



Nieuwe LCR-meter 50 Hz - 2 MHz (deel2)

bediening, kalibratie en programmeren van de firmware

Jean-Jacques Aubry (Frankrijk)

Het meetprincipe, de softwarematige kalibratie en de hardware van deze nieuwe LCR-meter zijn besproken in het eerste deel van deze serie. In dit tweede en laatste deel behandelen we de gebruikersinterface, de kalibratie en het programmeren van de firmware van de AU2019.

In deel 1 van deze serie hebben we gezien we hoe de AU2019 werkt en hoe hij impedanties meet, en hebben we de toegepaste kalibratie- en compensatieprincipes en de benodigde hardware besproken. Nu bekijken we de LCR-meter door de ogen van de gebruiker.

Bediening van de LCR-meter

De AU2019 kan worden gebruikt als een stand alone-meetapparaat, met behulp van het LC-display, de draai-encoder en de drukknoppen, maar hij kan ook via een USB-link per computer worden bediend.

Stand alone-modus

Als het apparaat is uitgerust met de display-uitbreiding, kan het zelfstandig functioneren, zonder computer. In deze modus start het automatisch op; voeding vindt plaats uit een externe 5V-USB-voeding. Als het apparaat

Tabel 1.

							50	60				Hz
100	120	150	200	250	300	400	500	600	700	800	900	Hz
1.0	1.2	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	kHz
10	12	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	kHz
100	120	150	200	250	300	400	500	600	700	800	900	kHz
1.0	1.2	1.5	2.0									MHz

wordt gevoed vanaf een PC, maar u wilt het toch in stand alone-modus gebruiken, dan moet u tijdens het inschakelen de bovenste knop ingedrukt houden. (De nieuwe modus wordt opgeslagen in het geheugen, dus de volgende keer hoeft u dat niet meer te doen). Om terug te keren naar de PC-modus, gaat u op dezelfde manier te werk. Als het meetscherm wordt weergegeven, stelt u met de draaiknop de meetfrequentie in op één van de 54 voorgedefinieerde waarden (**tabel 1**). Wanneer u lang op de draaiknop drukt, kunt u een eigen frequentie invoeren. Het te wijzigen cijfer wordt geselecteerd met de bovenste twee knoppen, met de draaiknop verandert u de waarde. Na bevestiging wordt deze waarde gebruikt (deze wordt 'negatief' weergegeven), hij kan dan niet worden gewijzigd met de draaiknop. Opnieuw lang drukken op de draaiknop is nodig om deze modus te verlaten. Als er een backup van de waarde wordt gemaakt, wordt deze bij de volgende aanvraag aangeboden.

Op het scherm worden de functies van de knoppen weergegeven; die veranderen afhankelijk van de gekozen instellingen. Voor sommige knoppen maakt het verschil of ze lang of kort worden ingedrukt. In dat laatste geval knippert het scherm kort om aan te geven dat deze toestand is gedetecteerd.

- > De eerste (bovenste) knop schakelt de componentweergave: van **AUTO** (standaardmodus) naar **SERIES** of **PARALLEL**.
- > De tweede knop [**TRIM**] start de **TRIM**-procedure voor de huidige frequentie (**OPEN** of **SHORT**, afhankelijk van de gemeten impedantie). Een lange druk op de knop start de procedure voor het opslaan van alle **TRIM**-acties die sinds de laatste start zijn uitgevoerd.
- > Met de derde knop [**AVG S**] of [**AVG F**] kunt u het aantal gebruikte metingen (gemiddelde) wijzigen. De waarde wordt bepaald door over dat aantal metingen te middelen en dat bepaalt dus de respons van het instrument. Deze knop schakelt om tussen langzame weergave (**Average SLOW** in het display) en snelle weergave (**Average FAST** in het display). *OPMERKING: deze functie is geïntroduceerd vanaf versie 2.0.0 van de firmware en de meeste screenshots zijn gemaakt voordat de software werd aangepast!*
- > Met de vierde knop [**R-HOLD**] kunt u het huidige bereik 'bevroren'. Een lange druk op de knop schakelt de weergave van de instellingen van de meter om:



Figuur 1. Het gebruikersmenu.

het bereik (R1...R4), de PGA-versterking bij spanning- (U_x) en stroommeting (I_x) (met $x = 1, 3$ of 10).

