

Merni sistemi u računarstvu, <https://automatika.etf.bg.ac.rs/sr/13e053msr>

# Digitalni osciloskop i Lisažuove figure (2025)

Dr Nadica Miljković, redovne profesorka, kabinet 68,  
[nadica.miljkovic@etf.bg.ac.rs](mailto:nadica.miljkovic@etf.bg.ac.rs)

Prezentacija za ovo predavanje je delimično pokrivena udžbenikom prof.  
Pejovića: DOI [10.5281/zenodo.1311555](https://doi.org/10.5281/zenodo.1311555)



A scenic landscape photograph of a lake at sunset. The sun is low on the horizon, casting a warm, golden glow across the sky and reflecting on the water. The lake is surrounded by lush green trees and foliage, with some rocks visible in the foreground. The overall mood is peaceful and serene.

“The instruments change,  
but the principles endure.”

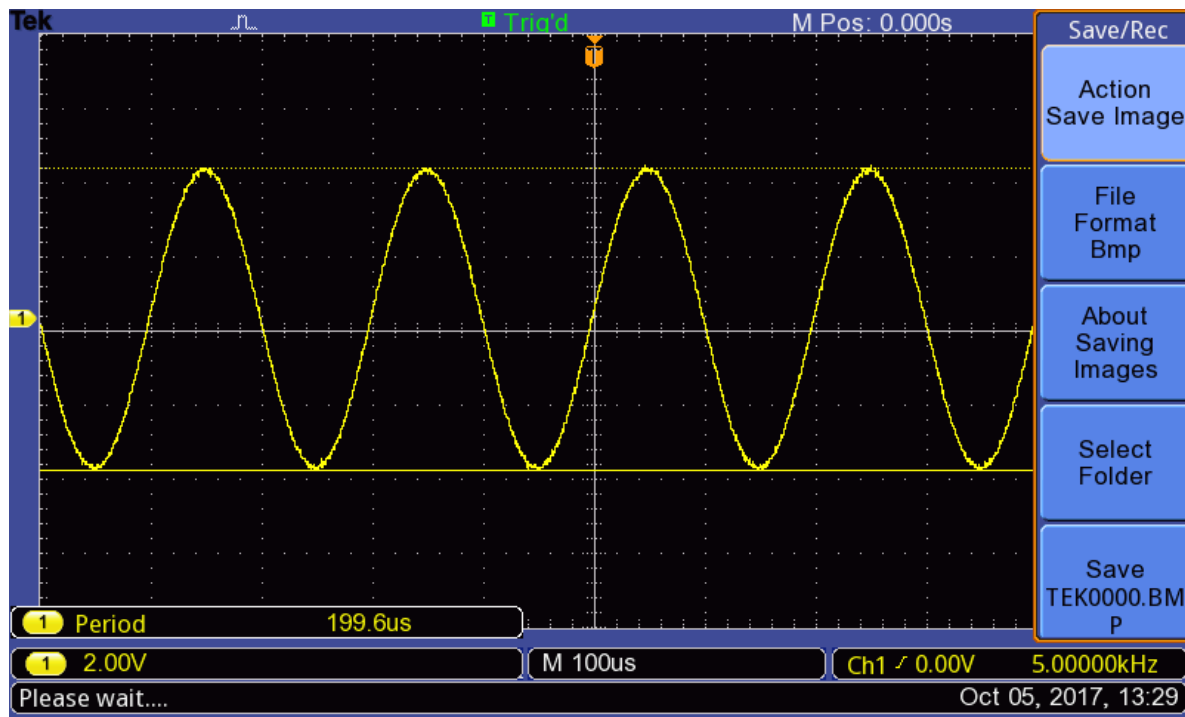
L. A. Geddes, L. E. Baker. Principles of applied biomedical instrumentation,  
3<sup>rd</sup> Ed., John Wiley & Sons, 1989.

# Digitalni osciloskop

- Tehnologija realizacije je promenjena, ali suština je ostala ista.
- Digitalni osciloskop se danas koristi kao akvizicioni modul – može da čuva sačuvane odbirke signala ili da se poveže sa računarom.
- Digitalni osciloskopi automatski vrše merenje, na primer amplitude, srednje vrednosti, periode, minimalne i maksimalne vrednosti napona.
- Najveća pogodnost kod merenja digitalnim osciloskopom je AUTO SET opcija. Ali, ...
  - “Grubo” merenje pomoću graduacije na ekranu koja je ostala ista se koristi da se proveri da li su automatska merenja tačna → ovo je važno ako ima šuma.

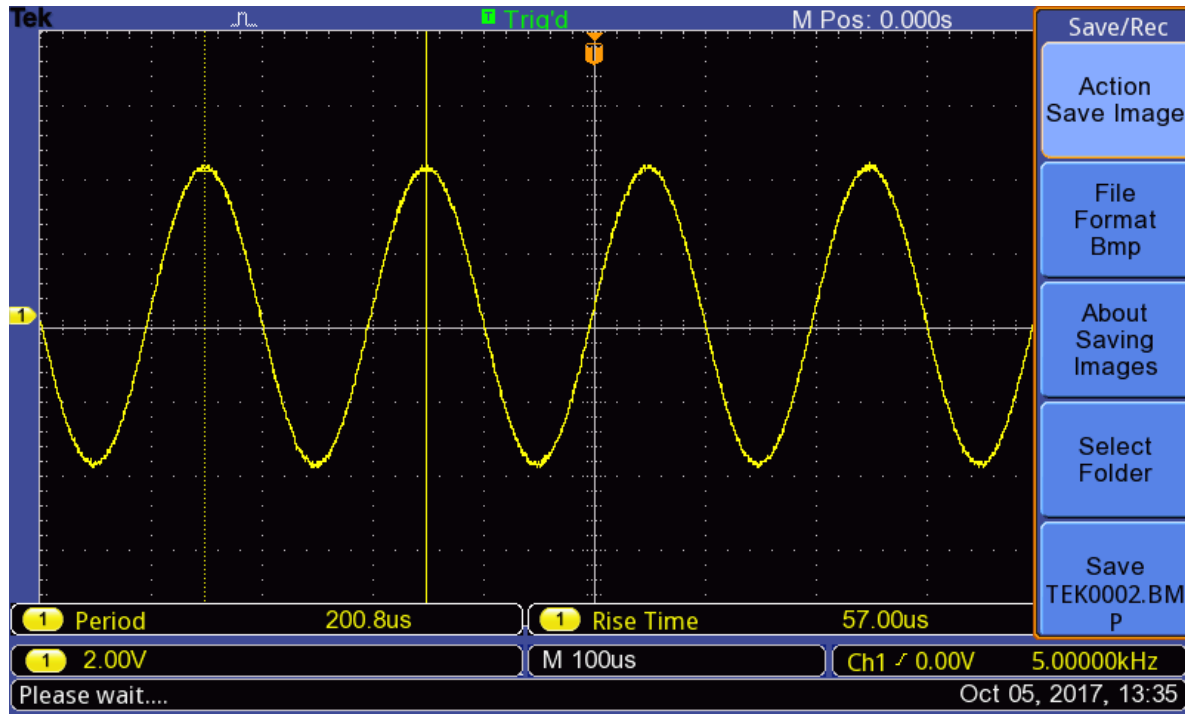


# Automatizovana merenja i pokazivači



- Pokazivači, odnosno kursori se mogu koristiti za merenja na digitalnom osciloskopu.
- Postoje vertikalni, odnosno “vremenski” i horizontalni, tj. “naponski” pokazivači.
- Na slici je prikazan primer merenja amplitude, tj. PTP vrednosti signala pomoću dva kursora.

# Vertikalni kursori

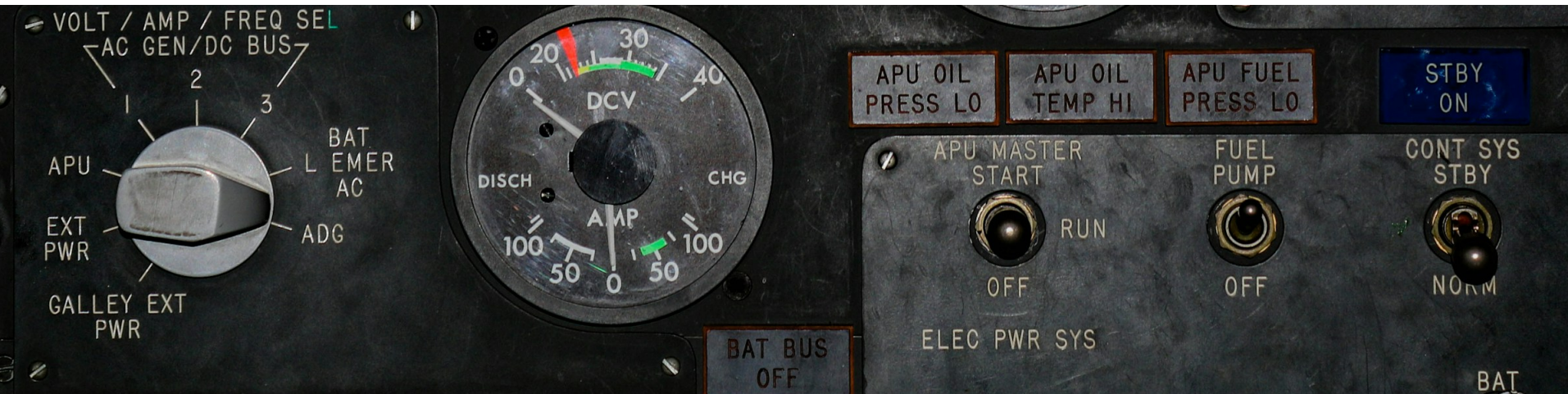


- Na slici je prikazan položaj kursora na digitalnom osciloskopu za merenje periode signala.
- Merenje periode između dva kursora koji se manuelno podešavaju se vrši automatski. Dodatno, vrši se i merenje razlike naponskih nivoa. **Zašto je to važno kod merenja periode?**

