

elektor

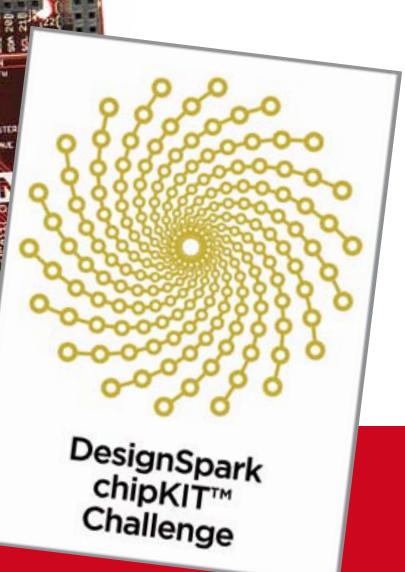
Puisqu'on nous cache tout,
mesurons nous-mêmes !



Détecteur
de rayonnement
alpha, bêta et gamma



Encore plus
puissant qu'Arduino
chipKIT™ Max32
fait swinguer même les paralytiques



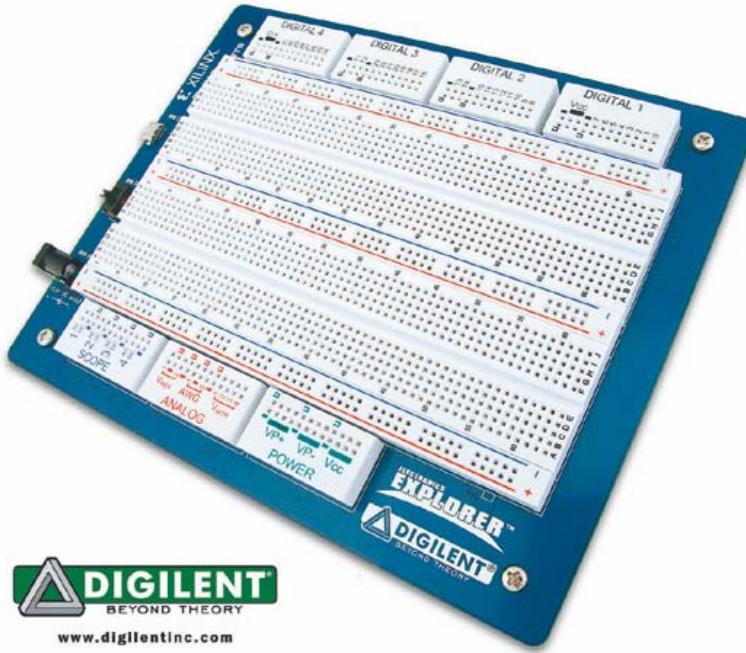
Interface JTAG par OnCE
programmez et déboguez les DSP de Freescale

Détecteur de chauve-souris
bon marché, sensible et facile à construire



ELECTRONICS EXPLORER™

Integrated Analog/Digital Circuit Design Station



DIGILENT
BEYOND THEORY

www.digilentinc.com

La plate-forme "ELECTRONICS EXPLORER™" est probablement un des outils de conception "analogique/numérique" et de développement pédagogique "tout-en-un" parmi les plus attractifs du marché.

Conçue sur la base d'une très large plaque de prototypage sans soudure (198 x 160 mm), cette plate-forme intègre tout le nécessaire en matière de test et de système de mesure nécessaires pour l'étude et l'élaboration d'applications analogiques et numériques.

Vous disposerez ainsi:

- D'un **oscilloscope 4 voies** 40 Ms
- D'un **générateur de signaux analogiques arbitraires à 2 voies**
- De **4 entrées multimètres**
- De **2 références de tension programmables**
- De **3 tensions d'alimentation** (dont 2 programmables)
- De **32 ports tout-ou-rien** utilisables
 - > En mode **analyseur logique**
 - > En **générateur de signaux numériques**
 - > En **entrées/sorties** pour pilotage de leds, de poussoirs...

Ces appareils de mesure sont facilement connectables les uns au autres au moyen de simples straps de liaison (livrés).

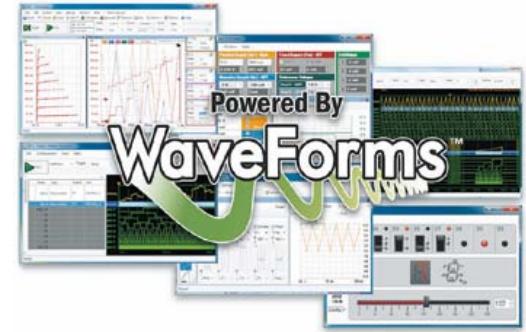
De part ses possibilités extraordinaires, la plate-forme "ELECTRONICS EXPLORER™" est l'outil de mesure revé pour toutes les écoles d'ingénieurs, les universités, les IUT, les BTS électroniques... mais aussi pour les centres de recherches, les centres de SAV, les bureaux d'études, les clubs de robotiques, les électroniciens amateurs et professionnels, etc...

Conçue pour une mise en oeuvre immédiate et simplifiée, cette plate-forme vous permettra de disposer de tous les appareils de mesure "sous la main" (dans un encombrement réduit) pour un prix de revient sans commune mesure par rapport à celui que vous devriez dépenser si vous deviez acquérir séparément l'ensemble des équipements qu'elle met à votre disposition.

Désormais le développement, le test et l'analyse d'applications aussi bien analogiques que numériques sont à la portée de tous sans avoir à se ruiner, ni à monopoliser toute la place de votre bureau !

La plate-forme "ELECTRONICS EXPLORER™" est livrée avec:

- Un câble USB
- Un bloc d'alimentation 12 Vcc / 2 A
- Une petite boîte transparente comprenant une multitude de composants électroniques lesquels vous permettront de réaliser toutes sortes d'expérimentations et d'applications.



Destiné à être raccordé sur le port USB d'un compatible PC, la plate-forme "ELECTRONICS EXPLORER™" est entièrement pilotée par l'intermédiaire d'un logiciel très puissant et convivial.

Appelé **WaveForms™**, ce logiciel vous permettra de faire l'acquisition et le stockage des signaux ainsi que l'analyse et la génération de signaux analogiques et numériques en toute simplicité.

WaveForms™ se satisfait d'un compatible PC peu puissant en offrant tout de même une réactivité quasi temps réel grâce à la connexion USB2 high-speed de la plate-forme "ELECTRONICS EXPLORER™".

Entièrement pilotable à la souris les appareils de mesure se sélectionnent et s'utilisent de façon intuitive en quelques instants. Une fois vos appareils de mesure sélectionnés et paramétrés, il vous sera possible d'en sauvegarder la configuration afin de pouvoir disposer de multiples applications de mesures "types" directement réutilisables et exploitables immédiatement sans nécessiter de nouveaux réglages de votre part.

Les formats de fichiers utilisés par le logiciel "WaveForms™" pour le stockage des informations est standardisé de telle sorte qu'il vous sera aisément possible de les transférer vers des logiciels externes de traitements graphiques (ou autres) afin de pouvoir produire des documents professionnels de grande qualité destinés à agrémenter vos réalisations (idéal dans le cadre de la préparation de travaux pratiques ou de cours dans le domaine éducatif).

Apperçu des possibilités du logiciel WaveForms™:

Fonction oscilloscope:

4 canaux, 40 MSa/sec - 70 MHz analog input stage bandwidth - Impédance d'entrée: 4 Mohms / 10 pF - Couplage AC/DC - Convertisseur analogique/numérique 10 bits - 0.8 mV à 40 mV/LSB résolution - Buffer 16 K - Modes trigger: edge, pulse, transition types, hystérésis, holdoff - Filtrage: average, decimate, min/max - FFT, XY - Fonctions histogramme, enregistrement et audio - option export données et forme signal.

Fonction analyseur logique:

Les 32 entrées de l'analyseur logique sont partagées avec les fonctions du générateur de signaux numériques et le pilotage indépendant des ports d'E/S - Présence horloge Interne / Externe - 100 MSa/sec - Buffer jusqu'à 16 KSa par entrée - options Trigger - Options sauvegarde valeurs signaux - personnalisation de visualisation de chaque signal ou des bus - Visualisation standard ou en mode tabulaire des données.

Fonction générateur arbitraire de signaux:

2 canaux - 40 MSa/sec - Bande passante 4 MHz - Amplitude: 10 V avec offset +/- 10 V - Impédance boucle ouverte 35 ohms - Convertisseur Numéri-que / analogique 14 bits / Formes d'ondes standards et personnalisables - Buffer 2KS (carrier) et 32 KSa (modulator signal) - Modulation AM/FM avec fréquence jusqu'à 4MHz - Signaux Swept/ damped - Import data.

Fonction alimentations et voltmètres:

V+ et V- Tension/Courant programmable jusqu'à +/- 9V et jusqu'à 1.5 A - Sorties fixes: 5 V / 3.3 V jusqu'à 2 A - 4 voltmètres avec entrées +/-10 V - Impédance d'entrée 1.2 Mohms - Protection des entrées - 2 Références de tension +/-10 V - Echelle automatique et fonction plot pour chaque alim. (tension, courant et puissance) et voltmètre - Sauvegarde données/signaux.

Fonction gestion d'entrées / sorties:

Les 32 entrées / sorties sont partagées avec les fonctions du générateur de signaux numériques et l'analyseur logique - Visualisation des accessoires virtuel raccordés sur les ports (boutons-poussoirs, leds, interrupteurs, afficheurs 7 segments à leds, barres de progression, potentiomètre linéaire...) - Personalisation possible de l'affichage.

Fonction générateur de signaux numériques:

Les 32 sorties sont partagées avec les entrées/sorties à usage générales et l'analyseur logique - 100 MSa/sec - Algorithme de génération de pattern (sans utilisation de mémoire buffer) - Editeur de pattern personnalisable avec buffer de 16 KSa par broche - Importation possible depuis un fichier - Visualisation paramétrable pour chaque broche ou Bus (standard ou tabulaire).

Tarifs ELECTRONICS EXPLORER™ et son logiciel WaveForms™

Prix standard:

520 € TTC

Prix spécial éducation
(écoles, BTS, IUT...)

350 € TTC



elektor sur papier

le plaisir de la lecture classique



elektor à l'écran

le plaisir de la lecture sur les nouveaux supports : PC, portable ou tablette

elektor PLUS

le plaisir ultime de lire partout

Profitez plus de votre magazine grâce à la formule avantageuse elektor PLUS !

Abonnez-vous ou changez de formule maintenant : www.elektor.fr/abo



Shadok pollueur, Shadok payeur

Cet été la terre a tremblé dans l'Hexagone sur la planète internet. C'était le 19 août, quand on a appris que certains opérateurs réfléchissaient à la mise à mort de l'internet illimité. Prétexte invoqué : la capacité du réseau mise à mal par une poignée de Shadoks*, adeptes insatiables du téléchargement, illégal bien entendu, qui vingt-quatre heures par jour pompent jeux vidéo, films, séries TV et musique jusqu'à ce que l'encombrement s'en suive. Ici comme ailleurs, l'histoire se répète. Au début du XXe siècle, les communications téléphoniques ont longtemps été gratuites. Le client payait son abonnement et la location du poste de téléphone, mais, sans payer un sou de plus, téléphonait autant qu'il le souhaitait. Ça marchait très bien jusqu'au jour où l'on s'est aperçu que quelques gros consommateurs, des entreprises, au lieu de libérer les lignes les occupaient en permanence et les détournait pour leur communication interne. Le réseau, encore peu développé, s'est vite trouvé saturé. Les Postes, télégraphes et téléphones ont riposté par une tarification de la durée des communications : exit la téléphonie illimitée (laquelle vient d'ailleurs de faire sa réapparition au début du XXIe siècle). Ainsi, pour une bêtise dont le responsable ne se dénonce pas, c'est tout un groupe qui se fait punir ; vous avez connu ça à l'école ou à l'armée. Certes l'internet est en partie anonyme et virtuel, mais c'est aussi une communauté. Et pour qu'elle fonctionne, il faut que ses membres respectent certaines règles. Imaginer un internet illimité, sans lois ni restrictions, mais où les internautes se respecteraient et seraient tous irréprochables, relève de l'utopie. Fort de cette conviction, je suis moi aussi pour l'abandon de l'internet illimité, mais pas pour les mêmes raisons. Qu'on taxe donc les données envoyées au lieu de s'en prendre aux données reçues ! Le vrai coupable, ce n'est pas le consommateur de données, mais le producteur ou l'émetteur. N'est-ce pas lui qui nous inonde de pourriel, qui met en ligne les films piratés, envoie ses photos de vacances en haute résolution à tout son carnet d'adresses ? C'est bien lui qui, sans jamais payer, fait déborder la vase et les messageries. C'est injuste. Pourquoi serait-ce une fois de plus à moi de payer pour les problèmes causés par d'autres ?

* Pour mémoire : www.elektor.fr/shadok

Clemens Valens
Rédacteur en chef

elektor



6 Mentions légales

Informations légales.

8 Courier des lecteurs

Vos questions, nos réponses.

10 Infos & Actualité

Nouveaux produits.



14 Le rêve du vol électrique

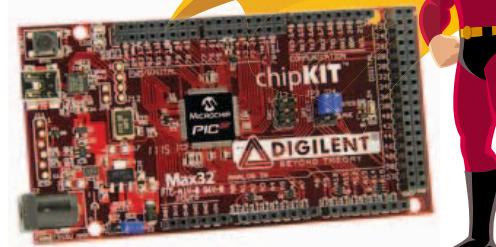
Du dirigeable électrique au défi Green Flight.

22 Cours DSP audio

5e partie : structure des programmes du cours.

30 Détecteur simple de chauve-souris

Bon marché, sensible et facile à construire.



34 Robusta : un satellite réalisé par des étudiants

Des picosatellites pour promouvoir l'éducation spatiale.

40 Super Arduino

Bien démarrer avec le chipKIT Max32.



SOMMAIRE

34^e année
Novembre 2011
Nº 401

14 Le rêve du vol électrique

Le rêve du vol électrique n'en est plus un depuis longtemps. Le premier avion à propulsion électrique approuvé pour le transport aérien est en production depuis 2004 et la maison-mère d'Airbus EADS a mis au point des concepts de propulsion « tout-électrique » pour les futurs avions de ligne.

30 DéTECTEUR simple de chauve-souris

Actuellement, les chiroptères sont probablement entrés en hibernation, voilà qui vous laisse le temps de construire ce détecteur de chauve-souris et d'être prêt au printemps pour percevoir leurs cris dès leurs premières sorties.

40 Super Arduino

Si vous avez déjà travaillé avec Arduino, vous avez peut-être été confronté aux limites de cette charmante plateforme 8 bits. Le chipKIT Max32 de Digilent offre la puissance d'un micro à 32 bits et quelque 80 E/S tout en restant compatible avec l'environnement Arduino.

66 Prenez les commandes du bus d'Elektor

Basé sur HTML et JavaScript, rédigez rapidement vos propres commandes de bus avec une interface utilisateur taillée sur mesure qui peut être mise en action sur des plateformes aussi différentes que le PC ou le téléphone intelligent.

44 Travailleur avec des pochoirs

Apprenez à étaler sans déborder.

46 Compteur alpha/bêta/gamma

Détecteur de rayonnement amélioré.

52 Interface JTAG par OnCE

Programmation et débogage de DSP Freescale.

56 S(t)imuler avec LTspice

SPICE it up !

62 Avertisseur lumineux compact

Mieux vaut prévenir que guérir.

66 Le bus arrive (9)

Aux commandes, et vite !

74 Hexadoku

Casse-tête pour électroniciens.

76 Rétronique

La machine à chaos : redécouvrez les ordinateurs analogiques (2).

84 Avant-première

Le mois prochain dans Elektor.

Elektor International Media propose une plateforme multimédia et interactive destinée à tous les électroniciens.

Du professionnel passionné par son métier à l'amateur aux ambitions professionnelles.

Du débutant à l'expert, de l'étudiant au professeur.

Information, éducation, inspiration et récréation. Analogue et numérique. Théorie et pratique.



ÉLECTRONIQUE ANALOGIQUE, NUMÉRIQUE & EMBARQUÉ • MICROCONTRÔLEURS • AUDIO • TEST & MESURE

34^{ème} année, n°401 novembre 2011

ISSN 0181-7450 Dépôt légal : octobre 2011
CCPPA 1113 U 83713

ELEKTOR / PUBLITRONIC SARL
c/o Regus Roissy CDG - 1, rue de la Haye - BP 12910
95731 Roissy CDG Cedex - France
Tél. : (+33) 01.49.19.26.19 - Fax : (+33) 01.49.19.22.37
Internet : www.elektor.fr

Numéro de compte : 002-007-97-026
IBAN : FR76 1873 9000 0100 2007 9702 603
BIC : ABNAFRPP
Monnaie : Euro - Branche ABN AMRO : Paris, France

La mission d'Elektor est d'inspirer ses lecteurs et de les intéresser à l'électronique, par la description de projets à réaliser soi-même, et de les informer des développements en électronique et en micro-informatique.

Elektor paraît 11 fois par an, le numéro de juillet/août est double. Il existe, sous le nom Elektor, des éditions en langue anglaise, allemande, espagnole, française et néerlandaise. Elektor est vendu dans plus de 50 pays.

Conformément à la loi "Informatique et Liberté", vous bénéficiez d'un droit d'accès et de rectification des données vous concernant. Sauf refus écrit de votre part auprès du service abonnement, ces informations pourront être utilisées par des tiers.

Rédacteur en chef international : **Wisse Hettinga**

Rédacteur en chef France : **Clemens Valens**
(redaction@elektor.fr)

Maquette et graphisme : **Giel Dols, Mart Schroijen**

Rédaction internationale : **Harry Baggen, Thijs Beckers, Jan Buiting, Eduardo Corral, Ernst Krempelsauer, Jens Nickel**

Secrétariat de rédaction : **Hedwig Hennekens**

Rédaction technique : **Christian Vossen (chef labo), Thijs Beckers, Ton Giesberts, Luc Lemmens, Raymond Vermeulen, Jan Visser**

COURS DE PROGRAMMATION (en anglais) À DISTANCE !

Apprendre à programmer un microcontrôleur PIC embarqué en assembleur, C ou Flowcode pour E-blocks

NOUVEAU

Ce titre résume parfaitement la mission de la nouvelle formation proposée et organisée sur son forum par Elektor.

Cet apprentissage à distance est intégralement en anglais, et fournit donc aussi l'occasion de rafraîchir, consolider et étendre vos connaissances de cette langue indispensable pour évoluer dans les techniques modernes.

Avant d'entrer dans les détails, vous commencerez par les bases. En même temps que vous vous familiariserez avec les programmes, vous examinerez de près les composants et les schémas afin de comprendre le matériel.

À mesure que vos connaissances s'approfondiront, votre intérêt se portera sur des sujets plus avancés.

À la fin du cours, vous serez en mesure de concevoir vos propres applications embarquées et vous écrirez pour elles le logiciel approprié, conforme à vos besoins.

Ça commencera forcément par une LED clignotante, mais ça finira avec un écran à cristaux liquides commandé par l'intermédiaire de son interface USB. Au début vous produirez de simples signaux analogiques, mais ne tarderez pas à passer à des signaux complexes obtenus au moyen d'interruptions. Vous y apprendrez l'échantillonnage mais aussi la lecture d'un thermomètre numérique. Bientôt vous serez maître de... tout !

Ce cours se compose comme suit :

- Classeur de didacticiels (747 pages)
- CD-ROM contenant le logiciel et les exemples
- Carte d'application conçue exclusivement pour ce cours
- Sur le Forum d'Elektor associé à ce cours, vous trouverez un support actif assuré (en anglais) par l'auteur



Pour être en mesure de suivre ce cours et d'en tirer profit, vous devrez disposer de matériel E-blocks que peut-être vous possédez déjà (en partie). Ces accessoires sont tous disponibles séparément, mais vous bénéficiez d'une forte remise en les commandant tous ensemble : www.elektor.fr/coursPIC

Cours de programmation

Prix : 445,00 € (port en sus)

Cours de programmation avec le matériel E-blocks

Prix : 790,00 € (port en sus)

Informations complémentaires et commandes :
www.elektor.fr/coursPIC

Directeur/éditeur : Don Akkermans

Responsable du marketing : Carlo van Nistelrooy

Administration des ventes : ventes@elektor.fr

Publicité : Elektor International Media B.V.

Ilham Mohammedi - Allee 1 - 6141 AV Limbricht - Pays Bas
Tél : 00 31 (0)46 43 89 444 - Fax : 00 31 (0)46 43 70 161
E-mail : i.mohammedi@elektor.fr

DROITS D'AUTEUR : © 2011 Elektor International Media B.V.

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quel que procédé que ce soit, des pages publiées dans la présente publica-

tion, 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

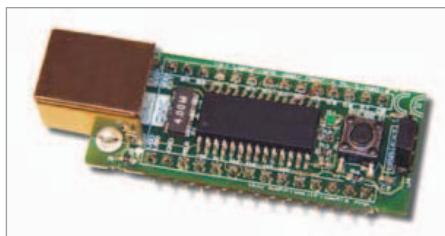
éditrice. La Société éditrice n'est pas tenue de renvoyer des articles qui lui parviennent sans demande de sa part et qu'elle n'accepte pas pour publication. Si la Société éditrice accepte pour publication un article qui lui est envoyé, elle est en droit de l'amender et/ou de le faire amender à ses frais; 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.

Elektor est édité par Elektor International Media B.V.
Siège social : Allee 1 - 6141 AV Limbricht, Pays-Bas

Imprimé aux Pays-Bas par Senefelder Misset - Doetinchem

Distribué en France par M.L.P. et en Belgique par A.M.P.

COURRIER DES LECTEURS



Petit problème d'ECIO

Quand je branche mon E-block ECIO 40P par USB, il n'apparaît que très brièvement dans la liste Matériel de Win XP édition familiale.

J'ai téléchargé le pilote le plus récent sur le site de Matrix Multimedia, mais cela ne résout pas le problème. Chaque fois que je pousse sur le bouton Reset, je vois ECIO pendant quelques secondes, puis il disparaît tout de suite. Quelqu'un a-t-il rencontré un problème similaire et que dois-je faire pour le résoudre ?

Antoine KERBRECH

C'est parfaitement normal. Lors du lancement de l'ECIO, le chargeur d'amorce USB fonctionne pendant quelques secondes. (C'est pour cela que le programmeur Flowcode demande aussi un Reset de l'ECIO quand il faut y mettre

un nouveau logiciel).

Après quelques secondes, le chargeur d'amorce s'arrête et c'est votre programme qui va s'exécuter. Ce n'est que dans le cas où ce programme utilise aussi (et de la bonne manière) l'USB que l'ECIO sera encore reconnu. Avec tout programme qui ne contient pas de composant Flowcode USB (ou du code USB écrit en C ou en assembleur), l'ECIO ne sera plus visible comme appareil USB.

Astuce. Si vous ne l'avez pas encore fait, mettez, dans les propriétés matérielles de l'ECIO, l'économie d'énergie hors service. Cela évite pas mal de frustrations.

Un geste de plus pour sauver la terre (1)

(n° 399, septembre 2011)

Votre rédactionnel au sujet « c'est ma terre » est très bien, surtout la conclusion !



Vous avez entièrement raison : pour protéger l'environnement ne rien faire c'est souvent mieux que de tenter de résoudre le problème du CO₂. Il y a bien d'autres soucis plus importants que le CO₂.

Fabrice IRLE

Un geste de plus pour sauver la terre (2)

(n° 399, septembre 2011)

Même si je m'y prends tardivement, je voulais vous féliciter pour votre édito de septembre. Le courage de dénoncer les actions spectaculaires et publicitaires qui n'apportent en réalité aucune solution. Je ne pense pas que la planète soit en danger, elle en a vu d'autres, c'est l'humanité qui se menace elle-même.

Jean-Claude SABATIER

Un geste de plus pour sauver la terre (3)

(n° 399, septembre 2011)

Moi aussi je suis passablement agacé par le flot d'imbécilités catégorie 10 / 10 qui circulent à propos des énergies et de la gestion énergétique. La désinforma-

Mises à jour

Platine polyvalente pour montages à microcontrôleur(s) AVR

(n° 400, octobre 2011)

L'article ne mentionne pas la référence du coffret Bopla utilisé : 26160000.

Passerelle USB/série BOB-FT232R

(n° 399, septembre 2011)

Une petite erreur s'est glissée dans la liste des composants (p50) : C1 et C3 ont été échangés. Donc, C1 et C2 = 47 pF (0603), C3 = 10 nF (0603). Le schéma de la page 48 est correct.

Enregistreur météo USB de longue durée

(n° 399, septembre 2011)

Deux résistances de rappel de 3,3 kΩ ont été rajoutées, connectées aux signaux

SDA et SCL du bus I²C. R6 est connectée entre SDA (broche 27 de IC2) et VCC, R7 est connectée entre SCL (broche 28 de IC2) et VCC. La platine et les typons disponibles sur la page internet du projet (www.elektor.fr/100888) ont été corrigés et le schéma électrique corrigé est inclus dans le téléchargement du logiciel.

Boussole ATM18

(n° 399, septembre 2011)

Dans la version du module CMPS03 utilisée dans l'article, la broche 7 ne doit pas être connectée. La description



concerne une autre version du CMPS03, celle où l'on aperçoit le quartz.

Combi-C-mètre

(n° 327, septembre 2005)

– Pour éviter que la batterie se vide même quand l'appareil est éteint, dans la figure 2 (040259-11) +Vbat (en haut à gauche) devrait être connecté après S2, pas avant. Par conséquent, dans la figure 5, il faudra couper la piste qui part de S2 et BT1+ et la connecter à « l'autre côté » de S2.
– Dans la figure 5 (figure de haut, composants) les indications « C+ » et « C- » (proche de S1) ont été inversées (« C+ » devrait être « C- » et inversement).



tion opérée régulièrement relève plus de l'idéologie que des informations à caractère scientifique, comme elles voudraient le faire croire. Je suis également très attentif à la rigueur de la qualité de l'information. Aussi je suis intéressé de connaître votre source pour affirmer que « la fabrication d'un panneau solaire coûte plus d'énergie qu'il produit pendant toute sa vie active ».

Quant aux commentaires sur l'ULM, si je comprends et partage l'agacement exprimé dans cet article, je prends tout de même la liberté de souligner qu'aucune invention n'est inutile, mais c'est l'usage que nous en faisons et la finalité de l'utilisation qui sont inutiles ou utiles. Dans l'absolu, pourquoi fustiger les utilisateurs d'ULM plus que les électroniciens ? Qui pollue le plus ? Attention, il n'y a rien de pire que d'apporter de l'eau au moulin de la division.

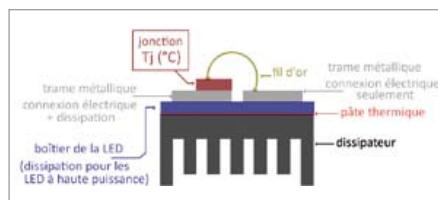
Jean-François AJAS

Vous avez raison que je n'aurais pas dû écrire qu'un panneau photovoltaïque ne produira jamais autant d'énergie qu'il en a fallu pour le fabriquer. C'était une affirmation non fondée, basée sur des sources pas forcément fiables. Cela dit, même si plusieurs sources sur l'internet affirment que la durée prévue pour qu'un module photovoltaïque ait généré autant d'énergie qu'il en a fallu pour le produire est entre 1,5 et 3 ans, il ne faut pas oublier que ces chiffres sont valables pour les systèmes qui fonctionnent en continu et où l'énergie produite n'est jamais perdue (à cause d'une batterie déjà à plein charge p.ex.). Cela est probablement vrai pour les systèmes que l'on installe sur des maisons, mais quand on utilise un panneau photovoltaïque pour alimenter de temps en temps un dispositif, on reste très loin de ce cas de figure.

Clignotement fantôme de LED (1)

(n° 399, septembre 2011)

Quand la pâte thermique est mal appliquée ou oubliée, la température de



jonction grimpe. La durée de vie des LED dépend directement de cette température, si elle est supérieure au maximum tolérée le fil d'or peut se dessouder ou la jonction peut se décoller de la trame métallique. Quand cela se produit, on peut avoir des flashes dus à de faux contacts ou des caractéristiques anormales (flux, tension de jonction ou couleur).

Guillaume DUPUIS

Clignotement fantôme de LED (2)

(n° 399, septembre 2011)

En me basant sur l'article « Clignotement fantôme de LED » du mois de septembre 2011, je me hasarde à deux théories. Ayant oublié la pâte thermique au montage, on peut en déduire que la LED a été détruite par effet Joule. En se dilatant, le boîtier en plastique coupe un fil de connexion à la LED. Celle-ci s'éteint, donc le boîtier refroidit et le contact se fait de nouveau et ainsi de suite jusqu'à l'usure du point de contact ce qui provoque l'extinction définitive de la LED. Cette théorie expliquerait uniquement un clignotement franc (0/1). Pour un changement de couleur du vert au vert-jaune, on peut là aussi penser à une



Agenda

Communiquez les dates, au moins deux mois avant la date de l'événement, à redaction@elektor.fr

8, 9 et 10 novembre
SATIS

La Halle Freyssinet, Paris
www.satis-expo.com

9 novembre
TI Innovation Day

Les Salons de l'Aveyron, Paris
www.ti.com/www/fr/InnovationDay2011.htm

15 au 18 novembre
MIDEST et MAINTENANCE EXPO
Parc des expositions de Paris-Nord Villepinte
www.midest.com

23, 24 et 25 novembre
Educatec

Parc des expositions de Paris – Porte de Versailles
www.educatec-educatice.com

24 au 27 novembre
European Triode Festival (ETF)

Stella Maris, Stella plage (62)
www.triodefestival.net

6 & 7 décembre
Mécatronique Automation

Expo Nantes Atlantique La Beaujoire
www.mecatronique-automation.com

7 et 8 décembre
ForumLED

Cité Centre de Congrès de Lyon (France)
www.forumled.com

8 décembre
ARM European Technical Conference (AETC 2011)
Cap15, Paris Tour Eiffel
www.arm.com/about/events/aetc-2010-agenda.php

surchauffe, mais sans perte de connexion et là, la LED en elle-même change de température et émet un rayonnement différent suivant sa température. Pour vérifier cette théorie, il faudrait pouvoir mesurer la température de la LED quand celle-ci varie en couleur.

Nader TAHA

Règles du jeu

- Publication de la correspondance de lecteurs à la discréption du rédacteur en chef
- Les points de vue et opinions exprimées par les correspondants ne sont pas

nécessairement ceux du rédacteur en chef ou de l'éditeur.

- La rédaction se réserve le droit de traduire, de corriger ou d'écourter les messages reçus avant de les publier.
- Si vous écrivez à la rubrique COURRIER DES LECTEURS, veuillez indiquer le numéro du magazine

concerné.

- Veuillez adresser votre correspondance à : redaction@elektor.fr ou
- Elektor (rubrique Courrier) BP 12910
- 95731 Roissy CDG Cedex France

Embarquez pour l'espace !

Chaque année depuis 1962, des passionnés de fusées expérimentales se réunissent à la campagne de lancement C'Space organisée par le Centre National d'Études Spatiales (CNES) et coordonnée par Planète Sciences (ex-ANSTJ). Celle-ci a lieu à la fin du mois d'août, au Centre d'Essais de Missiles de la Direction Générale de l'Armement (DGA) de Biscarrosse (Landes).

De nombreux clubs aérospatiaux de France et de l'étranger y participent, à l'instar du CLES-FACIL (Club Lyonnais d'Expérimentations Spatiales) qui est le plus ancien d'entre eux en activité. Leur dernier projet de fusée expérimentale, Detrona, alliant mécanique, électronique et informatique embarquée a été gratifié du prix « Planète Sciences » pour la qualité de ses expériences, dont la mesure par jauge de contrainte de la force de rappel du parachute.

Les fusex (fusées expérimentales) sont des engins d'environ 2 m de haut pour une dizaine de kilos, testés dans des conditions extrêmes, s'arrachant de la gravité à plus de 600 km/h et pouvant atteindre 3 km d'altitude.

Les associations participantes développent également des ballons stratosphériques atteignant l'altitude de 30 km et des CanSats (canettes-satellites) à l'occasion du C'Space. Ces derniers embarquent des équipements de télémesure et vidéo, et contrôlent de manière autonome leur trajectoire sous une voile.

(110512-0)

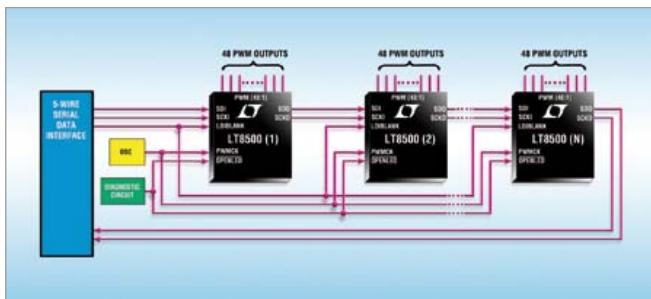
Document released under the Access to Information Act

es-jeunes.fr/web/CNES-jeunes-fr/7949-étudiants.php

-C-Space-national



Générateur MLI à 48 canaux avec résolution de 12 bits



Linear Technology annonce également le LT8500, un générateur à modulation de largeur d'impulsion (MLI) comprenant 48 canaux. Chaque canal possède un registre MLI à 12 bits et un registre de correction à 6 bits (64 pas) $\pm 50\%$. Tous les contrôles sont programmables via une simple interface de données série TTL/CMOS à 50 MHz. Le LT8500 peut être employé dans une grande variété d'applications à MLI comme le contrôle de LED, ainsi que les applications industrielles et de la robotique. Par exemple, le LT8500 peut être utilisé avec trois LT3595A, des pilotes de LED à 16 canaux, pour réaliser des quir-

landes de 48 LED, à contrôle de luminosité indépendant, pour régler localement la luminosité du rétroéclairage à LED de grands afficheurs LCD. Le registre de cor-

rection permet un équilibrage lumineux de chaque guirlande. Le LT8500 fonctionne sur une gamme de tensions d'entrée, de 3 V à 5,5 V. Pour les applications à LED, chaque canal possède un ajustement du courant sur 6 bits et un réglage de la luminosité par MI,

avec une échelle des gris sur 12-bits. Le temps de montée du LT8500 de 40 ns autorise de grands rapports de contraste.

Le circuit présente deux drapeaux de diagnostic : erreur de synchronisation et LED ouverte. Les drapeaux sont envoyés avec une information d'état supplémentaire sur l'interface série, pendant la relecture des données d'état.

La combinaison d'un nombre minimal de composants externes et d'un boîtier QFN de 5 x 9 mm de 56 broches conduit à un produit d'empreinte très compacte.

(110512-1)
www.linear.com/product/LT8500

Connecteur magnétique monoport PSE PoE+

L'alimentation par Ethernet (Power over Ethernet - PoE) est une technique qui permet la transmission simultanée des données et de l'alimentation électrique vers les périphériques d'un réseau au moyen d'un câble Ethernet standard, éliminant la nécessité de disposer d'un réseau d'alimentation distinct. PoE+ est la nouvelle norme IEEE802.3at. Elle permet d'augmenter la sortie du port d'alimentation à 30 W, c'est-à-dire celle de la classe 4. Elle supplante la norme IEEE802.3af, publiée en 2004, qui prévoyait un maximum de 15 W (classes 0 à 3).

Molex Incorporated a développé le premier connecteur magnétique monoport PSE



(Équipement source d'alimentation) PoE+ conforme à la norme IEEE802.3at. Basé sur le connecteur RJ45 et rétrocompatible avec l'ancienne norme PoE IEEE802.3af, ce connecteur de la série 85759 est un module *plug-and-play* complet qui permet de faciliter la migration des équipements d'une alimentation standard vers une alimentation par Ethernet totalement intégrée.

Outre l'alimentation électrique, les modèles de la série 85759 ajoutent au RJ45 deux LED, des composants magnétiques PoE+ Gigabit Ethernet et un contrôleur PSE haute puissance. Tout ce dont vous avez besoin, c'est une simple alimentation de 51 V pour le PoE+ et de 48 V pour le PoE pour gérer et contrôler automatiquement l'alimentation des périphériques connectés via Ethernet. L'empreinte du connecteur est conçue pour optimiser la distance qui sépare les broches du signal de celles des LED et des circuits de PoE, réduisant ainsi de manière significative la complexité du routage des circuits imprimés. Le module est doté d'un dispositif de réinitialisation externe et peut répondre aux exigences de la plus haute classe PoE (puissance maximum autorisée en sortie). Plusieurs configurations et couleurs de LED sont disponibles, simples ou bicolores.

(110512-2)

www.molex.com/product/poe.html



des oscillations, créant des scintillements gênants. Les éclairages à LED de première génération ont résolu ce problème en stockant de l'énergie dans un condensateur électrolytique peu fiable, avec des conséquences néfastes sur la durée de vie de l'ampoule, ou en laissant passer un courant de manière continue dans l'ampoule, ce qui gaspille de l'énergie et annule le principal bénéfice de l'éclairage à LED. Les puces de commande à un étage LinkSwitch-PH, combinées au circuit innovant d'amortissement actif et de décharge décrit dans le document DER-281, éliminent ces embûches et procurent une gradation sans scintillement avec un haut rendement et une longue durée de vie. La solution présentée dans le document répond à tous les critères des concepteurs de systèmes à LED : elle offre un haut rendement, elle est précise, et elle obéit à toutes les règles de correction du facteur de puissance et de contenu harmonique. Elle est conçue pour une longue durée de vie et compatible avec les gradateurs domestiques existants.

(110512-3)

www.powerint.com/sites/default/files/PDFFiles/der281.pdf

Conception de référence innovante d'un gradateur pour spot à LED

Un nouveau document publié par Power Integrations détaille une commande de spot encastré (*downlight*) à lampe PAR38 de 15 W et de rendement 85 %, capable de gradation sans scintillement sans recourir aux condensateurs électrolytiques de puissance, massifs et peu fiables. Utilisant la puce LNK405EG du fabricant, son approche innovante élimine pour une large gamme de gradateurs à triac le besoin de sacrifier la fiabilité et l'efficacité pour éviter les scintillements.

Les gradateurs à triac typiques ont été conçus pour les lampes à incandescence, consommant une quantité d'énergie supérieure d'un ordre de grandeur aux lampes à LED de même puissance lumineuse. Le faible courant nécessaire aux lampes à LED, surtout en cas de gradation, peut provoquer inopinément l'arrêt des triacs ou encore

Le FPGA le plus performant et au plus haut débit du marché

Altera Corporation vient de démarrer la livraison du premier FPGA avec émetteurs-récepteurs 28 Gbit/s au monde. Le Stratix V GT est le FPGA le plus performant et au plus haut débit sur le marché. Les innovations techniques du FPGA permettent

En bref...

Broadcom rachète NetLogic Microsystems pour 3,7 milliards de dollars.
www.broadcom.com/acquire.cfm

L'analyseur de signaux vectoriels PXI M9392A d'Agilent Technologies permet la capture continue de signaux avec une bande passante jusqu'à 100 MHz.
www.agilent.com

Le nouveau fusible 3812 de Bel Fuse, spécifique pour les courants forts, offre un fort pouvoir de coupure de 20 A à 30 A.
<http://belfuse.com/Data/Datasheets/SMM.pdf>

Microchip et Digilent annoncent le kit de développement pour microcontrôleurs 32MX7 Cerebot basé sur un PIC32.
www.microchip.com/get/L4H5

Texas Instruments présente le premier amplificateur opérationnel 36 V à dérive nulle du marché.
www.ti.com/opa2188ds-pr

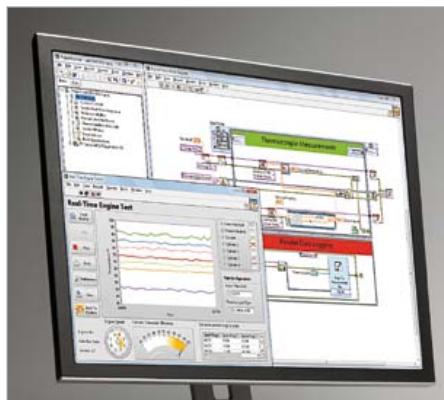


la commercialisation rapide des systèmes de communication d'avant-garde pouvant prendre en charge la demande sans cesse croissante en bande passante réseau. Le Stratix V GT prend en charge la croissance rapide du trafic réseau lié aux services et aux applications internet et IP. Le FPGA

INFO & ACTUALITÉS

intègre plus de dix années d'innovations en matière d'émetteurs-récepteurs développés en interne par Altera en procédé haute performance 28 nm (28HP). Il prend en charge les applications de fonds de panier, de module optique et puce à puce grâce à quatre émetteurs-récepteurs 28 Gbit/s, 32 émetteurs-récepteurs 12,5 Gbit/s full duplex et jusqu'à 4 interfaces mémoires DIMM DDR3 de 72 bits prenant en charge 2133 Mbit/s. Les émetteurs-récepteurs sont conformes à la spécification CEI-28G tout en consommant 200 mW par canal, ce qui diminue considérablement le ratio consommation/débit du système. Altera a mis sur son site une vidéo intitulée « *Sneak Peek : Industry's First 28-Gbps FPGA* » montrant les performances des émetteurs-récepteurs. Les FPGA sont optimisés pour la nouvelle génération d'applications 40G/100G et au-delà utilisées dans les systèmes de communications, les équipements de tests haut de gamme et les systèmes de communications militaires. Ces circuits possèdent le plus haut niveau d'intégration avec jusqu'à 622 K éléments logiques, 512 multiplicateurs 18 x 18, des blocs de propriété intellectuelle PCI Express (PCIe), 10-Gbit/s Ethernet (10GbE) en hard et prennent en charge les tout derniers protocoles série haut débit.

(110512-4) www.altera.com/stratix5



- développement rapide d'interfaces utilisateurs plus modernes, avec une nouvelle palette de commandes et d'indicateurs
- réutilisation du code avec le support des binaires de .NET, des structures .m et des nouvelles IP de Xilinx pour le module LabVIEW FPGA
- division par cinq du temps nécessaire au chargement, à la liaison, à l'édition et à la compilation du code FPGA
- construction et distribution par programme d'exécutables sur cibles
- génération de fils d'exécution (*threads*) asynchrones pour créer des applications multithreads plus rapidement avec une nouvelle API de communication.

(110512-5) www.ni.com/labview/f

LabVIEW fête ses 25 ans

National Instruments a dévoilé LabVIEW 2011, une version qui marque le 25e anniversaire de son logiciel de conception de systèmes. Il y a vingt-cinq ans, NI a donné naissance à LabVIEW dans le but d'aider les ingénieurs à se focaliser sur l'innovation plutôt que de se débattre avec la complexité de la programmation textuelle et les problèmes d'intégration système. Depuis, il est devenu le logiciel de conception de systèmes de mesure et de contrôle le plus populaire. Avec chaque nouvelle version, qu'il s'agisse d'assurer l'intégration avec la dernière génération de matériels, d'introduire de nouvelles bibliothèques et API, ou d'implémenter des fonctionnalités demandées par les utilisateurs, l'objectif principal est d'augmenter la productivité dans un maximum de situations d'ingénierie.

LabVIEW 2011 apporte des gains de productivité significatifs dans une grande variété de tâches, notamment grâce aux atouts suivants :

XBee permettent de développer désormais des produits sans fil monocarte prenant en charge les protocoles 802.15.4, ZigBee, ZigBee Smart Energy, 2,4 GHz, 900 et 868 MHz et Wi-Fi, ainsi que le protocole propriétaire DigiMesh.

Idéal pour les secteurs de la gestion de l'énergie, des réseaux de capteurs sans fil et de la gestion intelligente des biens, le module offre des fonctions de mise en réseau 802.11 b/g/n, ainsi que des interfaces série SPI et UART flexibles. La couche physique 802.11 b/g/n, le MAC de bande de base et la pile TCP/IP de ce module permet d'ajouter une connectivité Wi-Fi à des produits en les connectant tout simplement au port série du module XBee Wi-Fi. Ce dernier, qui fait l'objet d'un test intégral en usine, est fourni avec une certification modulaire pour les États-Unis, l'Union européenne, le Canada et un certain nombre d'autres pays, ce qui permet d'accélérer les délais de commercialisation des produits, tout en réduisant les frais de développement et la complexité de la conception.

Des kits de développement XBee Wi-Fi sont désormais disponibles au prix de 102 €.

(110512-7)

www.digi.com/xbeewifi

Des JFET SiC destinés à l'audio haut de gamme

Module XBee Wi-Fi

Digi International présente le module embarqué XBee Wi-Fi, offrant des capacités de mise en réseau série vers Wi-Fi basse consommation au format populaire XBee. Le format et l'interface de programmation d'application (API) communs des modules



SemiSouth Laboratories a lancé une nouvelle famille de JFET SiC économiques destinée à des applications audio de haut de gamme. Les SJEP120R100A et SJEP120R063A présentent une très bonne linéarité et la meilleure distorsion de leur catégorie. Compatibles avec les circuits intégrés drivers de porte standards, ces deux versions présentent un coefficient de température positif pour faciliter la mise en parallèle, une commutation extrêmement rapide sans courant résiduel jusqu'à une température de fonctionnement maximum de 150 °C et une faible résistance $R_{DS(on)} \text{ max}$ de respectivement 0,100 Ω et 0,063 Ω. Ces composants sont disponibles en boîtier TO-247, le modèle à 100 mΩ est également disponible sous forme de puce pour intégration dans des modules.

Selon le fabricant les JFET basse puissance ont un grand potentiel dans les circuits audio. Avec les nouveaux composants, ce potentiel peut être exploité dans des ampli-



fificateurs de puissance linéaires fiables. Dans des topologies push-pull, ils permettent une amélioration de 50 % à 70 % de la distorsion et dans des circuits asymétriques, l'amélioration est de presque dix fois. Actuellement, l'entreprise produit de façon profitable un petit amplificateur audio de haut de gamme utilisant les transistors SJE120R100A et elle a démarré le développement d'autres amplificateurs de puissance supérieure les utilisant avec les transistors en mode déplétion SJDP120R085.

Comparés à des JFET SiC conventionnels pour les applications de puissance, les prix de ces transistors audio ont été réduits d'environ 15 %.

(110512-8)
www.semisouth.com

Une PME française primée deux fois aux États-Unis



Saphir, une PME française spécialisée en acquisition et traitement numérique de signaux a été distinguée deux fois par la société National Instruments ! En effet, à l'occasion de la conférence NIWeek qui se déroule chaque année à Austin, Texas (États-Unis), le cofondateur et CEO de la firme texane, James Truchard, a personnellement remercié la PME gauloise parmi 26 entreprises du monde entier pour sa contribution à la *virtual company* en tant que membre du partenariat NI-Alliance Partner. Saphir, fondée en 1989, est sans doute la plus ancienne des partenaires, elle participait déjà aux rencontres technologiques *developpers days* qui ont précédé la formule NIWeek qui réunit à présent plus de 3000 acteurs scientifiques et industriels du monde entier. L'entreprise française a non seulement été remarquée par la qualification de son logiciel ModBusVIEW au rang de Silver Product, mais elle a surtout été primée avec son logiciel SmartSQLVIEW for MySQL élu *LabVIEW add-on of the year* pour la catégorie Innovation. L'outil ModBusVIEW facilite l'intégration d'un ordinateur ou d'un contrôleur temps réel en tant que client ou serveur au sein d'un réseau ModBus. SmartSQLVIEW for MySQL permet de connecter les applications de mesures et de test à MySQL, la base de données Open Source la plus populaire au monde.

(110512-9) www.saphir.fr

Routeur pour Smart Grid

Eurotech annonce une commande de 1,7 million de dollars pour la fourniture de routeurs mobiles ZyWAN à un fournisseur d'électricité desservant plus de 2 millions de clients. La commande, dont la livraison est prévue avant la fin de l'année 2011, permet à la compagnie de développer la technologie *Smart Grid* (réseau de distribution d'électricité « intelligent ») connectant sans fil les compteurs intelligents des particuliers et entreprises clients et permettant des opérations de télésurveillance et d'acquisition de données.



