

DIGITALNI MERAČ ESR, INDUKTIVNOSTI , KAPACITETA I FREKVENCIJE - MIRON63 v3

Prevod i komentar: Zele YU2AX

Najznačajnija osobina kondenzatora je kapacitivnost, ali osim nje postoji još jedan jako bitan faktor koji se zove **ESR** ili **ekvivalentna serijska otpornost** (Equivalent Serial Resistance). Nizak ESR (Low ESR) posebno je važna osobina elektrolitskih kondenzatora. Kondenzator uvek ima neku unutrašnju otpornost, koja će se povećavati kako kondenzator stari i suši se. To će dovesti do sve većeg pada napona na kondenzatoru, zagrevanja i daljeg povećanja ESR. Pri tome uopšte ne mora doći do značajne promene kapacitivnosti, tako da neispravan kondenzator možemo otkriti jedino mereći njegovu serijsku otpornost.

ESR metar je instrument koji upravo to radi, i to vrlo precizno i pouzdano. Konceptija merača bazirana je na PIC mikrokontroleru što je ujedno omogućilo da se, koristeći raspoložive mogućnosti mikrokontrolera, u osnovni merač integrišu još i merenja otpora niskih vrednosti, induktivnosti, kapaciteta blok (ne elektrolitskih) kondenzatora, frekvencije i serijske rezonancije kvarc-kristala. Princip rada i način merenja biće opisani pojedinačno za svaku merenu veličinu.

Moj primerak sagrađenog merača pretrpeo je izmene u odnosu na izvornu verziju, pre svega u izgledu štampane pločice kao posledicu prilagođavanja komponentama koje su mogle da se nabave na domaćem tržištu. Kao posledica toga urađena je nova štampana pločica kao i kutija.

Kalibracija pojedinih mernih veličina nije urađena sa dovoljnom tačnošću usled nedostatka preciznih referentnih vrednosti, ali postignuti rezultati su vrlo zadovoljavajući. Merač ima mogućnost auto-kalibracije koja se izvršava kroz menije za svaku merenu veličinu, tako da je dodatnu kalibraciju moguće izvršiti naknadno. Nove kalibrisane vrednosti merač trajno pamti u svojoj memoriji do sledećeg kalibrisanja.

Merene veličine:

ESR elektrolitskih kondenzatora	0 – 50 Ω
Kapacitet elektrolitskih kondenzatora	0.33 – 60000 μF
Otpornost (ESR mod)	0,001 – 100 Ω
Kapacitet običnih kondenzatora	1p – 1 μF
Induktivnost	0,1 μ – 1 H
Frekvencija	do 50 MHz
Brojač impulsa	

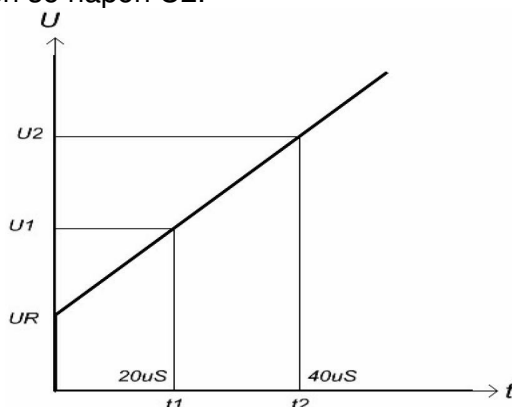
Ostale osobine merača:

Napon napajanja	7 – 9 V
Potrošnja	15 – 25 mA
Funkcija samoisključivanja (shutdown)	nakon 4 minuta (2 minuta u ESR modu)
Indikacija ispražnjenosti baterije	

PRINCIP RADA MERAČA

ESR METAR

Predhodno ispražnjeni elektrolitski kondenzator vezuje se na izvor konstantne struje. Vreme punjenja kondenzatora je 20ms, a zatim se izmeri napon U_1 pomoću A/D konverzije u mikrokontroleru. Zatim se nastavlja punjenje konstantnom strujom jos jednom u periodu od 20ms (ukupno 40ms) i izmeri se napon U_2 .

