

# petit générateur de fonctions



## circulation du signal à contresens

Michael A. Shustov (Russie) et Andrey M. Shustov (Allemagne)

### INFOS SUR LE PROJET

#### mots-clés

générateur de fonctions, sinus, carré, triangle, labo, analogique, ampli-op, 741

#### difficulté

débutant – connaisseur – expert

#### temps nécessaire

env. 2 h

#### outils

fer à souder

#### coût

env. 35 €

### CARACTÉRISTIQUES

- formes d'onde : sinus, triangle, rectangle
- production des formes d'onde à contresens
- gammes pour sinus : 50-500 Hz, 500-5 000 Hz
- gammes pour triangle et rectangle : 100-1 000 Hz, 1 000-10 000 Hz
- gammes de fréquence faciles à modifier
- coût réduit
- que des composants traversants
- 100% sans microcontrôleur

Sur un instrument simple, les formes d'ondes en sinus, triangle et rectangle sont généralement produites avec des réseaux de charge/décharge R-C suivis de filtres adaptés. Une alternative plus au goût du jour est de synthétiser ces signaux avec un microprocesseur. Le générateur de fonctions décrit ici suit une approche conceptuelle différente avec la circuiterie adéquate.

Un générateur de fonctions est un instrument qui délivre plusieurs formes d'onde de fréquence, et optionnellement d'amplitude, variables. C'est un appareil pratique, indispensable dans les labos pour tester, régler, dépanner, réparer et mettre au point les dispositifs électroniques.

La plupart des générateurs de fonctions de conception classique utilisent comme point de départ un générateur d'impulsion rectangulaire. On a ensuite un convertisseur de tension rectangulaire en tension triangulaire, basé en général sur un processus de charge/décharge. Enfin, la forme d'onde triangulaire est transformée en une sorte de sinusoïde, qui comporte d'habitude une bonne suppression de la première harmonique.

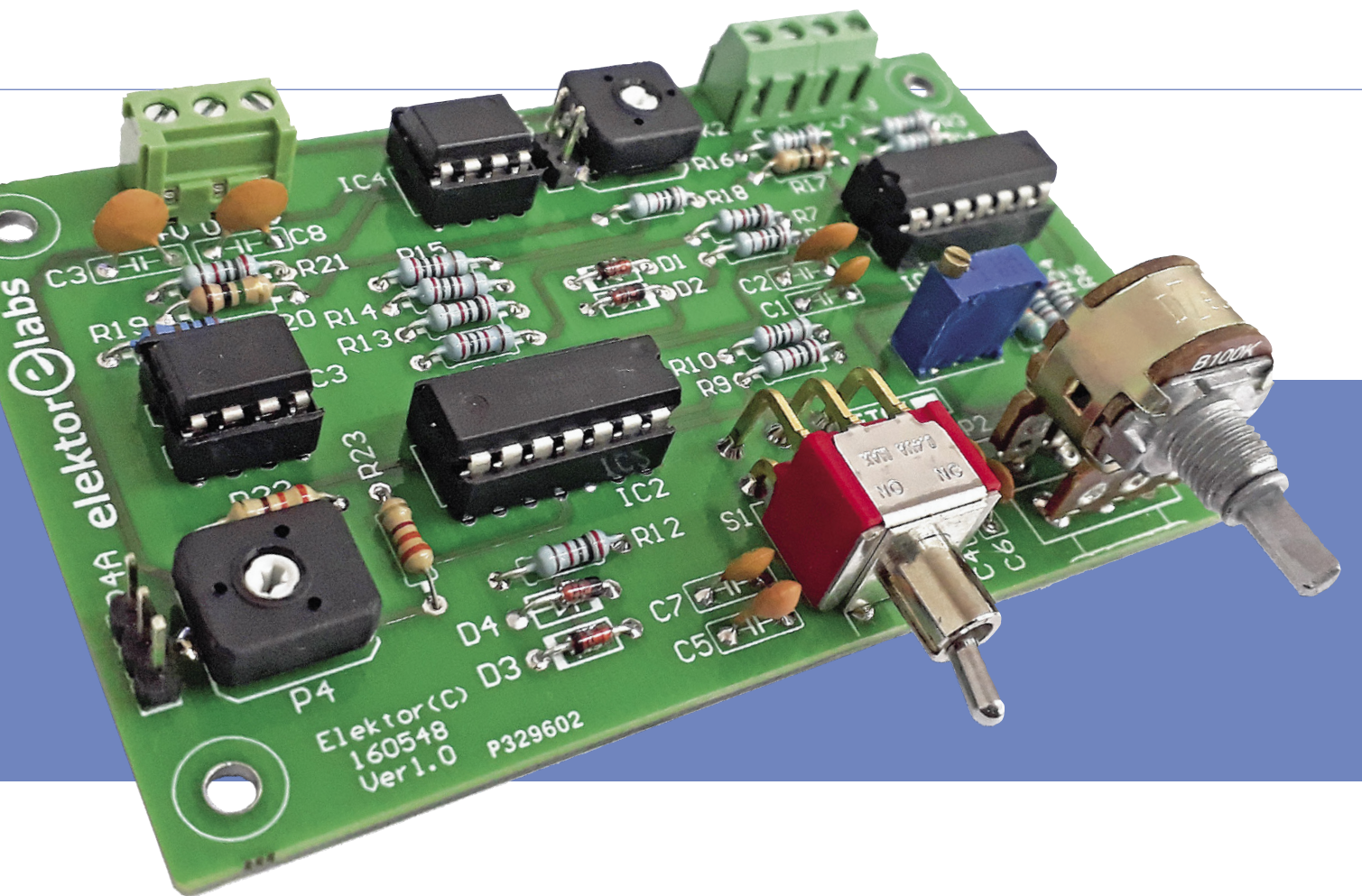
Le principal inconvénient de ce procédé en

