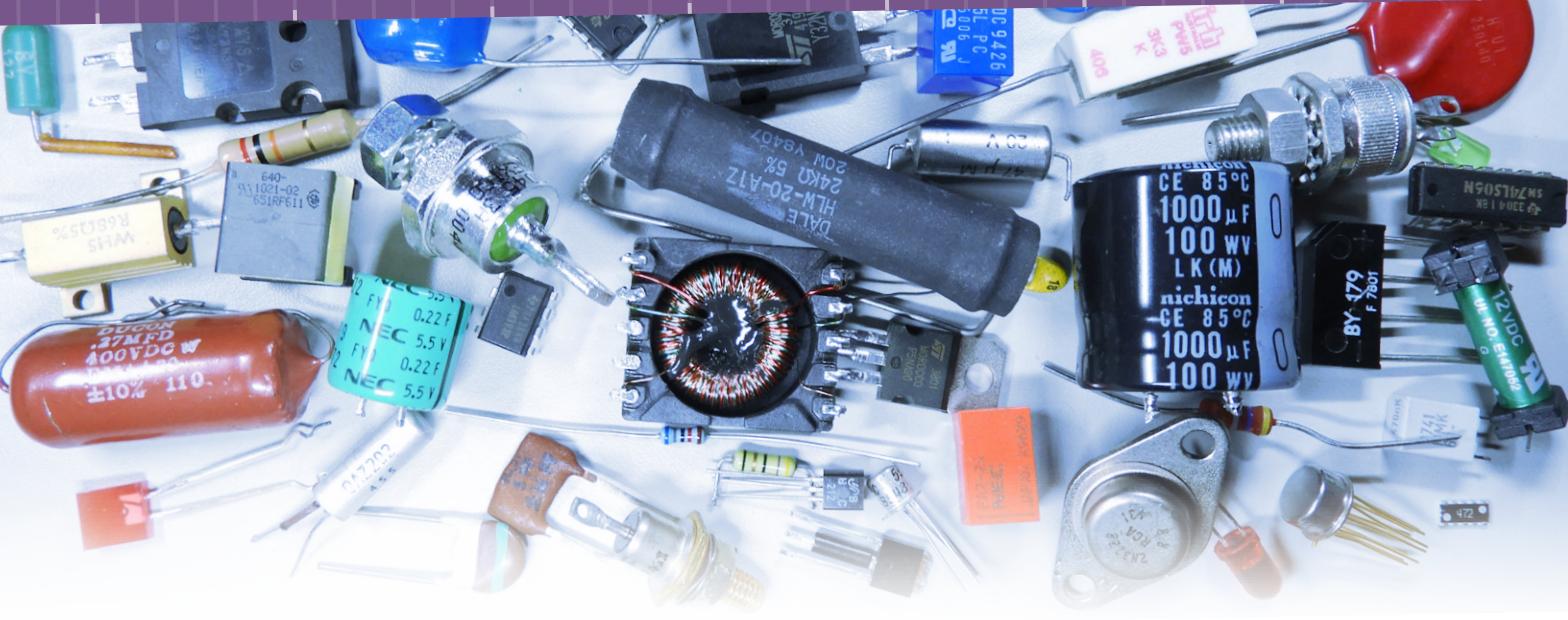


# zone D

Astuces, bonnes pratiques et autres informations pertinentes

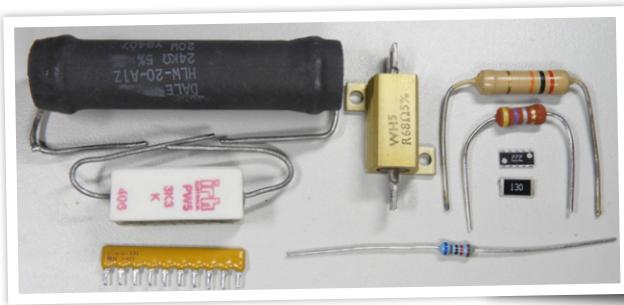


## trucs et astuces pour tester les composants

Sans appareils de test coûteux

David Ashton (Australie)

Dans mon article sur l'identification des composants, j'ai évoqué l'importance du savoir-faire en matière de test des composants [1]. Généralement, en tant qu'amateur, il vous suffit de vérifier le fonctionnement d'un composant avant de le souder sur votre circuit. Il y a de nombreuses techniques pour tester des composants piochés dans votre stock de pièces, récupérés sur des cartes ou de provenance douteuse, sans avoir besoin d'un instrument de test sophistiqué ou coûteux.