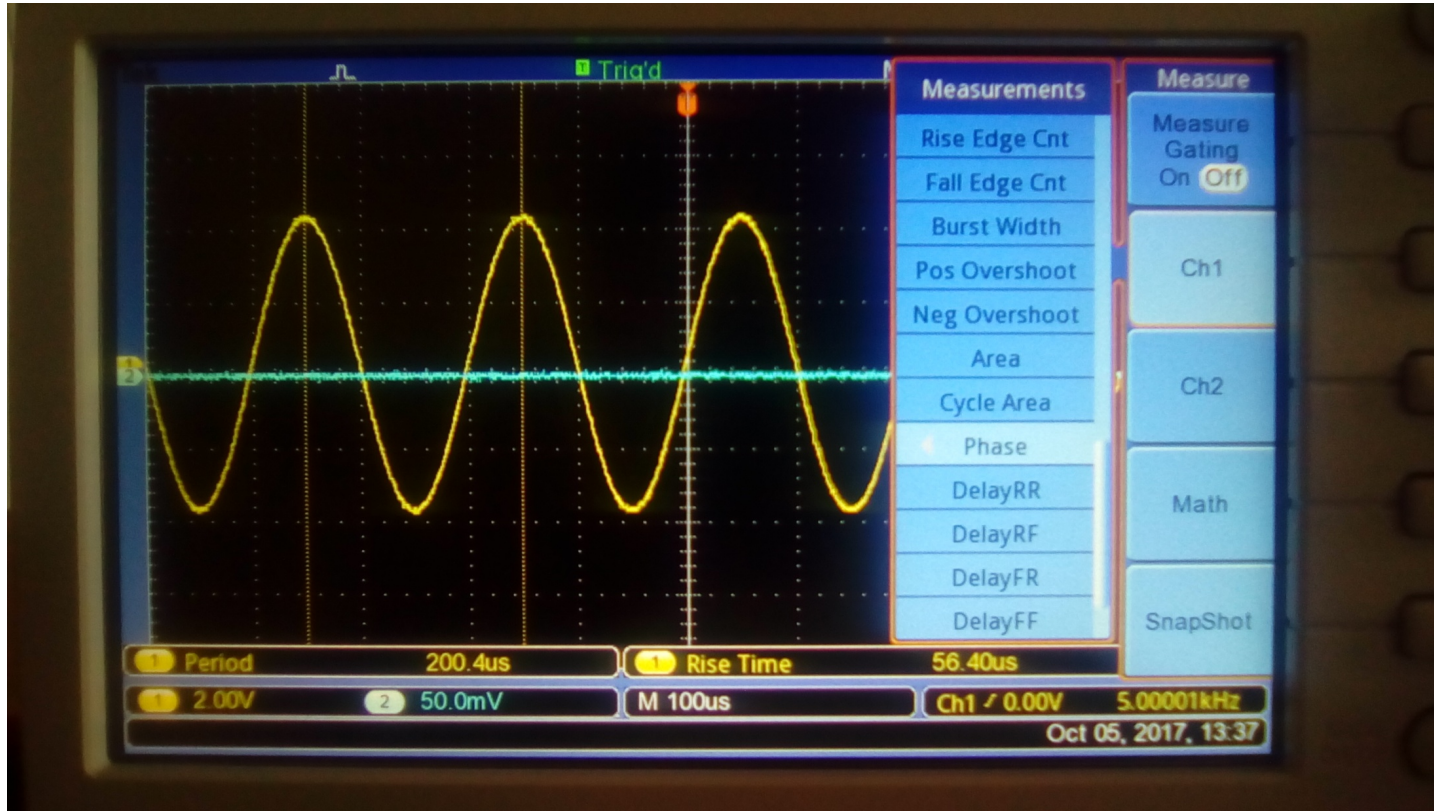
# Automatizovana merenja?

- U meniju digitalnog osciloskopa je moguće odabrati veličinu, koja se želi izmeriti i ona će biti ispisana na ekranu.
- Pored čuvanja slike ekrana (eng. PRTSC, *Print Screen*), moguće je snimiti i odbirke (za dalju analizu), ali i podešavanja osciloskopa.
- Izgled menija i odabir opcija se razlikuje za različite modele osciloskopa. Proučavanje takvih menija je jednako kursu za korišćenje “pametnih telefona”.

Photo by [Kai Dahms](#) on [Unsplash](#)



# Primer menija



Tektronix, TBS 1052B-EDU



# Prikaz signala na digitalnom osciloskopu

- Na prethodnim slikama bilo je prikazano nekoliko perioda signala (tačnije 4).
- Na analognim osciloskopima se sva očitavanja vrše, kada je prikazana jedna perioda signala, kako bi greška očitavanja bila manja.
- Kod digitalnih osciloskopa, automatskim podešavanjima za prikaz signala na ekranu se dobija prikaz za par perioda signala, jer algoritam za automatsku detekciju “zahteva” takav prikaz kako bi perioda i frekvencija bile određene:
  - Zašto? Kako bi ste Vi realizovali ovaj algoritam?

# Digitalni osciloskopi i računari

- Uz digitalne osciloskope, pored uputstva za upotrebu (eng. *User Manual*), postoji i uputstvo za programiranje (eng. *Programmer Manual*).
- Najčešće preko RS232, <https://en.wikipedia.org/wiki/RS-232> i GPIB *General Purpose Interface Bus*, <https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE-488> se može povezati digitalni osciloskop sa računarom.
- Zato je omogućeno programiranje odgovarajućih funkcija. Na primer, moguće je:
  - postaviti podešavanja po želji,
  - “prikupiti” signale za dalju obradu na računaru i
  - snimiti izgleda ekrana osciloskopa (PRTSC).
- Ove funkcije nisu karakteristične samo za digitalne osciloskope, već i za druge instrumente, kao što su DC i AC izvori napona
- SCPI (izgovara se kao eng. *skippy*) – *Standard Commands for Programmable Instruments*
- Primer korišćenja SCPI - <https://youtu.be/1HQxnz3P9P4> („Use PyVISA to Program Test Tools with Python - Workbench Wednesdays“ od element14 presents iz 2023. godine)