trois étapes et de la circuiterie associée est la non-linéarité intrinsèque du processus de charge/décharge, qui se remarque notamment lorsqu'on règle la fréquence du générateur. En particulier, la distorsion du signal sinusoïdal augmente en conséquence à cause du filtrage sous-optimal des harmoniques supérieures d'un signal complexe.

#### Dans l'autre sens

Le générateur de fonctions décrit ci-dessous sort des sentiers battus, car la conversion des signaux est réalisée à l'envers. D'abord on crée une forme d'onde sinusoïdale, puis on la convertit en forme d'onde triangulaire. Ensuite, on obtient un signal bipolaire d'allure rectangulaire à partir du triangle.

Un inverseur permet de choisir deux bandes de



fréquences. Le signal sinusoïdal est produit par un oscillateur à ampli-op. Ce sinus est redressé et inversé pour être converti en triangle. Enfin, un comparateur différentiel délivre le signal carré.

### Description du circuit

De la théorie à la pratique : la **figure 1** montre le schéma du *Petit Générateur de Fonctions*. Le circuit fonctionne sous une alimentation de  $\pm 5\text{ V}$  (symétrique). Les ampli-op IC1.A, IC1.B et IC1.C constituent l'oscillateur sinusoïdal. Il fournit en réalité deux sinusoïdes déphasées de  $90^\circ$ . La couverture des deux bandes de fréquences dépend des valeurs des condensateurs C4 et C6 (33 nF) et de leurs homologues respectifs C5 et C7 (3,3 nF). La contre-réaction de l'oscillateur est fournie par la résistance R24. Le potentiomètre P1 sert à régler le niveau de la contre-réaction pour obtenir une sinusoïde correcte sans écrêter le signal. La fréquence de sortie du générateur est réglable en continu avec le potentiomètre double P2 et ses sections P2A et P2B. L'inverseur S1 permet de commuter entre les deux gammes de fréquences, en supposant égales les capacités de C4 et C6 pour la gamme « Basse », et de C5 et C7 pour la gamme « Haute ».

Les signaux  $A_{\text{OUT}}$  et  $B_{\text{OUT}}$  de l'oscillateur sinusoïdal sont transmis à deux circuits

### LES MATHS DU CIRCUIT

On peut décrire les différentes formes d'onde du circuit avec les formules ci-dessous.

