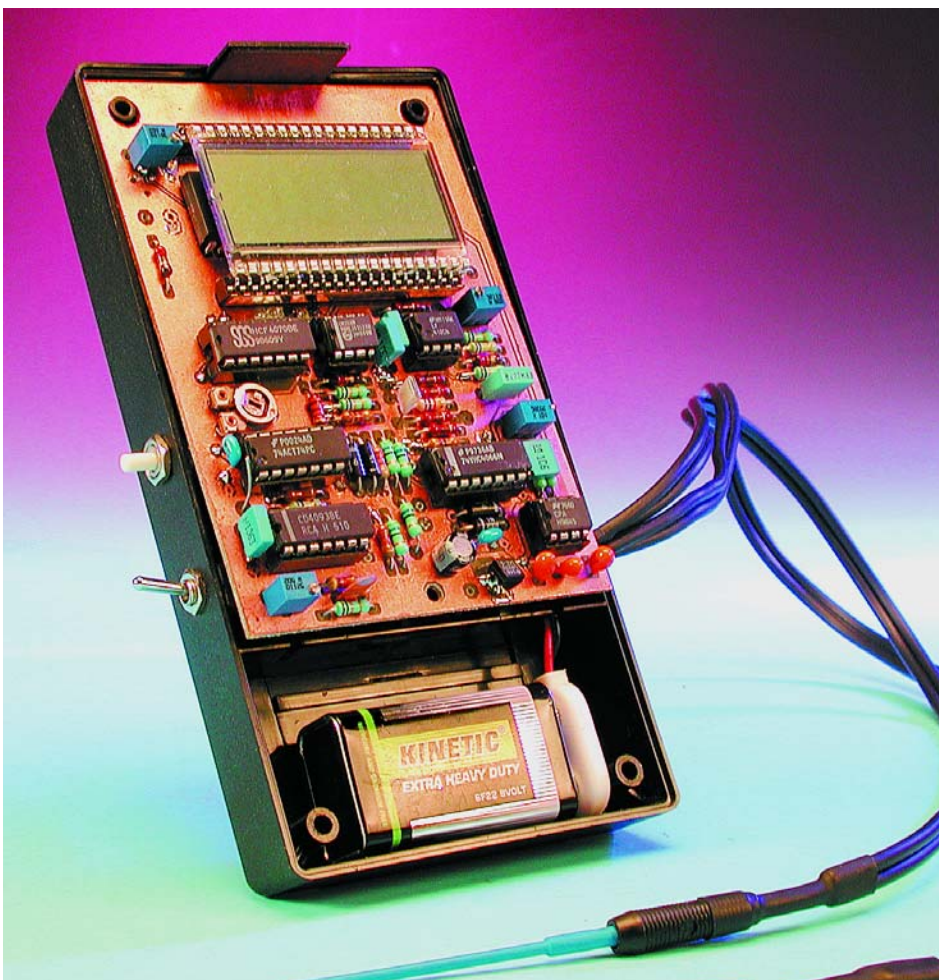


Condensateur et RSE

Le bon, le mauvais et... la passoire

Flemming Jensen

Que penseriez-vous d'un testeur de condensateur in situ pour débusquer, sans se fatiguer, les médiocres ? Plus besoin de dessouder les composants, le diagnostic se pose dans leur environnement, qu'ils mesurent des milliers de microfarads ou une centaine de nF. La plupart du temps, les bobines ou les faibles résistances en parallèle ne causent pas de souci. Même les condensateurs en court-circuit se feront pincer et le testeur se moque de leur polarité. Excès de RSE ? On change !



La caractéristique primordiale d'un condensateur, c'est sa capacité, mais un autre facteur important, en pratique, c'est sa RSE, la résistance série équivalente. Un condensateur idéal est un composant purement **réactif**, pour lequel tension et courant sont déphasés de 90 degrés. Dans le monde réel, pourtant, il faut bien représenter le composant sous la forme d'un condensateur idéal en série avec une résistance qui figure les inévitables pertes, comme le montre le circuit équivalent de Thévenin de la **figure 1**. Naturellement, on peut mesurer un condensateur à l'aide d'un capacimètre, comme on en trouve couramment aujourd'hui, mais cet instrument ne vous dira rien sur la qualité du condensateur ; pour la déterminer, il faut connaître la RSE. À la longue, les électrolytiques ont tendance à sécher, ce qui augmente la RSE et par conséquent la tension à l'intérieur du condensateur. Comme chacun sait, une réactance pure X_c ne peut pas produire de chaleur, à cause du déphasage de 90 degrés entre tension et courant, mais la RSE le peut et, en commutation, la chaleur dissipée va contribuer à la dégradation de la qualité

