

# Deux potentiomètres sur une entrée numérique

Là où il y a une volonté, il y a un chemin

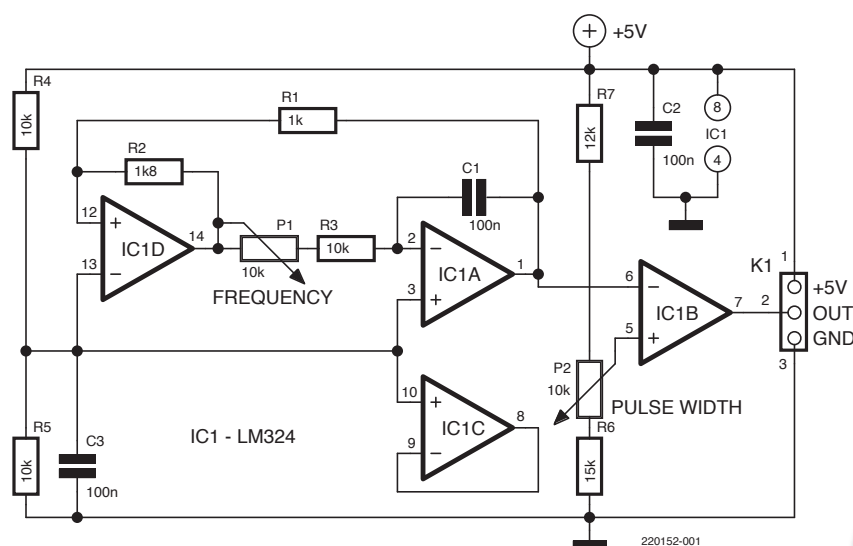


Figure 1. Ce circuit, un générateur classique d'ondes triangulaires et carrées à base d'amplificateurs opérationnels, produit le signal d'entrée pour le logiciel de décodage des potentiomètres.



Clemens Valens (Elektor)

Ailleurs dans ce magazine, vous allez découvrir une méthode qui permet de connecter deux encodeurs rotatifs « numériques » à un microcontrôleur, grâce à une seule entrée analogique. Dans cet article, nous allons faire le contraire, en quelque sorte, puisque nous allons connecter deux potentiomètres analogiques à une entrée numérique.

**elektor TV**

Visionnez une vidéo relative à ce projet !



Pour lire une valeur analogique avec un microcontrôleur, vous avez besoin d'un convertisseur analogique-numérique, ou CA/N. Bien que nombre de microcontrôleurs intègrent un CA/N, ils ont souvent davantage de broches d'E/S numériques qu'analogiques. Vous préférerez donc peut-être garder les entrées analogiques pour une application plus importante que la gestion d'une interface utilisateur. Il est donc parfois préférable, dans ce cas, d'utiliser des entrées numériques. Un dispositif de type convertisseur tension-fréquence transforme un signal analogique en signal numérique à un bit ou en onde rectangulaire. Autre possibilité : une onde rectangulaire de fréquence fixe, mais avec une largeur d'impulsion variable. Il s'agit de la modulation de largeur d'impulsions (PWM).

Avec la PWM, le rapport cyclique est indépendant de la fréquence du signal. Nous pouvons utiliser ce principe pour transcrire la position de deux potentiomètres avec une seule onde rectangulaire. Un potentiomètre contrôle la fréquence et l'autre le rapport cyclique. Un microcontrôleur mesure la fréquence et le rapport cyclique du signal entrant, puis reconvertit ces valeurs en positions de potentiomètre.

**Un circuit classique**

La **figure 1** montre un circuit qui peut générer le type de signal que nous recherchons. Il s'agit d'un oscillateur classique à base d'amplificateurs opérationnels qui produit une onde triangulaire/rectangulaire. Notez que vous pouvez utiliser tout autre type d'oscillateur capable de produire une onde rectangulaire avec une fréquence et un rapport cyclique variables. Dans ce projet, le clou du spectacle ne réside pas dans le circuit, mais dans ce que nous en faisons.

Le circuit IC1D, associé à R1 et R2, forme un comparateur avec rétroaction positive. Le circuit IC1A, le potentiomètre P1, R3 et C1 agissent comme un intégrateur inverseur. Lorsque la sortie de IC1D est au niveau bas, la sortie de IC1A va monter à une vitesse déterminée par P1, R3 et C1. La tension présente sur l'entrée non-inverseuse (broche 12) du circuit IC1D augmente également jusqu'à ce qu'elle devienne supérieure à la tension appliquée sur l'entrée inverseuse (broche 13). La sortie de IC1D passe alors au niveau haut et, grâce à la résistance R2, force à l'état haut son entrée non inverseuse. La tension sur cette entrée est soudainement beaucoup plus élevée que celle de son entrée inverseuse et la sortie de IC1D reste donc à l'état haut.

