Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, Katedra za elektroniku

ELEKTRIČNA MERENJA
— laboratorijske vežbe —

Vežba broj 1
Multimetar, izvor jednosmernog napona i protobord

ime i prezime: _____

broj indeksa: _____

grupa: _____

datum: _____

vreme: _____

ocena: _____

dežurni: _____

1 Multimetar, izvor jednosmernog napona i protobord

1.1 Potrebni instrumenti i pribor

1. Fluke 111 True RMS Multimeter (Fluke 111 A)
2. Fluke 111 True RMS Multimeter (Fluke 111 B)
3. digitalni multimetar RTO-1035N
4. izvor jednosmernog napona Agilent E3630A
5. računar, operativni sistem Linux Mint, LibreOffice, Python, PyLab, softver za vežbu 1
6. protobord
7. otpornik 4.7 kΩ
8. provodnici sa bananskim utikačima, 6 komada
9. žice za povezivanje na protobordu, 3 komada
10. **studenti treba da imaju USB flash drive kako bi sačuvali rezultate merenja**

1.2 Opis i ciljevi vežbe

Vežba sadrži nekoliko zadataka: utvrđivanje povezanosti na protobordu, međusobno merenje karakteristika multimetara, poređenje voltmetara i merenje otpornosti. Studenti treba da ustanove povezanost otvora na protobordu, izmere unutrašnju otpornost voltmetra i ampermetra, mere napon primenom četiri voltmetra i uoče da oni ne pokazuju iste vrednosti iako mere isti napon, da korelišu pokazivanja voltmetara, da mere otpornost merenjem struje i napona i odrede otpornost metodom najmanjih kvadrata pretpostavljajući linearnu vezu između struje i napona, kao i da mere električnu otpornost ommetrom. Deo vežbe koji se odnosi na obradu podataka obuhvata korišćenje programa LibreOffice Calc za unošenje podataka u tabele, kao i primenu gotovih programa za modelovanje zavisnosti dve promenljive primenom linearne regresije. Teorijski osnovi za ovu vežbu su obrađeni u prethodnim kursevima fizike i osnova elektrotehnike, a u samoj vežbi je naglasak na praktičnom radu i upoznavanju sa konkretnim instrumentima i njihovim osobinama.

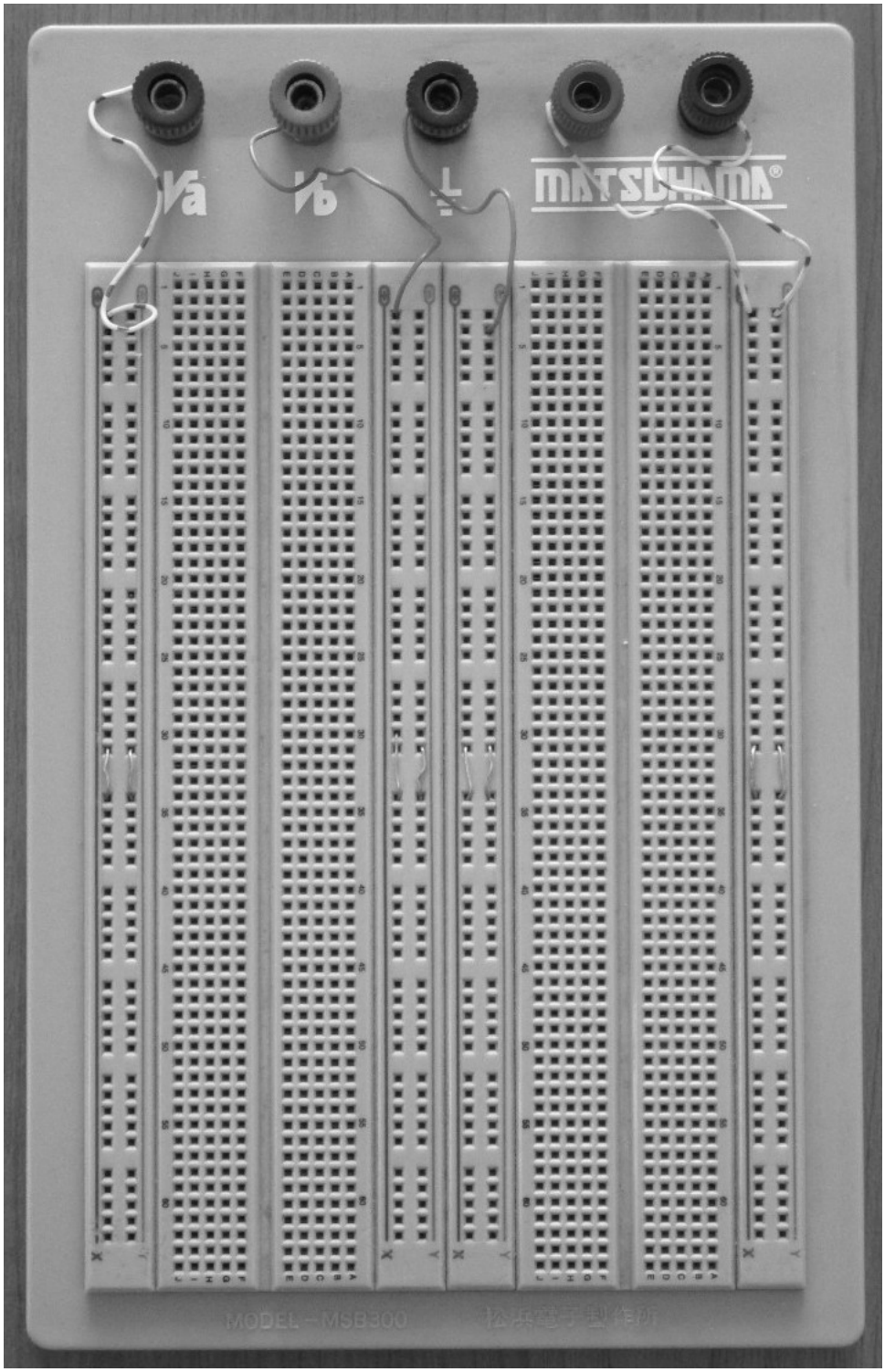
Aktivnosti koje daju rezultat koji se dokumentuje označene su sa □, gde treba staviti oznaku kada je aktivnost završena.

