



# lektor **BONUS**

créer > partager > vendre

ÉDITION

509B

DEPUIS 1978

# CIRCUIT SPECIAL

# 2024

Idées de conception, trucs et astuces

**7** circuits  
et projets  
supplémentaires

carte pour les projets à base de microcontrôleur

une petite boîte à musique

détecteur PIR

interrupteur à inertie pour les feux de détresse

thermostat analogique simple

atténuateur avec réglage automatique de la gamme

multimètre Owon XDM1141

infographie : conception de circuits

Q&R avec Natasha Baker de SnapMagic

commutateur alimenté par pile bouton

Kit Arduino Plug and Make

# Rejoignez la communauté Elektor



Devenez membre  
maintenant !



- ✓ accès à l'archive numérique depuis 1978 !
- ✓ 8x magazine imprimé Elektor
- ✓ 8x magazine numérique (PDF)
- ✓ 10 % de remise dans l'e-choppe et des offres exclusives pour les membres
- ✓ accès à plus de 5000 fichiers Gerber



Également disponible

abonnement



sans papier !

- ✓ accès à l'archive numérique d'Elektor
- ✓ 10 % de remise dans l'e-choppe
- ✓ 8x magazine Elektor (PDF)
- ✓ accès à plus de 5000 fichiers Gerber



[www.elektormagazine.fr/membres](http://www.elektormagazine.fr/membres)

47<sup>ème</sup> année n° 509B | ISSN 0181-7450  
Édition BONUS - Circuit Special 2024

N° de TVA Intracommunautaire :  
FR90319937454  
Dépôt légal : août 2024 | CPPAP 1125 T 83713  
Directeur de la publication : Donatus Akkermans

Elektor Magazine est publié 8 fois par an par  
PUBLITRONIC SARL – c/o Regus Roissy CDG  
1, rue de la Haye – BP 12910  
FR - 95731 Roissy CDG Cedex  
www.elektor.fr | www.elektormagazine.fr

**Tarifs Annuels :** France 1 an 129,95 € (8 numéros)

**Publicité :** Ouafae Hassani  
Tél. : +31 (0)6 41312932  
ouafae.hassani@elektor.com  
www.elektormagazine.fr/publicité

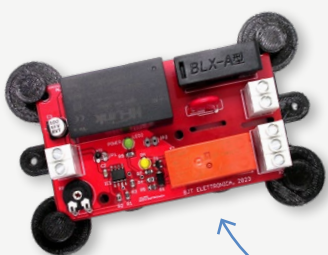
**Pour toutes vos questions :**  
service@elektor.fr

**Devenez membre :**  
www.elektormagazine.fr/abo

**Droits d'auteur**  
© 2024 Elektor International Media B.V.

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

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



## BONUS: CIRCUITS ET BIEN PLUS ENCORE!

Je suis ravi de vous présenter cette édition bonus du *Circuit Special 2024* du magazine Elektor. Ce numéro regorge de projets supplémentaires et de tutoriels, conçus pour satisfaire les enthousiastes de l'électronique de tous niveaux. Que vous soyez un ingénieur professionnel, un électronicien amateur, ou un étudiant en EE/ECE curieux, ce numéro est destiné à stimuler votre créativité et à vous défier dans les semaines et les mois à venir. Dans cette édition, vous découvrirez divers projets captivants : un circuit d'interrupteur PIR pratique, un projet créatif de thermostat analogique, une boîte à musique basée sur un ATtiny85, un atténuateur avec réglage automatique de la gamme et bien plus encore. Prêt à vous lancer ?

Et ce n'est pas tout ! Nous vous proposons également une interview approfondie avec Natasha Baker de SnapMagic, des astuces techniques et des informations utiles sur les produits. Notre objectif est de vous fournir des connaissances pratiques et des idées créatives pour nourrir votre passion pour le bricolage électronique. Alors, saisissez vos outils, faites de la place sur votre établi, et plongez dans le contenu de cette édition spéciale. Une fois vos projets en cours, n'hésitez pas à partager vos progrès sur la plateforme Elektor Labs !

C. J. Abate  
(Directeur du contenu, Elektor)

## DANS CE NUMÉRO

### 3 Édito

**4 interrupteur à inertie pour les feux de détresse**  
activez les clignotants de votre voiture en cas de freinage brusque

**8 détecteur PIR**  
détecteur de proximité à infrarouge

**12 carte pour les projets à base de microcontrôleur**

**16 une petite boîte à musique**  
**20 Kit Plug and Make**  
une nouvelle façon de travailler avec Arduino

**25 multimètre de table Owon XDM1141**  
excellent rapport qualité/prix

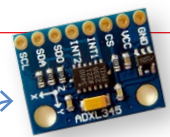
**28 atténuateur avec réglage automatique de la gamme**  
un circuit atténuateur pour les débutants

**30 commutateur alimenté par pile bouton, basé sur un ESP32-C2**  
conception et optimisation matérielle

**34 Infographie :**  
**conception de circuits**

**36 Q&R avec Natasha Baker**  
l'évolution et l'avenir de SnapMagic dans le domaine de la conception électronique assistée par l'IA

**40 thermostat analogique simple**  
un circuit compact et fiable basé sur une CTN



L'édition imprimée d'Elektor Circuit Special 2024 est disponible en kiosque et sur l'e-choppe Elektor [elektor.fr/circuit-special-2024-fr](http://elektor.fr/circuit-special-2024-fr)





# interrupteur à inertie pour les feux de détresse

activez les clignotants de votre voiture  
en cas de freinage brusque

Stefano Purchiaroni (Italie)

Lors de la conduite, il peut arriver que l'on doive freiner brusquement. Dans de telles situations, se concentrer pleinement sur la conduite est crucial et il n'y a pas de temps à perdre à chercher les boutons à activer. L'interrupteur à inertie, contrôlé par microcontrôleur, présenté dans cet article, offre une solution élégante à ce problème.

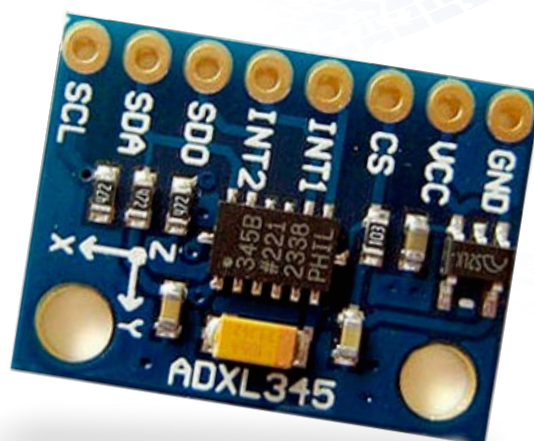


Figure 1. Le petit module GY-291 de l'auteur intégrant l'accéléromètre ADXL345 d'Analog Devices.

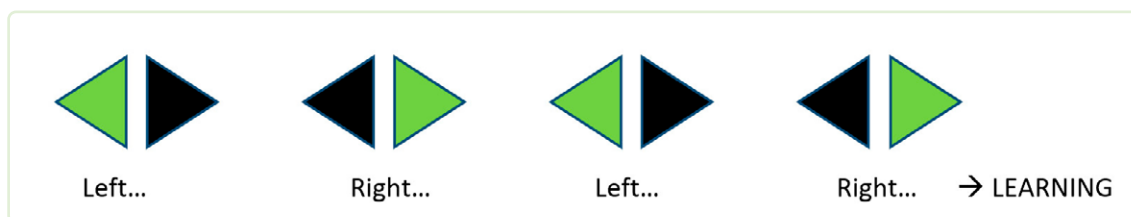
Ce dispositif équipé d'un accéléromètre et d'un microcontrôleur, est conçu pour activer automatiquement les feux de virage gauche et droit lors d'un freinage brusque. Il intègre une fonctionnalité d'apprentissage qui permet aux utilisateurs d'ajuster la valeur de décélération nécessaire pour déclencher l'activation des feux. Pour son fonctionnement, une connexion est requise avec l'alimentation de 12 V ainsi qu'avec les lignes d'alimentation des clignotants. Dans les années 1980 et 1990, des dispositifs utilisant un interrupteur à mercure, judicieusement orienté vers le haut, permettaient d'activer les clignotants gauche et droit lors d'un freinage brusque. Aujourd'hui, les circuits intégrés MEMS, qui incluent des accéléromètres et des gyroscopes similaires à ceux employés dans les smartphones, sont devenus largement accessibles et économiques. Par exemple, le capteur d'accéléromètre triaxial ADXL345 d'Analog Devices est disponible non seule-

ment sous forme de puce, mais aussi en tant que module breakout, tel que le modèle GY-291, fabriqué et vendu par des entreprises chinoises à un coût très réduit.

Les connecteurs ruban fournissent une entrée d'alimentation avec une tension comprise entre 3 V et 5,5 V, deux lignes de données SCL/SDA pour l'interface I<sup>2</sup>C, et deux lignes dédiées à la gestion des vibrations, programmables pour le Tap ou le double-Tap (non utilisées dans le cadre de notre projet). Dans le schéma, seule l'interface I<sup>2</sup>C est utilisée pour mesurer l'accélération actuelle sur l'axe X, qui est considéré comme la direction du mouvement de la voiture.

Le circuit proposé dans cet article fait clignoter les deux indicateurs L et R lorsque l'intensité de freinage prédéfinie est dépassée. Le système est contrôlé par un PIC12F1822 de Microchip. Pour programmer le seuil, il est nécessaire de passer en mode apprentissage en effectuant deux

Figure 2. La séquence d'indicateurs L-R est nécessaire pour entrer dans le mode d'apprentissage.



fois une séquence rapide d'allumage et d'extinction des clignotants gauche et droit, comme illustré à la **figure 2**. Si la séquence est reconnue et exécutée dans un temps spécifié **FLASHMAX**, l'accélération résiduelle **StdAcc** mesurée dans un état stable est enregistrée. Cette valeur est ensuite utilisée comme décalage, soustrait des mesures ultérieures. Les feux de direction sont activés régulièrement jusqu'à ce qu'une variation de l'intensité, que vous souhaitez établir comme seuil limite **MaxAcc** se produise. Si la décélération requise ne se produit pas dans le temps alloué (**MAXLEARNTIM**), le mode apprentissage est interrompu par l'extinction des feux de direction et le seuil précédemment établi est conservé. Dans le cas contraire, la nouvelle valeur mesurée est mémorisée en mémoire flash et sert de référence pour activer ou non les feux de virage L et R à chaque freinage. Le **tableau 1** présente les paramètres de fonctionnement définis dans le code, nécessitant une recompilation en cas de modification.

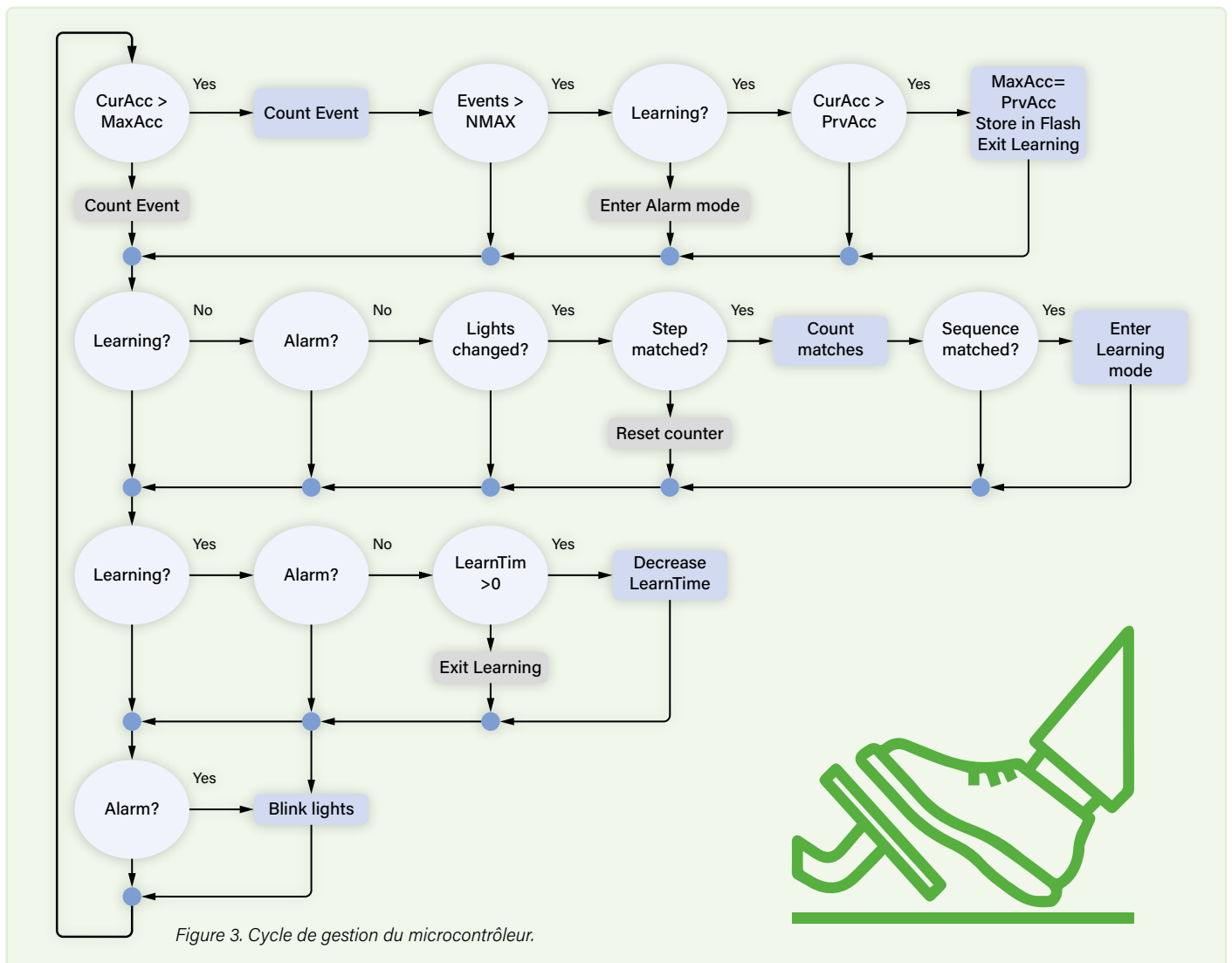
**tableau 1 : Paramètres du code**

Paramètre	Valeur initiale	Utilisation
TIC	50 [ms]	Millisecondes entre deux cycles de programme consécutifs
FLASHMAX	2.000 [ms]	Temps maximum pour entrer en mode apprentissage
MAXLEARNTIM	10.000 [ms]	Durée maximale du mode apprentissage
AMIN	4	Décélération minimale des freins à atteindre pendant la phase d'apprentissage
NMAX	1	Nombre maximal de confirmations de dépassement de limite
TALM	5.000 [ms]	Durée supplémentaire de l'alarme après la fin du dépassement
TALMCYC	200 [ms]	Durée des phases d'allumage et d'extinction du feu pendant le clignotement

L'organigramme du cycle de gestion, exécuté toutes les **TIC** millisecondes, est présenté à la **figure 3**.

### Schéma

Le module GY-291, qui intègre l'accéléromètre ADXL345, est contrôlé par un microcontrôleur PIC12F1822 de Microchip. Ce dernier se connecte au module via les deux



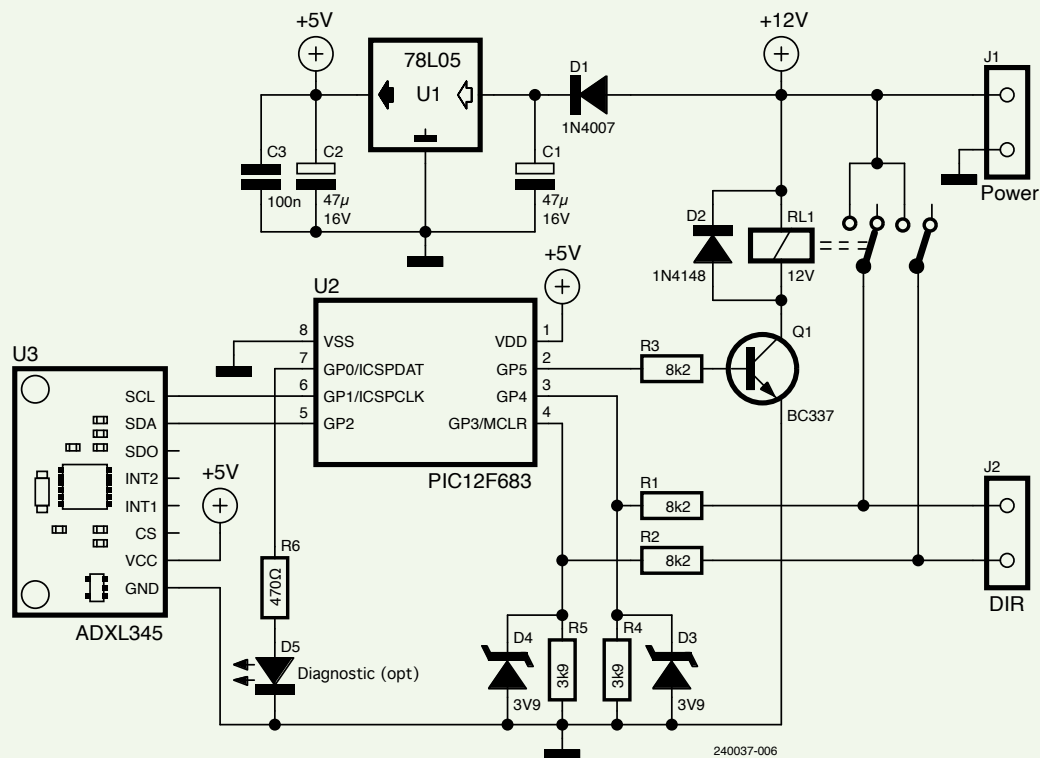


Figure 4.  
Schéma de l'interrupteur à inertie

lignes I2C (SDA et SCL). Le microcontrôleur surveille également l'activation des clignotants, dont la tension est diminuée par des diviseurs de tension et protégée par des diodes Zener. La sortie commande un relais automobile certifié via un transistor NPN. Une diode de protection sur la bobine du relais empêche les dommages causés par les surtensions d'auto-induction lors de la désactivation de la bobine. D1 protège contre les dommages potentiels dus à un raccordement incorrect à la batterie. Les diodes Zener utilisées sont de faible puissance. Les composants R6 et D5 ne sont pas essentiels au fonctionnement du circuit ; il s'agit d'une LED de diagnostic que j'ai utilisée durant les phases de calibration. Ces composants ne figurent pas sur le circuit imprimé présenté dans la **figure 4**.

Le dessin du circuit imprimé de la **figure 5 (à gauche)** doit être remis à l'échelle pour obtenir les longueurs indiquées

dans la disposition sérigraphiée de la **figure 5 (à droite)**. Aucun cavalier n'est installé et la couche de cuivre est à une seule face.

Les **figures 6 et 7** illustrent respectivement un rendu 3D du prototype et le montage du circuit sur une plaque d'essai durant la phase de développement. Observez les boutons et les LED installés sur la plaque pour simuler les clignotants et le levier de commande associé. La première version ne m'a pas pleinement satisfait car le module GY-291 était légèrement instable. J'ai donc dû réajuster l'agencement pour intégrer un support de montage, qui se place dans le trou situé entre D3 et R4, conférant ainsi une grande stabilité au circuit. Une fois assemblé, ce modèle mécaniquement amélioré, présenté à la figure 8, a été placé dans un petit boîtier en plastique et ses paramètres opérationnels ont été finement calibrés à travers plusieurs séances d'essais routiers.

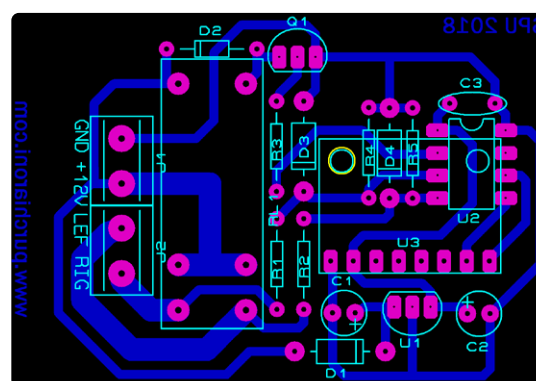
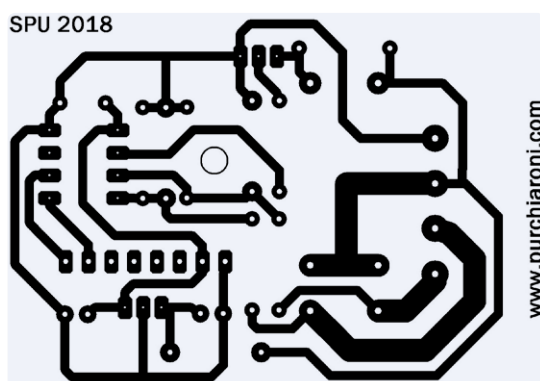


Figure 5.  
Le circuit imprimé simple face (à gauche) et la sérigraphie (à droite).



## Installation

Pour installer le dispositif dans votre véhicule, il est nécessaire de localiser quatre fils du système électrique de la voiture : le +12 V, le GND (masse), ainsi que les fils des clignotants gauche (turning lights-L) et droit (turning lights-R). Ces fils doivent être raccordés aux bornes appropriées sur le circuit imprimé. Avant de finaliser l'installation, effectuez un test en connectant manuellement le +12 V et les indicateurs pour vérifier leur fonctionnement. Les autres fils (négatifs) sont connectés à la masse ; cependant, cela peut varier, donc une vérification s'impose. Pour sécuriser l'appareil, il est conseillé de le fixer avec une couche de mousse de polyuréthane absorbant les chocs, afin de prévenir les lectures erronées. Assurez-vous que le dispositif soit monté avec le côté connecteur orienté dans la direction de la conduite pour que l'accélération soit correctement mesurée. ◀

240037-04



### Attention !

Toute modification des systèmes électriques de la voiture peut entraîner une perte de garantie et avoir des implications légales, variables selon les réglementations de votre pays. Par conséquent, ce projet est proposé à des fins purement didactiques.



### À propos de l'auteur

Passionné d'électronique et de programmation, Stefano Purchiaroni partage ses travaux en publiant divers projets et propose également des cours gratuits de robotique pour les adolescents dans une école de quartier. Actuellement, il est employé par Telespazio et travaille dans un centre satellite situé près de la capitale.

### Questions ou commentaires ?

Envoyez un courriel à l'auteur ([info@purchiaroni.com](mailto:info@purchiaroni.com)) ou contactez Elektor ([redaction@elektor.fr](mailto:redaction@elektor.fr)).

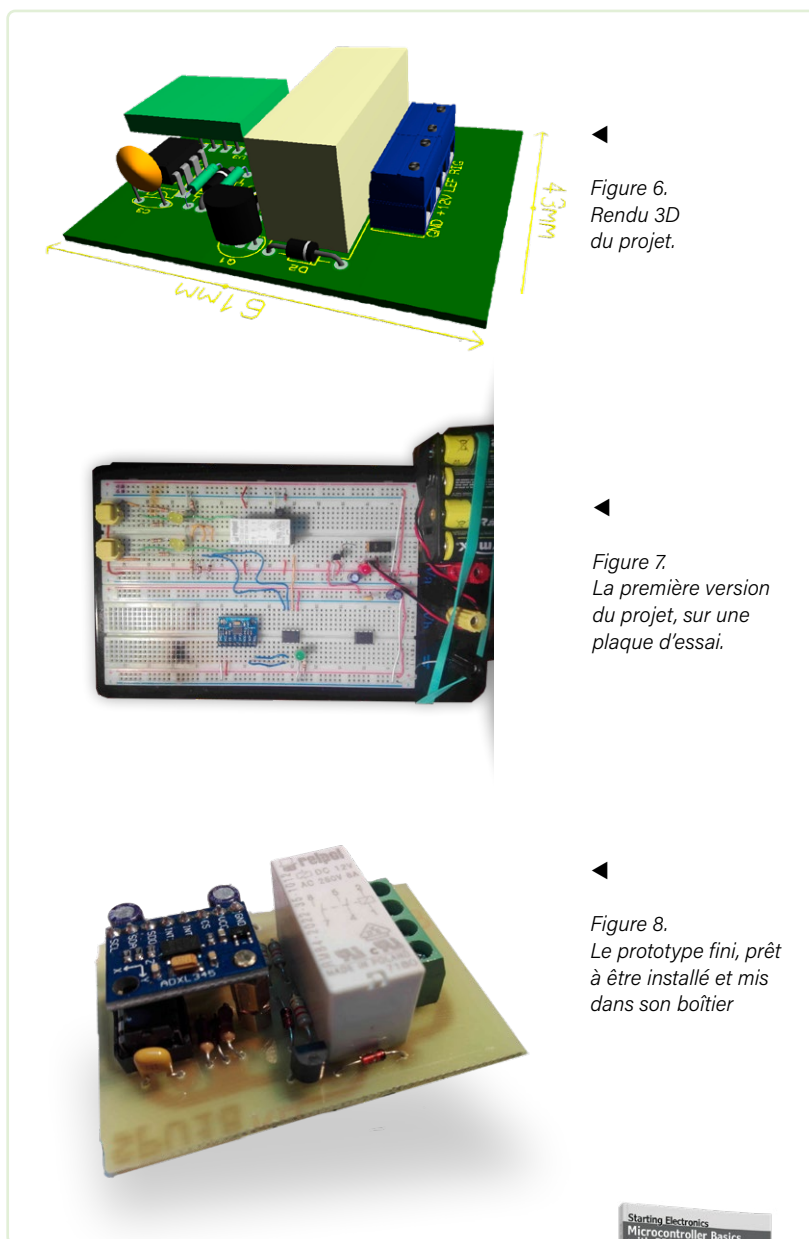


Figure 6.  
Rendu 3D  
du projet.

