



# Vhodno-izhodne naprave (VIN)

Predavanja

## I. Osnove elektrotehnike in signalov

Robert Rozman

[rozman@fri.uni-lj.si](mailto:rozman@fri.uni-lj.si)

# 1. Osnove elektrotehnike in signalov

Poudarki poglavja :

## □ 1.1 Osnove elektrotehnike (OE)

- Električna napetost (U), električni tok (I), električna upornost (R)
- Električna moč (P), Električna energija (E)
- Ohmov zakon
- 1. Kirchoffov zakon
- 2. Kirchoffov zakon

## □ 1.2 Signali

- Osnove
- Signali: Električni, Zvezni, Diskretni, Digitalni
  - Periodični (pravokotni) signal
  - Urin signal

# 1.1 Osnove elektrotehnike

- ❑ Električni tok in napetost sta osnovni količini v elektrotehniki.
- ❑ **Električna napetost – U** [Volt: V]
  - Razlika dveh električnih potencialov v dveh točkah (+ je višji potencial, – je nižji potencial).
  - Če sta točki sklenjeni v zaključeni zanki, dobimo vezje v katerem steče električni tok.

Basic Electricity -

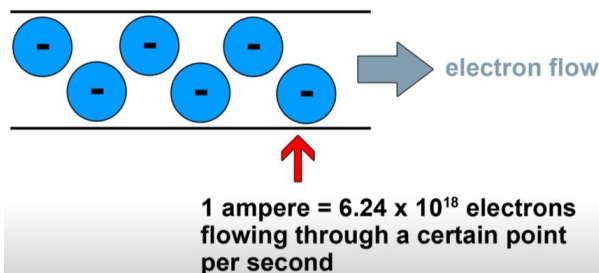
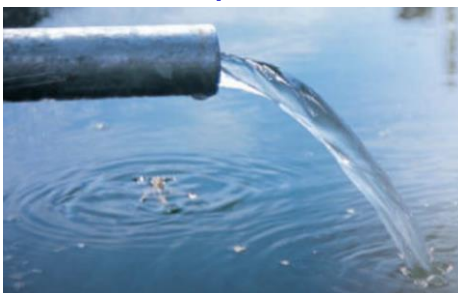
What is voltage?

<https://www.youtube.com/watch?v=TBt-kxYfync>



- ❑ **Električni tok - I** [Amper: A]

- Količina električnega naboja, ki preteče v nekem času.
- 1 Amper := 1 A =  $6.241 \times 10^{18}$  elektronov/sek = 1 Coulomb/sek



Basic Electricity -

What is an amp?

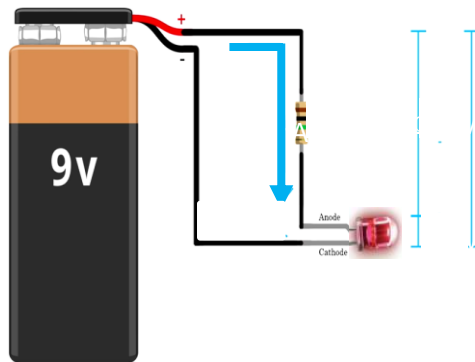
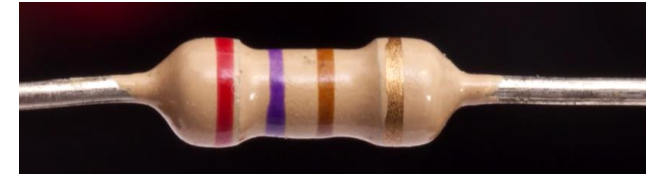
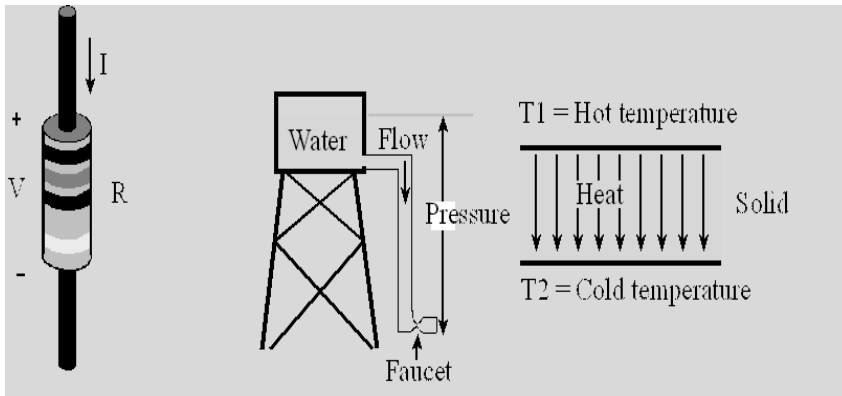
<https://www.youtube.com/watch?v=8gvJzrjwjd8>

# 1.1 Osnove elektrotehnike

Basic Electricity - Resistance and Ohm's law,  
[https://www.youtube.com/watch?v=NfcgA1axPLo&ab\\_channel=Afrotechmods](https://www.youtube.com/watch?v=NfcgA1axPLo&ab_channel=Afrotechmods)

## Električna upornost - R [Ohm: $\Omega = V/A$ ]

- Količina določena z Ohmovim zakonom, ki ovira pretok nabojev.
  - žica ima zanemarljivo upornost ( $\approx 0\Omega$ ), upor ima precej višjo upornost.



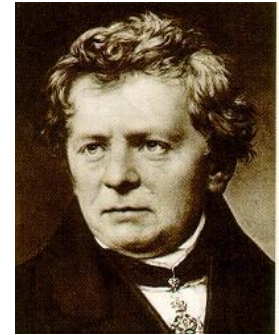
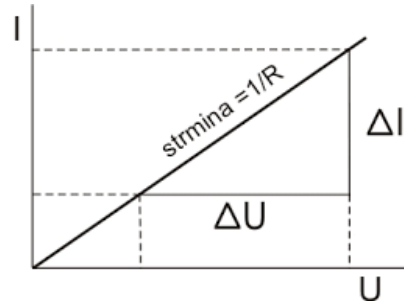
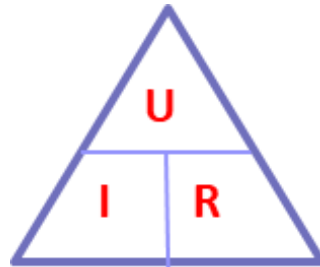
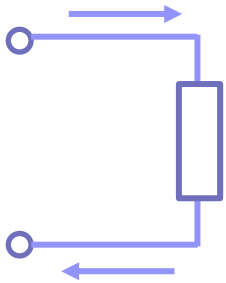
**Resistor Color Table**

1st Digit	2nd Digit	Multiplier	Tolerance
0	0	x 1 $\Omega$	$\pm 1\%$
1	1	x 10 $\Omega$	$\pm 2\%$
2	2	x 100 $\Omega$	
3	3	x 1 K $\Omega$	
4	4	x 10 K $\Omega$	
5	5	x 100 K $\Omega$	
6	6	x 1 M $\Omega$	
7	7		$\pm 5\%$
8	8	x 0.1 $\Omega$	$\pm 10\%$
9	9	x 0.01 $\Omega$	

# 1.1 Osnove elektrotehnike

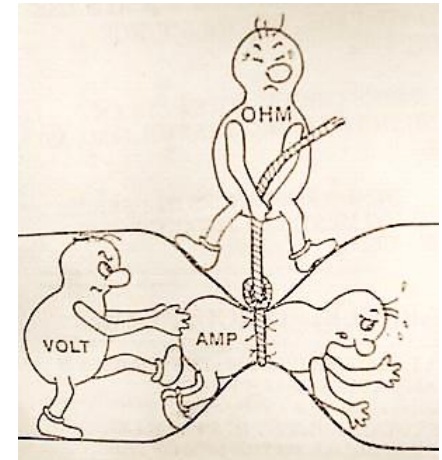
- **Ohmov zakon** – zveza med tokom, napetostjo in upornostjo

$$U = I * R, R = U / I, I = U / R$$



- Sprememba napetosti na bremenu je premo sorazmerna spremembi toka. Faktor sorazmernosti je upor  $R$ .