Le routeur mobile transmet sans fil et en temps réel les données du réseau électrique. Il permet ainsi au fournisseur d'avoir un point d'accès au réseau fiable et perfor-

mant, lui donnant un état complet du réseau.

Le fournisseur peut envisager une gestion quasi temps réel de l'utilisation de l'électricité par le client final. Cette application permet au client de bénéficier de nombreux avantages tels que les relevés automatiques des compteurs évitant ainsi une visite à domicile, ainsi que des notifications de coupures d'électricité pour améliorer la gestion de la remise en service.

(110512-6)
www.eurotech.com

Publicité

**PCBs
Muuuch Cheaper...**

16.94 EURO*

5 pcbs, 100 mm x 100 mm
 *per piece, incl. VAT (21%)
 + shipping costs e. g. Germany 10.71 EURO

No-frills policy

www.jackaltac.com

Jackaltac®

Le rêve du vol électrique

Du dirigeable électrique (1884) au défi « Green Flight » (2011)



Ernst Krempelsauer (Elektor Allemagne)

Le rêve du vol électrique n'en est plus un depuis longtemps. Le premier avion à propulsion électrique approuvé pour le transport aérien est déjà produit depuis 2004. La maison-mère d'Airbus EADS a déjà mis au point des concepts de propulsion « tout-électrique » pour les futurs avions de ligne. Nous évaluons la situation qui règne dans ce domaine de la mobilité électrique et le Green Flight Challenge. Ce dernier est le concours des aéronefs écologiques qui, avec les 1,65 million de dollars de la NASA, constitue le concours de vol le mieux récompensé de tous les temps.

(Source: EADS)

Contrairement au flot de rapports sur les voitures électriques, la mobilité électrique dans le domaine de l'aviation n'attire que peu l'attention. La propulsion électrique d'aéronefs est aussi ancienne que l'aviation moderne elle-même : l'heure de sa naissance

remonte au parcours circulaire d'un aérostat en 1884. Celui-ci devait sa dirigeabilité à une hélice géante entraînée par une batterie.

Du dirigeable électrique au vol électrique

Le dirigeable « La France » (figure 1), construit par Charles Renard et Arthur Krebs aux environs de Paris, était entraîné par un moteur 5,6 kW (puis 6,3 kW) à courant continu [1]. Celui-ci était alimenté par une pile chlorochromique de 435 kg. La source d'alimentation inventée par Renard lui-même est la première application de la pile à flux redox [2] qui ne fut redécouverte que dans les années 1950 et est considérée actuellement pour le lissage de pointes du réseau électrique. Le moteur électrique décolle de nouveau après une absence de plus de 70 ans :

Le constructeur de modèles d'avions Fred Militky a réussi, après de nombreuses tentatives infructueuses, à développer un avion modèle électrique baptisé « Silentius » [3]. Il a été lancé sur le marché en 1960, sous forme de kit. L'entraînement de la grande hélice repliable se composait d'un petit (2 à 4 V) motoréducteur avec induit en cloche (Micro T 3/15) de Faulhaber. Il consommait 1,5 A

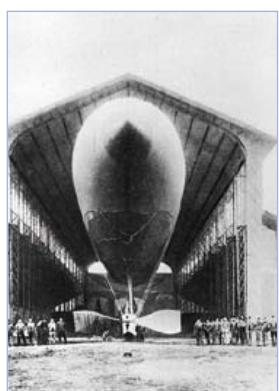


Figure 1. Pionnier s'il en fut un : En 1884, le dirigeable « La France » a été le premier dirigeable vraiment orientable, le premier aéronef à propulsion électrique et représente la première application mondiale d'une batterie à flux redox du monde. (Source : Wikimedia Commons/ Foto von 1885, 2001 National Air and Space Museum, Smithsonian Institution)

au plus et ne dépassait donc que de peu 5 W de puissance, ce qui permettait tout de même d'atteindre un rendement de 70 %. Le courant était fourni par deux petits accumulateurs au plomb de 2 V « Rulag » sans dégagement de gaz. Le modèle pesant 140 g peut être construit encore aujourd'hui selon les plans – le moteur est en effet un Graupner [4] disponible depuis 51 ans !

Il a fallu patienter jusqu'en 1973 pour assister au premier vol électrique habité d'un « plus lourd que l'air ». Dans ce cas aussi, il s'est agi d'une initiative de Fred Militky.

Motoplaneur électrique

Le premier avion électrique piloté du monde, qui a bénéficié du soutien de Militky [5], a pris son envol en octobre 1973 à Wels (Autriche) : il s'agissait d'un motoplaneur HB-3 converti de l'essence à l'électricité au moyen d'un moteur Bosch de 10 kW à courant continu [6] et d'un accumulateur VARTA NiCd pesant 125 kg. Cela a permis au constructeur Heino Brditschka d'effectuer un vol électrique de 14 minutes au cours duquel il a atteint une hauteur de 360 mètres. Cette performance n'a été surpassée qu'en 1981. L'avion solaire utilisé était inspiré par les avions à propulsion musculaire de la fin des années 1970.

La propulsion électrique basée sur des cellules solaires était jusqu'ici de nature largement... spéculative. Elle pourrait à présent trouver un marché en liaison avec les systèmes d'accumulateurs actuels. Les meilleures conditions pour une « électrification » sont offertes par les planeurs à moteur rétractables. En mode planeur, l'entraînement est complètement escamoté dans le fuselage derrière le cockpit. Le moteur et l'hélice ne servent normalement qu'au décollage et au vol ascensionnel jusqu'à la hauteur requise pour le vol à voile. Ils servent sinon de propulseur auxiliaire ou « d'assistance retour à la base départ » pour éviter d'atterrir hors d'un terrain d'aviation en cas de fléchissement des ascendances thermiques. La solution conventionnelle fait appel à un moteur à deux temps ou Wankel de puissance relativement faible (de 15 à 50 kW) et peu gourmand en carburant. Elle présente quelques inconvénients par rapport à la propulsion électrique : bruit, vibrations, comportement de démarrage et de régime pas toujours fiable, technologie relativement complexe (démarreur électrique, frein de l'hélice, dispositif de verrouillage en position de repos, etc.) dans un espace restreint. Le moteur électrique constitue une solution beaucoup plus élégante. Cela ne s'applique toutefois pas à l'accumulateur : le contenu énergétique d'un réservoir de carburant (plein) d'un volume de 20 l est de 175 kWh. Un accumulateur Li-ion de même taille ne stocke par contre qu'environ 5 kWh, tout en étant significativement plus lourd. Le système électrique (moteur et régulateur) fait toutefois preuve d'une efficacité de plus de 90 %. Malgré la faible densité énergétique de l'accumulateur, il permet de satisfaire aux exigences énergétiques spécifiques du pilote du planeur. Compte tenu des avantages de la propulsion électrique, le succès sur le marché devient essentiellement une question de coûts.

Le premier planeur autonome commercial à moteur électrique rétractable a été développé à Aix-la-Chapelle en 1991 par Air Energy [7]. Cet AE-1 Silent a effectué son premier vol en 1997 et a reçu en 1998 une certification de type en tant que premier avion



Figure 2. Antares 20E de Lange Aviation – ici dans la version DLR avec pile à combustible et le réservoir d'hydrogène dans les réservoirs d'aile. Il s'agit du premier avion électrique approuvé par l'EASA avec le seul moteur électrique déjà approuvé comme moteur d'avion. (Source : DLR)

électrique du monde (avec 12 m d'envergure et un poids à vide de 195 kg comme avion ultraléger). Le moteur électrique de 13 kW pèse 8,5 kg. L'accumulateur Li-ion dans la version actuelle pèse 35 kg et stocke 4,1 kWh.

Le premier planeur électrique de hautes performances a été l'Antares de Lange Aviation [8]. Il vole aussi pour le DLR (Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Centre allemand de recherche aérospatiale) comme avion de recherche (figure 2) propulsé par des piles à combustible hydrogène [9]. L'appareil, déjà produit en série depuis 2004, dispose du premier et actuellement du seul bloc propulseur électrique approuvé par l'EASA/ASEA : l'EM42 est un moteur CC sans balais (moteur à aimant permanent et rotor extérieur) avec 25 cm de diamètre et 27 cm de longueur, qui consomme une puissance maximale de 42 kW à une tension de 190 à 288 V et à un courant de fonctionnement maximum de 160 A. Le moteur a un rendement de plus de 90 % et un couple maximum de 216 Nm avec un poids d'environ 29 kg dans la version de série. Ajoutons presque 10 kg pour l'électronique de puissance intégrée dans le fuselage. Le moteur et l'électronique [10] ont été développés en Suisse de 1996 à 1998 à la Haute École Spécialisée bernoise (actuellement Haute École Spécialisée bernoise). L'utilisation d'un moteur pas-à-pas constitue une particularité : il offre un positionnement précis de l'hélice pendant le repliement de celle-ci.

Le stockage d'énergie est assuré par 72 éléments Li-ion VL41M de SAFT [11]. Un élément unique fournit 44 Ah à 3,7 V, ce qui signifie 266 V et 12 kWh pour le tout. Il suffit de quatre minutes à peine pour qu'Antares s'élève à 1000 m et de 13 minutes pour atteindre 3000 m (au maximum). En l'absence d'ascendances thermiques, cette hauteur suffit pour planer pendant plus de 1,5 heure et sur une distance de 150 km. L'électronique inclut la commande moteur, la surveillance de l'accumulateur (y compris la télémétrie par modem

Voler avec une pile à combustible H2

Deux projets d'avion électrique, il y de cela environ 10 ans, comportaient un système de propulsion basé sur une pile à combustible. La NASA était impliquée dans l'un, Boeing dans l'autre. Lors de l'Aero 2003 (Friedrichshafen), un planeur à moteur (Super Dimona) a été présenté comme test du projet de Boeing, et le vol inaugural a été annoncé peu après pour le 17 décembre 2003 (centième anniversaire du premier vol motorisé). Il n'a eu lieu qu'en mars 2008, mais il s'agissait malgré tout du premier vol habité avec pile à combustible hydrogène. La puissance de cette dernière ne suffisait toutefois que pour le vol stationnaire. Il fallait donc recourir à un accumulateur Li-ion pour le démarrage. Un départ sans assistance de l'accumulateur a réussi en juillet



2009 avec le motoplaneur Antares-E décrit dans cet article. La version de recherche Antares DLR-H2 [27] du DLR a été équipée d'un réservoir d'hydrogène et d'une pile à combustible 25 kW dans deux bacs externes sous la surface portante. Cela permet à Antares DLR-H2 d'atteindre une vitesse de 170 km/h avec une portée de 750 km. Autrement dit, il peut effectuer un temps de vol de cinq heures. Il est aussi titulaire d'un record d'altitude de 2558 mètres.

Son successeur, Antarès-DLR-H3 [28], basé également sur Antarès, est en cours de fabrication. Avec quatre bacs externes, une hélice installée en permanence à l'arrière et 23 m d'envergure, il devrait déjà démontrer des capacités de vol impressionnantes à partir de 2012 : une portée de 6000 km et 50 heures de vol avec 200 kg de charge utile.

GSM), le chauffage de l'accumulateur et le chargeur intégré (9 h de charge à 230 V ou 110 V). Les éléments VL41M de SAFT doivent atteindre plus de 3000 cycles et une durée de vie calendaire de 20 ans à 20 °C. Ils seront disponibles jusqu'en 2031.

La technique de propulsion de Lange servira dorénavant aussi à l'autolancement motorisé du planeur biplace à hautes performances Arcus-E de l'avionneur Schempp-Hirth [12] (premier vol en 2010). Le premier avion électrique biplace à avoir volé (en 2007) est toutefois le planeur à moteur rétractable Taurus Electro de l'entreprise Pipistrel [13] située en Slovénie. La version de production vole depuis cette année avec l'homologation encore provisoire d'un ultraléger motorisé. Un moteur à rotor extérieur avec puissance initiale de 40 kW et de 30 kW en continu assure la propulsion. Les blocs d'accumulateurs se composent de 128 ou 192 éléments LiPo de 10 Ah (4,75 kWh ou 7,1 kWh pour un poids de batterie de 42 kg). Le Taurus sert aussi de base à l'avion Pipistrel du concours « Challenge Green Flight ».

Expériences

Les dix dernières années ont vu la naissance d'un milieu branché se consacrant au vol électrique. Il se vole aussi bien aux para-

pendes motorisés qu'aux d'hélicoptères Sikorsky électriques. De nombreux projets sont basés sur une « électrification » des versions expérimentales existantes, principalement à partir d'avions amateurs et ULM. Par exemple, en 2009, une équipe de l'Université de Turin a motorisé électriquement le biplace ULM Alpi 300 alimenté par 62 kW et a effectué un vol d'essai à 250 km/h, un record de vitesse sans doute encore valable pour les avions électriques [14]. Le temps de vol était toutefois limité à moins de 15 minutes. Quant au projet Sikorsky Firefly [15], il a été basé sur un hélicoptère de série (Hughes/Schweizer 300) transformé. Le moteur électrique 140 kW et les accumulateurs allemands Li-ion (GAIA) lui permettront bientôt de voler (brièvement). Même Cessna démontrera sans doute bientôt qu'un C172 (le quadriplace le plus construit du monde) est capable de voler électriquement [16], au moins durant quelques minutes.

Ne négligeons toutefois pas les récents développements commerciaux spécifiques du vol électrique : le biplace Yuneec E430 [17] qui nous vient de Chine (figure 3) et l'Electra One monoplace (figure 4) de l'entreprise de développement allemande PC-Aero [18]. Alors que le Yuneec est conçu comme un planeur à moteur léger, prévu



Figure 3. Le Yuneec E430 est le premier avion électrique de Chine et a été développé par un fabricant de modèles d'avions électriques.. (Source : Yuneec)



Figure 4. L'Electra One de la société allemande de développement PC-Aero participe au Green Flight Challenge (GFC). Il sera proposé ci-inclus un hangar à toit solaire de Solarworld pour recharger les accumulateurs. (Source : PC-Aero, Copyright Shahn Sederberg)

Tableau 1. Comparaison entre Elektra One et Yuneec E430

	Elektra One	Yuneec 430
Nombre de places	1	2
Envergure	8,6 m	13,8 m
Poids à vide (sans batteries)	100 kg	171,5 kg
Poids batterie(s)	max. 100 kg	83,5 kg
Poids à vide (avec batteries)	max. 200 kg	255 kg
Charge utile	100 kg	175 kg
Poids Max.	300 kg	430 kg
Puissance max. du moteur	16 kW (22 ch)	40 kW (54 ch)
Type accu	LiPo	LiPo
Capacité	pas disponible	100 Ah
Tension batterie(s)	pas disponible	133,2 V
Vitesse de croisière	160 km/h	95 km/h*
Durée de vol	> 3 h	environ 2h*
Portée	max. 500 km	environ 190 km*

* Valeurs provisoires

pour les déplacements, Elektra One économise l'énergie en diminuant le poids et les dimensions avec une qualité aérodynamique élevée. Les principales données sont résumées dans le **tableau 1**. Il est aussi intéressant de noter que Yuneec n'a produit jusqu'à présent que des modèles réduits d'avions électriques – mais en très grand nombre...

Green Flight Challenge

Le Green Flight Challenge (GFC) doté d'un prix de 1,65 million de dollars en espèces par la NASA a été mis au concours en 2009 par le CAFE (Comparative Aircraft Flight Efficiency Foundation) pour les avions particulièrement efficaces [19]. Google est un autre commanditaire. La compétition aura lieu fin septembre au 2011 à Santa Rosa, en Californie.

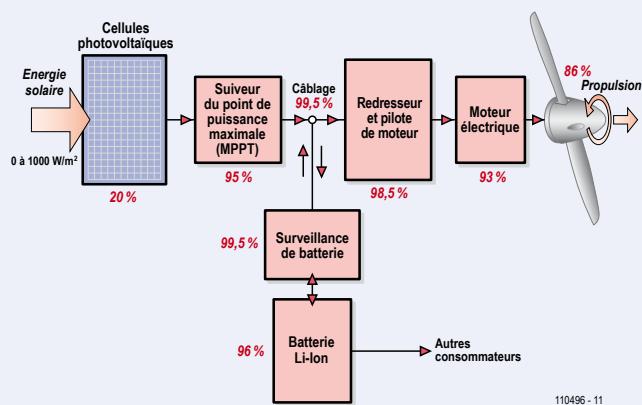
Tableau 2. Équipes et avions qualifiés pour le Green Flight Challenge

N°	Équipe	Avion (Version expérimentale)	Sièges	Envergure	Puissance max.	Propulsion (Moteur de sortie)
1	Einar Enevoldson PC Aero (Allemagne)	Elektra 1	1	8,6 m (28,2 ft)	16 kW (21 ch)	Électrique
2	Gene Sheehan Feuling GFC (USA)	Team Feuling GFC	1	5,1 m (16,7 ft)	16 kW (21 PS)	Électrique
3	Gregory Cole Windward Performance (USA)	Goshawk	2	15,5 m (51,0 ft)	pas disponible	Électrique
4	Lawrence Speer Green-Elis (France)	Greenelis PXLD	2	10,8 m (35,5 ft)	30 kW (41 ch)	Biodiesel (Smart-Diesel)
5	Mike Stude Michael Stude (USA)	Wings of Salvacion	1	5,1 m (16,7 ft)	32 kW (44 ch)	Éthanol
6	Richard Anderson Embry-Riddle Aeronautical Université/Stemme (Allemagne)	EcoEagle (Stemme S10)	2	22,9 m (75,0 ft)	100 kW (136 ch)	Bioessence/hybride (Rotax 914F)
7	John W. McGinnis Synergy (USA)	Synergy	6	9,8 m (32,0 ft)	142 kW (193 ch)	Biodiesel
8	Greg Stevenson GSE-Aerochia (USA)	Econo-Cruiser 3000	2	14,7 m (48,3 ft)	15 kW (20 ch)	Bioessence/hybride
9	Ira Munn IKE Aerospace (USA)	SERAPH	1	4,6 m (15,0 ft)	30 kW (41 ch)	Biodiesel/hybride
10	Eric Raymond e-Genius/Université Stuttgart (Allemagne)	e-Genius	2	16,9 m (55,4 ft)	60 kW (82 ch)	Électrique
11	Jim Lee Phoenix Air (Tchéquie)	PhoEnix (Phoenix)	2	14,4 m (47,3 ft)	44 W (60 ch)	Électrique
12	Scott Sanford Yuneec (Chine)*	Yuneec E 1000	3	17,0 m (56,0 ft)	120 W (163 ch)	Électrique
13	Jack Langelaan Penn State University/Pipistrel (Slovénie)	Taurus G4 (Taurus)	4	21,0 m (69,1 ft)	145 W (197 ch)	Électrique

* Participation retirée, voir texte

Avions solaires

L'histoire du vol solaire [29] débute aussi par un avion sans pilote. Le Sunrise I de 10 kg de Ray Boucher en Californie a volé pour la première fois en 1974. Le modèle suivant en 1975 a déjà atteint une hauteur de 5000 m. En Europe, Fred Militky a accompli en 1976 le premier vol avec un avion solaire télécommandé. Les avions à propulsion humaine Gossamer Condor et Albatros du légendaire Paul MacCready ont ouvert la voie au vol solaire piloté. Une version plus petite de l'Albatros, le Gossamer Penguin, équipée d'un panneau solaire et d'un moteur électrique a été, en 1980, le premier avion solaire avec une femme, Janice Brown, aux commandes. Elle a parcouru une distance de 3 km en 14 minutes. L'étape suivante a été accomplie par le Solar Challenger de MacCready dont l'envergure n'était que de 14 m. Il a volé de Paris à Londres en juillet 1981.



En Allemagne, en 1983, le professeur de design Günther Rochelt a réussi à accomplir un vol de près de six heures avec son planeur ultra-léger Solair 1 alimenté à l'électricité solaire – mais grâce aux ascendances thermiques. Avec un planeur solaire de conception similaire, le Sunseeker, Eric Raymond a réussi en 1990 à traverser les États-Unis en deux semaines. Les deux appareils ne disposaient que 2,2 kW de puissance de départ. C'était un ordre de grandeur de moins que l'Icare 2 de l'Université de Stuttgart qui, avec 14 kW, a remporté en 1996 le concours Berblinger. Les performances des cellules solaires permettent à cet avion de parcourir une distance de vol d'environ 500 km sans faire appel aux ascendances thermiques.

Le projet Solar Impulse [30] des Suisses Bertrand Piccard et André Borschberg surpasse de plus d'un ordre de grandeur ce qui a été accompli jusqu'à présent. Il devrait être possible de faire le tour de la terre dans un avion sans carburant [31]. La figure, qui montre la structure de base d'une propulsion solaire, illustre le problème fondamental.

Les indications sur le rendement nous montrent que seulement 13 % de l'énergie solaire reçue (environ 500 W/m² en été) parvient à l'hélice. Cela est dû à la faible efficacité d'environ 20 % des cellules photovoltaïques. Comme il faut prévoir des réserves pour la nuit dans les accumulateurs le chiffre moyen obtenu pour 24 heures est encore plus bas. Par conséquent, l'avion doit avoir une très grande surface solaire qui doit être extrêmement légère pour pouvoir voler malgré



la faible puissance de propulsion. Partons d'une moyenne de 250 W/m² d'énergie solaire sur 24 heures. Le moteur dispose d'environ 12 % = 30 W/m² de panneau solaire en tenant compte des pertes des accumulateurs. La surface solaire installée sur les ailes et l'empennage horizontal de Solar Impulse est de 200 m². Donc, une puissance de 6 kW (8,2 ch) doit suffire pour garder en l'air jour et nuit un avion de 1,6 tonne et le propulser à environ 70 km/h (pour comparaison : le premier avion des frères Wright en 1903 disposait de 12 ch). Cela se peut. Le prototype de Solar Impulse (premier vol 2009) l'a déjà démontré par des records de vol solaire (9000 m d'altitude et 26 heures de vol).

Le concours ne prévoit pas de mode spécifique de propulsion. Il exige deux vols sur une distance de 200 miles (322 km) avec une vitesse moyenne de 100 miles/h (161 km/h). L'efficacité énergétique doit être de 200 miles de passagers par gallon d'essence ou par 33,7 kWh (équivalent énergétique). Chaque occupant compte comme passager. Ceci signifie une consommation maximale de 2,36 l/100 km avec un avion biplace et de 1,18 l/100 km avec un monoplace !

Cela entraîne donc pour un avion électrique une limite de 21 kWh (biplace) et de 10,5 kWh (monoplace) pour 100 km. Treize équipes se sont qualifiées pour participer (**tableau 2**). Leurs aéronefs sont basés sur tous les systèmes de propulsion et concepts imaginables : de 1 à 6 places, de 5 à 23 m d'envergure, de 15 à 145 kW (20-197 ch) de puissance, systèmes de propulsion à essence, au diesel (bio), à éthanol, électriques et hybrides. La tâche des moteurs aux biocarburants (biodiesel/éthanol) est particulièrement laborieuse. C'est pourquoi un « prix biocarburant » [20] devrait être aussi décerné pour des exigences réduites. La participation au GFC nécessite un chef d'équipe américain, mais six des aéronefs participants proviennent d'Europe. Le seul avion chinois (Yuneec E1000) a été retiré suite à un accident de test. Alors que les avions européens, hormis Elektra 1 et Greenelis, descendant de motoplaneurs, les États-Unis présentent quelques concepts futuristes comme « Synergy » (**figure 5**) et « Seraph » (**figure 6**). Mais les motoplaneurs aussi (**figure 7**) peuvent paraître exotiques... Les meilleures chances sont attribuées aux avions électriques biplaces et multiplaces. Par exemple, le biplace e-Genius (**figure 8** et **tableau 3**), développé et construit à l'Université de Stuttgart [21]



Figure 5. Le Synergy de six places participera au GFC avec un moteur biodiesel de 142 kW (193 ch).
(Source : CAFE Foundation Blog)



Figure 6. Le monoplace Seraph à propulsion biodiesel/hybride compte parmi les modèles les plus bizarres participant au GFC.
(Source : CAFE Foundation Blog)

semble ne poser aucun problème pour remplir les conditions du GFC. Un vol d'essai en juin 2011 a déjà permis de parcourir une distance de 341 km à une vitesse moyenne de 164 km/h et avec une consommation de 46 kWh (13,5 kWh aux 100 km), ce qui corres-

pond à une consommation d'essence de 1,5 l/100 km. En d'autres termes, 310 passenger miles per gallon (PMPG) comme l'expriment les Américains. L'exigence du GFC a été dépassée de 55 %. Félicitations !

Liens internet

- [1] http://rbmn.free.fr/Ballon_photos_10.html
- [2] www.poweringnow.com/technology/history
- [3] www.modellflugsport.ch/upload/museum/geschichte/modelle/Silentius.pdf
- [4] www.graupner.de/de/products/a1899b43-43cd-4cea-8e22-e05d381420e6/1725/product.aspx
- [5] www.flightglobal.com/pdfarchive/view/1973/1973%20-%20202921.html
- [6] www.airventure.de/historypics/Emose1.jpg
- [7] www.airenergy.de/index.html
- [8] www.lange-aviation.com
- [9] www.dlr.de/tt/desktopdefault.aspx/tabid-4935/8219_read-13587
- [10] http://ecweb.redcor.ch/fachtag-energie/referate/referate/ws2_2_andreavezzini_light.pdf
- [11] www.saftbatteries.com/Produit_Large_VLM_cell_range_301_62/Language/en-US/Default.aspx
- [12] www.schempp-hirth.com/index.php?id=nimbus-4dm1
- [13] www.pipistrel.si/plane/taurus-electro/overview
- [14] www.skyspark.eu/web/eng/index.php
- [15] <http://blog.cafefoundation.org/?p=1438>
- [16] <http://blog.cafefoundation.org/?p=1422>
- [17] <http://yuneec.com>
- [18] www.pc-aero.de
- [19] http://cafefoundation.org/v2/gfc_main.php
- [20] http://cafefoundation.org/v2/pdf_GFC/2011_06_30_GFC_Prize_Structure.pdf
- [21] www.ifb.uni-stuttgart.de/index.php/forschung/flugzeugentwurf/hydrogenius
- [22] <http://yuneec.com/paramotor.html>
- [23] www.flighthdesign.com/index.php?page=presentation
- [24] www.elektor.de/elektronik-news/hybrid-elektrisches-flugzeug.1871506.lynkx
- [25] www.pipistrel.si/plane/panthera/overview
- [26] www.eads.com/dms/eads/int/en/press/documents/Dossiers/Downloads/EADS-Brochure_VoltAir_English.pdf
- [27] www.dlr.de/tt/desktopdefault.aspx/tabid-4935/8219_read-13587
- [28] www.dlr.de/desktopdefault.aspx/tabid-6216/10226_read-26189
- [29] www.asl.ethz.ch/research/asl/skysailor/History_of_Solar_Flight.pdf
- [30] www.solarimpulse.com
- [31] www.mp.haw-hamburg.de/pers/Scholz/ewade/2009/EWADE2009_Ross_Paper.pdf

INFORMATIONS & PRINCIPES DE BASE



Figure 7. Ce Pipistrel venu de Slovénie pour le GFC a combiné deux planeurs à moteur Taurus dans un avion à double fuselage, avec un moteur électrique de 145 kW. Cela a un sens, car la compétition évalue la consommation par siège. (Source : Pipistrel)

L'avenir du vol électrique

La mobilité électrique aérienne n'est pas si différente de son équivalent sur le plancher des vaches : tout est dans l'accu ! Le côté propulsion – électronique moteur plus moteur proprement dit – a déjà largement atteint ses limites avec un rendement de plus de 90 %. L'état actuel de la technologie des accumulateurs suffit déjà pour l'autolancement de planeurs et les parapentes motorisés [22]. Des développements tels que l'E-Genius et l'Electra 1 pourraient créer bientôt un marché pour les planeurs de tourisme à moteur et les ULM électriques. Des panneaux solaires sur le hangar de l'avion (PC-Aero/SolarWorld) ou sur une remorque (Taurus-G2/Pipistrel) ou encore un générateur de vent (Arcus-E/Windreich) chargeront les accumulateurs. Le rêve de voler avec zéro émission d'énergie renouvelable deviendra réalité.

Une solution hybride pour les avions à moteur est possible. Un exemple est présenté avec Flight Design [23] et a déjà été démontré par EADS/Siemens/Diamond Aircraft [24].

Des progrès vraiment significatifs ne pourront être accomplis que par une nouvelle amélioration de la technologie des accumulateurs. Le producteur slovène Pipistrel est optimiste. Au cours du développement de ses avions de tourisme Panthera [25], il a conçu, outre un hybride/électrique, une version (ou vision ?) purement électrique.

Tableau 3. Caractéristiques techniques de l'e-Genius

Nombre de sièges	2
Envergure	16,9 m
Charge utile	180 kg
Poids max.	850 kg
Puissance moteur continue/crête	60/100 kW (82/136 ch)
Type de moteur	Moteurs synchrones à aimants permanents, refroidissement par eau
Poids/Diamètre/Longueur du moteur	27 kg/25 cm/28 cm
Diamètre de l'hélice à pas réglable	2,2 m
Accu	Li-ion/56 W
Poids total de l'entraînement (moteur, électronique et batterie)	336 kg
Rendement global du moteur et du convertisseur	> 90 %
Vitesse de croisière	de 140 à 235 kHz
Puissance ascensionnelle	4,5 m/s
Durée de vol	Max. environ 4h
Portée	> 400 km

Le moteur électrique de 145 kW à refroidissement par eau sera déjà testé dans le Taurus-G4 au cours du GFC (figure 7).

EADS, la maison mère de l'Airbus, étudie déjà des concepts de propulsion électrique pour les futurs avions de ligne. Le concept VoltAir publié en mai [26] repose sur des batteries lithium-air de 1000 Wh/kg remplaçables à chaud, sur des matériaux supraconducteurs pour les moteurs électriques et des câbles refroidis à l'azote liquide (figure 9). Ces moteurs (avec 7-8 kW/kg en projet) dépassent même le rapport puissance/poids d'un groupe turbopropulseur actuel. L'amélioration significative de l'efficacité de la propulsion tout comme celle de l'aérodynamique fournira aux compagnies aériennes d'ici 25 ans l'avion de leurs rêves : économique, silencieux, non polluant et beaucoup plus confortable que tout ce qui nous gâte le plaisir de voler à la pensée de ce que cela cause à l'environnement.

(110496, trad. Softcraft)



Figure 8. Initialement dénommé « Hydrogenius », le e-Genius de l'université de Stuttgart conçu avec une pile à combustible est désormais un avion électrique électrique très performant prenant part au GFC. (Source : e-Genius-Team, IFB Universität Stuttgart)

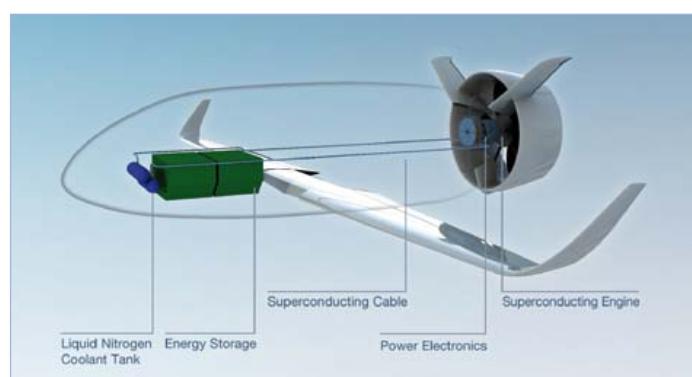
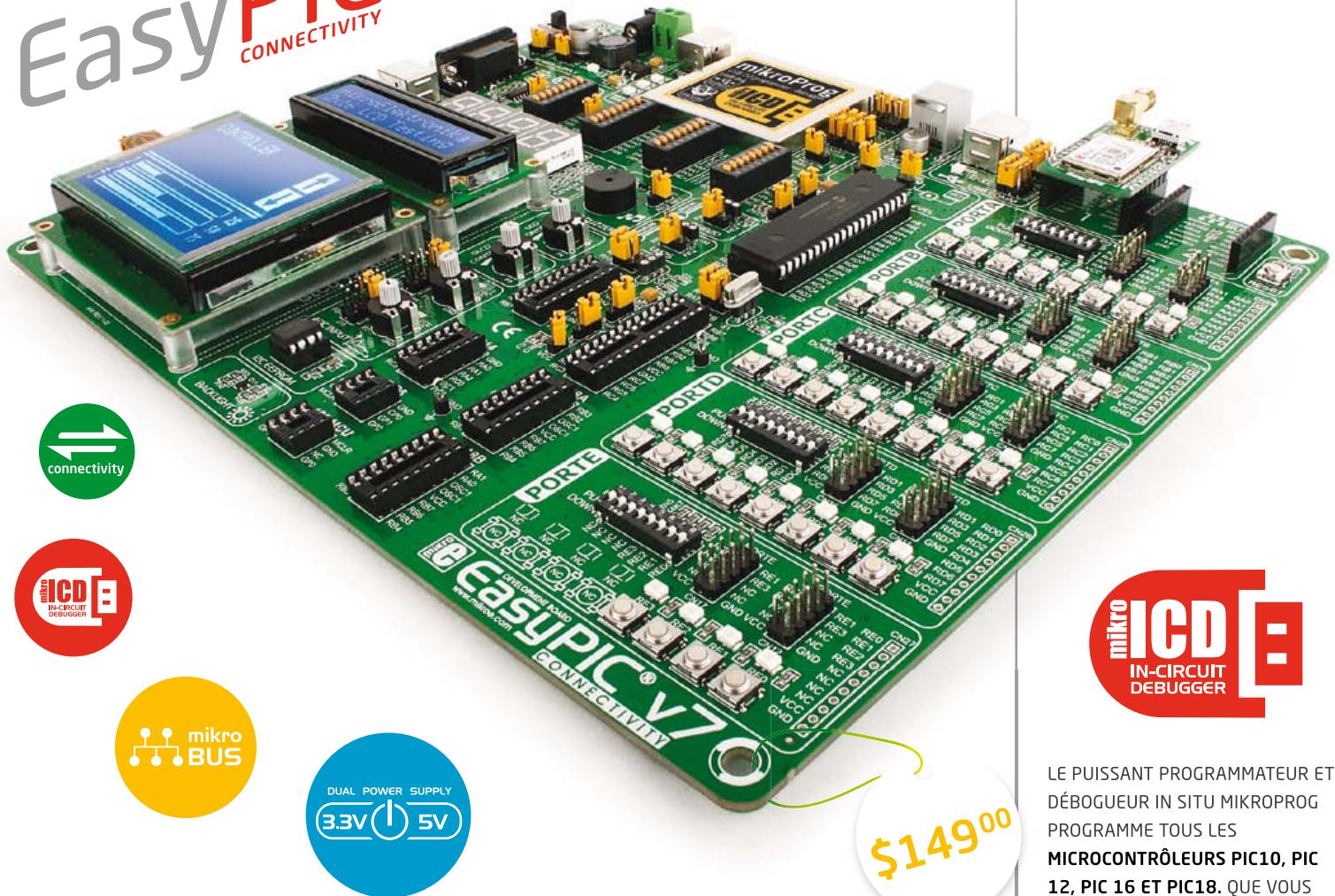


Figure 9. Le concept de propulsion VoltAir de l'étude conceptuelle d'EADS pour un avion de ligne électrique prévoit des matériaux supraconducteurs et un refroidissement par azote liquide pour les câbles et le moteur. (Source : EADS)

LA VOICI!

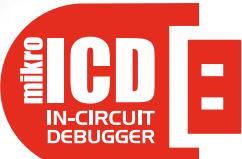
EasyPIC^{v7}
CONNECTIVITY



Qualité, conception et fonctions ultramodernes, tout ce qui a valu à la carte de développement EasyPIC son succès mondial se retrouve dans cette version 7. Sa **connectivité vous étonnera** : 4 connecteurs pour chacun des ports, groupés de façon logique avec leurs LED et boutons associés. Son puissant programmeur et débogueur in situ **mikroProg** gère plus de 250 dispositifs de **3,3 V et 5 V**. Trois types d'afficheurs, EEPROM série, deux capteurs de température, buzzer piézo, broches GND pour oscilloscope, RS-232 et FTDI, connecteur USB et **prise en charge du mikroBus** rendent cette station de développement PIC irremplaçable.



CONNECTEZ VOTRE CLICK BOARD™
C'EST PRÊT ! L'INTERFACE DE
COMMUNICATION SPÉCIALISÉE
MIKROBUS FACILITE VOS
DÉVELOPPEMENTS ET REND LA
CONNECTIVITÉ AUSSI SIMPLE
QU'EFFICACE. **TOUT EST**
MAINTENANT À PORTÉE DE CLIC!



LE PUISANT PROGRAMMATEUR ET
DÉBOUGEUR IN SITU MIKROPROG
PROGRAMME TOUS LES
MICROCONTROLEURS PIC10, PIC
12, PIC 16 ET PIC18. QUE VOUS
SOYEZ PROFESSIONNEL OU
DÉBUTANT, SA PRISE EN MAIN
FACILE ET SES PERFORMANCES
EXCEPTIONNELLES VOUS SERONT
INDISPENSABLES.

DUAL POWER SUPPLY



EASYPIC V7 EST LA SEULE CARTE
DE DÉVELOPPEMENT À GÉRER À
LA FOIS LES MICROCONTROLEURS
DE 3,3 V ET 5 V. **PLUS DE 250**
MICROCONTROLEURS SONT PRIS
EN CHARGE SUR UNE CARTE
UNIQUE GRÂCE À UNE TECHNIQUE
RÉVOLUTIONNAIRE. EASYPIC, LA
CARTE MULTI-CARTES!



Cours DSP audio

5e partie : structure des programmes du cours

Nous décrivons dans cet article la structure des programmes développés pour les applications du cours. Nous avons choisi une organisation dans un cadre identique pour toutes les applications, et des programmes individuels pour le traitement du signal audio. Le but est de faciliter l'accès à la programmation DSP et à l'utilisation des programmes du cours. L'article se termine par des trucs et astuces utiles pour l'utilisation de l'assembleur et la programmation du DSP.

Alexander Potchinkov (Allemagne)

Nous divisons le logiciel en deux parties. La première, que nous appellerons programme-cadre, est la même pour tous les programmes. La deuxième partie est la boucle audio, avec le traitement du signal audio, qui exécute individuellement les programmes du cours et les applications propres à l'utilisateur. Ces deux notions ont déjà été abordées dans le deuxième article de ce cours. Nous allons maintenant les transposer et les détailler dans la carte DSP et les applications de ce cours.

Tâches du programme-cadre

D'abord, le programme-cadre configure le DSP lui-même : nous fixons l'horloge du processeur et le système d'interruptions, nous installons une pile logicielle et quelques autres choses. Ensuite, le DSP est connecté aux composants périphériques de la carte DSP de façon à permettre l'échange de données audio et de commandes. Connecter aux composants périphériques signifie inscrire dans les registres les valeurs qui fixent les propriétés des interfaces du DSP. On peut dire que le programme-cadre règle le fonctionnement du matériel et rend son fonctionnement possible. Cela concerne dans notre cas cinq composants périphé-

riques, à savoir : CA/N, CN/A, SRC, EEPROM et port SPI, qu'on peut se représenter comme des planètes autour du soleil DSP. La **figure 1** montre ce « système solaire », les lignes continues représentent les transferts de données, et les lignes pointillées les signaux de commande, qui servent d'une part à programmer, d'autre part à transmettre des informations sur l'état des composants périphériques.

Le **CA/N** dispose de signaux d'horloge qui fixent la fréquence d'échantillonnage et le cadencement des transferts de données. Le **CN/A** est capable de reconnaître lui-même le rapport fixé par le DSP entre les fréquences maîtresse et d'échantillonnage et n'a donc pas besoin d'être programmé. Dans notre cas, ce rapport est 512.

Le **CN/A** reçoit aussi les signaux d'horloge qui fixent la fréquence d'échantillonnage et le cadencement des transferts de données. Comme le **CA/N**, le **CN/A** est capable de reconnaître les rapports fixés par le DSP et de les convertir correctement.

Le **SRC** ne peut pas fonctionner de façon « autonome » comme les **CA/N** et **CN/A**, il doit être programmé. La séquence d'octets du troisième article de la série configure les interfaces I²S et Digital-Audio du SRC. La pro-

grammation, effectuée par le DSP via le port SPI, fait partie du programme-cadre. Pour cela, l'interface SPI doit être configurée de façon à correspondre au protocole du SRC. Le SRC est d'abord remis à zéro par le DSP, puis une séquence de 54 octets lui est transmise.

La mémoire **EEPROM** peut être utilisée comme mémoire non volatile générale. Dans le cas où on souhaite utiliser la carte DSP avec une application figée sans recourir au débogueur, on peut démarrer le DSP à partir de la mémoire EEPROM. Le DSP contient à cet effet un programme chargeur (*bootloader*) dans une zone de ROM.

Le port **SPI** permet l'échange de données avec des composants extérieurs à la carte DSP. Dans le vumètre numérique de notre cours, nous utilisons le port SPI pour le pilotage du barregraphe à LED. Nous pouvons aussi, par exemple, raccorder au port SPI un microcontrôleur avec clavier, un potentiomètre numérique (codeur angulaire) et un afficheur à cristaux liquides, pour modifier au vol les paramètres de notre programme DSP, comme les fréquences de notre générateur sinusoïdal.

Structure du programme-cadre

Le programme-cadre est constitué de quatre parties :



1. Déclarations générales

- Définition de la carte de la mémoire pour les variables du programme. Nous avons prévu pour cela des adresses fixes en mémoire.
- Définition des valeurs des constantes nécessaires au programme.
- Saisie des vecteurs d'interruption stockés dans le fichier *ivt.asm*.

2. Configuration du DSP

Les réglages du DSP (configuration du noyau du processeur et des interfaces de périphériques) s'effectuent par l'écriture de registres à 24 bits accessibles dans la partie supérieure de l'espace adressable de \$FFFF80 à \$FFFFFF. Cette plage d'adresse inclut 128 adresses, nous en utilisons 18. Elle est désignée par le fabricant comme Internal I/O Memory Map. Pour notre DSP56374 en boîtier à 52 broches, seule la mémoire X est utilisée. L'écriture des registres se fait avec l'instruction spéciale *movep* (Move Peripheral Data), qui permet d'écrire directement dans le registre choisi, sans le détour par les registres du processeur comme dans les instructions *move* ordinaires. Exemple : l'instruction *movep* #\$D17D00, x:RCR, qui règle le registre RCR (Receive Clock Register). Ce registre fixe les propriétés de la partie réception de l'interface audio. RCR est un acronyme logique (tout comme les mnémoniques du langage assembleur) derrière lequel se cache l'adresse \$FFFFBF, qu'on ne pourrait guère retenir. C'est pourquoi nous utilisons dans tous les programmes le fichier auxiliaire *mioequ.asm*. Toutes les adresses des registres d'E/S, entre autres, y sont associées à des abréviations significatives, ce qui facilite grandement le travail du programmeur. Ce fichier est appelé par la directive assembleur *include*.

- Début du programme à la valeur \$000000 du compteur ordinal, chargée par la remise à zéro du DSP. La première instruction est un saut à l'adresse \$100 qui se trouve après le tableau des vecteurs d'interruption et d'autres adresses internes du DSP. Maintenant le travail du programme proprement dit commence.

- Blocage de toutes les interruptions pour

les réglages du processeur qui suivent. Ainsi sont évités tous les blocages et « incidents » inattendus pendant que sont initialisés le noyau du processeur et les périphériques.

- Remise à zéro du pointeur de la pile matérielle *sp* et installation de la pile logicielle dans la mémoire X-RAM, à partir de l'adresse \$40, avec des adresses croissantes. Les réglages du DSP et de ses périphériques sont très longs, parce que la conception du DSP est compliquée et universelle. Nous ne voulons pas cacher que cette configuration d'un DSP n'est pas possible sans une étude détaillée du manuel et que c'est une vraie

tives aux fréquences audio usuelles. Pour les fréquences qui s'en écartent, nous devrons effectuer les calculs nous-mêmes. Nous supposons que la carte est équipée d'un oscillateur à quartz de 24,576 MHz. La PLL doit être réglée sur un facteur multiplicateur d'horloge de 6, par l'instruction *PCTL=#\$01E006*.

- La suite d'instructions *movec #0, sp movec #\$40, r6 et movec #-1, m6* remet à zéro le **pointeur de la pile matérielle** et installe la **pile logicielle**.

- **Interfaces audio** : réglage du fonctionnement maître à la fréquence de 24,576 MHz,

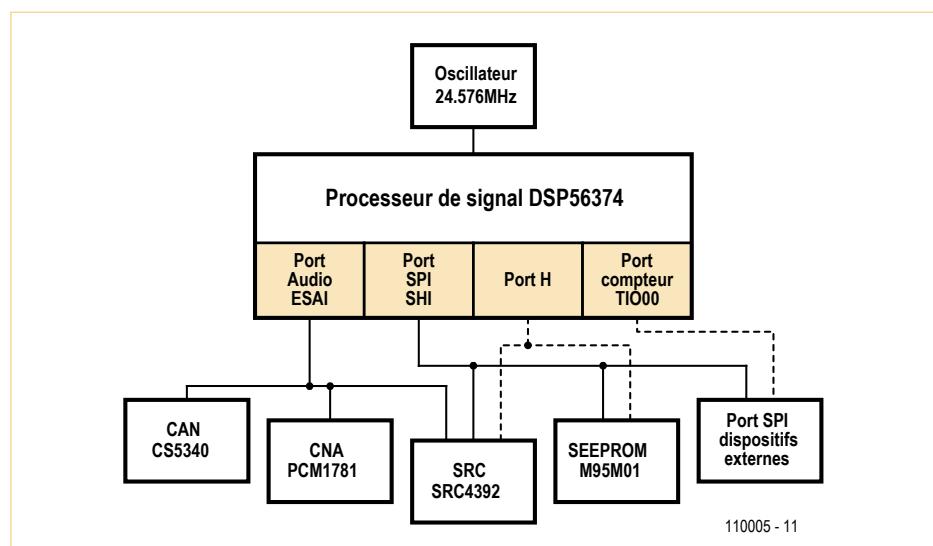


Figure 1 – Système solaire du DSP.

épreuve pour les débutants. Heureusement la conception du processeur est très logique et les manuels Freescale sont bien écrits. Une description pas à pas dépasserait largement le cadre imposé ici. C'est pourquoi nous nous en tiendrons aux indications les plus importantes :

- **Réglages de la PLL pour l'horloge du processeur.** L'horloge du processeur est réglée à 147,456 MHz, soit six fois la fréquence maîtresse audio et 3072 fois la fréquence d'échantillonnage de 48 kHz. Le réglage des diviseurs et multiplicateurs autorise pour le VCO une plage de fréquences de 300 à 600 MHz (nous l'utilisons à 589,824 MHz). On trouve dans les tableaux du manuel les indications rela-

fonctionnement en réseau avec deux canaux et des liaisons à 24 bits dans des trames de 32 bits, I²S, interruptions d'émission et réception, traitement des exceptions et Last-slot (canal droit). Un même contenu est écrit dans les registres émission et réception : *RCCR=TCCR=\$FDD302 et RCR=TCR=\$D17D00*. Avec *RSMA=RSMB=TSMB=#\$00FFFF*, on autorise ou interdit dans le trafic du réseau les canaux (qui peuvent être jusqu'au nombre de 32) individuellement en émission et réception. Avec le réglage choisi ici, tous les canaux possibles sont autorisés, nous n'en utilisons que deux. Avec *PCRC=PPRC=#\$000FFF*, le port C est configuré en port audio. Il est possible aussi

de configurer individuellement les broches du port C en entrées-sorties à usage général et en cas de besoin d'utiliser aussi notre port DSP sur le connecteur audio.

● **Interface SHI** : régler le mode SPI, le fonctionnement maître avec la fréquence d'horloge principale de 0,9216 MHz, sans interruption, `cpol=cpha=0`, filtre antitransitoire étroit, FIFO désactivé.

Programmation du SRC : données 8 bits, réglage `HCKR=#$002048` et `HCSR=#$000040`

Pilotage du barregraphe : données 16 bits, réglage `HCKR=#$002048` et `HCSR=#$000044`.