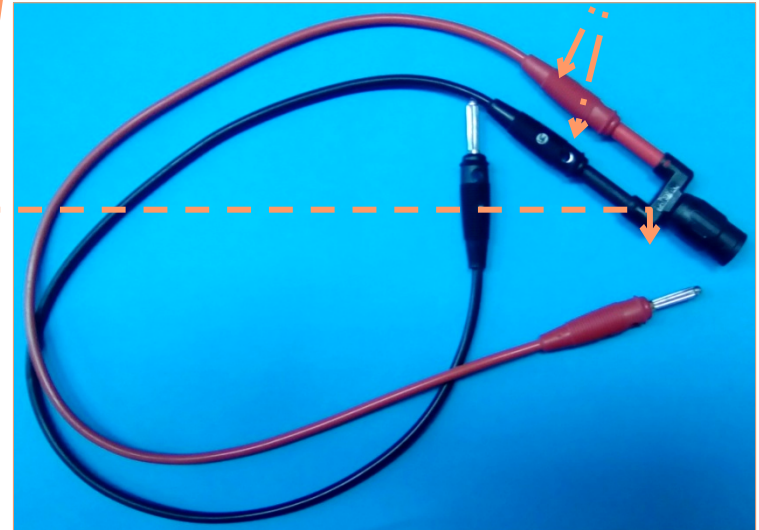
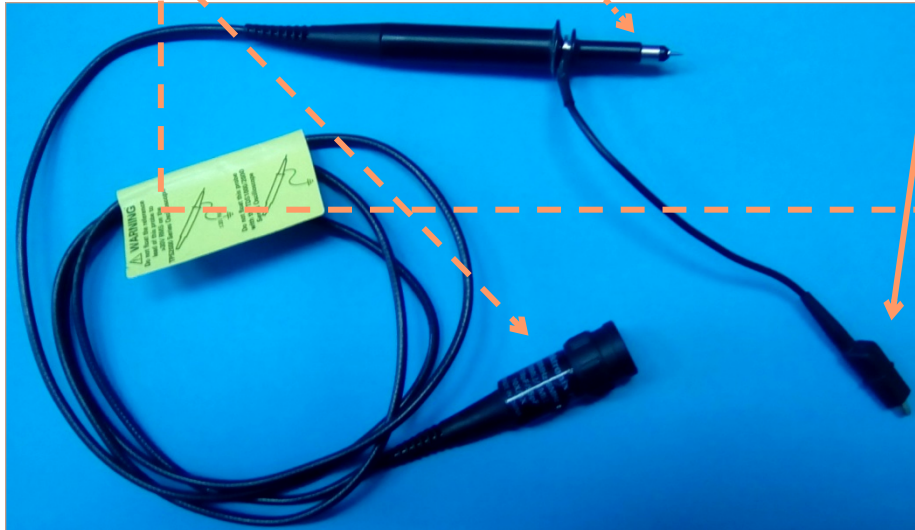
# Sonde

pipalica

BNC konektor

Hvataljka, tzv.  
krokodilka za masu

banana  
konektori





# Sonde

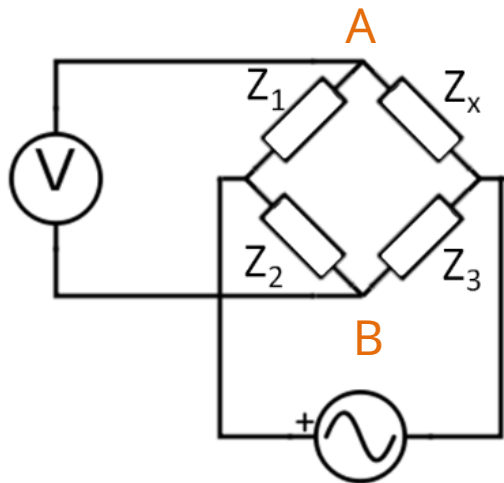
- Primer naponske sonde (eng. *probe*) za osciloskop je prikazan na slici levo na prethodnom slajdu.
- Sonda sa slike levo ima mogućnost podešavanja slabljenja od 10 puta.
- Kako se svaka sonda sastoji iz niza mehaničkih delova, one su relativno skupe.
- U laboratorijskim uslovima se najčešće koriste improvizovane sonde, kao na slici desno na prethodnom slajdu.
- Primetiti nazive klasičnih laboratorijskih konektora na slikama.
- U udžbeniku je detaljno objašnjena kompenzacija sondi, ovde samo da je nekompenzovana sonda posledica kapacitivnosti. Vrat ćemo se na ovaj deo prilikom merenja kapacitivnosti.



# Dvokanalni osciloskop

- Sa prošlog predavanja:
  - Dvokanalni osciloskop – mogu se posmatrati dva nezavisna signala, oba imaju isti referentni potencijal (nisu u potpunosti nezavisni). Šta to tačno znači?
- Svi kanali osciloskopa (bili dvokanalni ili ne) imaju referentni potencijal kanala, odnosno “masu” koja je na istom potencijalu.
- Postoje situacije kada je potrebno posmatrati razliku potencijala između dva čvora, kod uređaja, koji su uzemljeni.

# Razlika potencijala između dva čvora



Ova tačka je ista kao uzemljenje osciloskopa.

- Primer takvog kola je merni most. O mernom mostu kasnije tokom semestra.
- Na slici je prikazana opšta šema mernog mosta (slika iz MIEM udžbenika, 10.5281/zenodo.1335249).
- Ovde je potrebno posmatrati razliku potencijala između tačaka A i B, a referentni napon je uzemljenje osciloskopa.
- Rešenje je povezivanje potencijala A u odnosu na masu na CH1 i potencijala B u odnosu na masu na CH2 i oduzimanje ta dva potencijala. Oduzimanje signala se na digitalnom osciloskopu, vrši pomoću MATH opcije, a kako se vrši na analognom osciloskopu?





Merenje faze razlike prijenosa  
Lisažuove figure

Ako se posmatraju dva signala oblika

$$x(t) = X_0 \sin(\omega_0 t) \text{ i}$$

$$y(t) = Y_0 \sin(\omega_0 t - \varphi)$$

za koje važi  $X_0 > 0, Y_0 > 0$  i  $-\pi \leq \varphi \leq \pi$

onda se može posmatrati tačka  $t_k$  u kojoj je  $x(t_k) = 0$

$$\Rightarrow \sin(\omega_0 t_k) = 0 \Rightarrow \omega_0 t_k = k\pi$$

tada signal  $y(t)$  ima sledeći oblik u tački  $t_k$ :

$$y(t_k) = Y_0 \sin(\omega_0 t_k - \varphi) \Rightarrow$$

$$y(t_k) = Y_0 \sin(k\pi - \varphi) \Rightarrow$$

$$y(t_k) = \pm Y_0 \sin(\varphi) \text{ ili}$$

$$|y(t_k)| = |y|_{x=0} = Y_0 |\sin(\varphi)|$$

urednost  $y$  u tome je  $x=0$

odavde se može odrediti faza razlike  $\varphi$

$$|\sin(\varphi)| = \frac{|y|_{x=0}}{Y_0} \text{ i analogno se dokazuje da je}$$

$$|\sin(\varphi)| = \frac{|x|_{y=0}}{X_0}$$

Lisažnosa figura je ista za  $\varphi > 0$  i za  $\varphi < 0$ .