1.3 Zadatak

1.3.1 Povezanost na protobordu i zvučna indikacija kontakta kod multimetra

Multimetar Fluke 111 postavljanjem preklopnika za izbor funkcije postaviti na zvučnu indikaciju kontakta. Pomoću dva provodnika sa bananskim utikačima povezati instrument i protobord. **Napomena: provodnike koji su već postavljeni na protobordu i povezuju priključnice (buksne) i protobord, kao i već postavljene neizolovane provodnike koji povezuju pojedine pinove na protobordu, smatrati sastavnim delom protoborda i ne pomerati ih!** U nekoliko eksperimenata proveriti povezanost otvora na protobordu. Kod dežurnog proveriti zaključke. Skicirati povezanost otvora na slici 1 □.

U ovom delu vežbe je potrebno imati u vidu i koja je namena protoborda zbog koje je način povezivanja otvora nužno jednostavan i intuitivan. Metod grube sile ("brute force method") bi dao egazaktan odgovor o povezanosti, ali bi zahtevao velik broj merenja. Pitanje za



Slika 1: Protobord.

Tabela 1: Unutrašnja otpornost voltmetra

instrument	opseg	Fluke 111 A	Fluke 111 B	RTO-1035N
Fluke 111 A	DCV	—		
	ACV	—		
Fluke 111 B	DCV		—	
	ACV		—	
RTO-1035N	DCV 200 m			—
	DCV 2			—
	DCV 20			—
	DCV 200			—
	DCV 600			—
	ACV 200			—
	ACV 600			—

razmišljanje: ako je svaki otvor povezan sam sa sobom i ako je relacija povezanosti „relacija ekvivalencije" (ako je otvor A povezan sa otvorom B, onda je i otvor B povezan sa otvorom A, što ne treba proveravati), koliko je merenja potrebno za dati protobord da bi se u potpunosti eksperimentalno verifikovala povezanost otvora? Ako svako merenje traje 5 sekundi, koliko je radnog vremena potrebno da se povezanost u potpunosti eksperimentalno proveri?

1.3.2 Unutrašnja otpornost voltmetra

U ovom delu vežbe potrebno je izmeriti unutrašnju otpornost svakog od multimetara na svakom od raspoloživih opsega za merenje napona koristeći preostala dva raspoloživa multimetra kao ommetre. Rezultate treba prikazati u tabeli 1 □. Posmatrati pokazivanje na voltmetrima tokom merenja njihove unutrašnje otpornosti. Pitanje za razmišljanje: šta to pokazivanje predstavlja?

1.3.3 Otpornost kratke i otvorene veze

Jednim provodnikom sa bananskim utikačima kratko spojiti pristupe multimetru koji se koriste za merenje otpornosti. Izmeriti otpornost takve veze (R_{01}) i zapisati je u tabeli 2 za sva tri multimetra □.

Postaviti dva provodnika sa bananskim utikačima na pristupe za merenje otpornosti multimetra tako da se sa ta dva provodnika može pristupati otpornicima i meriti otpornost. Slobodne krajeve provodnika kratko spojiti. Izmeriti otpornost takve veze (R_{02}) i zapisati je u tabeli 2 za sva tri multimetra □. Pitanje za razmišljanje: da li su za R_{02} dobijene očekivane vrednosti

Tabela 2: Otpornost kratke i otvorene veze

	Fluke 111 A	Fluke 111 B	RTO-1035N
R_{01}			
R_{02}			
R_{∞}			

Tabela 3: Unutrašnja otpornost ampermetra

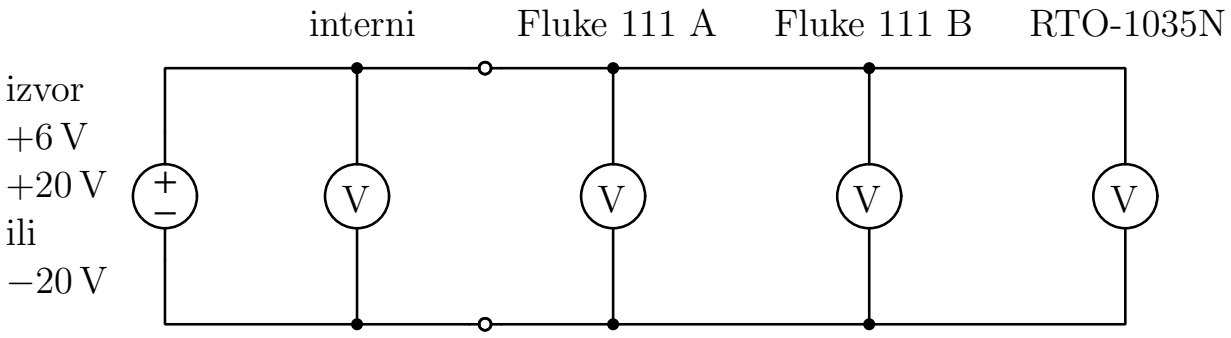
instrument	opseg	Fluke 111 A	Fluke 111 B	RTO-1035N
Fluke 111 A	DCA	—		
	ACA	—		
Fluke 111 B	DCA		—	
	ACA		—	
RTO-1035N	DCA 200 µ			—
	DCA 2 m			—
	DCA 20 m			—
	DCA 200 m			—
	DCA 10 A			—

imajući u vidu rezultat merenja R_{01}? Zašto?

Raskinuti kratku vezu između slobodnih krajeva pristupnih provodnika multimetra iz prethodnog merenja i držati rukama te krajeve. Zabeležiti izmerenu otpornost (R_{∞}) u tabeli 2 za sva tri multimetra □. Ako izmerena otpornost nije stabilna, zabeležiti najmanju opaženu vrednost. Pitanje za razmišljanje: ako izmerena otpornost nije stabilna (menja se) zašto do ove pojave dolazi i od čega zavisi izmerna vrednost?

1.3.4 Unutrašnja otpornost ampermetra

Za svaki od multimetara za svaki od opsega merenja struje izmeriti unutrašnju otpornost ampermetra očitavanjem sa ommetra i rezultate uneti u tabelu 3 □. Posmatrati pokazivanje na ampermetrima tokom merenja njihove unutrašnje otpornosti. Pitanje za razmišljanje: šta to pokazivanje predstavlja?



Slika 2: Poređenje voltmetara

Tabela 4: Poređenje voltmetara, opseg do +6 V, korak ≈ 1 V

lokalni	Fluke 111 A	Fluke 111 B	RTO-1035N

1.3.5 Izvor za napajanje i poređenje voltmetara

Povezati multimetre paralelno i povezati ih na izvor +6 V, prema šemi sa slike 2. Pokrenuti program LibreOffice Calc. Uključiti izvor za napajanje i počevši od nule u koracima od oko 1 V menjati napon generatora do maksimalno moguće vrednosti. Zapisati rezultate merenja napona u tabelu tako da u prvoj koloni bude pokazivanje voltmetra na izvoru za napajanje, u drugoj koloni pokazivanje na multimetru Fluke 111 A, u trećoj koloni pokazivanje na multimetru Fluke 111 B i u četvrtoj koloni pokazivanje na multimetru RTO-1035N, kako je predviđeno u tabeli 4, koju treba popunjavati paralelno sa popunjavanjem tabele u programu Calc. Popuniti tabelu 4 ☐. Podatke iz tabele formirane u programu Calc sačuvati u fajlovima `6V.ods` u ods formatu i `6V.csv` u csv formatu u direktorijumu `vezba-1` na desktopu, u kome se nalaze i programi za obradu podataka, `\home\elmer\Desktop\vezba-1` ☐. Uočiti razlike u pokazivanju instrumenata koji mere isti napon. Pitanje za razmišljanje: šta uzrokuje ove razlike?

Ponoviti postupak za izvor +20 V. Popuniti tabelu 5 ☐ i njoj odgovarajuću tabelu korišćenjem programa Calc. Tabelu dobijenu korišćenjem programa zapisati u fajlove `20V.ods` u ods formatu i `20V.csv` u csv formatu u direktorijumu `vezba-1` ☐.

Ponoviti postupak za izvor −20 V. Popuniti tabelu 6 ☐ i njoj odgovarajuću tabelu korišćenjem programa Calc. Tabelu dobijenu korišćenjem programa zapisati u fajlove `-20V.ods` u ods formatu i `-20V.csv` u csv formatu u direktorijumu `vezba-1` ☐.

Tabela 5: Poređenje voltmetara, opseg do +20 V, korak ≈ 1 V

lokalni	Fluke 111 A	Fluke 111 B	RTO-1035N

Tabela 6: Poređenje voltmetara, opseg od $-20\,\mathrm{V}$, korak $\approx 1\,\mathrm{V}$

lokalni	Fluke 111 A	Fluke 111 B	RTO-1035N

Tabela 7: Korelisanje pokazivanja, parametar k, izvor 6 V

	lokalni	Fluke 111 A	Fluke 111 B	RTO-1035N
lokalni	1			
Fluke 111 A		1		
Fluke 111 B			1	
RTO-1035N				1

Napomena: ako smatrate da je prikupljanje podataka dosadan i mukotrpan posao, to je dobra motivacija za vežbu 3. Ipak, svaka automatizacija merenja počinje manuelnim početnim merenjima tokom kojih se formira algoritam, kada se napravi lista koraka koji se ponavljaju.

Obrada podataka: primenom linearne regresije korelisati pokazivanja voltmetara za sva tri merenja i rezultate prikazati u tabelama od tabele 7 do tabele 12 □. Koristiti program `lrv.py`. Program se nalazi u radnom direktorijumu `vezba-1` koji se nalazi u `Desktop` direktorijumu ispod `home` direktorijuma korisnika i pristupa mu se pokretanjem programa `terminal` u kome se unese komanda

```
cd ~/Desktop/vezba-1
```

nakon koje se pokreće program komandom

```
python3 lrv.py
```

koji korisnika pita za ime fajla koji treba da obradi.

Pogledati slike `6V.pdf`, `20V.pdf` i `-20V.pdf` sa grafičkim prezentacijama rezultata merenja koje program `lrv.py` generiše i ustanoviti da li su u skladu sa očekivanjima □.

Pitanja za razmišljanje:

1. Kakva je međusobna saglasnost parametara regresije u tri posmatrana slučaja?
2. Da li se na osnovu odgovora na prethodno pitanje može argumentovano pretpostaviti da sistem za merenje napona u izvoru za napajanje ima jedan voltmetar koji se prema potrebi prevezuje na odgovarajući izlaz, ili ima tri nezavisna voltmetra?

1.3.6 Merenje otpornosti merenjem struje i napona i ommetrom

Koristeći protobord povezati kolo prema šemi sa slike 3. Pogodnim povezivanjem i podešavanjem izvora obezbediti vrednosti V_{IN} od -20 V do $+20$ V u koracima po 1 V. Pokrenuti program LibreOffice Calc i formirati tabelu pokazivanja tako da u prvoj koloni bude pokazivanje voltmetra Fluke 111 A, u drugoj koloni pokazivanje ampermetra Fluke 111 B i u trećoj koloni pokazivanje ampermetra RTO-1035N. Dobijenu tabelu zapisati u fajlove `om.ods` i `om.csv`, u ods i csv formatu □.