● Configuration du port H : le port H est utilisé pour le SRC et la mémoire EEPROM, en plus du réglage du mode de boot.

PH4 : entrée GPIO, signal de verrouillage de SRC4392

PH3 : sortie GPIO, remise à zéro du SRC4392
PH2 : fonction de broche MODC, mode de boot du DSP

PH1 : sortie GPIO, ChipSelect du SRC SRC4392

PH0 : sortie GPIO, ChipSelect de la EEPROM M95M01

La configuration est effectuée par `PCRH=#$000014` et `PFFH=#$00000F`.

3. Sections de programme pour l'exécution de la boucle audio

Autoriser les interruptions, en particulier les interruptions audio, pour permettre la lecture et l'écriture dans le tampon et la synchronisation par drapeaux sur les données audio reçues.

Programmer le SRC par l'interface SHI en mode SPI.

4. Routines d'interruption

Le programme-cadre comporte en fin de fichier les routines d'interruption (ISR) qui sont logées dans le fichier `esai4R2T`.

Boucle audio

La boucle audio contient le traitement numérique du signal audio, elle est incluse dans le programme-cadre. Nous suivons le principe de reproduire dans des sous-programmes la structure des blocs de traitement du signal, avec chaque bloc constitué par un sous-programme. La présentation en blocs du traitement du signal est bien

connue des lecteurs familiers de la technique analogique.

Nos sous-programmes ont par conséquent une entrée et une sortie de signaux. L'exemple qui suit comporte quatre signaux : `SignallNL/R` et `SignlaOutL/R`. Un générateur de signaux, par exemple, s'écarte de ce modèle : le sous-programme n'a que des signaux de sortie. Les signaux de notre projet sont représentés en simple précision sur 24 bits et occupent chacun une cellule mémoire située une zone mémoire fixe de la RAM du DSP. En outre le mode de fonctionnement des sous-programmes est fixé par des paramètres. Nous entendons par paramètres à la fois les réglages du traitement du signal et les réglages du programme DSP. De tels paramètres peuvent être par exemple des constantes de temps.

La **figure 2** montre un déroulement possible des sous-programmes. Quatre sous-programmes, Subroutine A à Subroutine D, représentent quatre blocs de traitement du signal. Les boîtes à coins vifs au milieu de l'illustration représentent les sous-programmes reliés entre eux par des chemins du signal. Les boîtes à coins arrondis symbolisent les paramètres des sous-programmes. Tous les sous-programmes n'ont pas besoin de paramètres, comme c'est le cas du sous-programme C de l'illustration. Les boîtes pointues contiennent les signaux qui se trouvent entre les sous-programmes et symbolisent des oscilloscopes pour vos observations. Ces signaux ont des emplacements mémoires propres dans le programme DSP et peuvent de ce fait être observés à tout moment. Nous avons ainsi reproduit les blocs de traitement du signal et prévu une possibilité, par l'observation des signaux, de reconnaître le mode de fonctionnement et le traitement des signaux. Nous pouvons par exemple charger les signaux de la sortie de la boucle audio dans le tampon de sortie audio et les observer avec un oscilloscope numérique. Cela nous aide considérablement à détecter les erreurs dans le traitement du signal. L'auteur utilise pour cela une carte son standard, qu'on trouve à bien moins de cent euros, et un éditeur wave. On trouve des éditeurs wave commerciaux, mais aussi sur

l'internet des éditeurs et analyseurs audio gratuits. Un tel logiciel permet l'observation d'un signal (ou de plusieurs) dans le domaine temporel et du spectre dans le domaine des fréquences. Nous utilisons ce logiciel comme un oscilloscope puissant. Le spectre permet par exemple de déterminer le taux de distorsion d'un générateur sinusoïdal. Enfin l'éditeur wave permet de créer des fichiers son et de les traiter de multiples façons.

On peut aussi charger les fichiers son dans un logiciel de traitement numérique comme Matlab et les analyser dans les règles de l'art. L'exemple en est le test d'un processeur de dynamique avec des salves de signaux de durée, fréquence et amplitude réglables. Comme un CN/A est disponible sur la carte DSP, nous pouvons aussi observer les signaux avec un oscilloscope analogique, mais cela procure plutôt un aperçu qu'une analyse précise.

Le CA/N est connecté à SDI1 (SDO4) et le SRC à SDI2(SDO3). Dans le tampon de réception, qui dispose de quatre cellules de mémoire, la répartition est celle-ci :

<code>x:RxBuffBase</code>	CA/N, canal gauche
<code>x:RxBuffBase+1</code>	SRC.RX, canal gauche
<code>x:RxBuffBase+2</code>	CA/N, canal droit
<code>x:RxBuffBase+3</code>	SRC.RX, canal droit

Le CN/A et le codeur AES3 avec l'émetteur du SRC sont connectés à SDO0. Dans le tampon d'émission, qui dispose de deux cellules de mémoire, la répartition est celle-ci :

<code>x:TxBuffBase</code>	CN/A et SRC.TX, canal gauche
<code>x:TxBuffBase+1</code>	CN/A et SRC.TX, canal droit

Au début et à la fin, la boucle audio comporte deux petites sections de programme supplémentaires pour la synchronisation des horloges audio, pour la lecture des tampons de réception audio et pour l'écriture des tampons d'émission audio.

```

Audioloop
jclr #RightRx,x:LRFlag,*
bclr #RightRx,x:LRFlag,*
move x:RxBuffBase,a
; ADC CS5340, gauche
move x:RxBuffBase+2,b
; ADC CS5340, droit
brset #Lock_SRC4392,x:PDRH,NoSRC
; utiliser le CA/N si le SRC
; ne se verrouille pas
move x:RxBuffBase+1,a
; SRC.RX SCR4392, gauche
move x:RxBuffBase+3,b
; SRC.RX SCR4392, droit
NoSRC move a,y:InL
move a,y:InL

```

Les deux premières lignes effectuent la synchronisation, comme c'est décrit dans la partie 2 de ce cours. Les deuxième et troisième lignes écrivent les signaux du CA/N dans les accumulateurs a et b. La cinquième ligne vérifie le bit de verrouillage du SRC. Si le bit de verrouillage indique un signal audio valide, les signaux SRC sont écrits dans les registres accumulateurs a et b.

Dans le cas où le signal audio n'est pas valide, cette écriture est sautée. Les huitième et neuvième lignes écrivent les signaux des accumulateurs dans les mémoires de signal InL et InR, pour qu'ils soient lus et traités par le premier sous-programme de traitement du signal. Nous nous assurons ainsi qu'un signal audio est toujours lu. Quand on applique un signal numérique à la carte, c'est lui qui est traité de préférence.

Si aucun signal numérique n'est disponible, c'est le signal du CA/N qui est traité. La fin de la boucle audio est constituée par l'écriture dans le tampon d'émission du contenu des registres accumulateurs a et b, chargés précédemment avec les signaux OutL et OutR, suivie du saut de retour au début de la boucle.

```

move y:OutL,a
move y:OutR,b
move a,x:TxBuffBase
; → DAC et SRC.TX, gauche
move abx:TxBuffBase+1
; → DAC et SRC.TX, droite
jmp Audioloop

```

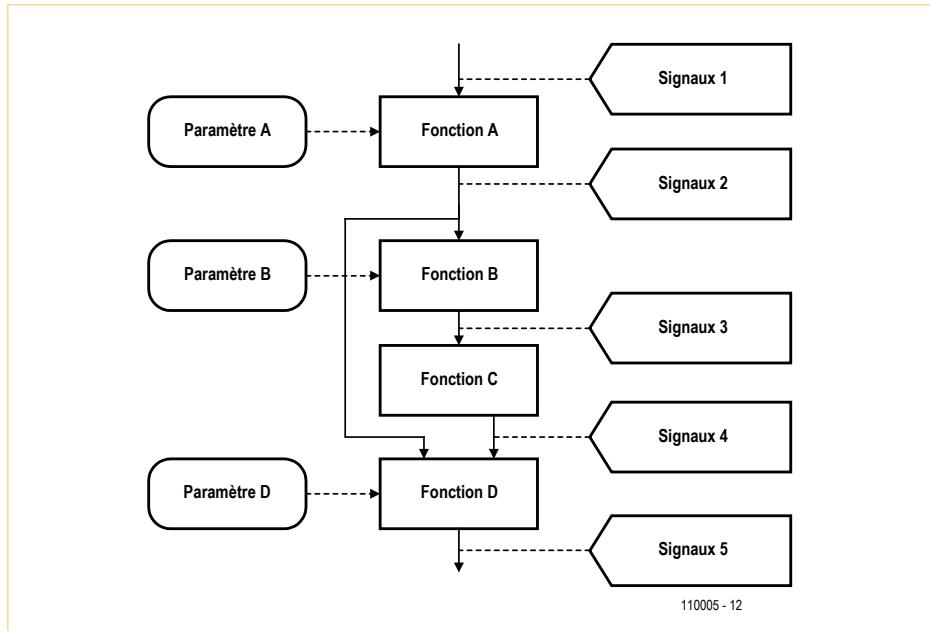


Figure 2 – Exemple de sous-programme dans une boucle audio.

Occupation de la mémoire

Le **tableau 1** représente la carte de la mémoire pour le logiciel du cours. Nous n'avons pas veillé à remplir la mémoire sans trou, mais plutôt à faciliter les comparaisons par des domaines fixes. Les programmes ne contiennent pas tous toutes les plages de mémoire indiquées.

Pointeurs d'adresses, pile logicielle et compteur d'échantillons

Deux des huit pointeurs d'adresses R0 à R7 sont utilisés dans le programme-cadre pour les « tâches supérieures » et ne peuvent donc pas être utilisés par le programme DSP de l'application. Le pointeur R6 est utilisé pour la pile logicielle (*software stack*) en X-RAM. Cette pile logicielle complète la pile matérielle et occupe l'espace d'adresses à partir de \$40 dans la X-RAM. Nos programmes disposent pour la pile logicielle de 32 cellules dans la plage de \$40 à \$5F. Dans notre programme-cadre, la pile logicielle est utilisée pour les routines d'interruptions audio, pour sauvegarder le pointeur R0 avec l'attribut M0 et le rétablir après exécution de la routine. Il faut alors toujours penser que les routines d'interruption n'ont pas le droit de manipuler des registres qui sont utilisés par le programme. Cette pile logicielle peut aussi être utilisée par des programmes utilisateurs pour les registres du processeur, donc les registres du chemin du signal et avant tout ceux des

AGU (*Address Generation Units*). Le pointeur R7 sert de compteur modulo pour les intervalles d'échantillonnage. Nous comptons modulo 192. Ce compteur, que nous appelons Sample-Counter, est utilisé deux fois. D'une part pour lire les deux signaux sinusoïdaux de longueur 192 dans :

```

Sinussignal, f= 1kHz,
x:$800..x:8BF
Sinussignal, f= 2kHz,
y:$800..y:8BF

```

qui peuvent alors être transmis au CN/A ou à la sortie numérique. D'autre part pour déclencher l'écriture périodique des données sur l'affichage à LED du vumètre, notre deuxième application DSP. La cadence d'écriture est alors de $48\text{ kHz}/192 = 250\text{ Hz}$, c'est-à-dire que l'affichage est rafraîchi toutes les 4 ms. On pourrait utiliser le pointeur R7 ailleurs dans un programme d'application s'il est sauvegardé sur la pile et rétabli à partir de la pile après utilisation.

Sous-programme

Un sous-programme, dit aussi subroutine, a cette structure :

```

NomDuSousProgramme
move y:SignalInL,x0
move y:SignalInR,y0
<traitement du signal,
éventuellement suivant des
paramètres>
move y:SignalOutL

```

```
move y:SignalOutR
```

Le sous-programme est appelé par l'instruction `jsr NomDuSousProgramme` (*jump to subroutine*). L'instruction `jsr` commande au DSP de sauvegarder l'état de ses registres sur la pile matérielle et d'exécuter les instructions du sous-programme. La fin du sous-programme est marquée par l'instruction `rts` (*return from subroutine*), c'est-à-dire que le DSP reconstitue l'état de ses registres et retourne à l'exécution de la suite du programme. Le passage de paramètres à un sous-programme peut aussi s'effectuer par la pile logicielle.

Macros

Une macro (macro-commande) DSP est un texte que l'assembleur insère à l'endroit où le programme appelle la macro.

```
NomDeLaMacro macro param1 param2
. . . paramN
endm
```

L'appel de la macro s'effectue avec le nom de la macro suivi des paramètres éventuels. De telles macros permettent d'écrire des programmes lisibles, d'autant plus qu'elles autorisent le passage de paramètres. Toutefois la taille d'un programme n'est pas réduite par un recours fréquent aux macros. Au contraire, les sous-programmes peuvent aider à la fois à produire un code lisible et à réduire son volume. Pour cela, vous consommez des cycles d'horloge pour manipuler la pile à l'appel et au retour.

Initialisation du traitement du signal

Deux sous-programmes sont exécutés juste avant le début de la boucle audio :

- Le sous-programme `ZeroState` qui remet à zéro le registre d'état du traitement du signal.
- Le sous-programme `SetDefaultParams` qui fixe les valeurs par défaut des paramètres de traitement du signal. C'est en modifiant les valeurs par défaut dans ce sous-programme qu'on peut adapter le traitement du signal à ses tâches propres. Cela peut aussi s'effectuer par le bus SPI au moyen d'un terminal.

Chargement et exécution des programmes

Quand l'écriture d'un programme DSP est terminée, il est assemblé — à condition qu'il ne comporte pas d'erreur. Cela peut se faire dans la fenêtre de commande avec la ligne :

```
asm56300 -a -b -l monprogramme.asm.
```

L'option `-l` demande à l'assembleur de produire un fichier listing, ce qui est souvent très utile pour la recherche d'erreurs. Le programme assemblé `monprogramme.cld` peut maintenant être chargé dans le débogueur auquel le DSP est connecté. À partir de là, un adaptateur permet de l'écrire dans le DSP et de lancer son exécution.

Remarques utiles

pour l'utilisation de l'assembleur :

- L'assembleur interprète les caractères en première position dans la ligne comme une étiquette ou un repère. Une étiquette commence par une lettre et ne doit pas être un mot-clé réservé comme `move` ou `a0`.
- L'assembleur DSP effectue deux passes. Un assembleur à deux passes constitue au cours de la première une table de symboles avec toutes les étiquettes utilisées et déréférencées. Au cours de la deuxième passe, il traduit les instructions et peut, grâce à la table de symboles constituée précédemment, assembler et en même temps traiter les sauts à des étiquettes résolues plus tard, par rapport à la position de l'assemblage. Sans cela, leur position serait encore inconnue au moment de l'assemblage.
- L'étiquette qui commence par un souligné `_est` est utile au programmeur, parce qu'il s'agit alors d'une étiquette locale.
- Contrairement aux mots-clés, les étiquettes distinguent les majuscules des minuscules.
- Les instructions DSP s'écrivent à partir de la deuxième position dans la ligne.
- Le fichier `mioequ.asm` est associé au programme DSP par une directive `include`, puisqu'il contient les nombreuses mnémoniques du manuel DSP pour les registres des interfaces.
- L'adresse la plus basse de départ des programmes est \$100, car les adresses inférieures sont occupées par les tables de vecteurs d'interruptions et des plages réservées.
- La directive `org` introduit la saisie d'une plage de mémoire X, Y, P ou L.
- Le pipeline d'instructions, quand il n'est pas interrompu par un branchemen du programme ou une interruption longue par exemple, réduit considérablement le temps d'exécution des instructions. À cause de lui, l'assembleur doit insérer ici et là des instructions `nop` dans le code objet. Il les signale alors par des avertissements qui doivent inciter le programmeur à réviser l'efficacité de son code et le cas échéant à intervertir des instructions, de façon à exécuter quelque chose d'`utile` » au lieu des `nop`.
- On trouve à la fin du manuel quelques « feuilles de programmation » qui simplifient grandement la programmation des registres du processeur. Il est très simple de les imprimer à partir du manuel en PDF. Nous conseillons à tous les programmeurs de les utiliser pour la phase de conception du programme et de les joindre ensuite à la documentation.

Pour la programmation du DSP :

- L'assignation directe de valeurs (immediate moves) aux cellules de mémoire, comme `move #$123456, x:$000100, x0, n'est pas possible. Il faut passer par le détour d'un registre, comme move #$123456, x0>; move x0, x:$000100. L'assignation directe est possible pour les registres de périphériques dans la plage supérieure de la mémoire, comme avec movep #$123456, x:$FFFFE0.`
- Pour les transferts de mémoire à mémoire aussi, il faut passer par l'intermédiaire des registres comme avec `move x:$000010, x0 ; move x0, y:$000010`. De tels transferts sont possibles pour les registres de périphériques.
- L'instruction `move #$F, x0` ne donne pas le résultat escompté `x0=$00000F`, mais `x0=$0F0000`. C'est avec `move #>$F, x0` qu'on obtient le résultat correct. Le DSP est un processeur fractionnaire, c'est-à-dire que les nombres sont taqués à gauche.
- Les boucles `do` imbriquées doivent renvoyer à des étiquettes différentes. En plus, il faut insérer au minimum des instructions

Tableau 1 – Affectation de la mémoire pour les logiciels du cours.

Contenu X-RAM	Contenu Y-RAM	Plage	Contenu P-RAM
Tampon audio RX	Signaux	\$00..\$0F	
Tampon audio TX	Signaux	\$10..\$1F	
Pointeurs et drapeaux audio	Pointeurs, coefficients, mots d'état	\$20..\$2F	
Paramètres du programme		\$30..\$3F	
Pile logicielle	Usage libre	\$40..\$4F	
Pile logicielle	Usage libre	\$50..\$5F	
Usage libre		\$60..\$9F	
Variables auxiliaires		\$A0..\$BF	
Séquence de boot SRC	Usage libre	\$C0..\$CF	
Usage libre		\$D0..\$FF	
Coefficients des filtres et polynômes		\$100..\$5FF	
Tampon circulaire gauche	Tampon circulaire droite	\$600..\$7FF	
Signal sinusoïdal à 1 kHz	Signal sinusoïdal à 2 kHz	\$800..\$8BF	
Usage libre		\$8C0..\$17FF	
			Table des vecteurs d'interruption et plages réservées
			Programme utilisateur

`nop` entre les étiquettes à défaut d'autres instructions.

● La P-RAM ne doit pas être occupée par des données, parce qu'un accès coûte des cycles machine supplémentaires.

● Quand des nombres entiers doivent être multipliés entre eux, par exemple pour le calcul d'adresses, il est obligatoire de diviser le résultat par deux, par un décalage à droite `asr`, parce que le DSP utilise un multiplicateur pour des nombres fractionnaires taqués à gauche et que les nombres entiers sont taqués à droite.

● Les 16 combinaisons possibles des quatre registres d'opérandes ne peuvent pas toutes être utilisées avec les instructions à trois adresses `mac` et `mpy`, parce que le codage des registres d'opérandes à utiliser ne comporte que trois bits au lieu de quatre. Ainsi `mpy x0, x0, a` ou `mac x0, y1, b` sont impossibles, mais `mpy x1, x1, a` ou `mpy y1, x0, b` sont possibles.

● Les interruptions rapides n'ont pas à se terminer par l'instruction `rti`.

● Nous avons réservé le pointeur R6 pour la pile logicielle, qui a comme adresse de base `x : $40` dans la X-RAM. Nous avons besoin de la pile logicielle quand les registres AGU sont manipulés dans un sous-programme. Une erreur « favorite » est d'imposer dans un sous-programme de filtre un adressage

modulo, qui est indésirable en dehors des sous-programmes de filtre et qui n'a pas encore été repris dans le sous-programme.

● Au début du programme, le pointeur de la pile matérielle `sp` doit être initialisé à zéro. ● Pour les applications particulièrement critiques dans le temps, il faut éviter de recourir aux instructions étendues. Cette extension, le deuxième mot éventuel d'une instruction, contient par exemple des adresses ou des valeurs numériques. L'instruction `mpyi #0.3, x1, a` a besoin de l'extension pour la représentation fractionnaire du nombre décimal 0.3 et occupe donc deux mots d'instruction. L'instruction `mpyi x0, x1, a`, au contraire, se contente d'un mot d'instruction. C'est pourquoi on devrait stocker par exemple les constantes au début du programme dans la RAM du DSP et en cas de besoin les écrire (autant que possible par une exécution en parallèle) dans un registre du processeur, ici le registre d'opérande `x0`, juste avant leur utilisation.

● Si on considère un programme DSP, on voit que les instructions `move` sont utilisées très fréquemment, ce qui est dû, entre autres causes, au fait que le DSP est un processeur à registres. Pour cela seulement, il convient d'exploiter la capacité du DSP à effectuer des transferts de données en

parallèle. Cela signifie souvent qu'on écrit le registre (assez longtemps) avant son utilisation, quand c'est possible parallèlement à une opération arithmétique. Malheureusement, le code du programme en est rendu beaucoup moins lisible, parce que les segments de code liés logiquement sont dispersés dans l'espace.

● Après quelques années de programmation de DSP, nous avons appris que les erreurs les plus fréquentes proviennent de la réutilisation involontaire de cellules de mémoire. C'est pourquoi nous recommandons d'établir pour chaque programme DSP une liste complète et détaillée de l'affectation de la mémoire. De même, notre parti pris d'attribuer aux groupes de variables des plages de mémoire fixes n'est peut-être pas efficace du point de vue de l'exploitation de la mémoire, mais il est moins prédisposé aux erreurs.

● Il est utile pour les programmes à venir d'écrire deux routines qui permettront d'écrire sur la pile et de relire les dix registres du chemin des données `x0, y0, x1, y1, a0, b0, a1, b1, a2 et b2`. On peut appliquer cette exploitation de la pile dans les sous-programmes, pour éviter les effets de bords indésirables avec l'utilisation des registres dans le programme appelant.

Tableau 2 – Différences entre les entiers et les fractionnaires en complément à 2.

Entier	Décimal	Entier	Décimal	Fractionnaire	Décimal	Fractionnaire	Décimal
0000	0	1000	-8	0,000	0	1,000	-1,0
0001	1	1001	-7	0,001	0,125	1,001	-0,875
0010	2	1010	-6	0,010	0,25	1,010	-0,75
0011	3	1011	-5	0,011	0,375	1,011	-0,625
0100	4	1100	-4	0,100	0,5	1,100	-0,5
0101	5	1101	-3	0,101	0,625	1,101	-0,375
0110	6	1110	-2	0,110	0,75	1,110	-0,25
0111	7	1111	-1	0,111	0,875	1,111	-0,125

Format numérique des signaux dans le DSP

On utilise pour les signaux dans le DSP un format numérique spécial dans lequel la virgule binaire se trouve juste après le premier bit, le bit de signe. Rien d'autre que le poids ne change pas par rapport aux nombres entiers, qui ne comportent pas de virgule ou qu'on peut considérer comme dotés d'une virgule après le chiffre de droite. Ce format est dit fractionnaire en complément à deux, ou fractionnaire en abrégé. On peut montrer simplement les différences entre les fractionnaires en complément à deux et les entiers en complément à deux avec un nombre à quatre bits, qui prend 16 valeurs distinctes : 7 positives, 8 négatives et zéro, voir le **tableau 2**.

Pour améliorer la lisibilité du tableau, le bit de signe est marqué et les fractionnaires comportent une virgule. Les nombres se différencient par leur poids, qui vaut dans l'entier, de gauche à droite à partir du bit de signe, 4, 2 et 1 ; dans le fractionnaire, après la virgule, 1/2, 1/4 et 1/8. Les entiers s'écrivent taqués à droite, les fractionnaires taqués à gauche. On entend par là que pour les entiers l'ajout à gauche du nombre de zéros pour les nombres positifs, ou de uns pour les nombres négatifs, ne change rien. Dans les fractionnaires, c'est valable pour l'ajout de zéros à droite du nombre, qu'il soit positif ou négatif. Le lecteur attentif aura remarqué que les limites sont différentes pour les nombres positifs et négatifs. Cela pose des problèmes dans plusieurs cas, car nous y voyons les limites de l'excursion en sortie.

Dans un DSP à 24 bits, la différence de valeur est de $2^{-23} = 1,1921 \cdot 10^{-7}$, ce qui peut être négligé dans de nombreux cas.

Nous en venons maintenant à la raison du recours aux fractionnaires. Nous utilisons un DSP en version amaigrie, qui travaille en simple précision avec des nombres à quatre bits, à huit bits en double précision, qui doivent tout de même être interprétés dans un DSP à 24 bits et ne donnent qu'une résolution très faible (l'écart entre deux nombres successifs). Ce DSP doit maintenant effectuer une re-quantification, une opération très fréquente dans le domaine du traitement numérique du signal. Dans cet exemple, un nombre à 8 bits doit être requantifié en nombre à 4 bits. Le nombre à 8 bits s'écrit :

0,100 0100 valeur : $1/2 + 1/32 = 0,53125$

La requantification s'opère par la troncature après le quatrième chiffre, ce qui donne :

0,100 valeur : $1/2 = 0,5$

ce n'est peut-être pas très impressionnant, mais le lecteur devrait réfléchir à l'exécution d'un processus comparable avec des nombres entiers.

Retour au DSP : le DSP calcule en simple précision sur 24 bits et en double précision sur 48 bits. Nous savons que le format de référence est de 24 bits, ce qui correspond à la simple précision du DSP. Mais que se passe-t-il si nous multiplions entre elles deux

valeurs de signal ou si nous voulons, dans un atténuateur simple, atténuer un signal de 20 dB ? Dans les deux cas, la multiplication donne un résultat en double précision dans un mot de 48 bits. Voyons cela sur le DSP simplifié à 4 bits. Soit deux nombres à multiplier :

```
0,010 * 0,001 valeur : 0,25 *
0,125 = 0,03125
0,000 0100 valeur : 0,03125
```

Le résultat occupe 8 chiffres.

Éclairons une des astuces citées plus haut avec cet exemple. Si on doit multiplier entre eux des nombres entiers, par exemple, pour calculer un accès à la mémoire, on obtient avec le multiplicateur du DSP un résultat qui doit être adapté par une opération de décalage. Nous gardons l'exemple calculé ci-dessus en l'interprétant différemment :

```
0010 * 0001 valeur : 2 * 1 =2
0000 0100 valeur : 4, c'est
le résultat du multiplicateur
fractionnaire
0000 0010 valeur : 2, résultat
corrigé après le décalage
arithmétique d'un rang à
droite.
```

Prochainement...

Voilà pour la structure des programmes DSP. Dans la sixième livraison, nous utiliserons la carte DSP comme générateur numérique de signaux audio.

(110005, trad. Brodier)



Au service du génie

National Instruments met à la disposition des étudiants, le matériel et le logiciel dont ils ont besoin pour développer leur expérience, aller au-delà de la théorie, et réaliser l'importance du rôle de l'ingénieur dans la société.

>> Découvrez comment NI supporte la prochaine génération d'innovateurs, en visitant ni.com/academic/f

01 57 66 24 24

NATIONAL INSTRUMENTS France • 2 rue Hennape – 92735 Nanterre Cedex, France • Tél. : 01 57 66 24 24 • Fax : (0)1 57 66 24 14 • Société de droit américain – capital social 1 000 dollars • US • 11500 N Mopac Expwy, Austin-Texas USA – 10056236 – 344 497 649 • RCS Nanterre – SIRET B 344 497 649 00048 – APE 516J - N.I.I. FR 57344497649

©2011 National Instruments. Tous droits réservés. National Instruments, NI, et ni.com sont des marques de National Instruments. Les autres noms de produits et de sociétés mentionnés sont les marques ou les noms de leurs propriétaires respectifs. Pour plus d'informations concernant les marques de National Instruments, veuillez vous référer à la partie Terms of Use sur le site ni.com/legal. 02684

 **NATIONAL
INSTRUMENTS™**

Détecteur simple de chauve-souris

Bon marché, sensible et facile à construire

Jan van Eck (Pays-Bas) j.vaneck@fontys.nl



Diverses associations de protection des animaux dans toute l'Europe ont élu 2011 l'année des chauves-souris. Une manière d'attirer l'attention sur ces mammifères volants qui sont encore mal connus et toujours entourés de mystère pour beaucoup de personnes. Actuellement, ces chiroptères sont probablement entrés en hibernation, voilà qui vous laisse le temps de construire ce détecteur de chauve-souris et d'être prêt au printemps pour percevoir leurs cris dès leurs premières sorties.

Pour rendre audibles les chauves-souris, nous devrons faire appel à quelques astuces d'électronique. Détecter des objets au cours de leur vol, elles le font en utilisant des ultrasons qui se situent loin du domaine de fréquences que notre oreille perçoit. En revanche, les fréquences que de nombreuses sortes de chauves-souris produisent se situent autour de 40 kHz, ce qui est précisément le domaine de la plupart des transducteurs ultrasonores standard. Amplifions les signaux captés par un tel transducteur pour les appliquer à un diviseur de fréquence, ils atterrissent dans le domaine audio que nous pouvons entendre.

Le circuit

Nous avons choisi un capteur destiné à la réception des ultrasons à 40 kHz du type 400SR160. La plupart des chauves-souris qui fréquentent nos régions produisent effectivement des bruits dans les environs de 40 kHz. L'auteur a utilisé une version bon marché en plastique de ce transducteur que l'on peut protéger simplement à l'aide d'une feuille d'aluminium ou d'une bande adhésive métallisée.

Le signal recueilli et délivré par le capteur subit alors une amplification d'environ 200 fois par IC1, un LM386 que l'on voit à la **figure 1**. Il s'agit en fait de la puce d'un amplificateur de sortie, mais en considération de son faible prix, il a été choisi pour tenir un rôle qu'il remplit aussi excellem-

ment, celui d'étage d'amplification « ordinaire ». L'avantage primordial, c'est qu'à part quelques composants de découplage,

il n'a besoin d'aucune autre pièce extérieure. En ajoutant sur la rétroaction interne (broches 1 et

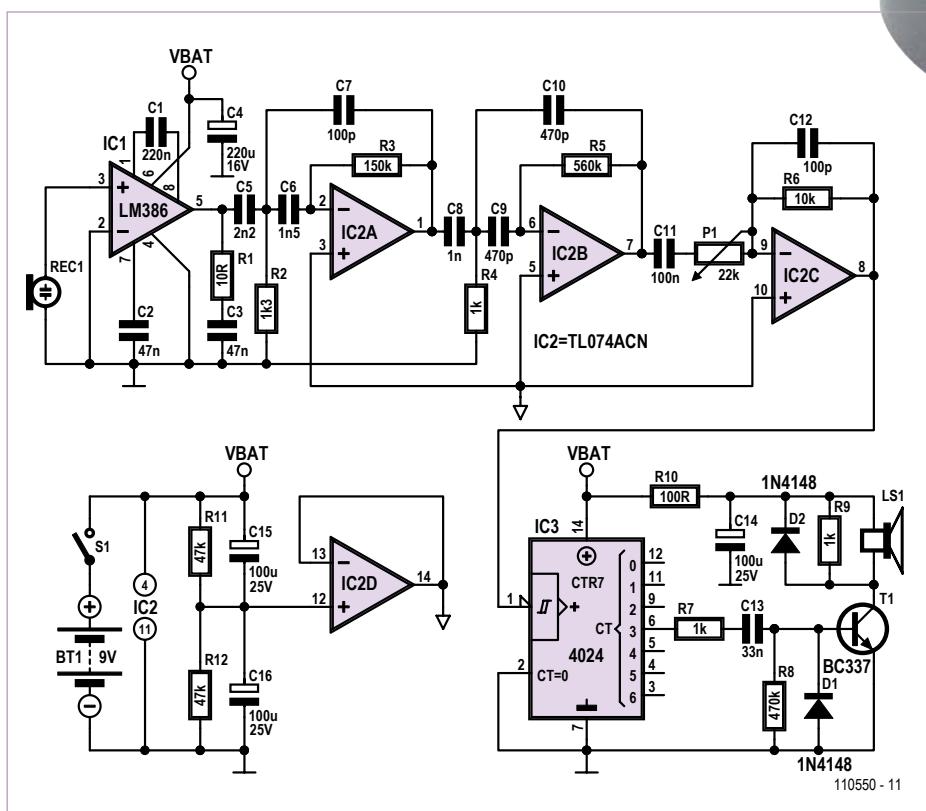
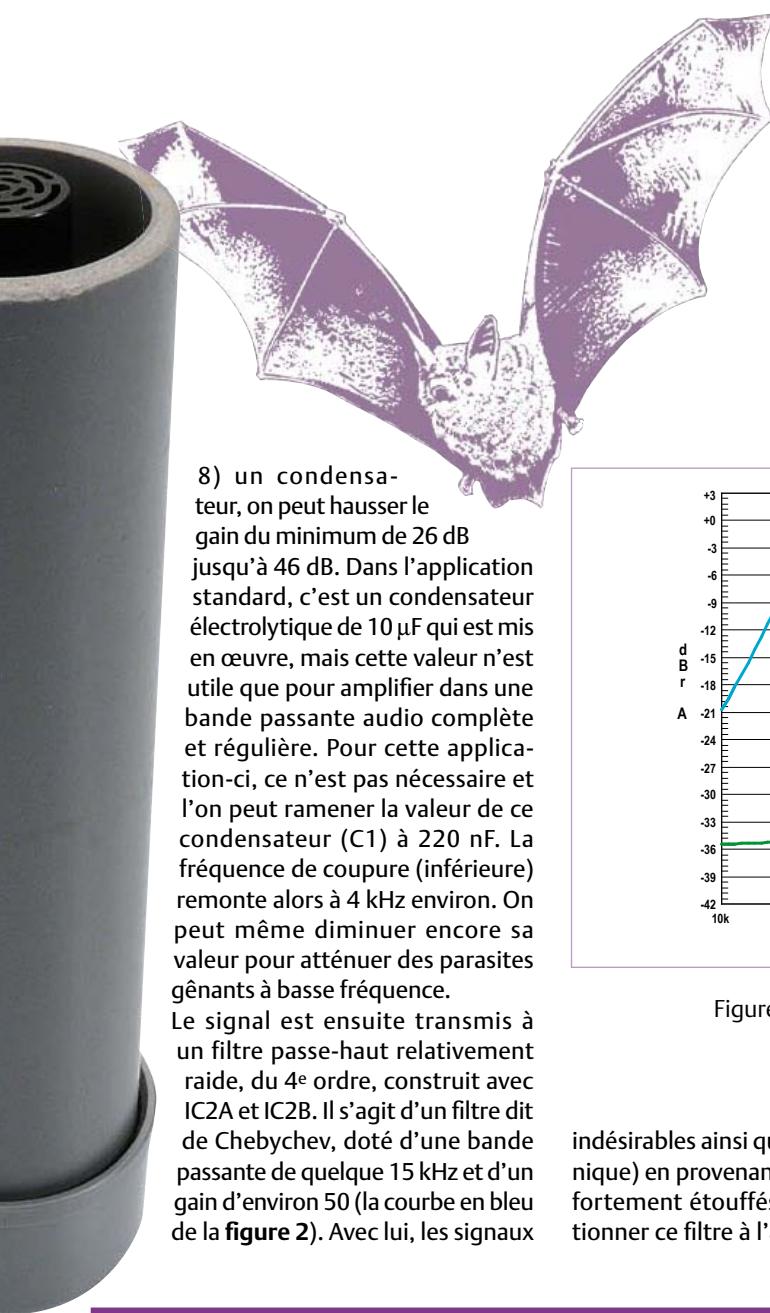


Figure 1. Le schéma d'un détecteur simple de chauve-souris.



8) un condensateur, on peut hausser le gain du minimum de 26 dB jusqu'à 46 dB. Dans l'application standard, c'est un condensateur électrolytique de $10\ \mu\text{F}$ qui est mis en œuvre, mais cette valeur n'est utile que pour amplifier dans une bande passante audio complète et régulière. Pour cette application-ci, ce n'est pas nécessaire et l'on peut ramener la valeur de ce condensateur (C1) à $220\ \text{nF}$. La fréquence de coupure (inférieure) remonte alors à $4\ \text{kHz}$ environ. On peut même diminuer encore sa valeur pour atténuer des parasites gênants à basse fréquence.

Le signal est ensuite transmis à un filtre passe-haut relativement raide, du 4^e ordre, construit avec IC2A et IC2B. Il s'agit d'un filtre dit de Chebychev, doté d'une bande passante de quelque $15\ \text{kHz}$ et d'un gain d'environ 50 (la courbe en bleu de la **figure 2**). Avec lui, les signaux

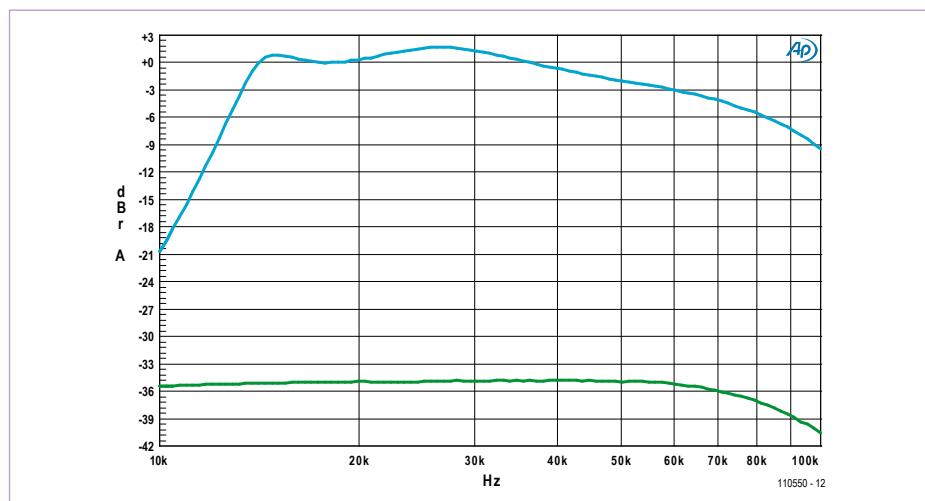


Figure 2. La courbe de fréquence à la sortie de IC2B (au-dessus) et à la sortie de IC1 (en bas).

indésirables ainsi que la rétroaction (mécanique) en provenance du haut-parleur sont fortement étouffés. Il est aisément de proportionner ce filtre à l'aide, par exemple, d'un

programme gratuit comme « FiterPro Desktop » de Texas Instruments [1]. Vous pouvez voir à la figure 2 l'amplification apportée par le filtre, environ 35 dB (le 0 dB est fixé par

Liste des composants

Résistances (0,25 W, 5 %) :

R1 = $10\ \Omega$
 R2 = $1,3\ \text{k}\Omega$
 R3 = $150\ \text{k}\Omega$
 R4, R7, R9 = $1\ \text{k}\Omega$
 R5 = $560\ \text{k}\Omega$
 R6 = $10\ \text{k}\Omega$
 R8 = $470\ \text{k}\Omega$
 R10 = $100\ \Omega$
 R11, R12 = $47\ \text{k}\Omega$
 P1 = $22\ \text{k}\Omega$ résistance ajustable verticale

Condensateurs :

C1 = $220\ \text{nF}$ MKT, au pas de 5 mm
 C2, C3 = $47\ \text{nF}$ MKT, au pas de 5 mm
 C4 = $220\ \mu\text{F}/16\ \text{V}$ radial, au pas de 2,5 mm

C5 = $2,2\ \text{nF}$ MKT, au pas de 5 mm
 C6 = $1,5\ \text{nF}$ MKT, au pas de 5 mm
 C7, C12 = $100\ \text{pF}$ céramique, au pas de 5 mm
 C8 = $1\ \text{nF}$ MKT, au pas de 5 mm
 C9, C10 = $470\ \text{pF}$ céramique, au pas de 5 mm
 C11 = $100\ \text{nF}$ MKT, au pas de 5 mm
 C13 = $33\ \text{nF}$ MKT, au pas de 5 mm
 C14, C15, C16 = $100\ \mu\text{F}/25\ \text{V}$ radial, au pas de 2,5 mm

Semi-conducteurs :

D1, D2 = 1N4148
 T1 = BC337-40
 IC1 = LM386N-3
 IC2 = TL074CN
 IC3 = 4024

Divers :

REC1 = récepteur d'ultrasons 40 kHz (p.ex. Proware 400SR16P, diam. 16 mm)
 LS1, S1, BT1 = embase à 2 broches au pas de 2,54 mm
 Connecteur à 3 x 2 contacts pour raccorder haut-parleur, interrupteur et pile
 LS1 = haut-parleur $8\ \Omega/0,3\ \text{W}$, diam. 20 mm (p.ex. Kingstate KDMG20008)
 S1 = interrupteur à glissière à 1 circuit
 BT1 = pile de 9 V + clip de contact
 Platine 110550-1 (voir www.elektor.fr/110550)

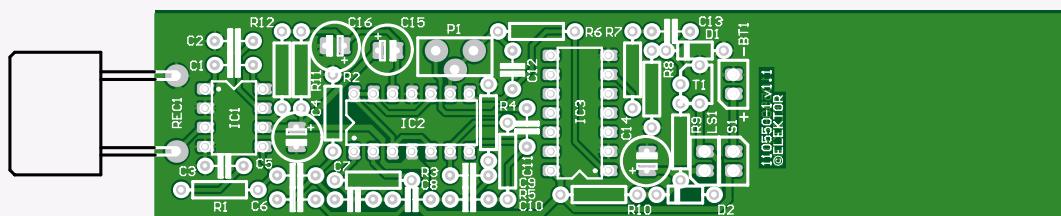
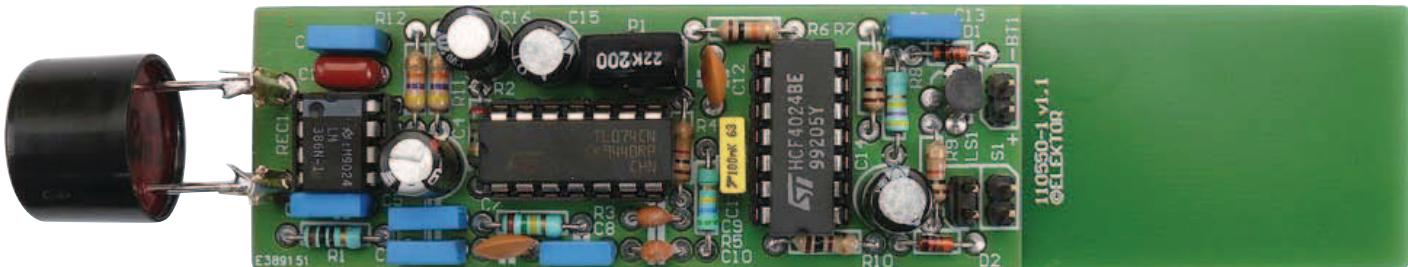


Figure 3. La platine pour ce circuit est longue et étroite de manière à se caser exactement dans un bout de tuyau de PVC.

MINI PROJET



rapport à la sortie ; la courbe du bas représente le signal de sortie de IC1).

Le but de l'étage amplificateur réglable qui suit, IC2C, est de limiter la bande passante de manière à atténuer encore le bruit à HF et les parasites. Avec C12, la largeur de bande est limitée à 160 kHz. On peut éventuellement la réduire encore un peu plus. Le dernier amplificateur opérationnel du TL074 est utilisé pour créer, avec $2 \times 47 \text{ k}\Omega$, par exemple (R11/R12), une masse artificielle pour les autres amplis, située à la moitié de la tension d'alimentation.

Le signal de IC2C est alors appliquée à un 4024, un diviseur binaire à 7 étages. À la sortie CT3 (broche 6), on dispose ainsi d'un signal dont la fréquence est divisée par 16. On y trouve alors des impulsions dans la gamme audible (2 à 3 kHz), qui, en passant par T1, actionnent le haut-parleur pour les donner à écouter. La diode D1 a été ajoutée comme protection contre les tensions négatives sur la base du transistor. La résistance R7 limite le courant de commande de T1, délivré par IC3. En raison du caractère inductif du haut-parleur, on a mis en parallèle sur LS1 une diode de roue libre pour protéger T1 des fortes pointes d'induction. Il est aussi possible d'utiliser pour LS1 un petit haut-parleur piézoélectrique. C'est à son intention, pour garantir son bon fonctionnement, que R9 a été ajoutée, sinon, on n'entendrait rien (les vibréurs acoustiques piézo sont en fait fortement capacitatifs). Pour affaiblir les parasites dans la tension d'alimentation, elle est bien découplée par R10 et C14. C'est principalement l'entrée qui y est fort sensible.

La consommation de courant de tout le montage s'établit à 14 mA au repos ; lors de la réception d'ultrasons, elle peut s'élargir jusqu'à 90 mA maximum. Le circuit fonctionne encore très bien jusqu'à 4,5 V environ.

Miniplatine

La platine dessinée pour le détecteur de chauve-souris, vous pouvez la voir à la **figure 3**. Sur la moitié inférieure de la pla-

tine, il y a de la place pour installer la pile de 9 V. La partie supérieure comporte un plan de masse qui sert de blindage en raison de la relativement haute sensibilité du circuit. Les dimensions de la platine permettent de la loger dans un tuyau standard de PVC d'un diamètre intérieur de 33 à 35 mm. On en trouve dans tous les magasins de bricolage. Il existe aussi un bouchon qui s'y adapte, dans lequel on peut monter le petit haut-parleur et un interrupteur (voyez la **figure 4**). Si vous appliquez sur la base trois petits pieds autocollants en caoutchouc, vous pourrez poser le tuyau verticalement sur une table de jardin et entendre immédiatement quand une chauve-souris le survole.

La sensibilité se règle avec la résistance ajustable à positionner pour n'avoir pas ou peu de bruit dans le haut-parleur. Éloignez-vous pour cela des sources d'ultrasons indésirables comme les tubes TL, les postes de

télé, moniteurs, alimentations à découpage, etc. On les détecte déjà à plusieurs mètres de distance.

Il suffit de frotter le pouce contre l'index, de faire bruiser un petit sac (poubelle) en plastique ou d'agiter un trousseau de clefs pour produire suffisamment d'ultrasons à quelques mètres de distance pour faire réagir le détecteur.

Les chauves-souris sont assez bruyantes et vous pourrez largement les détecter dans un rayon de 30 m avec ce circuit. Vous pourrez aussi distinguer grâce à lui les différents bruits que la chauve-souris peut produire.

(110550-1)

Liens internet :

- [1] FilterPro : www.ti.com/tool/filterpro
- [2] Platine : www.elektor.fr/110550



Figure 4. Nous avons installé l'interrupteur marche/arrêt et le haut-parleur dans le bouchon.

Gardez les Contrôleurs Industriels en Ligne

Gestionnaires d'alimentation avec fonction "boîte noire" augmentent le temps de fonctionnement



Les pannes ne sont peut-être pas tolérées, mais elles peuvent toujours arriver. C'est pourquoi les gestionnaires d'alimentation de Maxim intègrent avec plusieurs canaux de gestion énergétique et thermique une fonction unique "boîte noire" d'enregistrement de pannes. Les données sont stockées dans la mémoire flash de la puce, vous permettant de déterminer rapidement la cause d'une panne et de remettre vos clients en ligne au plus vite.

Maximisez la Sécurité et la Fiabilité

- Surveillez jusqu'à six blocs d'alimentation et quatre capteurs de température à distance
- Évitez l'étouffement des équipements déficients en mettant en œuvre un système de diagnostic rapide
- Réduisez les temps d'arrêt à l'aide des informations stockées dans la "boîte noire"
- Prise en charge des commandes de séquençage standard, de surveillance, de gestion de marges et de fautes sur une interface de PMBus™

PMBus est une marque de SMIF, inc.

Regardez la vidéo du produit pour en savoir plus.

www.maxim-ic.com/black-box

MAXIM
INNOVATION DELIVERED®

MAXIM
DIRECT

www.maxim-ic.com/shop

AVNET
Memec

www.avnet-memec.eu

SILICA
An Avnet Company

www.silica.com

Digi-Key
Electronics

www.digikey.fr

MOUSER
Electronics

<http://fr.mouser.com/maximic>

Robusta : un satellite réalisé par des étudiants

Des picosatellites pour promouvoir l'éducation spatiale

Frederic Giamarchi (France)

La France est connue pour sa participation importante dans le programme spatial européen et pour son industrie spatiale de premier plan, mais moins pour la formation de ses élites dans ce domaine. C'est pour cela que le Centre

National d'Études Spatiales (CNES) a lancé Expresso : le premier appel à projets à destination de l'enseignement supérieur en 2006.

