

# Noël au sapin spiral et au pas logarithmique

Ton Giesberts (elektor.labs)

Au lieu du traditionnel épicéa, voici une spirale épurée, animée par une logique tout aussi traditionnelle (CMOS, pas de  $\mu\text{C}$ ), l'astuce en prime. Le spectacle vient de 25 LED blanches qui mènent une danse imprévisible.

S'il y a des limites à l'imagination des électroniciens, elles ont manifestement été dépassées cette année. Au sein du Labo Elektor en verve de créations festives, a germé l'idée de styliser le sapin de Noël en une spirale imprimée pour y faire glisser des lumières au gré d'un générateur pseudo-aléatoire.

Le matériau imprimé chantourné est suffisamment mince pour qu'on puisse le déployer vers le haut et lui donner ainsi la forme conique d'un arbre de Noël. Les LED blanches sont situées sur la spirale et l'électronique leur impose un motif lumineux arbitraire. C'est délibérément que l'ensemble est constitué de logique à l'ancienne, sans recours au microcontrôleur. Pour restreindre sa superficie, elle recourt aux boîtiers CMS. On y trouve un générateur aléatoire simple composé d'un double registre à décalage statique à 4 bits 4015 et quatre portes EXOR (OU exclusif) dans un 4070, plus les pilotes de LED.

## Le circuit d'animation

Le principe du circuit est simple (**figure 1**) : un registre à décalage à rétroaction fournit en sortie une combinaison binaire arbitraire pour la commande des LED, un oscillateur lui donne les coups d'horloge pour avancer et un



groupe de pilotes attaquent les différentes séries de trois LED en fonction des états de sortie du registre.

Lors d'une première tentative, le générateur aléatoire était constitué d'un registre à 4 bits dont deux sorties assuraient la rétroaction par une porte EXOR. On obtient de la sorte une série de 15 combinaisons, sachant que la formule 0000 est interdite, puisqu'elle bloque définitivement le système. Résultat décevant. Comme il y a un second registre (IC2B) dans

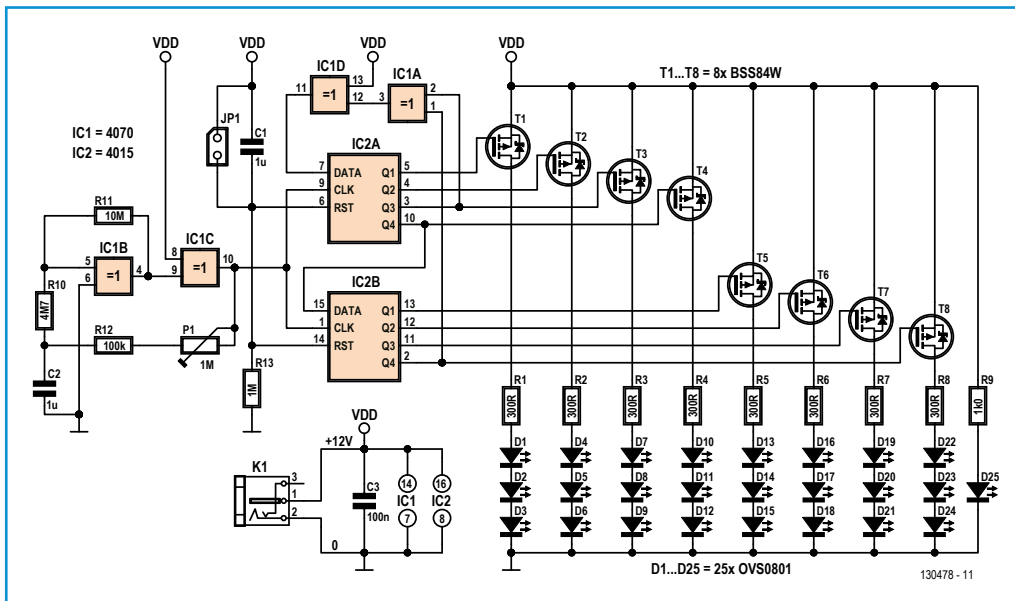


Figure 1. La base de l'animation de ce sapin se compose d'un générateur pseudo-aléatoire qui commande huit branches garnies de LED.

le 4015, il a été mis à la suite du premier pour augmenter la complexité des motifs lumineux ; le nombre de sortie de commande de LED passe à 8. Les possibilités de rétroaction sont aussi multipliées. Après différents essais, le choix s'est porté sur la configuration où Q3 de IC2A et Q4 de IC2B se chargent de la rétroaction.