Figure 7.  
La première version  
du projet, sur une  
plaque d'essai.

Figure 8.  
Le prototype fini, prêt  
à être installé et mis  
dans son boîtier

## Produits

► T. Hanna, *Microcontroller Basics with PIC* (Elektor 2020)  
[www.elektor.fr/19188](http://www.elektor.fr/19188)



## LIENS

[1] Fiche technique ADXL345: <http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ADXL345.pdf>

[2] Ce projet sur Elektor Labs : <http://www.elektormagazine.fr/labs/hazard-lights-inertial-switch>



# détecteur PIR

détecteur de proximité à infrarouge

Giuseppe La Rosa (Italie)

Vous souhaitez construire un détecteur de proximité vous-même ? Ce modèle d'interrupteur PIR est parfait pour allumer des lumières ou des appareils électriques dans les sous-sols, garages ou autres lieux publics où il est souvent compliqué ou peu pratique de placer un interrupteur à portée de main.

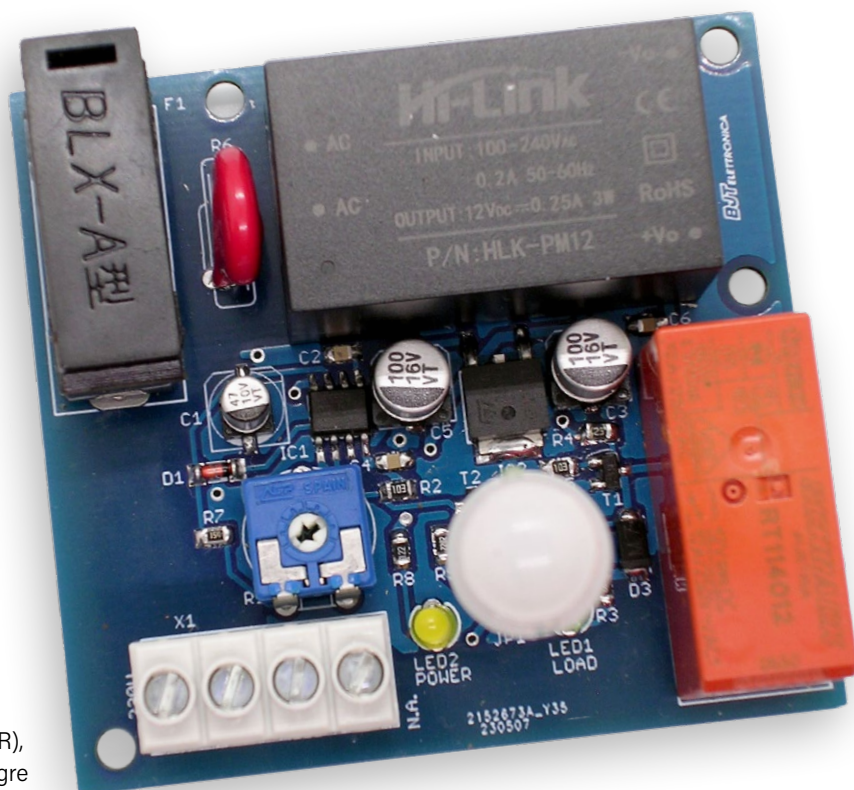


Figure 1. Le prototype fini.

Ce projet consiste en un interrupteur infrarouge passif (PIR), dont le prototype fini est représenté sur la **figure 1**. Il intègre un capteur PIR sensible à la partie infrarouge (IR) non visible de la chaleur émise par le corps humain. Le capteur est monté sur un module HC-SR505 miniaturisé, qui comprend l'électronique de contrôle avec un courant de repos inférieur à 50  $\mu$ A. L'angle de détection est de 100°, et la portée maximale est de 5 m. Le module dispose d'une sortie numérique avec un niveau actif (High) de 3,3 V et un niveau bas (Low) de 0 V.

En fait, il suffit de placer le dispositif dans les zones de passage. Le circuit activera la charge pour une durée ajustable via le trimmer, puis la coupera automatiquement à la fin du cycle programmé.

Pour une installation dans des espaces ouverts, tels que des jardins ou des cours, il suffit de connecter un interrupteur crépusculaire en série avec le dispositif afin d'éviter son activation en plein jour, économisant ainsi de l'électricité. Placé près de l'entrée d'un magasin, par exemple, le circuit peut également servir de sonnette ou d'alarme nocturne, en réglant le temps d'activation de la sirène à environ 30 s.

## Circuit

Comme illustré sur la **figure 2**, le cœur du circuit est l'IC1, un timer NE555 de Texas Instruments, configuré en mode monostable. Ce montage a pour objectif d'étendre la durée fixe de 10 secondes de temporisation du module PIR. Lorsque la sortie de ce module, connectée à JP1, passe à l'état haut, elle sature le transistor T2, connecté à la broche 2 de IC1, le mettant au niveau bas et maintenant C1 déchargé à travers D1. La sortie sur la broche 3, qui est normalement à l'état logique bas, passe immédiatement à l'état logique Haut, activant T1 et par conséquent le relais K1.

Tant que le signal du capteur PIR sur JP1 est à un niveau haut, la broche de sortie 3 du circuit intégré reste à un niveau haut ; lorsque le capteur PIR se désactive, sa sortie sur JP1 passe à un niveau bas. Ensuite, T2 se bloque, la broche 2 de IC1 revient au niveau haut, et C1 commence à se charger. Lorsque la tension sur C1 atteint la tension de seuil de la broche 6 du CI, ajustable via le trimmer R1, la sortie 3 d'IC1 repasse au niveau bas, désactivant ainsi le relais K1 à la fin du cycle de temporisation.

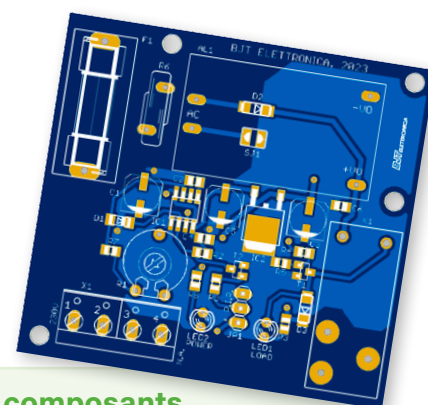
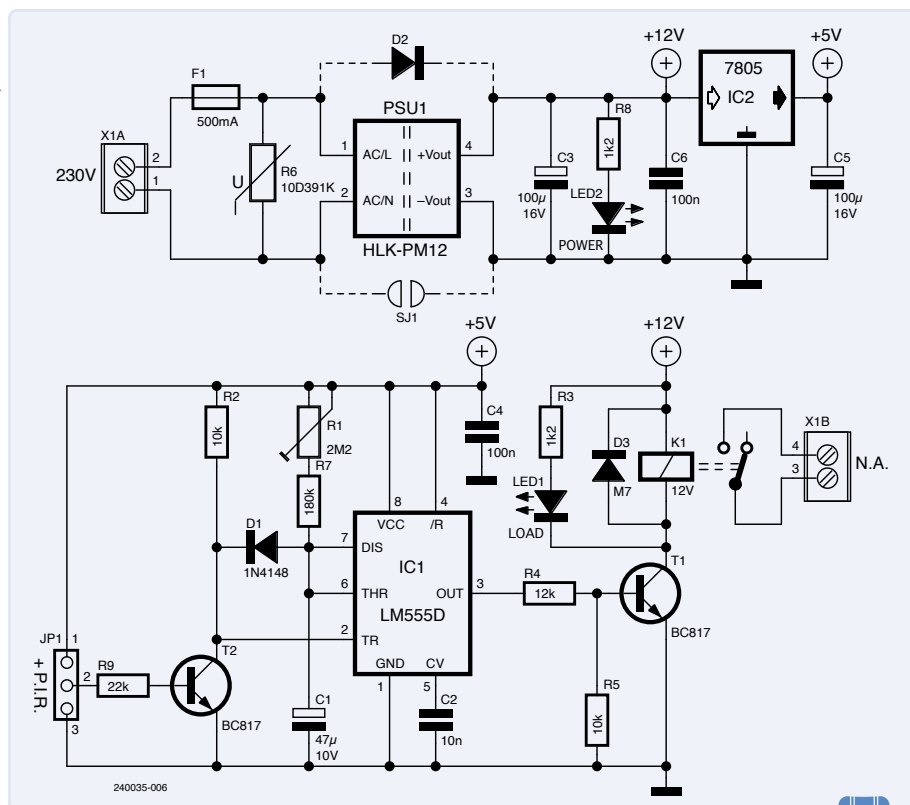
Le temps nécessaire à la charge de C1 peut être calculé grâce aux deux formules suivantes :

$$T_{min} [s] = 0.0011 * R7 [k\Omega] * C1 [\mu F] = 0.0011 * 180 * 47 = 9.3 \text{ s}$$

$$T_{max} [s] = 0.0011 * (R7 + R1) * C1 = 0.0011 * 2380 * 47 = 123.046 \text{ s}$$



Figure 2. Schéma du détecteur PIR.



La première formule permet de calculer le temps minimum lorsque le trimmer est réglé sur 0 Ω, tandis que la seconde permet de calculer le temps maximum, lorsque le trimmer est réglé sur sa valeur maximale de 2,2 MΩ.

D'après les calculs, on obtient un retard allant de 9,3 s à environ 2 min. Si des délais différents sont nécessaires, il est possible de calculer la valeur de R1 - tout en conservant les valeurs de R7 et C1 utilisées dans ce projet - avec la formule suivante :

$$R1 [k\Omega] = (T [s] / (0.0011 * C1 [\mu F])) - R7 [k\Omega]$$

L'alimentation du circuit est fournie par le module d'alimentation PSU1 du circuit imprimé. Toutefois, il est aussi possible de recourir à une source externe de 12 V. Dans ce cas, vous pouvez omettre PSU1 et le varistor R6. Il suffit alors de souder une diode de protection (D2, type M7) sur le circuit imprimé conformément au schéma et de ponter le cavalier SJ1 avec un peu d'étain.

Le régulateur IC2 fournit 5 V stabilisé aux deux capteurs PIR, JP1 et IC2. La diode D3, montée avec une polarité inversée au relais K1, est utilisée pour protéger l'interrupteur T1 des pics de tension négatifs produits par la charge inductive du solénoïde du relais K1 lors de l'interruption de son courant. La LED1, connectée en série avec R3, indique l'état de fonctionnement du circuit.

## Réalisation pratique et tests

Passons maintenant à la construction de la carte, qui est assez simple. Le circuit imprimé est double face avec des trous métallisés ; les schémas sont disponibles en format PDF dans les documents téléchargeables [1]. La figure 1 montre le prototype terminé. La figure 1 illustre le prototype achevé. La majorité des composants du circuit sont des CMS, avec quelques composants traversants. Pour plus de détails, consultez l'encadré **Liste des composants**, où le circuit imprimé est visible du côté sérigraphié.

## Liste des composants

### Résistances

- R1 = 2.2 MΩ Trimmer (PT10)
- R2, R5 = 10 kΩ (tous 0805 SMD)
- R3, R8 = 1,2 kΩ
- R4 = 12 kΩ
- R6 = 10D39 Varistor 1 kΩ
- R7 = 180 kΩ
- R9 = 22 kΩ

### Condensateurs

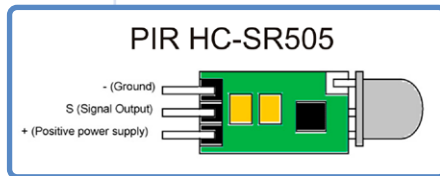
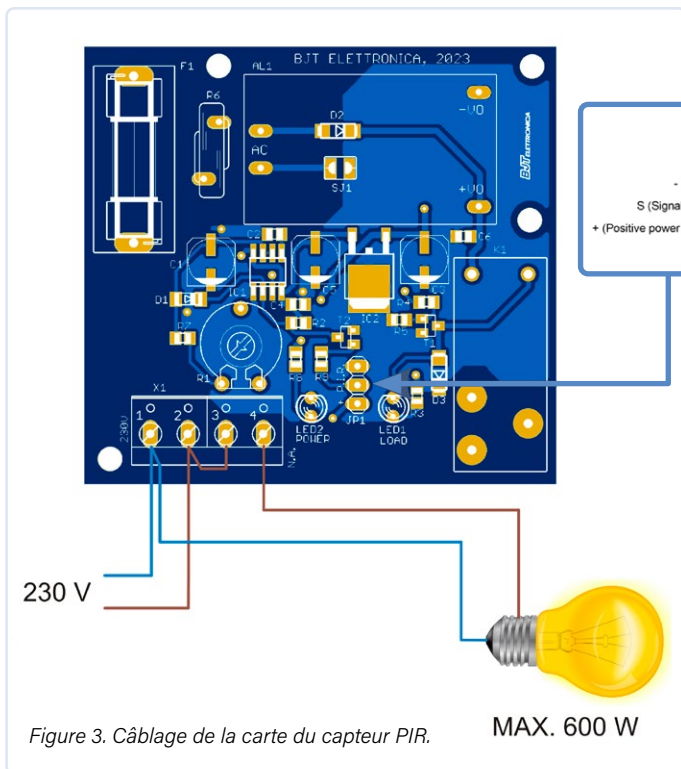
- C1 = 47 µF, électrolytique, 16 V (5X5)
- C2 = 10 nF (0805)
- C3, C5 = 100 µF, électrolytique, 16 V (6X5)
- C4, C6 = 100 nF (0805)

### Semi-conducteurs

- D1 = 1N4148 (MINIMELF)
- D2, D3 = Diode M7
- T1, T2 = BC817
- LED1 = LED de 3 mm, jaune
- LED2 = LED de 3 mm, verte
- IC1 = LM555D
- IC2 = 7805DT

### Divers

- PSU1 = Bloc d'alimentation HLK-PM12, pour circuits imprimés
- Module de capteur PIR = HC-SR505
- K1 = Relais 12 V, 12 A, RT114012
- F1 = Fusible 500 mA
- X1 = Bornier à vis, 4 pôles
- SJ1 = Cavalier à souder
- 1 × 5×20 mm Porte-fusible, type PCB
- 1 × 500 mA Fusible, normal blow



Pour l'assemblage des composants sur le circuit imprimé, commencez par installer IC1 et IC2, en veillant à leur orientation correcte et en soudant les broches une par une, en alternant les rangées. Une fois les composants actifs en place, procédez à la soudure des résistances et des condensateurs céramiques. Ensuite, soudez les diodes, les deux transistors (T1 et T2) et les condensateurs électrolytiques (C1, C3 et C5). Commencez par régler le trimmer R1 à sa valeur minimale, puis alimentez la carte : la LED 2 jaune devrait s'allumer. En passant la main devant le capteur, vous devriez entendre le clic du relais et voir la LED1 s'illuminer.

Souhaitant installer la carte dans une boîte de jonction pour câblage électrique, comme illustré sur la **figure 4**, nous avons conçu un support imprimable en 3D présenté sur la figure 1. Vous pouvez télécharger le fichier STL depuis la page web d'Elektor de cet article [1]. Nous recommandons l'utilisation de deux vis autotaraudeuses de 2,9 × 9,5 mm pour fixer le support et la carte à la boîte de jonction. Le couvercle de cette dernière doit être percé au niveau de l'emplacement du capteur PIR avec une mèche de 10 mm, comme le montre la figure 4. Lorsque vous fermez la boîte, la lentille de Fresnel du capteur PIR doit passer à travers ce trou. Si les bornes du capteur PIR sont trop courtes, elles peuvent être prolongées avec du fil rigide.

L'assemblage des composants requiert certains outils spécifiques et une bonne dextérité manuelle. Il est conseillé d'utiliser un fer à souder à pointe ultra-fine pour les CMS, dont la puissance ne doit pas excéder 12 W (ou idéalement, une station de soudage pour CMS). Le fil de soudure devrait mesurer 0,5 mm d'épaisseur. La manipulation et le placement manuels des composants doivent se faire avec des outils adaptés, et l'utilisation d'une loupe peut s'avérer utile.

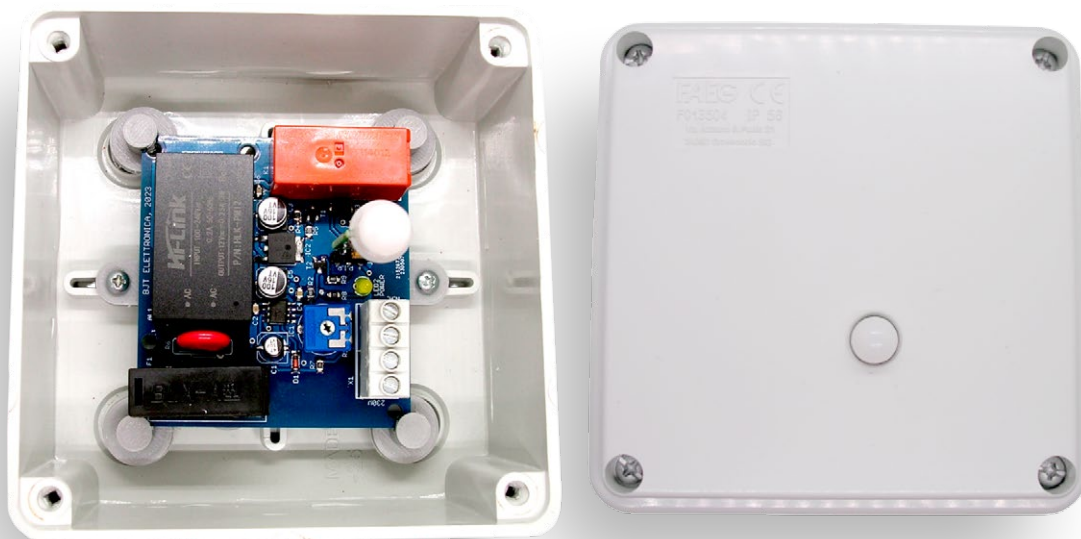


Figure 4. Le détecteur PIR prêt à être utilisé, dans son boîtier final.

## Supports alternatifs

Vous pouvez également réaliser ce projet sur une plaque d'essai soudable en remplaçant les composants CMS par des équivalents traversants et en suivant le schéma de circuit de la figure 2. Une courte vidéo démonstrative de la conception fonctionnelle est disponible sur YouTube à [2]. À la demande, le circuit imprimé nu de ce projet peut être fourni par l'auteur. ◀



240035-04

### À propos de l'auteur

Passionné d'électricité dès son enfance, Giuseppe La Rosa a décroché un diplôme en électronique et télécommunications en 2002 à l'I.T.I.S. «G. Ferraris» à Acireale, en Sicile. Par la suite, il s'est spécialisé dans l'étude des systèmes à microcontrôleurs, avec une attention particulière pour les microcontrôleurs PIC et la plateforme open-source Arduino UNO. Au cours de sa carrière, il a développé plusieurs prototypes innovants, dont beaucoup ont été présentés dans des revues spécialisées en électronique. Actuellement, il s'occupe de systèmes de sécurité (vidéosurveillance et alarmes anti-effraction) et de logiciels de gestion de points de vente.

### Questions ou commentaires ?

Envoyez un courriel à l'auteur (lrgeletronic@hotmail.com), ou contactez Elektor (redaction@elektor.fr).



### Produits

> Ersas i-CON PICO Station de soudage (80 W) (SKU 20186)  
[www.elektor.fr/20186](http://www.elektor.fr/20186)



### LIENS

[1] Téléchargements : <https://elektormagazine.com/240035-01>

[2] Courte vidéo de démo sur YouTube : <https://youtu.be/aF8rz2Bjr3U>

# Rejoignez notre communauté



[www.elektormagazine.fr/community](http://www.elektormagazine.fr/community)

**elektor**  
 design > share > earn



# carte pour les projets simples à base de microcontrôleur

Rob Van Hest (Pays-Bas)

Au cours des cinq dernières années, j'ai publié plusieurs projets utilisant des microcontrôleurs PIC12F et des circuits imprimés récupérés. L'utilisation de composants de rechange facilite le prototypage rapide, mais souvent au détriment de la qualité professionnelle. Puisque les circuits à base de microcontrôleurs sont toujours similaires, pourquoi ne pas développer une carte polyvalente adaptée à une multitude d'applications ? J'ai développé une carte universelle de 37×55 mm adaptée à diverses applications. Ce circuit imprimé, équipé de composants et cavaliers standards, convient à de nombreux projets à base de microcontrôleurs.



Figure 1. Le circuit imprimé de test assemblé

J'ai déjà partagé sur Elektor Labs plusieurs projets qui présentent deux caractéristiques communes :

- Ils utilisent un microcontrôleur de la famille PIC12F.
- Ils ne disposent pas de circuit imprimé dédié ; j'ai plutôt réutilisé un circuit imprimé provenant d'un autre projet, avec de nombreux ajustements.

## Il est temps pour un changement !

J'ai conçu un petit circuit imprimé (37×55 mm) (**figure 1**) adapté à plusieurs de mes projets (huit pour l'instant, avec d'autres en préparation). Les composants communs à (presque) tous ces projets incluent :

- Un relais avec un transistor de commande.
- Une LED pour indiquer que le relais est activé.
- Un connecteur à 8 broches pour un microcontrôleur PIC12Fxxx.
- Une alimentation de base avec un 78L05 (en option).

- Deux cavaliers, pour des fonctions telles que le reset et le setup.
- Un connecteur à 5 broches pour programmer le PIC ou connecter des périphériques.

Le schéma (**figure 2**) comprend tous les composants possibles, mais il n'est pas envisageable de les monter tous simultanément sur le circuit imprimé.

IC2, D1, et C1...3 forment une alimentation simple, permettant d'alimenter la carte avec 8 à 12 V DC. D1 assure la protection contre les inversions de polarité de l'alimentation. Pour une alimentation de 3 à 5 V, par exemple à partir de piles, C1 ne doit pas être monté, et IC2 (entre l'entrée et la sortie) et D1 doivent être remplacés par des cavaliers.

