

Hutale 4.2 LCR-DDS-F mérő: LCR híd mérőműszer / DDS függvénygenerátor / frekvenciamérő kit – © dr. Le Hung

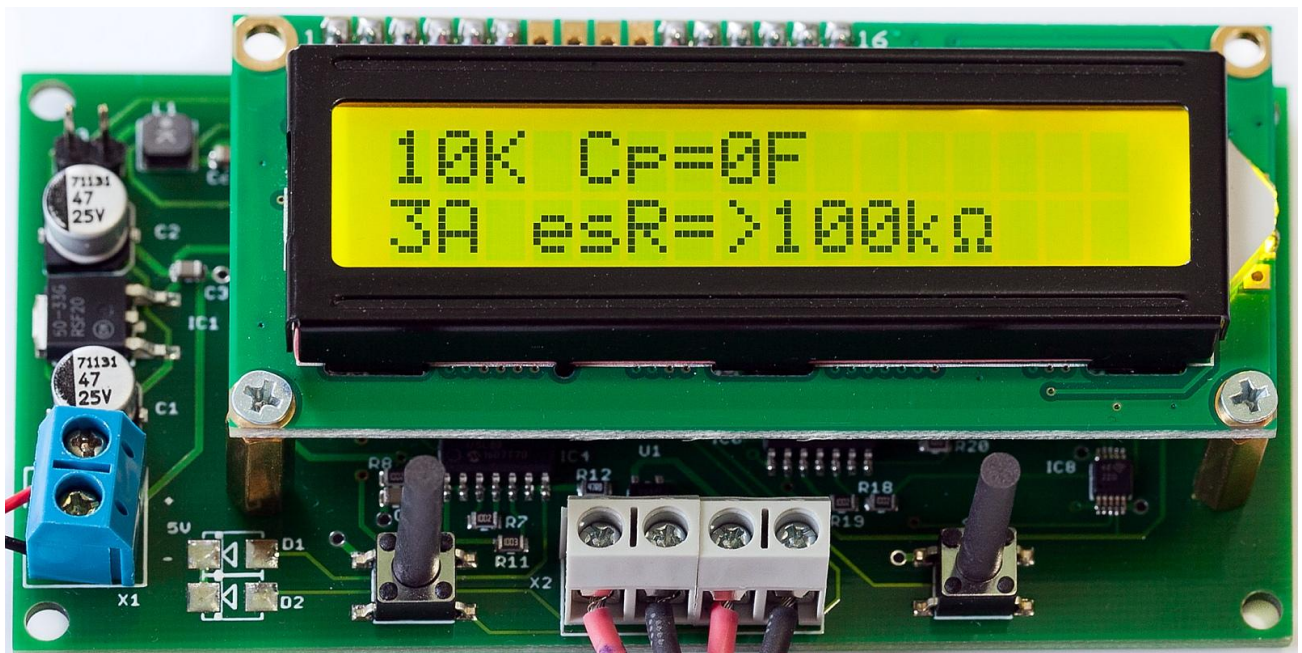
A Hutale LCR-DDS-F (röviden LCR) híd mérőműszer kit „három az egyben” műszer. Elsősorban ez egy precíziós LCR mérő (gyakran RLC mérőnek is hívják, vagy más néven LC mérő, ellenállás mérő (R), és in-circuit ESR mérő), mely tekercsek, kondenzátorok és ellenállások méréséhez használható. A mérések 9 különböző precíziós szinusz hullámú mérőfrekvencián (100Hz, 250Hz, 500Hz, 1kHz, 2.5kHz, 5kHz, 10kHz, 25kHz, 50kHz) végezhetőek el. A fő mérési paraméterek (induktivitás: L, pontosabban L_s , L_p , kapacitás: C, pontosabban C_p , C_s , ellenállás: R) mellett a másodlagos jellemzők (impedancia: Z, soros ellenállás: R_s vagy ESR, reaktív impedancia: X_s , jósági tényező: Q, veszteségi tényező: D, fázis szög: θ) is meghatározhatók. A műszer képes **automatikusan** megválasztani az **optimális mérési frekvenciát és a mérési tartományt**, így biztosítva az optimális mérési körülményeket és a pontos mérést.

Az említettek mellett DDS függvénygenerátorként is funkcionál, mely képes 10Hz-100kHz közötti szinusz, négyszög, háromszög és fűrészfű hullámokat generálni. A műszer harmadik sorban frekvenciamérőként tud 2.5V-15V amplitúdójú, 3Hz-12.5MHz közötti frekvenciákat is mérni.

A Hutale 4.2 LCR mérő működését egy AVR XMEGA mikroprocesszor biztosítja. Ez az AVR mikroprocesszor család egyik legújabban kifejlesztett típusa, mely kis (<3.6V) feszültséggel dolgozik. Egy-egy készre szerelt mérő-készlet (kit) 1 db galvanizált, kétoldalas, professzionálisan gyártott PCB-n összeszerelt, tesztelt és kalibrált mérőt, a rajta rögzített és tesztelt LCD megjelenítőt, valamint 1 db 4 vezetékes jó minőségű Kelvin mérőkábelt tartalmaz. A szerelt, kalibrált mérő kit hobbi mennyiségben áll rendelkezésre.