Les portes CMOS normales, comme celles du 4015, ne peuvent commuter que quelques milliampères. Pour alimenter correctement les LED, huit pilotes, T1 à T8, leur délivrent le courant nécessaire. Toujours soucieux du gain de place, nous avons opté pour de petits MOSFET à canal P du type BSS84W, disponibles sous un minuscule boîtier SOT323. Chacun d'eux alimente une série de 3 LED à courant constant par l'intermédiaire d'une résistance de 300 Ω. Le total donne donc 24 LED dont trois s'allument simultanément, réparties judicieusement sur la spirale. Il est rare que toutes les LED soient allumées en même temps. Pour figurer l'étoile du berger, la LED du sommet (D25) luit en permanence. Une LED s'allume quand la sortie correspondante du registre à décalage est basse, puisque le MOSFET inverse. Avec une rétroaction au moyen d'une seule EXOR, il pourrait arriver que toutes les LED s'éteignent, quand toutes les sorties sont hautes. Pour nous assurer qu'au moins une sortie soit basse, nous avons ajouté la porte IC1D derrière IC1A qui

fonctionne alors en EXNOR (OU NON exclusif) du fait que l'une des entrées est reliée à la tension d'alimentation.

Un registre à décalage n'avancerait pas sans horloge ; celle-ci est constituée ici des deux portes EXOR restantes du 4070. Solution classique avec un inverseur à trigger de Schmitt à l'entrée. La porte IC1B est donc branchée en tampon inverseur pour autant que IC1B ait une entrée à la masse. Les résistances R10 et R11 définissent les niveaux du trigger de Schmitt. Derrière lui, une deuxième EXOR sert aussi d'inverseur, puisqu'une de ses entrées est reliée à la tension d'alimentation. Le réseau R12, P1 et C2 dans la rétroaction détermine la fréquence à laquelle l'oscillateur travaille ; P1 permet de régler cette fréquence sur une large plage.

Au moment de la mise sous tension, le réseau R13/C1 met à zéro le registre à décalage, donc toutes les LED s'allument un moment. Pour vérifier à l'aise leur bon fonctionnement, mettez toutes les sorties au niveau bas avec le cavalier JP1 et ôtez-le ensuite.

Outre la logique, c'est l'ensemble des composants, connecteur excepté, qui profite de l'exécution CMS, question de ne pas encombrer le sapin. Le registre à décalage et les EXOR se présentent en version SOIC et même le potentiomètre de réglage de la fréquence est

tout petit, le reste est au profil 0603. Les LED blanches utilisées sont elles au format 0805 et offrent un grand angle de rayonnement sur 140° nécessaire pour rester bien visibles de profil, puisqu'elles sont toutes orientées vers le haut. Elles fournissent 400 mcd à 20 mA, leur courant nominal est ici de 10 mA.

Les puces CMOS de la série 4000 sont réputées, entre autres, pour leur grande latitude de tension d'alimentation qui peut atteindre 15 V. Dans ces conditions, on peut alimen-