L'Université Montpellier 2 a répondu présent avec le projet Robusta, un picosatellite de type cubesat embarquant une expérience scientifique utile à la communauté spatiale.



Le satellite Robusta (*Radiation On Bipolar University Satellite Test Application*, figure 1) [1] sera lancé par la nouvelle fusée européenne Vega, début 2012. Il porte une expé-

rience scientifique sur la mesure de dégradations de composants électroniques. Il sera placé sur une orbite elliptique allant de 340 km

à 1450 km avec une inclinaison de 71°. Pendant toute la durée de son vol, il transmettra à la station au sol étudiante localisée sur le campus de l'université de Montpellier les données de mesures des composants testés et les divers paramètres d'état. Soumis aux diverses sources de rayonnement, vent solaire, particules piégées dans les ceintures de radiations et rayons cosmiques, il redescendra petit à petit et se désintégrera au bout de deux ans en rentrant dans l'atmosphère terrestre.

Le satellite Robusta

Ce satellite a une véritable mission scientifique : mesurer la dégradation due aux rayonnements ionisants de composants électroniques

Les cubesat

Les satellites de type « cubesat » correspondent à un programme d'enseignement mis en place en 2000 par l'Université polytechnique de Californie (CalPoly) [2], dont l'objectif est d'offrir aux étudiants une expérience concrète et des connaissances de pointe liées à la recherche et à l'industrie aérospatiale. Un cubesat est un satellite cubique de 10 cm de côté, pesant 1 kg au maximum et disposant d'une puissance maximale de 1 W. Il est constitué d'une charge utile

dite *payload* correspondant à l'expérience embarquée, et d'une plateforme comprenant les diverses cartes électroniques permettant le contrôle de l'expérience, la communication vers la terre et la gestion de l'énergie. L'ensemble représente l'équivalent d'un satellite conventionnel de très petite taille soumis aux mêmes contraintes que les grands satellites, avec chocs thermiques, vibrations extrêmes au décollage, radiations, vide de l'espace.

basés sur des transistors bipolaires. Les composants sous test choisis sont les comparateurs de tension LM139 et les amplificateurs de tension LM124, composants souvent utilisés à bord de satellites. Ces dégradations sont quantifiées par l'intermédiaire de mesures de courants, de tensions, de température et de dose reçue (figure 2). Cette dose correspond à un dépôt d'énergie par unité de masse. Les résultats seront ensuite comparés à ceux obtenus par une méthode de test au sol mise au point par des chercheurs du laboratoire universitaire IES (Institut d'Électronique du Sud) de Montpellier [3][4].

La durée de la mission en vol est fixée à deux ans. Les données seront mesurées au minimum toutes les douze heures. Elles seront ensuite transmises à la station au sol du campus de Montpellier en utilisant des fréquences et un protocole radio-amateur. La transmission se fera en *broadcast*, c'est-à-dire en continu toutes les minutes, que le satellite soit dans une fenêtre de visibilité ou non de la station au sol.

Un point crucial pour la réussite de la mission est la gestion de l'énergie. L'alimentation du satellite se fera par l'intermédiaire de batteries Saft Li-Ion, qui se rechargeront par les cellules solaires spécifiques spatiales à triple jonctions et au rendement de 27 %.

La structure interne

La structure mécanique, le dimensionnement, le positionnement des cartes électroniques, et les problématiques du système de lancement par l'intermédiaire d'un p-pod (figure 3) sont pris en charge par la section GMP (Génie Mécanique et Productique) et GEII (Génie Électrique et Informatique Industrielle) de l'IUT de Nîmes. Le sous-système carte alimentation, la gestion de l'énergie des batteries et des cellules solaires est assurée par la section GEII de l'IUT de Nîmes. Le sous-système carte contrôleur qui gère les ordres entre cartes et stocke les données de mesure, et les parties programmation de microcontrôleurs ou récepteurs de tests sont mis en œuvre par les sections de Polytech'Montpellier. Le sous-système carte expérience qui comprend les composants sous test, le capteur de dose, les capteurs de température, est conçu par les étudiants de licence et de master EEA de la faculté des sciences. Les sous-systèmes carte radio-communication et station sol sont élaborés plus particulièrement par le parcours Hyperfréquences.

Les composants et matériaux mis en œuvre dans ce projet sont des composants commerciaux non durcis, en dehors de certains, comme la batterie et les cellules solaires. Une procédure rigoureuse d'assurance qualité radiation a été mise en place pour réduire le plus possible les risques liés à leur exposition aux radiations. On considère que le projet sera une réussite complète si l'on dépasse un an de fonctionnement.

La structure mécanique

La structure mécanique a été dessinée et usinée dans la masse pour ne former qu'une seule pièce (figure 4). Les divers éléments du satellite, cellules solaires, PCB, vis, connecteurs, fils, etc. ont tous été dessinés et dimensionnés au fur et à mesure de l'avancement du projet. Une constante interaction entre les différentes équipes des différentes parties a été nécessaire pour mettre à jour les divers

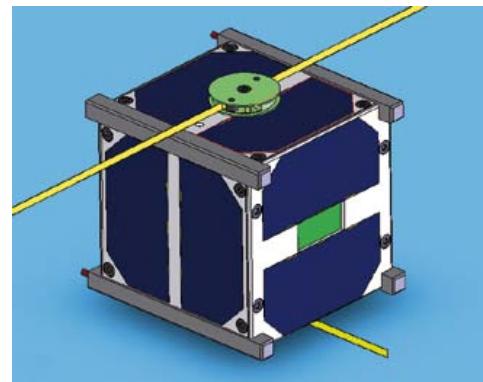


Figure 1. Modèle CAO du satellite Robusta. (source : RobustaCom)

éléments à mesure de l'évolution des diverses corrections validées. La structure est réalisée en aluminium 6061 de densité stable en milieu spatial.

La carte puissance

La carte puissance recharge la batterie et distribue les diverses tensions nécessaires aux divers sous-systèmes. On y trouve aussi le système nécessaire au déclenchement du déploiement des antennes

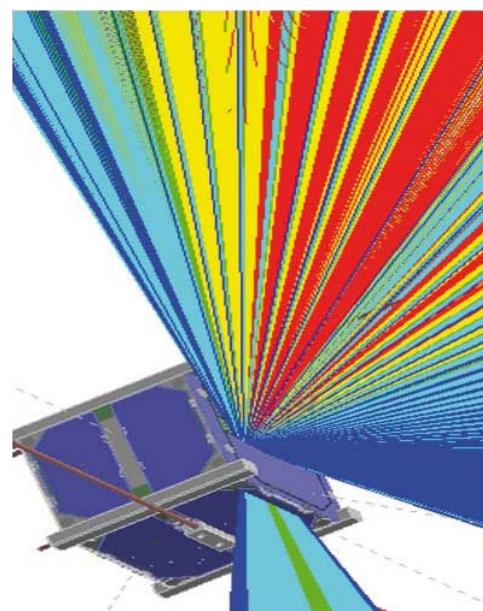


Figure 2. Exemple de modélisation pour le calcul de la dose absorbée par un composant de Robusta utilisant le logiciel FASTRAD. (source : RobustaCom)

CIRCUITS DES LECTEURS

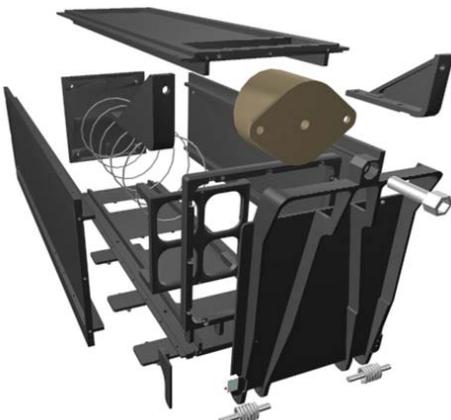


Figure 3. Modèle éclaté 3D d'un p-pod. (source : CubeSat Project)

une fois en orbite. Le dimensionnement des composants permet de disposer d'une marge conséquente sur puissance nécessaire. Le système de charge de la batterie tient compte de la variation de la tension des cellules solaires en fonction de la température ainsi que de la dégradation de celles-ci dans le temps. Trois tensions sont fournies, 8 V pour l'amplification avant émission de données vers la Terre, 6 V pour les circuits logiques et -5 V pour les composants sous tests. Les six faces recevant des cellules solaires seront soumises aux rayons du soleil dans un ordre aléatoire suivant la rotation du satellite. Il a été choisi de mesurer la tension et le courant issus de ces six faces afin de vérifier la bonne charge de la batterie et de mesurer la rotation implicite du satellite. Un bus I²C a été choisi par les étudiants pour dialoguer entre la carte puissance et la carte contrôleur.

La carte expérience

Pour la carte expérience, le circuit électronique a dû être amplement conçu et testé. En effet, chaque circuit intégré sous test (LM124 et LM139) comporte huit éléments sur lesquels il faut mesurer des courants, des tensions, des températures et des doses. Il a donc fallu trouver une architecture à base de commutateurs analogiques pilo-

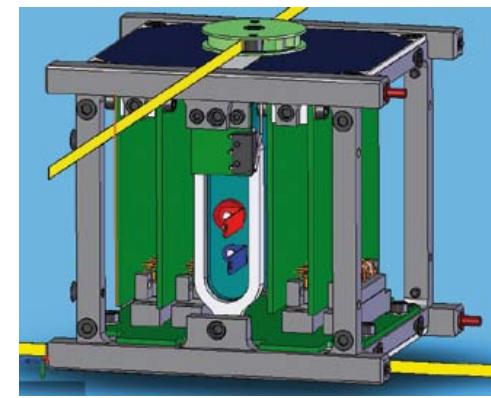


Figure 4. Modèle éclaté 3D du satellite. (source : RobustaCom)

tés par le microcontrôleur pour multiplexer les mesures prises sur les différentes pattes des composants (figure 5). Les étudiants ont dû choisir un bus permettant de gérer le grand nombre d'adresses allouées aux interrupteurs et ainsi découvrir les bus I²C et SPI. En dehors de la carte puissance, les autres cartes possèdent en commun un PIC18F4680, une interface CAN et un dispositif *anti latchup* (protection des microcontrôleurs contre les courts-circuits générés par des particules ionisantes).

La carte contrôleur

C'est le cerveau du satellite : son but est d'ordonnancer les tâches des autres cartes. Elle gère le dialogue avec les autres cartes et elle est responsable de la gestion de l'énergie disponible. Par exemple, elle interdit une communication avec la station sol lorsqu'une expérience est en cours, car ces deux actions sont trop gourmandes en puissance.

Au cours de réunions inter-sous-systèmes, il a été choisi d'utiliser un bus CAN pour la communication entre les différents sous-systèmes (figure 6). D'autre part les étudiants ont pu, lors de la conception du prototype, développer leur propre protocole d'échanges de don-

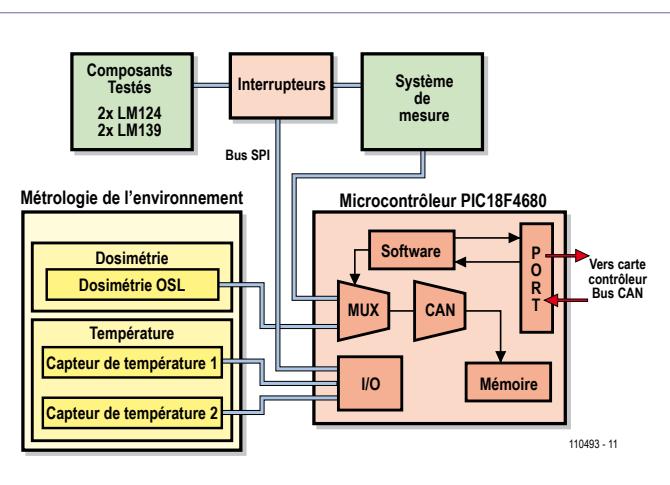


Figure 5. Synoptique de la carte expérience. (source : RobustaCom)

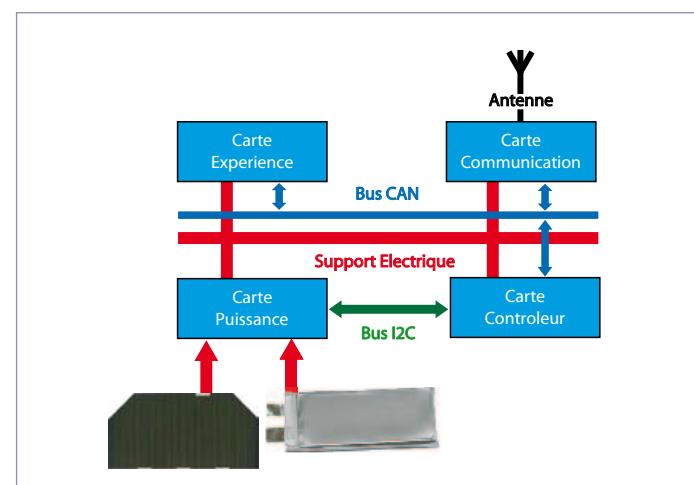


Figure 6. L'interconnexion des quatre cartes avec interface I²C et bus CAN.

100 % étudiant

Robusta, satellite et station au sol dédiée, sont entièrement conçus et réalisés par les étudiants issus des diverses formations de l'Université Montpellier 2 : IUT de Nîmes, école d'ingénieur Polytech'Montpellier, licence et master EEA (électronique, électrotechnique, automatique) de la Faculté des Sciences. Ce projet en partenariat avec le CNES est soutenu par d'autres grands industriels du secteur électronique.



Plusieurs grands axes peuvent être dégagés de ce projet : l'étude système et la gestion de projet associée, la structure mécanique, les tests environnementaux, les sous-systèmes relatifs à plusieurs domaines de l'EEA : la gestion de l'énergie, la charge utile, la carte contrôleur, la carte radiocommunication, la station au sol associée. Il faut enfin rajouter une partie communication et vulgarisation auprès

des médias. Le satellite doit être pensé, réalisé et testé par les étudiants, guidés par des enseignants experts dans le domaine concerné toujours sous le contrôle du CNES. Les étudiants sont également chargés de la gestion de projet.

Ce projet est une expérience de nature industrielle qui reste de par sa durée, son coût et sa technicité à l'échelle des étudiants. Robusta, en tant que système, permet aux étudiants de niveau bac + 2 à

bac + 8 de développer des prototypes techniques pointus et d'améliorer leur sens de la communication tout en découvrant le monde du spatial. Ils doivent s'impliquer depuis la définition de la mission jusqu'à l'exploitation des données de mesure, en passant par toutes les phases de conception, approvisionnement des composants, réalisation de prototypes et tests.

nées. Le nombre de messages à envoyer aux autres cartes étant élevé, un réseau de Pétri a été utilisé afin de ne pas oublier de messages, d'éviter les blocages, et de bien tenir compte des contraintes imposées.

La carte radio

Pour le sous-système radiocommunication, les étudiants ont compris le sens de bande de fréquences allouées pour une application. Après avoir étudié diverses architectures d'émission-réception, ils ont opté pour un système à deux fréquences séparées : 435,325 MHz pour l'émission vers la station sol et 145,95 MHz pour la réception de télécommandes. Le choix des composants et notamment des amplificateurs s'est fait directement en concertation avec les étudiants du sous-système station sol en fonction du budget de liaison. Néanmoins, en plus d'une culture nécessaire sur les problématiques propres aux radiofréquences, ils ont dû mettre en œuvre des procédés de traitement du signal lors du choix du type de modulation et démodulation. La simulation n'a pas été oubliée,

notamment pour les antennes du satellite qui ont été entièrement simulées à l'aide d'un logiciel professionnel spécifique hyperfréquences CST Microwave Studio.

La station au sol

La station au sol est une partie intégrale et indispensable pour le fonctionnement d'une mission spatiale. Lorsque le satellite est en orbite, elle devient la seule interface de communication possible. Elle permet ainsi de recevoir toutes les données expérimentales et les paramètres de vols (télémesures), mais aussi d'envoyer les télécommandes pour modifier le protocole expérimental ou le comportement du satellite (par exemple gérer l'alimentation, activer ou désactiver certaines parties).

La station au sol de Robusta (**figure 7**) est construite autour de matériels radioamateurs. L'élément central de son architecture est un émetteur-récepteur qui permet la modulation/démodulation des signaux AFSK, sur la bande des 430 MHz pour les télémesures et sur la bande des 144 MHz pour les télécommandes. Deux

Expresso

Le Centre Spatial de Toulouse (CST) qui dépend du CNES propose aux étudiants d'acquérir une expérience concrète dans le domaine des systèmes orbitaux. C'est aussi l'occasion de tester de nouvelles technologies et de réaliser des expériences scientifiques pour la communauté spatiale à moindre coût. Pour soutenir le projet, le

CNES offre des moyens financiers et met à disposition un coordinateur de projet et des experts du CST pour l'analyse thermique, les cellules solaires, les tests en vibration, les autorisations d'utilisation de fréquences, etc.

CIRCUITS DES LECTEURS



Figure 7. La station au sol de Robusta.
(source : RobustaCom)



Figure 8. La fusée Vega.
(source : ESA)

antennes motorisées établissent le lien avec le satellite. Un PC gère la motorisation de ces antennes, mais aussi l'envoi des télécommandes et la réception des télémétries. Tous les logiciels de la station au sol sont soit développés en interne, soit issus du monde de l'« open source », à commencer par le système d'exploitation Ubuntu du PC qui gère la station sol. Ceci permet l'adaptation des logiciels à nos besoins spécifiques et une évolution dans le temps sans contraintes particulières.

Le lanceur Vega

Suite à un appel à candidature, le satellite Robusta a été choisi avec huit autres pour être mis en orbite lors du vol de qualification de la fusée Vega (**figure 8**). Le projet Vega doit permettre de mettre en orbite des satellites de petites tailles entre 300 et 2000 kg sur des orbites basses ou polaires. Ce sera une première pour ce lanceur qui décollera de la base de Kourou fin 2011.

Au total neuf cubesat

seront expulsés du lanceur en même temps que la charge principale, un satellite scientifique nommé LARES System ainsi que le minisatellite éducatif ALMASat.

(110493)



Figure 9. Essai de test en vibration du cubesat sur pot vibrant.
(source : CNES)

Liens internet & références

- [1] Le projet Robusta: www.ies.univ-montp2.fr/robusta/
- [2] Cubesat de California Polytechnic State University : <http://polysat.calpoly.edu/>
- [3] J. Boch, «*Estimation of Low Dose Rate Degradation on Bipolar Linear Integrated Circuits Using Switching Experiments*», IEEE Trans. Nuclear Science, vol. 52, p.2626-2621, decembre. 2005.
- [4] J. R. Vaille, F. Ravotti, P. Garcia, M. Glaser, S. Matias, K. Idri, J. Boch, E. Lorfrevre, P. J. McNulty, F. Saigne, L. Dusseau, “*Online dosimetry based on optically stimulated luminescence materials*” IEEE Trans. on Nuclear Science, vol. 52, Issue 6, Decembre 2005 pp. 2578 – 2582.

L'aventure spatiale continue avec Friends et Ristretto

Robusta, Espresso, Friends, Ristretto, non ce ne sont pas des termes relatifs au café, mais plutôt les noms de projets étudiants pour conquérir l'espace.

De petits satellites étudiants de plus en plus gros, voilà ce que nous propose l'université Montpellier 2 en collaboration avec le CNES, l'ESA et l'Université Baumann de Moscou.

Pour faire face à ces nouveaux challenges, l'Université Montpellier 2 va prochainement mettre en place un centre spatial universitaire baptisé SOLARIUM (Systèmes Orbitaux Liés aux Activités de Recherche Interdisciplinaires de l'Université Montpellier 2) et soutenu par la fondation Van Allen, première en France à valoriser les petits satellites



DESIGNSPARK

Allez au bout de vos idées!

Relevez **le défi** DesignSpark chipKIT™

Participez à notre concours de conception à partir
du **28 novembre 2011**!

Mesurez-vous aux ingénieurs du monde entier en mettant votre créativité au service d'une application éco-énergétique que vous élaborerez à l'aide du logiciel gratuit de dessin de circuits imprimés DesignSpark et de la carte de développement Microchip chipKIT™ Max32™.

Le défi consiste à concevoir un circuit aussi économique en énergie que possible: **les gagnants du concours se partageront 10.000 \$.**

Pour informer les autres, poste régulièrement vos messages sur les pages de la communauté DesignSpark. Vos mises à jour pourront vous faire gagner un des Community Choice Awards ou encore des prix tirés au sort entre les participants !



Le kit de développement chipKIT™ pour Max32™ est **GRATUIT**
pour les ingénieurs qualifiés.

Rendez-vous sur www.chipkitchallenge.com

pour le règlement du concours et les modalités d'accès

au kit **GRATUIT** chipKIT™ Max32™.*

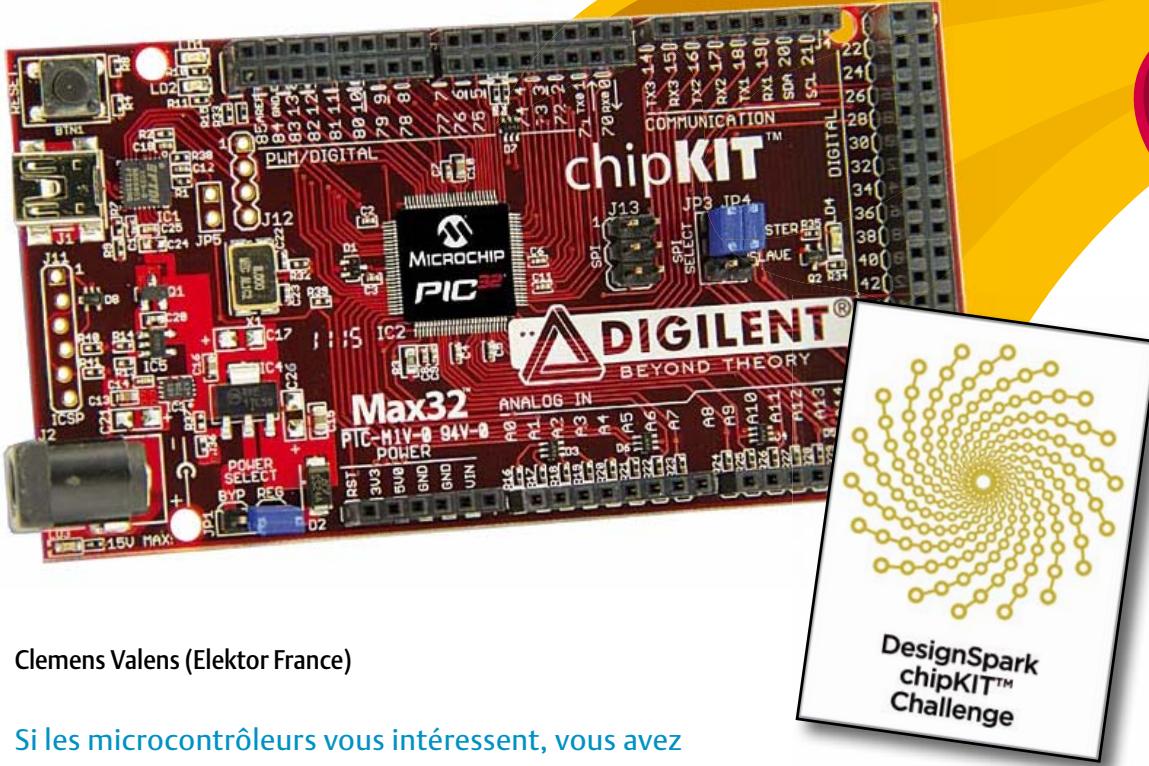
* Sous réserve de disponibilité

Ce concours est organisé en association avec:



Super Arduino

Bien démarrer avec le chipKIT Max32



Clemens Valens (Elektor France)

Si les microcontrôleurs vous intéressent, vous avez probablement entendu parler d'Arduino, peut-être même en avez-vous utilisé. Si c'est le cas, vous avez peut-être été confronté aux limites de cette charmante plateforme 8 bits et souhaité qu'elle ait plus de puissance, de mémoire et peut-être même d'E/S. Vu la profusion de microcontrôleurs qui existent, c'est accessible, mais il faut apprendre de nouveaux outils tout le temps. En fait, ceci n'est plus tout à fait vrai depuis que Digilent a présenté une solution pour ceux qui veulent plus de puissance, mais sans changer d'outils. Leur chipKIT Max32 offre la puissance d'un micro à 32 bits et quelque 80 E/S tout en restant compatible avec l'environnement Arduino.

Des tentatives pour faire des cartes 32 bits compatibles avec l'Arduino il y en a eu, mais, pour autant que je sache, seule la compatibilité « mécanique » a été atteinte, jamais vis-à-vis des outils. Certaines de ces cartes sont supportées par des bibliothèques logicielles qui offrent des fonctionnalités et une syntaxe ressemblant à l'Arduino, mais chacune nécessite un compilateur différent et utilise des méthodes de chargement de firmware spécifiques. Digilent a été plus loin en intégrant un compilateur, un éditeur de liens et un programmeur pour le proces-

seur PIC32 utilisé dans leurs cartes chipKIT à l'environnement de développement intégré (EDI) Arduino 0022. Vu de l'EDI Arduino, les chipKIT sont juste des cibles au même titre que les Arduino 8 bits classiques. Digilent a même été jusqu'à créer un site avec une URL en .cc [1], exactement comme Arduino. Toujours dans l'esprit Arduino, le chipKIT est open source, ce qui veut dire que les fichiers CAO (schémas et platine Eagle) sont téléchargeables gratuitement et que le logiciel est entièrement open source. À la différence de l'Arduino, le PCB du chipKIT possède

quatre couches ; peu de gens vont tenter de faire le leur.

Il y a deux versions de chipKIT : le Uno32 et le Max32. Mécaniquement, le Uno32 est compatible avec l'Arduino Uno et le Max32 avec l'Arduino Mega, la version rallongée de l'Arduino standard. On remarquera que Digilent n'a pas conservé la forme curieuse des Arduinos ; le petit côté est en effet droit ce qui rallonge un tout petit peu les cartes. Je ne pense pas que ça soit un problème. Le reste de cet article se focalisera sur le Max32, paré au départ ?

Présentation du PIC32

Lorsqu'on leur parle de microcontrôleurs 32 bits la plupart des gens mentionnent d'abord ARM, puis les « implémenteurs » de coeurs ARM comme Atmel, ST ou NXP et très peu pensent à Microchip. Bien qu'il soit vrai que de nombreux téléphones portables s'appuient sur des technologies ARM, beaucoup d'autres produits grand public comme les appareils photo numériques et les imprimantes contiennent des processeurs MIPS. Je n'ai pas vérifié sérieusement cela, mais il se dit qu'il y a plus de processeurs 32 bits MIPS que ARM dans la nature. Avoir une expérience MIPS est donc une bonne chose pour n'importe quel passionné de microcontrôleurs et le PIC32 est une excellente plateforme pour commencer.

Il y a actuellement cinq familles : 3xx, 4xx, 5xx, 6xx et 7xx. Les 3xx et 4xx sont considérés comme génériques, alors que les trois autres ont plus de périphériques comme CAN ou Ethernet et ont plus de RAM. Ces micros possèdent un cœur 32 bits MIPS MK4 avec pipeline à 5 étages et peuvent être cadencés jusqu'à 80 MHz. Une performance de 1.56 DMIPS/MHz (Dhrystone 2.1) est annoncée, ce qui est un peu mieux qu'un ARM Cortex-M3 qui atteint 1.25 DMIPS/MHz, selon ARM.

Toutes les familles ont jusqu'à 512 Ko de flash plus 12 Ko de mémoire amorçage et jusqu'à 32 Ko de RAM pour les 3xx/4xx ou

jusqu'à 128 Ko pour les 5xx/6xx/7xx. Ils affichent tous les périphériques que l'on s'attend à trouver sur un microcontrôleur de ce type (ports série, PWM, ADC, etc.), mais possèdent aussi plusieurs voies DMA (Direct Memory Access).

Côté boîtiers, il y a deux tailles : 64 pattes (suffixe H) ou 100 pattes (suffixe L). Notez qu'un boîtier XBGA 121 contient la version à 100 pattes. Les PIC32 sont compatibles broche à broche avec certains PIC24 et dsPIC et s'intègrent donc dans la vaste gamme des microcontrôleurs et outils de développement (MPLAB) Microchip. Beaucoup de bibliothèques logicielles sont disponibles sur leur site web et un site existe pour le partage de projets à base de PIC32 (www.mypic32.com). Les fiches techniques et autres documents peuvent être trouvés sur www.microchip.com/pic32.

Famille	USB OTG	CAN	Ethernet	RAM
3xx	–	–	–	Jusqu'à 32 KB
4xx	1	–	–	Jusqu'à 32 KB
5xx	1	1	–	Jusqu'à 128 KB
6xx	1	–	1	Jusqu'à 128 KB
7xx	1	2 (1 pour le 764)	1	Jusqu'à 128 KB

La carte

Le Max32 se présente sous la forme d'une platine rouge à quatre couches livrée dans une petite boîte rouge et blanche qui ne contient qu'une URL [2] (ni câble USB, ni documentation). Rappelons à ceux qui ne le savent pas par cœur que l'Arduino Mega mesure 10,2 x 5,4 cm. Comme sur l'Arduino Mega, trois des bords de la carte sont équipés de connecteurs, sauf que ceux correspondant aux sorties numériques 0 à 13 (en langage Arduino) sont des modèles à double rangées sur le Max32. Les sorties numériques 70 à 85 se trouvent sur des contacts additionnels. On trouvera entre les connecteurs USB et d'alim un emplacement pour un connecteur de programmation Microchip ICSP. Cet emplacement utilise la disposition spéciale « à la Sparkfun » (quincunce) des pattes permettant un contact correct sans qu'il n'y ait besoin de soudure. L'alimentation de la carte peut se faire par le connecteur USB ou bien par le jack qui accepte des tensions jusqu'à 15 VCC. Le cavalier JP1 vous permettra d'outrepasser le régulateur 5 V, réfléchissez bien à ce que vous faites sous peine de griller quelque chose. À la mise sous tension d'une carte vierge, vous verrez une LED rouge trop lumineuse indiquant la présence du 3,3 V et une verte (LD4) clignotant à environ 3 Hz. Abstraction faite du connecteur d'alim et du port série USB, il est difficile de voir

le Max32 comme autre chose qu'une *breakout board* pour le processeur PIC32 monté en son centre. Le PIC32 de Microchip se compare plutôt bien à un Cortex-M3 ARM (voir l'encart). La carte arbore le plus gros PIC32 actuellement disponible, le PIC32MX795F512L. Cette puce est logée dans un boîtier à 100 pattes et possède 512 Ko de flash et 128 Ko de RAM, le tout cadencé par une horloge à 80 MHz. Il y a de l'USB-OTG (*on-the-go*), un MAC Ethernet et deux contrôleurs CAN.

Après cette courte présentation du matériel, jetons un coup d'œil au logiciel.

L'EDI

Comme nous venons de le voir, la programmation de la carte se fait via un EDI que l'on peut télécharger gratuitement sur [2]. L'installation du fichier de 128 Mo est très simple ; il suffit de le décompresser à l'endroit adéquat sur votre ordinateur. Décompressé, il occupe environ 480 Mo d'espace disque. Pour démarrer l'EDI, lancez l'exécutable **mpide.exe** que vous trouverez à la racine du dossier d'installation. L'EDI est multiplateforme et fonctionnera indifféremment sous Windows, Linux et Mac OS après peut-être une installation de Java. En basant le Max32 sur l'EDI Arduino, les gens de chez Digilent se sont épargné beaucoup d'écriture de documentation. En effet, tout ce dont vous avez besoin pour installer

et démarrer avec l'Arduino est expliqué en détail sur le site Arduino [3]. Vos questions sur la syntaxe du langage de programmation y trouveront également des réponses. Au moment de l'écriture de cet article la version l'EDI est la 0022 (mpide-0022-chipkit-win-20110619 pour être précis), la même que celle de l'actuel EDI Arduino. Si l'on en croit Digilent, cet EDI est identique à l'Arduino officiel à la différence près qu'il intègre un compilateur/éditeur de liens PIC32 et des bibliothèques, et peut donc être utilisé pour programmer des microcontrôleurs 8 bits également. Enfin, en théorie : mon clone d'Arduino, un Seeeduino v1.1, n'était pas reconnu : « *Invalid device signature* ». Cette carte fonctionne parfaitement avec l'EDI Arduino 0022 officiel.

Après avoir installé l'EDI et relié le Max32 à l'ordinateur, vous pouvez essayer les outils en compilant l'un des exemples simples qui sont fournis puis en le chargeant sur la carte. N'oubliez pas de sélectionner le Max32 dans le menu *Tools* > *Board* puis de choisir le bon port série (*Tools* > *Serial Port*). Une fois fait, l'exemple *BlinkWithoutDelay* (*File* > *Examples* > *Digital*) devrait fonctionner sans modifications, cliquez sur le bouton *Upload* pour voir la LED verte LD4 clignoter à 0,5 Hz.

Si vous êtes arrivé jusqu'à là, vous êtes fin prêt pour développer de vraies applications pour le Max32. Mais lisez attentivement,



Figure 1. L'EDI Max32 montrant un `#define` pour enlever le code spécifique AVR.

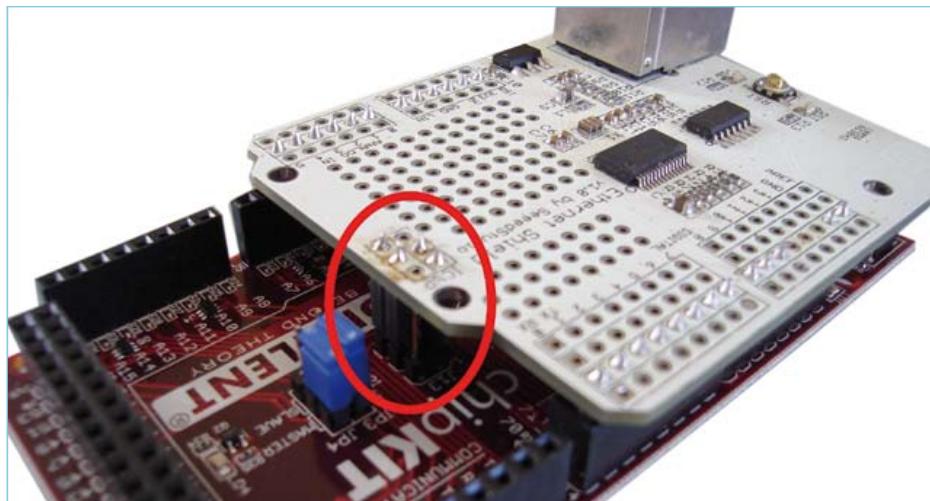


Figure 2. Gros plan sur la connexion SPI entre l'etherShield et le Max32.

vous serez content d'être au courant de certains problèmes...

Porter un shield

Faire clignoter une LED, c'est sympa, mais pas très satisfaisant ; c'est pourquoi je me suis risqué à essayer mon Arduino Ethernet shield sur le Max32 (un shield est une carte d'extension pour Arduino). Ce shield est basé sur le contrôleur Ethernet avec interface SPI ENC28J60 de Microchip. Je sais que le PIC32 possède un MAC Ethernet, mais je n'avais pas de shield sous la main avec un PHY Ethernet et un connecteur RJ45. Digilent propose un shield de ce type (qui offre même un peu plus), mais je n'avais pas le temps de commander et attendre l'arrivée du colis. De plus, j'avais maintenant une bonne occasion de voir jusqu'où le Max32 est compatible avec l'Arduino. Comme vous le verrez ci-dessous, pas complètement... Mon vieux shield Ethernet — que j'appellerai etherShield à partir de maintenant pour ne pas le confondre avec le nouveau shield Ethernet Arduino officiel qui utilise un W5100 — est supporté par une bibliothèque et quelques exemples. Ce shield et le code associé fonctionnent très bien sur mon Seeeduino. La première étape a été d'installer cette bibliothèque dans l'EDI Max32 (dans le dossier `libraries`) et de voir si ça compilait. La réponse, vous vous y attendiez est : non. La raison n'était pas le code en lui-même, mais plutôt le fait que le compilateur ne trouvait apparemment rien à compiler. Si l'on en croit le site de Digilent, où sont expliquées certaines choses à propos des portages depuis Arduino, les bibliothèques sont

gérées de la même façon qu'avec l'Arduino, mais clairement pas dans mon cas. Si je la mets dans le dossier `hardware|pic32|libraries|` (où l'on trouve les mêmes éléments que dans le dossier `libraries`) le compilateur trouve bien le code, mais donne beaucoup d'erreurs disant que le code contient des choses spécifiques aux AVR (les Arduinos sont basés sur les processeurs AVR d'Atmel). Super ! Un indice...

La première chose à faire lorsque l'on porte des bibliothèques Arduino est de se débarrasser de toutes les références à la mémoire programme. Sur AVR, des directives spéciales du compilateur sont nécessaires pour accéder à des constantes (chaînes, tableaux) stockées en mémoire programme. Ce n'est pas nécessaire avec le PIC32 et ces directives doivent être enlevées. Pour que votre code reste compatible Arduino, il est préférable d'utiliser des `#define`, pour ce faire vous pouvez utiliser la macro `_BOARD_MEGA_` (voir Figure 1) définie par l'EDI Max32 (pas très clair ; on s'attendrait plutôt à un `_BOARD_MAX32_`). Faites de même pour les directives `#include` spécifiques aux AVR.

Ça ne sera peut-être pas suffisant (comme dans mon cas) étant donné que la bibliothèque peut aussi utiliser des registres AVR que le PIC32 n'a pas. Le driver SPI pour le ENC28J60 faisait cela, probablement parce qu'il est plutôt vieux et que la bibliothèque SPI intégrée à l'EDI Arduino n'existe pas encore (elle est apparue avec la version 0019 de septembre 2010). J'ai donc modi-

fié la vieille bibliothèque etherShield afin qu'elle utilise la bibliothèque SPI Arduino et j'ai testé cela sur un vrai Arduino avant d'essayer avec le Max32.

Ceci m'amena de nouveaux problèmes puisque la bibliothèque SPI faisait référence à des fonctions d'E/S que le compilateur Max32 n'aimait pas. Il s'est avéré que le problème venait du fait que bibliothèque était écrite en C et compilé comme du C, alors que les fonctions d'E/S et la bibliothèque SPI sont écrites en C++. Les fichiers avec l'extension `.c` sont compilés comme du C, ceux avec l'extension `.cpp` comme du C++. Bon, retour à l'EDI Arduino pour porter la bibliothèque etherShield en C++ et la tester. Cela n'a pas été particulièrement difficile à faire, encore faut-il repérer les directives comme `#extern <C> { ... }` cachées à des endroits inattendus. Après cette dernière modification, ma bibliothèque etherShield compilait sans erreurs dans l'EDI Max32 et pour la carte Max32. Et, ça marchait ? Non — bien sûr que non ! Ce ne fut pas vraiment une surprise étant donné que j'avais remarqué des messages parlant de problèmes de SPI sur le site de Digilent, mais l'optimiste qui est en moi continuait d'espérer.

Le principal problème est l'incompatibilité entre les pattes du PIC32 et des AVR. Les E/S numériques 10 à 13 de l'Arduino peuvent être utilisées pour du SPI et les 10 et 11 font de la MLI aussi. La raison de cette association est simple : c'est la disposition des E/S choisie par Atmel. Sur le PIC32 les

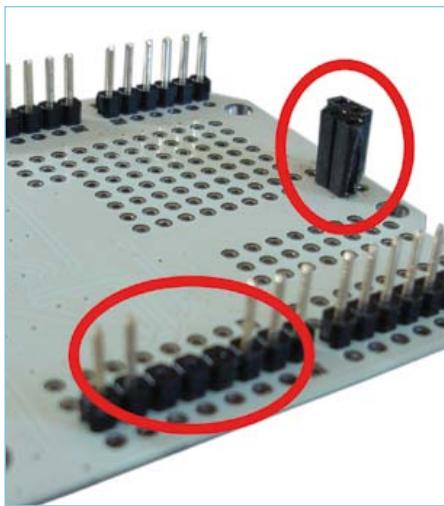


Figure 3. Les modifications que j'ai faites à l'etherShield.

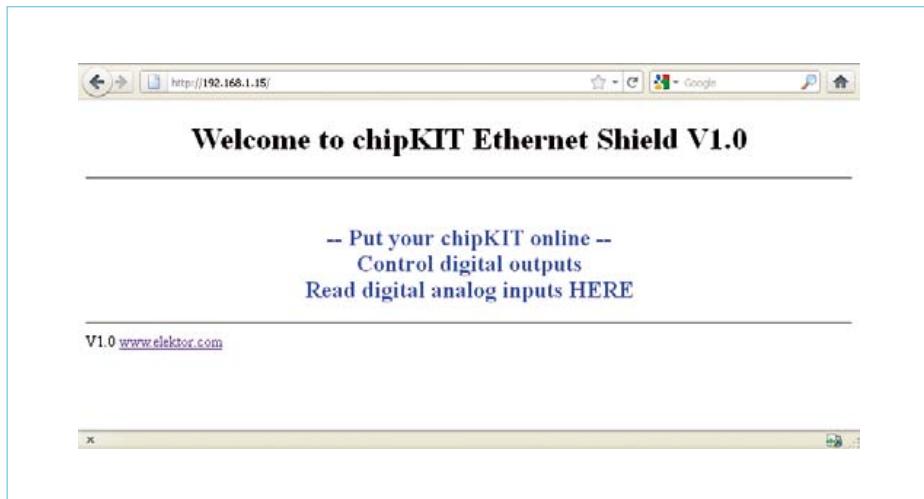


Figure 4. Le résultat d'un portage réussi : je peux maintenant me connecter à un petit serveur web tournant sur le Max32.

fonctions sont combinées différemment et il n'y a pas d'équivalence exacte pour ces pattes de l'AVR. Digilent a choisi de donner la priorité aux fonctions MLI étant donné qu'elles sont utilisées par les fonctions analogWrite de l'Arduino, ce qui veut dire qu'ils n'ont pu relier qu'une partie du port SPI n° 2 à ces E/S. Ils ont cependant trouvé un moyen de relier le port SPI n° 1 en gardant la compatibilité avec l'Arduino en utilisant le connecteur ICSP de l'Arduino (Figure 2) qui est relié aux mêmes signaux que les pattes 10 à 13. Je n'avais jamais considéré ce connecteur nécessaire pour faire un shield compatible avec Arduino, et je ne suis pas le seul, mais heureusement SeeedStudio, le fabricant de mon etherShield, avait décidé de mettre un connecteur ICSP sur le shield au bon endroit. Le remplacer par un modèle femelle côté cuivre ne m'a pris que quelques minutes et a rétabli la compatibilité SPI avec le Max32. Afin d'empêcher les conflits sur les pattes 11, 12 et 13 (MOSI, MISO & SCK), j'ai tout simplement retiré ces pattes de mon shield (Figure 3).

Maintenant ça devrait fonctionner, hein ?

Eh non. À ce moment j'ai dégainé l'oscilloscope, car je suspectais des incompatibilités entre les protocoles SPI du PIC32 et de ENC28J60. La vitesse d'horloge m'inquiétait notamment. Le scope m'a donné raison. Alors que l'Arduino atteignait environ 610 kHz, le PIC32 y allait d'un franc 20 MHz. D'après la fiche technique du ENC28J60 ça devrait passer, mais des expériences réalisées après que l'ensemble se soit mis à fonc-

tionner m'ont montré que 2,5 MHz était un chiffre plus réaliste. Pour l'instant, je réduis la vitesse à une valeur similaire à ce que l'Arduino peut faire : 625 kHz. Ce changement n'aura pas fait fonctionner le shield, mais je sentais que j'étais maintenant proche du but.

De nos jours, le moins cher des oscilloscopes numériques est capable d'enregistrer, même mon Atten ADS1022C 25 MHz à 240 € (port inclus), et cette fonction très utile m'a permis de voir qu'il y avait un problème de phase/polarité entre les lignes d'horloge et de donnée du bus SPI. En comparant soigneusement les transitions, j'ai découvert que le shield avait besoin du mode 1 sur le Max32 alors qu'il fonctionne en mode 0 sur l'Arduino. Cela voudrait-il dire que le shield fonctionne enfin ? Eh bien oui (Figure 4). Ouf.

Le mot de la fin

Digilent a fait du bon travail en ce qui concerne le portage du PIC32 sur l'EDI Arduino. Bien que la compatibilité ne soit pas de 100 %, il a vraiment essayé et a presque réussi à y arriver. Il paraît raisonnable de supposer que les shields Arduino simples avec des bibliothèques simples qui respectent les règles de codage et le style Arduino seront facilement portables, bien que vous puissiez tomber sur certains des problèmes que j'ai rencontrés. Les shields plus complexes qui utilisent des spécificités des AVR seront plus pénibles et pourront demander de solides connaissances sur les PIC32. Afin de vous simplifier la vie, essayez d'utiliser les fonctions disponibles dans les

bibliothèques Arduino autant que possible, et laissez Digilent faire le travail pour vous. Digilent a commencé à maintenir une liste des shields dont le bon fonctionnement est avéré, jetez-y un coup d'œil avant de démarrer un projet vous-même. Des mises à jour de l'EDI Max32 corrigent certains des problèmes décrits dans cet article peuvent apparaître, soyez donc sûr d'utiliser la dernière version.

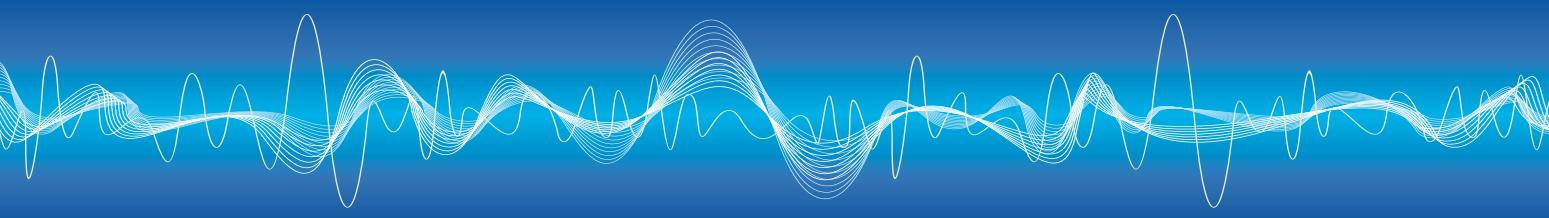
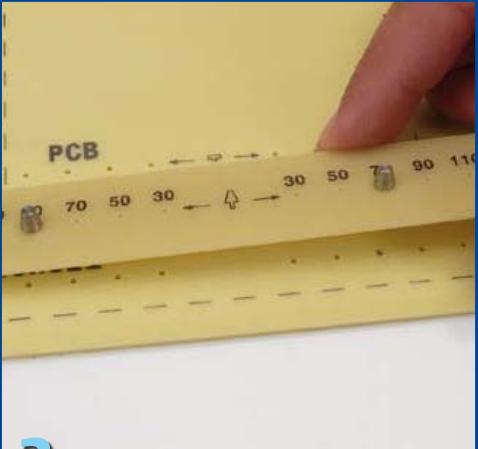
La seule chose qui ne soit toujours pas claire, c'est où mettre ses propres bibliothèques. Après avoir pas mal réfléchi et expérimenté un peu, je me suis arrêté sur l'idée que tous les fichiers qui contiennent du code spécifique PIC32, comme les pilotes bas-niveau, doivent être placés dans le dossier *hardware\pic32\libraries* ainsi que les fichiers qui en ont besoin. Tous les autres fichiers ainsi que les exemples qui utilisent les bibliothèques doivent être placés dans le répertoire *libraries* pour être sûr qu'ils soient vus comme des exemples par l'EDI.

Les sources pour les tests et expériences décrits dans cet article peuvent être téléchargées sur [4].

