

boucle d'oreille à LED

Faites tourner !

Pour vous prouver que nous n'avons pas laissé fantaisie et imagination sur le seuil de cette nouvelle année, voici une petite création qui vous permettra de faire la fête... en boucle !

**Philip Jaschewski,
Thijs Beckers &
Jaime González-
Arintero** (Elektor)

Caractéristiques

- boucle d'oreille pilotée par microcontrôleur, avec motifs lumineux programmables
- carte ronde et légère, avec 8 LED disposées de façon symétrique
- très basse consommation (12 mW avec les LED multiplexées)
- circuit utile pour d'autres conceptions

L'idée d'une boucle d'oreille à LED pilotée par microcontrôleur a surgi au détour d'une conversation anodine. Quand Philip Jaschewski, avant de commencer son stage au labo, est venu visiter les lieux avec sa petite amie, celle-ci m'a longuement parlé de son goût pour les boucles d'oreilles artisanales. Moi qui n'avais pas encore de projet de stage à soumettre à Philip, ça m'a mis la puce à... l'oreille. J'ai lui donc proposé de commencer son stage par un truc qui tape à l'œil de sa copine, une boucle d'oreille électronique à LED par exemple.

Ça tourne !

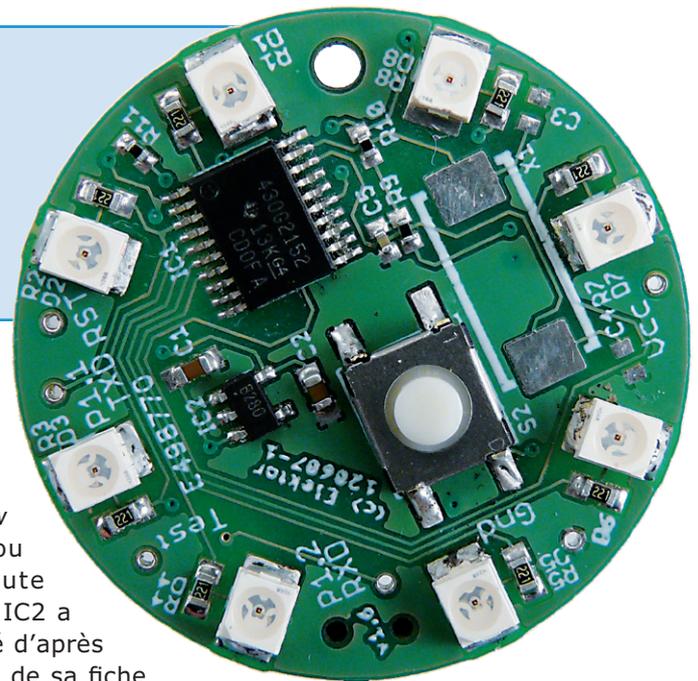
Puisqu'une image (surtout animée) vaut mille mots : regardez cette vidéo en ligne [1]. Pour faire court, l'interrupteur S1 met le dispositif sous tension, et le poussoir permet de choisir entre plusieurs modes de clignotement (selon votre humeur ou la musique !) Le microcontrôleur MSP430 contient quatre motifs de clignotement préprogrammés par défaut, mais vous pouvez reprogrammer vos propres motifs. Nous verrons le code plus bas, pour l'instant voyons ce qui fait briller le bijou.