- Honlap: <http://lcr-dds-f.atwebpages.com/hu>
- E-mail: hutale@gmail.com

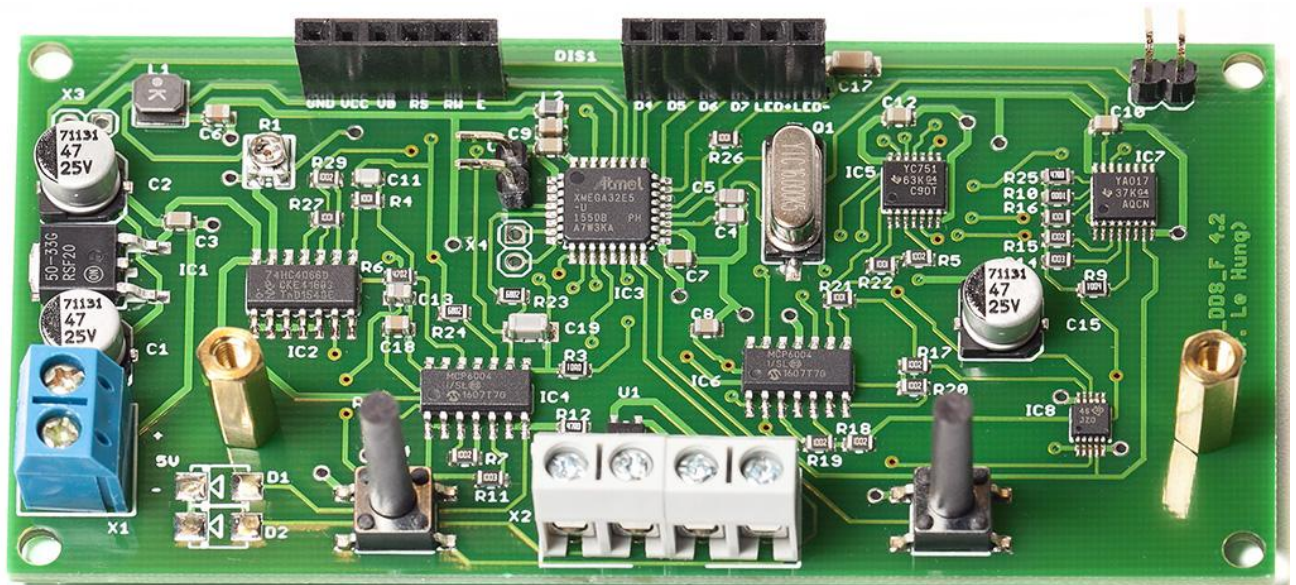
1. Fényképek a Hutale 4.2 LCR-DDS-F híd mérőműszer kitról



Hutale LCR-DDS-F mérőműszer



4-vezetékes minőségi Kelvin mérő csipeszek



Hutale 4.2 LCR-DDS-F mérő PCB nyákja

2. A Hutate 4.2 LCR híd mérőműszer kit jellemzői

2.1 LCR mérő jellemzői

- **Mért paraméterek:**

- $L_s / L_p / C_s / C_p / R / ESR / Z / X_s / Q / D / \theta$ (az „s” betű a „soros” mérési modellt, a „p” betű a „párhuzamos” mérési modellt jelenti)
- Áramkörben lévő (**in-circuit**) elektrolit kondenzátor (C és ESR) is mérhető
- Az **R / ESR mérési** módban **ellenállások, elemek, újratölthető akkumulátorok belső ellenállása** is mérhető, mely alapján a megvizsgált elem aktuális állapotára, kapacitásától függetlenül tudunk következtetéseket vonni (pl. mennyire használdott el? Selejteznünk kellene?) A méréshez a mérőkábelre 2 db kis kondenzátort kell beilleszteni a DC egyenáram blokkolására - ld. később

- **Mérési tartomány:**

- R ellenállás mérése esetén: **5mΩ – 20MΩ** (ennél nagyobb ellenállást is mér, de ez nincs ellenőrizve)
- C kapacitás mérése esetén: **1pF - 22000μF** (ennél nagyobb kapacitást is mér, de ez nincs ellenőrizve)
- L induktivitás mérése esetén: **0.01μH – 100H** (ennél nagyobb induktivitást is mér, de ez nincs ellenőrizve)

- **Pontosság** (ld. video. Többek között professzionális mérő mérési eredményeivel történő összehasonlítások is megtalálhatók):

- **R ellenállás mérése esetén:**

Tartomány	Pontosság
1Ω – 100Ω	0.5%
100Ω – 1MΩ	0.3%
1MΩ – 5MΩ	1%
5MΩ – 10MΩ	3%
0.1Ω - 1Ω	5% +- 5mΩ
<0.1Ω, >10MΩ	NA

Tartomány	Optimális mérési frekvencia
<30Ω	2.5kHz
>30Ω	100Hz

- **C kapacitás mérése, optimális mérési frekvencia használata esetén:**

Tartomány	Pontosság
1pF - 200pF	1.5% +- 1pF
200pF - 1μF	0.5% +- 1pF
1μF - 1000μF	1%
1000μF - 4700μF	2%
>4700μF	NA

Tartomány	Optimális mérési frekvencia
$< 1nF$	10kHz
1nF – 100nF	1kHz
$>100nF$	100Hz

- L induktivitás mérése optimális mérési frekvencia használata esetén:*

Tartomány	Pontosság
1 μ H – 60 μ H	3% +- 0.1 μ H
60 μ H – 100mH	1% +- 0.2 μ H
100mH - 100H	2%
$<1\mu H$	5% +- 0.01 μ H
$>100H$	NA

Tartomány	Optimális mérési frekvencia
$<1mH$	10kHz
1mH – 100mH	1kHz
$>100mH$	100Hz

