

Vežba 6 – Mostovi za jednosmernu i naizmeničnu struju

Uvod

Cilj vežbe je da se sagledaju mogućnosti za merenja nepoznatih kapacitivnosti i otpornosti metodama mosta.

U okviru prvog dela vežbe meri se otpornost korišćenjem odgovarajućeg *NI ELVIS* instrumenta ili *Labview Virtuelnog Instrumenta* (u daljem tekstu *Labview VI*) iz *NI ELVIS VI* biblioteke. Drugi deo vežbe se odnosi na merenje kapacitivnosti pomoću Sotievog mosta. Osnovna pretpostavka je da se gubici kondenzatora mogu zanemariti. Dobijene vrednosti se porede sa vrednostima izmerenim RLC metrom i virtuelnim instrumentom za merenje impedanse u okviru *NI ELVIS I* okruženja. Virtuelni instrument za merenje impedanse u okviru *NI ELVIS I* okruženja, principski radi tako što realni i imaginarni deo impedanse indirektno meri, merenjem modula i faze (kompleksne) impedanse. Može se pokazati, izvodeći izraz za mernu nesigurnost, da je ovakav način merenja osetljiv na tačnost merenja faze, što kao rezultat može imati relativno veliku mernu nesigurnost koja je naročito izražena za vrednosti faze bliske nuli ili bliske $\pi/2$. RLC metar radi na principu automatizovanog mosta (*autobalancing bridge*) i, od ova tri načina merenja kapacitivnosti, ima najveću (najbolju) tačnost.

Zadatak i uputstvo za merenje

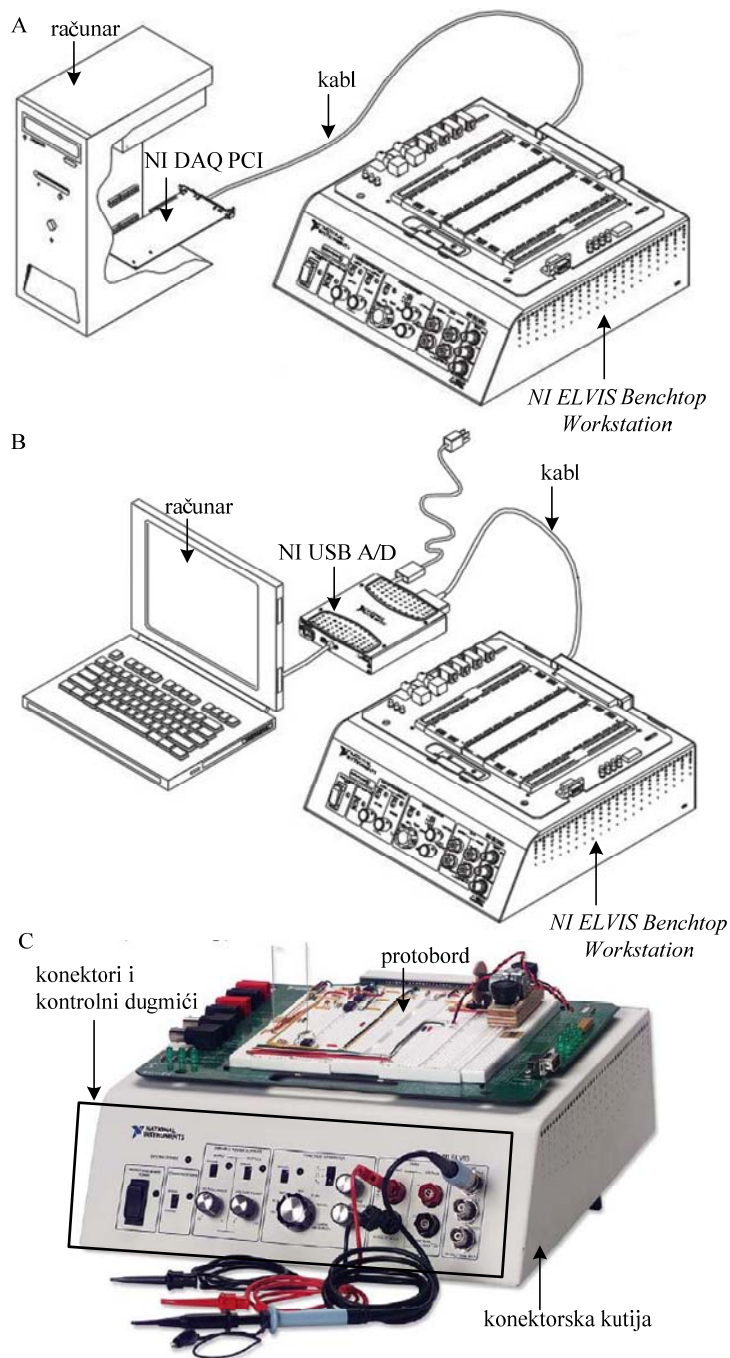
Zadatak 1 – merenje otpornosti pomoću digitalnog multimetra (DMM)