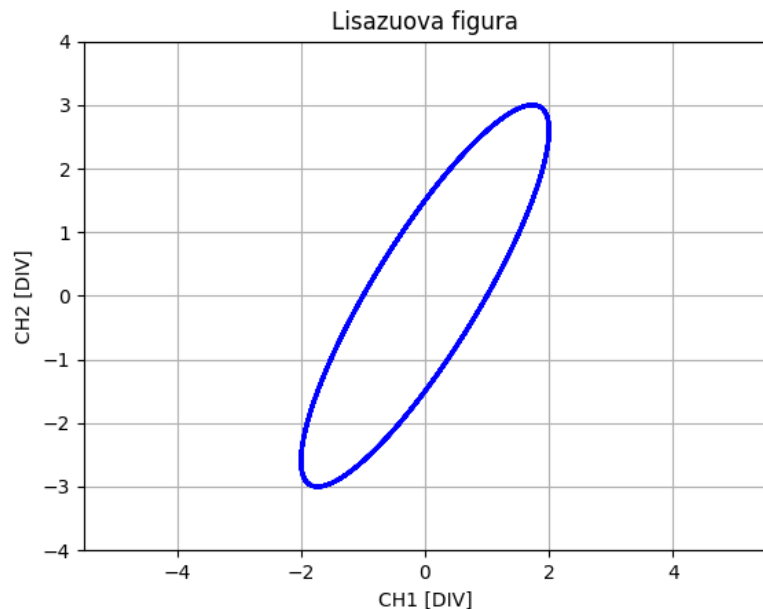
Na MSR se računa samo  $|\varphi|$ . Za više pogledati udžbenik.

05.10.17. *[signature]*

## Dodatni materijali za Lisažuove figure na sajtu

- U materijalima je opisano kako se dolazi do izraza za fazi pomeraj između dva signala istih frekvencija.
- Na MSR-u i na ispitu biće dovoljno da se izračuna apsolutna vrednost ovog ugla.
- Studenti/kinje koji/e su zainteresovani/e za detalje formiranja Lisažnovih figura se upućuju na udžbenik, gde je detaljno opisano kako se računa smer Lisažuove figure.

# Određivanje odnosa frekvencija



```
# prikaz Lisažuvih figura
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

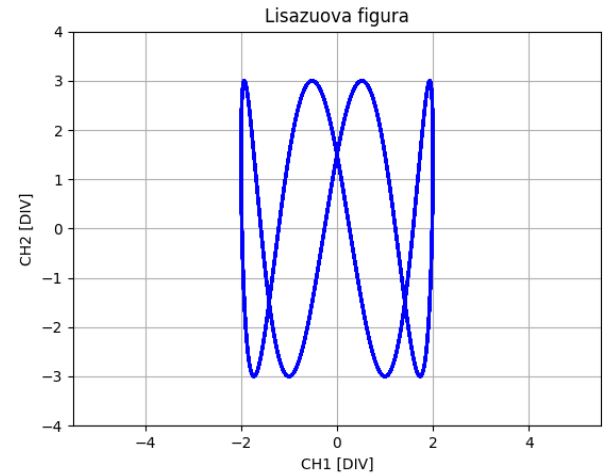
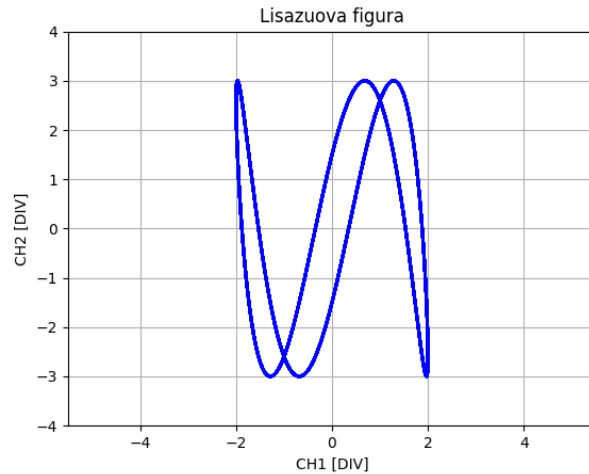
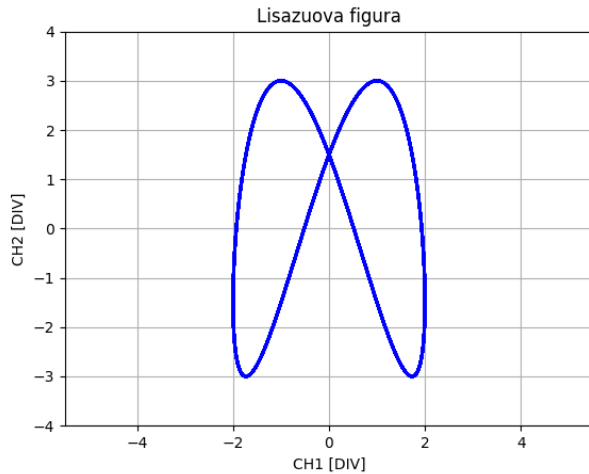
k = []
x = []
y = []

for ind in np.arange(0, 100, 0.01):
    k.append(ind)
    x.append(2 * np.sin(ind))
    y.append(3 * np.sin(ind + np.pi/6))

plt.plot(x, y, 'b-', linewidth = 2)
plt.grid(True)
plt.axis([-5.5, 5.5, -4, 4])
plt.title('Lisazuova figura')
plt.xlabel('CH1 [DIV]')
plt.ylabel('CH2 [DIV]')
plt.show()
```

- Neka su data dva signala istih frekvencija.
- Njihova Lisažuvina figura je prikazana na slici.
- Pajton kod, koji omogućava prikaz ove figure je dat na slici.