**Nota :**  $U_{A-G}(t)$  correspond au nœud marqué d'une lettre entourée dans le schéma du circuit.

$$U_A(t) = U_0 \sin(\omega t)$$

$$U_B(t) = U_0 \sin(\omega t + 90)$$

$$U_C(t) = U_0 \sin(2\omega t)$$

$$U_D(t) = U_0 \text{abs}[\sin(\omega t)]$$

$$U_E(t) = -U_0 \text{abs}[\sin(\omega t + 90)]$$

$$U_F(t) = U_0 \{ \text{abs}[\sin(\omega t)] - \text{abs}[\sin(\omega t + 90)] \}$$

$$U_G(t) = \begin{cases} -U_0 & \text{if } U_F(t) > 0 \\ U_0 & \text{if } U_F(t) < 0 \end{cases}$$

redresseurs quasi identiques IC2.A/IC2.B et IC2.D/IC2.C qui non seulement redressent la sinusoïde, mais « replient » les parties

écrêtées des côtés positif et négatif de la forme d'onde. Cela signifie que la sinusoïde est entièrement redressée au-dessus et en

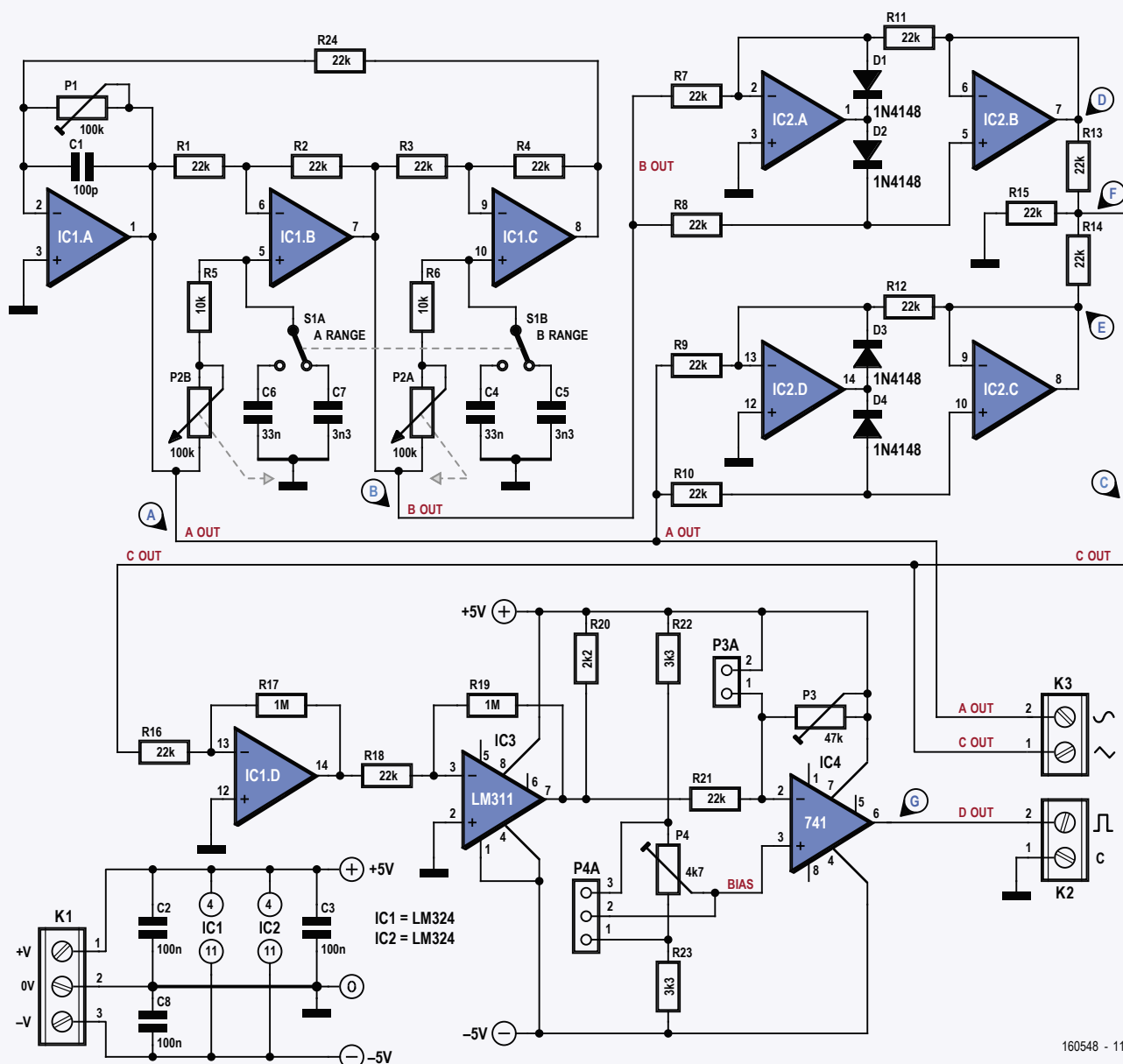


Figure 1. Schéma du Petit Générateur de Fonctions avec les repères des principaux signaux internes (cf. l'encadré sur les maths). C'est inhabituel, l'ordre de production des signaux est : sinus  $\rightarrow$  triangle  $\rightarrow$  rectangle.

dessous de zéro. Ces deux formes d'ondes redressées sont déphasées de  $90^\circ$  et ont une fréquence double du signal sinusoïdal original. Les sorties redressées sont additionnées pour donner le signal  $C_{OUT}$ . Cette addition (mathématique) donne opportunément une onde triangulaire, quoique d'amplitude inférieure à la sinusoïde d'origine.

L'onde triangulaire est ensuite convertie en signal carré par IC1.D (un autre ampli-op LM324) en association avec IC3 (un LM311). Le potentiomètre P4 sert à ajuster la tension de polarisation d'IC4 (un 741) qui à son tour règle la tension de décalage du signal carré. Enfin, le potentiomètre P3 sert à ajuster l'amplitude du signal carré sur  $D_{OUT}$ . Les trois

signaux de sortie sont disponibles sur les doubles borniers à vis K2 et K3.

