants, on peut utiliser directement le 3,3 V. Pour cela, il faut que les deux broches de JP2 soient interconnectées et que le stabilisateur de 3,3 V sur la carte d'E/S Android, IC3, ne soit pas en service.

Pour des courants plus intenses, mieux vaut utiliser le 5 V, auquel cas IC3 doit être installé et les deux broches de JP2 restent ouvertes.

La liaison série des puces FT31xD nécessite un bit d'arrêt plus long que la normale. Même si le réglage indique un seul bit d'arrêt, les puces FT31xD attendent un temps d'arrêt plus long. Si ce n'est pas respecté, l'appareil Android reçoit des signes bizarres. Aussi ai-je modifié le micrologiciel en ce sens. Il est reconnaissable au FT31xD dans le nom de fichier.

En outre, le FT31xD n'est pas en mesure de recevoir de caractères de la carte d'E/S avant d'avoir été énuméré. Ce qui signi-

fie en fait que la carte d'E/S, avec les seules informations en EEPROM, ne peut pas envoyer automatiquement de résultats, comme l'heure, des valeurs numérisées ou des changements d'état CPS. Mais c'est possible quand c'est l'appli qui l'initie.

On obtient les meilleures chances de réussite en reliant d'abord l'e-BoB nanti du FT31xD avec l'appareil Android avant de lancer l'appli. Android reconnaît alors la liaison et appelle le démarrage de la bonne appli.

e-BoB passerelle USB/série FT232R d'Elektor (réf. 110553-91)

La carte permet aussi l'installation directe de l'e-BoB USB/série FT232R. Elle accepte aussi d'autres modules basés sur FT232x, éventuellement par une liaison filaire.

Ces modules fonctionnent de toute façon avec un PC au moyen des pilotes de FTDI. Pour Android, au point de vue du matériel, on a besoin d'un hôte USB ou d'un port USB OTG. La plupart des tablettes en sont dotées, mais c'est moins répandu sur les téléphones tactiles. De plus, il faut que l'appareil Android soit mis en débogage USB (dans Paramètres/Options pour les développeurs/Débogage USB)

L'e-BoB USB/série FT232R d'Elektor peut être réglé pour fournir du 3,3 V ou du 5 V. Contrairement à la carte FT311D, il n'y a ici qu'une seule tension transmise. Le microcontrôleur PIC16F1938 et la mémoire flash I²C supportent les deux tensions. On peut donc choisir de faire fonctionner la carte d'E/S pour Android sur 5 V, puisque c'est meilleur pour les E/S. Il faut alors adapter les résistances en série avec les LED R1 à R4. Mais si c'est le PIC16LF1938 qui est monté, alors seul le 3,3 V est permis. Dans un cas comme dans l'autre, il ne faut pas installer IC3 et les broches 1 et 2 de JP2 doivent être interconnectées.

Le connecteur JP2 sur la carte assure les liaisons pour les données série et les tensions d'alimentation des modules. En temps normal, les trois rangées supérieures de broches sont interconnectées. JP2 sert aussi à tester séparément le microcontrôleur et les modules de communication. JP2 peut aussi recevoir un connecteur USB/série pour communiquer directement d'un programme de terminal sur PC avec le module ou avec le contrôleur, en passant par le côté gauche

d'une part, le côté droit d'autre part du connecteur. Il faut pour cela deux câbles différents parce que les raccords TX et RX sont inversés d'un côté à l'autre pour les cavaliers.

Pour ma part, j'utilise le programme TeraTerm Pro [2] et l'e-BoB USB/série FT232R d'Elektor. TeraTerm considère la liaison série comme un port COM. On règle le débit binaire dans *setup/serial port*. Dans *setup/terminal*, mettre *newline* sur *auto* et *CR*.

Classes standard

Pour faciliter la programmation d'applis pour la carte d'E/S Android, j'ai rédigé des classes standard en vue d'établir des liaisons en Bluetooth, Wi-Fi et USB. Ces classes s'appellent **BTFunctions**, **WiFiFunctions**, **USBFunctions** et **USBHostFunctions** (que je nommerai xFunctions). Les classes ont les cinq méthodes suivantes :

- void initiate(int kanaal, handler messageHandler <,String adres> <, int poort>, context)
- void connect()
- void disconnect()
- boolean connected()
- void send_command(String command)

Avec *initiate*, il faut donner un *handler* (gestionnaire) et l'adresse de la carte d'E/S Android. Le *handler* est le canal de communication entre xFunctions et l'appli. Le canal se divise en deux lignes, l'une pour passer l'état de la liaison et l'autre pour renvoyer toutes les données de la carte. Dans l'appli, il faut un *handler* de messages pour recevoir ces données et les traiter. Pour le Bluetooth, l'adresse se compose de six nombres hexadécimaux séparés par des doubles points ; pour le Wi-Fi, c'est l'adresse IP et le numéro de port ; pour USBHostFunctions, le numéro de port est le numéro de carte, avec un 0 pour la première carte, un 1 pour la deuxième, etc.

Le canal (principal) qui est renseigné permet de faire la différence entre plusieurs cartes d'E/S Android, le cas échéant. Alors chaque liaison est dotée d'un numéro défini à donner au *handler* de messages pour faire la distinction entre les différentes provenances des flux de données. Si l'appli ne joue qu'avec une carte, le numéro est inutile. On peut retracer le contexte avec *this*.

On établit la liaison effective avec *connect* ; avec *disconnect*, on l'interrompt. Il est de bonne pratique, quand l'appli est perdue de vue, par exemple après avoir appuyé sur la touche Échap ou qu'une autre appli est à l'écran, de couper la liaison. Sinon, elle persiste, ce qui, avec Bluetooth, fait que l'appareil Android n'arrête pas de consommer inutilement du courant. En plus, il n'est pas possible de lancer une autre appli ou, pour un autre utilisateur de s'identifier sur la carte, puisqu'un module ne peut établir qu'une seule connexion à la fois. Android invoque *onPause()* si l'appli perd la priorité ; il faut alors appeler *disconnect* également.

Il faut placer *connect* dans *onResume()* pour que Android l'appelle quand l'appli reprend le dessus, ainsi que la première fois après une interruption temporaire due à la perte de priorité. L'expédition de données se fait avec *send_command*. C'est la chaîne intacte de caractères qui est envoyée, sans retour chariot ni octet 0, par exemple. La réponse de la carte d'E/S est envoyée au *handler* de message.

Le fichier *AndroidManifest.xml* doit contenir les bonnes « permissions » pour avoir accès aux ports Bluetooth, Wi-Fi ou USB. L'utilisateur les découvre lors de l'installation de l'appli. Les permissions sont :

- Wi-Fi:
 - `<uses-permission android:name="android.permission.INTERNET" />`
 - `<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_NETWORK_STATE" />`
- Bluetooth :
 - `<uses-permission android:name="android.permission.BLUETOOTH_ADMIN" />`
 - `<uses-permission android:name="android.permission.BLUETOOTH" />`
- USB Accessory :
 - `<uses-feature android:name="android.hardware.usb.accessory" />`
- USB Host :
 - `<uses-feature android:name="android.hardware.usb.host" />`

Lors de la programmation des fonctions Bluetooth, j'ai achoppé sur la mauvaise implémentation des API autour de Blue-

Calcul de la température avec une CTN

Une CTN est une résistance à coefficient de température négatif. La valeur de la résistance donnée par le fabricant ne vaut que pour la température de 25 °C et décroît quand la température augmente. La courbe de variation est logarithmique et caractérisée par la valeur β , qui se situe généralement entre 3 000 et 4 000 K. Le fabricant la renseigne dans la feuille de caractéristiques. On peut calculer la température en degrés Celsius avec la formule :

$$T = \beta / \ln(R_{NTC}/R_{00}) - 273,15$$

dans laquelle $R_{00} = R_{NTC@25^\circ} \cdot \exp(-\beta/298,15)$

Considérons que la CTN est insérée dans un diviseur de tension dans lequel la résistance fixe, de la même valeur que la CTN à 25 °C, constitue le pôle positif. Prenons pour V_{ADCmax} la valeur de la pleine tension et V_{ADC} celle qui est mesurée, alors on peut calculer la température avec :

$$T = \beta / \ln(1 / (\exp(-\beta/298,15) \cdot ((V_{ADCmax}/V_{ADC}) - 1))) - 273,15$$

tooth dans certains appareils Android et sur les réactions parfois erronées à propos de cette liaison, qu'elle soit établie ou simplement interrompue. Raisons pour lesquelles j'ai incorporé différents contrôles supplémentaires pour savoir si la liaison existe vraiment.

Pour programmer soi-même les fonctions potentielles de l'hôte USB, il faut aller chercher sur le site de FTDI [3] la bibliothèque *d2xx.jar* et la placer dans le répertoire de bibliothèques. Aucune autre manipulation pour installer l'APK, le fichier *jar* est automatiquement repris dans le fichier *apk*.

On trouve d'autres détails sur la programmation des applis avec ces classes en tête des fichiers sources.

Classe *IOBoardFunctions*

Si vous voulez procurer à l'appli la possibilité de communiquer aussi bien par Bluetooth, Wi-Fi que USB (par exemple par le truchement de choix dans un menu), vous pouvez utiliser, à la place des classes décrites ci-dessus, le paquet *IOBoardFunctions*. Il dispose des mêmes méthodes que les fonctions individuelles, mais avec la méthode *initiate*, il faut encore fournir une variable supplémentaire qui spécifie le moyen de communication à utiliser. On sélectionne ainsi le Bluetooth par 0, le Wi-Fi par 1, l'USB Accessory par 2 et l'USB hôte par 3. La classe le retient et appelle le bon canal pour chaque fonction. De quoi simplifier la programmation.

Appli Android : contrôleur Etch

En démonstration, il y a une appli toute faite à télécharger ici [4] avec le code source. L'appli sert à insoler et graver soi-même des circuits imprimés. Un temporisateur commande l'unité d'éclairage actinique et deux thermostats régulent la température des bains de développement et de gravure. Pour les deux bains, on a prévu un temporisateur qui donne le signal sur un vibreur et une tonalité sur l'appareil Android quand il est temps de retirer le circuit imprimé du bain.

L'installation de l'appli consiste à copier le fichier *apk* du répertoire *bin* issu du téléchargement dans la mémoire flash de l'appareil Android. Ce fichier *apk* est à installer avec le gestionnaire de fichiers sur l'installateur *apk*. Avec Gestionnaire d'appareil, sous Sécurité, cochez « Source inconnue – Autoriser l'installation d'autres applis que celles de Google Play ». Pour démarrer soi-même une appli et l'adapter, il faut avoir sur son PC un environnement de développement (IDE). Eclipse en est un pour la mise au point d'applis Java que l'on programmera et déboguera avec le SDK d'Android. Il est possible de télécharger d'un seul coup Eclipse et SDK Android depuis le site d'Android [5]. Autre solution, utiliser Android Studio disponible sur [6].

Téléchargez les fichiers sources et décompressez-les dans un répertoire temporaire. Lors du démarrage, Eclipse demande un répertoire de travail ; mieux vaut en

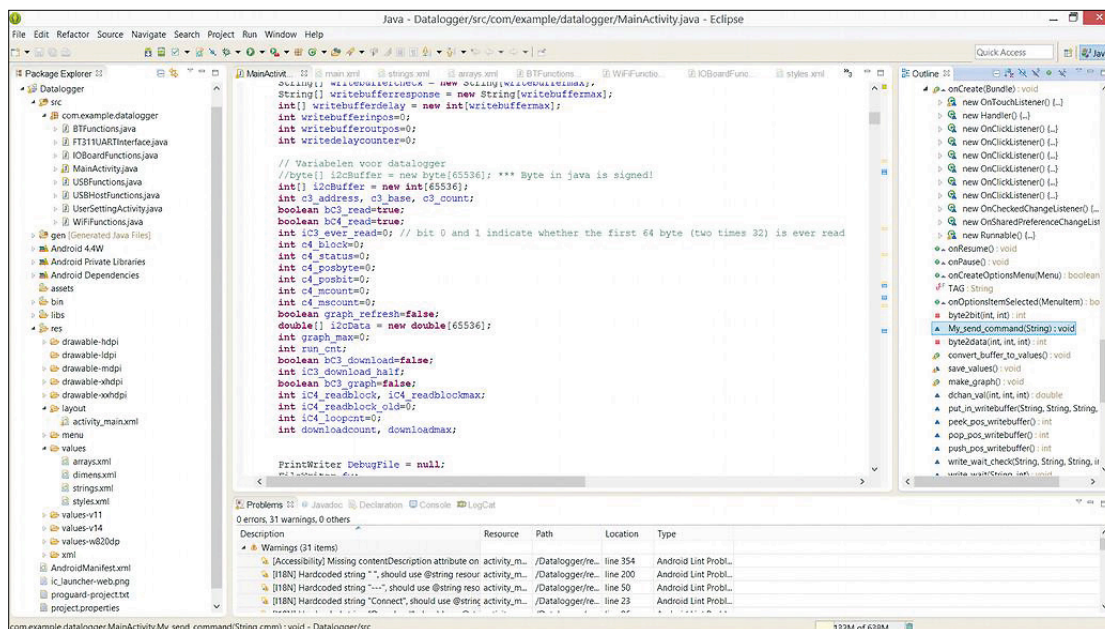


Figure 2. Le plan de travail d'Eclipse, avec à gauche l'explorateur du projet, au milieu, en haut l'éditeur de source, à droite la vue du sommaire et en bas les consoles. Android Studio présente un plan de travail similaire.

créer un nouveau. Après le lancement d'Eclipse, on importe le code par « File/Import.../Android/Existing Code Into Workspace ». Cochez alors « Copy projects into workspace ».

Eclipse (cf. **figure 2**) réserve du côté gauche un aperçu des fichiers du projet ; au milieu, le fichier à traiter. Pour certains fichiers, il met différents onglets dans le bas pour éditer le fichier de différentes façons, par exemple, une méthode graphique pour le fichier du tracé. Les messages d'erreur s'inscrivent en bordure, à gauche et à droite, sous forme

de texte. Cliquer sur le symbole du côté gauche propose des solutions que l'on fait exécuter d'un double clic. Du côté gauche se trouve la structure de l'explorateur de fichiers. Dans un fichier Java, on y trouve les fonctions et variables avec les relations entre elles. Dans le bas, les différentes consoles, notamment un aperçu des erreurs et des avertissements, l'état de compilation du projet et les informations de débogage. On compile un projet en appelant le menu « run/run configurations » ou en cliquant sur le symbole dans la barre des tâches.

Le **tableau 2** donne un aperçu des fichiers nécessaires à notre appli.

Le diagramme fonctionnel de l'appli est reproduit à la **figure 3**. Le code principal, c'est le fichier *src/com.example.EtchControl/MainActivity.java*. Android l'appelle lors du lancement de l'appli *onCreate()*. C'est de là que tout va démarrer.

L'écriture vers le port Bluetooth, par exemple, et la lecture font partie de deux flux totalement indépendants l'un de l'autre. Il n'est donc pas possible, ni même souhaitable, de mettre dans le

Tableau 2. Fichiers importants pour programmer l'appli d'exemple

Fichier	Fonction
src/com.example.EtchControl/MainActivity.java	code principal pour l'appli
src/com.example.EtchControl/BTFunctions.java	classe pour la liaison Bluetooth avec la carte d'E/S Android
src/com.example.EtchControl/WiFiFunctions.java	classe pour la liaison Wi-Fi avec la carte d'E/S Android
src/com.example.EtchControl/USBFunctions.java	classe pour la liaison USB Accessory avec la carte d'E/S Android
src/com.example.EtchControl/USBHostFunctions.java	classe pour la liaison USB hôte avec la carte d'E/S Android
src/com.example.EtchControl/IOBoardFunctions.java	classe comme paquet pour la liaison USB Accessory avec la carte d'E/S Android
src/com.example.EtchControl/UserSettingActivity.java	code (standard) pour le menu de paramétrage
res/layout/layout.xml	schéma du GUI en mode portrait
res/layout-land/layout.xml	schéma du GUI en mode paysage
res/xml/user_settings.xml	construction du menu de paramétrage
res/menu/menu.xml	construction du menu
res/values/strings.xml	chaînes de caractères pour le GUI, les paramètres et le menu
res/values/arrays.xml	réseaux pour les options à choix multiple des paramètres
AndroidManifest.xml	permissions de l'appli
bin/Etchcontrol.apk	fichiers apk compilés

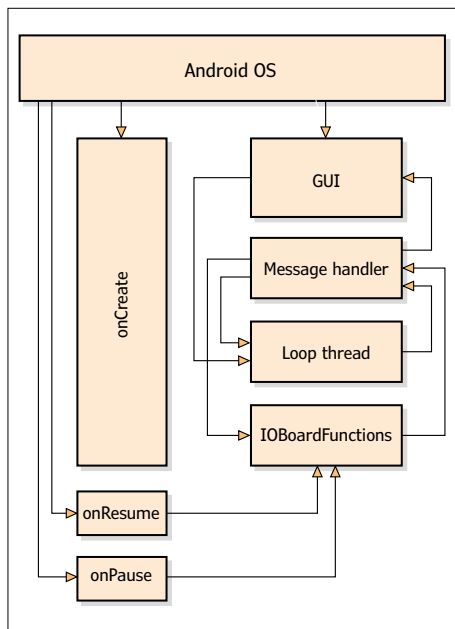


Figure 3. La structure de l'appli de démonstration.

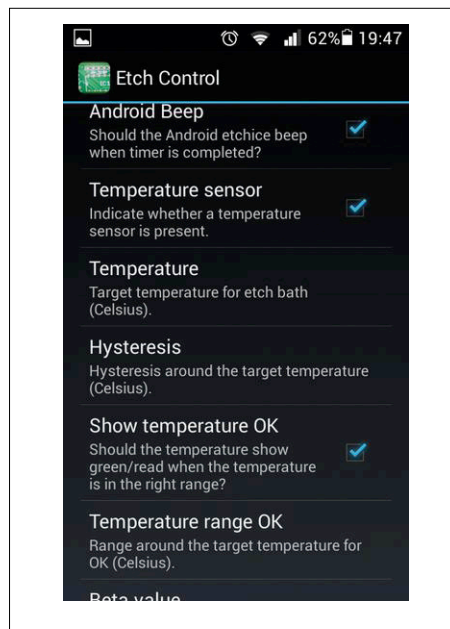


Figure 4. Différents réglages de l'appli Etch.

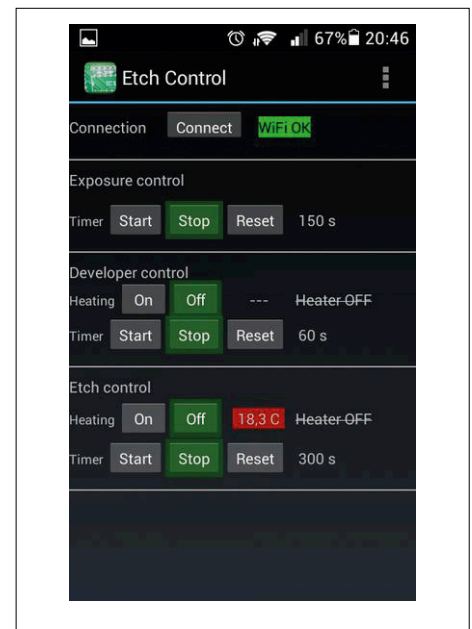


Figure 5. Le tableau de bord de l'appli en mode portrait.

code une écriture dans le flux et puis d'attendre d'une quelconque manière une réponse de la carte d'E/S Android. On s'en sort en analysant la réponse du contrôleur dans le *handler* de messages, lequel est appelé (indirectement) par Android dès que des données arrivent. C'est ce que montrent les flèches dans le diagramme de la figure 3. On commence l'analyse des données par examiner les premiers caractères, par exemple « G B0 » donne la lecture de la valeur B0. Le *handler* de messages peut modifier des éléments graphiques ou adapter des fonctions qui l'exécutent.

Il faut aussi que l'appli lise régulièrement les valeurs de la carte d'E/S et cela ne peut pas se faire dans le programme principal qui, tant qu'il tourne, empêche le rafraîchissement de l'interface graphique (GUI). Pire encore, si le programme principal tourne plus longtemps que quelques secondes, Android suppose qu'il y a plantage et demande d'y mettre fin. C'est pourquoi il faut créer un *thread* séparé, hors du programme principal pour s'occuper de la lecture périodique, donc sous forme de boucle sans fin. À partir du *thread*, on ne peut pas modifier directement des éléments graphiques du GUI, par exemple pour actualiser un texte. Cela aussi doit s'effectuer dans un *handler* de messages.

La communication entre le programme principal et le *thread*, par exemple lors d'une pression sur un bouton du GUI,

peut aussi avoir lieu par l'intermédiaire d'un *handler* de messages. Dans cette appli, la solution consiste à utiliser une variable comme drapeau. Comme le *thread* est quand même en boucle sans fin, il peut lire la variable et exécuter une certaine action pour une valeur déterminée de la variable.

Le *thread* ne peut pas tourner sans cesse, il occuperait tout le temps du processeur et rendrait l'appareil Android incontrôlable. Aussi faut-il installer dans la boucle du *thread* une pause pendant laquelle le processeur a le temps de s'occuper à l'aise d'autres tâches. Dans cette appli, la pause dure 25 ms, un compromis entre la charge du processeur et la vitesse à laquelle les données issues de la carte d'E/S sont traitées. Si vous programmez une telle appli, fixez la durée en fonction des besoins.