- > De laatste knop [**MENU**]: kort indrukken voor het gebruikersmenu (meetparameters), en lang indrukken voor het kalibratie-menu.

Gebruikersmenu (figuur 1)

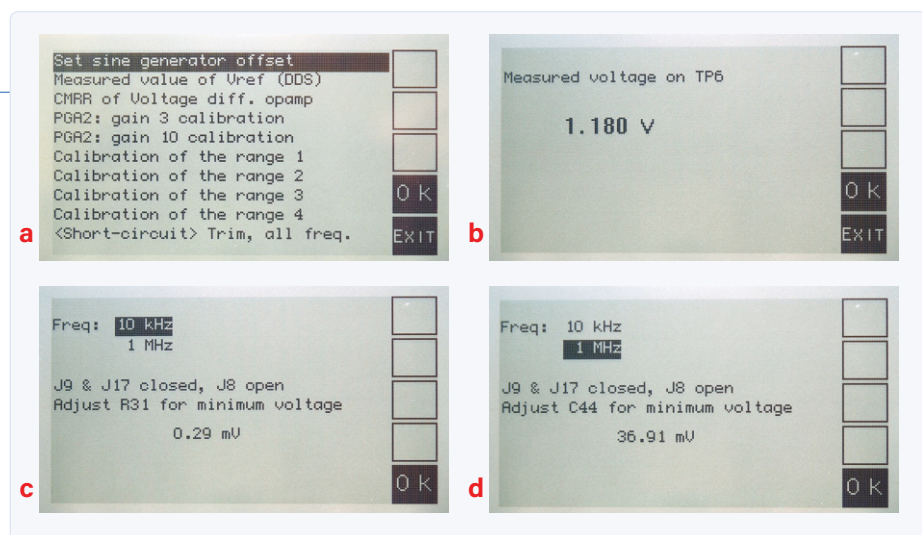
- > **Taal (1a)**
Selectie van de taal voor de menu's. De huidige versie ondersteunt Engels, Frans, Duits en Nederlands.
- > **Q-grenswaarde voor secundair display (1b)**
Het selecteren van de waarde van de Q ($= 1/D$) waarboven de secundaire instelling niet wordt weergegeven. Mogelijke waarden zijn: 100/200/500/1000/2000/5000/no limit

> Sorteerp parameters (1c)

In dit menu kunt u de parameters (tolerantie en waarde) selecteren die worden gebruikt voor het sorteren van componenten. De voorgestelde waarde is die van de primaire parameter van de aangesloten referentiecomponent voordat u naar de menumodus ging. Deze parameters worden in het geheugen opgeslagen. In de eerste stap (**1c**) kunt u de standaardtolerantie selecteren, van E6- (20%) tot E96 (1%). Als tweede stap kunt u de gestandaardiseerde waarde in deze reeks (**1d**) selecteren.

> Sorteert (1e)

Dit menu start de vergelijking, met de weergave van de gemeten waarde (boven), de boven- en ondergrens, en natuurlijk of de test is geslaagd (**PASS** of **FAIL**).



Figuur 2. Het kalibratie-menu.

> AC-niveau (1f)

Dit menu selecteert de amplitude van het testsignaal zonder belasting. Mogelijke waarden zijn:

100 mV, 200 mV, 500 mV en 1 V (RMS).

> DC-offset(1g/h)

Dit menu past de waarde van de spanning (voor condensatoren) of de stroom (voor spoelen) van de DC-offset aan. Mogelijke waarden zijn:

- 0 tot 5,0 V, in stappen van 1 V of 0,1 V
- 0 tot 50 mA in stappen van 10 mA of 1 mA

Door op de draaiknop te drukken verandert de stapgrootte.