Des méfaits d'une haute RSE

Dans les circuits à commutation rapide, une basse RSE peut s'avérer cruciale pour en espérer un comportement correct. Par exemple, dans un téléviseur, elle peut être la cause d'une impossibilité de quitter le mode de veille, d'une image dont la hauteur ou la largeur est incorrecte, de difficultés de synchronisation, d'interférences ou de barres dues au bruit. Dans les alimentations à découpage, un condensateur à haute RSE peut provoquer la destruction de semi-conducteurs, de fusibles ou empêcher tout simplement le démarrage. Dans les circuits de puissance, une augmentation de la RSE fait chauffer le condensateur, ce qui dégrade encore la RSE, éventuellement jusqu'à la panne. Le dépiantage demande généralement de dessouder les condensateurs pour les mesurer, puis de sélectionner les bons pour les soumettre à une nouvelle séance de soudage. Une besogne peu gratifiante, mais pire encore, les condensateurs en piteux état ne présentent pas nécessairement une réduction de capacité. Considérés comme bons, ils sont remis en place et c'est alors que le dépannage risque de durer !

du condensateur, donc à une augmentation supplémentaire de la RSE. On trouve régulièrement des électrolytiques qui, à première vue, n'ont perdu qu'un faible pourcentage de leur capacité nominale, mais dont la RSE mesure des centaines d'ohms. Manifestement, pareil composant se comporte comme une charge qui dissipe de la chaleur et fait perdre beaucoup d'énergie.

Le principe de mesure

Le condensateur à mesurer est soumis à un signal rectangulaire de 100 kHz à courant constant. La valeur de la RSE se détermine en mesurant la chute de tension **alternative** aux bornes du composant. Si la capacité est suffisamment grande par rapport à la fréquence, la tension développée aux bornes de la réactance interne sera négligeable et la tension mesurée sera due essentiellement à la

RSE. Cette tension alternative, nous allons la redresser et la lire sur un voltmètre.

Transformer en tension continue rigoureusement proportionnelle un signal à 100 kHz de quelques millivolts, c'est une vraie gageure pour le concepteur. De plus, il nous faut une conversion aussi linéaire que possible, parce que nous voulons utiliser un voltmètre numérique continu normal sur la gamme de 200 mV. Il va sans dire qu'une diode ordinaire comme redresseur ne fera pas l'affaire et que pour un détecteur actif à amplificateur opérationnel, qui devrait travailler à 100 kHz et sur quelques millivolts, ce ne serait pas sa tasse de thé ! La solution à laquelle nous avons abouti consiste en un **redresseur à double alternance synchronisé** par le changement de polarité et commandé par le même générateur, celui qui délivre le signal de test à 100 kHz. Le circuit

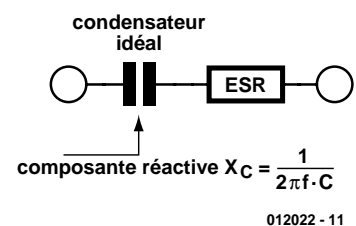


Figure 1. Caractéristique primordiale du condensateur, la capacité ne vous dit pas tout. La résistance série équivalente RSE décrit plutôt sa qualité.

fonctionne étonnamment bien et, ce qui ne gêne rien, il est aussi bon marché !

La **figure 2** vous en propose une esquisse. Supposons que le condensateur à mesurer soit un 100 µF dont la RSE ferait 10 Ω. Comme on le voit, la réactance est négligeable et la RSE, purement résistive, est dominante.