- Mérési frekvencia:**
 - Precíziós 100Hz / 250Hz / 500Hz / 1kHz / 2.5kHz / 5kHz / 10kHz / 25kHz / 50kHz szinusz hullámok alkalmazása
 - Fix mérési frekvencia** használata: kézzel kiválasztható, hogy a mérés melyik frekvenciával történjen
 - Automatikus frekvencia-kiválasztás:** a mérő a mérendő alkatrész számára automatikusan ki tudja választani az optimális mérési frekvenciát a 100Hz, 1kHz, 10kHz közül, így legyen bármelyik tartományban is a mérendő alkatrész, a mérő meg tudja azt mérni anélkül, hogy kézzel kelljen kiválasztani a megfelelő frekvenciát hozzá – ez az alapértelmezett mérési mód
- Mérési feszültség:** 0.35Vrms / 0.5Vrms, automatikusan kiválasztva
- Mérési technika:** automatikus kiegyenlítő híd (auto balancing bridge); külön-külön mérve az áramot és a feszültséget, 4 vezetékes (Kelvin) mérőkábel használatával - ez lehetővé teszi a lehető legpontosabb méréseket
- Mérési mód:** soros és párhuzamos mód (pl. a Cs, Ls a soros modellel, míg Cp, Lp a párhuzamos modellel mért és számolt kapacitás, induktivitás értékek)
- Impedancia mérési tartományok:**
 - 9 impedancia tartomány:**
 - 0. tartomány: 20M Ω -tól
 - 1. tartomány: 3.3M Ω –20M Ω
 - 2. tartomány: 333k Ω –3.3M Ω
 - 3. tartomány: 33k Ω – 333k Ω
 - 4. tartomány: 3.3k Ω –33k Ω
 - 5. tartomány: 335 Ω –3.3k Ω
 - 6. tartomány: 20 Ω –335 Ω
 - 7. tartomány: 1.2 Ω –20 Ω

- 8. tartomány: $5\text{m}\Omega - 1.2\Omega$
- **Automatikus impedancia tartomány-váltás** a pontosabb mérési eredmények elérése érdekében
- **Kompenzáció, kalibráció:**
 - **Kompenzáció nyitott mérőkábel** (a mérő elkészítése után megtörtént. Lehet, de nem szükséges újból elvégezni!)
 - **Kompenzáció zárt mérőkábel** (a mérő elkészítése után megtörtént. Lehet, de nem szükséges újból elvégezni!)
 - **Kalibráció 0.1% ellenállásokkal** (a mérő elkészítése után megtörtént. Lehet, de nem szükséges újból elvégezni!)
- **Input-védelem: A Hütale 4.2 LCR mérő PCB nyákján** be van építve az input-védelem. A védelem egy gyári, több kis kapacitású TVS diódát tartalmazó IC-ből áll, mely az elektrosztatikus kisütés (ESD), az elektromos gyors tranziensek (EFT) és a villámlás által okozott túlfeszültségektől védi az érzékeny elektronikai alkatrészt. Az IC képes egy $t_p=8/20\mu\text{s}$ időtartamú 300W csúcs-teljesítményt, 12A erősségű csúcs-áramot, 8kV kontakt-, 15kV lég-feszültséget elviselni
- **Mérési sebesség: 1mérés/3mp**

2.2 DDS függvénygenerátor jellemzői

- **Generált függvények:** szinusz, négyszög, háromszög és fűrész
- **Tartomány:** 10Hz-100kHz
- **Felbontás:**
 - 10Hz-600Hz: 1Hz-enként
 - 600Hz-1kHz: 0-4Hz
 - 1kHz-4kHz: 0-30Hz
 - 4kHz-10kHz: 0-200Hz
 - 10kHz-20kHz: 0-400Hz
 - 20kHz-50kHz: 0-600Hz
 - 50kHz-100kHz: 0-900Hz

A felbontás tartományának magyarázata: A DDS függvénygenerátor 600 Hz-ig tud Hz-enkénti növekvő függvényt produkálni (pl. 10Hz, 11Hz, 12Hz, stb.) E fölött viszont nem biztos, hogy tudja pontosan produkálni a felhasználó által kívánt frekvenciát. Ha ez a helyzet, akkor a frekvenciát kissé módosítja. Az eltérés maximális mértéke a tartományban megadott felső érték. Például a felhasználó 1kHz-es függvényt szeretne. Mivel ezt tudja pontosan előállítani, kiadja (0Hz eltérés). Azonban, ha a felhasználó 1001 Hz-et szeretne, akkor a szoftver ezt módosítja 1004 Hz-re, mivel ezt tudja pontosan produkálni. A pontosan előállított frekvenciát minden esetben kiírja az LCD-re. Másik példa: igény a 10kHz. Ez rendben. Viszont 9999 Hz helyett 10kHz-et, 10001Hz helyett 10204Hz-et állítja elő. Többek között a 100Hz, 250Hz, 500Hz, 1kHz, 2.5kHz, 5kHz, 10kHz, 12.5kHz, 20kHz, 25kHz, 50kHz, 100kHz frekvenciákat pontosan tudja produkálni.