(110661, trad. Kévin PETIT)

Liens internet et ressources

- [1] <http://chipkit.cc>
- [2] www.digilentinc.com
- [3] <http://arduino.cc>
- [4] www.elektor.fr/110661

**1****2****3**

Travailler avec des pochoirs

Thijs Beckers & Antoine Authier (Laboratoire Elektor)

La fabrication de platines imprimées n'a plus, pour la plupart des électroniciens, le moindre secret. Nous voudrions cependant vous montrer une méthode que de nombreux amateurs d'électronique n'ont probablement pas encore vue, celle qui consiste à appliquer la pâte à braser au moyen d'un pochoir. Lors de la commande d'une platine qui devra être garnie principalement de CMS (composants montés en surface), certains fabricants proposent de joindre à la livraison un pochoir coordonné. La finalité de cet accessoire, c'est de simplifier singulièrement la mise en place précise, juste où il faut, de la pâte à braser, d'accélérer le travail et d'améliorer le fini. Un bel exemple en est la platine de l'Elektor BOB.

Figure 1.

Voici les composants que vous recevez dans un ensemble pochoir (stencil) : le pochoir lui-même (à droite) et le support

avec matériel de fixation (à gauche).

Figure 2.

Avec ces picots de forme particulière, vous pourrez maintenir le pochoir et la platine à la place voulue.

Figure 3.

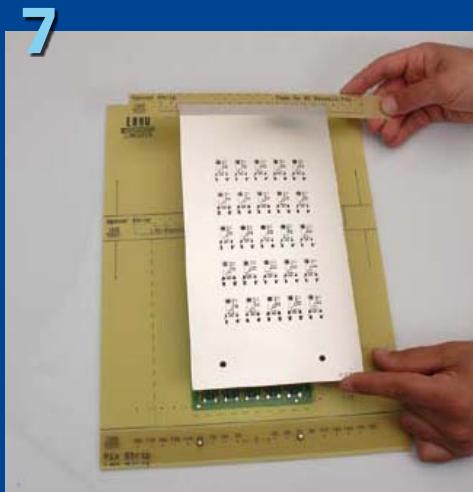
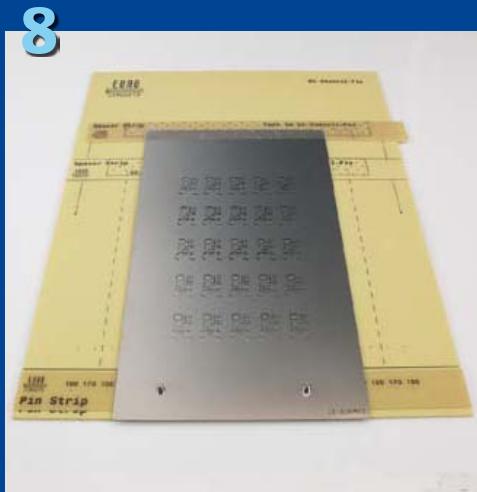
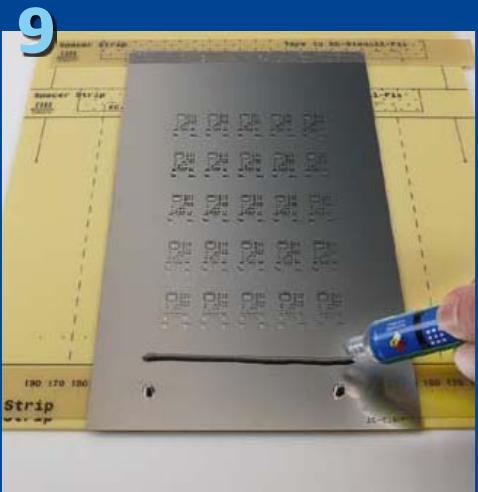
Pour cela, nous plaçons d'abord les parties coniques sur la bande de matériau d'impression qui viendra ensuite sur la platine support.

Figure 4.

Nous plaçons ensuite les picots sur la platine support.

Figure 5.

On peut maintenant fixer le circuit imprimé sur la platine support. Assurez-vous de la propreté impeccable du circuit imprimé ; il est hors de question de laisser des empreintes digitales ou d'autres impuretés sur les pastilles.

**7****8****9**

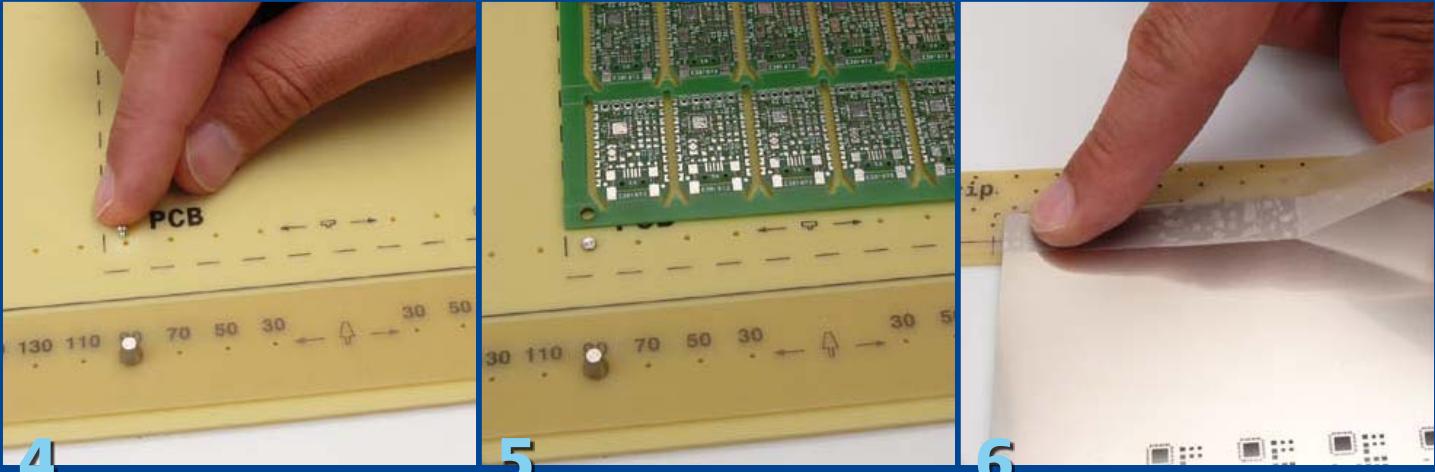


Figure 6.

Il faut aussi veiller à ce que le pochoir soit posé bien à plat (pas de coins pliés) sur le circuit imprimé. Nous appuyons pour cela la partie supérieure du pochoir sur un support de même épaisseur que le circuit imprimé.

Figure 7.

Nous déposons le pochoir sur le circuit imprimé.

Figure 8.

Les picots coniques tiennent le pochoir parfaitement en place. Vous voyez que les pastilles à braser restent à découvert.

Figure 9.

C'est le moment de les enduire de pâte à braser. Nous n'allons en mettre que sur la première rangée de pastilles, pour ne pas en déposer de trop.

Figure 10.

Ensuite, nous devrons répartir la pâte sur tout le pochoir en un seul (!) mouvement au moyen d'une raclette. Tirez la raclette vers vous, c'est ce qui donne le meilleur résultat.

Figure 11.

Reste à retirer le pochoir et, si vous avez bien travaillé, la pâte à braser est parfaitement étalée.

Figure 12.

Un agrandissement nous permet de constater que même sur les petites pastilles pour la puce, la pâte est exactement à la bonne place, alors que la distance entre les broches n'est que de 0,5 mm !

Le circuit imprimé est maintenant prêt à accueillir les composants. Quand ils seront en place, le tout pourra passer au four à refusion, mais ceci est une autre histoire.

(110514)



Compteur alpha/bêta/gamma

Détecteur de rayonnement amélioré



Burkhard Kainka (Allemagne)

Il ne faut guère plus qu'une photodiode PIN et un amplificateur de capteur adapté pour mesurer un rayonnement radioactif. Nous présentons ici un préamplificateur optimisé couplé à un compteur particulier : un microcontrôleur qui gère la durée de la mesure et affiche la fréquence des impulsions en « counts per minute ».



L'instrument peut être employé avec différents capteurs pour rayons alpha et gamma. Il convient bien aux mesures de longue durée et à l'analyse d'objets faiblement radioactifs. Le signal des petits échantillons se détache en effet mieux du bruit de fond qu'avec un compteur de Geiger-Müller, car la photodiode est de faibles dimensions. Autre avantage du capteur à semi-conducteurs par rapport au compteur de Geiger, la possibilité de mesurer l'énergie de chaque particule. La précision des mesures sur les échantillons en est d'autant améliorée. Le recours éventuel à un PC permet d'enregis-

trer le spectre d'énergie et d'en déduire les propriétés radioactives de l'objet étudié.

Préamplificateur

Les essais de détection de rayonnement gamma présentés dans le numéro de juin d'Elektor [1] n'étaient pas simples, car la photodiode BPW34 utilisée délivrait des impulsions très courtes. Nous utiliserons donc ici un amplificateur optimisé qui produira directement, sans recourir à un comparateur, des impulsions audibles et mesurables. Cet amplificateur utilise en entrée un transistor à effet de champ (TEC) à jonction

BF245B suivi d'un AOP. La tension totale est amplifiée 30 000 fois. L'amplitude des impulsions de sortie peut s'élever à 200 mV et leur largeur vaut environ 0,5 ms ; elles peuvent alors être rendues audibles ou commander un compteur sans traitement supplémentaire.

Plusieurs photodiodes montées en parallèle peuvent être reliées au circuit (figure 1). Dans ce cas la fréquence des impulsions augmente, mais dans le même temps la tension de signal diminue, car des capacités plus grandes sont alors présentes. De

Produits & services Elektor

- Platine 110538-1.
- Kit (composants et platine) 110538-71.
- USB-FT232R-Breakout-Board 110553-91.

- Dessin de la platine au format PDF, gratuit depuis [2].
- Logiciel et micrologiciel en téléchargement gratuit (fichier 110538-11 depuis [2])

Caractéristiques

- Mesure les rayons α , β et γ .
- Composants standards pour un montage facile.
- Connexion au PC via la passerelle Elektor BOB-FT232R.
- Seuil de réponse paramétrable (via PC) grâce au programme.
- Utilisable avec deux types de capteurs.

même, diminue la sensibilité vis-à-vis des signaux faibles, ce qui de nouveau annule en partie l'avantage d'avoir plusieurs photodiodes.

Avec une grande résistance d'entrée, le TEC à jonction donne un bon rapport signal sur

bruit. La résistance de source du BF245B voit à ses bornes une tension continue de 2 V à 3 V, largement indépendante de la tension de service (elle serait plus haute avec un BF245C, plus basse avec un modèle A). On obtient ainsi un point de fonctionnement convenable pour l'AOP. La photodiode travaille sous la tension de service et

la tension de grille est reliée à la masse par $20 \text{ M}\Omega$. Ce point est important, car la capacité des diodes diminue lorsqu'augmente la tension.

Le compteur

Le compteur d'impulsions comprend un Atmega88 et un LCD à deux lignes. La

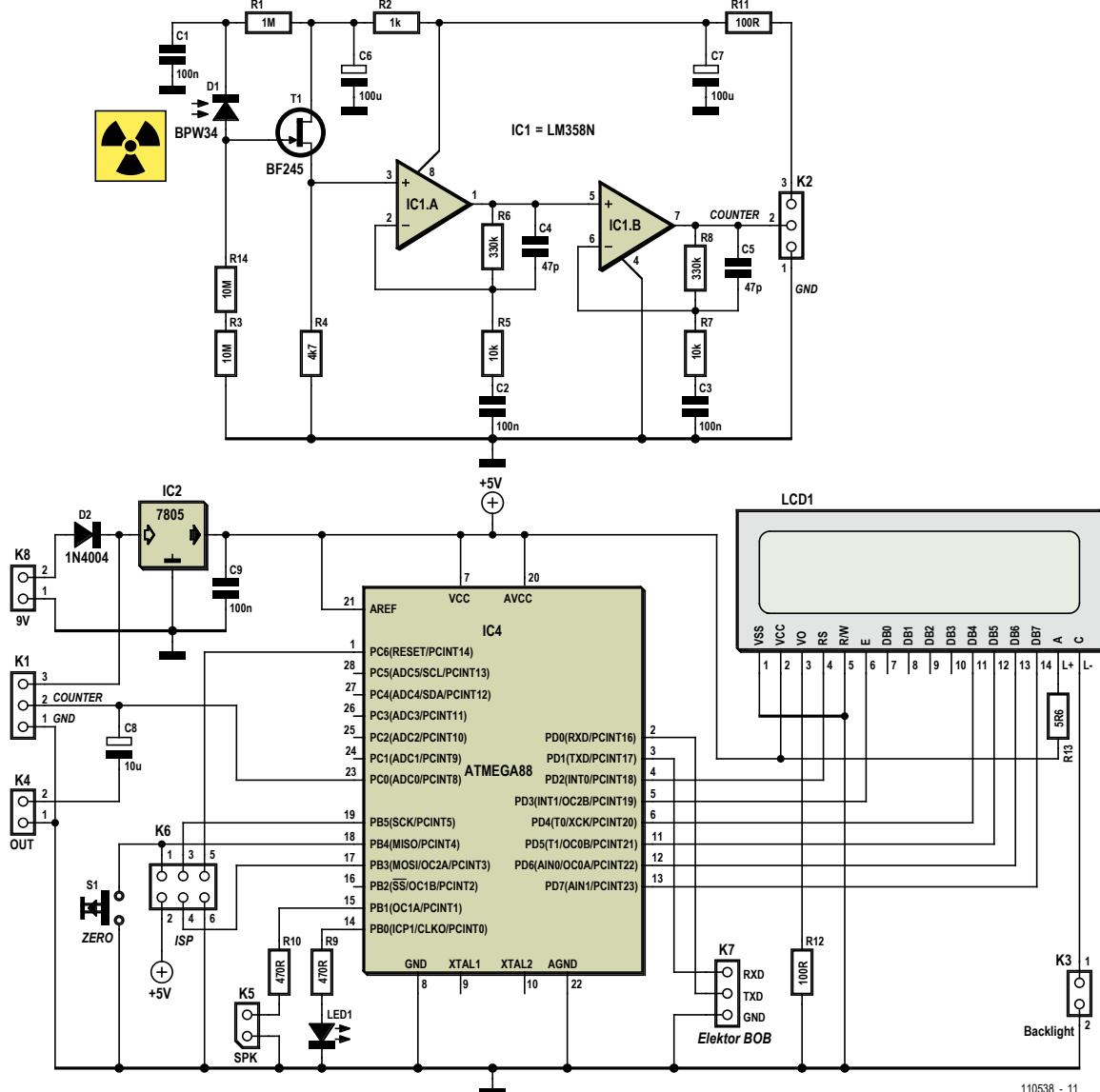


Figure 1. Schéma du préamplificateur et de la platine numérique.

Liste des composants

Résistances :

R1 = 1 MΩ
 R2, R7 = 1 kΩ
 R3, R14 = 10 MΩ
 R4 = 4,7 kΩ
 R5 = 3,3 kΩ
 R6, R8 = 330 kΩ
 R9, R10 = 470 Ω
 R11, R12 = 100 Ω
 R13 = 5Ω6

Condensateurs :

C1, C2, C3, C9 = 100 nF
 C4, C5 = 47 pF
 C6, C7 = 100 µF / 16V
 C8 = 10 µF / 16V

Semi-conducteurs :

D1 = BPW34
 D2 = 1N4001
 D3 = LED de 5 mm, verte
 IC1 = ATmega88PA-PU (Atmel), programmé
 IC2 = LM358N
 IC3 = 78L05
 T1 = BF245B

Divers :

S1 = bouton-poussoir unipolaire
 K1...K8 = embases, p.ex. TE-Connectivity 3-826926-6
 LCD1 = DEM16217, disponible auprès d'Elektor (030451-72)

contrôle de volume (potentiomètre logarithmique de 1 kΩ), car les « coups » émis lors des mesures de longue durée peuvent vite devenir énervants.

Le signal non traité du capteur est en outre appliquée via C8 à la sortie K4 puis découpé, p.ex. via un connecteur BNC auquel pourra être relié un instrument tel qu'un oscilloscope. Un amplificateur audio branché en ce point rendra les « coups » audibles. On pourra même distinguer les différentes énergies des particules individuelles.

Platine

Ce projet utilise une platine composée de deux sections (figure 2). La partie associée au capteur est séparable et peut être reliée à la partie associée au compteur par l'intermédiaire d'un câble tripolaire. Il sera ainsi possible d'incorporer le capteur dans un boîtier opaque.

Le LCD et le bouton-poussoir doivent être montés au dos de la platine ; le reste des composants va sur la face avant. Le positionnement du capteur D1 est laissé à l'appréciation de l'utilisateur, qui fera son choix en fonction de l'utilisation souhaitée de l'instrument.

Testez d'abord le circuit sans la photodiode. L'AOP doit montrer une tension continue moyenne en sortie. Son entrée doit être si sensible qu'approcher un doigt doit suffire à délivrer un signal, qui plus est reconnu par le compteur.

Comme le montre la figure 3, le capteur peut également être monté au dos de la platine. La surface sensible de l'instrument se trouve alors sous son côté droit. Il est important que la photodiode BPW34 soit montée dans un logement opaque et que la zone qui entoure la diode soit isolée avec soin. Lors du montage, placez un petit morceau de chatterton noir sous la photodiode. C'est lui qui doit empêcher la lumière de pénétrer la couche transparente verdâtre de la platine. La figure 4 montre le côté composants de la platine prototype.

La zone qui entoure la photodiode doit être recouverte des deux côtés de la platine avec du papier d'aluminium. Ce rempart, à relier à la masse est une protection efficace contre

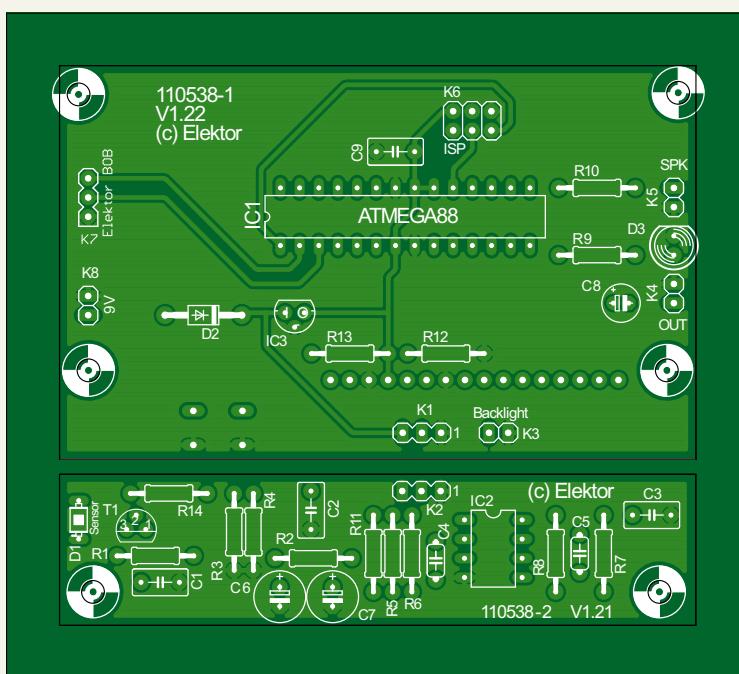


Figure 2. La platine du détecteur de rayonnement.

tension d'alimentation de 9-12 V parvient via la diode protectrice D1 au régulateur de tension IC2 (78L05) chargé de fournir 5 V au microcontrôleur et au capteur. La mise à jour du programme est facilitée par la présence d'un connecteur ISP sur la platine. Un connecteur pour interface série (BOB1) permet également de transmettre les données à un PC ou d'en lire les données enregistrées. Les signaux RXD et TXD sont à niveaux TTL et peuvent emprunter la passerelle USB/série BOB-FT232R d'Elektor (numéro de septembre 2011). Le connecteur K1 établit la liaison vers l'amplificateur de capteur. La sortie de signal, qui comprend sa tension de repos et le signal utile superposé, est directement dirigée vers l'entrée analogique ADC0 du micro-

contrôleur. Au démarrage, le programme doit déterminer le niveau de repos moyen. Toutes les impulsions dont le niveau excède une valeur définie sont comptées. L'interrupteur S1 sert à démarrer une nouvelle mesure sans que le programme ait à déterminer une nouvelle fois le niveau de repos. Il est ainsi possible d'établir d'abord le niveau zéro sans objet de mesure, et d'ensuite seulement effectuer une mesure réelle.

Toutes les impulsions comptées produisent un signal à la fois sur la LED et sur la sortie K5, à laquelle il est possible de relier un petit haut-parleur. Le suivi du comptage pourra ainsi se faire de façon visuelle et acoustique. Dans ce cas, il ne sera sans doute pas inutile de relier le haut-parleur (8 Ω à 32 Ω) à un

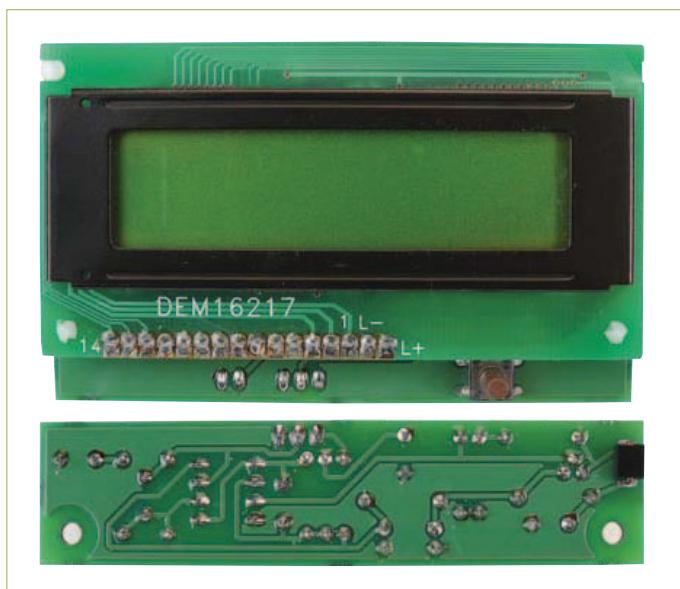


Figure 3. Le dos des platines.

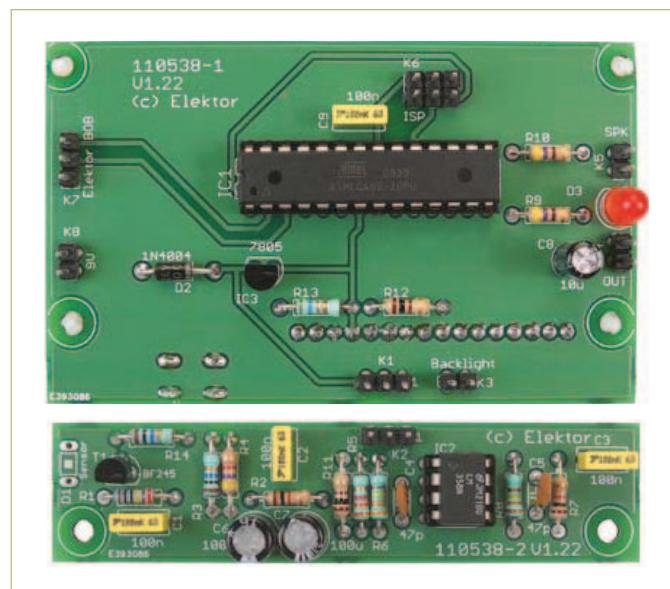


Figure 4. La face composants.

la lumière et les champs parasites susceptibles d'induire de faux signaux. Placez aussi du chatterton sous le papier alu de façon à prévenir tout court-circuit avec les composants. Pour le contact, utilisez par exemple une vis et deux rondelles. L'alu doit « mouler » la photodiode. Si la distance entre eux est trop grande, c'est un microphone à

circuit. Si tout est correct, l'oscilloscope n'affiche qu'un bruit uniforme d'environ 5 mV_{SS}.

Vous voici prêt à tester votre instrument sur un échantillon radioactif. Placez par exemple un minéral radioactif directement sur le capteur. Les rayons gamma qu'il émet produisent des signaux qui ressortent clai-

Mesures alpha

L'enveloppe du BPW34 est trop épaisse pour laisser passer le rayonnement alpha. Vous pouvez donc lui substituer un BPX61 dont vous retirerez le hublot protecteur. La photodiode ainsi mise à nu devient sensible aux particules alpha, et le signal est dix fois plus intense que celui produit par des rayons

Mesurer la radioactivité avec une photodiode abordable

condensateur que l'on construit, et dans ce cas le compteur pourra réagir à un son fort. Testez maintenant la platine et sa photodiode protégée. La sortie montrera à nouveau une tension CC comprise entre 2 V et 3 V si le circuit est vraiment étanche à la lumière. Un point de fonctionnement déplacé vers le haut sera le signe probable que la lumière traverse le cir-

rement du bruit. Toute impulsion de niveau supérieur à une certaine valeur est comptée. Vous pourrez régler ce niveau de déclenchement plus tard avec le programme. Si vous n'avez pas d'échantillon radioactif, soyez patient et le ciel vous aidera : dans au plus quelques minutes, une particule du rayonnement cosmique va venir frapper votre capteur et être comptée (figures 5, 6 et 7).

gamma. Vous pouvez utiliser le même amplificateur de capteur, mais placez-le dans un boîtier séparé, opaque et isolé. Cette chambre noire accueillera aussi l'échantillon à analyser, car même une feuille d'aluminium serait trop épaisse pour le rayonnement alpha (voir figures 8).

Une petite meule rotative (Dremel) s'est révélée efficace pour retirer le hublot du

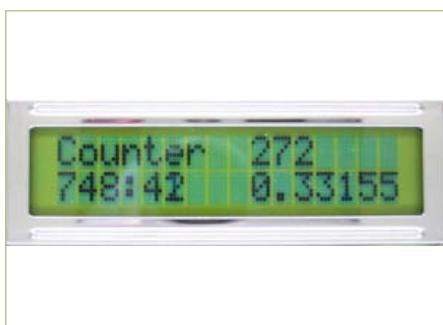


Figure 5. Mesure du bruit de fond : 0,33 impulsion/min est normal.

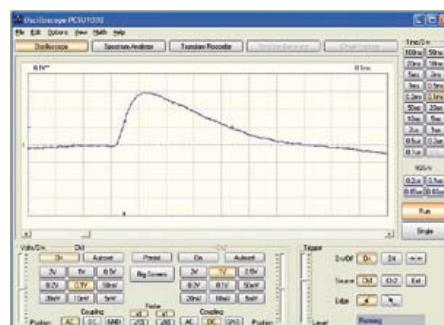


Figure 6. Une impulsion isolée.

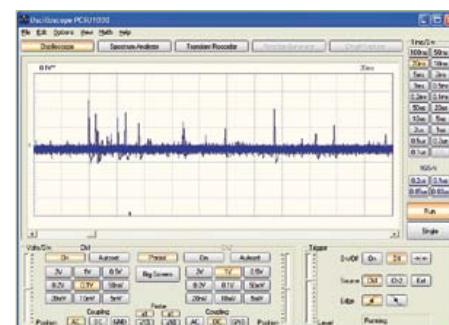


Figure 7. Bruit de fond et signal utile.

MESURE & TEST

Listage 1: Valeur moyenne et niveau de déclenchement

```
Readeeprom L , 1
If L = 255 Then L = 10
U = 0
For N = 1 To 1000
  D = Getadc(0)
  U = U + D
Next N
U = U / 1000
Um = U
U0 = Um + L
N = 0
```

```
M = M + 1
Count = N
Count = Count / M
Locate 2 , 10
Lcd Count
Lcd " "
End If
Locate 1 , 10
Lcd N
Locate 2 , 1
Lcd M
Lcd ":" 
Lcd S
Lcd " "
```

Listage 2: Acquisition d'une impulsion

```
Do
  Max = U0
  Do
    D = Getadc(0)
  Loop Until D > U0
  Portb.0 = 1
  Portb.1 = 1
  If D > Max Then Max = D
  Do
    D = Getadc(0)
    If D > Max Then Max = D
  Loop Until D < U0
  N = N + 1
  Max = Max - Um
  If Max > 255 Then Max =
255
  Print Chr(max);
  Portb.0 = 0
  Portb.1 = 0
Loop
```

Listage 3: Comptage et affichage LCD

```
Tim1_isr:
  Timer1 = -7812
  S = S + 1
  If S = 60 Then
    S = 0
```

Listage 4: Interprétation des valeurs transmises

```
Private Sub Timer1_Timer()
  While INBUFFER() > 0
    d = READBYTE()
    bin(d) = bin(d) + 1
  Wend
  For n = 1 To 255
    x1 = 2 * n
    x2 = 2 * n + 2
    y1 = 200 - bin(n)
    y2 = 200 - bin(n + 1)
    If y1 > 255 Then y1 = 255
    If y2 > 255 Then y2 = 255
    Picture1.Line (x1, y1) -
(x2, y2)
  Next n
End Sub
```

Listage 5: Paramétrage du seuil de déclenchement

```
Private Sub Command2_Click()
  l = HScroll1.Value
  SENDBYTE l
End Sub

Private Sub Command4_Click()
  l = 100 + HScroll1.Value
  SENDBYTE l
End Sub
```

BPX61. Manipulez l'outil avec grande précaution : une diode dont le cristal ou le mince fil de connexion sont détériorés est inutilisable.

Une boîte en fer-blanc est un exemple de protection efficace. Il est impératif que la tôle soit reliée à la masse du signal de façon à ce que la boîte serve également de blindage électromagnétique. Ne mesurez rien avant d'avoir posé le couvercle.

L'oscilloscope montre les grands signaux

alpha et leurs pointes, qui peuvent aller jusqu'à 2 V, mais également des signaux plus faibles, car la sensibilité du BPX61 au rayonnement gamma est la même que celle du BPW34. Le type de rayonnement peut donc être identifié grâce à la hauteur des impulsions.

Micrologiciel

Le micrologiciel, écrit en Bascom-avr, est simple et facile à comprendre (à télécharger).

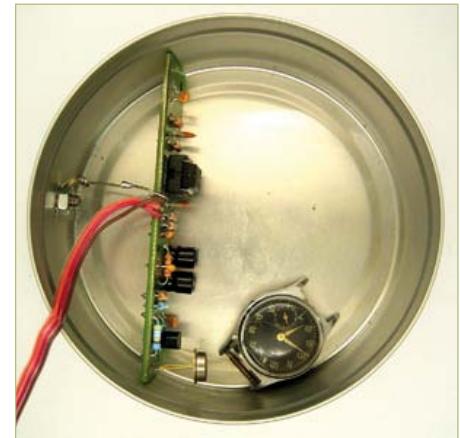


Figure 8. Un blindage.

ger gratuitement depuis [2]). La tension de sortie du préamplificateur vaut 2 V à l'état de repos. S'ajoutent ensuite les impulsions du capteur une fois l'instrument en service. Un comparateur est a priori nécessaire pour qu'un compteur puisse utiliser ces impulsions, mais l'ATmega est suffisamment rapide pour s'acquitter lui-même de cette tâche. Au démarrage, le programme effectue une mesure moyenne de référence sur 1000 points (listage 1). La valeur de seuil L est ajoutée à la valeur moyenne U obtenue de façon à ce que l'écart avec le bruit soit suffisant ; le résultat U₀ sert de valeur de référence pour l'évaluation des impulsions de comptage.

Pendant la mesure elle-même (listage 2), le comparateur commande également les sorties numériques PortB.0 et PortB.1. La LED reliée à B.0 émet un flash pour chaque impulsion identifiée. Vous pouvez connecter à B.1 un mini haut-parleur et sa résistance-talon (ou un potentiomètre de contrôle de volume).

Le programme calcule l'amplitude de chaque impulsion et l'envoie au PC sous forme d'octet via l'interface série. L'octet est unique pour éviter les pertes de temps. Le recours à un seul octet limite en outre à 255 la hauteur de l'impulsion, c'est-à-dire à 1,25 V. Les amplitudes supérieures seront considérées comme valant 255.

L'afficheur, actualisé une fois par seconde, indique l'état du compteur (listage 3). Sa seconde ligne affiche le temps écoulé

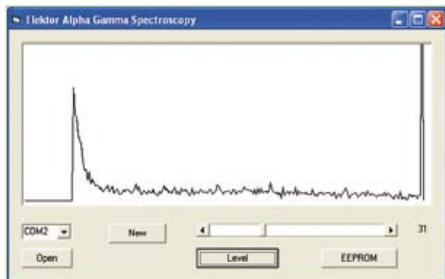


Figure 9. Spectre alpha d'un échantillon de pechblende.

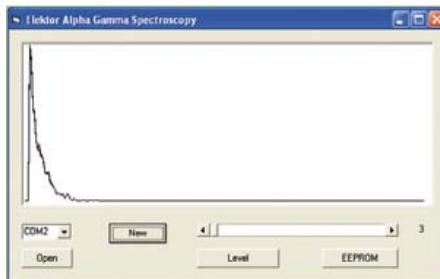


Figure 10. Le rayonnement gamma de la pechblende sous aluminium.

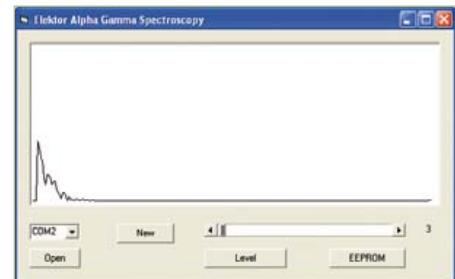


Figure 11. Radioactivité bêta du chlorure de potassium.

depuis le début de la mesure ; le format est minutes:secondes. Le programme calcule aussi le nombre d'impulsions par minute après chaque minute écoulée.

La sensibilité de l'instrument dépend en grande partie du niveau de déclenchement du comparateur, préréglé sur 10 mais modifiable via l'interface. Un seuil de trois niveaux A/N est efficace puisque cette valeur permet de capturer également les

perdent des quantités d'énergie différentes avant d'arriver au capteur. C'est pour cette raison que le tracé semble assez continu. Le domaine énergétique supérieur reste vide pour les mesures gamma effectuées avec le BPW34. On voit en revanche que les rayons alpha contiennent des particules dont les énergies sont en dehors du domaine d'affichage et qui s'additionnent en un pic étroit autour de la valeur maximale.

tilon de chlorure de potassium contenant un faible pourcentage de potassium 40. Dans 90 % des cas, la désintégration produit une particule bêta de 1,3 MeV. Les 10 % de cas restants produisent un quantum gamma de 1,5 MeV. Le spectre bêta présente une distribution énergétique caractéristique, avec un pic très net suivi d'une courbe descendante. Le spectre gamma est quant à lui plutôt acéré. Le spectre complet (figure 11)

Mesurer le rayonnement naturel

impulsions qui se distinguent à peine du bruit. Envoyez un seul octet à l'instrument pour modifier la valeur de seuil. Toute valeur jusqu'à 100 sera prise comme nouveau niveau de seuil. Pour enregistrer une nouvelle valeur par défaut dans l'EEPROM du microcontrôleur, ajoutez 100 à la valeur souhaitée. Par exemple, l'envoi de l'octet 103 n'aura d'effet qu'au redémarrage, pour lequel la valeur de seuil sera dorénavant fixée à 3.

Programme PC

Le programme en VisualBasic appelé Alpha-Gamma (téléchargeable gratuitement sur [2]) reçoit tous les octets entrants et les ordonne dans les 255 éléments mémoire associés. Il montre ensuite à quels niveaux d'énergie ont été mesurés les événements survenus. Le spectre d'énergie est représenté par une simple courbe (figure 9). Les énergies les plus élevées appartiennent en principe aux particules alpha. L'échantillon possédant une certaine épaisseur, les particules

Le **listage 4** contient l'importante routine « Timer ». Elle lit et évalue chaque octet contenu dans le tampon. Les valeurs lues sont rangées dans un tableau de 255 éléments qui sera représenté graphiquement. Le programme permet aussi de définir une valeur de seuil comprise entre 2 et 100. Ce paramétrage peut être appliqué le temps d'une mesure ou être enregistré en EEPROM (listage 5).

Les particules alpha sont facilement arrêtées. Une simple épaisseur de papier alu sur l'ouverture du BPX61 suffit par exemple à les bloquer. On verra ainsi le spectre d'un échantillon de pechblende glisser vers le bas (figure 10).

Si les particules bêta présentent elles aussi des signaux mesurables, leurs hauteurs d'impulsions étant semblables à celles des rayonnements gamma, ces signaux sont difficiles à distinguer. Pour tester la sensibilité bêta, nous avons exposé longtemps le BPX61 à la radioactivité d'un petit échan-

a l'allure attendue. Ces essais montrent que la photodiode est capable de capturer des rayons alpha, bêta et gamma.

(110538)

Liens internet :

- [1] www.elektor.fr/110372
- [2] www.elektor.fr/110538

Kit de montage

Vous pouvez acheter le kit de montage associé à ce projet. Il contient la platine et tous les composants nécessaires (y compris le microcontrôleur programmé). Un afficheur optionnel peut aussi être commandé. Prix et informations complémentaires se trouvent sur la page associée à cet article [2], ainsi que sur la page e-choppe à la fin de ce numéro.

Interface JTAG par OnCE

Programmation et débogage de DSP Freescale

Ton Giesberts (Laboratoire Elektor)

Le laboratoire Elektor a conçu un petit adaptateur pour programmer et déboguer la carte proposée dans le cours de DSP. Il permet d'établir une liaison moderne et rapide par USB entre la carte et un PC. On peut tout aussi bien s'en servir en combinaison avec d'autres DSP de la série DSP56K de Freescale.

Pour le cours de DSP (Traitement numérique du signal), nous avons développé un circuit basé sur un DSP de la série Symphony de Freescale, le DSP56374. On le programme et le débogue par l'intermédiaire d'une interface JTAG pour laquelle Freescale utilise un connecteur propre à 14 contacts, appelé OnCE (acronyme de *On-Chip Emulation*, émulation en circuit). Pour rendre la carte DSP aussi compacte que possible, elle ne comporte pas d'interface directe embarquée pour le couplage au PC. Freescale propose bien quelques adaptateurs de programmation, mais ils sont plutôt cher. Si vous avez déjà travaillé avec un kit dévaluation de Freescale, vous disposez vraisemblablement d'un adaptateur adéquat. D'autre part, on trouve sur l'internet différentes solutions simples (à construire soi-même) pour ces DSP de Freescale. La plupart d'entre elles travaillent en fait via le port parallèle et rares sont les ordinateurs (récents) qui en sont encore équipés. Comme complément à la carte DSP, nous publions ici une interface JTAG pour OnCE dotée d'un port USB qui assure une liaison moderne et rapide entre la carte DSP et le PC.

Le circuit

Comme interface USB, nous avons choisi le FT2232H (IC1, voyez à la figure 1), un intégré de FTDI qui consiste en un double UART/FIFO USB à haute vitesse. Cette puce est un modèle de la dernière génération de FTDI

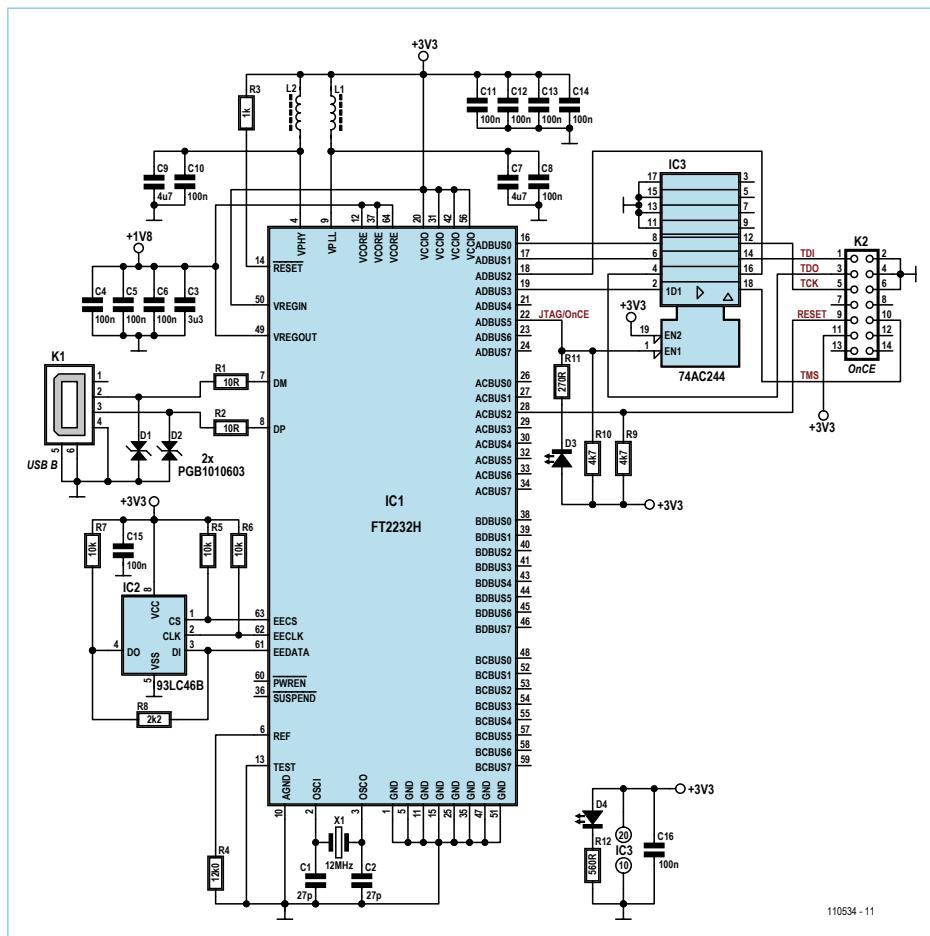
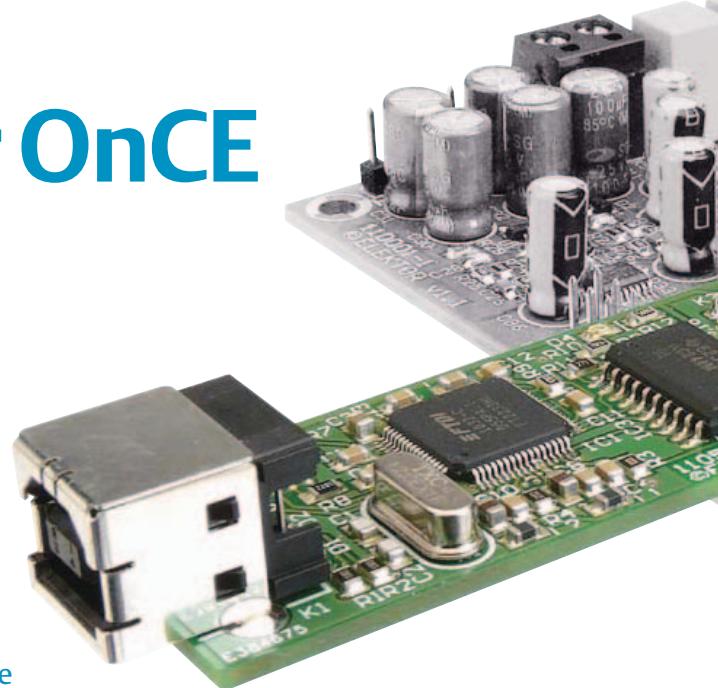
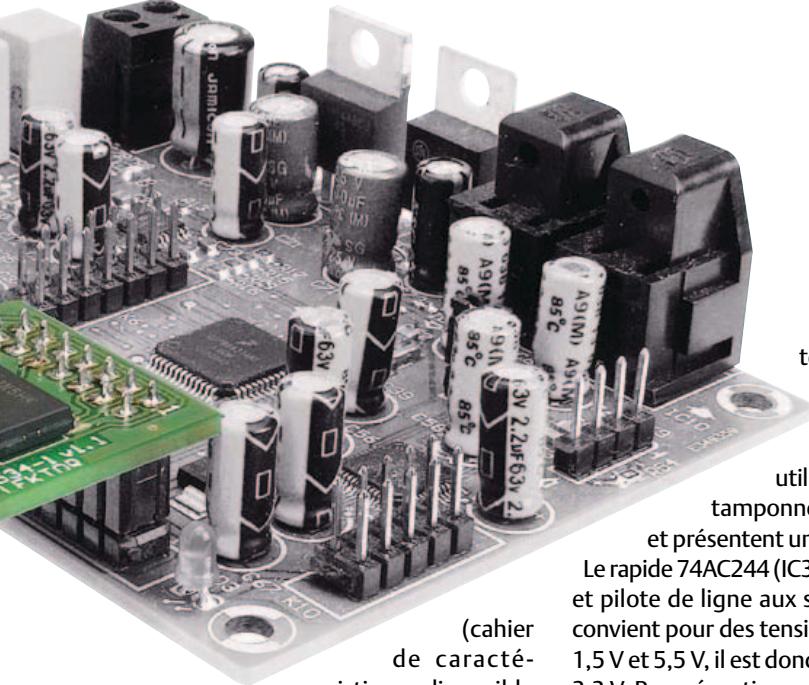


Figure 1. Le schéma de l'adaptateur de programmation avec comme pièce centrale un FT2232H de FTDI.



(cahier de caractéristiques disponible sur [1])

qui permet de communiquer à la vitesse supérieure de l'USB 2.0 avec le PC. C'est la platine DSP qui fournit l'alimentation au circuit, l'interface est donc autonome à ce point de vue. Le circuit en est d'autant plus simple, puisque l'interface E/S s'alimente sous 3,3 V, tension déjà disponible sur la platine DSP. Le cœur du FT2232H fonctionne à plus basse tension, en réalité 1,8 V, pour laquelle la puce dispose d'un régulateur interne dont nous faisons usage. Deux petites résistances et un connecteur USB-B (K1) suffisent au raccordement sur le bus USB. On y trouve aussi deux suppresseurs ESD (D1 et D2) comme protection contre les charges statiques. Le temps de réaction de ces diodes est inférieur à la nanoseconde. Eu égard à leur extrêmement basse capacité (à peine 0,055 pF), elles n'ont aucune influence sur les signaux USB. Nous n'utilisons pas la mise à zéro active au niveau bas de la puce, elle est ramenée à la tension d'alimentation à travers R3. La liaison entre l'EEPROM externe (IC2) et le FT2232H est réalisée, conformément à l'application standard, au moyen de R5 à R8. Cette mémoire externe doit être un modèle à mots de 16 bits, pouvoir travailler sous une tension d'alimentation de 3,3 V, en revanche, elle n'a pas besoin de disposer de la faculté de configurer la mémoire (un mode de raccordement souvent appelé ORG). Le 93LC46B de Microchip est un candidat valable pour cette fonction. La tension d'alimentation du FT2232H est particulièrement bien découplée, en témoignent les 12 condensateurs et les deux inductances (C3 à C14 plus L1 et L2).

Nous avons décidé d'attribuer des tampons à tous les signaux de sortie, exception faite de celui de mise à zéro. Lorsque l'adaptateur

n'est pas encore activé dans l'environnement de développement utilisé, toutes les sorties tamponnées sont hors service et présentent une haute impédance.

Le rapide 74AC244 (IC3, un octuple tampon et pilote de ligne aux sorties à trois états) convient pour des tensions comprises entre 1,5 V et 5,5 V, il est donc tout à son aise sous 3,3 V. Par précaution, nous avons ajouté sur la sortie de mise à zéro une résistance de rappel haut (R9) de manière à pouvoir utiliser sans souci cette interface avec d'autres projets. Pareille résistance est déjà présente sur la carte DSP. Aussi, si vous ne comptez utiliser l'adaptateur qu'avec celui-ci, vous pouvez ignorer R9.

Vous pouvez voir à la **figure 2** la petite platine dessinée pour l'adaptateur. L'utilisation

de CMS conduit à des dimensions particulièrement restreintes. L'embase à 2x7 broches est montée à l'envers de la platine de telle sorte qu'elle s'embroche facilement sur le connecteur K8 de la carte DSP. Elektor peut fournir la platine nue ainsi qu'une version totalement montée et testée de cet adaptateur [2].

