

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

# Digitalni osciloskop i Lisažuove figure (2020)

Vanredni profesor dr Nadica Miljković, 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 view of a Tuscan hillside. In the foreground, there's a lush green valley with scattered olive trees. The middle ground shows a cluster of buildings, possibly a village or farmstead, surrounded by more trees. In the background, a hill rises with a prominent castle or tower on its peak, surrounded by dense greenery. The sky is blue with some white clouds.

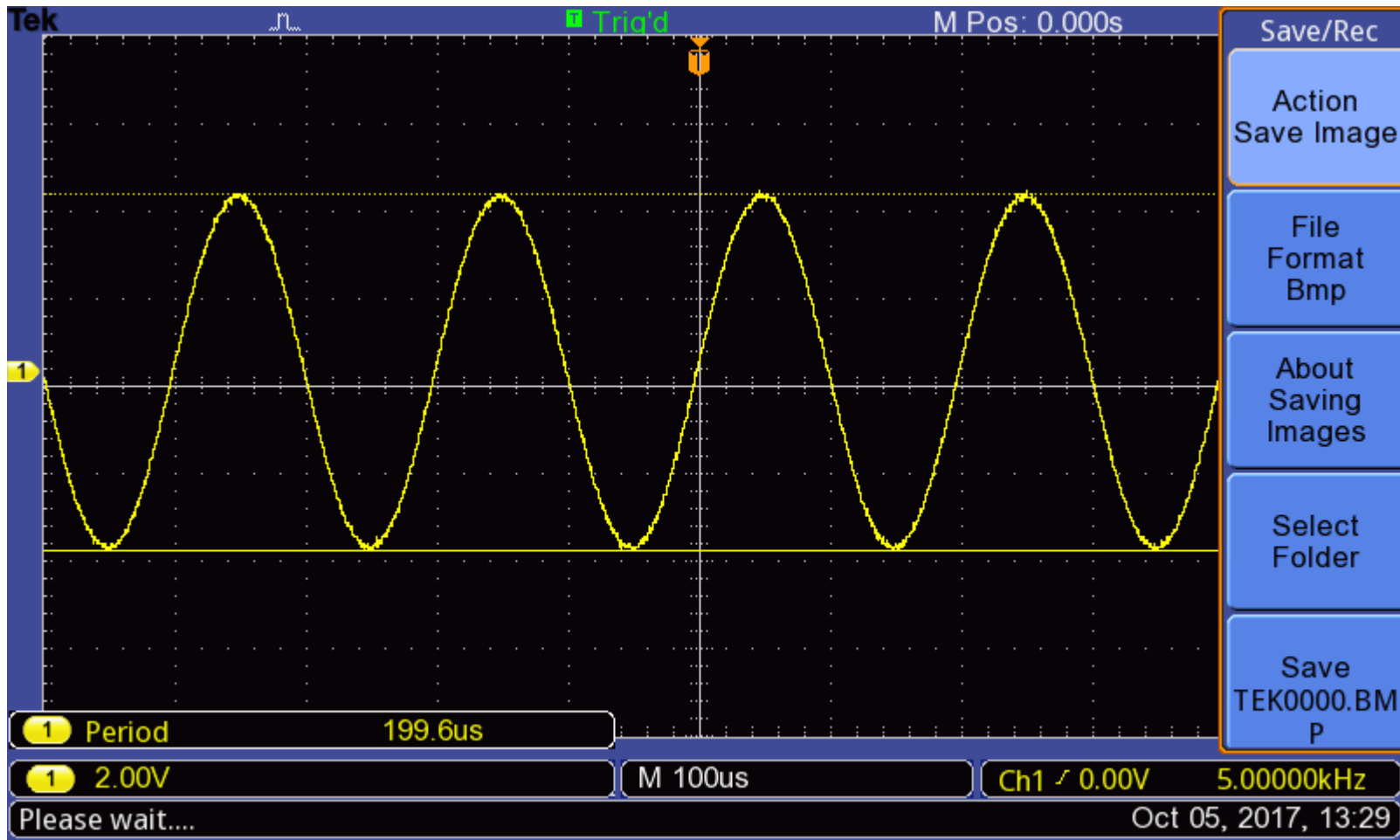
“The instruments change,  
but the principles endure.”

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

# Digitalni osciloskop

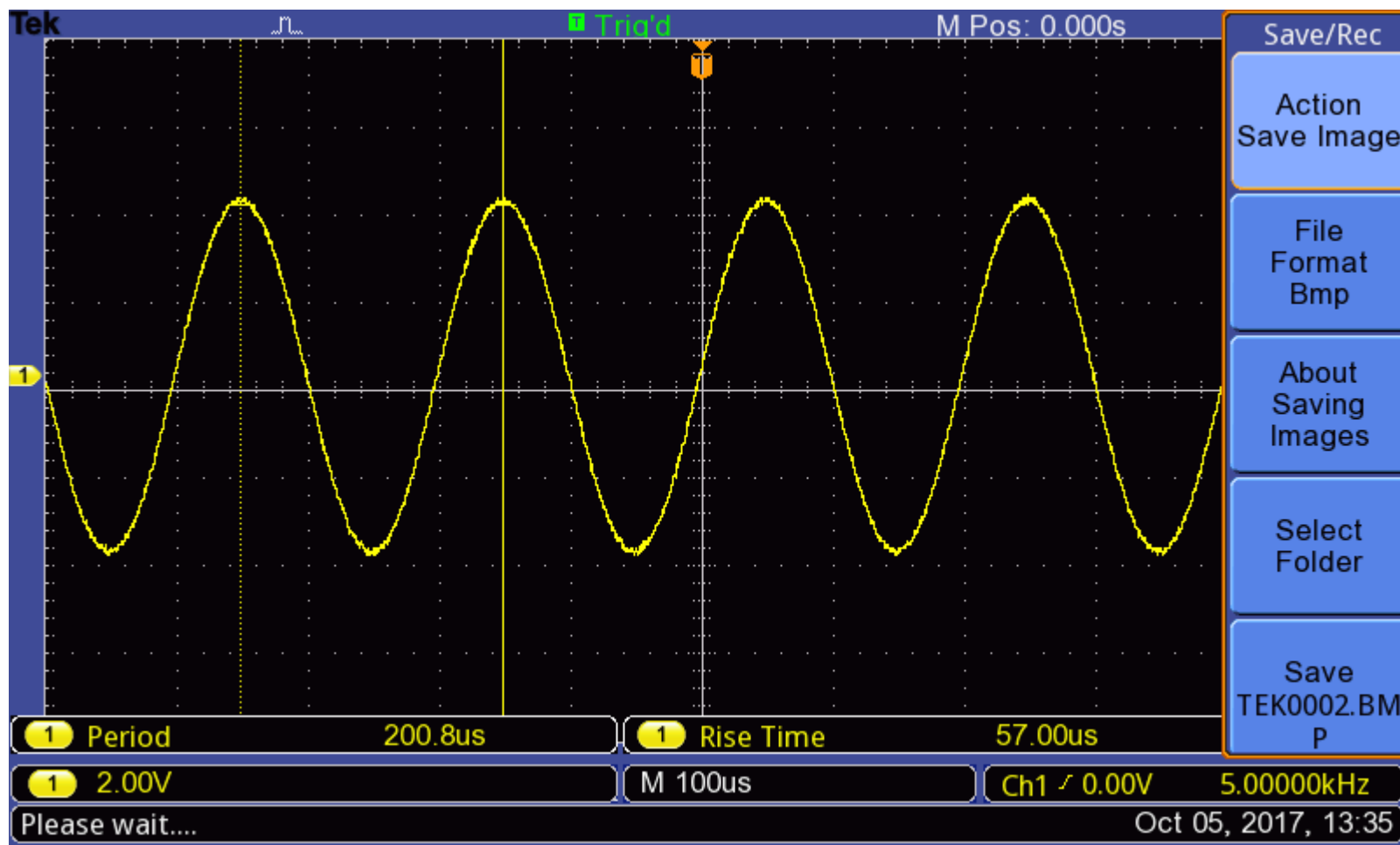
- Tehnologija realizacije je promenjena, ali suština je ostala ista.
- Digitalni osciloskop se danas koristi kao akvizicioni modul – može da čuva snimljene odbirke signala ili da se poveže sa računarom.
- Digitalni osciloskopi automatski vrše merenje amplitude, srednje vrednosti, periode, minimalne i maksimalne vrednosti napona, ...
- Najveća pogodnost kod merenja digitalnim osciloskopom je AUTO SET opcija. ALL, ...
  - “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 tj. kursori se mogu koristiti za merenja na digitalnom osciloskopu.
- Postoje vertikalni tj. “vremenski” i horizontalni tj. “naponski” pokazivači.
- Na slici je prikazan primer merenja amplitude tj. PTP vrednosti signala pomoću dva kursora.

# Vertikalni kursori



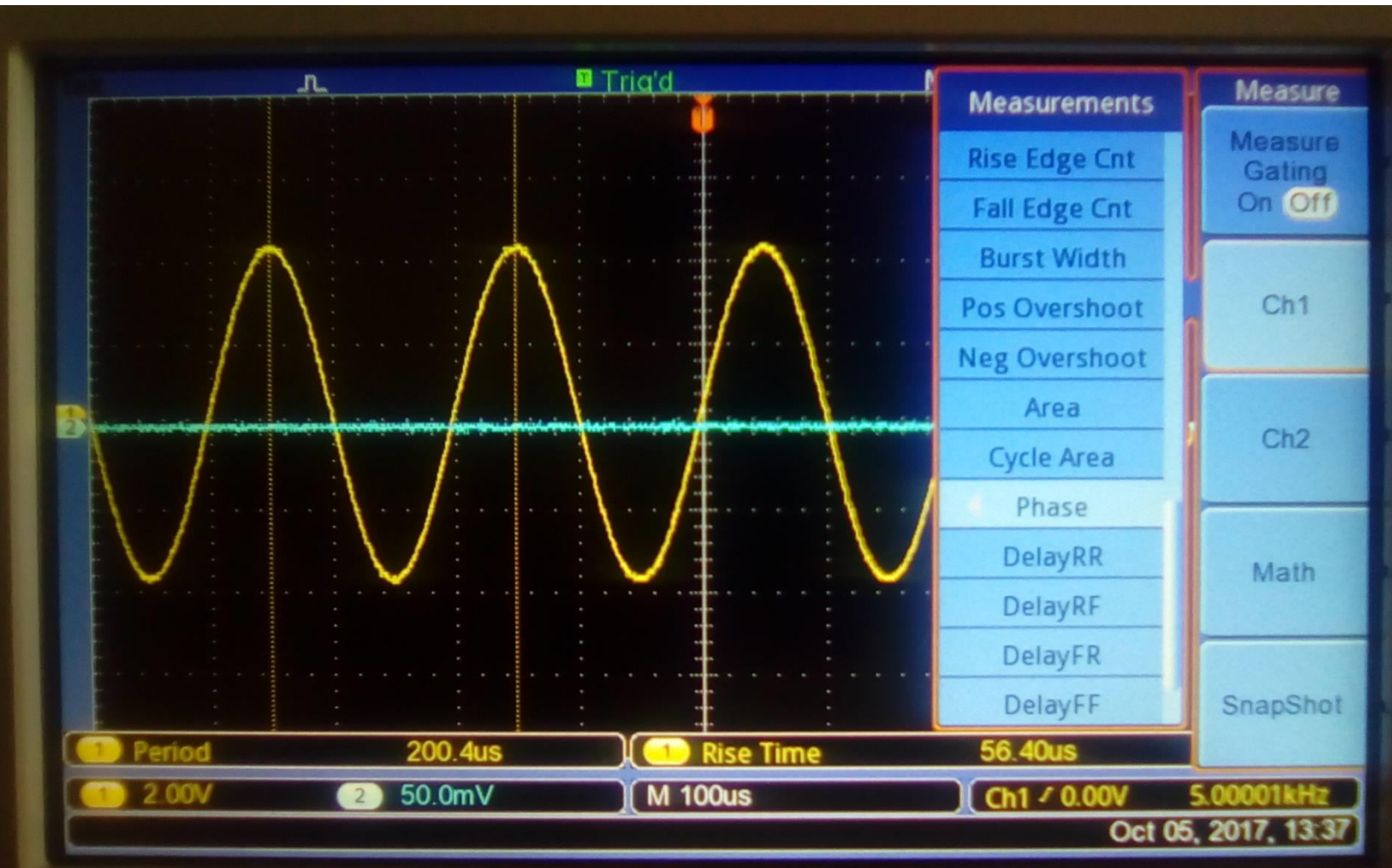
- Na slici je prikazan položaj kursora na digitalnom osciloskopu za merenje periode signala.
- Merenje periode između dva kursora koji se manuelno podešavaju se vrši automatski. Dodatno, vrši se i merenje razlike naponskih nivoa. **Zašto je to važno kod merenja periode?**

# Automatizovana merenja?

- U meniju digitalnog osciloskopa je moguće odabrati veličinu koja se želi izmeriti i ona će biti ispisana na ekranu.
- Pored snimanja 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”.



# Primer menija





# Prikaz signala na digitalnom osciloskopu

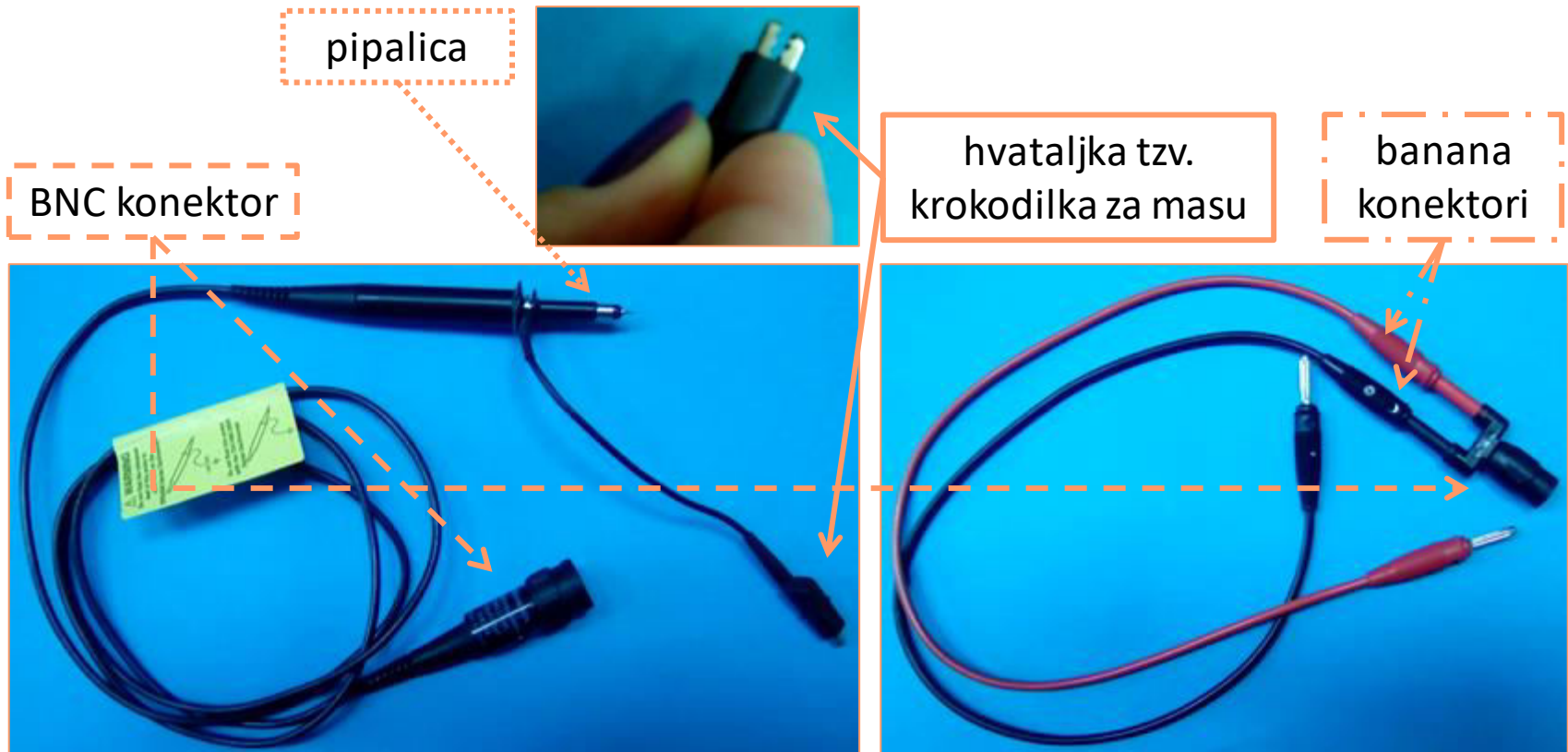
- Na prethodnim slikama bilo je prikazano nekoliko perioda signala (tačnije 4).
- Na analognim osciloskopima se sva očitavanja vrše kada je prikazana jedna perioda signala, kako bi greška očitavanja bila manja.
- Kod digitalnih osciloskopa, automatskim podešavanjima za prikaz signala na ekranu se dobija 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?
  - Koju vrednost digitalni osciloskop prikazuje za prikaz jedne periode na ekranu osciloskopa?

# 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,
  - snimiti izgleda ekrana osciloskopa (PRTSC) i
  - dr.
- Ove funkcije nisu karakteristične samo za digitalne osciloskope, već i za druge instrumente kao što su npr. DC i AC izvori napona.



# Sonda



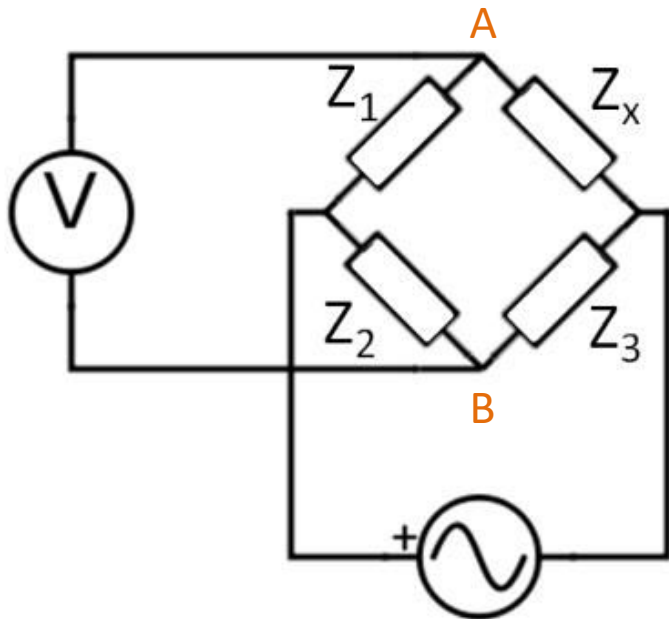
- Primer naponske sonde (eng. *probe*) za osciloskop je prikazan na slici levo.
- Sonda sa slike levo ima mogućnost podešavanja slabljenja od 10 puta.
- Kako se svaka sonda sastoji iz niza mehaničkih delova, one su relativno skupe.
- U laboratorijskim uslovima se najčešće koriste improvizovane sonde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

PRIKAZIVANJE NAPONA IZMEĐU DVA ČVORA

# 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 tzv. “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](https://zenodo.org/record/1335249/files/10.5281)).
- 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 fazne razlike priuvenou Lisažuobe figure

Ako se posmatraju dva signala oblika

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

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

$\Leftrightarrow$  koje važi:  $X_0 > 0$ ,  $Y_0 > 0$ ;  $-\pi \leq \varphi \leq \pi$

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  $t_k$ :

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

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

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

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

vrednost  $y$  u rowe je  $x=0$

$\Downarrow$  odatode se može odrediti fazna razlika  $\varphi$

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

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

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

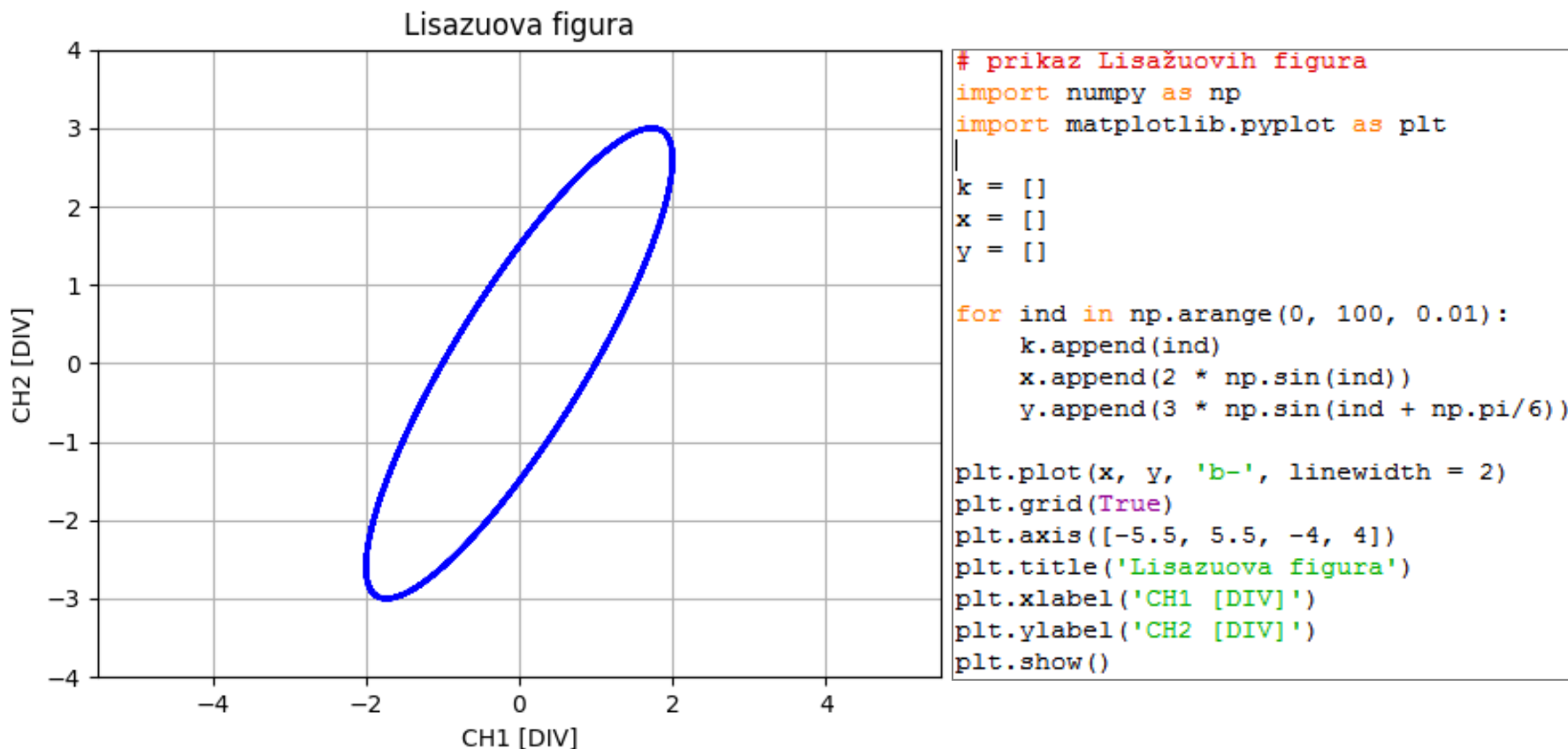
Na MSR se računa samo  $|\varphi|$ . Za više pogledati udžbenik.

05.10.17. *Horvath*

## Dodatni materijali za Lisažuove figure na sajtu

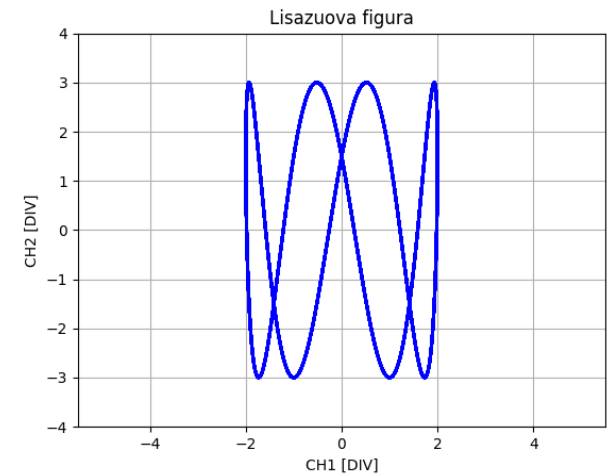
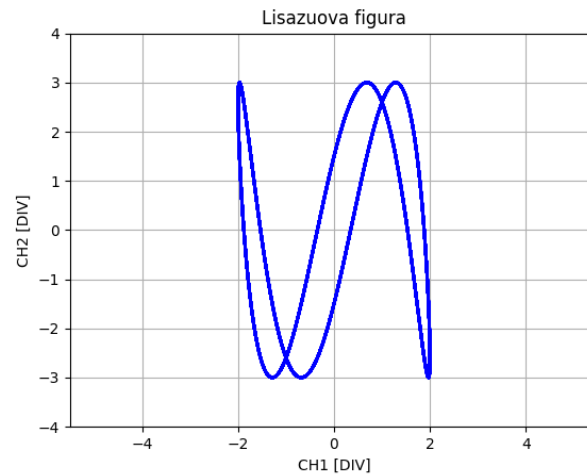
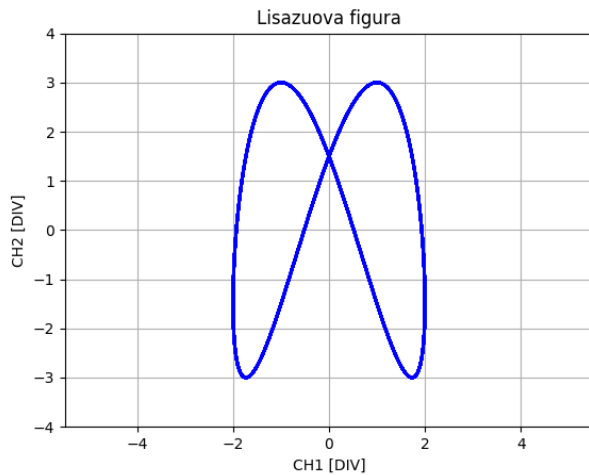
- U materijalima je opisano kako se dolazi do izraza za fazni pomeraj između dva signala istih frekvencija.
- Na MSR-u i na ispitu biće dovoljno da se izračuna apsolutna vrednost ovog ugla.
- Studenti/kinje koji/e su zainteresovani/e za detalje formiranja Lisažuovih figura se upućuju na udžbenik gde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

# Određivanje odnosa frekvencija



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

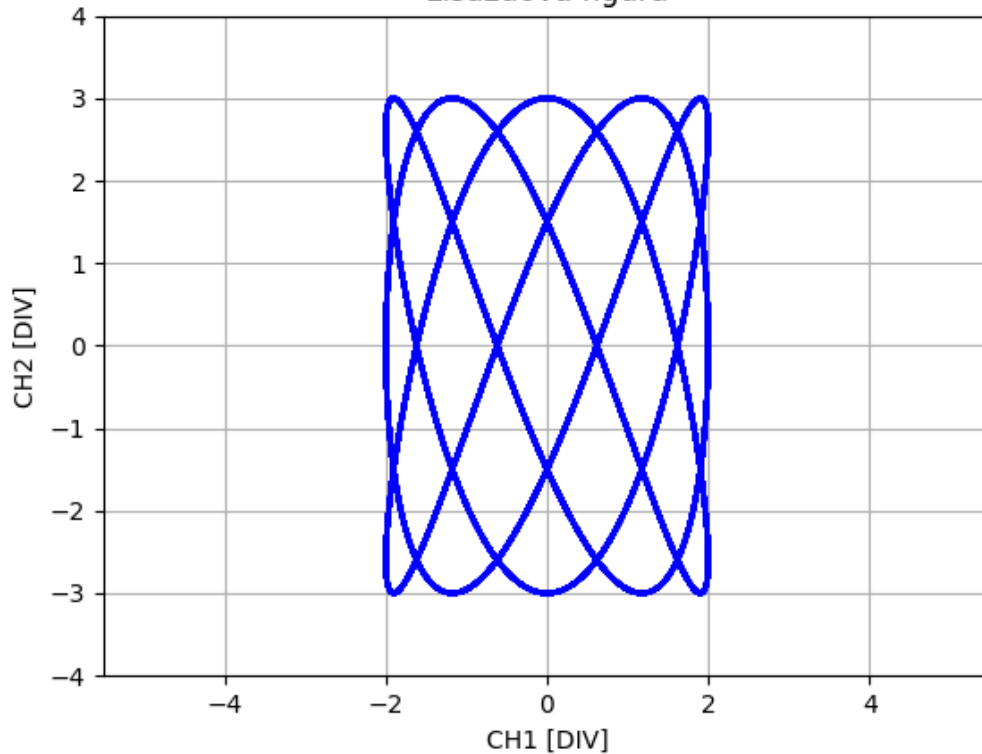
# Odnos frekvencija $f_y = k * f_x$



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

# Šta ako je odnos frekvencija 3 : 5?

Lisazuova figura

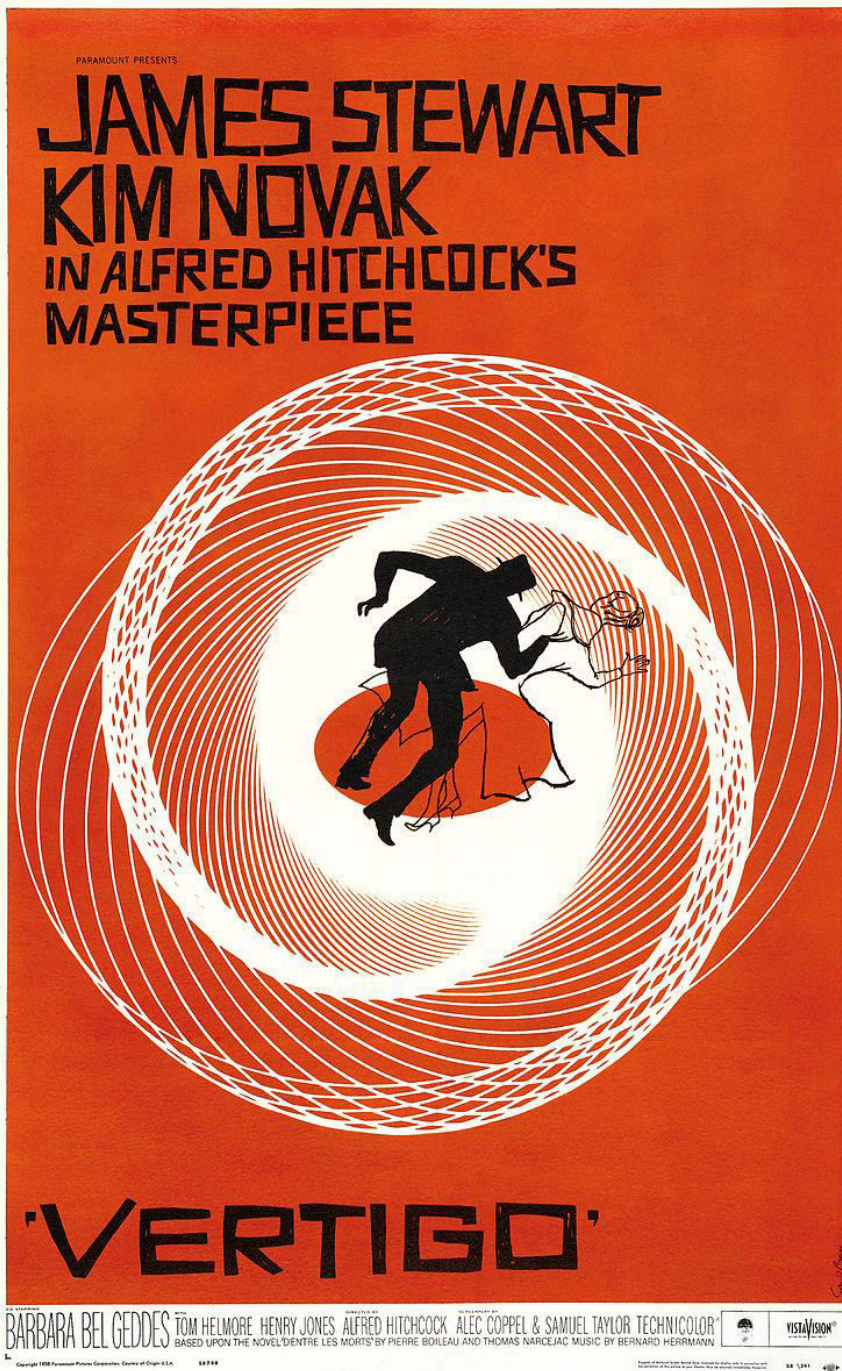


- Za odnos frekvencija između x i y signala u odnosu 3 : 5, Lisažuova figura je prikazana na slici.
- Kako bi ste očitali faznu razliku između ova dva signala sa ove figure?

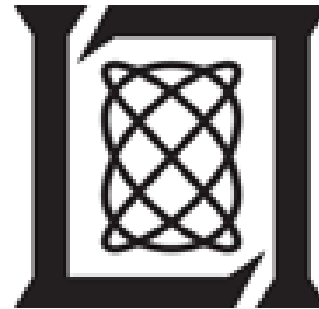
# Samerljivi signali?

- Na prethodnim slajdovima su prikazane Lisažuove 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:  $mf_x = nf_y$ , odnosno za periode važi  $nT_x = mT_y = T$ , gde je  $T$  osnovni zajednički period.
- Iscrtavanje Lisažuove 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” Lisažuove figure: kada se figura pretvara u duž, ako su signali u fazi ili protivfazi.
- Za veći broj primera, pogledati Atlase Lisažuovih 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?



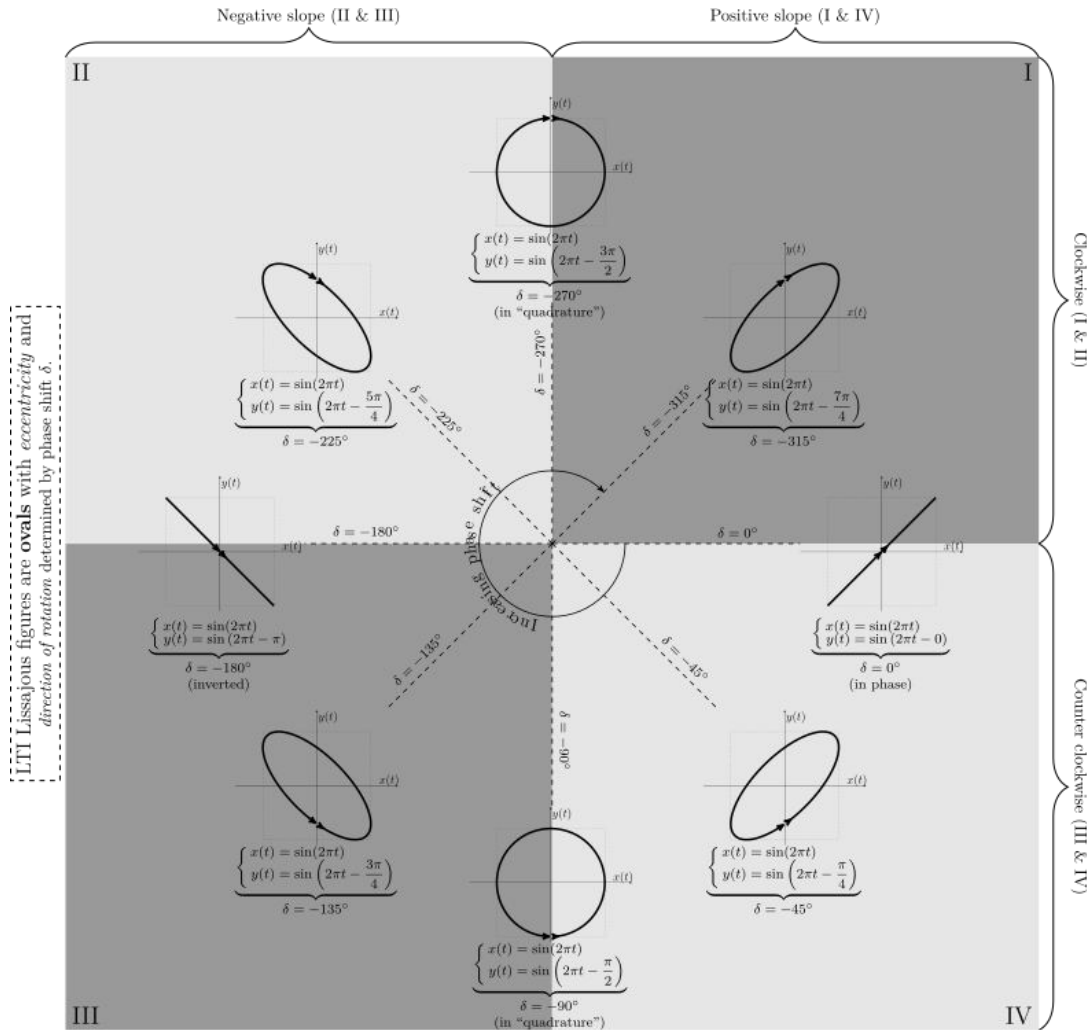
# Lisažuova figura u praksi?



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

By Copyrighted by Pa ramount Pictures Corporation. Incorporates a rtwork bySaul Bass (1920–1996)DescriptionAmerican graphic a rtistDate of birth/deathMay 8, 1920April 25, 1996Location of bi rth/deathNew York CityLos Angeles, CaliforniaAuthority controlVIAF: 100994995ISNI: 0000 0001 1777 4334ULAN: 500021030LCCN: n 78011471GND: 119407760WorldCat - <http://a liceovolk.files.wordpress.com/2012/11/vertigo-1958-usa-movie-poster-art-by-saul-bass-james-stewart-in-alfre d-hitchcocks-vertigo1.jpg>, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=27472245>

# Više o Lissažiovim figurama?



- Možete pogledati u knjigama, 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=34856336>.

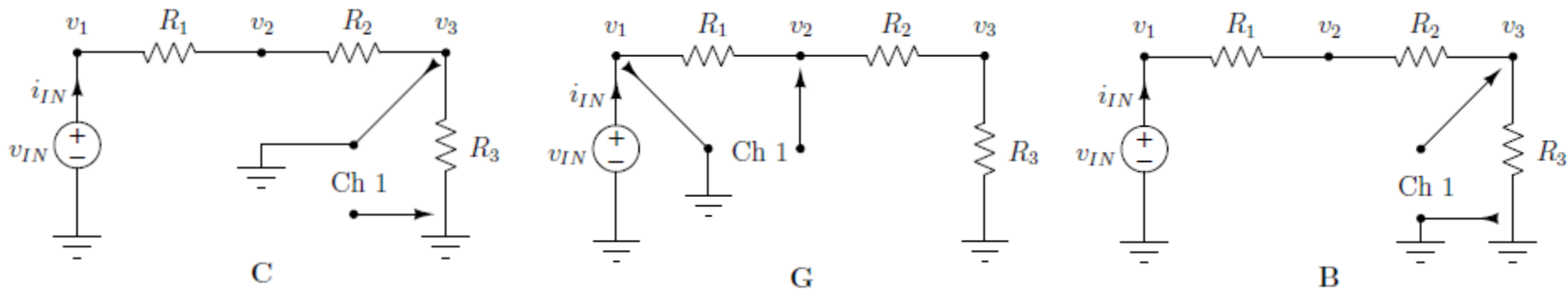




# Problem/izazov (?) sa uzemljenjem

- 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 tj. 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 osciloscopa isti tj. 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 tj. priključenje sonde osciloscopa je prikazano na slici B.



# Pravila rada u laboratoriji

- Pravilnici Elektrotehničkog fakulteta 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 15.10.2019.
  - 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 15.10.2019.
  - 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 15.10.2019.
- Pravila rada/ponašanja u laboratoriji 69:
  - 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 lab. vežbu.
  - Tokom rada se popunjava izveštaj, koji dežurni/a na kraju časa potpisuje i evidentira da li ste položili ili pali lab. 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.

# Nove preventivne mere

Обавезно ношење заштитне маске (постављене преко браде, уста и носа)	
Често прање руку, топлом водом са сапуном, у трајању од најмање 20 секунди	
Избегавајте блиски контакт са особама и држите минимално растојање од 2 метра	
Уколико кашљете или кијате, користите папирну марамицу коју ћете након употребе бацити у канту за отпатке	
Избегавајте додиривање уста, носа и очију рукама	
Уколико сте болесни (повишена температура и кашаљ) останите код куће и јавите се изабраном лекару	

- Maska je obavezna, prema preporukama za rad u laboratoriji, a ne poštovanje ovog pravila povlači kaznu za dežurne tj. demonstratore, Vaše kolege.
- Rastojanje smo izmerili i predvideli.
- Na slici je dato zvanično uputstvo sa ETF-a.
- Laboratorijske vežbe jesu obavezne, ali ako ste bolesni, ne dolazite!



# 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 rythmn. (defibrillation). Temporary respiratory paralysis and possibly burns.	600000 V	6000

- Tabela je preuzeta sa sajta: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electric/shock.html#c3>.
- 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.