### Résistances

Les multimètres numériques sont désormais si répandus et bon marché qu'il n'y a guère d'intérêt à fabriquer ses propres testeurs. Il y a des exceptions – les résistances de très faible valeur (moins de  $1\Omega$  environ) utilisées pour la détection du courant et d'autres applications ne peuvent pas être testées de manière fiable avec des multimètres numériques bon marché, car la résistance des cordons de test est du même ordre que celle de la résistance à tester.

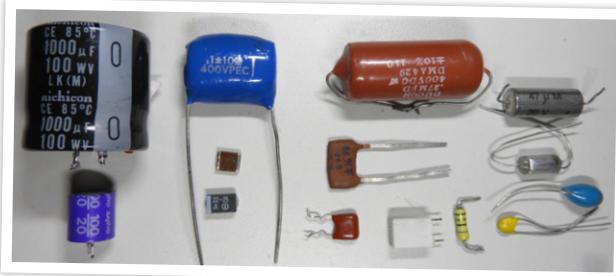
Une méthode plus fiable consiste à faire passer un courant connu dans la résistance et à mesurer la tension à ses bornes. On trouve de nombreux modèles de ce que l'on appelle des milliohm-mètres, dans d'anciens articles d'Elektor et sur l'internet. Certains sont simples et

$$dW = \int [ \psi(x_0, y_0, z_0) ] dV = 4 \pi dV$$

$$e^{ix} = \cos x + i \sin x$$

donnent des résultats acceptables pour un test rapide.

En général, on ne doit pas conserver les résistances qui ont chauffé au point de décolorer le corps ou les marquages, mais il est parfois possible de les tester pour les garder.



## Condensateurs et inductances

J'avais environ 20 ans (il y a bien longtemps), quand j'ai construit moi-même un capacimètre. Un astable 555 déclencheait un monostable 74121 avec le condensateur à tester pour donner un train d'impulsions avec un rapport cyclique proportionnel à sa capacité. J'utilisais un potard prégréglé pour chaque gamme et des condensateurs à 1% pour l'étalonner. Il mesurait d'environ 1 pF à 100 µF et c'est l'un des gadgets les plus utiles que j'ai jamais construits.

De nombreux multimètres numériques disposent désormais d'une fonction de test de capacité, et j'en ai trouvé un dans un magazine d'électronique récent pour environ 40 €, qui mesure la capacité et l'inductance, avec des plages malgré tout assez limitées. J'avais un LCR-mètre rudimentaire, mais convenable qui était à peu près au même prix, mais j'ai récemment investi dans un appareil plus polyvalent. Avec ce type d'appareil de test, vous en avez pour votre argent et le résultat dépend de votre budget et de vos exigences. Cela ne vaut plus vraiment la peine de construire vos propres testeurs. Mais quelquefois, vous pouvez avoir besoin d'effectuer des mesures plus ézotériques, telles que la résistance série équivalente (ESR) d'un condensateur, ou le Q d'une inductance, et pour cela, un instrument de test plus avancé peut s'avérer nécessaire. Au fil des ans, Elektor a publié de nombreux montages aptes à mesurer toutes les caractéristiques d'une capacité ou d'une inductance, et en cherchant sur le site du magazine, vous trouverez quelque chose qui répondra à vos besoins. La boutique d'Elektor propose également des testeurs à des prix raisonnables (voir encadré).

Les supercondensateurs ne sont qu'un cas particulier de condensateurs électrolytiques, mais ils dépassent la capacité de la plupart des testeurs. Leur tenue en tension est en général de 5,5 V, il faut donc veiller à ne pas dépasser cette valeur. Testez-les en utilisant une résistance de 100 Ω sur une alimentation de 5 V, et comptez le nombre de secondes pour qu'un condensateur entièrement déchargé atteigne 3,5 V. Divisez ce nombre par 100 et vous obtiendrez une estimation approximative de la capacité en farads. Cette méthode utilise la constante de temps RC, c'est-à-dire le temps nécessaire au condensateur pour atteindre 70% de la charge complète ( $5 \text{ V} \times 0,7 = 3,5 \text{ V}$ ). Un condensateur de 1 F mettra  $100 \Omega \times 1 \text{ F} = 100 \text{ s}$  pour atteindre 3,5 V.  $100/100 = 1$ , soit 1 F.

