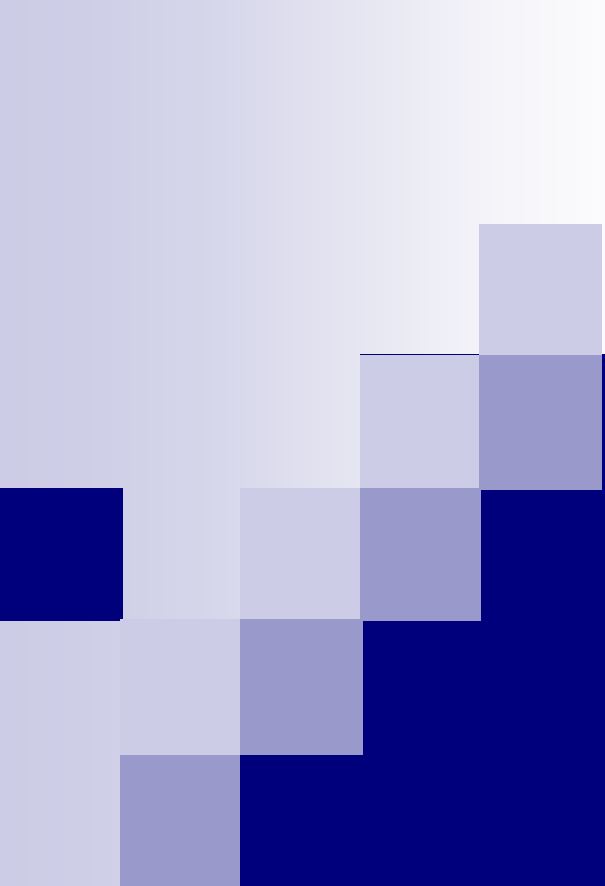




Vhodno-izhodne naprave (VIN)

Predavanja

2. Prenosni mediji (DNI: V/I naprave)

Robert Rozman

rozman@fri.uni-lj.si

Stalnice, posebnosti, novosti 2024:

■ Živa izvedba predavanj in vaj

- ☐ Hibridni posnetki za „rezervo“

■ Orodja :

- ☐ e-učilnica
- ☐ MS Teams

■ Izhodišča:

- ☐ karseda **aktivno sodelovanje**, pogovor, debata, praktično in skupinsko delo ...
- ☐ **STM32H750** Discovery osnovna platforma (tudi **STM32F407** in ostale)
- ☐ Praktično povezovanje, realizacija, delo
 - V/I naprave (skupinsko delo)
 - VIN Projekt (samostojno ali skupinsko delo)



Lep pozdrav,

ni problema, javite nam, ko boste vedeli kako in kaj - tudi v začetku marca ni prepozno.

Predlagam, da se konference udeležite en dan, konferenčni dnevi bodo razdeljeni glede na specifično tematiko - torek bo posvečen monitoringu, sredo avtomobilski industriji, četrtek pa aerospace tematikam. Vse dni bodo paralelno potekala tudi predavanja, ki jih bodo izvajali Dewesoft inženirji.

Mogoče bi bilo smiselno, da vprašate študente, za kateri dan je največji interes in na podlagi tega sprejmete odločitev za udeležbo.

V čast nam je, da vas lahko gostimo.

Lep pozdrav,
Nadja

<https://dewesoft.com/measurement-conference>

2.0 V/I naprave – Periferne naprave (DNI)

1. Vhodno/izhodna organizacija računalnika

- odvisna je od velikosti računalnika in zunanje naprave, ki je povezana z njo.
- V / I podsistem računalnika zagotavlja učinkovit način komunikacije z zunanjim okoljem.

2. Najbolj pogoste V/I naprave:

1. Tiste, ki so pod direktno kontrolo računalnika: Zaslona, Tipkovnica, Miška, Tiskalnik, Zunanji pomnilnik (disk).
2. Druge: Mikrofon, Zvočnik, Kamera, čitalnik črtne kode, ...

3. Vhodno izhodni vmesnik (ang. Input-Output Interface) - ponuja način za prenos informacij med notranjimi shranjevalnimi in zunanjimi V/I napravami.

- Posebne **komunikacijske povezave** za povezovanje s centralno procesno enoto (CPE).
- **Razrešiti je potrebno razlike**, ki obstajajo med osrednjim računalnikom in posamezno zunanjo napravo.



Razrešiti je potrebno **razlike**, ki obstajajo med osrednjim računalnikom in posamezno zunanjo napravo.

■ Prilagoditev signalov

- Periferne naprave so 'elektromehanične' in 'elektromagnetne' naprave, CPE in pomnilnik so elektronske naprave. Zato je potrebna **prilagoditev in pretvorba vrednosti signala**.

■ Prilagoditev hitrosti

- **Hitrost prenosa podatkov** zunanjih naprav je običajno počasnejša od hitrosti prenosa CPE, posledično bo morda potreben sinhronizacijski mehanizem.

■ Prilagoditev kodiranja in formatov

- **Kodiranje in formati podatkov** v zunanjih napravah se razlikujejo od podatkov v CPE in pomnilniku.

■ Prilagoditev načina delovanja

- **Načini delovanja zunanjih naprav** se med seboj razlikujejo, zato se morajo razlikovati njihova krmiljenja tako, da se ne moti delovanja drugih zunanjih naprav, ki so priključene na CPE.

2.0 Domača naloga DN/I: Delovanje VI naprav

- ❑ Poročilo s povzetkom/infografiko in predstavitev na predavanjih (5-10min)
- ❑ Navodila in prijava:
 - ❑ e-učilnica, datumi in podrobnosti v objavi na forumu
 - ❑ temo lahko tudi sami predlagate
 - ❑ skupine 2-4
- ❑ Pregled virov (spletne objave, članki, drugi dokumenti)
- ❑ Vsaj 3 vire uporabite za poročilo in predstavitev
- ❑ Poročilo (okvirno 5 ali več strani):
 - ❑ Prva (morda tudi druga) stran:
 - ❑ **Naslov** s podatki: VIN Predavanja – I. DN (2023/24 Tema:..., Avtorji: ..., Datum: ...)
 - ❑ **Grafična info skica** (»poster«), vizualni povzetek vsebine (v smislu poster predstavitev, kot jih vidite tudi na FRI po stenah)
 - ❑ **Kratek tekstovni povzetek** (ki bo skupaj z info skico služil za spletno objavo na <https://lapsy.splet.arnes.si/> in MS Teams ekipe.
 - ❑ Morebitne povezave na PDF, PPT, poročilo, spletno objavo, video posnetek, ...
 - ❑ **Jedro poročila:**
 - ❑ Predstavitev naprave: opis, slika in razvoj
 - ❑ Arhitektura in tehnologije
 - ❑ Opis delovanja
 - ❑ Uporaba s kratkim opisom delovanja
 - ❑ Povezava (kako se programsko povežemo z napravo)
 - ❑ **Zaključek**
 - ❑ **Literatura**
- Oddaja poročila: e-učilnica (1.4.2026)
- Predstavitev (5-10 min): bo potekala na predavanjih (zadnja ura) po predhodnem razporedu na učilnici

2.0 Domača naloga DN/I – Primeri tem

Podan je seznam naprav (vhodna, izhodna, vhodno/izhodna):

1. Tipkovnica (ang. keyboard)
2. Optična miška (angl. optic mouse)
3. Optični skener (ang. scanner)
4. Biometrični skener prstnih odtisov (ang. biometric fingerprint scanner)
5. Zaslon LCD (ang. liquid crystal display)
6. Zaslon na dotik (ang. touchscreen)
7. Projektor (ang. projector)
8. Brizgalni tiskalnik (ang. inkjet printer)
9. Laserski tiskalnik (ang. laser printer)
10. 3D tiskalnik (ang. 3D printer)
11. Bliskovni pomnilnik (ang. flash pomnilnik)
12. Zunanji pomnilnik HDD (ang. Hard Disk Drive)
13. Zunanji pomnilnik SSD (ang. Solid State Drive),
14. Čitalnik črtne kode (ang. barcode reader)
15. Čitalnik RFID (ang. RFID reader)
16. Spletna kamera (ang. webcam)
17. Mikrofon (angl. microphone)
18. Zvočnik (angl. speaker)

Novosti 2023

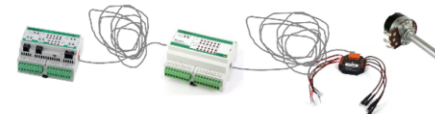
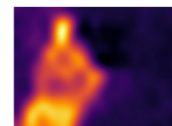
19. SensorTile.box (<https://www.st.com/en/evaluation-tools/steval-m-ksbox1v1.html>)
20. Napredna tipala z UI (npr. LSM6DSOX https://www.st.com/content/st_com/en/products/mems-and-sensors/inemo-inertial-modules/lsm6dsiox.html)
21. GPS sprejemniki (navigacija, pozicioniranje)
22. MEMS Tipala: pospeškometer, žiroskop, kompas in kombinacije
23. Logični (protokolski) analizatorji (npr. CAN, I2C, ...)
24. STM32: zajem, razpoznavanje, procesiranje zvoka
25. ADC in DAC pretvorniki
26. Aktivno dušenje hrupa (»Active noise cancellation«)
27. Merjenje kakovosti zraka (delci, plini, ...)
28. Matrično IR tipalo (primer: MLX906XX – Smarteh)
29. LIDAR
30. Detektorji gibanja (PIR, UZ, ...)

Novosti 2024

31. Smarteh LPC-PLC krmilnik (avtomatizacija) (<https://www.smarteh.com/si/produkti/produkti-za-avtomatizacijo-zgradb/lpc-2-programirjivi-krmilniki/glavni-krmilni-moduli/>)
32. Cybrotech Integra avtomatizacija – VIN-LAB vaja (<https://cybrotech.com/products/>)
33. BT Lokatorji (npr. Airtag, Chipolo)
34. Pametne (športne) ure in tipala (<https://racunalniske-novice.com/kako-delujejo-pametne-ure-in-njihovi-senzorji/>)
35. Tehnologija in naše telo (npr. <https://racunalniske-novice.com/prvi-pacient-s-cipom-v-mozganih-lahko-premika-racunalnisko-misko/>)
36. Temo predlagam po emailu (npr. vlažnost tal, tipalo bližine, IR, prstni odtis, ...)

Novosti 2026

36. Merjenje kakovosti zraka (CO2, VOC, PM delci, ...)
37. Pametna hiša
38. Komunikacijske tehnologije za krajše povezave (npr. CANBUS, I2C, SPI, U(S)ART)
39. Termo kamera in zaznavanje
40. Brežžične komunikacijske tehnologije lokalnega dosega (npr. Zigbee, ZWave, Bluetooth, BLE, Matter)
41. Ideje za VIN projekte, izzivi – OneNote zvezek:
 - a. LAPSy Embedded Academy zvezek (Spletni pogled)
42. Temo predlagam po emailu (npr. vlažnost tal, tipalo bližine, IR, prstni odtis, ...)



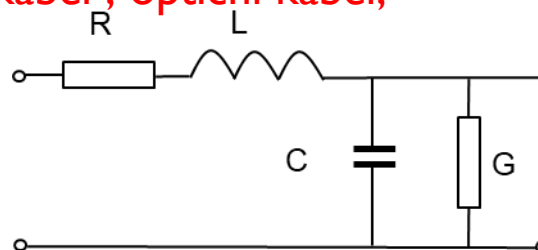
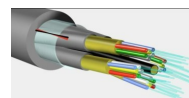
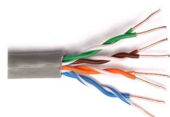
2. Prenosni mediji

Poudarki poglavja :

- ❑ 2.0 Domača naloga DNI: Delovanje VI naprav
- ❑ 2.1 Uvod
- ❑ 2.2 Lastnosti prenosnih medijev
 - Slabljenje (ang. Attenuation - Att)
 - Pasovna širina (ang. Bandwidth - BW)
 - Šum (ang. Noise)
 - Karakteristična impedanca (ang. Characteristic Impedance)
 - Zakasnitev (ang. Delay)

❑ 2.3 Prenosni mediji

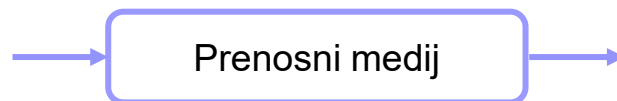
- Žični (ang. wired): parica, koaksialni kabel, optični kabel,
- Brezžični (ang. wireless)



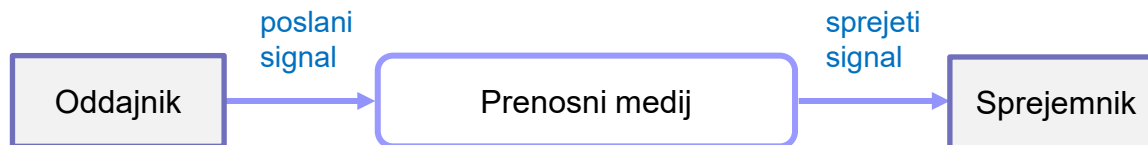
❑ 2.4 Osnovni model prenosne linije

2.1 Uvod

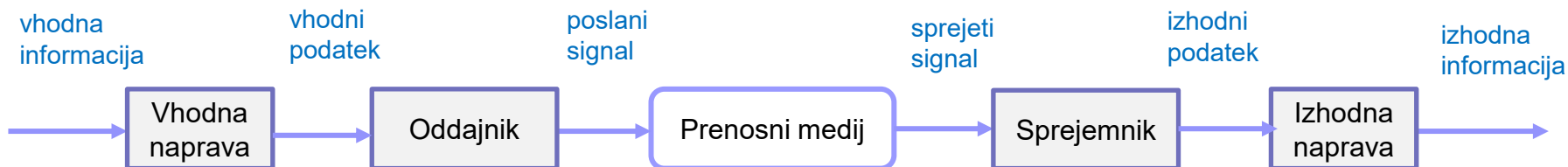
- ❑ Prenosni medij je sredstvo ali komunikacijski kanal za prenos informacije.
- ❑ Preučujemo odnos med vhom (vhodni signal) in izhodom (izhodni signal) prenosnega medija.



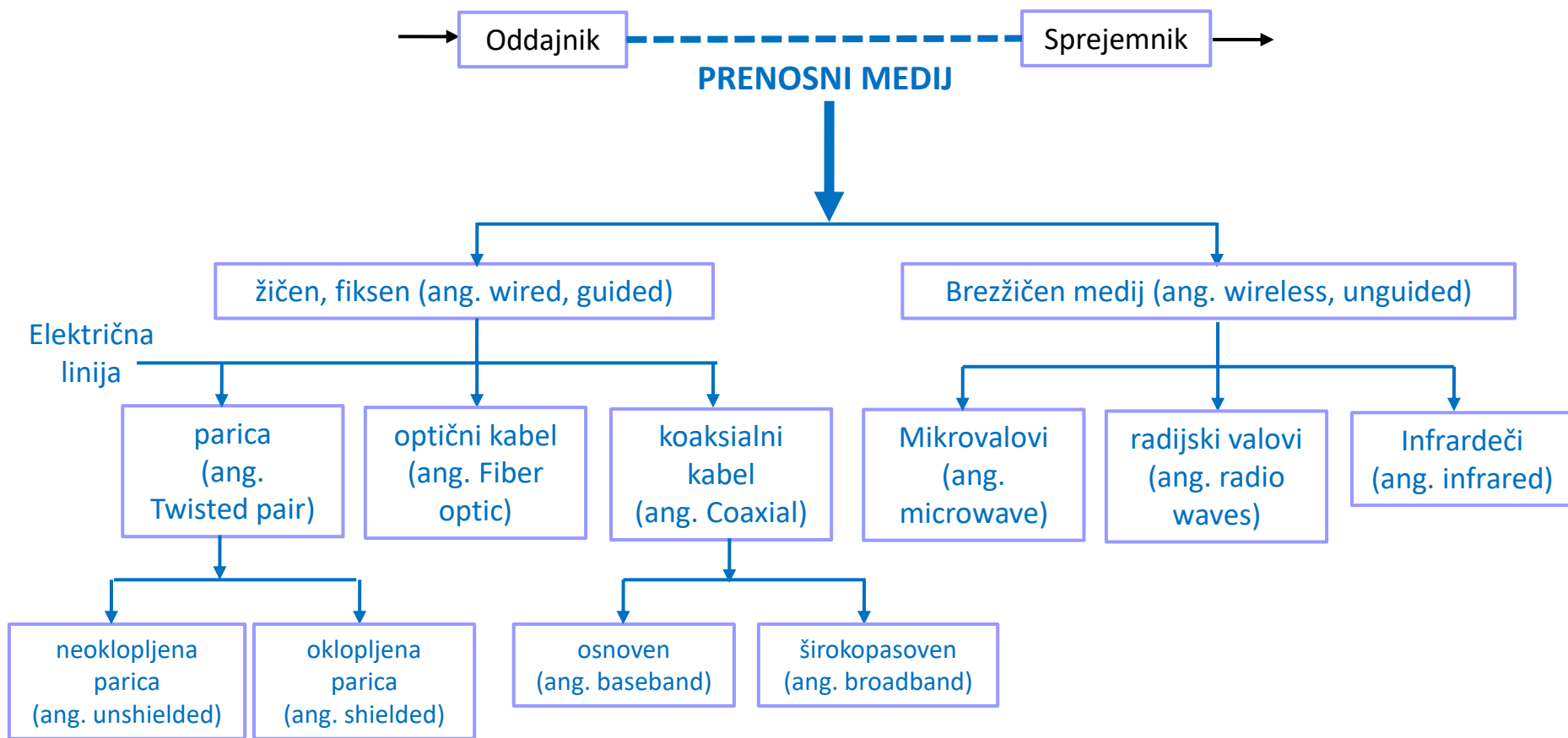
- ❑ Oddajnik zagotavlja vhodni signal, sprejemnik pa sprejme izhodni signal



- ❑ Primer: Informacija je iz vhodne naprave posredovana na izhodno napravo



2.1 Uvod



Vir: <https://www.javatpoint.com/transmission-media>

2.2 Lastnosti prenosnih medijev

- Slabljenje (ang. Attenuation - Att)
- Pasovna širina (ang. Bandwidth - BW)
- Šum (ang. Noise)
- Karakteristična impedanca (ang. Characteristic Impedance)
- Zakasnitev (ang. Delay)

2.2 Lastnosti prenosnih medijev

□ Oddajnik

Podatki za pošiljanje
01001101

Podatki za pošiljanje

Oddajni signal

Popačenje signala

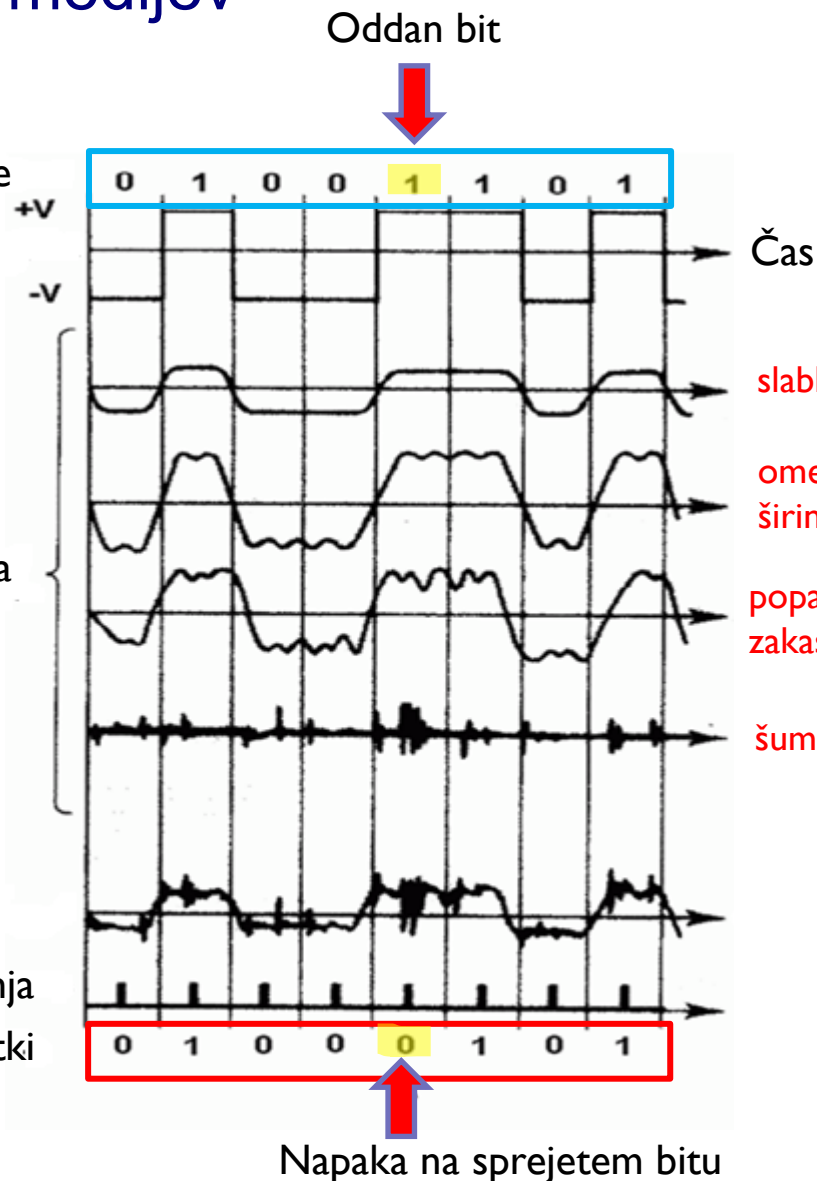
Prejeti signal

Trenutki vzorčenja

Prejeti podatki

01000101

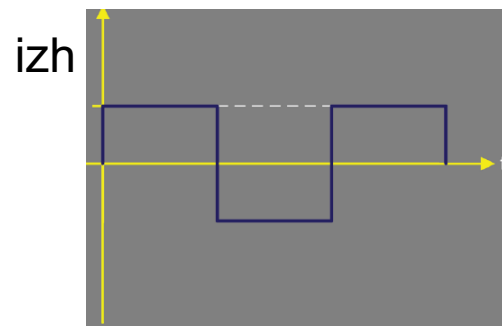
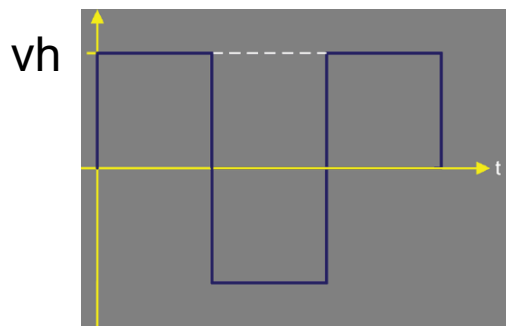
□ Sprejemnik



❑ Slabljenje signala – A [dB] (ang. Attenuation)

- Nanaša se na zmanjšanje moči (amplitude) signala po prenosni liniji od ene do druge točke.

▪ Pravokotni signal

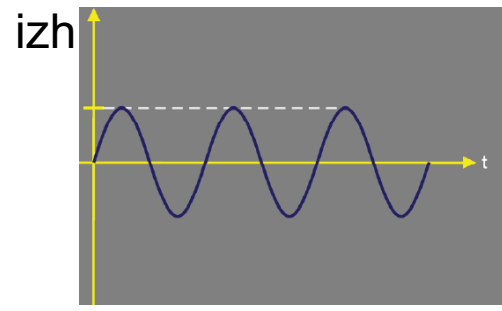
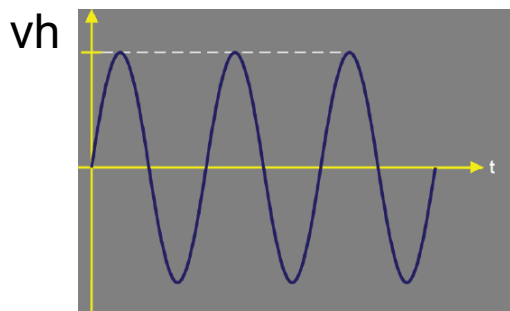


SuperCat 5 24 Cat.5e

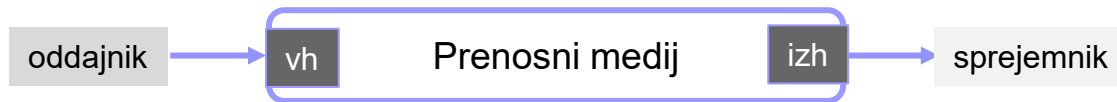
Nominal Transmission character

F (MHZ)	Attenuation (dB/100m)	NEXT (dB)	ACR (dB/100m)
1	1,8	77	75
4	3,6	70	66
10	6,0	65	59
16	7,6	64	56
20	8,6	62	53
31.25	11,0	59	48
62.50	16,0	55	39
100	20,7	48	27
125	23,8	48	24
175	28,8	45	16
200	31,2	40	9

▪ Sinusni signal



□ Izračun slabljenja signala – A [dB]



- Slabljenje narašča z razdaljo in s frekvenco signala (večja je razdalja ali večja je frekvenca – manjši je signal).
- Na prenosnem mediju se izračuna z logaritemskim razmerjem moči ali napetosti signala na izhodu prenosnega medija (oddani signal - izh) in signala na vhodu prenosnega medija (sprejeti signal (vh)).
- Slabljenje je podano v decibelih [dB] (Decibel – razmerje med spremenljivo količino in fiksno referenco (Bell Labs, 1928)

Razmerje moči:

$$A[dB] = 10 \cdot \log_{10} \frac{P_{izh}[W]}{P_{vh}[W]}$$

Razmerje napetosti:

$$A[dB] = 20 \cdot \log_{10} \frac{U_{izh}[V]}{U_{vh}[V]}$$

□ Primer1:

Za prenos signala sta podani napetosti na vходу linije $U_{vh} = 1 [V]$ in na izhodu linije $U_{izh} = 0.1 [V]$. Izračunajte slabljenje signala - $A = ? [dB]$

- Razmerje napetosti:

$$A[dB] = 20 \cdot \log_{10} \frac{U_{izh}[V]}{U_{vh}[V]} = 20 \cdot \log_{10} \frac{0.1 [V]}{1 [V]} = 20 \cdot \log_{10} 10^{-1} = 20 \cdot (-1) = -20$$

$$A = -20 [dB]$$

□ Primer2:

Kakšno je slabljenje signala $A [dB]$, če pride na koncu linije do zmanjšanja začetne moči na polovico.

- Razmerje moči, kjer je $P_{izh} = 0.5 P_{vh}$

$$A[dB] = 10 \cdot \log_{10} \frac{P_{izh}[W]}{P_{vh}[W]} = 10 \cdot \log_{10} \frac{0.5 P_{vh}[W]}{P_{vh}[W]} = 10 \cdot \log_{10}(0.5) = 10 \cdot (-0.3) = -3$$

$$A = -3 [dB]$$

❑ Pasovna širina – B [Hz] (ang. Bandwidth - BW)

- je v **teoriji signalov in v elektronskih komunikacijah** **frekvenčno območje**, ki ga signali uporabljajo na določenem prenosnem mediju.
 - razlika med najvišjo ($f_{\max}$) in najnižjo frekvenco ($f_{\min}$), ki jo medij še lahko prenaša.

$$B \text{ [Hz]} = f_{\max} - f_{\min}$$

Primer:

Podan je periodičen signal, ki je sestavljen iz štirih sinusnih valovanj s frekvencami 200 Hz, 400 Hz, 500 Hz in 800 Hz. Izračunajte pasovno širino za prenos signala.

$$B = f_{\max} - f_{\min} = 800 \text{ Hz} - 200 \text{ Hz} = 600 \text{ Hz}$$

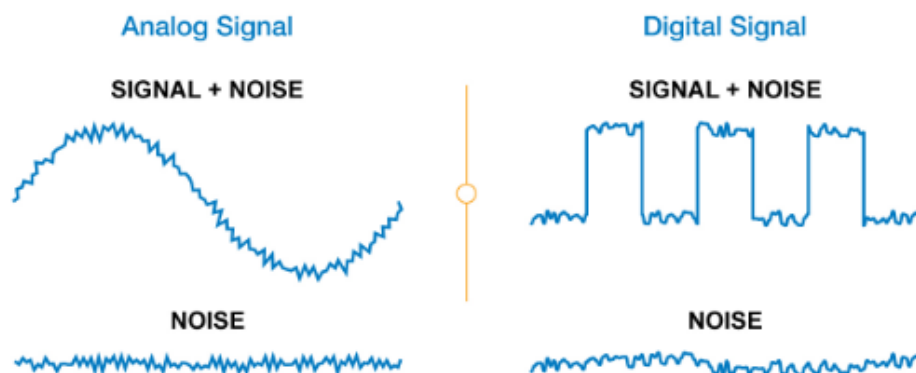
- je v **računalništvu in računalniških komunikacijah** **količina podatkov**, ki se lahko prenesejo od ene do druge točke v določenem času.

Enota: [biti/s = b/s] ali [bajti/s = B/s] ali [prenosi/s = T/s (Transfer/s)].

- sinonim tudi za **HITROST PRENOSA PODATKOV** v bitih na sekundo ali **BITNO HITROST** (angl. bit rate).

❑ Šum (ang. Noise)

- označuje motilne vplive, ki se pojavijo na prenosnem mediju
- je neželen električni signal, ki poslabša kvaliteto signala ali podatkov
- se običajno prišteva koristnemu signalu
- viri so lahko „notranji“ ali „zunanji“



- se podaja kot razmerje **Signal/Šum** (ang. Signal to Noise Ratio) – **SNR [dB]**

Razmerje moči:
$$SNR[dB] = 10 \log_{10} \frac{P_{signal}[W]}{P_{\text{šum}}[W]}$$

Razmerje napetosti:
$$SNR[dB] = 20 \log_{10} \frac{U_{signal}[V]}{U_{\text{šum}}[V]}$$

❑ Karakteristična impedanca - Z_0 [Ω] (angl. Characteristic Impedance)

▪ Kaj je impedanca?

- ❑ Širši pogled na upornost, tj. razmerje med napetostjo in tokom (tudi ko razmerje ni linearno)
- ❑ Impedanca je „upornost“, ki jo čuti signal, ko potuje po liniji.

SuperCat 5 24 Cat.5e

▪ Kaj je karakteristična impedanca Z_0 [Ω] ?

- ❑ Z_0 je vhodna impedanca neskončno dolge linije.
 - Podrobneje jo bomo spoznali pri opisu lastnosti električnih linij.

Electrical Properties

DC loop resistance	$\leq 188 \Omega/\text{km}$
Resistance unbalance	$\leq 2 \%$
Characteristic impedance	$100 \pm 15 \Omega$
Insulation resistance	$\geq 5000 \text{ M}\Omega\cdot\text{km}$
Capacitance	Nom. $52 \text{ nF}/\text{km}$
Capacitance unbalance	Nom. $< 300 \text{ pF}/\text{km}$
Nominal Characteristic impedance	$100 \pm 5 \Omega$
Nominal velocity of propagation	$0.64 c$
Propagation delay	Nominal $530 \text{ ns}/100\text{m}$
Delay skew	Nominal $< 20 \text{ ns}/100 \text{ m}$
Coupling attenuation	$\geq 40 \text{ dB}$

❑ Zakasnitev - δ [ns/m] (angl. Delay)

- Čas v katerem signal prepotuje razdaljo, npr. 1 m .
- Teoretična (najvišja) hitrost potovanja električnega signala je enaka svetlobni hitrosti to je

$$300\,000 \text{ km/s} = 300 \cdot 10^6 \text{ m/s.}$$

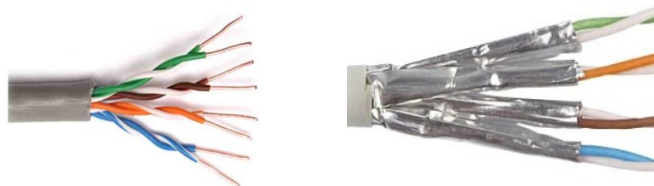
Signal bi s to hitrostjo prepotoval razdaljo 1 m v času $3,3 \text{ ns}$.

Resnična hitrost je odvisna od lastnosti povezave in je približno $2/3$ svetlobne hitrosti.

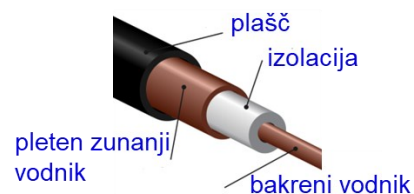
2.3 Prenosni mediji

Žični (ang. wired):

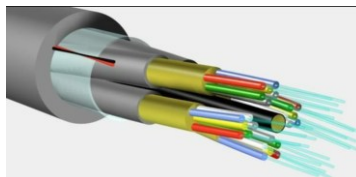
- parica



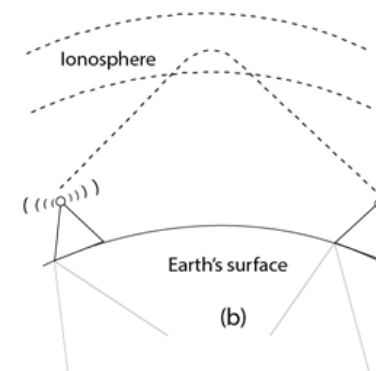
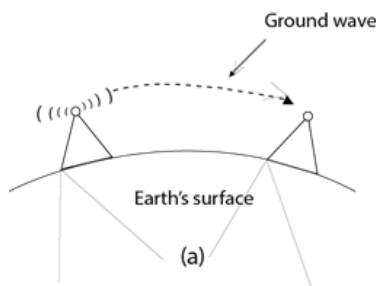
- koaksialni kabel



- optični kabel

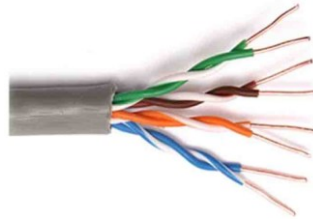


Brezžični (ang. wireless)



Parica – „sukani par“ (ang. twisted pair)

- Komunikacijski bakreni prenosni medij (bakrena žica) - dva sukana vodnika
 - a) **Neoklopljena parica** (ang. unshielded twisted pair - UTP)



- b) **Oklopljena parica** (ang. shielded twisted pair – STP)

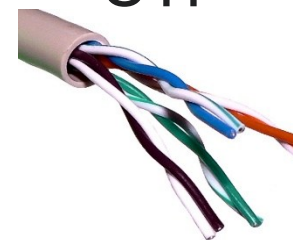


- Uporaba:
 - nizkofrekvenčne analogne telefonske povezave
 - računalniške povezave

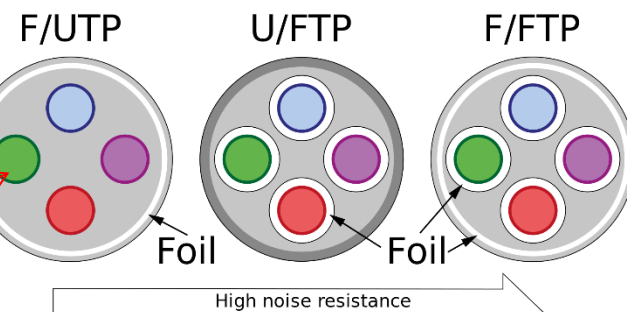
□ Vrste paric

Name	Typical construction	Bandwidth	Applications
Cat 3	UTP ^[16]	16 MHz ^[16]	10BASE-T , 100BASE-T4 ^[16]
Cat 4	UTP ^[16]	20 MHz ^[16]	16 Mbit/s Token Ring ^[16]
Cat 5	UTP ^[16]	100 MHz ^[16]	100BASE-TX , 1000BASE-T ^[16]
Cat 5e	UTP, ^[6] F/UTP, U/FTP ^[17]	100 MHz ^[16]	1000BASE-T , 2.5GBASE-T ^[16]
Cat 6	UTP, ^[6] F/UTP, U/FTP ^[18]	250 MHz ^[16]	5GBASE-T , 10GBASE-T
Cat 6A	UTP, F/UTP, U/FTP, S/FTP	500 MHz	5GBASE-T , 10GBASE-T
Cat 7	S/FTP, F/FTP	600 MHz	?
Cat 7A	S/FTP, F/FTP	1 GHz	?
Cat 8.1	F/UTP, U/FTP	2 GHz	25GBASE-T , 40GBASE-T
Cat 8.2	S/FTP, F/FTP	2 GHz	25GBASE-T , 40GBASE-T

UTP



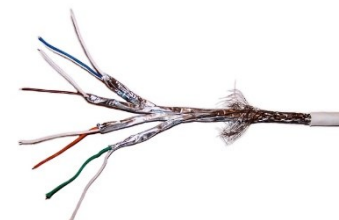
3 types of 10GBASE-T cables



Common industry nomenclature for cable construction types

Industry abbreviations	ISO/IEC 11801 designation ^[A]	Cable shielding	Pair shielding	Illustration
UTP, TP	U/UTP	None	None	
STP, ScTP, PiMF	U/FTP	None	Foil	
FTP, STP, ScTP	F/UTP	Foil	None	
STP, ScTP	S/UTP	Braiding	None	
SFTP, S-FTP, STP	SF/UTP	Braiding and Foil	None	
FFTP, STP	F/FTP	Foil	Foil	
SSTP, SFTP, STP, STP PiMF	S/FTP	Braiding	Foil	
SSTP, SFTP, STP	SF/FTP	Braiding and Foil	Foil	

S/FTP



□ Primer: Lastnosti parice UTP Cat 5e (podrobnejši pregled pri analizi odbojev in presluha)

- Frekvenčni pas: do 100MHz
- Slabljenje: pri $f = 1\text{MHz}$ je 1,8 dB/100m; pri $f = 100\text{ MHz}$ 20,7 dB/100m
- Hitrost prenosa: 100 Mb/s
- Karakteristična impedanca $Z_0 = 100\Omega \pm 15\Omega$
- Zakasnitev $\delta = 5,3\text{ ns/m}$



SuperCat5_24_U_UTP_Install
22.07.2009
Page 2 of 2

Nominal Transmission characteristics

F (MHz)	Attenuation (dB/100m)	NEXT (dB)	ACR (dB/100m)	Returnloss (dB)
1	1,8	77	75	-
4	3,6	70	66	27
10	6,0	65	59	30
16	7,6	64	56	30
20	8,6	62	53	30
31.25	11,0	59	48	30
62.50	16,0	55	39	30
100	20,7	48	27	25
125	23,8	48	24	25
175	28,8	45	16	24
200	31,2	40	9	23

SuperCat 5 24 Cat.5e

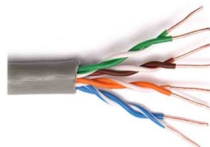
Electrical Properties

at 20°C

DC loop resistance		$\leq 188\ \Omega/\text{km}$
Resistance unbalance		$\leq 2\ \%$
Characteristic impedance	1 - 100MHz	$100 \pm 15\ \Omega$
Insulation resistance	(500V)	$\geq 5000\ \text{M}\Omega\text{xkm}$
Capacitance	at 800 Hz	Nom. 52 nF/km
Capacitance unbalance	(pair to ground)	Nom. < 300 pF/km
Nominal Characteristic impedance	at 100 MHz	$100 \pm 5\ \Omega$
Nominal velocity of propagation		0,64 c
Propagation delay	at 100MHz	Nominal 530 ns/100m
Delay skew	< 100 MHz	Nominal < 20 ns/100 m
Coupling attenuation		$\geq 40\ \text{dB}$

Vir: https://web.archive.org/web/20120316111058/http://communications.draka.com/sites/eu/Datasheets/Supercat5_24_U_UTP_Install.pdf

Parica – sukani par (ang. twisted pair)



	UTP	STP
Prenos signala		+
Cena	+	
Lažja instalacija	+	
Slabljenje		+
Šum		+
Presluh		+
Razdalja		+

Primeri kablov

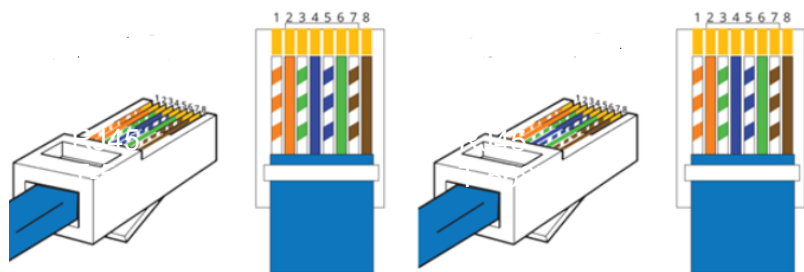
CAT 6 Ethernet kabel :

- ❑ 4 parice – glavne povezave
- ❑ plastični distančnik za odmik med paricami
- ❑ ščit (kovinska folija)

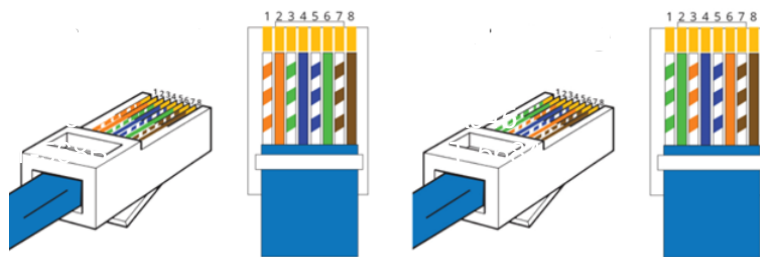


□ Vezave kablov UTP (konektor RJ45: povezave T-568A in T-568B):

- **Naravnost povezane parice** (ang. »straight trough«) – med končnimi elementi, kot so mrežne kartice in centralni omrežni elementi (omrežni usmerjevalnik-stikalo, stikalo-PC ali strežnik, razdelilnik-PC, ali strežnik)



- **Navzkrižno povezane parice** (ang. »cross-over«) – uporabljene so za povezavo med dvema napravama istega tipa (stikalo-stikalo, PC-PC,...)



- Vir: <http://www.cables-solutions.com/difference-between-straight-through-and-crossover-cable.html>

□ Primer parice v univerzalnem serijskem vodilu USB (ang. Universal Serial Bus)

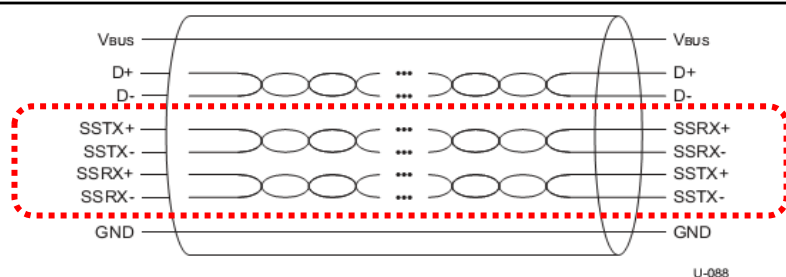
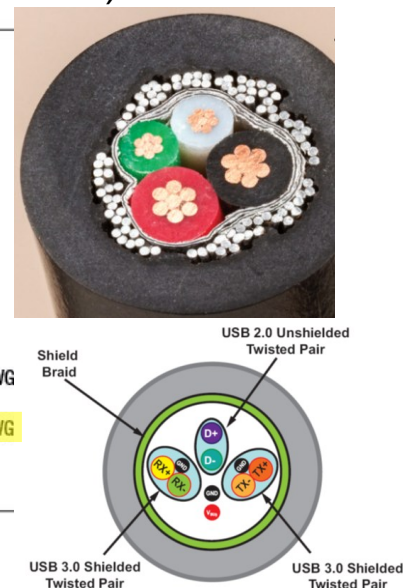
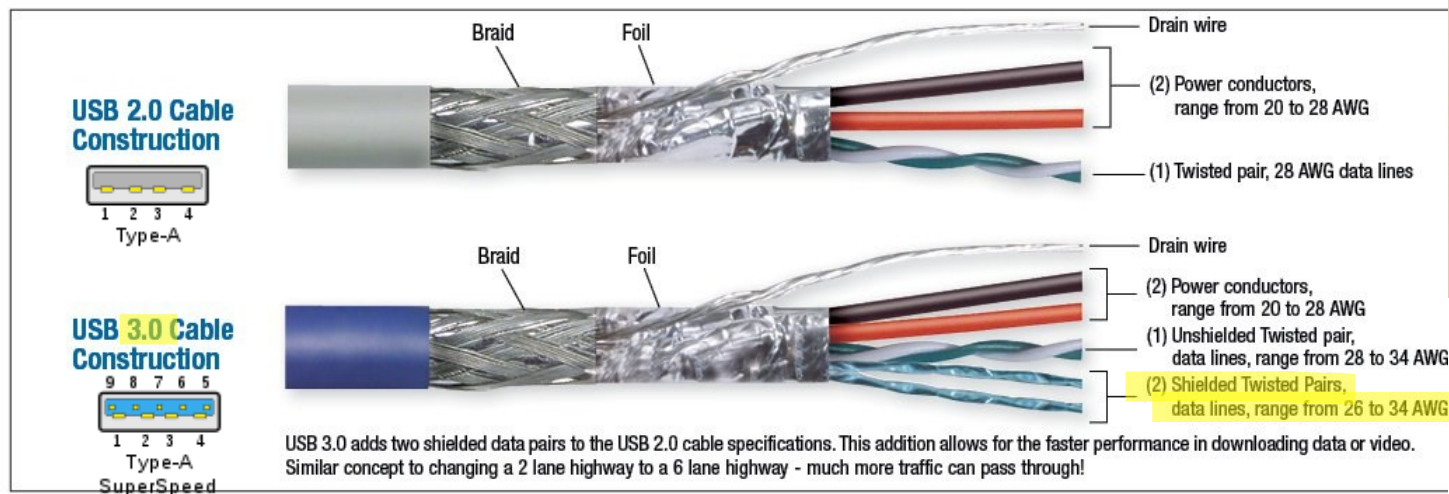


Figure 3-2. USB 3.0 Cable

Usb 3.2 – 10Gbps



Uporaba: povezovanje računalnikov z zunanji napravami

- kamere, videokamere,
- tiskalniki, optični bralniki
- diski, ključki, ...

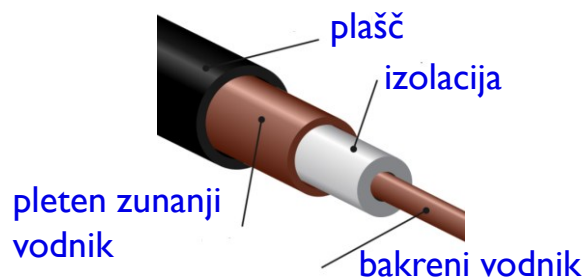
Koaksialni kabel (ang. Coaxial cable)

□ Opis

- Koaksialni kabel je električni kabel, ki prenaša visoko frekvenčne signale iz ene v drugo točko.

□ Sestavljajo ga:

- bakreni vodnik – bakrena žica skozi katero potujejo podatki in video.
- izolacija - električni izolator, ki ne prevaja električnega toka.
- pleten zunanji prevodnik preprečuje elektromagnetne motnje (EMI-electromagnetic interference).
- plašč je uporabljen za zaščito pred poškodbami.



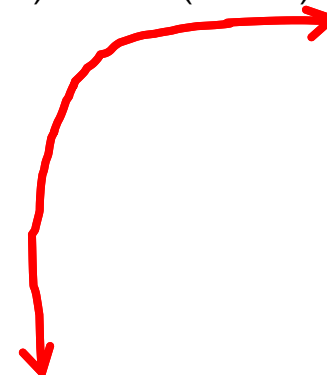
□ Oblike in debeline koaksialnih kablov.



□ Hitrost prenosa je enaka 10Mb/s (10 Mega bitov na sekundo).

□ Uporaba:

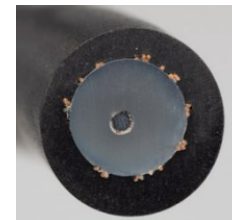
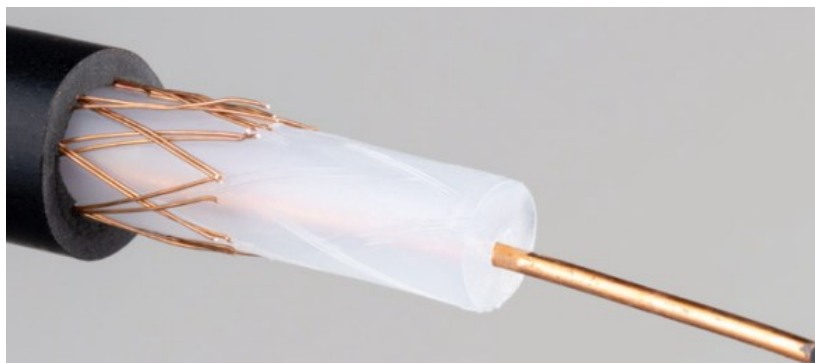
- TV in HDTV (high-definition TV): —————→ RG-6(TV), RG-11 (HDTV)
- Internet, digitalni video : —————→ RG-6
- CCTV (closed-circuit television – „video nadzor“): —————→ RG-59



Primeri kablov

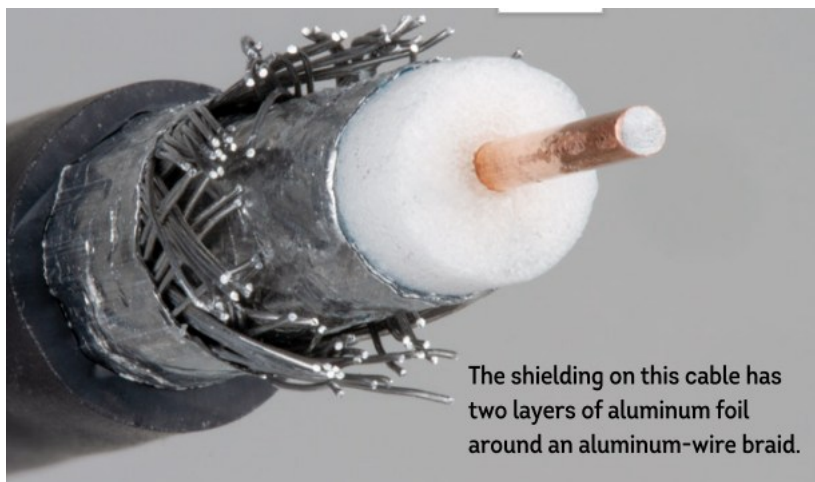
RG-59 koaksialni kabel :

- ❑ tanjši žični ščit
- ❑ tanjši plastični distančnik

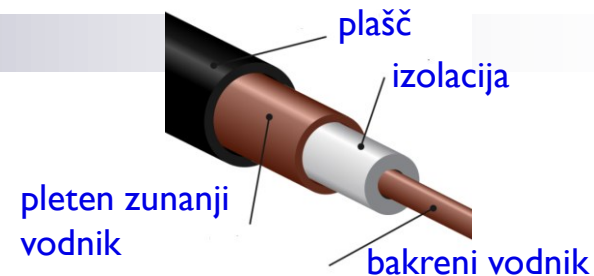


RG-6 koaksialni kabel :

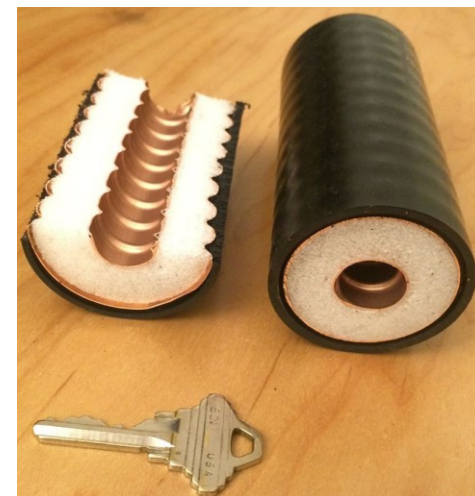
- ❑ debelejši plastični distančnik
- ❑ 2 plasti folije in žični ščit



Koaksialni kabel (ang. Coaxial cable)



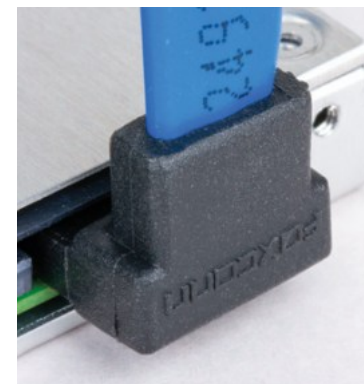
	Prednost	Slabost
Prenos signala (vs parica)	+	
Cena		-
EMI odpornost	+	
Enostavnost instalacije	+	
Prekinitev kabla?		-
Izkoriščenost prostora		-



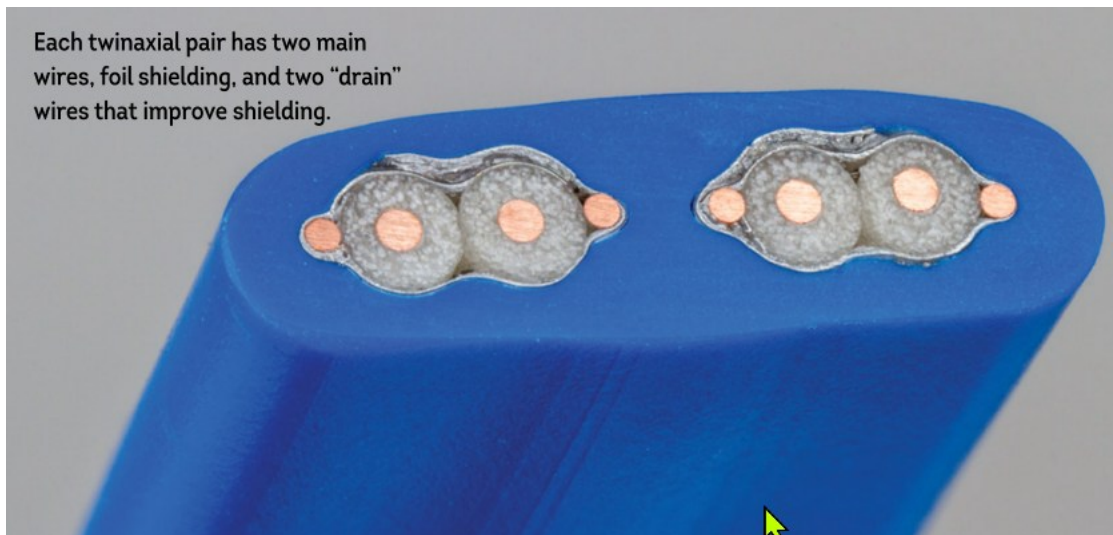
Primeri kompleksnejših kablov

SATA kabel :

- ❑ 2 para glavnih povezav
- ❑ pomožni kabli za izboljšanje ščitenja (shielding)



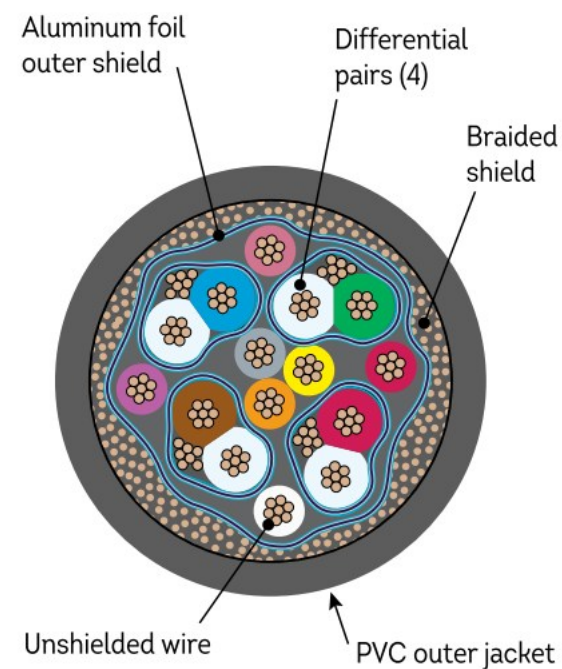
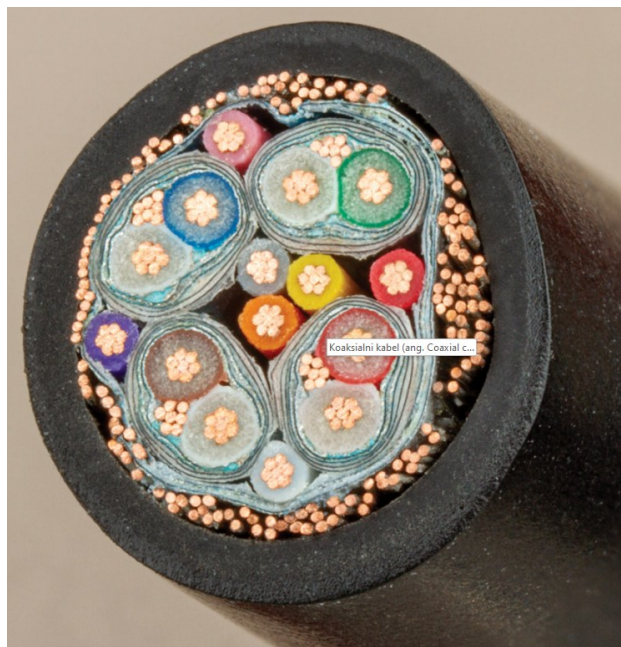
Each twinaxial pair has two main wires, foil shielding, and two "drain" wires that improve shielding.



Primeri kompleksnejših kablov

HDMI kabel :

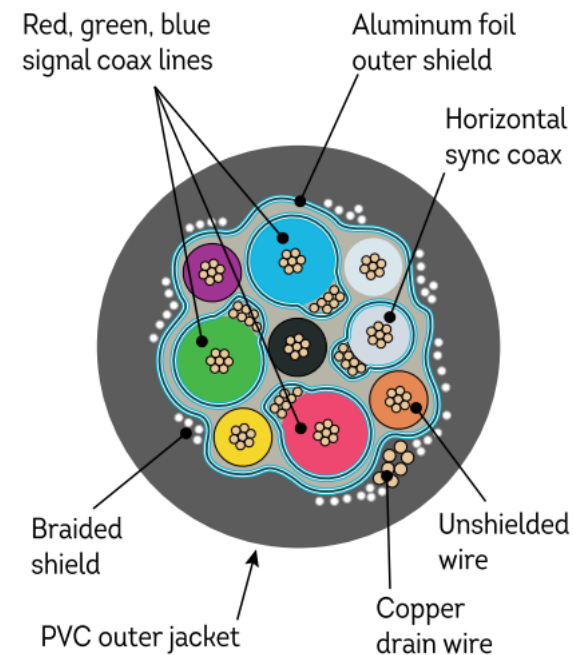
- ❑ 4 pari glavnih povezav s ščitom
- ❑ pomožni kabli za izboljšanje ščitenja (shielding)



Primeri kompleksnejših kablov

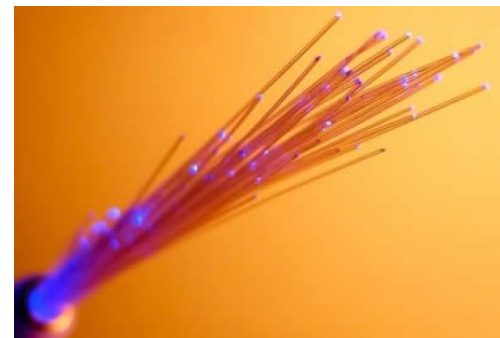
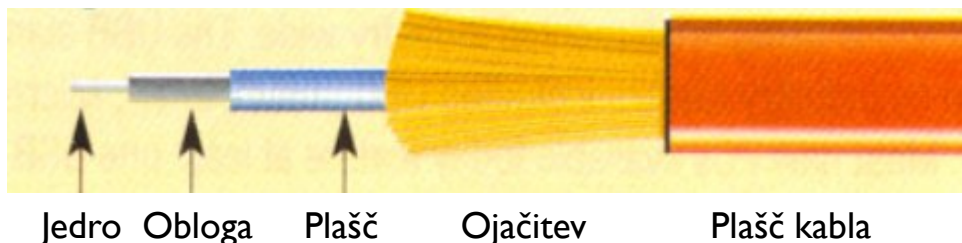
VGA kabel :

- ❑ 3x coax za R,G,B barve
- ❑ pomožni kabli za izboljšanje ščitenja (shielding)



Optični kabel

- Osnova: optično vlakno (ang. optical fibre)
- Optični vodnik ali kabel (ang. Fiber optic cable)

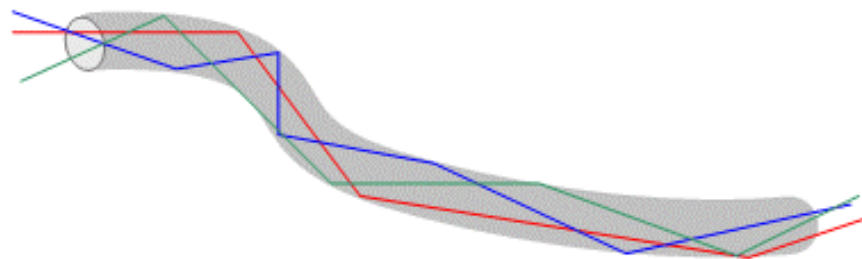


- Jedro je čisto kremenčevo steklo ali plastika – zagotavlja potovanje svetlobe.
- Obloga je druga plast stekla, ki preprečuje izgubo signala
- Optična vlakna izkoriščajo pojav popolnega notranjega odboja.
- Svetlobni impulzi omogočajo prenos informacij po optičnih vlaknih (svetloba ne more iz stekla, ampak se odbija).

□ https://www.youtube.com/watch?v=0MwMkBET_5I

□ <https://www.youtube.com/watch?v=jZOg39v73c4%2C>

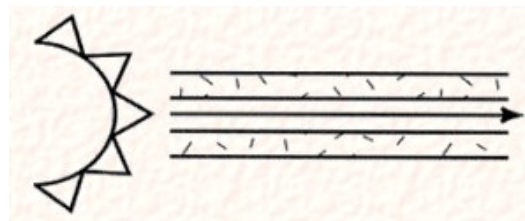
<https://www.arcelect.com/fibercable.htm>



□ Vrsta optičnih vlaken:

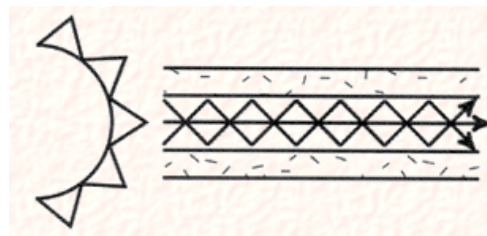
▪ **Enorodni optični kabel** (ang. Single-Mode cable)

- stekleno vlakno: premer **8,3 do 10 mikronov**
- svetloba **potuje naravnost** (z valovno dolžino 1310 nm ali 1550 nm)
- omogoča **višje prenosne hitrosti, na dolge razdalje**
- pojavi se majhno slabljenje signala



▪ **Mnogorodni optični kabel** (ang. Multi-Mode cable)

- stekleno vlakno: premer **50 do 100 mikronov**
- svetloba potuje z odbijanjem z valovno dolžino 850 nm ali 1300 nm
- omogoča **višje prenosne hitrosti na srednje razdalje**
- pojavi se **popačenje signala** na izhodu



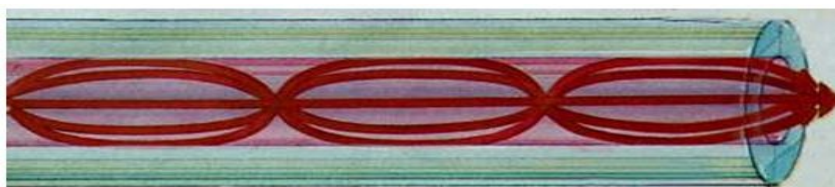
https://www.youtube.com/watch?v=35JE3dIAAnNA&ab_channel=GalcoTV

□ Primeri potovanja signala po optičnem vlaknu

- **Mnogorodni optični kabel s stopničastim lomnim količnikom** (ang. step-index multimode fiber).
 - bolj primeren za krajše razdalje (endoskopija).



- **Mnogorodni optični kabel z gradientnim** (zvezno spreminjajočim) lomnim količnikom (ang. graded-index multimode fiber). Manj disperzije



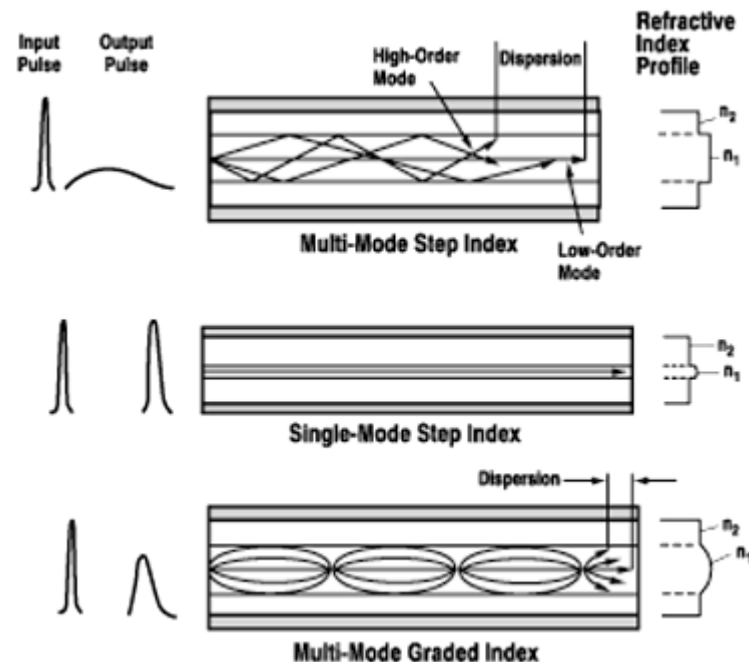
- **Enorodni optični kabel** (ang. Single-Mode cable)



Primerjava vrst optičnih kablov

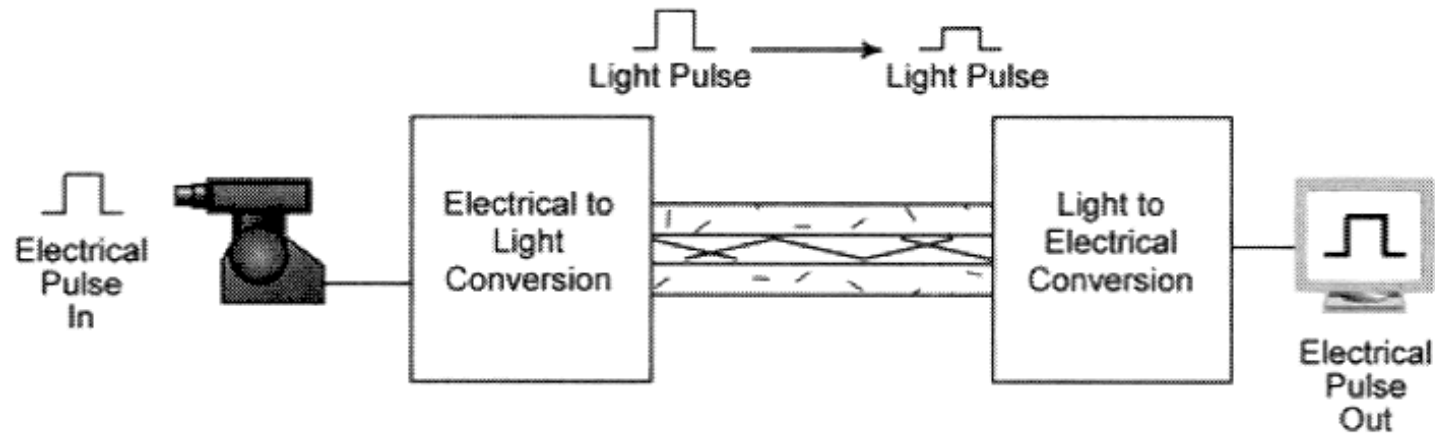
Mode	Material	Index of Refraction Profile	λ microns	Size (microns)	Atten. dB/km	Bandwidth MHz/km
Multi-mode	Glass	Step	800	62.5/125	5.0	6
Multi-mode	Glass	Step	850	62.5/125	4.0	6
Multi-mode	Glass	Graded	850	62.5/125	3.3	200
Multi-mode	Glass	Graded	850	50/125	2.7	600
Multi-mode	Glass	Graded	1300	62.5/125	0.9	800
Multi-mode	Glass	Graded	1300	50/125	0.7	1500
Multi-mode	Glass	Graded	850	85/125	2.8	200
Multi-mode	Glass	Graded	1300	85/125	0.7	400
Multi-mode	Glass	Graded	1550	85/125	0.4	500
Multi-mode	Glass	Graded	850	100/140	3.5	300
Multi-mode	Glass	Graded	1300	100/140	1.5	500
Multi-mode	Glass	Graded	1550	100/140	0.9	500
Multi-mode	Plastic	Step	650	485/500	240	5 @ 680
Multi-mode	Plastic	Step	650	735/750	230	5 @ 680
Multi-mode	Plastic	Step	650	980/1000	220	5 @ 680
Multi-mode	PCS	Step	790	200/350	10	20
Single-mode	Glass	Step	650	3.7/80 or 125	10	600
Single-mode	Glass	Step	850	5/80 or 125	2.3	1000
Single-mode	Glass	Step	1300	9.3/125	0.5	*
Single-mode	Glass	Step	1550	8.1/125	0.2	*

Table 2-1: Attenuation and Bandwidth characteristics of different fiber optic cable candidates

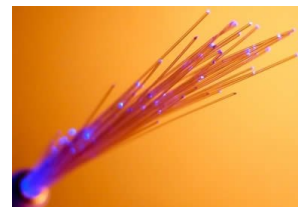
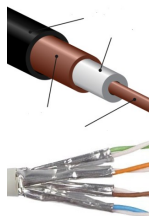


<https://www.telebyteusa.com/foprimer/foch2.htm>

- Električni impulz se na vходу pretvori v svetlobnega, ta se prenese po optičnem vlaknu, na izhodu se svetlobni impulz pretvori v električnega.



Bakreni vs optični - primerjava



	Bakreni	Optični
Pasovna širina		++
EMI odpornost		+
Vzdrževanje		+
Razdalja		++
Cena	+	
Hitrost širjenja	≈	≈

Brezžičen medij

□ Brezžični prenos (ang. wireless transmission)

□ Razvrstitev v različne vrste glede na

- razdaljo komunikacije,
- obseg podatkov in
- vrsto uporabljenih naprav.

□ Vrste brezžičnih komunikacijskih tehnologij

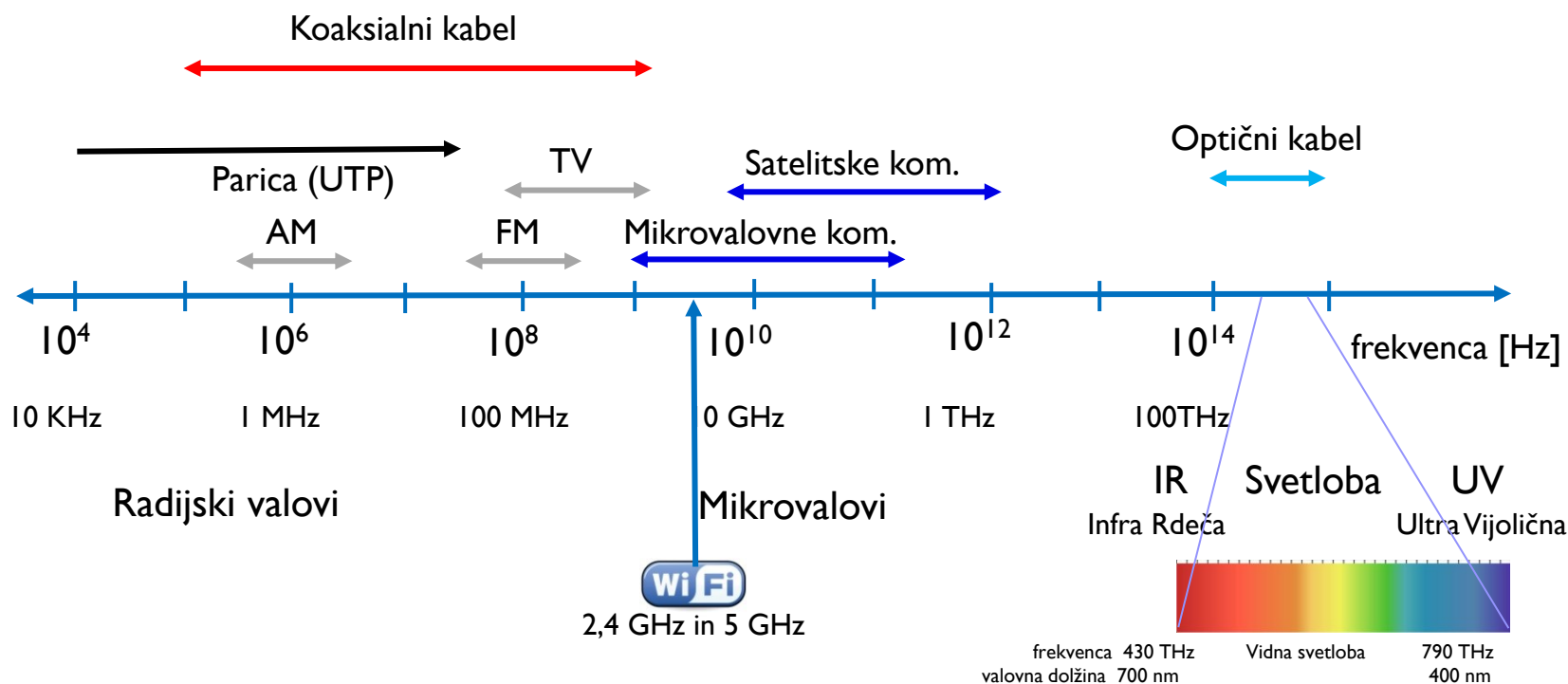
- Radijsko in televizijsko oddajanje
- Radarska komunikacija
- Satelitska komunikacija
- Celična komunikacija
- Globalni sistem za določanje položaja
- Wifi
- Bluetooth
- Radiofrekvenčna identifikacija (RFID), NFC

- ❑ Signali se po brezžičnem mediju razširjajo **z elektromagnetnim valovanjem**.
- ❑ Elektromagnetni valovi različnih frekvenc (različnih valovnih dolžin) imajo **različne lastnosti razširjanja**.
- ❑ Višja kot je frekvenca valovanja (krajša valovna dolžina) manjši je obseg „pokritosti“ s signalom pri enaki moči oddajnika.
- ❑ Elektromagnetni signali so podvrženi **atmosferskim vplivom in vplivom okolja**.
- ❑ Wi-Fi je poceni tehnologija brezžične komunikacije (GHz):
 - Nižja frekvenca signala - Manjša hitrost in večji doomet
 - Višja frekvenca signala - Večja hitrost in manjši doomet



- Video: Transmission Media, <https://www.youtube.com/watch?v=X2infMqOoEA>

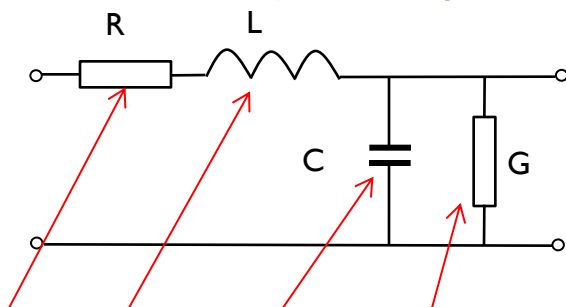
□ Frekvenčna območja (informativna shema)



2.4 Osnovni model prenosne linije

Lastnosti električnih linij – model električne linije

Prenosno električno linijo lahko predstavimo s **poenostavljenim modelom**:



R je upornost linije

L je induktivnost linije

C je kapacitivnost med obema vodnikoma linije

G je prevodnost med obema vodnikoma linije

Pri idealni liniji je upornost $R = 0$ in tudi prevodnost med vodnikoma $G = 0$ (upornost med vodnikoma je $R = \infty$).

(določena z materialom vodnikov)

(določena z materialom vodnikov)

(razdalja med vodnikoma)

(izolacija med vodnikoma)

<http://www.falstad.com/circuit/e-cap.html>

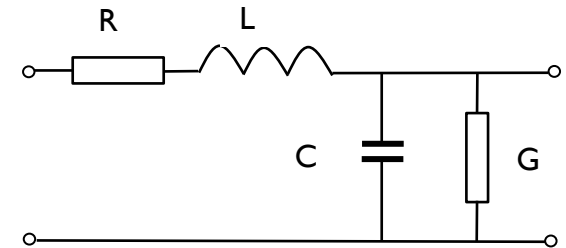
<http://www.falstad.com/circuit/e-induct.html>

Model prenosne linije

2.4 Osnovni model prenosne linije

Lastnosti električnih linij – model električne linije

Prenosna linija: Slabljenje signala v odvisnosti od frekvence ?



PRIMER: $L = 2 \mu\text{H} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ H}$
 $C = 10 \text{ pF} = 10 \cdot 10^{-12} \text{ F}$

Frekvenca/ Impedanca	0 Hz	25 MHz	2.5 GHz
Z_L	0	0.314	31.4
Z_C	∞	636	6.36

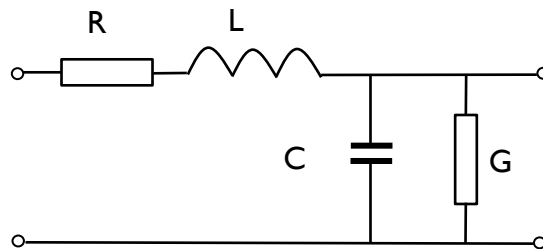
$f = 0 \text{ Hz}$: $Z_L = j 2\pi f \cdot L = 0 \Omega$
 $Z_C = \frac{1}{j \omega C} = \frac{1}{j 2\pi f C} = \infty \Omega$

$f = 25 \text{ MHz}$: $Z_L = j \cdot 2 \cdot \pi \cdot 25 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 10^{-9} \approx 314 \cdot 10^{-3} = 0.314 \Omega$
 $Z_C = \frac{1}{j 2\pi f C} = \frac{1}{j \cdot 2 \cdot \pi \cdot 25 \cdot 10^6 \cdot 10 \cdot 10^{-12}} = 636 \Omega$

2.4 Osnovni model prenosne linije

Lastnosti električnih linij – model električne linije

Prenosna linija: Slabljenje signala v odvisnosti od frekvence ?



Frekvenca/ Impedanca	0 Hz	25 MHz	2.5 GHz
Z_L	0 Ω	0.314 Ω	31.4 Ω
Z_C	∞ Ω	636.9 Ω	6.36 Ω

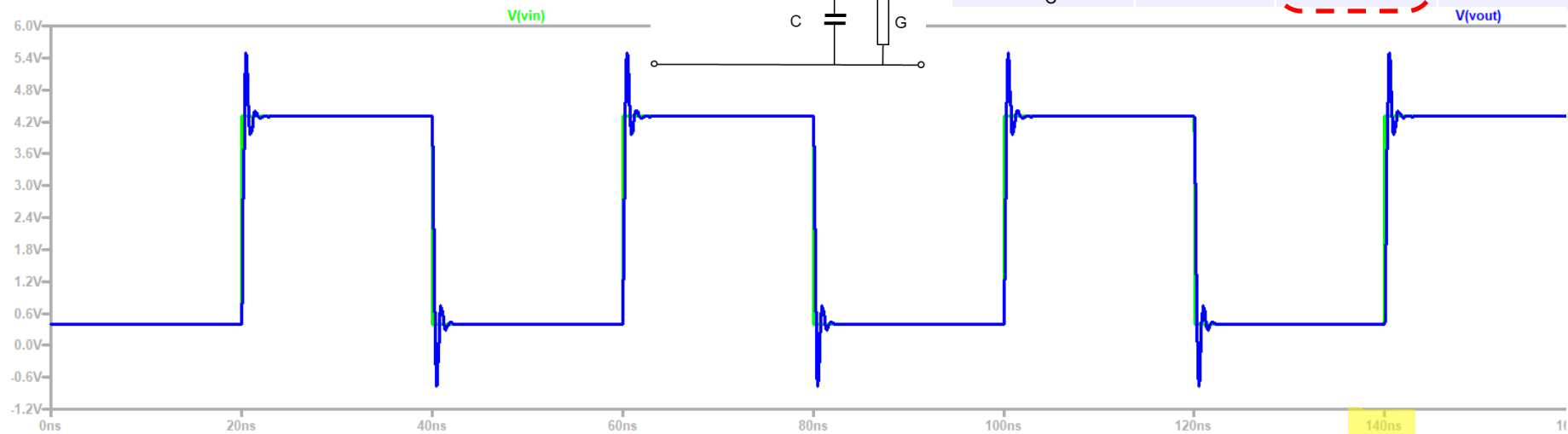
<http://www.falstad.com/circuit/e-cap.html>

<http://www.falstad.com/circuit/e-induct.html>

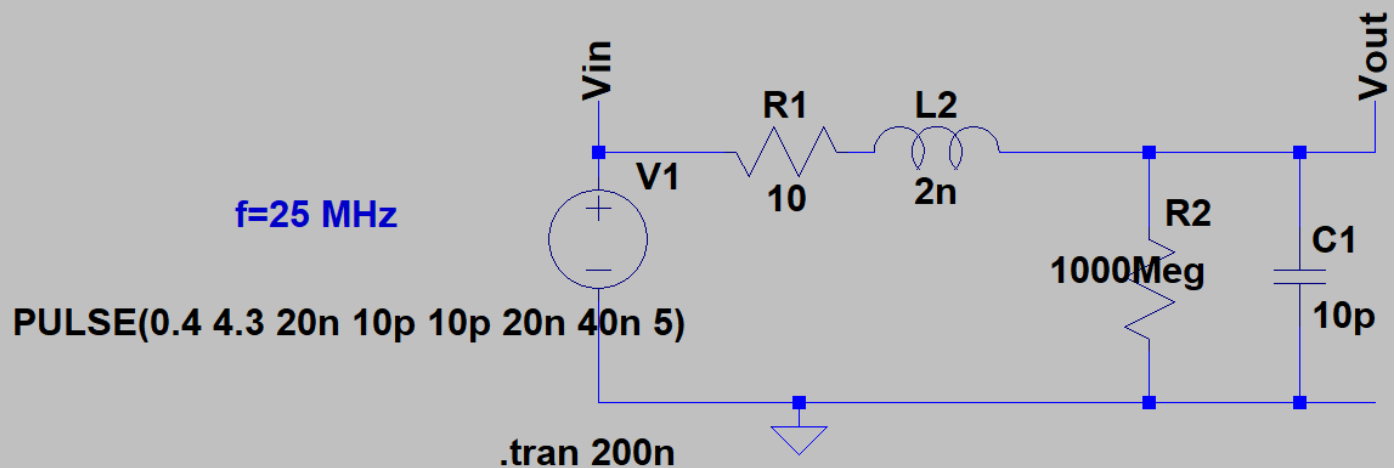
Model prenosne linije

Osnovni model električne linije – 25MHz

Frekvenca/ Impedanca	0 Hz	25 MHz	2.5 GHz
Z_L	0 Ω	0.314 Ω	31.4 Ω
Z_C	∞ Ω	636.9 Ω	6.36 Ω

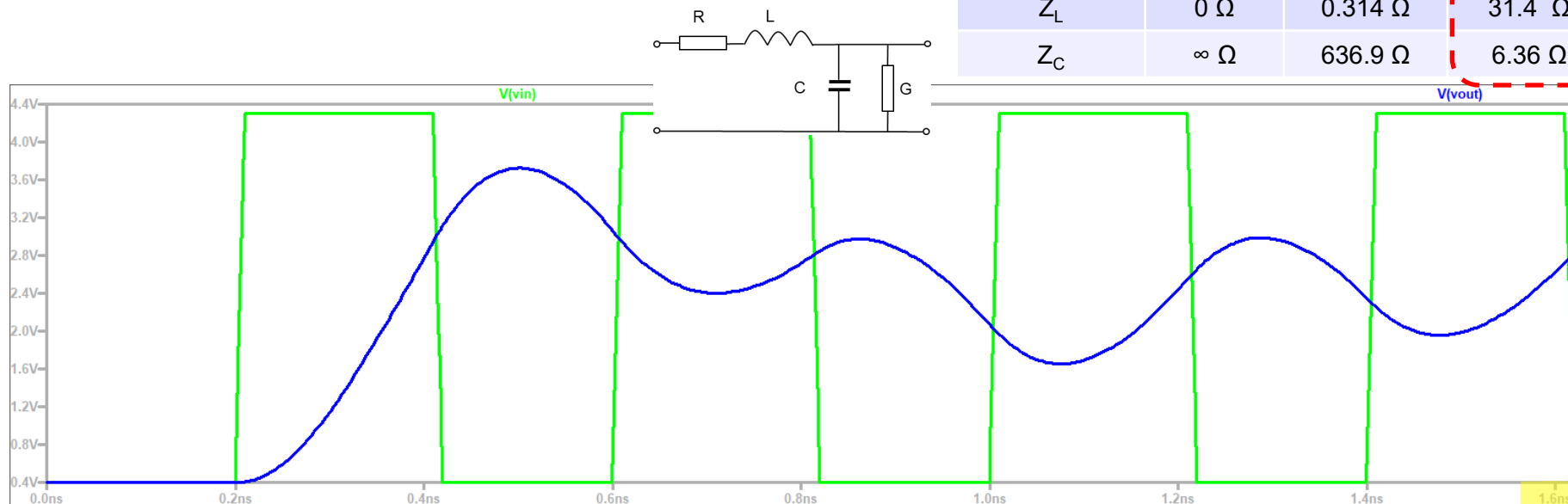


P3_model_prenosne_linije_naloga_25_MHz.asc

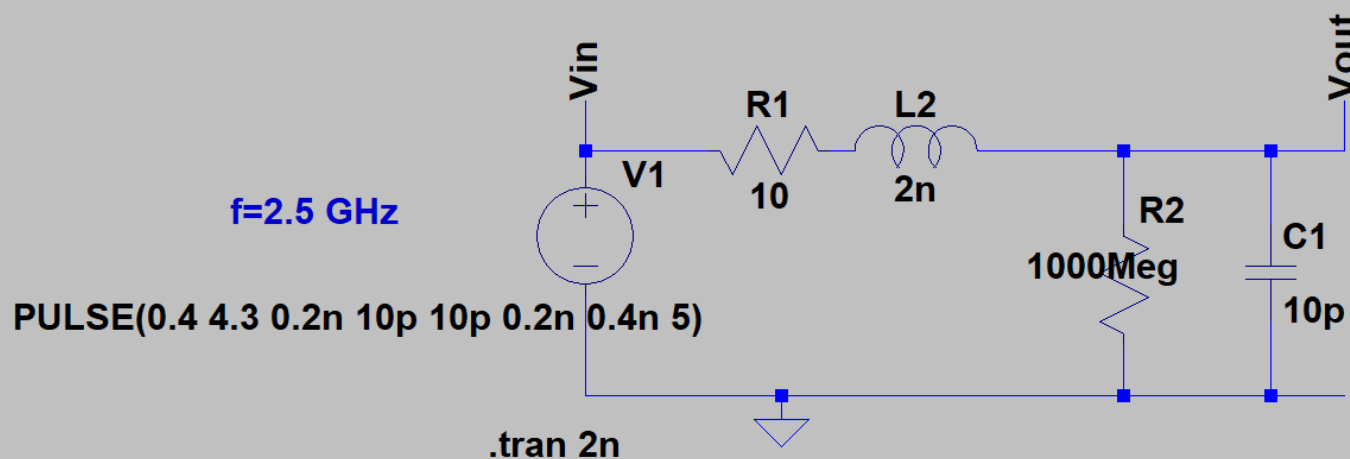


Osnovni model električne linije – 2.5GHz

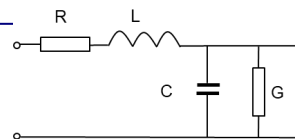
Frekvenca/ Impedanca	0 Hz	25 MHz	2.5 GHz
Z_L	0 Ω	0.314 Ω	31.4 Ω
Z_C	∞ Ω	636.9 Ω	6.36 Ω



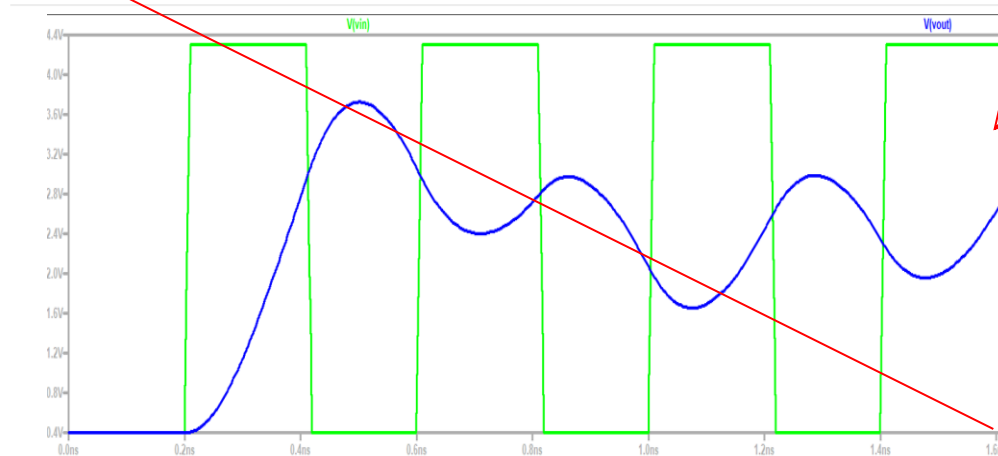
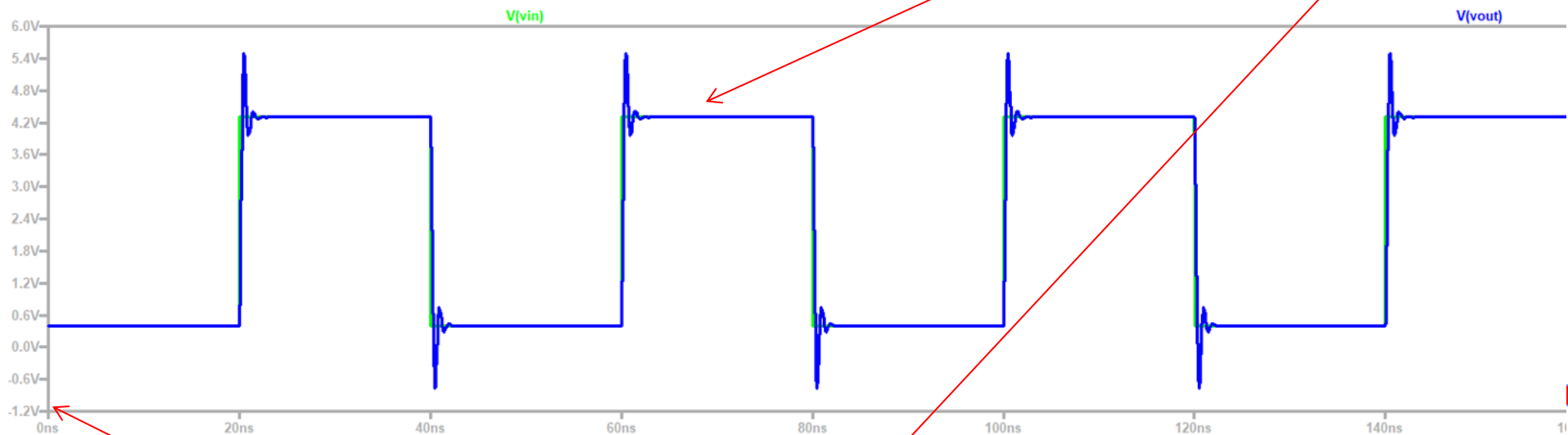
P3_model_prenosne_linije_naloga_25_GHz.asc



Osnovni model električne linije – 25MHz, 2.5GHz



Frekvenca/ Impedanca	0 Hz	25 MHz	2.5 GHz
Z_L	0 Ω	0.314 Ω	31.4 Ω
Z_C	∞ Ω	636.9 Ω	6.36 Ω



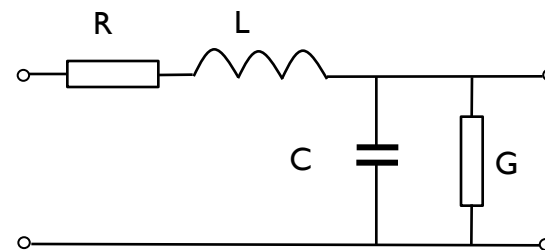
Pozor:
100x višja frekvenca,
100x krajša perioda !

Prenosna linija:

- Slabljenje signala v odvisnosti od frekvence ?

Kdaj to moramo upoštevati ?

Praktično navodilo:



Vsako povezavo, ki

*je **daljša od šestine razdalje**, ki jo prepotuje signal v času vzpona (t_r)*

se „obravnavava kot prenosna linija“

Lastnosti električnih linij v praksi

- Pred leti so bile najvišje frekvence signalov v digitalnih vezjih **pod 20MHz** (1983: Intel 8088 $f_{CPE} = 4,77\text{MHz}$)
- Povezave v vezjih se pri teh frekvencah obnašajo kot prenosne linije ali antene šele pri dolžinah okrog enega metra ali več.
- Pri višjih frekvencah (nad **300 MHz**) pa se povezave med elementi obnašajo kot prenosne linije že pri dolžinah nekaj deset mm.
- Pri frekvencah signalov, ki so običajne danes (**1 GHz in več**), pa je potrebno vse povezave brez izjeme (tudi znotraj integriranih vezij) obravnavati kot prenosne linije.