X1 et X3 sont mis à la masse, et X5 est connecté à +5 V. Les broches d'E/S sont accessibles sur X2 et X4. X2 peut être connecté à GP2 (R1 placé et le cavalier SJ3 ponté) ou GP4 (R2 placé), X4 à GP0 (R4 placé et le cavalier SJ2 connecté) ou GP1 (R3 placé et le cavalier SJ1

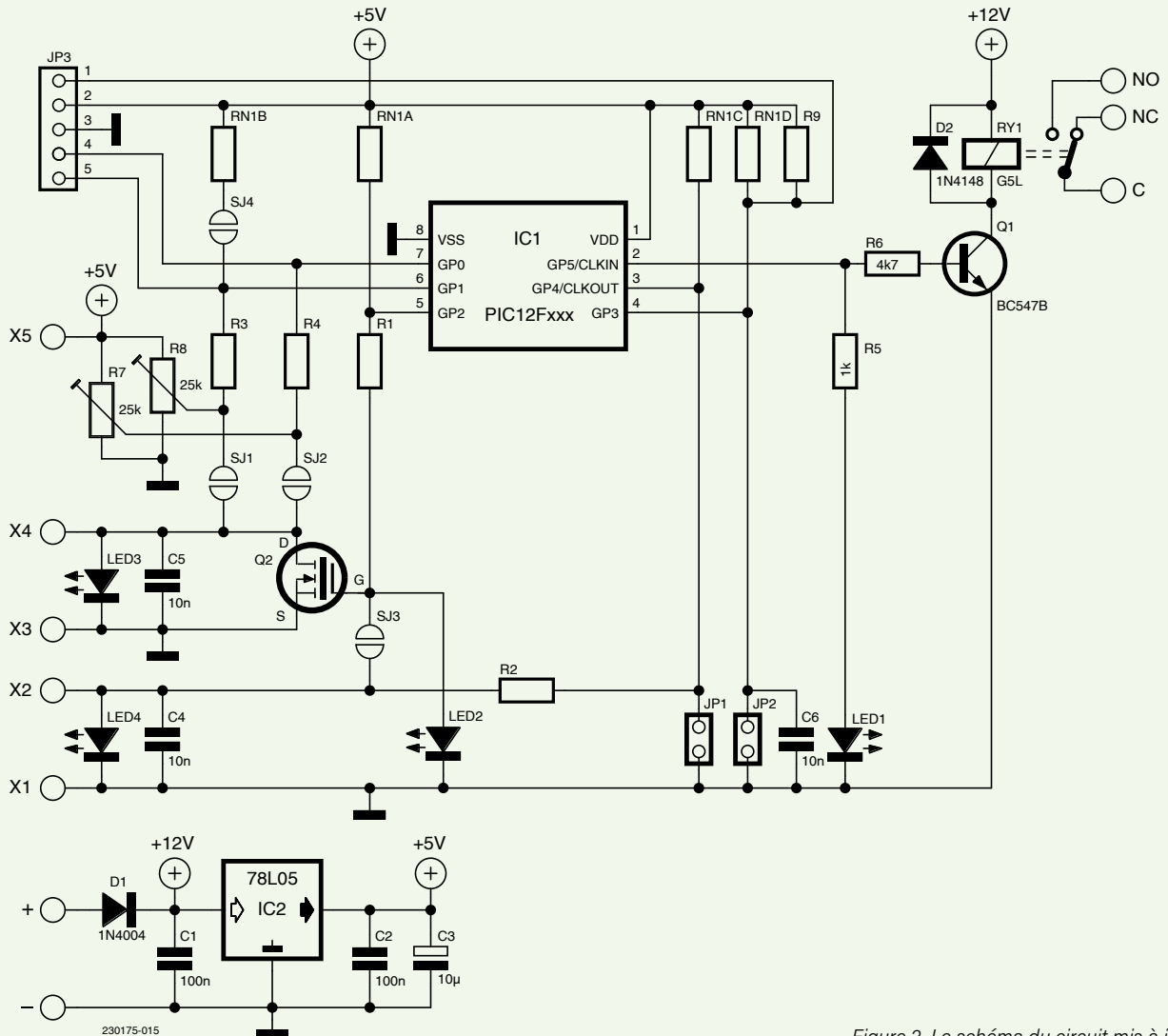


Figure 2. Le schéma du circuit mis à jour.

connecté). Le cavalier SJ4 est connecté et RN1B est placé lorsque GP1 nécessite une résistance pull-up.

C4 et/ou C5 sont utilisés pour la suppression du bruit lorsque X2 et/ou X4 sont utilisés comme entrées. C6 remplit la même fonction pour l'entrée Reset/GP3.

Au lieu de C4, la LED LD4 peut être montée ; dans ce cas, GP2 doit être configurée comme sortie, SJ3 pontée, et R1 utilisée comme la résistance série. Alternativement, GP4 peut être configuré comme sortie et R2 est utilisé comme résistance série.

De même, la LED LD3 peut remplacer C5. Dans ce cas, GP0 doit être configuré en sortie, SJ2 ponté et R4 est la résistance série. Alternativement, GP1 est configuré en sortie, SJ1 ponté, et R3 utilisé comme la résistance série.

Q2 sert à fournir une sortie supplémentaire avec plus de courant ou une tension plus élevée (sur X4, commutation à la masse) que ce que peut délivrer le microcontrôleur. Pour utiliser Q2, GP2 est configuré en sortie avec une résistance R1 de 1 k $\Omega$  pour un MOSFET BS170, de 4,7 k $\Omega$  pour un transistor BC547 ou de 10 k $\Omega$  pour un darlington BC517.

Les cavaliers SJ1 et SJ2 doivent être ouverts, et les LED2, LED3, ainsi que C5 ne doivent pas être montés. Alternativement, une LED supplémentaire, LED2, peut être connectée en série avec R1, libérant ainsi X4 pour d'autres utilisations.

R7 et R8 sont utilisés dans certains pour ajuster des paramètres du microcontrôleur, tel qu'une durée de temporisation. Si R7 est monté, R4 doit également l'être et le cavalier SJ2 doit rester ouvert. Si R8 est monté, R3 est également nécessaire et SJ1 et SJ4 doivent être ouverts (non pontés).

JP3 sert de connecteur pour un programmeur PICKIT de Microchip. Dans certains projets, un adaptateur USB-série est connecté à JP3. Vous pouvez l'ignorer si la programmation embarquée et l'interface série ne sont pas requises.

RN1A...RN1D représentent les quatre résistances mentionnées dans le tableau de résistances RN1. Si RN1A...RN1C ne sont pas nécessaires parce que GP1, GP2 et GP4 ne sont pas utilisés comme entrées, ou si un pull-up interne est utilisé, RN1D peut être remplacé par une résistance discrète, R9.

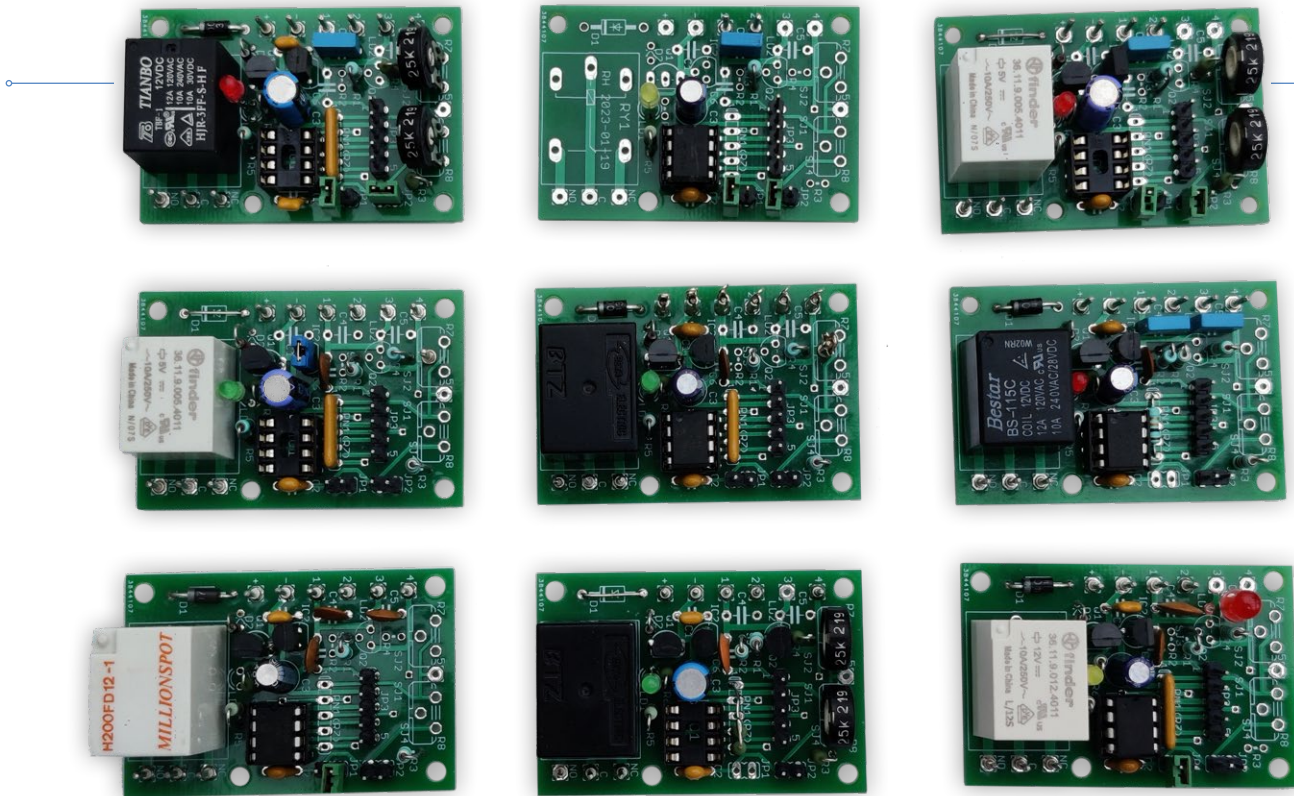


Figure 3. Quelques cartes assemblées (presque) prêtes à être programmées et testées.

Pour la majorité des projets, l'utilisation d'un relais est essentielle. À cet effet, un étage pilote avec Q1 est prévu. Le relais choisi doit correspondre à la tension d'alimentation utilisée. Si aucun relais n'est nécessaire, R6, Q1, D2 et RY1 ne doivent pas être montées.

Pour une comparaison des options de configuration des composants de la carte, voir l'encadré.

Je suis en train de modifier les projets que j'ai déjà postés sur la plateforme Elektor Labs pour les adapter à la nouvelle carte. Le logiciel nécessite de légères modifications à cause de la permutation des broches du microcontrôleur. Une fois qu'un projet est adapté et fonctionnel sur la nouvelle carte, je mettrai à jour la page du projet correspondant, y compris la liste des composants.

### Programme de test simple

Pour vérifier certaines fonctions de la carte, j'ai développé un programme de test simple nommé *switch\_uni.c*, disponible dans un fichier zip dans la section «Logiciel» sur la page de ce projet sur Elektor Labs [4]. Ce programme est écrit pour l'un des microcontrôleurs les plus simples de la famille PIC12, le PIC12F509. Même cette petite puce peut être programmée en C.

Le programme a deux fonctions : Si le cavalier JP1 est ouvert, le relais est activé en connectant X3 à X4, et désactivé en connectant X1 à X2. Si JP1 est connecté, seuls les X1-X2 sont utilisés pour activer et désactiver le relais.

Dans le **figure 3**, vous voyez quelques cartes destinées à être testées. ◀

230175-04

### Projets adaptés à ce circuit sur Elektor Labs

- ▶ **Burglar alarm**  
[www.elektormagazine.fr/labs/simple-burglar-alarm](http://www.elektormagazine.fr/labs/simple-burglar-alarm)
- ▶ **Electronic lock (Original in Elektor [1])**  
[www.elektormagazine.fr/labs/simple-electronic-lock](http://www.elektormagazine.fr/labs/simple-electronic-lock)
- ▶ **Digital timer**  
[www.elektormagazine.fr/labs/simple-digital-timer](http://www.elektormagazine.fr/labs/simple-digital-timer)
- ▶ **Morse code generator (Original in Elektor [2])**  
[www.elektormagazine.fr/labs/morse-code-generator](http://www.elektormagazine.fr/labs/morse-code-generator)
- ▶ **Exposure timer (Original in Elektor [3])**  
[www.elektormagazine.fr/labs/quasi-analog-exposure-timer-for-the-dark-room](http://www.elektormagazine.fr/labs/quasi-analog-exposure-timer-for-the-dark-room)
- ▶ **Game assistant**  
[www.elektormagazine.fr/labs/little-game-assistant](http://www.elektormagazine.fr/labs/little-game-assistant)
- ▶ **Bathroom ventilation timer**  
[www.elektormagazine.fr/labs/timer-for-bathroom-ventilation](http://www.elektormagazine.fr/labs/timer-for-bathroom-ventilation)
- ▶ **Universal IR remote switch**  
[www.elektormagazine.fr/labs/universal-ir-remote-switch](http://www.elektormagazine.fr/labs/universal-ir-remote-switch)

### Questions ou commentaires ?

Envoyez un courriel à l'auteur (trainer99@ziggo.nl), ou contactez Elektor (redaction@elektor.fr).

### Produits

- ▶ **T. Hanna, Microcontroller Basics with PIC (Elektor, 2020)**  
Livre de poche : [www.elektor.fr/19188](http://www.elektor.fr/19188)  
E-book : [www.elektor.fr/19189](http://www.elektor.fr/19189)

## Options de configuration des composants de la carte

Function	Noise suppressor	Connected	Open	Mounted	Pull-up resistor
X4 to GP0 in	C5	SJ2	SJ1	R4 = (1*)	not placed
X4 to GP1 in	C5	SJ1	SJ2	R3 = (1*)	RN1B + SJ4
X2 to GP2 in	C4	SJ3	R2	R1 = (1*)	RN1A
X2 to GP4 in	C4		SJ3	R2 = (1*)	RN1C
GP0 to X4 out		SJ2	SJ1	R4 = 0	
GP1 to X4 out		SJ1	SJ2	R3 = 0	
GP2 to X2 out		SJ3	R2	R1 = 0	
GP4 to X2 out			SJ3	R2 = 0	
GP2 to X4 out		Q2 (7*)	SJ3	R1 = 0	
GP0 to LED3 out		SJ2	SJ1	R4 = 1 k $\Omega$	
GP1 to LED3 out		SJ1	SJ2	R3 = 1 k $\Omega$	
GP2 to LED4 out		SJ3	R2	R1 = 1 k $\Omega$	
GP4 to LED4 out			SJ3	R2 = 1 k $\Omega$	
R7 to GP0 in			SJ2	R4 = 10 k $\Omega$	
R8 to GP1 in			SJ1	R3 = 10 k $\Omega$	
GP2 to LED2 out			SJ3	R1 = 1 k $\Omega$	
GP2 to Q2 out			SJ3	R1 = (2*)	
JP3, P4 serout			R4		
JP3, P5 serin		SJ4	R3		RN1B
GP5 to relay				R6, Q1, D2, Ry1 (3*)	
GP5 to LD1				R5, LD1 (4*)	
Power = 8...12 V				C1, IC2, D1	
Power = 3...5V		D1 (6*)		(5*)	
Powered by JP3, P2				(5*)	

(1\*) : En principe 0, mais des valeurs plus élevées offrent une certaine protection à l'entrée.

(2\*) : En fonction de Q2. BS170 (MOSFET) : 1 k, BC547 (transistor) : 4,7 k, BC517 (darlington) : 10 k.

(3\*) : La tension de la bobine du relais doit être adaptée à l'alimentation.

(4\*) : Le relais et la sortie LED peuvent être utilisés ensemble.

(5\*) : Remplacez IC2 par un cavalier entre les broches d'entrée et de sortie.

(6\*) : Remplacez D1 par un cavalier.

(7\*) : Remplacez Q2 par un cavalier entre les broches de drain et de grille.

Si aucune résistance pull-up externe n'est requise pour les entrées, RN1 n'est pas monté.

Si une seule résistance pull-up externe est nécessaire pour GP3/Reset, R9 est montée.

Les résistances série pour les LED sont de 1 k $\Omega$ , mais des valeurs inférieures peuvent être nécessaires pour une luminosité plus intense.

## LIENS

[1] R. van Hest, "serrure électronique simple", Elektor Circuit Special 2023 : <https://www.elektormagazine.fr/magazine/elektor-311/61997>

[2] R. van Hest, "générateur de code morse", Elektor Circuit Special 2023 : <https://www.elektormagazine.fr/magazine/elektor-311/61965>

[3] R. van Hest, "Posemètre quasi analogique pour chambre noire", Elektor Circuit Special 2022 : <https://www.elektormagazine.fr/magazine/elektor-264/60891>

[4] Ce projet sur Elektor Labs : <https://elektormagazine.com/labs/board-for-simple-microcontroller-project>



# une petite boîte à musique

une boîte à musique moderne avec une touche vintage

**Bruno Clerc (France)**

Les boîtes à musique à manivelle sont des objets très appréciés et indémodables. Fabriquons-en une, mais avec une touche de modernité, en utilisant un microcontrôleur ATtiny85 ! Cet article détaille les composants nécessaires, le processus de montage et les améliorations optionnelles, telles que le mode à deux vitesses ou les lumières leds.

Les jeunes enfants sont pleins de surprises. Cette fois, ma petite-fille Paolina est tombée amoureuse d'une salière vide en carton. Mais qu'en faire ? Je vous propose d'en faire une boîte à musique à manivelle, mais pas mécanique. Car celle-ci sera basée sur un ATtiny85. Après le petit piano à touches tactiles de l'année dernière [1], ce sera un deuxième jouet basé sur un ATtiny. Vous pouvez voir le résultat dans la **figure 1**.

## Liste des ingrédients

Pour cette recette, vous aurez besoin de :

- > Une salière ou un autre tube en carton
- > Un ATtiny85
- > Un transistor BC550
- > Une résistance de 1 k $\Omega$
- > Un buzzer piézo
- > Un encodeur rotatif
- > Une batterie au lithium de 3,7 V, dans ce cas une cellule 18650 recyclée d'un autre appareil
- > Deux condensateurs céramiques de 10 nF
- > Un condensateur électrolytique d'environ 22  $\mu$ F à 100  $\mu$ F, d'au moins 10 V

## Le principe de la boîte à musique

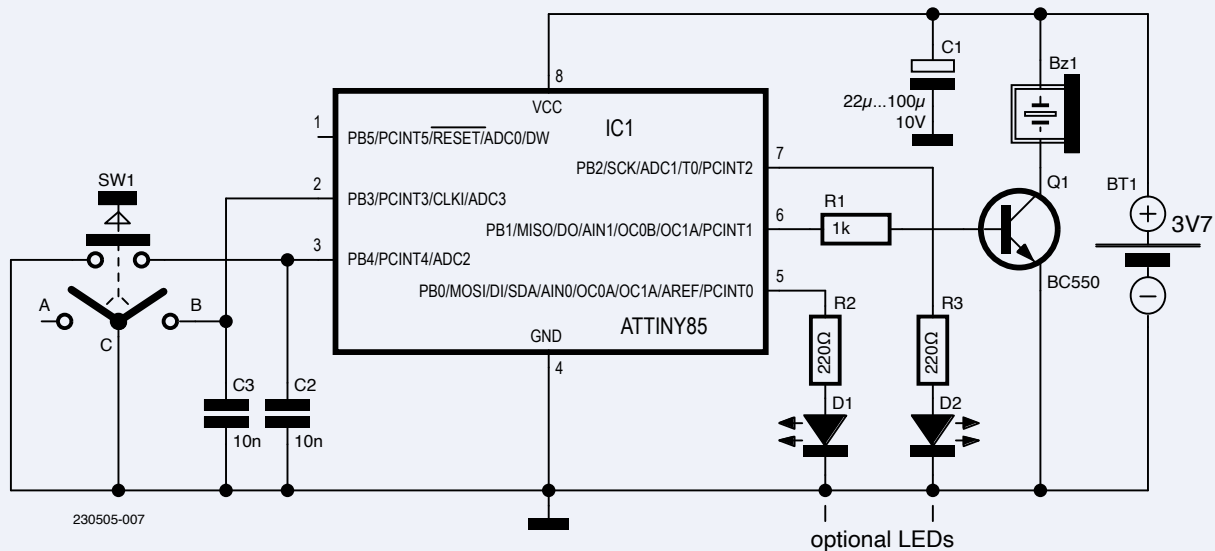
L'assemblage est très simple. Le schéma est présenté à la **figure 2**. Le codeur rotatif est connecté à la broche 2 de l'ATtiny (**PB3**). Une seule broche suffit, car nous n'avons pas besoin de nous préoccuper du sens de rotation, mais seulement de le détecter. Le buzzer est alimenté par le transistor Q1 via la broche 6 (**PB1**) du microcontrôleur. Le bouton-poussoir intégré au codeur est connecté à la broche 3 de l'ATtiny (**PB4**).

Tout est géré dans le code du microcontrôleur. Lorsque la manivelle est tournée, l'ATtiny le détecte et joue les notes

Figure 1. La boîte à musique terminée.







▲  
Figure 2.  
Schéma du circuit.

de la mélodie. Dans la version actuelle, quatre mélodies sont disponibles, et c'est à vous d'en ajouter d'autres ! Le bouton-poussoir permet de changer de mélodie. Le résultat est visible dans la vidéo [2].

### Les améliorations

En option, deux leds peuvent être connectées aux broches 5 et 7 de l'ATtiny (PB0 and PB2) pour fournir des lumières clignotantes lorsque l'on tourne la manivelle. Des notes peuvent également être ajoutées. Le programme actuel n'utilise qu'une octave. Utilisez l'instruction `#define` pour ajuster le nombre de mélodies et le comportement des leds optionnelles. Pour plus d'informations sur la génération de notes, voir l'article d'Elektor [1] ou la page d'Elektor Labs [3] sur le Tiny Piano.

Dans la deuxième version du programme [4], j'ai ajouté un mode à double vitesse. Selon la vitesse à laquelle on tourne la manivelle, la musique est jouée plus ou moins rapidement. Dans ma version actuelle, seules deux vitesses sont disponibles, à savoir lente et rapide. A vous de voir si vous voulez ajouter un mode où la vitesse est proportionnelle à la vitesse de la manivelle ! Et vous devrez vous entraîner à tourner la manivelle régulièrement si vous voulez générer une mélodie à peu près convenable. D'un point de vue de la programmation, la vitesse de reproduction musicale est réglée en agissant sur la durée de chaque note. Pour cela, lorsque la routine d'interruption (ISR, pour *Interrupt Service Routine*) est activée, l'heure actuelle est mémorisée à l'aide de la fonction `millis()` si la variable compteur `cpt` est égale à zéro. Cette variable est ensuite incrémentée. Lorsque le compteur atteint une valeur présélectionnée, dans ce cas 20, la fonction `millis()` est utilisée à nouveau, et le temps écoulé est calculé en soustrayant les deux valeurs enregistrées. Si le résultat obtenu est inférieur à une valeur déterminée empiriquement (ici, 500), cela signifie que la manivelle tourne rapidement. On divise alors la durée de la note par deux. Dans le cas contraire, la durée de la note n'est pas divisée et la mélodie est jouée à vitesse normale :

```
if (cpt >= 20) {
  fin = millis();
  cpt = 0;
  temps = fin - debut;
  if (temps <= 500) tempo = 2;
  else tempo = 1;
  temps = 0;
  _delay_ms(2);
}
```

### Remarques sur la construction

La salière en carton a été découpée, laissant une section de 6 cm de long. Le diamètre du tube, d'environ 7 cm, est parfait pour loger une cellule au lithium de type 18650. Un vieux bouton de potentiomètre de grand diamètre est utilisé comme base pour la manivelle, une autre possibilité serait d'imprimer une manivelle en 3D. Le buzzer est collé sur la face inférieure d'un morceau de grille métallique, qui est lui-même fixé à l'ouverture précédemment utilisée pour déverser le sel, comme on peut le voir sur la figure 3. Le petit mécanisme original de la boîte à sel, avec sa pièce en plastique pivotante, permet une sorte de contrôle analogique du volume, en bouchant plus ou moins l'ouverture.



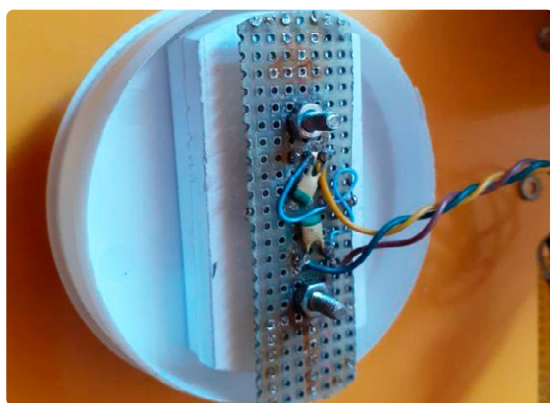
◀  
Figure 3. Contrôle de volume analogique.

►  
Figure 4. Toutes les pièces nécessaires pour le dessus de la boîte à musique.

