

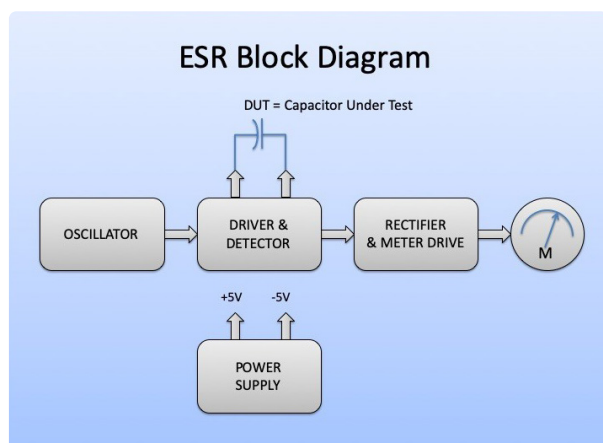
Eenvoudige analoge ESR-meter met draaispoelmeter-precisie



George Lydecker (USA)

Op zoek naar een analoge ESR-meter om condensatoren te controleren en de slechte op te sporen? U kunt er zelf een bouwen – bijvoorbeeld op deze manier.

Ik was altijd jaloers op de analoge ESR-meter van mijn vriend, waarmee hij slechte condensatoren kon opsporen terwijl ze nog in de schakeling zaten. Het instrument dat hij had is niet langer verkrijgbaar, en dat betekende dat ik eerst moest uitvogelen hoe die dingen werken, om dan mijn eigen versie te bedenken.



Figuur 1. Blokschema van de ESR-meter.

In de eerste plaats: wat is ESR?

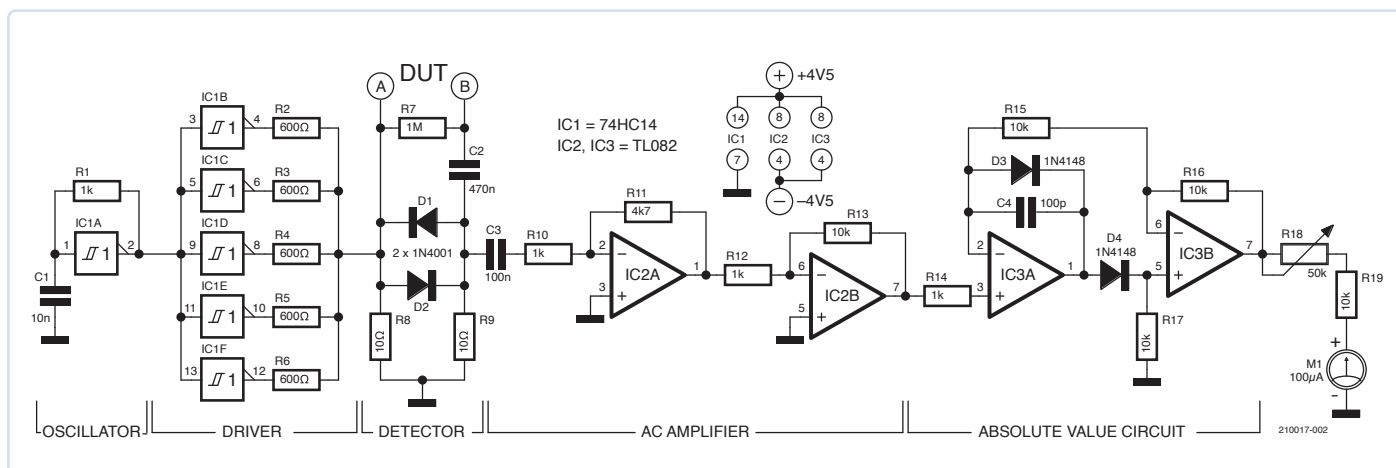
ESR staat voor de equivalente serieweerstand (*equivalent series resistance*) van een condensator. De ESR is frequentie- en temperatuurafhankelijk en verandert naarmate de onderdelen verouderen. Voor 'natte' aluminium-elco's die in voedingen worden gebruikt, is het doorgaans belangrijk dat ze een kleine ESR hebben.

De typische methode om ESR te meten bestaat erin de condensator te voeden met een bekende wisselstroom (I_{cap}) bij een bepaalde frequentie waarbij de capacatieve reactantie van de condensator zeer laag is, zodat de ESR overheerst. Door de resulterende wisselspanning over de aansluitingen van de condensator (U_{cap}) te meten, kan de ESR met behulp van de wet van Ohm worden bepaald:

$$ESR = U_{cap} / I_{cap}$$

De meeste ontwerpen die ik vond, werkten in grote lijnen als het blokschema in **figuur 1**. Van links naar rechts zien we een oscillator die de wisselspanning levert die op de condensator moet worden gezet. Vervolgens wordt het wisselspanningssignaal toegevoerd aan een impedantie-omzetter annex detector. Het gedetecteerde signaal wordt vervolgens gelijkgericht en gebufferd, zodat het de meter rechts in het blokschema kan aansturen.