Bien que le principe énoncé marche bien, il est souhaitable de réduire davantage l'in-

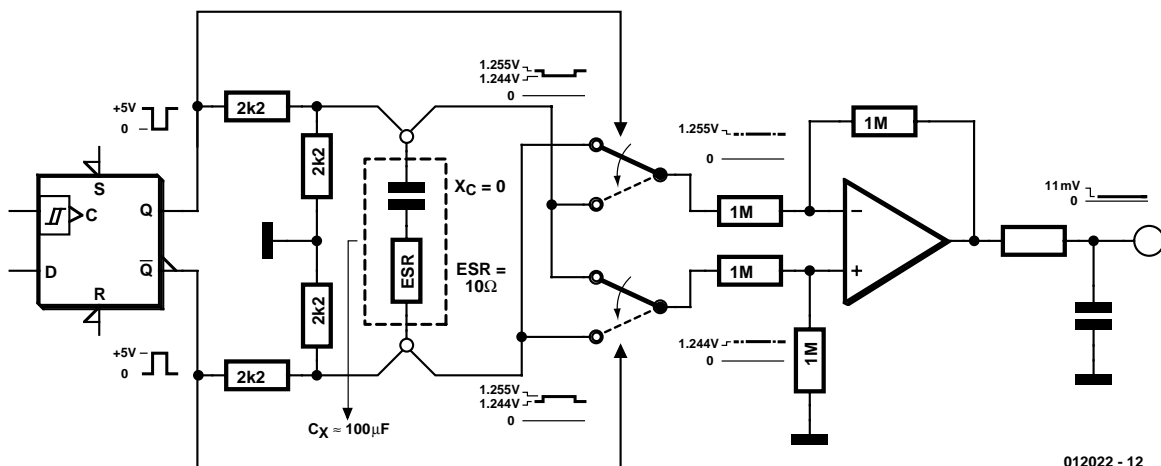
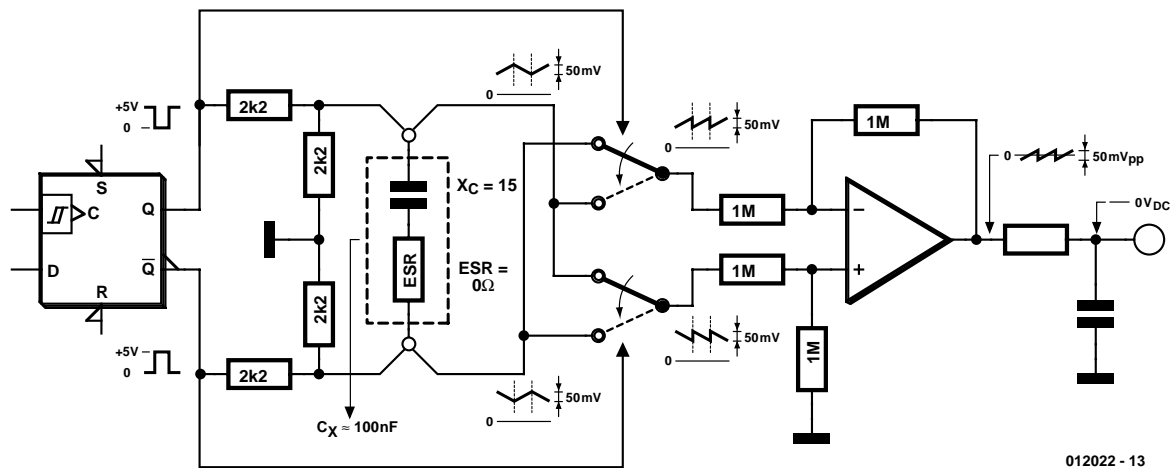


Figure 2. Un petit dessin... Si C_x est un condensateur de 100 µF avec 10 Ω de RSE, la réactance est négligeable à côté de la RSE, purement ohmique.



012022 - 13

Figure 3. Deuxième hypothèse : C_x est un condensateur de 0,1 μF dont la RSE est nulle.

fluence réactive.

La **figure 3** fournit un exemple théorique dans lequel la capacité est de 0,1 μF tandis que la RSE serait nulle. Comme nous l'avons dit, nous utilisons une fréquence relativement haute pour rendre la réactance insignifiante, tout en autorisant l'évaluation des condensateurs électrolytiques les plus petits, comme 0,1 μF . Pour y parvenir, il faut réduire encore plus l'influence du commencement d'intégration de la forme d'onde. La RSE est donc égale à zéro et la réactance à 15 Ω . On s'aperçoit que l'onde, redressée et intégrée, appliquée aux entrées de l'amplificateur différentiel, devient une dent de scie centrée sur le zéro volt en sortie. Après intégration par le réseau RC qui suit, un niveau continu de 0 V sera envoyé au voltmètre. Si maintenant le condensateur à mesurer présente une RSE de 10 Ω , par exemple, la dent de scie en sortie conservera la même forme, mais elle sera décalée en continu vers le positif d'une quantité proportionnelle à la valeur de la RSE. Après élimination de la dent de scie par intégration, la sortie fournira la valeur correcte de 10 Ω , sans tenir compte de la réactance de 15 Ω .