Avec l'inverseur S1 du côté de la gamme Basse (c.-à-d. avec C4 et C6 en ligne), le générateur couvre de 50 à 500 Hz pour la sortie sinusoïdale, et de 100 à 1 000 Hz pour les sorties triangulaires et rectangulaires en raison du doublement de la fréquence d'origine. On peut obtenir d'autres plages de fréquences en modifiant les condensateurs qui déterminent la fréquence ou en ajoutant d'autres gammes pour S1. Avec S1 positionné pour mettre C5 et C7 en ligne, la fréquence va augmenter d'un facteur 10. Avec  $C5 = C7 = 3,3 \text{ nF}$  comme illustré, la gamme de fréquences produites est de :

- 1 000 à 10 000 Hz pour les ondes triangulaires et rectangulaires. La gamme effective est de 1 000 à 8 000 Hz ; elle peut être légèrement étendue avec 2,2 nF pour C5 et C7.
- 500 à 5 000 Hz pour l'onde sinusoïdale ; là aussi la gamme effective va de 500 à 3 500 Hz environ ; on peut aller plus loin avec 2,2 nF pour C5 et C7.

### L'assemblage

Le labo d'Elektor a conçu un circuit imprimé pour le *Petit Générateur de Fonctions*. La **figure 2** montre le dessin de la carte avec la liste des composants. Pas de souci pour l'assemblage, même pour les presque



débutants, car tous les composants sont traversants, la carte est spacieuse et il n'y a pas de microprocesseur à programmer. Les barrettes marquées P3A et P4A permettent de connecter des potentiomètres externes avec des fils de liaison. Dans ce cas, ôtez de la carte les potentiomètres P3 et P4.

## Les essais

En supposant que vous avez assemblé la carte avec succès, la procédure de test recommandée pour le projet est la suivante :

- Connectez l'alimentation de  $\pm 5$  V (symétrique) au connecteur K1.
- Sélectionnez la gamme de fréquences souhaitée (Basse ou Haute) avec S1.
- Connectez un oscilloscope sur les lignes A<sub>OUT</sub> de K3 (sinus), et C de K2 (GND).
- Jouez sur P1 pour obtenir une sinusoïde aussi propre que possible.
- Déplacez l'oscillo sur C<sub>OUT</sub> (K3) et vérifiez la présence du signal triangulaire.
- Déplacez l'oscillo sur D<sub>OUT</sub> (K2) et vérifiez la présence du signal rectangulaire.
- Manœuvrez P2 (potentiomètre double) pour confirmer qu'il commande la fréquence de sortie du générateur.
- Réglez l'amplitude du signal avec P3.
- Réglez la tension de décalage de l'onde rectangulaire avec P4.