NI ELVIS I (*The National Instruments¹ Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite I*) okruženje je dizajnirano tako da u sebi objedinjuje nekoliko delova laboratorijske opreme. Ovaj paket čini rad u laboratoriji komfornijim, preglednijim i eliminiše potrebu za “gomilanjem“ mernih uređaja.

Sistem koji će biti korišćen u ovoj laboratorijskoj vežbi obuhvata:

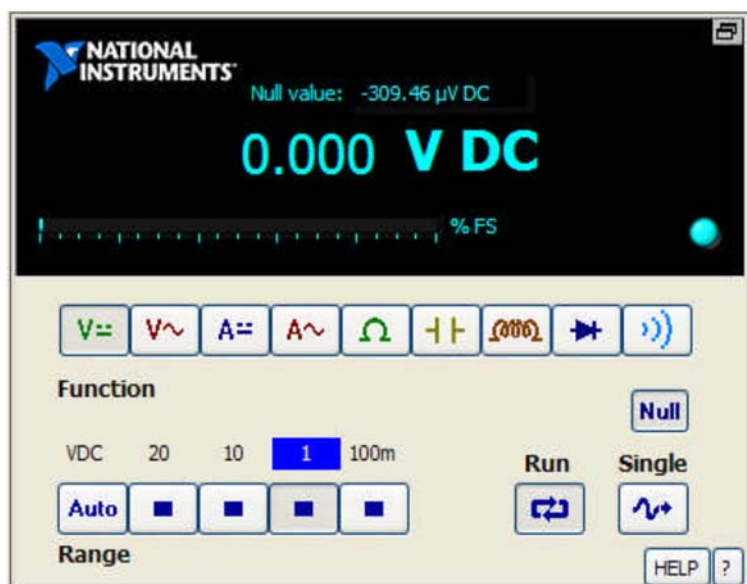
1. *NI ELVIS* softver – sadrži grafičke interfejsne za 12 mernih instrumenata i *NI ELVIS VI* biblioteku virtuelnih instrumenata pisanih u *Labview* programskom paketu. *NI ELVIS* softver omogućava kontrolu i pristup *NI ELVIS* portovima.
2. *NI A/D* – A/D konvertor sa analognim i digitalnim ulazima i izlazima sa liste A/D konvertora firme *National Instruments*. A/D konvertor može biti PCI kartica (Sl. 1A) ili *NI USB A/D* konvertor (Sl. 1B).
3. *NI ELVIS Benchtop Workstation* – radna jedinica koja obuhvata, Sl. 1C:
 - protobord na kome korisnik sastavlja električno kolo čije karakteristike se ispituju,
 - *front panel* sa konektorima i kontrolnim dugmićima za merne instrumente,
 - konektorsku kutiju koja povezuje *NI A/D* karticu sa protobordom i *front panel*-om.

¹ Sajt firme *National Instruments*: www.ni.com .



Slika 1: A) Veza računar - NI DAQ PCI – NI ELVIS Benchtop Workstation, B) Veza računar – NI USB A/D – NI ELVIS Benchtop Workstation C) NI ELVIS Benchtop Workstation

1. Uključiti napajanje NI USB-6251 analogno-digitalne kartice. Uključiti napajanje NI ELVIS Benchtop Workstation-a (sa zadnje strane). Uključiti napajanje protoborad-a (Prototyping Power Board) na prednjoj strani NI ELVIS front panel-a. Na Desktop-u dva puta kliknuti na prečicu za ELVIS – *Digital Multimeter*. Nakon podizanja ove *Labview* aplikacije, pokrenuti je klikom na „Run“ belu strelicu u gornjem levom uglu menija. Prozor digitalnog multimetra je prikazan na Sl. 2. Ovaj instrument je namenjen za merenje AC i DC napona i struja, vrednosti otpornosti, kapacitivnosti i induktivnosti. Instrument takođe ima „diodni test“ i testiranje postojanja „kratkog spoja“. U narednom tekstu će biti korišćena notacija DMM [X] za označavanje primene X funkcije (npr. $X=\Omega$ za merenje otpornosti).