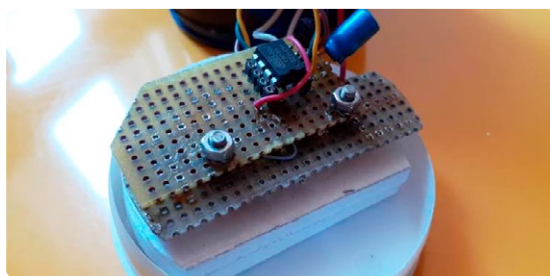


Une vue éclatée de l'assemblage du haut de la boîte à musique est présentée dans la **figure 4**. La partie supérieure de la boîte à musique est constituée de la partie en plastique qui constituait auparavant le fond de la salière, et vice versa.

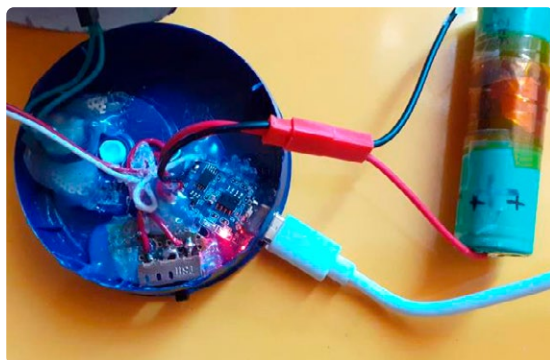
Lors du montage de la manivelle sur l'arbre de l'encodeur, il faut faire attention à la hauteur entre le couvercle et le bras de la manivelle, car il y a un risque de se coincer les doigts. De même, ne montez pas le bouton du potentiomètre au ras du couvercle, mais laissez un espace de quelques millimètres pour permettre d'appuyer sur le bouton-poussoir intégré au codeur.



►  
Figure 5. Assemblage de la partie supérieure, sans la manivelle.



►  
Figure 6. La carte du microcontrôleur est ajoutée.



►  
Figure 7. La pile, le chargeur USB et l'interrupteur se trouvent dans la partie inférieure.

J'ai utilisé des morceaux de plastique blanc de 5 mm d'épaisseur comme entretoises pour ajouter de la rigidité. Leur épaisseur n'est pas critique et ils pourraient être remplacés par une seule plaque de 10 mm d'épaisseur ou quelque chose d'équivalent.

La base de la manivelle est suffisamment large pour cacher les têtes des deux vis mécaniques utilisées pour fixer ensemble les entretoises, le haut du couvercle de la boîte et les deux couches de perfboard. L'une d'entre elles sert de support mécanique et abrite les deux condensateurs de 1 nF utilisés comme anti-rebonds des contacts de l'encodeur, tandis que la seconde abrite l'ATtiny en boîtier DIP8 sur son support. Voir ce montage en **figure 5** et à la **figure 6**.

Au fond de la boîte à musique, le buzzer est collé devant l'ouverture et la grille en tôle mentionnées ci-dessus. Un petit module de charge de batterie, basé sur un TP4056 ou équivalent, et doté d'un port USB-C est collé sur le fond, le port USB étant accessible de l'extérieur par une ouverture dans le plastique. Un interrupteur à glissière complète l'ensemble (**figure 7**). Quant à la pile, elle est posée sur le dessus de cet empilement, maintenue en place par du ruban adhésif et des morceaux de mousse. D'autres photos, le programme ATtiny, et beaucoup d'autres projets de ma propre conception peuvent être trouvés sur [Elektor Labs](#) [4]. ◀

VF : Laurent Rauber — 230505-04



### À propos de l'auteur

Bruno Clerc découvre l'électronique à l'âge de 12 ans, grâce à son frère aîné. Curieux de tout et assoiffé de connaissances, il décide de faire des études d'électronique à Bordeaux. Il a exploré des domaines variés, travaillant dans les systèmes tertiaires basse tension, l'aéronautique et d'autres secteurs. Au départ, Bruno s'est orienté vers la maintenance de vieux matériels hi-fi, ce qu'il fait toujours. Mais tout a changé il y a quelques années, lorsque son frère lui a offert un Arduino UNO. Ce petit geste marque le début d'une incroyable aventure pour Bruno, qui devient rapidement « Arduino47 ». Depuis, Bruno a exploré les possibilités infinies offertes par la programmation des microcontrôleurs. Aujourd'hui, sous le pseudonyme « Arduino47 », il crée des assemblages ludiques, exprimant sa créativité principalement à l'aide de matériaux recyclés.

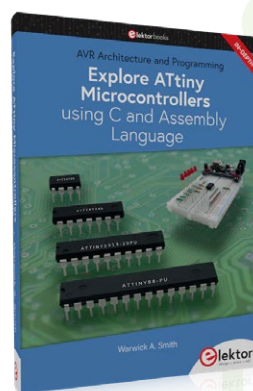
### Questions ou commentaires ?

Envoyez un courriel à l'auteur (b.clerc31@laposte.net) ou contactez Elektor (redaction@elektor.fr).



### Produits

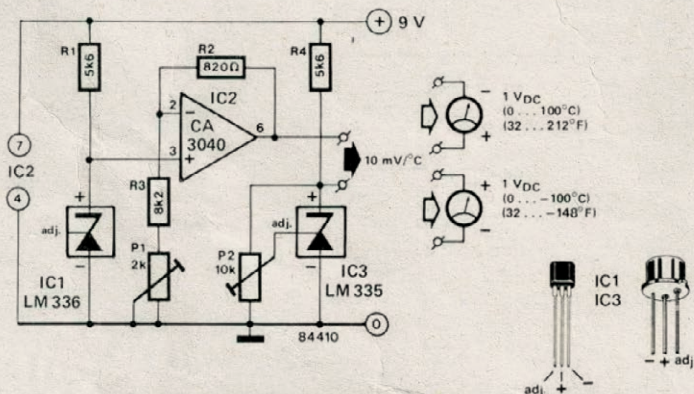
> W. A. Smith, *Explore ATtiny Microcontrollers using C and Assembly Language* (Elektor 2021)  
www.elektor.fr/20007



### LIENS

- [1] B. Clerc, « Un tout petit piano », Elektor Circuit Special 2023 : <https://www.elektormagazine.fr/magazine/elektor-311/61950>
- [2] Video de la boîte à musique sur YouTube : <https://youtu.be/XI19Wz2VOZs>
- [3] La page projet du petit piano sur Elektor Labs : <https://www.elektormagazine.fr/labs/piano-one-octave-with-attiny85>
- [4] La page projet de la boîte à musique sur Elektor Labs : <https://www.elektormagazine.fr/labs/attiny85-music-box>

## « prise de température » par multimètre



La polyvalence d'un multimètre bas de gamme peut facilement être améliorée grâce à l'ajout du circuit décrit ici. Le capteur de température utilisé est un LM335, caractérisé par une réponse linéaire de température de 10 mV/K. Lors de sa fabrication, ce dispositif est calibré pour donner une sortie de 2,73 V à 0°C (273°K). Le LM336 figurant sur le schéma est une diode Zener très stable de 2,5 V dont la sortie est alimentée par IC2. L'amplification du CA3040 peut varier entre 1,08x et 1,1x

en utilisant le potentiomètre P1, qui doit être finement ajusté pour maintenir une sortie de 2,73 V à la sortie de IC2 quand IC1 est à 0°C. Le circuit est maintenant calibré au point de congélation.

Le calibrage à 100°C s'effectue en utilisant un thermomètre de haute précision comme référence. Lorsque le LM335 atteint cette température, il est nécessaire d'ajuster le potentiomètre P2 pour obtenir une lecture de 1 V entre les bornes de sortie. La

précision de cette mesure de température repose en partie sur les caractéristiques du multimètre. Une résolution plus élevée garantit une meilleure précision des résultats.

Il est nécessaire d'inverser les connexions au multimètre pour mesurer les températures inférieures à 0°C. Ce montage peut aussi servir à mesurer les températures en degrés Fahrenheit. Ainsi, le calibrage au point de congélation se fait à 32°F (2,73 V en sortie de IC2). À 212°F, il faut ajuster P2 pour obtenir une tension de 0,9 V entre les bornes de sortie. Chaque degré Fahrenheit correspond à une variation de 5 mV, ce qui permet à un multimètre affichant une déviation maximale de 1 V de couvrir une plage de 32 à 232°F. La consommation de courant du circuit est d'environ 10 mA.

**Elektor - juillet et août 1984**

240358-04



# 05 Kit Plug and Make

une nouvelle façon de travailler avec Arduino

Clemens Valens (Elektor)

L'Arduino Plug and Make Kit est constitué de modules d'extension, connectés en réseau sur un bus I<sup>2</sup>C, et c'est un nouveau moyen de prototypage rapide avec Arduino. Ciblants les débutants et les *makers*, ce nouveau concept permet à l'utilisateur de créer rapidement des applications ou internet des objets connectés intelligentes basées sur le cloud.

et permet encore à Arduino d'être très pratique pour les applications de prototypage rapide. Au fil des ans, des centaines, voire des milliers, de modules « *Shields* » ont été créés par les utilisateurs d'Arduino.

## La montée en puissance de l'I<sup>2</sup>C

Pourtant, la technologie ne cesse d'évoluer, et le bus I<sup>2</sup>C, un bus de communication quelque peu poussiéreux et oublié lors de la naissance d'Arduino, est depuis devenu un standard de facto pour connecter toutes sortes de composants aux microcontrôleurs. Aujourd'hui, il existe une pléthore de modules d'extension basés sur le bus I<sup>2</sup>C, qui vous permettent de créer rapidement des applications en les connectant au port I<sup>2</sup>C d'un microcontrôleur.

## Il n'y a que les imbéciles qui ne changent pas d'avis

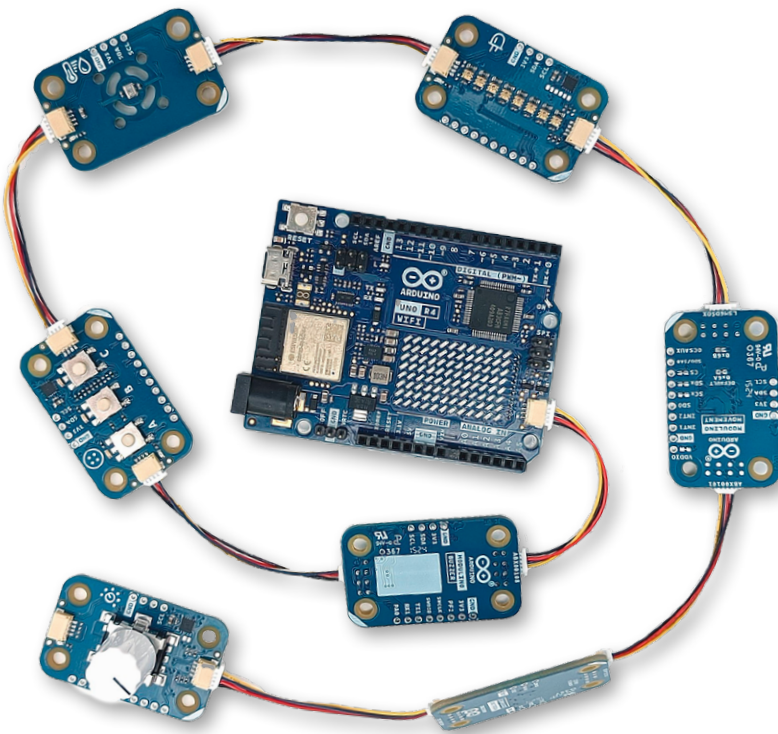
L'Arduino UNO a toujours eu un port I<sup>2</sup>C. Au départ, c'était un peu comme un périphérique accessible, avant de se voir attribuer ses propres broches sur le connecteur d'extension. Dans la dernière version, le UNO R4 WiFi, le port I<sup>2</sup>C a également reçu son propre connecteur (compatible avec la spécification Qwiic de SparkFun). Aujourd'hui, avec son nouveau kit Plug and Make, Arduino a pleinement adopté la méthode I<sup>2</sup>C pour le prototypage rapide. L'empilement de modules d'extension est bien sûr, toujours possible.

## Le kit Plug and Make

Le kit Plug and Make est basé sur l'Arduino UNO R4 WiFi et une famille de modules d'extension appelés « Modulino ». Un Modulino apporte une fonction comme un capteur, un bouton, une ou plusieurs leds, etc. Au moment de la rédaction de cet article, il en existe sept, qui sont les *Buttons*, *Buzzer*, *Distance*, *Knob*, *Movement*, *Pixels*, et *Thermo*. Les Modulino (notez que le pluriel ne prend pas de « s ») ne se branchent pas sur les connecteurs des modules d'extension, mais se connectent au port Qwiic I<sup>2</sup>C de l'UNO R4 WiFi. Les Modulino peuvent être connectés en série pour créer des applications plus complexes (figure 1).

## Prise en charge du Cloud et de l'IIoT avec le kit Plug and Make

Bien que des systèmes similaires existent depuis plusieurs années, le kit Plug and Make d'Arduino pousse le concept un peu plus loin. Tout d'abord, étant donné les origines



▲  
Figure 1. Les modulino sont connectés en réseau et communiquent par le bus I<sup>2</sup>C.

Le concept original d'Arduino est apparu il y a une quinzaine d'années, qui reposait sur une carte à microcontrôleur sur laquelle était branchés sur le dessus des cartes d'extension (« *Shields* »). Une carte d'extension ajoute une fonctionnalité sous la forme d'un capteur, d'une commande de moteur, d'un relais ou de quelque chose d'autre, comme un écran. Ces « *Shields* » peuvent être empilés les uns sur les autres pour créer un système de microcontrôleurs compact et empilé. C'est ce qui a permis

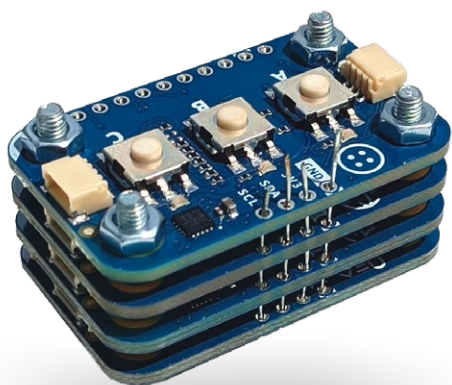


Figure 2. Les Modulino peuvent être également empilés.

éducatives d'Arduino, le kit Plug and Make est porté par un environnement pédagogique basé sur le cloud. Cet environnement est non seulement destiné à aider l'utilisateur à démarrer rapidement, mais il constitue également le centre de référence pour les applications IoT de l'utilisateur. De toute évidence, beaucoup d'efforts ont été déployés pour rendre le cloud aussi facile à utiliser que possible.

### Caractéristiques des Modulino

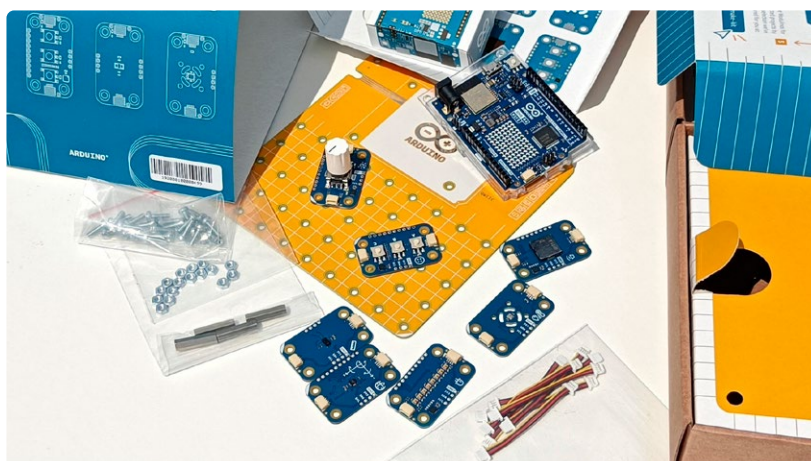
La deuxième différence avec les autres systèmes de prototypage basés sur I<sup>2</sup>C, est que les nœuds Modulino peuvent également être utilisés avec d'autres cartes Arduino et des systèmes tiers. Car le minuscule connecteur Qwiic peut être contourné grâce à une empreinte pour un connecteur 4 voies à pas de 0,1". Par conséquent, si nécessaire, vous pouvez simplement connecter un Modulino à un autre système en soudant quelques fils (en gardant à l'esprit que les Modulino nécessitent 3,3 V).

### Attendez une minute, il y a un autre microcontrôleur...

Une troisième différence intéressante est que les Modulino comportant un périphérique qui n'a pas de port I<sup>2</sup>C, tel qu'un bouton-poussoir ou un buzzer, sont équipés d'un microcontrôleur STM32C011F4 ARM Cortex-M0 pour délivrer le port I<sup>2</sup>C. Certaines des broches de ce MCU sont accessibles par une rangée de contacts sur le côté du Modulino. Par conséquent, ces Modulino peuvent être utilisés indépendamment et même comme contrôleur principal dans une chaîne de Modulino.

### Empilez quand-même

Finalement, Arduino n'a pas abandonné le concept de superposition, car les Modulino peuvent également être empilés. Cela est possible car ils ont tous la même empreinte (facteur de forme, si vous préférez) avec le port I<sup>2</sup>C soudable, mentionné plus haut, dans la même position. De cette façon, vous pouvez créer un petit dispositif empilé comprenant, par exemple, des boutons, un



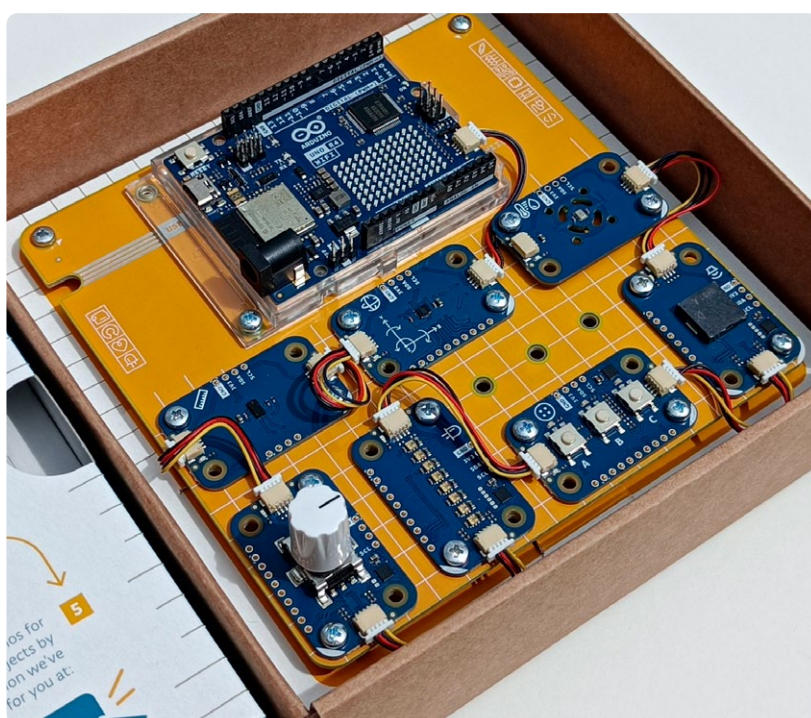
▲  
Figure 3. Le kit Plug and Make déballé. Le câble USB-C n'est pas représenté.

buzzer, un mouvement et un Thermo Modulino. (figure 2). Le programme d'application peut être exécuté sur le microcontrôleur des Buttons ou du Buzzer (ou sur les deux).

### Commencer avec le kit Plug and Make

Pour commencer à utiliser ce nouveau concept, Arduino a conçu un kit comprenant un Arduino UNO R4 WiFi, les sept Modulino mentionnés ci-dessus et une base Modulino. La base est une carte de forme carrée de 14 x 14 cm, sur laquelle vous montez l'UNO R4 WiFi et les Modulino nécessaires à votre application. Des boulons, des écrous et quatre entretoises sont fournis. Le kit contient également des câbles d'interconnexion Qwiic et un câble USB-C (avec un adaptateur USB-C vers A, non illustré dans la figure 3).

▼  
Figure 4. L'emballage du kit permet de placer le système assemblé dans sa boîte d'origine.



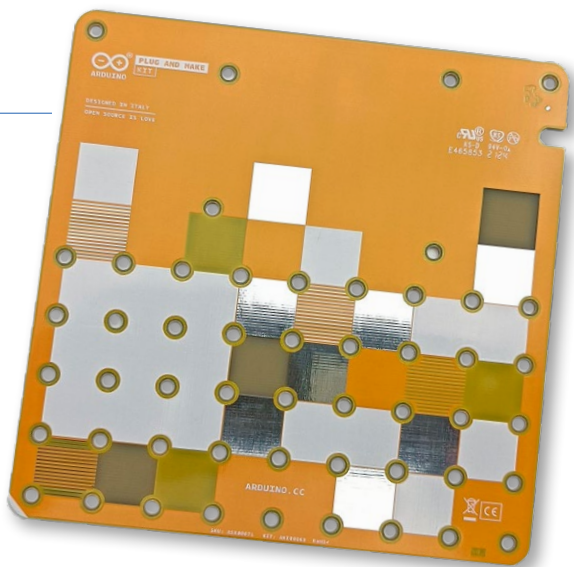


Figure 5.  
La face arrière de la base Modulino est une véritable œuvre d'art.

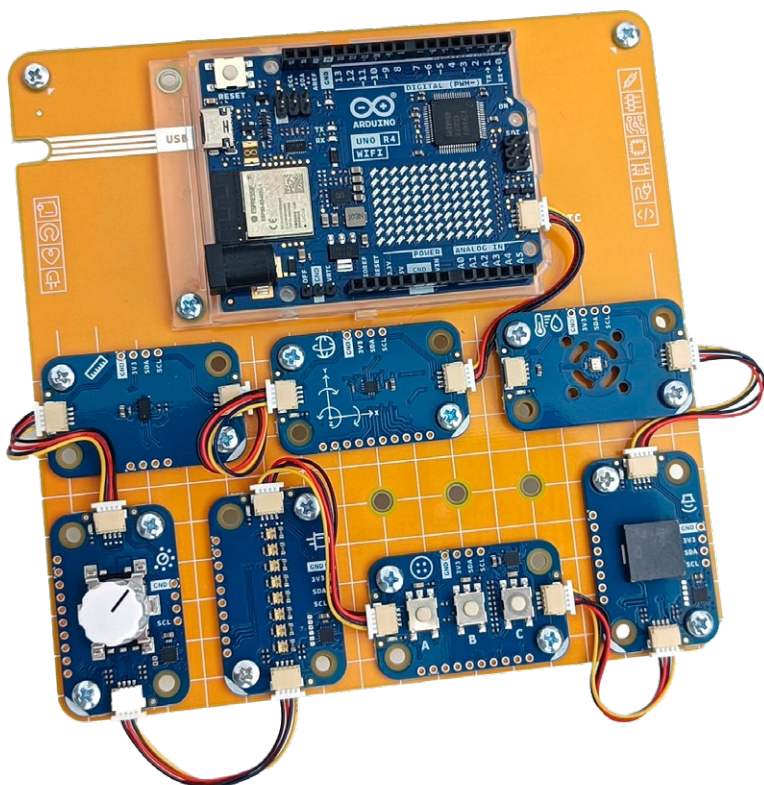
### La qualité réside dans les détails

Arduino a tendance à consacrer beaucoup de temps et d'efforts à la qualité de la conception, à l'apparence et aux détails, et le kit Plug and Make ne fait pas exception à la règle. Vous le remarquerez dès que vous ouvrirez la boîte. Tout a l'air parfait, s'ajuste parfaitement, et rien ne semble avoir été fabriqué au rabais. Par exemple, le bouton du Knob Modulino est bien conçu. L'impression sur les cartes est soignée et lisible. Toutes les planches ont des repères d'orientation (un coin blanc). Le support en carton du Modulino Base est percé et comporte des marques de découpe, ce qui vous permet de l'utiliser pour ranger votre projet assemblé à l'intérieur de la boîte dans laquelle il a été livré (figure 4).

Figure 6. Le montage des sept Modulino sur la base est un peu serré.

### Félicitations pour les illustrations du PCB

En tant qu'ingénieur ayant un intérêt marqué pour la conception de circuits imprimés, je n'ai pas pu m'empêcher



de remarquer l'illustration au dos de la base Modulino (figure 5). Il s'agit d'un motif géométrique coloré composé de carrés. La couleur d'un carré est déterminée par la couche de cuivre (plaquée) du circuit imprimé, le masque de soudure et deux couches de sérigraphie au lieu d'appliquer une sérigraphie en couleur (ce que certains services de pooling ont commencé à proposer). Certaines couleurs sont obtenues en « mélangeant » les couches. J'aime beaucoup cela.