Basse RSE ou court-circuit ?

Comment savoir si vous mesurez un condensateur à très petite RSE ou si, d'aventure, vous êtes tombé sur un spécimen en court-circuit ? Un simple testeur de continuité en courant continu vous donnerait la réponse, mais cette fois, il ne sera pas nécessaire de sortir votre multimètre : d'une pression sur un bouton, vous transformez le testeur de RSE en ohmmètre et votre affichage devrait sauter à une valeur élevée. S'il ne le fait pas, c'est que vous venez de dénicher le condensateur en court-circuit.

Mais enfin, une bonne RSE, c'est combien ?

En pratique, quelle valeur de RSE est acceptable ? Eh bien, cela dépend de l'endroit où ce condensateur est implanté, de son type, de sa fabrication, de la tension de service, etc. Un condensateur réservoir de 2 200 μF avec une RSE de 10 Ω peut convenir dans une alimentation linéaire, alors qu'un autre de 2 200 μF qui ne présenterait que 1 Ω de RSE serait vraiment malvenu dans un convertisseur à découpage.

En général, si un gros condensateur, comme dans l'exemple précédent, affiche plus de 1 Ω , méfiez-vous et comparez-le à un autre exemplaire similaire. Mais pas de panique, vous apprendrez très vite à reconnaître les mauvais condensateurs des bons. Si vous avez régulièrement l'occasion de dépanner des régulateurs à découpage, des postes de télévision, des moniteurs, etc. vous ne pourrez bientôt plus vous passer de votre contrôleur de RSE !

Schéma

Voyons de quoi se compose le testeur de RSE en examinant le schéma de la **figure 4**. Autour de IC1, un générateur d'onde carrée à 200 kHz. Ce signal, IC2.A le divise par deux pour constituer notre signal de test bipolaire à 100 kHz. Les résistances R6 et R3-P3 en série avec les sorties Q et \bar{Q} de IC2a pro-

duisent au générateur une haute impédance de sortie, en comparaison de la faible RSE, et font en sorte d'obtenir une source symétrique équilibrée de courant constant. La tension aux bornes du condensateur à mesurer C_x est confiée à IC3, quatre interrupteurs bilatéraux combinés pour former un changeur de polarité commandé, de manière à inverser la polarité, une alternance sur deux, en exacte concordance avec les sorties de IC2.A. Ceci permet à IC3 de fonctionner en redresseur à double alternance très précis. Ensuite, IC4.A, un amplificateur opérationnel, transforme le signal d'entrée différentiel en un signal asymétrique, donc un des fils à la masse. Quant à IC4.B, il amplifie le signal de manière à l'appliquer à un voltmètre sur l'échelle de 200 mV. C'est à un ICL7106 que cette fonction est confiée, un circuit spécialisé bien connu de nos lecteurs, qui assure la conversion analogique-numérique (A/N) et permet de commander directement un écran LCD.

Le LM358 (IC8) est un comparateur qui vous fera savoir quand il est temps de changer la pile. Enfin, IC7 fournit la tension négative dont le montage a besoin.

Comme on le voit sur le schéma, les sondes de mesure sont câblées chacune sur deux fils, l'un porteur du signal et l'autre comme câble de mesure. Nous en reparlerons dans la partie qui traite de la construction.