Slika 2: Prozor digitalnog multimetra

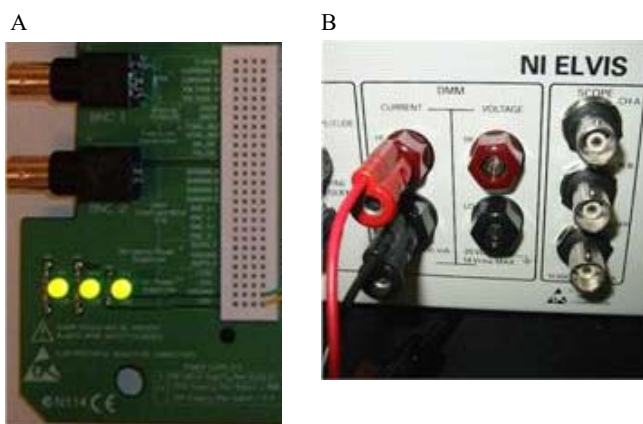
Na interfejsu DMM-a postoje tri grupe kontrolnih dugmića:

- **FUNCTION** dugmići – služe za izbor veličine koja se meri.
- **NULL** dugme – služi za kalibraciju instrumenta. Kalibracija se vrši samo jednom i to nakon izbora funkcije digitalnog multimetra (izuzev za funkciju merenja struje gde je pre svakog merenja potrebno vršiti kalibraciju). Kada se promeni funkcija DMM-a, kalibraciju treba ponoviti.
- **RANGE** dugme – za svaku funkciju DMM-a moguće je izabrati jedan od 4 opsega merenja ili **AUTO** opciju za automatski izbor opsega.

2. Povezati dva kabla sa „banana“ konektorima na DMM ulaze za merenje struje/impedanse na *front panel*-u radne jedinice (*Current Hi*, *Current Lo*). Postoje *Current Hi/Lo* i *Voltage Hi/Lo* konektori na dva mesta:

- pinovi *Current Hi/Lo* i *Voltage Hi/Lo* u donjem levom uglu protoborda Sl. 3A)
- „banana“ konektori na *front panel*-u radne jedinice, Sl. 3B).

NAPOMENA: NEMOJTE ISTOVREMENO koristiti OBE vrste konektora pri merenju! Current Hi/Lo se koriste i za merenje struje i za merenje impedanse. Voltage Hi/Lo konektori se koriste samo za merenje napona.



Slika 3: Konektori za merenje struje/impedanse i napona: A) na protobord-u, B) na front panel-u radne jedinice

3. Kliknuti na **Ohm** dugme [Ω] da bi se izabrala funkcija merenja digitalnim ommetrom: **DMM [Ω]**.

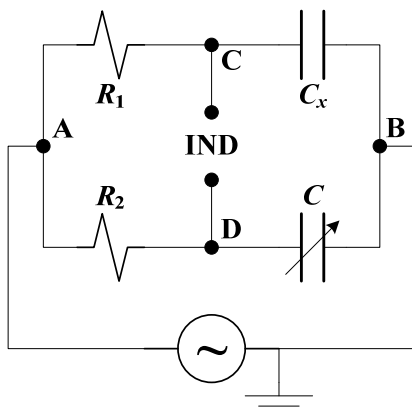
- Izvršite kalibraciju za merenje otpornosti: pri kratko spojenim krajevima Current Hi/Lo konektora pritisnuti dugme NULL. **NULL dugme treba ostaviti pritisnuto u toku merenja.**
- Povezati otpornik R_1 na *Current Hi* i *Current Lo*. Izmeriti vrednost otpornosti. **NEMOJTE MERITI OTPORNOST** kada je otpornik povezan u električno kolo – **objasnite zašto**. Ponoviti merenje i za otpornik R_2 .

Zadatak 2 – merenje kapacitivnosti

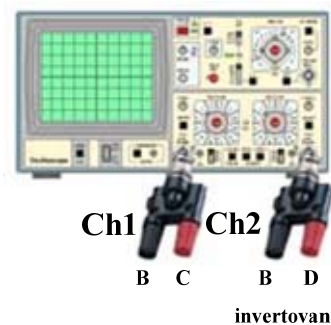
- Sastaviti Sotiev most za merenje kapacitivnosti prema šemi sa Sl. 4. Kao poznate otpornosti R_1 i R_2 iskoristiti otpornike iz prvog dela vežbe. Podesiti frekvenciju generatora na $f=1000$ Hz. Za promenljivu kapacitivnosti C koristiti dekadu kapacitivnosti. Na mestu nepoznate kapacitivnosti C_x povezati jednu od kapacitivnosti koje će biti merene.
- Kao indikator ravnoteže koristiti osciloskop, Sl. 5. Koriste se oba kanala dvokanalnog osciloskopa, a na ekranu se posmatra napon U_{CD} . To se postiže tako što se na kanalu 1 posmatra signal u tački C (u odnosu na masu, tačka B), a na kanalu 2 signal u tački D (u odnosu na masu, tačka B). Ako se koristi analogni osciloskop preklopnici se podese tako da se signal koji se vodi na kanal 2 invertuje i da se na ekranu osciloskopa iscrtava zbir signala sa kanala 1 i kanala 2:

$$U_{CD} = U_{CB} + (-U_{DB}).$$

Ako se koristi digitalni osciloskop može se izabrati opcija oduzimanja kanala 1 i 2 pomoću funkcije *Math*.



Slika 4: Sotiev most



Slika 5: Osciloskop se koristi kao indikator u mostu

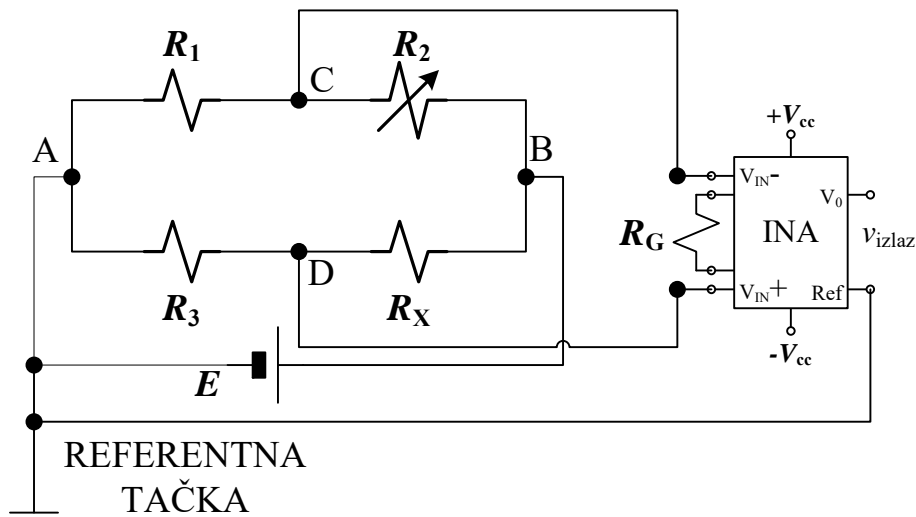
- Izmeriti kapacitivnost svih priloženih kondenzatora pomoću Sotievog mosta. Za svaku od kapacitivnosti dovesti most „u ravnotežu“ ($U_{CD} \approx 0$) promenom vrednosti dekadne kapacitivnosti C .
- Da li prikazana metoda merenjem kapacitivnosti pomoću Sotievog mosta ima ograničenja? Objasniti odgovor.
- Izmerene vrednosti kapacitivnosti proveriti pomoću RLC metra (*Hewlette Packard 4263B*). Pri merenju na RLC metru, meriti kapacitivnost kondenzatora i gubitke za oba pretpostavljena modela, redni i paralelni. To se postiže tako što se pri izboru parametra koji se meri (dugme **Meas Prmtr**) biraju prvo C_s i R_s a potom C_p i R_p . Ukoliko je pretpostavka da se gubici mogu zanemariti, C_s i C_p će biti približno jednaki.
- Izmerene vrednosti kapacitivnosti proveriti pomoću virtuelnog instrumenta za merenje impedanse u okviru NI ELVIS I okruženja. Uključiti napajanje NI USB-6251 analogno-digitalne kartice. Uključiti napajanje NI ELVIS *Benchtop Workstation*-a (sa zadnje strane). Uključiti napajanje protoborad-a (*Prototyping Power Board*) na prednjoj strani NI ELVIS *front panel*-a. Na *Desktop*-u dva puta kliknuti na prečicu za *ELVIS – Impedance Analyzer*.

Nakon podizanja ove *Labview* aplikacije, pokrenuti je klikom na „Run“ belu strelicu u gornjem levom uglu menija. Povezati nepoznatu kapacitivnost pomoću dva kabla sa „banana“ konektorima na ulaze za merenje struje/impedanse na *front panel*-u NI ELVIS radne jedinice (*Current Hi*, *Current Lo*). Merenjem modula i faze kompleksne impedanse indirektno izmeriti R i C nepoznatih kapacitivnosti.

Zadatak 3 – merenje otpornosti u neuravnoteženom Vitstonovom mostu

ISKLJUČITE napajanje protoborda (*Prototyping Power Board*) i držite ga isključenim sve dok dežurni asistent ne proveri kolo! Kolo je povezano i NE TREBA ga razvezivati i ponovo povezivati, već samo uočiti karakteristične delove kola.