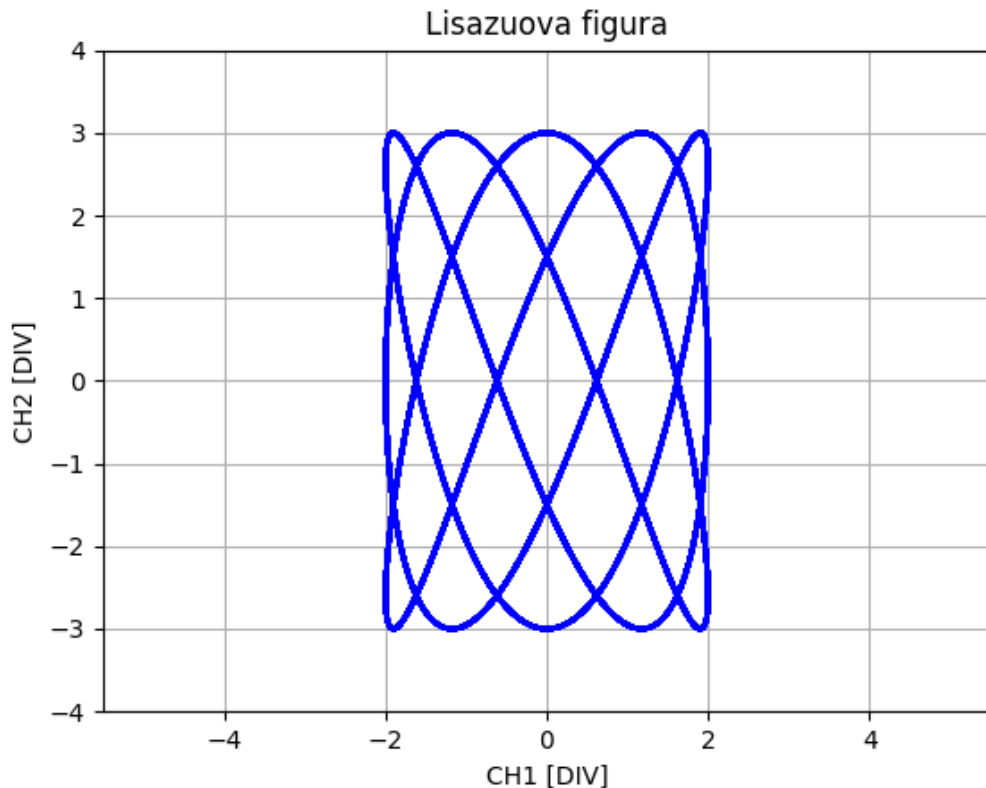
# Odnos frekvencija $f_y = k * f_x$



- Neka je u prethodnom kodu, promenjena frekvencija signala y, odnosno neka je povećana  $k = 2, 3$  i  $4$  puta.
- Rezultujuće Lissazuoove figure su prikazane na slici. Šta je promenjeno u kodu na prethodnoj strani?



# A, ako je odnos frekvencija 3:5?

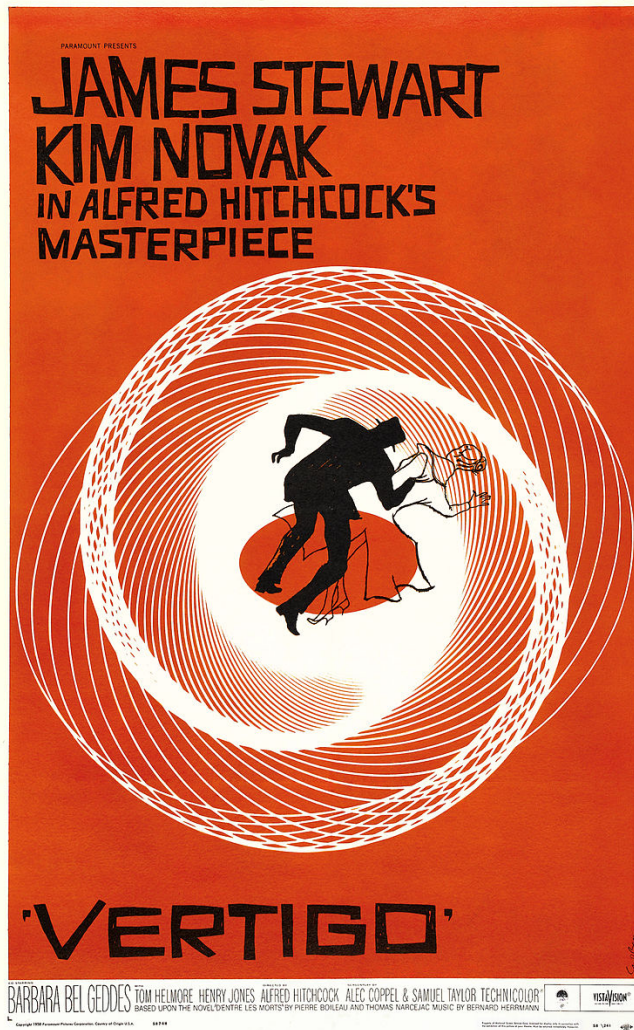


- Za odnos frekvencija između  $x$  i  $y$  signala u odnosu 3:5, Lisažuova figura je prikazana na slici.
- Kako bi ste očitali faznu razliku između ova dva signala sa ove figure?