En pratique, toutes les secondes, on envoie une commande de lecture de la température des résistances CTN par « r b3 » et « r b4 ». Les réponses sont R B4 x et R B5 x (x étant la valeur décimale), elles sont envoyées au *handler* de messages avec l'étiquette RECEIVE_MESSAGE_CONDATA. Le *handler* s'empresse de vérifier si les quatre premiers caractères sont bien R B4 ou R B5, auquel cas il transfère le reste de la chaîne de caractères pour la conversion en température et la mise en forme de la variable. Voyez dans l'encadré comment on calcule la température à partir de la mesure de la résistance de la CTN. Pour indiquer qu'une nouvelle mesure est arrivée, on constitue une autre variable qui sera détectée dans la boucle où sera décidé s'il faut allumer ou éteindre le chauffage. Ce choix, le *handler* de messages le transmet aux fonc-

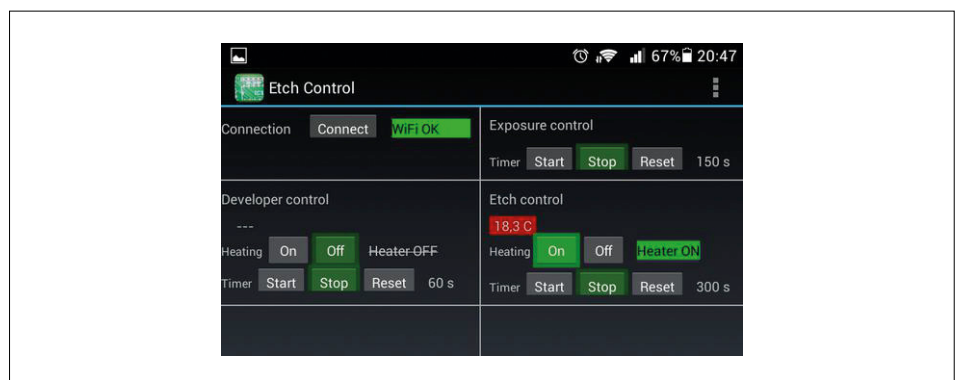


Figure 6. Le même menu en mode paysage.

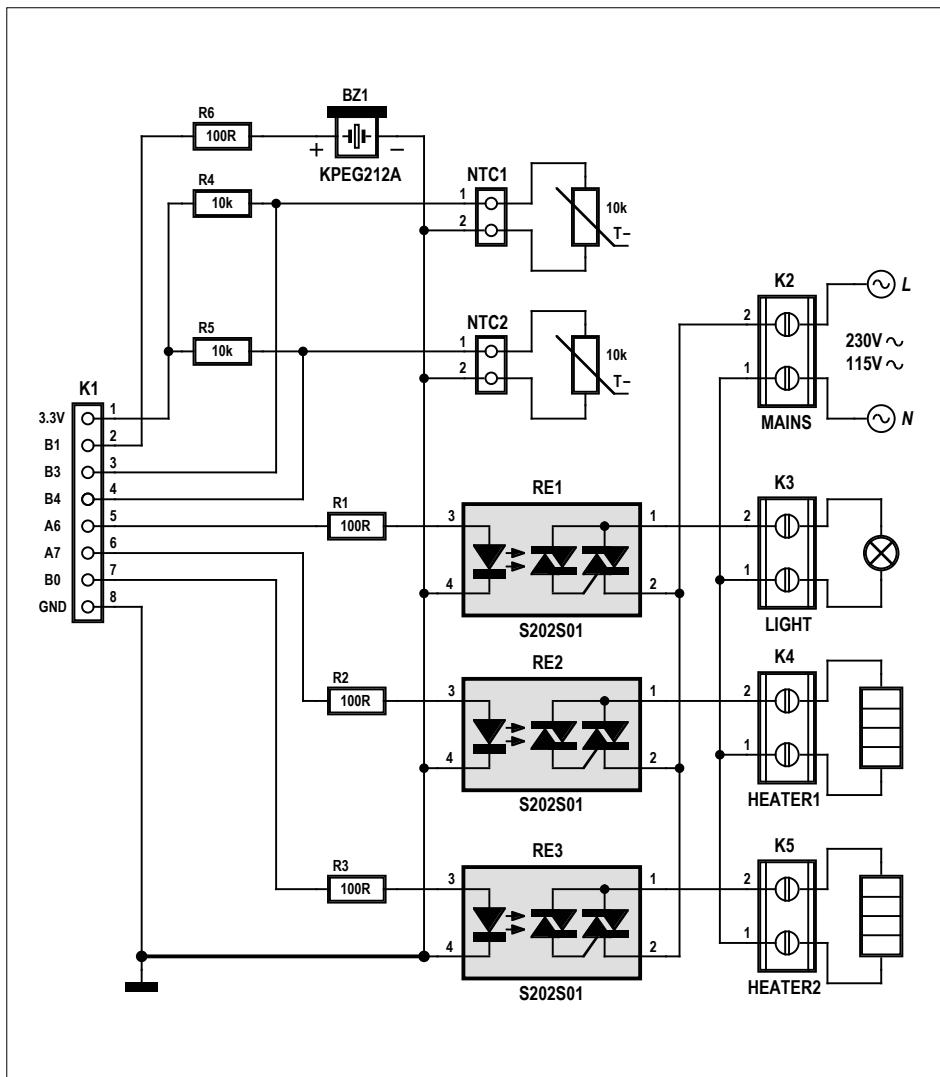


Figure 7. Le circuit de commande de la rampe d'exposition et du chauffage des bains de développement et de gravure.

tions du programme principal qui adapte le GUI et commande la carte d'E/S pour Android, par exemple avec W B0 0 s'il faut éteindre le chauffage.

L'appli se sert aussi de la fonction temporisateur chien de garde (WdT) de la carte d'E/S. Si la carte n'a reçu aucun caractère au cours de la dernière minute, les sorties coupent automatiquement le chauffage. Les mesures de température sont transmises chaque seconde. Donc si l'appli est arrêtée ou si la liaison est interrompue, toute surchauffe est exclue. Avec le menu de réglages, vous aurez tout loisir de mettre à votre sauce les adresses des modules Bluetooth, Wi-Fi et USB, les températures, les durées de temporisation et les éléments graphiques. Un menu de réglages se définit dans le fichier res/xml/user_settings.xml et possède sa propre classe UserSettingActivity dans src/com.Example.EtchControl/UserSettingActivity.java. C'est lui qui est appelé à partir du programme principal par « startActivity(new Intent(MainActivity.this, UserSettingActivity.class)) ». Les valeurs des réglages sont automatiquement enregistrées dans une base de données locale, on peut les examiner avec le *Preference Manager*.

Le menu de réglages s'appelle depuis le menu qui est défini dans src/menu/menu.xml. En Java, ce fichier xml est inséré à l'aide de getMenuInflater().inflate(R.menu.main, menu);.

Avec Android, vous pouvez définir différents schémas pour l'interface utilis-

Liste des composants

Résistances :

R1, R2, R3, R6 = 100 kΩ

R4, R5 = 10 kΩ

2 x thermistance CTN 10 kΩ, p.ex. Farnell réf. 1672384

Semi-conducteurs :

RE1, RE2, RE3 = relais à semi-conducteurs S202S01

Divers :

BZ1 = vibreur piézoélectrique actif

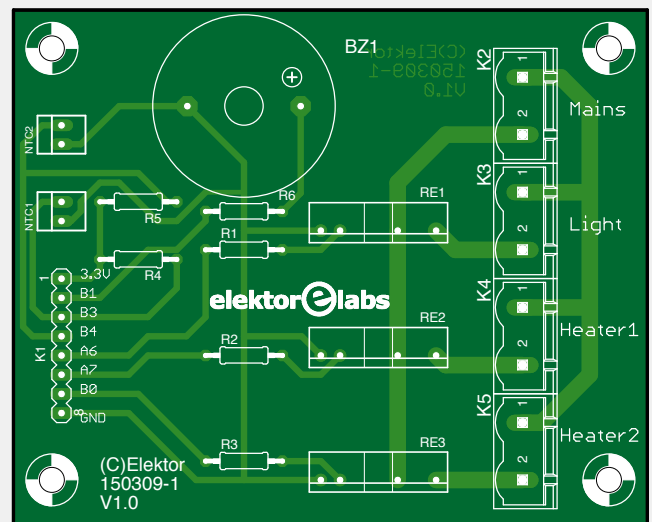
K1 = embase à 8 picots au pas de 2,54 mm

2 x embase à 2 picots au pas de 2,54 mm pour NTC 1 et 2

4 x borne à 2 vis encartable au pas de 5,08 mm, pour secteur 230 V, LIGHT, HEATER1 et HEATER2

Figure 8. Tracé des pistes pour le circuit de la figure 7.

Attention, une partie du circuit imprimé est directement soumise à la tension du secteur !



teur en fonction de l'orientation de l'écran (portrait ou paysage). Le schéma standard (**figure 5**) se trouve dans layout/layout.xml. En créant un layout-land/layout.xml, Android choisit automatiquement cette dernière définition quand l'écran est en paysage (**figure 6**).

Le circuit

La **figure 6** montre le schéma du matériel pour mesurer les températures, allumer et éteindre la rampe d'exposition et les éléments de chauffage. On utilise deux résistances CTN pour prendre les températures des bains de développement et de gravure. Elles font partie d'un pont diviseur, NTC1 avec R4, NTC2 avec R5, dont les points communs sont branchés sur les entrées B3 et B4.

Ce sont des relais à semi-conducteurs qui commutent les éléments de chauffe sous 230 V, parce que des relais électromécaniques qui travaillent sous 3,3 V sont difficiles à dénicher. Le modèle employé est le S202S01 qui peut commuter jusqu'à 8 A. Pour un débit de plusieurs ampères, il faut le refroidir.

Les relais sont reliés aux broches A6, A7 et B0. Comme je ne me sers que d'un bain de gravure chauffé et d'une rampe d'exposition, je n'ai installé que deux relais. C'est à renseigner dans l'appli. Mais j'utilise l'autre CTN pour mesurer la température du bain de développement, parce que juste après le mélange, il est vraiment trop chaud, alors qu'il est un peu trop froid quand il a séjourné dans la réserve.

Le vibreur acoustique est branché sur B1, c'est un modèle piézoélectrique à électronique embarquée.

J'ai développé un circuit imprimé à simple face pour ce petit montage, il est représenté à la **figure 8**. Vous pouvez vous

procurer sur [4] les fichiers du tracé et les fichiers Eagle. Pour commuter de fortes puissances, supérieures à quelques centaines de watts, il faut étamer les pistes concernées ou les renforcer par des fils. On peut aussi construire le circuit sur une plaque à trous en faisant bien attention à la sécurité électrique. En tout cas, il doit être installé dans un boîtier isolant pour empêcher tout contact.

Dans la troisième partie, nous étudierons la fonction d'enregistreur de données de la carte d'E/S pour Android et nous verrons comment adapter le micrologiciel et le transférer en mémoire avec un chargeur d'amorce. ◀

(150309 – version française : Robert Grignard)

Weblinks

[1] <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/50002230A.pdf>

[2] <http://tssh2.sourceforge.jp/index.html.en>

[3] www.ftdichip.com/Drivers/D2XX.htm

[4] www.elektormagazine.nl/150309

[5] <http://developer.android.com/tools/help/adt.html>

[6] <http://developer.android.com/sdk/index.html>

Publicité



Kit n°1 : sirène – réf. 119016-71 - 24,50 €

Kit n°2 : chenillard & thermomètre – réf. : 119016-72 - 24,50 €

Kit n°3 : orgue – réf. : 119016-73 - 24,50 €

l'électronique pour les débutants

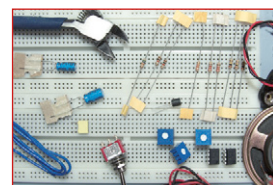
trois kits d'initiation disponibles

Voici le cadeau idéal pour partager votre passion de l'électronique avec vos enfants, petits-enfants, neveux... et autres geeks

Fin pédagogue, Rémy Mallard écrit pour les débutants et répond d'abord aux questions prosaïques du néophyte : quel fer à souder acheter ? Un multimètre à 5 € peut-il suffire ? Et bien d'autres trop souvent laissées en suspens.

L'auteur démystifie l'électronique en n'utilisant que ce qu'il vous faut de théorie pour aborder la pratique : identifier les composants et leur rôle, les récupérer, les tester et les ranger ; lire un schéma ; choisir ses outils ; mettre en boîte ses montages...

Les kits permettent de réaliser quelques-uns des montages simples et ludiques présentés dans le livre.



elektor

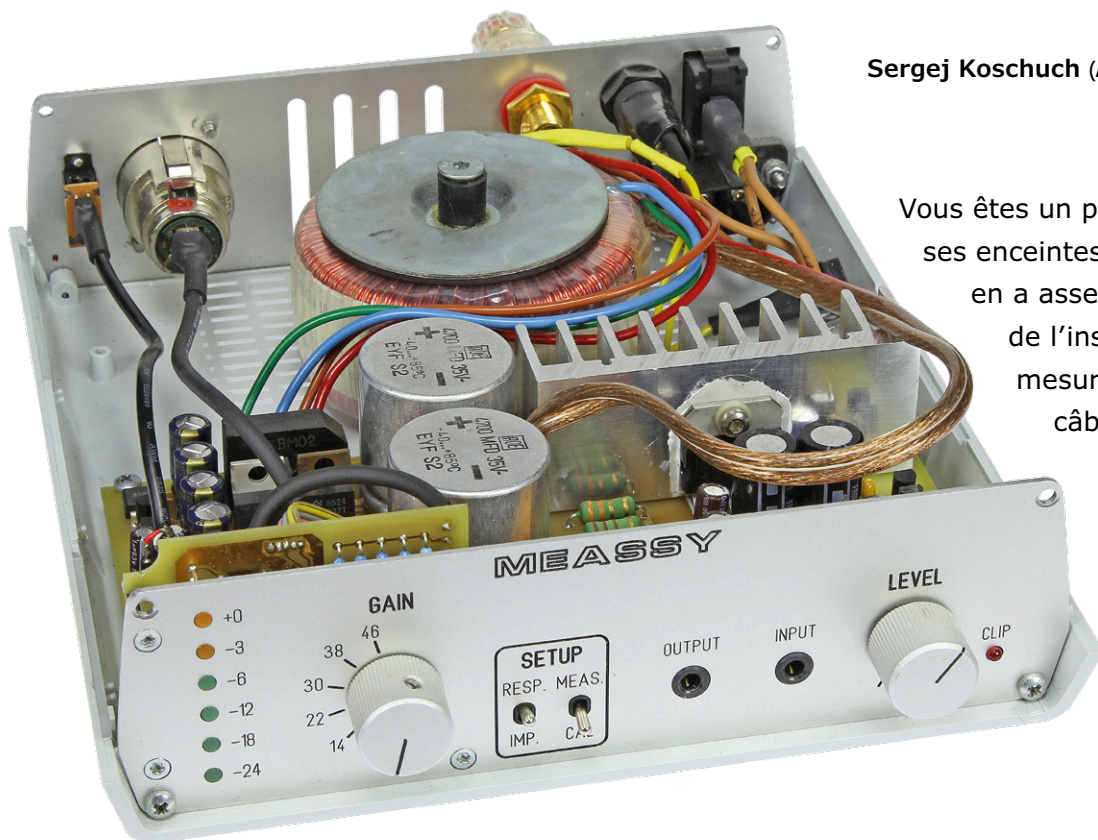
Offre spéciale : livre + deux kits = 99,- € au lieu de 116,- €

Informations complémentaires et commande :

www.elektor.fr/debut

MEASSY

système à la mesure des haut-parleurs des audiophiles



Sergej Koschuch (Allemagne)

Vous êtes un passionné qui construit ses enceintes acoustiques, mais qui en a assez des sacs de nœuds et de l'instabilité des systèmes de mesure improvisés. Un bout de câble par-ci, un adaptateur par-là et puis quoi ? Vous connaissez cette frustration ? Moi aussi, alors j'ai conçu un instrument de mesure digne de ce nom : voici MEASSY, l'appareil qui mesure les haut-parleurs en action.

Il y a des années que je possède le paquet logiciel ARTA [1] développé par Ivo Mateljan à l'université de Split. Il permet d'acquérir les courbes de fréquence et d'impédance de haut-parleurs : des signaux produits par logiciel avec la carte son d'un PC sont appliqués aux haut-parleurs puis réenregistrés à l'aide d'un microphone. Le système de mesure ARTA [2] correspondant dispense de l'enchevêtrement de câbles nécessaire pour effectuer des mesures bien ordonnées, mais c'est encore mieux si l'on installe dans un boîtier le circuit électronique de mesure et les autres composants nécessaires comme l'amplificateur de puissance. De quoi se débarrasser de pas mal de fils et gagner beaucoup de place.

Vous l'aurez deviné, MEASSY est l'acronyme de MEasurement ASSistant, il rassemble les composants suivants :

- préamplificateur de microphone symétrique et réglable avec indicateur de pointe
- alimentation fantôme de 48 V pour

microphone à condensateur ou avec préampli

- étage de puissance de 30 W avec indicateur de surcharge
- commutateur à résistance *shunt* en conformité avec le système de mesure ARTA
- une carte son USB en option.

Cette liste devenait du même coup l'objectif à atteindre. À partir de là, il est intéressant de voir comment la traduire en électronique pratique.

Critères

Avant de dessiner un schéma, il est impératif de déterminer ce à quoi on veut arriver et de fixer les critères en conséquence. Ces critères sont établis séparément pour le préamplificateur de micro et l'amplificateur de puissance.

Critères pour le préamplificateur de microphone

Le préampli micro est, à part le microphone lui-même, essentiel pour la

dynamique et la linéarité de MEASSY. Le rapport signal/bruit (RS/B) total est déterminé majoritairement par le bruit d'entrée. Si l'on veut une dynamique correspondant vraiment aux 16 bits d'une carte son, soit 96 dB sur une entrée de ligne (niveau = -10 dBV), avec un gain de 26 dB, il faut que le niveau du bruit à l'entrée du préampli ne dépasse pas 250 nV.

En comparaison, le bruit thermique d'une résistance de 100 Ω est déjà de 182 nV, alors on n'est pas près du but ! Il faut pourtant relativiser parce que le microphone lui-même n'est pas exempt de bruit, au contraire. Même avec des modèles de grande qualité, le RS/B n'est que de 74 dB environ pour une pression sonore d'un pascal (ce qui correspond à un niveau de pression acoustique de 94 dB). On en déduit le niveau équivalent de bruit au repos à 20 dB. Avec un niveau sonore mesuré à 106 dB, le microphone n'atteint qu'un RS/B réel de 86 dB.

Au lieu des 96 dB souhaités, il ne nous faudrait que 10 dB de moins. N'empêche, on devrait quand même rester sous une tension de bruit d'entrée $\leq 0,8 \mu\text{V}$.

Avec la linéarité, ce n'est pas vraiment plus simple. Il existe bien des puces dont la distorsion en simple amplificateur se situe à -100 dB , mais avec un gain de 40 dB, ce n'est plus pareil. Examinons les besoins d'amplification. La sensibilité d'un microphone à condensateur convenable est dans la fourchette de 2 à 20 mV/Pa. Pour le calcul du gain, partons du cas le plus défavorable, un haut-parleur à faible caractéristique de niveau de pression sonore, disons 80 dB/W×m, une puissance de l'ampli de 3 W et une distance de mesure de 3 m avec un microphone de 2 mV/Pa. Le niveau qui atteint le microphone de mesure est alors de 75,2 dB. Le gain pour atteindre un niveau de -10 dBV ou 316 mV_{eff} se monte alors à 62,8dB. Un gain d'une soixantaine de décibels satisfait alors aux conditions défavorables. En pratique, avec un haut-parleur à haut rendement, une grande puissance et à faible distance, on pourrait se contenter de 0 dB !

Critères pour l'amplificateur de puissance

Une puissance de sortie de 30 W suffit amplement à la mesure du rapport de transfert d'une chaîne audio domestique. Pour la sono d'un concert de rock, les choses seraient radicalement différentes, mais MEASSY n'est pas fait pour ça ! À propos de RS/B, les critères sont semblables à ceux du préampli, mais aussi pour les petites puissances, si bien qu'il faut compter ici avec 100 dB. Ce qui veut dire 110 μV de bruit en sortie pour la puissance nominale (11 V_{eff} sur 4 Ω). Si l'on réduit le gain de 30 dB par exemple (facteur de 32), le bruit d'entrée équivalent est à 3,44 μV , un niveau parfaitement réalisable.

La distorsion non plus n'est pas critique, comme 80 dB = 0,01 % de DHT, même des circuits simples y arrivent. La robustesse est une qualité plus exigeante. L'étage final doit être à l'abri des courts-circuits. En raison de la petite dimension de MEASSY, il faut trouver des solutions adéquates pour le refroidissement et une protection contre la surchauffe.

L'électronique de MEASSY

Les critères ainsi définis, passons à la conception des circuits un par un. L'alimentation est sûrement la partie la moins laborieuse, aussi allons-nous commencer par la description de ses particularités.

Alimentation secteur

Côté alimentation, on a déjà compris qu'on ne s'en tirera pas avec une seule tension. Pour le préampli, il en faut une symétrique de $\pm 15 \text{ V}$, pour le microphone, une alimentation fantôme de 48 V et pour l'ampli de puissance, une autre symétrique de $\pm 24 \text{ V}$. Celles pour le préampli et le micro doivent être stabilisées, pas pour l'étage final, mais lui doit fournir de la puissance.