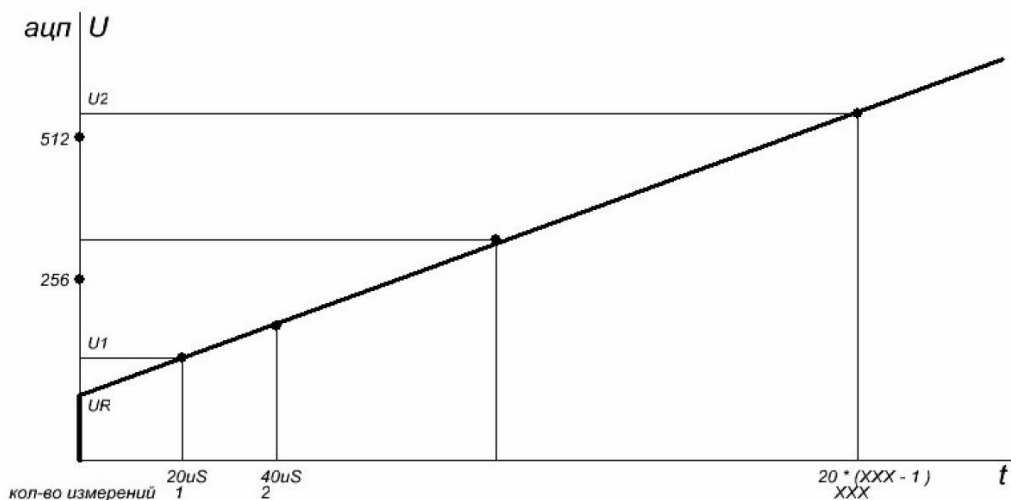


Na osnovu ovih merenja mikrokontroler matematičkim putem izračunava serijsku otpornost $U_2 - U_1 = U_{zar}$. $U_1 - U_{zar} = U_R$ $U_R / I = R$
Iz magnitude U_{zar} izračunava se manji kapacitet.

Kada se mere otpornosti ispod 1.5Ω , vrši se 50 uzastopnih merenja u trajanju od oko 0.3s i na displeju se prikazuje izračunata prosečna vrednost kao rezultat. Ovo omogućava da se spurius šum koji je prisutan na ulazu iskoristi za poboljšanje rezolucije očitavanja do 0.001Ω .

Veliki kapaciteti se mere umnožavanjem 20ms perioda merenja i očitavanja putem ADC tokom punjenja kondenzatora, $I = 10mA$, dok se ne dostigne nivo ADC – 512, na sledeći način: Predhodno ispražnjeni elektrolitski kondenzator vezuje se na izvor konstantne struje (10mA) i nakon prvog 20ms perioda meri se U_1 . Dalje se ciklično ponavljaju 20ms periodi i broji se koliko perioda bude do momenta dok napon ne dostigne nivo ADC –512, to je sada napon U_2 , i na osnovu izmerenih vrednosti računa se kapacitet:

$$U_2 - U_1 = U_{zar}. \quad (\text{Broj merenja} - 1) * 20ms = t \quad I * t / U = C$$



U isto vreme, tokom sledećih 256 ciklusa, kontroler proverava da nema dodatnog porasta napona, dalje punjenje se ne vrši, i prikazuje se samo vrednost otpornosti kao otpor vezan u kolo.

L/C metar

Merenje induktivnosti i kapaciteta praktično je realizovano merenjem frekvencije F_1 oscilatornog kola koju čine poznati induktivitet L_1 i kapacitet C_1 . Kada se tom kolu doda nepoznat kapacitet ili induktivitet dobija se nova frekvencija F_2 . Matematičkim putem, na osnovu promene frekvencije i moda rada merača, izračuna se nepoznata vrednost.

Capacitance	Inductance
$F_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \dots\dots(1)$	$F_1 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \dots\dots(5)$
$F_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C+C_{cal})}} \dots\dots(2)$	$F_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C+C_{cal})}} \dots\dots(6)$
$F_3 = \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C+C_s)}} \dots\dots(3)$	$F_3 = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L+L_s)C}} \dots\dots(7)$
$C_u = \frac{\left(\frac{F_1}{F_3}\right)^2 - 1}{\left(\frac{F_1}{F_2}\right)^2 - 1} \times C_{cal} \dots\dots(4)$	$L_s = \left[\left(\frac{F_1}{F_3}\right)^2 - 1\right] \times \left[\left(\frac{F_1}{F_2}\right)^2 - 1\right] \times \frac{1}{C_{cal}} \times \left(\frac{1}{2\pi F_1}\right)^2 \dots\dots(8)$

Frekvencmetar

Merenje frekvencije vrši se tako što se u tačno određenom vremenskom intervalu (1s) broji količina impulsa koja uđe u brojač. Posebnim algoritmom mikrokontroler obračunava prekoračenja brojača koja se pamte i kasnije dodaju zadnjoj očitanoj vrednosti brojača uz adekvatno množenje. Vremenska konstanta brojača je kritična za izvođenje i realizuje se kroz precizno definisan algoritam. Primena asemblerskog koda na ovom mestu je neizbežna.