Le logiciel pour Symphony Studio

Lors de la conception du circuit, nous avons présumé que l'adaptateur serait utilisé en combinaison avec l'environnement de développement de Freescale, Symphony Studio. On peut, à l'aide d'un « formulaire » (*template*) de Freescale, programmer le FT2232H de manière à ce qu'il soit reconnu comme un Symphony SoundBite. Sur la platine toute faite que propose Elektor, c'est déjà réalisé et vous pouvez d'emblée la brancher sur la carte DSP. Qui veut programmer lui-même

Liste des composants

Résistances (SMD 0805, 100 mW) :

R1, R2 = 10 Ω à 5 %

R3 = 1 k Ω 5 %

R4 = 12,0 k Ω 1 %

R5, R6, R7 = 10 k Ω 5 %

R8 = 2,2 k Ω 5 %

R9, R10 = 4,7 k Ω 5 %

R11 = 270 Ω 5 %

R12 = 560 Ω 5 %

IC3 = CD74AC244M (Texas Instruments, SMD SO-20)

Divers :

K1 = connecteur USB-B coudé encartable

K2 = embase femelle à 2x7 broches, au pas de 2,54 mm

X1 = quartz à 12 MHz, C_{load} 18 pF \pm 30 ppm, HC-49S

Platine 110534-1

Platine complète, montée, programmée et testée : 110534-91

Condensateurs (SMD 0805) :

C1, C2 = 27 pF/50 V 5 %, NPO

C3 = 3,3 μ F/10 V 10 %, X5R

C4 à C6, C8, C10 à C16 = 100 nF/50 V 10 %, X7R

C7, C9 = 4 μ 7/6,3 V 10 %, X5R

Inductances (SMD 0805) :

L1, L2 = 600 Ω d'impédance @ 100 MHz, 200 mA/0,35 Ω (p.ex. Murata BLM21BD601SN1D)

Semi-conducteurs :

D1, D2 = PGB1010603, V_{clamping} = 150 V (Littelfuse, SMD 0603)

D3 = LED verte (Kingbright KPHCM-2012CGCK, SMD 0805)

D4 = rouge LED (Kingbright KPHCM-2012SURCK, SMD 0805)

IC1 = FT2232HL-R (FTDI, SMD à 64 broches LQFP)

IC2 = 93LC46B/SN (Microchip, SMD SO-8)

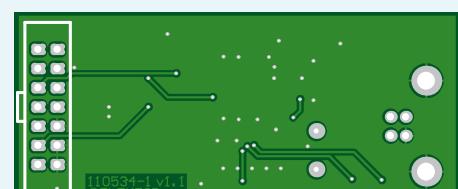
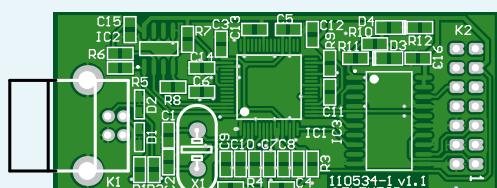


Figure 2. La petite platine pour le circuit est conçue de manière à se relier directement sur le connecteur K8 de la carte DSP.

ADAPTATEUR DE PROGRAMMATION

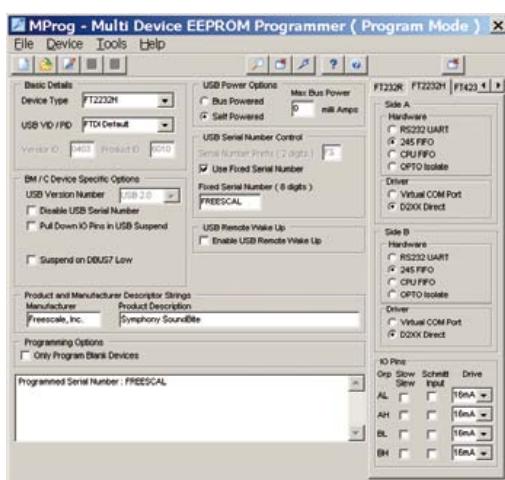


Figure 3. Copie d'écran du logiciel qui sert à la programmation du FT2232H.

le FT2232H peut faire usage d'un utilitaire de FTDI : MPProg. Le formulaire de Freescale est destiné à ce programme. (FTDI en a encore développé un successeur, FT_Prog, mais celui-ci ne convient pas pour le formulaire de Freescale.) Vous pouvez toujours actuellement télécharger sur le site de FTDI la version la plus récente, la 3.5, de MPProg [3], mais ce programme-ci ne peut malheureusement pas programmer le circuit à un seul canal, le FT232H. Raison pour laquelle, en vue de faciliter la programmation personnelle de l'interface, sans devoir mettre d'abord au point un autre formulaire, nous avons été contraints de choisir

la version à deux canaux, qui est hélas plus chère. Nous avons adapté le formulaire original du SoundBite sur quelques points (cf. **figure 3**) et celui-ci peut être programmé directement. En procédant d'abord à un *Scan* (dans *Device*), on peut voir dans la fenêtre des messages, en bas à gauche, si le programme reconnaît l'interface, en fait toujours non programmée, auquel cas vous pouvez la programmer si elle est vraiment vide. Autrement, il faut procéder à son effacement par *Erase*. Si vous voulez construire vous-même l'interface ou programmer le FT2232H, voici la marche à suivre.

Dans le menu *File*, choisissez « *Open* » et cherchez le formulaire 110534-1.ept que vous pouvez télécharger au préalable de notre site (110534-11.zip, cf. [2]). Si vous voulez modifier un formulaire, vous commencez par l'ouvrir, puis sous *File*, choisir *Edit*. Nous avons apporté les modifications suivantes au formulaire original de Freescale.

Au lieu d'un FT2232D, nous avons choisi le FT2232H comme *Device Type*.

Pour l'alimentation, dans les Options *USB Power*, nous avons pris *Self Powered*.

Après le choix de FT2232H, un tableau s'affiche automatiquement à droite avec les réglages pour les broches d'E/S. Le choix pour le *Hardware* (*Side A*) est « 245 FIFO » au lieu du standard « RS232 UART ». Les pilotes sont déjà bien positionnés, D2XX Direct. Veillez à ce que ces pilotes soient installés [4].

Dans le cahier de caractéristiques du FT2232H, il y a deux exemples d'application pour le mode *Self Powered*. Dans l'un comme dans l'autre, on utilise un diviseur de tension pour détecter la tension de 5 V sur le bus. Le texte indique qu'il faut choisir l'option « *suspend on DBUS1 low* » dans MPProg. Cela ne marche que si

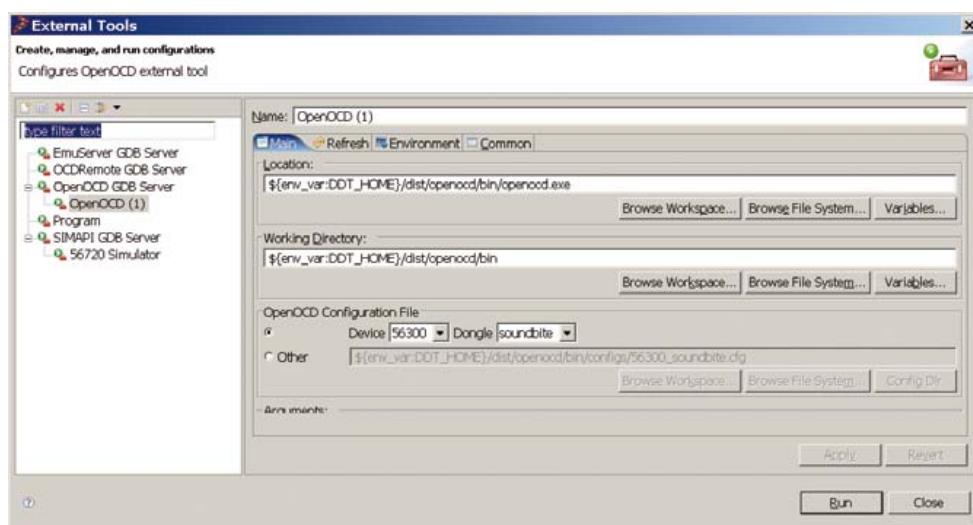


Figure 4. On voit ici comment Symphony Studio sélectionne l'adaptateur.

Répertoire des annonceurs

BETA LAYOUT	wwwpcb-pool.com	55
CES	2012 International CES	65
DesignSpark chipKIT™ Challenge	wwwchipkitchallenge.com	39
EBCONNECTIONS	wwwebconnections.com	87
EUROCIRCUITS	wwweuropcircuits.fr	59
HAMEG	wwwhameg.com	87
L'IMPULSION	wwwlimpulsion.com	87
JACKALTAC	wwwjackaltac.com	13
LEXTRONIC	wwwlextronic.fr	2
MAXIM	wwwmaxim-ic.com/black-box	33
MICROCHIP	wwwmicrochip.com/microstick	88
MIKROELEKTRONIKA	wwwmikroe.com	21
NATIONAL INSTRUMENTS	wwwni.com/academic/f	29

Réervation d'espaces publicitaires

Réservez dès aujourd'hui votre espace publicitaire dans le magazine Elektor du mois de Janvier 2012 !
Date limite de réservation : le 13 Novembre 2011

Pour toute information concernant la publicité aussi bien dans notre magazine que sur notre site internet www.elektor.fr contactez :

Elektor Media BV – Ilham Mohammedi
Allee 1 – 6141 AV Limbricht – Pays-Bas
Tél.: 00 31 (0)46 43 89 444 – GSM: 00 31 (0)6 12 93 73 33
E-mail : mohammedi@elektor.fr

Consommation de courant

Nous avons effectué quelques mesures de consommation sur le prototype. Quand la platine DSP est raccordée au 5 V sans l'interface (le 5 V numérique et le 5 V analogique se relient à la carte DSP par l'intermédiaire d'une self de découplage), le courant consommé est alors de 84 mA environ. Avec l'adaptateur de programmation branché, il se situe à peu près à 87 mA. À ce moment, le FT2232H est toujours en mode Suspend, il ne prend que quelques centaines de microampères. Au moment où l'interface est connectée au PC, la consommation totale, selon la vitesse, varie entre 135 mA (Full Speed) et 155 mA (High Speed). Après configuration de l'interface dans Symphony Studio, elle monte jusqu'à environ 160 mA. Les 5 mA supplémentaires sont dus à l'allumage de la LED verte qui indique que la sortie OnCE est active. Si par exemple vous faites un essai avec un programme de test comme `tst_src2.asm`, le courant total s'élève (avec le SRC et les signaux audio optiques activés) à environ 272 mA.

le diviseur de tension en question est présent. Si par malheur il est mis en service avec notre circuit, le PC ne détecte plus le circuit. Pour s'en sortir, il semble bien que relier la broche 46 (BDBUS7) à l'alimentation de 3,3 V constitue une solution, et pas la broche 59 comme il est prescrit dans les caractéristiques. Le cas échéant, utilisez par exemple un bout de fil de cuivre émaillé de 0,1 mm. Allez-y prudemment, les broches de la puce sont au pas de 0,5 mm. Toutes les broches d'E/S sont réglées sur la plus haute valeur, 16 mA. Cela permet d'attaquer convenablement la LED verte (D3). Le courant dans la LED s'établit alors à 4,7 mA environ. Le courant dans la LED de puissance rouge (D4) est plus faible, environ 2,7 mA, pour que les intensités lumineuses s'accordent mieux entre elles, question effet visuel. Pour pouvoir programmer un formulaire modifié, il faut d'abord l'enregistrer. Mieux vaut ne pas écraser l'original, choisissez de préférence un autre nom (sélectionnez donc *Save As* dans le menu *File*). Dès l'ouverture du formulaire, on peut le programmer.

Dans la configuration de Symphony Studio, il faut sélectionner notre interface comme « soundbite ». Par exemple, dans C/C++ Perspective, choisissez *Run*, *External Tools*, de nouveau *External Tools*, *OpenOCD GDB Server* (un double clic pour la première fois). Dans l'onglet *Main*, il faut choisir comme Device « 56300 » dans le fichier de configuration pour OpenOCD et « soundbite » pour le Dongle (cf. figure 4).

Pour simplifier au mieux l'utilisation du circuit, la platine prend la forme d'un module de lancement. Le connecteur vers la platine DSP (K2) est une de prise (femelle) installée sur la face inférieure. Le connecteur USB est un modèle standard B encartable. Pour la liaison, utilisez de préférence un cordon USB2, c'est inscrit tel quel sur le câble.

(110534)

Liens internet :

- [1] [wwwftdichipcomProductsICsFT2232H.htm](http://wwwftdichipcomProductsICsFT2232Hhtm)
- [2] www.elektorfr110534
- [3] [wwwftdichipcomSupportUtilitiesMProg35.zip](http://wwwftdichipcomSupportUtilitiesMProg35zip)
- [4] [wwwftdichipcomDriversCDMCDM20814_Setup.exe](http://wwwftdichipcomDriversCDMCDM20814_Setupexe)

L'ORIGINAL DEPUIS 1994

PCB-POOL®

Beta LAYOUT

Spécialistes des circuits imprimés prototypes

NOUVEAU!

Un Pochoir-Laser offert sur chaque commande "Prototype"

NOUVEAU!

Délai rapide: prototypes en 1 Jour Ouvré

NOUVEAU!

Finition étain chimique (aucun changement de prix)

Appel Gratuit
FR 0800 90 33 30

@ Télécharger vos fichiers et lancer votre commande EN LIGNE
PCB-POOL.COM • sales@pcb-pool.com

On accepte tous les formats suivants:

PCB-POOL DESIGNER | Cadence | Gerber | RS-274-X | Easy-PC | PULSONIX | Easycircuits

S(t)imuler avec LTspice

SPICE it up !

Raymond Vermeulen (Laboratoire Elektor)

Quiconque s'intéresse à l'électronique, qu'il soit étudiant, amateur ou professionnel, tirera avantage de la simulation de circuits. Elle vous permet de vérifier rapidement les mesures et d'apporter des modifications à votre projet sans devoir faire des tas de calculs, mais aussi d'examiner ce qui se passe avec les tolérances des composants que les formules ignorent, etc. Cet article n'a d'autre ambition que de donner un petit coup de main à ceux qui n'ont pas encore fait connaissance avec les simulateurs basés sur SPICE.

Pour aborder le sujet, nous avons choisi LTspice, un logiciel de simulation dérivé de SPICE de Linear Technology. Il est disponible gratuitement, sans devoir s'enregistrer si vous voulez, et il est commode d'emploi. On s'en doute, d'origine, le programme contient exclusivement les bibliothèques de composants de LT. Vous n'y trouverez pas ceux des autres fabricants, mais vous pourrez les inclure vous-même. Le logiciel est extrêmement orienté vers la simulation de circuits construits avec des produits LT et pour eux, le site de la firme regorge d'exemples de simulation. Pour des fonctions plus étendues et davantage de bibliothèques, vous pouvez bien entendu choisir un logiciel commercial tel que Micro-Cap ou Orcad Pspice, mais ces programmes ne sont pas bon marché. En tout cas, le principal avantage de LTspice, c'est que quand vous connaissez l'un des logiciels SPICE, vous pouvez aisément passer de l'un à l'autre.

Les origines

Au départ, SPICE a été développé par l'université de Berkley dans les années 70 pour analyser la résistance aux radiations des circuits électroniques, il s'agissait d'une commande du ministère de la Défense des États-Unis. Au cours des années suivantes, ses possibilités ont été étendues, comme la simulation de composants com-

plexes et davantage de fonctions de simulation. Au fil du temps, on a vu apparaître des variantes commerciales qui souvent se basaient sur SPICE et l'entouraient d'un habillage particulier (notamment l'interface utilisateur).

Pour démarrer avec LTspice

Rendons-nous sur le site www.linear.com et cliquons en haut sur « Design support », puis un autre clic sur le lien sous l'en-tête « Design Simulation ». C'est la page sur laquelle on peut demander le téléchargement de LTspice.

Lancez le fichier téléchargé et installez-le dans le répertoire de votre choix. Pour les utilisateurs de Linux, le programme est à utiliser en combinaison avec Wine. Il a été testé sous « Ubuntu 11.04 Natty Narwhal ».

Vous lancez alors le programme.

Pour confectionner une nouvelle page de schéma, appuyez sur l'icône le plus à gauche :

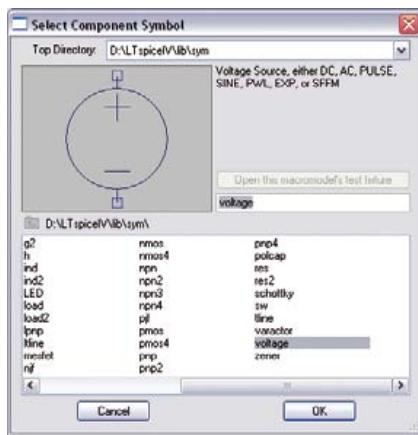


Figure 1. Le choix des composants.

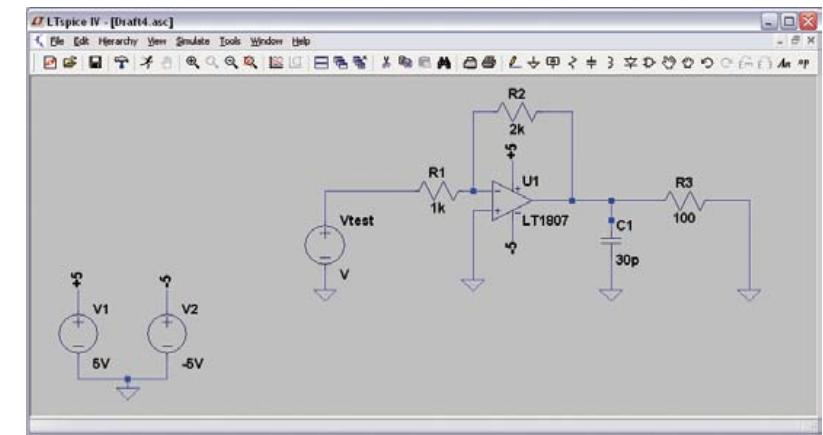


Figure 2. Notre premier schéma.



Nous pouvons à présent commencer le dessin de notre premier schéma.

Les composants sont à choisir dans un menu (**figure 1**) qui s'affiche quand on pousse sur le bouton « component » :



Les composants standard comme le point de masse, les résistances, bobines, condensateurs et diodes, on les sélectionne directement dans la barre de menu :



Avec les boutons marqués ci-dessous, on a le loisir de composer le schéma selon ses désirs :



Il est recommandé de jouer un peu avec eux pour se faire une idée de la manière dont cela fonctionne. Des raccourcis clavier pratiques : « **ctrl+R** » sert à faire tourner un composant et « **ctrl+E** » en donne une image miroir.

La figure 2 représente le premier schéma que nous avons dessiné. Nous pouvons maintenant le faire simuler. Mais il y a encore deux choses à régler au préalable : la source de tension « Vtest » et les paramètres de simulation.

Si vous cliquez du bouton de droite sur Vtest, un menu s'affiche dans lequel remplir les propriétés de base de la source de tension (tension

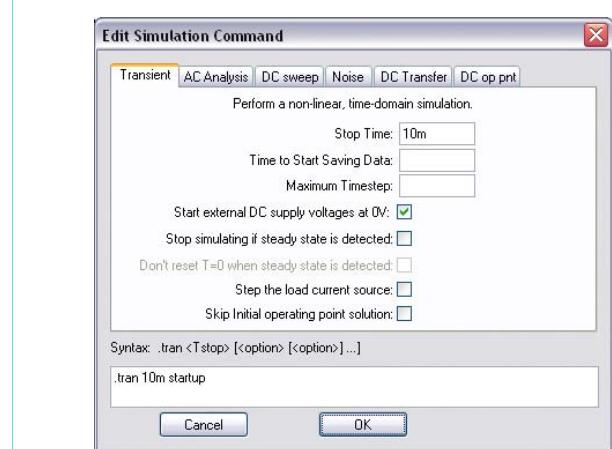


Figure 3. Les réglages avancés pour la source de tension.

Figure 4. Les possibilités de réglage de la simulation.

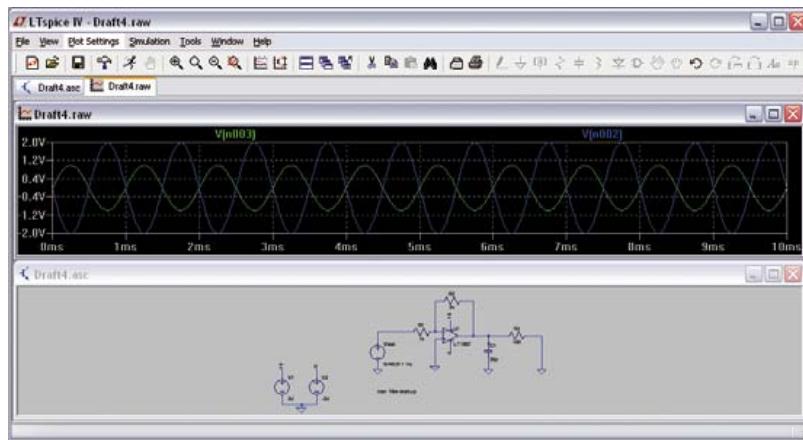


Figure 5. Les signaux simulés et, en dessous, le schéma.

continue et résistance interne). Mais dans cet exemple, nous voulons simuler le comportement en tension alternative du circuit. Pour ce faire, nous allons ajouter une sinusoïde à 1 kHz d'une amplitude de 1 V avec un décalage de 0 V. Pour cela, il faut cliquer sur « Advanced ». Apparaît alors le menu de la **figure 3** dans lequel on

peut choisir différentes formes d'onde. Nous avons ici sélectionné le bouton de radio à côté de « SINE » et inscrit les valeurs voulues. Nous allons maintenant simuler le circuit dans le domaine temporel. Il nous faut donc adapter les réglages de la simulation. C'est ce que nous faisons au moyen de « Edit Simulation Cmd » :

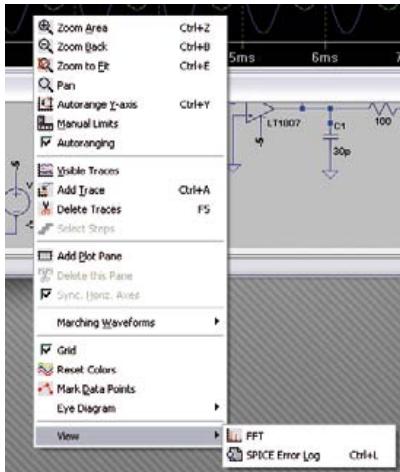


Figure 6. Le choix d'une analyse FFT.

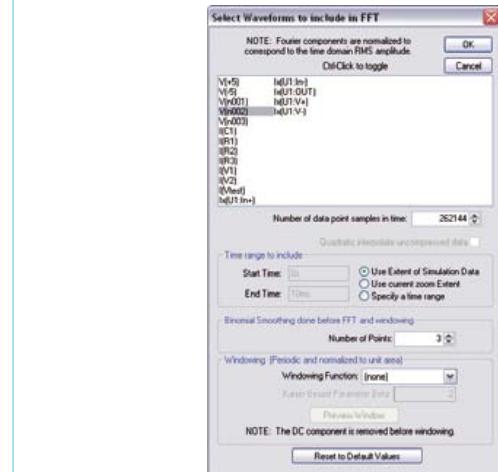


Figure 7. Les réglages et le choix du point nodal pour une FFT.

Astuces

Composants standard

En dessinant un schéma, vous aurez remarqué que, lors du choix de certains composants, une longue liste de numéros de type s'affiche dans la fenêtre de sélection de la figure 1, tandis que pour d'autres composants, aucun choix ne vous est proposé. Cliquez donc sur « Opamps » et vous verrez une fameuse liste de types, principalement de LT. Mais si vous choisissez un transistor NPN, aucune liste ne vient. Il y en a pourtant une. Placez d'abord un transistor NPN standard sur la planche à dessin et cliquez-le du bouton droit. Sélection-

nez alors « Pick new transistor » et une liste s'affiche qui comporte les modèles courants de différents fabricants. C'est pareil pour d'autres composants standard.

Composants supplémentaires

Naturellement, le nombre de composants repris dans LTspice n'est pas infiniment grand. Mais vous trouverez sur le groupe Yahoo d'utilisateurs de LTspice une foule de composants supplémentaires : <http://tech.groups.yahoo.com/group/LTspice/>



C'est alors que s'ouvre la fenêtre de la **figure 4**. Comme nous voulons observer le profil du signal de sortie en fonction du temps, sélectionnons le bouton « transient ». Nous pouvons ici modifier les paramètres de simulation. Dans le cas qui nous occupe, nous avons choisi une durée de simulation de 10 ms et une position de départ de la tension des sources continues à 0 V. Un clic sur « OK » et l'on place, en un endroit arbitraire du schéma, le petit cadre qui indique les données de réglage. (Pour effectuer une analyse dans le domaine de fréquence, vous pouvez ouvrir et régler le bouton « AC analysis ».) La simulation peut alors commencer : cliquez sur le bouton « RUN ».



Et une nouvelle fenêtre apparaît dans laquelle seront reproduits les signaux simulés. Le schéma reste visible en dessous, on peut y cliquer sur le point que l'on veut mesurer. Dans cet exemple, les

points choisis sont la source de test et la sortie de l'amplificateur opérationnel. Les signaux présents en ces points sont tracés dans la fenêtre de signal de la **figure 5**.

Avec un clic droit sur la forme d'onde, on fait surgir un menu d'options (**figure 6**). Il permet d'adapter de nombreuses propriétés de restitution des signaux simulés. Vous pouvez entre autres demander une FFT (transformée rapide de Fourier) pour une analyse du spectre de fréquence. Il n'y a qu'à cliquer, sous « View », sur « FFT ». Vous obtiendrez une fenêtre pour les différents réglages de FFT (**figure 7**). Sélectionnez en haut le nœud où vous voulez faire exécuter l'analyse FFT. Dans notre cas, c'est la sortie de l'amplificateur opérationnel. La **figure 8** montre le spectre du signal à cet endroit.

Vous voilà prêt à vous lancer dans la découverte autonome des possibilités du logiciel. Essayez aussi d'autres programmes de simulation, il existe de nombreuses versions de démonstration ou destinées aux étudiants pour acquérir de l'expérience. Leur maniement est souvent différent, mais les choses essentielles à faire restent les mêmes. On commence toujours par dessiner le schéma, on règle une ou plusieurs sources de test, les paramètres de simulation et l'on observe la sortie du circuit.

(110543)

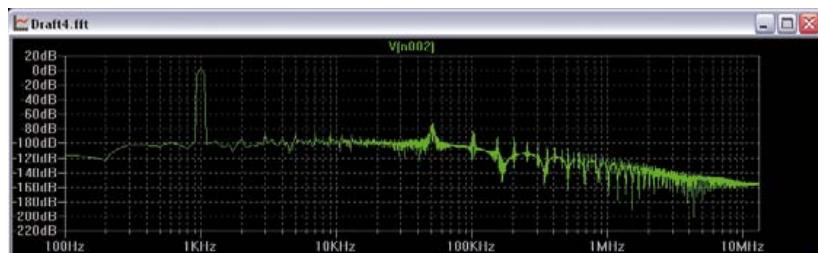


Figure 8. Le spectre calculé à l'aide d'une FFT.

Publicité



EURO
CIRCUITS

**La référence Européenne
des circuits imprimés en
prototypes et petites séries**

www.eurocircuits.fr

Four eC-reflow-mate

Four à refusion professionnel, sans concession, pour des platines parfaites

NOUVEAU

Voici l'appareil idéal pour la réalisation de vos prototypes ou de petites séries de circuits imprimés à CMS. Son généreux espace de chauffe permet d'enfourner plusieurs platines en même temps. Deux capteurs embarqués et des tubes à rayonnement infrarouge de conception spéciale garantissent une chaleur constante et sa répartition uniforme.

Un capteur supplémentaire mesurera la température directement à la surface de la platine ou sur l'un de ses composants. Fourni d'origine avec 5 profils de chauffe préprogrammés, le système s'adapte aisément à vos besoins.

Tout au long du brasage, grâce au logiciel de commande associé au four, vous suivrez avec précision la courbe de température sur chacun des capteurs. Vous créerez au besoin vos propres profils ou modifierez ceux qui existent : pour changer le minutage et la température sur l'écran, il suffira de déplacer à la souris les points d'inflexion. À travers la façade vitrée, vous pouvez surveiller la refusion.

La construction de l'eC-reflow-mate est particulièrement robuste.

L'isolation thermique confine la chaleur dans l'enceinte.

La commande du tiroir, monté sur roulements, est électrique.



Spécifications techniques :

- Tension d'alimentation : 230 V/50 Hz
- Puissance : 3500 W
- Poids : environ 29 kg
- Dimensions : 620 x 245 x 520 mm (l x h x p)
- Système de chauffe : rayonnement IR & air chaud
- Commande directe sur le four par boutons de menu et écran LCD
- Commande à distance par liaison USB et logiciel sur PC
- Gamme de températures : 25 à 300 °C
- Dimensions : 400 x 285 mm
- Nombre de capteurs de t° : 2 internes & 1 externe (fournis)
- Langues du menu : anglais, français, allemand, italien, néerlandais, hongrois

Particularités :

- Répartition optimale de chaleur par lampes IR spéciales
- Ouverture automatique en fin de processus
- Face avant en verre pour une vision parfaite

Réf. : 100447-91

Prix : 2984,00 € TTC (frais de port en sus)

Informations complémentaires et commandes :

www.elektor.fr/reflow-mate

Domotique

→ sécurité – confort – économies

La domotique, c'est l'électronique et l'informatique appliquées au logement. Elle améliore la vie quotidienne au moyen de dispositifs électriques et électroniques. Il peut s'agir aussi bien de motoriser et télécommander par exemple la porte du garage ou bien les volets, que réguler le chauffage, programmer les appareils électroménagers, simuler une présence, commander l'alarme à distance, arroser automatiquement, exploiter un réseau multimédia, etc.

Ce livre montre comment la domotique gère le fonctionnement des appareils et dispositifs électriques de la maison (tableau d'abonné, électroménager, éclairage, chauffage) et le réseau multimédia domestique (tableau de communication). Cette nouvelle édition traite également de deux aspects essentiels, et en plein développement, de la domotique de demain :

- l'efficacité énergétique : nouvelles étiquettes Énergie, éco-conception, Réglementation Thermique 2012, compteur communicant, etc.
- la gérontotechnologie, spécialité des aides techniques aux personnes âgées ou handicapées.



256 pages
Format 14 x 21 cm
ISBN 978-2-86661-182-8
32,50 € • 35,80 FS

Pour commander en ligne et bénéficier d'une remise spéciale de 5% :

www.elektor.fr/e-choppe

Linux – PC-based Measurement Electronics

→ Nouveau livre d'Elektor en anglais

Apprenez rapidement à construire des applications sous Linux, pour collecter, traiter et afficher des données sur un PC à partir de capteurs analogiques et numériques.

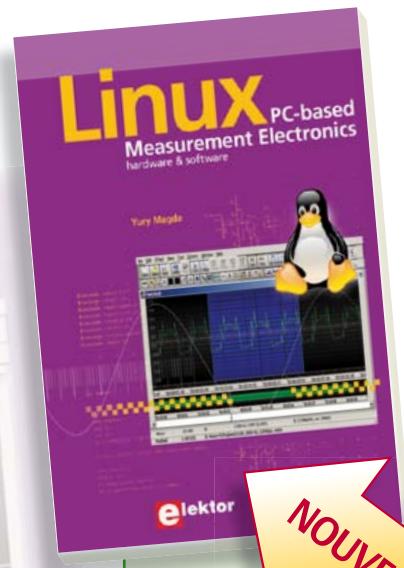
Ne vous contentez pas de commander des circuits raccordés à un ordinateur.

Apprenez aussi à transmettre les données via un réseau ou à communiquer sans fil avec des systèmes embarqués !

Amateurs, ingénieurs et scientifiques trouveront dans ce livre abordable avec des connaissances de base de l'électronique et de la programmation en C :

- des schémas détaillés et complets,
- le code source complet et bien documenté et sa description en langage clair
- de nombreux exemples d'interfaces entre électronique numérique et analogique.

Aucun appareillage spécial ni logiciel coûteux n'est requis. Les composants électroniques et outils logiciels utilisés sont gratuits ou à faible coût. Goûtez à la liberté de la commande directe, au niveau du registre, offerte par Linux, et la faculté d'optimiser les programmes connexes à la volée. MATLAB® a été utilisé pour de nombreux projets. Cet outil très populaire en ingénierie et en sciences facilite les calculs. L'auteur explique comment mettre la puissance de MATLAB® au service de l'électronique pratique.



263 pages
Format 17 x 23,5 cm
ISBN 978-1-907920-03-5
34,50 € • 38,00 FS

Pour commander en ligne et bénéficier d'une remise spéciale de 5% :

www.elektor.fr/e-choppe

Avertisseur lumineux compact

Mieux vaut prévenir que guérir

Peter Lehmann (Etats-Unis)

Ce petit projet devrait donner la paix d'esprit aux cyclistes pédalant dans le noir, sans éclairage public. Il offre dans le même temps un signalement plus précoce aux usagers motorisés plus rapides qui passent ainsi en faisant plus attention.



Le projet est principalement conçu comme un avertisseur rouge clignotant destiné à être monté à l'arrière d'un vélo, mais pour bien d'autres usages également. Tous les composants utilisés devraient être faciles à trouver et le circuit est très ouvert à vos expériences en termes de fréquence de clignotement, types de LED utilisés, et bien d'autres encore.

Comment ça marche

Sur le schéma de la **figure 1**, 4 circuits identiques sont présentés : le convertisseur CC à pompe de charge de type ICL7660 de Maxim. Le ICL7660 (ou son équivalent « Maxim »isé le MAX1044) peut être configuré pour inverser, doubler, diviser ou multiplier une tension d'entrée positive (voir la fiche technique à l'adresse [1]).

Dans ce circuit, le convertisseur IC1 est configuré comme un générateur de ten-

sion négative. IC2 quant à lui fonctionne comme un commutateur simple deux positions fournissant ou supprimant la tension d'alimentation des convertisseurs IC3 et IC4 alternativement à 0,5 s d'intervalle. Lorsque le convertisseur IC3 est connecté à l'alimentation, le condensateur C3 est alternativement chargé puis déchargé à travers les LED D1 et D3 connectées en série avec 1/20ème de seconde d'intervalle. Le convertisseur IC4 est alimenté tant que le convertisseur IC3 est déconnecté, et opère de la même façon qu'IC3 et ses composants. Ainsi, D2 et D4 clignotent grâce au condensateur électrolytique C4 agissant comme réservoir dans la pompe de charge.

Deux batteries alcalines AAA connectées en série alimentent le circuit avec une tension nominale de 3 V. Lorsque sa tension passe sous 2,4 V, l'intensité de la LED diminue

nettement. Heureusement, si une tension de batterie de 3,0 V est respectée (complètement chargée), le courant moyen consommé par le circuit est de 19 mA. Le taux de décharge est ainsi égal à environ C/60 et la tension de batterie tombe à moins de 2,4 V seulement vers la fin du cycle de décharge. Ah oui, C est la capacité nominale de la batterie exprimée en mA/heure.

La carte, le boîtier et le vélo

Une carte simple a été conçue par l'auteur. Le typon et le placement des composants sont présentés sur la **figure 2**, ainsi que les fichiers que vous pouvez télécharger sur le site du projet [2]. Tous les composants sont traversants. Le montage et la soudure devraient être une promenade de santé à condition de travailler soigneusement. Une attention particulière devra être accordée à la polarisation des condensateurs électrolytiques sur le circuit.

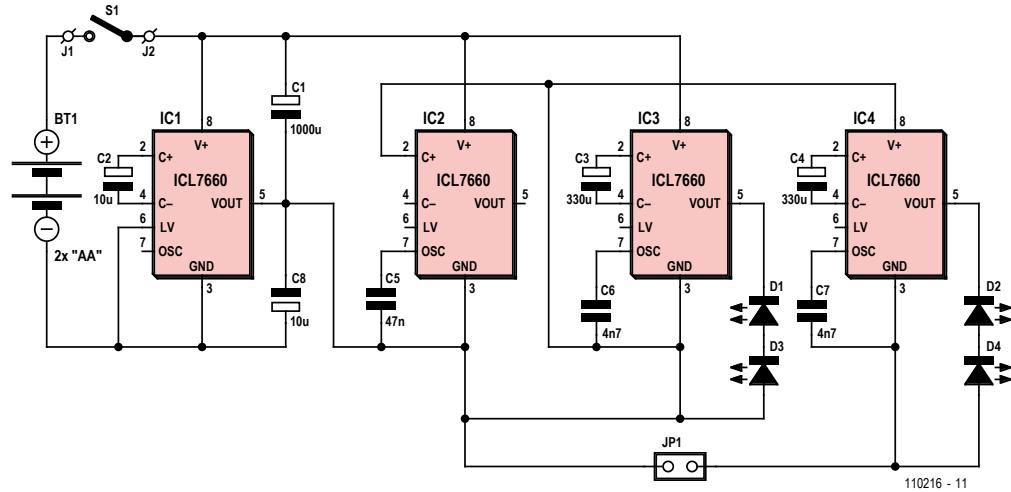


Figure 1. Le schéma de principe de la lumière est largement dominé par 4 circuits ICL7660 à pompe de charge de 20 mA.

Le boîtier proposé est un Velleman G203 en polycarbonate étanche avec un couvercle transparent. Il mesure 115×65×40 mm. Le placement des composants inclut des rectangles noirs aux quatre coins du PCB indiquant les parties à retirer pour son insertion dans le G203. Les quatre points noirs sur le PCB indiquent la position des trous de montage.

Les LED rouges D1 à D4 sont des 10 mm pour deux raisons. Premièrement, cette taille permet une plus grande visibilité qu'avec des 5 mm, correspondant aux LED usuelles des lumières de vélo du commerce. Deuxièmement, les LED de 5 mm pourraient paraître un peu ridicules dans le G203.

Un BP étanche a été installé sur le flanc de la moitié inférieure du boîtier à côté d'IC2 et du condensateur C1. La photo en haut de l'article montre une façon possible d'attacher la lumière à un vélo. Une équerre en acier galvanisé est fixée avec une vis sur la tige de selle via l'un des trous à son extrémité. L'autre partie de l'équerre est attachée au G203 avec un boulon à travers les 2 trous de montage pré-existant du boîtier.

(110216, trad. Nicolas Fradin)

Attention. Ce circuit peut ne pas être légal sur la route selon les lois de circulation et les règles de sécurité de votre état ou pays.

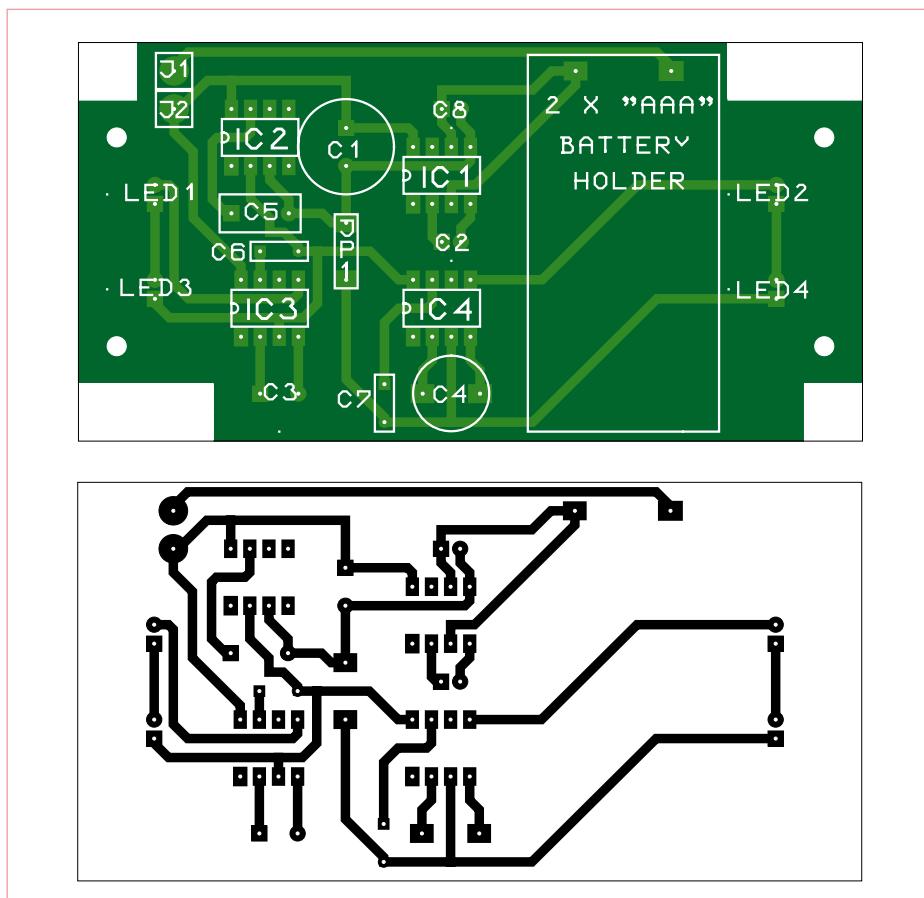


Figure 2. Le placement des composants du PCB proposé, vue du top de la carte et les pistes, vue à travers le top de la carte. (design de l'auteur).

Liens internet

- [1] www.maxim-ic.com/datasheet/index.mvp/id/1017/t/al
- [2] www.elektor.fr/110216

OSPV – deux-roues autobalancé

Un projet Open Source qui roule tout seul !

C'est avec ElektorWheelie que de nombreuses écoles et des particuliers enthousiastes s'étaient lancés il y a deux ans dans la réalisation de véhicules auto-stabilisés. Elektor relance maintenant l'aventure avec ce nouvel engin, conçu pour l'intérieur, et appelé *Open Source Personal Vehicle*. Le principe est le même, mais tout a été amélioré. Il se conduit facilement, il est léger et pliable. Son code source est ouvert et en plus, il a bel aspect !

elektor

NOUVEAU



Caractéristiques techniques:

- 2 moteurs 250 W CC
- 2 batteries au plomb stabilisé de 12 V / 9 Ah
- 2 roues (PU, 14 cm de diamètre)
- Transmission : courroie dentée HDT
- Vitesse maximum : 15 km/h
- Rayon d'action : environ 8 km
- Poids : 25 kg
- Dimensions (h x l x p) : 120 x 47 x 47 cm
- Charge maximale : 90 kg
- Garde au sol : 2 cm
- Pas de la hauteur minimum d'aplomb : 5,6 cm
- Distance entre les pieds : 29,5 cm
- Durée de charge : 2 h 1/2

Le kit complet d'OSPV d'Elektor comprend deux moteurs CC de 200 W chacun, deux batteries au plomb stabilisé de 12 V / 9 Ah, 2 roues avec poulie et courroie crantée HDT, un châssis carrossé, visserie comprise, la carte de commande et la carte des capteurs montée et testée, prête à l'emploi ainsi que le chargeur.

Réf. : 110320-91 • 1095,00 €*

*TTC, port en sus

Informations complémentaires et commandes :

www.elektor.fr/ospv

eweekly
elektor-hebdo

Recevez gratuitement chaque semaine dans votre boîte à lettres électronique la lettre d'information d'Elektor

L'abonnement est **libre** et **gratuit**, et vous donne accès aussi aux échanges entre lecteurs et praticiens [sur le forum d'Elektor](#).

La page d'accueil du site d'Elektor est mise à jour régulièrement par une équipe de rédacteurs spécialisés, curieux de l'évolution des techniques, de leurs accidents de parcours qu'on passe sous silence ailleurs, des bizarries sur lesquelles d'autres ne s'interrogent pas, et des nouveautés les plus prometteuses.

L'ensemble de ces nouvelles constitue **elektor-hebdo** pour vous aider à rester au fait de l'actualité l'électronique.



Naviguez sur www.elektor.fr et abonnez-vous !



Elektor Electronic Toolbox

 **Disponible sur**
App Store

Enfin une app utile pour les électroniciens, conçue par des électroniciens

La nouvelle application *Elektor Electronic Toolbox* répond aux questions des électroniciens et à leur besoin d'information rapide dans la vie quotidienne. 29 applications sont réunies sous un écran d'accueil commun et donnent accès à des banques de données pour les semi-conducteurs discrets (transistors bipolaires, FET, triacs, thyristors, diodes) ou intégrés. Pour retrouver en un éclair un composant et ses caractéristiques, il suffit de taper sa référence. Pas de connexion internet requise, toutes les informations sont en mémoire pour rien moins que 45.000 composants ! Une banque de données annexe donne le brochage d'une foule de connecteurs, notamment dans les domaines Audio & Vidéo, informatique et téléphonie. Une autre application fort utile permet de calculer la valeur des composants, dans les filtres, les diviseurs, les régulateurs, les étages à transistors, à amplificateurs opérationnels etc. D'autres font pour vous les conversions entre systèmes de numération, entre unités de grandeur, fréquences, longueurs d'ondes etc. Sans oublier l'inévitable code des couleurs et le tableau des symboles utilisés en électronique.

Votre nouvelle app *Elektor Electronic Toolbox* pour *iPhone*, *iPod* et *iPad* ne coûte que 4,99 €.





*Les plus grands cerveaux de l'industrie
viennent ici pour briller.*

Chaque année, un endroit réunit les innovateurs à la pointe de la technologie.
Et pendant ces quatre jours, Las Vegas brille encore plus.



PRODUCED BY
 CEA

Mardi 10 au vendredi 13 janvier 2012
Las Vegas, Nevada | CESweb.org



ENREGISTREZ-VOUS

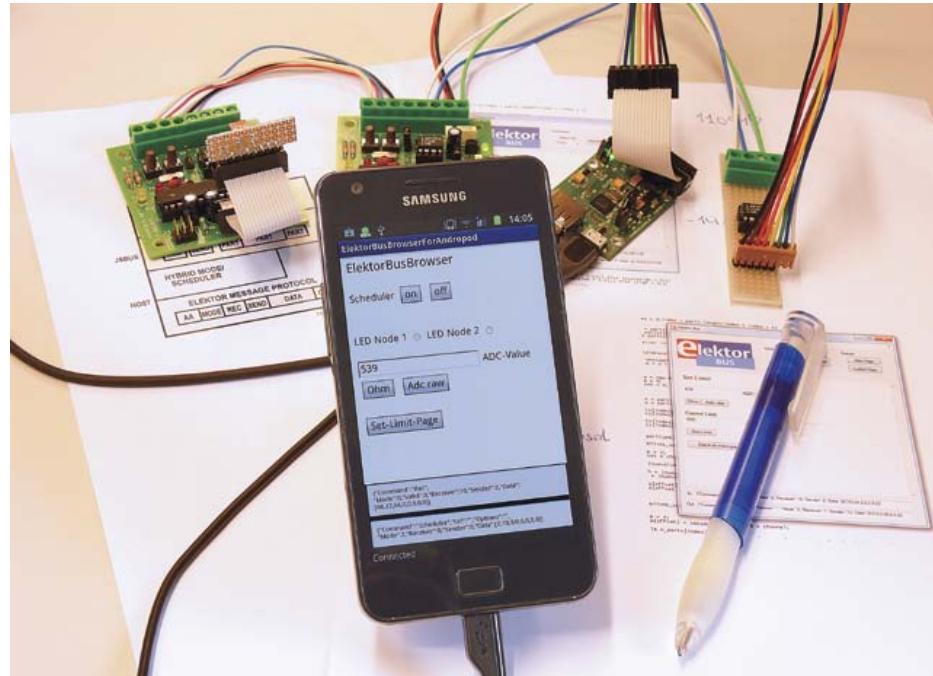
Le bus arrive (9)

Aux commandes, et vite !

Celui qui voulait essayer sa propre application du bus pouvait jusqu'à maintenant se satisfaire de nos démos en y apportant quelques aménagements... ou bien tout programmer en partant de zéro. Les choses ont changé : on rédige rapidement ses propres commandes de bus avec une interface utilisateur taillée sur mesure, le tout est développé si nécessaire en un rien de temps. Et comme le concept est basé sur HTML et JavaScript, la même centrale peut être mise en action sur des plateformes aussi différentes que le PC ou le téléphone intelligent.