Tout est prêt maintenant pour appliquer à l'un de vos montages un signal sinusoïdal, triangulaire ou rectangulaire, de fréquence et amplitude variables, et voir sur l'oscillo comment il répond ! ◀

(160548 – version française : Denis Lafourcade)



@ [WWW.ELEKTOR.FR](http://WWW.ELEKTOR.FR)

### ➤ Circuit imprimé nu

[www.elektor.fr/function-generator](http://www.elektor.fr/function-generator)

### ➤ Livre en anglais

« **Electronics Circuits for All** »

[www.elektor.fr/electronic-circuits-for-all](http://www.elektor.fr/electronic-circuits-for-all)

### ➤ Livre en anglais

« **Analog Circuit Design, Volume 1** »

[www.elektor.fr/analog-circuit-design-1](http://www.elektor.fr/analog-circuit-design-1)

### ➤ Livre en anglais

« **Analog Circuit Design, Volume 2** »

[www.elektor.fr/analog-circuit-design-2](http://www.elektor.fr/analog-circuit-design-2)

### ➤ Livre en anglais

« **Analog Circuit Design, Volume 3** »

[www.elektor.fr/analog-circuit-design-3](http://www.elektor.fr/analog-circuit-design-3)



## LISTE DES COMPOSANTS

### Résistances

R1-R4, R7-R16, R18, R21, R24 = 22 k $\Omega$

R5, R6 = 10 k $\Omega$

R17, R19 = 1 M $\Omega$

R20 = 2,2 k $\Omega$

R22, R23 = 3,3 k $\Omega$

P1 = potentiomètre ajustable 100 k $\Omega$

P2 = potentiomètre couplé (stéréo) 100 k $\Omega$

P3 = potentiomètre ajustable 47 k $\Omega$

P4 = potentiomètre ajustable 4,7 k $\Omega$

### Condensateurs

C1 = 100 pF, 50 V, COG, 5%

C2, C3, C8 = 100 nF, céramique, 50 V, séries MCFY

C4, C6 = 33 nF, 100 V, séries SkyCap SR,  $\pm 10\%$

C5, C7 = 3,3 nF, 50 V, COG, 5%

### Semi-conducteurs

D1-D4 = 1N4148

IC1, IC2 = LM324

IC3 = LM311

IC4 = 741 ( $\mu$ A741)

### Divers

K1 = bornier à vis triple, pas de 3,5 mm

K2, K3 = bornier à vis double, pas de 3,5 mm

P3A = barrette verticale à 2 contacts mâle, pas de 2,54 mm

P4A = barrette verticale à 3 contacts mâle, pas de 2,54 mm

S1 = inverseur DPDT, sans voyant

2 $\times$  support de circuit intégré DIP à 8 broches

2 $\times$  support de circuit intégré DIP à 14 broches

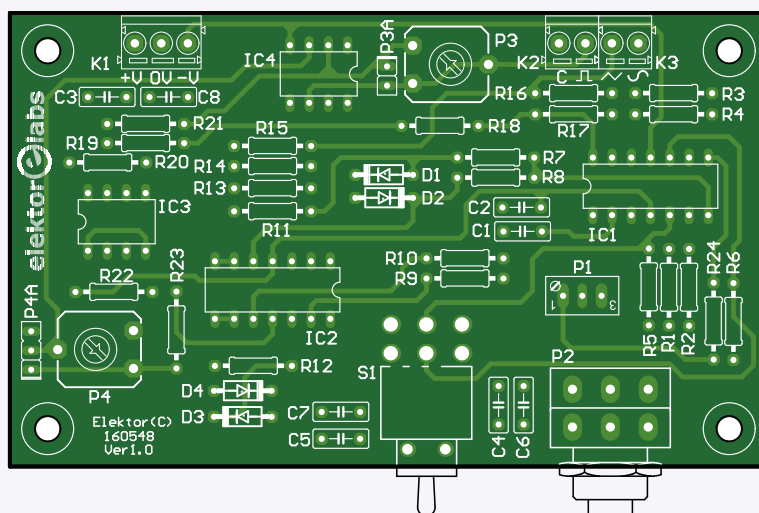


Figure 2. Circuit imprimé conçu pour le Petit Générateur de Fonctions.  
À noter : pas de CMS en vue.