2.3 Frekvenciamérő jellemzői

- **Mérhető amplitúdó:** 2.5V-15V (ha a mérendő jelnek az amplitúdója 2.5V-nál kisebb, akkor a jelet erősíteni kell)
- **Tartomány:** 3Hz-12.5MHz
- **Pontosság:** 0.1%
- **Mérési sebesség:** 1mérés/mp

2.4 Egyéb jellemzők

- **Áramellátás:** **5.0-5.5V DC.** **Figyelem!** A mérőhöz csak stabil (nem szükséges, hogy pontos legyen) 5V-os tápegységet vagy USB tápegységet/töltőt kössünk! Az áramkör 3.3V precíziós feszültségszabályozó által stabilizált 3.3V-tal dolgozik, így védve van a nagyobb feszültségű tápellátás véletlen bekötésétől. Azonban az LCD display 5V-tal dolgozik, és közvetlenül a tápegységtől kapja az áramot, ezért nem szabad stabilizálatlan 5.5V-nál nagyobb áramforrást használni – ettől tönkremehet az LCD megjelenítő. Az LCD megjelenítő érzékeny a negatív feszültségre, így figyelni kell az áramforrás helyes bekötésére. Nagy áram (>1A) leadására képes áramforrás helytelen (fordított) bekötése (-5V) esetén az LCD tönkremehet. (Azért nincsen LCD-t védő dióda, hogy lehessen használni 4.5V áramforrást is)! Egy 6V-os áramforrás úgy használható, hogy 1 db diódát közbeiktatunk közte és a mérő között, ezáltal a mérőre eső feszültséget 5.3V-ra csökkentjük. Ezzel már jól működik az LCD.
- **Fogyasztás:** kb. 30 mA (LCD háttér világítása mellett).
- A **Hutale 4.2 LCR híd mérőműszer** egy komplett mérőműszer. Használatához sem számítógépre, sem más áramkörre nincs szükség.

3. A Hutale 4.2 LCR híd mérő kit tartalma

- 1 db szerelt, tesztelt PCB, input-védelemmel ellátva
- 1 db 2x16 karakteres LCD display, a PCB-n szerelve, rögzítve
- 1 db 20cm szilikon szigetelésű 4-vezetékes mérőkábel, jó minőségű Kelvin csipeszekkel
- Kompletten tesztelve, kalibrálva 0.1% ellenállásokkal



4. A Hutale 4.2 LCR híd mérőműszer kit bekötése



- Az áram bekötése: PCB-n lévő felirat szerint



- A mérőkábelek bekötése a kép szerint:

Hc Lc Hp Lp

Hc=High current, árammérés, + potenciál -> a vezeték végén tintával megjelölt piros vezeték bekötése

Lc=Low current, árammérés, - potenciál -> a megjelölt piros vezeték csavart fekete (szürke) vezetékpárjának bekötése

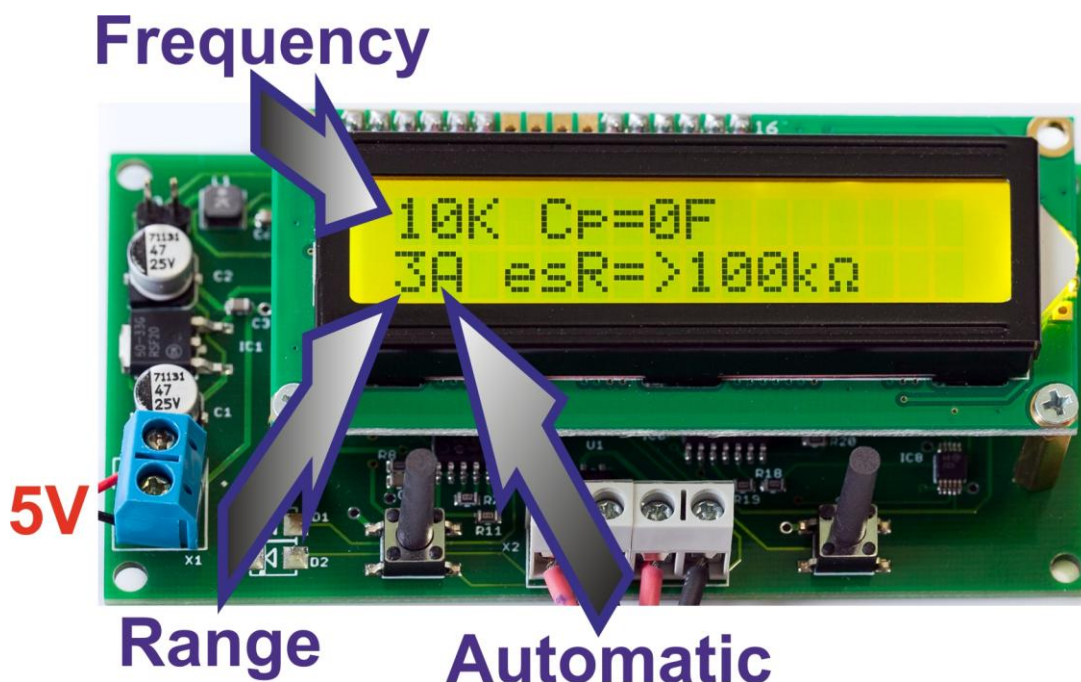
Hp=High potential, feszültségmérés, + potenciál -> másik piros vezeték bekötése

Lp= Low potential, feszültségmérés, - potenciál -> másik fekete (szürke) vezeték bekötése

5. A Hutale 4.2 LCR-DD-F híd mérőműszer kit működése, beállítása

5.1 Az LCR mérő működése

Az **LCR mérőműszer** bekapcsolása után, vagy a működése során az LCD display első sorában az **aktuális automatikusan kiválasztott mérő frekvencia** és az **elsődleges paraméter (Ls / Cp / R)** értéke látható. A második sorban az **aktuális impedancia tartomány** - ez a korábban említett 0. és 8. tartomány között szerepelhet - és a másodlagos paraméterek (**Lp / Cs / ESR / Rs / Z / Xs / Q / D / θ fázis szög**) értékei megtalálhatók. Alapértelmezett módban a 2. sorban a kapacitás mérésekor az ESR, az induktivitás mérésekor az Rs érték látható.