Comme on le voit à la **figure 1**, il suffit d'un circuit de base conventionnel avec des redresseurs et du filtrage, plus quelques régulateurs de tension intégrés. Produire toutes ces tensions nécessite un transformateur secteur à deux secondaires de 18 V. Pour modérer la puissance nécessaire, j'ai choisi un type d'amplificateur au rendement intéressant, il travaille en classe AB. Avec lui, pour obtenir 30 W

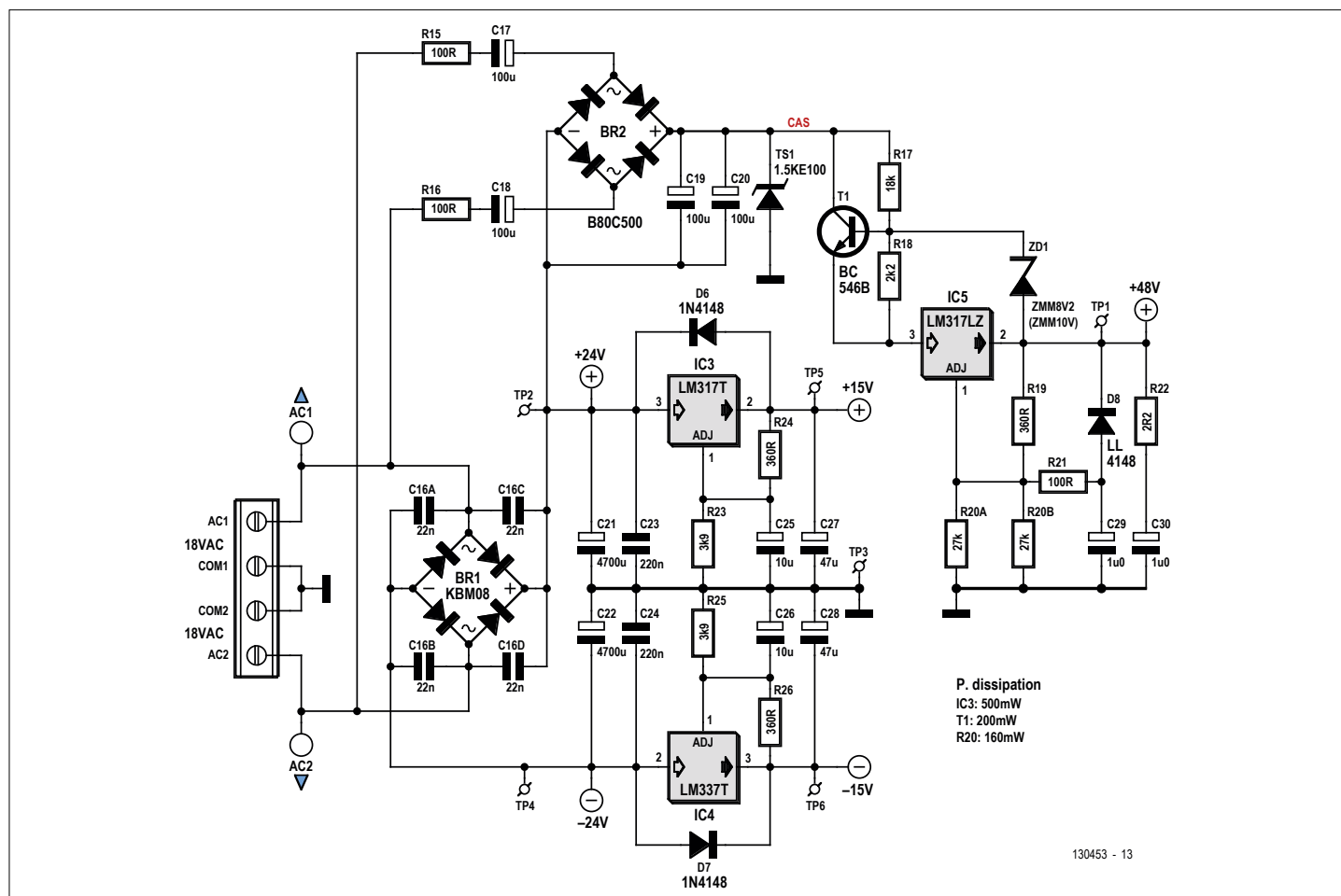


Figure 1. Le circuit de l'alimentation secteur fournit les $\pm 24 \text{ V}$ non stabilisés, les $\pm 15 \text{ V}$ stabilisés et le $+48 \text{ V}$.

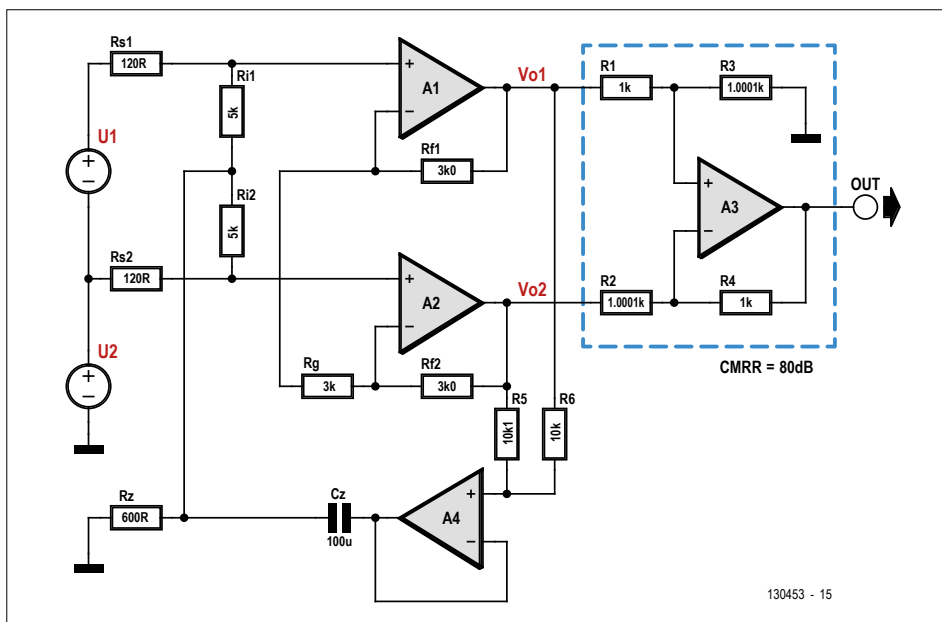


Figure 2. Description de la manière d'arriver à une haute réjection du mode commun (CMRR) sur un préamplificateur symétrique pour microphone.

sur 4 Ω ou 8 Ω , un transformateur torique de 50 VA ne risque pas d'être surchargé. Les ± 24 V pour l'ampli de puissance sont filtrés par les condensateurs électrolytiques réservoirs C21 et C22. Les excellents régulateurs complémentaires LM317 (IC3) et LM337 (IC4) en font les tensions de ± 15 V. Les condensateurs C25 et C26 améliorent l'atténuation du ronflement et réduisent le bruit. Comme les deux puces empêchent dans ce circuit tout retour de courant, on peut se passer des habituelles diodes de protection. Comme sécurité en cas d'impulsion d'une quelconque provenance, on a malgré tout prévu les diodes D6 et D7.

Plutôt que de mettre en jeu un autre transformateur pour produire le +48 V de l'alimentation fantôme pour le microphone, j'ai préféré faire appel à une ingénieuse pompe de charge. Elle est réalisée avec le redresseur BR2 et les condensateurs électrolytiques C17 à C20 qui surmontent la ligne à +24 V. Ce groupe met à profit les tensions de pointe entre les extrémités des secondaires du transformateur pour atteindre un bon 70 V. D'ailleurs, à vide, on peut mesurer jusqu'à 80 V. Les résistances R15 et R16 limitent les pointes de courant. Pour ne pas exagérer la rigidité diélectrique nécessaire ni les dimensions de C19 et C20, leurs pôles négatifs sont « remontés » sur la ligne à +24 V. Le circuit du régulateur de tension suivant est une application normale du LM317 pour de hautes tensions [3],

parce que cette puce ne peut pas soutenir 80 V. IC5 est donc en montage flottant, la précision de sa régulation dépend fort du courant passant (de l'entrée à la sortie). Les résistances R17 à R20 sont choisies pour assurer le courant minimal indispensable de 2,5 mA sans autre charge. Mais cette valeur n'est spécifiée que par National Semiconductor (aujourd'hui Texas Instruments). Un courant de passage trop faible entraîne une montée de la tension de sortie sans charge. À noter que le courant dans la diode zener ZD1 contourne IC5. Avec le très faible courant nécessaire et un grand gain de T1, la valeur de R17 peut être assez élevée. Puis il faut aussi maîtriser la dissipation croissante de R20. Deux résistances CMS 0805 en parallèle peuvent évacuer sans difficulté l'arrivée de 160 mW.

En charge, avec un microphone branché, le courant de passage est en tout cas suffisant. Avec de plus forts courants, le multiplicateur de tension serait en perte de sustentation et l'ondulation de sortie s'élèverait de plusieurs dizaines de millivolts. Pour cette raison, le courant est limité à 8 mA, ce qu'un microphone de mesure normal ne devrait pas excéder. Avec 8 mA, T1 doit dissiper 250 mW et son boîtier TO-92 le permet. Autre solution, prendre aussi pour T1 un BD139 en TO-126.

Préamplificateur de microphone

Logiquement, il faudrait mesurer le haut-parleur dans la position où on l'écoute. En

raison des longueurs de câble et des perturbations que cela pourrait occasionner, on élimine le microphone asymétrique. D'ailleurs, la plupart des microphones de mesure sont symétriques, comme les habituels MM1 de Beyer Dynamic ou TR-40 d'Audix (environ 180 € chacun). L'amplificateur d'instrumentation intégré INA163 de Burr-Brown (aujourd'hui TI) permet de satisfaire à toutes les exigences formulées. Il offre la particularité de donner accès au signal symétrique avant l'étage de sortie, ce qui permet d'accentuer la réjection du mode commun (CMRR). En raison de la nécessité d'une alimentation fantôme, l'entrée n'est pas seulement à basse impédance, elle n'est malheureusement pas non plus indépendante de la masse. Quelle que soit la symétrie d'entrée, le CMRR est déterminé par l'asymétrie des résistances apparentes de sortie de la source du signal. Ce n'est pas à cause d'une sortie de transfert indépendante de la masse, mais bien par le couplage galvanique direct, que les tolérances et la longueur de câble provoquent une différence d'environ 20 Ω , ce qui, par rapport aux impédances typiques, signifie un déficit du CMRR d'environ 40 dB. Un remède simple consiste à remonter l'impédance d'entrée par un montage auto-élévateur (*bootstrap*). La figure 2 illustre la technique de ce genre d'amplificateurs « équilibrés ».

L'amplificateur opérationnel A4 effectue la somme des signaux des sorties intermédiaires Vo1 et Vo2 et l'applique en retour aux entrées. Le condensateur Cz empêche une saturation des entrées dans cette forme de réaction. Le réseau de sommation R5 et R6 affaiblit fortement le signal de différence pour empêcher ici tout effet auto-élévateur.

À cause de la réaction, les courants de signal à travers Ri1 et Ri2 sont très faibles et la résistance d'entrée en phase commune devient nettement plus grande que les résistances qui y sont branchées, alors que la résistance d'entrée différentielle (Ri1 + Ri2) reste inchangée. On peut observer qu'à cause de la configuration en électromètre de A1 et A2, le gain en phase du premier étage reste unitaire, quelle que soit la valeur de Rg. Le CMRR de 80 dB du deuxième étage peut s'étendre sur un très large spectre. La fréquence limite inférieure dépend du passe-haut Cz/Rz, la limite supérieure, en revanche, dépend de la bande passante

de A4. La qualité du câble n'exerce plus qu'une faible influence. Le fonctionnement exact de cette technique est expliqué en détail dans un article de l'AES [4].

On retrouve la philosophie de la figure 2 dans le circuit réel du préampli de la **figure 3**. L'auto-élévateur y est étendu à deux autres voies pour un filtrage HF et l'alimentation fantôme. Les résistances R3 et R4 servent à injecter le +48 V. Il faut les sélectionner pour les apparier. Le réseau C8 et R12 et l'étroitesse de bande de IC2A forment un filtre HF. Un filtrage supplémentaire de l'alimentation fantôme est fourni par C11. Une simulation par Spice du circuit avec une dissymétrie de 20 Ω et un gain de 20 dB a montré un CMRR global de plus de 60 dB

entre 70 Hz et 80 kHz !

L'ampli op IC2B est monté en intégrateur, avec une fréquence limite de 2 Hz pour annuler toute tension de décalage en continu sur la sortie. Il doit avoir une entrée FET. Expliquer ici le travail exact des diodes de protection serait fastidieux, reportez-vous aux notes sur [5].

Pour un réglage de gain progressif, un potentiomètre anti-logarithmique est indispensable, ça existe, mais c'est rare ! Un potentiomètre linéaire « aménagé » ne donnerait pas de résultat acceptable dans une plage de plus de 40 dB. Mais un réglage continu n'est pas du tout nécessaire, puisque les cartes son modernes intègrent un PGA (*programmable gain amplifier*) qui peut couvrir au moins 10 dB

sans augmenter notablement le bruit. Un réglage commutable par pas de 6 à 10 dB convient donc. Un sélecteur à 2x6 positions, dont les deux galettes sont reliées en parallèle pour la fiabilité, réalise un réglage de gain à six bonds de 8 dB dans une plage de 6 à 46 dB.

Indicateur de pointe

L'indicateur de pointe (**figure 4**) se base sur un LM3915 et un redresseur pleine onde. Cette partie du circuit est installée à proximité du commutateur rotatif pour le gain, sur une carte séparée mise de chant derrière la face avant. Pour minimiser les parasites de l'alimentation ainsi que la dissipation de puissance, IC2 fonctionne en mode à point. Comme IC2 est

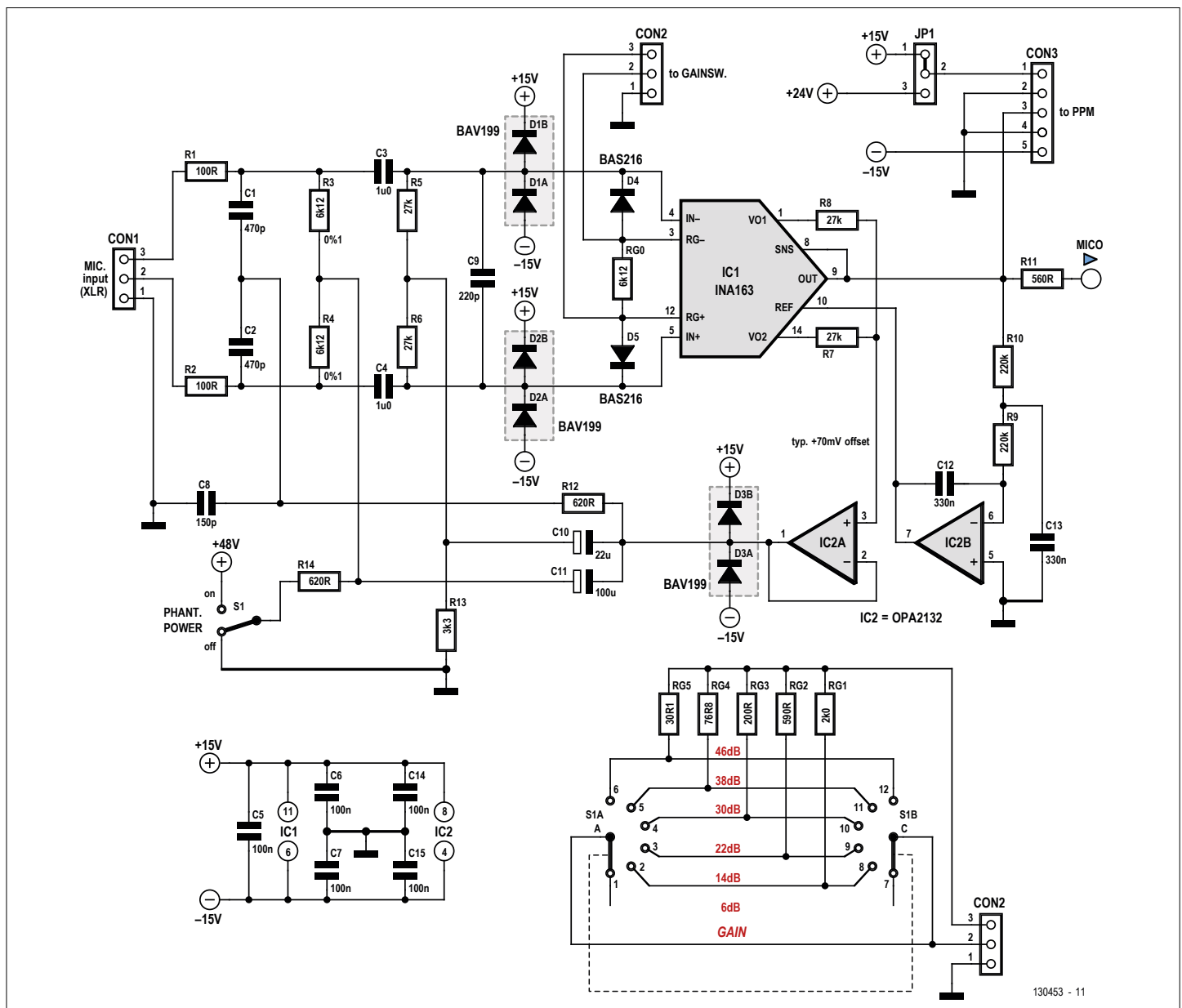


Figure 3. Le schéma réel du préampli pour microphone exploite les atouts d'une puce d'amplificateur d'instrumentation.

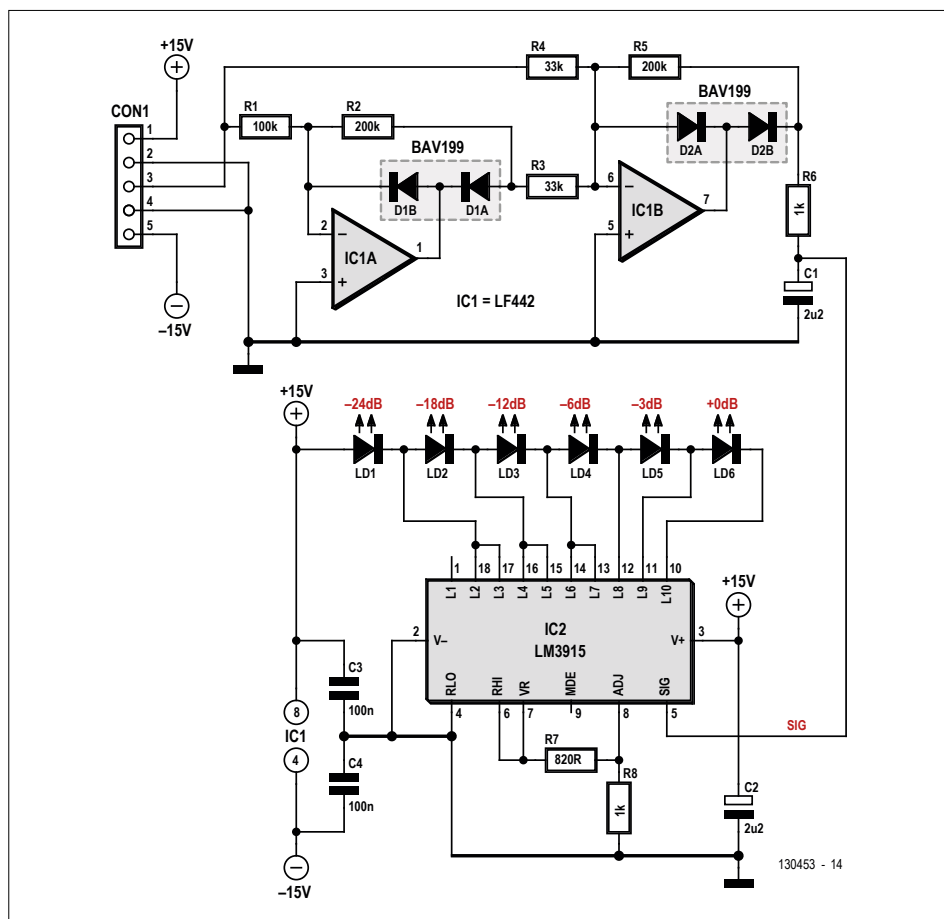


Figure 4. L'indicateur de pointe est fait d'un redresseur actif à double alternance et d'un pilote de barre de LED.

tributaire de l'alim du préampli et que chaque LED demande 2,2 V, on ne peut en commander que six. Pour porter à 6 dB l'intervalle d'affichage des signaux faibles, on combine deux sorties de la puce pour LED1 à LED4. Les résistances R7 et R8 établissent un courant de 16 mA pour la luminosité des LED ainsi que pour l'ensemble de la plage de niveaux. Le niveau maximal pour SIG est fixé à 2,72 V. De concert avec le gain des redresseurs (IC1), le niveau de sortie nécessaire pour l'excursion totale du préampli se situe à 477 mV_p, soit -10 dBV (le niveau de ligne grand public), pour lequel il dispose d'une réserve de surcharge de 20 dB ! Le redresseur classique construit avec les deux amplificateurs opérationnels de IC1 profite de l'absence de décalage à la sortie du préampli pour s'y relier par un couplage direct en continu. Le gain des deux étages est de 6,06. Le courant de fuite des diodes à travers des résistances distinctes des deux étages représente une erreur de gain faible, moins de 0,5 dB entre les deux alternances, ce qui est négligeable en

pratique. Le temps de montée se calcule par $(R5 + R6) \times C1 = 0,44 \text{ s}$; le temps de descente est $< 0,4 \text{ s}$, donc insignifiant.

L'étagé de puissance

Toute puissance de sortie inférieure à 50 W appelle aujourd'hui une solution intégrée. Les puces d'amplificateur de puissance ont atteint leur maturité. Avec elles, l'encombrement est restreint autant que le coût. En lice, deux candidats : le LM3886 de TI et le TDA7293 de STM. Le premier est protégé contre le court-circuit, mais la puce de STM convainc par ses meilleures caractéristiques et sa sortie CSC (*Clip and Short deteCt*) qui signale la surcharge, un argument de poids. Les mesures de distorsion en sont plus fiables. J'ai malgré tout fait l'expérience avec le TDA7293 : il survit à un court-circuit si la tension d'alimentation et le niveau ne sont pas trop élevés. Un détecteur de court-circuit consolide la sécurité de l'alimentation.

La **figure 5** présente le TDA7293 dans une application normale. Avec R29 et

R30, le gain se situe à 30 dB. Il ne faut pointer R29 par aucun condensateur. Un réseau de Boucherot (R33/C40) en sortie augmente la stabilité. Ce condensateur C40 n'est pas un modèle ordinaire à film, les caractéristiques sont supérieures avec un exemplaire millefeuille. Avec l'aide d'une tension auxiliaire de polarisation par R31, la paire C33A et C33B forme un condensateur électrolytique bipolaire de meilleure qualité. Sa capacité positionne à 11 Hz la fréquence limite inférieure. C33A et C33B ne souffrent que d'un très faible courant de perte, par ailleurs, la résistance R31 peut entraîner une légère augmentation du décalage de tension en sortie. Le couple R28 et C32 forme à l'entrée un filtre passe-bas qui atténue les signaux à plus de 80 kHz.

La sortie CD à la broche 5 est à drain ouvert, elle signale avec précision une saturation de l'amplificateur. Déjà pour 0,5 % de distorsion, elle fait basculer le multivibrateur monostable non-redéclenchable IC8B. Même avec un bref dépassement, T6 allume la LED rouge de LD1 pendant 0,5 s pour qu'elle soit bien visible. En même temps, le témoin vert d'alimentation LED1 s'éclaire aussi en jaune. Le signal CLIP atteint encore IC8A par R51/C46. C'est là qu'on prend en considération le rapport cyclique. À partir de 40 % (le niveau zéro), la bascule IC8A est active en permanence et T4 ramène à la masse la broche MUTE de IC6. La LED rouge est alors allumée par T5, mais T7 perd son courant de base et la LED verte s'éteint. Un probable court-circuit est aussi signalé en rouge.

