

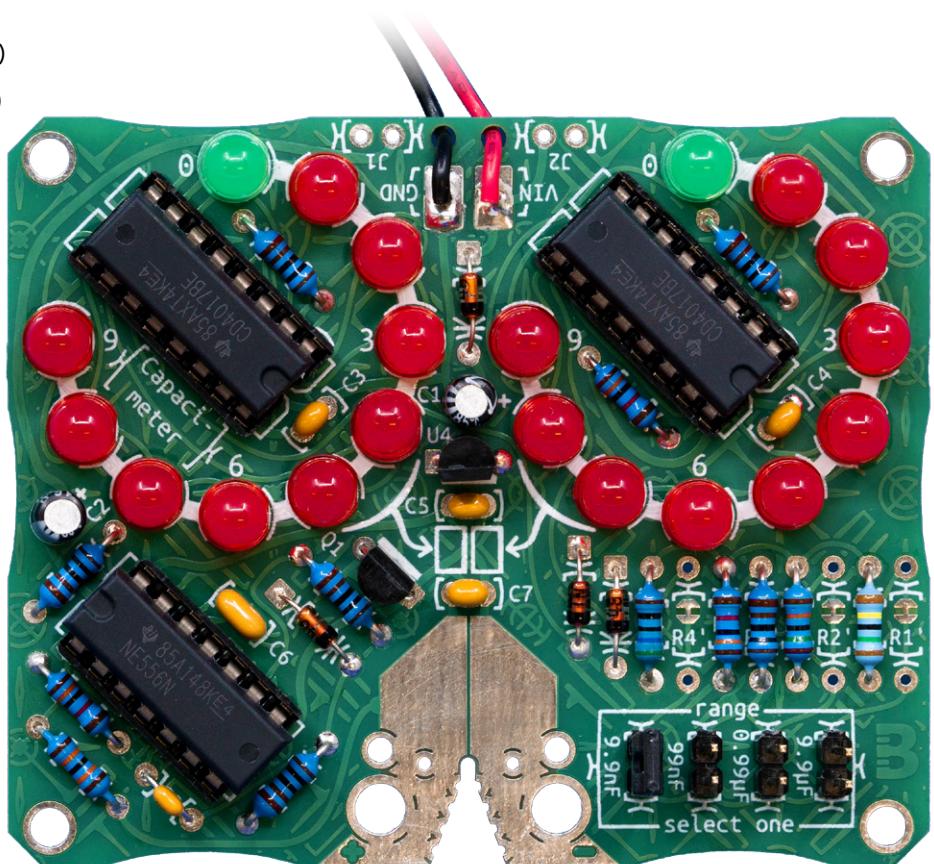
# Capaci-Meter

## affichage à LED de type Dekatron sur deux chiffres

Projet : **Jez Siddons** (projects@peaklec.co.uk)

Circuit imprimé : **Boldport** (saar@boldport.com)

Le Capaci-Meter est au départ un projet de fin d'année 84-85 dans mon cours de technologie de niveau O (devenu GCSE) au Royaume-Uni. Au lieu de l'affichage sur 3 chiffres et 7 segments de la version originale, je propose ici un truc encore plus rétro, avec des LED qui imitent un 'Dekatron' pour représenter deux chiffres.



Avec son afficheur à seulement deux chiffres, cet instrument de mesure, sans offrir la plus grande précision, fait un excellent indicateur de tendance. Il vous dit p.ex. si le condensateur testé est proche de la valeur souhaitée, ce qui est utile p.ex. quand la valeur imprimée sur le composant est difficile à lire, mais

que sa capacité exacte, au *pouïème* de farad près, vous importe peu.

### Plage de mesure et précision

Ce capacimètre offre quatre plages de mesure (tableau 1). La capacité minimale de chaque calibre est en fait la limite de la résolution du compteur (ainsi que de

la gigue), donc le minimum est généralement le double de la résolution de la mesure. Comme pour toute mesure, il est bon de choisir la plage de mesure qui donne une valeur aussi proche que possible du maximum, mais toujours inférieure à la pleine échelle.

La précision normale est de l'ordre de  $\pm 5\%$ , mais améliorable dans chacune des quatre gammes au moyen de quelques résistances de réglage fin. Un affichage à 2 chiffres n'offre toujours qu'une précision théorique maximale de  $\pm 1\%$  de la pleine échelle. De plus, la quantification et la gigue peuvent augmenter l'erreur de  $\pm 1$  chiffre. Il paraît donc réaliste d'attendre de cet appareil  $\pm 2\%$  de précision à pleine échelle, à condition que les quatre plages soient bien réglées.

### Caractéristiques

- Capacité minimale mesurable : 200 pF
- Capacité maximale mesurable : 9,9  $\mu$ F
- Tension d'essai en circuit ouvert : 3,3 V
- Tension maximale admissible sur les sondes de test : -0,6 V à +5,6 V
- Impédance d'entrée : 130 k $\Omega$
- Précision (sans réglage fin) :  $\pm 5\%$  de la pleine échelle
- Précision (avec réglage fin des résistances de calibre) :  $\pm 2\%$  de la pleine échelle
- Consommation de courant : 15 mA
- Tension d'alimentation : 7,5 V<sub>CC</sub> à 15 V<sub>CC</sub>

**Tableau 1.** Le *Capaci-Meter* offre quatre calibres.

Si une capacité est trop grande pour le calibre sélectionné, l'afficheur s'éteint à 99, indiquant un dépassement possible. Si possible, essayez une plage plus élevée pour voir si la capacité mesurée est supérieure à la plage ou précisément de '99'.

Calibre	Minimum	Maximum	Résolution
1	0,2 nF (200 pF)	9,9 nF	0,1 nF (100 pF)
2	2 nF	99 nF	1 nF
3	0,02 µF (20 nF)	0,99 µF (990 nF)	0,01 µF (10 nF)
4	0,2 µF (200 nF)	9,9 µF	0,1 µF (100 nF)

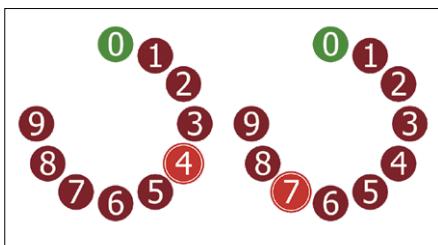


Figure 1. Ici, la valeur '47' est affichée. Si la plage de mesure sélectionnée est 0,0 - 9,9 µF, la valeur affichée représente 4,7 µF.

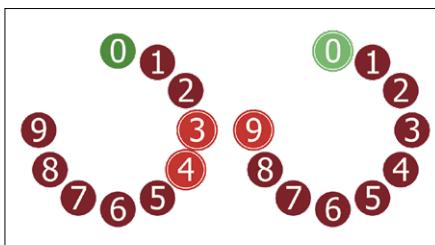


Figure 3. L'affichage oscille entre '39' et '40'. Cela peut sembler déroutant au début, mais la gigue se produit généralement entre valeurs adjacentes (comme 39 et 40). Nous pouvons donc être sûrs que l'affichage n'oscille pas entre '30' et '49' qui ne sont pas des valeurs adjacentes.

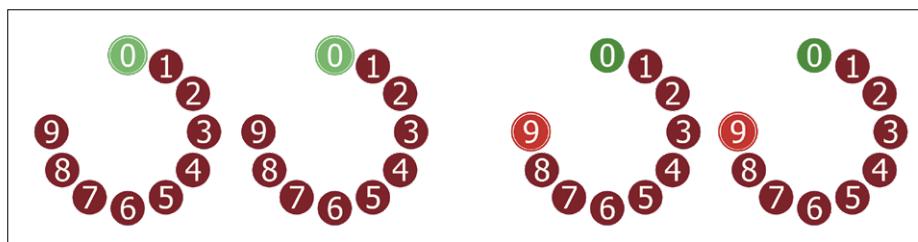


Figure 2. L'écran affiche zéro (à gauche) et '99' (à droite). L'affichage peut indiquer '99' si la capacité mesurée est exactement à pleine échelle, ou peut-être au-delà de la plage de mesure.

## Façon Dekatron

Deux cercles de dix LEDs composent l'affichage à deux chiffres du *Capaci-Meter*. Ces cercles rappellent les *Dekatrons* utilisés comme afficheurs bien avant l'avènement des puces, des LED et même des transistors. Afin d'obtenir un affichage plus intuitif et contrairement aux décatrons d'origine, les LEDs sont disposées ici comme sur un cadran d'horloge (fig. 1 et 2).

## Gigue ou instabilité

Il est possible que l'affichage hésite entre deux valeurs (fig. 3). Cela peut se produire quand la capacité mesurée est à la limite entre deux calibres, ou en présence d'un parasite électrique qui cause cette instabilité. Dans la plupart des cas, la valeur affichée reste lisible même avec de la gigue. Sauf quand celle-ci se pro-

duit entre 9 et 0, car il en découlerait également une gigue des dizaines, plus gênante.

## Principe de mesure

Ce capacimètre mesure à répétition le temps de charge du condensateur sous test ( $C_x$ ) jusqu'à une valeur donnée, à travers une résistance de valeur connue. Le circuit comprend trois sections principales :

- Horloge  $C_x$  (où  $C_x$  est le condensateur testé) : un simple générateur d'impulsions basé sur 555 (U3A, moitié d'une puce 556 à double temporisateur). La durée des impulsions est proportionnelle à la capacité  $C_x$ .
- Horloge maîtresse : une onde carrée utilisée par le compteur pour mesurer le temps. En changeant la



fréquence de l'onde carrée, nous pouvons changer la plage de mesure effective de l'instrument entier.

- Compteur/afficheur : compte les fronts ascendants du signal de l'horloge maîtresse. Ce faisant, il mesure le temps. Les compteurs commandent également les LEDs qui forment l'afficheur.

L'horloge maîtresse produit des impulsions envoyées au compteur/afficheur. Lorsque le signal d'horloge  $C_x$  est haut, le compteur compte les impulsions de l'horloge maître. Lorsqu'il est bas, l'horloge maîtresse est désactivée (fig. 4) et le compteur s'arrête. En même temps, les LEDs s'allument pour indiquer la valeur comptée.

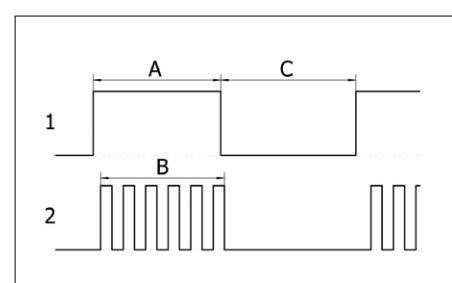


Figure 4. La durée de (A) dépend de la valeur de  $C_x$ . Le compteur compte les impulsions de l'horloge maîtresse (2) uniquement lorsque l'horloge  $C_x$  (1) est haute (B). Lorsqu'elle est basse, la valeur s'affiche (C).

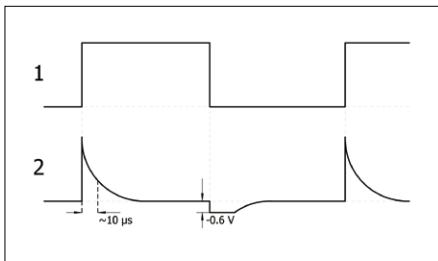


Figure 5. (1) est l'horloge  $C_x$ , (2) le signal de r. à z. des compteurs. Le différentiateur R12/C8 produit une impulsion positive en réponse à un front montant sur son entrée et une impulsion négative si ce front est descendant. Pour éviter d'endommager les compteurs, D4 limite l'impulsion négative à environ -0,6 V. Les valeurs de R12 et C8 déterminent le taux de décroissance du signal différencié. Ici, nous avons choisi des valeurs qui donnent environ 66% de décroissance en 10 µs, déterminées simplement par  $T = R \times C$ .

## Démarrage du comptage à zéro

Pour s'assurer que le compteur part de zéro chaque fois que le comptage commence, le compteur est initialisé sur le front montant du signal d'horloge  $C_x$ . C'est un différentiateur simple (R12/C8) qui s'en charge en donnant des impul-

sions très étroites à chaque front montant et descendant du signal rectangulaire (**fig. 5**). Pour éviter que les compteurs ne reçoivent des signaux qu'ils ne pourraient pas traiter, la diode D4 supprime les impulsions négatives. Le schéma complet du *Capaci-Meter* est sur la **fig. 6**.

## Bloque du dépassement

Ce n'est pas indispensable, mais le comptage est limité à 99 pour éviter les valeurs tronquées ambiguës au-delà de 99. D'un point de vue logique, on arrête le décompte lorsque les deux unités ET les dizaines sont à 9. Il nous faut

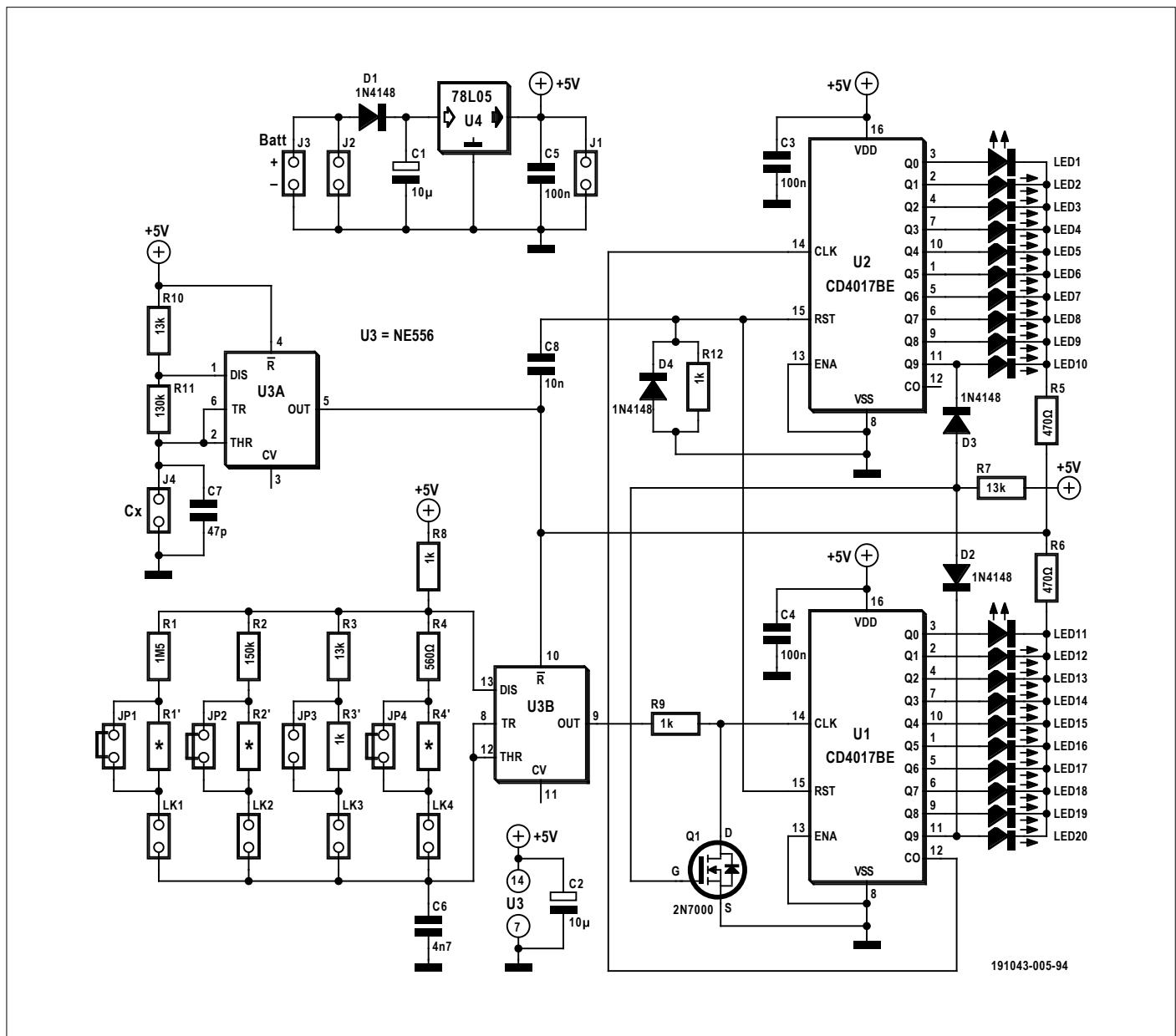


Figure 6. Le schéma complet du *Capaci-Meter* (c'est le nom original de ce kit en anglais, dont nul ne sait d'où vient ce trait d'union).

donc un opérateur ET, confectionné avec une paire de diodes (D2 & D3) et le MOS-FET Q1. Maintenant, lorsque le niveau de la sortie '9' des deux compteurs est haut, l'horloge maîtresse est forcée vers le bas par Q1 pour bloquer la poursuite du comptage.

### Fréquences d'horloge maîtresse

Nous voulons que le compteur compte jusqu'à 99 pour une capacité à pleine échelle dans la gamme où nous sommes. Par exemple, en testant un condensateur de 9,9  $\mu$ F sur la plage supérieure, nous voulons que le compte atteigne exactement 99. Dans notre circuit, la durée du niveau haut issu de l'horloge  $C_x$  est déterminée par les valeurs de R10, R11 et  $C_x$ , avec la formule suivante :

$$T_{HAUT} = 0,693 \times (R10 + R11) \times C_x$$

Avec les valeurs données pour R10 et R11 et 9,9  $\mu$ F pour  $C_x$ , cela nous donne une durée de niveau haut de 0,981 seconde. Pendant ce temps, nous voulons compter 99 impulsions de l'horloge maîtresse. La fréquence de l'horloge maîtresse devrait donc être :

$$f_{horloge} = 99 / 0,981 = 100,9 \text{ Hz}$$

C'est la fréquence requise pour la gamme 9,9  $\mu$ F. Si nous réduisons la plage de capacité d'un facteur 10 (jusqu'à une pleine échelle de 0,99  $\mu$ F) et que nous voulons toujours compter jusqu'à 99,

alors la fréquence de l'horloge maîtresse doit être augmentée d'un facteur 10, et ainsi de suite.

Ces fréquences sont les valeurs théoriques cibles pour chaque gamme, les fréquences réelles peuvent différer légèrement en raison des tolérances des composants de l'horloge maître. Si vous le souhaitez, vous pouvez les affiner en ajustant la valeur des paires de résistances correspondantes R1 & R1', R2 & R2', R3 & R3' et R4 & R4'. Sans aucun réglage, la précision sera probablement de  $\pm 5\%$  de la pleine échelle, peut-être même mieux.

Mesurez la fréquence de l'horloge maîtresse en surveillant la broche 9 de U3 tandis que les fils de test du condensateur sont court-circuités. Notez que les résistances de réglage fin R1', R2' et R4' (mais pas R3') sont court-circuitées sur le circuit imprimé, ce qui implique de supprimer ce court-circuit avant de monter l'une d'elles.

### Écart des valeurs théoriques

Pour couvrir les quatre plages de mesure, l'horloge maîtresse doit produire des fréquences d'environ 100 Hz à 100 kHz. Selon la fiche technique du 555, la fréquence est calculée comme suit :

$$f = 1,44 / (C6 \times (R8 + 2 \times R_x)) \text{ Hz}$$

Ici  $R_x$  est soit  $R1 + R1'$ ,  $R2 + R2'$ ,  $R3 + R3'$  ou  $R4 + R4'$ . Malheureusement, à mesure que nous approchons des fré-

quences supérieures, la fréquence de sortie réelle s'écarte de la valeur théorique. Cet écart a été pris en compte lors du choix des résistances de réglage de gamme. Toutefois, il pourrait y avoir un certain avantage à apporter des ajustements supplémentaires, comme nous l'avons expliqué plus tôt.

### Montage du Capaci-Meter

Comme d'habitude, commencez par monter les petits composants, diodes et résistances, puis progressez vers les composants plus encombrants. Notez que R1', R2' et R4' ne doivent pas être montées, R3' par contre doit l'être. Assurez-vous que tous les composants polarisés (dans ce projet, tous sauf les résistances, les condensateurs en céramique et les connecteurs) sont correctement orientés. L'utilisation de supports pour U1, U2 et U3 est fortement recommandée. Passez les fils de la batterie dans deux trous du circuit imprimé avant de les souder sur les pastilles.

### Test

Commencez par vérifier l'ensemble de la carte. Pas de court-circuit ? Les circuits intégrés sont-ils bien implantés ? Placez un cavalier sur l'un des connecteurs de sélection de gamme. Branchez une pile de 9 V. Les LED vertes devraient s'allumer, éventuellement en plus aussi une LED rouge sur le cercle de droite. Trouvez un condensateur d'une valeur connue comprise dans l'une des quatre

- Publicité

We Transform Digital Information Into Physical Motion

Making industry-leading motor control as easy as 1-2-3

Benefit from decades of experience turned into hardware building blocks that optimize performance, drive miniaturization, and turn key motor characteristics to your advantage.

**TRINAMIC**  
MOTION CONTROL



## LISTE DES COMPOSANTS

### Résistances (1%, 0,25 W)

R1 = 1,5 MΩ  
 R2 = 150 kΩ  
 R3,R7,R10 = 13 kΩ  
 R3,R8,R9,R12 = 1 kΩ  
 R4 = 560 Ω  
 R5,R6 = 390 Ω  
 R11 = 130 kΩ  
 R1,R2,R4' = optionnelles

### Condensateurs

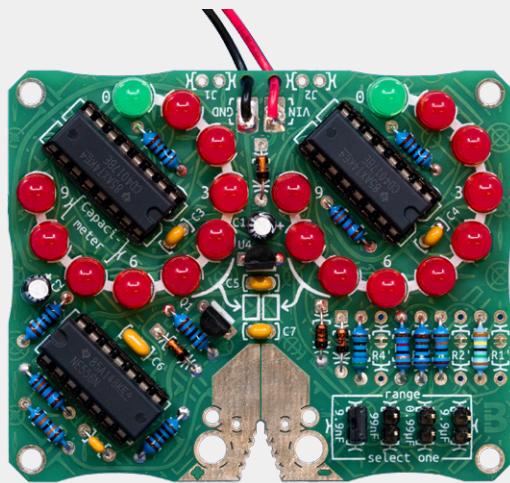
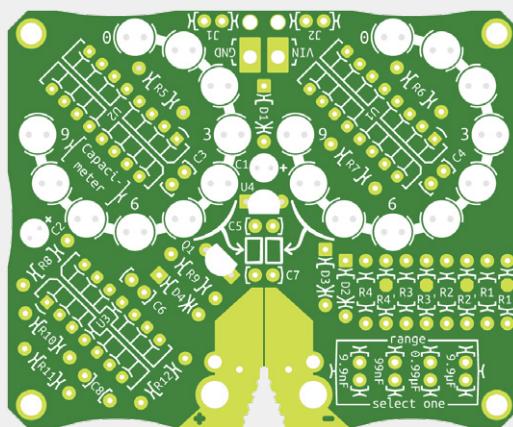
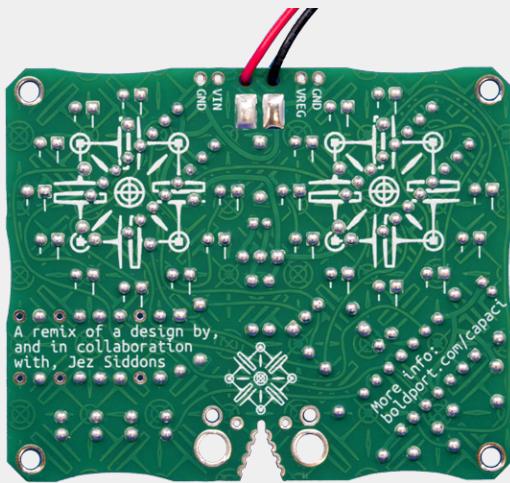
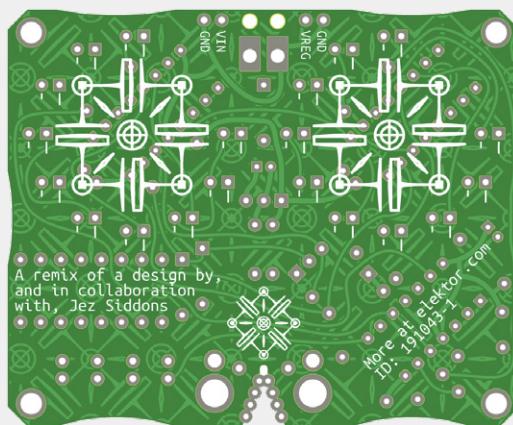
C1,C2 = 10  $\mu$ F, 10 V  
 C3,C4,C5 = 100 nF  
 C6 = 4,7 nF, 1% ou 5%  
 C7 = 47 pF  
 C8 = 10 nF

### Semi-conducteurs

D1,D2,D3,D4 = 1N4148  
 Q1 = 2N7000  
 U1,U2 = CD4017BE  
 U3 = NE555  
 U4 = 78L05  
 LED1-L,LED1-R = LED verte, 5 mm, faible courant ou forte luminosité  
 LED2-L à LED10-L,  
 LED2-R à LED10-R = 18 × LED rouge, 5 mm, faible courant ou forte luminosité

### Divers

J1,J2,LK1,LK2,LK3,LK4 = barrette de 2 picots, pas de 2,54 mm  
 J3 = PP3, connecteur de batterie 9 V  
 J4 = contacts du condensateur testé



JP1 = cavalier de sélection de calibre  
 2 × support DIL à 16 broches, pas de 7,62 mm  
 pour U1 & U2

1 × support DIL à 14 broches, pas de 7,62 mm  
 pour U3  
 circuit imprimé (PCB) 191043-1

plages de mesure, par exemple 47 nF pour la plage 99 nF. Appliquez le condensateur sur les deux contacts de test ou utilisez des cordons d'essai si vous le souhaitez (les trous dans les contacts conviennent pour des fiches bananes de 2 mm et de 4 mm). La valeur du condensateur doit apparaître sur l'afficheur. Si ce n'est pas le cas, vérifiez la plage sélectionnée et revérifiez vos soudures.

Le *Capaci-Meter* peut être alimenté soit par une batterie de 9 V (J3), soit par une source d'alimentation externe de 7 à 15 V continus connectée à J2.

Ne les connectez jamais en même temps. J1 n'est utilisé qu'à des fins de test ; ne l'utilisez pas comme source d'alimentation.

### Salut

Je remercie ici Stephen Bernhoeft pour son œil critique, ses conseils et sa clarté dans le raffinement et la mise à l'épreuve de ce circuit. Merci également à Saar Driemer de *Boldport* pour son circuit imprimé. J'espère que vous apprécierez autant que moi la construction et l'utilisation de ce projet. ■

(191043-02 VF)



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

→ SKU19118 Capaci-Meter - circuit imprimé nu (191043-1)  
[www.elektor.fr/191043-71](http://www.elektor.fr/191043-71)

→ SKU19119 Capaci-Meter - kit (191043-71)  
[www.elektor.com/191043-71](http://www.elektor.com/191043-71)