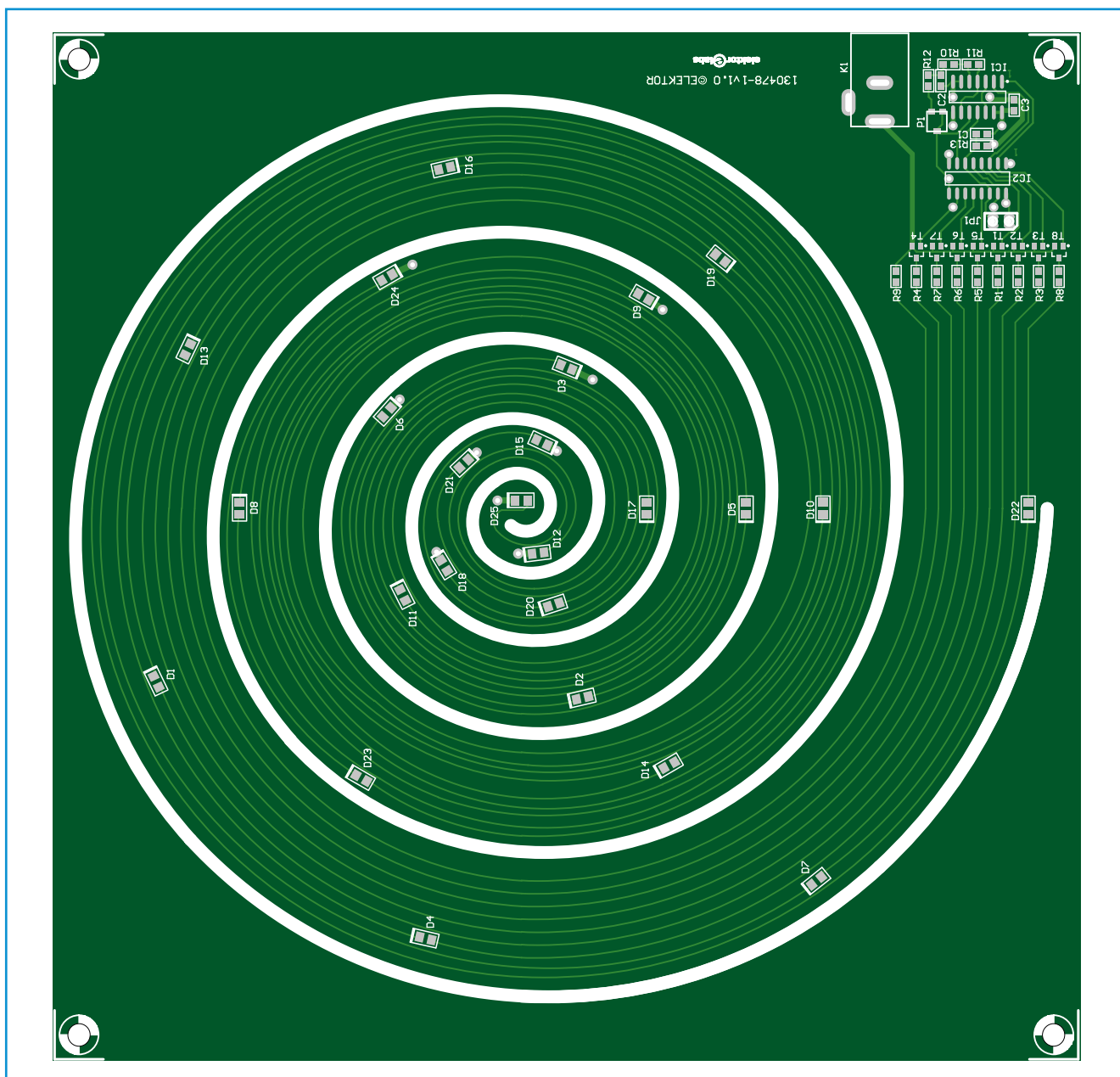
ter tout le circuit en 12 V à partir d'un simple adaptateur secteur de 12 V continu, sans stabilisation supplémentaire. Il suffit qu'il puisse débiter 250 mA.

### Réalisation pratique

Le circuit imprimé de la figure 2 a été dessiné avec *Altium Designer*. L'épaisseur de nos circuits imprimés habituels est de 1,6 mm. Pas question de l'incurver suffisamment pour lui donner une forme conique. C'est pourquoi nous avons choisi un matériau pour circuit

Figure 2.

Le circuit imprimé est fait d'un matériau imprimable très fin, 0,2 mm d'épaisseur, de manière à pouvoir lui conférer la forme d'un sapin de Noël.



