

# ESR-mètre analogique simple et précis à galvanomètre à cadre mobile



George Lydecker (USA)

Vous cherchez un ESR-mètre analogique (qui mesure la RSE) pour détecter les condensateurs défectueux ? Voici une manière d'en construire un.

J'ai toujours été envieux de l'ESR-mètre analogique d'un ami qui lui permet de détecter les condensateurs défectueux in situ. Son appareil n'étant plus disponible, j'ai entrepris des recherches sur leur fonctionnement afin d'en réaliser un de mon cru.

## Qu'est-ce que la RSE ?

La RSE est la *résistance série équivalente* d'un condensateur. Elle dépend de la fréquence, de la température et varie avec le vieillissement des composants. On ne saurait sous-estimer l'importance d'une faible RSE chez les condensateurs électrolytiques « humides » à l'aluminium utilisés dans les alimentations.

La méthode de mesure habituelle de la RSE consiste à appliquer au condensateur un courant alternatif connu ( $I_{cap}$ ) à une fréquence où la réactance capacitive du condensateur est faible par rapport à la RSE. En mesurant la tension alternative aux bornes du condensateur ( $V_{cap}$ ), la loi d'Ohm donne la RSE :

$$RSE = V_{cap} / I_{cap}$$

La plupart des circuits que j'ai trouvés utilisent le mode de fonctionnement du schéma de la **figure 1**. De gauche à droite, un oscillateur fournit une tension alternative qui est convertie en basse impédance et appliquée au condensateur à travers un circuit détecteur. Le signal détecté est ensuite amplifié, redressé et mis à niveau pour piloter un galvanomètre.

Comme l'ESR-mètre doit fonctionner sur piles, le circuit d'alimentation fournit des tensions symétriques pour les ampli-ops utilisés dans le projet. Dans la plupart des exemples que j'ai examinés, l'oscillateur fonctionne entre 100 et 150 kHz. Le circuit d'attaque utilisé pour réduire l'impédance du signal alternatif peut être un transistor amplificateur de courant, un transformateur ou des portes logiques en parallèle. Le détecteur est généralement constitué de diodes tête-bêche. Le signal alternatif détecté est ensuite amplifié, redressé et envoyé à un ampèremètre à courant continu.

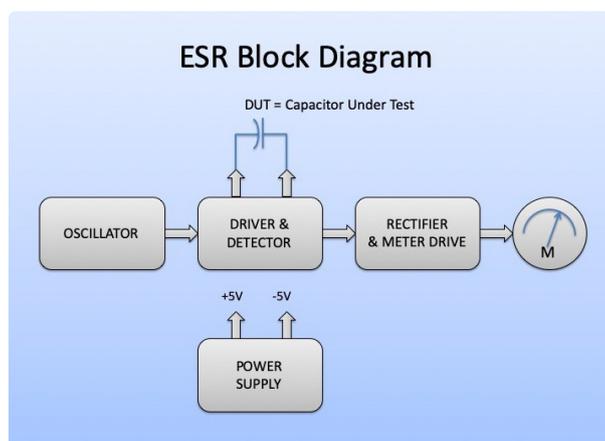


Figure 1. Schéma de principe de l'ESR-mètre.

