

# un générateur de signaux simple

pure synthèse numérique directe

Willem den Hollander (Suisse)

Et si vous construisiez votre générateur de signaux ? Instructions et conseils de construction d'un générateur de signaux simple et performant à l'aide d'un AD9851. L'article aborde l'adaptation du module, le principe théorique et le logiciel.

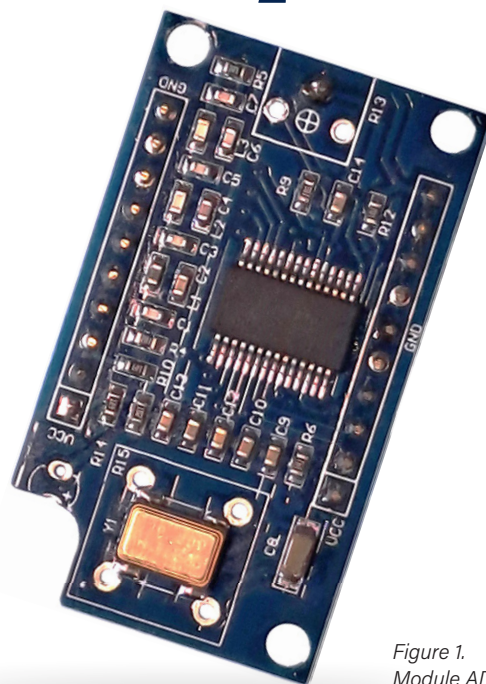


Figure 1.  
Module AD9851=.

Dans sa gamme de CI, *Analog Devices* propose des générateurs de signaux *DDS* (en anglais *Direct Digital synthesis*, soit synthèse numérique directe). Ces CI ne fonctionnent pas seuls : ils nécessitent des circuits externes pour l'initialisation, le réglage de la fréquence ainsi qu'un filtre passe-bas. *AliExpress* [1] propose des modules complets, comprenant la puce AD, le filtre et d'autres composants, à un prix très compétitif. Le minigénérateur de signaux décrit ci-après, utilise un module à puce *AD9851*. Il produit un signal sinusoïdal de fréquence comprise entre 1 Hz et 70 MHz. Le comparateur de la puce, compare le signal de sortie sinusoïdal à une tension continue

réglable et produit ainsi une onde carrée de rapport cyclique réglable. L'ajout d'un codeur rotatif, d'un afficheur et d'un petit  $\mu$ processeur en fait un générateur de signaux complet.

## Qu'a-t-il dans le ventre ?

Le signal est produit par synthèse numérique directe (DDS). C'est un oscillateur à commande numérique (en anglais *NCO* = *numerically controlled oscillator*) qui produit une onde sinusoïdale numérique à l'aide d'une table de correspondance (*LUT* = *lookup*

table). Un convertisseur numérique/analogique (*CN/A*, en anglais *DAC*) la transforme en signal analogique. La fiche technique de l'AD9851 [2] fournit des informations détaillées. La **figure 1** montre le module avec l'AD9851. Pour qu'il entre dans le boîtier choisi, la LED a été ôtée et un coin du module coupé. On a aussi ôté le potentiomètre de réglage de la tension continue d'entrée du comparateur : celle-ci est produite par un *CA/N* (en anglais *ADC*) intégré au  $\mu$ contrôleur de commande du module.

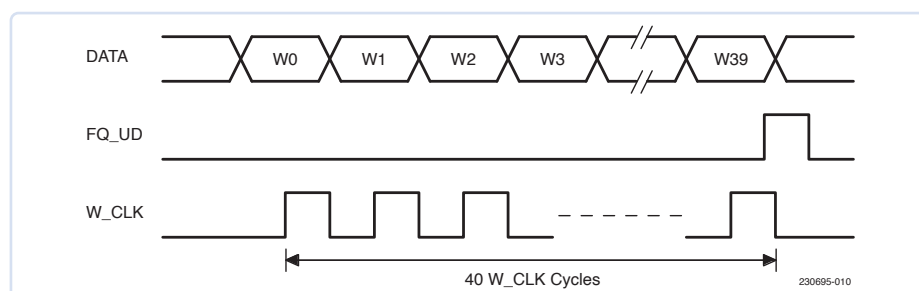


Figure 2. Signaux de chargement série. (Source : fiche technique de l'AD9851 [2])

L'AD9851 se contrôle selon deux modes : parallèle ou série. Il faut plus de huit fils en mode parallèle contre quatre fils en mode série, nous avons donc retenu le mode série pour l'initialisation et la sélection de la fréquence. Les signaux de « chargement série » (ainsi nommés dans la fiche technique) sont illustrés à la **figure 2**. Le 4<sup>e</sup> signal réinitialise l'appareil. Un  $\mu$ contrôleur fournit ces signaux via le périphérique SPI (en anglais *Serial Parallel Interface*) intégré. Un codeur rotatif permet