Le temps de réponse est déterminé par R51/R49 et C46/C44, et dépend du rapport cyclique : 40/50/75 % donnent 36/24/13,5 ms. La méthode traditionnelle par relais demande environ 15 ms. Un rapport cyclique inférieur à 36 % est interprété comme de la saturation et représente environ 9 % de DHT. Lorsqu'un court-circuit est détecté, il faut arrêter puis redémarrer l'amplificateur. La mise à zéro externe pour IC8A intervient par le collecteur de T2, ce qui fait que la détection d'un court-circuit est d'abord enclenchée peu avant la libération de l'amplificateur. On évite ainsi un déclenchement intempestif lors de l'allumage. La tension auxiliaire de +6 V provient du régulateur de tension IC7. Le câblage de T2 et T3 provoque un délai d'environ 2,5 s à l'allumage ainsi qu'en cas d'arrêt brutal de l'amplificateur. La différence de résis-

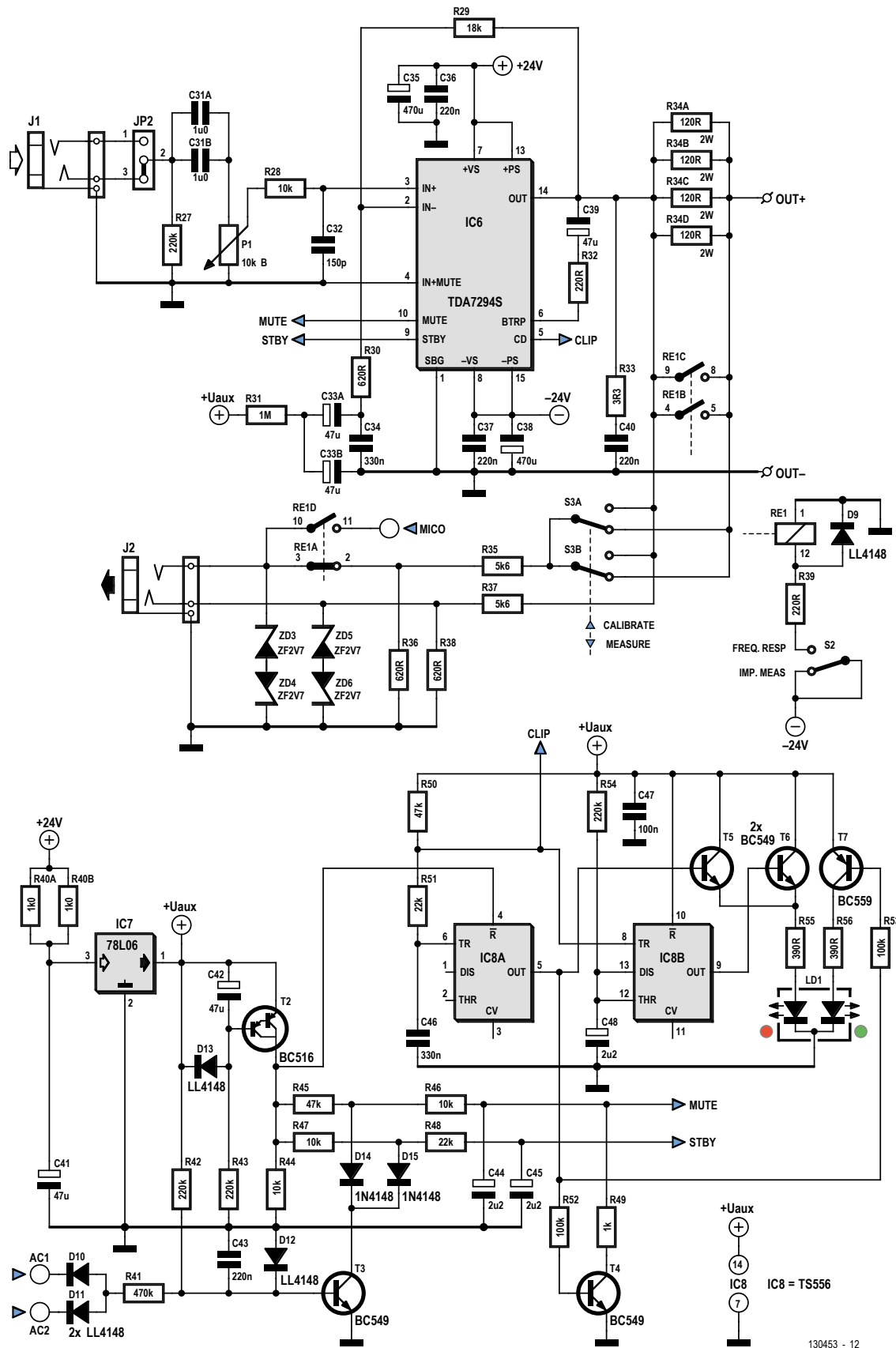


Figure 5. L'amplificateur de puissance à circuit intégré avec détecteur de saturation et générateur de tension auxiliaire.

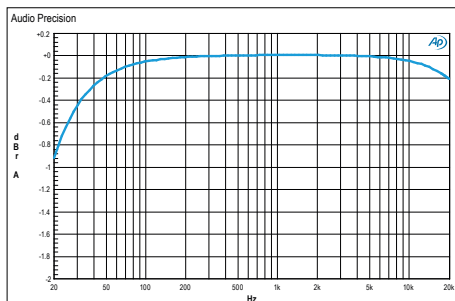


Figure 6. Courbe caractéristique de fréquence à 1 W sur 8 Ω.

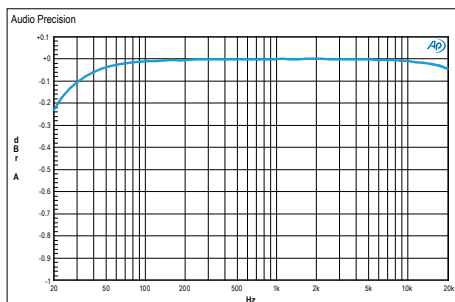


Figure 8. Caractéristique de fréquence du préamplificateur à la même échelle que pour la figure 6.

tances (R45 + R46 ainsi que R47 + R48) produit la mise en séquence des effets sur les entrées STBY et MUTE de IC6. L'assourdissement du bruit nécessite la fonction *Standby*. En série avec IC7, R40 est une résistance relativement grande pour en limiter la dissipation à 250 mW, ce qui limite aussi à 10 mA le courant dans chaque LED de LD1.

La circuiterie que rassemblent S2, S3 et Re1 concourt à l'intégration du système de mesure ARTA avec R34 comme

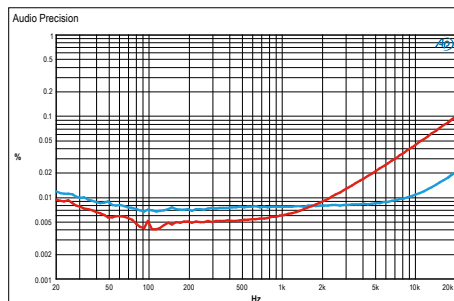


Figure 7. En bleu, courbe de DHT+b à 1 W et en rouge, à 20 W sur 8 Ω.

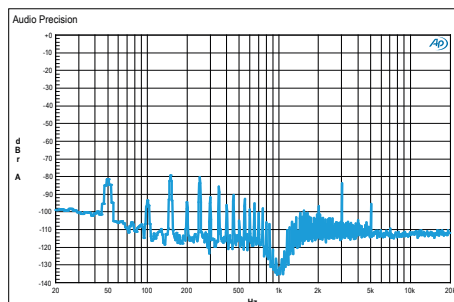


Figure 9. Le spectre du préampli pris sur un signal de test à 1 kHz, lui-même anéanti pour la mesure.

résistance de mesure, répartie sur quatre exemplaires aux oxydes métalliques d'une puissance de 2 W chacun. Suffisante pour absorber l'énergie qui arrive sur la résultante de 30 Ω. C'est une variante du système ARTA d'origine dans lequel le rôle de S2 est tenu par un précieux relais difficilement disponible. Les diviseurs de tension R35/R36 et R37/R38 sont prévus pour une puissance de 30 W (-20 dB à 12 V_{eff}). Un mot encore sur le refroidissement. Le transformateur torique de 50 VA limite la

puissance, indépendamment de l'impédance de charge, aux alentours de 35 W. Une mesure du haut-parleur ne s'effectue pas à la pleine puissance, mais à peu près 3 dB plus bas. On est alors à peu près à 20 W. Le rendement d'un amplificateur en classe AB à mi-puissance se situe à 43 %, ce qui fait que la perte de puissance est de 12 W environ. Sous une température ambiante de moins de 45 °C et avec une coupure thermique à 125 °C, on dispose d'une marge de température de 80 °C. La résistance thermique admise est alors de 6,5 K/W.

Correctement monté, un TDA7293 a une résistance thermique entre puce et radiateur de 2 K/W. Entre le radiateur et l'air, 4,5 K/W laisse encore une marge étonnamment grande. Une mesure ne prend pas beaucoup de temps, mais si elle devait se prolonger, on peut envisager d'ajouter un ventilateur. Comme radiateur convenable, il y a entre autres le type SK574 de Fisher en 75 mm de long.

Concrètement

Le niveau d'entrée nominal de MEASSY est de 316 mV_{eff} ou -10 dB. Il convient à de nombreuses cartes son internes, mais pas à la mienne, une variante USB de la Transit USB de M-Audio. Les codecs audio USB qui y sont installés travaillent sous une tension d'alimentation de 3,3 V. Les entrées et sorties sont symétriques et le niveau de signal couvre la plage de 0,72 à 1,35 V_{eff}, donc autour de 0 dBV. Avec pareille carte, MEASSY gaspille environ 7 dB de dynamique, bien que la sortie du préampli puisse fournir un niveau bien plus élevé. Pour profiter de toute la dynamique, on peut échanger R8 de l'indicateur de pointe sur la carte additionnelle contre une résistance de 1,8 kΩ. Pour une pleine attaque à 700 mV_{eff}, la LED à -3 dB s'allume pour 700 mV_p.

La même chose s'applique à R35/R36 et R37/R38. À la puissance maximale, on mesure 12 V_{eff} à la sortie de l'amplificateur. Pour la mesure d'impédance, la tension peut être atténuée de 20 dB pour attaquer à fond une carte son dont le niveau d'entrée est de 0 dB.

Le laboratoire d'Elektor a procédé à des mesures sur MEASSY indépendamment des miennes. La **figure 6** montre la caractéristique de fréquence de l'étage de puissance à 1 W sur 8 Ω, elle correspond très bien à l'objectif. Une bande de fréquence de 1 Hz à 100 kHz serait

L'auteur

Sergej Koschuch a obtenu son diplôme d'ingénieur à l'UT de Munich. Il a derrière lui plus de vingt ans d'expérience dans le développement de techniques analogiques, aussi dans la microélectronique chez STMicroelectronics, Micronas et Infineon. Mais il n'en est pas moins resté fidèle à la construction de circuits à composants discrets et d'enceintes acoustiques.

Liens

- [1] Logiciels ARTA : www.artalabs.hr
- [2] Système de mesure ARTA : www.artalabs.hr/AppNotes/AP1_MessBox-Rev3Ger.pdf
- [3] Application du LM317 : www.ti.com/lit/an/snva583/snva583.pdf
- [4] www.thatcorp.com/datashts/AES6261_New_Balanced_Input_IC.pdf
- [5] www.thatcorp.com/datashts/AES7909_48V_Phantom_Menace_Returns.pdf
- [6] www.elektormagazine.fr/130453

inutile : hors de la gamme audio, il n'y a rien à mesurer. On remarque la très grande résolution verticale de la courbe, de +0,2 à -2 dB. Bien entendu, la distorsion (DHT+b) a aussi été mesurée. La ligne bleue de la **figure 7** correspond à 1 W et la rouge à 20 W, toujours sur 8 Ω . À 1 W, la distorsion reste à -80 dB depuis 30 Hz et jusqu'à un bon 8 kHz. À 20 W, on s'en doute, elle s'élève aux plus hautes fréquences. Au total, les résultats correspondent bien au but recherché. Ce n'est pas un miracle si la caractéristique de fréquence du préampli est manifestement meilleure, comme le montre la **figure 8**. Quant à la **figure 9**, elle représente le spectre à la sortie du préampli au gain maximal sur un signal d'entrée de 4 mV à 1 kHz dont le fondamental est ensuite puissamment atténué pour les besoins de la mesure. On y observe aussi le ronflement du secteur et ses harmoniques, qui pointent à -80 dB, bien au-dessus des autres fréquences. La fréquence triple du signal de test est à -84 dB et il n'y a rien d'autre de significatif. Le rapport de DHT+b vaut 0,03 % sur une largeur de bande de 22 kHz. Avec un moindre gain (facteur 30) et un plus haut niveau (12,65 mV), le rapport est encore meilleur : 0,013 %.

Conclusion

J'ai construit un prototype agréable à regarder, jugez-en avec les **figures 10** à **12**. La figure 10 montre MEASSY dans un boîtier AUS12 de Teko avec un panneau avant stylé en aluminium. Sur une nouvelle mouture, je mettrais maintenant, à la place des deux prises jack de 3,5 mm, des prises Cinch de qualité. En face arrière (fig.11), les sorties dorées pour haut-parleur sautent aux yeux. Pour le microphone, c'est bien sûr l'habituelle prise XLR à trois contacts.

Sur la page de cet article [6] du site d'Elektor, se trouvent mes dessins des pistes et toutes les données pour les circuits imprimés. Les audiophiles expérimentés auront sans doute plaisir à consulter les documents ARTA sous [1] et [2]. Si ce projet Elektor vous intéresse, n'hésitez pas à nous contacter par redaction@elektor.fr. Il se pourrait alors que le labo d'Elektor développe un circuit imprimé et un kit à construire soi-même avec les explications pour mesurer sur des haut-parleurs l'impédance, la caractéristique de fréquence, etc. ◀

(130453 - version française : Robert Grignard)



Figure 10. MEASSY assemblé et prêt à l'emploi.

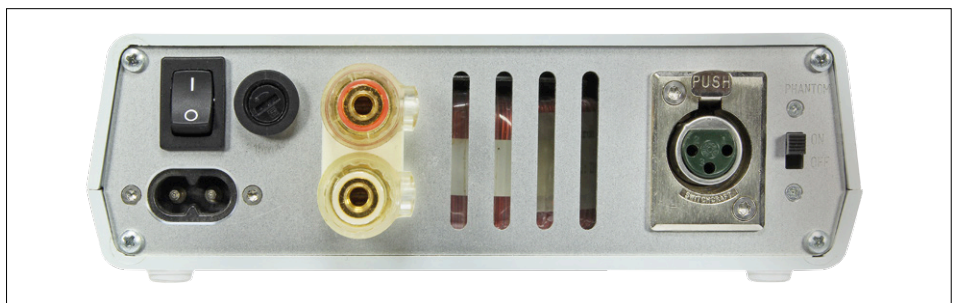


Figure 11. À l'arrière de MEASSY, les connecteurs pour le secteur, le haut-parleur et le microphone.

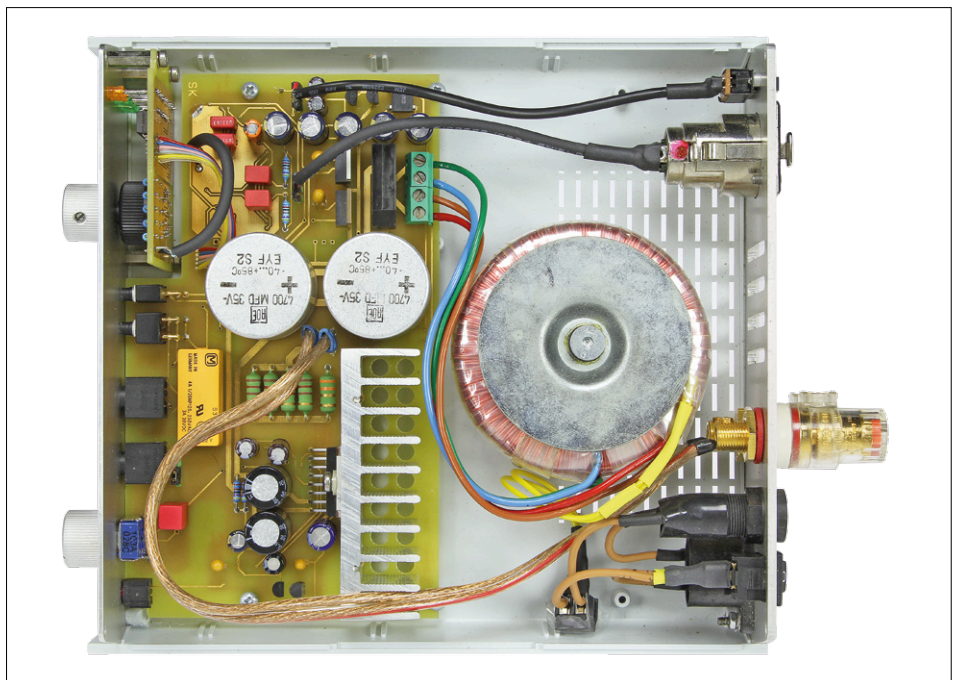


Figure 12. Les entrailles de MEASSY. La photo est prise sur le prototype initial, de petites modifications ont eu lieu depuis.



bienvenue dans votre e-choppe

Elektor recommande



Atmel SAM D20 Xplained Pro

Des cartes à μC ARM dites d'évaluation, j'en vois passer des wagons et à des prix dérisoires. Si nous avons retenu la carte bleue *SAM D20 Xplained Pro* dans le cadre de notre cours ARM pour les débutants dans Elektor, c'est à cause du SAMD20J18, le plus costaud des μC de la famille des SAM-D20 : 256 Ko de mémoire Flash et 32 Ko de mémoire vive, ça vous laisse de la marge pour vos applications ! Atmel Studio, l'environnement de développement idoine, est gratuit et n'impose aucune restriction ni de taille du code, ni de durée de validité.

Épatant. Les pilotes UART, SPI, ADC etc. sont non seulement

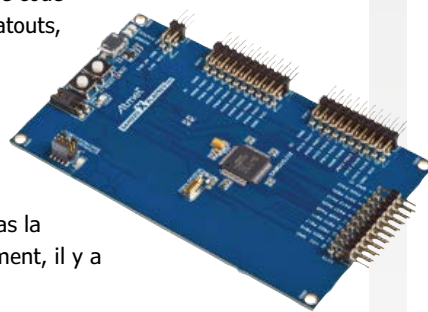
gratuits, mais vous pouvez en incorporer librement le code dans vos projets à code source ouvert. Au rang des atouts, mentionnons aussi le *Debugger/Programmer* et les connecteurs d'extension bien conçus.

Toutes les cartes ARM n'en offrent pas autant.

Le seul bémol, c'est le bordélique *Atmel Software Framework*. Finalement, on s'en sort quand même grâce aux notes d'application qui expliquent pas à pas la mise en œuvre des bibliothèques. Et puis, heureusement, il y a les articles du cours ARM dans Elektor !

Jens Nickel

Jens Nickel



www.elektor.fr/samd20-board

Vos favoris :

1. Picoscope
www.elektor.fr/top1



2. SmartScope
www.elektor.fr/top2

3. Red Pitaya
www.elektor.fr/top3

4. Raspberry Pi
www.elektor.fr/top4

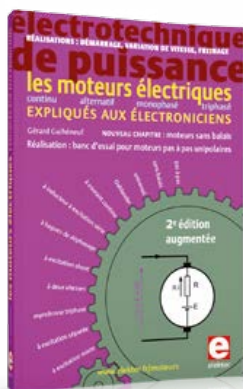
5. Arduino Sensor Kit
www.elektor.fr/top5

6. Maîtrisez les μC à l'aide d'Arduino
www.elektor.fr/top6

7. Domotique avec Zelio Logic
www.elektor.fr/top7

8. L'électronique pour les débutants
www.elektor.fr/top8

Les moteurs électroniques expliqués aux électroniciens



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



Prix (membres) : 39,50 €

www.elektor.com/moteurs

DVD Elektor 2014



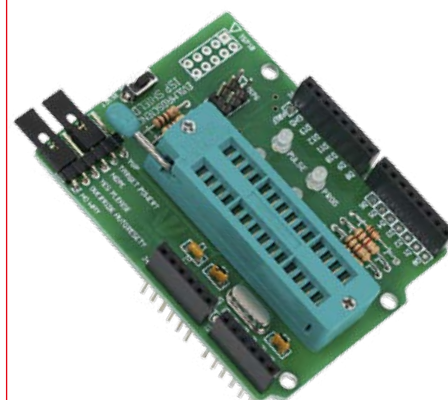
Ce DVD-ROM réunit tous les articles d'ELEKTOR parus au cours de l'année 2014, en français (mais aussi en anglais, allemand et néerlandais). Il contient le texte des articles ainsi que les schémas, et tous les dessins des circuits imprimés, sous forme de fichiers à haute résolution. Une fonction de recherche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



Prix (membres) : 24,75 €

www.elektor.fr/dvd-2014

Extension ISP pour Arduino

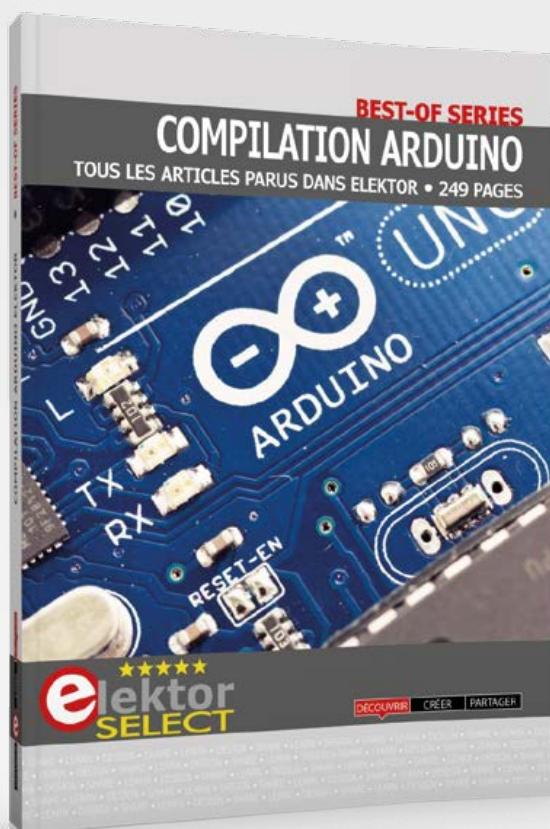


Ce kit à souder comporte un circuit imprimé ainsi que tous les composants requis pour assembler un programmeur ISP (*in-system programmer*) pour cartes Arduino (et compatibles, comme Diavolino). Ce shield permet de programmer entre autre des μC AVR vierges directement depuis l'environnement Arduino pour y écrire un programme d'amorçage (bootloader). Le kit est fourni avec un support à force d'insertion nulle (ZIF) à 28 broches pour ATmega168/328.