À ce stade, pour revenir à notre point de départ, il suffit de relire le paragraphe précédent, mais en intervertissant les mots « monter » et « descendre » et les mots « niveau bas » et « niveau haut ». L'oscillateur oscille.

La sortie du circuit IC1A est une onde triangulaire. Le potentiomètre P1 contrôle sa fréquence. La valeur de P1 fixe la fréquence minimale, R3 la fréquence maximale. La fréquence est, bien sûr, également déterminée par C1. Avec les valeurs de composants données, j'ai obtenu une plage d'environ 250 Hz à 500 Hz, facilement accessible pour un microcontrôleur.

Le circuit IC1B compare l'onde triangulaire avec la tension fixée par P2, R6 et R7. Lorsque l'onde triangulaire est inférieure au seuil, la sortie d'IC1B est haute. À l'inverse, lorsque l'onde triangulaire est supérieure au seuil, cette même sortie est basse. Résultat : un signal rectangulaire, dont le rapport cyclique est contrôlé par P2.

Avec les valeurs de composants données, le rapport cyclique peut être adapté entre 10 % et 90 %. En ajustant R6 et R7, vous pouvez modifier la plage. Idéalement, les valeurs devraient être identiques, mais comme l'onde triangulaire n'est pas parfaitement centrée sur la moitié de la tension d'alimentation, elles sont légèrement différentes. Le circuit IC1C n'est pas mis en œuvre et vous pouvez le ranger avec les amplis op inutilisés. C2 et C3 sont des condensateurs de découplage d'alimentation.

## Le décodage sans peine

Le logiciel nécessaire pour décoder le signal rectangulaire modulé peut rester assez simple. Comme d'habitude, il y a plusieurs approches possibles. Ma méthode consiste à faire en sorte que la boucle principale scrute le signal de temps en temps. Il n'y a aucun intérêt à le faire à une fréquence très élevée, toutes les 10 ms environ suffit. Le programme attend ensuite qu'un changement de niveau ou un front de signal se produise. Utilisez toujours le même front, bien sûr. J'ai choisi pour ma part un front montant.

Une fois le front détecté, le programme mémorise le temps,  $t_0$ , et commence à attendre le front suivant, un front descendant dans mon cas. Quand il arrive, le programme mémorise à nouveau le temps,  $t_1$ ,

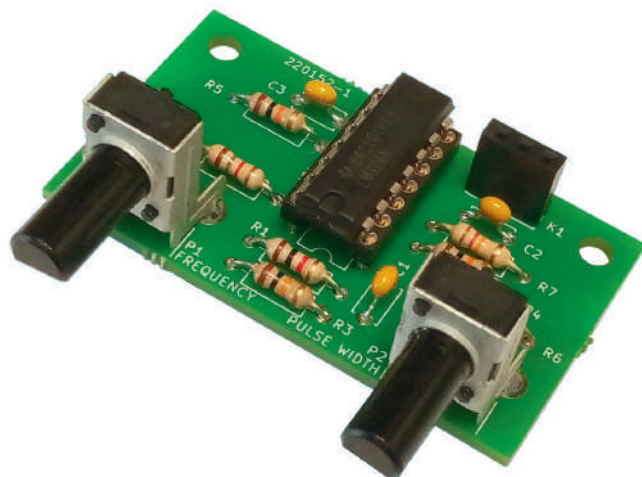


Figure 2. Le prototype dans toute sa splendeur.

et attend le troisième front. Lorsque ce front est détecté, l'heure est mémorisée une nouvelle fois sous la forme de  $t_2$ . Nous avons donc trois horodatages à partir desquels nous pouvons calculer la fréquence et le rapport cyclique :

$$\text{Période} : T = t_2 - t_0 \text{ (s)}$$

$$\text{Fréquence} : f = 1/T \text{ (Hz)}$$

$$\text{Rapport cyclique} : D = 100 \cdot (t_1 - t_0)/T \text{ (\%)}$$

À partir de ces valeurs, nous pouvons déduire les positions des potentiomètres (en pourcentage) :

$$P1 = 100 \cdot (f - f_{\min}) / (f_{\max} - f_{\min}) \text{ (\%)}$$

$$P2 = 100 \cdot (D - D_{\min}) / (D_{\max} - D_{\min}) \text{ (\%)}$$

Notez que vous n'avez pas à calculer la fréquence si vous spécifiez à la place des périodes minimum et maximum. Les valeurs obtenues sont légèrement imprécises principalement en raison du bruit du potentiomètre, et vous pouvez donc appliquer un certain filtrage.

Le même algorithme peut être implémenté en utilisant des interruptions, ce qui lui permet d'être exécuté en tâche de fond. La boucle principale est donc disponible pour faire autre chose.

## Trois potentiomètres ?

Maintenant, me direz-vous, pourquoi ne pas ajouter également une modulation d'amplitude au signal rectangulaire ? Vous auriez alors trois potentiomètres au lieu de deux ! C'est possible, bien sûr, mais il faudrait alors une entrée analogique sur le microcontrôleur, et notre objectif était de ne pas utiliser d'entrée analogique.

