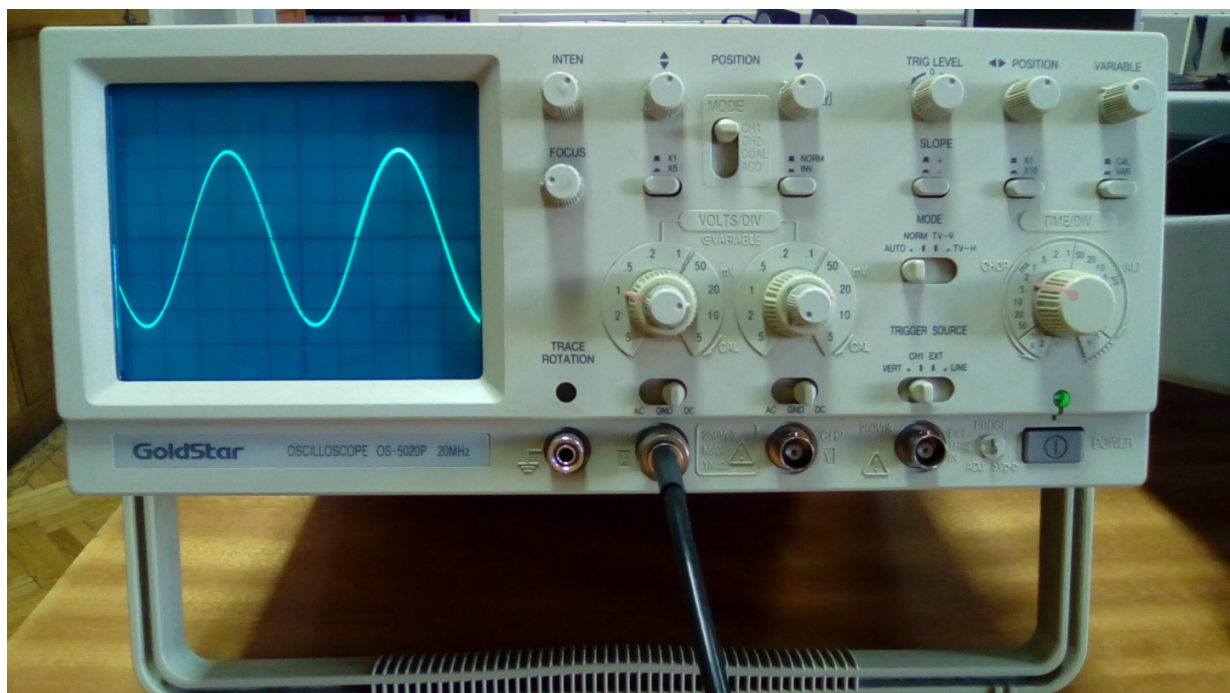


Merni sistemi u računarstvu 13E053MSR, <https://automatika.etf.bg.ac.rs/sr/13e053msr>

Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet, <http://www.etf.bg.ac.rs/>

Merenja na analognom osciloskopu



Dr Nadica Miljković, vanredni profesor, nadica.miljkovic@etf.bg.ac.rs

U Beogradu, oktobar 2022. godine

Ovaj dokument sadrži primere ispitnih zadataka koji bi trebalo da posluže studentima i studentkinjama za pripremu za rad na osciloskopu i merenja osnovnih vremenskih i frekvencijskih parametara na periodičnim signalima, ali i razumevanje dostupnih video uputstava na plajlisti pod nazivom "Osciloskop" (<https://www.youtube.com/watch?v=P2hW4HmmtKU&list=PLI3SYeiSufnCfpOyWAGEaYZnAeY-putAJ>).

Lista kratkih video uputstava¹ uključuje:

1. Petar Juković, Bogdan Badnjarević, MSR – Sinhronizacija slike na ekranu osciloskopa, 2020, [Online], <https://youtu.be/P2hW4HmmtKU?list=PLI3SYeiSufnCfpOyWAGEaYZnAeY-putAJ>
2. Petar Juković, Bogdan Badnjarević, MSR – Računanje srednje vrednosti, 2020, [Online], <https://youtu.be/YuS87ajE3U0?list=PLI3SYeiSufnCfpOyWAGEaYZnAeY-putAJ>
3. Petar Juković, Bogdan Badnjarević, MSR – Lisažuova figura na ekranu osciloskopa, 2020, [Online], <https://youtu.be/HIY-99ZRWOY?list=PLI3SYeiSufnCfpOyWAGEaYZnAeY-putAJ>
4. Petar Juković, Bogdan Badnjarević, MSR – Merenje trajanja usponske ivice signala na osciloskopu, 2020, [Online], <https://youtu.be/Uj0wu8Q7h5g?list=PLI3SYeiSufnCfpOyWAGEaYZnAeY-putAJ>
5. Petar Juković, Bogdan Badnjarević, MSR – Svetleća tačka na ekranu analognog osciloskopa, 2020, [Online], <https://youtu.be/nbkPzqdhcsc?list=PLI3SYeiSufnCfpOyWAGEaYZnAeY-putAJ>
6. Pavle Radojković, Petar Juković, MSR – Arduino kod, 2020, [Online], https://youtu.be/kKeb_QVuick?list=PLI3SYeiSufnCfpOyWAGEaYZnAeY-putAJ
7. Pavle Radojković, Petar Juković, MSR – Merenja na digitalnom osciloskopu i kursori, 2020, [Online], <https://youtu.be/LNPKhrhICyc?list=PLI3SYeiSufnCfpOyWAGEaYZnAeY-putAJ>
8. Pavle Radojković, Petar Juković, MSR – Povezivanje Arduina sa digitalnim osciloskopom, 2020, [Online], https://youtu.be/Ob4N1Bex_tg?list=PLI3SYeiSufnCfpOyWAGEaYZnAeY-putAJ
9. Petar Juković, Bogdan Badnjarević, MSR – Rad sa generatorom funkcija, 2020, [Online], <https://youtu.be/SLcfX-a7Nx8?list=PLI3SYeiSufnCfpOyWAGEaYZnAeY-putAJ>

Ovaj skup zadataka se može proširiti i nekim primerima i zadacima koji se drže na predmetima iz oblasti Električnih merenja za OE odsek (<http://tnt.etf.rs/~oe2em/>) i za OS, OT i OF odseke (<http://telit.etf.rs/kurs/elektricna-merenja/>), pa se studentkinje i studenti za dodatne primere upućuju i na sajtove ovih predmeta.

Takođe, dodatni zadaci za rad se mogu naći i u prezentacijama sa predavanja za predmet Merni sistemi u računarstvu (<https://automatika.etf.bg.ac.rs/sr/13e053msr>) iz oblasti merenja sa osciloskopom.

Napomena: Lisažuove figure koje su prikazane u ovoj skripti sa ispitnim zadacima su prikazane sa smerom iscrtavanja na ekranu osciloskopa. Razlog tome je što su preuzete iz Atlasa Lisažuovih figura koji je namenjen studentima OE modula, a prevazilazi gradivo na ovom predmetu.

U Beogradu, oktobra 2022. godine

¹ Sva video uputstva imaju titlove koje je moguće uključiti, a trebalo bi pogledati napomene i dodatna objašnjenja u tekstu ispod video linka.

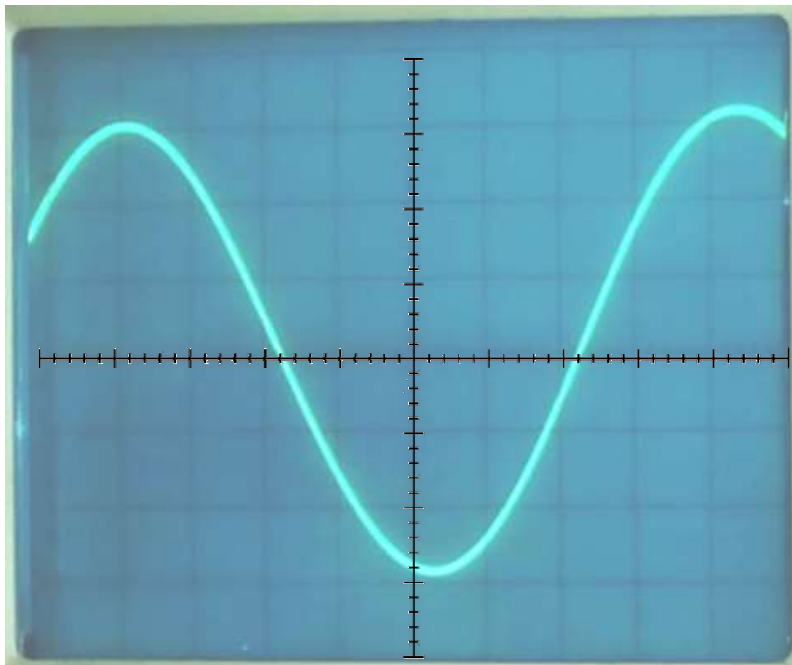
Zadaci za rad sa rešenjima

1. Za signal koji je doveden na CH1 i prikazan na ekranu osciloskopa na Sl. 1 odrediti:

- amplitudu,
- PTP vrednost (eng. *peak-to-peak*),
- frekvenciju i
- periodu.

Pomoću potenciometra POSITION za CH1 i GND preklopnika nulti nivo napona je postavljen na centralnu liniju graduacije ekrana. Podrazumevati da su svi CAL potenciometri postavljeni u kalibracioni krajnji desni položaj. Preklopnik (X1, X5) za CH1 pomoću koga je moguće pojačati signal sa kanala CH1 5 puta je postavljen u položaj X1, preklopnik pomoću koga se podešava izbor slike na ekranu (CH1, CH2, ADD, DUAL) je postavljen u položaj CH1 i preklopnici za podelu naponske i vremenske ose su postavljeni na 1 V/DIV i 20 μ s/DIV. Pored merenja a) do d), odgovoriti i na sledeća pitanja:

- Da li je moguće promeniti neka od podešavanja na osciloskopu da očitavanje bude tačnije i preciznije?
- Da li će na merenja imati uticaj gde se nalazi preklopnik za pojačanje napona od 5 puta za CH1 (X1, X5) i da li će imati uticaja posmatranje AC i DC komponenti signala tj. nazimenične i trenutne vrednosti?



Sl. 1, Prikaz sinusoidalnog napona na osciloskopu.

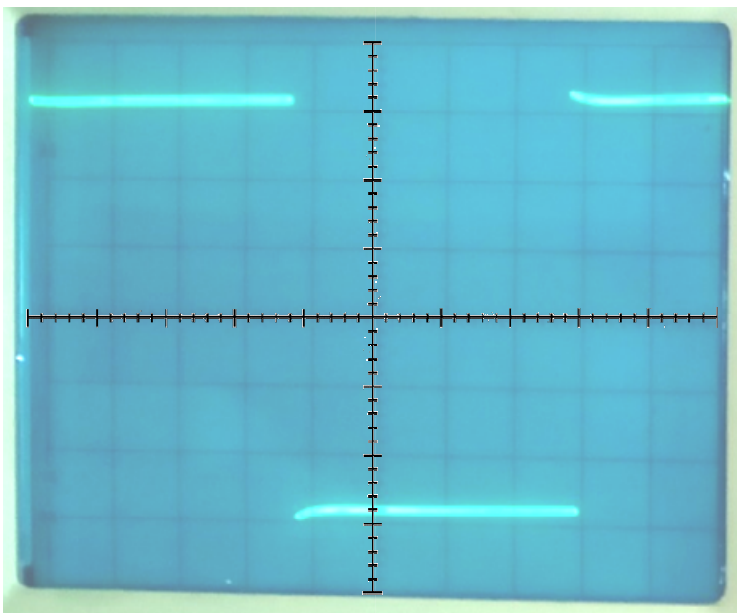
Rešenje 1. zadatka:

Amplituda je 3 V, PTP je 6 V, frekvencija je 6 kHz i perioda je $1/6 \text{ kHz} = 166,67 \mu\text{s}$ (podaci sa naponskog generatora AC (eng. *Alternate Current*) signala).

Da, moguće je, na primer, postaviti nulti nivo na krajnju donju liniju, pa sa većom rezolucijom izmeriti maksimalnu vrednost. Analogno važi za minimalnu vrednost napona signala. Dodatno, moguće je primenom POSITION potencijometra za horizontalne ploče očitati vrednosti minimuma i maksimuma na centralnoj liniji graduacije ekrana.

Na merenja će postavljanje preklopnika u položaj X5 uticati tako što će očitavanja amplitude i PTP vrednosti biti 5 puta veća, ali se merenje frekvencije i periode neće promeniti. Na merenja neće uticati izbor prikazivanja trenutne vrednosti (DC) i naizmenične komponente signala (AC), jer se ne očitavaju minimalna i maksimalna vrednost, već PTP i amplituda ($\text{PTP} / 2$) koji se ne menjaju sa promenom ovog načina prikaza na ekranu.

2. Ponoviti očitavanja za ista podešavanja osciloskopa kao u zadatku 1 za signal prikazan na Sl. 2, ako je poznato da je *duty cycle* tj. faktor ispunjenosti impulsa jednak 50%.



Sl. 2, Prikaz signala na osciloskopu (eng. *square wave*).

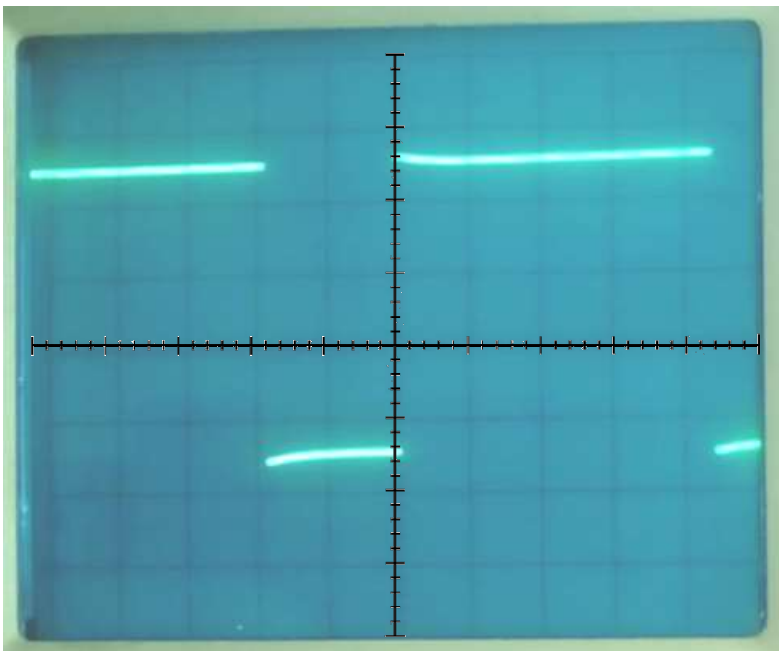
Rešenje 2. zadatka:

Isto kao u prethodnom primeru. Ovde je, dodatno, poželjno prikazati celu periodu signala pomoću potenciometra POSITION za podešavanje slike na ekranu osciloskopa.

3. Za signal koji je doveden na CH1 i prikazan na ekranu osciloskopa (CH1) na Sl. 3 odrediti:

- a) minimalnu i maksimalnu vrednost,
- b) trajanje logičke jedinice,
- c) trajanje logičke nule,
- d) frekvenciju,
- e) faktor ispunjenosti impulsa i
- f) periodu.

Pomoću potenciometra POSITION za CH1 i GND preklopnika nulti nivo napona je postavljen na centralnu liniju graduacije ekrana. Podrazumevati da su svi CAL potenciometri postavljeni u kalibracioni krajnji desni položaj. Preklopnik (X1, X5) za CH1 pomoću koga je moguće pojačati signal sa kanala CH1 5 puta je postavljen u položaj X1, preklopnik pomoću koga se podešava izbor slike na ekranu (CH1, CH2, ADD, DUAL) je postavljen u položaj CH1 i preklopnici za podelu naponske i vremenske ose su postavljeni na 2 V/DIV i 10 μ s/DIV, respektivno. Posmatra se trenutna vrednost signala (DC na osciloskopu). Pored merenja a) do f), odgovoriti i na sledeće pitanje: Da li je moguće promeniti neka od podešavanja na osciloskopu da očitavanje bude tačnije i preciznije?

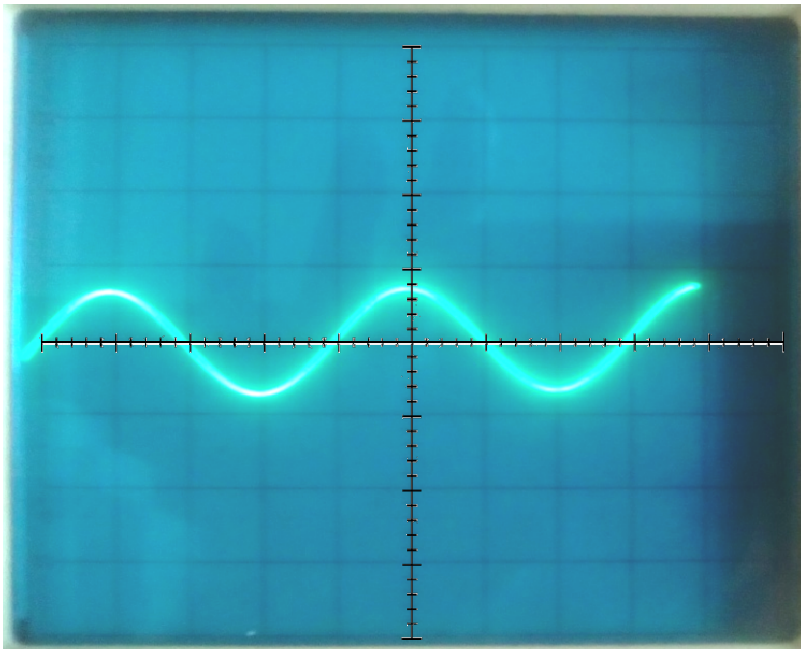


Sl. 3. Izgled ekrana osciloskopa za četvrtku na osciloskopu.

Rešenje 3. zadatka:

Minimalna vrednost je -2.8 V (ili -3.6 V, zavisi od očitavanja, jer se signal nalazi na granici između dva podeoka), a maksimalna vrednost je 5.2 V. Trajanje logičke jedinice je 44 μ s, trajanje logičke nule je 18 μ s, frekvencija je $1/(44 \mu\text{s} + 18 \mu\text{s}) = 16.13 \text{ kHz}$ (na generatoru je podešeno na 16 kHz, a HI LEVEL je postavljen na 5 V), perioda je 62 μ s (na generatoru je podešeno na 62.5 μ s) i faktor ispunjenosti impulsa je $100 * (44 / 62) = 70.97\%$ (na generatoru je bilo postavljeno 70%).

4. Kolika je rezolucija očitavanje maksimalne vrednosti napona na CH1 koji je prikazan na Sl. 4 (nulti nivo napona je postavljen na centralnu liniju graduacije ekrana), ako je preklopnik za podelu naponske ose postavljen na 5 V/DIV i ako se pretpostavi da je odnos širine i visine ekrana osciloskopa 8:10?

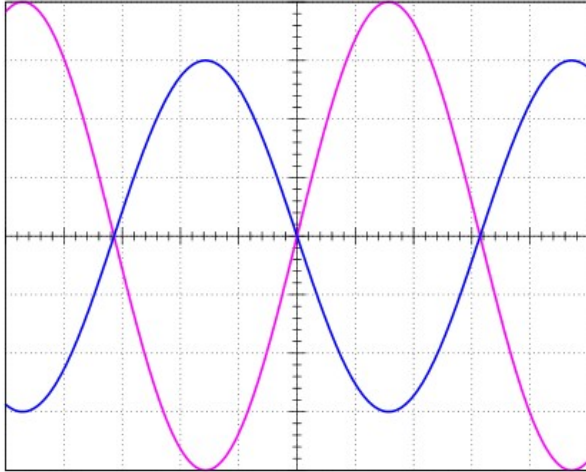


Sl. 4, Prikaz sinusoidalnog napona na ekranu osciloskopa.

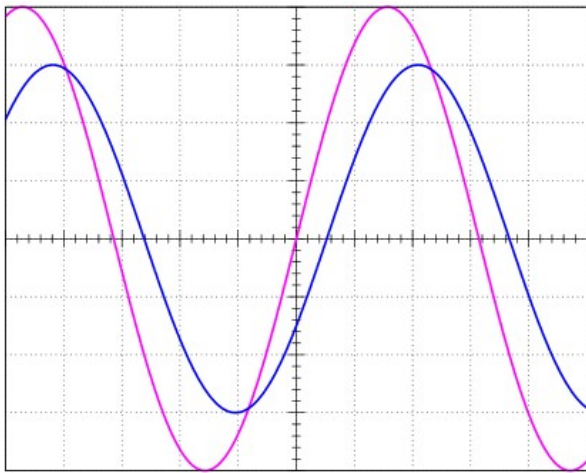
Rešenje 4. zadatka:

Maksimalna vrednost ovog napona je $0.8 * 5 \text{ V} = 4 \text{ V}$, kako je ovde podela 0.2 DIV-a odgovara naponu od $0.2 * 5 \text{ V} = 1 \text{ V}$ to je ujedno i najmanji korak za predstavljanje napona sa slike, pa je greška očitavanja $100 * 1 \text{ V} / 4 \text{ V} = 25\%$.

5. Za signale prikazane na Sl. 5 i Sl. 6, skicirati Lisažuovu figuru i očitati faznu razliku između tih signala u vremenskom domenu i primenom Lisažuovih figura (korišćeni su primeri iz Atlasa Lisažuovih figura - određivanje faznog stava prof. Pejovića, <http://tnt.etf.rs/~oe2em/lissajous-phase.pdf>). Podrazumevati da se signal sa CH1 vodi na ploče za horizontalno skretanje (prikazan ljubičastom bojom), a signal sa CH2 na ploče za vertikalno skretanje (signal sa CH2 je prikazan plavom bojom).



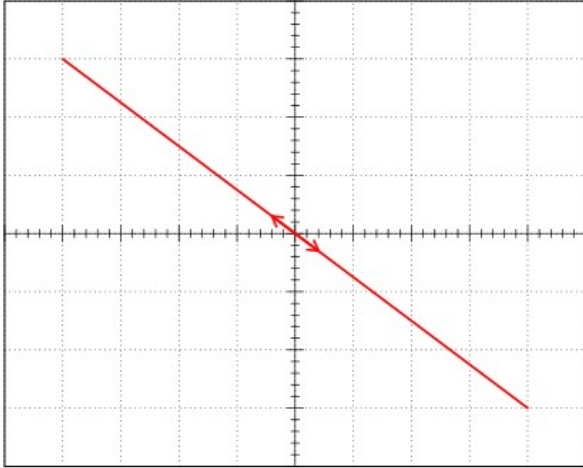
Sl. 5, Signal $x = 4 \text{ div } \sin(\omega t)$ koji se vodi na kanal CH1 i signal $y = 3 \text{ div } \sin(\omega t - \varphi)$ koji se vodi na kanal CH2.



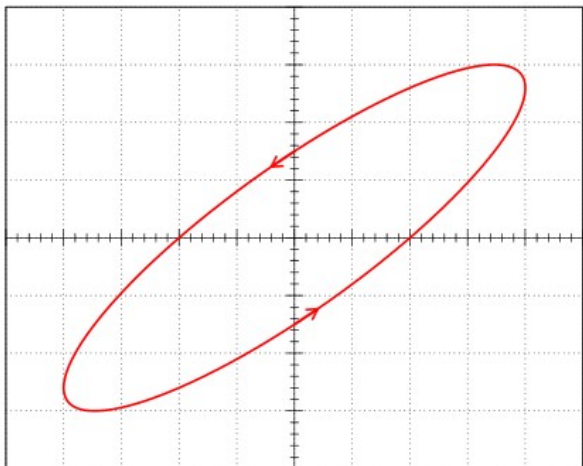
Sl. 6, Signal $x = 4 \text{ div } \sin(\omega t)$ koji se vodi na kanal CH1 i signal $y = 3 \text{ div } \sin(\omega t - \varphi)$ koji se vodi na kanal CH2.

Rešenje 5. zadatka:

$$\varphi = -180^\circ$$



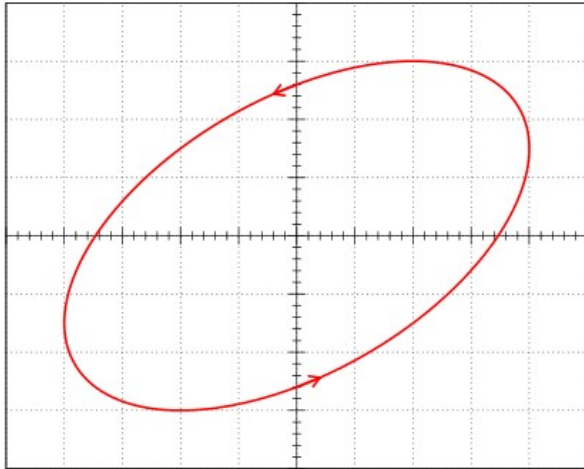
$$\varphi = 30^\circ$$



6. Signal $v_1 = V_1 \sin(\omega t)$ sa kanala CH1 je doveden na ploče za horizontalno skretanje, a signal $v_2 = V_2 \sin(\omega t + \varphi)$ sa kanala CH2 je doveden na ploče za vertikalno skretanje i dobijena je slika na ekranu osciloskopa (Sl. 7). Odrediti:

- faznu razliku,
- amplitudu i
- PTP vrednost napona

za signale koji su dovedeni na kanale CH1 i CH2, ako je podela naponske ose za CH1 1 V/DIV i za CH2 0.5 V/DIV. Za ovaj zadatak korišćen je primer iz Atlasa Lisažuovih figura - određivanje faznog stava prof. Pejovića, <http://tnt.etf.rs/~oe2em/lissajous-phase.pdf>.



Sl. 7, Izgled ekrana osciloskopa.

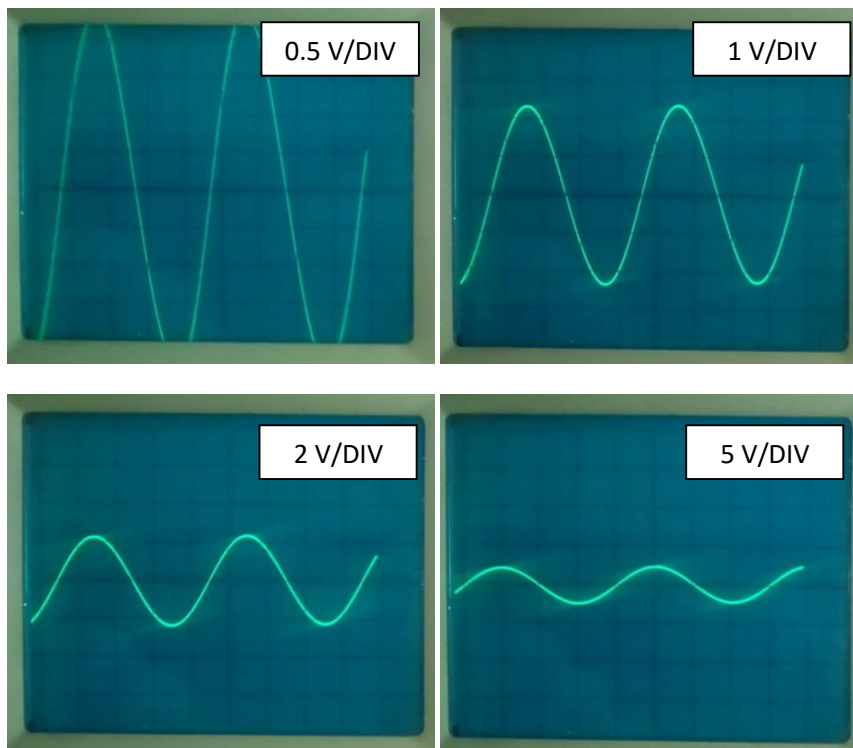
Rešenje 6. zadatka:

Fazna razlika je $\varphi = 60^\circ$, a PTP za CH1 je 8 V i amplituda 4 V, a za CH2 PTP je 3 V i amplituda 1.5 V. Primititi da kod prikaza Lisažuoove figure postoji redukovana informacija tj. nije moguće samo na osnovu informacije o Lisažuoovoj figuri odrediti kompletan izgled signala u vremenskom domenu, ali je obrnuto moguće.

7. Ako se meri PTP vrednost od 4.7 V za periodičan sinusoidalni napon, a preklopnik za podelu naponske ose ima sledeće moguće položaje: 5 V/DIV, 2 V/DIV, 1 V/DIV, 0.5 V/DIV, 0.2 V/DIV, 0.1 V/DIV, 50 mV/DIV, 20 mV/DIV, 10 mV/DIV i 5 mV/DIV, odrediti kolika je minimalna rezolucija merenog napona u procentima na ekranu osciloskopa? Smatrati da je odnos visine i širine ekrana 8:10 i da su svi CAL potencijometri u kalibrisanom položaju. Takođe, smatrati da je nulti nivo napona postavljen na centralnu liniju graduacije ekrana i da ga nije moguće menjati kao i da je prikazana naizmenična komponenta signala (AC).

Rešenje 7. zadatka:

Na Sl. 8 je prikazan izgled ekrana osciloskopa za različite podele V/DIV (5, 2, 1 i 0.5 V/DIV) za signal čija je PTP jednaka 4.7 V. Iz slika se vidi da se očitavanje sa najmanjom greškom postiže sa podelom naponske ose od 1 V/DIV - to važi samo pod uslovom da nulti nivo napona mora da ostane na centralnoj liniji graduacije ekrana, što u praksi nije slučaj kod ovih merenja.



Sl. 8, Prikaz ekrana osciloskopa za podele na 0.5 V/DIV, 1 V/DIV, 2 V/DIV i 05 V/DIV.

Sa Sl. 8 se vidi da nije moguće realizovati merenje sa podelom od 0.5 V/DIV iako je rezolucija najmanja:
 $0.5 \text{ V} * 0.2 = 0.1 \text{ V}$, a u procentima $100 * 0.1 \text{ V} / 4.7 \text{ V} = 2.13\%$.

Na sličan način, dobija se za ostale podele:

1 V/DIV: $1 \text{ V} * 0.2 = 0.2 \text{ V}$, odnosno $100 * 0.2 \text{ V} / 4.7 \text{ V} = 4.26\%$

2 V/DIV: $2 \text{ V} * 0.2 = 0.4 \text{ V}$, odnosno $100 * 0.4 \text{ V} / 4.7 \text{ V} = 8.51\%$

5 V/DIV: $5 \text{ V} * 0.2 = 1 \text{ V}$, odnosno $100 * 1 \text{ V} / 4.7 \text{ V} = 21.28\%$

8. Ako se meri fazna razlika između dva signala, kako treba podesiti prikaz signala na ekranu osciloskopa da bi se pravilno tj. sa što manjom greškom očitala fazna razlika?

Rešenje 8. zadatka:

Pogledati prezentaciju sa predavanja i udžbenik prof. P. Pejovića, "Princip rada i primena osciloskopa".

9. Objasniti u kom položaju preklopnika za prikaz slike na ekranu osciloskopa AC, DC ili GND se očitavaju sledeće vrednosti:

- a) amplituda signala,
- b) minimalna vrednost,
- c) maksimalna vrednost,
- d) PTP (eng. *peak-to-peak*),
- e) perioda,
- f) frekvencija,
- g) trajanje usponske/silazne ivice i
- h) faktor ispunjenosti impulsa.

Rešenje 9. zadatka:

Pogledati prezentaciju sa predavanja i udžbenik prof. P. Pejovića, "Princip rada i primena osciloskopa".

10. Kada se potenciometar CAL za kontinualnu promenu pojačanja izvodi iz kalibrisanog položaja:

- a) na vremenskoj osi i
- b) na naponskoj osi?

Rešenje 10. zadatka:

Pogledati prezentaciju sa predavanja i udžbenik prof. P. Pejovića, "Princip rada i primena osciloskopa".