Računalniške komunikacije
in omrežja

Referenčna modela OSI in TCP/IP
Fizični sloj

Program INFORMATIKA
Višja strokovna šola Velenje
- dislocirana enota Murska Sobota

Referenčni model OSI

- Referenčni model OSI (Open Systems Interconnection) je pripravila organizacija ISO. Sestavljen je iz 7 slojev:
  1. **fizični sloj (ang. physical)**
  2. **sloj podatkovne povezave (ang data link)**,
  3. **omrežni sloj (ang. network)**,
  4. **prenosni sloj (ang. transport)**,
  5. **sejni sloj (ang. session)**,
  6. **predstavitveni sloj (ang. presentation)**,
  7. **aplikacijski sloj (ang. application)**,
- Referenčni model OSI za vsakega od slojev predlaga dejanske protokole. Večina od njih v praksi ni zaživela, ker so bili preveč zapleteni.

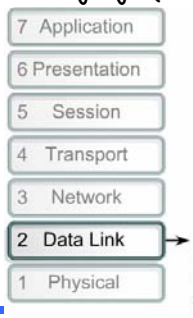
Fizični sloj (1. sloj)

- Poskrbi za pretvorbo podatkov v signale in za prenos signalov.
- Pozna karakteristike prenosnega medija.
- Definira konektorje, pomen posameznih pinov, način kodiranja, modulacijo, napetostne nivoje, hitrost prenosa ipd.

Protokoli fizičnega sloja izmenjujejo bite (t.j. 0 in 1).

Sloj podatkovne povezave (2. sloj)

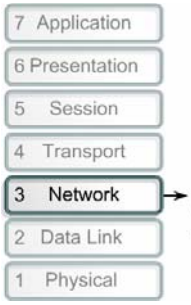
- Zagotavlja zanesljiv prenos med dvema povezanima napravama, t.j. prenos brez napak (odkrivanje in odpravljanje napak).
- Izvaja kontrola pretoka (ponovno pošiljanje okvarjenih okvirjev, skrbi, da sprejemnik ni preobremenjen s podatki)
- Fizično naslavljanje (MAC naslovi), pozna topologijo omrežja.



Protokoli sloja podatkovne povezave izmenjujejo okvirje (ang. frame).

Omrežni sloj (3. sloj)

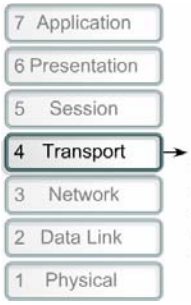
- Skrbi za prenos podatkov na velike razdalje preko različnih omrežij.
- Definira enolično logično naslavljanje omrežnih enot.
- Usmerja podatke po omrežju (določa optimalno pot).



Protokoli omrežnega sloja izmenjujejo pakete (ang. packet).

Prenosni sloj (4. sloj)

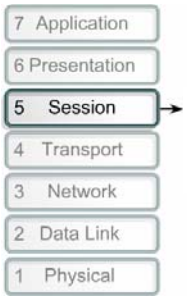
- Skrbi za vzpostavitev komunikacije med procesoma na enem in drugem koncu: vzpostavi, vzdržuje in prekine zvezo.
- Zagotavlja, da so prejeti podatki popolni in v pravem vrstnem redu (npr. sekvenčenje, potrjevanje)



Protokoli prenosnega sloja izmenjujejo segmente (ang. segment).

Sloj seje (5. sloj)

- Vzpostavi, sinhronizira in prekine komunikacijsko sejo med aplikacijama.
- V primeru izgubljene povezave vzpostavi novo povezavo in prenos nadaljuje na točki, kjer je bil prekinjen.



Predstavitveni sloj (6. sloj)

- Poskrbi za združljivost predstavitve podatkov in za zaščito podatkov.

Aplikacijski sloj (7. sloj)

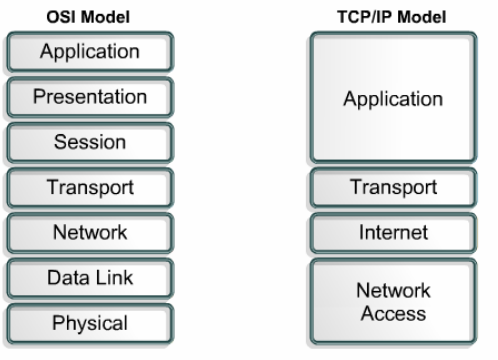
- Skrbi za omrežne storitve aplikacijskim procesom.

Referenčni model TCP/IP

- Referenčni model TCP/IP je nastal z razvojem interneta. Sestavljen je iz 4 slojev:
  1. povezovalni sloj (ang. network access)
  2. omrežni sloj (ang. internet, inter-network)
  3. prenosni sloj (ang. transport),
  4. aplikacijski sloj (ang. application),

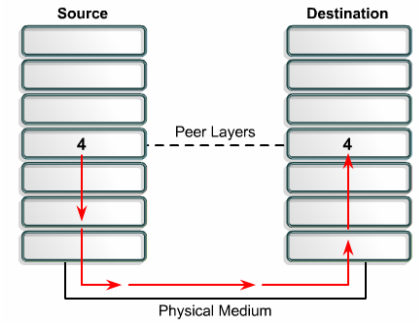
- Referenčni model TCP/IP dobro opisuje delovanje interneta, ni pa dovolj splošen za opis delovanja drugih omrežij.
- Protokoli, ki so bili definirani v okviru referenčnega modela TCP/IP so se zelo uveljavili.

OSI in TCP/IP modela



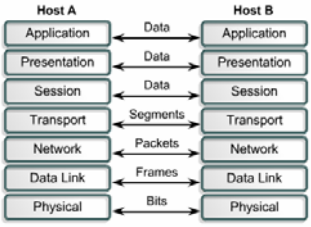
Protokolne podatkovne enote

Komunikacija istoležnih slojev



istoležna sloja (ang. peer layers)

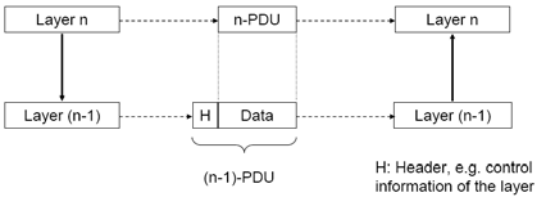
Protokolne podatkovne enote



Segmenti (ang. segments)
Paketi (ang. packets)
Okvirji (ang. frames)

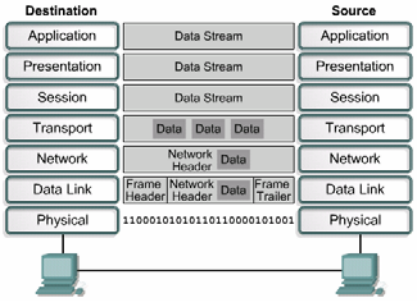
Interakcija med sloji referenčnega modela

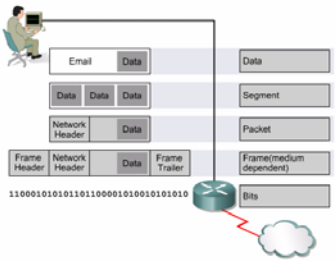
- Sloj n-1 ponuja svojo funkcionalnost sloju n v obliki komunikacijske storitve.
- Vsak sloj podatkom doda svoje kontrolne podatke, ki so del protokolne podatkovne enote (ang. PDU protocol data unit) sloja n.
- Komunikacijska partnerja na istem sloju n, izmenjujeta n-PDU tako, da koristita komunikacijsko storitev sloja n-1.
- Za sloj n-1 je ta n-PDU podatek.



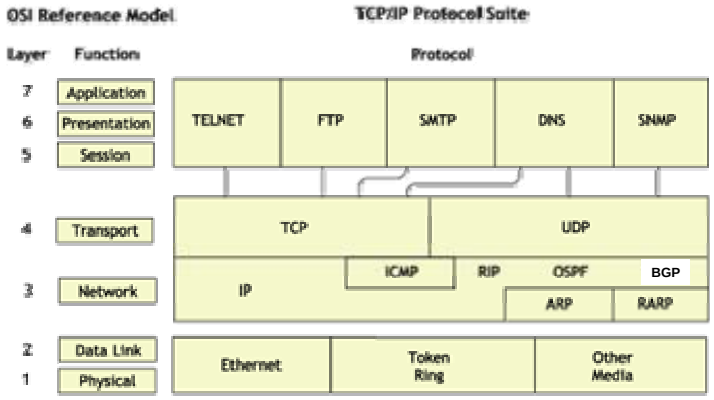
Ovijanje podatkov ali enkapsulacija

Ovijanje ali enkapsulacija opisuje proces dodajanja kontrolnih podatkov podatkom na izbranem sloju. Kontrolni podatki predstavljajo čelo (ang. header) (in rep (ang. trailer)) v PDU.