PREGLED MENIJA MERAČA

Merač se uključuje pritiskom na taster **ON** a isključuje tasterom **OFF** ili se sam isključi ako nema mernih promena u periodu od 4 minuta (2 minuta za ESR mod). Pre nego što se sam isključi na displeju će se pojaviti poruka **Power off** i ako se pritisne bilo koji od ostalih tastera merač će nastaviti sa radom.

Kada se uključi merač automatski ulazi u ESR mod. Dalje kretanje kroz modove vrši se uzastopnim pritiskanjem tastera **SET** → **ESR / C_R** → **Lx / Cx** → **Fx / Px**.

ESR meni

Ovaj mod omogućava simultano merenje ESR i kapaciteta elektrolitskog kondenzatora ili fiksne otpornosti u opsegu 0 - 100Ω. Ako se dodatno drži pritisnut taster **+** opseg merenja je 0.001 - 20Ω.

Instrument vrši dve obrade ESR merenja – linearno merenje opisano u 2.1. i obradu u integrisanom analizatoru. Obrada putem analizatora vrši se nelinearnim punjenjem. Ukoliko je kondenzator ispravan odziv kondenzatora biće linearan. Na displeju se rezultat obrade u analizatoru prikazuje sa dodatnim slovom **a** ispred prikazane vrednosti : **ESR(Rx) Ω** **aESR(a) Ω**. Da bi se uključio rad analizatora prekidač L/Cx_P treba da stoji u položaju **L**. Rezultati analizatora najbolji su pri merenju kapaciteta većih od 300μF. Ukoliko se vrednosti ESR(Rx) i aESR(a) razlikuju radi se o neispravnom kondenzatoru. Ova funkcija analizatora omogućava korišćenje merača za merenje elektrolitskih kondenzatora u samom kolu nekog uređaja, bez potrebe da se on odlemljuje i vadi iz kola.

L/C meni

Pritiskom na taster SET dolazi se u režim merenja induktivnosti i kapaciteta ne elektrolitskih kondenzatora. U zavisnosti od položaja prekidača L/Cx_P naći ćemo se u modu za merenje induktiviteta odnosno kapaciteta. Automatsko eliminisanje početnih induktivnosti ili kapacitivnosti (nulovanje) vrši se tako što, ako smo u modu merenja kapaciteta ulazne kontaktke ostavimo otvorene i pritisnemo taster **+** u trajanju od 2 sekunde. U modu merenja induktivnosti merni kontakti treba da su kratko spojeni i pritisnemo taster **+** u trajanju od 2 sekunde. Nakon toga merač je spreman za rad.

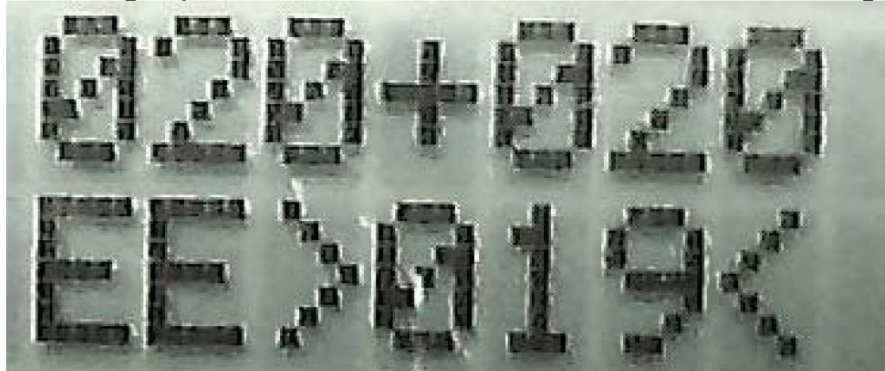
Frekvencmetar meni

Uzastopnim pritiskanjem tastera SET dolazi se u režim merenja frekvencije. U zavisnosti od položaja prekidača L/Cx_P naći ćemo se u modu za merenje frekvencije ili brojanje impulsa.

Ulazna osetljivost frekvencmetra je ispod 100mV (na displeju ispisano 1:1). Ukoliko nam je potrebna manja osetljivost (1:4) pritisnemo taster **-** i na kratko prebacimo preklopnik L/Cx_P u suprotan položaj a zatim vratimo nazad.

KALIBRACIJA I PODEŠAVANJE

Kalibracija ESR dela instrumenta vrši se na sledeći način: ulaz ESR/C_R se kratko spoji a zatim se drži pritisnut taster **-**. Na displeju će se u prvom redu pojaviti neobrađena očitavanja ADC a u drugom vrednost koja je memorisana u EEPROMu kontrolera.