### Les dimensions de la base Modulino sont un peu étroites

Tous les modules Modulino peuvent être connectés ensemble, mais aucun des projets initiaux proposés ne nécessite de les utiliser tous en même temps. C'est pourquoi la plaque de base peut sembler un peu étroite si l'on essaie de monter les sept Modulino et de les connecter (figure 6). Pour la même raison, il n'y a pas assez de boulons (24) et d'écrous (20) pour fixer les 36 trous de montage (en comptant les quatre entretoises). Ce n'est cependant pas un problème, car deux boulons par Modulino et UNO R4 WiFi suffisent. Gardez à l'esprit que si vous développez votre propre idée en incluant les sept Modulino, vous devez fixer deux d'entre eux à des entretoises dans un coin. Une fois que vous les aurez boulonnés à la base, les connecter ensemble deviendra un peu un défi car l'espace est restreint. Comme indiqué précédemment, c'est possible, mais vous pouvez aussi ne fixer que les Modulino dont vous avez besoin lorsque vous changez de configuration.

### Le Kit Plug and Make dans le cloud

J'ai connecté mon kit Plug and Make à mon ordinateur, puis j'ai dirigé mon navigateur vers le site Web d'Arduino Plug and Make content platform. Pour y accéder, vous devez vous connecter à votre compte Arduino Cloud. Si vous n'en avez pas, vous pouvez créer un compte gratuitement.

Dans le cloud, j'ai simplement cliqué sur *Welcome* (figure 7). Il m'a guidé tout au long du processus de configuration de mon kit, ou plus précisément de la carte UNO R4 WiFi. Je n'ai pas rencontré de difficultés particulières et j'ai importé mon premier modèle. Cela s'est également passé sans problème, et je me suis retrouvé avec un Pixels Modulino montrant un arc-en-ciel coloré. En tournant le potentiomètre, l'arc-en-ciel se déplaçait de haut en bas, et le motif rayé affiché sur la matrice de LED de l'UNO R4 WiFi se déplaçait également vers la gauche ou vers la droite. La seule chose que j'ai dû faire pour en arriver là, c'est de saisir les informations d'identification de mon réseau Wi-Fi.

Il est intéressant de noter que j'ai choisi cette démo et pas une autre, car il y a six propositions offertes (figure 8). Vous choisissez une démo en connectant deux Modulino à partir d'une liste de combinaisons possibles. Comme j'avais connecté les sept Modulino, j'avais choisi toutes

les combinaisons possibles. La démo que j'ai obtenue est (par coïncidence ?) la dernière de la liste.

### Essai d'un projet du kit Plug and Make

Il était temps d'essayer un projet de démonstration. Il y en a sept, et j'ai opté pour Sonic Synth. Pour chaque démo, une estimation du temps nécessaire à la réalisation du projet est indiquée. Sonic Synth prend environ 35 minutes. Sonic Synth n'utilise que quatre Modulino (Buttons, Buzzer, Knob et Pixels) mais j'ai essayé avec les sept ensemble. Pour charger la démo, vous devez importer le modèle correspondant, vous détacher du projet en cours et associer l'UNO R4 WiFi au nouveau modèle. Cela signifie qu'il faut réintroduire les informations de connexion au réseau. Après avoir suivi toutes les étapes, rien ne s'est passé. Pas de son. Après avoir enlevé le Modulino superflu et redémarré le kit, il n'y avait toujours pas de son.

### C'est réparé

Essayer de recharger le modèle n'était pas possible car j'avais atteint les limites de mon forfait cloud gratuit. La suppression du premier modèle de démonstration a résolu ce problème. Un utilisateur débutant ne serait pas confronté au même problème, car il n'aurait pas utilisé son forfait Cloud Arduino gratuit, comme je l'ai fait en bricolant d'autres projets. Après avoir suivi les étapes du projet une fois de plus, j'ai finalement obtenu un son en appuyant sur les boutons-poussoirs. La fréquence et la durée du son sont contrôlées par des curseurs dans le tableau de bord du cloud. Bien qu'ils figurent au début du projet, les Modulino Knob et Pixels n'entrent en jeu qu'à la deuxième étape du projet.

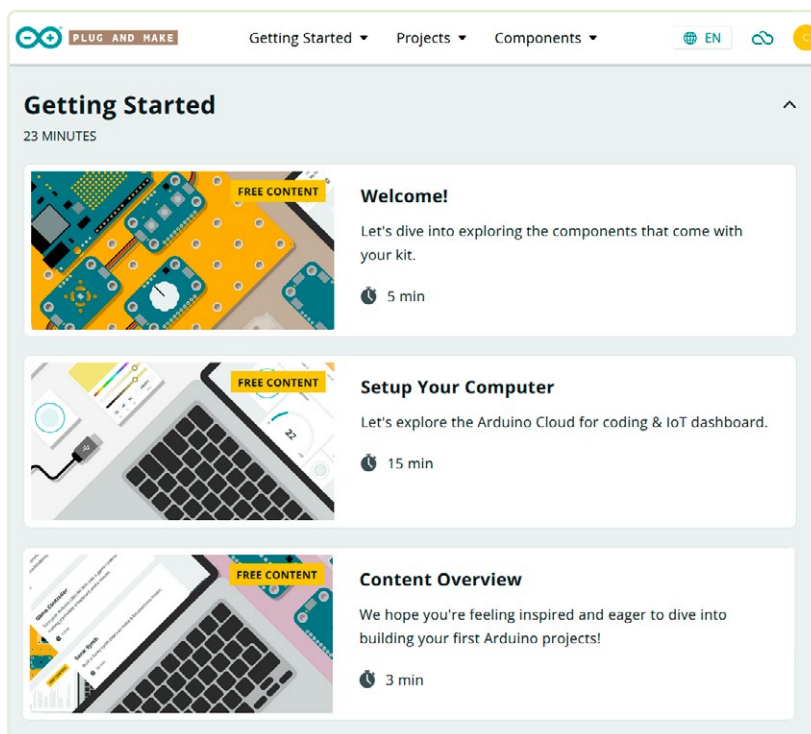
### L'expérience utilisateur du kit Plug and Make

En jouant avec cette démo, j'ai pu constater deux choses :

1. Avec le kit Plug and Make, l'objectif est de construire un gadget connecté intelligent en quelques minutes, sans avoir de connaissances préalables sur l'IoT et la programmation. Même si Arduino a simplifié l'expérience, en cas de problème, il faut toujours être à la hauteur pour se plonger dans l'environnement cloud, afin de trouver des pistes et des moyens de résoudre le problème.
2. Personnellement, j'ai l'impression que la base Modulino gêne plus qu'elle n'aide en fait à expérimenter et à jouer. Dans une salle de classe, elle peut aider à protéger le matériel, mais la reconfiguration du système est un peu fastidieuse. Des boulons plus courts seraient utiles, mais l'idéal serait d'avoir une sorte de système de clipsage. De plus, l'UNO R4 WiFi est positionné trop à droite pour les câbles Qwiic qui sont courts. J'ai donc préféré travailler sans la plaque de base.

### L'Arduino de base

Le kit Arduino Plug and Make est destiné aux applications IoT connectées au cloud. Derrière le Cloud Arduino



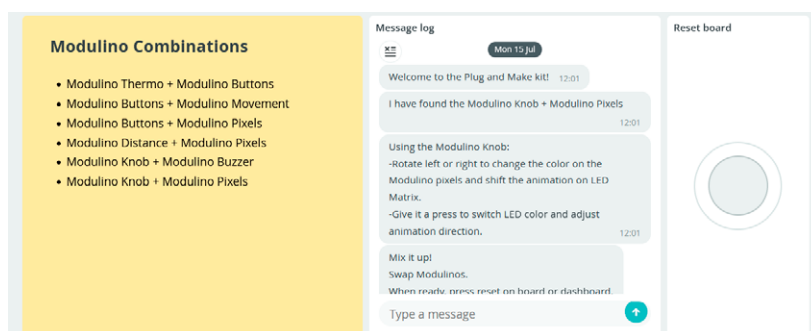
se trouve l'environnement de programmation Arduino. Vous pouvez inspecter et modifier le code source de vos applications en ouvrant l'onglet *sketch*. En faisant cela pour le projet Sonic Synth, on découvre un programme Arduino assez simple qui importe une bibliothèque Modulino (**Figure 9**). Cette bibliothèque est également disponible dans le gestionnaire de bibliothèque de l'IDE Arduino habituel hors connexion. Par conséquent, rien ne vous oblige à développer des applications IoT basées sur le cloud avec le kit Plug and Make. Vous êtes libre d'en faire ce que vous voulez.

### La concurrence

Comme nous l'avons dit au début de cet article, le concept du kit Plug and Make d'Arduino n'est pas nouveau mais il ajoute quelques éléments intéressants. Le premier système de prototypage basé sur le bus I<sup>2</sup>C est probablement Grove de Seeed Studio (c'est un peu plus que cela, en fait). Le principal problème du système Grove est

▲  
Figure 7. La page d'accueil du kit Plug and Make dans le Cloud Arduino.

▼  
Figure 8. La démo de départ dépend de la combinaison de Modulino que vous avez choisie.



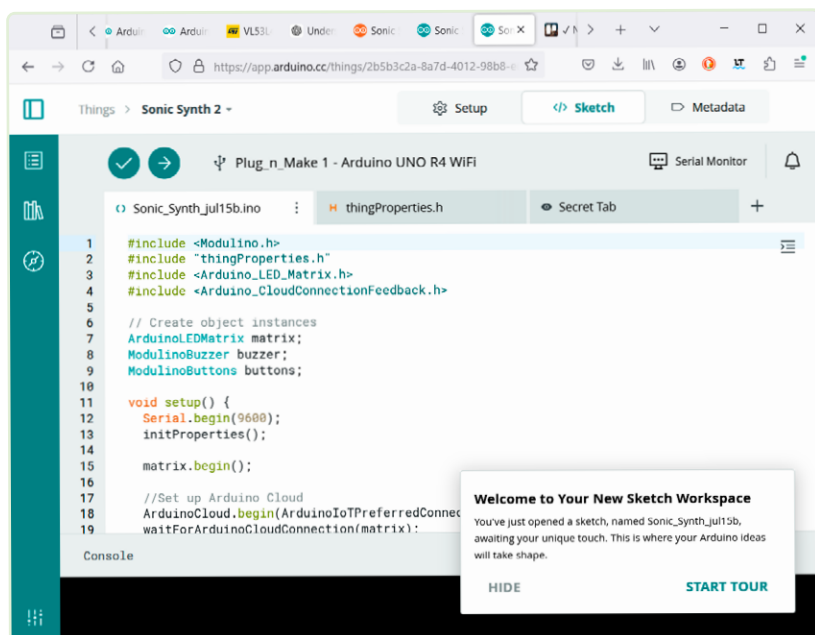


Figure 9.  
Une bibliothèque  
Modulino est incluse en  
haut du programme de  
Sonic Synth.

son utilisation d'un connecteur propriétaire avec un pas de 2 mm. Grove a été copié par d'autres fabricants, qui ont tous remplacé le connecteur Grove par leur propre connecteur non standard, ou difficile à souder, à câbler ou à trouver. Les exemples sont le Stemma d'Adafruit et le Qwiic de Sparkfun, mais il y en a d'autres. Arduino a fait une faveur à la communauté en équipant les nœuds Modulino d'un connecteur I<sup>2</sup>C normal (c'est à dire accessible aux *makers*) en plus du Qwiic.

### Et le BBC micro:bit ?

En jouant avec le kit Plug and Make, je n'ai pas pu m'empêcher de penser au BBC micro:bit. Il s'agit d'une petite carte à microcontrôleur créée pour initier les enfants à la programmation et à l'électronique. Elle s'adresse à un public encore plus jeune (à partir de 10 ans) que le kit Plug and Make (14 ans et plus). Les deux cartes/systèmes présentent des caractéristiques similaires, avec un microcontrôleur ARM Cortex-M4, des capacités sans fil, une matrice de leds, plusieurs capteurs connectés à un bus I<sup>2</sup>C, un buzzer, des boutons-poussoirs, une programmation basée sur le cloud et des applications IoT. La principale différence est que le BBC micro:bit intègre tout cela sur une seule carte, alors que le kit Plug and Make se compose de huit cartes (la platine de base ne compte pas car elle n'a aucune fonctionnalité électrique, et sert uniquement de structure pour organiser les projets). Donc, si vous voulez quelque chose de plus petit, jetez un coup d'œil au BBC micro:bit.

## Une nouvelle façon d'utiliser Arduino

Le kit Arduino Plug and Make introduit une nouvelle façon d'utiliser Arduino. Au lieu d'empiler des modules sur une carte de base, les modules d'extension « Modulino » sont connectés en chaîne sur un bus I<sup>2</sup>C. Ce bus est fourni par l'Arduino UNO R4 WiFi du kit. Une base Modulino est incluse pour sécuriser les différents Modulino et l'UNO R4 WiFi, créant ainsi un système transportable. Le kit Plug and Make incarne tout ce que nous attendons d'Arduino, en étant esthétique, avec du matériel et un logiciel de haute qualité (même s'il n'était pas encore tout à fait au point au moment où j'écris ces lignes, car j'ai reçu un échantillon avancé du produit avant son lancement). Destiné aux débutants en électronique, aux amateurs et aux makers, le kit est accompagné d'une bonne quantité de documentation en ligne, d'exemples de projets et d'outils dans le Cloud Arduino.

La nouvelle ligne de produits Modulino peut avoir un certain potentiel, je crois, surtout si le support pour le microcontrôleur STM32 utilisé sur certains d'entre eux est fourni (schémas, bibliothèques, bootloader). Arduino prévoit de commercialiser d'autres nœuds Modulino à l'avenir, mais ne peut pas nous donner d'autres détails pour le moment. La concurrence est féroce dans le domaine du bus I<sup>2</sup>C. ◀

VF : Laurent Rauber - 240384-04

### Questions ou commentaires ?

Envoyez un courriel à l'auteur (clemens.valens@elektor.com) ou contactez Elektor (redaction@elektor.fr).



### Produits

- > **Arduino Plug and Make Kit**  
www.elektor.fr/20920
- > **Clemens Valens, Mastering Microcontrollers Helped by Arduino (Elektor)**  
www.elektor.fr/17967

## LIENS

[1] Kit Arduino Plug and Make : <https://store.arduino.cc/products/plug-and-make-kit>

[2] Arduino Plug and Make dans le cloud (nécessite une connexion au service Arduino) : <https://courses.arduino.cc/plugandmake>



# 06 multimètre de table

## Owon XDM1141

excellent rapport qualité/prix

Harry Baggen (Pays-bas)

Tout électronicien possédant son propre laboratoire à domicile, pour exercer son hobby en électronique, a probablement pensé à un moment ou à un autre, à se munir d'un multimètre de table pour compléter ses appareils. Toutefois, un tel instrument doit offrir de nombreuses fonctionnalités, de bonnes performances, mais il doit également être d'un coût abordable.

Dans ce contexte, le multimètre Owon XDM1141 pourrait être un bon choix !



Figure 1. Le Multimètre Owon XDM1141 est livré avec un câble d'alimentation, un câble USB et des cordons de mesure munis de pinces crocodiles.

Le Multimètre XDM1141 (figure 1) est le dernier né de la série des multimètres de table économiques du fabricant Chinois Owon. Depuis quelques années, cette société s'est spécialisée dans la fourniture d'équipements de mesure offrant une qualité élevée à des prix abordables.

Pour un laboratoire personnel, un multimètre de table est souvent un choix préférable à celui d'un appareil portatif car il peut être installé à demeure, parmi les autres appareils, et il est alimenté par le secteur électrique, ce qui permet de le laisser en fonction en permanence. Le multimètre Owon XDM1141 est le successeur du modèle XDM1041, très populaire parmi les passionnés d'électronique. Il reprend de nombreuses caractéristiques de son prédécesseur, mais il est maintenant équipé (à mon avis), d'un boîtier de meilleure facture.

### Matériel

Le boîtier en plastique de dimensions 20x8,8x15 cm est bien fini, il est plus épais que son prédécesseur le

XDM1041. Cela présente l'avantage de le rendre plus stable sur la table, bien qu'il soit toujours nécessaire de le maintenir avant d'appuyer sur un bouton, afin d'éviter qu'il ne glisse. La face avant et les boutons de commande sont identiques à ceux du XDM1041, les options et les paramètres demeurant identiques. Il est muni d'un pied support amovible permettant d'incliner légèrement sa face avant.



Figure 2. Un emplacement est prévu sur le côté, pour y loger un ventilateur, mais ce n'est pas nécessaire pour cet appareil.



Figure 3. L'affichage est lumineux et sa lecture aisée, même latéralement.

Le dos de l'appareil est muni d'une embase d'alimentation incluant un fusible ainsi que d'un connecteur USB pour la liaison à un ordinateur PC (figure 2). Le logiciel Windows téléchargeable depuis le site Owon, permet le contrôle du multimètre et la lecture des valeurs mesurées sur votre ordinateur. En plus des possibilités habituelles de mesure, le multimètre intègre la capacité de sauvegarder les valeurs mesurées, manuellement ou automatiquement. En mode automatique, l'utilisateur peut définir l'intervalle de mesure et le nombre de valeurs enregistrées (max. 1 000).

Figure 4. Jusqu'à 1 000 valeurs peuvent être mémorisées dans la mémoire interne.

### Possibilités du multimètre Owon XDM1141

Le grand écran lumineux de résolution de 480 x 320 pixels affiche les valeurs mesurées et indique la

NO	MODE	VALUE
1	DCV	5.2488VDC
2	DCV	5.2489VDC
3	DCV	5.2489VDC
4	DCV	5.2489VDC
5	DCV	5.2488VDC
6	DCV	5.2488VDC
7	DCV	5.2489VDC
8	DCV	5.2489VDC
9	DCV	5.2488VDC

fonction des touches de commande situées à sa droite (figure 3). La luminosité est réglable selon quatre niveaux. La valeur maximale mesurée est de 55 000 (4 ½ digits). La cadence de mesure peut être lente, moyenne ou élevée. La vitesse lente réalise environ une mesure par seconde, tandis que la vitesse élevée atteint environ 2,5 mesures par seconde. La fonction de sélection automatique de gamme fonctionne de façon satisfaisante, mais nécessite parfois quelques secondes avant de déterminer correctement la gamme, et faire apparaître la valeur mesurée. Vous devrez également être patient lors de la mesure des capacités importantes (100 µF et plus), le temps de mesure pouvant rapidement dépasser 10 s.

Le bouton *Utility* permet d'accéder aux différents réglages, tels que la luminosité de l'afficheur, le type de capteur de température, la résistance maximale à laquelle le test de continuité doit réagir, ainsi que la tension maximale de vérification des diodes. Il y a également des paramètres liés au port série de la connexion USB. Le buzzer génère un son assez puissant qui peut être supprimé par le menu. Il est dommage que les paramètres ne soient pas sauvegardés lorsque l'appareil est éteint, selon mes constatations, seul le niveau de luminosité de l'affichage est mémorisé. Enfin, l'heure de l'horloge interne munie d'une pile de sauvegarde peut être réglée.

Grâce au bouton *Dual*, la fréquence d'un signal alternatif (AC) peut être affichée en plus de sa tension. Un nouvel appui sur ce bouton permet de basculer entre l'affichage de la tension et de la fréquence. Le bouton *Math* permet de choisir entre l'affichage de la valeur maximum, minimum ou moyenne, en-dessous de la valeur mesurée. Il existe une fonction dB pour laquelle la valeur de la résistance de charge peut être définie, une mesure relative est alors effectuée.

### Précision du multimètre XDM1141

Pour déterminer la précision de l'Owon XDM1141, je l'ai comparé à deux appareils professionnels ayant respectivement une précision de 0,02% et 0,03%. Sur toutes les gammes, la précision est excellente, bien comprise dans les spécifications. La mesure des tensions continues (VDC) est particulièrement excellente (meilleure que la précision de base de 0,05%). Lors de la mesure des tensions alternatives AC, j'ai remarqué que le multimètre n'affichait pas les valeurs inférieures à 50 mV en mode gamme automatique (figure 4). En réglant manuellement la mesure en millivolts AC (mV<sub>AC</sub>), Les valeurs inférieures à 50 mV sont affichées, avec une valeur minimale de 5 mV. Lors de l'utilisation de la fonction *Dual*, (V<sub>AC</sub> + fréquence), l'affichage de la fréquence intervient pour un signal de tension supérieure à 190 mV. La valeur affichée

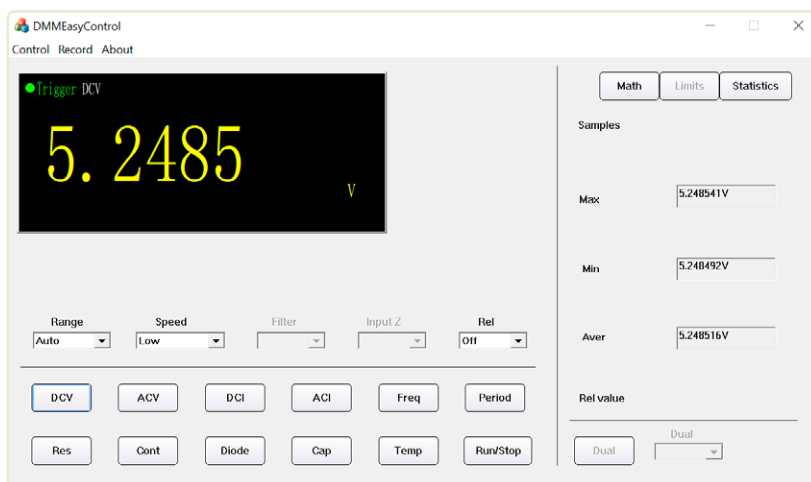
demeure précise jusqu'à une fréquence d'environ 4 kHz, puis diminue progressivement au-delà. C'est nettement supérieur à la valeur spécifiée par Owon (jusqu'à 1 kHz).

Pour la mesure de la fréquence ou période, une tension minimum d'environ  $380 \text{ mV}_{\text{RMS}}$  est requise pour obtenir une mesure stable. La sensibilité diminue lorsque la fréquence augmente, mais avec une tension d'environ  $1 \text{ V}_{\text{RMS}}$ , la mesure d'une fréquence de 60 MHz peut être effectuée (bien que la mesure de telles fréquences par une entrée à fiches bananes ne soit pas facile). La précision des mesures d'intensités DC et AC se situe nettement à l'intérieur des spécifications d'Owon (respectivement 0,15% et 0,5%). La résolution de mesure des intensités ( $0,01 \mu\text{A}$ ) est très appréciable. La mesure des résistances est également précise, normalement de 0,1%. Celle des condensateurs est variable mais contenue dans les spécifications du fabricant (2,5% et 5% pour les valeurs élevées), mais de nombreux multimètres ont de difficultés avec ce type de mesure, la seule solution étant l'utilisation d'un bon appareil de mesure LCR (Inductance, condensateur et résistance). Ce multimètre ne permet pas la mesure de valeurs inférieures à environ 600 ou 700 pF, il affiche alors une valeur nulle (sans savoir pourquoi, cela fonctionne en activant la fonction *Rel* : mesure relative). La mesure des températures est également possible, vous pouvez choisir un thermocouple de type K ou un capteur PT100. Je n'ai utilisé que brièvement cette possibilité avec un thermocouple, mais ne disposant pas de référence adéquate, la précision n'a pas été vérifiée. À température ambiante, l'affichage indiquait une valeur trop basse de quelques degrés.

### Logiciel

Le logiciel Windows DMMEasyControl, permettant au multimètre d'être contrôlé depuis un PC, est disponible sur le site web Owon [1]. Pour installer cette application, vous devez tout d'abord télécharger puis installer le logiciel NI-VISA de National Instruments, un ensemble de programmes utilisés comme structure de base des logiciels de nombreux fabricants d'instruments de mesure.

DMMEasyControl est un programme simple vous permettant le contrôle des fonctionnalités du multimètre (figure 5). Il possède une fonction d'enregistrement des valeurs mesurées dans une feuille Excel.