Obrada podataka: primenom linearne regresije odrediti otpornost R_{X1} u slučaju da je podatak za struju očitavanje instrumenta Fluke 111 B i R_{X2} u slučaju da je podatak za struju očitavanje instrumenta RTO-1035N □. Koristiti program `om.py` za izračunavanje i grafičko predstavljanje rezultata. Program se nalazi u radnom direktorijumu. Pristup komandnoj liniji i programu se vrši pokretanjem programa `terminal`, promenom radnog direktorijuma i pokretanjem programa u dve komandne linije:

Tabela 8: Korelisanje pokazivanja, parametar n, izvor 6 V

	lokalni	Fluke 111 A	Fluke 111 B	RTO-1035N
lokalni	0			
Fluke 111 A		0		
Fluke 111 B			0	
RTO-1035N				0

Tabela 9: Korelisanje pokazivanja, parametar k, izvor 20 V

	lokalni	Fluke 111 A	Fluke 111 B	RTO-1035N
lokalni	1			
Fluke 111 A		1		
Fluke 111 B			1	
RTO-1035N				1

Tabela 10: Korelisanje pokazivanja, parametar n, izvor 20 V

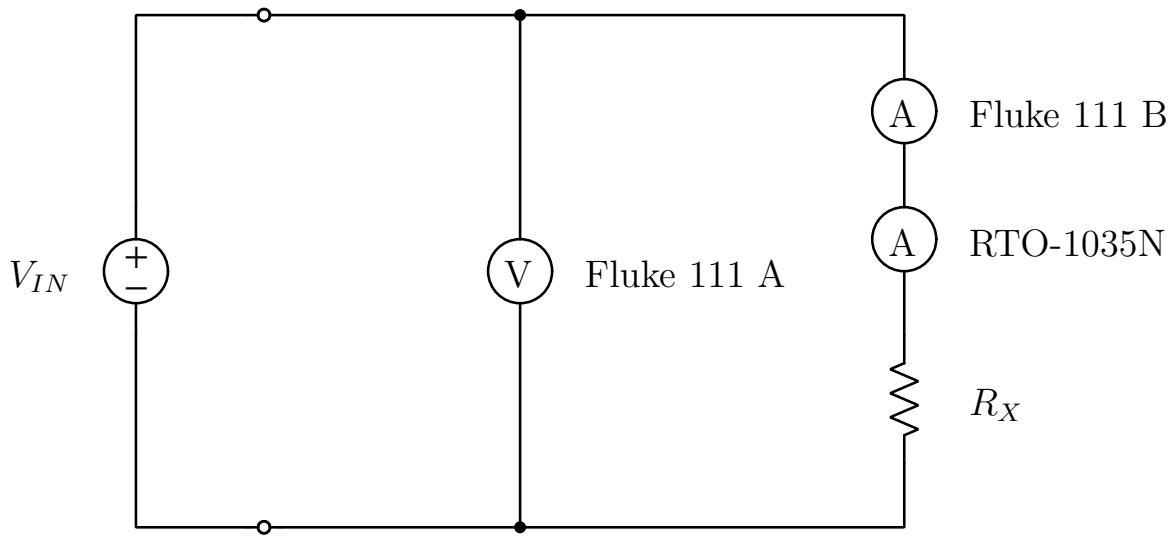
	lokalni	Fluke 111 A	Fluke 111 B	RTO-1035N
lokalni	0			
Fluke 111 A		0		
Fluke 111 B			0	
RTO-1035N				0

Tabela 11: Korelisanje pokazivanja, parametar k, izvor $-20\,\mathrm{V}$

	lokalni	Fluke 111 A	Fluke 111 B	RTO-1035N
lokalni	1			
Fluke 111 A		1		
Fluke 111 B			1	
RTO-1035N				1

Tabela 12: Korelisanje pokazivanja, parametar n, izvor $-20\,\mathrm{V}$

	lokalni	Fluke 111 A	Fluke 111 B	RTO-1035N
lokalni	0			
Fluke 111 A		0		
Fluke 111 B			0	
RTO-1035N				0



Slika 3: Merenje otpornosti.

Tabela 13: Merenje otpornosti ommetrom

	Fluke 111 A	Fluke 111 B	RTO-1035N
R_X			

```
cd ~/Desktop/vezba-1
python3 om.py
```

Pogledati sliku `om.pdf` sa grafičkom prezentacijom rezultata merenja koju program `om.py` generiše i ustanoviti da li je u skladu sa očekivanjima □.

Pitanje za razmišljanje: da li je moguće višestrukim merenjima struje i napona izmeriti otpornost R_X čak i pomoću instrumenta Fluke 111 B sa malom rezolucijom očitavanja struje? Argumentovati odgovor.

Primenom ommetra izmeriti otpornost otpornika R_X koristeći sva tri raspoloživa instrumenta. Popuniti tabelu 13 □.

1.3.7 Dokumentovanje rezultata merenja

Direktorijum `vezba-1` i njegov sadržaj iskopirati na USB flash drive i sačuvati do polaganja ispita □.