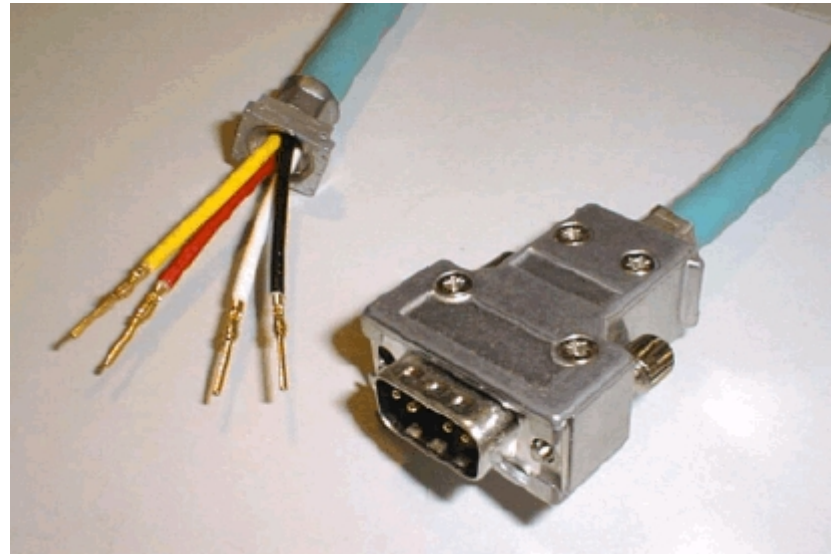




Faculty of Electrical Engineering  
Department of Automatic Control  
and Electronics, Sarajevo

## Data Acquisition and Transmission Akvizicija i prijenos podataka



### 5. Physical Layer of OSI model Fizički sloj OSI modela

**Doc.dr.sc. Jasmin Velagić, Ph.D.**

2007/2008

## Sadržaj poglavlja:

- ✚ Topologija fizičkog sloja
- ✚ Prijenosni mediji fizičkog sloja

- Električni kabeli
- Optički kabeli
- Bežični mediji

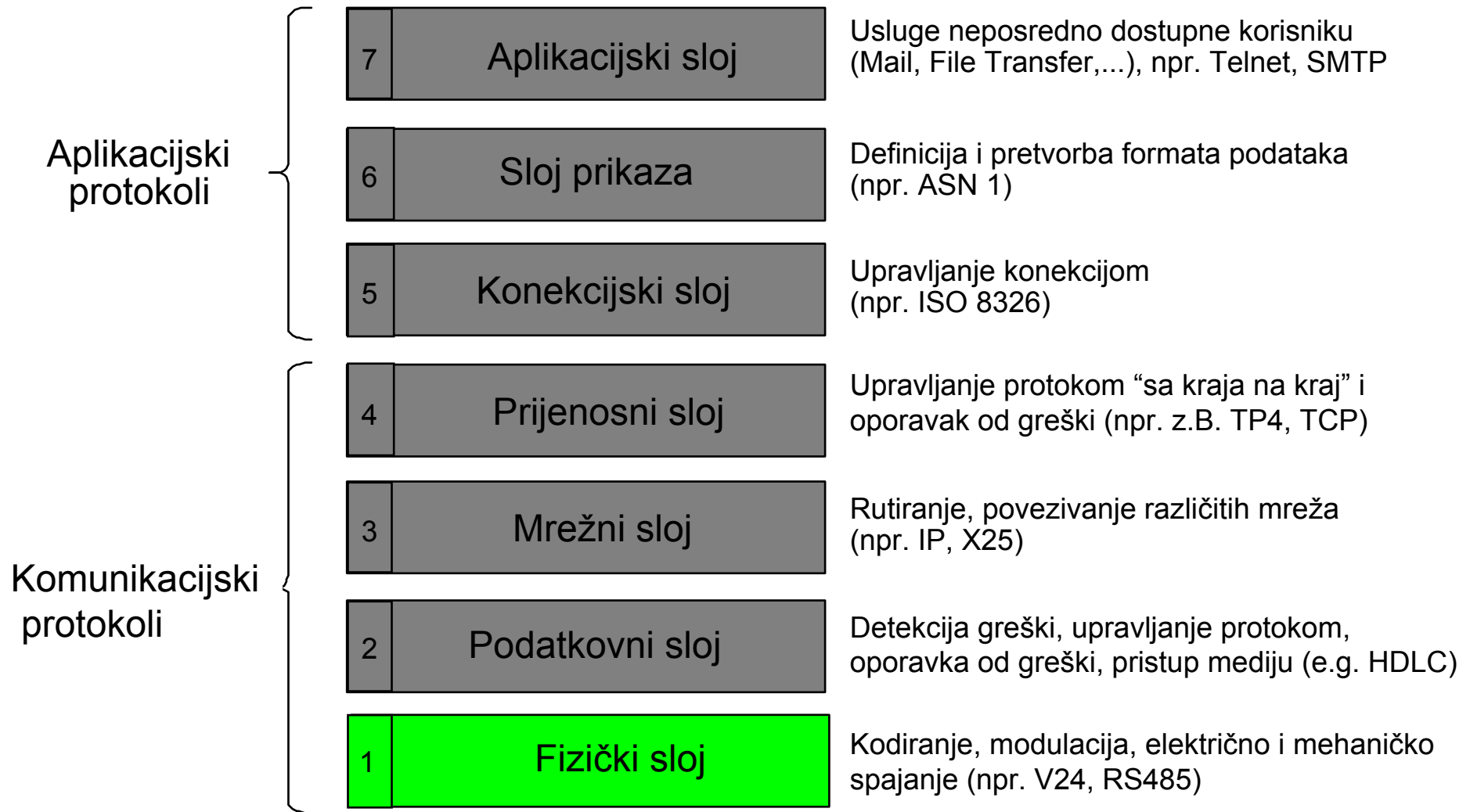
- ✚ Modulacija

- Analogna modulacija
- Digitalna modulacija

- ✚ Sinhronizacija
- ✚ Kodiranje

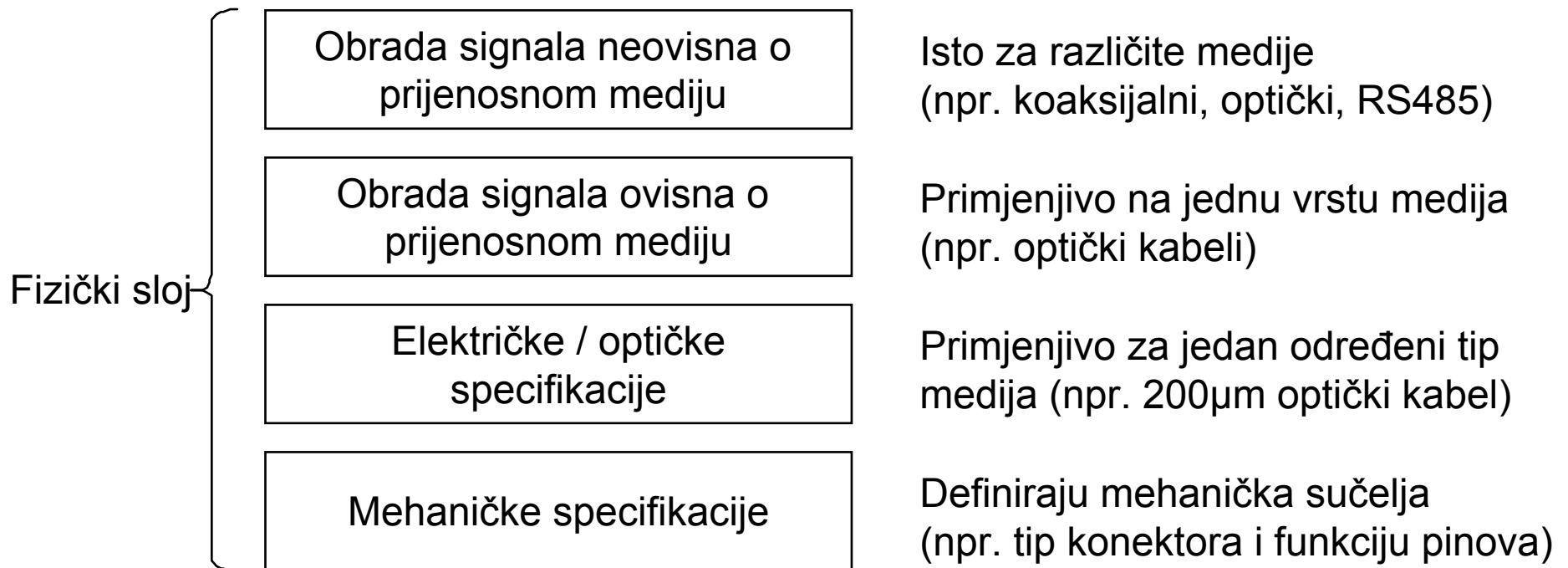
# 5. FIZIČKI SLOJ OSI MODELA

## Pozicija fizičkog sloja u OSI modelu



# FIZIČKI SLOJ OSI MODELA

## Slojnost fizičkog sloja



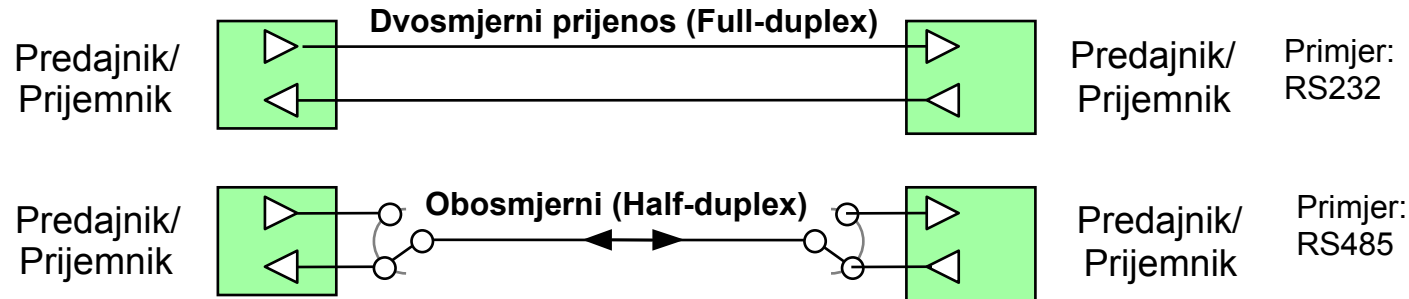
# FIZIČKI SLOJ OSI MODELA

## Koncepti relevantni za fizički sloj

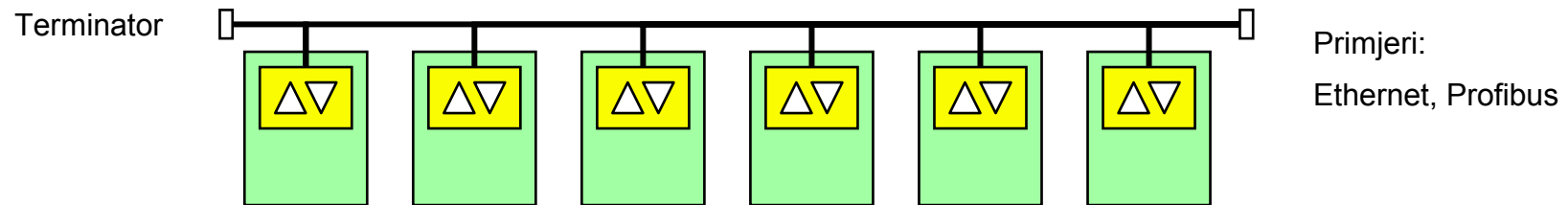
<b>Topologija</b>	Prsten, sabirnica, tačka-tačka
<b>Mehanička izvedba</b>	Konektor, raspored pinova, kabele, spajanje
<b>Prijenosni medij</b>	Signali, brzina prijenosa, razine signala
<b>Kanali</b>	Obosmjerni, dvosmjerni, broadcast
<b>Upravljanje</b>	Slanje, primanje, kolizija
<b>Modulacija</b>	Osnovnopojasna, Carrier band, Širokopojasna
<b>Kodiranje/dekodiranje</b>	Binarno, NRZ, Manchester,...
<b>Sinhronizacija</b>	Bit, karakter, okvir
<b>Upravljanje tokom</b>	Handshake
<b>Sučelje</b>	Binarni bit, detektiranje kolizije [višestruki pristup] nadzor kvaliteta signala, upravljanje redundancijom

# 5.1. Topologija fizičkog sloja

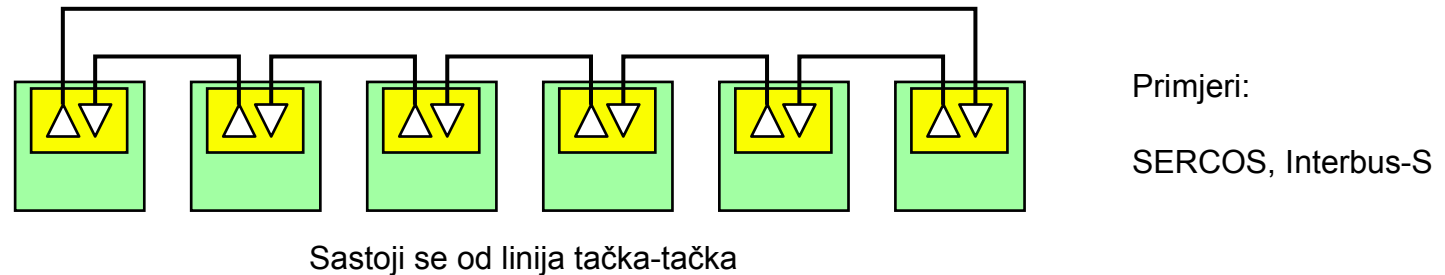
## Linija (tačka - tačka)



## Sabirnica (dvosmjerni, osim kada se koristi frekvencija nosioca preko više područja)

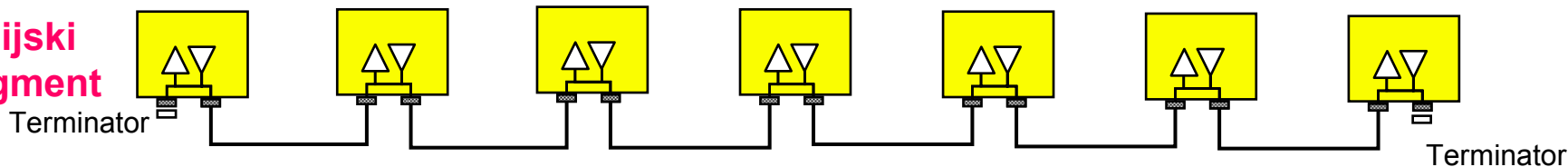


## Prsten (obosmjerni, osim dvostrukog prstena )



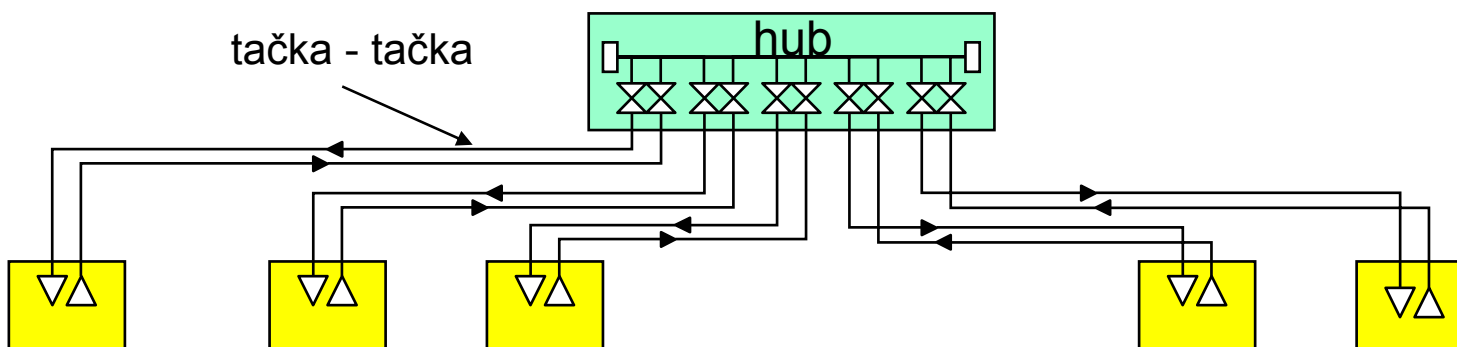
# Topologija fizičkog sloja

## Linijski segment



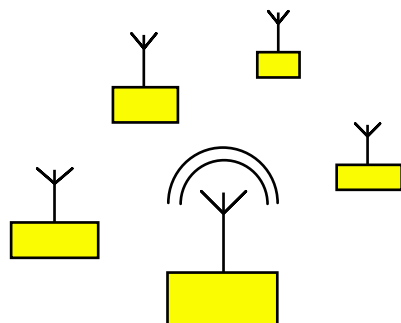
prednost: malo ožičenje    nedostatak: osjetljivo na smetnje, jako gušenje signala i refleksija, ne optički kabel

## Zvijezda

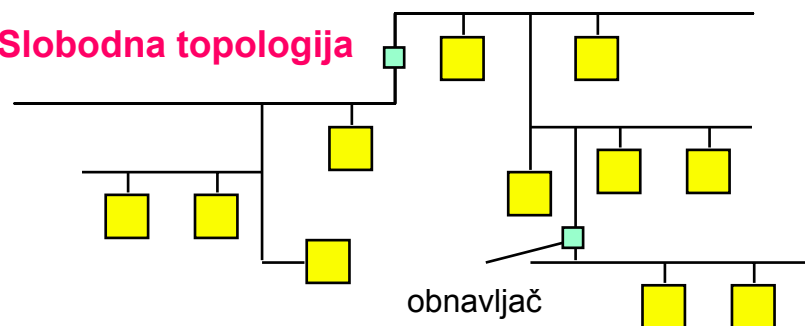


prednost: robusne tačka-tačka linije, mogućnost optičkog kabela    nedostatak: zahtijeva hub, više ožičenja

## Radio



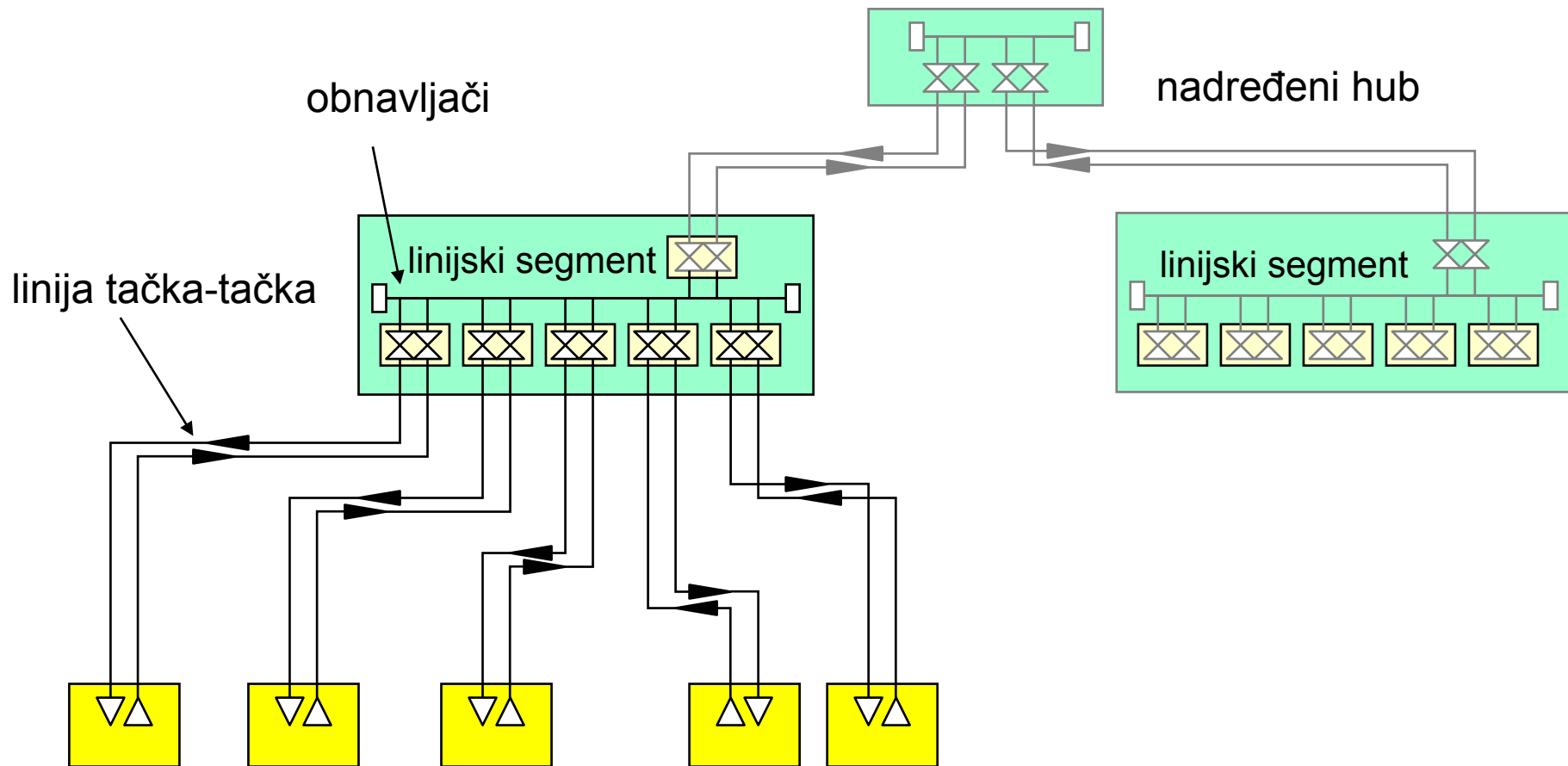
## Slobodna topologija



sabirnica je difuzijski medij (kašnjenje zbog propagacije i obnavljača signala)

# Topologija fizičkog sloja

## Sabirnice: obnavljači i hubovi



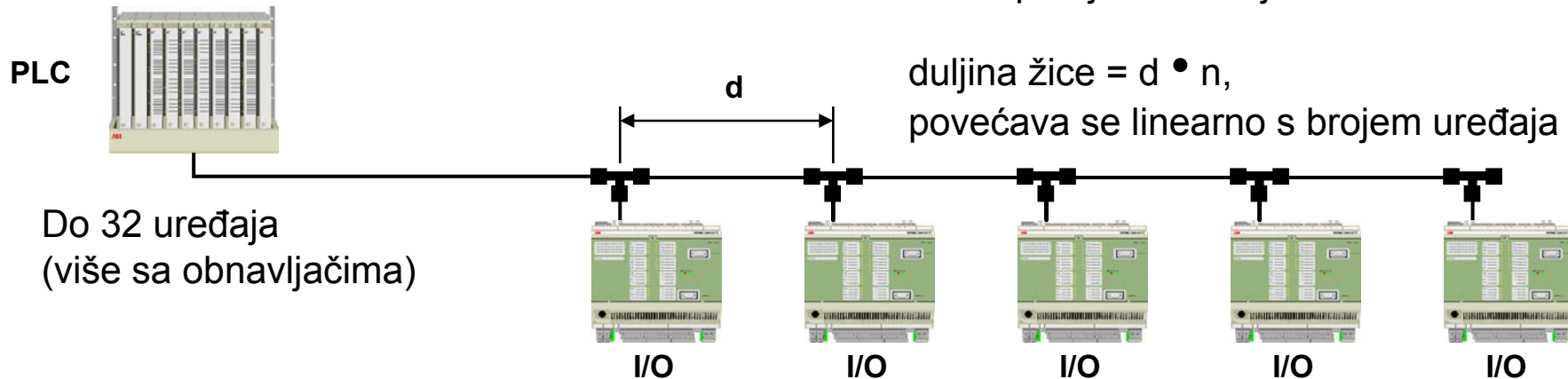
Hubovi objedinjuju linije tačka-tačka oblikujući difuzijski medij (sabirnicu).



# Topologija fizičkog sloja

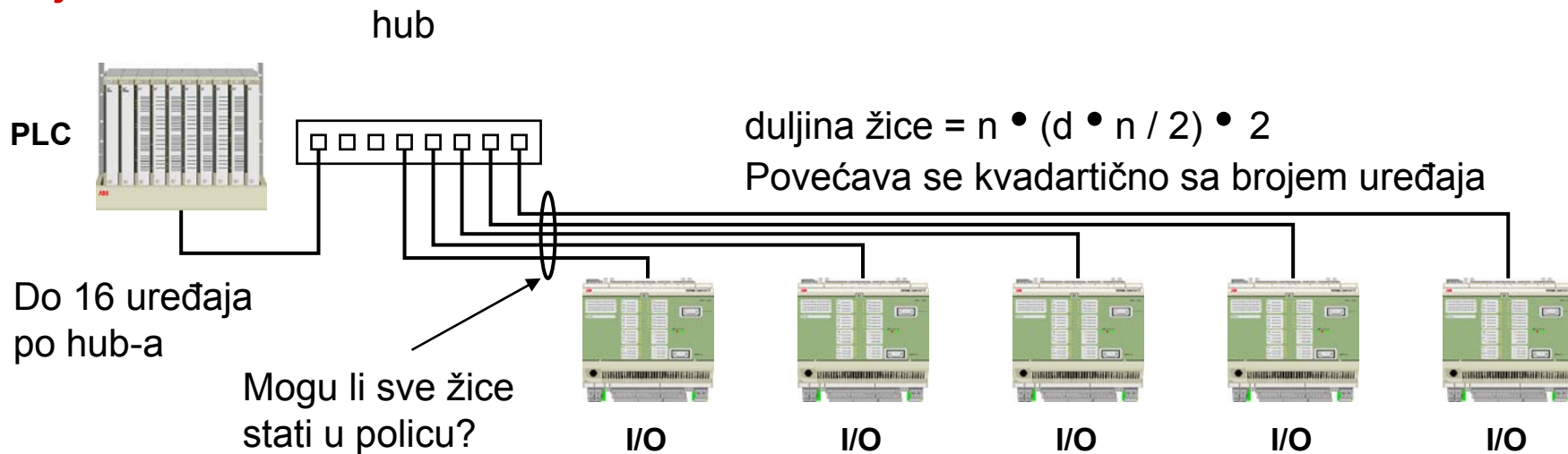
## Linijski segment

$d$  = prosječna udaljenost između uređaja



**Linijski segment je prikladan za sisteme automatizacije promjenjive strukture.**

## Zvijezda



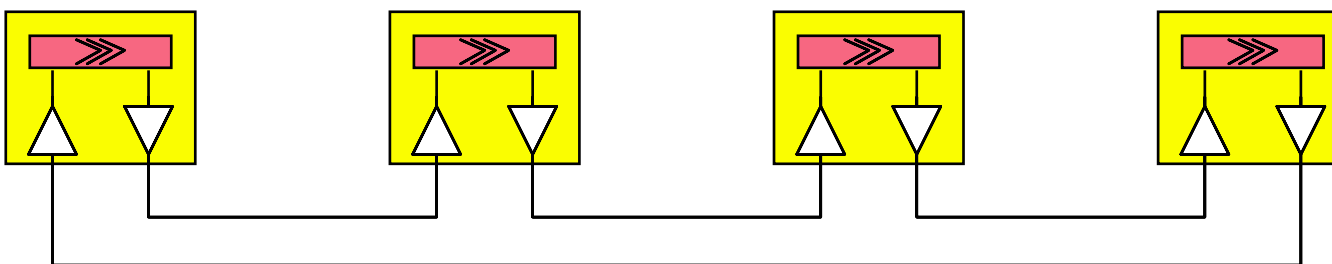
**Ožičenje se može značajno smanjiti koncentriranjem I/U uređaja u polju.**

# Topologija fizičkog sloja

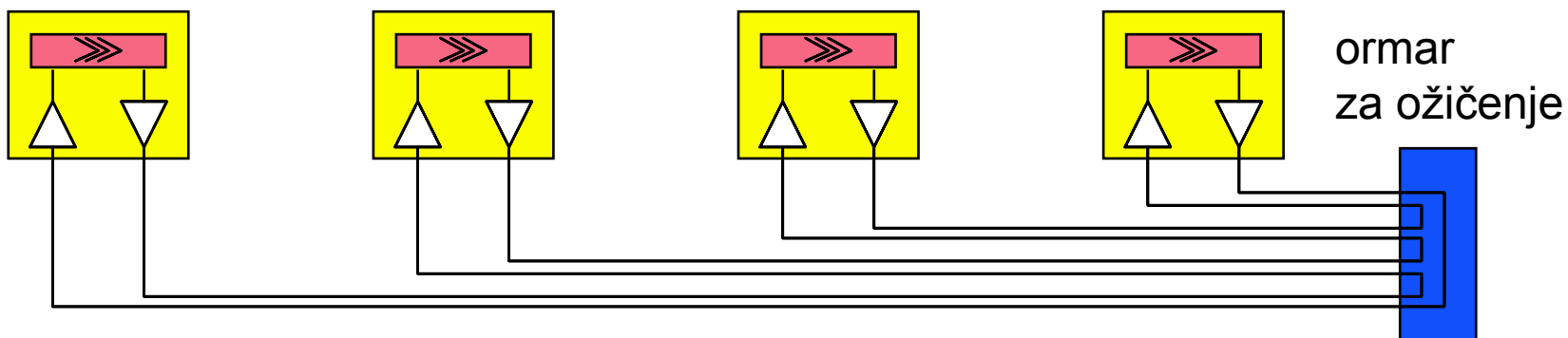
## Prstenovi

Prsten se sastoji samo od linija tačka-tačka.  
Svaki čvor može prekinuti prsten i poslati vlastite okvire.

### Klasični prsten



### Prsten sa ormarom za ožičenje



Količina ožičenja jednaka je kao i kod sabirnice s hub-ovima.  
Budući da prstenovi koriste linije tačka-tačka, mogu se jako dobro prilagoditi optičkim kabelima.

## 5.2. Prijenosni mediji fizičkog sloja

Vrste prijenosnih medija:

1. Električki (koaksijalni kabel, kabel sa upletenom paricom).
2. Optički kabele.
3. Bežični (radio, infracrveni, ultrazvuk, mikrovalovi, itd.).

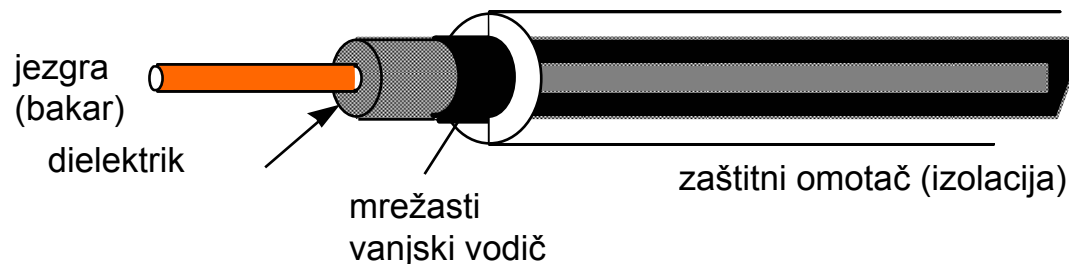
Širina pojasa x duljina prijenosa važan faktor kvaliteta prijenosnog medija.

		Brzina prijenosa (Mbit/s)			Cijena (KM/m)	Elektromagnetska kompatibilnost
		200m	700m	2000m		
Optički kabel	jednomodalni	2058	516	207	8	vrlo dobra
	višemodalni	196	49	20	9	vrlo dobra
	plastični	1	0.5	-	9	vrlo dobra
Koaksijalni kabele	50 Ohm	20	8	1	1.5	dobra
	75 Ohm TV 1/2"	12	2.5	1.0	3	dobra
	93-100 Ohm	15	5	0.8	3.5	good
Upletene parice	oklopljene parice	8	0.9	0.2	5	vrlo dobra
	pojedinačno oklopljene parice (STP)	2	0.35	0.15	.7	vrlo dobra
	grupno oklapanje (UTP)	1	0.3	0.1	1.3	dobra (preslušavanje)
	telefonski kabel	0.2	0.1	0.05	0.3	dobra (preslušavanje)
Ostali	energetski kabel	1	0.05	0.01	-	vrlo loša
	radio	1	1	1	-	loša
	Infracrveni	0.02	0	0	-	dobra
	ultarzvučni	0.01	0	0	-	loša

## 5.2.1. Električni kabeli

### Koaksijalni kabel

- Dobio je ime po dvije osi koje prolaze u ravnini horizontalnog presjeka žice (co-axe), a vrlo je prilagodljiv i koristan prijenosni medij.
- Kabel se sastoji od vanjskog vodiča okruženog sa još jednim, a između ta dva obično se nalazi dielektrični materijal, i cijela se žica pokriva izolacijskim omotačem.



$Z_w = 50\Omega \dots 100\Omega$   
nefleksibilan, skup,  
mali gubici  
10 MHz..100 MHz

- Koaksijalni kabel je dosta dobro zaštićen od interferencija i može se koristiti na većim udaljenostima između tačaka. Koaksijalni kabel 10base5/2 podržava brzinu prijenosa do 10Mbps. 10base-5 dozvoljava maksimalnu duljinu žice među tačkama od 500 m, a 10base-2 od 180 m.
- Kako se debljina koaksijalnog kabela povećava, povećava se i širina propusnog kanala, a time i brzina prijenosa. Ali veće žice su skuplje i zahtijevaju posebne načine ugradnje, pa je time široko korištenje širokopoljnih koaksijalnih kabela ponešto oslabljeno.

# Električni kabeli

## Koaksijalni kabel

- Dva načina prijenosa: širokopojasni (broadband) i osnovnopojasni (baseband).
- Kod prijenosa u osnovnom pojasu signal se prenosi u svom izvornom obliku i tako se obično prenose digitalni signali brzinama do 100Mbit/s.
- Veće brzine postižu se širokopojasnim prijenosom gdje se propisni kanal podijeli u veći broj potkanala. Tim načinom bolje se iskorištava propusni opseg kabela, ali su sklopovi za transponiranje frekvencija (modulatori i demodulatori), te potrebni filtri složeni i skupi da bi njihova upotreba u lokalnim mrežama bila opravdana.

Sumarno, koaksijalni kabel ima velik propusni opseg pa omogućava velike brzine prijenosa s velikom otpornošću na smetnje i greške, ali samo na malim udaljenostima.

# Električni kabeli

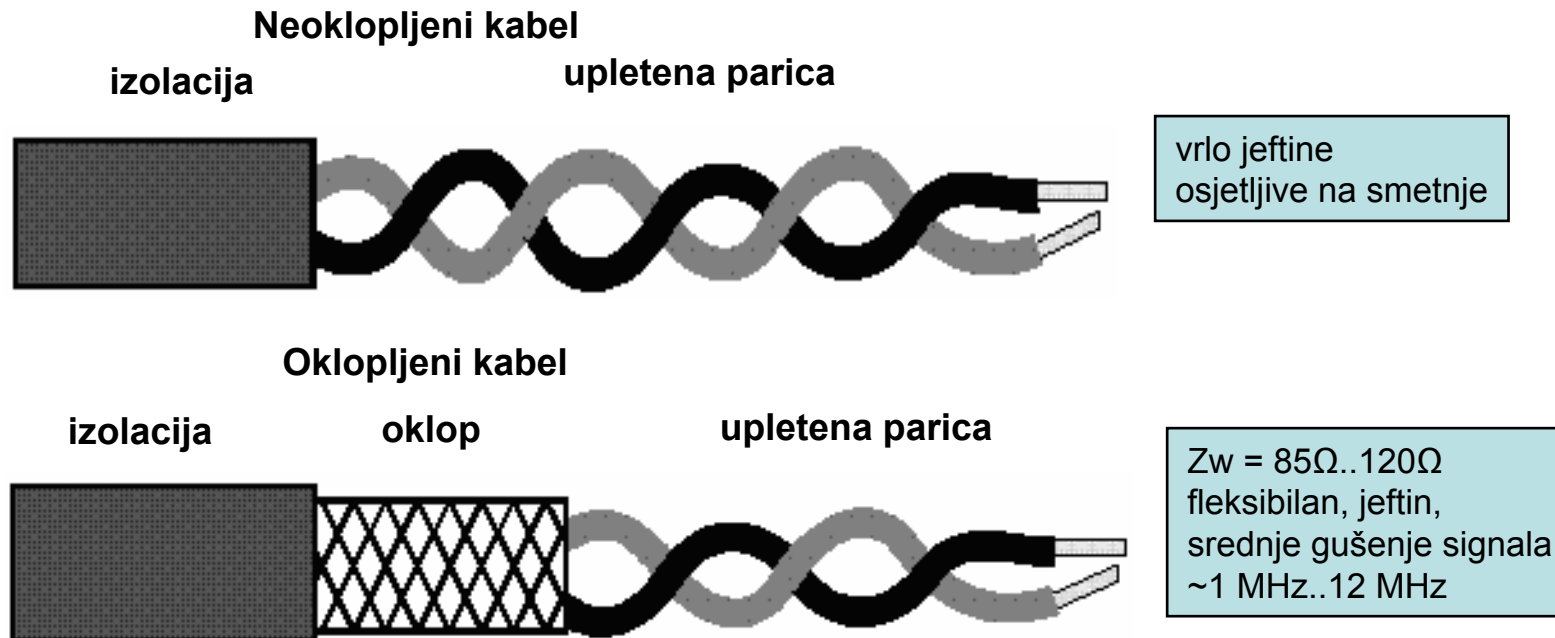
## Upletena (upredena) parica (Twisted Pair)

- Predstavlja par upletenih žica (najčešće bakrenih) okruženih PVC izolacijom koja ga štiti od oštećenja.
- Upletanje žica je nužno zbog  **smanjenja električne interferencije**  koja nastaje kad se sličan par žica nalazi u blizini.
- To je uobičajeni medij za prijenos u telefonskoj mreži, a trenutno je najjeftiniji medij za prijenos podataka.
- Upredena parica se može koristiti za analogni i digitalni prijenos. Brzine koja se mogu postići ograničene su već postojećom telefonskom infrastrukturom.
- Kod lokalnih mreža sa paricama se postiže brzina prijenosa od 10 do 100Mbps, ali ta se brzina može smanjiti uslijed djelovanja drugih grešaka u sistemu, od smetnji u vodiču do elektromagnetske interferencije.
- Najčešći medij za prijenos podataka.
- Postoje dvije vrste: **oklopljeni** (shielded) i **neoklopljeni** (unshielded) kabeli sa upletenim paricama.

# Električni kabeli

## Upletena parica

- Oklapanje se koristi da bi se upletena parica **zaštitila od električnih i magnetskih polja**. Ali, kada se koristi oklapanje, također se povećava i prigušenje kabela, što se manifestira slabljenjem snage signala na putu između dvije tačke.
- Oklapanje također uzrokuje i promjene otpora, kapaciteta i induktiviteta na način da se povećava šansa gubitka podataka na liniji. I oklopljeni i neoklopljeni TP se koriste u segmentima ne duljim od nekoliko stotina metara.



# Električni kabeli

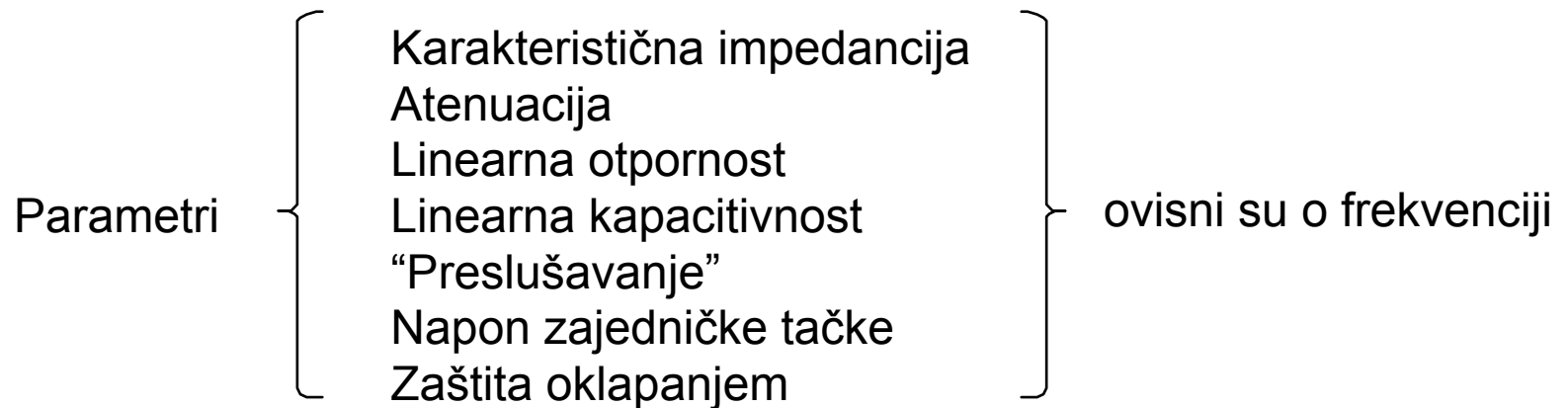
## Prednosti i nedostaci električnih prijenosnih medija

Prednosti	Nedostaci
Klasična tehnologija ožičavanja	Niske brzine prijenosa
Razumljivi električarima u održavanju	Skupo galvansko odvajanje
Jednostavno polaganje kabela	Osjetljivi na smetnje
Jeftini (ovisi o troškovima koji se ne uzimaju u obzir)	Teško otklanjanje kvarova, pronalaženje loših kontakata
	Velika težina



# Električni kabeli

## Ograničenje duljine prijenosa



Atenuacija: otpor bakra, dielektrični gubici.

O frekvenciji ovisni gubici uzrokuju izobličenje signala:

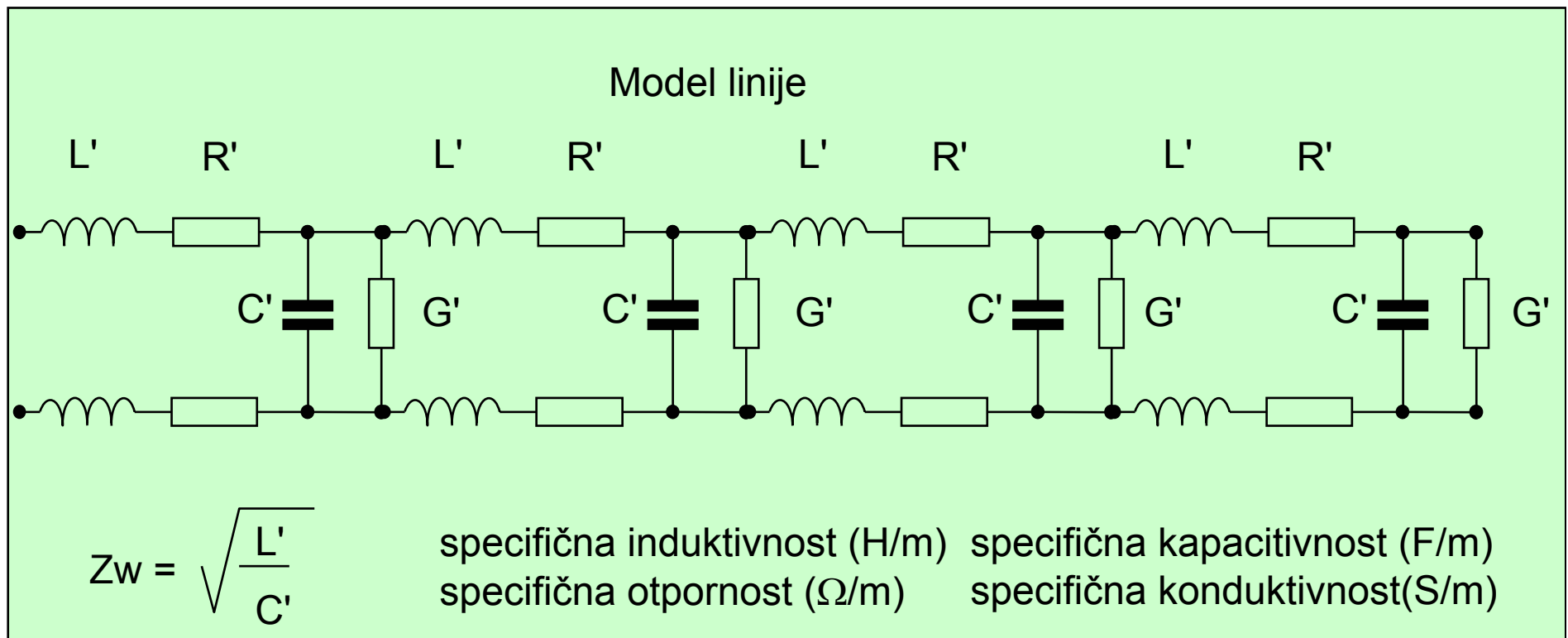


Refleksija signala na diskontinuitetima (grananja, konektori) uzrokuju dodatnu distorziju.

# Električni kabeli

## Analiza električnih kabela (vod, linija)

- Karakteristična impedancija ( $Z_w$ ) (mora se podudarati sa izvornom impedancijom).
- Atenuacija (ograničava rastojanje i broj obnavljača).
- Bending radius (raspored kanala).
- Težina.
- Izolacija “odlaganja vatre”



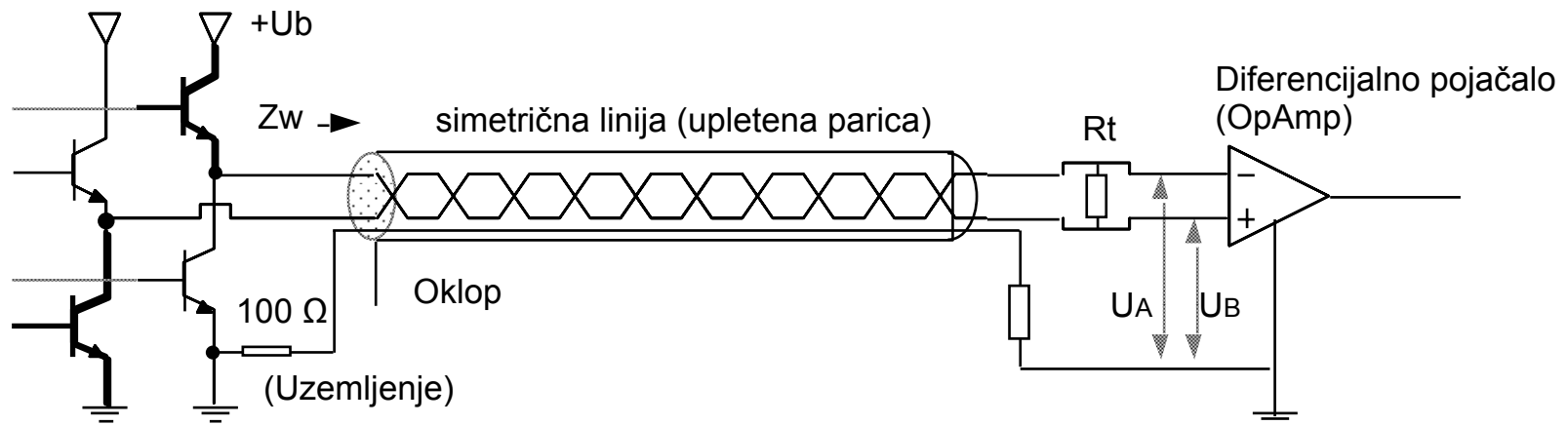
# Električni kabeli

## Balansiranje prijenosa

Diferencijalni predajnik i prijemnik.

**Prednost:** dobro otklanjanje smetnji na liniji i napona zajedničke tačke.

**Nedostatak:** dupliranje linija.



Koristi se za upletene žičane parice (npr. RS 422, RS 485).

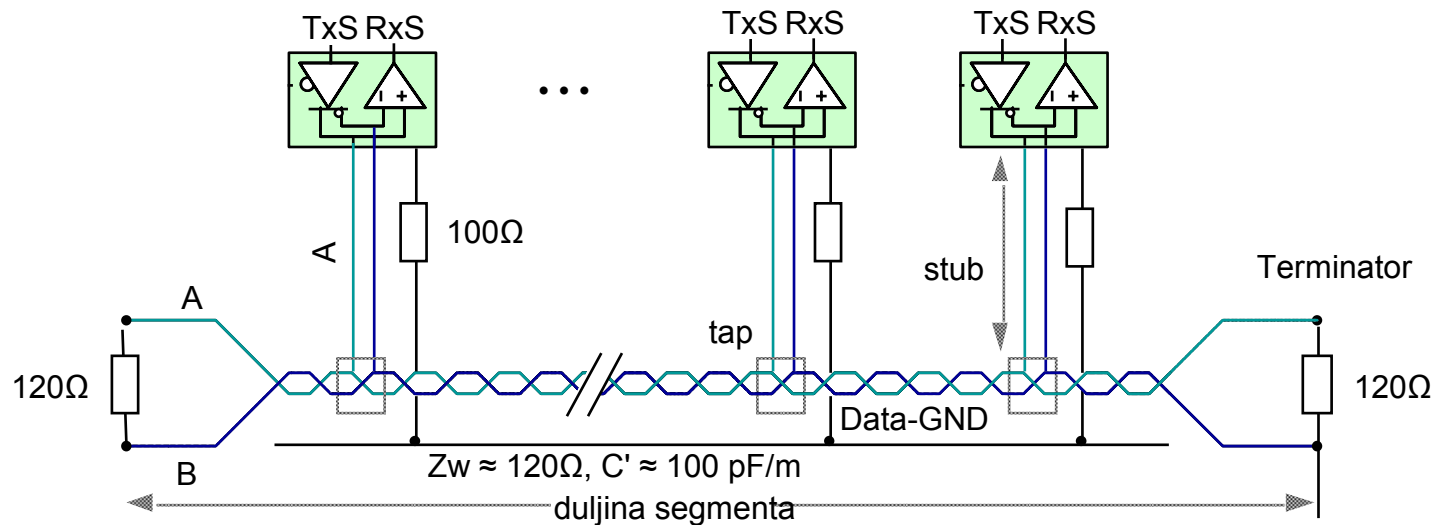
Uklanjanja napona zajedničke tačke: utjecaj napona koji je simultano primijenjen na obje linije u odnosu na uzemljenje.

Oklop se ne smije koristiti za uzemljenje.

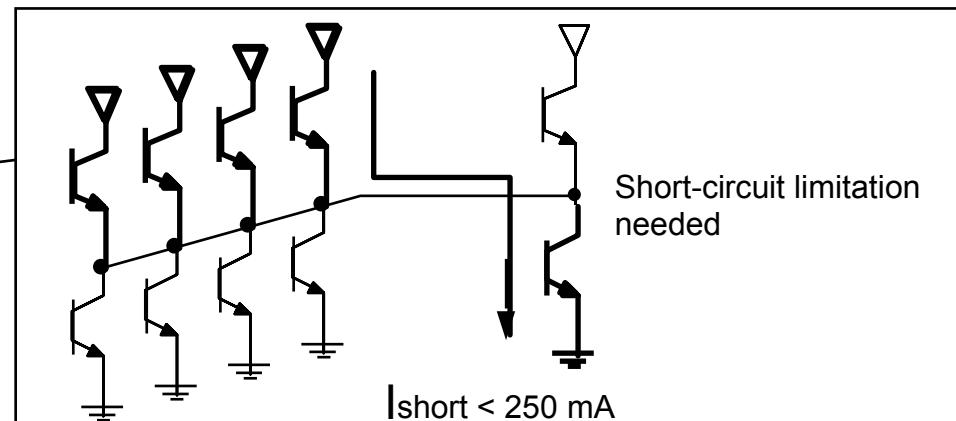
# Električni kabeli

## Balansiranje prijenosa – primjer RS 485

Najviše korištena vrsta prijenosa za sabirnice preko balansiranih linija (ne tačka – tačka)

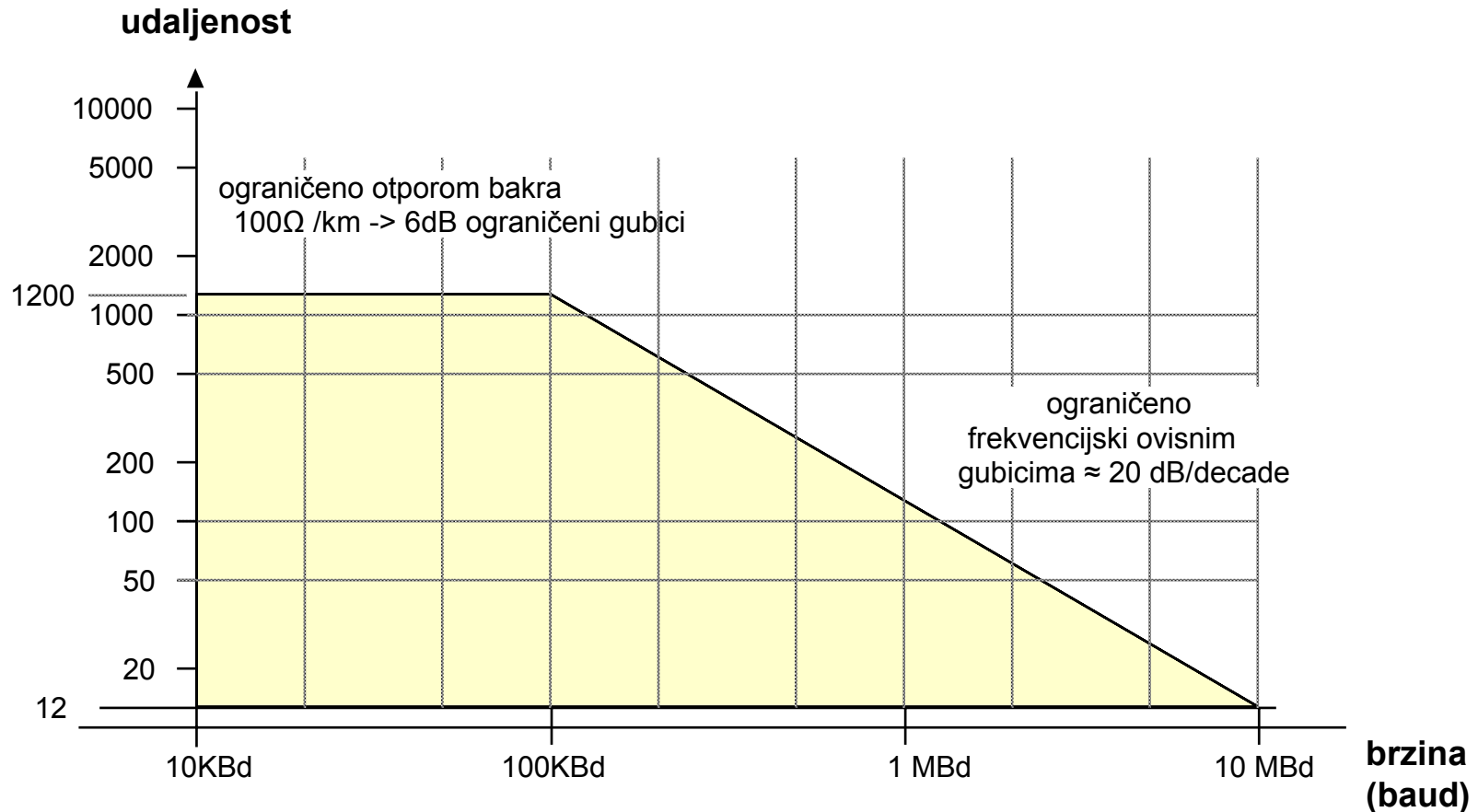


omogućen višestruki prijenos



# Električni kabeli

**Primjer RS 485: udaljenost × brzina prijenosa (u baudima)**



Ograničeno sa: Kvalitetom kabela: atenuacija, kapacitet opterećenja, otpornost bakra.

Omjerom signal/šum, smetnjama.

Kvalitetom prijemnika i metodama dekodiranja.

# Konektori električnih kabela

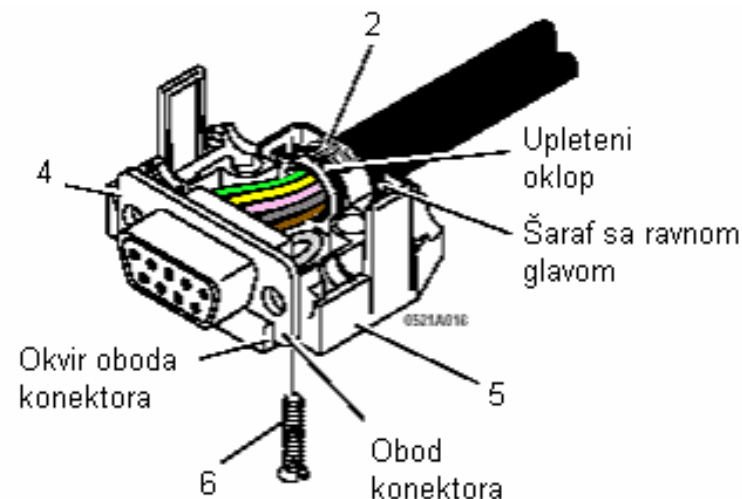
Field busovi istovremeno zahtijevaju jeftine i robusne konektore. Najjeftiniji konektori su u automobilskoj industriji (Faston clips) i telefoniji (RJ11, RJ 45)

Međutim, navedeni konektori su lomljivi (krhki). Da bi se ovo ublažilo potrebno je:

- **kontinuiran oklop**,
- **zaštita od prodora vode, prašina i prljavštine** (IP68 standard),
- **zaštita od udara i lomljivine** (npr. uslijed prelaza ljudi ili vozila preko kabela).

Najpopularniji konektor je sub-D 9 (IBM-ov PC serijski port), koji postoji u različitim naprednim verzijama.

Također su popularni Weidmann i Phoenix konektori.



# Konektori električnih kabela

## Vodootporni konektor

### Cable

For Installation Remote Bus (IRB) assemblies, use cable that contains 9 conductors and is 100% shielded.

1. End Cap (nickel-coated brass)
2. Flexible Compression Ring Assembly (Neoprene). Includes O-Ring (3) and Rubber Sleeve (4)
5. Washer (nickel-coated brass)
6. Cable Shielding
7. Shielding Sleeve
8. Split Spacer/Retainer
9. Contact Assembly
10. Cap Sleeve (nickel-coated brass)
11. Contact Assembly Housing (nickel-coated brass)
12. Guide Pin

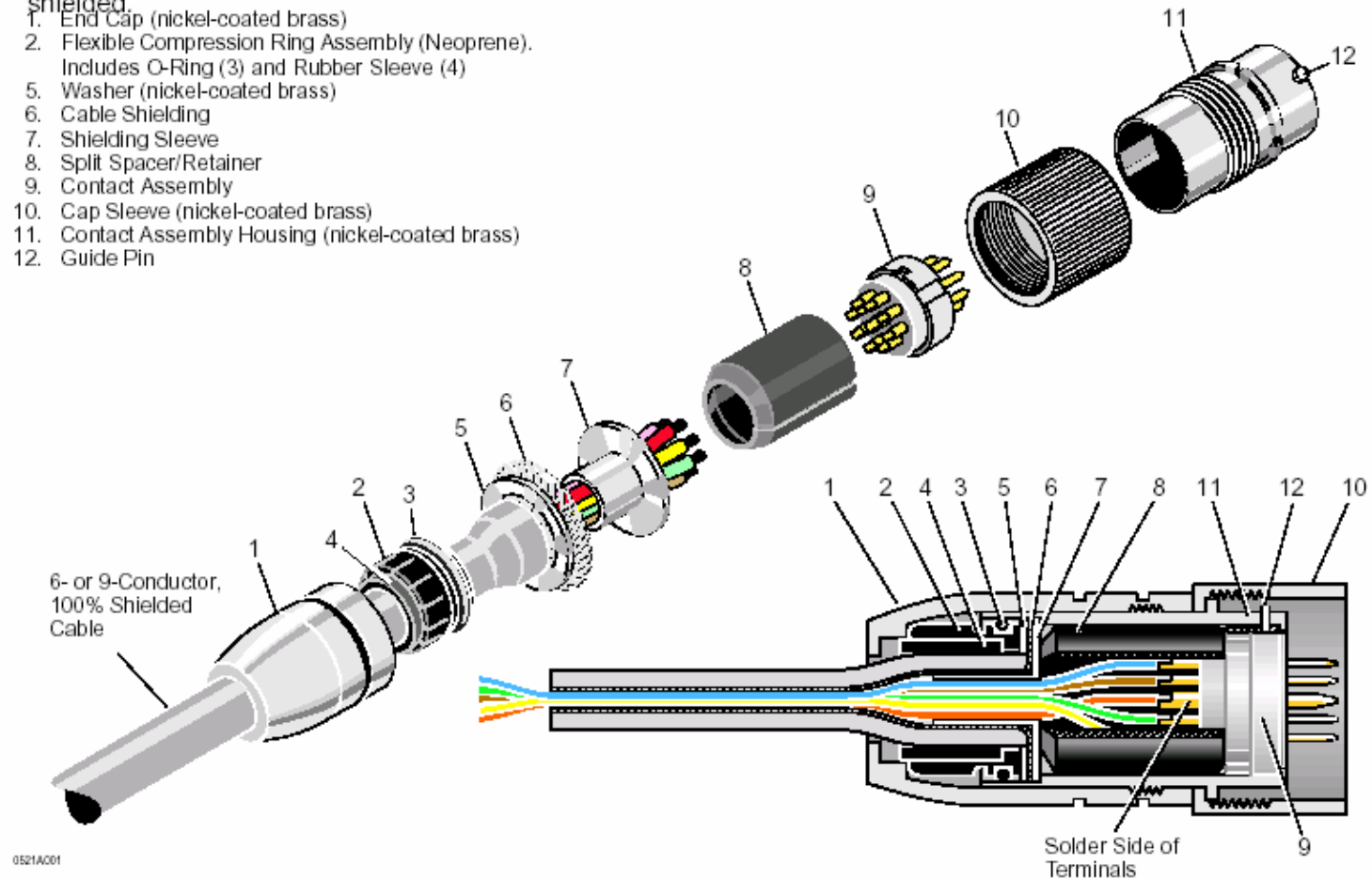
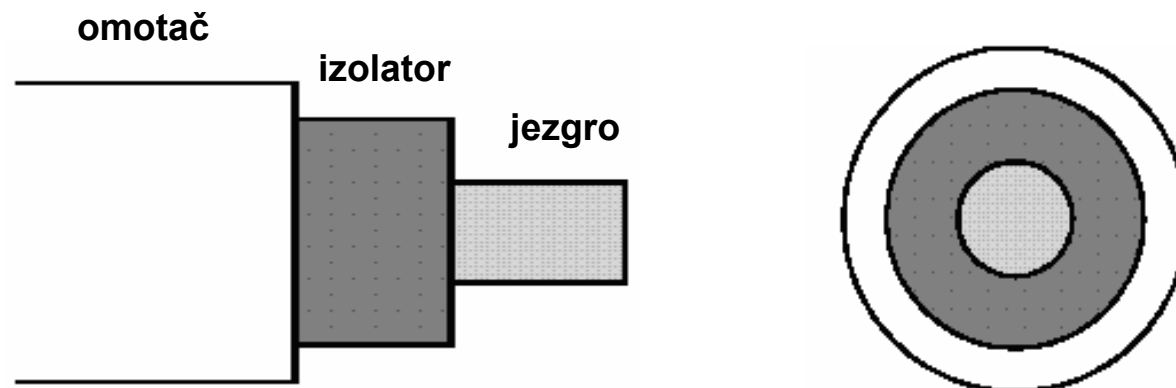


Figure 1. CCO Circular Connector Installation

## 5.2.2. Optički kabeli

### Optički kabeli

- **Tanki, fleksibilni mediji koji prenose podatke u obliku svjetlosnih valova kroz staklenu "žicu" ili kabel.** Koristi se za udaljenosti koje su veće i od 1 kilometar i vrlo su sigurni (jer na njih ne utječu električne smetnje). Dolaze u dva oblika: **jednomodni** i **višemodni**.
- Kompozicija optičkog kabela je slična koaksijalnom kabeu. Čvrsta jezgra sastoji od vrlo tankog stakla, okružena je plastičnim izolatorom koji služi za reflektiranje svjetla natrag prema jezgri. Taj sloj je pokriven koncentričnim slojem tanke plastike koja služi za zaštitu od oštećenja. Kada postoji više od jednog optičkog vlakna u kabeu, oni se grupiraju zajedno i dodatno se svaka grupa prekriva tankim slojem plastike.

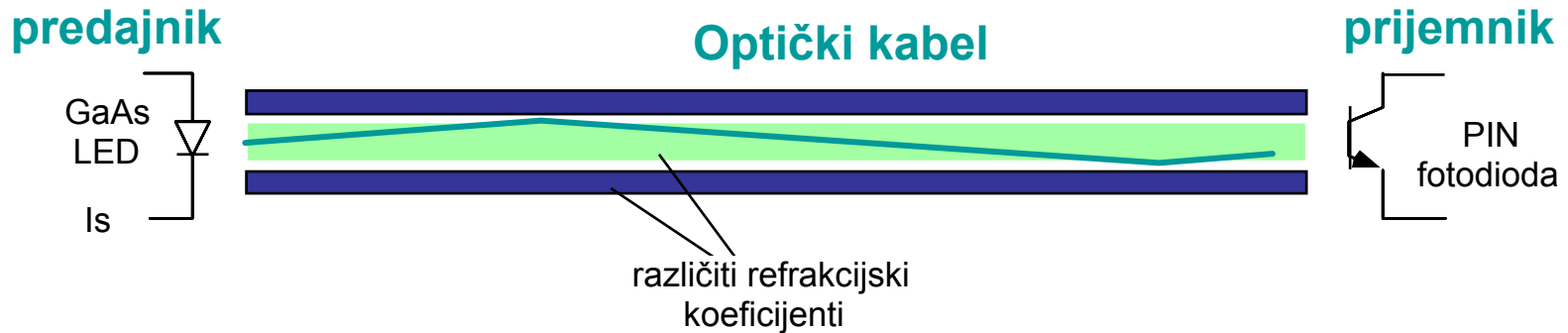




# Optički kabeli

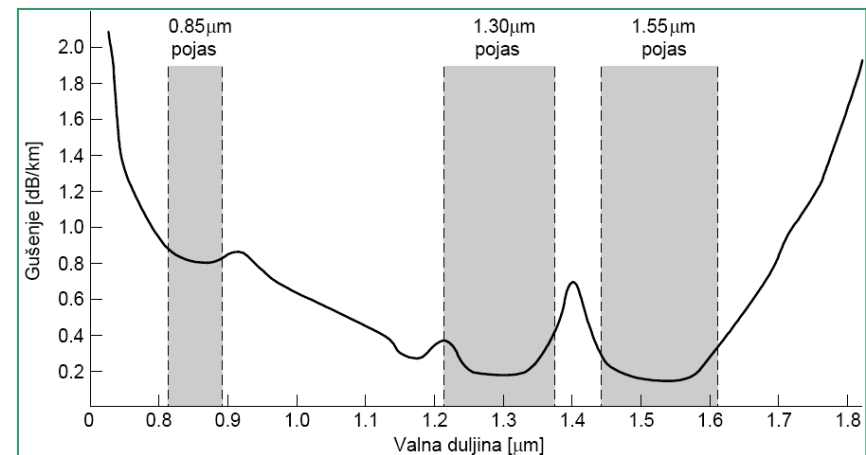
- **Optički kabeli**

3 komponente:



Predajnik, kabel i prijemnik moraju biti “podešeni” na iste valne duljina

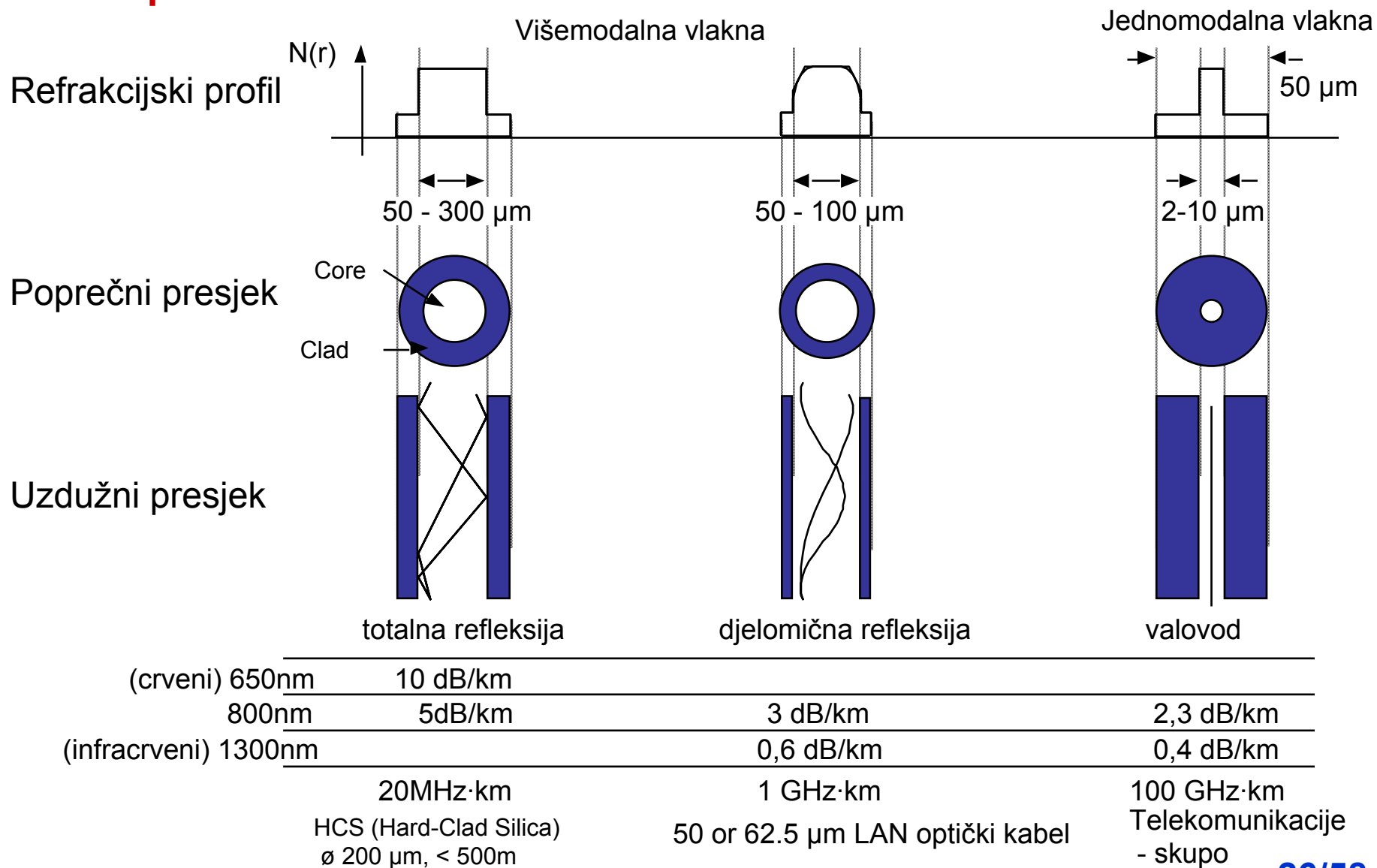
- Kabel** staklo (do 100 km) ili plastika (do 30 m).
- Predajnik** laserska-dioda (GaAsP, GaAlAs, InGaAsP)
- Prijemnik** PIN-dioda
- Valne duljine** 850 nm ( $< 3,5 \text{ dB/km}$ ,  $> 400 \text{ MHz} \times \text{km}$ )  
1300 nm-pojas (jednomodalni)



Svjetlost se ne prostire brže od elektriciteta u optičkom vlaknu (refrakcijski index).

# Optički kabeli

## Vrste optičkih vlakana



# Optički kabeli

## Primjene optičkih kabela

Vrsta	POF	HCS/PCF	GOF
Materijal	plastika	staklo / plastika	staklo
Udaljenost	70m	400m	1km
Primjena	LAN	WAN	telefon
Konektor	jednostavan	precizan	visoko precizan
Cijena	niska	srednja	srednja
Starenje	slab	vrlo dobar	dobar
Zakrivljenost	vrlo dobar	dobar	slab
Propusni pojas	slab	dobar	vrlo dobar

POF: Plastic Optical Fibres – plastični optički kablovi

GOF: Glass Optical Fibres – stakleni optički kablovi

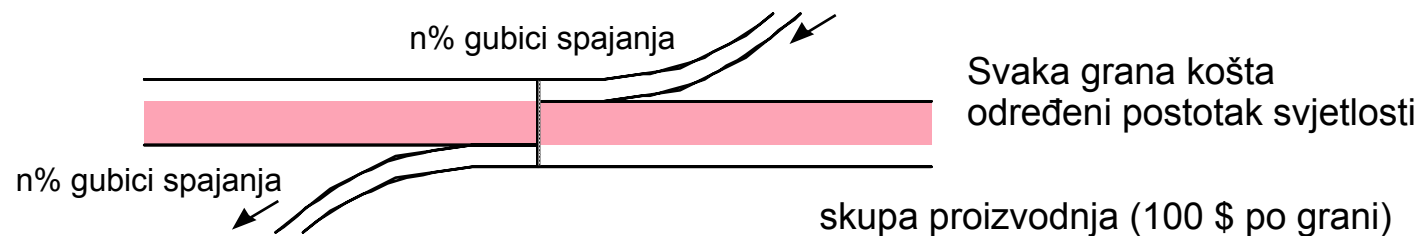
HCS: silica fibre – silikonski optički kabeli

U industriji optički kablovi imaju sličnu cijenu kao i bakar – razmisliti o cijeni sistema!

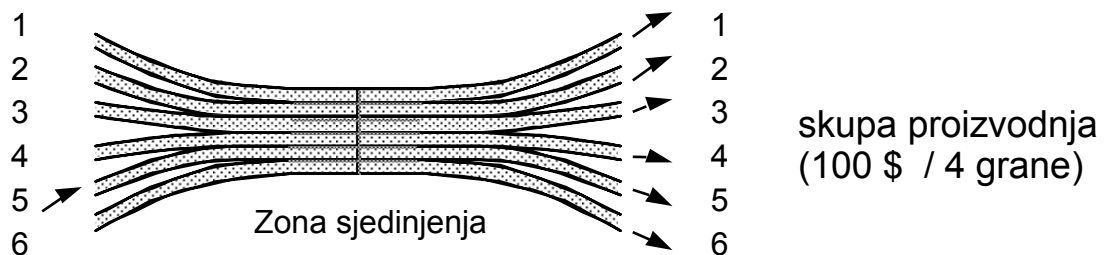
# Optički kabeli

## Optičke mreže

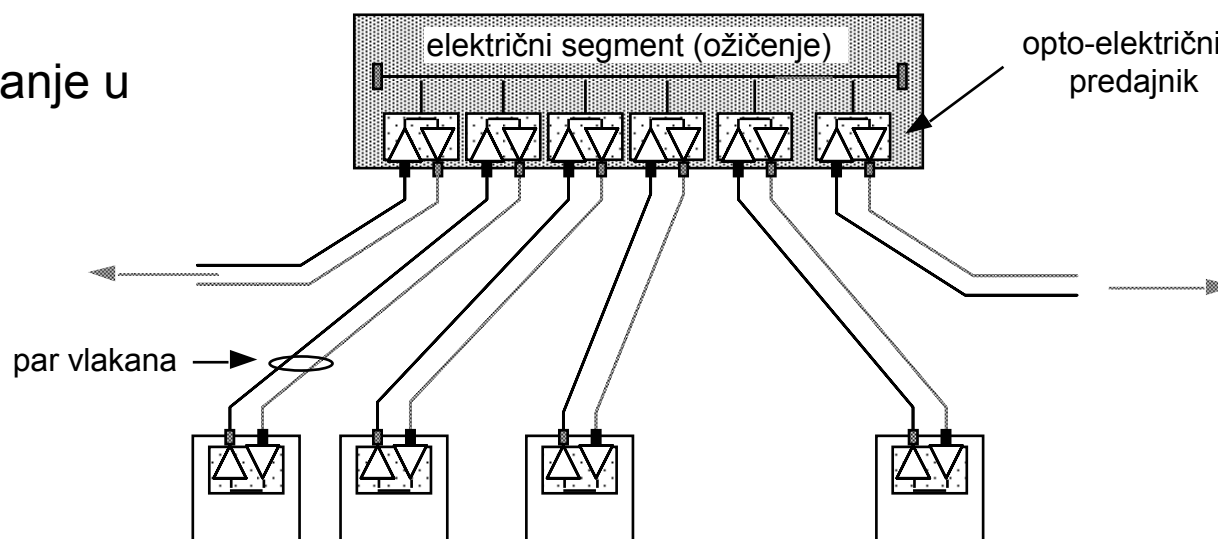
### Pasivno spajanje



### Pasivno spajanje u zvijezdu



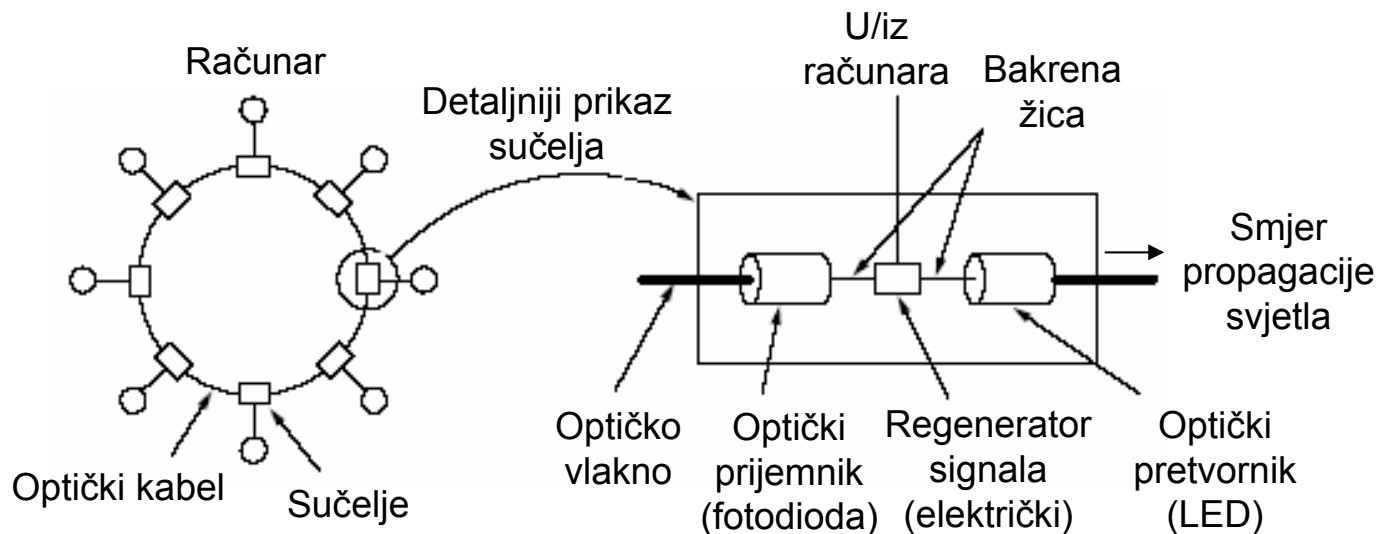
### Aktivno spajanje u zvijezdu



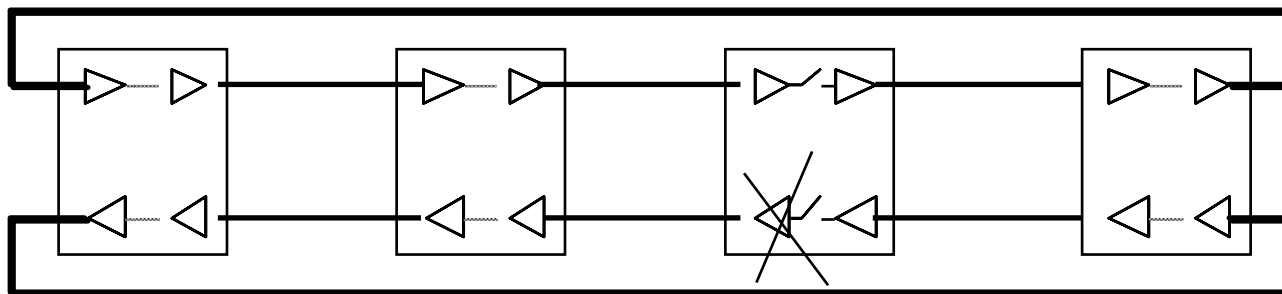
# Optički kabeli

## Optičke mreže

### Prsten



### Dvostruki prsten



Optički kabeli se najčešće koriste za prstenaste mreže (FDDI, Sercos)

# Optički kabeli

## Prednosti optičkih kabela

- 1 ) Širok propusni opseg i brzina prijenosa (400 MHz x km).
- 2 ) Malo gušenje signala neovisno o frekvenciji (ca. 3 dB/km).
- 3 ) Velike duljine segmenata bez obnavljača.
- 4 ) Otporni na elektromagnetne smetnje (važno za električna postrojenja).
- 5 ) Galvansko odvajanje i beznaponski rad (važno za okruženja sa velikim iznosima struja).
- 6 ) Može se miješati sa drugim kabelima.
- 7 ) Može se koristiti u eksplozivnim sredinama (hemijska, rudarske iskopine).
- 8 ) Lagani (100 kg/km), malog promjera, fleksibilni, niski troškovi polaganja kanala.
- 9 ) Niska cijena kabela.
- 10) Standardizirani.

# Optički kabeli

## Zašto se malo koriste?

- 1) U procesnoj automatizaciji vrijeme propagacije je mnogo važnije od brzine prijenosa podataka.
- 2) Atenuacija nije važna za najveći broj udaljenih tvornica (200m).
- 3) Koaksijalni kabel pruža odgovarajuću otpornost na smetnje.
- 4) Nedovoljna pouzdanost optičkih predajnika i spojeva ( $MTTF \approx 1/\text{power}$ ).
- 5) Galvanska izolacija koaksijalnim kabelom i upletenim paricama može se postići sa opto-sprežnicima.
- 6) Grananje (tapping) nije problem u industrijskim postrojenjima.
- 7) Optičke mreže sa jeftinim komponentama su ograničene na nekoliko grana (16).
- 8) U eksplozivnim sredinama, napajanje (koje se zahtijeva za optičke komponente) može prouzrokovati eksploziju.
- 9) Instalacija optičkih kabela je skupa zbog problema sa spajanjem.
- 10) Topologija je ograničena na zvjezdastu i prstenastu strukturu.

# Kabeli

## Usporedba kabela

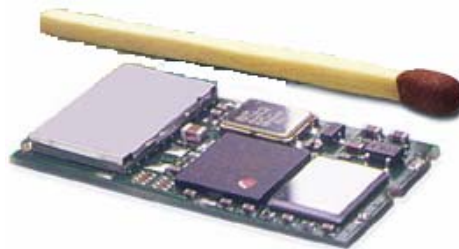
<i>Medij</i>	<i>Prednosti</i>	<i>Nedostatci</i>
TP	Jeftin, lako se instalira.	Nesiguran, najlošiji imunitet na smetnje.
COAX	Brz na malim udaljenostima.	Nesiguran, loš imunitet na smetnje.
Fiber	Zvuk, podaci i video, brz, velike udaljenosti.	teško se instalira, ograničen na povezivanje dvije tačke, skup.



## 5.2.3. Bežični mediji

### Radio prijenos

- Radio (bežični) prijenos ima reputaciju spore, na smetnje osjetljive komunikacije sa malim dometom.
- Mobilni radio (GSM, DECT) je sposoban prenositi signale ograničene brzine (9.6 kbit/s) sa visokim troškovima, pri čemu je domet limitiran isključivo razmještajem baznih stanica.
- IEEE 802.11 standardi razvijeni za periferije, npr. Apple's AirPort omogućuju na malim udaljenostima (200m) brzine prijenosa od 11 Mbit/s u frekvencijskom području 2.4 GHz sa snagom 100mW.
- "Bluetooth" omogućuje jeftinu vezu, male snage (1 mW) u istom 2.4 GHz području, sa brzinom 1 Mbit/s.
- Modulacija koristi amplitude, faze i višestruke frekvencije.
- Protokoli viših slojeva (WAP, ...) osiguravaju pouzdanu paketnu radio komunikaciju.



bluetooth modul

Radio == mobilnost -> baterijsko napajanje i tehnologija male potrošnje.

# Bežični mediji

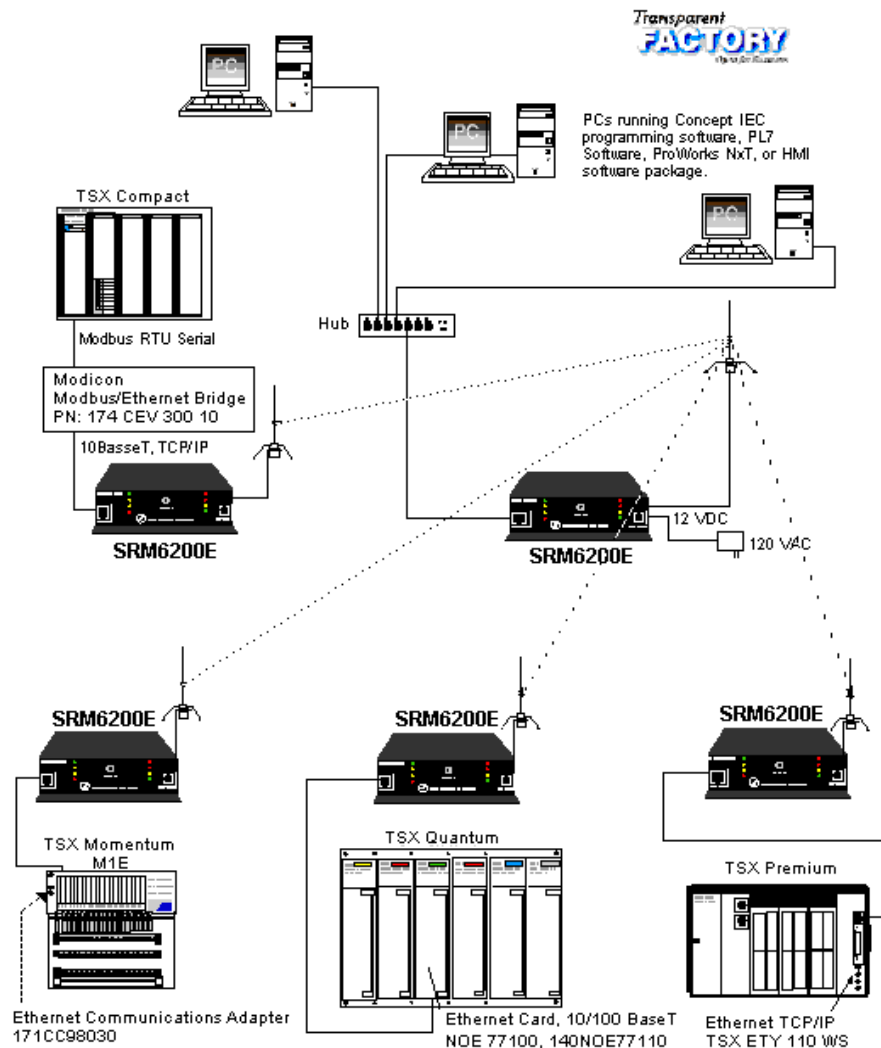
## Zašto bežični prijenos?

- Kabeli su skupi za postavljanje i održavanje.
  - Hemijski postrojenje – 120 USD/m.
  - Nuklearna centrala – 6000 USD/m.
- Primjena kabela je ponekad teško izvediva ili nemoguća.
  - Mobilne platforme.
- Udaljenosti.
- Povremene ili mobilne aplikacije.
- Jednostavan osjećaj prikladnosti.

# Bežični mediji

## Bežične komunikacije u industriji (Wireless Field bus)

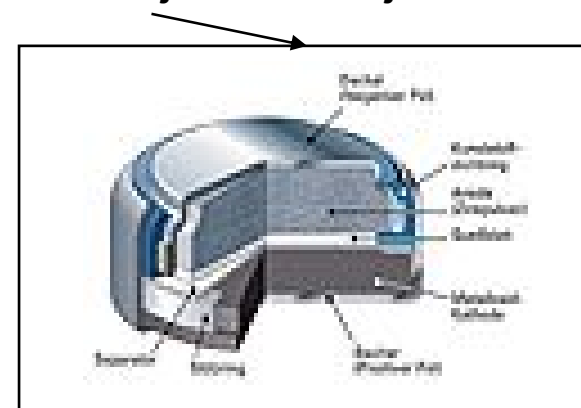
### SRM6200E Wireless Ethernet PLC Communications Network



+ nema ožičenja,  
mobilnost,  
jednostavna instalacija.

- male udaljenosti,  
ograničen propusni opseg,  
preklapanje područja i ograničenja  
frekvencija,  
miješanje komunikacijskih kanala,  
problemi napajanja stanica,  
cijena baznih stanica.

### Problem zamjene baterija



# Bežični mediji

## Ostali bežični mediji

### ➤ Mikrovalovi.

- Najviše se koriste u komunikacijama: za bežične telefone, mobilne telefonske mreže te za industrijske primjene.
- Prenose se pravolinijski. Prijenos pomoću međusobno vidljivih visokih tornjeva.
- U industriji frekvencija 2.4-2.4835 GHz jer ne treba tražiti licencu državnih službi. Ovo se frekvencijsko područje iskorištava za lokalne bežične mreže, npr. za bežični Ethernet.

### ➤ Infracrveni valovi.

- Koristi se za komunikacije na kratkim udaljenostima, npr. daljinski upravljači kućanskih uređaja.
- Ne mogu prodirati kroz krute objekte, pa se ne pojavljuju smetnje čak i ako se koriste u susjednim sobama istog stana.

### ➤ Zvuk.

### ➤ Svjetlost.

### ➤ Komunikacijski sateliti.

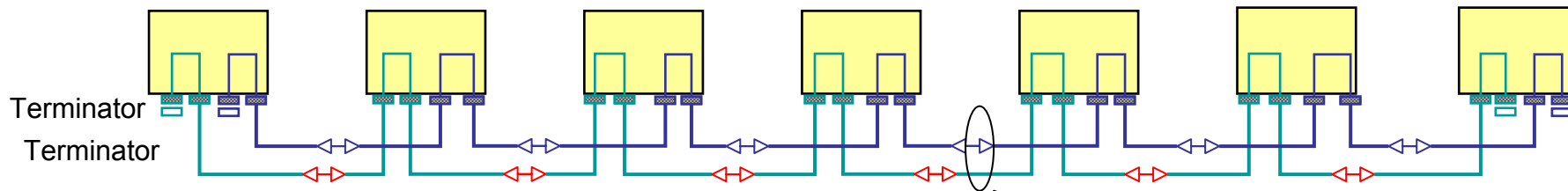
### ➤ Geosinhroni sateliti.

### ➤ Nisko-orbitni sateliti.

# Prijenosni mediji - redundancija

## Redudancija

### Linijski segment

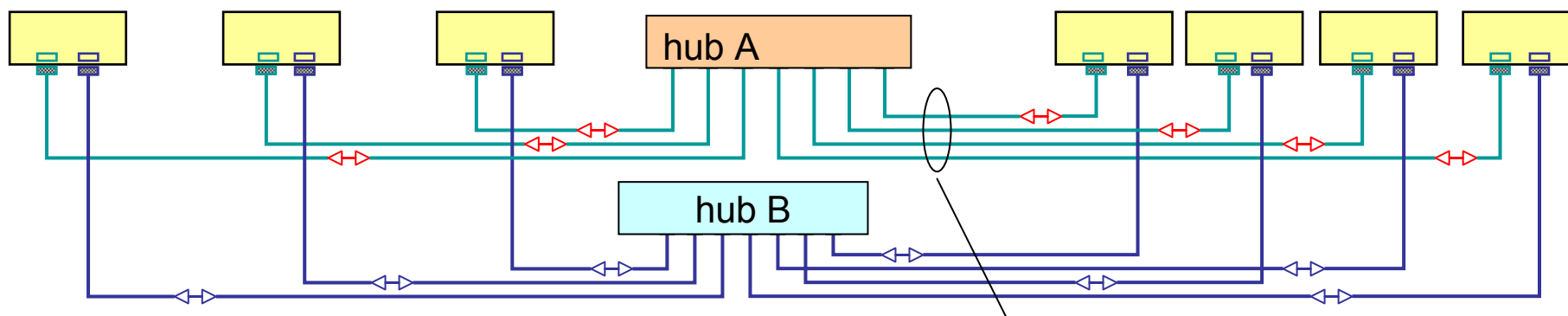


Decentralizirano ožičenje

Oba kabela mogu prolaziti kroz iste kanale, ako su smetnje zajedničke tačke male.

### Zvjezdasta topologija

Hubovi moraju imati odvojena napajanja



Centralizirano ožičenje

Kabeli dolaze do svakog uređaja

Greške uslijed smetnji preko zajedničke tačke ne mogu se izbjeći, budući da kablovi dolaze zajedno do uređaja.

## 5.3. Modulacija

- Signal koji se prenosi sastoji se od dvije komponente:
  1. Signal informacije.
  2. Signal nosioca.
- Prijenos signala kroz komunikacijski medij uključuje modulaciju nosioca.
- **Proces kombiniranja informacijskog signala i signala nosioca naziva se modulacija.**
- Signal visoke frekvencije koji prenosi (nosi) informaciju naziva se nosilac.
- Signal nosioca je oblika:

$$a(t) = A \sin(ft + \omega)$$

$A$  = amplituda.

$f$  = frekvencija,  $\omega$  = faza.

# Modulacija

- Prijenosni mediji nisu savršeni te se signal izobličava. Kod digitalnih signala ta promjena uzrokuje greške.
- Kod propagacije signala dolazi do gušenja. Svaka Fourierova komponenta guši se za različiti iznos, pa na prijemnoj strani dobivamo različit signal.
- Zbog toga je nepoželjno koristiti signale sa širokim spektrom frekvencija, a takvi su binarni signali.
- Zbog toga se za prijenos podataka (posebno kod telefonskih linija) koriste analogni, a ne digitalni signali. Uvodi se signal nosilac i on se modulira u skladu sa signalom podataka (binarnih).

# Modulacija

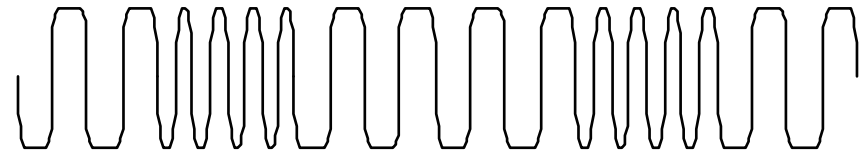
## Osnovnopojasna (Base band)

Signali se prenose kao nizovi binarnih stanja, jedan bit u jednom trenutku.



## Carrier band

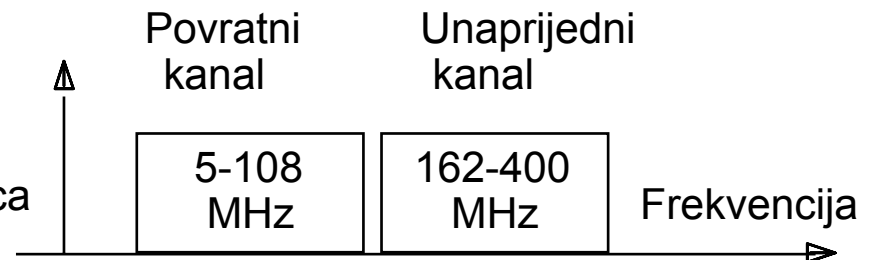
Signali se prenose kao niz frekvencija, jedna u svakom trenutku (npr. FSK = frequency shift keying = 2-fazna modulacija).



## Širokopojasna (Broadband)

Signali se prenose kao niz frekvencija, više njih istovremeno.

Signali mogu biti modulirani na frekvenciju nosioca (npr. 300MHz-400MHz, u kanalima po 6 MHz)

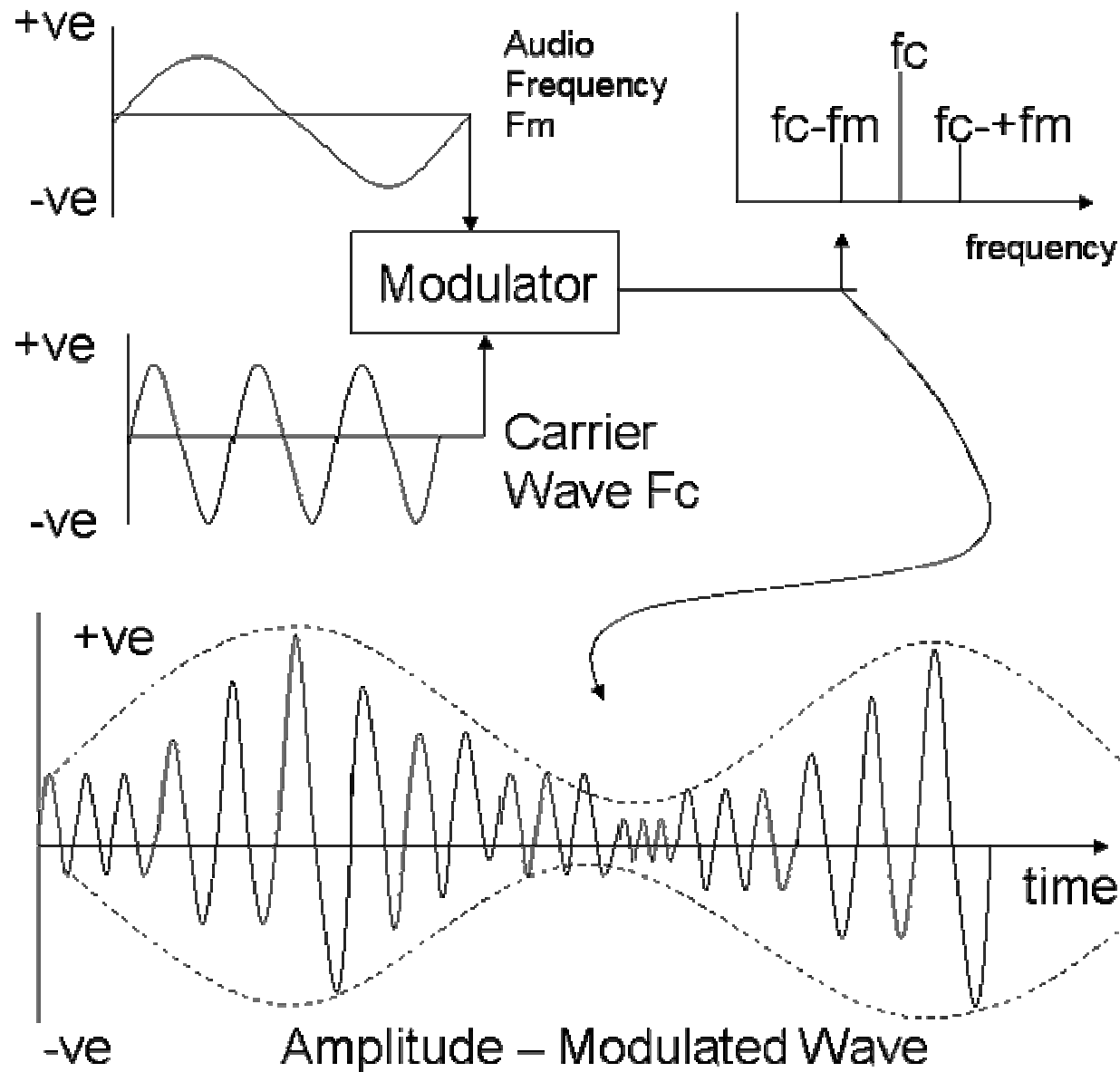




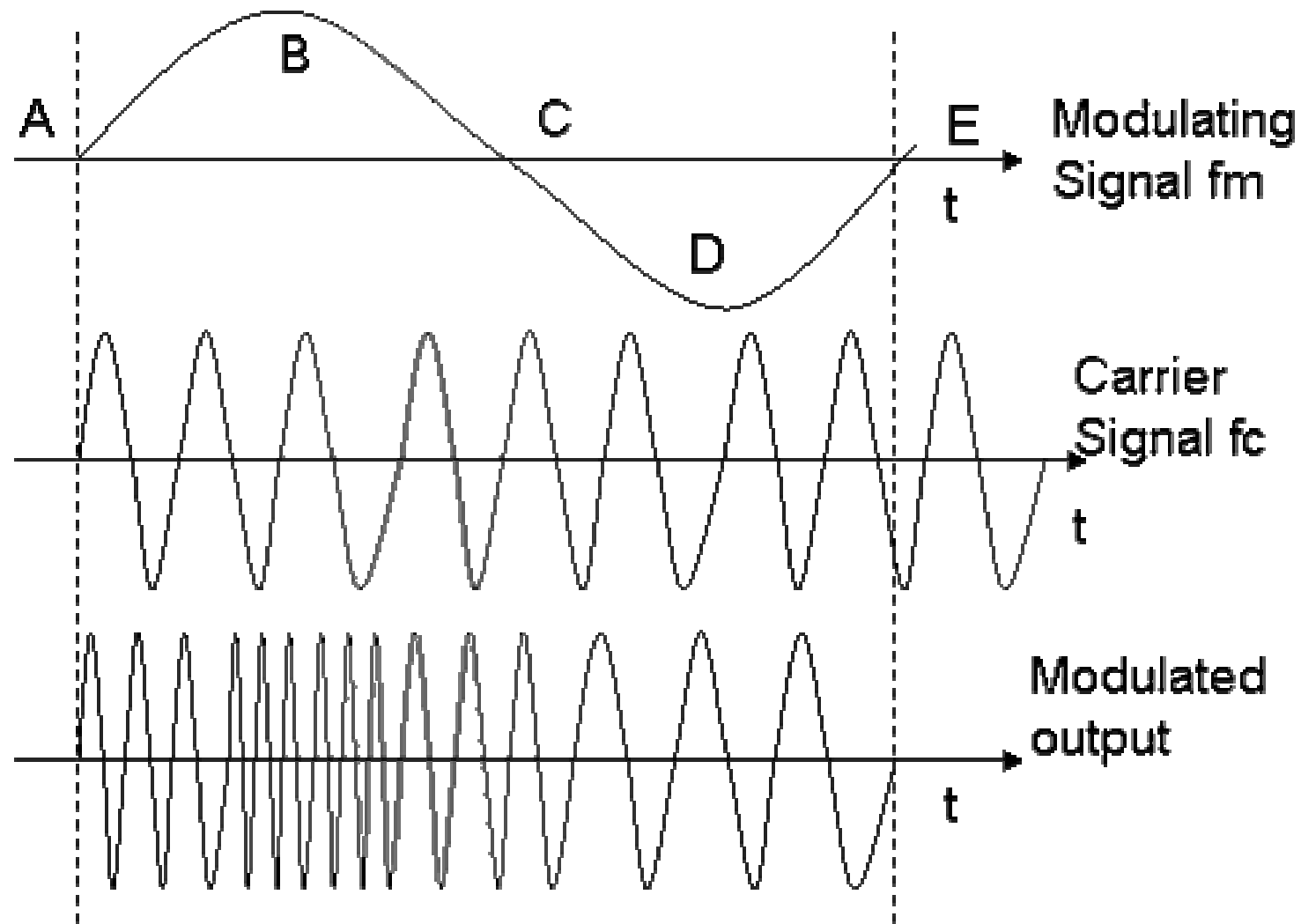
## 5.3.1. Analogna modulacija

- Vrste modulacije:
  1. Amplitudna.
  2. Frekvencijska.
  3. Fazna.
- Miješanje informacijskog signala sa signalom nosioca na način da se mijenja amplituda nosioca frekvencijom informacijskog signala-**amplitudna modulacija**.
- Kod **frekvencijske modulacije** kombiniraju se modulirajući signal i signal nosioca na način da se frekvencija nosioca mijenja gore, dole svojom normalnom frekvencijom.
- **Fazna modulacija** je vrsta frekvencijske modulacije, kod koje se frekvencija nosioca mijenja proporcionalno amplitudi i frekvenciji modulirajućeg signala.

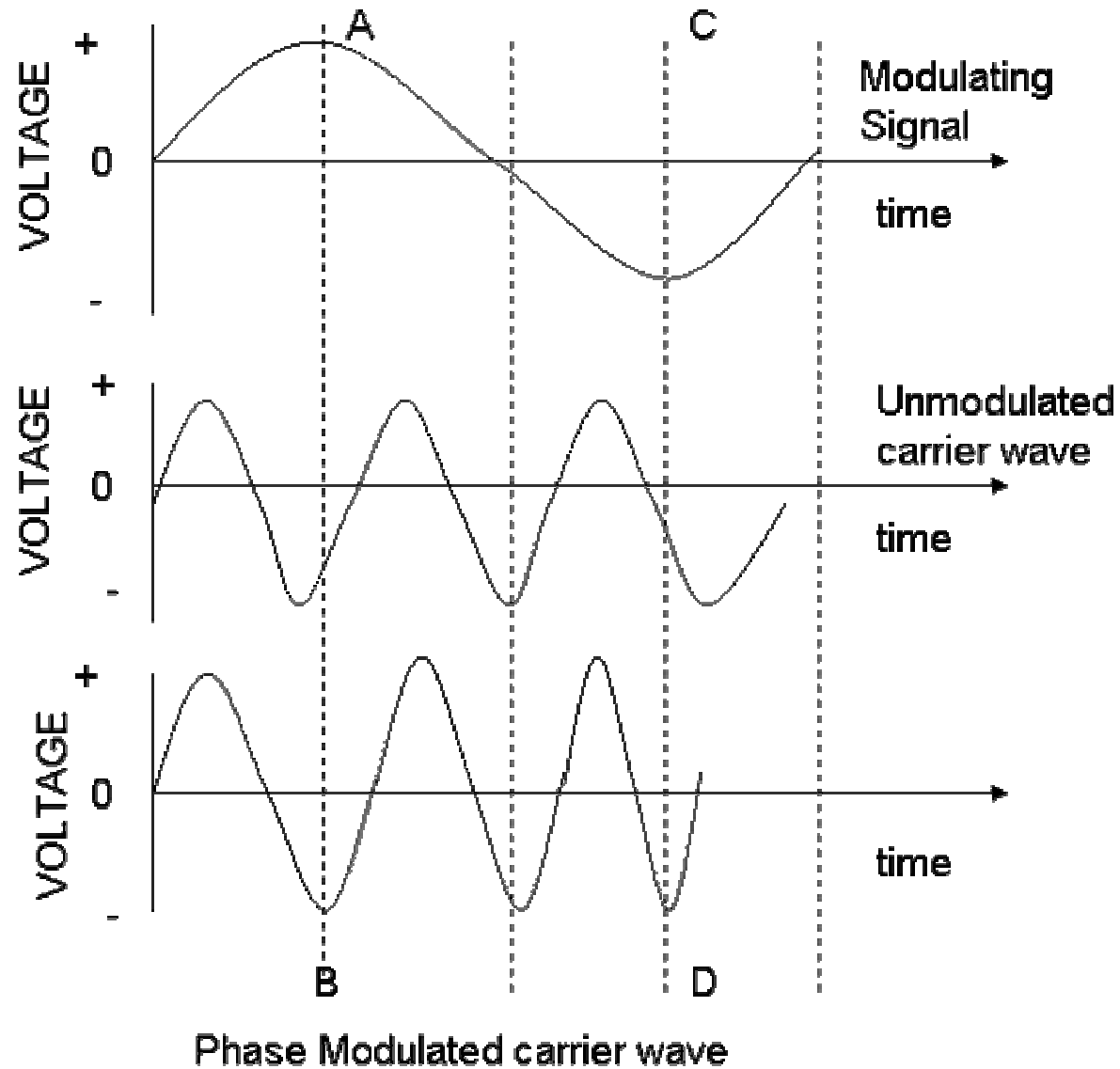
# Amplitudna modulacija (AM)



# Frekvencijska modulacija (FM)



# Fazna modulacija (PM)



## 5.3.2. Digitalna modulacija

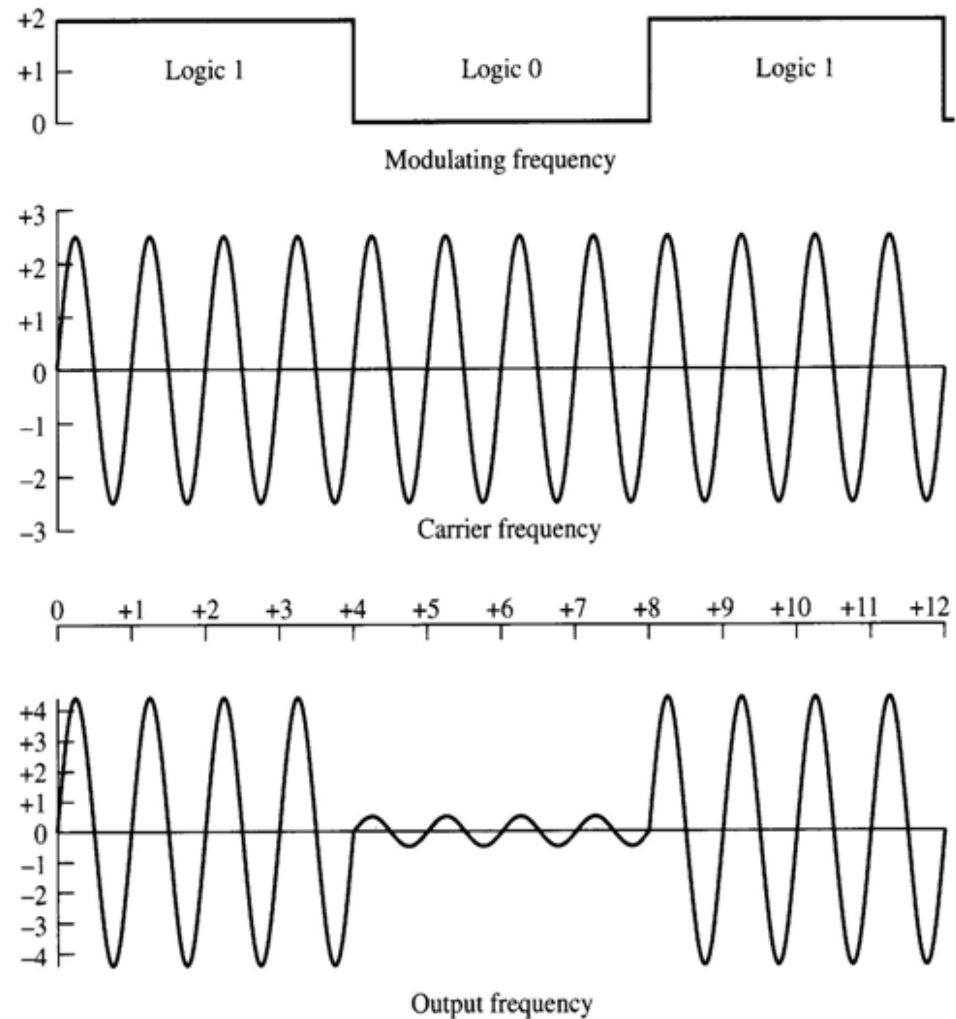
- Moduliranje digitalnih informacija – oblik pogodan za prijenos kroz mikrovalove, satelit, itd.
- Podaci se preko satelita i mikrovalova prenose u obliku analognog signala.
- Tehnike modulacije analognog signala koriste se i za modulaciju digitalnih signala.
- Problem je transformirati digitalni signal u oblik koji se može tretirati kao analogni signal u obliku pogodnom za prijenos upletenom paricom ili satelitima, odnosno mikrovalovima.
- Uređaj koji se koristi za pretvorbu digitalnog signala u analogni je modem.

### Tipovi modulacije u modemskim komunikacijama:

- *Amplitude shift key modulation (ASK)*
- *Frequency shift key modulation (FSK)*
- *Binary-phase shift key modulation (BPSK)*
- *Quadrature-phase shift key modulation (QPSK)*
- *Quadrature amplitude modulation (QAM)*

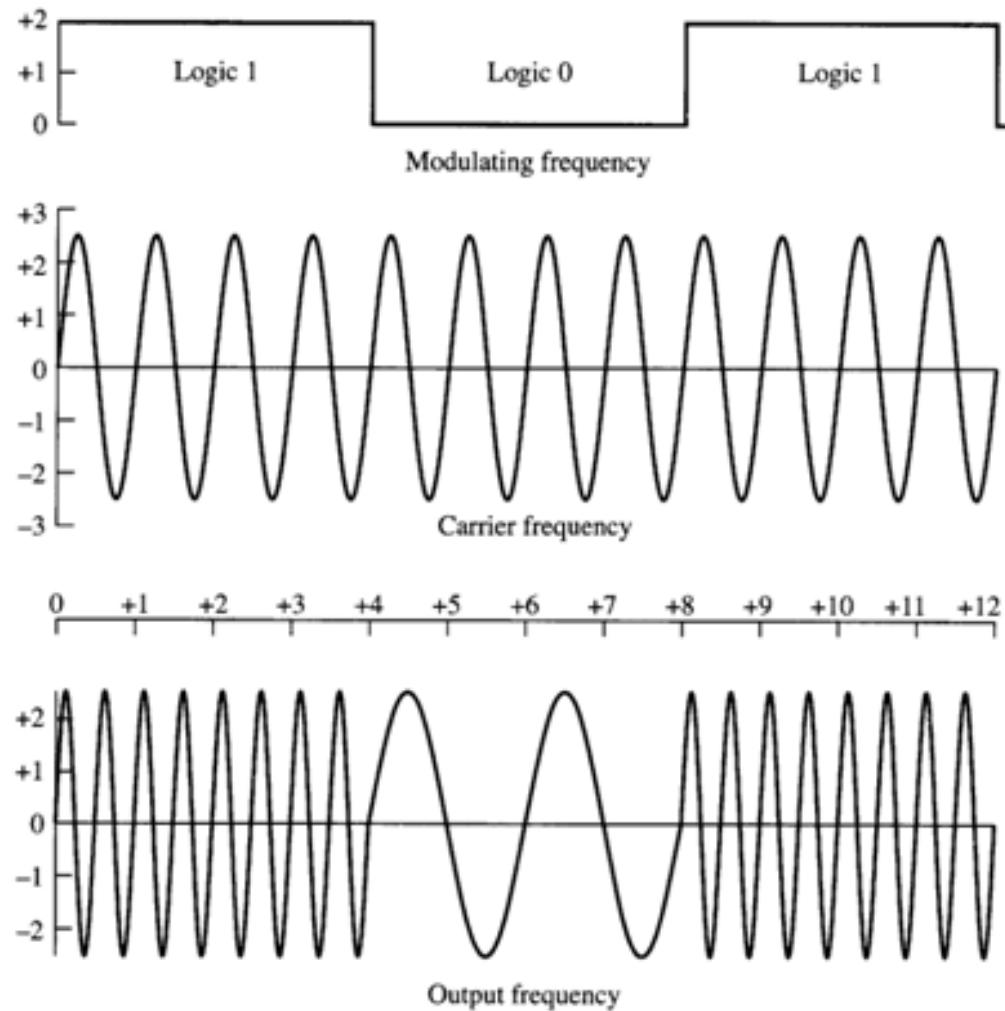
# Digitalna modulacija

## ASK modulacija



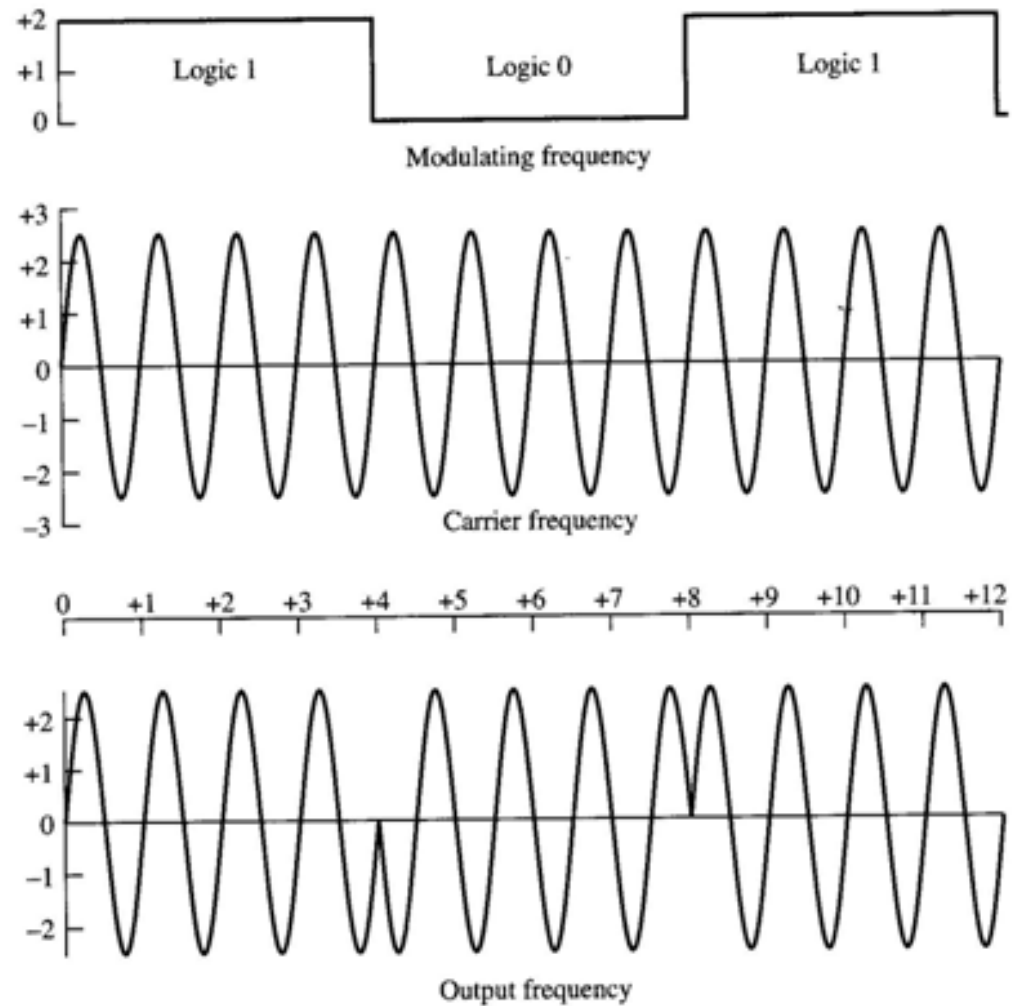
# Digitalna modulacija

## FSK modulacija



# Digitalna modulacija

## PSK modulacija - dvofazna



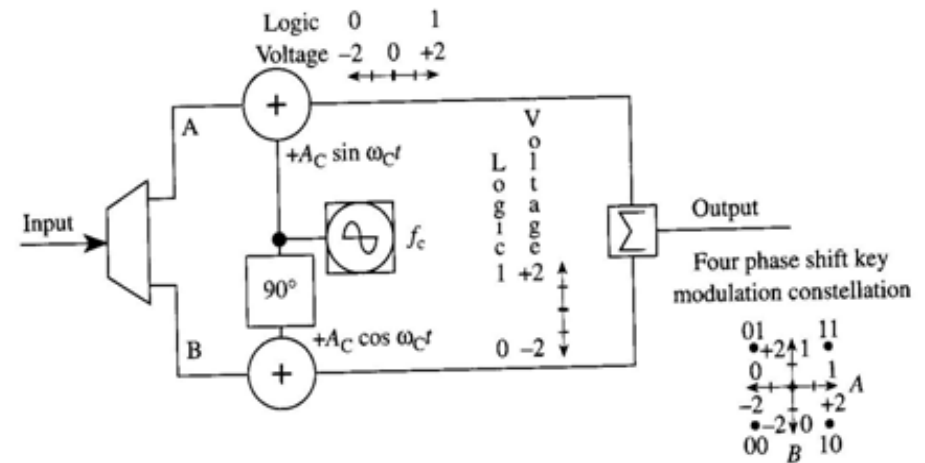


# Digitalna modulacija

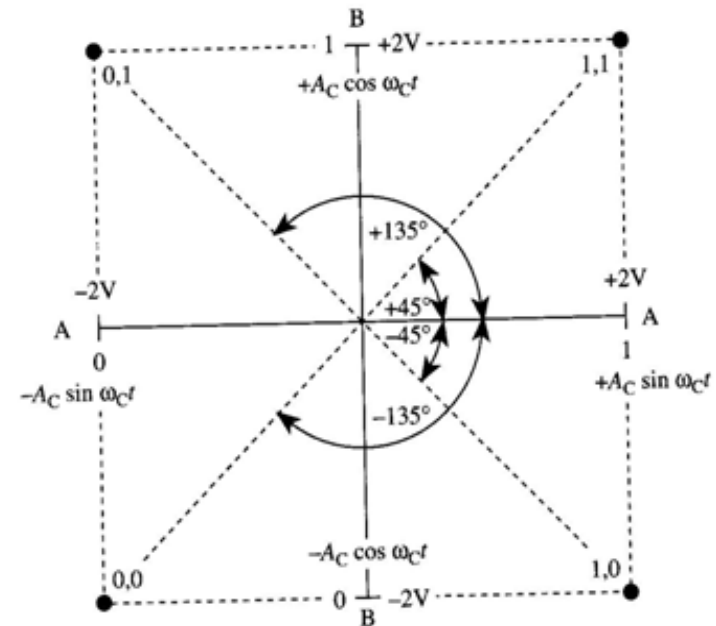
## PSK modulacija - četverofazna

PSK tabela.

Dibit	Phase Change
00	+225°/-135°
01	+135°/-225°
10	+315°/-45°
11	+45°/-315°



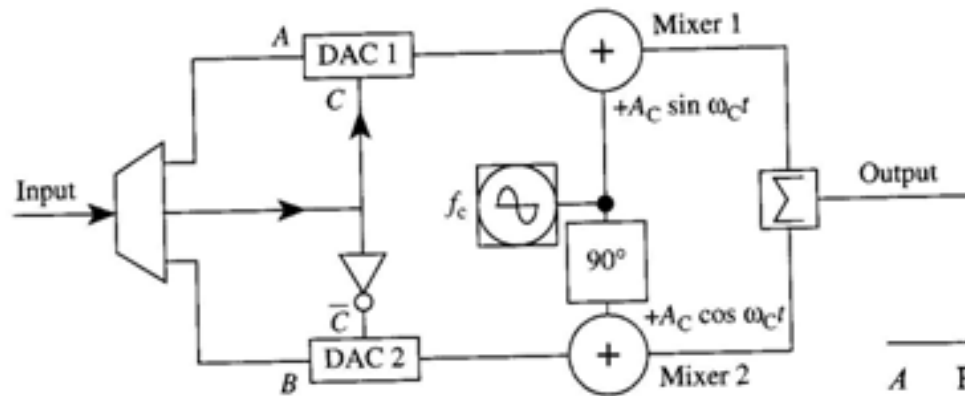
(a)



(b)

# Digitalna modulacija

## PSK modulacija - osmofazna

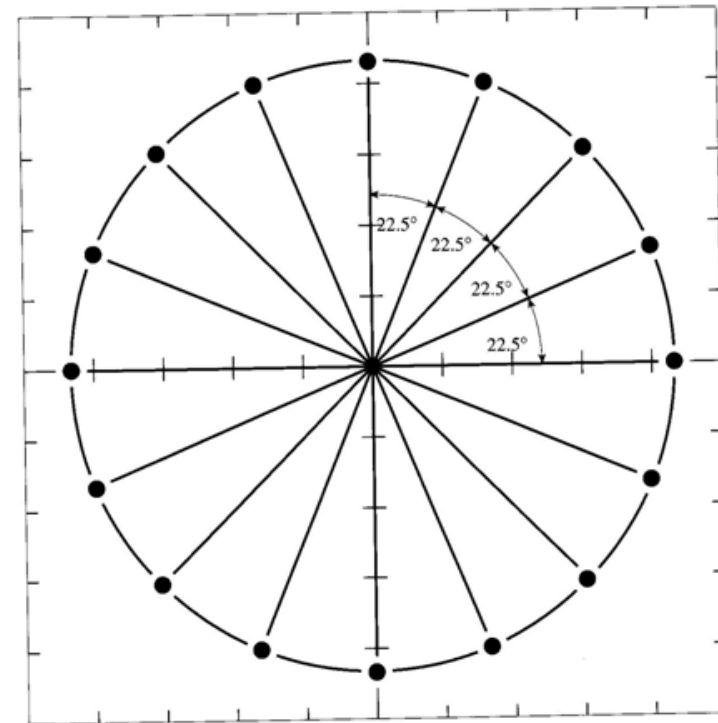
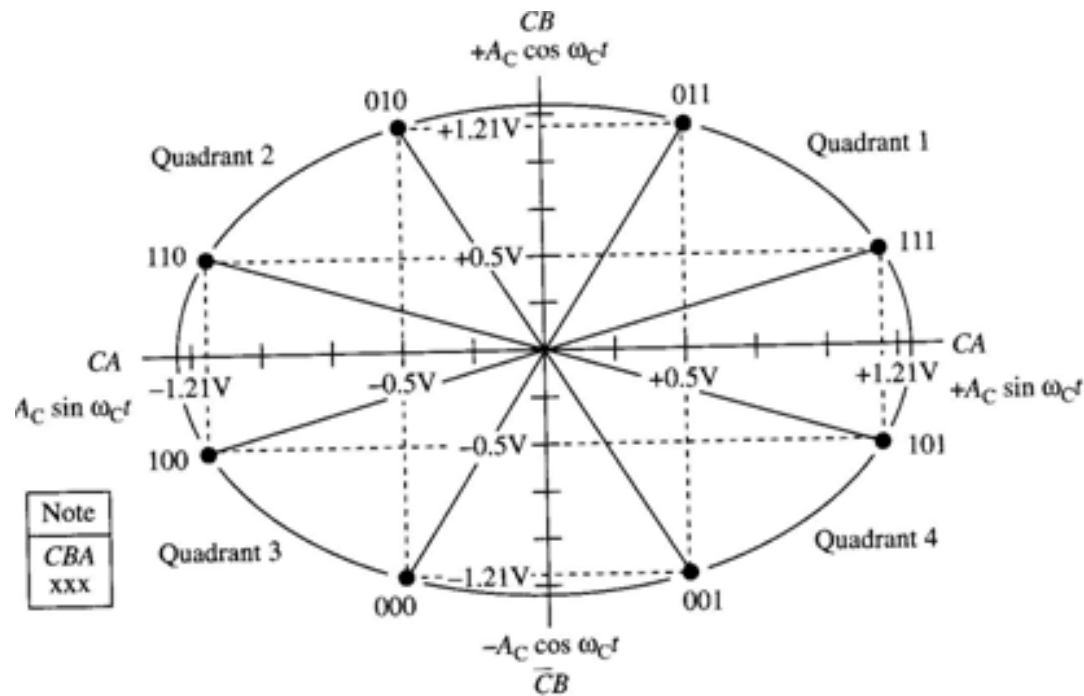


$A$	Polarity	$B$	Polarity	$C$	Amplitude	$\bar{C}$	Amplitude
0	-	0	-	0	0.5	1	1.21
1	+	1	+	1	1.21	0	0.5

$\bar{C}$	$C$	$B$	$A$	$C$	$A$	Polarity	Amplitude	$\bar{C}$	$B$	Polarity	Amplitude	Quad
1	0	0	0	0	0	-	0.5	1	0	-	1.21	3
1	0	0	1	0	1	+	0.5	1	0	-	1.21	4
1	0	1	0	0	0	-	0.5	1	1	+	1.21	2
1	0	1	1	0	1	+	0.5	1	1	+	1.21	1
0	1	0	0	1	0	-	1.21	0	0	-	0.5	3
0	1	0	1	1	1	+	1.21	0	0	-	0.5	4
0	1	1	0	1	0	-	1.21	0	1	+	0.5	2
0	1	1	1	1	1	+	1.21	0	1	+	0.5	1

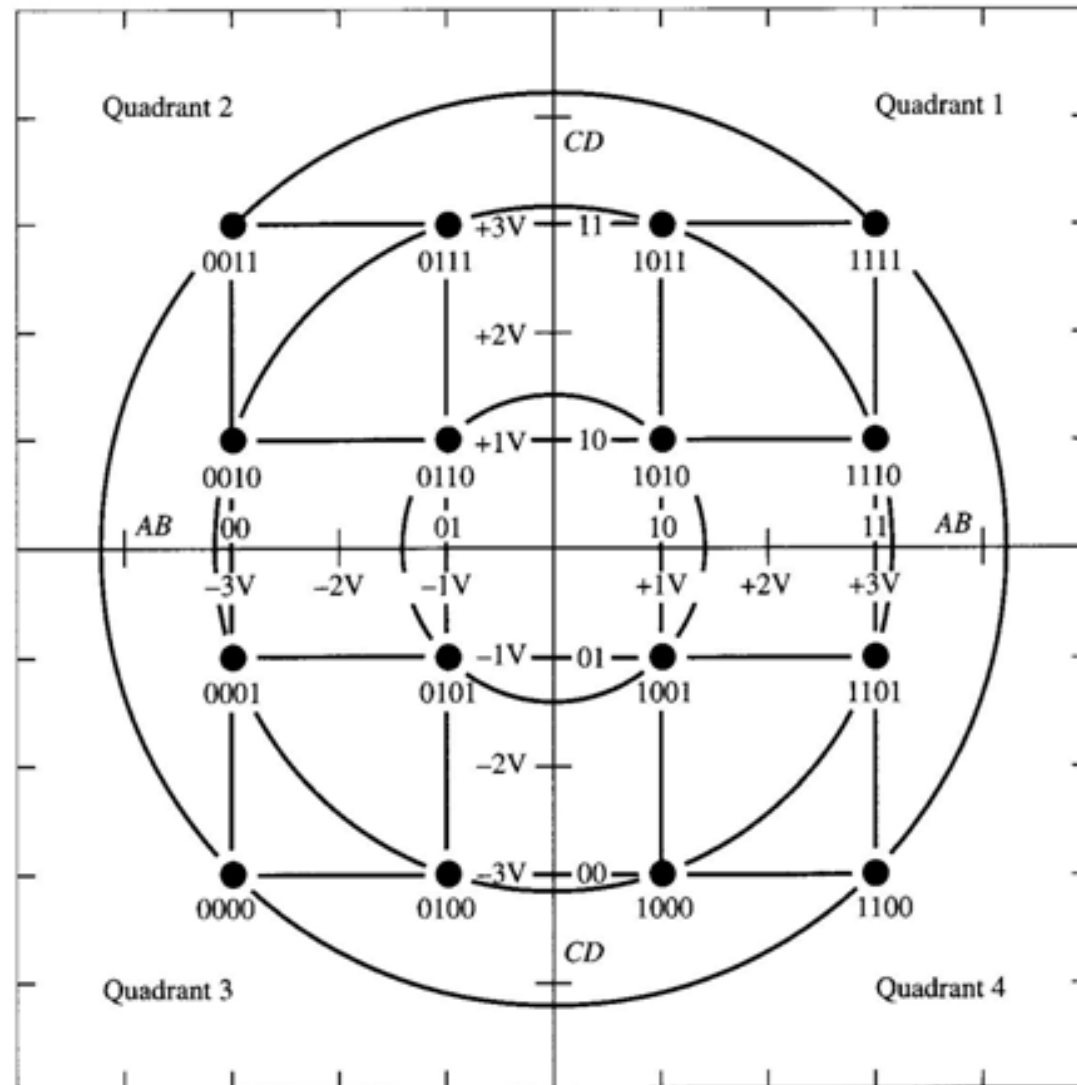
# Digitalna modulacija

## PSK modulacija - osmofazna



# Digitalna modulacija

## PSK modulacija - šesnaestofazna



## 5.4. Sinhronizacija

**“Određuje početak i kraj niza podataka”**

Sinhronizacija bitova

Prepoznaje pojedinačne bitove.

Sinhronizacija znakova

Prepoznaje grupe bitova (5,7,8,9,..).

Sinhronizacija okvira

Prepoznaje niz bitova koji se prenose kao cjelina.

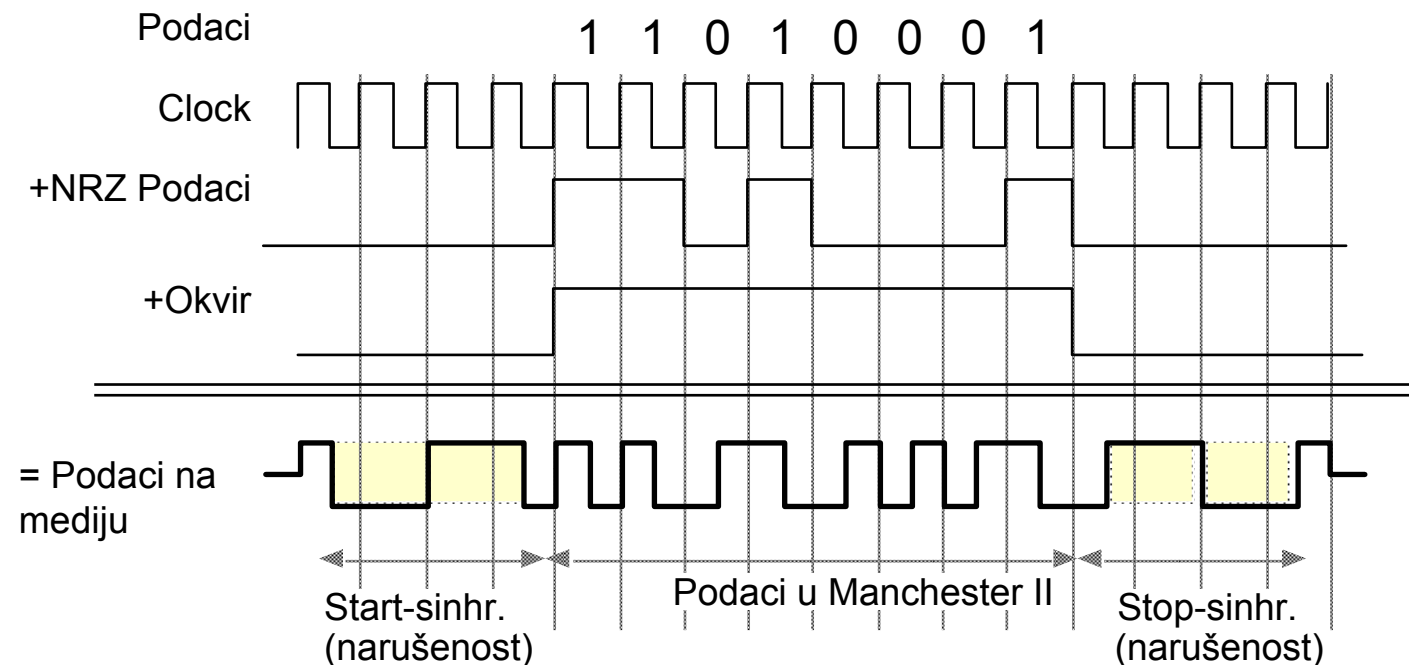
Sinhronizacija poruka

Prepoznaje niz okvirova.

Sinhronizacija sjednica

Prepoznaje niz poruka.

**Primjer: Sinhronizacija okvira korištenjem narušavanja Manchester kodiranja**





## 5.5. Kodiranje – bez DC pomaka

### Manchester

1: padajuća ivica u sredini  
0: rastuća ivica u sredini  
bez DC pomaka, nememorijsko\*

### Diferencijalni Manchester

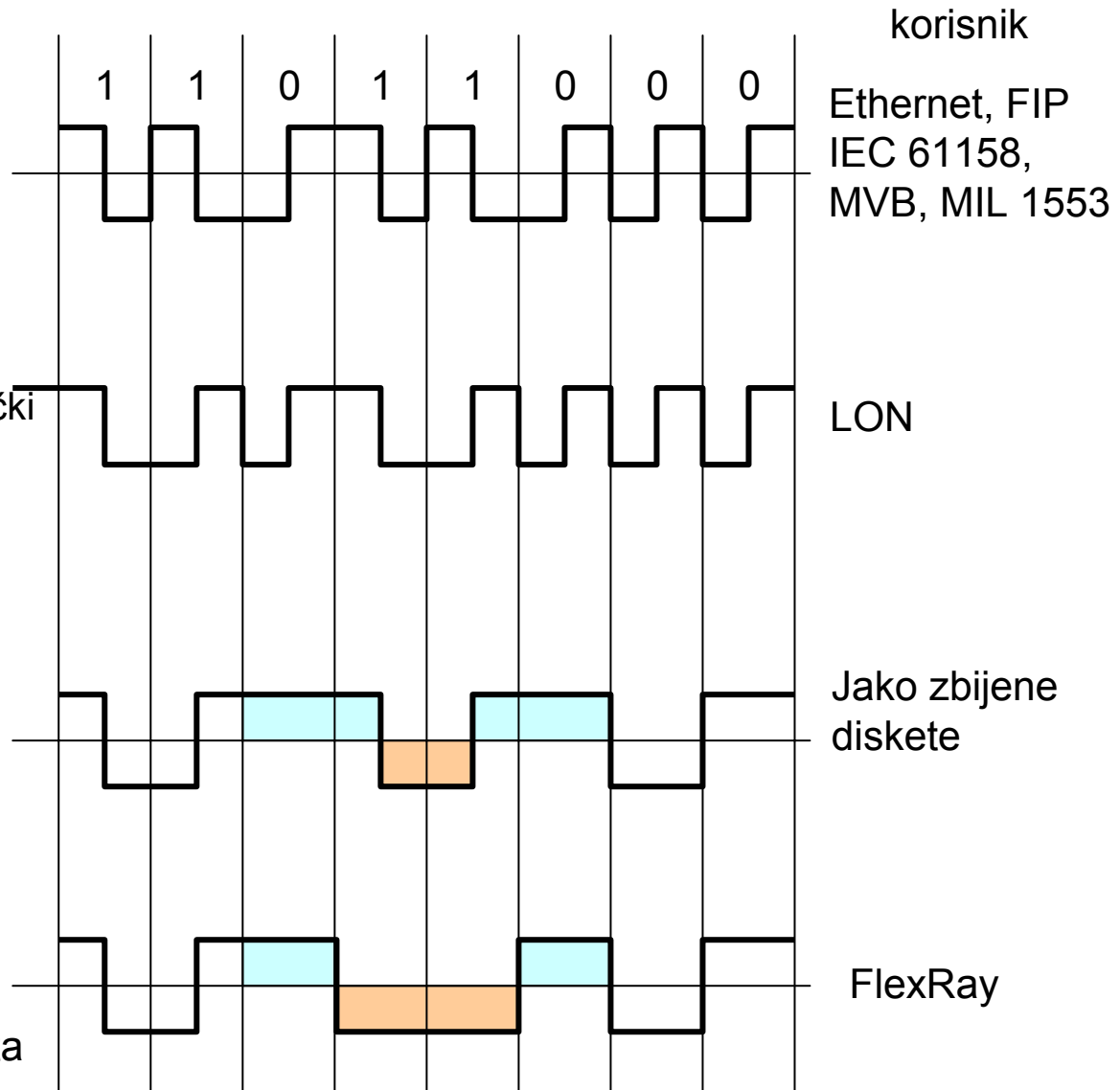
Uvijek promjena u srednjoj tački  
1: nema promjene u početnoj tački  
0: promjena u početnoj tački  
(neovisno o polaritetu, bez DC pomaka, nememorijsko)

### Miller (MFM)

Polovljenje centralne frekvencije  
ne upotpunosti bez DC pomaka  
memorija: dva bita  
(niz 0110)

### Xerxes

Zamjenjuje "101" niz sa  
DC-balansiranim nizom bez  
DC-pomaka, memorija: dva bita



nememorijsko\*: dekodiranje ne ovisi o historiji

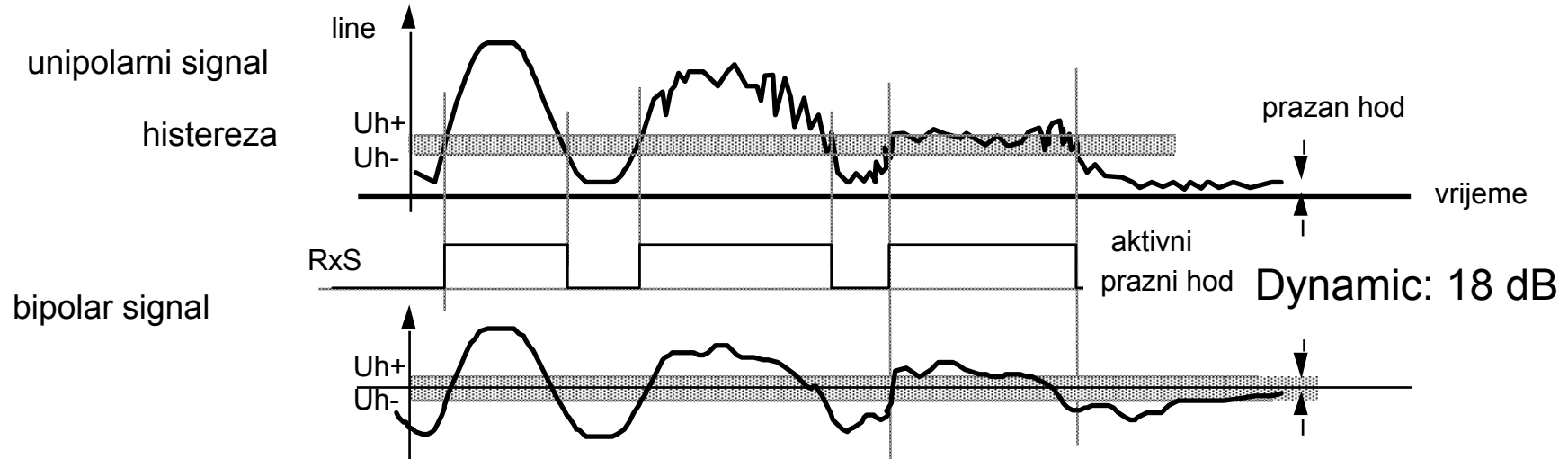
# Kodiranje

## Dekodiranje signala u osnovnom opsegu

### Detekcija prolaza kroz nulu

Dekodiranje ovisi o razmaku između rubova

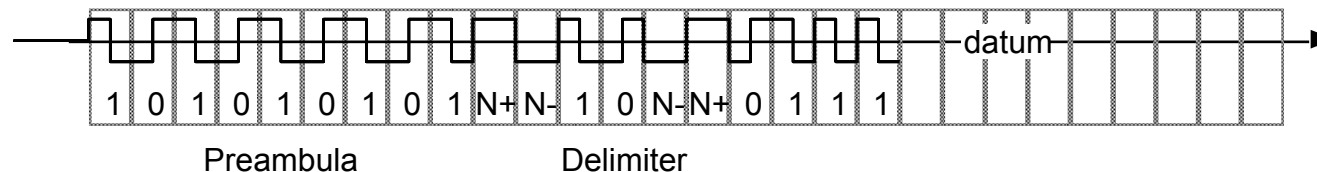
Dynamic: 10 dB



### Uzorkovanje signala

Dynamic: 32 dB

zahtijeva PLL ( Phase-Locked Loop) i preambulu ( $\neq$  delimiter)



### Analiza frekvencije signala

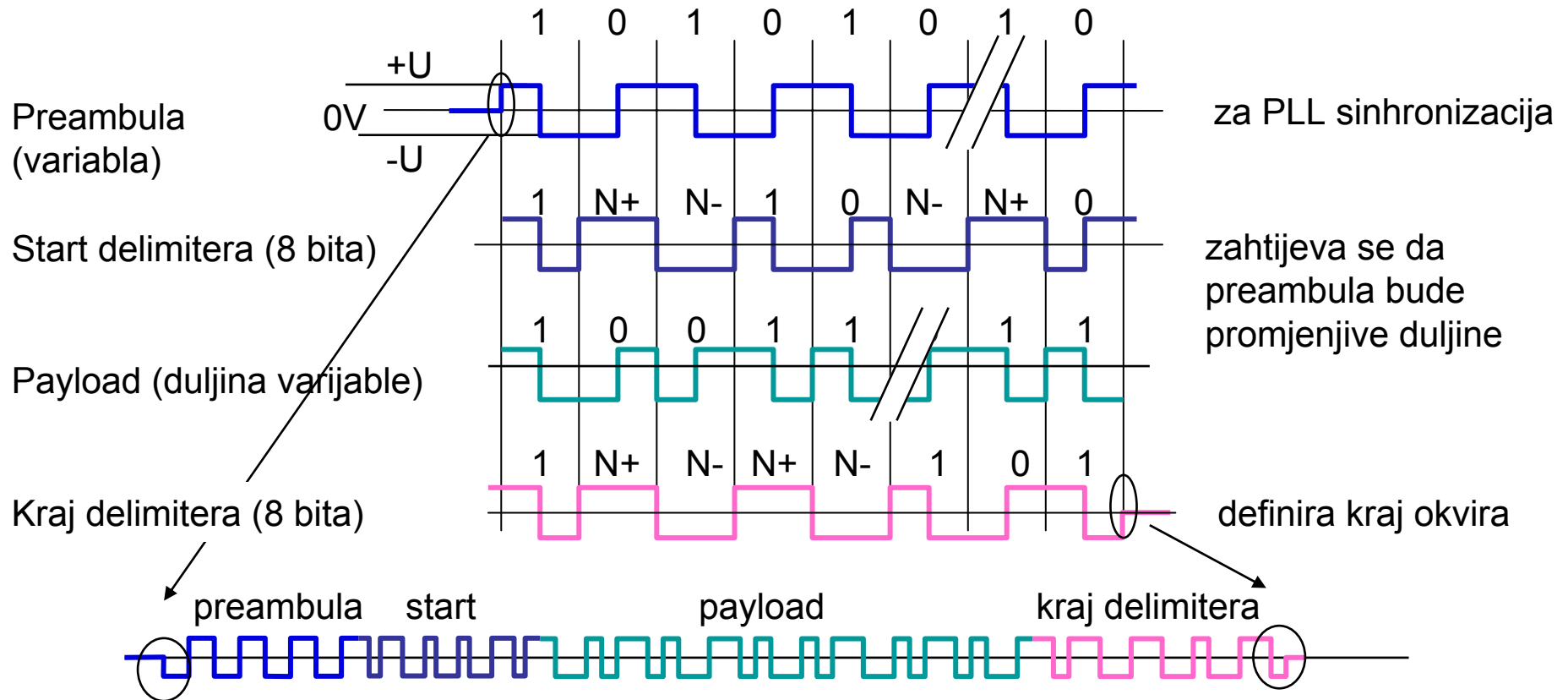
Dynamic: 38 dB

zahtijeva obradu signala, kvadrurno/faznu analizu



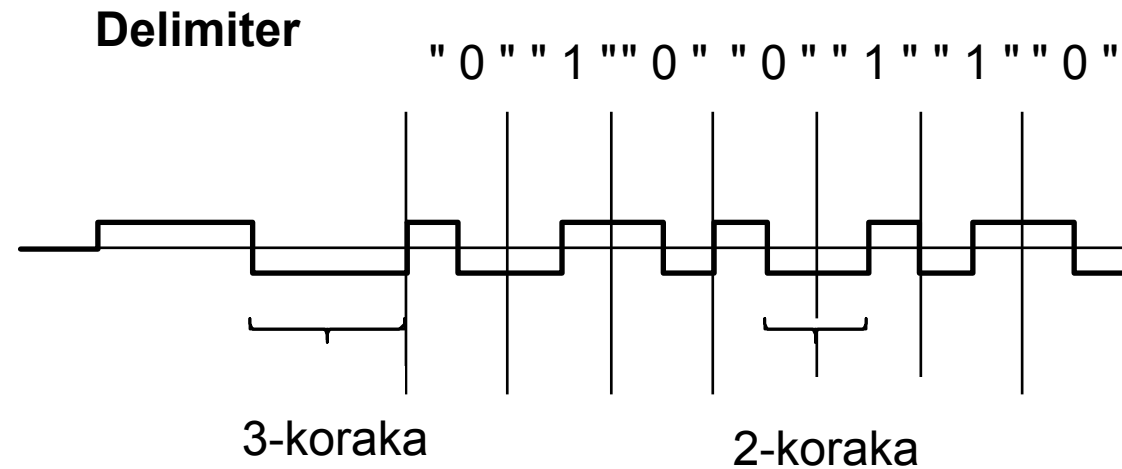
# Kodiranje

## Fizički okvir IEC 61158-2



# Kodiranje

## Manchester kodiranje i širina opsega



Nepodatkovni simboli mogu uvesti niskofrekvencijske komponente koje moraju proći kroz transformator.

Transformator mora biti sposoban prenijeti frekvencije u omjeru 1:20.