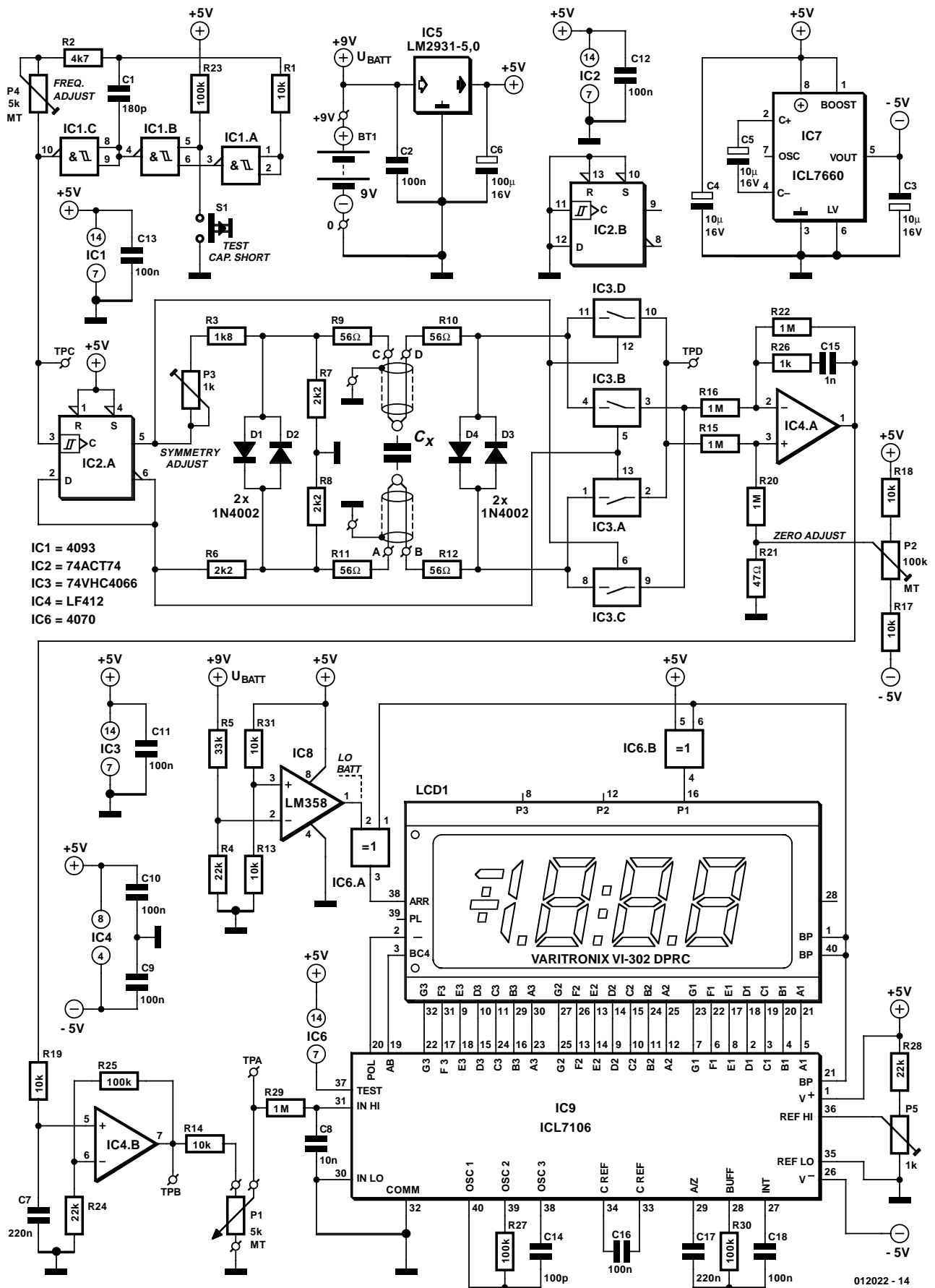
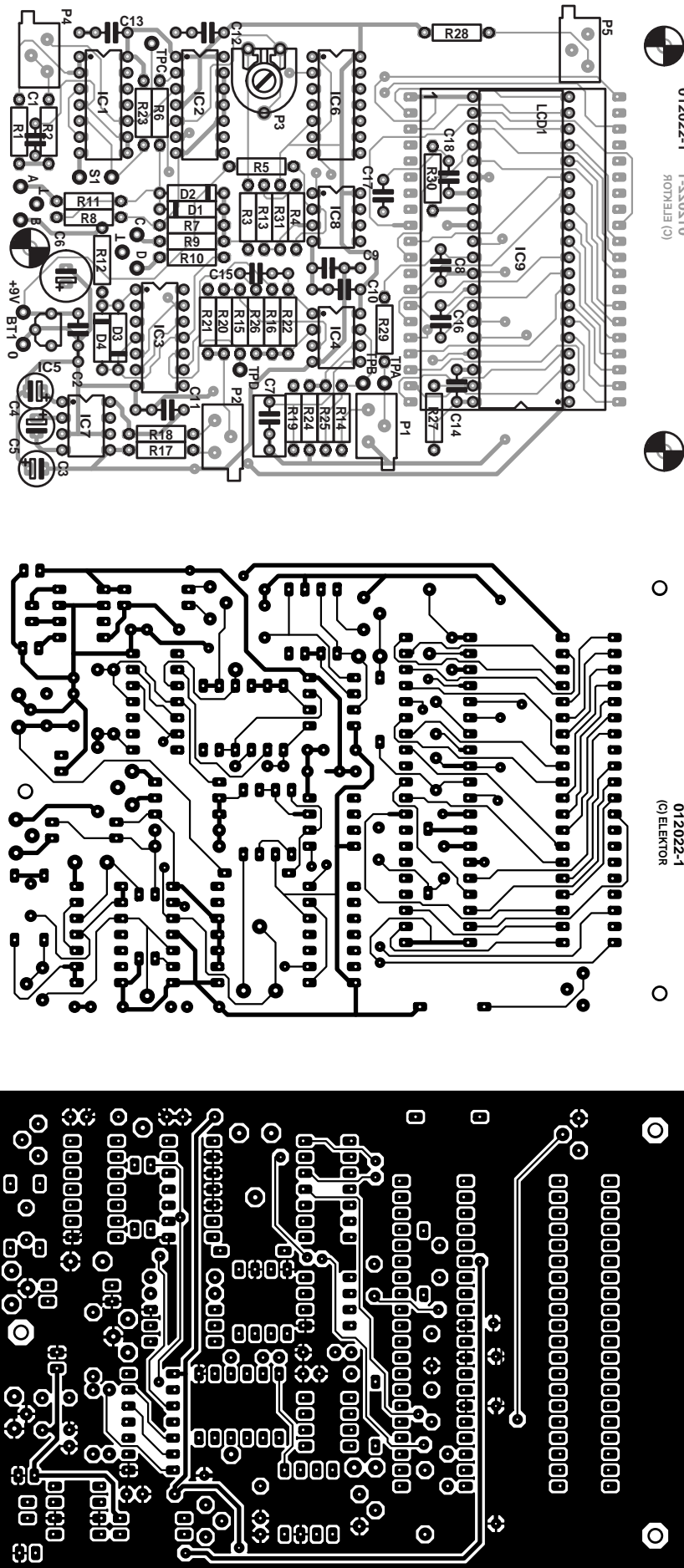