## Transformateurs

Les transformateurs ne sont que des inductances particulières. Identifiez les enroulements avec un multimètre, puis mesurez les inductances.

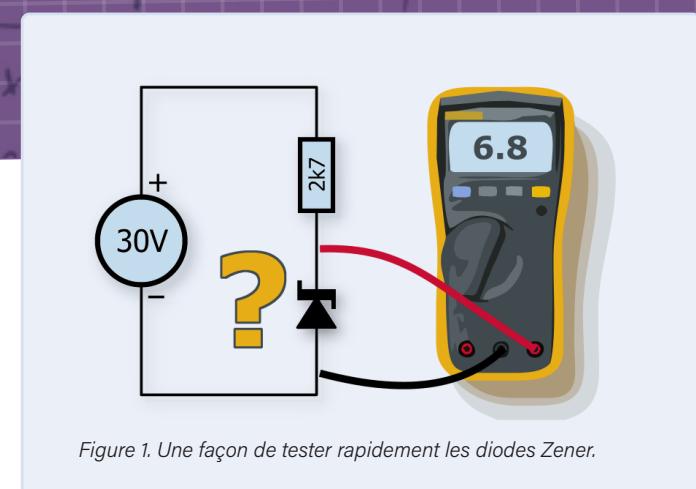
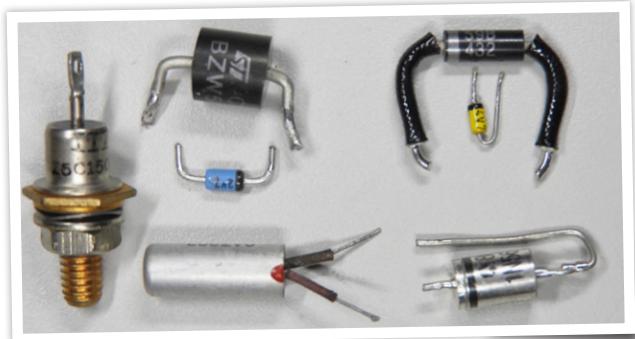


Figure 1. Une façon de tester rapidement les diodes Zener.

Pour un petit transformateur de puissance, tout enroulement dont la résistance est supérieure à environ 50 Ω et l'inductance supérieure à environ 10 H doit être un enroulement côté secteur. Et comme l'inductance est proportionnelle au carré du nombre de spires, prenez la racine carrée du rapport des inductances des enroulements pour obtenir le rapport de transformation.

Par exemple, un transformateur avec des inductances de 10 H et 50 mH a un rapport de transformation d'environ  $(10 / 0,05)^{0,5} = 14$ , donc s'il s'agit d'un transformateur secteur de 240 VCA, on peut s'attendre à ce que le secondaire donne environ 15 V. Mais de nombreux enroulements secteur ont une inductance plus élevée que ce que votre LCR-mètre peut mesurer, donc vous ne pourrez pas toujours faire cela.



## Diodes

Les diodes sont faciles à tester avec n'importe quel multimètre : elles conduisent dans un sens et pas dans l'autre. Certains multimètres numériques ont une fonction de test de diode qui vous donnera une indication de la tension aux bornes de la diode lorsqu'elle est conductrice – environ 0,6 à 0,7 V signifie qu'il s'agit d'une diode au silicium standard, 0,3 à 0,5 V d'une diode Schottky, et 0,2 V et moins d'une diode au germanium. La position du point décimal peut varier, mais c'est le premier chiffre qu'il faut regarder.

C'est un peu plus difficile avec les diodes Zener. Elles se comportent comme des diodes normales lorsqu'elles sont testées avec un multimètre, car il est peu probable qu'un multimètre applique une tension suffisante pour les faire conduire en mode inverse (Zener). Pour tester les Zener, utilisez votre alimentation de laboratoire à sa tension maximale, avec une limitation de courant très basse (disons 10 mA), ou une résistance en série qui laisse passer environ 10 mA à la pleine tension. Appliquez ceci à la Zener et mesurez la tension à ses bornes avec votre multimètre (fig. 1). Cela ne fonctionnera que pour les Zener dont la tension est inférieure à celle de votre alimentation, mais une alimentation de 30 V couvrira la plupart des Zener.

Les LED peuvent être testées de la même manière que les Zener, mais

# zone D

Astuces, bonnes pratiques et autres informations pertinentes

en abaissant la tension d'alimentation à environ 5 V – les LED ont une tension de claquage inverse assez faible. Testez toute LED avec un boîtier transparent dans les deux sens – il peut s'agir d'un type bicolore. Limitez le courant à 10 mA ; c'est suffisant pour que n'importe quelle LED s'allume et sans danger même pour les plus petites.

## Transistors

J'avais environ 13 ans quand j'ai vu quelque part un article sur un testeur de transistors simple qui vérifiait le fonctionnement et donnait une valeur de  $H_{fe}$  (gain). Sa précision était raisonnable pour les transistors au silicium à petits signaux, mais insuffisante pour les transistors au germanium – ce qui de nos jours n'est guère un problème ! Il a beaucoup servi et je l'utilise encore aujourd'hui. Mais encore une fois, la plupart des multimètres ont un testeur de transistors intégré qui, en général, fait du bon travail.

N'oubliez pas non plus qu'un transistor se comporte comme deux diodes, l'identification de la base est donc assez facile. Les transistors comme les Darlington et les transistors de puissance sont plus difficiles à tester, car ils nécessitent des tensions base-émetteur plus élevées ou des courants de collecteur plus intenses pour effectuer un test valable. Mais pour l'amateur, un test fonctionnel de base « bon/pas bon » suffit.

## MOSFET

Les MOSFET sont devenus omniprésents, et un simple testeur de transistors ne pourra pas les tester. La plupart d'entre eux nécessitent des tensions grille-source de 5 V et plus pour être complètement passants. Heureusement, il existe un moyen facile de réaliser un test fonctionnel d'un MOSFET en utilisant uniquement une alimentation à limitation de courant (ou une alimentation et une résistance, ou encore mieux une ampoule électrique) et vos doigts ou une résistance de grande valeur (un mégohm ou plus). Le fait de placer la résistance (ou vos doigts) entre la grille et le plus devrait l'allumer et entre la grille et la source devrait l'éteindre. Étant donné que les MOSFET ont une capacité de grille appréciable, l'allumage et l'extinction peuvent prendre une seconde ou plus. Utilisez 12 V pour appliquer une tension de grille suffisante, et limitez le courant à 100 mA ou moins, ou vous risquez de vous brûler les doigts si le MOSFET n'est pas sur un dissipateur thermique !

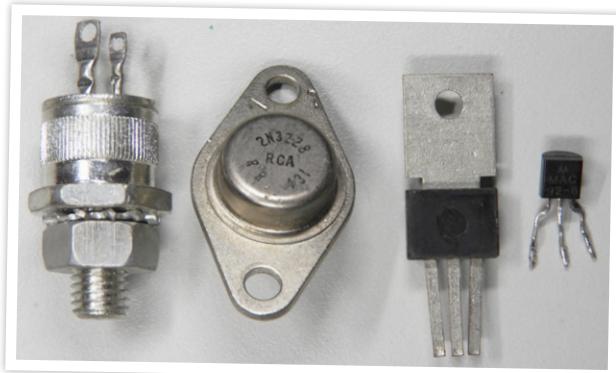


Figure 2. Un simple testeur de semi-conducteurs de puissance teste les MOSFET, les transistors, les thyristors et les triacs.

## Thyristors/SCR/triacs

Pour ces derniers, vous pouvez utiliser la même configuration que pour les MOSFET ci-dessus, mais vous aurez besoin d'une résistance plus petite pour la grille – environ  $470\ \Omega$  à  $1\ k\Omega$  devrait convenir. Lorsque vous connectez la grille, via la résistance, à l'anode ou à l'alimentation positive, le SCR doit s'allumer (absorber du courant) et le rester même après la suppression de la commande de la grille. Vous devez interrompre la connexion de l'anode pour le désactiver. Idem pour les triacs, mais ils fonctionneront avec l'alimentation dans les deux sens. Les exigences de test pour les MOSFET, les transistors et les SCR sont similaires, et vous pouvez construire vous-même un testeur rudimentaire qui les testera tous. Voyez celui que j'ai construit à la **figure 2**.

## VDR

Les résistances dépendant de la tension (VDR) et autres protections contre les surtensions telles que les types à gaz et les diodes P6KE font partie des composants les plus difficiles à tester. Une VDR de 460 V ne commencera à conduire qu'à partir de 500 V. Mais si vous avez accès à un mégohmmètre ou à un testeur d'isolement d'électricien, vous pouvez les vérifier rapidement.

La plupart des testeurs d'isolement ont trois tensions d'essai : 250 V, 500 V et 1000 V. Un VDR de 460 V ne devrait donner ni déviation ni lecture à 250 V, puis montrer une petite déviation à 500 V et une faible résistance à 1000 V. Les résultats peuvent varier en fonction du modèle de testeur utilisé, mais ils devraient être suffisants pour un test bon/pas bon. Les VDR qui ne fonctionnent pas sont soit en court-circuit, soit en circuit complètement ouvert, et ce test montrera l'un ou l'autre de ces états. Et gardez vos doigts loin de ces tensions !

## Fusibles réarmables ou résistances CTP

Il s'agit de composants qui, en général, ont une faible résistance (quelques ohms), mais qui, lorsqu'ils sont traversés par un courant supérieur au courant nominal, chauffent et passent à une résistance

$$dW = \int \psi(x_0, y_0, z_0) \int dV = 4\pi dV$$

$$e^{ix} = \cos x + i \sin x$$

$$F(h, k, c)$$

élevée, à priori maintenue jusqu'à ce que la source de la surintensité disparaisse. Testez-les en les plaçant sur une alimentation à limitation de courant et en augmentant lentement le courant. Au départ, la tension à leurs bornes sera faible, mais à mesure que le courant augmente, leur résistance augmente et la tension à leurs bornes augmente assez rapidement. En utilisant cette technique, vous pouvez avoir une idée de leur courant nominal (qui sera inférieur au point qui les fait passer en haute résistance). Et ne vous brûlez pas les doigts ; ils augmentent leur résistance en chauffant !

### Interrupteurs DIP

Les commutateurs DIP usagés peuvent avoir certains éléments défectueux, il faut donc les tester avant de les utiliser. Vous pouvez tester n'importe quel interrupteur avec un multimètre bien sûr, mais si vous en avez beaucoup à tester, vous pouvez fabriquer un testeur d'interrupteurs DIP avec un support de circuit intégré, des résistances et des LED pour indiquer si chaque pôle de l'interrupteur est ouvert ou fermé. Vous pouvez aussi l'utiliser pour tester les LED. Placez une LED à l'endroit où l'un des pôles de l'interrupteur devrait se trouver et si elle est bonne, cette LED ainsi que celle du testeur devraient s'allumer. Voyez le modèle que j'ai construit à la **figure 3**.

### Circuits intégrés

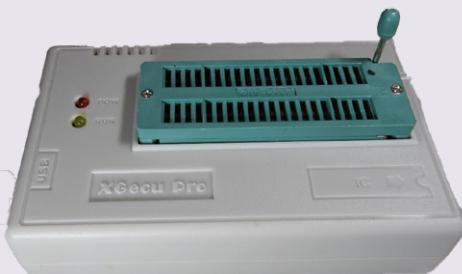
Ceux-ci sont plus difficiles à tester, car il en existe de nombreuses variétés. Mais vous pouvez effectuer des tests simples. Les amplificateurs opérationnels ont généralement le même brochage, vous pouvez donc fabriquer un testeur en le configurant pour qu'il fonctionne comme un multivibrateur astable avec quelques LED sur la sortie. Cela fonctionnera également pour de nombreux comparateurs, mais sachez que certains comparateurs n'ont qu'un simple transistor en sortie qui ne fournira pas de courant.

Vous pourriez également réaliser des testeurs pour les amplificateurs opérationnels doubles et quadruples. Utilisez un support de bonne qualité – un de type ZIF (à force d'insertion nulle) si votre budget vous le permet. Vous pouvez faire la même chose pour le très apprécié 555 – le faire fonctionner comme un astable avec des LED sur la sortie.



Figure 3. Un testeur de commutateurs DIP et de LED bricolé qui teste ici un commutateur DIP à 4 voies et une paire de LED.

### Programmateur et testeur de circuits intégrés numériques TL866



Source: David Ashton

Le TL866 est avant tout un programmeur pour une très large gamme de composants. À ce titre, il semble raisonnablement efficace et on en trouve de nombreuses analyses, y compris celle d'Elektor [2]. Je vais toutefois me concentrer sur sa capacité à tester les circuits intégrés logiques.

Le TL866-II – la version actuelle – se présente dans un boîtier en plastique avec un support ZIF à 40 broches de bonne qualité, quelques LED et une connexion USB. J'ai dû télécharger le logiciel à partir du site du fabricant – ce qui ne m'enchantait pas, mais c'est le site du fabricant, donc le risque est minime. Le TL866 a un bon manuel PDF imprimable. Le logiciel est assez bien conçu et vous pouvez trouver rapidement la plupart des composants et des fonctions.

On trouve l'item *Logic Test* dans l'onglet *Device* du menu principal. Il fait apparaître une longue liste de types de circuits intégrés CMOS 4000 et TTL de la série 74 parmi lesquels choisir, et même quelques périphériques Intel 8080. J'ai passé une bonne demi-heure avec mes boîtes de circuits intégrés CMOS et TTL à en essayer un bon nombre et le TL866 a testé la plupart d'entre eux sans problème. Cependant, les 74LS21 ont systématiquement donné lieu à une erreur – un peu décevant pour un circuit intégré aussi élémentaire. Mais maintenant, la partie amusante. Le logiciel du TL866 affiche la séquence de test qu'il utilise, et vous pouvez la copier et la modifier (bien que vous deviez l'enregistrer avec un nouveau nom). En regardant la fiche technique du 7421 et la séquence de test programmée, j'ai remarqué que les broches 3 et 11 avaient « H » (niveau haut attendu) marqué pour ces broches. Ces broches ne sont pas utilisées, elles doivent donc être ignorées. En changeant ces broches en « x » (ignorer), le test a fonctionné et j'ai testé avec succès tous mes 74LS21 sans aucune erreur. Je suis maintenant sûr de pouvoir tester à peu près tous les circuits intégrés numériques, même si je dois écrire mes propres séquences de test pour certains d'entre eux. D'autres circuits intégrés ont donné des erreurs, principalement des multivibrateurs monostables qui seraient difficiles à tester sans composants de synchronisation.

Pour tester les circuits intégrés CMS, vous pouvez trouver des jeux d'adaptateurs CMS vers DIL sur eBay et d'autres sites, et vous pouvez même acheter un TL866 avec divers adaptateurs inclus pour moins de 50 € – un testeur très pratique pour un bon prix, et un bon ajout à la collection de matériel de test de tout amateur.

# zone D

Astuces, bonnes pratiques et autres informations pertinentes

C'est plus difficile avec les circuits intégrés numériques. Si vous devez en tester souvent, le mieux est d'acheter un testeur approprié. Il existe un appareil appelé TL866 [2] (voir encadré), généralement disponible à moins de 50 €, qui est un programmeur d'EPROM, mais qui teste également les circuits intégrés logiques. Il y a plusieurs modèles disponibles, alors regardez les spécifications avant d'acheter. Le TL866II est la version actuelle.

Ils sont équipés d'un support ZIF pour la plupart des tailles de circuits intégrés de type traversant, mais sont souvent livrés avec des adaptateurs pratiques pour tester également divers composants en boîtier CMS. Certains modèles permettent la programmation ICSP si cela vous est utile, mais les plus récents ne programmrent pas les très vieilles EPROM (pour un ancien comme moi, c'est important !). Pour le simple test de circuits intégrés numériques, rien de tout cela n'est très important. Vous pouvez aussi écrire vos propres programmes de test, pour les CI qui ne sont pas dans la base de données ou pour lesquels les programmes inclus ne fonctionnent pas (il y en a quelques-uns).

## Résonateurs à quartz

Les résonateurs à quartz et les oscillateurs font partie des composants les plus courants que vous trouverez lors du démontage d'un appareil professionnel. Généralement, ces composants sont marqués avec leur fréquence et un simple test bon/pas bon est nécessaire. Cela peut être fait assez simplement. Pour vérifier la fréquence, ou pour tester les résonateurs qui ne sont pas marqués, un fréquencemètre sera nécessaire. Vous n'avez besoin que de deux portes inverseuses pour faire osciller un quartz, et d'une autre pour détecter qu'il oscille. Vous pouvez utiliser la 4<sup>e</sup> porte d'un circuit intégré à quatre portes comme tampon pour alimenter un fréquencemètre.

Les horloges en temps réel utilisent souvent des quartz de 32 768 Hz, mais les quartz des microcontrôleurs sont généralement de l'ordre du MHz. Vous aurez donc peut-être besoin de deux oscillateurs pour vérifier tous les quartz. Ajoutez alors un support DIP pour vérifier les oscillateurs ; vous avez juste besoin d'une alimentation et d'une connexion à la sortie. C'est plus difficile avec les quartz et les oscillateurs CMS. Un adaptateur de test est nécessaire pour eux.

## Relais

On utilise encore beaucoup les relais. Pour l'isolement et la gestion des courants élevés, ils sont imbattables. Testez les contacts à l'aide d'un multimètre équipé d'un buzzer de continuité qui indiquera une faible résistance. Faites fonctionner le relais avec votre alimentation réglée sur la tension appropriée et vérifiez que les contacts s'ouvrent ou se ferment. Si vous avez beaucoup de relais d'un même type, il peut être utile de fabriquer un banc d'essai pour eux, en utilisant une charge de quelques ampères (par ex. une lampe de voiture) pour éliminer ceux dont les contacts ont une résistance élevée.

## Autres outils

Si vous ne pouvez vous offrir qu'un seul bon appareil de test, prenez un multimètre de qualité, avec test des transistors, capacité et autres grandeurs (fréquence, température...). Il sera vraiment utile jusqu'à ce que vous puissiez acheter ou construire un instrument de test meilleur. L'une des choses les plus utiles à acheter si vous travaillez sur des composants CMS est une sonde de type pince (fig. 4). Elle se branche sur votre multimètre et vous permet de tester très rapidement et facile-



Figure 4. Sonde à pince pour multimètre. (Source : Sparkfun)

ment les résistances, les condensateurs, les inductances et les diodes CMS. Elles sont fabriquées par Sparkfun et se trouvent partout. Si vous effectuez beaucoup de tests de CMS, vous pouvez trouver des pinces avec appareil de mesure intégré. Le DT71 par ex. est disponible dans la boutique Elektor (voir l'encadré) avec un banc d'essai en [3]. Peak fabrique la gamme de testeurs de composants portatifs « Atlas », saluée par de bonnes critiques et proposée à un prix raisonnable. Nous recommandons leur « analyseur perfectionné pour semi-conducteurs DCA75 Pro » (voir encadré) qui identifiera à peu près n'importe quel semi-conducteur à 2 ou 3 bornes. Si vous avez besoin de faire des tests plus poussés que les tests simples décrits ci-dessus, cela vaut la peine d'investir dans un instrument de test comme celui-ci. Elektor propose depuis peu le testeur de composants multifonctions Joy-IT LCR-T7 [5] qui, bien que n'offrant pas les spécifications du testeur de Peak, est d'un niveau exceptionnel pour environ un quart du prix. Une loupe de bureau ou à main avec éclairage LED et/ou un microscope USB sont pratiques pour vérifier la valeur, la polarité ou l'orientation des petits composants.

On a mentionné une alimentation dans de nombreux tests ci-dessus. Au minimum, une alimentation variable 0-30 V avec limitation de courant de 10 mA (ou moins) à 500 mA (ou plus) conviendra. L'utilisation de ces techniques simples et de quelques appareils de test bricolés vous facilitera grandement la vie si vous réutilisez des composants pour vos projets. 

210279-04

## Contributeurs

Texte et photographies : **David Ashton**  
Rédaction : **Clemens Valens**  
Mise en page : **Harmen Heida**  
Traduction : **Denis Lafourcade**

## Des questions, des commentaires ?

Contactez Elektor ([redaction@elektor.fr](mailto:redaction@elektor.fr)).

$$dW = \int \psi(x_0, y_0, z_0) \int dV = 4\pi dV$$

$$e^{ix} = \cos x + i \sin x$$

$$F(h, k, c)$$

## Banc d'essai : analyseur perfectionné pour semi-conducteurs DCA75 de Peak



Il y a quelque temps, je suis tombé sur l'analyseur perfectionné pour semi-conducteurs DCA75 de Peak. J'étais un peu hésitant, je l'admet, car je me demandais comment un si petit testeur avec seulement deux boutons pouvait

valoir ce prix-là (un peu plus de 100 €). Mais je n'aurais pas pu être plus agréablement surpris. Il fait tout ce qu'il prétend et il est très simple à utiliser. L'interface est tout simplement géniale et ne nécessite pratiquement aucune intervention de votre part. Vous connectez votre composant, dans le sens que vous voulez, et le DCA75 identifie ce que vous avez connecté, vous en donne quelques caractéristiques de base et vous en indique le branchement.

J'ai eu beau essayer, je n'ai pas pu tromper le DCA75. L'un des premiers composants que j'ai analysés était un « transistor » 0V8F de mon article sur l'identification des composants [1]. Je n'avais pas été capable de les identifier ou de les tester – je pensais que ce pouvaient être des FET. Le DCA75 les a instantanément identifiés comme des triacs. Ce seul fait

m'a convaincu que le DCA75 vaut son pesant d'or !

Le DCA75 a quelques limitations mineures – il ne peut pas tester les Zeners et les régulateurs de tension de plus de 8 ou 9 V – et n'identifiera pas certains des semi-conducteurs les plus ésotériques comme les transistors unijonction, mais ce ne sont pas des inconvénients majeurs pour l'utilisateur moyen.

En utilisant un PC, le câble USB et le logiciel inclus, le DCA75 peut également produire les courbes caractéristiques de nombreux composants. Dans l'ensemble, c'est un appareil de test très polyvalent à ajouter à votre arsenal. Il existe un petit frère, le DCA55, qui coûte environ la moitié du prix, mais je vous conseille d'acheter le DCA75. Je ne saurais trop recommander ce testeur.



### PRODUITS

- **Analyseur perfectionné pour semi-conducteurs  
Atlas DCA75 Pro de Peak**  
[www.elektor.fr/17567](http://www.elektor.fr/17567)
- **Brucelles numériques DT71 de Miniware**  
[www.elektor.fr/19422](http://www.elektor.fr/19422)
- **Testeur de composants multifonctions LCR-T7 de Joy-IT**  
[www.elektor.fr/19709](http://www.elektor.fr/19709)
- **Kit du LCR-mètre 2 MHz d'Elektor**  
[www.elektor.fr/19883](http://www.elektor.fr/19883)

### LIENS

- [1] « Identification des composants », D. Ashton, Elektor 03-04/2022 : [www.elektormagazine.fr/210024-04](http://www.elektormagazine.fr/210024-04)
- [2] « Banc d'essai : programmeur MiniPro TL866A » : [www.elektormagazine.fr/news/yg-review-minipro-tl866a-programmer](http://www.elektormagazine.fr/news/yg-review-minipro-tl866a-programmer)
- [3] « Banc d'essai : DT71 de Miniware - brucelles de mesure numériques », H. Baggen, Elektor 07-08/2021 : [www.elektormagazine.fr/210182-04](http://www.elektormagazine.fr/210182-04)
- [4] « Analyseur perfectionné pour semi-conducteurs PEAK Atlas » : [www.elektormagazine.fr/news/analyseur-pour-semi-conducteurs-Atlas-DCA-75](http://www.elektormagazine.fr/news/analyseur-pour-semi-conducteurs-Atlas-DCA-75)
- [5] « Testeur multifonctions JOY-iT LCR-T7 » : [www.elektormagazine.fr/news/testeur-multifonctions-joy-it-lcr-t7](http://www.elektormagazine.fr/news/testeur-multifonctions-joy-it-lcr-t7)