Aangezien de ESR-meter op batterijen werkt, moet de voeding een symmetrische spanning leveren voor de opamps die in de ESR-meter worden gebruikt. De oscillator werkt in de meeste voorbeelden die ik heb bekeken op 100...150 kHz. De driver die de impedantie van het AC-sigitaal verlaagt kan van alles zijn, variërend van een emittervolger of een transformator tot parallel geschakelde logische poorten. De detector bestond meestal uit antiparallel geschakelde diodes. Het gedetecteerde AC-sigitaal wordt dan gelijkgericht, versterkt en aan een DC-meter toegevoerd.



Mijn schakeling

In de schakeling die ik besloot te bouwen (**figuur 2**), gebruikte ik verschillende ontwerp-ideeën uit de zelfbouw-voorbeelden die ik op het internet vond. Voor de oscillator en impedantie-omzetter gebruikte ik een enkele 74HC14 die zes Schmitt-trigger-inverters aan boord heeft. Eén van de inverters fungeert als relaxatie-oscillator en de overige vijf inverters werken als impedantie-omzetter. Dit deel van de schakeling is afkomstig van Lawrence P. Glaister VE7IT. Zijn schakeling en artikel zijn te vinden op [1].

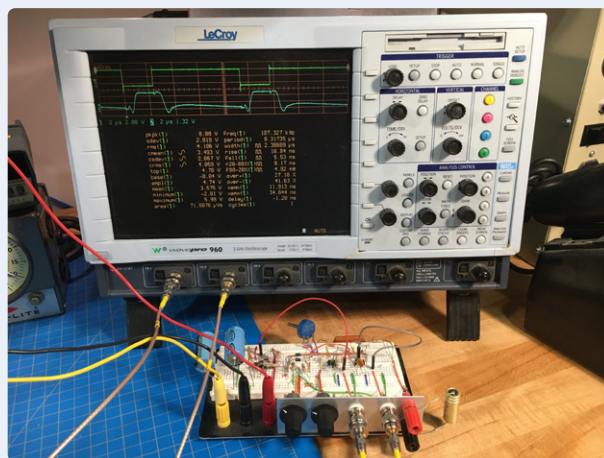
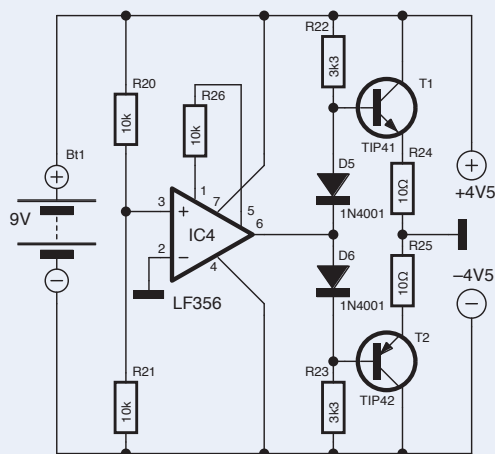
Het detectorgedeelte van de ESR-meter is hetzelfde als de detectorschakeling in de commerciële ESR-meter die door Creative Electronics werd gebouwd. Jammer genoeg worden deze meters niet meer gemaakt.

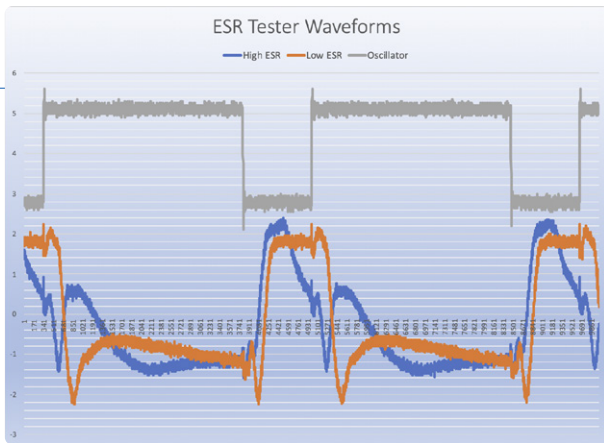
Diodes D1 en D2 clippen de de 100kHz-wisselspanning tot éénmaal de diodespanning. Hierdoor kunnen condensatoren 'in-circuit'

worden getest omdat andere halfgeleider-overgangen niet door het relatief lage AC-sigitaal in geleiding komen. Het AC-sigitaal wordt door C3 van gelijkspanning ontdaan en versterkt door twee opamps, waarbij de eerste een factor 4,7 versterkt en de tweede een factor 10. Dit levert een totale versterking van 47 aan de ingang van de absolute waarde-schakeling.

De absolute waarde-schakeling kwam uit de application note "Precision Absolute Value Circuits" van Burr-Brown [2]. De absolute waarde-schakeling kan de 100 μ A-meter die ik gebruik gemakkelijk aansturen.

Deze ESR-meter wordt uit een enkele 9V-batterij gevoed. De plus, min en massa die nodig zijn voor de opamps worden verkregen met behulp van de opamp-spanningsvolger met daaropvolgende stroomversterking, zoals afgebeeld in **figuur 3**.