Komunikacijski protokoli po slojih



Računalniške komunikacije in omrežja

Fizični sloj

Program INFORMATIKA
Višja strokovna šola Velenje
- dislocirana enota Murska Sobota

Fizični sloj

- Na fizičnem sloju obravnavamo:
  - mehanske,
  - električne,
  - funkcionalne in
  - proceduralne

  lastnosti komunikacijskega vmesnika.
- Spoznali bomo:
  - prenosna sredstva (npr. sukana parica, koaksialni kabel ipd.)
  - računalniške vmesnike (npr. RS-232, USB ipd.)
  - modulacije: digitalne podatke pretvorimo v analogni signal
  - multipleksiranje: več signalov prenašamo po istem prenosnem mediju hkrati.
- Protokolna podatkovna enota (PDU) fizičnega sloja je BIT.

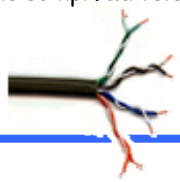
Prenosna sredstva

- Prenosna sredstva so:
  - **VODLJIVA**:
    - sukana parica
    - koaksialni kabel
    - optični kabel
  - **NEVODLJIVA** (npr. elektromagnetni valovi skozi prazen prostor):
    - satelitske mikrovalovne povezave
    - zemeljske mikrovalovne povezave
    - radijske povezave
    - infrardeča oddaje
    - laserska oddaja
- Tip prenosnega sredstva je pomemben, ker določa maksimalno možno število prenešenih bitov v časovni enoti (bit/s). Namesto bit/s se pogosto uporablja oznaka bps.

Sukana parica

- SUKANA PARICA sestoji iz dveh izoliranih bakrenih žic, ponavadi debelih okrog 1mm. Žici sta sukani (prepleteni) druga okoli druge. Zaradi sukanja je parica odpornejša na zunanji šum

- Če je v kablu več sukanih paric, lahko presluh med njimi zmanjšamo tako, da imajo sosednje parice različno gostoto zasukov. Navadne sukane parice imenujemo **neoklopljene sukane parice** in jih označujemo s kratico **UTP** (ang. unshielded twisted pair) . Uporabljene so npr. za telefonsko napeljavo po zgradbah. Ponavadi so v kablu UTP združene 4 sukane parice.



Sukana parica

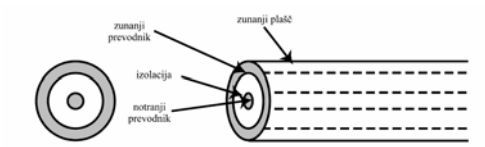
- Kable UTP glede na kvaliteto razvrstimo v različne kategorije:
  - kategorija 3 ima zasuk približno vsakih 10 cm.
  - kategorija 5 pa ima zasuke dolge manj kot centimeter. Kabli UTP za današnja računalniška omrežja morajo biti vsaj kategorije 5.

- Izboljšana sukana parica je **oklopljena sukana parica** ali **STP** (shielded twisted pair). Ima kovinsko folijo ali žično mrežo okoli vsake parice in kovinski oklop okoli vseh skupaj. So bolj neokretne ter dražje in zato niso tako popularne.

- Glavna slabost sukanih paric je, da slabo prenašajo signale z višjimi frekvencami (t.i. kožni efekt).

Koaksialni kabel

- KOAKSIALNI KABEL sestoji iz notranje bakrene žice, po kateri se prenaša koristen signal in prepletenega zunanjega kovinskega vodnika, ki rabi za referenco in poteka okoli osrednje žice. Med njima je izolator.

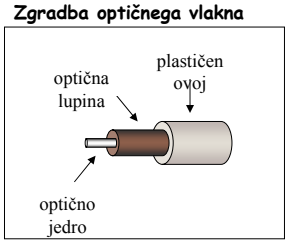


- Ločimo dve vrsti:
  - koaksialni kabel s karakteristično impedanco 50 ohm uporabljamo za prenos digitalnih signalov,
  - koaksialni kabel s karakteristično impedanco 75 ohm pa za prenos analognih signalov.

Optično vlakno

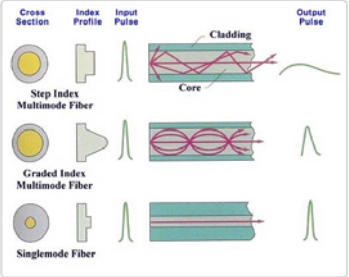
- OPTIČNO VLAKNO nosi informacije v obliki svetlobnega žarka.
  - Dosežemo lahko hitrosti več 10Gbps na razdalji 100km. Omejuje nas nezmožnost hitrejšega pretvarjanja med električnimi in svetlobnimi signali.
  - Svetlobe ne motijo elektromagnetna valovanja iz okolice.
  - Signalom na optičnem kablu je težko prisluškovati.
- Slabosti so občutljivost na mehanske motnje in dražji ter zahtevneši konektorji.
- Optični kabel sestoji iz množice posameznih vlaken. Imenujemo ga svetlovod.
  - Optična vlakna so mešanice različnih vrst plastik in stekla. Steklo je boljše in dražje.

Zgradba optičnega vlakna



Optično vlakno

- Svetlobo v optično vlakno oddajamo z diodo LED ali pa z laserjem. Laser seveda zagotavlja mnogo boljše rezultate.
- Poznamo dve vrsti optičnih vlaken:
  - pri **večrodovnih optičnih vlaknih** (ang. multimode) se svetloba odbija pod različnimi koti zato potuje skozi vlakno po več različno dolgih poteh,
  - Pri **enorodovnem vlaknu** (ang. single mode) pa je sredica tako majhna, da svetloba lahko potuje po eni poti, kar je boljše.

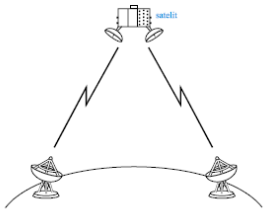


Brezžične povezave

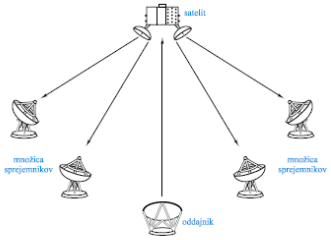
- Poznamo več vrst zemeljskih BREZŽIČNIH POVEZAV:
  - radijske povezave: brezžična lokalna omrežja (WiFi), WiMAX, Bluetooth in mobilni telefoniji.
  - infrardeče: brezžično upravljanje naprav (npr. televizor, glasbeni stolp)
  - laserske povezave.
- Delimo jih torej glede na valovno dolžino signalov.
- Splošno pravilo je, da so signali s krajšo valovno dolžino bolj občutljivi na motnje in ovire na prenosni poti.

Satelitske povezave

- Pri SATELITSKIH POVEZAVAH se podatki prenašajo z elektromagnetnim valovanjem.
- Satelit signale oddane z zemeljske postaje preklopi z usmerjevalno anteno in posebim vezjem imenovanim transponder k drugi zemeljski postaji. Sateliti morajo biti majhni in lahki in ne morejo imeti velikih anten, zato so signali iz satelitov šibki.



Mikrovalovna satelitska povezava od točke do točke.



Razpršena mikrovalovna satelitska povezava.

Satelitske povezave

- Za komunikacijo se največ uporabljajo GEOSTACIONARNI SATELITI, to so taki, ki so skozi nad isto točko na zemlji.
  - Geostacionarni sateliti imajo točno določeno višino: 35784 km in Zemljo obkrožijo v 24 urah.
- Satelitski kanal omogoča hkrati več kot 100 hitrih povezav.
- Slabost satelitskih povezav je dokaj velika zakasnitev, ki znaša od 240 do 300 ms.

Računalniški vmesniki

- Računalniški vmesnik je tista naprava v računalniku, ki signale v računalniku pretvori v obliko, ki jo pričakuje oddajnik.
  - **DTE** (ang. Data Terminal Equipment) – podatkovna terminalska oprema (npr. računalnik)
  - **DCE** (ang. Data Comunication Equipment) – podatkovna komunikacijska oprema (npr. modem)

(b) tipična konfiguracija

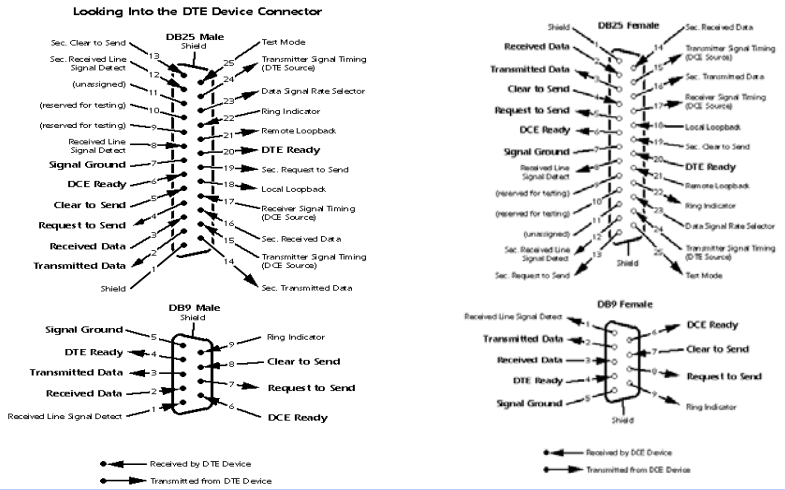
DTE DCE DCE DTE

- Računalniški vmesnik pri osebnih računalnikih: vzporedna vrata, serijska vrata RS-232, USB
- V industrijskih okoljih: 20mA tokovna zanka, RS-422 in RS-485.

RS-232

- Za serijska vrata RS-232 (EIA-232 oz. EIA-232-F) in V.24 (ITU-T) je predpisanih 25 povezav.
- Električna funkcija: signale iz računalnika spremeni tako, da je logična enica predstavljena kot +3V, logična ničla pa kot -3V.
- Nožice v priključku imajo svoja imena in natanko določen pomen:
  - najpomembnejši sta **TxD** (za oddajanje podatkov) (DTE: 2, DCE: 3) **in RxD** (za sprejemanje podatkov) (DTE: 3, DCE: 2) .
  - Ko je računalnik pripravljen za delo, se vklopi **DTR** (DTE: 20) .
  - Ko je modem pripravljen za delo, vklopi **DSR** (DCE: 6) .
  - Če modem pokličemo, se vklopi **RI** (DCE: 22) .
  - Če modem zaznava nosilni signal na telefonski liniji, se vklopi **SD** (DCE: 8) .
  - Če računalnik želi oddati podatke, vklopi **RTS** (DTE: 4) mu modem odgovori, pripravljen sem na tvojo oddajo podatkov **CTS** (DTE: 5) .

DTE **DCE**



Ničelni modem

- Če med seboj povežemo dvoje serijskih vrat RS-232 lahko računalnika komunicirata med seboj, ne da bi vmes uporabili modem.
- Takšna povezava pa je mogoča le, če so nekatere nožice povezane navzkrižno, npr. TxD na eni strani mora biti povezan z RxD na drugi strani.
- Takšno povezavo imenujemo NIČELNI MODEM in jo preprosto omogoča ustrezen kabel.
  - Pri ničelnem modemu in pri povezovanju drugih naprav, razen modema, ne potrebujemo vseh 25 nožic, ampak le 9.

USB

- Univerzalno serijsko vodilo (ang. Universal Serial Bus) je namenjeno predvsem priklopu različnih perifernih naprav.
- Osnovna različica ima 4 pine: ozemljitev, napajanje +5V in 2 pina za prenos podatkov.
- Hitrosti USB vmesnika so med 1,5Mbps do 480Mbps (USB2).
  - Na trg prihaja USB 3.0, ki bo omogočal 10-krat višje hitrosti.
- USB kabel je lahko dolg do 5m, z razdelilci (USB-Hub) do 30m.
- Obstaja več različic konektorjev:

RJ-45

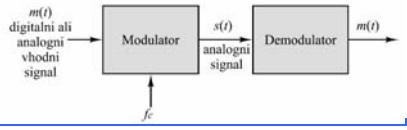
- Najpogosteje uporabljen konektor v ethernet omrežjih je RJ45 (na koncih sukane parice).
  - Skoraj v celoti je nadomestil BNC konektor.
  - Standardiziran je pod oznako ANSI/TIA-968-A.
  - Ima 8 pinov
- V uporabi razlikujemo 2 izvedenki:
  - "straight-through",
  - "crossover" (zamenjana Tx (za oddajanje) in Rx para (za sprejemanje).

Pomnilni mediji

- Prav poseben način prenosa podatkov pa je prenos z običajnimi računalniškimi POMNILNIMI MEDIJI:
  - magnetni trakovi,
  - prenosljivimi diski,
  - USB ključi,
  - CD-ji,
  - DVD-ji itd.
- Za določene namene takšen prenos podatkov po učinkovitosti prekaša vse od prej naštetih in je v primerjavi z njimi tudi praktično zastonj.

Prenos podatkov s pomočjo analognih signalov

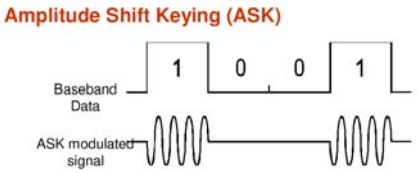
- Analogni signali podatke prenašajo v analogni obliki. Osnova za tak prenos je sinusni signal, podatki pa so skriti v njegovi amplitudi, frekvenci in fazi.
- Pri računalniški komunikaciji so podatki digitalni. Za prenos s pomočjo analognih signalov jih naložimo na osnovni sinusni signal. To imenujemo **MODULACIJA**. Poznamo več vrst modulacij, ki v osnovi izkoriščajo vse tri lastnosti sinusnega signala.
  - Primer modulacije analognih signalov je govorna komunikacija. Mikrofon zvok pretvori v sestavljen sinusni signal, zvočnik na drugi strani pa iz signalov reproducira zvok.



Modulacije

- Pri **amplitudni modulaciji (ASK)** spreminjamo amplitudo (glasnost) osnovnega signala. Logična ničla je npr. predstavljena kot tišina, medtem ko je logična enica predstavljena z določeno amplitudo.
  - Amplitudna modulacija je zelo občutljiva na motnje, zato jo samostojno ne uporabljamo.

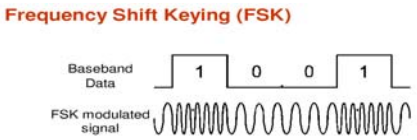
$$s(t) = \begin{cases} 0 & \text{binary } 0 \\ -A\sin(2\pi f_C t) & \text{binary } 1 \end{cases}$$



Modulacije

- Pri **frekvečni modulaciji (FSK)** spreminjamo frekvenco (višino tona) osnovnega signala. Za prenos ničel in enic potrebujemo samo dva različna tona.

$$s(t) = \begin{cases} -A\sin(2\pi f_1 t) & \text{binary } 0 \\ -A\sin(2\pi f_2 t) & \text{binary } 1 \end{cases}$$

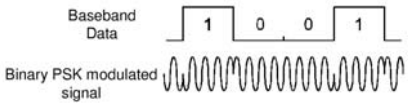


Modulacije

- Pri **fazni modulaciji (PSK)** spreminjamo fazo osnovnega signala.

$$s(t) = \begin{cases} A\sin(2\pi f_c t) & \text{binary } 0 \\ A\sin(2\pi f_c t + \pi) & \text{binary } 1 \end{cases}$$

Phase Shift Keying (PSK)



- Najbolj učinkovita je **diferenčna PSK (DPSK)**, kjer ničla in enica povzročita različno spremembo faze (ali fazni pomik) signala glede na trenutno.
  - Demodulacijsko vezje mora znati slediti faznim spremembam.

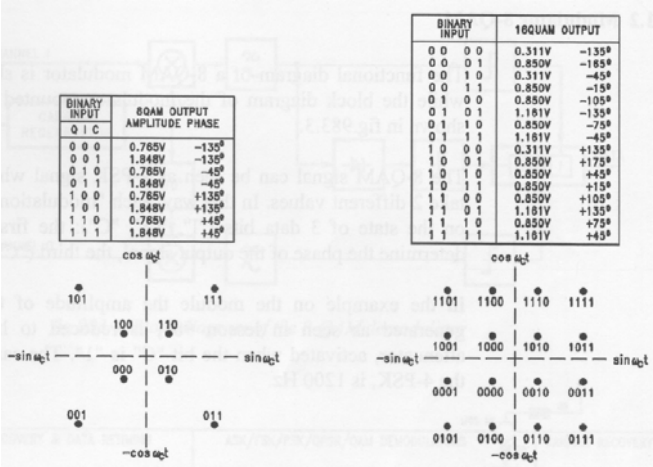
Modulacije

- Da bi povečali hitrost prenosa podatkov, lahko uporabljamo več kot dve različni spremembi faze. Če uporabimo štiri različne spremembe faze, potem vsaka sprememba pomeni dva bita. To imenujemo **kvadraturna modulacija** (**QPSK**) ali **4-PSK**.

$$s(t) = \begin{cases} A\cos(2\pi f_c t + 45°) & 11 \\ A\cos(2\pi f_c t + 135°) & 10 \\ A\cos(2\pi f_c t + 225°) & 00 \\ A\cos(2\pi f_c t + 315°) & 01 \end{cases}$$

- Še bolj izpopolnjen način pa je, če hkrati uporabimo fazno in amplitudno modulacijo, kar imenujemo **kvadraturna amplitudna modulacija** (**QAM**) in je danes prevladujoči model modulacije. Različne QAM grafično ponazorimo s konstelacijskim vzorcem.
  - Poseben tip modulacije je ortogonalno frekvenčno multipleksiranje (OFDM), pri katerem imamo več nosilcev, ki so modulirani vsak za sebe.

QAM modulacija

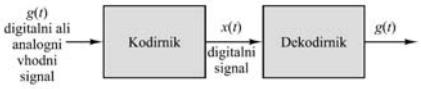


BINARY INPUT Q I C	8QAM OUTPUT AMPLITUDE	PHASE
0 0 0	0.765V	−135°
0 0 1	1.848V	−135°
0 1 0	0.765V	−45°
0 1 1	1.848V	−45°
1 0 0	0.765V	+135°
1 0 1	1.848V	+135°
1 1 0	0.765V	+45°
1 1 1	1.848V	+45°

BINARY INPUT		16QUAM OUTPUT	
0 0	0 0	0.311V	−135°
0 0	0 1	0.850V	−165°
0 0	1 0	0.311V	−45°
0 0	1 1	0.850V	−15°
0 1	0 0	0.850V	−105°
0 1	0 1	1.161V	−135°
0 1	1 0	0.850V	−75°
0 1	1 1	1.161V	−45°
1 0	0 0	0.311V	+135°
1 0	0 1	0.850V	+175°
1 0	1 0	0.850V	+45°
1 0	1 1	0.850V	+15°
1 1	0 0	0.850V	+105°
1 1	0 1	1.161V	+135°
1 1	1 0	0.850V	+75°
1 1	1 1	1.161V	+45°

Prenos podatkov s pomočjo digitalnih signalov

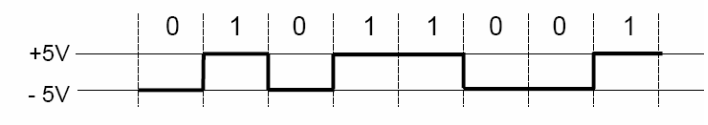
- Digitalni signali podatke prenašajo v diskretni obliki, npr. binarno v obliki dve različnih vrednosti, nič in ena. Osnova za tak prenos je pravokotni signal.
- Če pretvarjamo digitalne podatke v digitalne signale, govorimo o kodiranju.



- Kodiranje je dobro, če:
  - robustno (neobčutljivo na motnje)
  - učinkovito (npr. če en signalni element nosi 2 bita informacije)
  - ima dobra sinhronizacijo (če se napetostni nivo pogosto spreminja)
  - nima enosmerne komponente (če se pozitiven in negativen signal pogosto menjavata)

NRZ-L

- 1: visok napetostni nivo
  0: nizek napetostni nivo



- Prednosti:
  - enostaven
  - manjša je perioda, večja je hitrost prenosa
- Slabosti:
  - Pri dolgem zaporednju ničel ali enic je prisotna enosmerna komponenta in pride do izpada sinhronizacije.

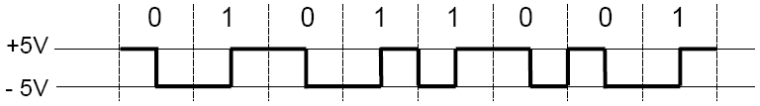
NRZI

- 1: menjava napetostnega nivoja
  0: ni spremembe

- Slabosti:
  - Pri dolgem zaporednju ničel je prisotna enosmerna komponenta in pride do izpada sinhronizacije.

Manchester kod

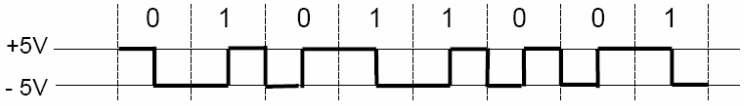
- 1: prehod iz negativnega (-5V) na pozitivni (+5V) napetostni nivo na sredi signalnega elementa
  0: prehod iz pozitivnega (+5V) na negativni (-5V) napetostni nivo na sredi signalnega elementa



- P
  - Sinhronizacija je zagotovljena.
  - Ni enosmerne komponente.
  - Konec prenosa je enostavno zaznati.
- Slabost:
  - Polovična izkoriščenost kapacitete kanala.