## Liste des composants

### Résistances :

R1 à R8 = 300 Ω 0,1 W, 5 %, CMS 0603  
 R9 = 1,0 kΩ 0,2 W, 5 %, CMS 0603  
 R10 = 4,7 MΩ 0,1 W, 5 %, CMS 0603  
 R11 = 10 MΩ 0,1 W, 5 %, CMS 0603  
 R12 = 100 kΩ 0,1 W, 5 %, CMS 0603  
 R13 = 1 MΩ 0,1 W, 5 %, CMS 0603  
 P1 = 1 MΩ potentiomètre ajust. 0,1 W, 30 %  
 (p.ex. Murata PVZ3G105C01R00)

### Condensateurs :

C1, C2 = 1 μF/25 V, 10 %, X5R, CMS 0603  
 C3 = 100 nF/25 V, 10 %, X7R, CMS 0603

### Semi-conducteurs :

D1 à D25 = LED blanche CMS 0805 (p.ex. Multi-comp OVS-0801)  
 T1 à T8 = BSS84W MOSFET à canal P, CMS SOT323  
 IC1 = 4070, CMS SOIC14  
 IC2 = 4015, CMS SOIC16

### Divers :

JP1 = embase à 2 picots au pas de 2,54 mm, avec cavalier  
 K1 = connecteur d'alimentation CC encartable, broche centrale de 1,95 mm, 12 V/3 A (p.ex. Lumberg NEB 21 R)  
 tracé des pistes réf. 130478-1

imprimé de **0,2 mm d'épaisseur**, assez flexible. Pour amincir la spirale à mesure qu'elle s'élève, la découpe du matériau depuis le bord jusqu'au centre réduit la largeur du circuit selon une loi logarithmique. C'est ce qui fait que l'écart vertical entre les spires est à peu près égal partout, comme on le voit sur les photos. Intérêt supplémentaire de la formule, c'est qu'on dispose de plus de place pour les pistes en début de course, alors qu'il reste davantage de LED à atteindre. Au fil de la spirale, du bord vers le centre, le nombre de conducteurs diminue. Les frais de production en série de ce genre de circuit spécial nous ont dissuadés de le proposer dans l'échoppe. Le tracé des pistes est bien sûr disponible [1] gratuitement comme d'habitude pour ce projet.

Les LED mises à part, l'essentiel du circuit est focalisé près du connecteur, « au pied du sapin ». Il s'agit pratiquement partout de CMS par souci de discrétion. Il suffit d'un minimum d'expérience dans le soudage manuel des CMS pour réussir la construction. Pour un beau résultat, il est conseillé d'installer le circuit imprimé sur une base solide comme une plaque de plexiglas et de doter l'arbre d'un tronc en plastique translucide.

(130478 – version française : Robert Grignard)

## Liens

[1] [www.elektor-magazine.fr/post](http://www.elektor-magazine.fr/post)

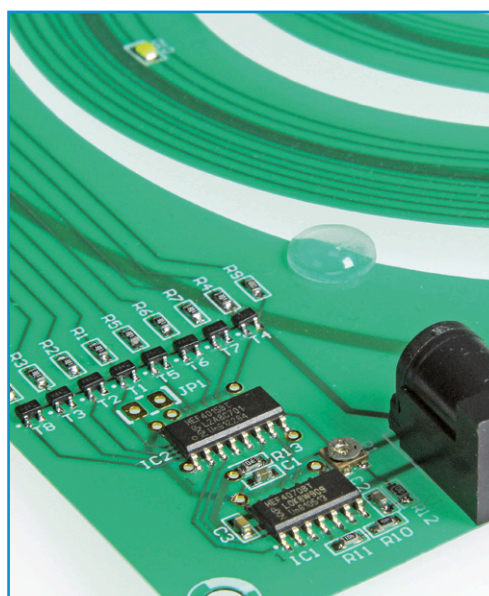


Figure 3. Alors que les LED sont disséminées sur la spirale, toute l'électronique restante est posée au pied du sapin.