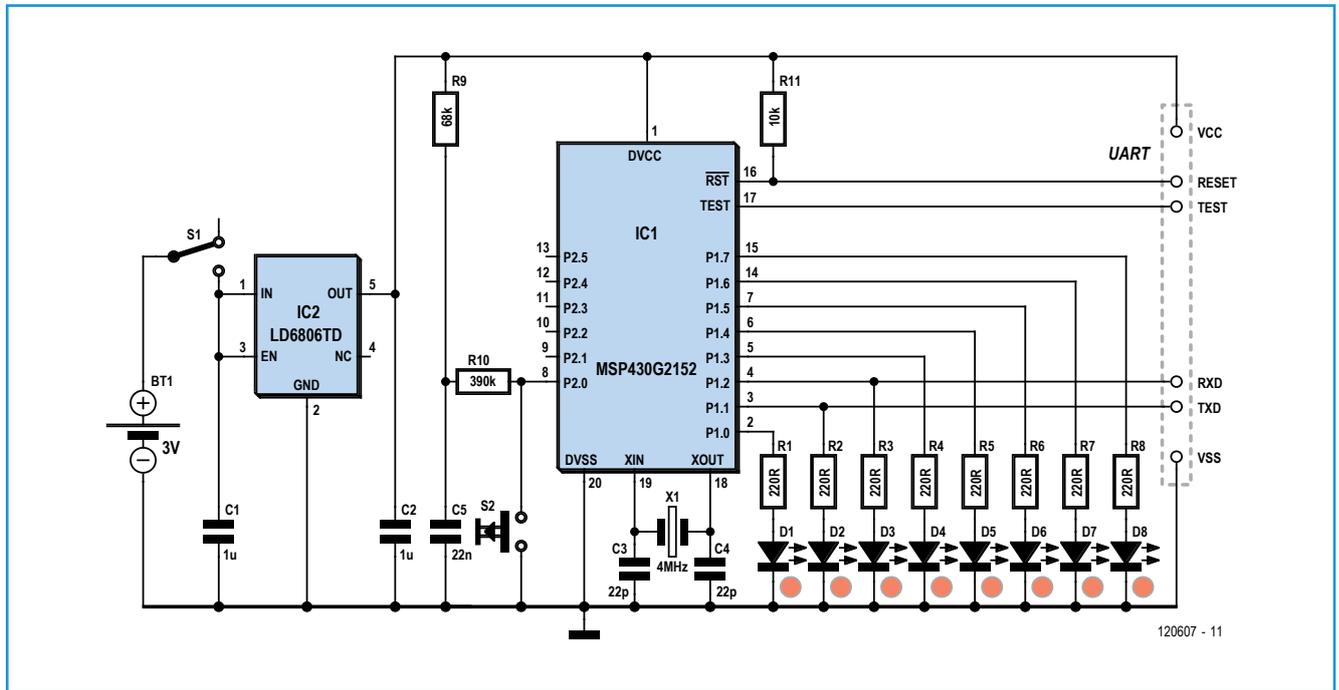
Un matériel élégant

Sur le schéma de principe de la boucle d'oreille à LED (**fig. 1**), partons de la gauche : la pile bouton fournit 3 V au cir-

cuit dès que S1 est fermé. Le régulateur LDO (*Low Drop Out*, ou à faible chute de tension) IC2 a été implanté d'après les schémas de sa fiche technique. Sa tension de déchet minimum de la sortie par rapport à l'entrée est de l'ordre de 0,1 V. La tension d'une pile neuve CR20xx vaut 3,6 V et environ 2,9 V en fin de vie. D'où le choix du régulateur LD6806TD/28H, dont la tension de sortie est de 2,8 V.

L'implantation du μC MSP430G2152 est sans surprise. X1 verrouille sa fréquence de l'horloge sur 4 MHz, mais ce quartz peut être omis si vous utilisez l'oscillateur interne du μC (C3 et C4 complètent l'oscillateur de Pierce [2]). Le quatuor R9/R10/C5/S2 permet de modifier manuellement le niveau du signal d'entrée relié au port P2.0 du MSP430. Lorsque S2 est fermé, P2.0 est mis à la masse et se retrouve donc au niveau bas. Lorsque S2 est ouvert, C5 se charge jusqu'à V_{CC} et donne un signal de niveau haut sur P2.0. C5 tamponne le signal et sert de filtre anti-rebonds à l'en-





trée. Cette transition entre niveaux est utilisée par le micrologiciel pour détecter les demandes de changement de programme. Les huit LED sont commandées et alimentées directement par le MSP430. Elles sont multiplexées lorsque plusieurs doivent être allumées en même temps — c'est-à-dire mises sous tension une par une de façon successive, si vite que l'œil les voit allumées simultanément. Ce multiplexage économise le courant. Le courant moyen qui traverse chaque LED est limité à 1,8 mA par une résistance de 220 Ω.

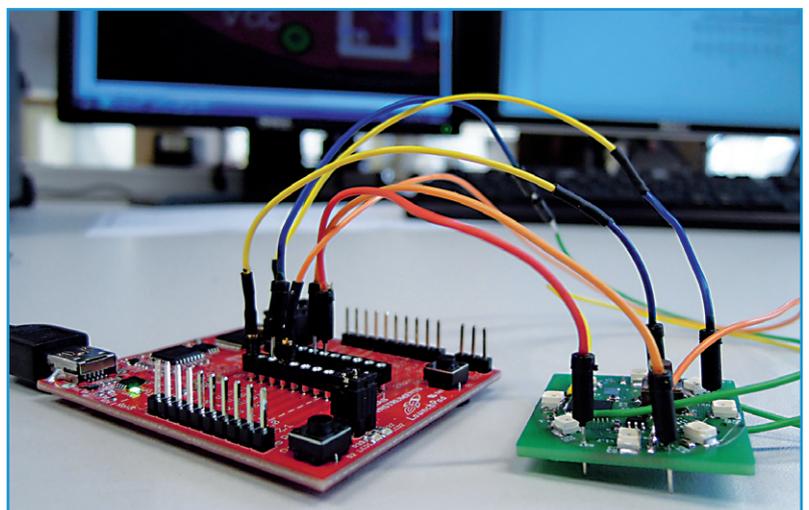
Le code (pas vestimentaire)

Le micrologiciel est à télécharger depuis la page Elektor.LABS associée à ce projet [3]. Le programme peut faire clignoter une, deux ou quatre LED (avec un mouvement circulaire), ainsi que toutes les LED selon un motif prédéterminé. Il est facile de (re) programmer le µC via la connexion UART. Pour cela le kit bon marché MSP430 *Launch-Pad Value Line Development* [4] est idéal. D'ordinaire accessibles depuis un connecteur à 6 broches, les connexions UART ont été réparties sur la carte de façon à l'alléger. Les trous de connexion ont un diamètre adapté aux fils de liaison standard, donc le raccordement au *Launchpad MSP430* est facile.