Hutale 4.2 LCR mérő működése

Automatikus frekvencia-váltó mód:

A mérő bekapcsolásakor a **C kondenzátor-mérési**, illetve az **automatikus frekvencia-váltó módban** dolgozik. Ezt a módot a **2. sor elején** megjelenő „**A**” betű, mint „Automatikus frekvencia” jelzi. A mérő ilyenkor **automatikusan** megállapítja, hogy az adott kondenzátorra melyik frekvencia lesz a legoptimálisabb, és azzal mérve megjeleníti az eredményt. Emellett természetesen a használt mérési frekvenciát is kiírja.

A mérő ugyanígy működik az induktorok és az ellenállások mérésekor.

Automatikus R mérési módban **30Ω-nál nagyobb ellenállásokat 100Hz-en, ennél kisebb ellenállásokat viszont 2.5kHz-es mérőjellel mér**. Tapasztalataim szerint a műszer ezen a 2 frekvencián az ellenállásokat a teljes tartományban a legpontosabban méri, így ezek kerültek alkalmazásra.

Korábban lehetett olvasni olyan véleményeket, hogy az elektrolit **kondenzátorok állapotának** megállapításhoz fontosabb az **ESR** értékük ismerete, mint a kapacitásuké. Ez legtöbb esetben igaz - sok rossz állapotú, nagy **ESR** értékű kondenzátornak a kapacitás-csökkenése nem számottevő. Azonban lehetnek esetek, amikor megfelelően tűnő **ESR** értékkel rendelkező kondenzátorok mégis rosszak. Ezek csak **kapacitásméréssel**, a **kapacitás-csökkenés** tapasztalatával kiszűrhetők. Tehát az a legjobb, ha megismerjük a kondenzátornak mind a 2 jellemzőjét – ismeretük révén az állapota könnyebben megállapítható. A csak ESR-t mérő műszernek az a hiányossága, hogy nem méri a kapacitást. Sok egyszerű kapacitás-mérő viszont nem képes ESR-t vagy in-circuit ESR-t mérni. Az általános LCR mérőt használó fogyasztó először azt tapasztalja, hogy az elektrolit kondenzátorok **kapacitásának** szokásos **nominális értékét** akkor kapja meg, ha **100Hz-en** méri (nagyobb frekvencián mérve csökken a kapacitás – a kapacitás bizonyos frekvenciától erősen frekvencia-függő). A 100 Hz-en mért **ESR** érték viszont **nagyobb** érték, mint az Interneten lelhető táblázatokban vagy **ESR mérők / kondenzátorgyártók** által megadott érték, mivel ezeket nagyobb frekvencián mérik (az ESR frekvencia-függő). Tehát ahhoz, hogy mind a **kapacitást** és egy összehasonlítható **ESR** értéket kapja meg egy általános **LCR mérővel** (itt azt kell még tudni, hogy ha a mérő nagy mérőfeszültséget alkalmaz, az nem alkalmas in-circuit **C/ESR** mérésére), több mérést kell elvégezni: először 100 Hz-en a **kapacitást**, utána **kézzel** nagyobb frekvenciára átkapcsolva az **ESR** értéket mérni. Ezt a 2 mérést a **Hutale 4.2 LCR mérő** egy lépésben **tudja végrehajtani**: először automatikusan megállapított frekvenciával méri a kapacitást, utána rögtön 2.5kHz-en méri az ESR értéket (a 2.5kHz és ennél nagyobb frekvenciával mért ESR értékek közti eltérés nem számottevő, a 2.5kHz-en mért ESR érték jól használható az elektrolit kondenzátor állapotának megállapításhoz). Amennyiben az így mért ESR érték $< 30\Omega$, azt a mérő megjeleníti, egyébként a kapacitás-mérés szempontjából optimálismérő frekvenciával mért ESR értéket láttatja. Ezzel az újítással a **Hutale mérő** az elektrolit **kondenzátorok állapotának megállapítása** szempontjából egy, az **ESR mérőnél** (amely nem képes kapacitást mérni) és az **általános LCR mérőnél** (ezeknél kézzel kell kapcsolgatni a frekvenciák közt) **jobban** használható műszer.

Annak ellenére, hogy általában az **LCR mérő** használata bonyolult, a **Hutale 4.2 LCR mérő** az „automatikus frekvencia-váltó” móddal, a teljes mérési tartomány automatikus kezelésével **nagyon kényelmesen használható**.

A felhasználónak érdemes áttekinteni a lenti táblázatot, melyben az optimálisan és a jól mérhető tartományok szerepelnek. A jól mérhető tartományok több nagyságrenddel szélesebbek, mint az optimálisan mérhető tartományok. A táblázatra leginkább akkor van szükség, ha a felhasználó manuálisan választ ki mérő frekvenciát:

Mérési frekvencia	Kondenzátor tartomány		Induktor tartomány	
	Optimálisan mérhető	Jól mérhető	Optimálisan mérhető	Jól mérhető
100Hz	>100nF	>1nF	>100mH	>10mH
1kHz	1nF-100nF	100pF-10μF	1mH-100mH	100μH-10H
10kHz	<1nF	<100nF	<1mH	<100mH

Manuális frekvencia-váltó mód:

A mérőjel a **frekvenciaváltó** (jobb oldali) **gomb** megnyomásával manuálisan **ciklikusan megváltoztatható**: automatikus -> 100Hz -> 250Hz -> 500Hz -> 1kHz -> 2.5kHz -> 5kHz -> 10kHz -> 25kHz -> 50kHz -> automatikus stb.