Les séries de mesures mémorisées dans le XDM1141 peuvent également être transférées dans une feuille Excel par la fonction 'Device data export'. Le XDM1141 peut également être contrôlé par des commandes SCPI. Owon fournit un manuel complet incluant les explications relatives à toutes les commandes correspondant à cette possibilité.

### Excellentes performances pour le prix

Relativement à son prix, le multimètre Owon XDM1141 offre beaucoup. Dans cette gamme de prix, peu d'appareils sont munis de si nombreuses options et d'une précision si élevée. Malheureusement, il présente quelques imperfections mineures, telles que l'absence de mémorisation des réglages et l'impossibilité de mesurer les faibles tensions alternatives (AC) et des condensateurs de faibles valeurs. Certaines faiblesses peuvent probablement être corrigées par la mise à jour de son microprogramme. Toutefois, en faisant abstraction de ces remarques, le multimètre Owon XDM1141 est un très bon appareil de table présentant un excellent rapport qualité/prix. ◀

VF: Jean Boyer — 240268-04

▲  
Figure 5. Le logiciel DMMEasyControl permet le contrôle du multimètre par un ordinateur.



### Produit

> **Owon XDM1141 Multimètre**  
[www.elektor.fr/20671](http://www.elektor.fr/20671)

### LIEN

[1] Page du produit avec téléchargement du logiciel : <https://tinyurl.com/4p37mr54>



# atténuateur avec réglage automatique de la gamme

un circuit atténuateur pour les débutants

Tam Hanna (Hongrie)

La métrologie est l'une des disciplines les plus complexes dans le domaine de l'électronique - particulièrement pour ceux qui ne sont pas des audiophiles. Nous présentons ici un atténuateur simple pour un voltmètre, conçu pour encourager d'autres expérimentations.

En général, les atténuateurs ont deux rôles. Le premier rôle consiste à générer un signal qui exploite de manière optimale la gamme du convertisseur analogique-numérique tout en veillant à ne pas la dépasser pour éviter d'endommager le matériel.

Le deuxième aspect fondamental est la protection du circuit de mesure. Les testeurs de multimètres s'attendent désormais à ce que ces appareils possèdent une robustesse presque herculéenne (voir l'exemple [1]). En général, il est possible d'atteindre cet objectif en limitant rigoureusement les courants qui circulent à travers le composant. Il est conseillé d'examiner la topologie du circuit présentée dans la **figure 1**.

Dans ce cas, la fonction de l'atténuateur serait de limiter le courant circulant à travers les diodes de protection. Il est important de noter que le courant circulant dans tout circuit de protection a un impact négatif sur la précision du système de mesure [2]. Certains circuits basés sur des transistors FET se distinguent particulièrement dans cette tâche. Les manuels techniques des multimètres plus anciens sont une bonne source d'inspiration.

## Claquement des relais Reed

Renesas spécifie deux topologies dans la notice d'application AN028. D'après l'expérience pratique de l'auteur, la topologie A, illustrée dans le schéma de la **figure 2**, est largement utilisée. Pour le dimensionnement des atténuateurs de ce type, il est recommandé de consulter la référence [3].

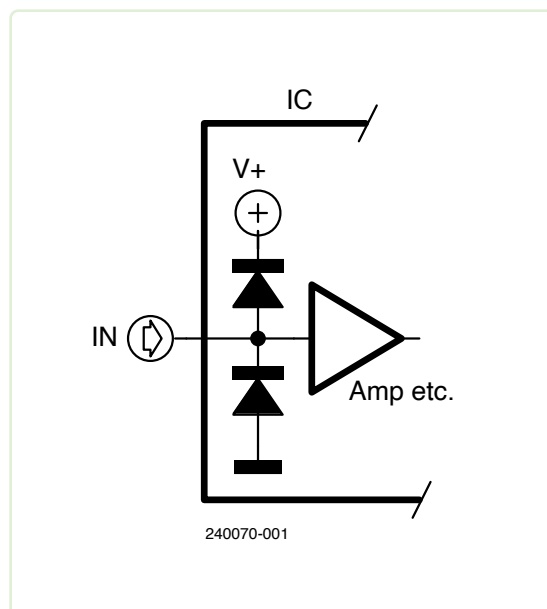


Figure 1. Les deux diodes de protection (parasites) contribuent à la limitation du courant.

L'avantage principal de cette topologie est la résistance constante de la charge. Dans son ouvrage de référence "Troubleshooting Analog Circuits", le spécialiste en électronique analogique Robert Allen Pease aborde les problèmes causés par les sélecteurs mécaniques de gamme et les fluctuations de courant qui en résultent. Toutefois, la résistance des relais reed s'avère moins problématique dans la pratique qu'il n'y paraît à première vue. Cela s'explique par le très faible courant qui les traverse, en particulier lorsqu'un tampon est utilisé entre l'atténuateur et le CA/N. De plus, contrairement à l'époque de Pease, il est désormais possible de compenser facilement ces erreurs par logiciel.

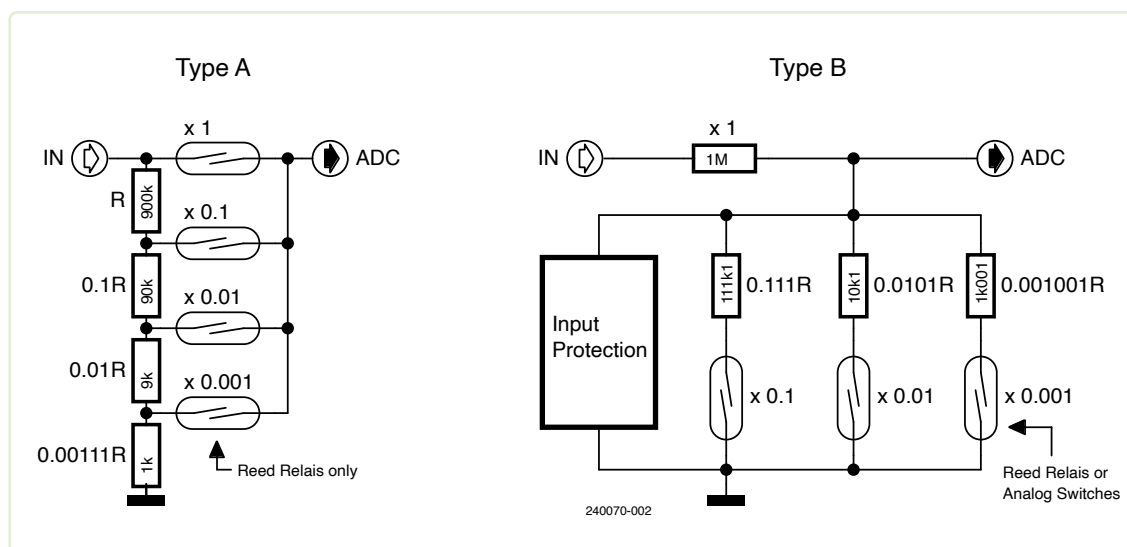


Figure 2. La topologie A nécessite l'utilisation de commutateurs analogiques de haute qualité. (Source : Renesas)

### Un exemple pratique

Un exemple pratique de réalisation pour l'ESP32 est présenté dans la **figure 3**. Compte tenu des exigences modérées, l'auteur a utilisé deux relais relativement peu coûteux de Single Relay. Avant tout, il est important de respecter le principe *break-before-make*. Cependant, l'ouverture et la fermeture des contacts des relais prennent un certain temps. Il est important d'attendre l'ouverture complète d'un contact avant d'activer l'autre. Un autre avantage serait l'utilisation d'un condensateur tampon en amont de l'entrée du CA/N. Idéalement, un amplificateur serait ensuite utilisé pour mieux séparer les impédances. En effet, certains CA/N provoquent des pics de courant d'entrée élevés.

Bien que l'atténuateur présenté soit susceptible de nombreuses possibilités d'amélioration, il illustre les étapes fondamentales de la conception d'un circuit. L'auteur espère que cela encouragera vos propres expérimentations. ◀

240070-04

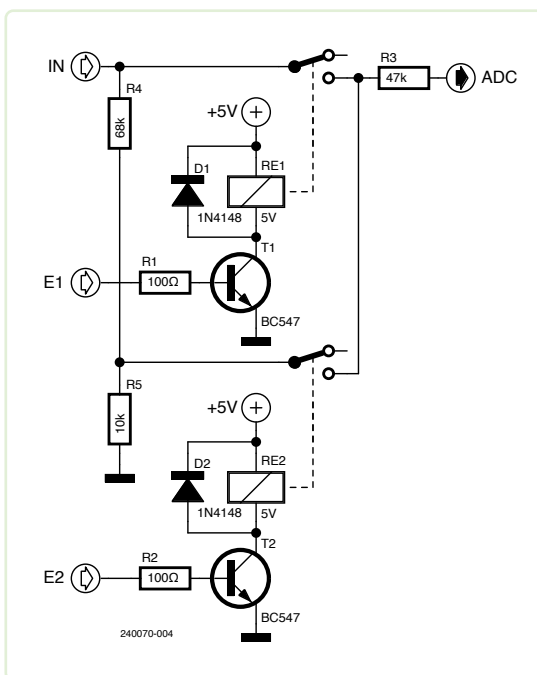


Figure 3. Un atténuateur simple mais fonctionnel.

### Questions ou commentaires ?

Envoyez un courriel à l'auteur (tamhan@tamoggemon.com), ou contactez Elektor (redaction@elektor.fr).

### A Jerky, but Steady Ride!

Dans le domaine de la métrologie, il est préférable d'avoir une erreur constante et relativement élevée plutôt qu'une erreur variable mais plus faible. Cela s'explique par la possibilité de calibrer le système avec un logiciel.

### LIENS

- [1] DMM Information and Reviews : <https://lygte-info.dk/info/indexDMMReviews%20UK.html>
- [2] The Secret Life of Diodes : <https://holzleitner.com/el/picoampere/index-en.html>
- [3] The Design of Meter (and Oscilloscope) Attenuators : <https://sound-au.com/articles/meter-atten.htm>

# Commutateur alimenté par pile bouton, basé sur un ESP32-C2

conception et optimisation matérielle

Zhang Wei (Espressif)

En raison du développement rapide du marché de la domotique, la demande de commutateurs à faible consommation énergétique mais de grande efficacité, se fait croissante. Cet article présente une solution de pointe, un commutateur alimenté par une pile bouton, réalisé autour d'un ESP32-C2, dont l'objectif est de répondre aux impératifs de rapidité de réaction et à la nécessité de passerelles supplémentaires, que l'on rencontre souvent avec les autres solutions sans-fil, basées sur des technologies telles que Bluetooth LE (Low Energy ou à faible consommation) et ZigBee.

L'ESP32-C2 est une puce économique compatible avec le Wi-Fi 4 et le Bluetooth 5 (LE), dotée d'un processeur RISC-V 32 bits monocœur. Avec 272 Ko de SRAM et 576 Ko de ROM, elle est spécialement conçue pour répondre aux besoins des applications IdO simples, à grand volume et à faible débit de données.

Le commutateur à pile bouton basé sur l'ESP32-C2 (**figure 1**) adopte une conception matérielle innovante, qui allie simplicité et prolongation de la durée de vie de la pile. Idéal pour les applications de contrôle nécessitant des communications sans fil rapides, telles que l'ESP-NOW, ce commutateur offre plusieurs avantages par rapport à d'autres dispositifs sans fil similaires :

- Alimenté par des piles bouton, ce dispositif est conçu pour être extrêmement compact, facilitant l'intégration dans des produits aux formes variées tels que les commutateurs adhésifs, les commutateurs à multiples touches, les commutateurs tactiles et les commutateurs rotatifs.

- L'ESP32-C2 reste totalement hors tension pendant les périodes de non-utilisation, permettant à une simple pile CR2032 de durer jusqu'à cinq ans, pour une utilisation estimée à 10 pressions par jour.

Tout au long de cet article, nous nous penchons sur les détails de la mise en œuvre du commutateur à pile bouton ESP, en mettant en évidence ses prouesses pour répondre aux exigences de la technologie moderne de la domotique intelligente.

Les piles bouton, comme par exemple la pile CR2032 largement répandue, sont souvent utilisées comme source d'énergie des dispositifs de l'Internet des objets (IdO). Réputées pour leur taille réduite et leur légèreté, les piles bouton conviennent parfaitement aux dispositifs électroniques miniaturisés sans les alourdir. Leur densité énergétique importante leur permet de stocker davantage d'énergie dans un volume restreint, apportant en conséquence une plus grande autonomie d'utilisation. De plus, les piles



Figure 1. Le commutateur à pile bouton basé sur l'ESP32-C2 dans son boîtier.

boutons bénéficient de caractéristiques d'autodécharge faibles, leur permettant de conserver leur capacité durant de longues périodes de non-utilisation. Conservant une tension relativement stable durant leur décharge, les piles bouton ont un rôle vital, assurant un fonctionnement correct des dispositifs. Toutefois, en raison de leur conception, elles procurent une intensité de sortie moins élevée, les rendant inutilisables pour les dispositifs exigeant une puissance importante.

Les caractéristiques de consommation énergétique des dispositifs Wifi imposent un double challenge dans leur utilisation dans les domaines d'application à faible puissance. D'une part, l'intensité en réception rend difficile le maintien permanent du fonctionnement de ces circuits en mode réception. D'autre part, le courant instantané important nécessaire durant la transmission par paquets pourrait impacter la stabilité de la tension d'alimentation du chip, conduisant à une possible réinitialisation accidentelle du composant. Dans cet article, nous présentons un commutateur alimenté par une pile bouton, basé sur l'utilisation de l'ESP32-C2, qui fait face à ces difficultés



par la combinaison optimisée de logiciel et matériel aboutissant à une impressionnante durée de vie de la pile.

L'article est divisé en deux sections principales. En premier, nous étudions la réalisation matérielle, en particulier un guide pour la sélection des composants. Ensuite, nous évaluons différentes techniques pour réduire la consommation d'énergie et le temps de démarrage, et nous comparons les performances avec les résultats des mesures.

### Conception du circuit

L'objectif ultime de la conception du circuit est l'obtention d'une solution robuste et économique respectant les besoins en alimentation de l'ESP32-C2 tout en optimisant les performances du dispositif et la durée de vie de la pile. La collaboration entre des ingénieurs experts en conception matérielle, l'utilisation des composants et techniques adaptés ont conduit à la conception réussie d'un circuit qui répond aux besoins spécifiques d'un commutateur Wifi alimenté par une pile bouton. Il est impératif de prendre en considération les coûts de production et les performances requises lors de la conception d'un tel circuit. La **figure 2** montre une vue simplifiée du circuit du commutateur à pile.

La figure 2 montre que les boutons ne sont pas connectés à des GPIO de manière conventionnelle. Ils fonctionnent plutôt comme des interrupteurs qui contrôlent l'alimentation du commutateur à pile bouton. Autrement dit, appuyer sur le bouton active l'appareil, permettant l'exécution des tâches programmées dans le logiciel. Lorsque le bouton est relâché, l'alimentation est totalement coupée. Dans cette configuration matérielle, permet d'uti-

liser jusqu'à cinq boutons. Le logiciel détermine quel bouton a été pressé en mesurant le niveau de tension sur le port E/S.

### Convertisseur élévateur

L'ESP32-C2 nécessite une tension de fonctionnement de 3,3 V, plus élevée que la tension délivrée par la pile bouton. De ce fait, un circuit élévateur de tension doit être conçu pour augmenter la tension. La stabilité de la tension d'alimentation impacte directement les performances de transmission des paquets et la stabilité générale de l'appareil. Un régulateur de tension bien conçu permet d'améliorer les performances de la transmission par radiofréquences et la durée de vie de la pile.

Le circuit élévateur de tension doit être étudié avec soin afin de permettre une conversion de tension efficace avec un minimum de pertes de puissance. De plus, il doit fournir une alimentation fiable et stable au circuit ESP32-C2, lui permettant un fonctionnement optimal durant les phases actives et la veille. Par ailleurs, la conception du circuit doit prendre en compte l'intensité consommée, la dissipation de chaleur et l'efficacité permettant d'atteindre un compromis correct entre performances et consommation énergétique.

La pile bouton peut être considérée dont la résistance interne augmente avec sa décharge. Initialement, sa résistance interne est d'environ 10  $\Omega$ , mais elle peut atteindre une centaine d'Ohms à l'approche de la fin de son cycle de décharge. L'ESP32-C2, en tant que dispositif de sortie, nécessite une source d'alimentation pouvant fournir un courant de 500 mA, voire davantage. L'ondulation (bruit) de la

tension d'alimentation peut impacter de façon importante les performances des transmissions par radiofréquences (RF).

Lors de l'évaluation des ondulations parasites de l'alimentation, il est essentiel de les mesurer dans les conditions normales de transmission des paquets. Le bruit de l'alimentation peut varier selon les changements de puissance fournie. Une transmission importante de paquets peut conduire à la présence d'un bruit plus important. Pour atténuer l'impact de la résistance interne élevée de la pile bouton, la tension minimale requise par le convertisseur de tension doit être la plus basse possible, tout en maintenant une efficacité élevée.

Pour la conception, le circuit élévateur de tension SGM6603 a été choisi (**figure 3**). Il supporte une tension minimale d'entrée de 0,9 V, et délivre un courant de commutation de 1,1 A, ce qui lui permet de convenir pour la réalisation de la conversion de tension de la pile bouton en respectant les besoins d'alimentation de l'ESP32-C2.

### Choix des condensateurs

Il y a deux séries de condensateurs en relation avec l'alimentation : les condensateurs situés avant le convertisseur de tension et les condensateurs situés à sa sortie. Les condensateurs placés en aval du convertisseur de tension sont reliés en parallèle avec l'alimentation du module Wifi, assurant la stabilisation de la tension de sortie et réduisant sa chute durant la transmission des paquets. L'utilisation de condensateurs de fortes valeurs assure une variation lente de la tension d'alimentation du chip. Par ailleurs, la tension aux bornes de ces condensateurs correspond à la tension d'alimentation du circuit intégré.

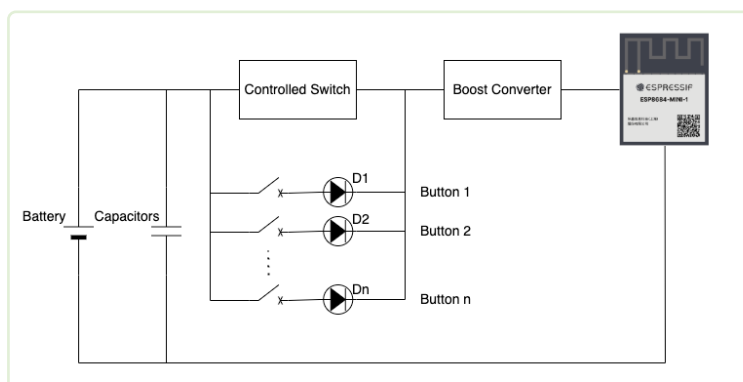


Figure 2. Vue simplifiée du schéma de circuit du commutateur à pile bouton.

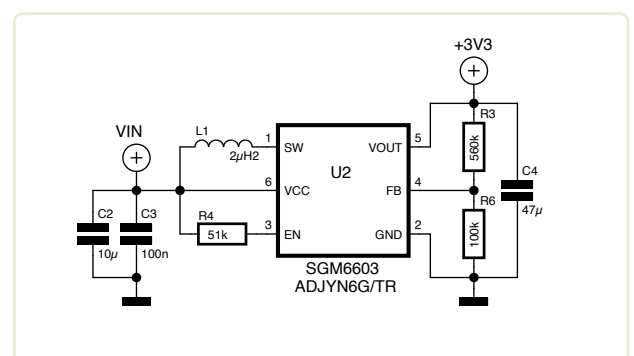


Figure 3. La puce boost SGM6603 offre une tension d'entrée minimale de 0,9 V et un courant de commutation maximal de 1,1 A.

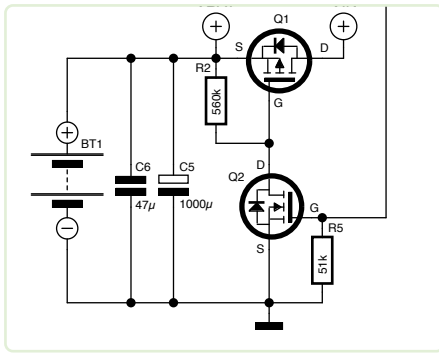


Figure 4. Le circuit intègre un commutateur de commande de puissance composé de deux MOSFET.

Lorsque le chip Wifi est alimenté, les condensateurs sont chargés, lorsque le chip n'est plus alimenté, les condensateurs sont totalement déchargés. Toutefois, l'utilisation de condensateurs de valeur trop élevée, peut diminuer l'efficacité globale du circuit. Il est essentiel de rechercher un compromis entre la valeur des condensateurs et l'efficacité du système.

Les condensateurs en amont du convertisseur de tension sont reliés en parallèle avec la pile. Ils ont pour rôle principal la réduction des pics de courant fourni par la pile. Durant les périodes où l'intensité est élevée, les condensateurs deviennent la source principale d'alimentation, alors que durant les périodes de faible consommation, la pile devient la source principale, assurant la charge des condensateurs. Lorsque le convertisseur de tension n'est pas opérationnel, la faible consommation résiduelle du circuit est due au courant de fuite de ces condensateurs. Si l'on considère le volume et le courant de fuite, les condensateurs électrolytiques solides ou à l'aluminium sont un excellent choix. Par exemple, un condensateur électrolytique solide de 1 000  $\mu\text{F}$  présente un courant de fuite typique d'environ 1  $\mu\text{A}$  sous une tension de 3 V.

### Conception de la commande d'alimentation

Pour les applications dans lesquelles la durée de vie opérationnelle des dispositifs se mesure en années, le courant de veille (courant de fuite) lorsqu'ils ne fonctionnent pas devient un facteur prépondérant affectant l'autonomie globale de l'appareil. Pour répondre à cette préoccupation, le circuit comprend un interrupteur d'alimentation contrôlé, constitué de deux transistors MOSFET (figure 4). Ce circuit permet au chip d'assurer ou rompre la connexion de la pile, en déconnectant effectivement l'alimentation du module de transmission RF lorsque le dispositif n'est pas utilisé. Les deux MOSFET sont des commutateurs

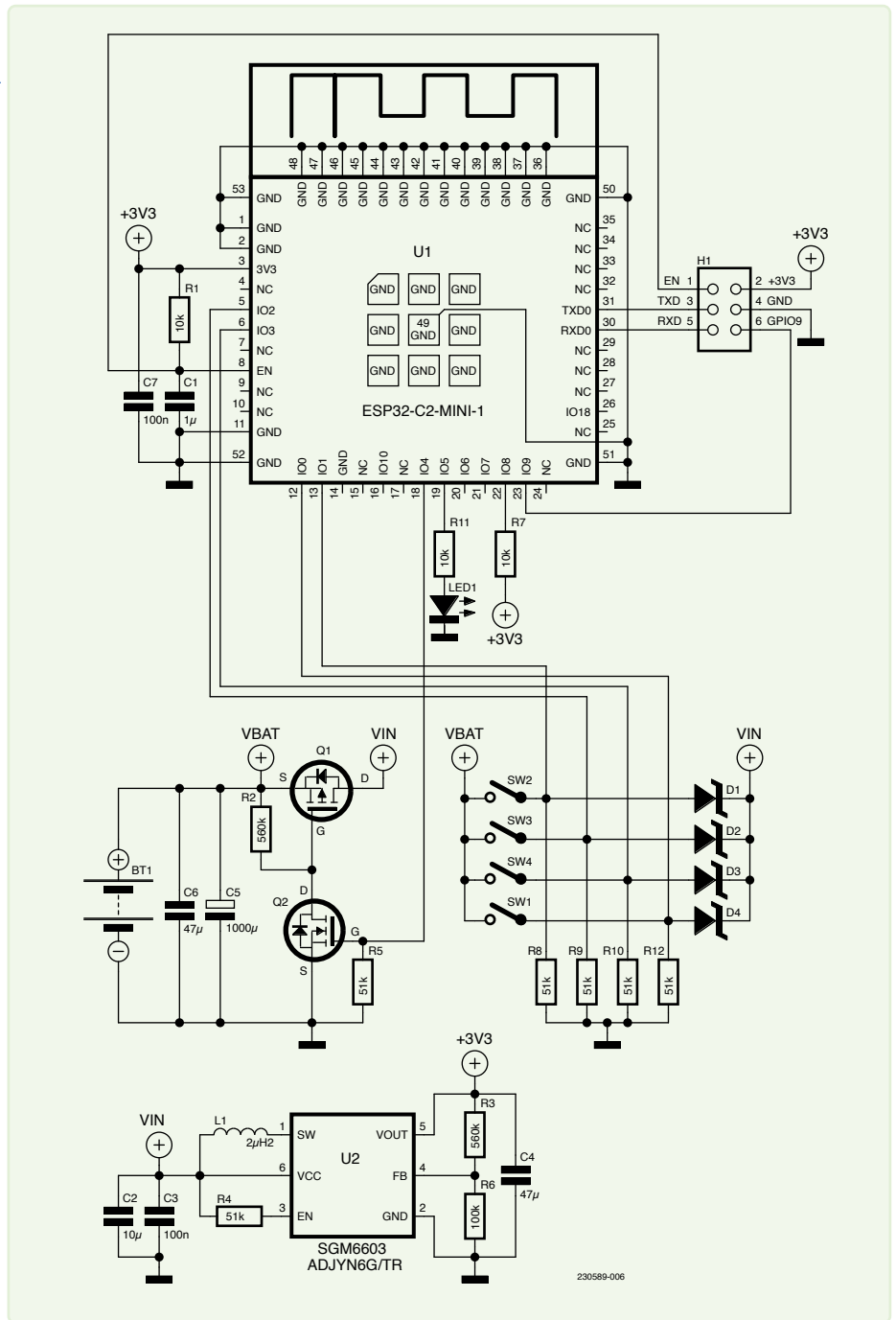


Figure 5. Schéma du dispositif commutateur à pile bouton.