Bij zelfinducties wordt na validatie en enkele seconden voor de stabilisatie de werkelijke waarde van de stroom weergegeven onder

het label <DC>, omdat deze afhankelijk is van de weerstand van het DUT. Het label van de tweede knop verandert, omdat de TRIM-functie niet mogelijk is met DC-bias. Het verandert in *BIAS 0* en door op de knop te drukken wordt de offset uitgeschakeld.

Kalibratie-menu (figuur 2)

Alle kalibratiestappen van het apparaat zijn toegankelijk vanuit het menu. Als kalibratie voor het eerst worden uitgevoerd, is het aan te raden deze in de volgorde van het menu uit te voeren. Gebruik jumpers met vergulde contacten om de parasitaire weerstand te minimaliseren en verwijder alle kabels van de BNC-connectoren. De volledige kalibratie-procedure wordt beschreven in de documentatie in de download [1]. Het is helemaal niet moeilijk en u hebt niet meer nodig dan

een multimeter, configuratie-jumpers, een klein trimtool... en een beetje geduld. Want sommige stappen kunnen enkele minuten duren. We geven hier alleen een overzicht.

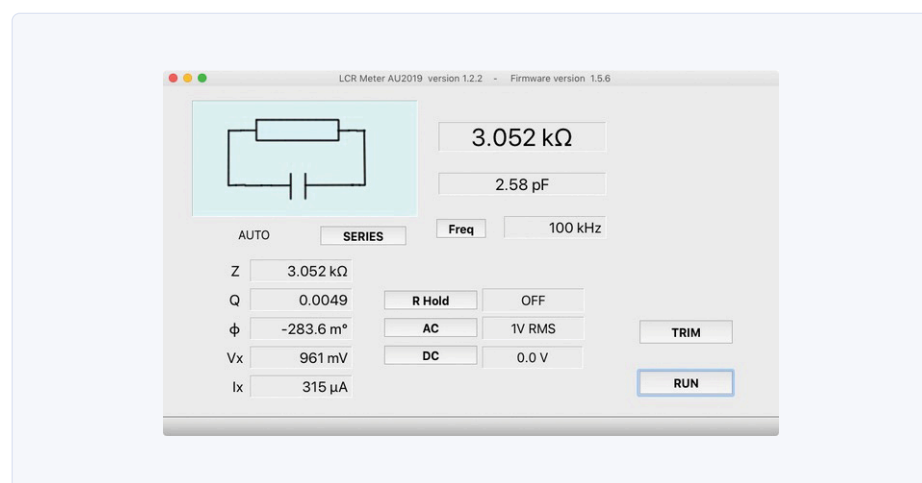
- > Stel de offset van de sinusgenerator in (2a).
- > Gemeten waarde van V_{ref} (DDS) (2b).
- > CMRR van de differentiële spanningsopamp (2c/d).

De volgende stappen kunnen enige tijd in beslag nemen. Aan het einde van elke stap moet u het opslaan van de nieuwe waarden bevestigen. Houd er rekening mee dat oude parameters worden gewist, zelfs als de nieuwe waarden NIET worden opgeslagen.

- > PGA2: gain-3 kalibratie, gevolgd door gain-10 kalibratie.
- > Kalibratie van de bereiken 1 tot 4.
- > <Open-circuit> Trim, alle frequenties.
- > <Short-circuit> Trim, alle frequenties.

Verwijder aan het einde van de kalibratie alle jumpers en sluit de Kelvin-kabels of de testopstelling aan op de BNC-connectoren. Herhaal de trim-procedure voor open en short circuit om de nieuwe parasitaire componenten in rekening te brengen.

Voorafgaand aan een test met een bepaalde frequentie is het mogelijk, en zelfs aan te bevelen, om de beide TRIM-correcties uit te voeren door op de betreffende knop (de tweede) te drukken. Nieuwe instellingen (ook die op andere frequenties) kunnen worden opgeslagen door lang op deze knop te drukken.



Figuur 3. Bediening van de LCR-meter via de app AU2019.

Tabel 2.