1. Sastaviti Vitstonov most sa instrumentacionim pojačavačem kao izlaznim stepenom, Sl. 6. R_X je temperaturno osetljivi otpornik čija promena otpornosti se ispituje, $R_X = R \pm \Delta R$, $R = 10 \text{ k}\Omega$. R_2 je potencijometar koji služi za uravnotežavanje mosta, $R_{2\text{max}} = 20 \text{ k}\Omega$. $R_1 = R_3 = R = 10 \text{ k}\Omega$, $\pm V_{cc} = \pm 15 \text{ V}$, $E = 5 \text{ V}$.



Slika 6: Vitstonov most sa instrumentacionim pojačavačem kao izlaznim stepenom

Za neuravnotežen Vitstonov most važi:

$$u_{CD} = u_{CB} + u_{BD} = -E \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} + E \cdot \frac{R_X}{R_X + R_3}$$

$$u_{CD} \approx E \cdot \frac{\Delta R}{2R},$$

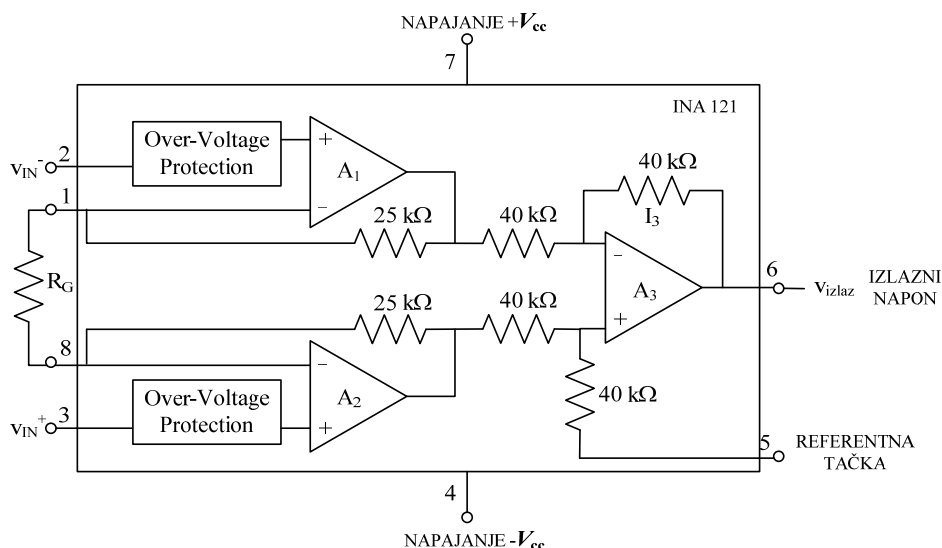
pod uslovom da je promena otpornosti ΔR mnogo manja od nominalne otpornosti temperaturno osetljivog otpornika R .

Pomoću otpornika $R_G = 5 \text{ k}\Omega$ je podešeno da pojačanje instrumentacionog pojačavača INA121 sa Sl. 7 iznosi:

$$G = 1 + \frac{50 \text{ k}\Omega}{R_G} = 11,$$

Izlazni napon instrumentacionog pojačavača je:

$$v_{izlaz} = G \cdot u_{CD} \approx G \cdot E \frac{\Delta R}{2R}.$$



Slika 7: INA 121

2. Analogni ulaz A/D konvertora **ACH1** je povezan tako da meri napon v_{izlaz} (v_{izlaz} na ACH1+, referentna tačka od INA121 na ACH1-). Proveriti kako je ostatak kola povezan. Uključiti napajanje protoborda (*Prototyping Power Board*).
3. Pokrenuti program *Most.vi* na *Desktop*-u. Ovaj program prikuplja podatke sa analognog ulaza **ACH1** i prikazuje ih na monitoru.
4. Pomoću potenciometra R_G podesiti da most bude „u ravnoteži“, tj. da napon koji se meri na kanalu **ACH1** bude 0.
5. Između dva prsta uhvatiti temperaturno osetljivi otpornik. Uočiti da se napon v_{izlaz} povećava zbog porasta temperature. Zapisati maksimalnu vrednost napona koja se dostiže pri ovakvom zagrevanju temperaturno osetljivog otpornika. Potom pustiti otpornik. Uočiti da se napon v_{izlaz} smanjuje. Za maksimalnu vrednost napona pri „zagrevanju“ otpornika odrediti odgovarajuću promenu otpornosti ΔR .