Sur la balance

Le poids de la boucle d'oreille a bien sûr dû être pris en compte. Après enquête, nous avons retenu que la limite supérieure du « poids de confort » était de 13 grammes. Puisque notre parure est par nature électrique, la plus grande contribution à sa masse totale provient de l'alimentation, ici d'une pile bouton au lithium de modèle (au choix) CR2016, CR2025 ou CR2032. La plus lourde, la CR2032, pèse environ 3 grammes. La carte de circuit imprimé, circulaire avec un diamètre de 3 cm, ajoutait

Figure 1. Outre le µC, le circuit ne comporte qu'un régulateur de tension, deux boutons, des LED, et quelques composants passifs.



2 grammes à la balance. Il restait donc 8 grammes pour les composants. Les condensateurs et les résistances sont au format 0402, c'est-à-dire relativement petits et donc relativement légers.

En service, le circuit consomme en moyenne 3 mA. Sa durée de vie sera donc d'environ 30 h avec une pile CR2016 de 90 mAh, et d'à peu près 75 h avec la capacité de 225 mAh de la CR2032. Même si vous êtes le genre de fêlard qui va se coucher quand il est l'heure de se lever, vous serez sur les genoux avant la pile !

Dernière touche avant de sortir

Des composants aussi petits ne se soudent pas à la main. À l'exception du porte-pile fourni sans pile, la boucle d'oreille à LED est donc déjà assemblée. Vous pouvez la commander directement auprès d'Elektor PCB Service [5]. Avant de mettre la pile, déposez une goutte de soudure sur le gros contact réservé à l'alimentation. Le volume de cette goutte éloignera la pile de la surface de la carte, ce qui évitera les courts-circuits avec les autres pistes, et aura aussi l'avantage de renforcer la tenue de la boucle d'oreille. Le porte-pile sera alors prêt à être soudé. Comparez votre goutte à celle de la **figure 2**. Mettez la pile (en orientant son pôle négatif vers la surface du circuit), et vous voici prêt à rivaliser avec les boules à facettes !

(120607 - version française : Hervé Moreau)

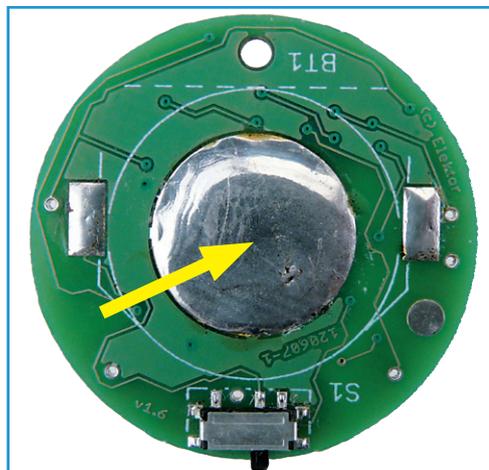


Figure 2. Une petite goutte de soudure évitera les courts-circuits avec les autres contacts.

Disponibles sur le site Elektor.LABS :

- 2 programmes (jeux lumineux dans les sens horaire et anti-horaire)
- schémas (Eagle, PDF et image PNG)
- dessins du circuit imprimé (Eagle et PDF)

Liens

- [1] www.youtube.com/watch?v=gY95Yvs6VD8
- [2] http://fr.wikipedia.org/wiki/Oscillateur_de_Pierce
- [3] www.elektor-projects.com/Elektor.POST/2013/01
- [4] www.ti.com/tool/msp-exp430g2
- [5] www.elektorpcbservice.com/

Liste des composants

Résistances :

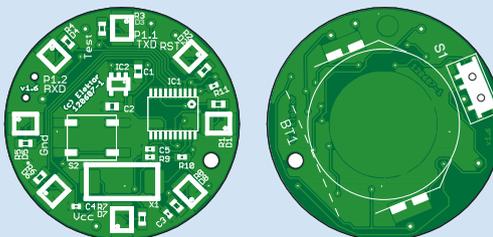
R1 à R8 = 220 Ω, 0603
 R9 = 68 kΩ, 0402
 R10 = 390 kΩ, 0402
 R11 = 10 kΩ, 0402

Condensateurs :

C1, C2 = 1 μF, 0603
 C3, C4 = 22 pF, 0402 (optionnel)
 C5 = 22 nF, 0402

Semi-conducteurs :

IC1 = MSP430G2152, 20TSSOP, 16 bits
 IC2 = LDO 2,8 V, 5SOT753
 D1 à D8 = LED CMS, rouge, PLCC2, 1,12 cd, 2,05 V



Divers

X1 = quartz de MHz (optionnel)
 S1 = bouton-poussoir à actionnement latéral, CMS
 S2 = bouton-poussoir CMS, 1,6 N, 50 mA
 BT1 = porte-pile pour CR2032

*boucle d'oreille montée, prête à l'emploi :
 réf. 120607