Bit-nummer	U _x	Het bit is 0 als de gemeten spanning is
1	-5V	-5.3V < U _x < -4.7V
2	+5V	4.7V < U _x < 5.3V
3	+3V	2.85V < U _x < 3.15V
4	+6.5V	6.29V < U _x < 6.68V
5	+7.5V	7.30V < U _x < 7.60V

Foutcontrole

Tijdens de opstartprocedure van de firmware worden enkele controles uitgevoerd. Eerst controleert de bootloader de integriteit van de firmware in het geheugen. Vervolgens controleert de firmware op geldige taalgegevens in het hoge geheugen en controleert hij de voedingsspanningen (tabel 2). Als de controle van de voedingsspanning mislukt, wordt de melding "Power supply Test Error, code A" weergegeven en komt het programma in een lus, waarin LED D12 knippert: ½ s aan en 1 s uit. Elk bit van het binaire getal A geeft de toestand aan van één van de geverifieerde voedingsspanningen: 0 als de spanning correct is, anders 1.

PC-modus

Start het apparaat in de PC-modus (op het display verschijnt dan "Waiting for the GUI..."), en start enkele seconden later het programma AU2019 op de PC (figuur 3). Selecteer in het menu *Port* de juiste seriële poort en klik vervolgens op de knop *Open port*. Zodra de communicatie tot stand is gebracht, wordt de firmwareversie weergegeven, rechts van de app-versie van AU2019. Daarna worden al snel alle parameters van de DUT weergegeven. De knoppen werken net als in de stand alone-modus.

Sommige menu's zijn specifiek voor de PC-modus, andere zijn hetzelfde als die van de stand alone-modus, dit alles wordt uitgelegd in de documentatie. Er zijn ook instructies voor updates van de firmware en de menuteksten. Een volledige beschrijving is te vinden in het document *Operating instructions* [1].

Het meten van componenten

De meetopstelling heeft een enorme invloed op de meetresultaten, vooral aan het uiterste van het meetbereik en/of bij hoge frequenties. Vooral de *TRIM*-procedures zijn belangrijk. Om de meting nauwkeurig te kunnen uitvoe-

VERGELIJKING MET COMMERCIËLE APPARATUUR

Natuurlijk is het een goed idee om deze A2019 LCR-meter te vergelijken met in de handel verkrijgbare apparatuur. Helaas hadden noch de ontwerper noch het Elektor Lab apparatuur beschikbaar om een vergelijkende test te doen. Sterker nog: het is erg moeilijk om een LCR-meter te vinden met meetfrequenties tot 2 MHz. Gelukkig was Alfred Rosenkränzer zo vriendelijk om ons te helpen met een vergelijking met een Hameg HM8118, een HP/Agilent 4263B en een handheld Keysight U1732A. Van deze drie heeft de Hameg de hoogste meetfrequentie: 200 kHz. Alfred kwam tot de volgende conclusies:

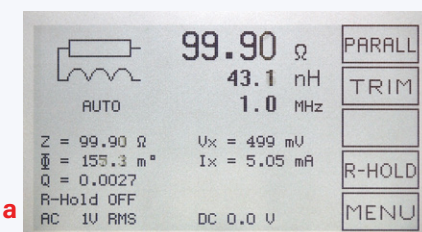
De AU2019 blijkt een behoorlijk goed meetapparaat. Op sommige punten heeft hij problemen (bijvoorbeeld bij kleine spoelen en een meetfrequentie van 100 Hz). Dit is zeker niet de ideale frequentie om zulke kleine spoeltjes te meten, de Hameg en HP produceerden onder deze omstandigheden wel vrij redelijke resultaten.

Het is mooi dat de Kelvin kabels en de TH26001A 4 terminal-meetadapter heel goedkoop te koop zijn op Ebay, maar het is moeilijk te zeggen hoe goed de kwaliteit is. Een goede verbinding tussen component en LCR-meter is de sleutel tot een stabiele meting. De 16047E-meetadapter (vergelijkbaar met de TH26001A) is goed bruikbaar.