Jens Nickel (Rédaction Elektor)

La domotique et d'autres applications dans les domaines de la mesure, de la commande et du réglage nécessitent une centrale de pilotage avec écran pour afficher les valeurs et puis disposer de ce qu'il faut pour modifier les réglages pour l'utilisation. Cette centrale peut être un PC, par exemple, sur lequel on pourra programmer en Visual-Basic. Mais un téléphone intelligent ou une tablette où tourne le système d'exploitation à source ouverte Android constituerait aussi bien une centrale de commande. On se tricote là sa propre application en langage Java avec la puissance d'Android-Framework, qui promet effectivement à celui qui se lance une courbe d'apprentissage particulièrement pentue.



ElektorBusBrowser sur un téléphone intelligent Android.

Celui qui dispose d'expérience dans les différents langages, le Framework et encore les divers outils de développement, peut naturellement installer le protocole de bus Elektor ainsi que ses propres applications de commande. Quand se mélangent le code pour le protocole et celui de ses propres applications (comme jusqu'à présent dans les logiciels de démonstration), il est vraiment difficile d'apporter des modifications ou des extensions. Et si l'on échange une plateforme matérielle pour une autre, il faut tout recommencer depuis le début. C'est pourquoi nous avons besoin d'une bibliothèque qui intègre déjà le protocole de bus Elektor, de manière à ce que le concepteur puisse se concentrer entièrement sur son application personnelle du bus

isole clairement le code d'application de celui du protocole permet une programmation facile et une esthétique d'interface utilisateur qui plaise à de nombreux praticiens de l'électronique et par-dessus le marché, soit indépendante de la plateforme de manière telle que la même application puisse tourner tant sur un PC que sur un Smartphone. Tout cela n'existe pas ? Mais si ! On y arrive !

Le HTML est compris partout

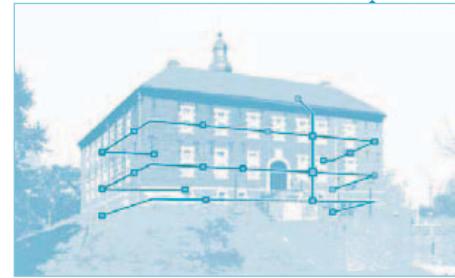
Avant d'en venir à la manière de se servir de la bibliothèque, regardons un instant comment l'ensemble fonctionne. À première vue, le concept peut sembler fort complexe, pour ne pas dire alambiqué. Cependant, les avantages qu'il possède en pratique sur une programmation traditionnelle sont assez

Produits et services Elektor

- Nœud expérimental (platine 110258-1 ou ensemble de 3 plalettes 110258-1C3)
- Convertisseur USB/RS485 (tout construit et testé 110258-91)

- Téléchargement gratuit du logiciel (micrologiciel pour contrôleur plus logiciel PC).

Tous les produits et téléchargements sont disponibles sur notre site à la page de cet article : www.elektor.fr/110517



impressionnantes, au point que l'idée est de nature à s'appliquer à beaucoup d'autres projets d'Elektor qui demandent une commande par PC. En outre, des systèmes similaires sont employés avec succès dans le développement de logiciels modernes, par exemple dans les « Apps » pour portables. Mais c'est aussi à ceux qui s'engagent dans le métier que nous voulons recommander de s'accrocher à la lecture de ce qui suit. Abordons pour commencer l'indépendance par rapport à la plateforme. Nous y parvenons du fait que l'application du bus proprement dite ainsi que l'interface utilisateur se programment en HTML (*HyperText Markup Language*) et en JavaScript. Ce duo est un véritable touche-à-tout, les IU (interface utilisateur) peuvent, dans le navigateur, s'afficher sur PC Windows, sur Mac, sur ordinateur Linux et divers appareils portables. Un autre avantage consiste à permettre le transport par l'internet de formulaires HTML, ce qui va nous ouvrir plus tard des possibilités fascinantes de télécommande. En outre, HTML se trouve en pleine ascension : HTML5 apporte beaucoup de nouvelles fonctions comme les banques de données locales, par exemple, la graphie en 3D et bien plus encore.

Un navigateur spécial

L'interface HTML que nous avons utilisée dans le passé pour notre bus était d'un type « normal », comme Firefox ou Internet Explorer, mais ces navigateurs ne peuvent, pour des raisons de sécurité, faire tout ce que permet une application normale. Un navigateur standard n'est pas en mesure, par exemple, de recevoir ni de transmettre des données sur une interface sérielle. Aussi, nous avons confectionné un navigateur spécial qui peut afficher des formulaires HTML tout en se branchant sur le bus Elektor. Comme le Navigateur de bus Elektor (*ElektorBusBrowser*) est capable d'utiliser l'USB et d'autres fonctions de l'appareil, il en faut un différent pour chaque plateforme. Ce n'est pas fort gênant, puisque le code source de l'utilisateur ne doit normalement pas subir de modification. Donc, nous pouvons proposer l'*ElektorBusBrowser* comme fichier d'application (par exemple un .exe pour le PC). Quand on veut passer d'un appareil sur un autre, il n'y a qu'à ins-

taller l'*ElektorBusBrowser* correspondant et déposer dans le répertoire adéquat les fichiers HTML/JavaScript de sa propre application. Terminé !

La copie d'écran de la **figure 1** montre le premier *ElektorBusBrowser* réalisé : comme sur un navigateur normal, c'est la fenêtre qui affiche le contenu HTML de l'application propre qui occupe le plus de place. Le HTML et le JavaScript forment pour ainsi dire l'intérieur, alors que, dans un navigateur, ce qui est programmé en langage de programmation traditionnel comme VB.NET ou Android-Java, représente l'extérieur de l'application de bus (voyez à la **figure 2**). On peut aussi se représenter l'*ElektorBusBrowser* comme étant l'hôte (*Host*) du système.

La bibliothèque de protocoles

Cet hôte reçoit un *ElektorBusMessage* par l'interface sérielle dont tout appareil est équipé. Le message est alors traité selon le protocole décrit précédemment. Les données utiles sont ensuite transmises à l'application de commande propre (HTML et JavaScript). Si l'utilisateur appuie sur un bouton de l'interface utilisateur HTML, JavaScript génère les données utiles qui correspondent au message à envoyer (un exemple tiré de l'épisode précédent serait l'envoi des valeurs de consigne au capteur). Les informations sont maintenant dirigées « vers l'extérieur » sur l'*ElektorBusBrowser* que le message adresse.

En principe, on aurait pu rassembler les trois composantes du protocole de bus, *ElektorMessageProtocol*, *HybridMode* (en option) et *ApplicationProtocol* à l'intérieur de l'hôte. D'un autre côté, il aurait été possible de diriger vers « l'intérieur » les 16 octets bruts de réception et de traiter complètement le protocole en JavaScript. Mais là, nous suivrions une fausse piste : le simple *ElektorMessageProtocol* et l'*HybridMode* à la chronologie si critique ainsi que le superviseur (*Scheduler*) sont traités à l'intérieur du code de l'hôte ; l'*ApplicationProtocol*, qui exige nettement plus de code et qui devrait probablement être encore allongé par certains lecteurs, il faudrait le réaliser à l'aide d'une petite bibliothèque JavaScript (**figure 3**).

Et voici en détail comment tout cela se déroule. L'hôte reçoit les 16 octets d'un *ElektorBusMessage* transmis par le bus avec



Figure 1. Copie d'écran du premier *ElektorBusBrowsers* avec exemple d'application en activité.

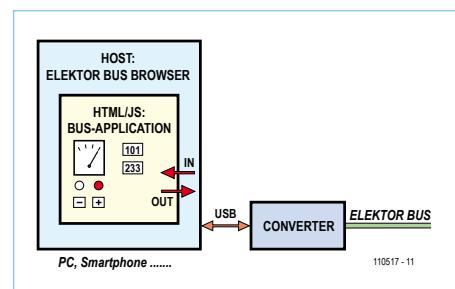


Figure 2. La plateforme qui dépend de l'hôte ne peut servir que pour les fonctions de base (interface sérielle, synchronisation). L'application de bus proprement dite est réalisée en HTML/JavaScript.

l'appoint du bit de départ pour la synchronisation décrit dans [1]. Les informations sont alors « déballées » pour y retrouver la structure de données avec (entre autres) l'adresse de l'expéditeur, celle du destinataire et les huit octets de données utiles. Ces différentes parties sont alors codées en une seule chaîne de caractères (*InCommand*) pour être dirigées vers le JavaScript (voyez à la **figure 4**). L'*InCommand* (un encadré y est consacré) est du texte pur, ce qui garantit la compatibilité avec les différentes plateformes.

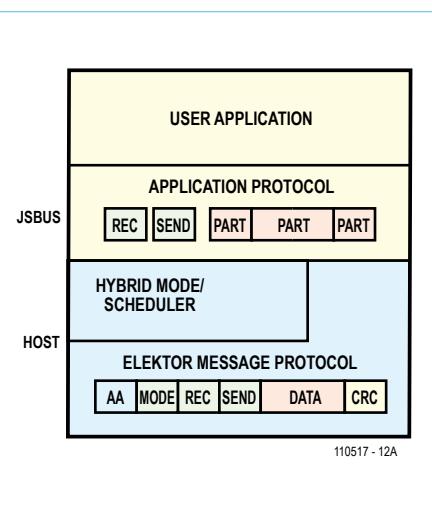


Figure 3. Pile de protocole standard pour l'ElektorBus (*HybridMode* et *superviseur* sont en option). Pour l'*ElektorMessageProtocol* c'est l'hôte qui s'y colle, pour l'*ApplicationProtocol*, ce sera la bibliothèque JavaScript JSBus.

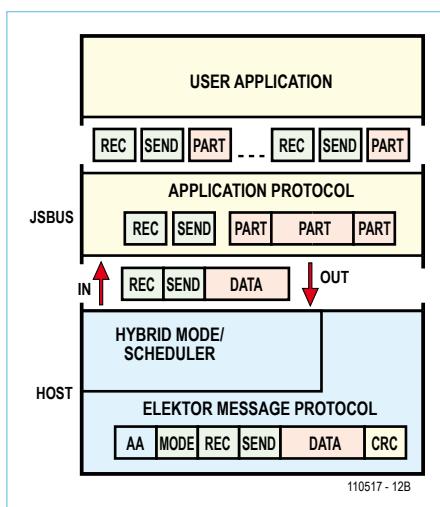


Figure 4. L'hôte et la bibliothèque JSBus se font la conversation, du fait qu'ils sont les acteurs de l'échange d'informations à émettre et à recevoir sous forme de texte.

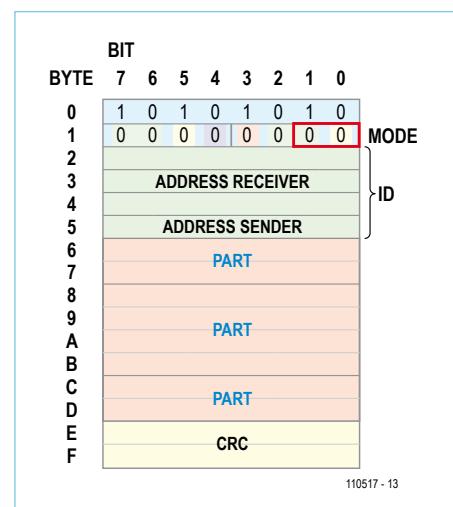


Figure 5. L'*ApplicationProtocol* permet, à l'aide de huit octets de données, de transporter en même temps plusieurs valeurs chiffrées ou d'autres unités d'information (par exemple des alarmes de valeur limite). Le diagramme montre par un exemple trois de ces *Parts* : deux fois sur deux octets et une fois sur quatre octets de long.

JavaScript reçoit l'*InCommand* et reconvertis la chaîne de caractères en une structure simple de données appelée *Message*, qui peut alors être décodée. Conformément à l'*ElektorApplicationProtocol*, on obtient ensuite des *Parts*, qui sont des unités d'information (voyez l'encadré « *Messages et Parts* »). Une telle unité peut être par exemple une valeur transmise sur 2 octets

(-1023 à +1023) ou l'avis « valeur limite du capteur 2 dépassée ! ». Comme nous pouvons transporter dans le même message plusieurs de ces petits bouts d'information (**figure 5**), la bibliothèque JavaScript produit avec ce message plusieurs *Parts* (un tableau [Array] de *Parts*). Les parts reçues sont alors transmises à une fonction JavaScript que l'application peut remplir de son

propre code. Ce code d'application est alors inscrit, par exemple dans une boîte de texte HTML, en valeurs numériques qui seront transmises avec la *Part*.

Les types de commandes

À l'émission, tout va dans l'autre sens. Un clic sur un bouton HTML appelle une fonction en JavaScript rédigée par l'utilisateur,

InCommand et OutCommand

L'application de bus rédigée en JavaScript et l'ElektorBusBrowser (par exemple codé en VB.NET) comme hôte communiquent entre eux par simples chaînes de texte. À l'aide de la syntaxe JSON, on y a encodé une structure de données contenant des informations qui doivent communiquer avec JavaScript vers l'hôte (vers l'extérieur) ou inversement l'hôte (vers l'intérieur) avec l'application JavaScript. Les structures de données des *In* et *OutCommand* sont similaires.

OutCommand :

Command le type de commande (Send, Url, Scheduler)
 URL nom de fichier de la page HTML à charger (seulement avec URL)
 Options réservé pour un usage ultérieur
 Mode Modebyte du message à envoyer (important pour le mécanisme d'accusé de réception)
 Receiver adresse du récepteur

Sender adresse de l'émetteur
 Data tableau de huit octets de données (ou adresses pour jusqu'à huit ScheduledNodes)

InCommand :

Command le type de commande (Rec, Status)
 Mode Modebyte du message reçu (ou Status 2 = ok, -1 = Error)
 Receiver adresse du récepteur
 Sender adresse de l'émetteur
 Data tableau de huit octets de données

Une *InCommand* en syntaxe JSON peut se présenter comme suit :

```
{ "Command" : "Rec", "Mode" : 0, "Valid" : 0, "Sender" : 2, "Receiver" : 10, "Data" : [ 0, 0, 64, 1, 0, 0, 0, 0 ] }
```

Dans notre premier ElektorBusBrowser, les *In* et *OutCommand* sont indiquées en vue du débogage (voyez au bas de la figure 1).

Messages et Parts

laquelle produit une ou plusieurs parts. Toutes celles qui sont destinées au même récepteur peuvent être encodées dans un seul message. Le message objet est alors expédié à l'aide d'une *OutCommand* (de nouveau en texte normal) vers l'extérieur pour l'*ElektorBusBrowser*. Celui-ci en fabrique 16 octets qui sont envoyés sur le bus. Le travail terminé, l'hôte renvoie un avis de réussite à JavaScript. Pour cela, il utilise encore une *InCommand*, mais de type « Status » cette fois-ci.

Il existe aussi d'autres types d'*OutCommand* (voyez l'encadré) ; elles permettent à l'application HTML/JavaScript de piloter l'hôte. Une *OutCommand* « URL » oblige l'hôte à charger une nouvelle page HTML. On peut ainsi construire une application qui englobe différents formulaires à choisir par exemple dans un menu. L'*OutCommand* « Scheduler » met en ou hors service le superviseur. Dans le tableau de données, on peut ainsi fournir une liste d'adresses pour appeler jusqu'à huit nœuds.

Exemple d'application

Prenez un exemple pour bien montrer comment travailler avec la bibliothèque JavaScript et l'*ElektorBusBrowser*. Nous pouvons reprendre à l'identique le matériel de l'épisode précédent, il n'y a qu'une légère modification à apporter au micrologiciel des deux nœuds (fichier BASCOM sous [2]). La **figure 6** montre de nouveau notre appareillage. Le nœud 2 équipé d'une photorésistance communique la valeur courante au Maître (*master*) de domotique. À partir du maître, nous faisons envoyer au capteur une unité pour changer la valeur limite de manière à la diminuer. Si la valeur limite est inférieure, le capteur se signale par un avis d'alarme. Le maître envoie alors une information au nœud 1 pour qu'il active le relais. En outre, il confirme au capteur l'avis d'alarme.

Vous pouvez télécharger sur notre site Internet, à la page de cet article [2], la première version de l'*ElektorBusBrowser* pour PC ainsi que la bibliothèque JavaScript « JSBus.txt » et l'exemple d'application qui se compose de deux pages HTML, à savoir « Index.htm » et « Limit.htm ». Le répertoire *UIBus* qui

Setflag	valeur de consigne ou valeur de mesure ?
Ackflag	message d'accusé de réception ou message originel (drapeau sur la partie application)
Mode	Modebyte de l'information (avec drapeau d'accusé de réception sur partie application)
Parttype	type de la Part, pour lesquels des constantes sont définies : PARTTYPE_VALUE2, PARTTYPE_VALUE4, PARTTYPE_VALUEFLOAT, PARTTYPE_LIMIT, PARTTYPE_SCALE.
Numvalue	valeur numérique transmise (p.ex. -1023..1023 pour PARTTYPE_VALUE2)
Limit	0 = tout ok, 1 = valeur-limite dépassée par le bas, 2 = valeur limite surpassée
Quantity	grandeur physique (0 à 127, voyez [3])
Unit	unité (0 à 3, voyez [3])
Scale	puissance de dix pour l'ordre de grandeur (-15 à +15)
Sender	adresse de l'émetteur
Receiver	adresse du récepteur
Channel	numéro de canal
Interval	réservé
Preset	réservé
Options	réservé

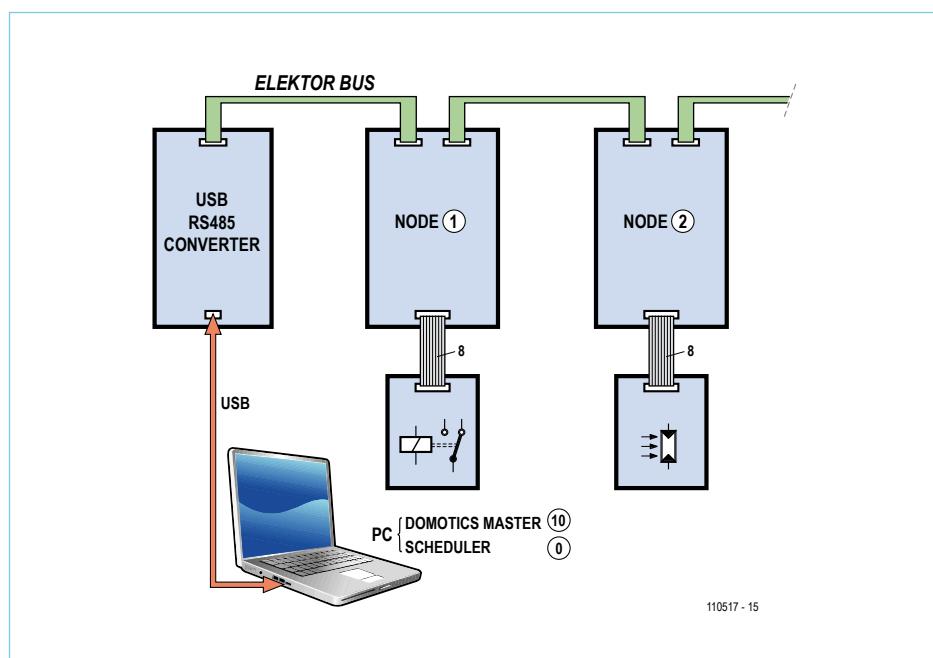


Figure 6. Pour notre exemple, nous avons réutilisé le matériel de l'épisode précédent.

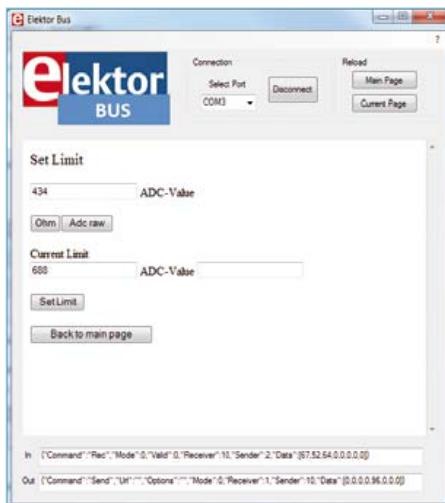


Figure 7. Surveillance de valeur limite : tout est réalisé en HTML et JavaScript indépendamment du type de la plateforme utilisée.

contient les trois fichiers du second nommé, il faut le tirer vers le bureau. Au lancement d'ElektorBusBrowser.exe, le premier formulaire HTML s'affiche (il doit toujours s'appeler « Index.htm »). Quand on a relié le superviseur au port série et qu'on le démarre, tout comme avec le logiciel de démonstration pour PC de la livraison précédente, la valeur du photodéTECTeur s'affiche dans une boîte de texte. À l'aide des boutons situés en dessous, on peut convertir l'unité pour passer de la valeur de conversion analogique-numérique ADC (0 à 1023) à des ohms. Mais l'avis d'alarme, lui, est repris sur un deuxième formulaire pour montrer (figure 7) l'utilisation de la commande « URL ».

Ce qui entre

Après cet essai, ouvrons le fichier « Index.htm » dans un éditeur de texte pour analyser le code source (voyez le **listage**). Tout en haut, il y a une référence à la bibliothèque JavaScript JSBus. Suit alors (entouré d'une deuxième paire de balises SCRIPT) le code JavaScript spécifique de l'application. La fonction ProcessPart(part) [...] est obligatoire ; elle est ensuite appelée par JSBus pour chacune des Parts reçues. Dans la fonction, le concepteur de l'application détermine qui doit poursuivre le traitement de la

valeur reçue, l'avis d'alarme ou toute autre chose. On prend connaissance des propriétés (*Properties*) des Parts, par exemple de l'émetteur, du canal (*Channel*) et des valeurs transmises, avec la syntaxe *part . Propriété*. Même celui qui n'est pas familier de la syntaxe de JavaScript, voisine du C, peut reconnaître que nous vérifions la provenance de chaque Part reçue. Sur le Channel1, on transmet la valeur de la LED (0 pour éteinte ou 1 pour allumée). Si la Part vient du Channel1, on met un bouton radio dans le formulaire HTML. Il se termine par la fonction *RadioButtonSetValue* qui a été insérée dans notre bibliothèque JSBus (pour les fonctions les plus importantes, voyez l'encadré). Comme paramètres, la fonction attend l'identité (ID) du bouton radio HTML ainsi qu'un chiffre 0 ou 1 (éteint/allumé). Comme *part . NumValue* dans ce cas-ci se résume à 0 ou 1, nous pouvons incorporer cette expression directement dans l'appel de la fonction. Comme ID pour les deux boutons radio, nous avons choisi sans fatigue « LED1 » et « LED2 ». Nous pouvons ainsi composer les premiers paramètres pour la fonction avec la chaîne « LED » et l'adresse de l'émetteur.

La fonction suivante

SetSensorScale (quantity) , on l'appelle d'un clic sur l'un des boutons HTML. Il faut maintenant envoyer une Part qui force le photodéTECTeur à transmettre la valeur de mesure suivante comme valeur ADC ou en ohms. La composition du code correspondant est toujours la même. On initialise d'abord par la ligne *var parts = InitParts ()* ; un tableau libre de Parts. La ligne suivante est déterminante : on ajoute une autre Part au tableau de Parts existant. La fonction de bibliothèque *SetScale* le règle assez facilement : elle n'attend comme paramètre que la collection de Parts à laquelle il faut ajouter un nouvel élément, les adresses de l'émetteur et du récepteur, le canal et le *Modebyte*, ainsi que trois valeurs repères pour indiquer la grandeur de mesure, l'unité et la puissance de dix. Le tableau complet de Parts est restitué, ce qui permet d'y accoler d'autres appels de fonctions JavaScript correspondantes (voyez l'encadré) pour d'autres Parts.

Au surplus, nous utilisons le *Modebyte* avec lequel un nœud qui émet pendant une

FreeBusPhase non sécurisée peut envoyer un *AcknowledgeMessage* reconnu (voyez à ce sujet l'encadré « Un nouveau bit »). Dans l'exemple, le nœud 1 communique l'état de sa propre LED de test quand on appuie sur le bouton Test. Mais le maître n'envoie pas un avis de confirmation correspondant dans le code d'application concerné. En fait, c'est la bibliothèque JavaScript qui règle l'affaire automatiquement (voyez la fonction *ProcessReceivedParts (parts)* dans JSBus.txt).

Ce qui sort

Avec *SendParts (parts, overrideQueue)* ; les Parts produites (dans notre cas, une seule actuellement) sont encodées et envoyées à l'extérieur. La bibliothèque résume pour cela en un seul message jusqu'à quatre Parts placées les unes derrière les autres dans le tableau des Parts qui ont même adresse d'émetteur et de récepteur. Les Parts qui ne trouvent pas de place dans un seul message sont encodées en plusieurs messages envoyés alors les uns après les autres. C'est pourquoi le concepteur de l'application n'a pas à s'en soucier. La bibliothèque inscrit les messages dans une *Queue* ; quand JavaScript est averti par l'hôte que le premier message a été envoyé, le suivant arrive dans la file et ainsi de suite. Maintenant, on comprend le deuxième paramètre : *overrideQueue* . Un nouvel appel de *SendParts*, ou bien transfère les messages qui n'ont pas encore été envoyés, ou bien s'annule au cas où il y aurait encore des messages dans la queue (nous aurons besoin, dans le fichier *Limit.htm*, de ces deux possibilités lors de mise en ou hors service des valeurs limites d'alarme pour lesquelles le maître doit envoyer chaque fois deux messages).

Les deux lignes suivantes du code JavaScript modifient du texte simple dans notre formulaire HTML. Pour que cela fonctionne, le texte doit également être pourvu d'une ID (« unit »). Selon la valeur de *quantity*, le texte se change en « ohm » ou en « ADC-Value ». Dans la bibliothèque, certaines constantes sont aussi définies pour les principales grandeurs de mesure, *RESISTANCE* y est par exemple pour la valeur 18. Pour les lecteurs habitués au BASIC, il faut faire strictement attention aux minuscules et

Listage : le fichier Index.htm

```

<SCRIPT src='JSBus.txt' Language='javascript' ></SCRIPT>

<SCRIPT Language='javascript' >

function ProcessPart(part)
{
    if (((part.Sender == 1) || (part.Sender == 2)) && (part.Parttype == PARTTYPE_VALUE2))
    {
        if (part.Channel == 1) {RadioButtonSetvalue('LED' + part.Sender, part.Numvalue);}
    }

    if ((part.Sender == 2) && (part.Parttype == PARTTYPE_VALUE2))
    {
        if (part.Channel == 0) {TextboxSetvalue('ADC', part.Numvalue);}
    }
}

function SetSensorScale(quantity)
{
    var parts = InitParts();
    parts = SetScale(parts, 10, 2, 0, 0, quantity, 0, 0);
    SendParts(parts, true);

    if (quantity==RESISTANCE) {TextSetvalue('unit','Ohm');};
    if (quantity==RAWVALUE) {TextSetvalue('unit','ADC-Value');};
}
</SCRIPT>

<FORM Name='Bus'>

<STYLE type='text/css'>#head {font-size:20}</STYLE>

<DIV ID='head' >ElektorBusBrowser <br/>

Scheduler
<BUTTON Type='button' onclick='javascript:SetScheduler(SCHEDULER_ON,2,10,0,0,0,0,0,0)' >on</BUTTON>
<BUTTON Type='button' onclick='javascript:SetScheduler(SCHEDULER_OFF,2,10,0,0,0,0,0,0)' >off</BUTTON>
<br/><br/><br/>

LED Node 1
<INPUT Type='radio' ID='LED1' Name='LED1' Value='LED1' />

LED Node 2
<INPUT Type='radio' ID='LED2' Name='LED2' Value='LED2' /> <br/><br/>

<INPUT Type='text' ID='ADC' Value='0' /> <SPAN ID='unit' >ADC-Value</SPAN> <br/>

<BUTTON Type='button' onclick='javascript:SetSensorScale(RESISTANCE)' >Ohm</BUTTON>
<BUTTON Type='button' onclick='javascript:SetSensorScale(RAWVALUE)' >Adc raw</BUTTON> <br/><br/>

<BUTTON Type='button' onclick='javascript:GotoUrl("Limit")' >Set-Limit-Page</BUTTON> <br/><br/>

</FORM>

```

Les fonctions importantes de JavaScript et de la bibliothèque JSBus

```

function InitParts()
renvoie un tableau vide de Parts (appel: var parts = Initparts() ;).

function SetLimit(parts, sender, receiver, channel, mode, limit, numvalue)
function SetScale(parts, sender, receiver, channel, mode, quantity, unit, scale)
function SetValue(parts, sender, receiver, channel, mode, setvalue)
ces fonctions ajoutent chaque fois au tableau de parts une autre Part qui peut être une valeur limite, une grandeur de mesure/unité/échelle ou une valeur de consigne et renvoie le tableau agrandi.

function SendParts(parts, overrideQueue)
encode et transmet toutes les Parts en un ou plusieurs messages (voir texte).

function PartText(part)
renvoie une description textuelle d'une Part, par exemple en vue du débogage.

function RadioButtonSetvalue(id, setvalue)
attribue une valeur à un bouton radio (setvalue = 1 ou 0).

function TextboxSetvalue(id, setvalue)
function TextSetvalue(id, setvalue)
décrivent en texte une boîte de texte ou un élément Text.

function GotoUrl(url)
oblige l'hôte à charger une nouvelle page HTML (url = nom de fichier sans « .htm »).

function SetScheduler(status, schedulednode1, ... , schedulednode8)
connecte ou déconnecte de l'hôte le superviseur (status = SCHEDULER_ON / SCHEDULER_OFF) ou communique au superviseur une nouvelle liste de nœuds qui seront régulièrement appelés à émettre (un 0 indique la fin de liste).

```

majuscules en code JavaScript ! On respecte aussi les doubles signes d'égalité. Passons maintenant à la partie HTML. Elle se compose d'une série d'éléments, chaque fois précédés de balises comme « DIV » ou « INPUT ». Pour nous, les plus importants sont les éléments INPUT et BUTTON. Avec les éléments INPUT, on reconnaît le type (Radio[button] ou Text[box]) et l'ID avec laquelle l'élément d'entrée est clairement reconnu pour pouvoir plus tard en obtenir la description ou le lire jusqu'au bout. Le texte que nous voulons changer en durée, on le met de préférence dans des balises <DIV> ou , dont la première sert également à délimiter son propre paragraphe.

Les autres, différents attributs de *Name* dans l'élément bouton radio (LED1 et LED2), servent à actionner les boutons indépendamment les uns des autres. Avec l'attribut identique de *Name*, on ne peut actionner

qu'un bouton à la fois, tout comme sur les postes de radio de l'ancien temps. L'attribut *onclick* des boutons relie le clic à la fonction JavaScript appelante. Les clics sur le premier des deux boutons commutent le superviseur en marche ou à l'arrêt par le biais de la fonction SetScheduler (dans JSBus.txt). Les boutons définis plus bas appellent la fonction dont nous venons de parler, spécifique de la fonction SetSensorScale avec les paramètres correspondants (RESISTANCE ou RAWVALUE). Le dernier bouton fait en sorte que le navigateur charge le formulaire « Limit.htm ». Pour cela, on utilise la fonction GotoUrl dans la bibliothèque JSBus. Comme paramètre, on passe le nom de fichier (sans la désinence .htm). Il faut veiller impérativement, dans ce cas, à ce qu'il soit mis entre guillemets doubles, parce que les guillemets simples sont déjà utilisés pour la valeur des attributs *onclick*. Les fichiers doivent se trouver

dans le dossier « UIBus » placé sur le bureau. Les versions ultérieures de l'ElektorBusBrowser apporteront encore des possibilités de modifier cette localisation.

Perspectives

Si vous avez déjà une certaine connaissance de HTML et de JavaScript, avec les informations données dans les encadrés qui décrivent les fonctions primordiales de la bibliothèque JSBus, vous devriez arriver rapidement à développer des applications appréciables. Quant à ceux qui se lancent dans l'aventure, ils pourront se familiariser avec les bases de HTML et JavaScript à l'aide d'un document à télécharger sur [2] avant d'essayer simplement d'apporter des modifications aux codes HTML proposés. Il suffit d'un simple éditeur de texte et d'un double clic, on ouvre un fichier .htm pour en voir le contenu dans son navigateur préféré. On découvre ainsi à quoi ressemblera bientôt

l'interface utilisateur. Et comme dans l'épisode suivant nous allons utiliser le bus série, beaucoup de code JavaScript viendra s'y ajouter, à utiliser dans vos propres applications.

Travailler avec le duo JavaScript/HTML est en tout cas très utile, ne fût-ce qu'en raison de ce que nous allons utiliser le même concept dans une prochaine livraison de la série pour commander notre application sur un Smartphone Android (voir l'illustration au début de l'article). Comme passerelle vers le bus, il y aura une astucieuse platine basée sur les

puces Vinculum-II de FTDI, que nous avons prévu pour le numéro de janvier 2012. Cette platine ne se destine pas uniquement à accueillir l'ElektorBus, mais pourra encore servir à d'autres applications. JavaScript/HTML sont aussi sur les rangs pour aboutir à une interface utilisateur indépendante de la plateforme utilisée.

(110517)

N'hésitez pas à participer au développement ! Nous serons toujours ravis de vos remarques et de vos idées à redaction@elektor.fr.

Liens internet :

- [1] www.elektor.fr/110258
- [2] www.elektor.fr/110517
- [3] www.elektor.fr/110428
- [4] www.elektor.fr/110382
- [5] www.w3schools.com
- [6] <http://fr.selfhtml.org/>

Un nouveau bit

Pendant que je travaillais à cet article, j'ai encore reçu un renseignement d'un lecteur d'Elektor qui contribue aussi à l'occasion au développement du bus. Il s'agit de Jan Dalheimer de Suède qui, à 15 ans, est probablement le plus jeune fanatique du Bus. Arrivé à la fin de la rédaction de mon article, Jan s'est manifesté de nouveau au sujet d'une bibliothèque ElektorBus pour le contrôleur AVR qu'il était occupé à réaliser.

Sa première variante ne concernait d'abord que l'*ElektorMessageProtocol* et l'*HybridMode*, pas ce qui était présenté dans les deux dernières parties, à propos de l'*ElektorMessageProtocol*. Mais après, Jan a trouvé une contradiction dans le mécanisme d'accusé de réception décrit jusqu'ici. D'accord, il est possible, dans le cadre de l'*ElektorMessageProtocol*, de faire savoir qu'une notification de confirmation est attendue de la part de l'émetteur (par le Bit0 du ModeByte, voir [1]). Pourtant, une notification de confirmation (qui, à bon escient, renvoie à l'expéditeur les octets de données reçus) ne pouvait pas, par cette voie, être différenciée de l'originale, parce que nous avions d'abord levé le drapeau correspondant avec l'*ApplicationProtocol*. Dans ce cas, une fonction du système de bus s'étend sur deux couches du protocole, ce qui est un inconvénient quand on veut construire proprement une bibliothèque.

En conséquence, Jan proposait, pour le bit1 du ModeByte, d'établir une distinction entre la notification d'origine et le contenu d'un *AcknowledgeMessage*. Une bonne idée que nous reprenons avec plaisir ; une possibilité, c'est de caractériser un *AcknowledgeMessage* dans la branche des messages. Mais comme le Bit1 du ModeByte a déjà reçu une autre fonction, nous devons à présent réorganiser les fonctions comme indiqué ci-dessous.

Bit	1	0
7	aucun octet ID, données à partir d'octet 2	octet ID à partir d'octet 2
6	les octets 2 et 3 sont octets ID	octet 2 à 5 sont octets ID
5	pas de CRC	les octets E et F sont CRC à 16 bits
4	dernier octet ID = nombre de fragments	tous les octets ID pour adressage
3	dernier fragment suit directement	aucun fragment ne suit
2	6 bits du haut pour segment de bus	pas d'adresse de segment
1	AcknowledgeMessage	notification d'origine
0	AcknowledgeMessage attendu	pas attendu

Dans la figure 5, les Bit1 et Bit0 sont cerclés de rouge. La nouvelle proposition a déjà été intégrée dans la bibliothèque JavaScript. Une notification de confirmation est automatiquement remise en pile avec un ModeByte=2 quand on a reçu une notification d'origine avec le ModeByte=1.

En conséquence, pour faire la différence, le mécanisme d'accusé de réception est dans la couche de l'*ApplicationProtocol* ; un exemple montre l'avis d'alarme de notre photocopieur (voir [3]). Comme ce nœud est fréquemment appelé, le ModeByte des messages qu'il envoie est normalement à 0 (aucune confirmation nécessaire, puisqu'aucune collision ne peut se produire). La confirmation, c'est alors au concepteur de l'application lui-même de la mettre en œuvre. Pour marquer la différence avec l'avis d'origine, le drapeau d'Ack qui a été introduit en [4] est utilisé dans les données utiles. Une Part importante dans un *Message* (par exemple un avis d'alarme) est ainsi omise facilement avec un *Ackflag=true* et pour encoder un nouveau message qui sera ensuite renvoyé. Pour cela, la bibliothèque JavaScript dispose de la fonction *Ad-dAckPart (...)*, on en trouvera un exemple d'utilisation dans le fichier « *Limit.htm* ».

Hexadoku

Casse-tête pour électroniciens

Pour les accros du Hexadoku voici une nouvelle grille pour occuper les longues soirées hivernales. Installez-vous confortablement dans votre fauteuil préféré et tentez de mettre les bons chiffres dans les bonnes cases. Envoyez-nous votre solution et peut-être gagnerez-vous l'un des quatre chèques-cadeaux Elektor mis en jeu.

Les instructions pour la résolution de ce jeu sont enfantines. Le Hexadoku utilise les chiffres du système hexadécimal, à savoir de 0 à F. Du tout cuit pour les électroniciens et programmeurs ! Remplissez le diagramme de 16 x 16 cases de façon à ce que **tous** les chiffres hexadécimaux de 0 à F (0 à 9 et A à F) ne soient utilisés

qu'**une seule et unique fois** dans chaque rangée, colonne et carré de 4 x 4 cases (identifiés par une ligne plus grasse). Certains chiffres sont déjà placés dans la grille et en définissent ainsi sa situation de départ. La solution de ce casse-tête vous permettra de gagner jolis prix. Il vous suffit de nous envoyer **la série de chiffres** en grisé.

Participez et gagnez !

Nous tirerons au sort l'une des réponses internationales correctes qui nous seront parvenues ; son auteur recevra un chèque-cadeau Elektor d'une valeur de 100 €. Nous offrons en outre 3 chèques-cadeaux Elektor d'une valeur de 50 € chacun.

Faites travailler vos méninges !

Où envoyer ?

Envoyez votre réponse (les chiffres de la section grisée) avec vos coordonnées par courriel, télécopie ou courrier avant le 1^{er} décembre 2011 à :
 Elektor c/o Regus Roissy CDG – Le Dôme – 1, rue de la Haye
 BP 12910 – 95731 Roissy CDG
 Courriel : hexadoku@elektor.fr

Les gagnants

La solution du Hexamouraï du n° 399 (septembre) est : **4D0F6**

Le gagnant du **chèque-cadeau Elektor** d'une valeur de **100 €** est : Alf ERIKSSON (Suede).

Les **3 chèques-cadeaux Elektor** d'une valeur de **50 €** chacun vont à : M. VIDAUD (France),

Vincenzo PARISI (Suisse) et Monika HÄFNER (Allemagne)

Toutes nos félicitations aux lauréats !

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

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

Tout recours est exclu de même que le sont, de ce jeu, les personnels d'Elektor International Media B.V. et leur famille. Un seul gagnant par foyer.

Webinaires *Elektor Academy* en partenariat avec *element14*

Elektor Academy et element14 se sont associés pour réaliser une série exclusive de webinaires couvrant des projets à succès des dernières éditions de votre revue préférée. La participation à ces webinaires est GRATUITE, il suffit de vous inscrire à temps sur www.elektor.fr/webinaires.

Le programme complet :

E-Blocks, Twitter and the Sailing Club

Date : Jeudi 17 novembre 2011

Heure : 15 h GMT (16 h CET)

Présentateurs : Ben Rowland et John Dobson (Matrix Multimedia)

Les E-blocks sont de petites cartes comprenant une fonction électronique que l'on trouve souvent dans un système électronique embarqué. Dans ce webinaire Ben et John montreront comment réaliser rapidement un prototype à base d'E-blocks capable d'envoyer automatiquement des messages Twitter aux membres d'un club de voile.

PARTICIPATION LIBRE
Inscrivez-vous dès maintenant !

Let's Build a Chaos Generator

Date : Jeudi 15 décembre 2011

Heure : 15 h GMT (16 h CET)

Présentateurs : Maarten Ambaum et R. Giles Harrison (Reading University)

Rejoignez-nous pour ce webinaire consacré à la réalisation d'une machine à chaos comme celle publiée dans les numéros d'octobre et novembre d'Elektor. Allez, sortez vos amplis op, dépoussiérez votre écran et vos lunettes et mettez le son à fond !

Here comes The Elektor Bus!

Date : Jeudi 19 janvier 2012

Heure : 15 h GMT (16 h CET)

Présentateur : Jens Nickel (Elektor)

De nombreux lecteurs ont déjà participé de façon active à élaborer ce que nous appelons désormais le Bus d'Elektor. Jens, rédacteur d'Elektor, racontera non seulement l'histoire du bus, mais il se plongera aussi dans les protocoles, les conflits de bus et les considérations matérielles.

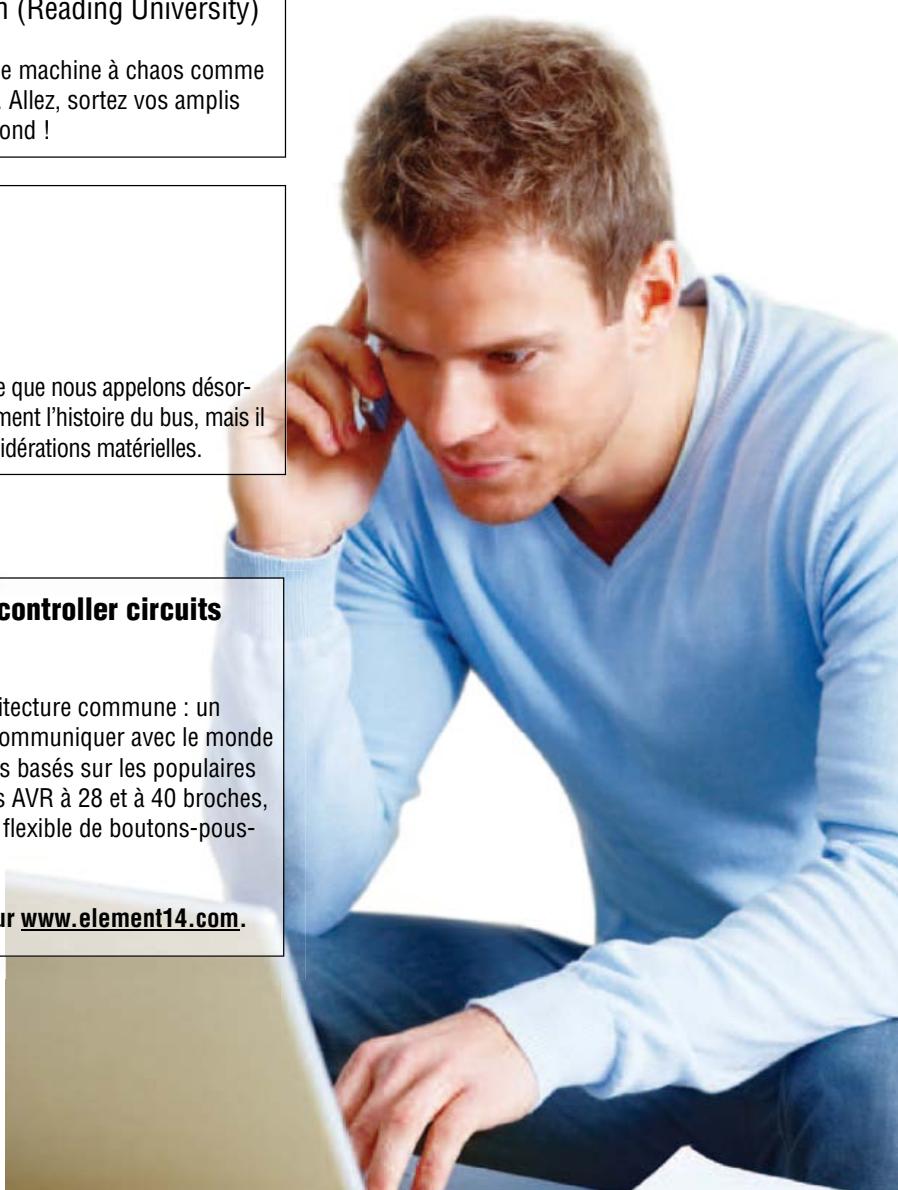
À la demande :

Platino – an ultra-versatile platform for AVR microcontroller circuits

Présentateur : Clemens Valens (Elektor)

Beaucoup d'applications à microcontrôleurs partagent une architecture commune : un écran LCD, quelques boutons-poussoirs et une interface pour communiquer avec le monde réel. Platino offre une solution polyvalente pour de tels systèmes basés sur les populaires microcontrôleurs AVR d'Atmel. Platino supporte tous les micros AVR à 28 et à 40 broches, il accepte plusieurs types de LCD et il permet une configuration flexible de boutons-poussoirs et/ou d'encodeurs rotatifs.

Vous avez loupé ce webinaire ? Visionnez l'enregistrement sur www.element14.com.



La machine à chaos :

redécouvrez les ordinateurs analogiques (2)

Maarten H. P. Ambaum et R. Giles Harrison (Département de métrologie, Université de Reading, Royaume-Uni),
Jan Buiting et Thijs Beckers (Labo Elektor)

L'ordinateur analogique que nous avons décrit le mois dernier a été construit à partir de modules séparés de multiplication, intégration, sommation et mise à l'échelle combinés pour représenter le système d'équations de Lorenz (voir partie 1). Les circuits des modules ont été largement inspirés par *Analog Electronics with Op Amps: A Source Book of Practical Circuits* de Peyton et Walsh où l'on pourra trouver plus de détails sur leur fonctionnement. Nous avons trouvé l'utilisation de plaques de prototypage très adéquate pour ce projet, mais nous avons aussi fabriqué une version soudée qui voyage mieux.

Approche modulaire du chaos

Figure 1 fournit un aperçu de la manière dont les modules de calcul sont combinés et les Figures 2a à 2g donnent les schémas des circuits de chaque module nécessaire. Un résumé de leurs fonctions est donné ci-dessous, mais commençons par

Le schéma blocs (figure 1). Cette figure représente la manière dont les modules de calcul nécessaires sont combinés pour former l'ordinateur analogique complet. Les triangles représentent les modules,

chacun avec son jeu d'entrées et sa sortie.

Les symboles (+) et (-) sont utilisés pour indiquer les entrées non-inverseuses et inverseuses, et (x) pour la multiplication. Un mince rectangle du côté des entrées indique un intégrateur. Les amplis de mise à l'échelle de gain 8 (identifiés « D ») servent à s'assurer que les tensions sur chaque fil ne dépasseront pas l'amplitude maximale de ± 10 V pour chacun des étages d'entrée des amplis-op et du multiplicateur.

Les tensions de sorties repérées V_x , V_y , V_z , sont disponibles pour relier un oscilloscope possédant un mode XY et une entrée Z de modulation de l'intensité.

Ce modèle possède une entrée de contrôle (sur le module « A ») pour faire varier le nombre de Prandtl (paramètre σ dans les équations de Lorenz) entre 0 et 20, afin d'afficher les différents régimes des équations de Lorenz.

A : Amplificateur différentiel (Figure 2a). Les tensions d'entrée V_1 et V_2 traversent l'étage A1 constitué de deux amplis-op montés en suiveurs, sont soustraites par l'étage A2.A, puis amplifiées par l'amplificateur inverseur A2.B de gain G (jusqu'à $\times -20$). Fonction : $V_{\text{out}} = G(V_1 - V_2)$.