- **Električna moč** –  $P = U * I$  [Watt:  $W = J/s$  in  $W = VA$  ]
- **Električna energija** –  $E = P * t = U * I * t$  [Joul:  $J = Ws$ ,  $KWh$ ]



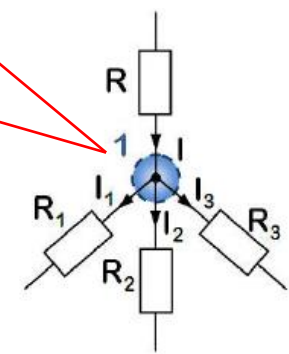
# 1.1 Osnove elektrotehnike

**I. Kirchhoffov zakon** (tokovni) sledi zakonu o ohranitvi naboja.

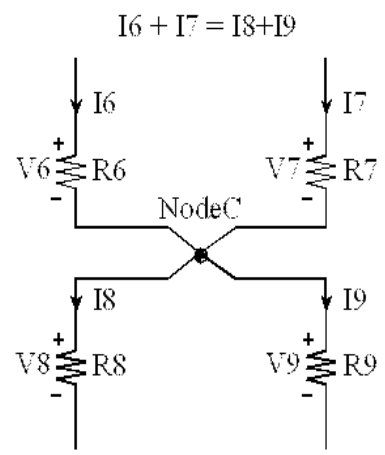
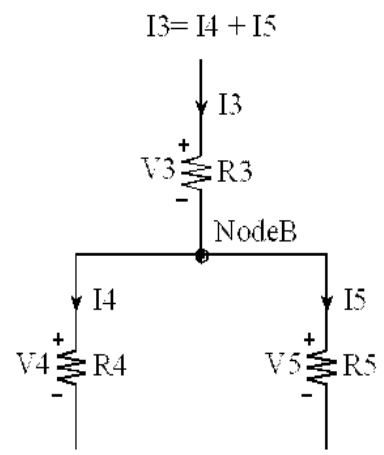
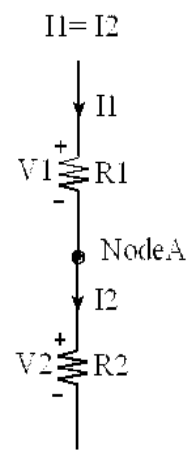
Vsota vseh tokov v spojišče je enaka vsoti tokov iz spojišča.  $I = I_1 + I_2 + I_3$

ali

Vsota vseh tokov v spojišču je enaka 0.  $I - I_1 - I_2 - I_3 = 0$



Primeri:



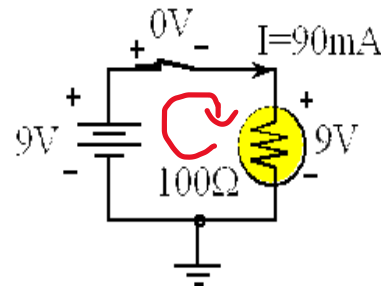
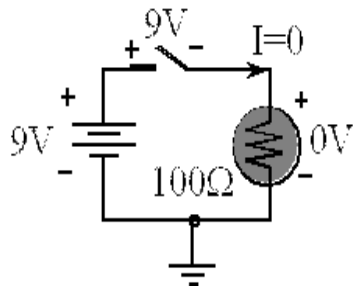
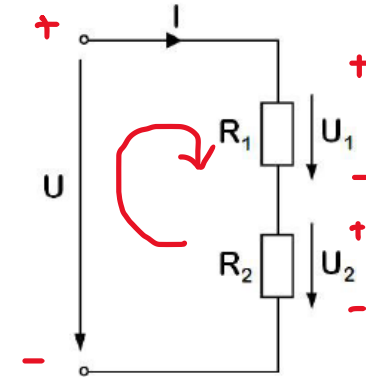
# 1.1 Osnove elektrotehnike

## 2. Kirchhoffov zakon (napetostni)

Vsota padcev napetosti v zaključeni zanki je enaka nič.

$$U = U_1 + U_2$$

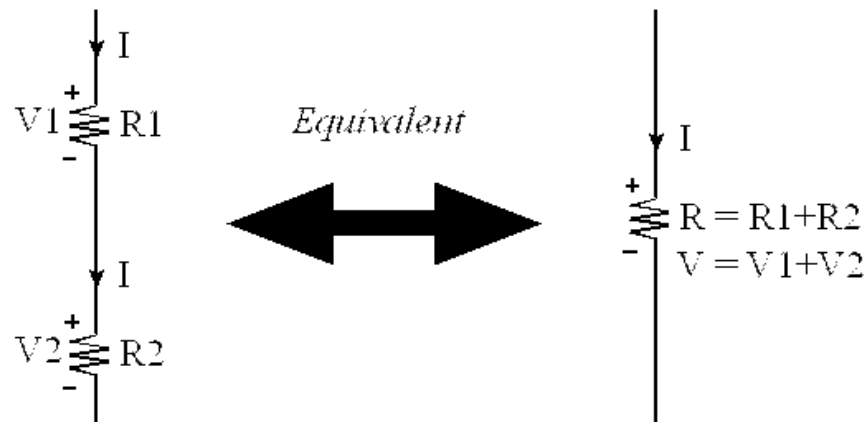
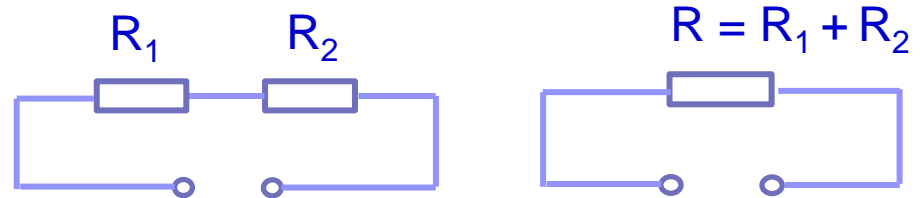
$$U - U_1 + U_2 = 0$$



# 1.1 Osnove elektrotehnike

## □ Zaporedna vezava uporov

- Enak tok skozi  $R_1$  in  $R_2$
- Padci napetosti se seštevajo
- Upornosti se seštevajo

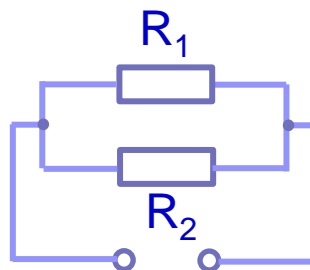




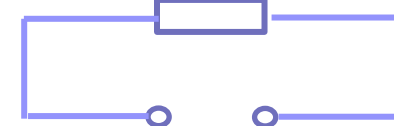
# 1.1 Osnove elektrotehnike

## □ Vzporedna vezava uporov

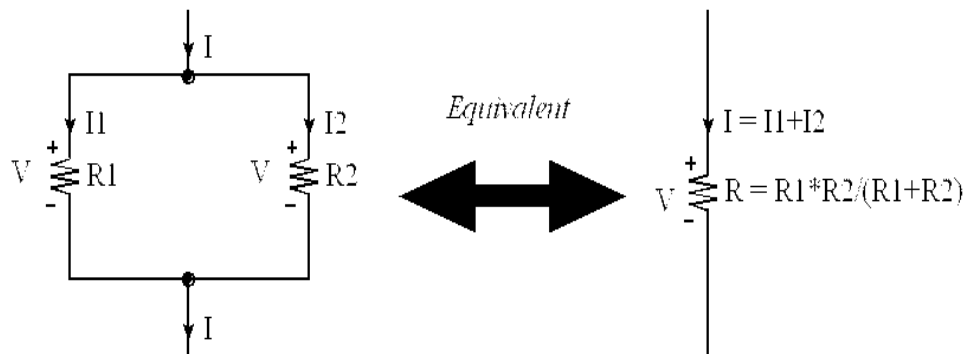
- Različni tokovi (glede na upornost)
- Enak padec napetosti
- $I/R = I/R_1 + I/R_2 + \dots$
- $G = G_1 + G_2 + \dots$



$$R = R_1 * R_2 / (R_1 + R_2)$$



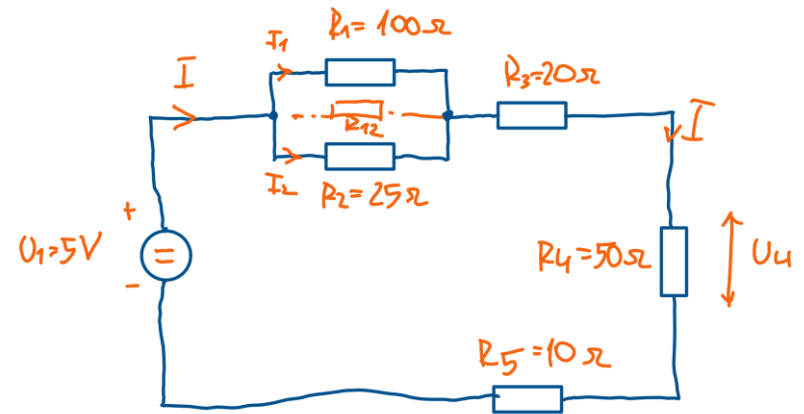
- Za 2 upora uredimo izraz:  $R = R_1 * R_2 / (R_1 + R_2)$