## Plus qu'une simple astuce

La technique présentée ici est plus qu'une simple astuce ou une curiosité. Comme l'information est transportée sous forme binaire sur un seul fil, elle est peu sensible au bruit et autorise de longues distances entre les potentiomètres et le microcontrôleur. Il est par ailleurs facile

d'ajouter une isolation galvanique. Il s'agit d'une solution idéale pour les applications médicales, par exemple, ou pour contrôler en toute sécurité un système directement connecté au secteur. Le dispositif peut également fonctionner à l'aide d'une liaison infrarouge, ce qui permet de le contrôler à distance.

Tous les fichiers de ce projet, y compris le circuit imprimé, peuvent être téléchargés à partir de [1].

220152-04

## Liste des composants

### Résistances

(5 %, 0,125 W)

R1 = 1 k $\Omega$

R2 = 1,8 k $\Omega$

R3, R4, R5 = 10 k $\Omega$

R6 = 15 k $\Omega$

R7 = 12 k $\Omega$

P1, P2 = potentiomètre 10 k $\Omega$ ,  
linéaire, montage latéral

### Condensateurs

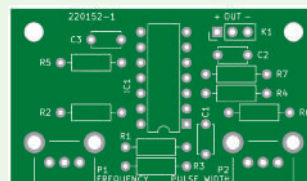
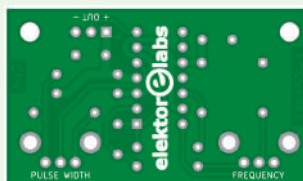
C1, C2, C3 = 100 nF, pas de 5 mm

### Semi-conducteurs

IC1 = LM324

### Divers

K1 = embase 3 broches,  
pas de 0,1 pouce



↓ Télécharger le projet



[www.elektormagazine.fr/summer-circuits-22](http://www.elektormagazine.fr/summer-circuits-22)

## LIENS

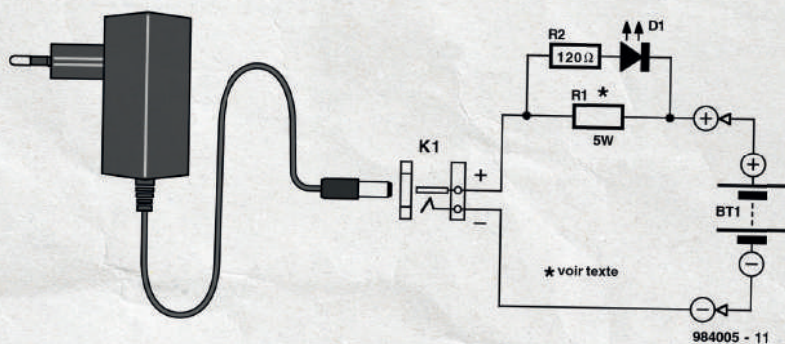
[1] Ce projet sur Elektor-Labs.fr: <https://www.elektormagazine.fr/labs/two-potentiometers-on-one-digital-input>

## Quiz: Circuits du passé #07

Nombreux sont les chargeurs du commerce à reposer sur le présent schéma. Ce chargeur pour accus CdNi ultra-simple ne comporte en fait rien de plus qu'un adaptateur secteur, 2 résistances et une LED. La résistance R1 remplit une fonction double : elle sert d'une part à définir le courant de charge requis et de l'autre à produire une tension suffisante pour obtenir l'allumage d'une LED. La LED ne s'allume donc qu'en cas de circulation effective d'un courant (de charge).

Il s'avère, dans la pratique, que ce genre de montage fonctionne très bien. La charge se fait à un courant de l'ordre du quart de la capacité de l'accu (0,25 C) de sorte que si l'on recharge l'accu pendant 1 heure de trop cela n'a

pas de conséquence dramatique. De l'autre côté la recharge de l'accu est relativement rapide, de l'ordre de 4 à 5 heures. Le dimensionnement des composants répond à quelques



Tension d'accu	1,2	2,4	3,6	4,8	6	7,2	[V]
Tension minimum	4,7	6,1	7,5	8,9	10,3	11,7	[V]
Tension d'adaptateur	4,5	6	7,5	9	12	12	[V]
Valeur (théorique) de R1	12,4	12,8	13,2	13,6	20	14,4	[ $\Omega$ ]
Valeur E12 de R1	15	15	15	15	22	15	[ $\Omega$ ]
valeur de R2	120	120	120	120	240	120	[ $\Omega$ ]

## Testez vos connaissances

Vous souvenez-vous de quelle année date ce circuit ? Répondez au quiz et gagnez jusqu'à 100 € à dépenser dans l'e-shoppe Elektor.



[www.elektormagazine.fr/summer-quiz7](http://www.elektormagazine.fr/summer-quiz7)