Figure 4. Schéma du testeur de RSE. C_x est le condensateur à mesurer.



Construction

Le laboratoire d'Elektor a conçu un circuit imprimé pour le testeur de RSE et, comme vous pouvez le découvrir à la **figure 5**, il s'agit d'une platine double face à trous métallisés. Sur tout appareil de mesure, il convient de rendre aisément accessibles les points d'ajustement, ici par les bords de la platine pour les potentiomètres multitours P1, P2, P4 et P5, par le haut pour P3. Bien que la construction obéisse aux règles habituelles (et la principale est probablement de travailler avec soin), il y a quelques points sur lesquels nous préférons attirer votre attention. Le premier, c'est que la platine est pourvue d'un blindage en forme de plan de masse du côté des composants, il faut donc éviter de provoquer des courts-circuits, soit par des gouttes, soit par des filaments de soudure, entre les bornes des composants et le plan de masse. En outre, assurez-vous et vérifiez plutôt deux fois qu'une le sens des composants polarisés, en particulier des condensateurs au tantale C3, C4 et C5. C'est que, si jamais ils sont mis sous tension inverse, ils ont la fâcheuse habitude d'exploser en émettant une atroce fumée. Finalement, nous préconisons l'usage de supports pour tous les CI et l'écran à cristaux liquides. Pour ce dernier, il suffit de couper dans le sens de la longueur un support de CI à 40 broches et de réunir à la file les deux morceaux de 20 broches.

Il faudra forer de petits trous dans les deux grandes faces du boîtier en matière plastique pour atteindre de l'extérieur les réglages P1, P2, P4 et P5.