Prix (membres) : 17,96 €

www.elektor.fr/isp-shield-arduino



l'intégrale des articles d'Elektor en format PDF

249 pages bourrées d'idées, d'explications, d'astuces, de schémas, de programmes, de circuits imprimés...

Des heures de lecture instructive et stimulante !

Cette compilation réunit l'intégrale des articles parus dans Elektor entre juillet 2012 et novembre 2014.

Les liens dans la table des matières de ce document numérique (PDF) permettent de naviguer facilement vers les articles qui vous intéressent.

Compilation Arduino

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

Avec Arduino. Avec Elektor.

interface de diagnostic OBD USB KKL

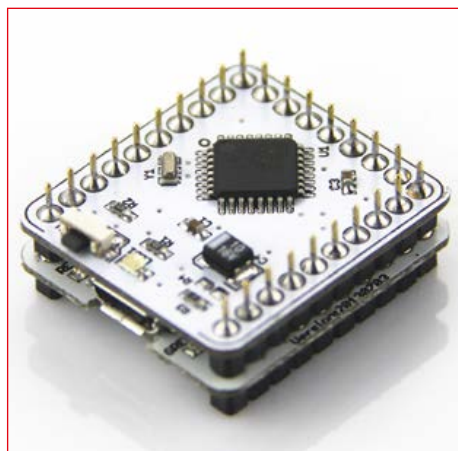
kit de diagnostic Red Pitaya



Prix (membres) : 9,50 €

www.elektor.fr/compilation-arduino-e-book

Kit d'initiation Microduino



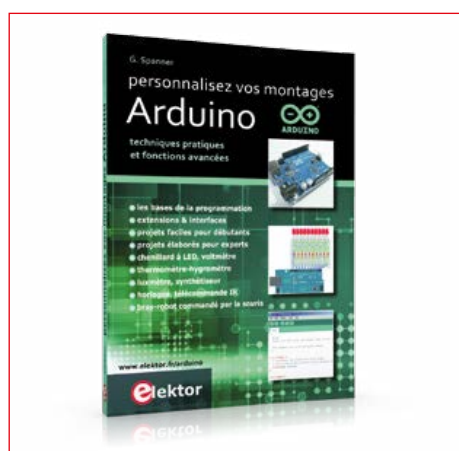
Petit et grand à la fois... ou plutôt très petit mais très puissant ! C'est Microduino, une carte électronique open-source, compatible avec Arduino, empilable, conçue pour les pros, les créateurs, les inventeurs, les étudiants (et leurs profs) et tous ceux qui sont avides d'innovation et de liberté. Les modules, et accessoires Microduino sont autant de jalons sur le chemin qui mène de l'idée à la réalisation, en passant par la mise au point de prototypes pour aboutir à la production à faible volume. Plaisir garanti !



Prix (membres) : 44,96 €

www.elektor.fr/microduino-basic-tutorial-kit

Personnalisez vos montages Arduino



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



Prix (membres) : 31,05 €

www.elektor.fr/personnalisezArduino

kit d'extension Arduino (notamment RFID)



Ce kit réunit des composants électroniques qui vous permettront d'enrichir vos projets à partir d'Arduino. Une des possibilités offertes est la communication sans fil en mode RFID. Rien de bien sorcier, mais une fonction aux applications innombrables.

La liste des composants montre que RFID n'est pas la seule extension possible avec ce kit.



Prix (membres) : 44,96 €

www.elektor.fr/rfid-starter-kit-for-arduino-uno



par **Stuart Smith**

Trouver rapidement les bonnes informations est une exigence cruciale pour tous, aussi pour les enseignants. Quand j'ai lancé un club de microprogrammation dans mon école, la première question a été le choix de la plateforme : Arduino ou Raspberry Pi ? Ces deux univers offrent l'un et l'autre un accès et une mise en œuvre aisés. J'ai gardé les deux. Les ressources disponibles sur la toile semblent infinies, or il me fallait quelque chose à la fois de compact et de facile à suivre, mais offrant aussi des possibilités de transformation plus ambitieuses, un savoir-faire en matière de programmation et enfin une alimentation autonome.

Les livres de B. van Dam sur Raspberry Pi et de G. Spanner sur Arduino, tous deux édités par Elektor, se sont révélés deux porte-avions autour desquels j'ai pu regrouper une véritable armada de logiciel, de matériel et de documentation. L'un et l'autre offrent une excellente présentation de la plateforme à laquelle ils sont consacrés, avec des projets pratiques, exemplaires de leurs possibilités. Mes élèves, nombreux à s'intéresser à la programmation, trouvent dans ces livres la matière dont ils ont besoin, c'est-à-dire du code bien (d)écrit. Leurs connaissances en électronique analogique sont souvent embryonnaires ; pour interfacer leurs programmes au monde réel, les schémas proposés par ces livres ont été précieux, notamment les plans d'implantation sur les plaques d'essai.

www.elektor.fr/personnalisez-arduino

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

J'essaye : www.elektor.fr/rotm



OSCILLOSCOPE DE POCHE **PICOSCOPE 2204A** + sondes + ...



Contenu du pack

- oscilloscope PicoScope 2204A
- 2 sondes passives x1/x10
- câble USB-CD-ROM (logiciel et doc)
- guide de démarrage rapide

Caractéristiques (PicoScope 2204A) :

- 2 voies | 10 MHz | échantillonnage : 100 Més
- formes d'ondes arbitraires
- déclencheurs numériques avancés
- modes d'affichage persistant
- connexion et alimentation via USB
- mises à niveau gratuites
- tests de limite de masque
- décodage de bus série
- SDK et exemples de programmes gratuits
- assistance technique et mises à jour gratuites
- logiciel compatible avec Win XP, Vista, 7 et 8

www.elektor.fr/picoscope-2204a

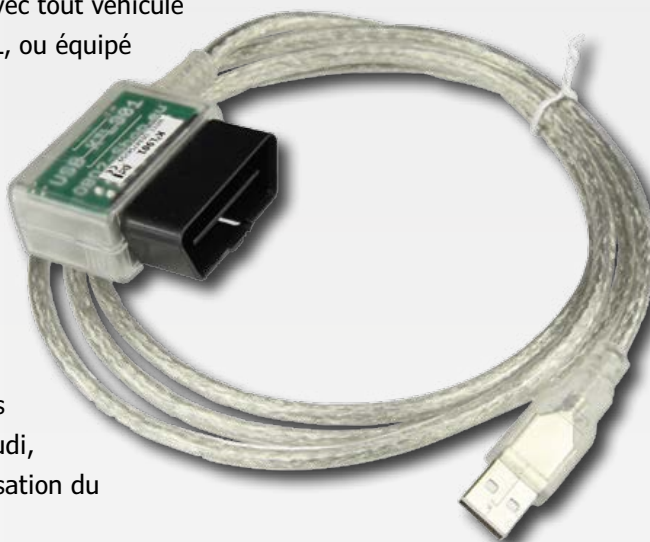
169 €

membres : 152,10 €



Le meilleur **diagnostiqueur OBD** conçu pour les véhicules du groupe VAG tels que **VW, Audi, Seat, Skoda**.

L'interface OBD 2 VAG-COM vous permet de connecter votre PC à l'ordinateur de bord de votre voiture et de lire les codes de défauts qui apparaissent lorsque les voyants d'alerte de votre véhicule s'allument. Vous pourrez également faire une remise à zéro, modifier des paramètres, etc... Il est compatible avec tout véhicule utilisant la simple *K line* ou la *K Plus L*, ou équipé d'un connecteur de données OBD 2 à 16 broches, ou d'un connecteur de données 2x2 à 4 fils des marques Volkswagen, Audi, Seat et Skoda, produit entre 1996 et aujourd'hui. Il dispose d'une base de données de plus de 7500 codes d'erreur et peut utiliser le nouveau code à 7 chiffres PIN/SKC pour se synchroniser avec les nouvelles clefs des modèles de VW, Audi, Seat et Skoda avec fonction immobilisation du véhicule.



Compilation Arduino

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

Avec Arduino. Avec Elektor.

interface de diagnostic OBD USB KKL

interface de diagnostic Red Pitaya



Prix (membres) : 16,16 €
www.elektor.fr/OBD-USB-interface

Les microcontrôleurs PIC pour les débutants

offre mystère

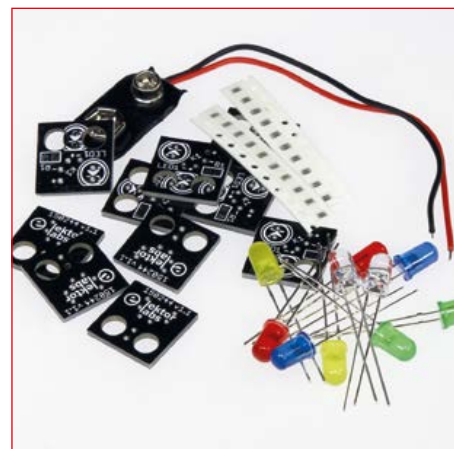
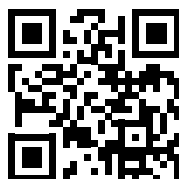
Kit LEGOED avec circuit imprimé spécial LEGO



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



oserez-vous ?



Ce minuscule circuit imprimé compatible avec les briques LEGO permet d'incorporer des LED aux constructions en Lego. Le seul composant requis (outre la LED) est une résistance talon pour limiter le courant. La configuration du circuit permet de l'adapter à toutes les situations. Le kit comporte 10 circuit imprimés (noir), 10 LED de différentes couleurs (rouge, jaune, vert, bleu et blanc), 10 R de 390 Ω (5 V), 10 R de 820 Ω (9 V), un connecteur pour pile ou batterie de 9 V



Prix (membres) : 34,16 €

www.elektor.fr/debutpic



Prix (membres) : 8,96 €

www.elektor.fr/legoed

www.elektor.fr/mystery

- ✓ **p.28 - surARMement : deux nouveaux adaptateurs**
 - carte d'adaptation GnuBlin/EEC + ECC 140572-1
 - carte d'adaptation GnuBlin/EEC 140572-2
- ✓ **p.69 - magnomètre à trois axes MLX90393**
 - carte d'évaluation 150209-91
- ✓ **p.72 - Zelio Logic**
 - Livre : domotique avec Zelio Logic ISBN 978-2-86661-198-9

elektor•post : votre lettre d'information électronique !



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


- toutes les deux semaines un projet électronique Elektor inédit et gratuit sous forme de PDF (d'une valeur de 2,50 €) est joint à cette lettre
- des offres de réduction spéciales dans l'e-choppe d'Elektor
- téléchargement gratuit de 3 numéros parus (valeur d'au moins 3 x 7,80 €)

Inscrivez-vous, c'est gratuit !
www.elektor.fr/elektorpost

Maîtrisez les microcontrôleurs à l'aide d'Arduino

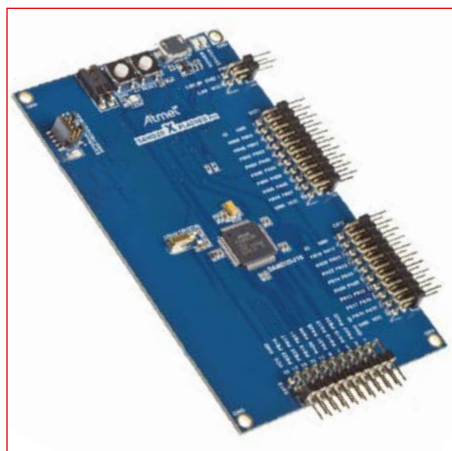


Des montages Arduino inédits, étudiés spécialement pour se débarrasser définitivement de ses amis et de sa famille, et pour se retrouver enfin seul et libre de passer tout son temps à apprendre la programmation des microcontrôleurs ! Le seul livre sérieux de micro-électronique et de micro-informatique dans lequel il soit question d'Arduino mais aussi de Blanche-Neige, de la Cucaracha (en stéréo), de Saint Augustin, de Scarlatti et de Pindare (pas Pandore).


 Prix (membres) : 36,85 €

www.elektor.fr/arduino

Carte Atmel SAM D20 Xplained pro

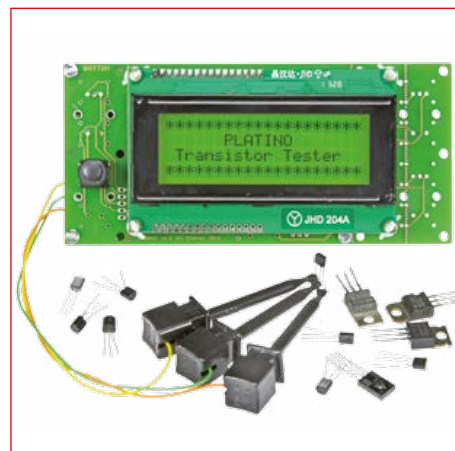


La carte Atmel SAM D20 Xplained Pro est conçue pour le prototypage avec les microcontrôleurs Cortex-SAM D20-M0+. Elle bénéficie d'un riche environnement d'outils pratiques et gratuits. Elle est utilisée notamment dans notre nouveau cours d'initiation aux µC à 32 bits dont le premier épisode a été publié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


 Prix (membres) : 29,96 €

www.elektor.fr/samd20-board

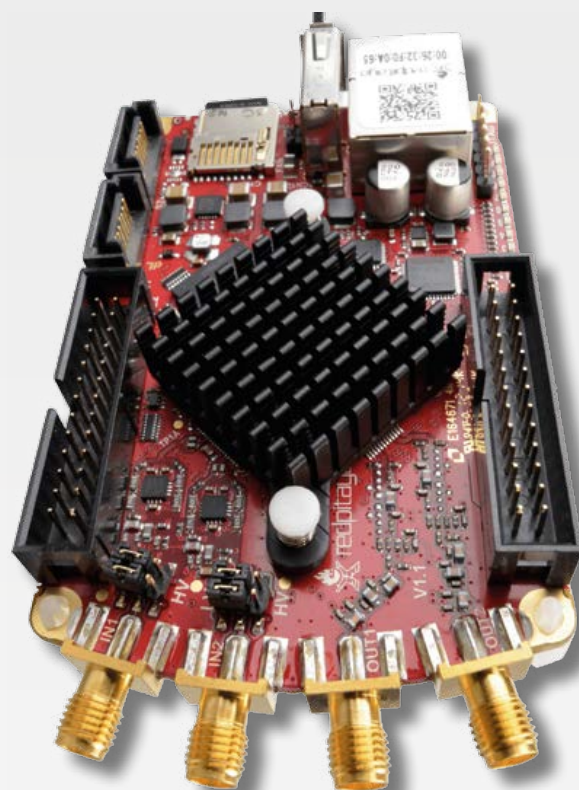
Testeur de transistors avec Platino



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

 Prix (membres) : 66,95 €

www.elektor.fr/platino-transistortester



Kit Red Pitaya complet à petit prix

Red Pitaya est un outil de mesure et de commande à source ouverte, de la taille d'une carte crédit. À lui seul, il remplace avantageusement de nombreux instruments de laboratoire coûteux, tout en stimulant la créativité de ses utilisateurs. C'est un instrument de mesure de choix aussi bien pour les professionnels et les chercheurs que pour les enseignants et les étudiants.

Le kit de diagnostic Red Pitaya comprend un instrument de mesure à code source ouvert Red Pitaya V1.1, deux sondes d'oscilloscope, deux adaptateurs SMA(M) à BNC(F), un adaptateur d'alimentation micro USB et une carte Secure Digital Kingston MicroSHDC de 4 Go.

Compilation Arduino

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

Avec Arduino. Avec Elektor.

interface de diagnostic OBD USB KKL

kit de diagnostic Red Pitaya



Découvrez nos offres de prix mises à jour sur le site www.elektor.fr/red-pitaya-kit

DANS LA FAMILLE
ARDUINO JE DEMANDE...



E-BOOK GRATUIT
À CHAQUE
COMMANDE ARDUINO



LE MOINS CHER @ ELEKTOR



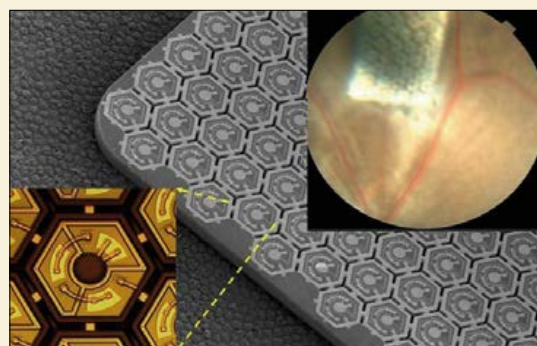
Jaime González-Arintero jaime.glez.arintero@eimworld.com

L'inné et l'acquis bionique

Selon le concept de *tabula rasa*, l'esprit humain naîtrait vierge. Même si l'interprétation de ce concept diffère selon les philosophies et croyances de chacun, il est indéniable que c'est par l'expérience que le cerveau (logiciel) apprend à contrôler le corps (matériel). Si l'on met de côté les fonctions inconscientes comme la respiration, c'est en effet lorsque nous agissons volontairement que nous apprenons de façon intuitive à interpréter nos données sensorielles et à commander nos muscles. Il est facile de s'en convaincre en tentant de jouer à un jeu vidéo après avoir modifié la fonction par défaut des boutons de la manette de jeu ou des touches du clavier. Essayez, vous verrez que ce n'est pas facile et qu'on se sent même rapidement très bête !

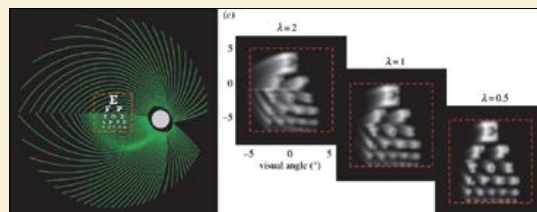
Les patients auxquels ont été greffés des implants bioniques ou des prothèses robotiques doivent eux aussi apprendre à s'en servir. Dans le cas d'un bras par exemple, des électrodes fournissent les signaux d'entrée des muscles environnants pour déclencher une action de préhension. Dans le cas idéal, les interfaces cérébrales deviennent au fil du temps assez fiables pour que le patient puisse se passer des électrodes. Mais indépendamment de la façon dont sont commandées les prothèses, un processus d'apprentissage plus ou moins conscient reste à l'œuvre. Au final, il s'agit donc de réaliser une interface avec un organisme vivant, quelque chose de bien plus compliqué qu'une interface I²C... Un membre robotique incapable d'interpréter correctement les signaux répondra de façon limitée, désordonnée ou imprécise. C'est déjà ennuyeux, mais un mauvais interfaçage peut être source de problèmes bien plus conséquents. Pensez aux implants rétiniens pour les aveugles. Après avoir rendu photosensibles les cellules de l'œil encore

actives par insertion de protéines, une matrice d'électrodes les stimule en fonction des signaux reçus d'une caméra. Le patient peut alors voir les images ainsi formées. Le problème est que les différents types de cellules de la rétine ne répondent pas de manière identique aux signaux visuels, alors qu'elles sont toutes stimulées de la même façon. Un patient doté d'implants rétiniens voit donc une réalité déformée, floue, altérée, ou encore ne distingue pas les mouvements rapides. Savoir à quel point la réalité sera affectée est crucial pour améliorer ces implants, mais aussi pour apprendre au patient à adopter le processus d'apprentissage adéquat. Prédire la « sortie » d'un tel implant, ce que verra réellement le patient, est cependant impossible. Jusqu'à présent les scientifiques n'ont pu faire que des hypothèses sur ce point. Et elles se sont révélées fausses.



Une puce photovoltaïque implantée dans la rétine d'un rat. Le pixel hexagonal agrandi et schématisé montre qu'un pixel est constitué de trois diodes et d'une électrode centrale.

© Daniel Palanker lab / Stanford University



Représentation approximative des distorsions visuelles dues à la stimulation électrique de la rétine.

© Ione Fine and Geoffrey Boynton / University of Washington

S(t)imulation

La vision artificielle est compliquée, et en plus les scientifiques en sont réduits à conjecturer sur ce que le patient verra. Que ferait un électronicien ? D'abord une simulation ! C'est ce qu'ont fait des chercheurs de l'université de Washington. Ils ont pris en compte tous les artefacts et distorsions possibles, et tenté de reproduire ce qu'un patient verrait en fonction de la technique d'implant utilisée. Visible sur une courte vidéo [<http://po.st/retinaimplant>], le résultat donne une idée de ce que percevrait un aveugle ayant recouvré la vue, et surtout laisse imaginer les difficultés à surmonter. En comparaison, ce que vous filmez avec votre téléphone portable a probablement l'air de sortir d'un studio hollywoodien ! ◀

(150363 – version française : Hervé Moreau)

magnétomètre à trois axes MLX90393

configuré par logiciel



Clemens Valens

Que serait un circuit sans au moins un capteur ? La plupart mesurent des grandeurs physiques analogiques par nature, et il n'est pas toujours évident d'exploiter leurs signaux sensibles au bruit. L'électronique numérique est heureusement passée par là, et de nombreux capteurs modernes sont dotés d'un circuit de traitement du signal et d'une interface série. Je montre ici comment utiliser un magnétomètre à trois axes dernier cri, sans avoir à calculer une seule valeur de résistance.

Le magnétomètre à trois axes MLX90393 est l'un des derniers capteurs magnétiques de Melexis. Le populaire thermomètre numérique à infrarouge employé dans plusieurs projets Elektor a également été conçu par ce fabricant belge, et à moins que vous ne conduisiez un tacot d'un autre âge, votre voiture contient probablement plusieurs capteurs de Melexis puisque l'industrie automobile recourt à bon nombre de ses produits.