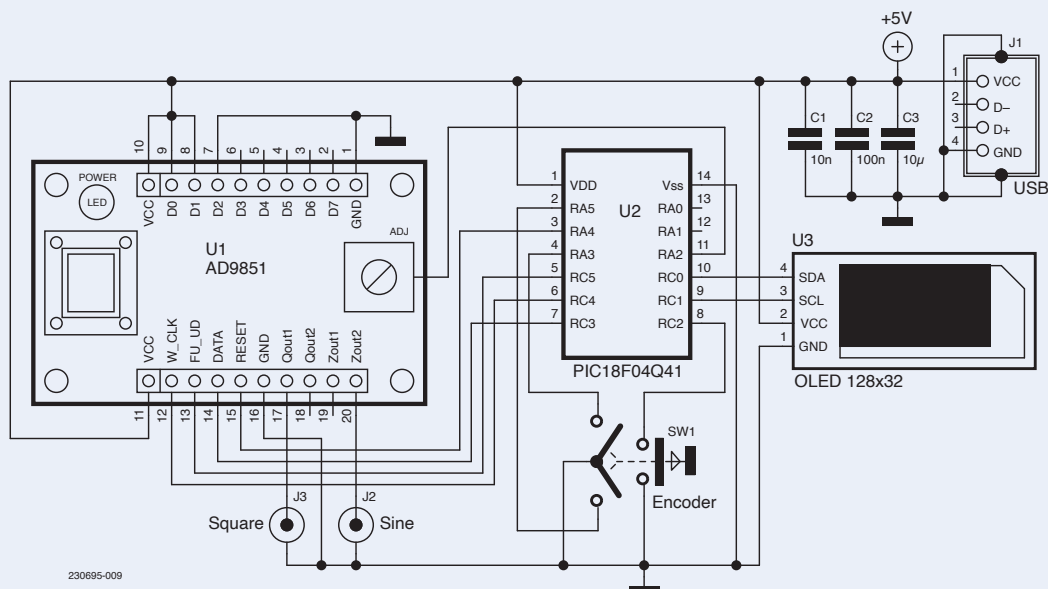


Figure 3. Schéma du générateur DDS.

## Aperçu du schéma de câblage

Les broches restantes sont : 1 & 14 pour l'alimentation et 12 & 13 pour la programmation. On peut programmer le PIC18F04Q41 avec un *PICkit 4*, *PICkit 5*, *ICD 4*, *ICD 5* ou

Le PIC18F04Q41 appartient à une nouvelle série de PIC dont les modules d'E/S série pour *SPI* et *I<sup>2</sup> C* bénéficient d'améliorations. Notre application en profite bien. Le module SPI dispose d'un tampon de registre de sortie, ce qui permet de produire les 40 bits requis pour le signal de sortie série en un seul flux continu. Ce signal série, est cadencé à 16 MHz, ce qui permet de changer la fréquence de sortie du générateur en moins de 3 µs. En outre, configurer le module *I<sup>2</sup> C* est plus aisé

## Modification des paramètres

Comme indiqué ci-dessus, la tension CC renvoyée à l'entrée du comparateur du module est produite par un CN/A interne du  $\mu$ contrôleur. Pour modifier cette tension, appuyer sur

Figure 4a. Face avant de la CI, avec l'écran.

Figure 4b. Arrière de la CI, sans module DDS.

Figure 4c. Arrière de la CI avec module DDS installé.



## Liste des composants

### Modules

U1 = module AD9851

U3 = écran OLED 128x32 de 0,91 pouces

### µcontrôleur

U2 = PIC18F04Q41-I/SL

### Condensateurs

Tous les condensateurs sont SMD, 0805

C1 = 10 nF

C2 = 100 nF

C3 = 10 µF

### Divers

#### SW1 = Encodeur rotatif

J1 = Connecteur Mini USB

J2, J3 = Connecteur SMA, 90°

Boîtier = Strapubox 1551RGY

Bouton de l'encodeur rotatif

Circuit imprimé

le poussoir du codeur pendant environ 2 s et le relâcher dès que l'écran affiche un nombre à trois chiffres. La tension se règle alors en 256 pas en tournant le codeur jusqu'à obtenir le rapport cyclique d'onde carrée désiré. Un nouvel appui de plus de 2 s, ramène l'écran à l'affichage de la fréquence. L'EEPROM interne du PIC conserve la tension continue sélectionnée.

## Construction

Le circuit n'utilise que quelques composants. Nous avons conçu une petite carte imprimée (CI) pour que le tout tienne dans un petit boîtier Strapubox, de dimensions 50x50x20 mm<sup>3</sup>. Les signaux sortent sur deux connecteurs SMA. Il n'y avait pas assez de place pour des BNC. Comme on peut le voir (fig. 4a, 4b et 4c) nous avons plié à 180° les broches des connecteurs du codeur pour les souder à la CI. Les broches sont fragiles : opérer délicatement.

