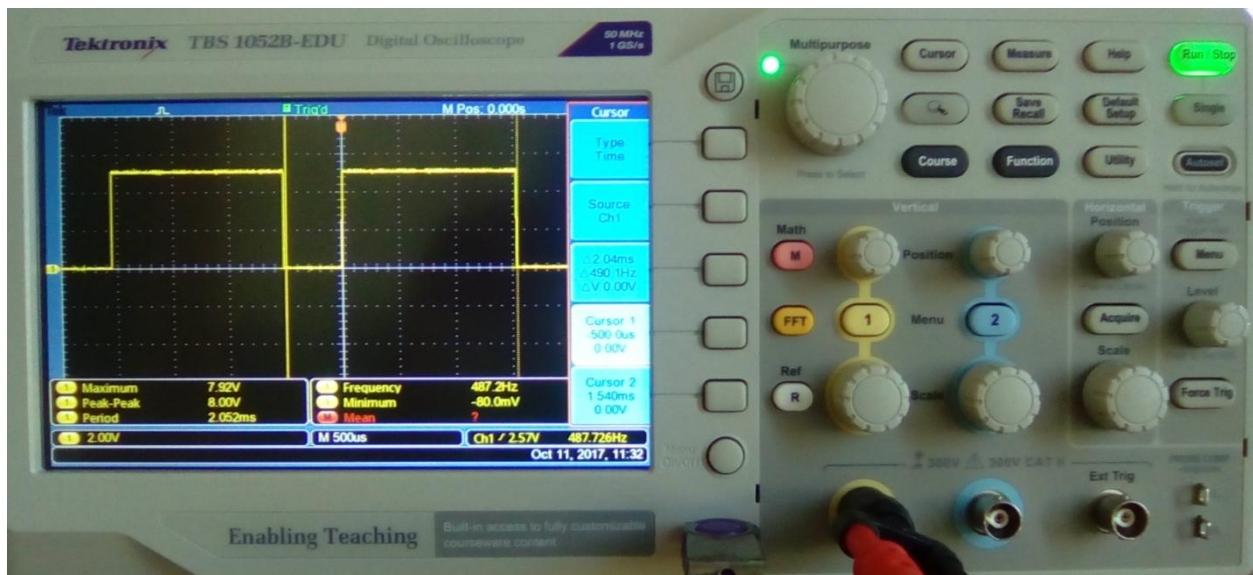


Merni sistemi u računarstvu 13E053MSR, <http://automatika.etf.rs/sr/13e053msr>

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

# Merenja na digitalnom i analognom osciloskopu

---



doc. dr Nadica Miljković, [nadica.miljkovic@etf.rs](mailto:nadica.miljkovic@etf.rs)

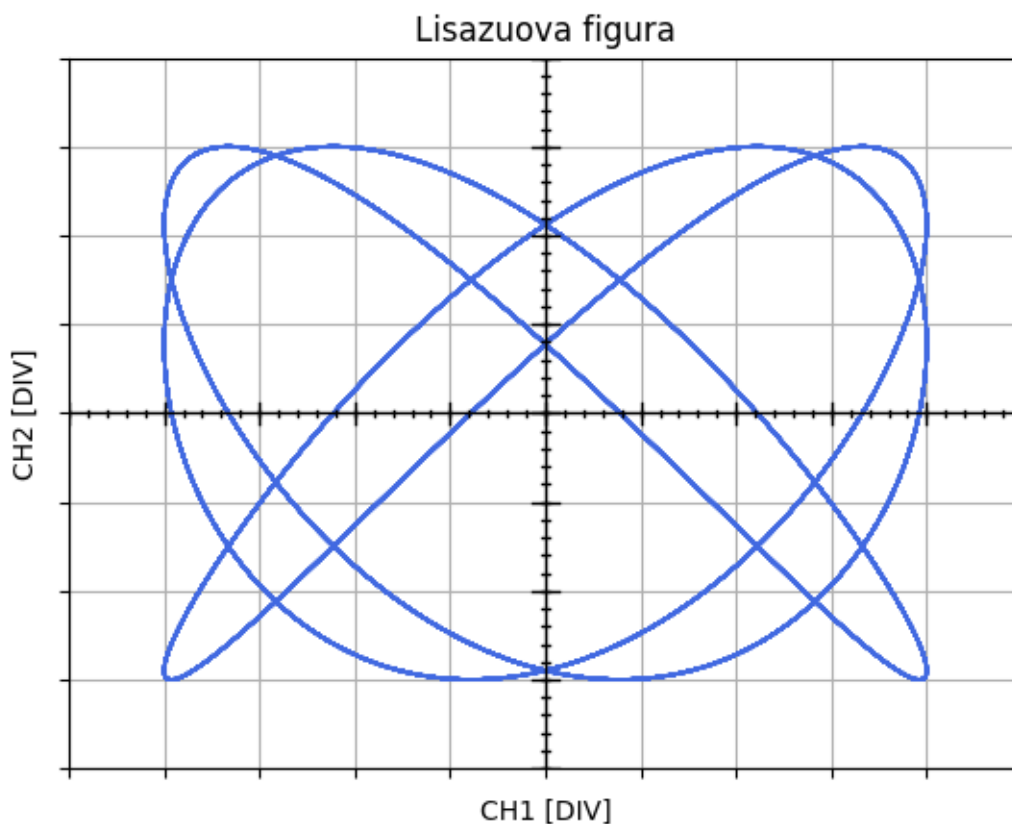
u Beogradu, oktobar 2018. godine

## Zadaci za rad sa rešenjima

1. Za Lisažuove figure na sledećim slikama (Sl. 1-8) koje su dobijene tako što je CH1 doveden na ploče za horizontalno skretanje, a CH2 na ploče za vertikalno skretanje, odrediti:

- odnos frekvencija  $f_1$  i  $f_2$  za signale koji su dovedeni na kanale CH1 i CH2, respektivno,
- faznu razliku  $|\varphi|$  gde je to moguće i
- PTP za oba signala, ako je podela naponske ose za CH1 1 V/DIV, a podela za CH2 2 V/DIV.

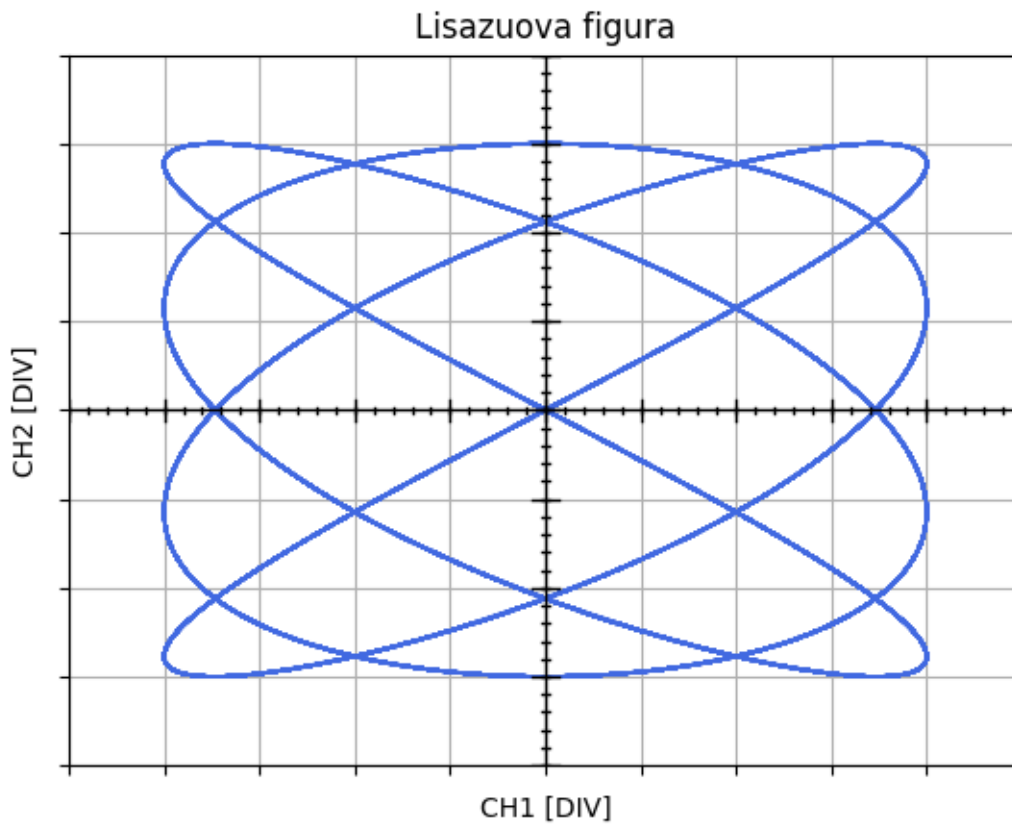
NAPOMENA: Smatrati da su svi CAL potencimetri u kalibrisanom položaju i da se preklopnik koji pojačava napon 5 puta P1(X1, X5) na CH1 nalazi u položaju X1.



Sl. 1, Lisažuova figura 1.

Rešenje 1.1 zadatka:

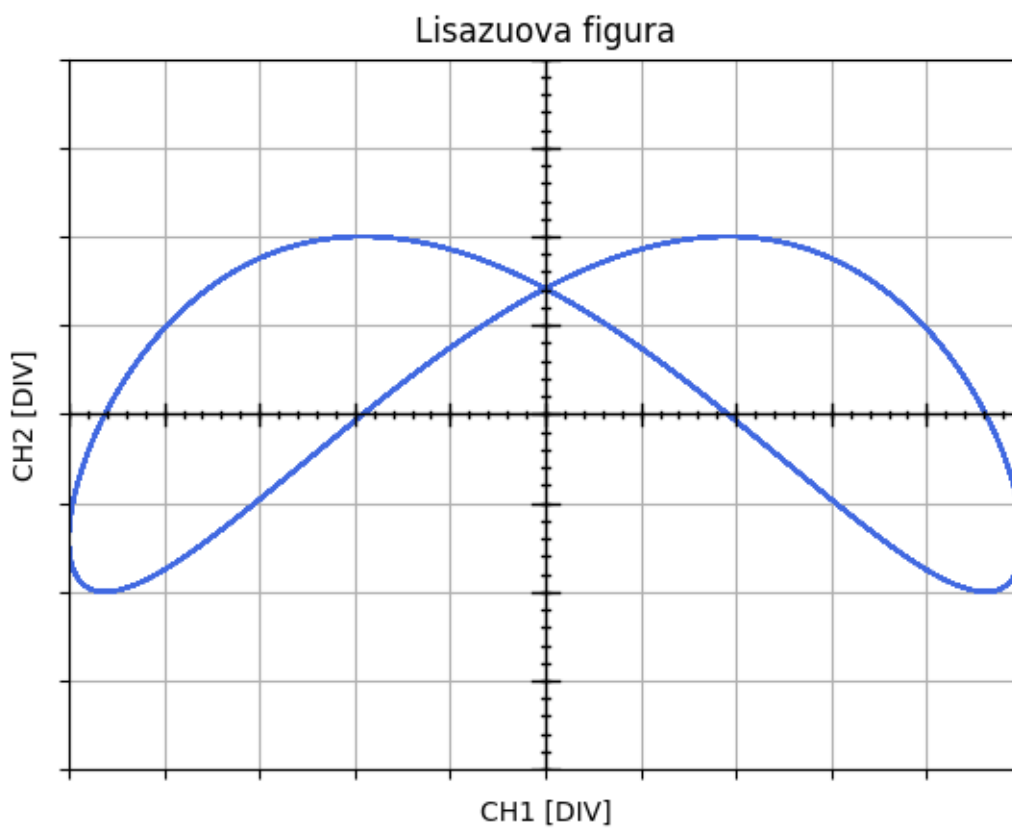
a)  $f_1 : f_2 = 3 : 4$ , b)  $|\varphi| = 45^\circ$ , c) PTP1 = 8 V, PTP2 = 12 V



Sl. 2, Lisažuova figura 2.

Rešenje 1.2 zadatka:

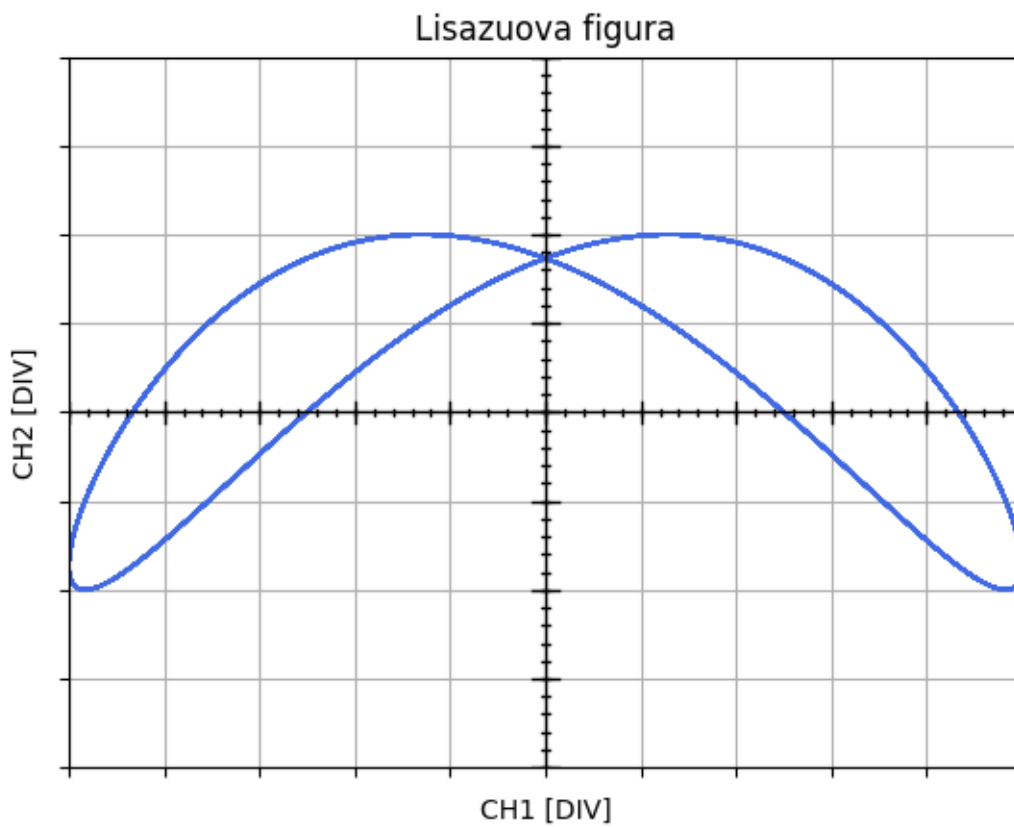
a)  $f_1 : f_2 = 4 : 3$  , b)  $|\varphi| = 45^\circ$  , c) PTP1 = 8 V, PTP2 = 12 V



Sl. 3, Lisažuova figura 3.

Rešenje 1.3 zadatka:

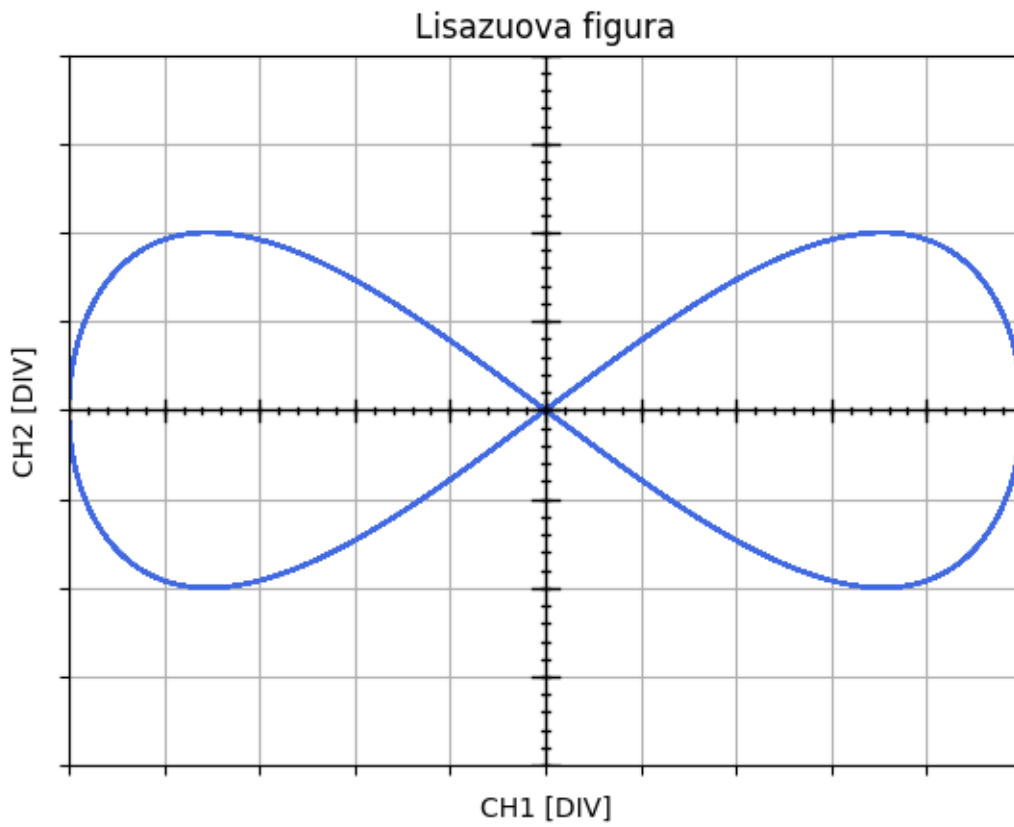
a)  $f_1 : f_2 = 1 : 2$ , b)  $|\varphi| = 45^\circ$ , c) PTP1 = 10 V, PTP2 = 8 V



Sl. 4, Lisažuova figura 4.

Rešenje 1.4 zadatka:

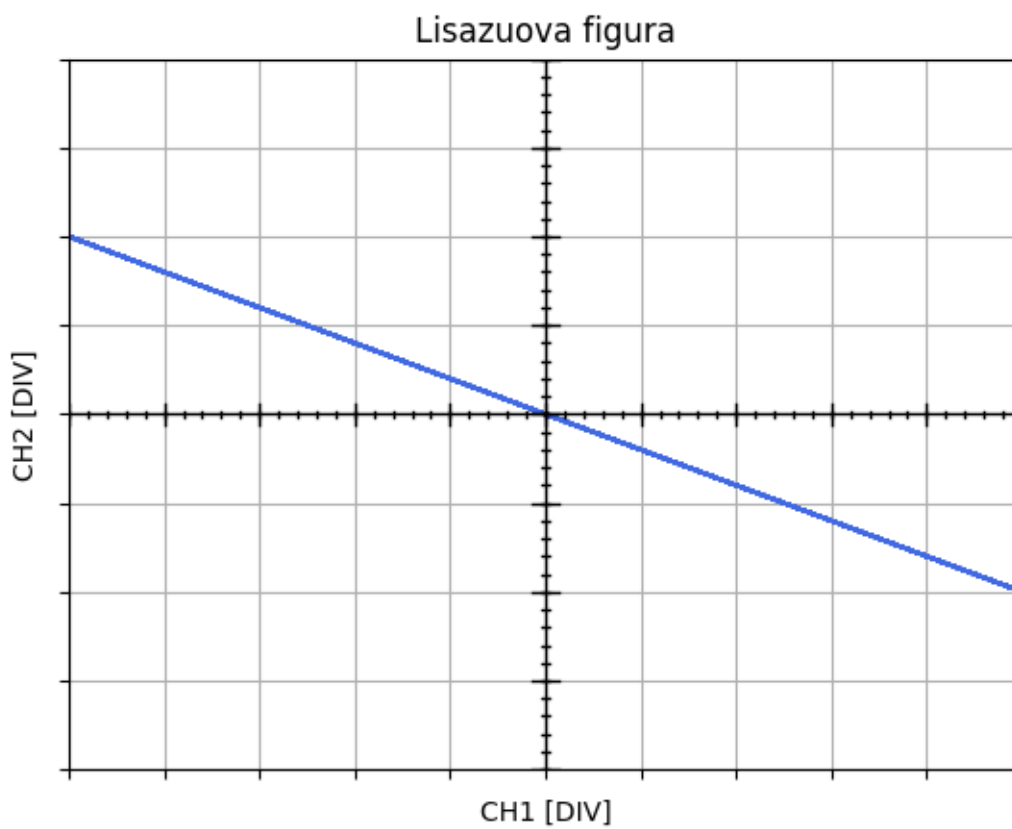
a)  $f_1 : f_2 = 1 : 2$ , b)  $|\varphi| = 60^\circ$ , c) PTP1 = 10 V, PTP2 = 8 V



Sl. 5, Lisažuova figura 5.

Rešenje 1.5 zadatka:

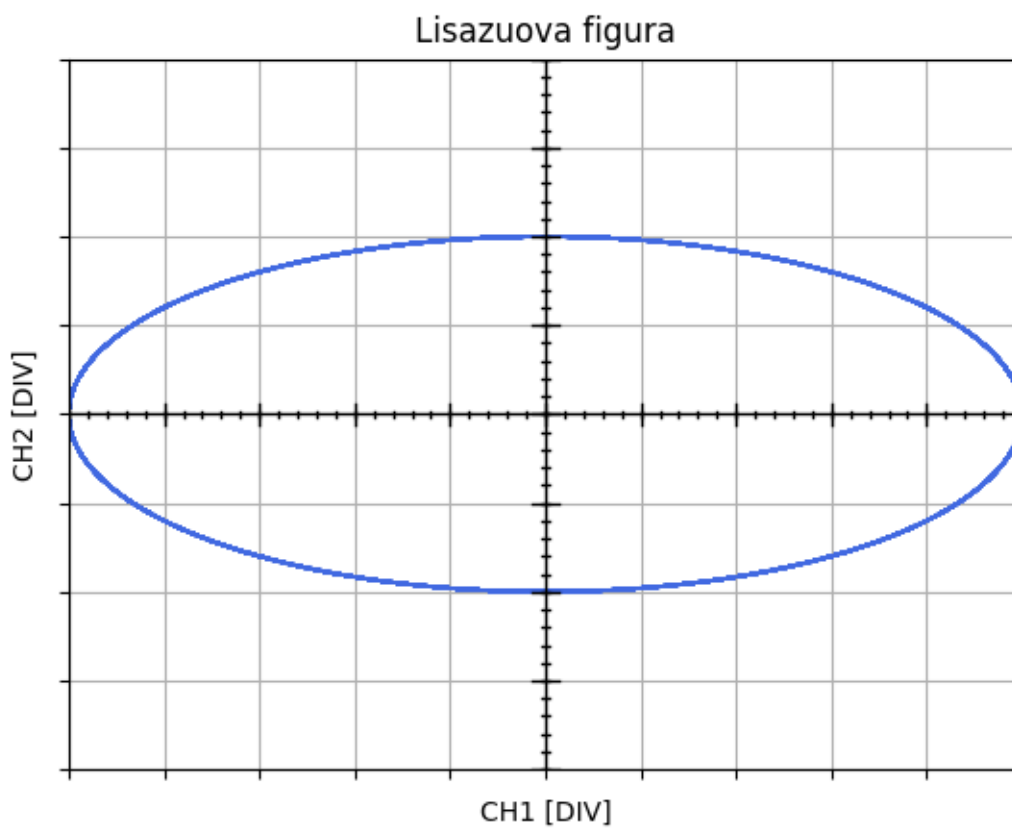
a)  $f_1 : f_2 = 1 : 2$ , b)  $|\varphi| = 180^\circ$ , c) PTP1 = 10 V, PTP2 = 8 V



Sl. 6, Lisažuova figura 6.

Rešenje 1.6 zadatka:

a)  $f_1 : f_2 = 1 : 1$ , b)  $|\varphi| = 180^\circ$ , c) PTP1 = 10 V, PTP2 = 8 V

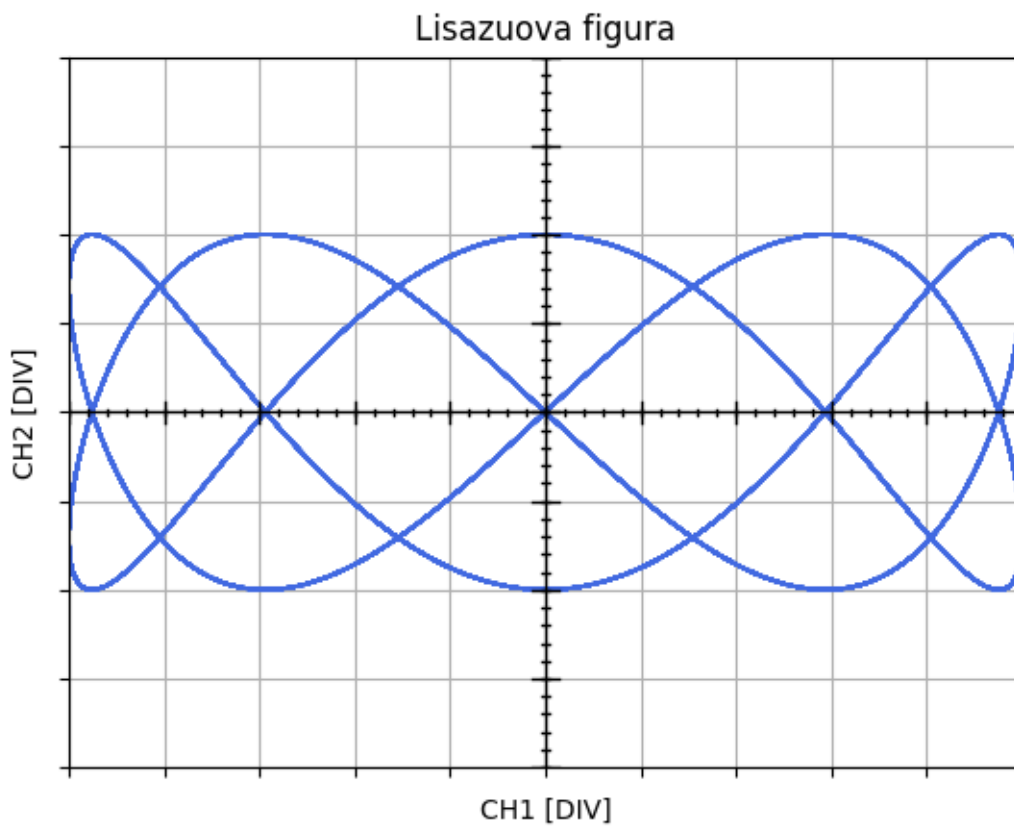


Sl. 7, Lisažuova figura 7.

Rešenje 1.7 zadatka:

a)  $f_1 : f_2 = 1 : 1$ , b)  $|\varphi| = 90^\circ$ , c) PTP1 = 10 V, PTP2 = 8 V





Sl. 8, Lisažuova figura 8.

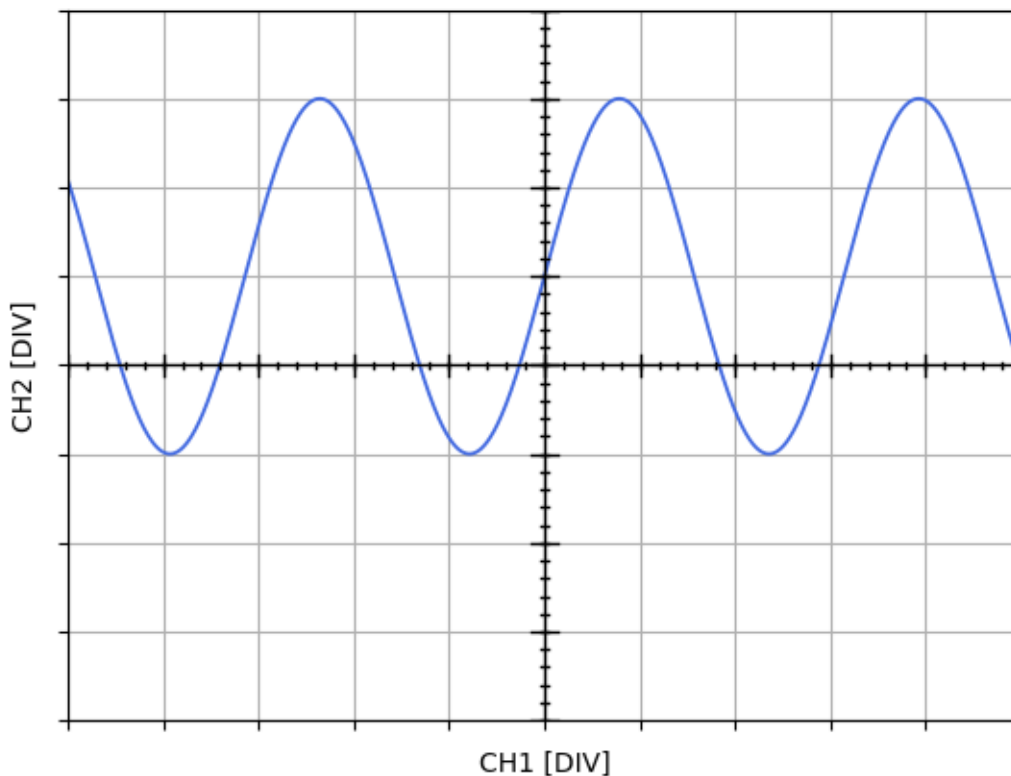
Rešenje 1.8 zadatka:

a)  $f_1 : f_2 = 2 : 5$ , b)  $|\varphi| = 90^\circ$ , c) PTP1 = 10 V, PTP2 = 8 V

2. Jednosmerna komponenta  $V$  signala  $v(t)$  za koji važi da je periodičan  $v(t + kT) = v(t)$  sa periodom  $T$  gde je  $k$  ceo broj je jednaka:

$$V = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) dt \quad \text{Relacija (1)}$$

Prema formuli datoj u Relaciji (1), odrediti jednosmerne komponente signala koji su prikazani na ekranu osciloskopa kao na Sl. 9 i Sl. 10. Podešavanja za oba signala (Sl. 9 i Sl. 10) su ista. Podela naponske ose je 1 V/DIV, a vremenske 100  $\mu$ s/DIV. Nulti nivo napona je postavljen na centralnu liniju graduacije ekrana. Preklopnik AC/DC/GND se nalazi u položaju DC, a preklopnik koji pojačava napon 5 puta P1(X1, X5) se nalazi u položaju X1. Smatrati da su svi CAL potencijometri u kalibrisanom položaju.



Sl. 9, Periodični signal  $v(t)$  koji je prikazan na ekranu osciloskopa.

Rešenje 2.9 zadatka:

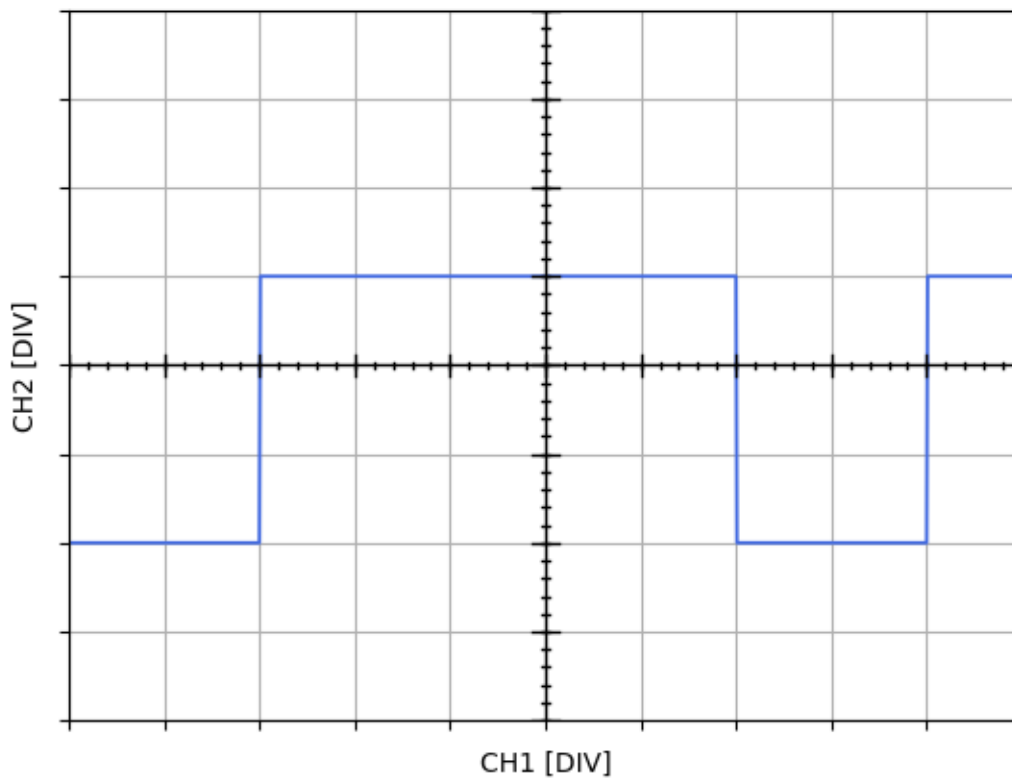
Signal sa Sl. 9  $v(t) = V_{sr} + V_a \sin(2\pi f t)$  ima amplitudu  $V_a = 2$  V, periodu  $T = 320$   $\mu$ s i osnovnu učestanost  $f = 3.125$  MHz, pa se izraz dat Relacijom (1) može napisati kao:

$$V = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^T (V_{sr} + V_a \sin(2\pi ft)) dt = \frac{1}{T} \int_0^T V_{sr} dt + \frac{1}{T} \int_0^T V_a \sin(2\pi ft) dt$$

$$V = V_{sr} - V_a \cos(2\pi fT) + V_a \cos(0) = V_{sr} - V_a \cos\left(2\pi \frac{1}{T} T\right) + V_a$$

$$V = V_{sr}$$

Na ekranu osciloskopa se može odrediti da je jednosmerna komponenta signala  $v(t)$  kao  $V_{sr} = 1$  V.



Sl. 10, Periodični signal  $v(t)$  koji je prikazan na ekranu osciloskopa.

Rešenje 2.10 zadatka:

Za signal sa Sl. 10 može se napisati sledeći izraz:

$$v(t) = \begin{cases} 1 \text{ V} & t \in \left(0, \frac{5}{7}T\right) \\ -2 \text{ V} & t \in \left(\frac{5}{7}T, T\right) \end{cases}$$

pa se izraz dat Relacijom (1) može napisati kao:

$$V = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) dt = \frac{1}{T} \int_0^{\frac{5}{7}T} (1 \text{ V}) dt + \frac{1}{T} \int_{\frac{5}{7}T}^T (-2 \text{ V}) dt$$

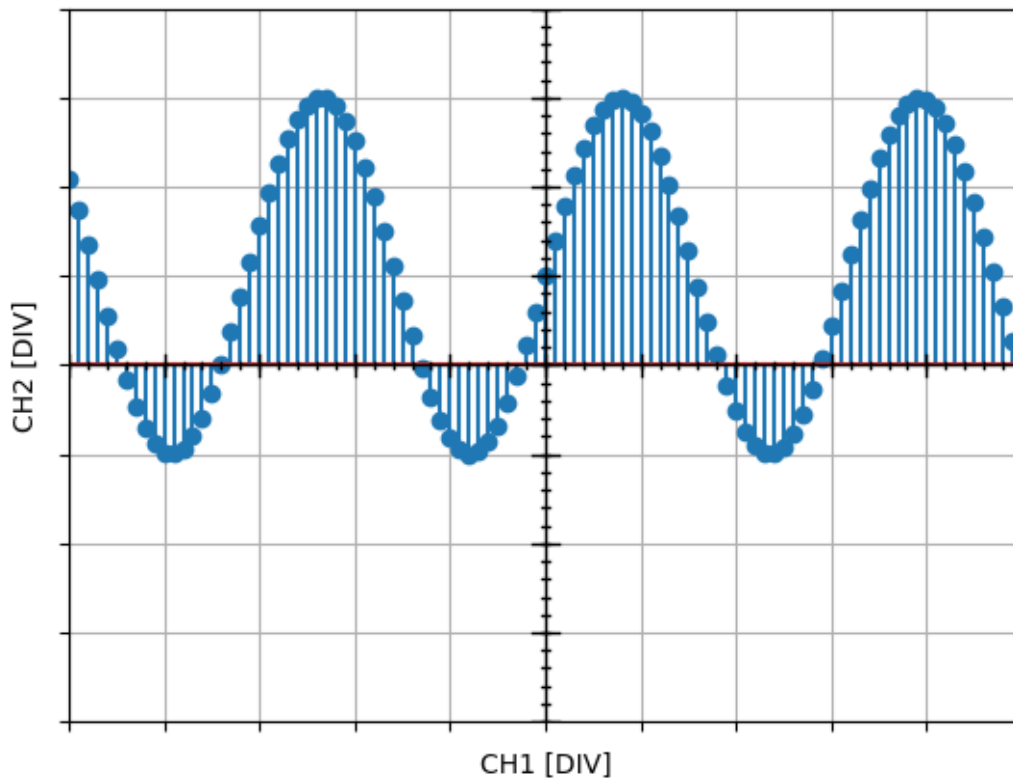
$$V = \frac{1}{T} \left( \frac{5}{7}T - 0 \right) - \frac{2}{T} \left( T - \frac{5}{7}T \right) = \frac{5}{7} - \frac{4}{7} = \frac{1}{7} \text{ V}$$

$$V = 0.14 \text{ V}$$

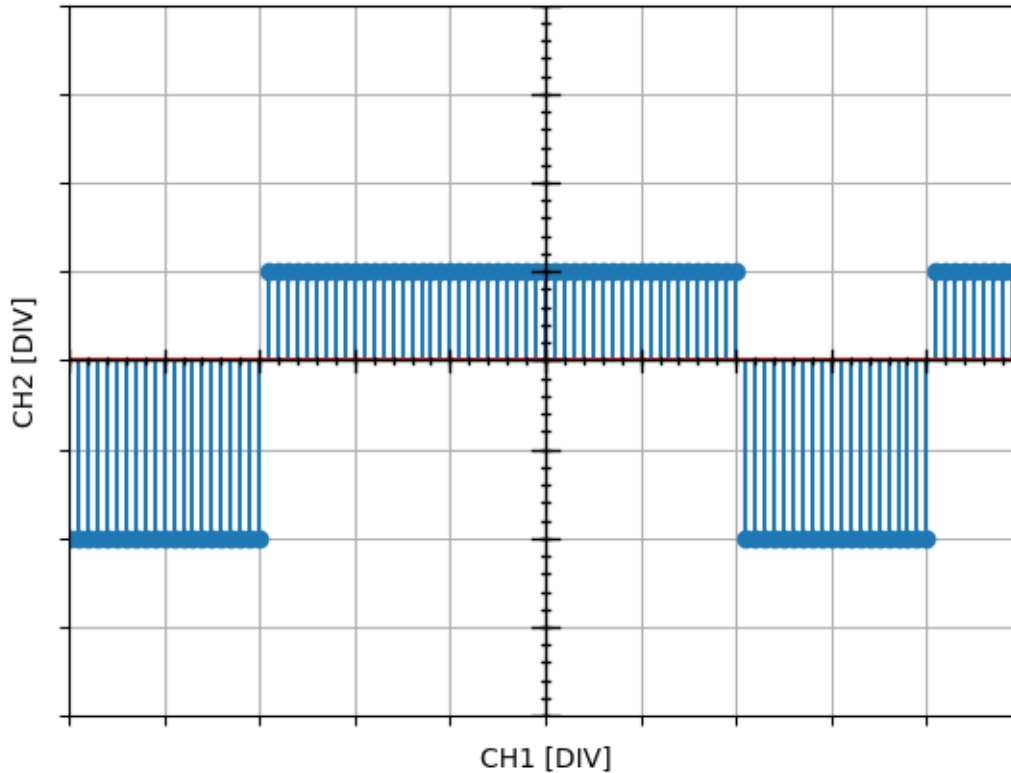
3. Kako bi ste "isprogramirali" integrale u 2. zadatku?

Rešenje 3. zadatka:

Obzirom da se signal na računaru sastoji iz konačnog broja odbiraka, realna reprezentacija tih signala bi bila kao na Sl. 11 i Sl. 12. Taj konačan broj odbiraka je određen periodom odabiranja tj. frekvencijom odabiranja.



Sl. 11, Periodični signal  $v(t)$  sa Sl. 9 prikazan u odbircima.



Sl. 12, Periodični signal  $v(t)$  sa Sl. 10 prikazan u odbircima.

Integral se u tom slučaju aproksimira sumom odbiraka. Na primeru signala sa Sl. 12, ako su vremenski trenuci u promenljivoj  $k$ , a odbirci naponskih signala u promenljivoj  $x$ , onda je dobija da je srednja vrednost jednaka 0.14 V, ako se primeni Python kod sa Sl. 13.

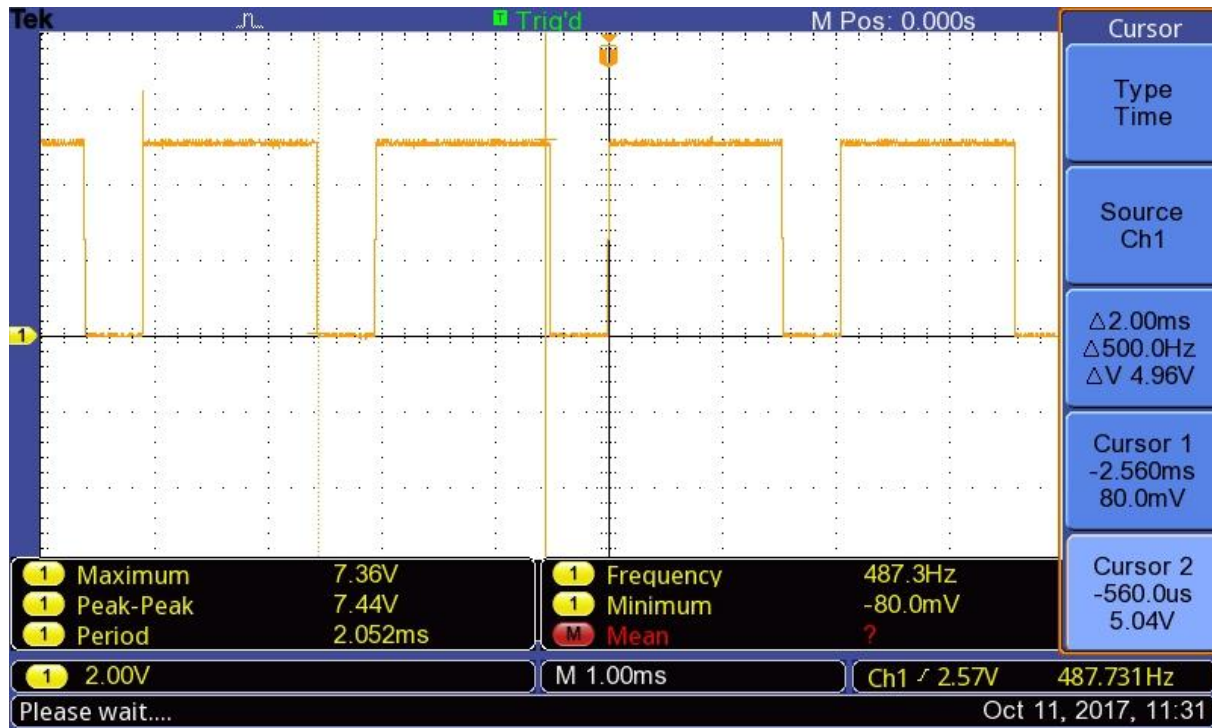
```
# racunanje integrala
br = 0
sr = []
for ind in range(len(k)):
    if (k[ind] > -3 and k[ind] <= 4):
        sr.append(x[ind])
        br += 1

Vsr = sum(sr) / float(br)
print 'srednja vrednost signala je: ', Vsr
```