Figuur 5. Deze screendump van de oscilloscoop toont het verschil tussen een condensator met een hoge ESR (blauw) en een condensator met een lage ESR (oranje).

Test en gebruik

Om de schakeling uit te proberen, heb ik deze opgebouwd op een gewoon breadboard. BNC-connectoren maken het mogelijk de verschillende golfvormen gemakkelijk te registreren. Aanvankelijk bekeek ik de signalen gewoon met een oscilloscoop in plaats van met de 100 μ A-meter (figuur 4 en figuur 5).

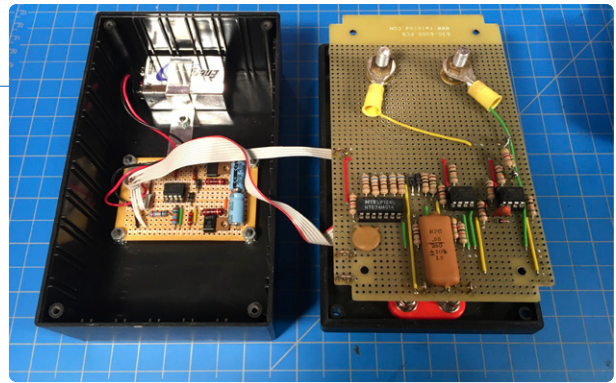
De schakeling is gebouwd op twee stukken gaatjesprint (figuur 6). De kleinere print links is de schakeling die wordt gebruikt om de plus, min en massa voor de opamps te verzorgen. De grotere print is de schakeling van de ESR-meter; deze wordt op zijn plaats gehouden door de moeren op de meter.

Nog voordat ik de meter in een behuizing kon inbouwen, heb ik hem al gebruikt om onze airconditioner na te meten – ik kon een slechte motorcondensator opsporen (figuur 7).

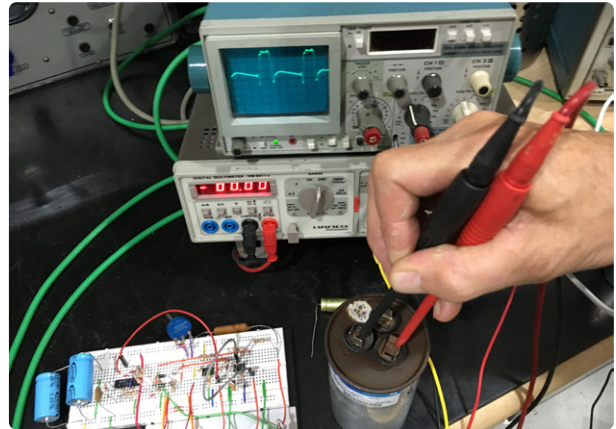
De ESR-meter is draagbaar genoeg om niet alleen de werkbank maar ook elders ('op locatie') te worden gebruikt. Met een handvol weerstanden van 2 Ω en een post-it sticker werd een eenvoudige kalibratie uitgevoerd (figuur 8).

De ESR-meter werkt als een ohmmeter. Alvorens een condensator te meten, worden de meetsnoeren kortgesloten en wordt de knop ingesteld op een volle-schaal-uitslag (ESR nul). Door de knop volledig linksom te draaien, wordt de meter met de in de potmeter ingebouwde schakelaar uitgeschakeld. 

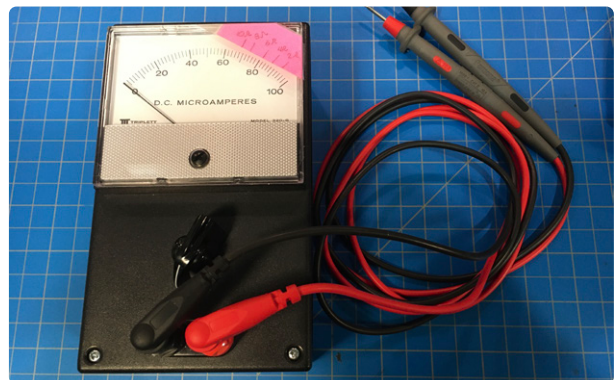
210017-03



Figuur 6. De schakeling is eenvoudig genoeg om op gaatjesprint te worden gebouwd.



Figuur 7. Zelfs als breadboard-prototype bleek de schakeling nuttig bij het controleren van de motorcondensator van een airconditioner.



Figuur 8. Kalibratie van de meter gebeurt met een paar weerstanden van 2 Ω en een stukje papier.

Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de auteur via glydeck@aol.com of naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.

WEBLINKS

- [1] Schakeling van Lawrence P. Glaister (VE7IT):
<http://ve7it.cowlug.org/esrmeter.html>
- [2] Application Note van Burr Brown:
http://glydeck.com/project/content/absolute_value_circuit.pdf



GERELATEERDE PRODUCTEN

- > **Elektor 2 MHz LCR Meter Kit (SKU 19883)**
www.elektor.nl/19883
- > **Peak Atlas ESR70 Plus Capacitor Analyser (SKU 17668)**
www.elektor.nl/17668