Diferenčni Manchester kod

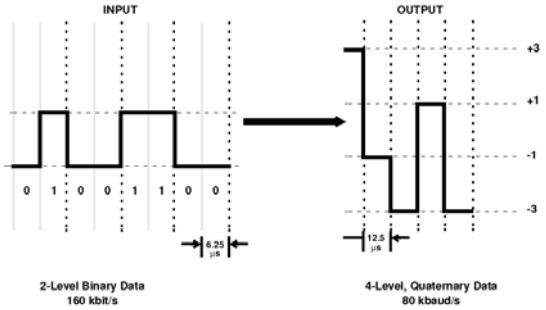
- Razen vedno prisotne spremembe napetostnega nivoja na sredi signalnega elementa imamo:
  1: ni spremembe napetostnega nivoja na začetku
  0: je sprememba napetostnega nivoja na začetku



2B1Q kodiranje

DIBIT	OUTPUT QUAT
10	+3
11	+1
01	-1
00	-3

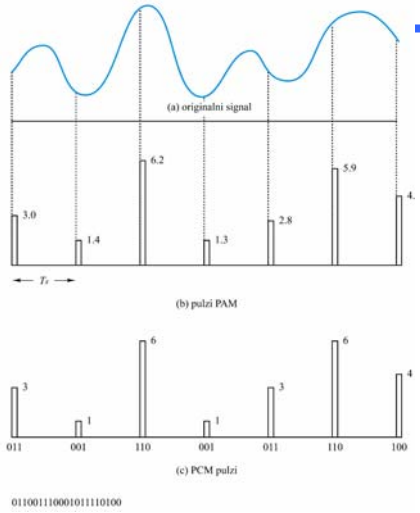
Table 1. 2B1Q Coding Rules



Digitalizacija

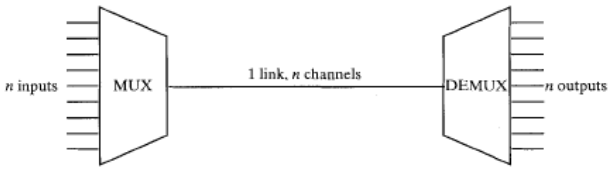
- Digitalizacija je pretvorba analognega podatka v digitalni signal.
  - To je potrebno, če želimo npr. govor prenašati po digitalnih omrežjih (npr. ISDN)
- Postopek, imenujemo ga impulzno-kodna modulacija PCM (ang. Pulse Code Modulation) sestoji iz dveh korakov:
  - **PAM vzorčenje.** Signal vzorčimo s predpisano frekvenco. Rezultat je signal, z amplitudo, ki lahko zavzame poljubno vrednost.
  - **kvantizacija.** Amplitude signala zaokrožimo na končno število možnih celoštevilčnih vrednosti.

PCM



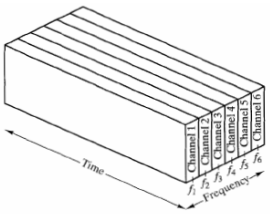
Multipleksiranje

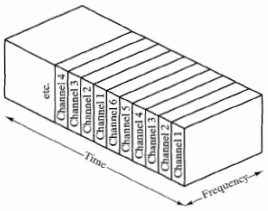
- Za delitev razpoložljive kapacitete osnovnopasovnega kanala večim signalom uporabljamo MULTIPLEKSIRANJE. Ne enem kablu imamo več neodvisnih kanalov.
  - **Multiplekser** (MUX) združi podatke n vhodnih povezav v en izhodni tok podatkov.
  - **Demultiplekser** (DEMUX) sprejme multipleksirani tok podatkov in ga razdeli v n ločenih podatkovnih tokov izhodnih povezav

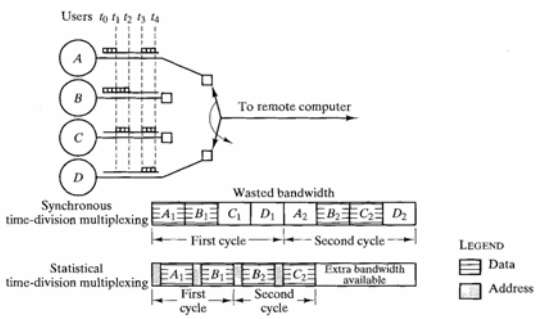


Frekvenčno multipleksiranje

- Analogne signale multipleksiramo:
  - z uporabo **frekvenčnega multipleksiranja** (FDM).
  - z uporabo **časovnega multipleksiranja** (TDM).





Časovno multipleksiranje

- Časovno multipleksiranje delimo na:
  - **sinhrono** (s fiksnimi cikli): uporabnik ima dostop do kanala ob točno definiranih (sinhroniziranih) časovnih intervalih.
  - **asinhrono** (imenujejo ga tudi **statistično**) (na zahtevo): Uporabnik naključno dostopa do kanala. Ko ga dobi v uporabo, ga edini lahko uporablja dokler ne odda vseh podatkov.