Pour en revenir aux sondes, leur construction est illustrée à la **figure 6**. Les deux conducteurs doivent être soudés ensemble aussi près que possible de la pointe de touche. De cette manière, la chute de tension le long du fil porteur du signal ne s'ajoute pas à la mesure. Le blindage

Figure 5. Tracé des pistes et agencement des composants sur circuit imprimé à double face et trous métallisés, une carte disponible prête à l'assemblage.

Liste des composants

Résistances :

R1,R13,R14,R17 à R19,R31 = 10 kΩ
 R2 = 4kΩ7
 R3 = 1kΩ8
 R4,R24,R28 = 22 kΩ
 R5 = 33 kΩ
 R6 à R8 = 2kΩ2
 R9 à R12 = 56 Ω
 R15,R16,R20,R22,R29 = 1MΩ
 R21 = 47 Ω
 R23,R25,R27,R30 = 100 kΩ
 R26 = 1 kΩ
 P1,P4 = adjustable multitour 5 kΩ à montage vertical, ajustage lateral (Bourns 3266X, Farnell #347-747)
 P2 = adjustable multitour 100 kΩ à montage vertical, ajustage lateral (Bourns 3266X, Farnell #347-784)
 P3 = ajustable 1 kΩ à montage vertical
 P5 = ajustable multitour 1 kΩ à montage vertical, ajustage latéral (Bourns 3266X, Farnell #347-723)

Condensateurs :

C1 = 180 pF
 C2,C9 à C13,C16,C18 = 100 nF
 C3,C4,C5 = 10 μF/10 V radial
 C6 = 100 μF/16 V radial
 C7 = 220 nF
 C8 = 10 nF
 C14 = 100 pF
 C15 = 1 nF

C17 = 220 nF

Semi-conducteurs :

D1 à D4 = 1N4002
 IC1 = 4093
 IC2 = 74ACT74 PC
 IC3 = 74VHC4066
 IC4 = LF412-CN
 IC5 = LM2931-5,0 (National Semiconductor)
 IC6 = 4070
 IC7 = ICL7660
 IC8 = LM358-N (National Semiconductor)
 IC9 = ICL7106-CP

Divers :

LCD1 = affichage LCD à 3,5 chiffres avec indication LO BATT tel que, par exemple, Varitronix VI-302
 DPRC (Farnell #478-660)
 S1 = bouton-poussoir unipolaire à contact travail
 porte-pile
 interrupteur marche/arrêt
 2 sondes miniatures telles que, par exemple, Hirschmann PRUF1 (Farnell #523-483)
 2 morceaux de câble double blindé
 boîtier ABS à fenêtre pour LCD et compartiment pour pile, tel que, par exemple, Multicomp type BC4, (Farnell # 645-758)
 support 40 broches coupé en 2 (cf. texte)

empêche le bruit de s'induire dans les fils et de rendre le zéro instable.

Le testeur de RSE comme extension

Les pièces les plus coûteuses du circuit sont l'affichage et le convertisseur A/N, le 7106. Vous pouvez épargner une belle somme si vous disposez déjà d'un multimètre numérique. Placez-le en position 200.0 mV continu et connectez les entrées à la masse et au curseur de P1. Résistez à la tentation d'alimenter le testeur par la pile du multimètre. Une des sorties du testeur de RSE étant à la masse, si vous mettez en contact le moins de la pile du multimètre avec son entrée commune, la situation risque de ne pas être idéale. Utilisez de préférence une pile séparée pour vous éviter tout problème. S'il fallait malgré tout alimenter les deux appareils par la même source, on peut brancher la pile de 9 V au testeur de

RSE, alimenter le pôle positif du multimètre par le +5 V régulé et le pôle négatif par le -5V du testeur.

Recommandation

Bien que les entrées du contrôleur de RSE soient protégées par diodes, il est malgré tout préférable de décharger au préalable les gros condensateurs. Certains condensateurs réservoirs dans les circuits de puissance contiennent une telle énergie que le circuit de protection risquerait de brûler. Si le cas se présente, le composant atteint est normalement localisé au circuit de protection lui-même, la réparation sera alors aussi simple que peu dispendieuse.