Prve 3 cifre prikazuju očitavanje ADC za period konstantne struje u trajanju 10ms a druge 3 za 20ms. Ova dva očitavanja ne bi trebalo da se razlikuju više od +/- 1. Ako su prikazani brojevi značajno veći od brojeva na slici (020+020) potrebno je izvršiti podešavanje ofseta operacionog pojačivača U7 trimerom RT1. Ako je trimer u krajnjem položaju a očitavanje je i dalje visoko, potrebno je otpornik R22 odspojiti od mase i umesto njega vezati R22* na +5D. U ovom primerku merača vrednost R22* određena je eksperimentalno i iznosi 15kΩ. Sa ovom vrednošću podešavanje željene vrednosti izvršeno je bez teškoća. U slučaju da i posle promene R22* nije moguće dobiti dovoljno nisku vrednost očitavanja ADC potrebno je zameniti operacioni pojačivač U7, TL082 (TL072) nekim drugim primerkom. Nakon što je postignuto željeno stabilno očitavanje ADC potrebno ga je memorisati u EEPROM pritiskom na taster **SET**.

Zatim se vrši kalibracija u režimu merenja otpornosti R. Pritisnuti istovremeno tastere **+ i -**, sačekati stabilno očitavanje a zatim tasterom **SET** snimiti novu vrednost u EEPROM.

Ovo opširno podešavanje dovoljno je izvršiti samo jednom, nakon toga ostala podešavanja vrše se automatski kroz meni programa.

Pri svakom merenju na početku je potrebno da se izvrši kalibracija ulaznih parametara merača zajedno sa samom sondom i nakod stabilnog očitavanja vrednost snimiti u EEPROM.

Ovo se izvodi tako što se krajevi sonde kratko spoje a zatim se:

- u režimu ESR pritisne taster **-** i zatim snimi u memoriju tasterom **SET**
- u režimu R (pritisnut taster **+**) pritisne se istovremeno i taster **-** a zatim **SET**

Podešavanje L/C dela instrumenta

Za fino podešavanje merenja Lx i Cx potrebno je uraditi sledeću proceduru:

- držati 5 sekundi pritisnut taster **-**, tako se ulazi u servisni mod **ServicepF za kapacitete** odnosno **Service** za induktivnost.
- Tasterima **+ i -** podesiti željeno očitavanje, a zatim snimiti vrednost tasterom **SET**
- Zatim pritisnuti **+** i držati par sekundi za setovanje nule.

Setovanje nule za kapacitivnost vrši se sa otvorenim konektorom, a za induktivnost sa kratkospojenim.

Podešavanje frekvencmetra

Za fino podešavanje merenja frekvencije potrebno je uraditi sledeću proceduru: pritisnuti taster **+** i držati ga 5 sekundi da bi se ušlo u servisni mod dovesti na ulaz poznatu frekvenciju.

Na displeju u prvom redu pojaviće se izmerena vrednost, a u drugom redu parametri **coff** za grubo i **F** za fino podešavanje sa vrednostima koje su trenutno aktuelne. Znak ">" pokazuje koji parametar se podešava. Prvo tasterima **+** i **-** podesiti **coff** parametar za što tačnije očitavanje frekvencije pa tasterom **SET** snimiti novu vrednost. Nakon toga znak ">" premešta kod **F** i nastavlja se podešavanje tasterima **+** i **-** da se postigne tačno očitavanje i tasterom **SET** snima se nova vrednost. Izlaz iz servisnog režima – taster **OFF**.

ZAKLJUČAK

Merač zadivljuje svojim osobinama i mogućnostima i istovremeno predstavlja dragocenu pomoć i vredan alat u radu svakog električara. Sagrađeni primerak konstruisan je pre svega kao stacionarni merač iako je originalna koncepcija predvidela portabl rad. Osim baterijskog napajanja dodat je i priključak za DC ispravljač 9V prvenstveno u cilju daljeg eksperimentisanja i proučavanja.

Na žalost, za ovu V3 verziju uređaja autor (MIRON63) nije dao izvorni programski kod već samo kompajlirani izvršni program (hex). U slučaju da postoji neka greška u programu isti nije moguće prepraviti, a takodje nije moguće proučiti i sam proces rada kontrolera. I pored toga verzija V3 zaslužuje sve pohvale jer u odnosu na ranije verzije količina materijala za izradu značajno je smanjena iskorišćavanjem kapaciteta samog mikrokontrolera (PIC16F886), što, uz unapređeni softver, daje vrhunski uređaj koji nije teško i skupo napraviti.

januar 2014

Ref. link: <http://pro-radio.ru/measure/10248/>