# Samerljivi signali?

- Na prethodnim slajdovima su prikazane Lisažuve figure, koje su formirane od signala sa CH1 i CH2, čije su frekvencije i periode samerljive.
- Samerljivi su signali frekvencija  $f_x$  i  $f_y$  kod kojih važi:  $mf_x = nf_y = f$ , gde je  $f$  osnovna zajednička frekvencija.
- Iscrtavanje Lisažuve figure traje  $T$ .
- Zbog periodičnosti, ove figure su zatvorene.
- Broje se događaji, koji kontrolišu skretanje figure po jednoj i drugoj osi, odnosno koliko puta figura dostiže maksimum po obe ose. Iz tih događaja, dobija se odnos frekvencija signala.
- Poseban slučaj su “degenerisane” Lisažuve figure: kada se figura pretvara u duž, ako su signali u fazi ili protivfazi.
- Za veći broj primera, pogledati Atlase Lisažuvih figura:
  - Za određivanje faznog stava, <https://zenodo.org/record/1320763#.W8ZATPaxXIU>
  - Za određivanje odnosa frekvencija, <https://zenodo.org/record/1320771#.W8ZATPaxXIU>
  - Za prikaz degenerisanih kriva, [https://zenodo.org/record/1320782#.W8ZAT\\_axXIU](https://zenodo.org/record/1320782#.W8ZAT_axXIU)

# Lisažuova figura u praksi?



# Lisažuova figura u praksi?



MIT Lincoln laboratorija, <https://ll.mit.edu/about/History/logo.html>

By Copyrighted by Paramount Pictures Corporation. Incorporates artwork by Saul Bass (1920–1996) Description American graphic artist Date of birth/death May 8, 1920 April 25, 1996 Location of birth/death New York City Los Angeles, California Authority control VIAF: 100994995 ISNI: 0000 0001 1777 4334 ULAN: 500021030 LCCN: n78011471 GND: 119407760 WorldCat - <http://aliceovolk.files.wordpress.com/2012/11/vertigo-1958-usa-movie-poster-art-by-saul-bass-james-stewart-in-alfred-hitchcocks-vertigo1.jpg>, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=27472245>

Negative slope (II &amp; III)

Positive slope (I &amp; IV)

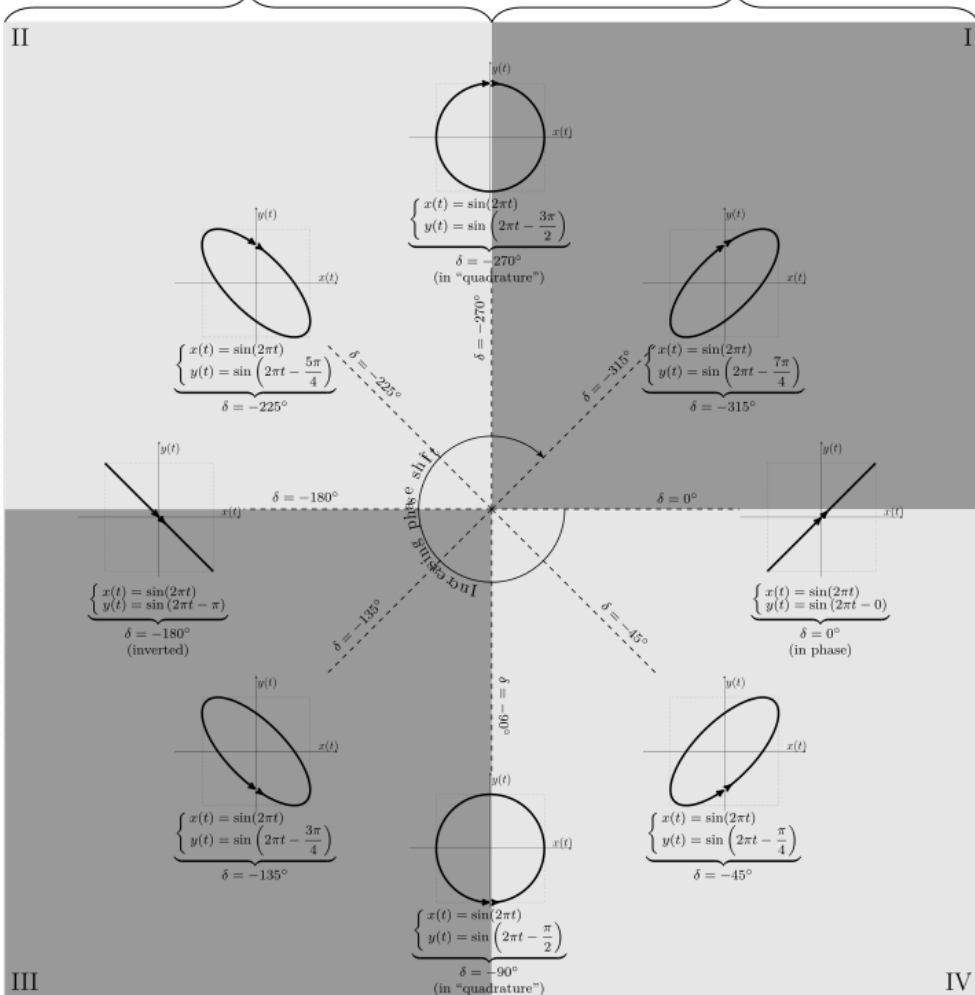
II

I

Clockwise (I &amp; II)

Counter clockwise (III &amp; IV)

LTI Lissajous figures are ovals with eccentricity and direction of rotation determined by phase shift  $\delta$ .



# Više o Lisažuovim figurama?

- Možete pogledati u knjigama i na internetu  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Lissajous\\_curve](https://en.wikipedia.org/wiki/Lissajous_curve)
- Slika: By Krishnavedala - Own work, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=348563>