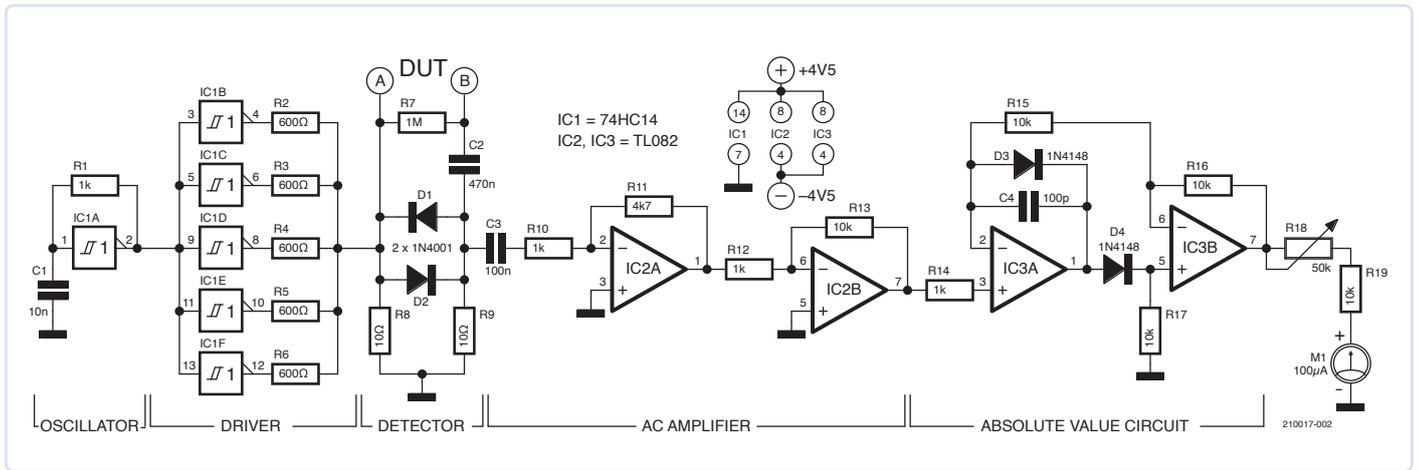


Figure 2. Le schéma de l'ESR-mètre est composé de parties de circuits provenant de diverses réalisations trouvées sur l'internet.

### Mon circuit

Dans le circuit que j'ai décidé de construire (fig. 2), j'ai repris quelques parties des circuits que j'ai trouvés sur l'internet. Pour l'oscillateur et le convertisseur d'impédance, j'ai utilisé un seul 74HC14 qui comprend six inverseurs avec hystérésis. L'un d'entre eux fonctionne comme un oscillateur de relaxation et les cinq autres servent de convertisseurs d'impédance. Cette partie du circuit provient de Lawrence P. Glaister VE7IT dont le circuit et l'article sont accessibles sous [1].

La partie « détecteur » de mon ESR-mètre est la même que celle de l'appareil commercialisé par Creative Electronics, mais qui n'est malheureusement plus fabriqué.

Les diodes D1 et D2 limitent le haut et le bas du signal alternatif de 100 kHz à une chute de tension dans une jonction au silicium.

Cela permet de tester les condensateurs in situ car aucune autre jonction au silicium ne sera polarisée dans le sens direct par ce signal relativement faible. Le signal alternatif de faible niveau est débarrassé de sa composante continue par C3 et amplifié par deux amplificateurs opérationnels, avec un gain de tension total de 47 (4,7 pour le premier et 10 pour le second).

Le circuit redresseur est tiré de la note d'application Burr-Brown « Precision Absolute Value Circuits » [2]. Il fournit un signal largement suffisant pour le galvanomètre de 100 μA que j'ai utilisé.

Cet ESR-mètre fonctionne avec une seule pile de 9 V. Les tensions symétriques nécessaires aux ampli-ops sont obtenues en utilisant un ampli-op diviseur de tension suivi d'un étage d'amplification, illustré à la figure 3.