électroniques capables de supporter des courants et des tensions élevés. Le circuit complet est illustré dans la figure 5. Lorsque l'appareil doit être allumé, un bouton est pressé, fournissant un chemin conducteur pour alimenter la puce. En même temps, la puce utilise l'échantillonnage de tension ADC pour identifier quel bouton a été pressé. L'utilisation de ce circuit de commande de l'alimentation permet d'obtenir un contrôle énergétique efficace, réduisant toute consommation inutile durant les périodes d'inactivité, prolongeant ainsi la durée de vie de la pile de l'appareil. En déconnectant totalement l'alimentation du module radiofréquence, en dehors des périodes

d'utilisation, le courant de veille du dispositif est minimisé, optimisant sa longévité dans diverses applications. En plus des composants cités, le circuit comprend également l'ESP32-C2 et les voyants à LED.

### Optimisation du logiciel

Le processus d'initialisation d'un dispositif Wi-Fi nécessite plusieurs étapes depuis la mise sous tension jusqu'à l'établissement de la transmission. Nous avons réalisé une analyse profonde de chacune de ces étapes et de la durée de leur accomplissement. Par défaut, le démarrage du chip comprend l'amorçage (boot), l'initialisation du Wifi et le démarrage du Wifi. Le chargement initial est le processus le plus long, et



**Tableau 1. Consommation d'énergie avant la mise en œuvre de l'optimisation.**

Opération	Durée (ms)	Puissance Moyenne (mW)	Consommation d'énergie (mJ)
Boot	490,7	50,8	24,9
Wi-Fi Init	162,5	59,6	9,68
Wi-Fi Start	51,3	263,0	13,5

**Tableau 2. Consommation d'énergie après la mise en œuvre de l'optimisation.**

Opération	Durée (ms)	Puissance Moyenne (mW)	Consommation d'énergie (mJ)
Boot	34,1	42,6	1,45
Wi-Fi Init	3,44	68,1	0,23
Wi-Fi Start	7,93	104,5	0,83

et adéquate. En optimisant la flexibilité du contrôle de l'alimentation et une conception innovante du matériel, cette solution Wifi alimentée par une simple pile bouton facilite la communication avec les autres dispositifs équipés de chips ESP. Dans nos projets futurs, nous avons l'intention d'intégrer cette technologie dans les standards Matter (précédemment connu comme Project CHIP), permettant un contrôle facile de multiples appareils alimentés par des sources conventionnelles.

Ce commutateur alimenté par pile bouton est une solution améliorant l'applicabilité et l'efficacité des applications du monde de la Domotique et de l'IdO. De par sa conception optimisée et l'efficacité de son contrôle énergétique, il procure une solution domotique durable et fiable. ◀

240375-04

le démarrage du Wifi celui qui consomme le plus d'énergie. Afin de réduire l'énergie consommée, nous pouvons effectuer les optimisations suivantes :

1. Désactivation des enregistrements : nous avons désactivé les sorties d'enregistrement pour minimiser le temps d'exécution et la consommation d'énergie pendant le chargement initial et le fonctionnement normal. Les configurations correspondantes sont :

- > `CONFIG_BOOT_ROM_LOG_ALWAYS_OFF=y`
- > `CONFIG_BOOTLOADER_LOG_LEVEL_NONE=y`
- > `CONFIG_LOG_DEFAULT_LEVEL_NONE=y`

2. Activation de l'optimisation de la compilation. Les configurations correspondantes sont :

- > `CONFIG_BOOTLOADER_COMPILER_OPTIMIZATION_PERF=y`
- > `CONFIG_COMPILER_OPTIMIZATION_PERF=y`

3. Vérification flash : nous avons désactivé la vérification de la mémoire flash celle-ci n'étant pas essentielle pour cette application. La configuration correspondante est :

- > `CONFIG_BOOTLOADER_SKIP_VALIDATE_ALWAYS=y`

4. Informations de calibration Wifi : afin d'éviter de trop fréquentes calibration Wifi, nous avons sauvegardé les informations de calibration dans la mémoire non volatile (NVS) défini la calibration à *none*. La configuration correspondante est :

- > `CONFIG_ESP_PHY_RF_CAL_NONE=y`

5. Étant donné que l'ESP32-C2 prend en charge le mode flash QIO, il est possible

de l'activer. Ce mode peut presque doubler la vitesse de chargement ou d'exécution du code depuis la mémoire flash, comparativement au mode DIO par défaut. L'impact sur le temps de démarrage sera d'autant plus significatif que la taille du micrologiciel est importante. La configuration associée est la suivante :

- > `CONFIG_ESPTOOLPY_FLASHMODE_QIO=y`

Observez les résultats sur les **tableaux 1** et **2**. Ayant implémenté ces optimisations dans l'application ESP-NOW *coin\_cell\_demo* [1], nous avons pu réduire la consommation moyenne durant le processus d'initialisation de 48.1 mJ à 2.51 mJ. Par ailleurs, le temps d'initialisation a diminué, passant de 704.5 ms à 45.5 ms.

Dans la démonstration du commutateur à pile, nous avons non seulement optimisé les configurations, mais également placé l'application en mode veille légère pendant 30 ms avant chaque transmission. Comme mentionné dans la sélection sur les condensateurs, il y a des condensateurs connectés en parallèle à la pile. En mode veille, la pile devient la principale source d'énergie et sert à charger les condensateurs. Une période de charge de 30 ms permet de recharger presque entièrement les condensateurs, les préparant ainsi à fournir l'énergie nécessaire pour la transmission suivante. Cette méthode renforce significativement la fiabilité du fonctionnement du logiciel.

## Conclusions

Le commutateur alimenté par pile bouton muni d'un ESP32-C2 apporte une solution de contrôle de dispositifs connectés souple

## À propos des auteurs

Zhang Wei est ingénieur d'application chez Espressif Systems. Ingénieur chevronné en développement logiciel ayant une expérience de plus de dix ans dans les systèmes embarqués, les réseaux sans fil et le développement IdO, il aime apporter des solutions simples et claires aux problèmes. Diplômé en ingénierie électronique et informatique, il est titulaire d'un Master en « knowledge engineering » de l'université d'état de Singapour. Il a enrichi son expérience en étant employé chez STMicroelectronics, Greenwave Systems et Domarka Digital. En dehors de ses occupations professionnelles, Zhang Wei aime le football et les voyages.

## Questions ou commentaires ?

Contactez librement l'auteur (zhang.wei@espressif.com) ou l'équipe éditoriale d'Elektor (redaction@elektor.fr).



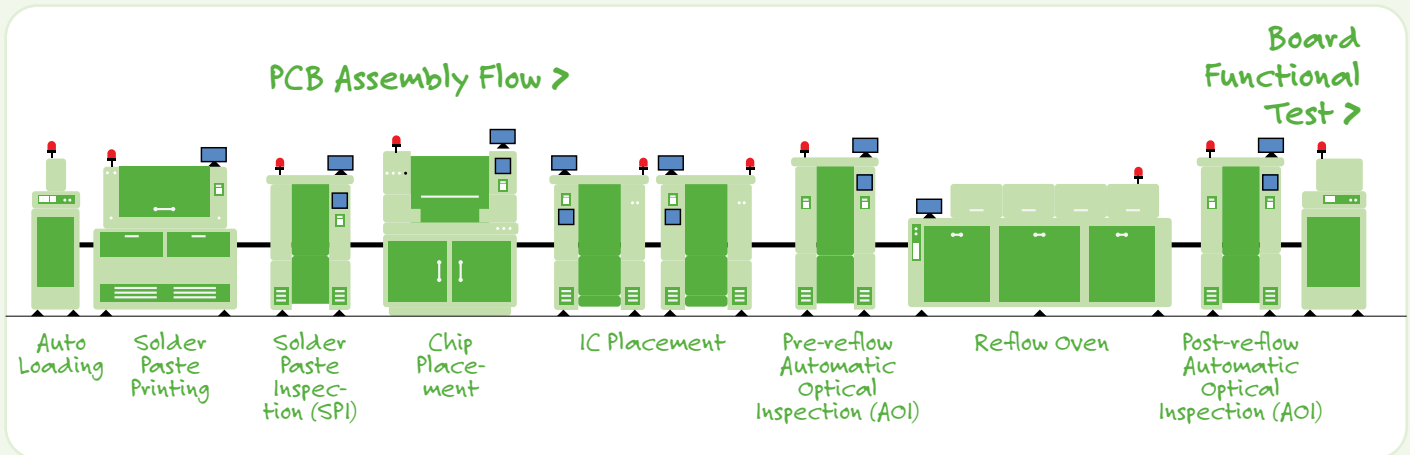
## Produits

- > **Gamme de produits ESP32 d'Espressif**  
[www.elektor.fr/espressif](http://www.elektor.fr/espressif)

## LIEN

- [1] Démonstration : ESP Now coin\_cell\_demo [GitHub] : <https://tinyurl.com/esp-now-coin-cell>

## Processus d'assemblage SMT



L'assemblage SMT (technologie de montage en surface) est un processus multi-étapes qui nécessite une précision extrême, une automatisation avancée, et des contrôles de qualité rigoureux. Les étapes principales du procédé d'assemblage SMT incluent [1][2] :

- > Application de la pâte à braser
- > Inspection de la pâte à braser (SPI)
- > Report des composants
- > Inspection optique automatisée avant reflux (AOI)
- > Inspection du premier article (FAI)
- > Brasage par refusion
- > Inspection optique automatisée après refusion (AOI)
- > Inspection et essais

## Tendances de l'industrie des CMS

L'industrie CMS est en pleine transformation, stimulée par la demande croissante pour des appareils électroniques toujours plus compacts, performants et efficaces. Voici quelques tendances [1] prometteuses qui dessinent l'avenir du secteur des CMS :

- > **Miniaturisation et boîtiers compacts** : Priorité aux designs réduits avec des boîtiers à l'échelle de la puce (CSP), et au niveau de la plaquette (WLP) et des technologies novatrices d'encapsulation sur tranches pour augmenter la densité des composants.
- > **Boîtiers 3D et vias traversant le silicium (TSV)** : Exploration de boîtiers 3D avancés, incluant la technologie TSV (Through Silicon Via) pour superposer verticalement plusieurs puces, minimisant l'empreinte et améliorant l'intégrité du signal
- > **Technologies d'interconnexion haute densité** : Développement de substrats à trace intégrée et de boîtiers au niveau de la plaquette en éventail (FO-WLP) pour des interconnexions plus fines et des densités d'E/S accrues.
- > **Matériaux et substrats avancé** : Études sur des matériaux comme les substrats à faible perte et flexibles, pour une meilleure intégrité du signal et une réduction des interférences électromagnétiques, ainsi que sur des substrats extensibles pour l'électronique portable.
- > **Industrie 4.0 et fabrication intelligente** : Intégration des principes de l'Industrie 4.0 et des technologies de fabrication intelligente telles que l'IdO, l'analyse de big data et l'IA, visant l'optimisation des processus, l'amélioration de la qualité et l'accroissement de l'efficacité des lignes d'assemblage SMT.

*Miniaturization and Smaller Packages*

*New High-Density Interconnect Technologies*

*Industrial 4.0 and Smart Manufacturing*

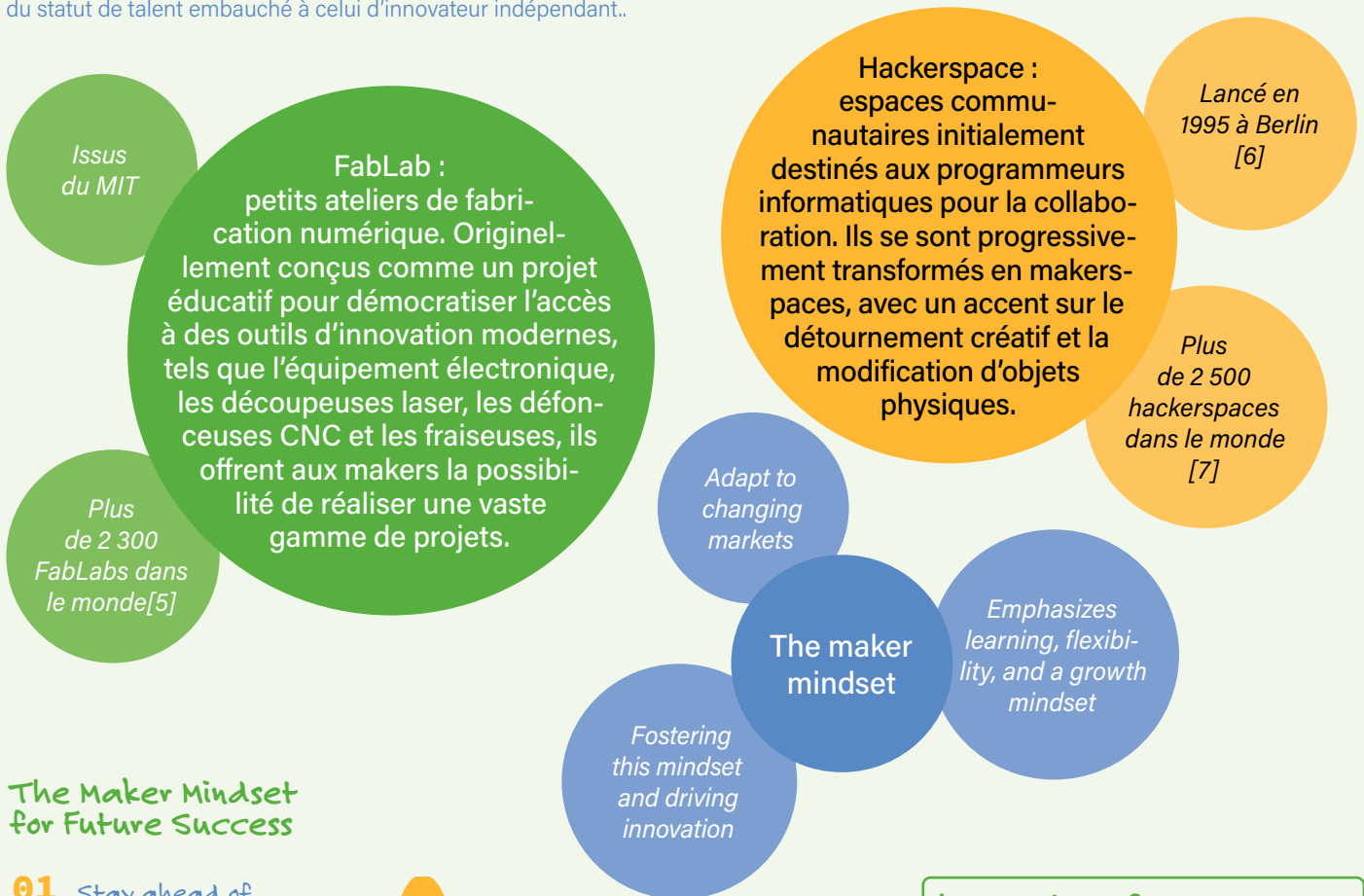
*3D Packaging and Through Silicon Via (TSV)*

*Advanced Materials*

# Le mouvement des makers : des innovateurs et des bricoleurs unis

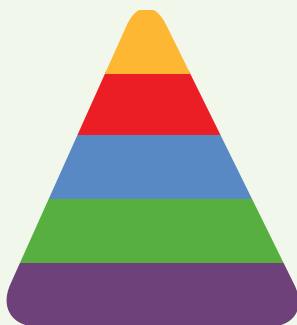
Au cours des dernières années, le paysage entrepreneurial a été profondément transformé par l'émergence du mouvement des *makers*, symbolisant un glissement vers la création pratique et la collaboration. Les entrepreneurs tirent parti des technologies de l'Industrie 4.0 pour passer du statut de talent embauché à celui d'innovateur indépendant.

Les *makers* se rassemblent fréquemment dans des espaces collaboratifs appelés *makerspaces*. Ces lieux offrent un accès à des outils partagés, permettant d'apprendre mutuellement et de collaborer sur divers projets [4]. Les makerspaces existent sous différentes formes, y compris :



## The Maker Mindset for Future Success

- 01 Stay ahead of the curve
- 02 Foster a culture of continuous learning
- 03 Embrace failure as a learning opportunity



- 04 Encourage collaboration and diversity of ideas
- 05 Be adaptable and agile

### Les avantages ?

Ce mouvement défie les industries traditionnelles en permettant aux *makers* de concevoir des produits personnalisés à une fraction du coût des alternatives de masse. Par exemple, dans le secteur des soins de santé personnalisés, les *makers* développent des dispositifs médicaux portables et économiques, offrant aux individus la possibilité de surveiller leur santé de manière autonome.

## LIENS

- [1] What is SMT Assembly?: <https://www.pcbelec.com/what-is-smt-assembly.html>
- [2] The SMT Assembly Process: <https://www.surfacemountprocess.com/>
- [3] FasterCapital, "The Future of Maker Entrepreneurship: Trends and Opportunities," 2024: <https://tinyurl.com/Maker-Trends>
- [4] What is a Makerspace?: <https://www.makerspaces.com/what-is-a-makerspace/>
- [5] The Fab Foundation: <https://fabfoundation.org/>
- [6] C-Base, Berlin: <https://www.c-base.org/>
- [7] List of Hacker Spaces: [https://wiki.hackerspaces.org/List\\_of\\_Hacker\\_Spaces](https://wiki.hackerspaces.org/List_of_Hacker_Spaces)

# l'évolution et l'avenir de **SnapMagic** dans le domaine de la **conception** **électronique assistée** **par l'IA**



*Natasha Baker, fondatrice et PDG de SnapMagic.*

**Questions posées par  
Brian Tristam Williams (Elektor)**

En 2018, nous avons eu le plaisir d'interviewer Natasha Baker, en discutant de la création de SnapEDA, de sa bibliothèque de composants innovante pour la conception de circuits imprimés, et des défis et des réussites liés à la création d'une startup à partir de zéro. Aujourd'hui, six ans plus tard, nous sommes ravis d'entendre parler des avancées remarquables et d'évolution future de SnapMagic.

**Brian Tristam Williams :** C'est un plaisir de vous retrouver après presque six ans. Le slogan de SnapMagic est « Your AI Copilot for Electronics Design ». L'IA est un mot à la mode de nos jours. Cela a-t-il toujours été votre devise ?

**Natasha Baker :**

C'est vrai, notre devise était à l'origine de créer ce que nous appelions le « Google des concepteurs électroniques ». J'ai une formation en génie électrique et, dans le domaine de la conception électronique, il y a tellement de données dont vous avez besoin, comme les symboles, les empreintes, les modèles 3D, les fiches techniques, les

prix, et les disponibilités. Notre objectif premier était de créer le premier moteur de recherche pour les concepteurs en électronique, un endroit où les ingénieurs pourraient trouver toutes les données dont ils ont besoin, pour chaque élément de leur conception.

**Brian :** Vous avez commencé par vous appeler SnapEDA, mais votre nouveau nom, SnapMagic, est beaucoup plus accrocheur. Quelles sont les motivations qui vous ont poussé à changer de nom ? Quelle est sa nouvelle orientation stratégique ?

**Natasha :** Absolument. Le changement de nom reflète notre vision élargie, qui consiste à donner vie à notre nouvel assistant IA pour la conception électronique. Notre mission a toujours été d'aider les ingénieurs à concevoir des produits électroniques plus rapidement et à donner vie à de nouveaux produits. Au départ, nous nous sommes focalisés sur la création d'un moteur de recherche pour les concepteurs en électronique. Mais nous avons réalisé au fil des ans que nous pouvions associer ces données à l'intelligence artificielle, pour automatiser et assister les ingénieurs tout au long du processus de conception, et pas seulement lors de la sélection des pièces. Notre nouveau produit, SnapMagic Copilot, intègre nos valeurs fondamentales : rendre les choses rapides et transparentes pour les ingénieurs, en créant une expérience qui ressemble presque à de la magie.

**Brian :** Vous avez été un leader dans le domaine de la conception en intelligence artificielle avant que l'IA ne devienne une tendance aussi importante. Avez-vous

ressenti une certaine pression pour accélérer vos offres basées sur l'IA ?

**Natasha :** Les ingénieurs sont très enthousiastes à l'idée d'utiliser l'IA dans leur processus de conception. Nous avons mené des centaines d'appels et d'enquêtes de retour d'information, et l'étendue de l'aide que l'IA peut leur apporter est considérable. Nous ressentons vraiment la contrainte de mettre ce produit sur le marché. Nous avons commencé par nous concentrer sur l'intégration avec certains outils de circuits imprimés, en particulier Altium, qui représente environ 35 % de notre base d'utilisateurs. Les prochains outils sur notre feuille de route sont Autodesk Fusion, KiCad et Cadence.

**Brian :** En parlant de KiCad, qui est très présent dans la communauté Elektor, quelle est la place occupée par KiCad parmi vos utilisateurs ?

**Natasha :** KiCad détient une part importante, de l'ordre de 20 à 25 %. De nombreux ingénieurs commencent avec KiCad, en particulier dans les start-up ou les petites entreprises, et passent souvent à Altium lorsqu'ils évoluent pour obtenir des capacités plus importantes.

**Brian :** J'ai déjà conçu un circuit imprimé en utilisant Tango PCB. Ils n'avaient pas tous les composants dont j'avais besoin, mais j'ai pris beaucoup de plaisir à réaliser moi-même chaque partie de la sérigraphie et des empreintes. Qu'est-ce qui vous a attiré au

départ dans ce type de processus de conception créative ?

**Natasha :** Ce qui me motivait, c'était de donner vie à mes idées. Je concevais un circuit imprimé pour une démonstration à National Instruments, en connectant une Nintendo Wii à un circuit imprimé personnalisé pour en faire un volant. Le manque de symboles et d'empreintes de composants disponibles me freinait. Ce qui aurait dû prendre quelques heures a fini par prendre plusieurs jours en raison de la difficulté à trouver des données précises. Pour un ingénieur, ce processus est incroyablement frustrant et cette expérience a mis en évidence le besoin d'une source complète et fiable de données sur les composants.

**Brian :** Vous proposez de nombreuses ressources gratuites. Comment faites-vous pour garder votre société à flot tout en offrant tant de choses gratuitement ?

**Natasha :** Nous pensons qu'aider les ingénieurs, c'est aussi aider les fournisseurs de composants. Notre plateforme permet à un plus grand nombre d'ingénieurs d'utiliser les produits de nos partenaires, qui sont fournisseurs de composants. Nous avons été rentables pendant longtemps, en nous appuyant sur nos revenus jusqu'à récemment, lorsque nous avons levé du capital-risque pour investir dans la croissance. Ce qui est très important, et j'ai dû insister lourdement sur ce point, c'est que nous ne vendons les données personnelles de personne. Au contraire, nous nous concentrons sur la réussite de l'ingénieur, qui à son tour assure le succès du fournisseur.