L'une des vis de fixation de la CI au boîtier est masquée par le module DDS. Ce dernier a donc été rendu enfichable. Nous avons ici un problème d'espace : le boîtier ne mesure

que 20 mm de haut. Un connecteur femelle à profil ultra bas avec broches à profil bas, a permis de limiter la hauteur à une valeur compatible. Le µprocesseur n'est disponible qu'en boîtier SMD. Les trois capacités et le connecteur USB sont aussi des CMS, ce qui a simplifié l'implantation.

## Microprogramme

Le µprogramme [3] a été écrit en assembleur. Il n'occupe que 13 % de la mémoire de programme du processeur. On configure d'abord les ports, puis deux cellules logiques configurables (CLC) en bascules de détection des transitions positives causées par la rotation du codeur. Ensuite, le timer2 est configuré pour fournir un délai de 10 ms d'élimination des rebonds du commutateur, et le timer4 pour fournir un délai d'environ 100 ms. Ce dernier est nécessaire après l'initialisation de l'afficheur OLED. Après initialisation du CN/A fournissant la tension continue du comparateur, on configure le module de bus I<sup>2</sup>C pour communiquer avec l'écran OLED à une fréquence de 400 kHz, et enfin le module SPI qui contrôle le module DDS. Ensuite on initialise, l'écran, le module DDS et les interruptions.

Des interruptions gèrent tout le programme. La partie programme est uniquement constituée de NOP (instructions nulles). Le processeur ne fait qu'attendre les interruptions. La routine de service d'interruption du poussoir déplace le curseur vers la droite. Si l'interrupteur reste enfoncé, la valeur de sortie du CNA s'affiche comme vu ci-dessus. Si la bascule du 2<sup>e</sup> CLC change d'état, la 2<sup>e</sup> routine de service d'interruption s'exécute. L'état de la sortie du CLC indique s'il faut incrémenter ou décrémenter la valeur de fréquence affichée. Après affichage de la nouvelle valeur, on calcule et transmet les octets de contrôle du module DDS et le processeur — attend de nouveau une interruption. ◀

VF : Yves George — 230695-04

## À propos de l'auteur

Passionné d'électronique dès l'âge de 12 ans, Willem den Hollander possède une maîtrise en ingénierie électronique et a travaillé 37 ans en recherche et développement dans l'électronique grand public. Son quarté gagnant : alimentations, circuits numériques, logique programmable et µprocesseurs. Plusieurs de ses projets ont été publiés dans Elektor.

## Questions ou commentaires ?

Envoyez un courriel à l'auteur (wdenhollander@solnet.ch) ou contactez Elektor (redaction@elektor.fr).



## Produits

> **OWON AG051 Générateur de formes d'ondes arbitraires (5 MHz)**  
[www.elektor.fr/18874](http://www.elektor.fr/18874)

> **FNIRSI DPOX180H (2-en-1) Oscilloscope numérique à phosphore 2 voies (180 MHz) & générateur de signaux**  
[www.elektor.fr/20640](http://www.elektor.fr/20640)

## LIENS

[1] Boutique AliExpress : <https://aliexpress.com>

[2] Fiche technique de l'AD9851 : <https://analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ad9851.pdf>

[3] Téléchargement du micrologiciel sur la page web de cet article : <https://elektormagazine.fr/230695-04>

# Ils nous font confiance, n'est-ce pas ?

"Livraison rapide et complète de tous les articles commandés, à l'adresse précisée, parfait, merci à l'équipe d'Elektor."

★★★★★ by Marc Maggioni

Rated 4.6 / 5 | 398 reviews



"Produit livré rapidement, bien emballé et conforme à la commande"

★★★★★ by Albert Joutet

Rated 4.6 / 5 | 398 reviews



"Excellente Transaction – RAS ! Sur une dernière commande, d'un montant de 50 euros, tout s'est bien déroulé et plus rapidement que prévu. L'objet est en excellent état et conforme à l'annonce."

★★★★★ by Aldo Aldo

Rated 4.6 / 5 | 400 reviews



**NOUVELLE  
E-CHOPPE**

Nous aimons l'électronique et les projets, et nous faisons tout notre possible pour répondre aux besoins de nos clients.

Le magasin Elektor : **Jamais cher, toujours surprenant**

"Très satisfait – Envoi très rapide, bien emballé. Je recommande vivement !"

★★★★★ by FORTIN GUILLAUME

Rated 4.6 / 5 | 544 reviews



Consultez d'autres avis sur notre page Trustpilot : [www.elektor.com/TP/fr](http://www.elektor.com/TP/fr)

Vous pouvez également vous faire votre propre opinion en visitant notre Elektor Store, [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr)