

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.

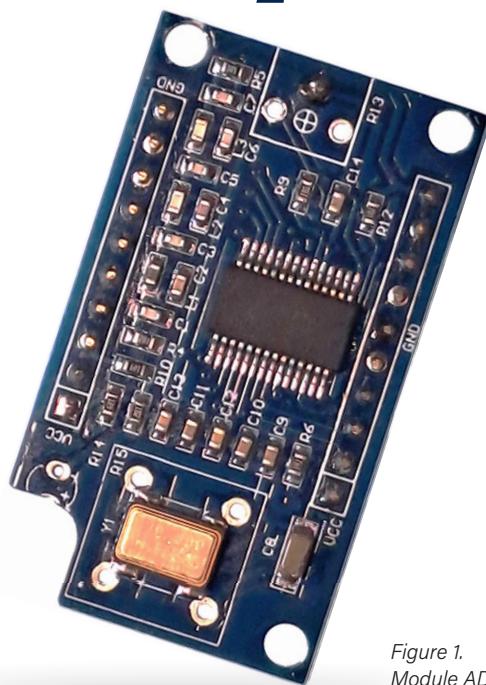


Figure 1.
Module AD9851-.

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 microprocesseur 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 microcontrôleur de commande du module.

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^e signal réinitialise l'appareil. Un microcontrôleur fournit ces signaux via le périphérique SPI (en anglais Serial Parallel Interface) intégré. Un codeur rotatif permet

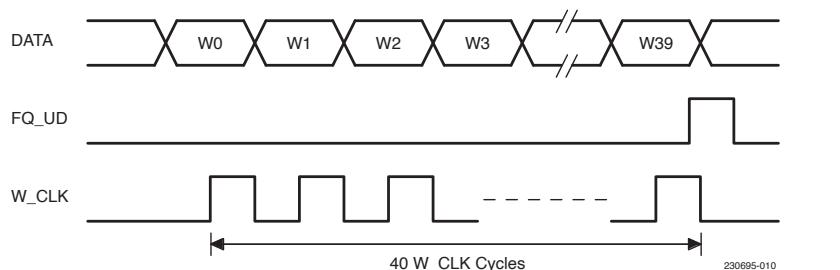


Figure 2. Signaux de chargement série. (Source : fiche technique de l'AD9851 [2])

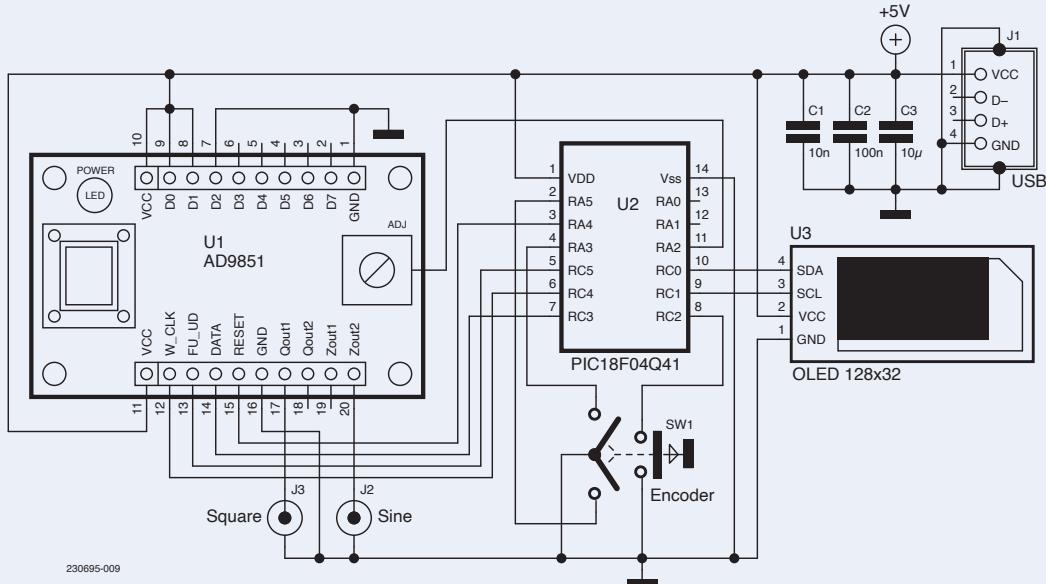


Figure 3. Schéma du générateur DDS.

de faire varier la fréquence. En outre, un petit écran affiche la fréquence instantanée. Un générateur de signaux DDS ne produit pas de signaux sinusoïdaux purs - le signal de sortie contient de multiples harmoniques de la fréquence d'échantillonnage.

Aperçu du schéma de câblage

La figure 3 illustre le schéma de principe. Comme un petit nombre d'E/S est nécessaire, le microcontrôleur *Microchip PIC18F04Q41* à 14 broches suffit. Il contrôle le module DDS par quatre sorties, lit le codeur rotatif par trois entrées et commande l'affichage via le bus I²C, par deux autres sorties. La tension CC de sortie est produite sur la broche 11.

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

MPLAB Snap. Les versions antérieures de ces outils sont incompatibles avec ce *PIC*. Le processeur a été programmé avant montage sur la carte imprimée (CI). Il reste possible de programmer le processeur in situ en soudant des fils à ses broches de programmation, fils que l'on dessoudera après programmation. L'alimentation de 5 V est fournie par un connecteur *USB*.

Le PIC18F04Q41 appartient à une nouvelle série de PIC dont les modules d'E/S série pour *SPI* et *I²C* 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 *I²C* est plus aisément

qu'auparavant. La fréquence instantanée du signal produit s'affiche sur un petit écran *OLED* de 0,91", contrôlé par un bus *I²C* cadencé à 400 kHz.

Modification des paramètres

Un appui sur le poussoir du codeur déplace le curseur (trait de soulignement) de gauche à droite, et revient à gauche une fois le bord droit atteint. Tourner le codeur augmente/diminue le nombre en dessous et à gauche du décodeur. Cela permet de couvrir rapidement toute la gamme de 1 Hz à 70 MHz. Si le nombre affiché change, un signal est envoyé au module DDS, afin que la fréquence de sortie reflète la nouvelle valeur.

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

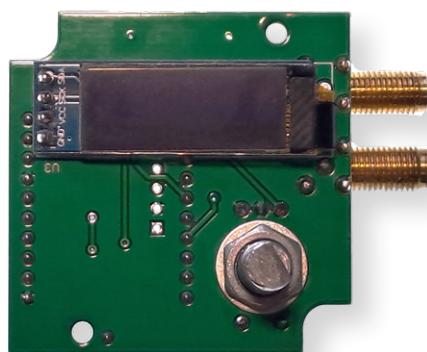


Figure 4a. Face avant de la CI, avec l'écran.

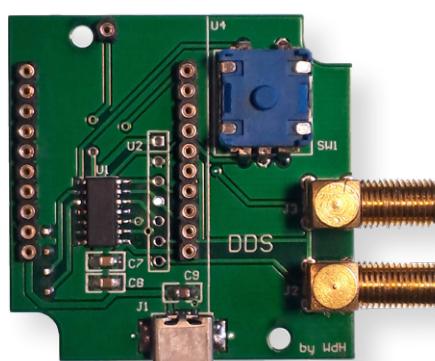


Figure 4b. Arrière de la CI, sans module DDS.

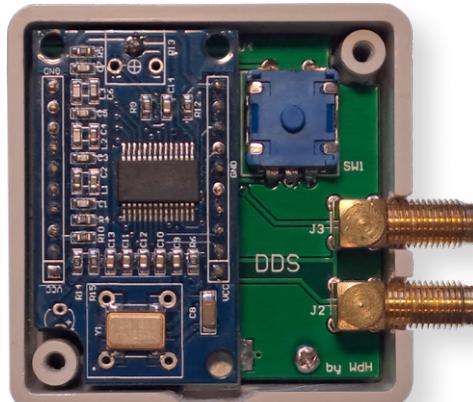


Figure 4c. Arrière de la CI avec module DDS installé.



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

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 microprocesseur 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 microprogramme [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 I²C 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^e CLC change d'état, la 2^e 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 microprocesseurs. 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
- **FNIRSI DPOX180H (2-en-1) Oscilloscope numérique à phosphore 2 voies (180 MHz) & générateur de signaux** 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>

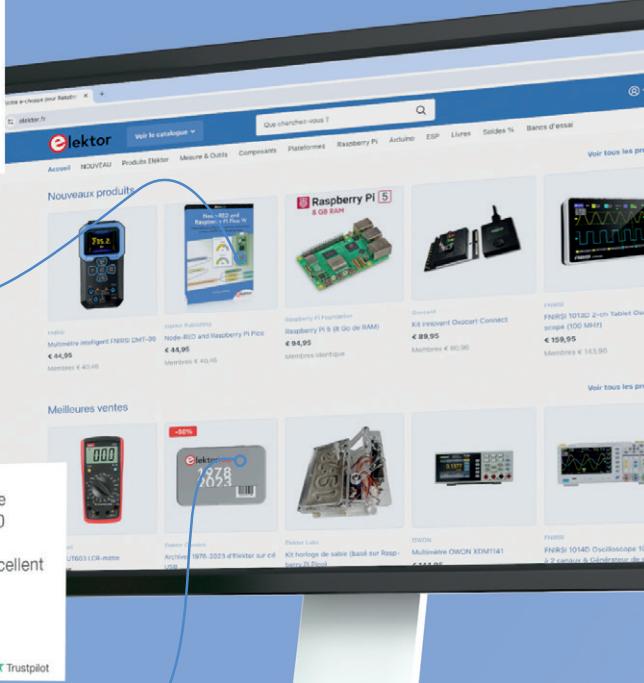
[3] Téléchargement du micrologiciel sur la page web de cet article : <https://elektormagazine.fr/230695-04>

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 Maggiori

Rated 4.6 / 5 | 398 reviews



"Excellent 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 Aida Alda

Rated 4.6 / 5 | 400 reviews

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

★★★★★ by Albert Jouret

Rated 4.6 / 5 | 398 reviews

★ Trustpilot

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

★ Trustpilot

Consultez d'autres avis sur notre page Trustpilot : www.elektor.com/TP/fr

Vous pouvez également vous faire votre propre opinion en visitant notre Elektor Store, www.elektor.fr



elektor
design > share > earn