Caractéristiques

Le MLX90393 a pour nom officiel *Triaxis Micropower Magnetometer*. La famille Triaxis comprend les capteurs qui uti-

lisent l'effet Hall pour mesurer les changements de densité du flux magnétique. Elle contient notamment le capteur de position MLX90333 pour les manettes de jeu 3D, ainsi que le capteur de position programmable MLX90363. Le MLX90393 peut mesurer le champ magnétique terrestre (boussole), effectuer des calculs complexes de position 3D, servir à la reconnaissance gestuelle, ou encore à de la commutation sans contact. Si autant d'applications sont possibles, c'est que la sensibilité du capteur est programmable : la pleine échelle minimale vaut environ ± 5 mT, la maximale env. ± 50 mT (valeurs données pour les plans X et Y, à doubler

pour le plan Z, cf. **encadré** pour les unités). La puce comprend un thermomètre qui mesure la température du capteur pour compenser les dérives thermiques. Selon Melexis, le MLX90393 est « défini par logiciel ». Il n'y a toutefois aucun logiciel à charger dans la puce pour l'utiliser en mode défini par l'utilisateur, l'expression signifie que le capteur peut être configuré de façon logicielle. La puce dispose de dix registres à 16 bits qui permettent de définir assez précisément le type de sortie souhaitée.

On peut considérer de la même façon que le capteur est défini par le matériel puisqu'on peut activer une interface

SPI (modes 3 fils et 4 fils disponibles, jusqu'à 10 MHz) ou I²C (4 adresses distinctes, vitesses 10, 100 et 400 kHz) par mise au niveau haut ou bas de certaines broches.

Ce capteur hautement configurable a un courant nominal de fonctionnement de seulement 100 µA.

Utilisation

Le MLX90393 est logé dans un minuscule boîtier QFN à 16 broches de 3 x 3 mm. Le souder à la main n'est donc pas facile, mais pour nous simplifier la vie Melexis a conçu une carte d'évaluation (EVB, réf. 150209-91 [3]). Le fabricant propose aussi des bibliothèques C++, deux codes d'exemple (I²C et SPI) pour le module mbed LPC1768, ainsi qu'une application d'essai LabVIEW appelée CherryStone. L'ensemble est disponible en [1].

J'ai écrit un croquis Arduino [2] qui permet de communiquer avec la puce via l'interface I²C ; vous pouvez l'utiliser avec d'autres microcontrôleurs, car le code est bel et bien en C, même si les fichiers ont l'extension .cpp.

Le capteur fonctionne sous 3,3 V, ce qui signifie qu'un convertisseur de niveau est nécessaire avec une Arduino ou tout autre µC à 5 V ; cela dit une carte Uno récente peut alimenter le module. Pas de problème avec le mbed, il fonctionne sous 3,3 V.

Il faut monter une résistance de rappel vers le haut entre les broches 6 (SENB/CS) et 2 (VDD) du module pour activer l'interface I²C. On peut le faire sur une plaque d'essai, mais aussi souder directement la résistance sur le circuit imprimé à l'emplacement

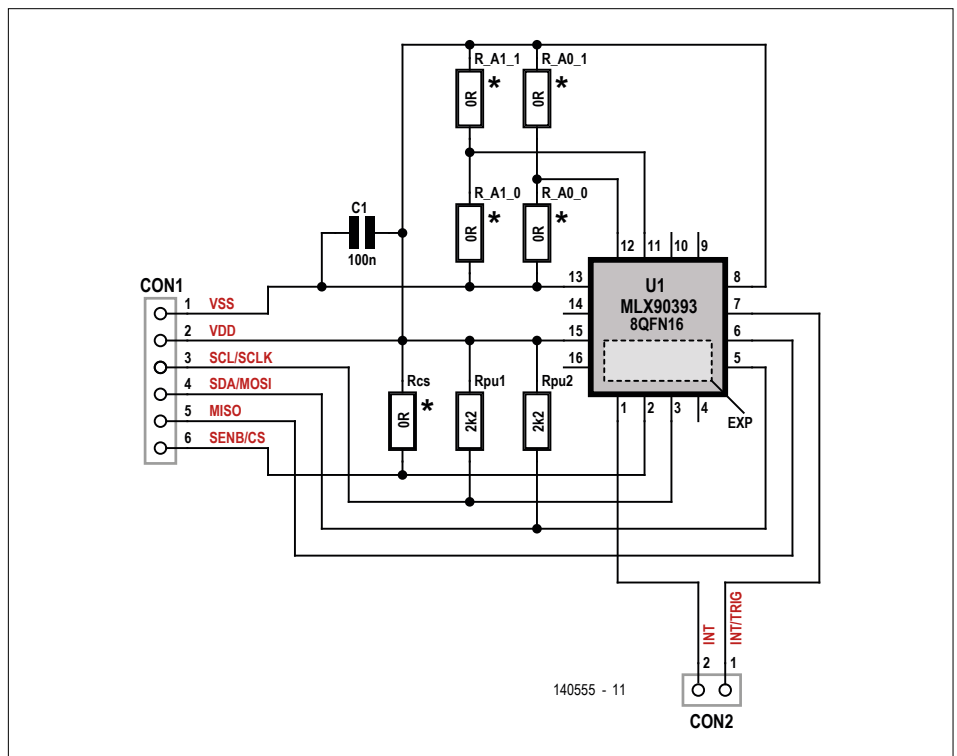
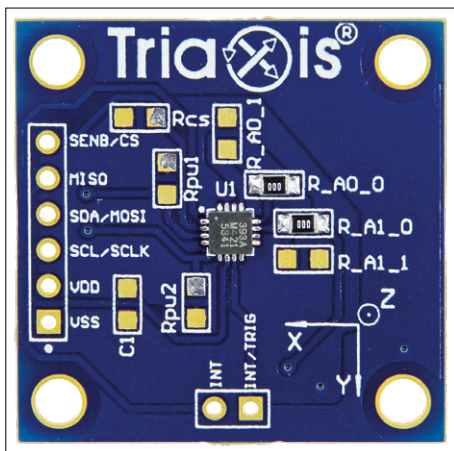


Schéma de la carte d'évaluation (EVB) du MLX90393. Seules les résistances R_A0_0 et R_A1_0 sont montées, à vous de placer ou non les autres selon vos besoins.

placement Rcs. L'adresse I²C est préconfigurée sur 0x0c, mais vous pouvez la modifier en remplaçant les résistances sur R_Ax_y. Selon votre montage, vous pouvez avoir à ajouter les résistances I²C de rappel vers le haut (R_{pux}). L'exemple mbed I²C attend que les broches mbed 21 et 22 soient reliées aux lignes d'adresse I²C, mais elles ne sont pas accessibles sur le connecteur de la carte EVB. Ne pas les relier devrait toutefois être sans incidence, car le micrologiciel met par défaut ces deux lignes à zéro (du moins d'après Melexis).

Une fois le matériel correctement câblé – SPI ou I²C, mbed, Arduino ou autre µC – on peut jouer avec le MLX90393, autrement dit lui envoyer des commandes. On commence par configurer le capteur, soit « manuellement », soit en chargeant une configuration déjà enregistrée dans la mémoire interne non volatile de la puce. Il faut ensuite sélectionner un mode de fonctionnement. Il y en a trois : *single* (unique), *burst* (rafale), et *wake-up on change* (WOC, sortie de veille sur changement). En mode de mesure *single*, la



Zoom sur la carte d'évaluation (EVB) du MLX90393.

Gauss, Tesla, Weber, Henry, Maxwell...

Outre la tasse de chocolat chaud (qui paraît-il repousse Alzheimer), un bon moyen pour s'endormir rapidement est de se remémorer les unités des grandeurs magnétiques. Autrefois exprimée en gauss (G), l'induction magnétique, ou densité de flux magnétique, ou simplement champ magnétique, se mesure aujourd'hui en tesla (T) dans le système international d'unités (SI).

Un gauss vaut par définition un maxwell par centimètre carré (Mx/cm²). Le maxwell est l'unité pré-SI du flux magnétique et a été remplacé par le weber (Wb). Sachant que 1 Mx = 10⁻⁸ Wb, on a 1 G = 10⁻⁸ Wb/cm². 1 G vaut aussi 100 µT, donc 1 T = 1 Wb/m² (notez le passage du cm² au m²). Puisque T est en V.s/m², on a donc 1 G = 10⁻⁴ kg/(C.s). Le tesla étant trop « gros » pour exprimer l'intensité du champ magnétique de la Terre ou d'autres phénomènes naturels, les géophysiciens utilisent souvent le gamma (γ), 1 γ valant 1 nT. Le henry (H) est l'unité pour l'inductance, liée au magnétisme : $H = Wb/A = T \cdot m^2/A = \Omega \cdot s$. Si vous parvenez à vous remémorer tout ça sans vous endormir avant, consultez un spécialiste.

Une assiette tournante ?

La fiche technique du MLX90393 fait référence aux taux de « *Hall plate spinning and chopping* ». Le « *Hall plate* », littéralement l'assiette Hall, est en fait le détecteur de champ magnétique, le nom évoquant sa forme en assiette. Le terme « *spinning* » ne veut pas dire qu'il tourne (*to spin* = tourner) mais que les contacts de la tension d'excitation et les contacts de sortie permutent périodiquement. Cette inversion est possible, car l'assiette est symétrique. Le but est de réduire le décalage. Le terme « *chopping* » (découper) fait référence au célèbre amplificateur à découpage, le but étant là aussi de

réduire le décalage. Plus vous tournez et découpez, meilleur est le résultat. D'un autre côté, un grand nombre de *spin* & *chop* accroît la durée de la mesure et la consommation d'énergie. Un compromis est donc à trouver. Les valeurs par défaut conviennent sans doute à la plupart des utilisateurs. Pour en savoir plus, un petit tour chez le concurrent : www.allegromicro.com/en/Design-Center/Technical-Documents/Hall-Effect-Sensor-IC-Publications/Monolithic-Magnetic-Hall-Sensor-ICs-Using-Dynamic-Quadrature-Offset-Cancellation.aspx

puce effectue une mesure lorsque l'hôte en demande une. En mode *burst*, la puce effectue des mesures en continu (à un rythme programmable) et met à 1 le drapeau (la broche) *DRDY* (données prêtes) chaque fois qu'une nouvelle donnée est disponible. Le mode *WOC* est similaire au mode *burst*, si ce n'est que le drapeau est levé uniquement lorsqu'une valeur franchit un seuil précédemment défini. Quel que soit le mode, c'est l'hôte qui doit émettre les commandes de lecture pour collecter les données acquises par le capteur.

Lorsqu'on sélectionne un mode, on doit aussi préciser à la puce l'axe de mesure (les axes sont X, Y, Z et Temperature, « *ZYXT* » dans la documentation). Toutes les combinaisons sont possibles.

Il est recommandé (bien qu'officiellement non nécessaire) d'envoyer la commande *Exit Mode* (*EX*) chaque fois que l'on change de mode.

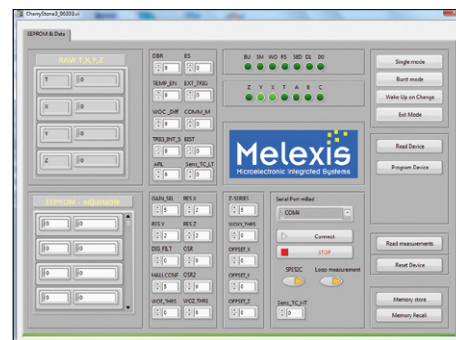
Les commandes sont acquittées au moyen d'un octet d'état et de données optionnelles. L'octet d'état doit être vérifié pour savoir si tout s'est bien déroulé et combien d'octets sont à lire.

J'ai évoqué plus haut la mémoire interne du MLX90393. Cette EEPROM est divisée en plusieurs sections, dont l'une permet de stocker n'importe quel type d'information, des numéros de téléphone si cela vous chante.

Pour tout connaître sur les octets, paramètres et commandes du MLX90393, consultez son guide de démarrage [1].

CherryStone

Le site de Melexis propose une application LabVIEW pour évaluer la carte EVB avec un mbed LPC1768. Choisissez le fichier du micrologiciel à charger dans mbed, en fonction de l'interface utilisée (SPI ou I²C). Si vous n'avez pas LabVIEW, installez d'abord la version *LabVIEW Run-Time Engine 2012 (32 bit)* avant d'installer NI-VISA 5.03 (testé sur Windows XP, 7 et 8.1). Ces deux exécutables peuvent être téléchargés depuis le site de National Instruments, mais ils ne sont hélas pas compatibles avec Linux ; ils pourraient fonctionner sous OSX. CherryStone est décrite en détail dans le guide de démarrage mentionné ci-dessus.



Capture d'écran du programme d'essai CherryStone.

Pour sélectionner l'interface I²C, le bouton SPI/I²C ne doit pas « s'allumer ». ◀

(140555 – version française : Hervé Moreau)

Liens

- [1] www.melexis.com/MLX90393
- [2] www.elektormagazine.fr/140555
- [3] www.elektor.fr/mlx90393-triaxis-micropower-magnetometer

Voyage au centre et autour de la Terre

Selon la théorie actuelle, le champ magnétique terrestre est engendré par le noyau de fer fondu – à peu près gros comme la lune – qui constitue le cœur de notre planète. Son intensité varie selon la latitude et la longitude, et va de 25 à 65 μT (à la surface) pour environ 30 μT à l'équateur. Le champ magnétique terrestre est également caractérisé par son inclinaison (l'angle entre le champ et la surface de la Terre) et sa déclinaison (l'angle entre le champ et le pôle Nord géographique). Les lents mouvements qui parcourent le noyau liquide entraînent une dérive du pôle Nord magnétique dans la direction nord-nord-ouest, à une vitesse actuelle d'environ 55 km par an. D'après le modèle *World Magnetic Model* (WMM), ce pôle est aujourd'hui au point de coordonnées 72,62° O et 80,31° N (le pôle Sud magnétique est à 107,38° E et 80,31° S), soit sur l'île d'Ellesmere de la région Qikiqtaaluk du territoire canadien Nunavut.

Ou, si vous préférez, à mi-chemin entre Eureka et Alert. Les études sur l'évolution du champ géomagnétique montrent que les pôles magnétiques s'inversent de temps à autre, et que la prochaine inversion pourrait survenir dans seulement quelques milliers d'années. La dernière date de 780 000 ans, mais l'épisode se produit en moyenne tous les 200 000 ans. Une inversion serait précédée d'une diminution du champ magnétique, phénomène que l'on observe effectivement et qui semble s'accélérer. Personne ne sait ce qu'il arrivera lorsque le champ magnétique s'inversera (ou s'il s'inversera un jour), ni combien de temps cela prendra. Quoi qu'il en soit, pourquoi ne pas concevoir un système de surveillance du champ géomagnétique avec le MLX90393 ? (Passez-nous un coup de fil aux premiers signes d'inversion, que nous ayons le temps de sauvegarder nos données.)

Zelio Logic

automate programmable au service de la domotique

Vous souhaitez améliorer le confort de votre maison, mais ne voulez pas vous lancer tout de suite dans l'installation et la configuration d'une centrale de domotique. Sage prudence ! Que diriez-vous d'une voie tout aussi prometteuse, mais moins exigeante : l'automate programmable.

Automate programmable

Dans son nouvel ouvrage édité par Elektor, Gérard Guihéneuf a retenu un automate programmable **bon marché et facile à mettre en œuvre** pour remplir des tâches de domotique : automatiser l'éclairage, piloter le chauffage, optimiser la consommation d'électricité ou encore pour se protéger contre les intrusions. Pour être précis, il s'agit en fait d'un *micro-automate programmable* si l'on se réfère à son nombre d'entrées (8) et de sorties (4). Pour les puristes, un automate programmable industriel (API) digne de ce nom doit comporter un nombre élevé d'entrées et de sorties qui permettront de manipuler des variables T.O.R. (Tout Ou Rien) ou analogiques (0 à 10 V, 0 à 20 mA ou 4 à 20 mA). Aujourd'hui, un des atouts majeurs des automates programmables est leur aptitude à fonctionner en réseau (intranet, internet) pour gérer le fonctionnement de systèmes automatisés complexes.

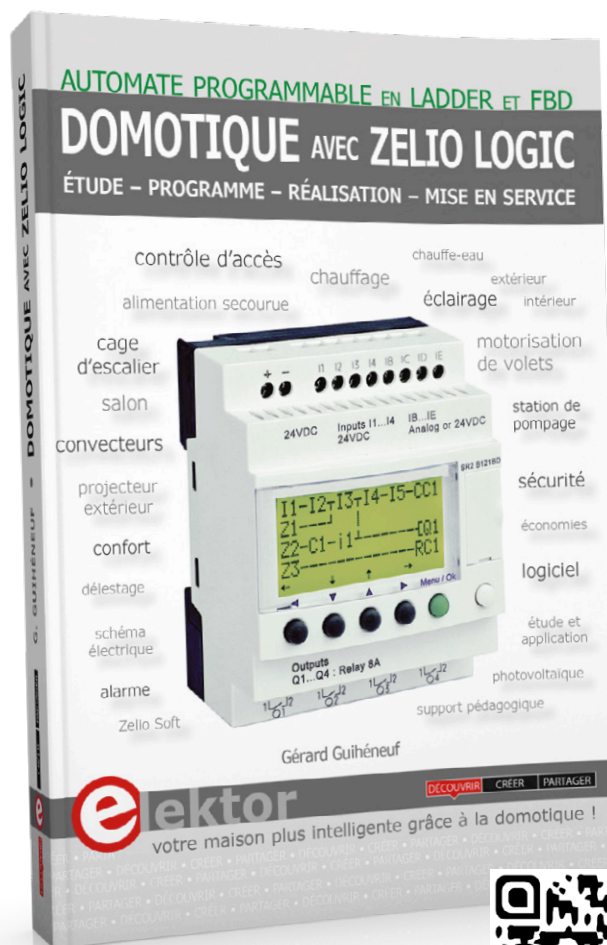
En fait, les micro-automates sont apparus au début des années 2000 pour répondre aux exigences des structures simples. De constructeurs réputés comme Crouzet, Eaton, Idec, Omron, Schneider Electric et Siemens se sont engagés dans ce créneau. Pourquoi choisir le modèle Zelio Logic de Schneider Electric ? Le premier critère est le prix abordable du kit d'initiation qui regroupe le micro-automate programmable, le logiciel Zelio Soft et le câble de programmation à raccorder à la prise USB d'un ordinateur. Un second critère lié à la sécurité a également été pris en compte. La tension d'alimentation du module Zelio Logic du kit d'initiation n'est pas dangereuse : 24 V continus.

Initiation et perfectionnement

Ce livre montre comment exploiter le module programmable —compact Zelio Logic de SCHNEIDER, ses 12 entrées/sorties (4 entrées logiques, 4 entrées analogiques ou logiques et 4 sorties à contact).

Zelio Soft 2, le logiciel pour PC fourni avec ce module, est un outil de programmation graphique en LADDER ou FBD. Le premier projet décrit, une station de pompage domestique, permet au lecteur de s'initier à ces deux langages.

Les électrotechniciens seront à l'aise avec LADDER (langage « à contacts »), les électroniciens préféreront FBD (blocs de fonction comparables à des circuits intégrés). Bien entendu cet apprentissage sera utile quel que soit l'automate choisi par le lecteur.

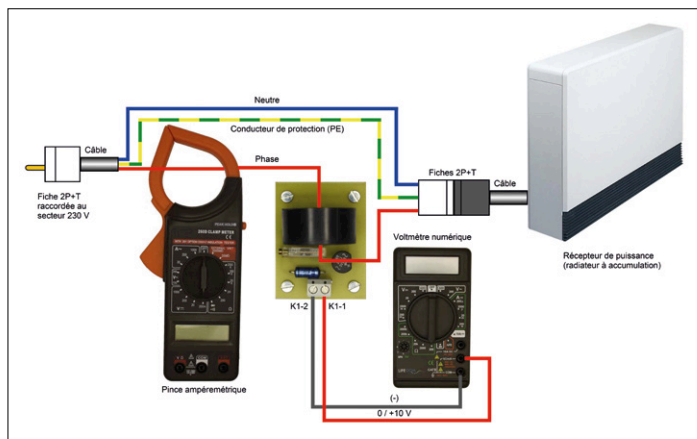


Parmi les quinze projets décrits dans cet ouvrage didactique, huit sont faciles à reproduire et à adapter à ses besoins :

- station de pompage domestique
- gestion multi-mode de l'éclairage d'une habitation
- gestion centralisée de l'éclairage d'une habitation
- gestionnaire de chauffage pour convecteurs
- centrale de chauffage biénergie à accumulation
- optimisation de la gestion du chauffage et de l'énergie
- alimentation secourue de circuits spécialisés
- centrale d'alarme filaire

Liens

- [1] Page d'accueil du livre sur le site d'Elektor : www.elektor.fr/domo-zelio (programmes, schémas, extrait, table des matières...)
- [2] Page de présentation des automates programmables de 10 à 40 E/S : www.schneider-electric.fr/fr/product-range-selector/531-zelio-logic



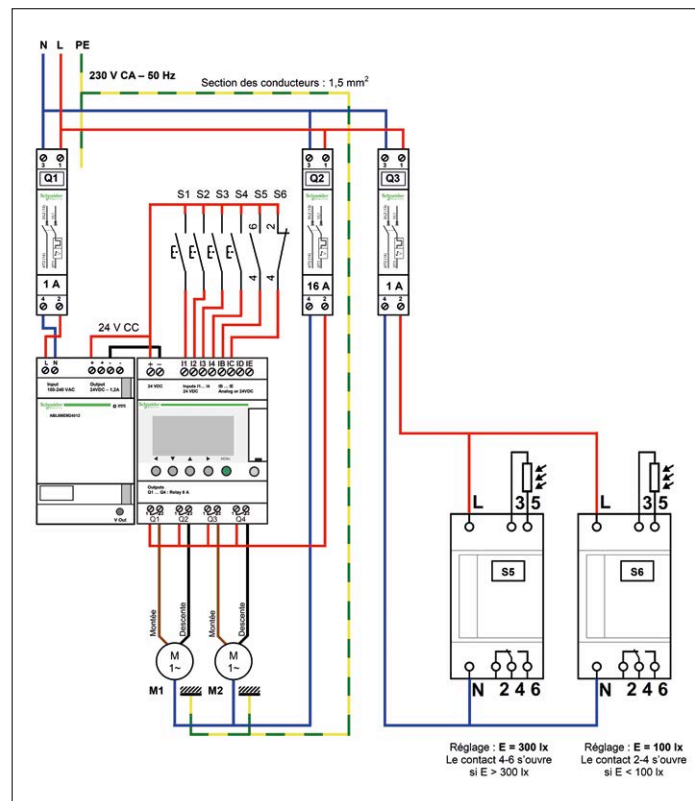
Chapitre 4-IV - Centrale de chauffage biénergie à accumulation

Fig. 4-IV-17 - Le calibrage de chaque convertisseur courant/tension nécessite la mise en œuvre d'un radiateur dont la puissance provoque la circulation d'un courant d'intensité élevée afin de faciliter le réglage de la résistance ajustable R1. De plus, une pince ampèremétrique et un voltmètre sont indispensables pour effectuer le calibrage.