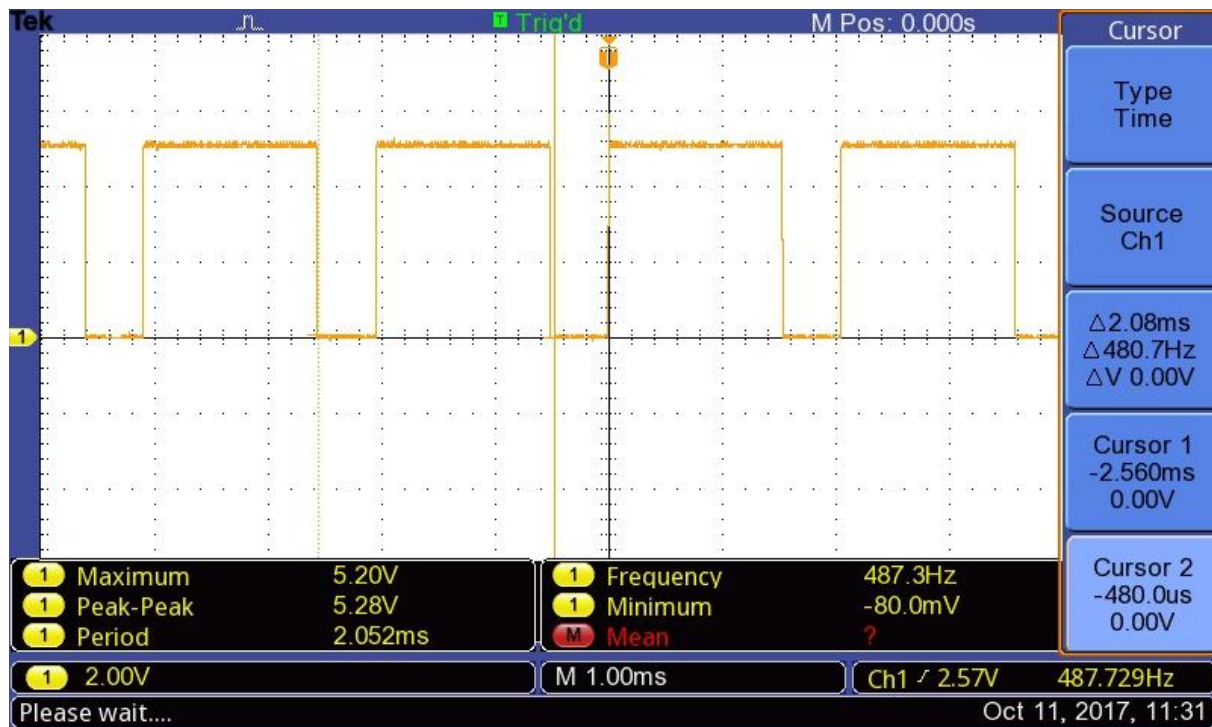
```
srednja vrednost signala je: 0.142857142857
>>> |
```

Sl. 13, Python kod za računanje srednje vrednosti signala sa Sl. 12 na gornjam panelu i rezultat iz Python Shell na donjem panelu.

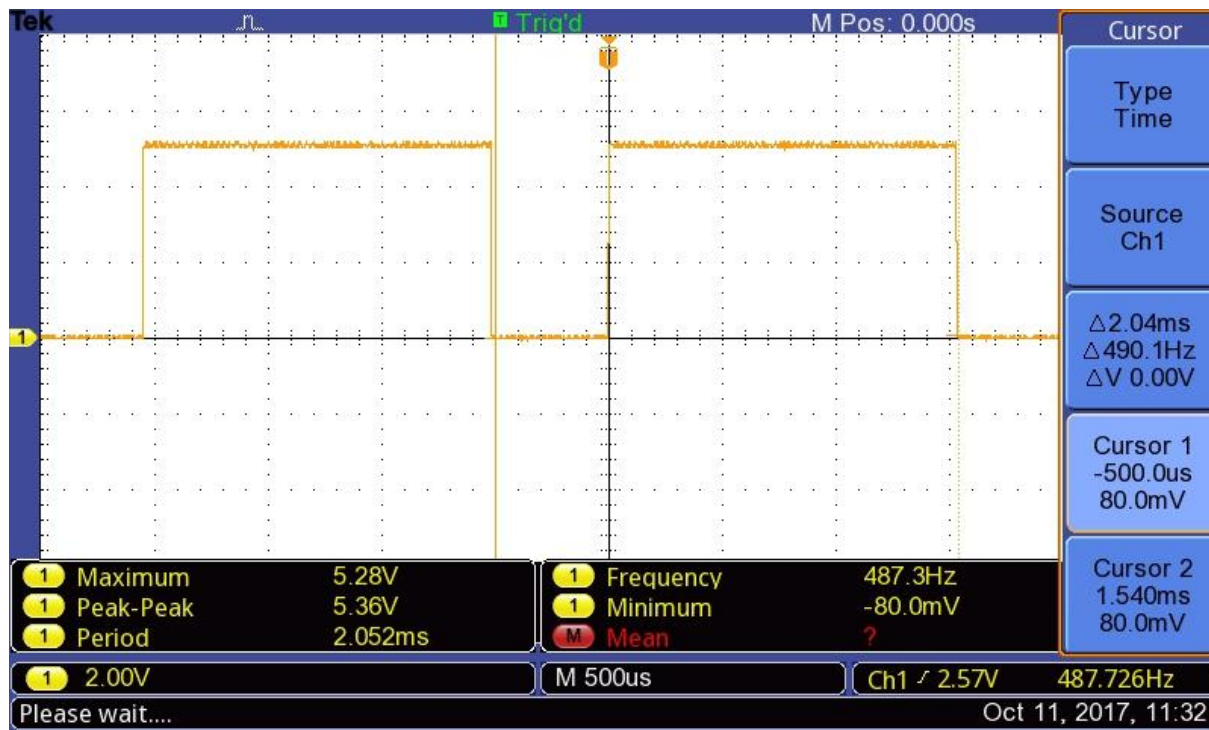
4. Na digitalnom osciloskopu je iskorišćena opcija CURSOR za merenje periode signala. Da li su kursori ispravno postavljani na Sl. 14-16? Objasniti.



Sl. 14, Merenje periode signala primenom kursora na digitalnom osciloskopu.



Sl. 15, Merenje periode signala primenom kursora na digitalnom osciloskopu.