Réglage du testeur de RSE

Avant tout réglage de l'instrument, vérifiez que vous avez bien du +5 V régulé en sortie de IC5 et que IC7

délivre effectivement -5 V. Sinon, il faudra commencer par dépanner la platine.

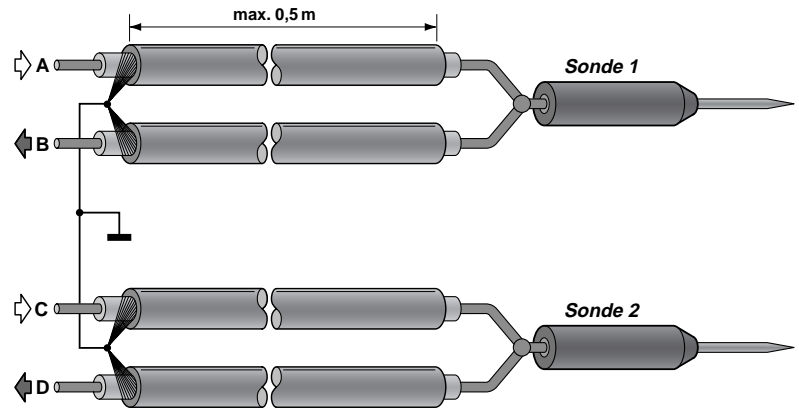
1. Entamons par le circuit du voltmètre. Il faudra veiller à ce que P1 soit déconnecté pour la suite des opérations. Nous branchons une source de tension connue, inférieure à 200 mV, au point de test TPA et ajustons P5 pour que l'écran LCD affiche la bonne valeur. Retirons cette source, relier ensemble TPA et TPB, court-circuitons l'un avec l'autre les cordons de mesure et ajustons P2 pour obtenir un affichage de « 000.0 ». Après quoi on défait ces connexions. Rebrancher P1.
2. Branchons un fréquencemètre ou un oscilloscope entre TPC et GND. Il s'agit de régler P4 pour obtenir 200 kHz sur le fréquencemètre ou une période de 5 μ s à l'oscilloscope.
3. Installons une résistance de 10 Ω entre les cordons de mesure et branchons l'oscilloscope (en mode AC, courant alternatif) entre TPD et la masse (GND). Tournons P3 (réglage de symétrie) pour que les deux alternances s'équilibrent (aient la même longueur) et forment une ligne droite. Si l'on ne dispose pas d'un fréquencemètre ou d'un oscilloscope on pourra mettre P3 en position médiane. Il faudra ensuite ajuster P1 pour obtenir une lecture de « 10.0 » sur le voltmètre.

Si vous ne possédez ni fréquencemètre ni oscilloscope, positionnez P3 et P1 à mi-course.

Pour vous assurer que le contrôleur de RSE fonctionne correctement, vous pouvez mesurer différents condensateurs que vous savez en bon état et leur adjoindre différentes résistances en série pour simuler des RSE.

Parlons des composants

Le LF412 (IC4) est un choix avantageux comme amplificateur différentiel. En effet, nous travaillons sur des signaux à haute fréquence dans la gamme des millivolts, il est crucial d'avoir une faible dérive, un décalage d'entrée très bas et une large bande passante. Nous avons évalué de nombreux amplificateurs opérationnels et la plupart ont causé des problèmes de dérive en continu. Le



012022- 15

Figure 6. Voici donc comment réaliser les cordons de mesure à quatre fils.

LF412 est sorti du lot pour ses qualités, son prix intéressant et sa dérive minimale.

IC5 est un régulateur de 5 V qui fonctionne parfaitement avec une chute de tension inférieure à 600 mV et garantit ainsi une longue vie à la pile, puisqu'il permet au montage de fonctionner encore, même si la tension de la pile se situe sous les 6 V. IC2, un 74ACT74, est capable de fournir assez de courant à 100 kHz

pour donner une onde carrée très propre. IC3 est une version turbo (VHC) du célèbre 4066. En comparaison, l'effet de réactance indésirable est divisé par deux. Pour s'assurer les meilleures performances, ce sont ces composants qu'il vaut mieux choisir, mais les prestations restent acceptables si vous prenez des composants ordinaires pour IC3 et IC2.

(012022)



Sites web connexes:

<http://www.awiz.com/cwinfo.htm>

<http://www.flippers.com/esrktxt.html>