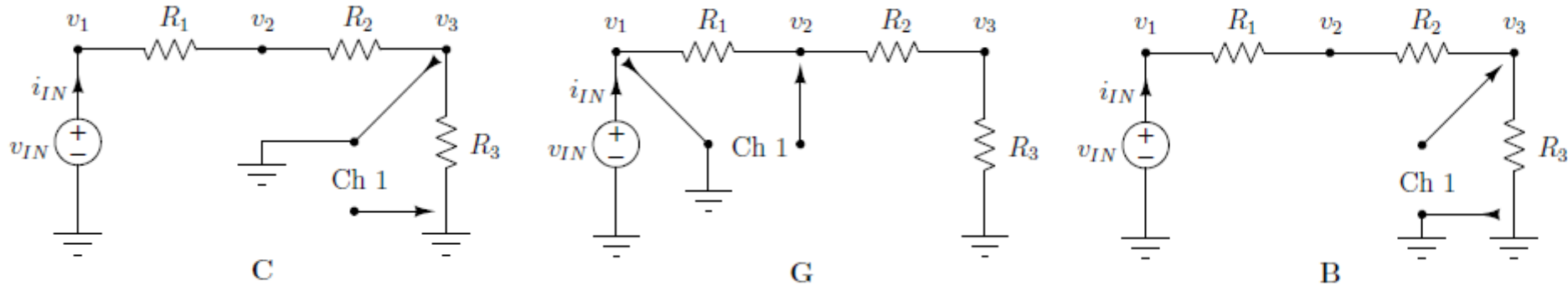
36



# Problem/izazov (?) sa uzemljenjem

- Referentni potencijal se u laboratorijskom žargonu naziva “masom”. Čvor sa referentnim potencijalom može i ne mora biti povezan sa uzemljenjem.
- Osciloskop se, kako bi bio bezbedan za rukovanje, vezuje za uzemljenje (preko “šuko” utičnice na gradsku mrežu) → sve pristupačne komande osciloskopa su uzemljene i bezbedne.
- Dodatno, svaka sonda osciloskopa ima referentni potencijal, odnosno masu povezanu sa uzemljenjem → uvek se posmatra potencijal u odnosu na masu/uzemljenje.
- Otud je važno i merenje razlike između dva čvora, koje je ranije spomenuto u prezentaciji.
- Posledice neopreznog rukovanja, mogu dovesti i do uništenja sonde, osciloskopa i uređaja.

# Neki primeri



Najčešća greška nastaje usled neznanja da su referentni potencijali za kanale osciloskopa isti, odnosno priključeni su na uzemljenje, pa kada se dovedu dva napona na osciloskop, dolazi do kratkog spoja dva referenta potencijala.

Posledice ovakvog neželjenog kratkog spoja mogu biti netačno merenje i zanemarljivo povećanje snage (slika C), ali i "spaljivanje" komponenti i instrumenata (G).

Pravilno merenje, odnosno priključenje sonde osciloskopa, koje je prikazano na slici B.





# Pravila rada u laboratoriji

- Pravilnici Elektrotehničkog fakulteta, Univerziteta u Beogradu:
  - Pravilnik o bezbednosti i zdravlju na radu,  
[https://www.etf.bg.ac.rs/uploads/files/Akta\\_fakulteta/Pravilnik\\_o\\_bezbednosti\\_i\\_zdravlju\\_na\\_radu.pdf](https://www.etf.bg.ac.rs/uploads/files/Akta_fakulteta/Pravilnik_o_bezbednosti_i_zdravlju_na_radu.pdf)  
pristupljeno 19.11.2025. godine
  - Pravilnik o organizaciji zaštite od požara,  
[https://www.etf.bg.ac.rs/uploads/files/Akta\\_fakulteta/Pravilnik\\_o\\_organizaciji\\_zastite\\_od\\_pozara.pdf](https://www.etf.bg.ac.rs/uploads/files/Akta_fakulteta/Pravilnik_o_organizaciji_zastite_od_pozara.pdf)  
pristupljeno 19.11.2025. godine
  - Pravilnik o disciplinskoj odgovornosti studenata Univerziteta u Beogradu,  
[https://www.etf.bg.ac.rs/uploads/files/Akta\\_fakulteta/PravilnikDisciplinskaOdgovornostStudenata2016.pdf](https://www.etf.bg.ac.rs/uploads/files/Akta_fakulteta/PravilnikDisciplinskaOdgovornostStudenata2016.pdf)  
pristupljeno 19.11.2025. godine
- Pravila rada/ponašanja u tokom laboratorijskih vežbi:
  - U toku rada, nije dozvoljena upotreba mobilnih telefona ili drugih uređaja, koji nisu predviđeni laboratorijskom vežbom.
  - Igranje igrice i proveravanje mejlova nije dozvoljeno, kao ni bilo koja druga aktivnost, koja nije uključena u laboratorijsku vežbu.
  - Tokom rada se popunjava izveštaj, koji dežurni/a na kraju časa potpisuje i evidentira da li ste položili ili ne laboratorijsku vežbu.
  - Izveštaji se nose kući. Potrebno je čuvati potpisan primerak izveštaja do zaključenja ocene.
  - Dodatne napomene možete naći u tekstu vežbi. Nije potrebno pripremati se za dolazak u laboratoriju, ali je potrebno pročitati uputstva pre rada.
  - Nakon što je evidentiran završetak vežbe, može se pristupiti izradi testa.



# Efekat elektriciteta na ljudsko telo

Electric Current (1 s contact)	Physiological Effect	Voltage required to produce the current with assumed body resistance:	
		100 k $\Omega$	1 k $\Omega$
1 mA	Threshold of feeling, tingling sensation.	100 V	1 V
5 mA	Accepted as maximum harmless current	500 V	5 V
10-20 mA	Beginning of sustained muscular contraction ("Can't let go" current.)	1000 V	10 V
100-300 mA	Ventricular fibrillation, fatal if continued. Respiratory function continues.	10000 V	100 V
6 A	Sustained ventricular contraction followed by normal heart rhythm. (defibrillation). Temporary respiratory paralysis and possibly burns.	600000 V	6000 V

- Tabela je preuzeta sa sajta: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electric/shock.html#c3>, pristupljeno 16.10.2023. Otpornosti u tabeli od 100 k $\Omega$  i 1 k $\Omega$  grubo odgovaraju suvoj i vlažnoj koži.
- Da bi se zaštitili, oni koji rade sa visokim naponima nose cipele sa đonom od izolatora i drže jednu ruku u džepu i pridržavaju se uputstava za rad u laboratoriji.