A **Hutale 4.2 LCR mérő** a gombnyomást a következő szerint értelmezi: Ha csak egyszeri nyomást érzékel, akkor a sorban következő frekvenciára, azonban ha kétszeri lassú nyomást tapasztal, akkor a sorban következő frekvenciát kihagyva az utána következőre vált át. Érdemes megjegyezni, hogy elektrolit kondenzátorok, illetve nagy induktivitások mért értéke a mérési frekvencia növekedésével általában csökken. Az induktivitások és a kondenzátorok bizonyos frekvencia mellett nem viselkednek lineárisan, azaz az **induktivitásuk, illetve a kapacitásuk ott már erősen frekvencia-függő**.

Mérési mód-váltás, mérőkábel nullázása:

A baloldali gomb az ún. **mérési mód-váltó gomb**. Amikor a mérő a gomb nyomását érzékeli - attól függően, hogy a nyomás egyszeri vagy kétszeri - az **L / C / R** módok között a következő vagy a sorban 2. helyen következő módra kapcsol át.

A gomboknak lehet más funkciójuk is. Ha a **frekvencia-váltó (jobb oldali) gombot 3 mp-ig** tartjuk lenyomva, és ezután felengedjük, akkor a **Hutale 4.2 LCR mérő a „mérőkábel nullázó” módba** kapcsol át. Ekkor kövesd a képernyőn megjelenő utasításokat (vagy kapcsol ki és be a mérőt, így nem történik meg a nullázás):

- nyisd a mérőkábelt: ekkor az asztalra tedd le a csipeszeket egymás tetejére (ne nyomd össze és ne is csíptesd össze őket)
- nyomd a baloldali gombot és várj
- zárd a mérőkábelt: a csipeszeket 1 db kb. 2cm hosszú vezeték vagy fémdarab 2 végére csíptesd rá, és az egészet tedd le az asztalra
- nyomd a baloldali gombot és várj
- mentés? Dönthetünk, hogy kimentjük (baloldali gomb) vagy nem (jobb oldali gomb) a kapott eredményeket.

A csipeszek leírt módon elhelyezésével tudjuk biztosítani, hogy a 2 csipesz mérőpofája között akkora legyen a távolság (kb. 2 cm), amekkorát egy tényleges alkatrész mérésekor használunk. Ezáltal minimalizálni tudjuk a csipeszek szórt kapacitásának a hatását nagyon kis értékű kondenzátor / induktor mérésekor. A pontosabb nullázás érdekében a **Hutale 4.2 LCR mérő kit** több mérést végez, és majd átlagolja azokat. A folyamat befejezésére türelmet kér a műszer. Amennyiben megengedjük, hogy a műszer a nullázáskor kapott értékeket mentse el a nem felejtő **EEPROM** memóriába, akkor a beállítás a mérő kikapcsolása után is **meg fog maradni**. A nullázást csak a mérő stabil működése elérésekor végezzük el! Ez **kb. 15 perccel** a bekapcsolás után várható. A mérővel kapott Kelvin vezetékek, csipeszek a mérő elkészítése után hozzá lettek nullázva, így azokat újból nullázni általában nem szükséges (új mérő kábel használata előtt viszont mindenképpen végezni kell a nullázást!)

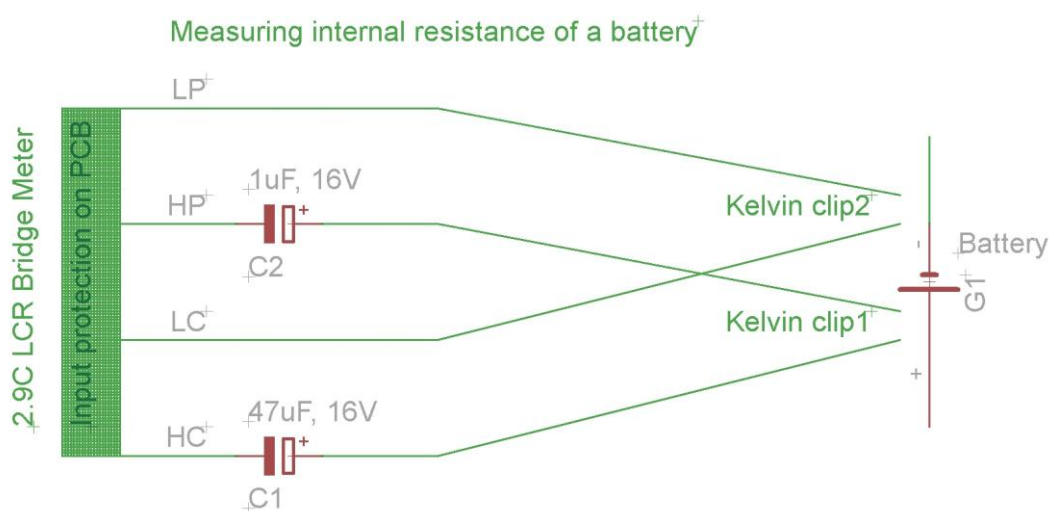
Hasonlóképpen, ha a **mérési mód-váltó gombot 3 mp-ig** tartjuk lenyomva, és ezután felengedjük, akkor a mérő a **másodlagos paraméter-váltó módba** kapcsol át. Ilyenkor a mérő az **ESR/ Rs / Cs / Lp / Z / Xs / D / Q / θ fázis szög** értékeket mutatja meg az LCD megjelenítő 2. sorában. Ebbe a módba belépve az RCL mérő megvillogtatja az aktuális paraméter értékét, és várakozik a felhasználó beavatkozására. Ha ilyenkor a **mód-váltó gombot** (bal oldali gombot) megnyomjuk, akkor a **mérő** a sorban következő paraméter értékét megjeleníti, és azt szintén megvillogtatja. Ha a műszer **néhány mp-ig nem érzékel gombnyomást**, akkor a megvillogtatott paramétert kiválasztottnak tekinti, és kilép ebből a módból. Ezt követően a kiválasztott paramétert jeleníti meg folyamatosan.