Le dernier chapitre intéressera particulièrement les collégiens et leurs professeurs. Il présente sept projets correspondant au thème « Domotique et confort » du nouveau programme de l'Éducation Nationale, complétés par des propositions d'activités pédagogiques :

- accès contrôlé à un local
- éclairage d'un salon, d'un hall d'entrée, d'une cage d'escalier
- motorisation de volets roulants
- fonctionnement d'un projecteur extérieur
- fonctionnement optimisé de convecteurs électriques

Chaque projet comporte un cahier des charges, le programme commenté qui y répond, le schéma électrique, la nomenclature et la procédure de mise en service de l'installation. De plus, les programmes des projets ainsi que les fichiers des circuits



Chapitre 5 - Zelio Logic et l'enseignement de la technologie en collège

Figure 5-32 - Le nouveau schéma de l'installation met en œuvre deux interrupteurs crépusculaires S5 et S6 dont les contacts sont raccordés aux entrées IB et IC du module Zelio Logic.

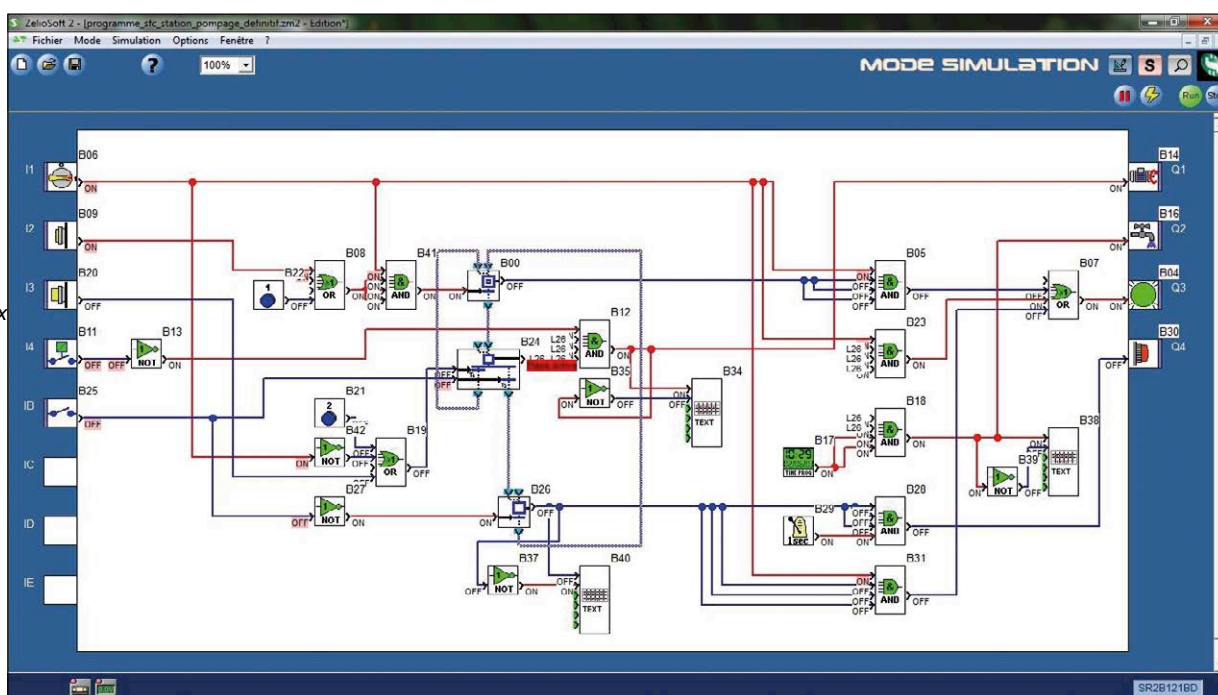
imprimés proposés sont téléchargeables en [1].

Une fois que le lecteur aura assimilé les fonctions élémentaires de cet automate, il pourra mettre en œuvre des fonctions plus élaborées comme la commande à distance. ◀

(150507)

Chapitre 3 - Principaux modes de programmation

Figure 3-32 - Dynamisé par la mention des étapes actives, la coloration des liaisons, l'état des entrées et sorties, le mode *simulation* permet de vérifier de façon complète le fonctionnement du programme.



Tefifon : lecteur de bande à sillon gravé

On ne trouve pas que 4711 à Cologne



Peter Beil (Allemagne)

Écolier au début des années 50, j'avais décroché un petit boulot de projectionniste dans le cinéma local. À l'époque, on diffusait habituellement de la musique avant le film. C'est l'appareil qui s'en chargeait, aujourd'hui curiosité, que je vais vous présenter ici.

Peu de gens savent qu'entre le gramophone et la cassette à bande magnétique, un autre support d'enregistrement a été employé : la bande à sillon gravé.

Le *Tefifon*, qui utilise ce support, a été conçu par Karl DANIEL (**fig. 1**) en Allemagne dans les années 30, à l'origine pour servir de répondeur téléphonique. Il exploite une bande de plastique en boucle, gravée de sillons parallèles lus (électro-) mécaniquement (**fig. 2**). Contrairement aux modèles ultérieurs, celui présenté ici est capable d'enregistrer. Cependant le projet n'a pas réussi à atteindre les exigences strictes de l'administration des postes et télégraphes allemande.

L'arrivée de la cassette

Le premier *Tefifon* (orthographié avec *ph*) est présenté à Berlin, lors de l'exposition de radiodiffusion de 1936. La bande qu'il utilise défile à 45,6 cm/s et reproduit pas moins de 12 h de musique. Après la guerre, au début des années 50, malgré

le désormais omniprésent disque shellac 78 tours, la technologie des bandes à sillon gravé offre toujours certains avantages. Alors que les disques ne peuvent

enregistrer que trois ou quatre minutes de musique, le Tefifon B51 d'après-guerre contient plus d'une heure d'enregistrement. La bande fait 16 mm de large, pour



Figure 1. Karl DANIEL, fondateur de la société Tefi et éminent entrepreneur de Cologne (1905-1977). Source : H. Jüttemann, Das Tefifon.



Figure 2. Le répondeur téléphonique TefiCord convient pour « le son et la voix », mais il a pourtant échoué à recevoir l'agrément tant convoité de la Poste allemande. Source : Wikipedia.de

environ 70 sillons. La durée d'enregistrement permet de jouer sans interruption des symphonies complètes, des opéras et opérettes. Il est également possible de se déplacer latéralement sur la bande par petits sauts. La bande en PVC fin et flexible, dont les quatre sillons par millimètre présagent le développement de la micro-impression, n'a plus tendance à plisser ou rompre, et le concept de « cassette » est également novateur. Aux alentours de 1954, la vitesse de la bande est réduite à 19 cm/s, d'où une durée d'enregistrement de 4 h. Accessoirement, des modèles modifiés qui utilisent des cassettes à bande magnétique sont apparus à partir de 1953 ; ils n'ont jamais été populaires à cause de leur prix rédhibitoire comparé à celui des « vrais » magnétophones à cassettes.

Succès du KC 1

Beaucoup de modèles ont été produits, mais le plus populaire était de loin le Tefifon KC 1 (**fig. 3**) qui coûtait environ 160 Deutschmarks (80 €). Un gros avantage sur ses prédécesseurs était que la tête de lecture se trouvait sur le dessus de l'appareil, sans doute pour en faciliter la maintenance. Ce modèle accepte les cassettes de quatre heures ainsi que les plus courtes (1 h). Lorsque la cassette est montée sur l'appareil, le plateau d'entraînement central est levé pour réduire le bruit de friction. L'entraînement de la bande se fait par le milieu de la bobine (**fig. 4**) et l'ensemble de la boucle repose sur un plateau lui-même entraîné pour réduire l'effort de traction sur la bande et empêcher qu'elle ne s'emmêle. Il est nécessaire de passer la bande par-dessus un cabestan en caoutchouc, à la main. Un autre cabestan vient presser la bande lorsque l'appareil est en fonctionnement. Le moteur entraîne le cabestan et son volant par friction (**fig. 5a**), tandis qu'une courroie de caoutchouc (**fig. 5b**) entraîne l'enrouleur.

La tête de lecture est de type piézoélectrique, elle est montée sur une barrette de métal flexible (**fig. 6**) elle-même montée sur un mécanisme à bascule, ce qui permet d'ajuster sa position verticale. Ce mécanisme a la forme d'un parallélogramme doté d'un contrepoids, ce qui empêche la tête de patiner sur la bande de la même manière que les tourne-disques sautent les pistes. Une fonction remarquable est le mécanisme d'amortissement qui permet un atterrissage en douceur de la tête de lecture sur la bande



Figure 3. Le modèle KC 1 a été le premier succès commercial de la société Tefi.



Figure 4. Astucieux mécanisme anti-méli-mélo sur la cassette Tefifon KC 1.

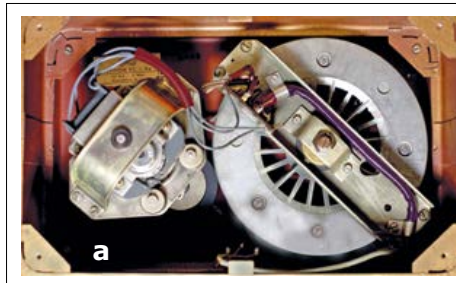


Figure 5. Assemblage mécanique de l'entraînement à friction du KC 1 (5a), courroie en caoutchouc et enrouleur (5b).



Figure 6. Agrandissement de la tête de lecture du KC 1.



Figure 7. Amortisseur de contact de la tête (flèche blanche).

(**fig. 7**) et qui, même après soixante ans, fonctionne encore !

Jeu de piste(s)

Le Tefifon KC 1 de base ne possède pas d'amplificateur ; toutefois il était possible de le relier à n'importe lequel des récepteurs radio largement disponibles à l'époque. Des versions avec radio intégrée ont également été fabriquées, ainsi que des versions portables, pour voiture, sonorisation des lieux publics, des combinés avec TV et même un jukebox.

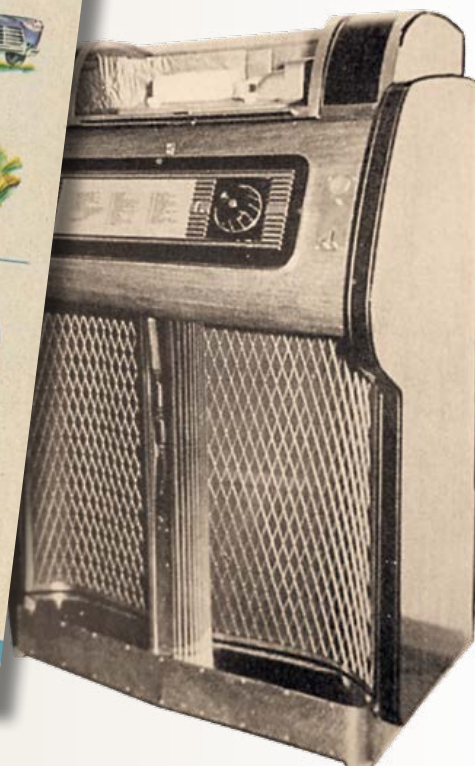
Cependant, le système souffre d'un inconvénient : il n'est pas facile d'atteindre une position donnée sur l'enregistrement. L'appareil comporte un indicateur de position du bras de lecture plutôt précis, mais trouver un point précis sur la bande relève de la chance. Les premiers modèles sont dotés d'un indicateur de position du bras de lecture illuminé (**fig. 8**), les modèles ultérieurs ne disposent que d'un pointeur mécanique. Il faut pousser la roue de sélection de piste (**fig. 9**) vers la droite afin d'écarter la tête de lecture de la bande. Ensuite il

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



« Rétronique
c'est pour apprendre, bien sûr,
mais aussi pour s'amuser »





Figure 8. Indicateur de position de type bargraphe, futuriste à l'époque. Source : Google images.

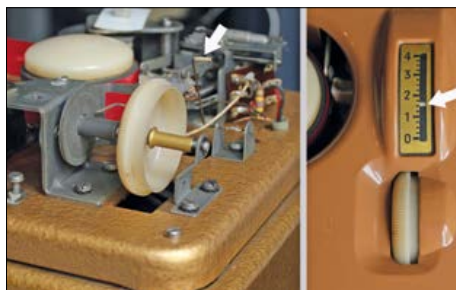


Figure 9. Mécanisme de sélection et indicateur de piste.



Figure 10. Votre Tefifon peut aussi jouer des disques !

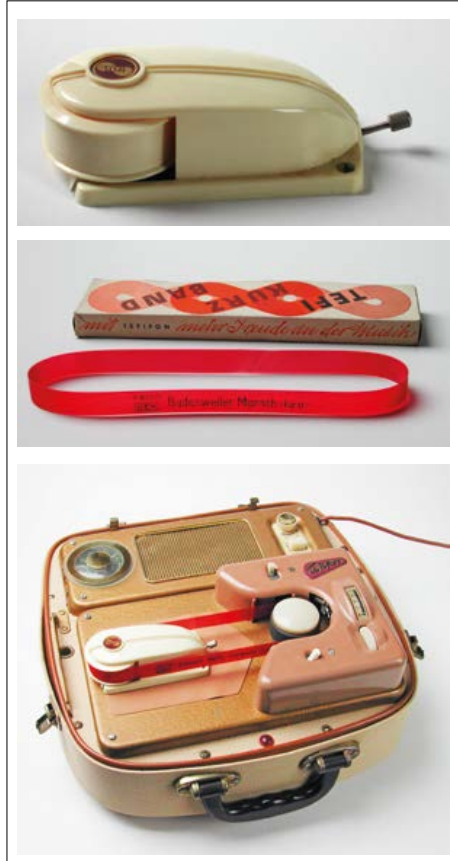


Figure 11. Adaptateur « 3 min » pour Tefifon. Les Ramones l'auraient adoré !

est possible de tourner la roue pour ajuster la hauteur de la tête de lecture dont la position est indiquée sur une échelle. La télécommande filaire est une alternative : elle commande un aimant pour faire sauter le bras de lecture de piste en piste. Un autre détail : la fabrication des bandes n'est pas simple. Au début les sillons sont découpés ; plus tard ils sont formés avec un emporte-pièce. La difficulté est la jointure de la bande qui est collée à la main avant que les sillons ne soient pressés à nouveau. Cette difficulté explique également l'abandon de la bande de type Möbius (où la bande est tournée d'un demi-tour avant la fermeture), ce qui aurait permis d'utiliser les deux côtés de la bande.

Bataille avec le disque

Le système Tefifon est entré en compétition avec le disque vinyle à un seul titre par face (le « 45 tours »). Les grosses maisons de production avec leurs catalogues d'artistes célèbres n'ont pas été intéressées par ce système concurrent. Le Tefifon a donc dû se contenter des artistes moins connus ; il a fallu attendre le début des années 60 pour que le catalogue Philips soit disponible. De plus, la durée d'enregistrement relativement longue des cassettes Tefifon était devenue un inconvénient : le succès du moment pouvait être mis sur le marché rapidement grâce aux 45 tours, tandis qu'avec le système Tefifon, il fallait attendre qu'il y ait matière à remplir une bande. Ce handicap a été contourné : une cassette adaptatrice avec un plateau tournant, entraînée par un mécanisme à fric-

tion et couplée à un bras de lecture greffé sur l'appareil, transformait le Tefifon en tourne-disque (fig. 10). Pour concurrencer les 45 tours et les 33 tours, une cassette de 18 min et un adaptateur de 3 min ont été conçus et mis en vente (fig. 11). Cependant, cet adaptateur nécessitait un réglage manuel complexe (la tension devait être ajustée à la main à l'aide d'une vis de réglage) et le succès n'a pas été au rendez-vous.

Mort honorable

Bien qu'il soit doté de la stéréo, le Tefifon n'a pas pu suivre les progrès de la technique. Le disque vinyle présente un rapport signal/bruit de 40 à 50 dB ; en dépit des améliorations techniques, le Tefifon a toujours souffert du bruit dû à la bande bouclée et au système d'entraînement, d'où un rapport signal/bruit d'environ 35 dB. Le disque vinyle impressionnait aussi plus facilement les foules. L'arrivée sur le marché de la cassette audio (inventée en Hollande par Philips) au début des années 60 a mis un terme à l'ère du Tefifon ; le système a cependant survécu quelque temps pour la lecture musicale de longue durée dans les magasins, bars et cinémas.

L'usine Tefi a fermé en 1965, la production a cessé, l'entreprise de vente par correspondance Neckermann a repris ce qu'il en restait. Karl DANIEL avait quitté le navire peu auparavant pour lancer une entreprise de production de composants pour les centrales nucléaires.

La ville de Porz (maintenant rattachée à Cologne) en Allemagne, où se trouvait l'usine Tefi, devrait baptiser une rue en l'honneur de Karl DANIEL. On trouve encore aujourd'hui nombre d'informations sur l'internet ; beaucoup de passionnés des appareils audio d'un autre temps ont restauré des Tefifon, sans doute pour revivre un petit bout de l'Histoire de l'audio. ◀

(150372 – version française : Kévin Petit)

Remarque

L'auteur tient à remercier le Riedenburg Audio Museum en Bavière, Allemagne.

Liens

- [1] Gros plan sur une bande à sillon gravé : http://2.bp.blogspot.com/-OI385IFYILY/VSQDgDKrLSI/AAAAAAAAO18/tn1J_8dN9qA/s1600/Tefifonband.jpg
- [2] Vidéo explicative sur le Tefifon : www.youtube.com/watch?v=nBNTAmLRmUg

.LABorama

le goût du fait maison

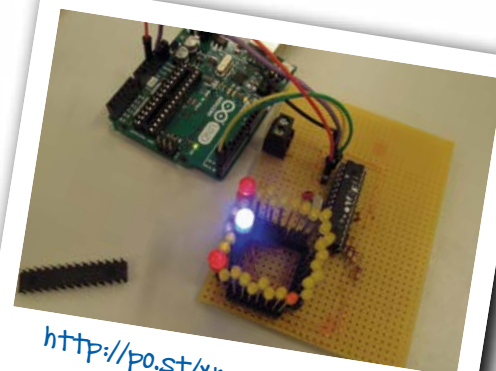


Les sanglots longs des violons de l'automne font entendre leur langue monotone, mais les projets continuent à fleurir et à s'épanouir dans les prolifiques champs d'elektor.labs. La plupart peuvent être reproduits par l'électronicien amateur, alors ne vous contentez pas de ceux mentionnés ici !

Joyeux Noël...

Oups, bonnes vacances d'été !

Ce n'est pas que nous ne soyons pressés de retrouver l'hiver, mais qui veut être prêt pour les fêtes doit s'y prendre à temps. Cette boule de Noël consiste en une matrice de 4x8 LED contrôlée par un ATmega328P (facile à programmer avec un Arduino Uno). Nous en sommes encore au stade du prototype, mais le circuit imprimé et le logiciel (festif) sont pour bientôt !



<http://po.st/xmasball>



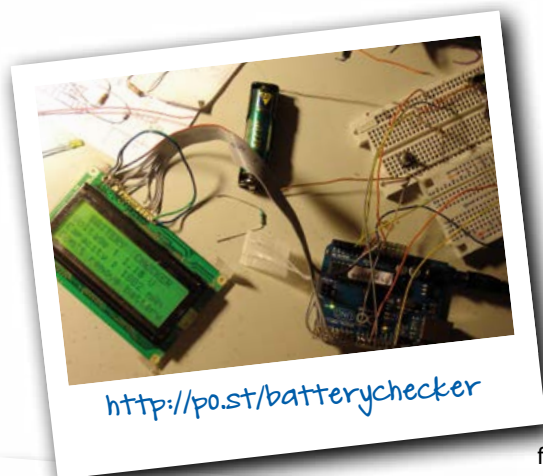
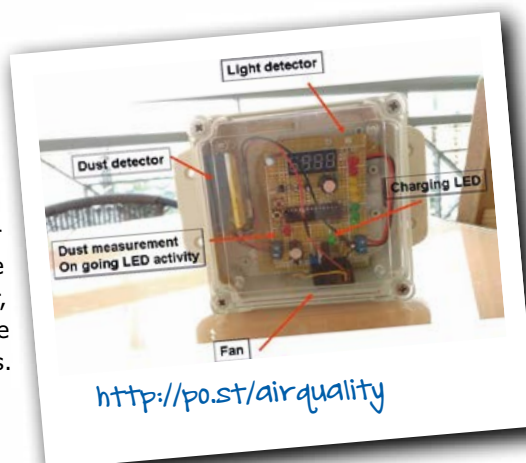
<http://po.st/quizgame>

Qui veut gagner des millions ?

Tout le monde bien sûr. En attendant, voici de quoi organiser chez vous un *Qui veut gagner des millions ?* ou autre jeu de questions-réponses. Les accessoires sont trois gros boutons munis d'émetteurs sans fil, et un module récepteur (une boîte à spaghetti, l'auteur est italien) équipé d'une bande de LED tricolores. Sur réception d'une simple chaîne envoyée par le premier bouton pressé (rouge, vert ou bleu), le récepteur active la couleur de LED correspondante. La connexion sans fil repose sur un nRF24L01 de Nordic Semiconductor et sur des circuits intégrés émetteurs-récepteurs. Pour réinitialiser les boutons, il suffit d'agiter la main devant Jean-Pierre. Ou plutôt devant le récepteur. Car l'auteur ne fournit ni l'animateur, ni le million de la cagnotte. Mais est-ce son dernier mot ?

Est-ce que j'ai une gueule d'atmosphère ?