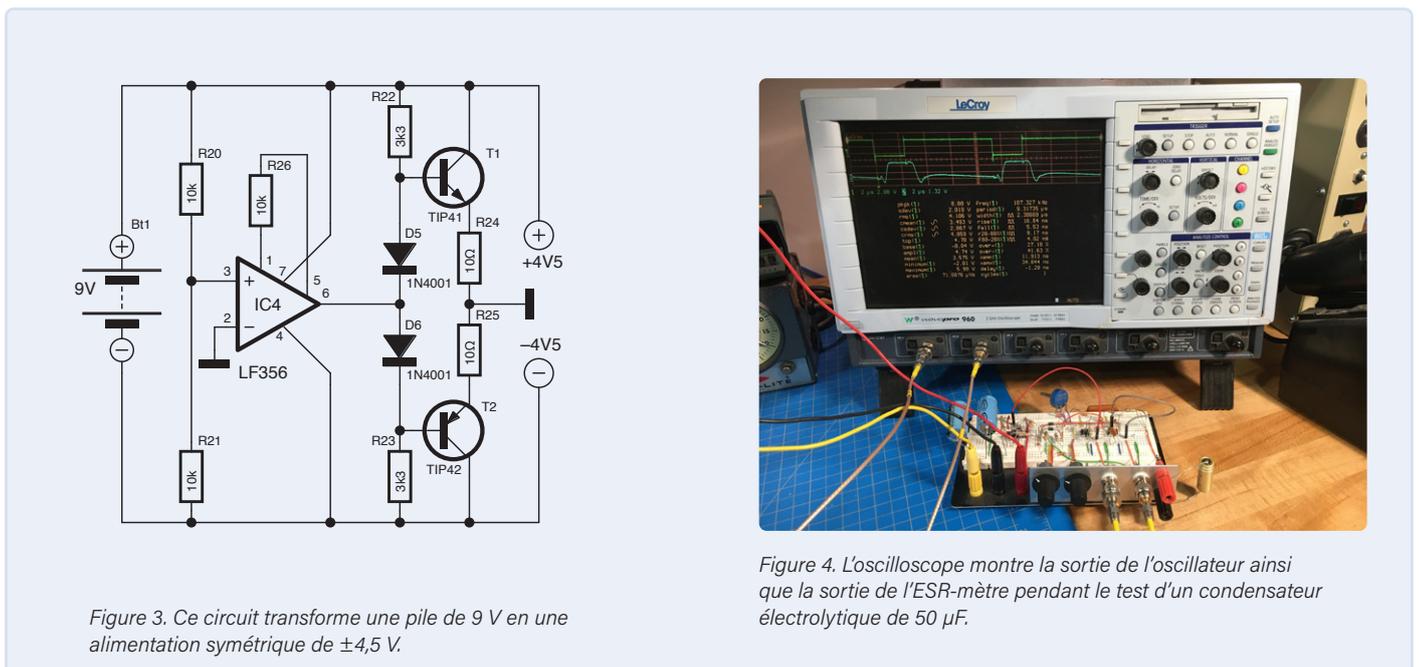


Figure 3. Ce circuit transforme une pile de 9 V en une alimentation symétrique de ±4,5 V.

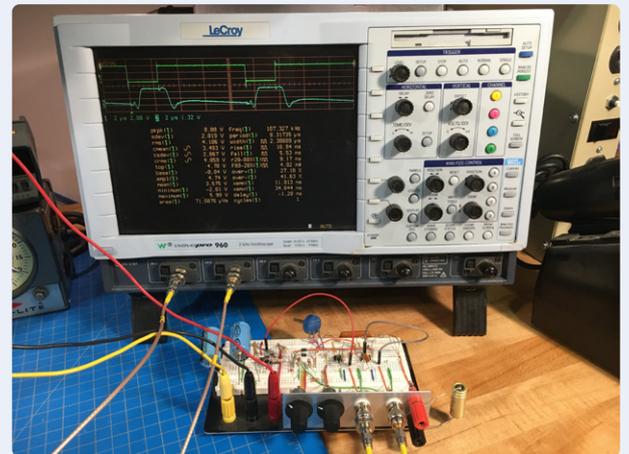


Figure 4. L'oscilloscope montre la sortie de l'oscillateur ainsi que la sortie de l'ESR-mètre pendant le test d'un condensateur électrolytique de 50 μF.

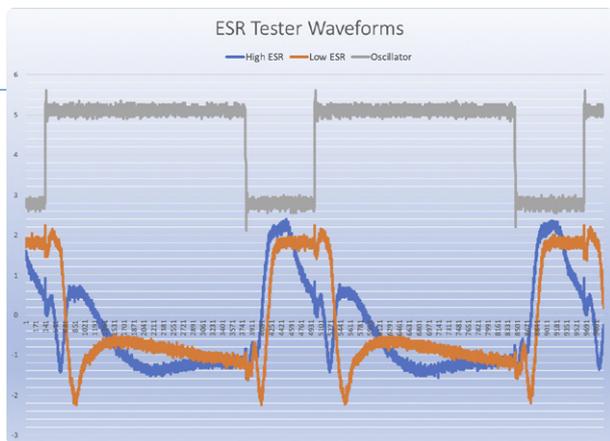


Figure 5. Cette copie d'écran de l'oscilloscope montre la différence entre un condensateur avec une RSE élevée en bleu et un condensateur avec une RSE basse en orange.