A **mérőnek** van **átlagolt mérési módja** is. Ez úgy működik, hogy a mérő kb. 6 mp-ig sok mérést végez, és az idő eltelte után azokat átlagolja és megjeleníti az eredményt. Ezáltal az eredmény stabilabb és pontosabb lesz. Ahhoz, hogy ezt a mérési módot aktiváljuk, először be kell lépniünk a **másodlagos paraméter-váltó módba** (ld. fent), és amikor az LCD-n a másodlagos paraméter villog, ahelyett, hogy a baloldali nyomógombot nyomnánk, a **jobboldali gombot** nyomjuk meg! Ekkor a program az átlagolt mérési módba kapcsol át. Itt **fontos megjegyeznünk**, hogy ha egy **új mérendő komponenst** becsipeszünk, akkor az **első mérési eredmény** mindig **pontatlan** lesz, a **mérés közbeni alkatrész-csere** mivolta miatt. Mindig **várjuk meg a második, harmadik, stb. mérési eredményt**. Ezek (közel) hasonló értékűek.

A normál (gyorsabb) mérési módba hasonló nyomógomb kombinációval tudunk visszatérni, vagy egyszerűen kapcsoljuk ki és be a mérőt!

Elemek, tölthető akkumulátorok belső ellenállásának mérése:

A **mérő R / ESR módban** képes mérni 1.2V-12V feszültségű elemek, akkumulátorok belső ellenállását. Ehhez az áramforrások **DC egyenáramát blokkolni** kell. Ez úgy történik, hogy a Kit-hez kapott mérőkábelhez **2 db kondenzátort** közbeiktatjuk a lenti séma szerint (a 47uF és 1 uF kondenzátor pontossága nem lényeges; a képen „2.9C LCR” mérő szerepel, de a leírtak ugyanúgy érvényesek a 4.2 verzióra):



A **belső ellenállás méréséhez** be kell lépniünk az **R / ESR mérési módba**. Először zárjuk össze a csipeszeket (mintha nulláznánk a kábelt), így mérjük egyszer és jegyezzük meg a mért értéket – ezt hívhatjuk **KABEL-ESR** értéknek. Utána mérhetjük az elemek vagy az

akkumulátorok belső ellenállását. A mérési eredményből levonva a KABEL-ESR értéket megkapjuk a tényleges belső ellenállást.

Méréseim alapján a jó állapotú AA akkumulátoroknak a belső ellenállása kb. $100\text{m}\Omega$, míg az AAA akkumulátoroké $200\text{m}\Omega$ körül volt. A sokat használt akkumulátorok belső ellenállása a jókhoz képest viszont jelentősen megnövekedett, pl. kétszeresére, háromszorosára. Véleményem szerint, ha 4-szeres, 5-szörös vagy ennél nagyobb mértékű növekedést mérünk, akkor gondolhatunk az akkumulátor selejtezésére – ekkor ugyanis hiába próbáljuk feltölteni, az akkumulátor alig tudja befogadni a töltést, és töltés után gyorsan le is merül.

Figyelem! Az elemek, akkumulátorok mérése során a DC áram-blokkoló kondenzátorok feltöltődnek az elem feszültségére, így a mérés (mérések) során törekedjünk arra, hogy a mérőcsipeszek ne érintkezzenek, illetve az ilyen típusú mérést úgy fejezzük be, hogy egy $10\text{k}\Omega$ ellenállást rövid ideig mérjünk. Ezzel tulajdonképpen kisütjük a DC blokkoló kondikat.

5.2 A DDS függvénygenerátor működése

A mérési mód-váltó (baloldali) gombnak 6-7 mp-ig tartó lenyomás-elengedés után a mérő ciklikusan az LCR mérő -> DDS függvénygenerátor -> frekvenciamérő mód -> LCR mérő, stb. módok közt kapcsol át.

A DDS függvénygenerátor alapértelmezett módban **10kHz-es 3.3V amplitúdójú szinusz** jelet állít elő a Kelvin csipeszekben. Ez a jel elég jó minőségű, de amennyiben jobb minőségű hullámra van szükség, akkor a piros kelvin (Hc/Hp) csipeszről (ld. „kit bekötése” részt) és a GND-ről vezessük ki a jelet.

A jelnek a frekvenciája a mód-váltó (baloldali) gomb, míg alakja a jobb oldali gomb nyomásával megváltoztatható.