# 1.1 Osnove elektrotehnike

Naloga z vezavo uporov :

- Izračunaj padec napetosti na uporu  $R_4$



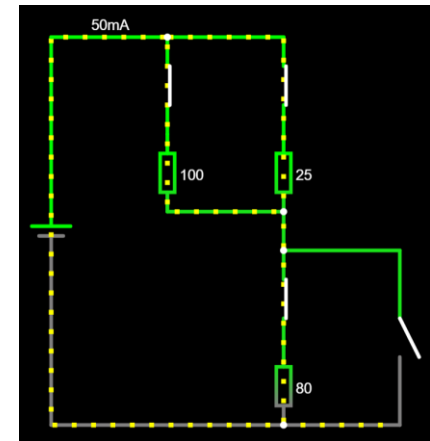
$$U_4 = I_4 \cdot R_4 = 0.05 \text{ A} \cdot 50 \Omega = \underline{\underline{2.5 \text{ V}}}$$

$I_4 = I$

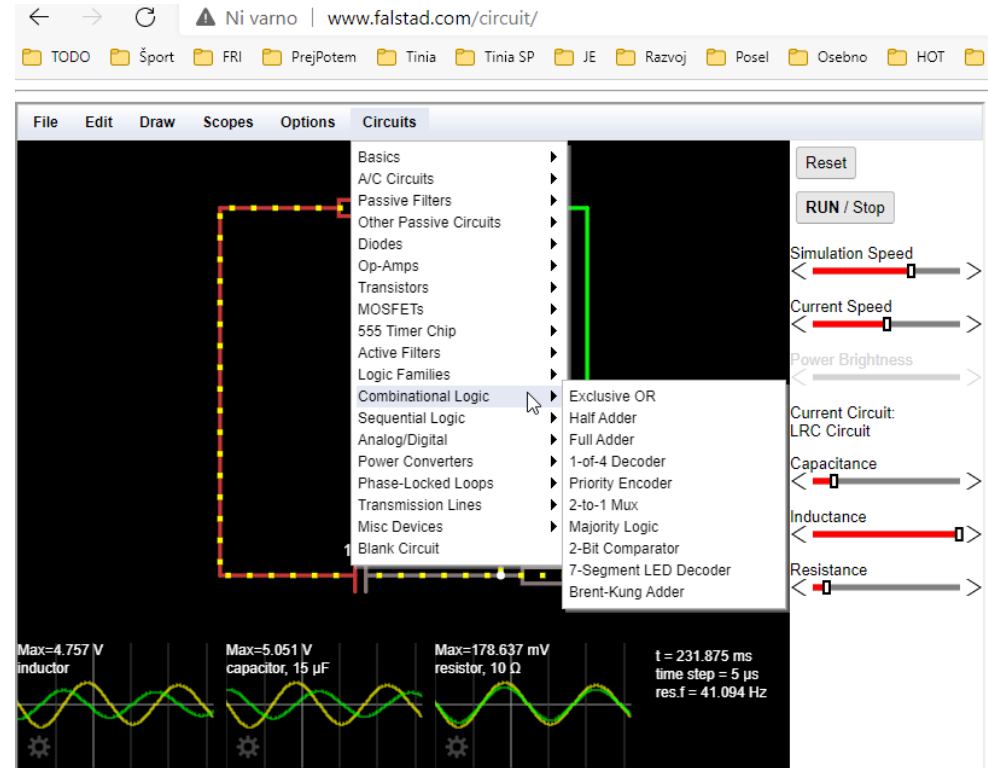
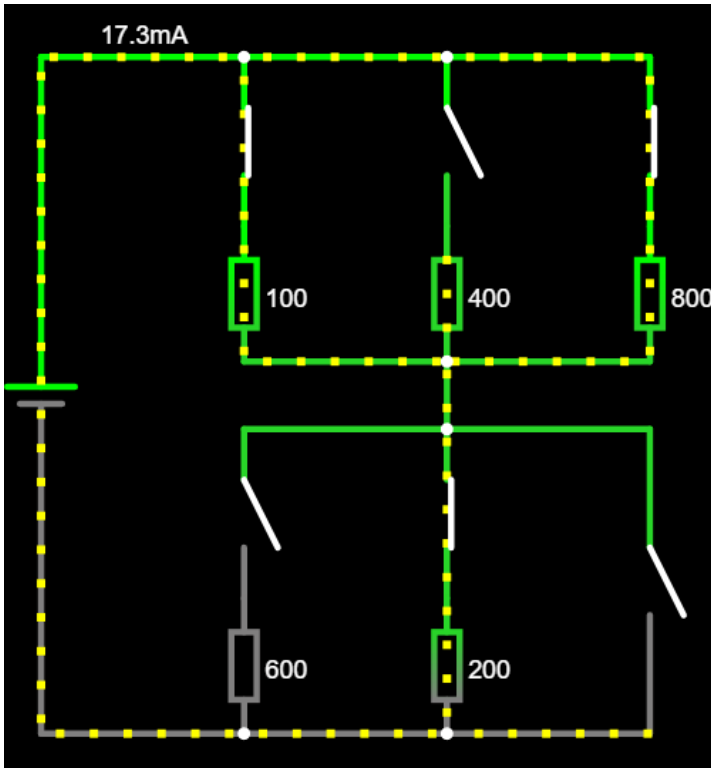
$$I = \frac{U_1}{R_5} = \frac{5 \text{ V}}{100 \Omega} = 0.05 \text{ A} = 50 \text{ mA}$$

$$R_5 = R_{12} + R_3 + R_4 + R_5 = 20 + 20 + 50 + 10 = \underline{\underline{100 \Omega}}$$

$$R_{12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{100 \cdot 25}{100 + 25} = \underline{\underline{20 \Omega}}$$



<https://tinyurl.com/y8hba92t>



<http://www.falstad.com/circuit/e-resistors.html> (Javascript)

<http://www.lushprojects.com/circuitjs/circuitjs.html>

<http://www.indiabix.com/electronics-circuits/resistors/> (Java Applet)

# 1.2 Signali

## Signal

- ❑ je **fizikalni pojav**, s katerim je mogoče prenašati podatke. **[i-slovar]**
  - ❑ Poznamo različne signale: zvočni, optični ali svetlobni, slikovni, električni, analogni, digitalni, časovni, ...
- ❑ je **električni impulz**, ki se prenaša z elektromagnetnim valovanjem in vsebuje kako sporočilo, ukaz: radar, radarska postaja oddaja, sprejema signale. **[SSKJ]**
- ❑ je **funkcija**, ki "posreduje informacije o stanju, obnašanju ali atributih nekega pojava, fizikalnega sistema".
  - ❑ V svoji najpogostejši uporabi v **elektroniki in telekomunikacijah je to časovno spremenljiva napetost, tok ali elektromagnetni val, ki se uporablja za prenos informacij.**  
[\[https://en.wikipedia.org/wiki/Signal\]](https://en.wikipedia.org/wiki/Signal)
- ❑ je **fizikalna veličina**, ki se spreminja v odvisnosti od časa.

# 1.2 Signali

## Primeri signalov:

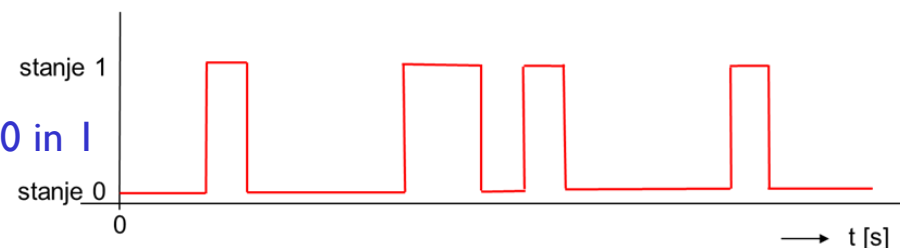
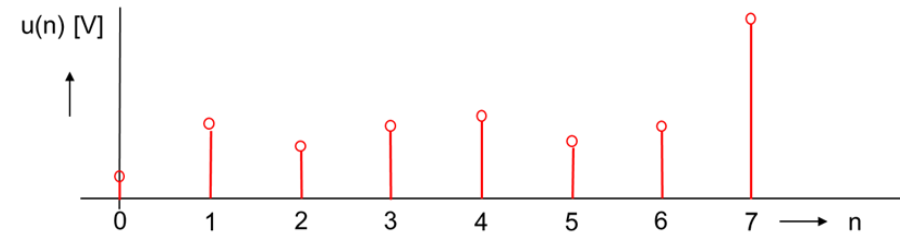
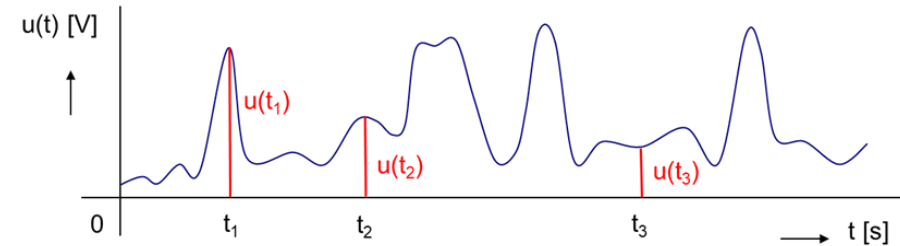
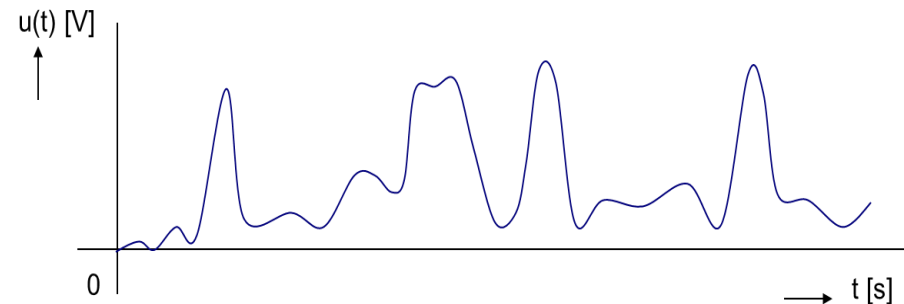
- **Električni** signal –  $u(t)$   
(napetost je funkcija časa)



- **Zvezni** signal –  $u(t)$   
( $t$  je zvezni čas)

- **Diskretni** signal –  $u(n)$   
(diskretni čas,  $n$  je celo število)

- **Digitalni** signal (diskretna amplituda)
  - dps: amplituda več diskretnih vrednosti (več bitov)
  - dig. vezja : amplituda ima dve diskretni vrednosti, stanji 0 in 1  
(1 bit)

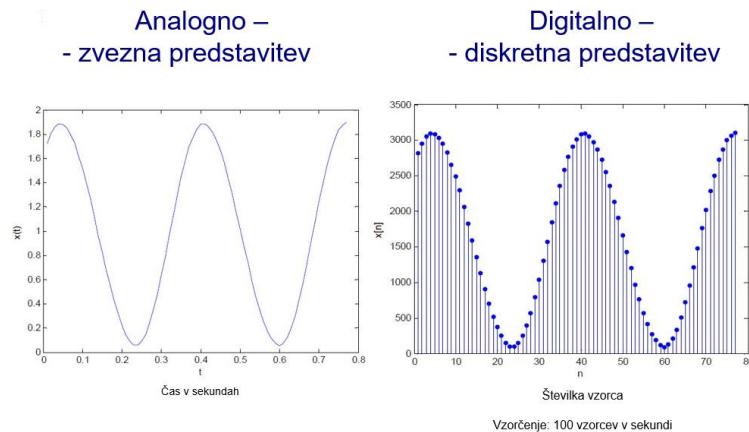


# 1.2 Signali

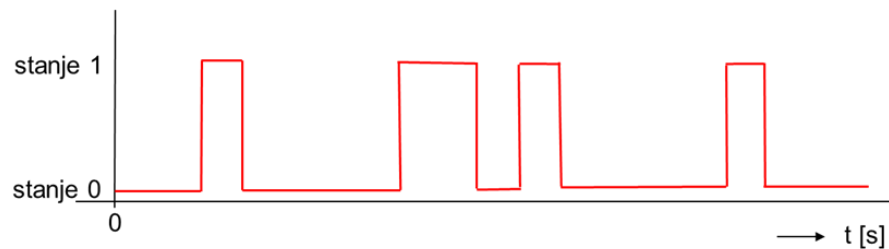
## Primeri signalov: ...

- **Digitalni** signal – dve interpretaciji:

- dps: amplituda ima več diskretnih vrednosti (št. bitov), tudi diskretna časovna os



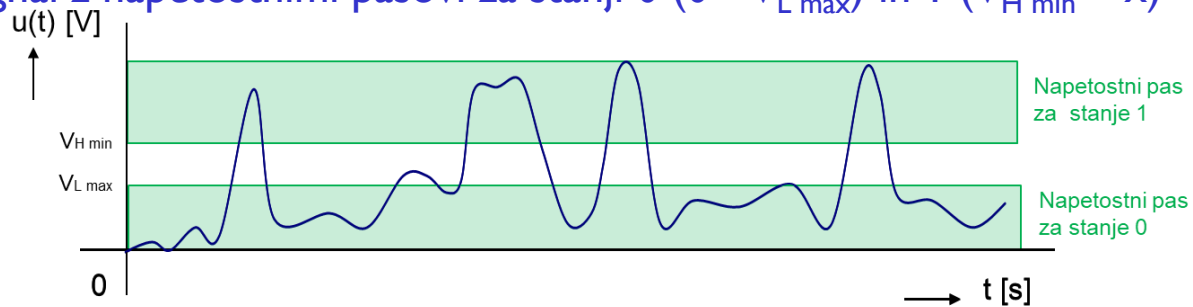
- dig. vezja : amplituda ima dve disk. vrednosti, stanji 0 in 1 (idealni signal)



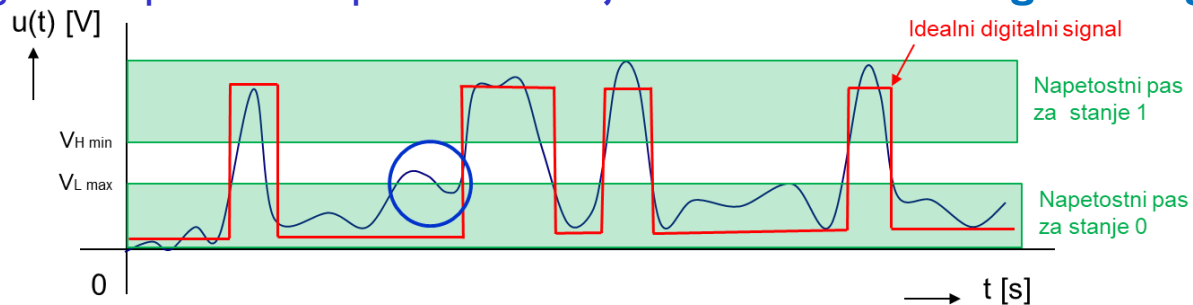
# 1.2 Signali

Digitalna vezja: *preslikava: realna amplituda signala -> stanji 0,1*

- Električni signal z napetostnimi pasovi za stanji 0 ( $0 - V_{L \max}$ ) in 1 ( $V_{H \min} - x$ )



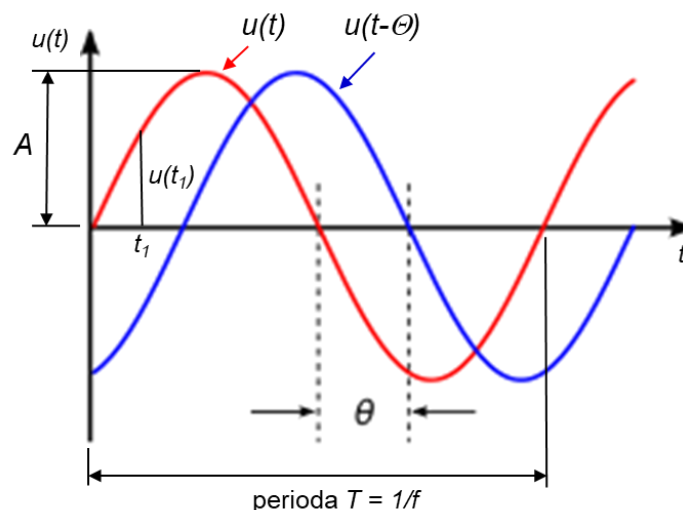
- Električni signal z napetostnimi pasovi za stanji 0 in 1 ter **idealni digitalni signal**.



- Prednosti digitalnega signala - ?
  - Prenos in shranjevanje podatkov
  - Obdelava in predstavitev podatkov

# Periodični signal

- Časovni potek se po določenem času ponavlja (perioda  $T$ )
- Primer: Sinusni električni signal –  $u(t) = A \sin(2 \pi f t + \Theta)$



$$u(t_1) = A \cdot \sin(2\pi f \cdot t_1)$$

$t$  .. čas

$u(t)$  .. trenutna velikost signala v času  $t$

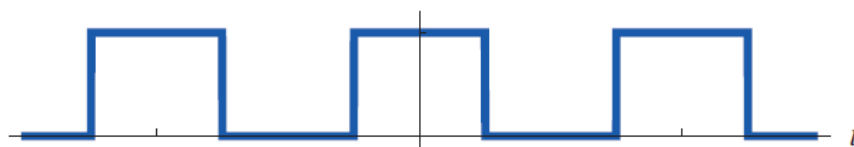
$A$  .. amplituda signala

$T$  .. perioda signala ( $f$  je frekvenca signala – to je število period ( $T$ ) v sekundi)

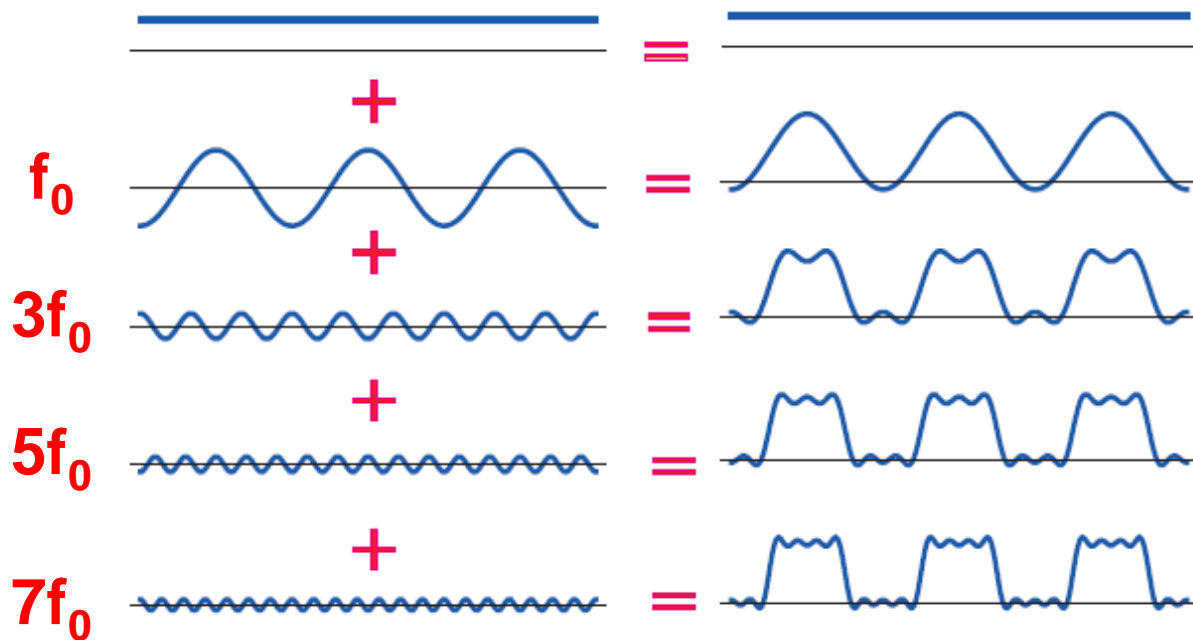
$\Theta$  .. faza ali fazni kot je premik signala glede na začetno stanje ali glede na drug signal



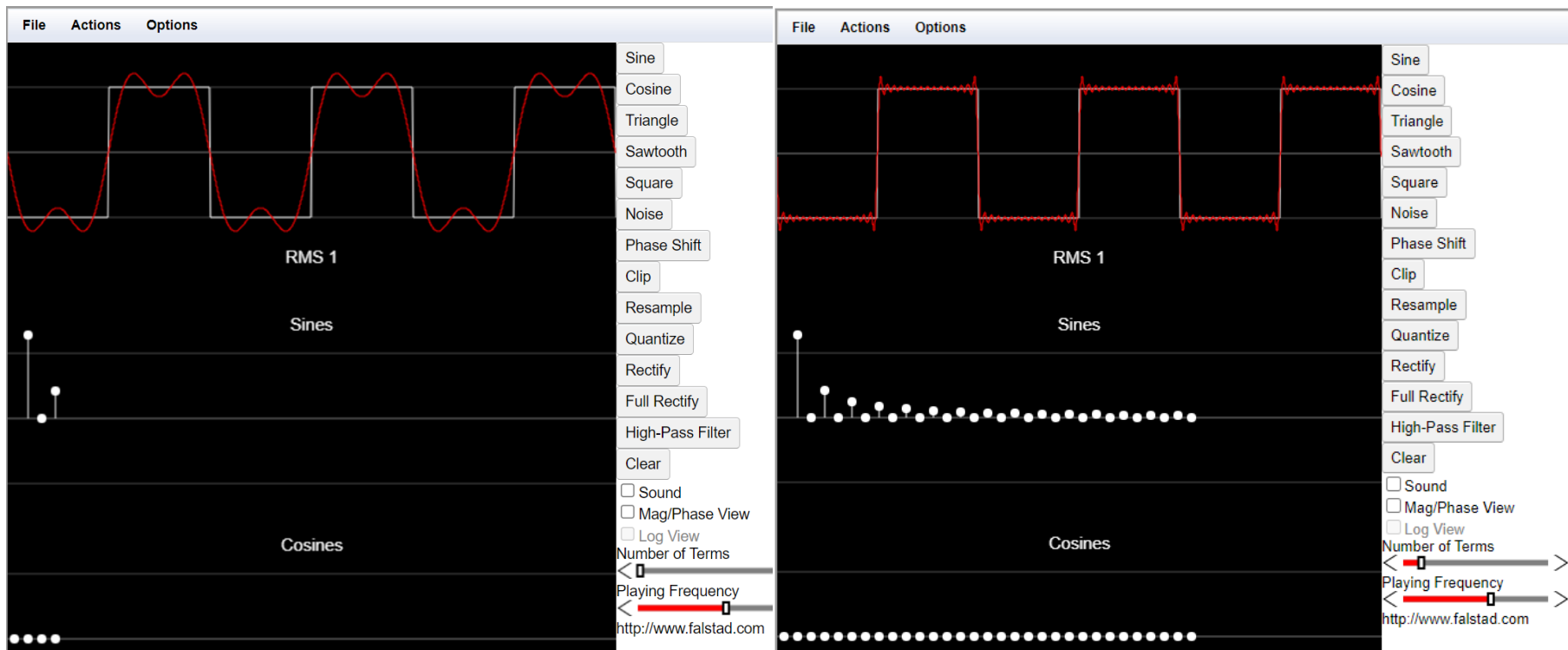
- Kako sestavimo pravokoten periodični signal?



- Seštevanje harmonskih komponent pravokotnega signala



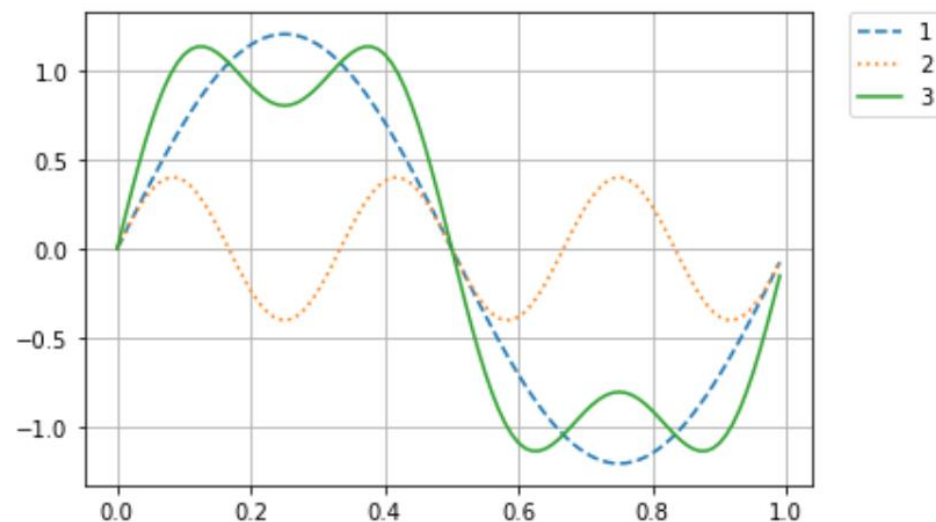
# Sestava periodičnega pravokotnega signala



Vir: <http://www.falstad.com/fourier/>

## □ Program v Pythonu – seštevanje harmonskih komponent sinus funkcije

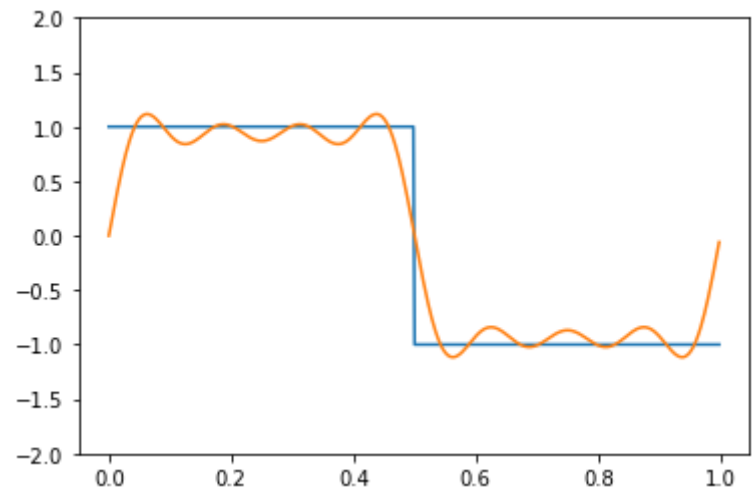
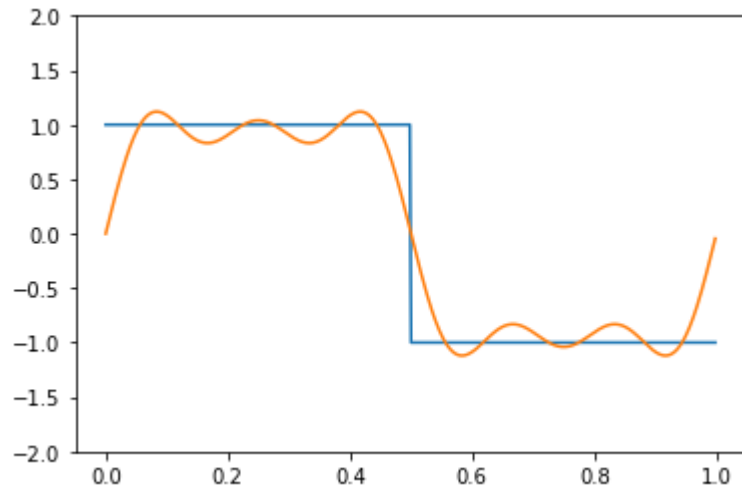
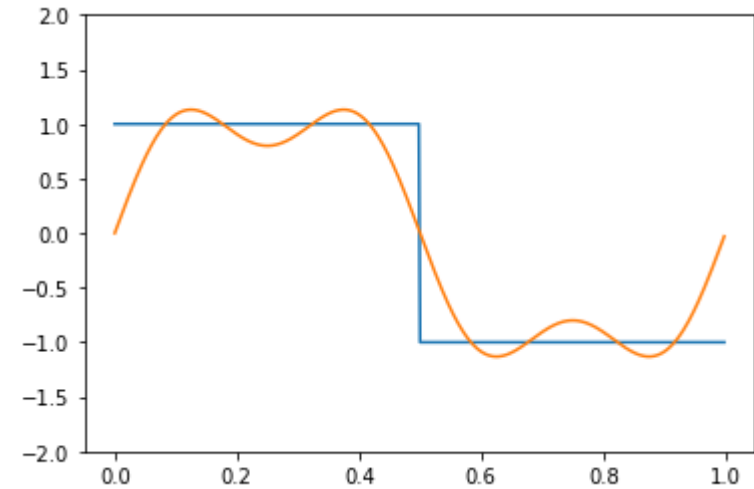
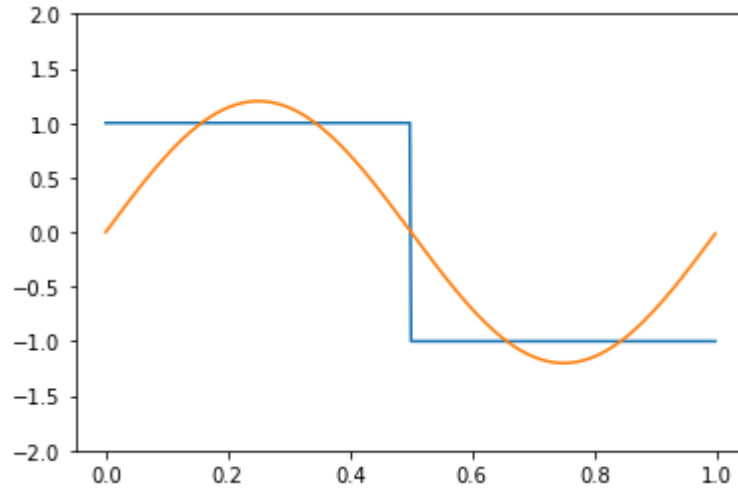
```
from pylab import *
A=1.2
T=1
f=1/T
t=np.arange(0,1,0.01)
sin1 = A*np.sin(2*np.pi * f * t)
sin2 = A*np.sin(6*np.pi * f * t)/3
sin3 = sin1 + sin2
plt.plot(t, sin1,label="1", linestyle='dashed')
plt.plot(t, sin2,label="2", linestyle='dotted')
plt.plot(t, sin3,label="3")
plt.legend(bbox_to_anchor=(1.05, 1), loc='upper left', borderaxespad=0.)
grid()
plt.show()
```



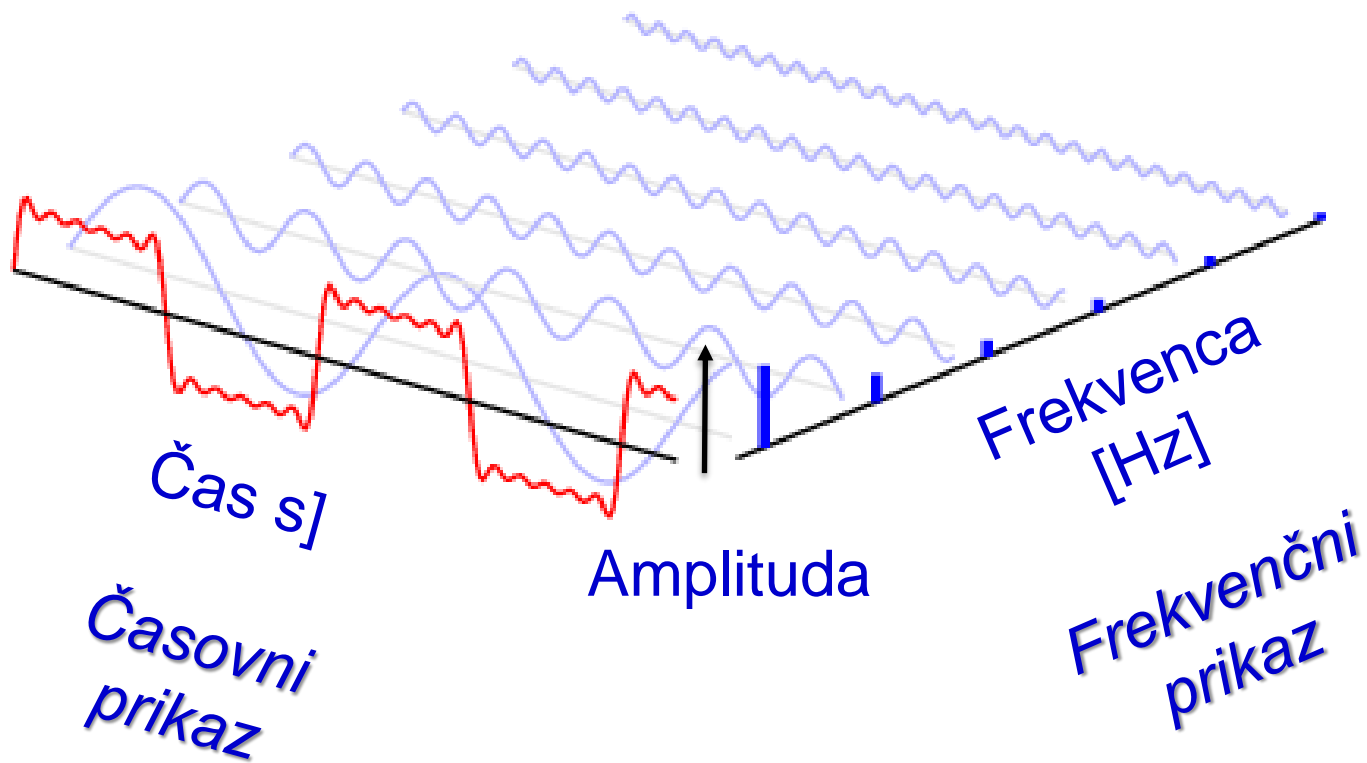
Vir : [https://www.tutorialspoint.com/execute\\_matplotlib\\_online.php](https://www.tutorialspoint.com/execute_matplotlib_online.php)

Vir s kodo: <http://tpcg.io/SHOMO1>

## Primer: Sestavljanje periodičnega pravokotnega signala

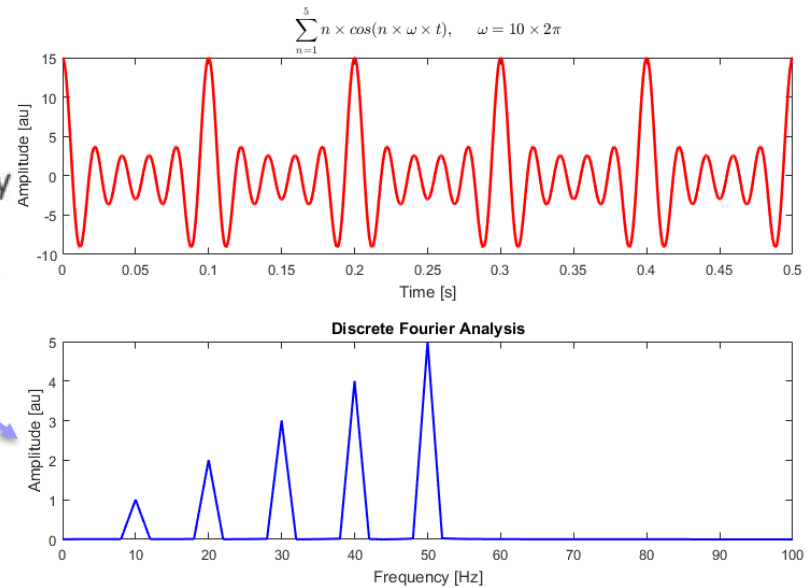
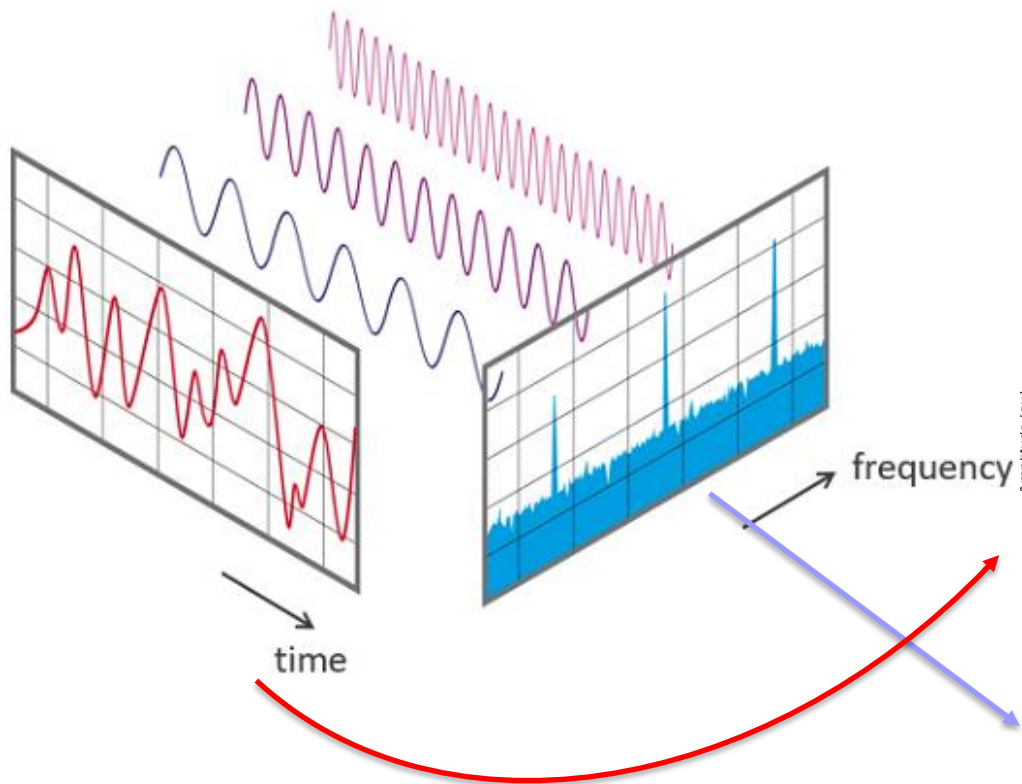


# Sestava periodičnega pravokotnega signala



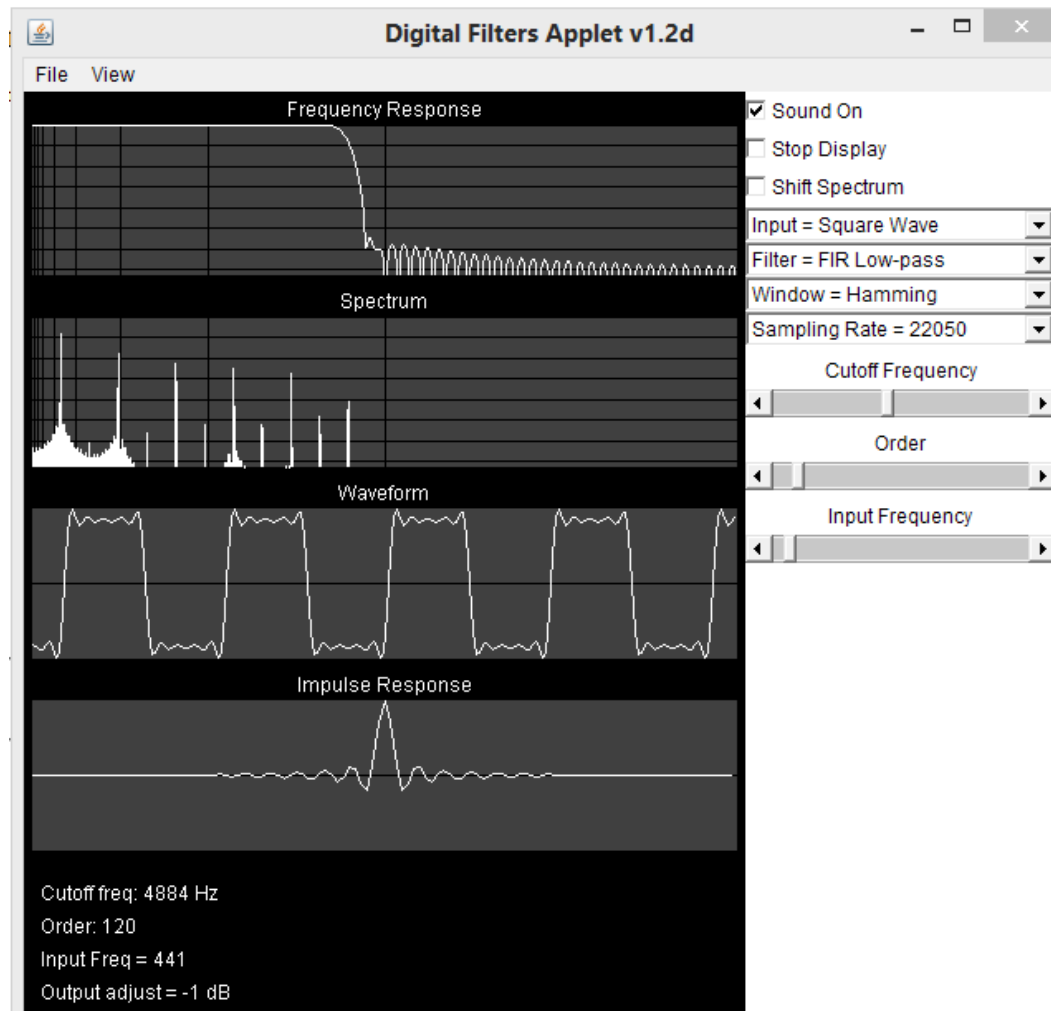
VIRI: [https://en.wikipedia.org/wiki/Frequency\\_domain](https://en.wikipedia.org/wiki/Frequency_domain)

# Sestava poljubnega signala (frekvenčna sestava/analiza)



VIRI: [https://en.wikipedia.org/wiki/Fast\\_Fourier\\_transform](https://en.wikipedia.org/wiki/Fast_Fourier_transform)

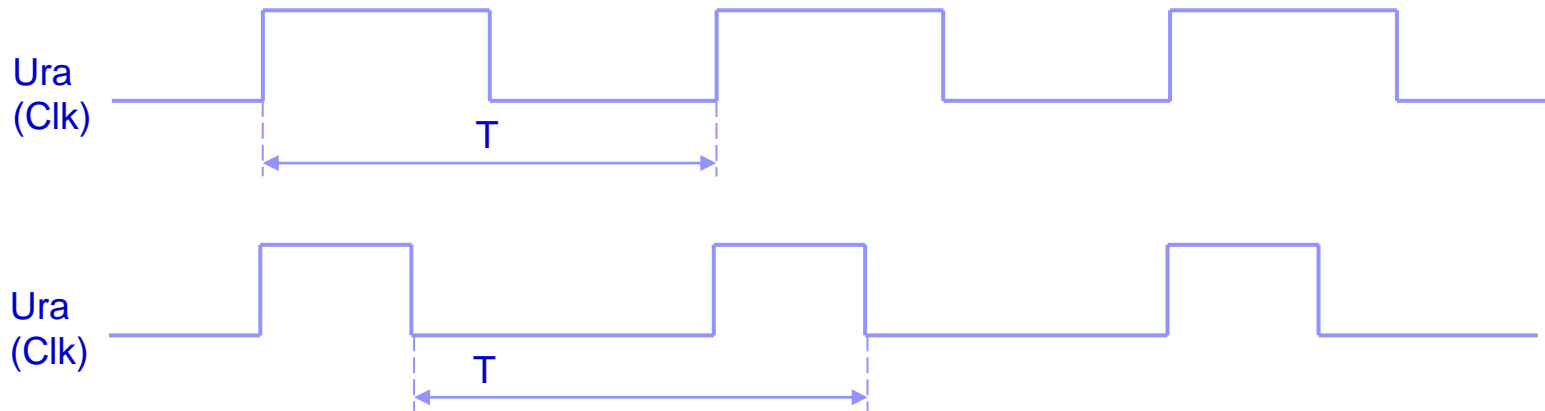
# Zvočna sestava periodičnega pravokotnega signala



VIR: <http://www.falstad.com/dfilter/>

# Urin signal

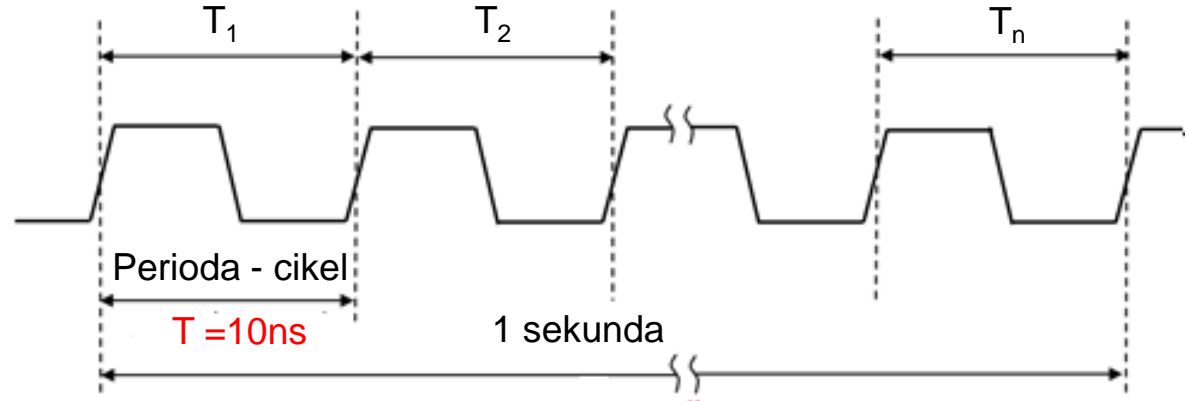
- Periodičen pravokoten signal – idealni graf



- Urin signal:
  - $T = 1/\text{frekvenca} = 1/f$
  - enota za frekvenco [ $\text{Hz} = 1 \text{ s}^{-1} = 1 \text{ perioda/s}$ ],



# Urin signal



□ Primer:  $f = 100\text{ MHz}$

1. Koliko period je v 1 s?
2. Izračunaj periodo  $T = ?$

Frekvenca periodičnega signala:  $f = \text{število period (ciklov) v 1 sekundi}$

Enota za frekvenco je Hertz (Hz) :  $1\text{ Hz} = 1\text{ perioda/s} = 1\text{ s}^{-1}$

Čas trajanja ene periode  $T = 1 / f$

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{100\text{MHz}} = \frac{1}{100 \cdot 10^6 \frac{1}{\text{s}}} = 0,01 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 0,01 \mu\text{s} = 10\text{ns}$$