## Test et fonctionnement

Pour tester le circuit, je l'ai construit sur une plaque d'essai. Les connecteurs BNC permettent de suivre facilement les différentes formes d'onde. Pour les premiers essais, j'ai simplement observé les signaux avec un oscilloscope au lieu du galvanomètre (fig. 4 et 5). Le circuit est câblé sur deux cartes de prototypage à trous (fig. 6). La plus petite carte sur la gauche est le circuit produisant les tensions d'alimentation et la masse pour les ampli-ops. La plus grande carte est le circuit de l'ESR-mètre. Elle est maintenue en place par vissage sur les bornes filetées du galvanomètre.

Avant même d'enfermer l'appareil dans un boîtier, je l'ai utilisé pour dépanner notre climatiseur en localisant un condensateur de moteur défectueux (fig. 7).

L'ESR-mètre terminé est suffisamment portable pour pouvoir être utilisé loin de la paillasse. Un simple étalonnage sur un morceau de Post-it a été réalisé avec une poignée de résistances de  $2\ \Omega$  (fig. 8). L'ESR-mètre fonctionne comme un ohmmètre. Avant de mesurer un condensateur, les fils sont court-circuités et le bouton de calibration est réglé pour une déviation à pleine échelle (RSE zéro). Ce bouton comporte un interrupteur qui éteint l'appareil quand le bouton est tourné à fond dans le sens antihoraire. ◀

210017-04 – VF : Helmut Müller

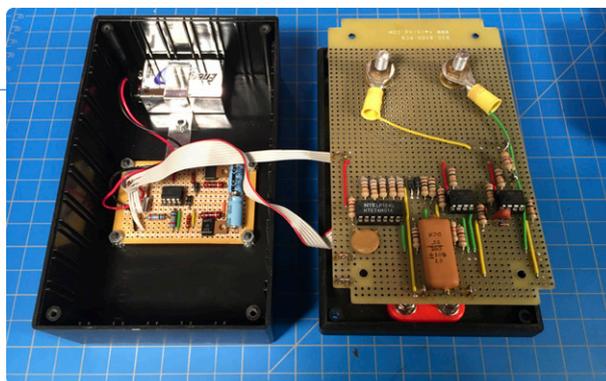


Figure 6. Le circuit est suffisamment simple pour être implanté sur une carte de prototypage.

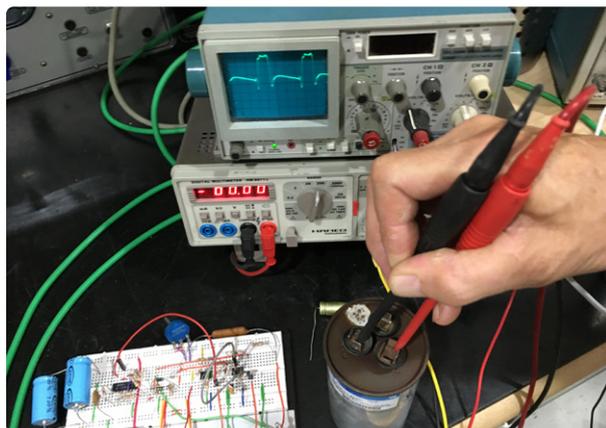


Figure 7. Déjà à l'état de prototype sur plaque d'essai, le circuit s'est avéré utile pour vérifier le condensateur du moteur d'un climatiseur.



Figure 8. L'étalonnage du compteur est facilement réalisé avec quelques résistances de  $2\ \Omega$  et un morceau de Post-it.

## Des questions, des commentaires ?

Envoyez un courriel à l'auteur (glydeck@aol.com) ou contactez Elektor (redaction@elektor.fr).

## LIENS

[1] Circuit de Lawrence P. Glaister (VE7IT) : <http://ve7it.cowlug.org/RSEmeter.html>

[2] Note d'application de Burr Brown :

[http://glydeck.com/project/content/absolute\\_value\\_circuit.pdf](http://glydeck.com/project/content/absolute_value_circuit.pdf)



## PRODUITS

- Kit du LCR-mètre 2 MHz d'Elektor [www.elektor.fr/19883](http://www.elektor.fr/19883)
- Analyseur de condensateurs RSE70 Plus de Peak Atlas [www.elektor.fr/17668](http://www.elektor.fr/17668)