Baloldali gomb megnyomásakor a függvénygenerátor az aktuális frekvenciának 6 számjegyét megjeleníti (pl. 10kHz esetén „010000 Hz”), és a kurzort az első jegyen (esetünkben ez a '0' jegy, mely az '1' előtt található) villogtatja, arra várva, hogy azt megváltoztassuk. Ekkor, ha a jobb oldali gombot nyomkodjuk, a függvénygenerátor a számjegyet egy értékkel megnöveli (pl. 1,2,3,...8,9,0, stb.). Ha a jobb oldali gombot 3 mp-ig lenyomva tartjuk, akkor a számjegyet a növelés helyett 0-ra állítja be – ez a gyors nullára való állítási lehetőség). Ha a baloldali gombot megnyomjuk, akkor a kurzor a következő számjegyre átlépve, azt (010000 Hz esetben az 1-es számjegyet) villogtatja, jelezve, hogy azt lehet megváltoztatni. Ha néhány mp-ig nem észlel gombnyomást, a függvénygenerátor az így bevitt frekvenciát (vagy kissé módosítva azt – ld. „DDS függvénygenerátor felbontás” részt) előállítja.

Jel generálása során a jobboldali gomb nyomásakor a függvénygenerátor megváltoztatja a jel alakját, ciklikusan: sine szinusz -> sqr négyszög -> Tri háromszög -> Sawt fűrész -> sine szinusz, stb.

Mivel a függvénygenerátor elsősorban jó minőségű szinusz jel előállítására van tervezve, aktív alul-áteresztő szűrőt alkalmaz. Ez viszont a Kelvin csipeszen levehető egyéb (négyszög, háromszög, fűrész) jelalakot nagyobb frekvenciákon kissé elrontja. Ez kivédhető, ha az alul-áteresztő szűrő előtt kivezetjük a DDS által generált jelet. A kivezetés, amennyiben szükséges,



a következő képen látható:

5.3 A frekvencia mérő működése

A **mérési mód-váltó** (baloldali) **gombnak 6-7 mp-ig** tartó lenyomás-elengedés után a mérő a DDS függvénygenerátor módból átkapcsol a **frekvenciamérő mód**ba. Amennyiben nincs jel a bemeneten, a mérő 0Hz-et, vagy ha zajforrás van a közelben, akkor 50 (USA-ban 60) Hz-et mutathat. A jel érzékelésekor a frekvenciát **automatikusan megméri és megjeleníti**. Mérési sebessége: 1mérés / mp.

A frekvencia mérésének **külön bemenete** van. A bemeneten 1k Ω áramkorlátozó ellenállás és 100nF AC csatoló kondenzátor található, így maximum **15V amplitúdójú jel** köthető rá. Ennél nagyobb jel mérésakor **feszültség-osztó** alkalmazása szükséges (a legjobb, ha kb. 5V-ra van leosztva a mérendő jel).

A mérő 12.5MHz jel mérésére képes. Ennél nagyobb frekvencia egy jel-osztó közbeiktatásával megoldható.



A frekvenciamérő bemenet a következő képen látható:

- A mérő használata során a következőkre érdemes figyelniük:
- A **jobb minőségű mérőcsipeszek (különösen a Kelvin csipeszek)** **precízebb és stabilabb eredményt** adnak. Az ilyen Kelvin csipeszek azért **jók**, mert: **aranyozottak** - ezek **jó vezetőképességgel** bírnak; **erős nyomórugóval** rendelkeznek, így **biztosítják az alkatrésszel való stabil érintkezést**; egy-egy csipesznek a 2 fele egymástól **elektromosan szigetelt**, és csak ott vezetnek áramot, ahol a mérendő alkatrésszel érintkeznek, így nem rontják a mérés pontosságát. Viszont, ha könnyen szeretnénk vezetékot forrasztani hozzá, akkor egy csavarhúzó segítségével a rugó ellenében fel kell emelni az érintkezőt a helyéről, biztosítva a könnyebb hozzáférést és forrasztást. Amennyiben szeretnél Kelvin csipeszekkel 4-vezetékes mérőkábelt készíteni, akkor a forrasztást a következőképpen kellene tenned: a csipesznek az egyik forrpontjára közvetlenül forrasztod a rövid vezetékot. A hosszabb vezetékot ívesen átvezeted a csipeszben és forrasztod a másik forrpontra. Utána a 2 rövid vezetékot, illetve a 2 hosszú vezetékot összecsavarod. Szakirodalmak szerint az így készült mérő vezetékot abban segítenek, hogy a mérések pontosabbak és stabilabbak legyenek (emellett a csipeszek könnyebben használhatók).
- A **Hutale 4.2 LCR mérő és a hosszantartó védelem érdekében KONDENZÁTORT CSAK KISÜTÉSE UTÁN MÉRJÜNK!** A legrosszabb esetben, amikor az input-védelem IC U1 (CM1224-04SO) nem bírja a hosszabb ideig tartó kisütést (áramot) nagyfeszültségű és kapacitású kondenzátortól, és tönkre menne, ilyenkor a multiplexer IC8 (TS3A24157DGSR) (esetleg a műveleti erősítő IC6 MCP6004) is tönkremehet. Szerencsére ez a néhány IC könnyen beszerezhető és kicserélhető.
- Frekvenciaméréshez a **frekvencia-mérő bemenetet kell használni**. Nem szabad a Kelvin csipeszre bekötni a mérendő jelet, mert egy 3.8V-nál nagyobb feszültségű áramforrás tönkretelheti a mérő néhány IC-jét (ld. fent).

Hungary, 2021.12.08

dr. Le Hung, hutale@gmail.com