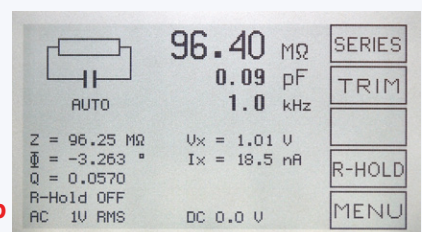
De nauwkeurigheid van de AU2019 is over het algemeen 1%, en voor waarden in het midden van het meetbereik is 0,1% haalbaar door gunstige meetcondities te kiezen voor het type en de waarde van de component.

ren wanneer de DUT een lage zelfinductie of weerstand heeft, is het belangrijk om de *TRIM short-circuit* compensatie vlak voor

de meting uit te voeren. Hetzelfde geldt voor kleine capaciteiten, in dat geval gaat het om de *TRIM open-circuit* compensatie.



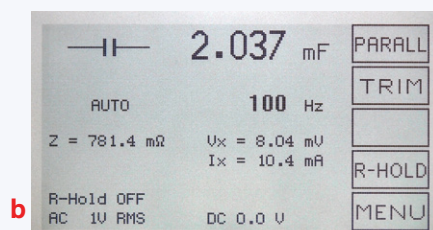
Figuur 4a. Meten van een laagohmige weerstand bij hoge frequentie.



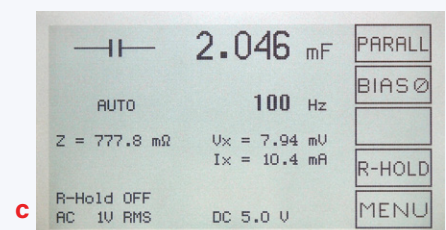
Figuur 4b. Meten van een hoogohmige weerstand bij lage frequentie.



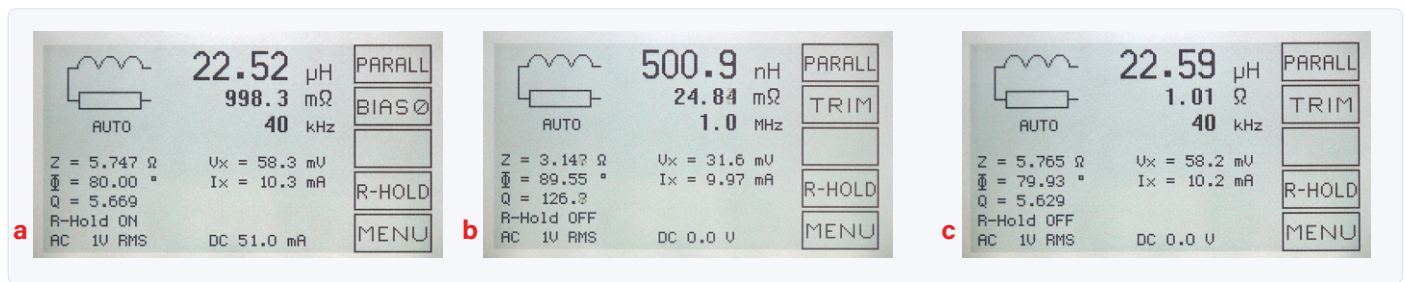
Figuur 5a. Meten van een kleine condensator bij een hoge frequentie.



Figuur 5b. Meten van een grote condensator bij lage frequentie.



Figuur 5c. Meten van een grote condensator bij lage frequentie met 5 VDC offset.



Figuur 6a. Meten van een zelfinductie met offsetstroom.

Figuur 6b. Meten van een zelfinductie bij een hoge frequentie.

Figuur 6c. Meten van een zelfinductie zonder offsetstroom.