B : Intégrateur inverseur (Figure 2b). La tension d'entrée V_1 , référencée par rapport à la masse, traverse le suiveur A3.A, puis est intégrée par l'étage A3.B. Les deux amplis-op appartiennent au même boîtier. Fonction : $V_{\text{out}} = \int V_1 dt / (3,3 \times 10^{-4} \text{ s})$

C : Amplificateur inverseur (figure 2c). La tension d'entrée V_1 , référencée par rapport à la masse, traverse un suiveur puis est appliquée à un amplificateur inverseur de gain variable G (jusqu'à $\times -5$) réglé par le potentiomètre de $100 \text{ k}\Omega$. Fonction : $V_{\text{out}} = -GV_1$. Pour le papillon de Lorenz réglez $G = -3$ dans le module C du haut et $G = -2,7$ dans le module C du bas.

D : Amplificateur non-inverseur (figure 2d). La tension d'entrée V_1 , référencée par rapport à la masse, traverse un suiveur puis est amplifiée par un étage non-inverseur de gain fixe 8. Fonction : $V_{\text{out}} = 8V_1$.

E : Sommateur inverseur (figure 2e). Les tensions d'entrée V_1 et V_2 traversent des suiveurs, et sont additionnées dans le troisième étage, inverseur. Les deux suiveurs appartiennent au même boîtier, l'étage d'addition à un autre. Fonction : $V_{\text{out}} = -(V_1 + V_2)$.

F : Sommateur non-inverseur (figure 2f). Les trois tensions d'entrée V_1 , V_2 , et V_3 traversent des suiveurs puis sont additionnées par un étage de sommation. Deux doubles amplis-op peuvent être utilisés. Fonction : $V_{\text{out}} = V_1 + V_2 + V_3$.

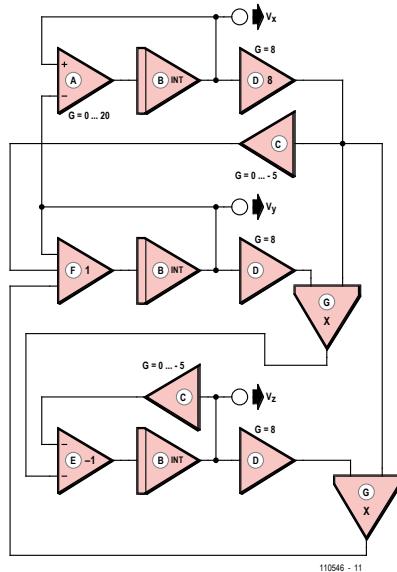


Figure 1. Schéma blocs de la machine à chaos. Chacune des fonctions représentées correspond à un des sept circuits basiques des Figures 2a à 2g qui résolvent les équations de Lorenz.

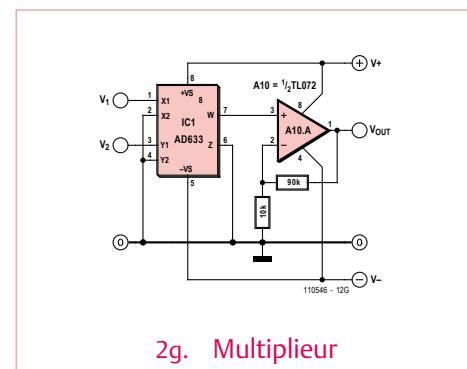
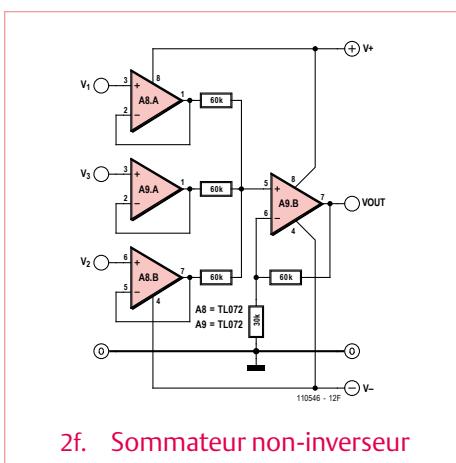
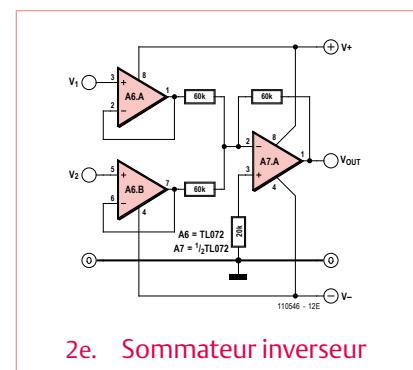
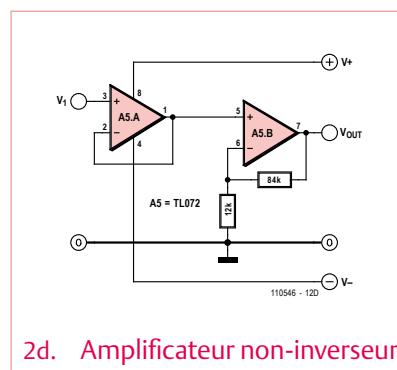
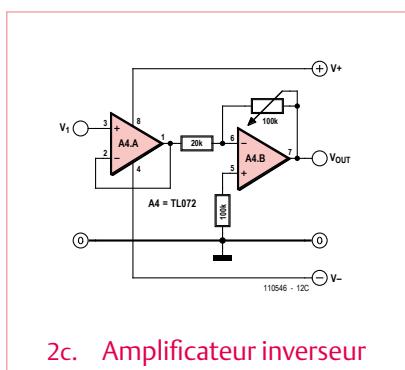
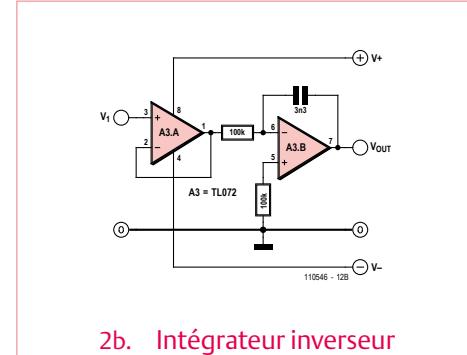
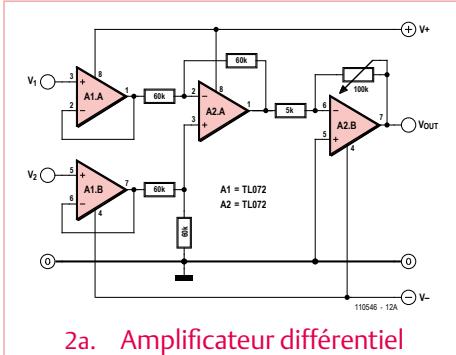


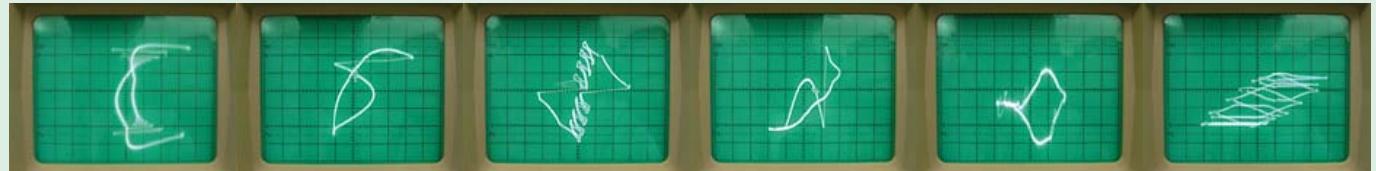
Figure 2. Aperçu des fonctions mathématiques nécessaires pour la machine à chaos, réalisées à l'aide d'amplis op pour la plupart.

Le chaos, en théorie

La conclusion basique du travail de Lorenz est que même lorsqu'on connaît plutôt précisément les conditions initiales, l'erreur sur celles-ci grandissent rapidement, de sorte que même après peu de temps on ne peut plus prédire les détails du mouvement — la dépendance aux conditions initiales est une des propriétés caractéristiques du chaos.

Le chaos, en pratique

Par Jan Buiting, rédacteur.



Les articles de la rubrique Rétronique bénéficient généralement d'une compréhension et une acceptation silencieuse de la part des techniciens d'Elektor, et déclenchent une surprise modérée ou un sourire moqueur pour le reste du personnel après la vue ou l'écoute d'un équipement *vintage* sorti de l'humidité de la cave médiévale d'Elektor. Cependant, lorsqu'il s'est su que « *Le Chaos arrivait dans les pages de Jan en septembre 2011* », beaucoup ont été déçus de voir un bon article Rétronique avec un contenu solide, et aucun chaos ou bazar dont ils auraient pu se délecter.

Motivés pour expérimenter le chaos, quelques enthousiastes ont suggéré de construire le générateur de chaos et donc nous l'avons fait, « nous » ≈ [Thijs Beckers ± Jan Buiting] des *Bureaux sans chaos*, une petite et calme partie des locaux d'Elektor.

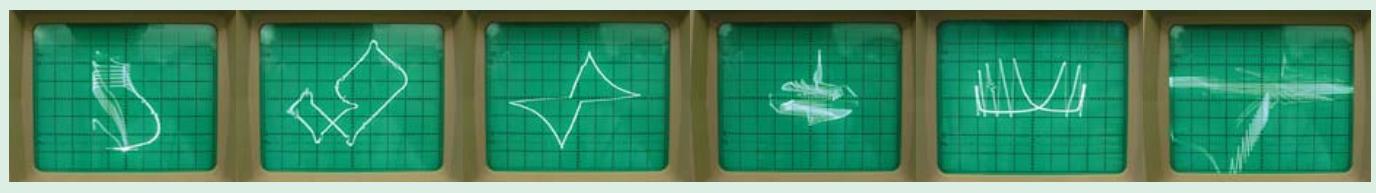
Les fonctions mathématiques qui permettent au générateur de se comporter de manière chaotique sont incarnées par des circuits, composants et, au final, des modules interconnectés (signaux et alimentations). Le tout a fonctionné, produisant des images bizarres sur notre oscilloscope Hameg en mode XY (malheureusement, tous les modèles avec axe Z étaient HS). En tournant les deux potentiomètres et en introduisant occasionnellement des capacités parasites avec nos doigts sur certaines cartes, nous avons pu produire des formes extrêmement complexes, allant d'hippocampes à des rubans de Möbius, brins d'ADN, des epsilon stylés et même des modèles business pas si inadéquats pour obtenir une licence à la *London School of Economics* (LSE) ; enfin c'est ce que nous avons dit à notre directeur, à la comptabilité et au marketing. Dilbert et le professeur Bill Phillips auraient adoré. Par exemple, tourner le potentiomètre du module A (LSE : « augmenter les ressources de vente de la compagnie XYZ ») au-delà d'un certain niveau critique permet à l'image exubérante visible sur l'oscilloscope (LSE : « cette organisation très créative ») de changer (LSE : « se réconcilier avec ses budgets »), puis de sortir de l'écran (composante continue) (LSE : « se lancer d'autres challenges ») et finalement de revenir à l'écran comme un vortex violent pas si différent de ceux qu'on peut voir dans les toilettes d'avions (LSE : « dépréciation soudaine des actifs »). Aussi capricieux que les marchés financiers modernes !

Certaines des meilleures images chaotiques sont visibles dans cet encart, et ont été incluses dans un clip vidéo que vous pouvez admirer sur la chaîne YouTube d'Elektor. Toutes ces figures sont probablement dues à la saturation des amplis-op.

Les signaux sonores en provenance des sorties étaient aussi impressionnantes et troublantes que ce que Maarten et Giles disaient dans la partie 1 de l'article. Il faut l'entendre pour le croire ; tout le monde est d'ailleurs invité à voir ça lors de l'Elektor Live de novembre.

Pour certains, le générateur est un gadget qu'ils ne peuvent s'empêcher de tripoter et ajuster grâce aux deux potentiomètres pour des images encore plus folles sur l'écran de l'oscilloscope. Pour d'autres, il s'agit d'une implémentation sérieuse de fonctions mathématiques complexes qu'un DSP ou un PIC aurait du mal à égaler (visuellement et au niveau de la vitesse). Il est vrai que les utilisations pratiques sont au mieux limitées, avec comme consolation le fait que la météo est le plus grand système chaotique que l'on connaisse — certains ateliers d'Elektor se battant gaiement pour la deuxième place.

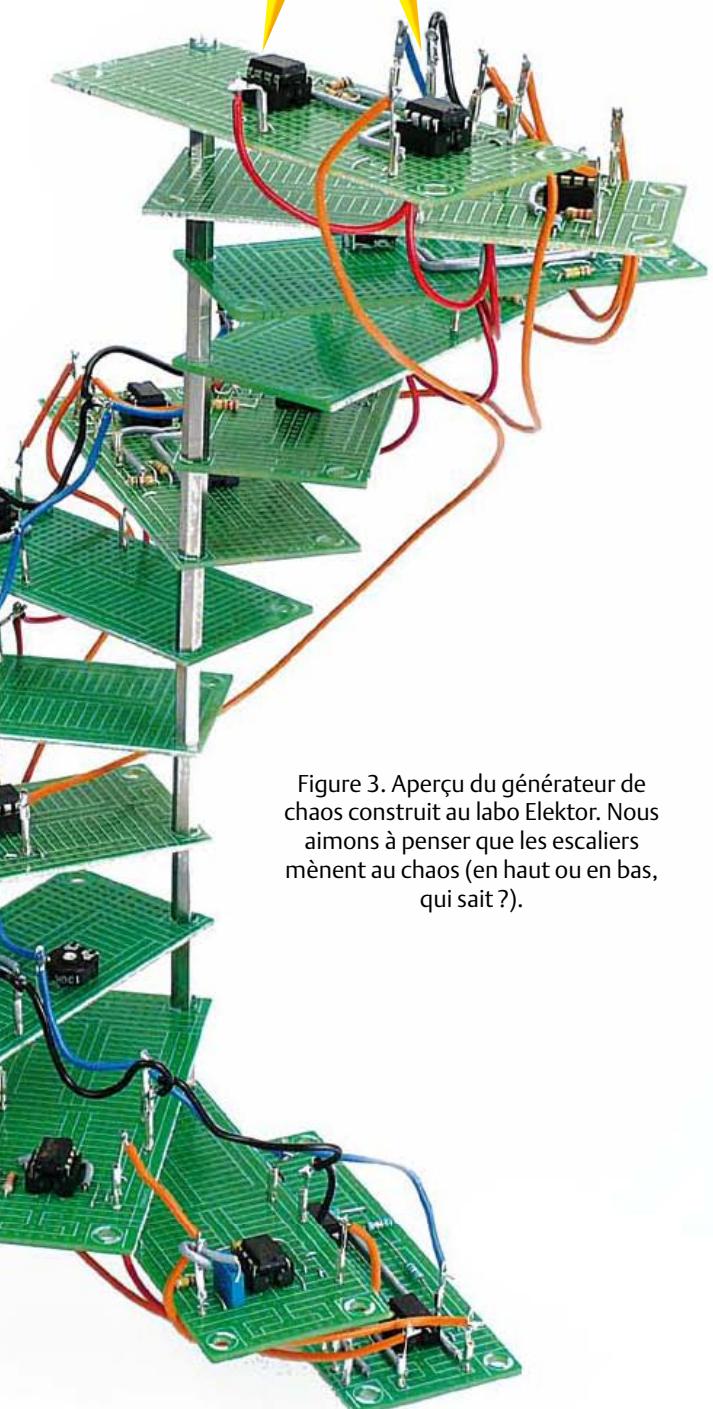
À ce stade, nous vous lançons un défi : voyez si vos programmes de simulations électroniques 32- et 64-bits et vos PC sont à la hauteur de l'étonnement simple montage présenté ici. Si vous échouez, ou êtes fatigués des messages d'erreurs qui surgissent (*Division par zéro !*), envoyez-nous la meilleure idée d'application que vous puissiez imaginer pour la machine à chaos ! Ou un applet iPhone ou Android permettant aux gens des hautes sphères du business de l'utiliser dans le train — il y a de l'argent à faire.



Essayez le générateur de chaos à Elektor Live! 2011

Elektor Audio & Rétro Division

Eindhoven, Pays-Bas, 26 Novembre



G : Multiplieur (Figure 2g). Une puce (type AD633) est utilisée pour déterminer le produit de deux tensions. Un étage non-inverseur apporte ensuite un gain de 10 afin de réaliser à mise à l'échelle avec un V_0 de 1 V. Fonction : $V_{\text{out}} = V_1 \times V_2 / V_0$.

Conseils pour la construction

À l'université de Reading, les composants du prototype ont été assemblés sur des cartes de prototypage ; une carte pour chaque module. Tous les étages sont alimentés par une alimentation ± 15 V commune ; on considérera par convention que la masse est à 0 V. Les amplis-op utilisés sont des OP97 ; disponibles en version simple (OP97) et double (OP297), qui peuvent être combinées afin de réduire le nombre de boîtiers tout en préservent l'indépendance des modules. Les numéros de pattes donnés sont valables pour les versions DIL des OP97 et OP297. Les multiplieurs utilisent un circuit spécialisé, l'AD633, alimenté par la même source.

La réplique de la machine à chaos construite dans le labo Elektor utilise des amplis-op TL072 pour la simple raison qu'ils étaient disponibles. Certaines résistances ayant des valeurs théoriques (comme 60 k Ω) ont été remplacées par l'équivalent le plus proche disponible dans les tiroirs. Pour ajouter un peu d'esthétique, les modules ont été fixés à un poteau central fait d'entretoises de platinas empilées, ressemblantes aux marches d'un escalier en colimaçon, voir **figure 3**. Des « platinas sans composants ELEX-1 » ont été utilisées pour construire les modules et leur donner un look uniforme. Les cartes ont été étiquetées et certaines ont été dupliquées afin de pouvoir réaliser d'autres fonctions mathématiques et configurations.

Remerciements : Ce projet a été stimulé par des ateliers interdisciplinaires animés par des artistes et des scientifiques dirigés par l'artiste Charlie Hooker de l'université de Brighton (département Fine Art), Royaume-Uni. L'ordinateur analogique a été construit dans les laboratoires du département de métrologie par Stephen R. Tames, à l'université de Reading, Royaume-Uni.

(110546, trad. Kévin PETIT)

Figure 3. Aperçu du générateur de chaos construit au labo Elektor. Nous aimons à penser que les escaliers mènent au chaos (en haut ou en bas, qui sait ?).

Morceaux choisis

La bibliothèque des passionnés d'électronique



PHOTOVOLTAÏQUE

Alimentation électrique autonome de sites isolés

Rêver de l'autonomie énergétique obtenue par une production photovoltaïque domestique, c'est bien. En calculer la viabilité, c'est mieux. Mais suffit-il de comparer kilowattheure nucléaire (environ 0,08 €) et kilowattheure photovoltaïque (environ 0,22 €) ? Gérard Guihèneuf, l'auteur de ce nouveau livre, pense qu'il ne faut pas se contenter d'aligner chiffres et idées. Il nous emmène au bout de la démarche entreprise avec son livre Comprendre et dimensionner les installations domestiques à énergies renouvelables publié en 2009 en donnant maintenant des réponses techniques et pratiques aux questions qui se posent lors de l'électrification d'un site isolé !

Richement illustré et bien documenté, ce livre décrit avec réalisme trois projets exemplaires et simples d'électrification photovoltaïque de sites ordinaires : abri de jardin, garage et mobile-home. Des économies spectaculaires sont à la portée de l'électronicien qui montera et assemblera lui-même régulateurs de charge, onduleurs et autres suiveurs solaires.

Si vous préférez confier à un professionnel l'électrification de votre site, vous lirez dans ce livre comment dimensionner les constituants sans sacrifier ni l'efficacité ni vos économies !

254 pages • 14 x 21 cm • ISBN 978-2-86661-181-1 • 32,50 €



Rémy Mallard présente

L'électronique pour les débutants

Par où commencer pour débuter en électronique ? Vais-je m'égarer en explorant l'internet, qui regorge de schémas, mais sont-ils fiables ? Me faut-il un livre avec des montages simples ou plutôt un livre sur les composants ? Après trente ans de pratique, l'auteur de ce livre, resté l'érudit débutant qui réalisait lui-même son premier montage dès l'âge de dix ans, partage ici sa soif toujours vive d'apprendre. Fin pédagogue, il guide les débutants et répond aux questions que trop de livres laissent en suspens : « Quel type de fer à souder acheter ? »... « Un multimètre à 5 € peut-il suffire ? »... « Un oscilloscope est-il indispensable ? ».

317 pages • ISBN 978-2-86661-180-4 • 39,50 €



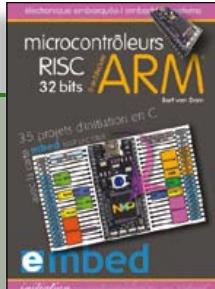
23 projets ludiques et instructifs à construire soi-même

Intelligence artificielle

Ce livre ne traite pas de théories abstraites, mais de pratique. Il s'adresse à vous, passionné d'électronique et de micro-informatique appliquée, et propose des circuits et des programmes simples. Expérimitez le biomimétisme sur vos propres robots mobiles, construits avec des pièces de Lego !

Il y est donc question de microcontrôleurs PIC, de programmation, de capteurs, de moteurs... mais aussi de morpions, de fourmis, de gnous, de vers, et d'autres bestioles « naturellement géniales ».

238 pages • ISBN 978-2-86661-179-8 • 42,50 €

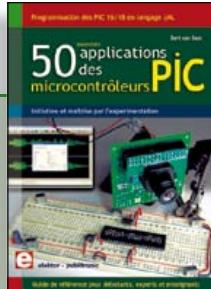


35 projets d'initiation en C avec la carte mbed NXP LPC 17688

Microcontrôleurs RISC 32 bits à architecture ARM

La plate-forme mbed et son microcontrôleur ARM, le NXP LPC1768, sont conçus pour l'informatique en nuage ou cloud computing qui révolutionne le développement de logiciel : aucune installation de logiciel spécifique, il suffit d'un navigateur et d'un port USB. Vous programmez et stockez vos résultats sur l'internet, et y accédez depuis n'importe quel PC, où que vous vous trouviez. Dans ce livre, il est question aussi bien du langage C, des bibliothèques mbed, d'exemples de programmes que du traitement de signaux analogiques, de capteurs, de moteurs etc.

232 pages • ISBN 978-2-86661-178-1 • 39,50 €



Initiation et maîtrise par l'expérimentation

50 applications des microcontrôleurs PIC

Voici 50 projets instructifs et utiles pour vous initier au langage de programmation JAL et maîtriser les microcontrôleurs PIC16 et 18, avec des techniques universelles comme la commande de relais, ou le traitement des signaux émis par divers capteurs (y compris par exemple un codeur rotatif), la communication avec les bus I²C, SPI, RS232, USB, les afficheurs à 7 segments et même le bus CAN.

C'est un ouvrage récréatif et pédagogique : assemblez et utilisez les projets proposés. Les explications claires, les schémas et les photographies vous feront découvrir une activité enrichissante.

394 pages • ISBN 978-2-86661-177-4 • 44,50 €



Mes premiers pas !

Électronique logique & numérique

Regardez les appareils actuels : on y trouve essentiellement des puces, des microcontrôleurs, des dispositifs logiques programmables, etc. Les circuits intégrés simples, comme le 4000 ou le 4093, y sont plus rares. Se familiariser avec de tels circuits reste pourtant la porte d'entrée idéale du monde de la logique. Car c'est d'opérateurs, de bascules bistables et de compteurs que sont faits les montages numériques même les plus complexes. L'apprentissage des notions fondamentales est plus facile lorsqu'il s'accompagne de travaux pratiques ; c'est pourquoi ce livre est associé à un kit d'initiation réunissant une plaquette d'expérimentation universelle et tous les composants requis.

156 pages • ISBN 978-2-86661-175-0 • 29,50 €



Les microcontrôleurs au service de l'écologie

Eau de pluie

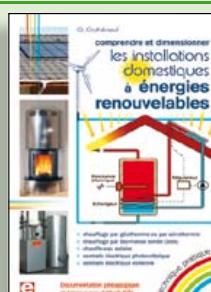
Cet ouvrage aborde le thème de l'eau sous ses aspects quantitatif (cycle de l'eau, précipitations, prix) et qualitatif (traitement de l'eau potable, assainissement des eaux usées). Il détaille ensuite les différents éléments d'une installation de récupération des eaux de pluie : système aérien, cuve enterrée, pompe, filtres... Récupération et utilisation des eaux de pluie ne sont autorisées que sous certaines conditions et pour certains usages.

160 pages • ISBN 978-2-86661-176-7 • 27,50 €

Informations complémentaires et gamme complète sur notre site

www.elektor.fr

Elektor / Publitronic SARL
1, rue de la Haye
BP 12910
95731 Roissy CDG Cedex
Tél. : +33 (0)1.49.19.26.19
Fax : +33 (0)1.49.19.22.37
@ : ventes@elektor.fr



Comprendre et dimensionner

Les installations domestiques à énergies renouvelables

Accords de Kyoto, réchauffement climatique, Grenelle de l'environnement sont autant de termes devenus familiers dans le cadre d'une réflexion éco-citoyenne collective. Au-delà du seul discours, chaque citoyen peut s'engager concrètement par la mise en œuvre d'une énergie renouvelable dans le contexte domestique individuel. Les applications possibles ne manquent pas : production électrique photovoltaïque, éolienne ou hydraulique, chauffe-eau solaire, chauffage des locaux par géothermie, par aérothermie ou par biomasse (bois-énergie).

304 pages • ISBN 978-2-86661-170-5 • 32,50 €

elektor



Tous les articles de 2010 sur DVD-ROM

DVD Elektor 2010

Ce DVD-ROM réunit tous les articles d'ELEKTOR, le mensuel d'électronique et de micro-informatique appliquées, parus au cours de l'année 2010. Il contient non seulement le texte des articles ainsi que les schémas, mais aussi tous les dessins des circuits imprimés, sous forme de fichiers à haute résolution. Ceci permet à l'utilisateur de modifier à sa guise les dessins existants à l'aide d'un programme adéquat. Dès lors, rien ne s'oppose plus à l'exportation des documents vers un autre format à la convenance de l'utilisateur.

ISBN 978-90-5381-267-9 • 27,50 €



Les articles de la série populaire Elektor-CC2-AVR réunis sur CD-ROM

CD ATM18 Collection

Voici la compilation sur CD-ROM de la série populaire Elektor-CC2-AVR, soit plus de 25 projets autour de la carte ATM18, les logiciels associés, les typons (PDF) et des informations complémentaires. Le tout est complété par un cours complet de programmation BASCOM-AVR en 6 leçons.

ISBN 978-0-905705-92-7 • 29,50 €



NOUVEAU

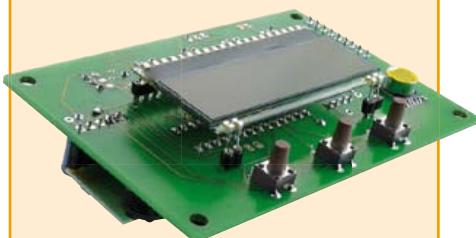
Passerelle USB/série BOB-FT232R

(Elektor septembre 2011)

Ce convertisseur USB/serie vous surprendra d'abord par sa taille : pas plus grande que l'embout moulé d'un câble USB ! Il vous épatera aussi parce qu'il est pratique, rapide à mettre en œuvre, réutilisable, multi plate-forme (Windows, Linux, etc.) et pas trop cher pour autant.

Platine montée et testée

Réf. : 110553-91 • 15,00 €



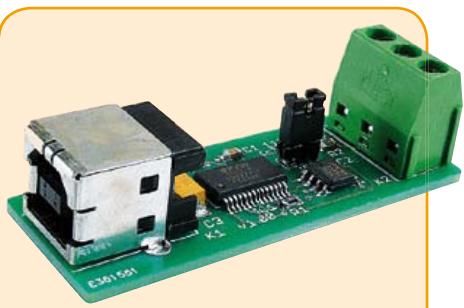
Enregistreur météo USB de longue durée

(Elektor septembre 2011)

Cet enregistreur de données autonome enregistre avec une pile quelque six à huit semaines de données fournies par des capteurs I²C de pression atmosphérique, température et humidité et les affiche sur un LCD. Les résultats, collectés par l'intermédiaire d'un port USB, sont représentés graphiquement sur un PC par GNUpot. L'utilisation de modules de capteurs numériques réduit l'investissement en matériel et évite les réglages.

Kit composants, platine, contrôleur ATmega88-20PU programmé, capteurs d'humidité et de pression atmosphérique

Réf. : 100888-73 • 34,95 €



Convertisseur USB/RS485

(Elektor juin 2011)

Le convertisseur USB/RS485 établit la connexion entre un port USB de votre ordinateur (portable) et un bus RS485 à deux fils. Un bornier à vis assure une connexion facile et fiable du bus RS485. Grâce au populaire circuit intégré FT232L et ses pilotes de FTDI le convertisseur fonctionne non seulement avec toutes les versions actuelles de Windows, mais aussi avec Windows CE, Windows Mobile, Linux et Mac OS X.

Platine montée et testée

Réf. : 110258-91 • 24,95 €



Capacimètre Pico C

(Elektor avril 2011)

Besoin de mesurer une capacité aussi petite que 2,7 pF ou 5,6 pF ? Oubliez le capacimètre de votre multimètre, même haut de gamme, « Pico C » fera mieux, beaucoup mieux même, puisque ce petit instrument peut mesurer des fractions de picofarad.

Kit composants comprenant un 'Elektor Project Case', platine, microcontrôleur programmé et LCD

Réf. : 100823-71 • 82,50 €

F401 novembre 2011	€	
+++ Retrouvez sur www.elektor.fr toutes les références disponibles +++		
F400 octobre 2011		
Platine polyvalente pour montages à microcontrôleur(s) AVR		
100892-1	Platine Platino.....12,95	
OBD 2 sans fil		
100872-71	Platine OBD2-ZigBee dotée de composants CMS plus boîtier et clé USB ZigBee.....124,95	
100872-72	Platine OBD2-Bluetooth dotée de composants CMS plus boîtier	124,95
Capteurs I²C		
100888-71	Capteur d'humidité HH10D	7,95
100888-72	Capteur de pression atmosphérique HP03SA.....6,45	
Twitter avec les E-blocks		
EB003.....	Interface pour capteur	26,80
EB005.....	Platine LCD	29,75
EB006.....	Multiprogrammateur PIC.....89,25	
EB007.....	Platine à commutateurs.....17,85	
EB059.....	Platine d'interconnexion pour 8 moteurs servos	17,85
EB069.....	Platine pour réseau sans fil	164,95
TEDSSI4.....	Flowcode pour dsPIC/PIC24 (version Pro)	221,65
Cours DSP Audio		
110001-91	Carte DSP (montée et testée).....129,95	
110001-92	Pack carte DSP (110001-92) + adaptateur de programmation (110534-91) (publication en novembre 2011, disponible semaine 42)	149,95
Le bus arrive (8)		
110258-1	Platine (noeud d'expérimentation)	5,95
110258-1C3	3 x Platine (noeud d'expérimentation)	12,95
110258-91	Module convertisseur USB/RS-485	24,95
F399 septembre 2011		
Enregistreur météo USB de longue durée		
100888-1	Platine	17,95
100888-41	Microcontrôleur programmé ATMEGA88-20PU.....9,95	
100888-71	Capteur d'humidité HH10D	7,95
100888-72	Capteur de pression atmosphérique HP03SA.....6,45	
100888-73	Kit composants, platine, contrôleur ATmega88-20PU programmé, capteurs d'humidité et de pression atmosphérique	34,95
Passerelle USB/série BOB-FT232R		
110553-91	Platine assemblée et testée	15,00
J2B : module IHM universel à ARM Cortex-M3		
050176-74	Boîtier Bopla Unimas 160.....9,95	
110274-1	Platine.....www.elektor.fr	
110274-71	Platine testée avec le microcontrôleur LPC1343, le quartz, le régulateur 3V3, l'interface LCD et l'interface USB montés.....www.elektor.fr	
110274-72	Afficheur LCD 4 x 20 caractères (compatible HD44780).....www.elektor.fr	
RC5 en Flowcode		
EB007.....	Platine à commutateurs.....17,85	
EB058.....	Afficheur LCD graphique	81,85
EB060.....	Platine d'émission/réception infrarouge RC5.....37,20	
EB064.....	Multiprogrammateur dsPIC/PIC24	119,00
Le bus arrive (7)		
110258-1	Platine (noeud d'expérimentation)	5,95
110258-1C3	3 x Platine (noeud d'expérimentation)	12,95
110258-91	Platine assemblée et testée	24,95
F397/398 juillet-août 2011		
Minuterie 2-4-6 heures		
110219-41	Microcontrôleur programmé PIC12F675 DIL8	9,95
Montre morse		
110170-41	Microcontrôleur programmé ATtiny4520-PU dip 8	9,95
La platine d'essais d'Elex		
ELEX-1	Platine de prototypage	5,50
ELEX-2	Double platine de prototypage	9,95
ELEX-4	Quadruple platine de prototypage	17,95

vos favoris

livres	cd & dvd-rom	kits & modules
1	L'électronique pour les débutants ISBN 978-2-86661-180-4	1
2	Alimentation électrique autonome de sites isolés ISBN 978-2-86661-181-1	2
3	Microcontrôleurs RISC 32 bits à architecture ARM ISBN 978-2-86661-178-1	3
4	Intelligence artificielle ISBN 978-2-86661-179-8	4
5	Électronique logique & numérique ISBN 978-2-86661-175-0	5
1	CD ECD 6 ISBN 978-90-5381-258-7	1
2	CD ATM18 Collection ISBN 978-0-905705-92-7	2
3	DVD The Audio Collection 3 ISBN 978-90-5381-263-1	3
4	DVD Elektor 2010 ISBN 978-90-5381-267-9	4
5	DVD Wireless Toolbox d'Elektor ISBN 978-90-5381-268-6	5
1	Passerelle USB/série BOB-FT232R Réf. : 110553-91	1
2	Enregistreur météo USB de longue durée Réf. : 100888-73	2
3	Module Bluetooth pour Analyseur OBD2 NG Réf. : 090918-71	3
4	Capacimètre Pico C Réf. : 100823-71	4
5	Convertisseur USB/RS485 Réf. : 110258-91	5

Commandez tranquillement sur
www.elektor.fr/e-choppe
ou à l'aide du bon de commande encarté
à la fin de la revue. Les commandes en ligne
de livres ou de CD & DVD-ROM bénéficient
d'une remise spéciale de 5%.

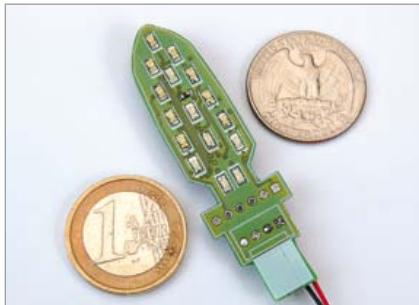
Elektor

Elektor / Publitronic SARL
1, rue de la Haye • BP 12910
95731 Roissy CDG Cedex
Tél. : +33 (0)1.49.19.26.19
Fax : +33 (0)1.49.19.22.37
@ : ventes@elektor.fr



Enregistreur de données à clé USB

Pour enregistrer des données d'une longue durée, on utilise souvent un ordinateur, mais il est tout à fait possible de le faire sans ce gros consommateur d'énergie. En effet, avec ce circuit il est possible de stocker des données collectées par un microcontrôleur sur une clé USB en passant par une liaison serielle. Cela ne coûte que peu d'énergie, le support est fiable et il n'est pas nécessaire d'ajouter une fonction d'enregistreur de données au système à microcontrôleur.



Bougie à LED

Vers Noël les électroniciens commencent à chercher de petits montages qui pourraient augmenter l'ambiance festive de fin d'année. Habituellement, Elektor vient à la rescousse en publiant un montage spécial Noël avec des effets lumineux ou sonores. Cette année n'est pas une exception et nous proposons alors une bougie à LED qui s'allume au toucher et qui s'éteint quand on la souffle. Le circuit est basé sur un microcontrôleur PIC16F1827.



Interface pour sonde lambda

Ce petit montage comprend toutes les fonctions pour piloter une sonde lambda à large bande. En associant le circuit intégré spécial CJ125 de Bosch et la sonde à large bande LSU4.2 du même fabricant, il devient possible de mesurer avec précision la proportion d'oxygène dans les gaz d'échappement et donc de déterminer si la combustion est trop pauvre ou trop riche. Le montage ne possède pas de points de réglage et il communique par une interface numérique.

Il arrive que la publication de certains articles soit retardée par des impératifs rédactionnels. Attention, le numéro de novembre 2011 devrait être en kiosque à partir du 19 octobre.



Tarif & abonnements

Prix au numéro

France	6,90 €
DOM Surface	7,95 €
DOM Avion	9,95 €
Belgique	7,60 €
Suisse	12,90 FS
Canada	9,50 \$Can

Abonnement standard d'un an

France	72,00 €
Belgique	82,00 €
Suisse	92,00 €
DOM Surface	95,00 €
DOM Surface Priorité	123,00 €
Étudiant	- 20%

Abonnement standard de 2 ans

France	128,00 €
Belgique	143,00 €
Suisse	158,00 €
DOM Surface	170,00 €
DOM Surface Priorité	222,00 €
Étudiant	- 20%

Pour vous abonner :

Passez par notre site www.elektor.fr/abo, c'est plus rapide et moins cher. Vous pouvez aussi utiliser le bon de commande encarté en fin de magazine.

Début et fin : Un abonnement peut démarrer à tout moment. Nous vous rappellerons en temps utile l'approche de la fin de votre abonnement.

Anciens numéros : Les anciens numéros peuvent être commandés dans la limite de leur disponibilité (cf. le bon de commande, leur prix est celui d'un numéro à l'unité).

Changement d'adresse : Veuillez compter au moins 3 semaines avant l'entrée en vigueur de votre nouvelle adresse. Mentionnez votre numéro d'abonné (cf. l'étiquette d'envoi de votre magazine) sans oublier ni l'ancienne ni la nouvelle adresse.

Horaires : Notre service Clients est ouvert du lundi au jeudi, de 8h30 à 17h00, et le vendredi, de 8h30 à 12h30. Pour vos questions concernant votre abonnement, appelez le 01.49.19.26.19.

Informatique et libertés : Pour le traitement de votre abonnement, Elektor vous demande des données personnelles. Conformément à la loi « Informatique et libertés », vous bénéficiez d'un droit d'accès à ces données et pouvez en demander la rectification. Sauf refus écrit de votre part auprès du service Abonnements, ces informations pourront être utilisées par des tiers.

Abonnement Elektor PLUS d'un an

France	89,50 €
Belgique	99,50 €
Suisse	109,50 €
DOM Surface	112,50 €
DOM Surface Priorité	140,50 €
Étudiant	- 20%

Abonnement Elektor PLUS de 2 ans

France	163,00 €
Belgique	178,00 €
Suisse	193,00 €
DOM Surface	205,00 €
DOM Surface Priorité	257,00 €
Étudiant	- 20%

Sous réserve de modification de prix.

Abonnements : abonnements@elektor.fr

Commandes/Ventes : ventes@elektor.fr

POUR VOS COMMANDES (kits, modules, livres, CD & DVD-ROM etc.)
VEUILLEZ INDICER ICI VOS CORDONNÉES COMPLÈTES :

Oui,

je souscris un abonnement d'un an à Elektor (11 numéros).
Dès l'enregistrement de mon paiement, je recevrai automatiquement
et sans aucun engagement de ma part le CD-ROM « ECD 6 ».*

Je commande les références indiquées au verso

pour un montant de

Cocher la case correspondant à l'abonnement de votre choix :

Abonnement standard d'un an pour 72,00 € (Belgique : 82,00 €)

Abonnement ELEKTOR PLUS d'un an pour 89,50 € (Belgique : 99,50 €)
(le DVD-ROM annuel 2011 compris * + ainsi que votre accès exclusif à Elektor-Plus.fr)

Forfait de port et d'emballage :

- 8,50 € envoi standard France métropolitaine & Europe
- 12,50 € envoi standard DOM/TOM et le reste du monde
- 10,00 € envoi express France métropolitaine & Europe
- 15,00 € envoi express DOM/TOM et le reste du monde

Mode de paiement (cochez la case de votre choix) :

- Chèque bancaire / CCP à l'ordre de ELEKTOR
- Virement bancaire pour la France : RBS Paris Compte : 18739-000001-00200797026-03
- Virement bancaire pour la Belgique : CCP 000-1347214-78 à Warneton
- Virement bancaire International : RBS Paris IBAN : FR76 1873 9000 0100 2007 9702 603 (BIC : ABNAFRPP)
- Carte de crédit (complétez et signez ci-dessous s.v.p.) :
- Numéro de carte de crédit (MasterCard ou VISA)

Signature

Voici mon adresse :

Nom

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

Nom

Prénom

Prénom

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

Prénom

Adresse

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

Adresse

Date de naissance

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

Date de naissance

Société

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

Société

Adresse

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

Adresse

Code Postal

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

Code Postal

E-mail

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

E-mail

Pays DOM/TOM

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

Pays DOM/TOM

Localité

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

Localité

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Envoyez cette carte
accompagnée du paiement
sous enveloppe affranchie à :

11/2011

11/2011

Flowcode 4 : jamais compliqué, toujours puissant

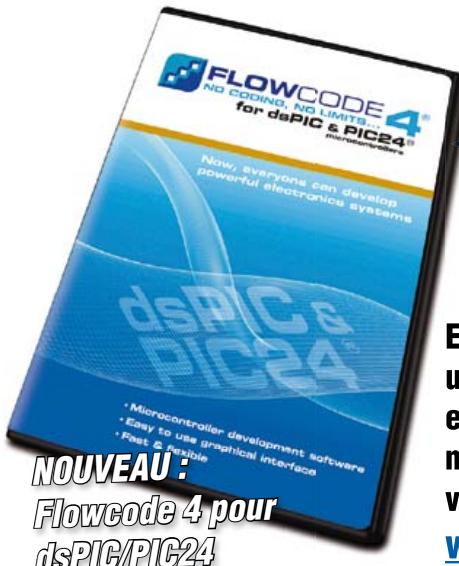


conception – simulation – téléchargement



Flowcode est un langage de programmation graphique pour microcontrôleurs (PIC, AVR, ARM et depuis peu les dsPIC/PIC24) parmi les plus évolués. Même si vous manquez encore d'expérience, l'atout principal de Flowcode est de permettre la création de systèmes électroniques et robotiques éventuellement complexes, mais jamais compliqués.

Son interface graphique ludique et sa facilité d'utilisation font de Flowcode 4 l'outil idéal pour enchaîner à l'écran les phases de conception, de simulation et de production du code pour la programmation de microcontrôleurs PIC, AVR et ARM. Flowcode est utilisé aussi bien dans les entreprises ou par les particuliers que dans l'Education Nationale.



Essayez vous-même :
une version de démonstration
et des informations complé-
mentaires sur Flowcode 4
vous attendent ici
www.elektor.fr/flowcode

Fournisseurs : adresses utiles

Publicité: Elektor Media BV – Ilham Mohammedi

Allee 1 – 6141 AV Limbricht – Pays-Bas

Tél.: 00 31 (0)46 43 89 444 – GSM: 00 31 (0)6 12 93 73 33 – E-mail : i.mohammedi@elektor.fr

SCOPES and more

HAMEG
Instruments

A Rohde & Schwarz Company

Great Value in
TEST & MEASUREMENT

www.elektor.fr

EBCONNECTIONS

Électronique Industrielle

- ✓ Composants Usb, Ethernet, Rfid
- ✓ Modules et câbles Usb OEM
- ✓ Environnement Basic Tiger
- ✓ Terminal Tactile programmable
- ✓ Etude de produits sur demande

www.ebconnections.com

Site de vente en ligne

l'impulsion
CAEN

Composants électroniques

Appareils de mesure

Matériel informatique

Réalisation de prototype

Large gamme de produits en stock

Site de vente en ligne

Livraison 24 h

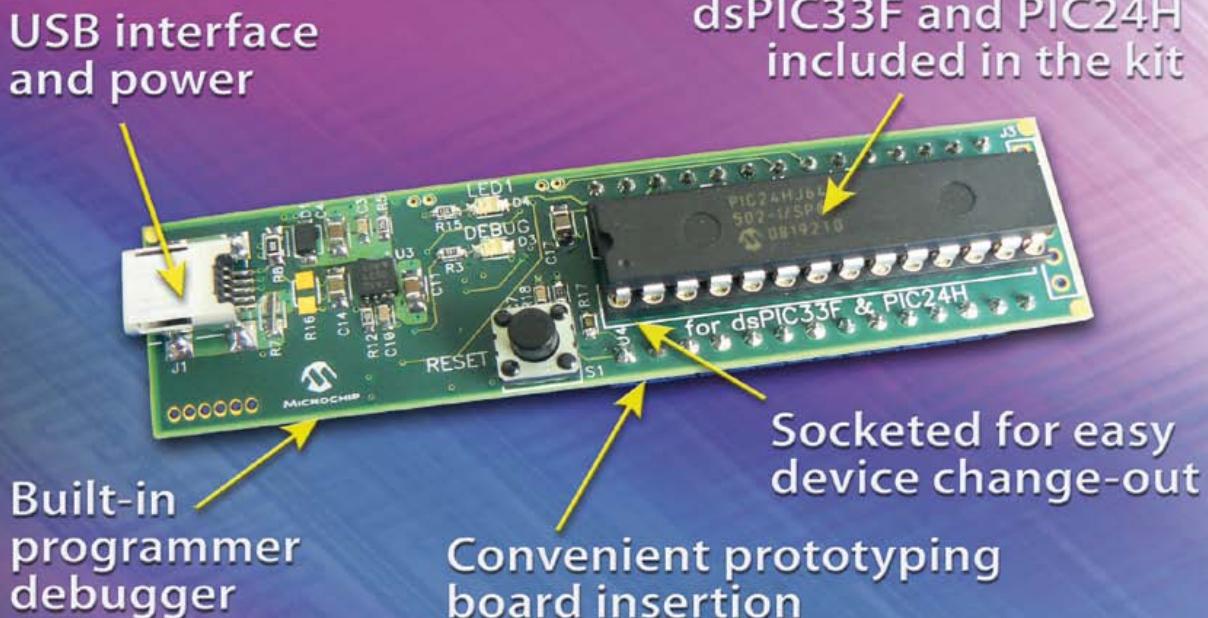
Tél. 02 31 47 53 88 / Fax. 02 31 47 36 80

contact@impulsion.fr

www.impulsion.fr

**WWW.
elektor.
fr**

Développez facilement toutes vos applications 16 bits grâce au nouveau Microstick de Microchip



Le nouveau Microstick de Microchip, pour dsPIC33F et PIC24H, est un outil de développement 16 bits peu onéreux, destiné tant aux débutants - car très facile à utiliser – qu'aux utilisateurs expérimentés – grâce à sa grande flexibilité.

Grâce à Microstick, les développeurs peuvent utiliser deux des familles 16 bits les plus performantes du marché. Grâce à cet outil à bas prix, il est possible de programmer et déboguer très facilement pour une somme modique. L'outil est en outre compatible avec l'environnement de développement MPLAB® de Microchip ainsi qu'avec les bibliothèques logicielles gratuites de la société. Commandez votre Microstick dès aujourd'hui pour pouvoir développer rapidement vos projets 16 bits.

• Facile à utiliser :

- Alimentation USB
- Outil de programmation/débogage intégré
- Compatible avec l'environnement de développement MPLAB®, version 8.50 et supérieures

• Flexible:

- Connexions pour systèmes en phase de test
- Broches libres pour insertion d'une carte prototype
- Compatible avec les dsPIC 33FJ64MC 802 et PIC 24HJ64GP502 performance de 40 MIPS et intégrant un CAN 12 bits, des fonctionnalités DSP et des périphériques PWM avancés pour le contrôle moteur.

POUR UN DÉVELOPPEMENT 16 BITS FACILE ET PEU ONÉREUX

- Peu onéreux : 24,99 USD
- Kit de développement complet
- Exemples de code source
- Commandez votre Microstick (référence : DM330013) dès aujourd'hui !

www.microchip.com/microstick