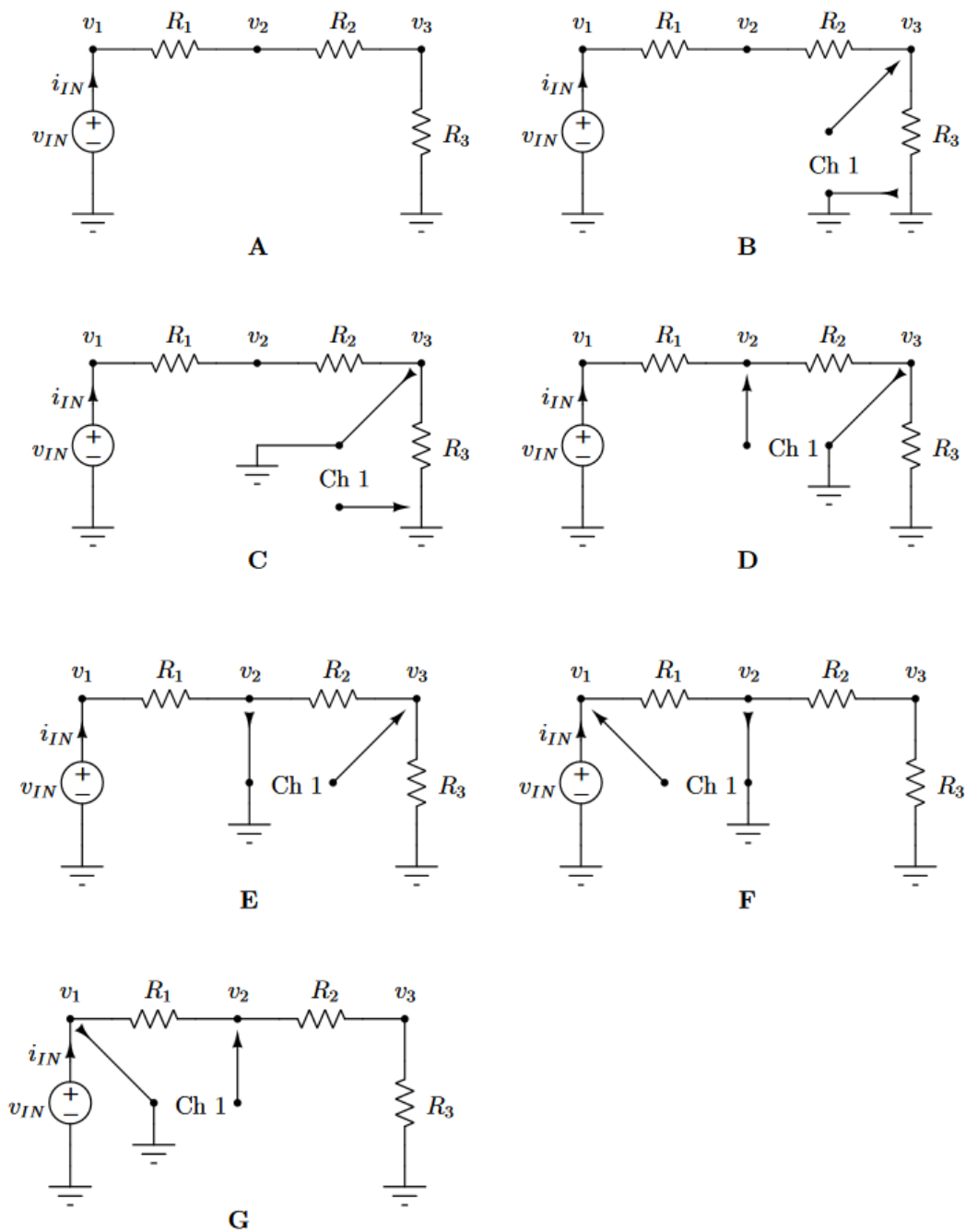
Sl. 16, Merenje periode signala primenom kursora na digitalnom osciloskopu.

Rešenje 4. zadatka:

Kako bi merenje periode signala sa kursorima bilo što preciznije, postoji parametar  $\Delta V$  koji omogućava da se proveri postavka kursora. Na Sl. 16 i Sl. 15 razlika napona na oba kursora je jednaka 0 V, pa su kursori pravilno postavljeni. Međutim, jednostavnije se kursori postavljaju ako je na ekranu prikazan manji broj perioda signala, pa je najbolja postavka na Sl. 16.

Na Sl. 14 su napravljena dva propusta prilikom merenja primenom kursora: 1) nije prikazana jedna perioda signala i 2) kursori nisu pravilno postavljeni, pa je razlika napona između dva kursora  $> 5$  V.

5. Da li je u električnim kolima sa Sl. 17 (A-G) osciloskop ispravno povezan? Objasniti.



Sl. 17, Primer povezivanja sonde sa osciloskopom. Slika je kompletno preuzeta iz udžbenika P. Pejović, "Princip rada i primena osciloskopa".

Rešenje 5. zadatka:

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



## Dodatak: Python kod za prikaz Lisazuovih figura i za računanje srednje vrednosti signala

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

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

for ind in np.arange(0, 200, 0.01):
    k.append(ind)
    x.append(2 * np.sin(2 * ind))
    y.append(2 * np.sin(5 * ind + np.pi/2))

fig = plt.figure()

ax = fig.add_subplot(111)
ax.plot(x, y, color = 'royalblue', linewidth = 1.3)
ax.set_xticks(np.arange(-5, 5, 1))
ax.grid(True)
ax.axis([-5, 5, -4, 4])

# da se dodaju centralne linije graduacije ekrana
ax.axhline(y = 0, linewidth = 1, color = 'black')
ax.axvline(x = 0, linewidth = 1, color = 'black')

# na centralnim linijama da se dodaju podeoci sa korakom 0.2
for inx in np.arange(-10, 10, 0.2):
    ax.axhline(y = inx, xmin = 0.495, xmax = 0.505, linewidth = 1, color =
'black')
for inx in np.arange(-8, 8, 0.2):
    ax.axvline(x = inx, ymin = 0.495, ymax = 0.505, linewidth = 1, color =
'black')

# na centralnim linijama da se dodaju "dvi" podeoci sa korakom 1
for inx in np.arange(-10, 10, 1):
    ax.axhline(y = inx, xmin = 0.485, xmax = 0.515, linewidth = 1, color =
'black')
for inx in np.arange(-8, 8, 1):
    ax.axvline(x = inx, ymin = 0.485, ymax = 0.515, linewidth = 1, color =
'black')

# ovo je sa leve strane i sa donje strane da postoji dodatna graduacija
# moze a ne mora
plt.xticks(range(-5, 6), 11 * '')
plt.yticks(range(-4, 5), 9 * '')

plt.title('Lisazuova figura')
plt.xlabel('CH1 [DIV]')
plt.ylabel('CH2 [DIV]')
plt.show()
```

Kod za računanje integrala signala sa Sl. 12. je dat u nastavku:

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

k = []
x = []

for ind in np.arange(-5, 5, 0.1):
    k.append(ind)
    if (ind >= -5 and ind < -3):
        x.append(-2)
    if (ind >= -3 and ind < 2):
        x.append(1)
    if (ind >= 2 and ind < 4):
        x.append(-2)
    if (ind >= 4 and ind <= 5):
        x.append(1)

fig = plt.figure()

ax = fig.add_subplot(111)
ax.stem(k, x, color = 'royalblue', linewidth = 1.3)
ax.set_xticks(np.arange(-5, 5, 1))
ax.grid(True)
ax.axis([-5, 5, -4, 4])

# da se dodaju centralne linije graduacije ekrana
ax.axhline(y = 0, linewidth = 1, color = 'black')
ax.axvline(x = 0, linewidth = 1, color = 'black')

# na centralnim linijama da se dodaju podeoci sa korakom 0.2
for inx in np.arange(-10, 10, 0.2):
    ax.axhline(y = inx, xmin = 0.495, xmax = 0.505, linewidth = 1, color =
'black')
for inx in np.arange(-8, 8, 0.2):
    ax.axvline(x = inx, ymin = 0.495, ymax = 0.505, linewidth = 1, color =
'black')

# na centralnim linijama da se dodaju "dvi" podeoci sa korakom 1
for inx in np.arange(-10, 10, 1):
    ax.axhline(y = inx, xmin = 0.485, xmax = 0.515, linewidth = 1, color =
'black')
for inx in np.arange(-8, 8, 1):
    ax.axvline(x = inx, ymin = 0.485, ymax = 0.515, linewidth = 1, color =
'black')

# ovo je sa leve strane i sa donje strane da postoji dodatna graduacija
# moze a ne mora
plt.xticks(range(-5, 6), 11 * '')
plt.yticks(range(-4, 5), 9 * '')

plt.show()

# racunanje integrala
br = 0
sr = []
```

```
for ind in range(len(k)):
    if (k[ind] > -3 and k[ind] <= 4):
        sr.append(x[ind])
        br += 1

Vsr = sum(sr) / float(br)
print 'srednja vrednost signala je: ', Vsr
```