Sans doute que non, mais la qualité de l'air nous concerne tous. Or les données relatives à la pollution atmosphérique ne sont pas toujours disponibles en ligne, ou inexistantes pour certaines zones. Ce système à alimentation solaire y remédie. Commandé par un microcontrôleur PIC18F2420, il affiche en temps réel les mesures prises par un capteur IR GP2Y10 de Sharp, et les télécharge par Wi-Fi vers un serveur. Ce transfert permet de collecter, analyser puis mettre en ligne les données recueillies.

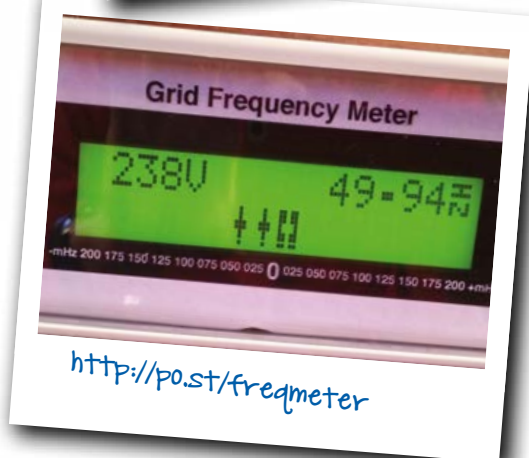


Testeur d'accu... cherche recharge

Ce projet se veut une version améliorée et simplifiée du « testeur d'accu 1,2 V » décrit dans le numéro de janvier 2013 d'Elektor. Pour cela l'auteur utilise entre autres expédients un code Arduino pour l'ATmega328, un bouton « START », un afficheur LCD plus grand que l'original, et un seul courant de décharge (250 mA). Problème, l'afficheur indique une valeur trois fois supérieure à la valeur nominale des piles à tester ! C'est supposé être un testeur d'accu, pas un amplificateur d'accu... Votre aide sera donc la bienvenue pour comprendre ce qui ne va pas dans le code ou les formules !

Fréquencemètre hypnotique

Un projet simple, mais chouette ! Au moyen d'un PICAXE, ce fréquencemètre surveille la tension du réseau public, ses perturbations en fonction des excès ou faiblesses de la charge, et bien sûr la fréquence en temps réel ainsi que les dérives de la valeur nominale (jusqu'à 200 mHz max.) Le bargraphe de son afficheur n'a peut-être pas la poésie d'un bon vieux feu de cheminée, mais vous aurez du mal à en détacher votre regard !



Unité d'insolation aux UV

À y réfléchir, une telle unité n'est rien d'autre qu'une boîte munie d'une source de rayonnement UV et d'un minuteur, non ? Ce projet vous convaincra qu'il est facile d'en construire une. Pour cela vous aurez besoin d'une boîte de rangement en plastique, de 54 LED UV, d'un afficheur à 3 chiffres de 7 segments, d'un buzzer pour signaler la fin de l'insolation, et d'un PIC pour commander l'ensemble. Parce qu'on n'est jamais mieux servi que par soi-même !



Alimentation bon marché pour ampli à tubes

Conçue spécialement pour les amplificateurs à tubes, cette alimentation à découpage à haute tension utilise un transformateur torique standard de 2x30 V, a une sortie ajustable de 250 V à 350 V, et délivre une puissance de sortie d'environ 90 W à 300 mA. La documentation est en français, les schémas et instructions d'assemblage sont clairs, et la conception est simple et soignée. Autant de bonnes raisons pour se lancer dans la réalisation d'un ampli à tubes fait maison. ◀

(150364 - version française : Hervé Moreau)



Compilées par **Beatriz Sousa**



Intel fait appel à Elektor

La société Intel a récemment demandé à l'équipe néerlandaise d'Elektor de l'aider à lancer son nouveau système embarqué EDISON aux Pays-Bas et en Belgique. Johan Dijk a donc eu l'idée d'organiser un concours pour récompenser les meilleurs projets basés sur ce module. Prix et règlement sont disponibles uniquement sur la page néerlandaise du labo d'Elektor car la langue du concours est le néerlandais. Les auteurs des projets sélectionnés recevront une carte EDISON et le livre de Bert van Dam sur EDISON. La photo montre le rédacteur en chef anglais Jan Buiting devant le musée Intel de Santa Barbara, Californie. Soit dit en passant, ce musée vaut le détour !

Un lecteur de longue date

Nous nous sentons vraiment uniques lorsque vous nous envoyez un témoignage comme celui-ci : « J'aime Elektor depuis 1983, l'année où a été publié le premier numéro indien d'Elektor dérivé de la version anglaise du magazine. Plus tard, à la bibliothèque de ma fac, je suis tombé sur un livre décrivant le Junior Computer, ce qui m'a fait passer de l'électronique à l'informatique. Alors merci à Elektor pour ce riche parcours qui aura fait de moi un informaticien depuis 1989, soit une carrière de 26 ans. Et quel bonheur aussi de recevoir un jour, de la part de l'équipe allemande d'Elektor, d'anciens numéros sur le Samson 65. Enfin en 2004, Elektor m'a offert TOUS les magazines sur le Junior Computer. »

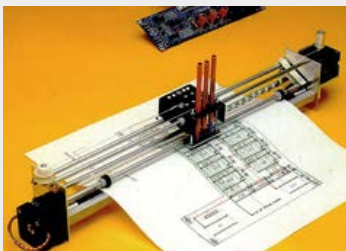
Aaron P. D'Souza

READ ONLY MEMORY

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

Table traçante Mondrian

Elektor a publié en 1987 un article sur la première table traçante à monter soi-même, la Mondrian. Dans les années 1980, les traceurs étaient des appareils coûteux réservés aux professionnels. La construction de la Mondrian était très simple. Les porte-stylos étaient mus par deux moteurs pas-à-pas et les plumes existaient en trois couleurs. Elektor s'associa avec un revendeur pour proposer un kit Mondrian, une offre qui suscita un réel engouement !



2016 année folle de

Les innovations en cours révolutionnent l'électronique. En 2016, plus de la moitié des nouvelles technologies proviendront de laboratoires « maison » comme les vôtres ou les nôtres...

Selon David Vink, un gourou du marketing :

« ... C'est pour cette raison que les acteurs industriels et institutionnels de l'électronique cherchent de plus en plus à fusionner en un vaste écosystème d'individus. Les annonceurs qui communiquent dans la presse spécialisée sans laisser de possibilité de contacts personnels suivent une voie sans issue. La plupart de vos lecteurs et membres d'Elektor sont aussi des professionnels de l'industrie, et c'est à partir d'eux que peuvent se développer de nouveaux marchés et chiffres d'affaires. Les communicants créatifs ont conscience de ces mutations rapides et abandonnent leur politique traditionnelle de relations interentreprises. Finies les annonces publicitaires dans la presse économique locale, la tendance est au partage honnête et individualisé des connaissances au sein d'un contenu interactif mondialisé... »



Battery
Technology •



INDISCRÉTIONS

- Richard Galambos, professeur à l'université de Calgary, devient notre agent au Canada américaine, rejoint le siège européen pour six mois
- Chantalle Reuling a reçu un prix parce c'est elle qui a le plus grand salon néerlandais d'électronique
- Liwa Mei, la plus jeune électronicienne du labo, travaillera Corral, de la rédaction espagnole, lance une campagne d'offres pour le marché sud-américain

pour les fournisseurs technologies

Nous le constatons tous les jours, vous appréciez cette nouvelle approche. Pour s'en convaincre, il suffit de songer aux livres blancs que vous plébiscitez, aux concours auxquels vous participez ou suivez sur Internet, aux projets .LABS que vous commentez, aux articles et livres que nous vous

aidons à publier, aux échantillons que nous distribuons pour faire connaître les produits novateurs de nos partenaires, ou encore aux vidéos que nous coproduisons. Sur la base de discussions ouvertes quant aux objectifs à atteindre, nos clients et nos équipes ont toujours su mettre en œuvre des offres et solutions créatives.

Nous allons donc aider les gens du marketing à s'engager plus avant dans cette direction et mettre en place de nouveaux services dont chacun bénéficiera : vous, eux, et bien sûr Elektor (-).

Ainsi en est-il d'Elektor BUSINESS, magazine 100 % gratuit pour les membres, disponible en version papier et numérique, et couvrant des sujets et événements d'intérêt ; nous lançons aussi le service Business PARTNERS, une section spéciale de nos sites où entreprises et institutions peuvent présenter leurs compétences et technologies.

Intéressé ?

Contactez-nous via notre service à la clientèle.

- Stafania Alexandrova, responsable de la clientèle convaincu le plus grand nombre de personnes de visiter depuis Shanghai à partir d'octobre 2015
- Eduardo

PROFIL D'EXPERT

Elektor est au cœur d'un réseau de plus de 1 000 experts et d'auteurs engagés dans la publication de livres, d'articles, de DVD, de webinaires et autres événements. Coup de projecteur !



Nom : **Martin Ossmann**

Âge : **56 ans**

Études : **génie électrique à l'université RWTH d'Aix-la-Chapelle, docteur en mathématiques**

Publications : **plus de 50 articles dans Elektor, de 1989 à aujourd'hui**

Qui êtes-vous, Martin Ossmann ?

J'enseigne les systèmes distribués au département de génie électrique de l'Université des sciences appliquées d'Aix-la-Chapelle. Je suis aussi consultant en électronique pour l'industrie.

Le développement de l'électronique dépendra-t-il d'un facteur en particulier ?

Je pense qu'un aspect essentiel de l'électronique à base de logiciels sera la sécurité. Nous avons besoin de dispositifs et de protocoles sécurisés facilement utilisables.

Quels seront les sujets de vos prochains articles ?

La combinaison FPGA + CPU + CAN du Red Pitaya m'inspire beaucoup. Il est donc probable que je parle de traitement du signal rapide avec les FPGA. Cela dit, comme chez moi une idée en amène souvent une autre, il se peut aussi que j'aborde autre chose...

Qu'est-ce qui fait d'Aix-la-Chapelle un centre de l'électronique allemande ?

On y trouve deux universités de sciences appliquées qui attirent plus de 4000 étudiants et favorisent la création de jeunes pousses innovantes. Les jeunes ont donc ici des opportunités de carrière intéressantes. Ce tissu universitaire et industriel est, je crois, unique en Europe.

Si je vous offrais 500 € de bon d'achat pour l'e-choppe, que choisiriez-vous ?

Sans doute deux Red Pitaya, que j'habillerais avec un joli boîtier doté d'un grand LCD et de quelques boutons et cadrans. J'en ferais un système de mesure autonome et configurable. L'un serait probablement un analyseur de réseau vectoriel, l'autre un générateur de signaux polyvalents.

Qui est le concepteur que vous admirez le plus ?

Bob Pease et Jim Williams. Tous deux ont montré que l'électronique analogique est un art, mais que tout peut être compris par une analyse attentive des circuits.

L'enseignement de l'électronique évolue-t-il ?

Les électroniciens n'ont jamais disposé d'autant de puissance. Là où nous n'utilisions qu'un seul transistor, nous utilisons aujourd'hui des amplificateurs opérationnels presque parfaits avec une vitesse incroyable. Les bascules ont de même cédé leur place à des FPGA et des processeurs multi-cœurs cadencés en GHz. Apprendre aux étudiants comment optimiser cette puissance est un vrai défi. ◀

(150374 - version française : Hervé Moreau)

hexadoku casse-tête pour elektorniciens

L'avantage des journées qui raccourcissent, ce sont les soirées qui rallongent, et ça c'est plutôt bon pour se concentrer sur la pratique de l'électronique. Mais point trop n'en faut ! De temps en temps, entre deux schémas, il faut passer à autre chose, se distraire, s'aérer les méninges. Avec cette grille d'hexadoku par exemple.

Une grille hexadoku est composée de chiffres du système hexadécimal, de 0 à F. Remplissez le diagramme de 16 x 16 cases de telle façon que **tous** les chiffres hexadécimaux de 0 à F (0 à 9 et A à F) n'apparaissent **qu'une seule et unique fois** dans chaque rangée, colonne et carré de 4 x 4 cases (délimités par un filet gras).

Certains chiffres, déjà placés dans la grille, en définissent la situation de départ.

Pour participer, inutile de nous envoyer toute la grille, il suffit de nous donner **la série de chiffres** sur fond grisé.



Participez et gagnez ! Nous tirerons au sort **cinq bonnes réponses** internationales reçues dans les délais ; leurs auteurs recevront chacun un chèque-cadeau d'une valeur de **50 €** à valoir dans l'e-choppe d'Elektor. À vos crayons !

Envoyez votre réponse (les chiffres sur fond grisé) avant le **1^{er} novembre 2015** avec vos coordonnées par courrier électronique exclusivement à **hexadoku@elektor.fr**

Les gagnants

La solution de la grille du numéro de juin est **981B4**

Les cinq bons Elektor d'une valeur de 50 € vont à : Detlef Blisse (Allemagne), Laurent Michels (France), Frans Tillie (Pays-Bas), Orlando Couto (Portugal) et David Smart (États-Unis).

Bravo à tous les participants et félicitations aux gagnants !

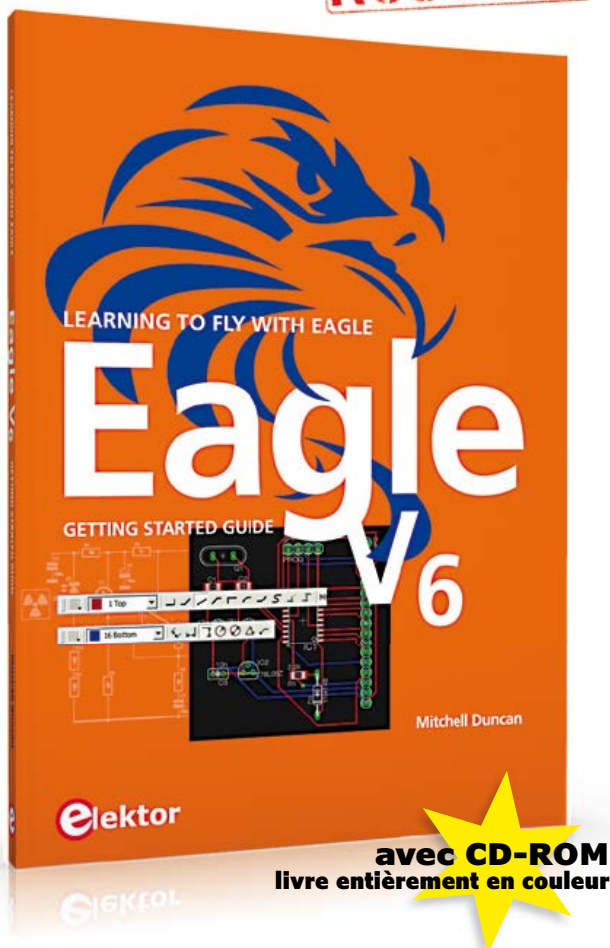
	4		D		8	0		B	1						
	8				2	E	F	5						B	
	B			3	A	F			1	2	4			7	
1	6		5			0			8			A		F	3
0	A	D	6									3	F	5	9
		1	C	E			5	9				7	0	2	
2	9	E		6	F	A			B	D	5		4	C	1
4	5				1					6					D
E	0				2					F				1	5
7	C	F		9	4	E			D	5	3		0	A	2
		6	A	F			3	1			9	8	C		
D	1	3	4									F	B	9	E
6	7		2			1			9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

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

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.

Guide de démarrage pour Eagle V6

NOUVEAU



LEARNING TO FLY WITH Eagle V6 GETTING STARTED GUIDE

Que vous soyez électronicien amateur ou professionnel, ce guide de prise en main vous initiera rapidement au logiciel de conception de circuits imprimés EAGLE de CadSoft.

Ce livre (en anglais) a été écrit pour tous ceux qui souhaitent découvrir les possibilités d'EAGLE. L'auteur s'adresse aussi bien au novice en conception de circuits imprimés qu'au professionnel déjà familier d'un autre logiciel de CAO, mais qui envisage de passer à EAGLE.

Ce livre est accompagné d'un CD-ROM gracieusement fourni par CadSoft Computer GmbH (www.cadsoft.de). Il contient une version d'Eagle pour Windows, Linux et Mac.

ISBN 978-1-907920-20-2

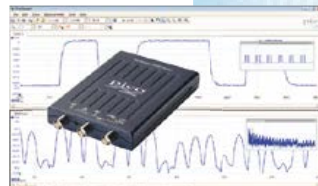
206 pages - 34,50 €

elektor www.elektor.fr/eagle

pico
Technology

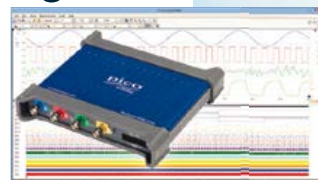
OSCILLOSCOPES PC

Petit Prix



- Bande Passante 10 MHz à 200 MHz
- Échantillonnage de 100Mé à 1Gé/s
- Résolution 8 bits (améliorée à 12 bits)
- 8 to 48 kS buffer memory
- Mémoire tampon de 8 à 48 kS
- Dès 99 €

Signaux Mixtes



- 2 ou 4 voies analogiques + 16 logiques
- Bande passante de 50 à 200 MHz
- Résolution 8 bits (améliorée à 12 bits)
- Mémoire tampon de 64 à 512 Mé.
- Alimentation par USB ou bloc secteur
- Dès 659 €

8 voies



- Bande Passante 20 MHz
- Échantillonnage 80 Mé/s
- Résolution 12 bits (améliorée à 16 bits)
- Mémoire tampon 256 Mé.
- Alimentation par USB
- Pour 1845 € seulement

Résolution Flexible



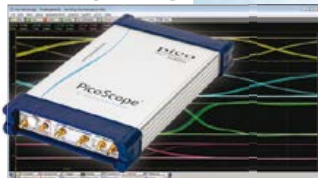
- 8, 12, 14, 15, et 16 bits dans un même appareil
- Bande passante de 60 à 200 MHz
- Échantillonnage à 250 Mé/s to 1 Gé/s
- Mémoire tampon de 8 à 512 Mé
- Alimentation par USB ou bloc secteur
- Dès 929 €

Mémoire 2Giga-échantillons



- Bande passante de 250 MHz à 1GHz
- Échantillonnage à 5 Gé/s
- Résolution 8 bits (améliorée à 12 bits)
- Mémoire tampon de 256 Me à 2Gé
- Alimentation par bloc secteur
- Dès 2645 €

Sampling 20 GHz



- Bande passante du continu à 20 GHz
- Temps de montée 17.5 pS
- 16 bits, plage dynamique de 60 dB
- Alimentation par bloc secteur
- Générateur de signaux, reconstruction d'horloge, TDR/TDT diff.
- Dès 12,035 €

Logiciel complet inclus en standard avec décodage et analyse de bus série (CAN, LIN, RS232, I2C, I2S, SPI, FlexRay), mémoire segmentée, test de masque, analyse de spectre, kit de développement logiciel (SDK) tout en standard avec mises à jour gratuites.

Cinq ans de garantie pour les oscilloscopes temps-réel.
Deux ans de garantie pour les oscilloscopes à sampling.

www.picotech.com/PS423

Une qualité professionnelle à prix discount!

reichelt.fr

elektronik



- ✓ Plus de 45 ans d'expérience
- ✓ Envoi en 24 heures
- ✓ Plus de 50 000 produits

Les langues de notre boutique:



Druckluft 67 2,983 € / 100 ml

Numéro de commande
KONTAKT 334 400 ml

10,88

Kälte 75 2,983 € / 100 ml

Spray réfrigérant
jusqu'à -52 °C

Numéro de commande
KONTAKT 317 400 ml

11,93

Kontakt 60 2,121 € / 100 ml

Nettoyant de contact
dissolvant les huiles

Numéro de commande
KONTAKT 203 400 ml

8,49

Kontakt WL 2,189 € / 100 ml

Nettoyant universel

Numéro de commande
KONTAKT 208 200 ml

4,45

Sprühöl 88 2,605 € / 100 ml

Huile mécanique fine

Numéro de commande
KONTAKT 230 200 ml

5,21

Solvent 50 2,563 € / 100 ml

Dissolvant à étiquettes

Numéro de commande
KONTAKT 244 200 ml

5,21

Screen TFT 2,478 € / 100 ml

Screen Cleaner

Numéro de commande
KONTAKT 501 200 ml

4,96

S'ABONNER MAINTENANT !

Newsletter

Recevez chaque semaine les
toutes dernières informations

- ✓ Nouveautés
- ✓ Les meilleures offres
- ✓ Réductions des prix



Prix du jour ! Prix à la date du : 27.08.2015

Prix en € hors T.V.A., frais de port en sus
reichelt elektronik, Elektronikring 1, 26452 Sande (D)

Un ensemble d'outils très intéressant !

en sacoche
pliable de
grande qualité,
22 pièces

Clés à cliquets et vis au format compact. Par la sélection minutieuse des outils les plus importants, vous êtes, grâce à cette combinaison, équipé au mieux pour la plupart des opérations à effectuer

- 1 cliquet Zyklop mini, 7 noix (8, 10, 12 et 13), 1 rallonge avec douille à rotation rapide
- 1 support manuel avec mandrin à serrage rapide pour embouts de 1/4", 4 embouts à fente en croix, 1 embouts à fente, 5 embouts TORX, 4 embouts hexagonaux
- Sacoche pliable avec fixation à la ceinture

Numéro de commande WERA KK Z MINI

Edition limitée

41,98

Lame Lasertip Wera

Grâce à un traitement Laser-TiP, il y a à la pointe une surface de micro-précision avec des trempe superficielles allant jusqu'à 1000 Vickers qui permet à la forme de s'incruster parfaitement dans la tête de vis.

Fente

- 160 i VDE
- 1x 0,4x2,5x80,
- 1x 0,6x3,5x100,
- 1x 0,4x2,5x80,
- 1x 1,6x3,5x100,

Fente en croix

- 162 i PH VDE
- 1x PH 1x80,
- 1x PH 2x100

Contrôleur de tension

- 247 1x 0,5x3,0x75

Ensemble tournevis plats+cruciformes

Numéro de commande

WERA 6147

20,97

Ensemble 7 pièces + rack



Wera Tool-Check

Ensemble avec 1 support d'embout Rapidaptor, 1 clé à cliquet à embout Wera

- 28 embouts
- 1 adaptateur
- 7 noix



Numéro de commande

WERA 05056490001

67,19

Commander maintenant! www.reichelt.fr

Assistance téléphonique en anglais : +49 (0)4422 955-360

Modes de paiement internationaux:

