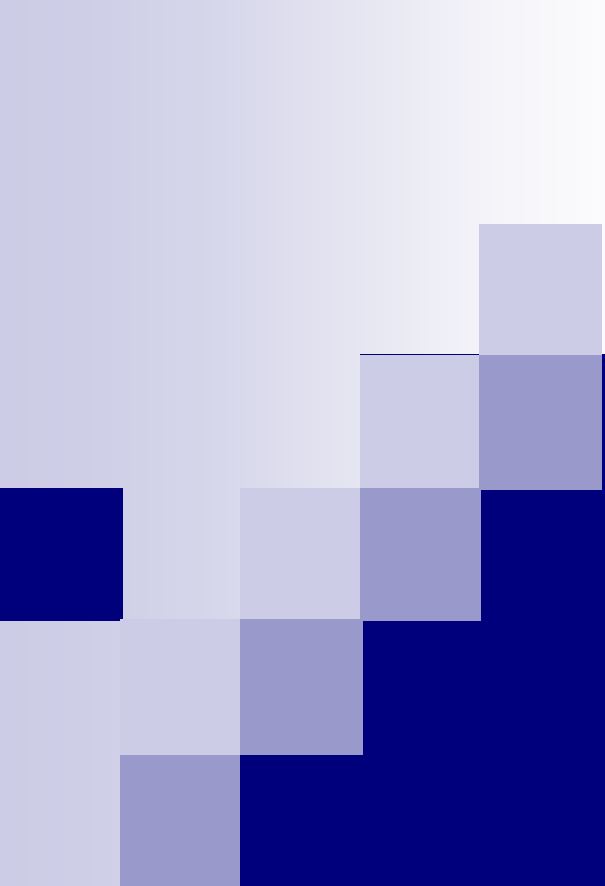




Vhodno-izhodne naprave (VIN)

Predavanja

I. Osnove elektrotehnike in signalov

Robert Rozman

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. Kirchhoffov zakon
- 2. Kirchhoffov zakon

□ 1.2 Signali

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

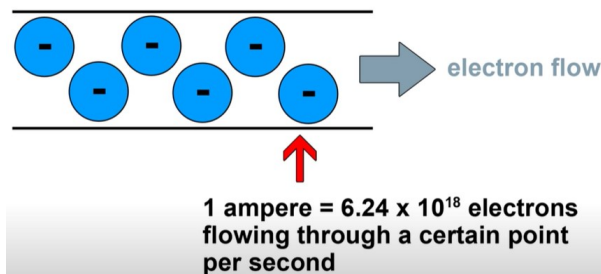
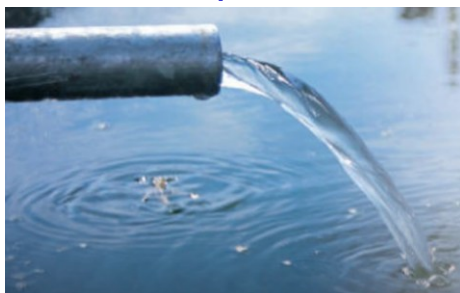
1.1 Osnove elektrotehnike – el. napetost, tok

- ❑ 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 = 6.241×10^{18} elektronov/sek = 1 Coulomb/sek



Basic Electricity -
What is an amp?
<https://www.youtube.com/watch?v=8gvJzrjwjds>

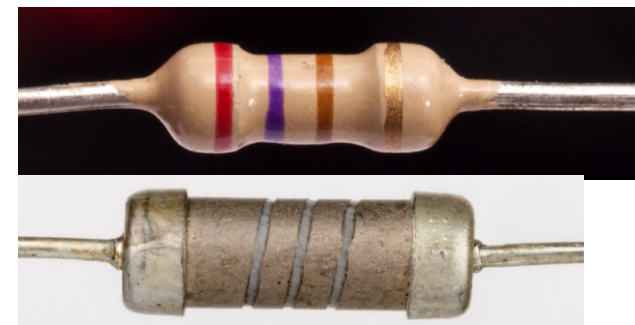
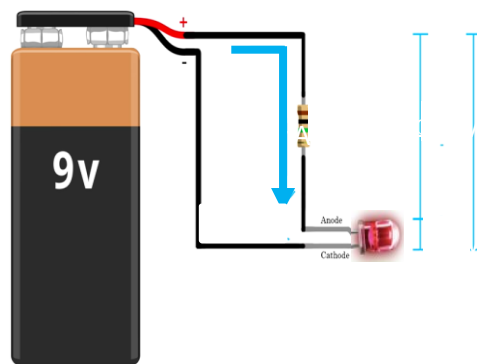
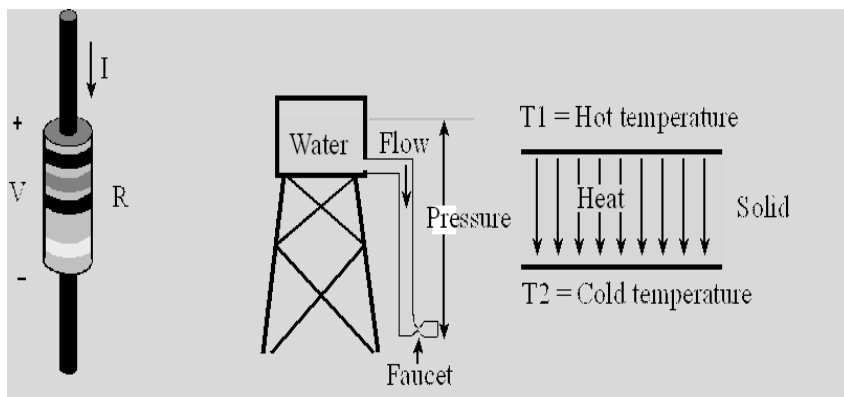
1.1 Osnove elektrotehnike

Basic Electricity -
Resistance and
Ohm's law,

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

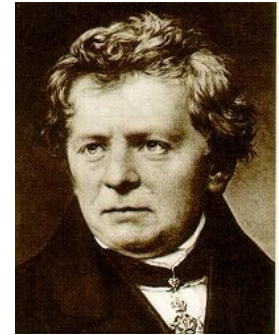
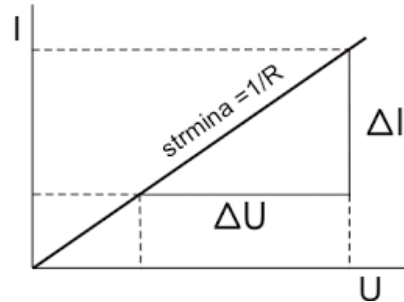
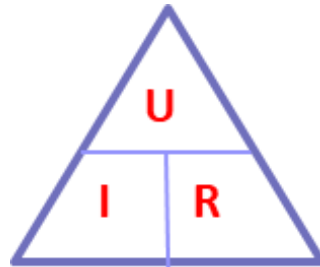
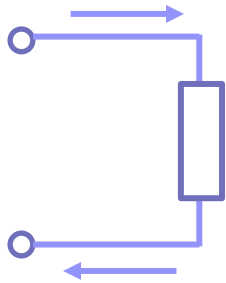
62 Ω $\pm 5\%$

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

1.1 Osnove elektrotehnike – Ohmov zakon

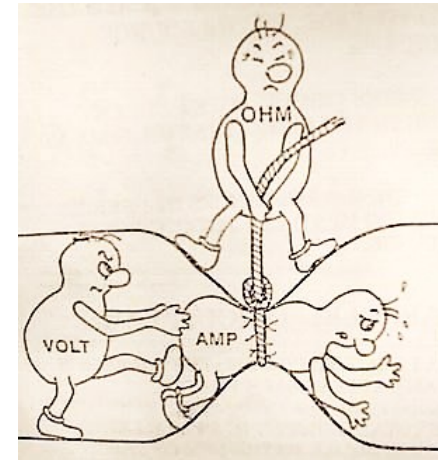
- **Ohmov zakon** – zveza med tokom, napetostjo in upornostjo

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



- 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]



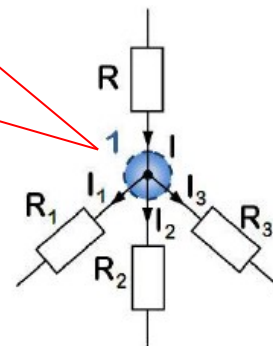
1.1 Osnove elektrotehnike – 1. Kirchhoffov zakon

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

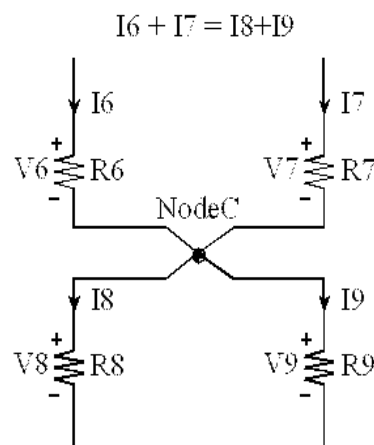
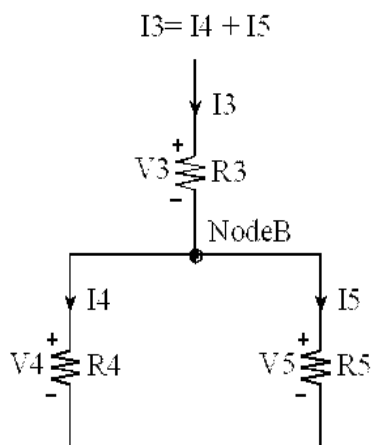
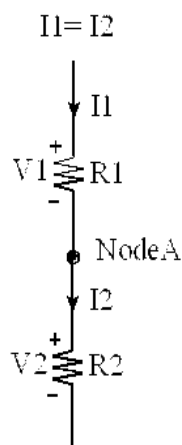
Vsota vseh tokov v spojišče je enaka vsoti tokov iz spojišča. $I = I_1 + I_2 + I_3$

ali

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



Primeri:



Gustav Robert Kirchhoff
(1824-1887) – nemški fizik

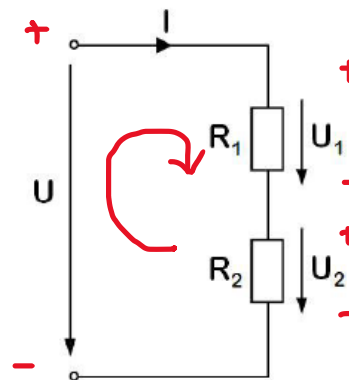
1.1 Osnove elektrotehnike – 2. Kirchhoffov zakon

2. Kirchhoffov zakon (napetostni)

Vsota padcev napetosti v zaključeni zanki je enaka nič.

$$U = U_1 + U_2$$

$$U - U_1 + U_2 = 0$$

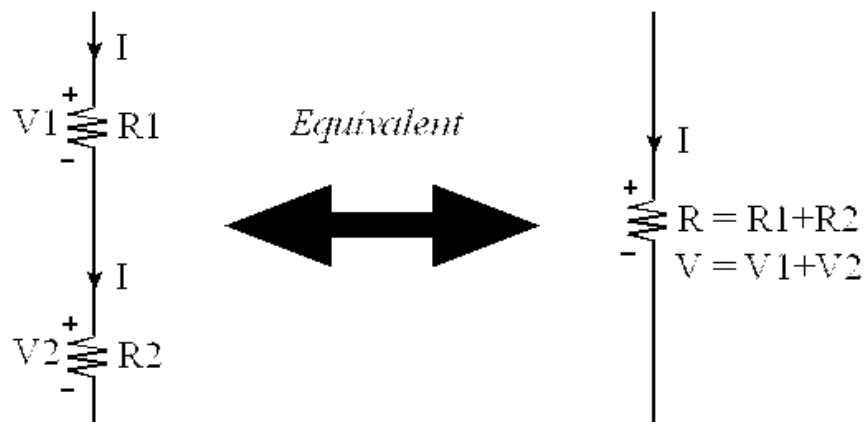
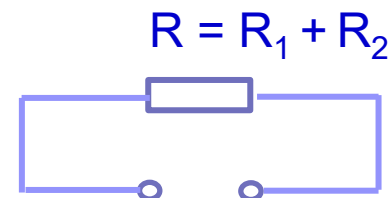
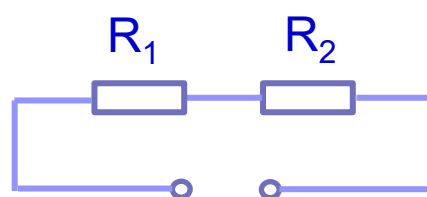


Gustav Robert **Kirchhoff**
(1824-1887) – nemški fizik

1.1 Osnove elektrotehnike

□ Zaporedna vezava uporov

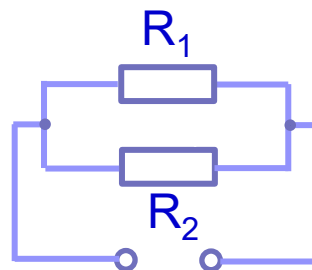
- Seštevajo se
 - Padci napetosti
 - Upornosti
- Enak tok skozi R_1 in R_2



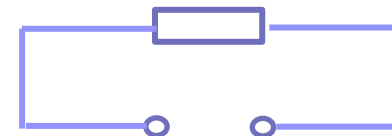
1.1 Osnove elektrotehnike – vzporedna

□ Vzporedna vezava uporov

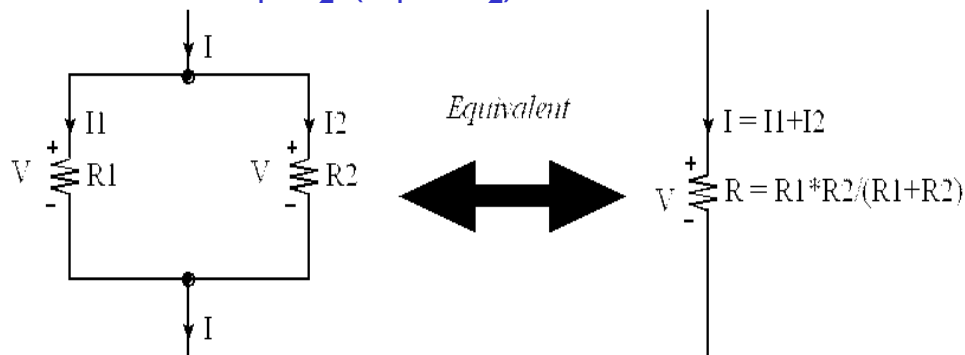
- Seštevajo se
 - Različni tokovi (glede na upornost)
 - Prevodnosti:
 - $I/R = I/R_1 + I/R_2 + \dots$
 - $G = G_1 + G_2 + \dots$
- Enak padec napetosti



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



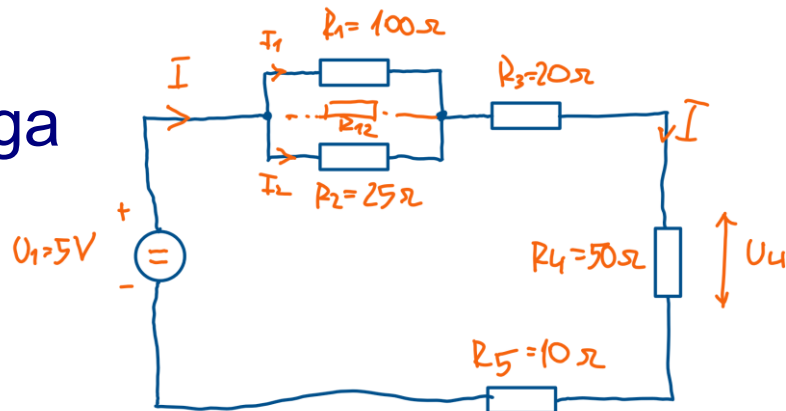
- Za 2 upora uredimo izraz: $R = R_1 * R_2 / (R_1 + R_2)$



1.1 Osnove elektrotehnike - naloga

Naloga z vezavo uporov :

- Izračunaj padec napetosti na uporu R_4



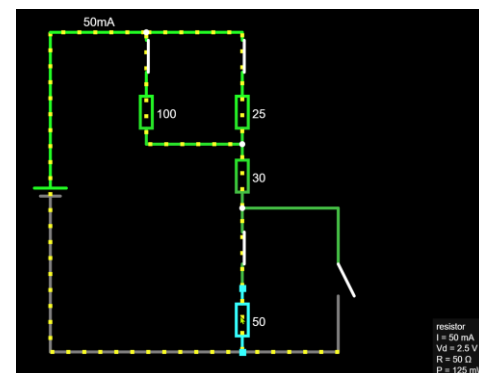
$$U_4 = I_4 \cdot R_4 = 0.05 \text{ A} \cdot 50 \Omega = \underline{\underline{2.5 \text{ V}}}$$

$I_4 = I$

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

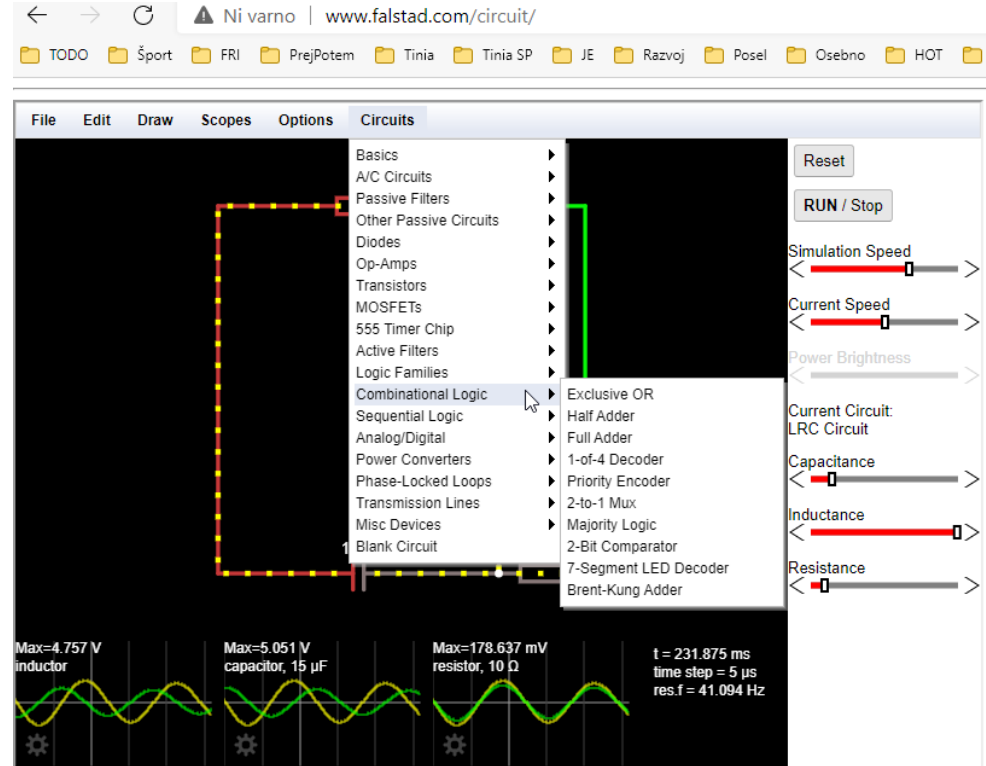
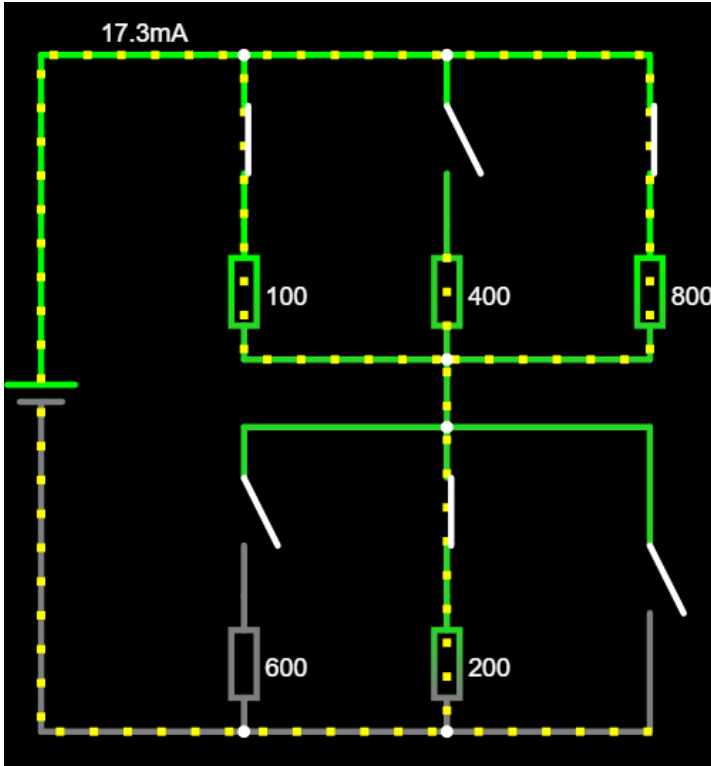
$$R_5 = R_{12} + R_3 + R_4 + R_5 = 20 + 20 + 50 + 10 = \underline{\underline{100 \Omega}}$$

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



Falstad Circuit

Orodje za simulacijo preprostih vezij – Falstad.com



<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 (najbolj ustreza za VIN)

1.2 Signali

Primeri signalov:

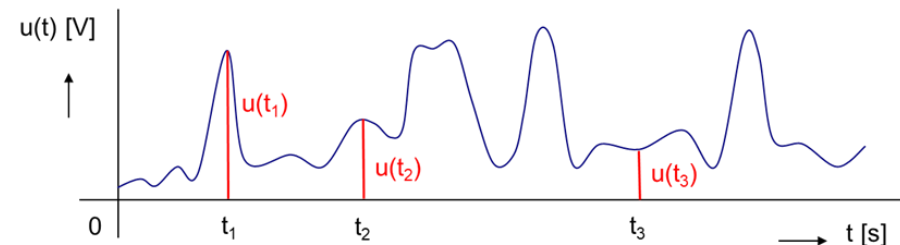
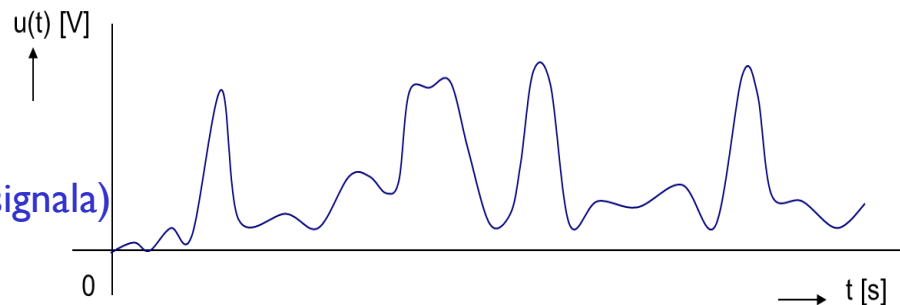
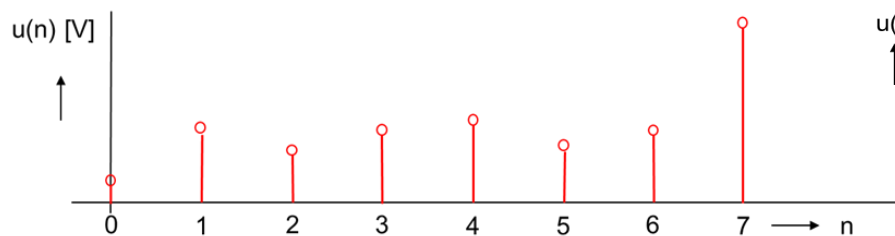
- ❑ **Električni** signal – $u(t)$
(napetost je funkcija časa, ustreza definiciji zveznega signala)



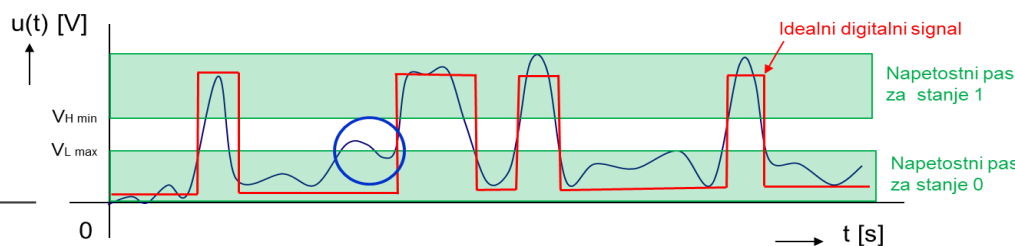
- ❑ **Zvezni** signal – $u(t)$
(t je zvezni čas, zvezna amplituda)



- ❑ **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 disk. vrednosti, stanji 0 in 1 (1 bit)

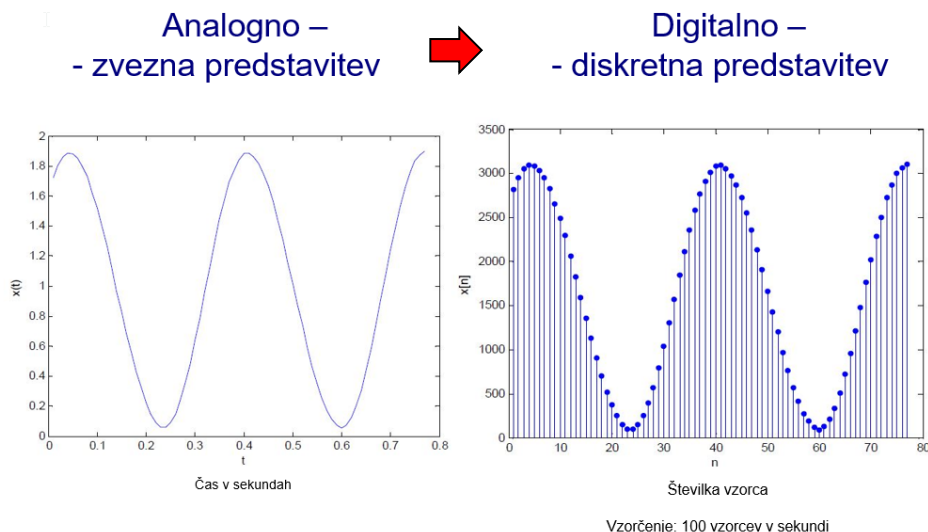


1.2 Signali

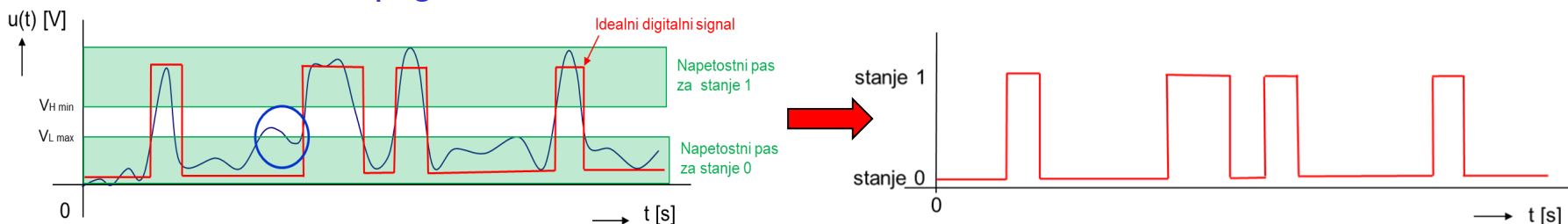
Primeri signalov: digitalni signali

□ Digitalni signal – dve interpretaciji:

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



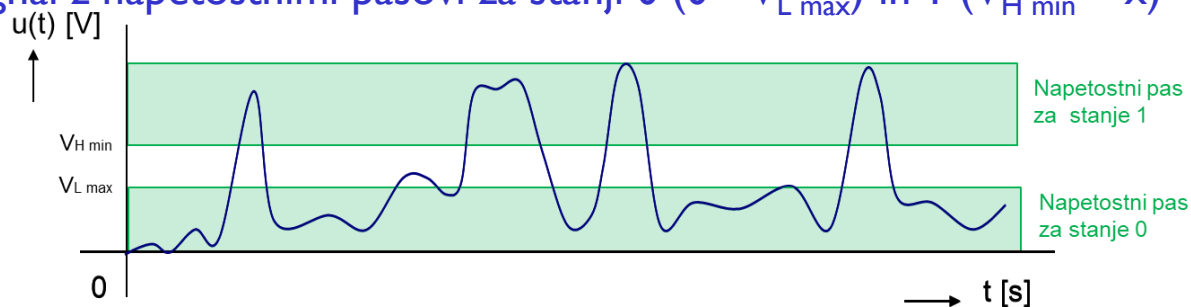
- digitalna vezja : amplituda ima dve diskretni vrednosti, stanja 0 in 1 (idealni signal)
čas pogosto zvezen



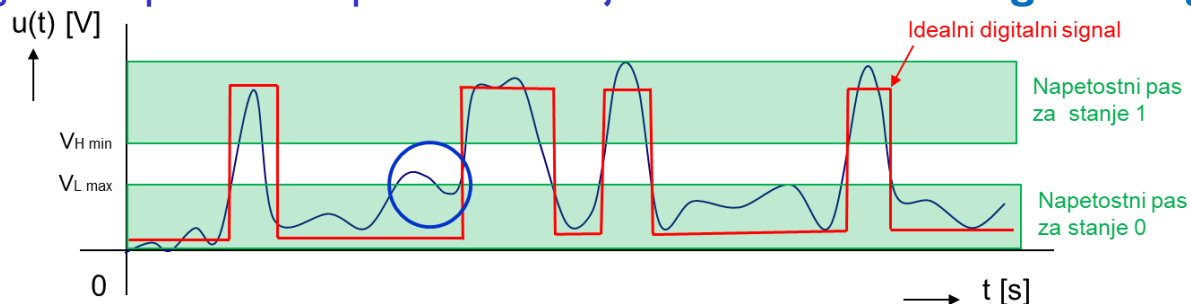
Preslikava med stanji in nap. nivoji

Digitalna vezja: *preslikava: realna amplituda signala $\rightarrow$ stanji 0, 1 ali Low, High*

- 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**.

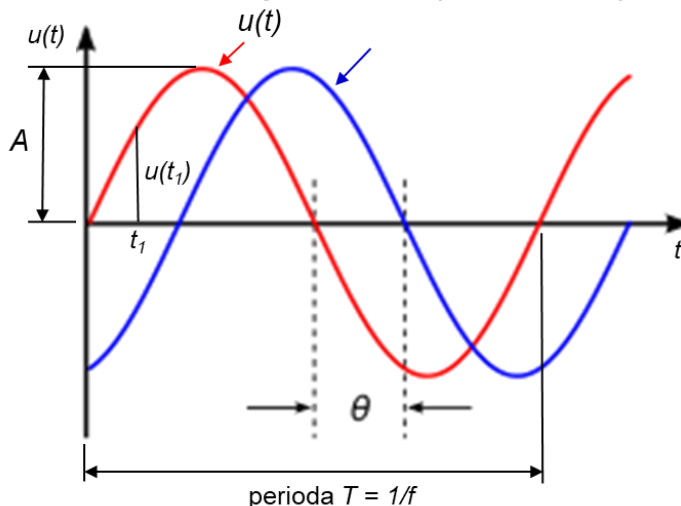


- Prednosti digitalnega signala - ?

- Prenos in shranjevanje podatkov
- Obdelava in predstavitev podatkov

Periodični signal

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



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)

Θ .. faza ali fazni kot je premik signala glede na začetno stanje ali glede na drug signal

Periodični pravokotni signal

- Časovni potek se po določenem času ponavlja (perioda T)

Primer: Pravokotni električni signal – $u(t)$ $f = 1/T$

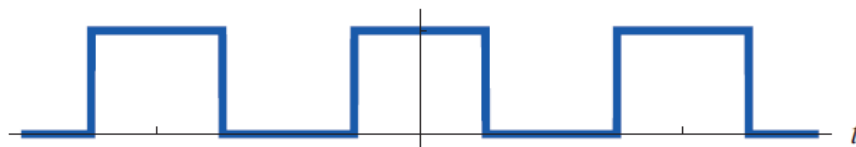
t .. čas

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

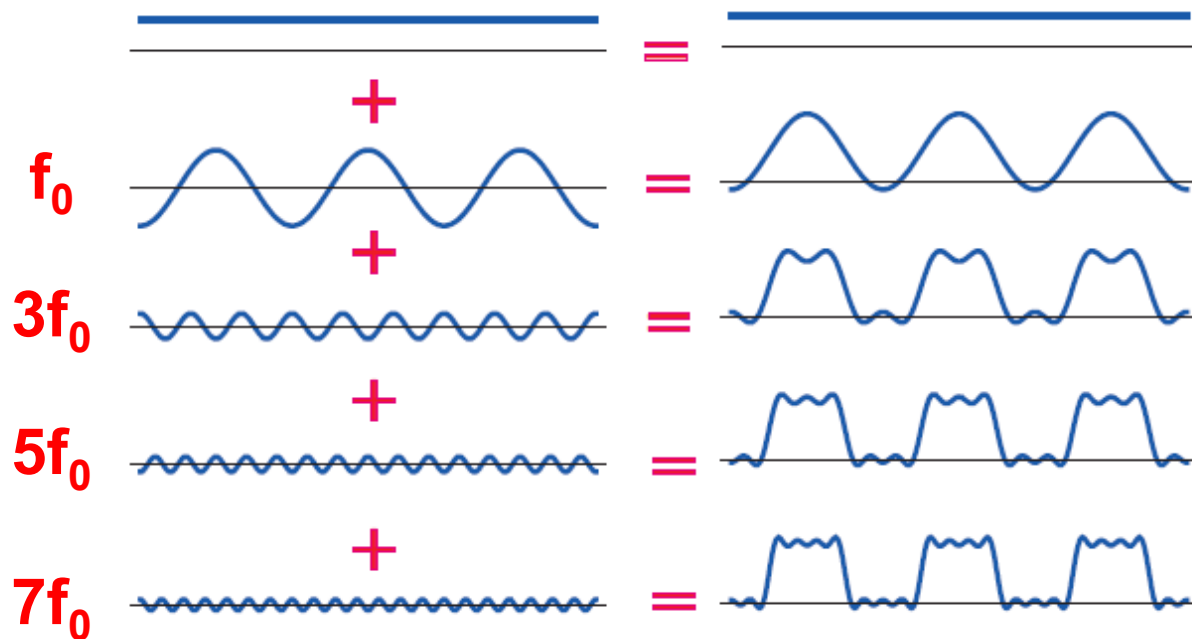
T .. perioda signala (f je frekvenca signala – to je število period (T) v sekundi)

Sestava pravokotnega signala

- Kako sestavimo pravokoten periodični signal?

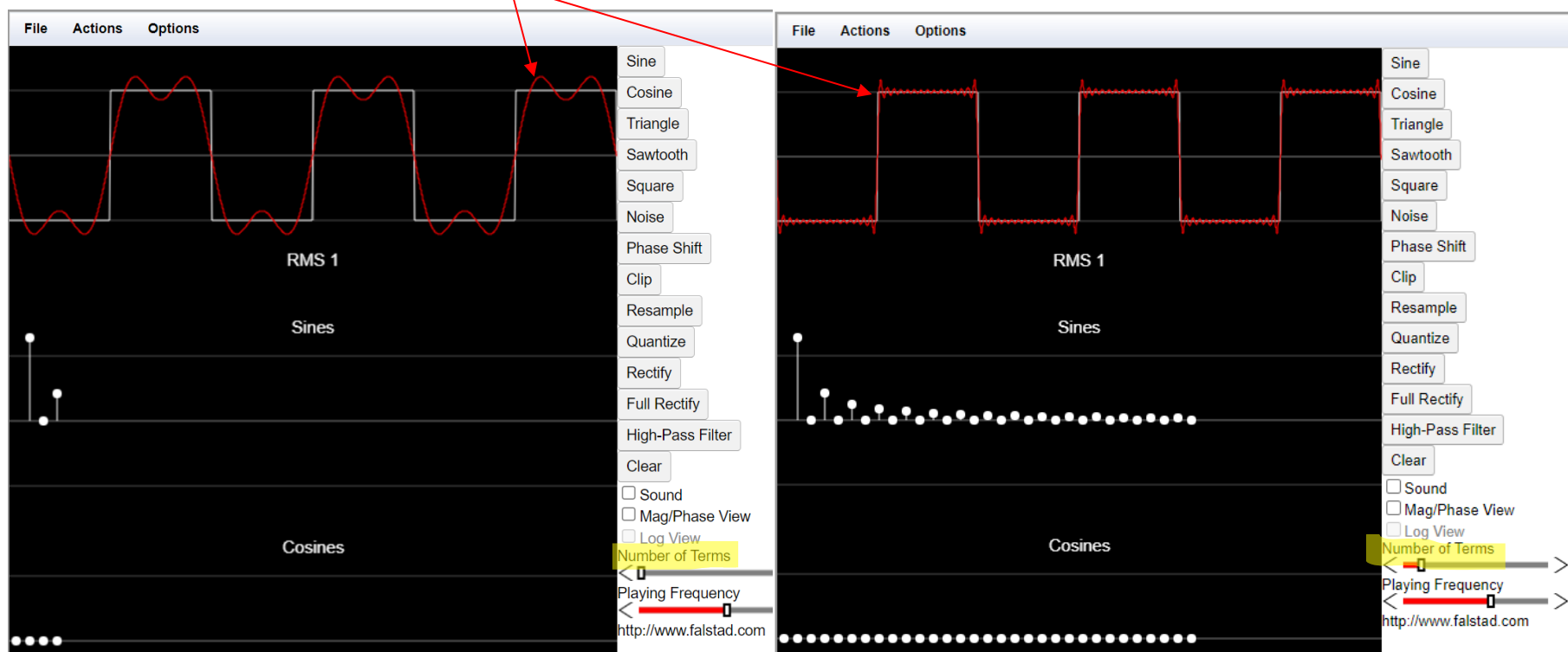


- Seštevanje harmonskih komponent pravokotnega signala



Sestava periodičnega pravokotnega signala - Falstad

Več komponent (členov F. vrste) večja strmina signala ob fronti



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

Primer sinusnega signala

□ Primer: Sinusni signal: $u(t) = A \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t + \theta)$

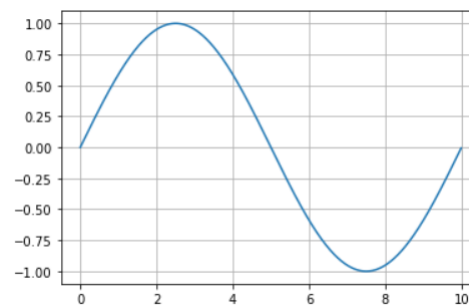
$A=1$

$T=10$

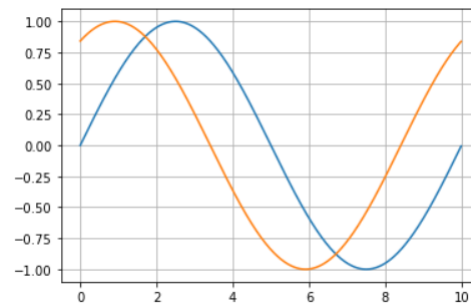
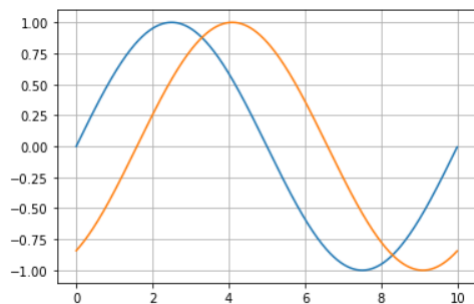
$\theta=0$

$f=1/T$

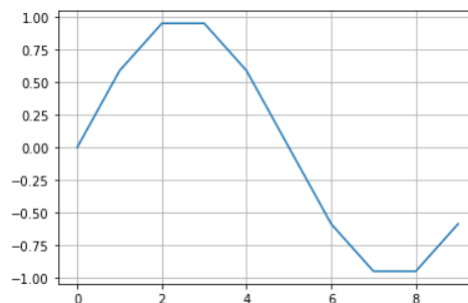
$t=0 \text{ - } 10, dt=0.01$



Vpliv faznega
koda $\theta = ?$



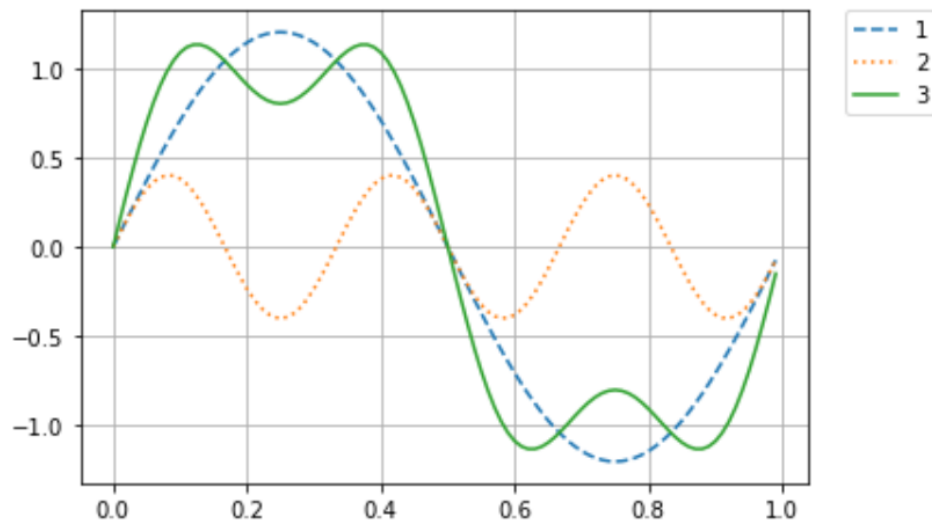
Kaj smo spremenili?



Primer seštevanja sinusnih funkcij v pravokotni signal - Python

□ Program v Pythonu – seštevanje harmonskih komponent sinus funkcije

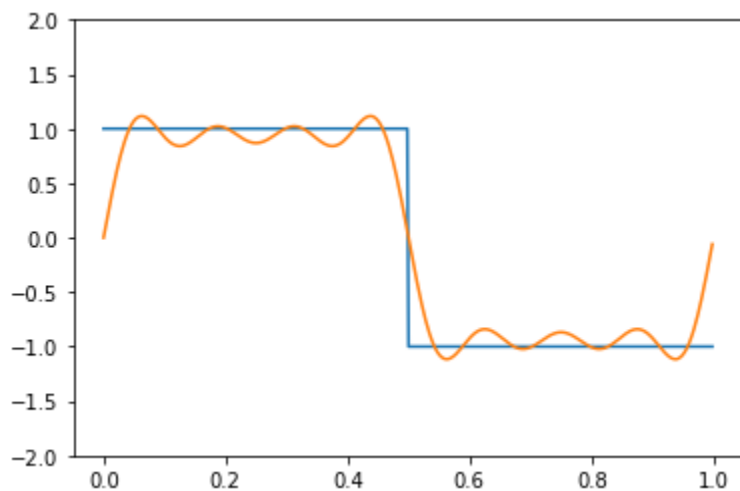
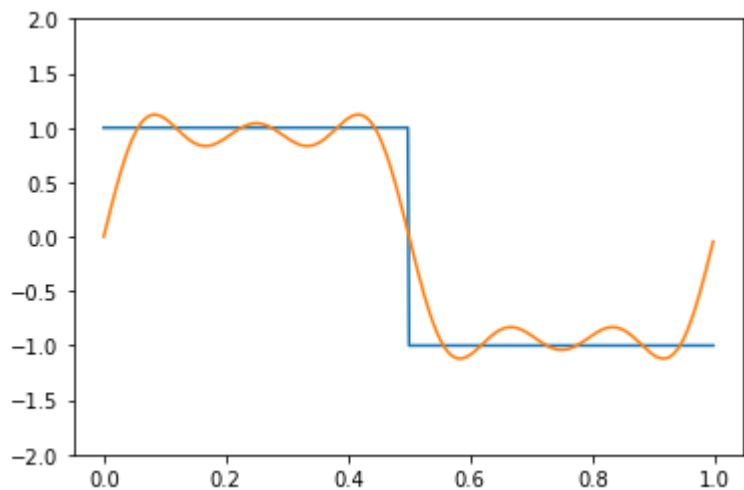
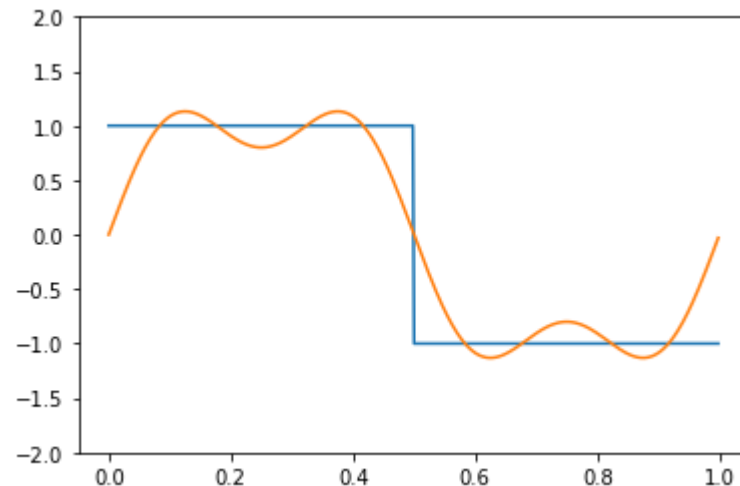
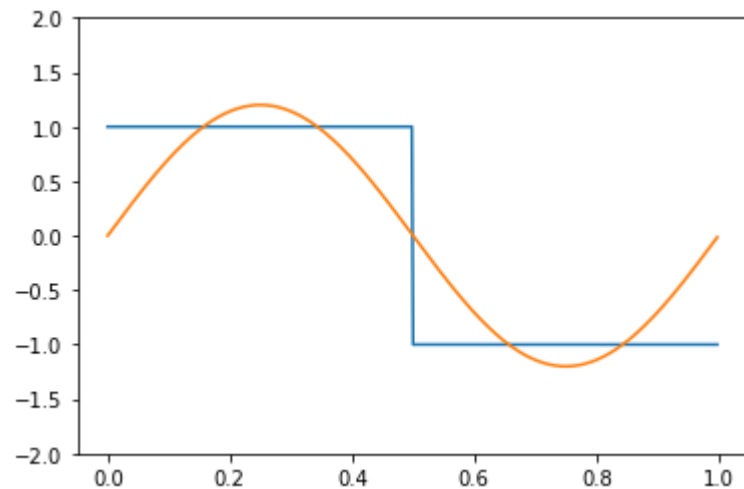
```
from pylab import *
A=1.2
T=1
f=1/T
t=np.arange(0,1,0.01)
sin1 = A*np.sin(2*np.pi * f * t)
sin2 = A*np.sin(6*np.pi * f * t)/3
sin3 = sin1 + sin2
plt.plot(t, sin1,label="1", linestyle='dashed')
plt.plot(t, sin2,label="2", linestyle='dotted')
plt.plot(t, sin3,label="3")
plt.legend(bbox_to_anchor=(1.05,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



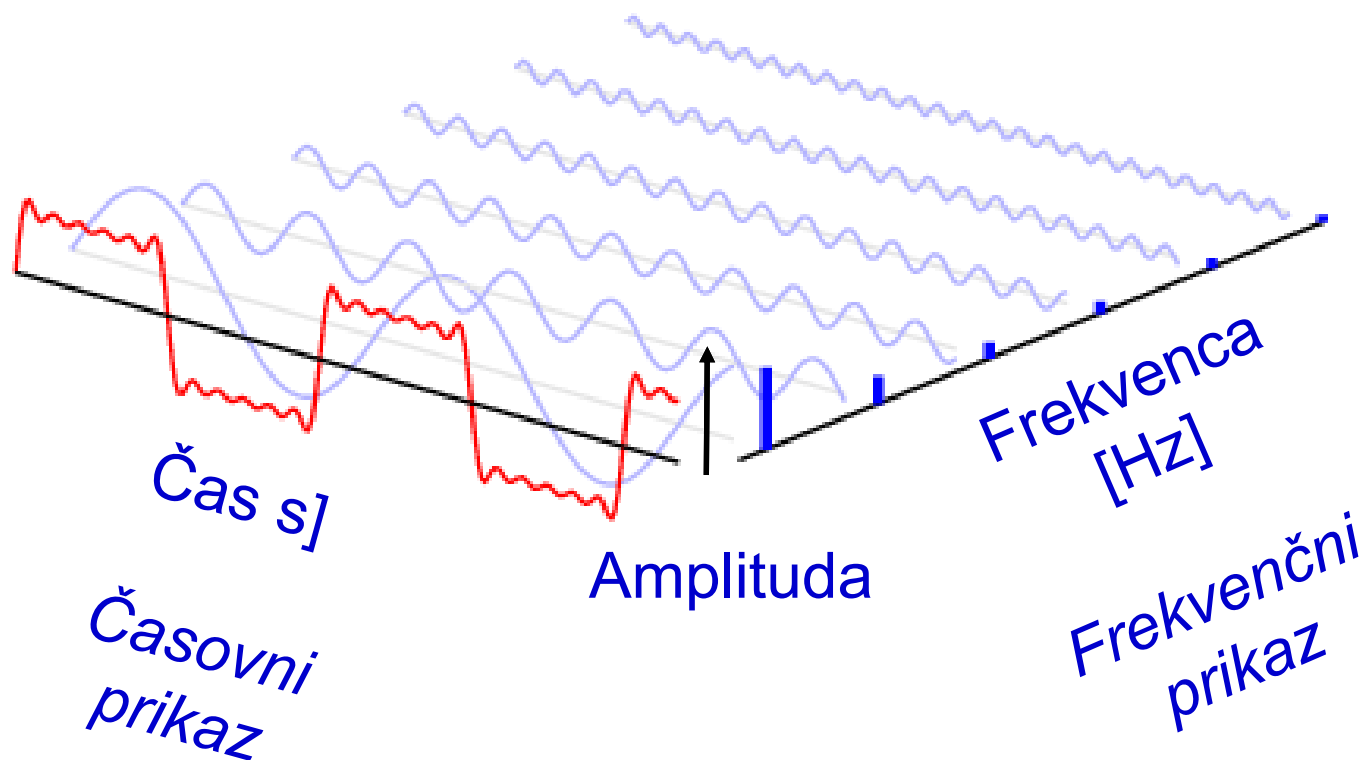
Vir : https://www.tutorialspoint.com/execute_matplotlib_online.php

Primer sestave pravokotnega signala

□ Primer: Sestavljanje periodičnega pravokotnega signala



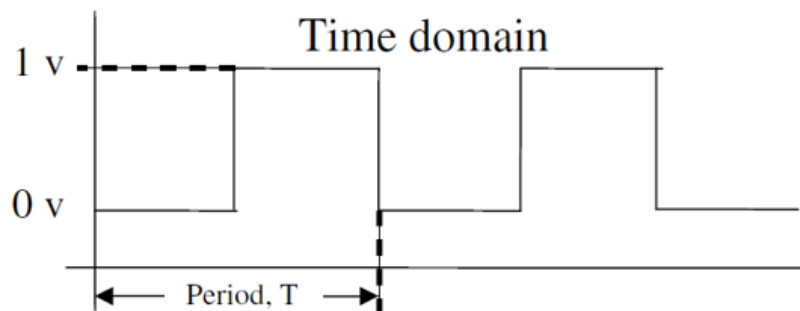
Sestava periodičnega pravokotnega signala



VIRI: https://en.wikipedia.org/wiki/Frequency_domain

Sestava periodičnega pravokotnega signala

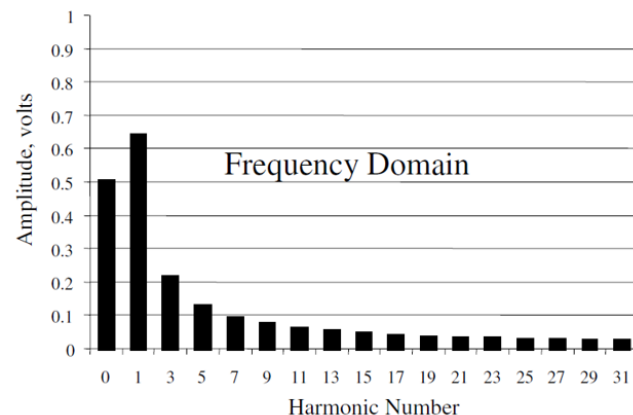
Amplituda



Čas s]

Časovni prikaz

Amplituda

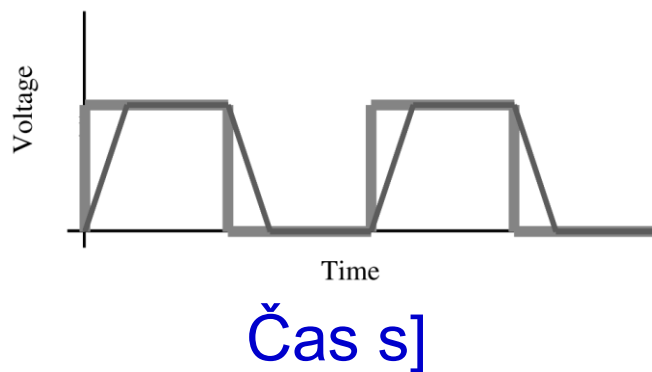


Frekvenca [Harmoniki]

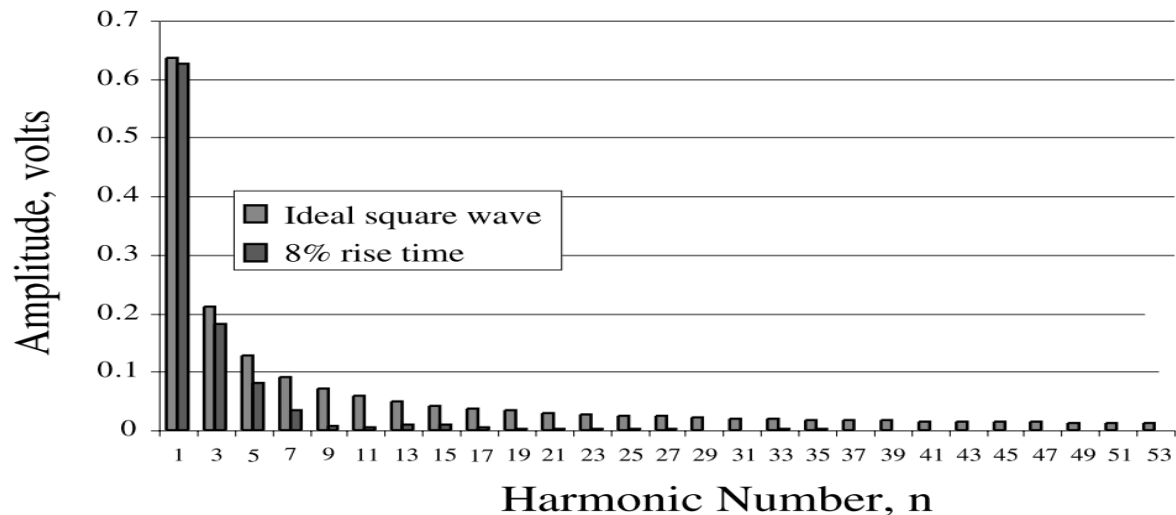
Frekvenčni prikaz

Sestava periodičnega pravokotnega signala

Amplituda



Amplituda



Časovni prikaz

Frekvenca [Harmoniki]

Višje frekvenčne komponente signalov se bolj slabijo pri prenosu skozi povezave (linije)!

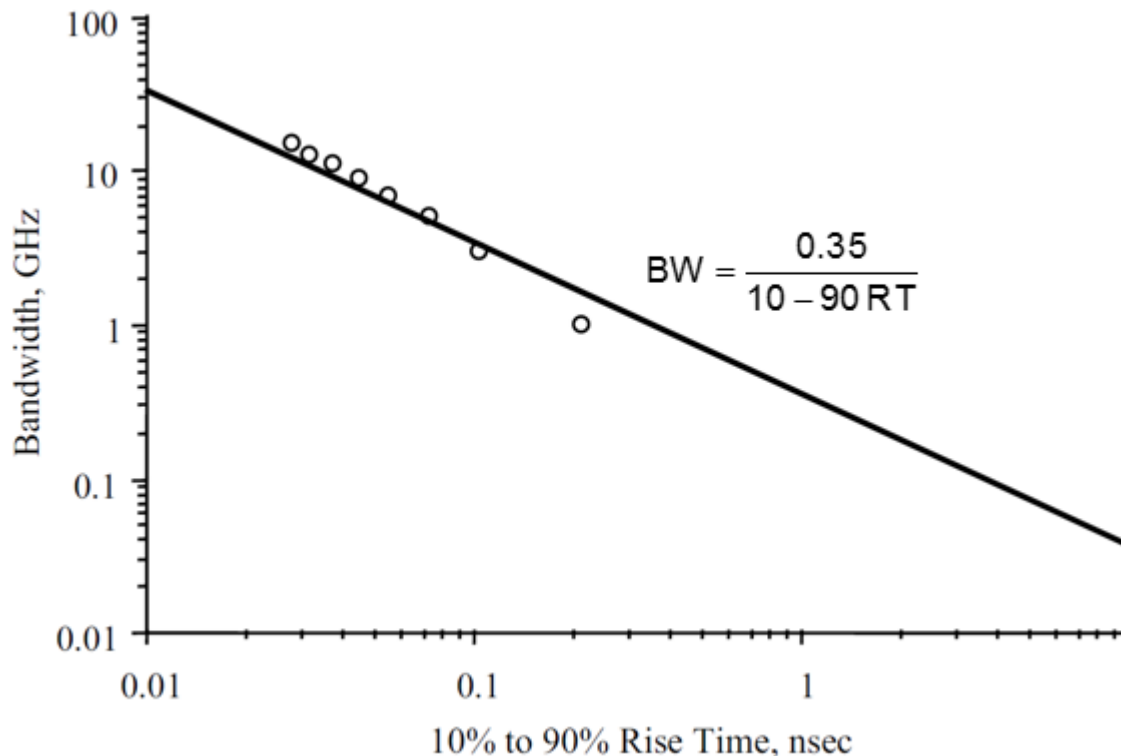
Frekvenčni prikaz

VIRI: [Test Happens - Teledyne LeCroy Blog: Transmission Lines \(Part I\): Introduction](#)

Sestava periodičnega pravokotnega signala

Povezava: čas vzpona – pasovna širina signala

Pasovna širina –
BW [GHz]



Čas vzpona [ns]

EDN

BLOGS BOGATIN'S RULES OF THUMB

Bandwidth of a signal from its rise time: Rule of Thumb #1

NOVEMBER 19, 2013
BY ERIC BOGATIN

$$BW[GHz] = \frac{0.35}{RT[nsec]} \quad \text{or} \quad RT[nsec] = \frac{0.35}{BW[GHz]}$$

<https://www.edn.com/rule-of-thumb-1-bandwidth-of-a-signal-from-its-rise-time/>

VIRI: [Test Happens - Teledyne LeCroy Blog: Transmission Lines \(Part I\): Introduction](#)

Sestava periodičnega pravokotnega signala

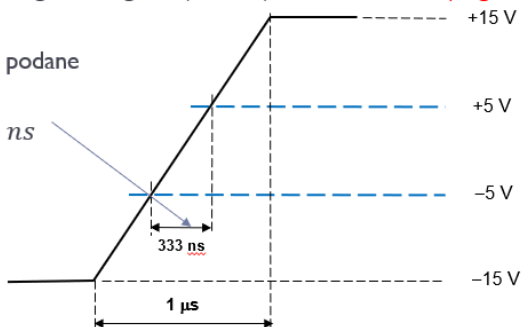
Praksa: čas vzpona – pasovna širina signala

RS232

- Hitrost spreminjanja kateregakoli signala je omejena na $30 \text{ V}/\mu\text{s}$ (ang. slew rate).

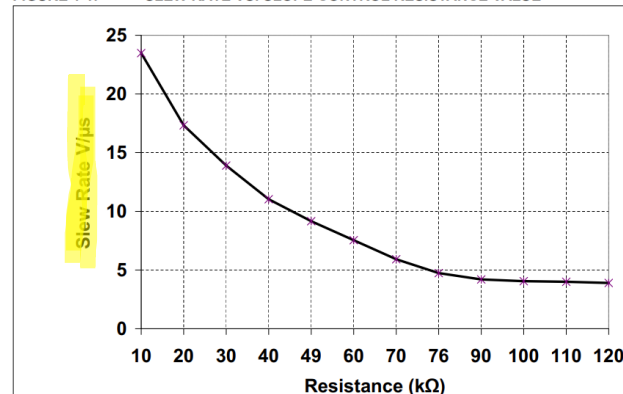
Čas vzpona t_r signala je za podane napetostne omejitve

$$t_r \geq 333 \text{ ns}$$



CANBUS Low speed Automotive – Fault tolerant

FIGURE 1-1: SLEW RATE VS. SLOPE-CONTROL RESISTANCE VALUE



MICROCHIP

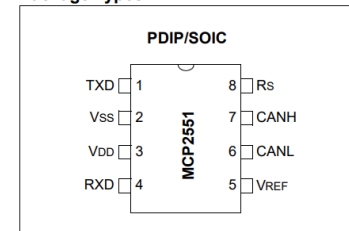
MCP2551

High-Speed CAN Transceiver

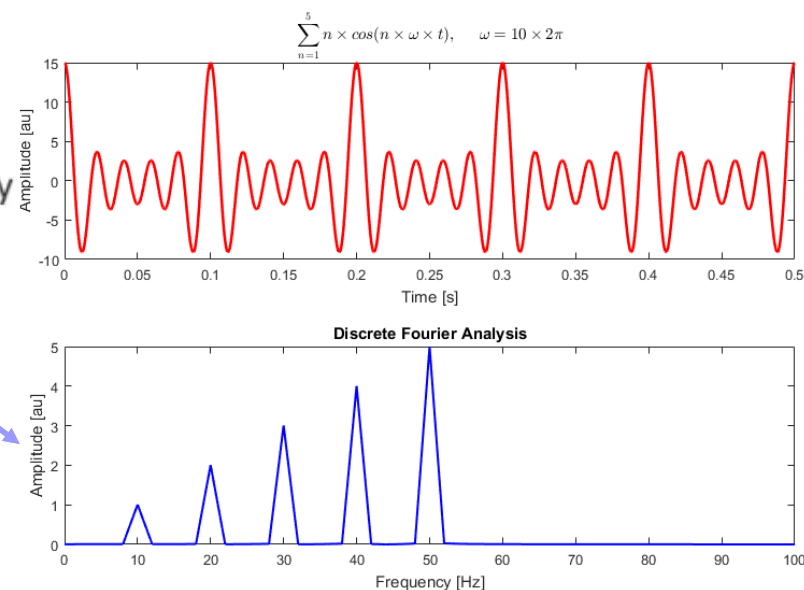
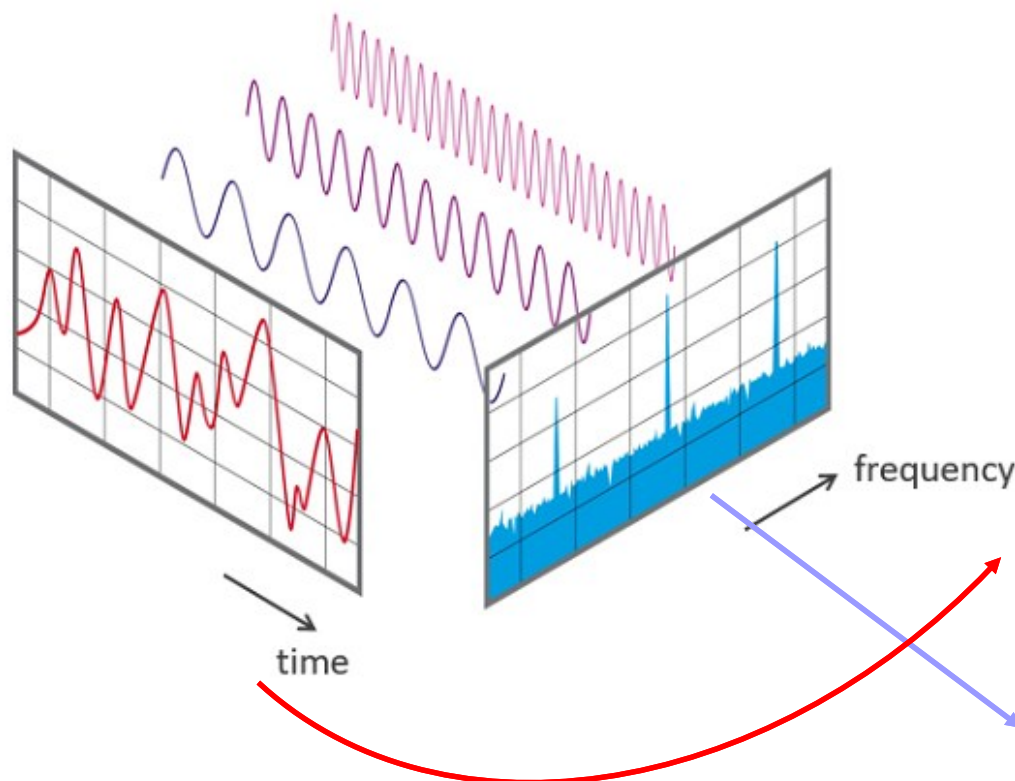
Features

- Supports 1 Mb/s operation
- Implements ISO-11898 standard physical layer requirements
- Suitable for 12V and 24V systems
- Externally-controlled slope for reduced RFI emissions
- Detection of ground fault (permanent Dominant) on TXD input
- Power-on Reset and voltage brown-out protection
- An unpowered node or brown-out event will not disturb the CAN bus
- Low current standby operation

Package Types

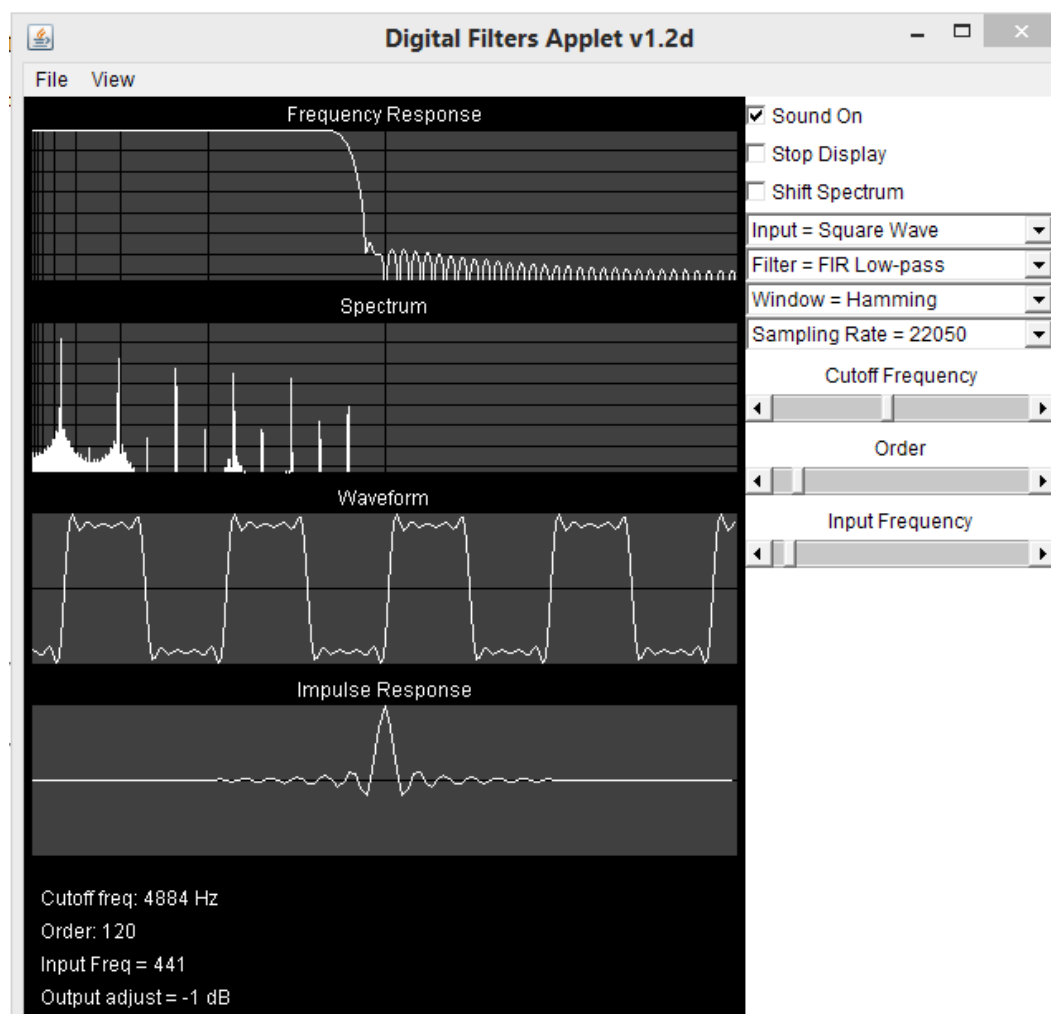


Sestava poljubnega signala (frekvenčna sestava/analiza)



VIRI: https://en.wikipedia.org/wiki/Fast_Fourier_transform

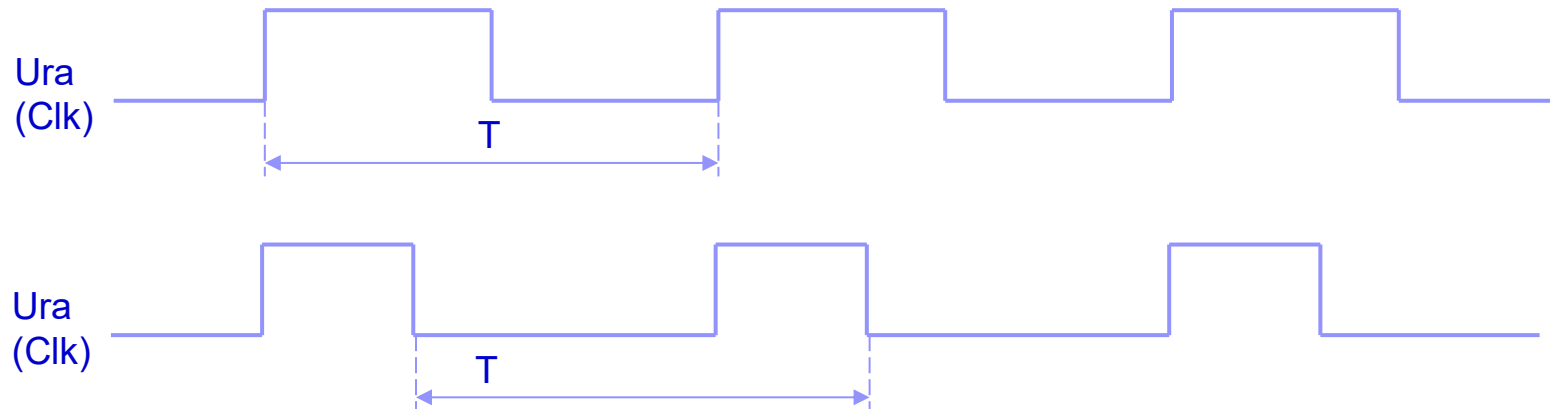
Zvočna sestava periodičnega pravokotnega signala



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

Urin signal

- Periodičen pravokoten signal – idealni graf

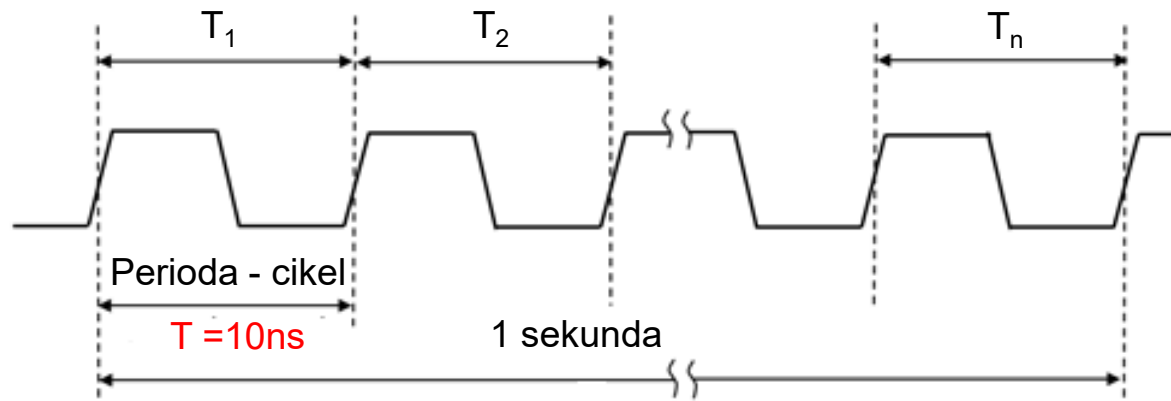


- Urin signal:
 - $T = 1/\text{frekvenca} = 1/f$
 - enota za frekvenco [$\text{Hz} = 1 \text{ s}^{-1} = 1 \text{ perioda/s}$],

Urin signal

□ Primer: $f = 100 \text{ MHz}$

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



Pri $f = 100 \text{ MHz}$ je v 1 sekundi 100.000.000 period

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 $T = 1 / f$

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