**Brian :** Votre bibliothèque de composants fiables et vérifiés est l'un des éléments qui vous différencient des autres. Comment garantissez-vous la qualité et la cohérence des données au fur et à mesure que votre bibliothèque s'enrichit ?

**Natasha :** La qualité des données est cruciale pour la conception pilotée par l'IA. Nous disposons d'une équipe en ingénierie des composants, et de nombreuses technologies d'automatisation pour garantir l'exactitude des données. Nous suivons des directives de normalisation et avons reçu un brevet de l'Office américain des brevets et du commerce (U.S. Patent & Trade Office) pour notre technologie de vérification. Notre vérificateur sur le site Web de SnapMagic garantit que les modèles répondent à des normes élevées, telles que le placement correct de la sérigraphie et le mappage

correct des symboles. Nous avons également introduit des fonctions permettant de personnaliser les modèles, afin qu'ils correspondent aux normes des ingénieurs spécifiques en interne.

**Brian :** Six ans se sont écoulés depuis votre dernière interview avec Elektor. Depuis tout ce temps, quelle est la plus grande innovation ou le plus grand produit sur lequel vous avez travaillé ?

**Natasha :** La plus grande innovation est notre nouvel assistant en IA, SnapMagic Copilot. Ces dix dernières années, nous avons constitué une énorme base de données propriétaire de modèles fiables, et maintenant nous associons ces données à l'IA pour rationaliser le processus de conception. Il ne s'agit pas d'un changement de cap, mais d'une extension de notre mission, qui consiste à aider les ingénieurs à concevoir plus rapidement et plus efficacement.

**Brian :** Êtes-vous toujours basé dans la Silicon Valley ?

**Natasha :** Oui, nous avons décidé de doubler notre équipe dans la Silicon Valley cette année. Nous avons une équipe mondiale, mais nous nous concentrons sur le développement de notre équipe d'ingénieurs logiciels dans la baie de San Francisco.

**Brian :** Quelle a été votre première expérience dans la Silicon Valley ?

**Natasha :** Je suis immédiatement tombé amoureux de la Silicon Valley. Je suis venu ici pour le DesignCon ou le PCB West, et la complexité technique et la culture autour de la technologie étaient incroyables. Lorsque j'ai créé la société à Toronto, personne ne comprenait vraiment ma vision, ni ce qu'était l'EDA ou la CAO. Puis je suis retourné dans la Silicon Valley pour, je crois, l'entretien avec Y Combinator, et en descendant de l'avion, j'ai vu une énorme publicité pour Cadence, et je me suis dit : « Ce sont mes collaborateurs et c'est ici que je dois travailler ! »

**Brian :** Au cours des six dernières années, quel a été le défi ou l'expérience d'apprentissage le plus surprenant chez SnapMagic ?

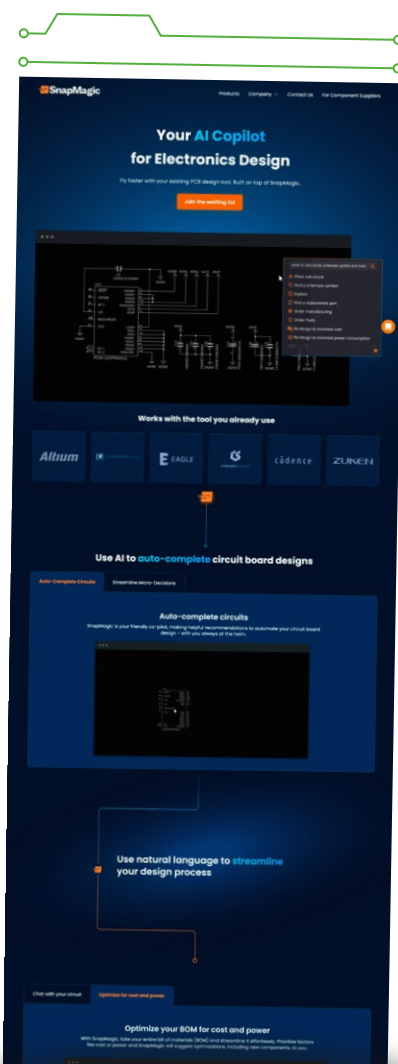
**Natasha :** L'aspect le plus difficile a été de partir de rien dans deux secteurs, comme la constitution d'une bibliothèque massive de modèles CAO précis, et l'instauration d'un climat de confiance avec les ingénieurs et les fournisseurs de composants. Nous avons dû

relever le défi de convaincre les ingénieurs de faire confiance aux bibliothèques de tiers, et de convaincre les fournisseurs de composants du rôle de la technologie numérique dans l'amélioration de la conception. Ce processus a été douloureux mais gratifiant, et aujourd'hui, nous entretenons d'excellentes relations tant avec nos utilisateurs qu'avec nos fournisseurs partenaires.

**Brian :** Vous avez assurément adopté une approche résolument « globale » pour faire connaître votre produit. Je suis heureux que nous ayons eu l'occasion de nous revoir six ans plus tard.

**Natasha :** Merci beaucoup de m'avoir donné l'occasion de m'exprimer. J'en suis très reconnaissante. **K**

VF : Laurent Rauber — 240366-04



Le site internet de SnapMagic.

## LIEN

[1] SnapMagic: <https://snapmagic.com>

# e-choppe Elektor

## des produits et des prix surprenants

L'e-choppe Elektor a évolué. D'abord simple commerce de proximité pour nos productions (livres, magazines, kits et modules), c'est désormais une boutique en ligne bien rodée

qui propose des produits surprenants à des prix très étudiés. Ce sont les produits que nous aimons et testons nous-mêmes. Si vous avez une suggestion, n'hésitez pas : [sale@elektor.fr](mailto:sale@elektor.fr).



### Aoyue Int 866 (3-en-1) Station à air chaud pour CMS

Aoyue Int 866 est une station de retouche 3-en-1 contrôlée par microprocesseur, conçue pour répondre à tous vos besoins en matière de réparation et de brasage. Elle combine un pistolet à air chaud, un fer à souder, un préchauffeur et un capteur externe, ainsi qu'un support de pistolet à air chaud intégré dans un ensemble complet.

Prix : ~~199,95 €~~

**Prix spécial : 159,95 €**

[www.elektor.fr/20783](http://www.elektor.fr/20783)

### Pironman 5 Mini PC Boîtier pour Raspberry Pi 5



Améliorez votre Raspberry Pi 5 avec le Pironman 5, construit en aluminium robuste, avec un refroidissement supérieur, un support SSD NVMe M.2, un écran OLED, un éclairage RVB, des ports HDMI standard x2 et un interrupteur d'alimentation sécurisé. Il est parfait pour les NAS, Home Assistant, Media et Game Centers. Le Pironman 5 n'est pas seulement un boîtier ; il s'agit d'une mise à niveau qui transforme votre Raspberry Pi 5 en un appareil puissant, efficace et élégant.

Prix : 74,95 €

**Prix (membres) : 67,46 €**

[www.elektor.fr/20916](http://www.elektor.fr/20916)



## Arduino Plug and Make Kit



Prix : 94,95 €

**Prix (membres) : 85,46 €**

[www.elektor.fr/20920](http://www.elektor.fr/20920)

## The Analog Thing (THAT) L'ordinateur analogique

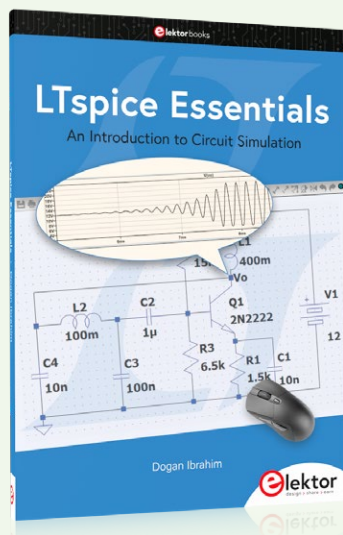


Prix : 499,00 €

**Prix (membres) : 449,10 €**

[www.elektor.fr/20918](http://www.elektor.fr/20918)

## LTspice Essentials

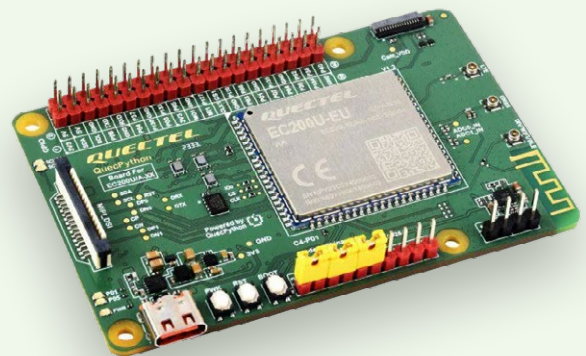


Prix : 34,95 €

**Prix (membres) : 31,46 €**

[www.elektor.fr/20907](http://www.elektor.fr/20907)

## Carte de développement QuecPython EC200U-EU C4-P01



Prix : 69,95 €

**Prix (membres) : 62,96 €**

[www.elektor.fr/20894](http://www.elektor.fr/20894)

# thermostat analogique simple

un circuit compact et fiable basé sur une CTN

Giuseppe La Rosa (Italie)

Avez-vous besoin de réguler avec précision la température de l'un de vos appareils ? Ce thermostat fiable, équipé d'une thermistance, offre une plage de réglage de 0°C à 60°C. Il est idéal pour un contrôle optimal de la température dans les aquariums, les terrariums, les chaudières et bien d'autres applications encore.

Ce circuit analogique compact vous permet de contrôler divers types de charges externes via des contacts isolés NO-NC (Normalement Ouverts, Normalement Fermés) d'un relais. Cela vous offre la possibilité de gérer des appareils de chauffage via la connexion NC ou, en inversant la logique, de réguler le refroidissement à l'aide de ventilateurs ou de systèmes de climatisation via la connexion NO.

## Schéma du circuit

Le montage du thermostat représenté dans la **figure 1** comprend l'amplificateur opérationnel IC1, utilisé comme comparateur, pour détecter la différence de tension entre la broche 3 (entrée non inverseuse) reliée au capteur CTN connecté au bornier X1, et la broche 2 (entrée inverseuse) alimentée par

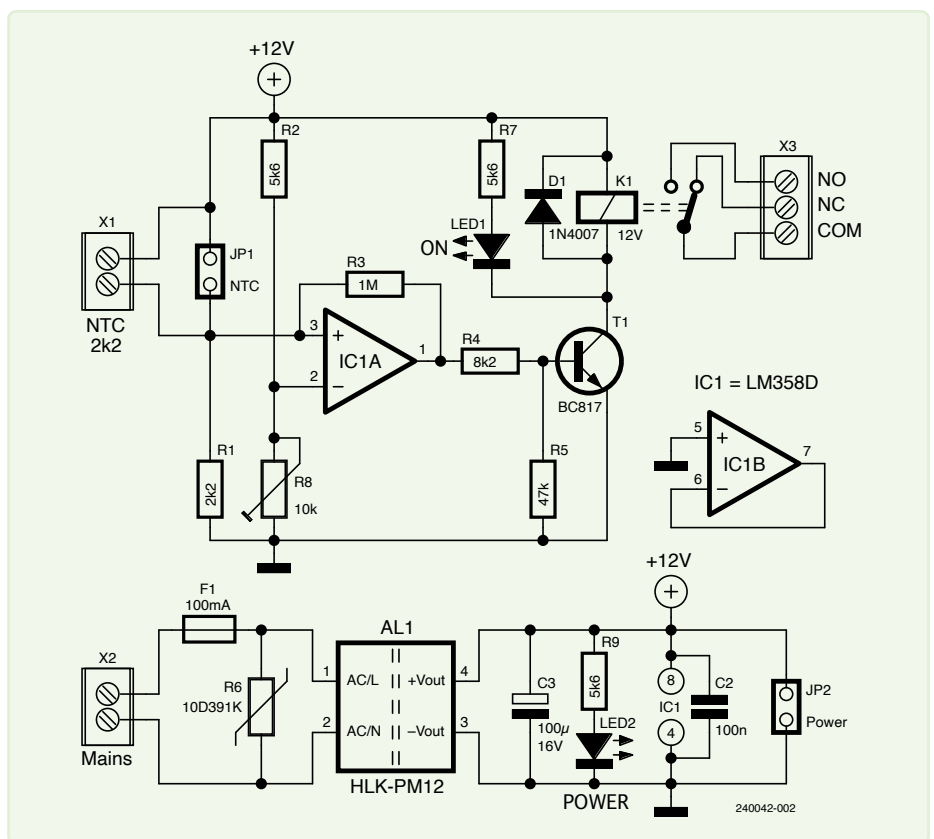


Figure 1. Schéma du projet.

un diviseur de tension composé de R2 et R8. Le trimmer R8 permet d'ajuster la tension de référence à la broche 2, permettant ainsi de régler la température à laquelle le thermostat s'active.

Les thermistances à coefficient de température négatif (CTN) se caractérisent par une diminution de leur résistance à mesure que la température augmente. Employées dans une vaste plage de températures, de -100°C

à 450°C, elles sont particulièrement prisées pour leur haute sensibilité et temps de réponse court.

Leur courbe de transfert montre des variations exponentielles qui peuvent être pseudo-linéarisées en connectant une résistance de polarisation en série, comme réalisé dans ce projet. Ce comportement peut encore être affiné en intégrant des résistances en parallèle avec la CTN [1].



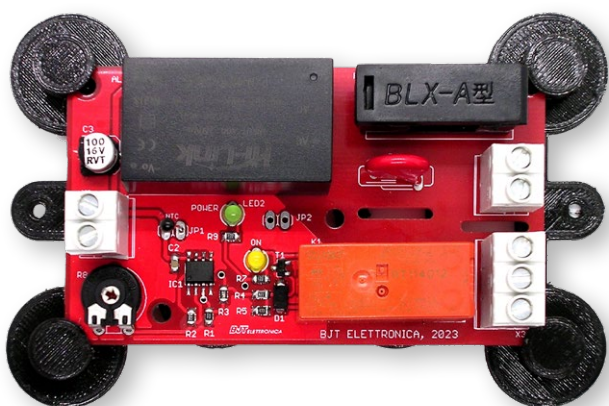


Figure 2. Le prototype terminé, avec la CTN soudée sur JP1.

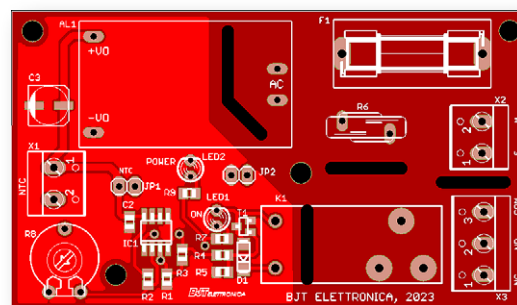


Figure 3. Sérigraphie du circuit imprimé. Les quatre fraisages destinés à renforcer l'isolation entre la section de tension secteur et la zone de basse tension du circuit sont bien visibles.

Dans ce projet, nous avons utilisé une CTN avec une valeur nominale de 2,2 k $\Omega$  à 25°C. Pour obtenir une réponse pseudo-linéaire, nous avons connecté la CTN en série avec la résistance R1, créant ainsi un diviseur de tension. En pratique, lorsque le capteur CTN est soumis à une température supérieure à 25°C, sa résistance interne diminue, entraînant une augmentation de la tension sur la broche 3.

Lorsque la tension sur la broche 3 dépasse la tension sur la broche 2, la sortie sur la broche 1 de l'ampli-op passe au niveau logique 1. Cela provoque la saturation du transistor T1 et active le relais K1. S'il s'avère difficile de trouver une CTN de 2,2 k $\Omega$ , il est possible d'utiliser un composant de valeur proche (à 25°C) et de substituer la résistance R1 par une autre de valeur équivalente.

Le trimmer R8 permet de régler le seuil de commutation d'IC1. La résistance R3, connectée entre la broche 3 et la broche 1 de IC1, détermine l'hystérésis, qui correspond à la plage de tolérance ( $\Delta t$ ) autour du point de commutation. Sans hystérésis, lorsque la température du capteur se situe autour de la température de commutation sans la dépasser, le relais K1 pourrait commuter en continu, ce qui provoquerait une usure des contacts et un éventuel dysfonctionnement de l'appareil contrôlé.

La présence de R3 assure que la transition entre l'état de repos et l'état actif ne se fait que lorsque la température dépasse légèrement le seuil de commutation, éliminant ainsi toute incertitude lors de la commutation.

L'ampli-op IC1B, qui n'est pas utilisé, est configuré en suiveur de tension à vide. L'entrée non inverseuse sur la broche 5 est connectée à la

masse. Cette configuration permet de minimiser le bruit et de garantir le bon fonctionnement du circuit.

L'alimentation du circuit est fournie par le module d'alimentation AL1 du circuit imprimé, mais il est également possible d'utiliser une source externe sans avoir à installer ce composant sur le circuit imprimé.

### Circuit imprimé

Comme illustré sur le prototype fini de la **figure 2**, monté sur des supports imprimés en 3D, notre circuit est principalement constitué de composants montés en surface (CMS), le reste étant des composants traversants. La construction de la carte reste simple, même si les composants CMS exigent une attention particulière lors du placement et de la soudure.

La carte utilisée est double face avec des trous traversants, et elle doit être assemblée en suivant la sérigraphie présentée dans la **figure 3**. Si vous utilisez le thermostat pour réguler la tension de la ligne AC, il est également nécessaire de réaliser les fraisages indiqués en noir sur cette même image, afin de renforcer l'isolation entre la tension du secteur et la section basse tension du circuit.

L'assemblage d'un circuit nécessite des outils spécifiques pour placer les composants CMS, ainsi qu'une bonne dextérité manuelle. Le fer à souder doit être de préférence à pointe très fine et d'une puissance maximale de 12 W. L'utilisation d'une station de soudure pour CMS est recommandé. L'épaisseur du fil d'étain ne doit pas dépasser 0,5 mm. Les plans du circuit imprimé, y compris le fichier *.stl* pour les supports imprimables en 3D, peuvent être téléchargés à l'adresse [2].



### Liste des composants

#### Résistances (SMD 0805)

- R1 = 2,2 k $\Omega$
- R2 = 5,6 k $\Omega$
- R3 = 1 M $\Omega$
- R4 = 8,2 k $\Omega$
- R5 = 47 k $\Omega$
- R6 = varistor 10D391K
- R7, R9 = 1,2 k $\Omega$
- R8 = PT10 trimmer 10 k $\Omega$
- NTC = thermistance 2,2 k $\Omega$  (25°C)
- Condensateurs
- C1 = Non utilisé (voir texte)
- C2 = 100 nF (SMD 0805)
- C3 = 100  $\mu$ F 16 V (SMD 6X5)

#### Semi-conducteurs

- D1 = diode M7
- T1 = Transistor BC817 (SOT-23)
- IC1 = LM385D (TSSOP)
- LED1 = jaune, 3 mm, (traversant)
- LED2 = verte, 3 mm, (traversant)

#### Divers

- K1 = relais 12 V, RT114012
- F1 = 500 mA T 5x20 fusible avec porte-fusible
- X1, X2 = bornier à vis à 2 pôles
- X3 = bornier à vis à 3 pôles
- AL1 = Module d'alimentation HLK-PM12

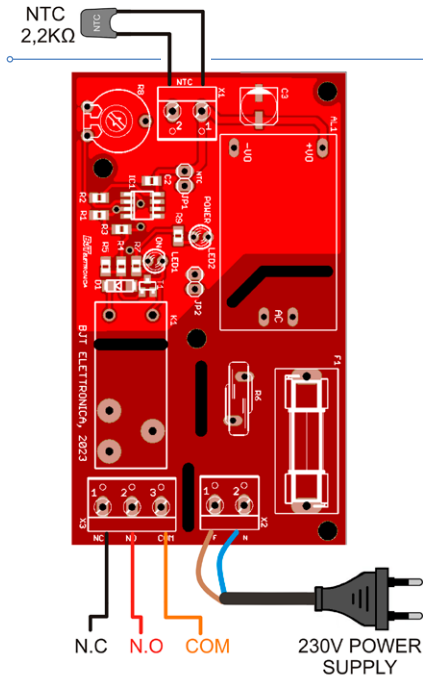


Figure 4. Le schéma de câblage de base du thermostat. Les contacts COM-NO sont utilisés pour contrôler un appareil de chauffage, tandis que les contacts COM-NC peuvent contrôler un système de refroidissement.

## Assemblage et test

Vous pouvez commencer par placer IC1 en veillant à respecter son orientation, puis soudez les broches une par une, en alternant les rangées. Ensuite, procédez à la soudure des résistances et les condensateurs céramiques. Pour finir, placez la diode D1, le transistor T1, et les condensateurs électrolytiques C2 et C3.

*Veillez noter qu'en raison d'une erreur lors de la phase de déploiement du PCB, la numérotation des composants pour les condensateurs commence à 2 ; par conséquent, il n'y a pas de C1 sur la carte. Inutile de le chercher !*

À ce stade, on peut passer à l'assemblage des traversants. Insérez les diodes LED1 et LED2, puis les borniers à vis X1, X2 et X3, le porte-fusible F1, l'alimentation AL1, et enfin le trimmer R8 et la varistance R6.

Veillez noter que les fils de la CTN peuvent être connectés soit aux pastilles JP1, soit au bornier à vis X1, dont les contacts sont connectés en parallèle sur le circuit imprimé. De plus, l'un ou l'autre de ces points de connexion peut servir à ajouter une résistance de



Figure 5. Côté soudure du circuit imprimé, avec les pistes épaissies visibles dans le coin inférieur droit. Cela permet de contrôler des charges plus élevées sans chauffer les pistes en cuivre.

compensation en parallèle avec la CTN, si une courbe de linéarisation spécifique est requise. Une fois l'assemblage terminé, vous pouvez passer aux tests. La **figure 4** montre le câblage nécessaire. Si vous connectez des charges à haute intensité aux pistes du circuit imprimé du relais menant au bornier X3, il est conseillé de renforcer ces pistes avec de l'étain, comme illustré dans le coin inférieur droit de la **figure 5**.

Pour le test, positionnez le trimmer R8 à un quart de sa capacité totale dans le sens des aiguilles d'une montre (CW) et alimentez la carte. La LED2 verte devrait s'allumer. En chauffant la thermistance CTN, la LED1 s'illuminera et vous entendrez également le relais K1 s'activer. Si tout fonctionne comme décrit, le circuit est opérationnel et prêt à être ajusté à la température de déclenchement souhaitée pour l'utiliser dans votre application. ◀

240042-04

## Questions ou commentaires ?

Envoyez un courriel à l'auteur (lrgelronic@hotmail.com) ou contactez Elektor (redaction@elektor.fr).



## À propos de l'auteur

Passionné par l'électricité depuis son plus jeune âge, Giuseppe La Rosa a obtenu en 2002 un diplôme en électronique et télécommunications à l'I.T.I.S. «G. Ferraris» d'Acireale, en Sicile. Par la suite, il s'est spécialisé dans l'étude des systèmes à microcontrôleurs, en se concentrant particulièrement sur les microcontrôleurs PIC et la plateforme open-source Arduino UNO. Au fil des années, il a conçu divers prototypes, dont plusieurs ont été publiés dans des magazines spécialisés en électronique. Actuellement, il se consacre à la mise en place de systèmes de sécurité (vidéosurveillance et alarmes anti-intrusion) ainsi qu'au développement de logiciels de gestion pour points de vente.



## Produits

- > **ZD-8922 Station à air chaud 2 en 1 pour composants CMS**  
[www.elektor.fr/20141](http://www.elektor.fr/20141)
- > **Andonstar AD210 10.1" Microscope numérique**  
[www.elektor.fr/20802](http://www.elektor.fr/20802)



## LIENS

- [1] Advanced Sensors - livre blanc d'Amphenol : <https://tinyurl.com/3sxcyx42>
- [2] Téléchargements : <https://elektormagazine.fr/240042-04>
- [3] Une courte vidéo sur YouTube : <https://youtu.be/RuZSwumMCJY>

# VOUS AVEZ DE LA CHANCE !



TÉLÉCHARGEZ  
GRATUITEMENT

Un abonné à l'e-zine ne manque jamais  
le mensuel «reverse project»

Vous n'êtes pas encore abonné ? Inscrivez-vous à  
notre e-zine gratuit à [elektormagazine.fr/ezine-24](https://elektormagazine.fr/ezine-24)