EERSTE START VAN HET APPARAAT MET EEN BLANCO MICROCONTROLLER

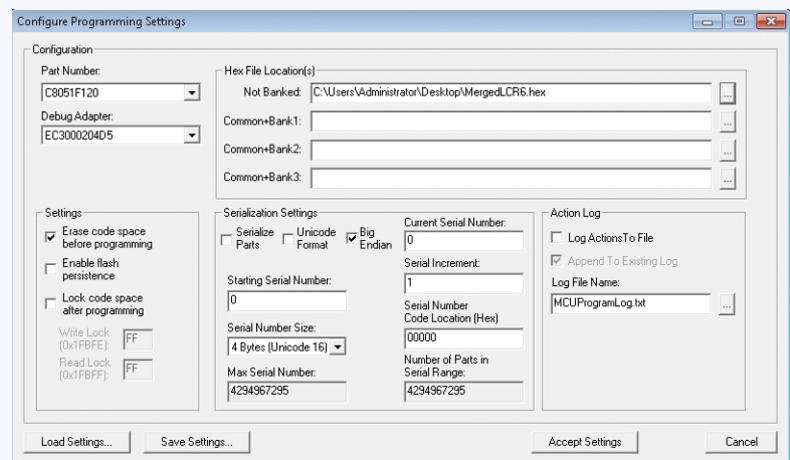
De eerste keer dat u het apparaat inschakelt, hebt u een PC met Windows en de USB Debug Adapter van Silicon Labs (bijv. RS artikelnummer 757-0297) nodig om firmware in de microcontroller te laden via de JTAG-interface (J15). U moet het bestand MergedLCR6.hex hebben gedownload, dat is het bestand dat zowel de bootloader (boot_LCR6.hex) als de firmware LCR6.hex bevat. Gedetailleerde instructies hierover zijn te vinden in het document Operating instructions [1].

DE FIRMWARE VOOR DE EERSTE KEER LADEN

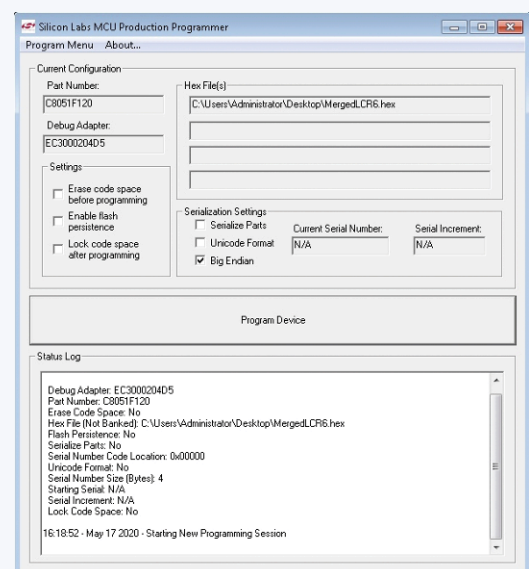
Sluit de USB Debug Adapter-kabel aan op J15 op de print en op de PC en zet SW1 op ON. Start de MCU Production Programmer [3]:

- › Ga naar Program Menu / Configure Programming Information... en kopieer alle instellingen zoals in het screenshot hiernaast, en klik dan op Accept Settings (u kunt deze instellingen opslaan met Save Settings...) (figuur 7a/b).
- › Klik op Program Device om het programmeren te starten.
- › Nadat het programmeren is voltooid, verschijnt het bericht Device Programmed and Verified in het Status Log-venster.
- › Vervolgens moeten de displayteksten (taalbestand) worden geladen aan de hand van de aanwijzingen in de Operating instructions §4.2.5.

Figuur 7b. Het programmeerscherm van de MCU Production Programmer van Silicon Labs.



Figuur 7a. Programmeerinstellingen in de MCU Production Programmer van Silicon Labs.



WEBLINKS

- [1] Documentatie en software downloaden: www.elektormagazine.nl/190311-04
- [2] Nieuwe LCR Meter, projectpagina op Labs: www.elektormagazine.com/labs/remake-lcr-meter
- [3] Silicon Labs Production Programmer download: www.silabs.com/documents/login/software/MCUProductionProgrammer.zip

Weerstand (figuur 4)

Over het algemeen kunnen weerstanden gewoon worden gemeten met een goede multimeter! Maar het kan bij een lage weerstandswaarde interessant zijn om de zelfinductie bij hoge frequenties te kennen. En hetzelfde geldt voor de parasitaire capaciteit bij een hoge weerstandswaarde.

Condensator (figuur 5)

Bij een condensator is het mogelijk om een gelijkspanning tussen 0,0 V en 5,0 V op het testsignaal te superponeren, zie de paragraaf over DC-offset. De positieve klemmen van de offsetspanning zijn J4/J5. De capaciteit moet het dominante deel van de impedantie zijn, anders schakelt de LCR-meter automatisch de DC-offsetspanning uit! Voor het meten van hoogwaardige aluminium-elco's is het belangrijk om een testfrequentie te kiezen die past bij deze technologie en die lager is dan de resonantiefrequentie.

Spoel (figuur 6)

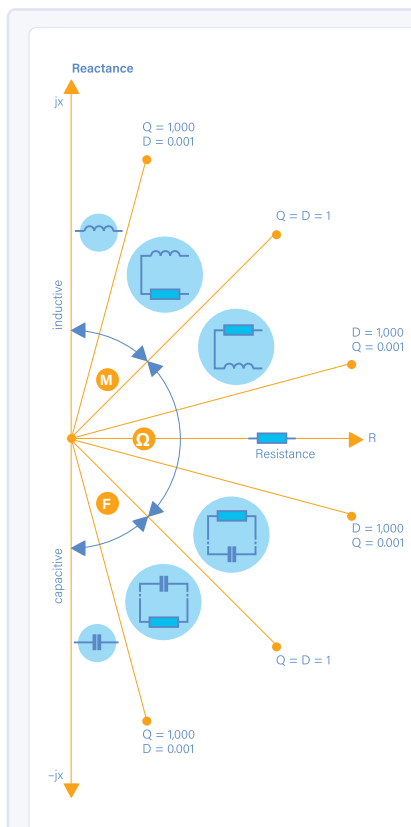
Bij een spoel is het mogelijk om een gelijkstroom tussen 0 mA en 50 mA op het testsignaal te superponeren (zie paragraaf 3.1.5 DC Bias in de *Operating instructions*). Let erop dat de DC-spanning die door deze biasstroom over de inwendige weerstand ontstaat, niet groter mag zijn dan 0,3 V, anders werkt het automatische offsetcircuit van de differentiaalversterker U7 niet meer goed.

OPMERKING: toepassing van een bias van 50 mA resulteert in een toename van ongeveer 210 mA van de totale stroom die het apparaat opneemt. Zorg ervoor dat uw voeding dit kan leveren.

Bij kleine HF-spoelen moet u ervoor zorgen dat de meting bij een voldoende hoge frequentie wordt uitgevoerd, zodat het dominante deel van de impedantie inductief is! 

190311-B-04

Volg dit project ook op de Elektor Labs-projectpagina [2], waar de auteur antwoord geeft op vragen en opmerkingen.



Figuur 8. Vervangingsschema op basis van kwaliteitsfactor en reactieve component (bron: Fluke).

BEPALING VAN HET TYPE COMPONENT EN HET VERVANGINGSSCHEMA

Dit apparaat is ontworpen om drie soorten componenten te meten (weerstanden, condensatoren, spoelen) en voor elk van die soorten moeten de meetcondities worden gekozen afhankelijk van de waarde en de toepassing. Naast de waarde van de hoofdparameter, die het type component kenmerkt, is er ook een secundaire parameter die voornamelijk afhankelijk is van de testfrequentie. Het apparaat bepaalt het type component op basis van de equivalente vergelijking:

$$Z = R_s + jX_s$$

waaruit het de kwaliteitsfactor berekent:

$$Q = |X_s|/R_s$$

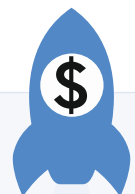
In de AUTO-modus zijn de beslissingscriteria voor het type component en het vervangingsschema de waarde van $Q (=1/D)$ en het teken van de reactieve component X_s , zie figuur 8 voor de relatie tussen Q , X_s en het vervangingsschema.

Vragen of opmerkingen?

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

GERELATEERDE PRODUCTEN

> **Elektor "Kickstarter" Project:**
Kit met hoofdprint, displayprint en alle onderdelen
www.elektor.com/lcr



Een bijdrage van

Idee, ontwerp, tekst en illustraties:

Jean-Jacques Aubry

Redactie: **Luc Lemmens, Denis Meyer**

Schema's:

Kurt Diedrich, Patrick Wielders

Vertaling: **Evelien Snel**

Vergelijkende metingen:

Alfred Rosenkränzer

Layout: **Giel Dols**