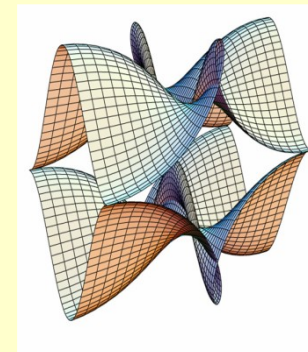




Sveučilište u Zagrebu
PMF – Matematički odsjek

MREŽE RAČUNALA
Predavanja 2022/2023

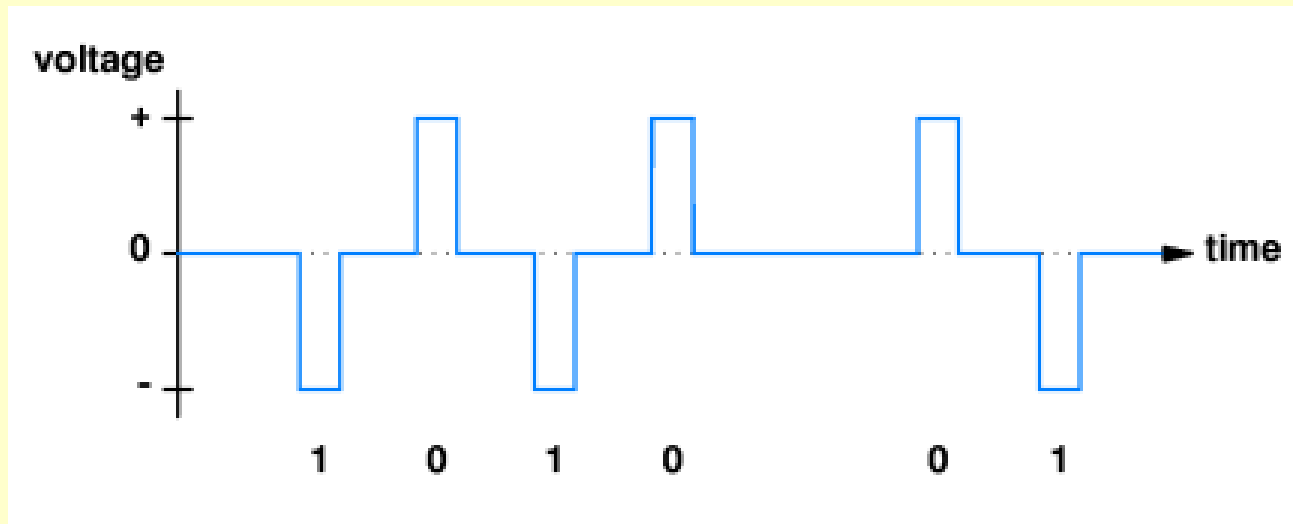


Poglavlje 4: Slanje bitova kroz medije

Sastavio: Robert Manger; Prilagodio: Zvonimir Bujanović
05.10.2014

Neposredno pretvaranje bitova u napon (1)

- Bavimo se pitanjem: kako niz bitova poslati kao električnu struju od pošiljatelja do primatelja kroz bakrenu žicu?
- Ideja: prikazati bit 1 jednim naponom (npr -15 V), a bit 0 drugim naponom (npr +15 V).

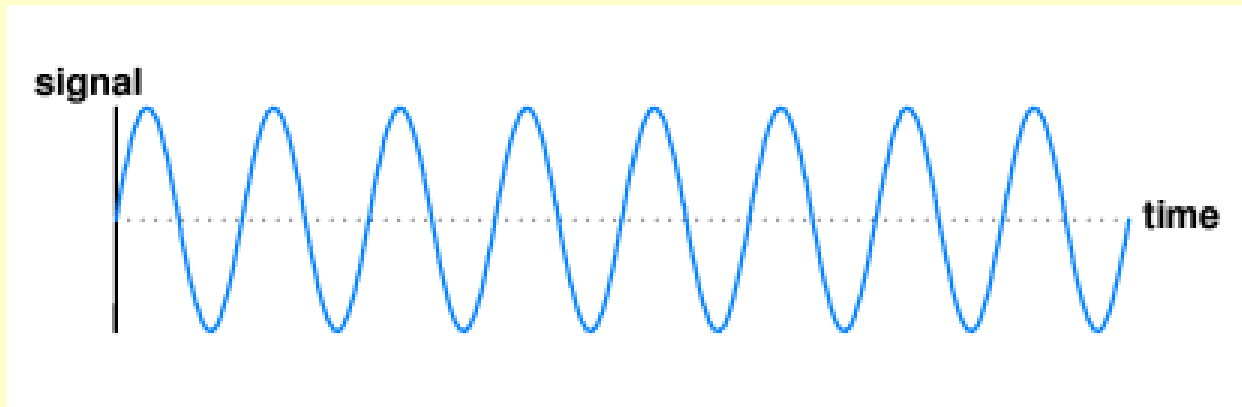


Neposredno pretvaranje bitova u napon (2)

- Niz bitova pretvara se u struju sa stepeničastim naponskim dijagramom.
- Spomenuta ideja koristi se unutar standarda RS-232 za povezivanje računala s tipkovnicom ili modemom ili tekstualnim terminalom.
- Sličan način prijenosa postoji u Ethernet LAN-u.
- Primjenjivo samo za vrlo kratke udaljenosti.
- Kod imalo većih udaljenosti zbog otpora u žici dolazi do pada jakosti struje i gubitka signala.

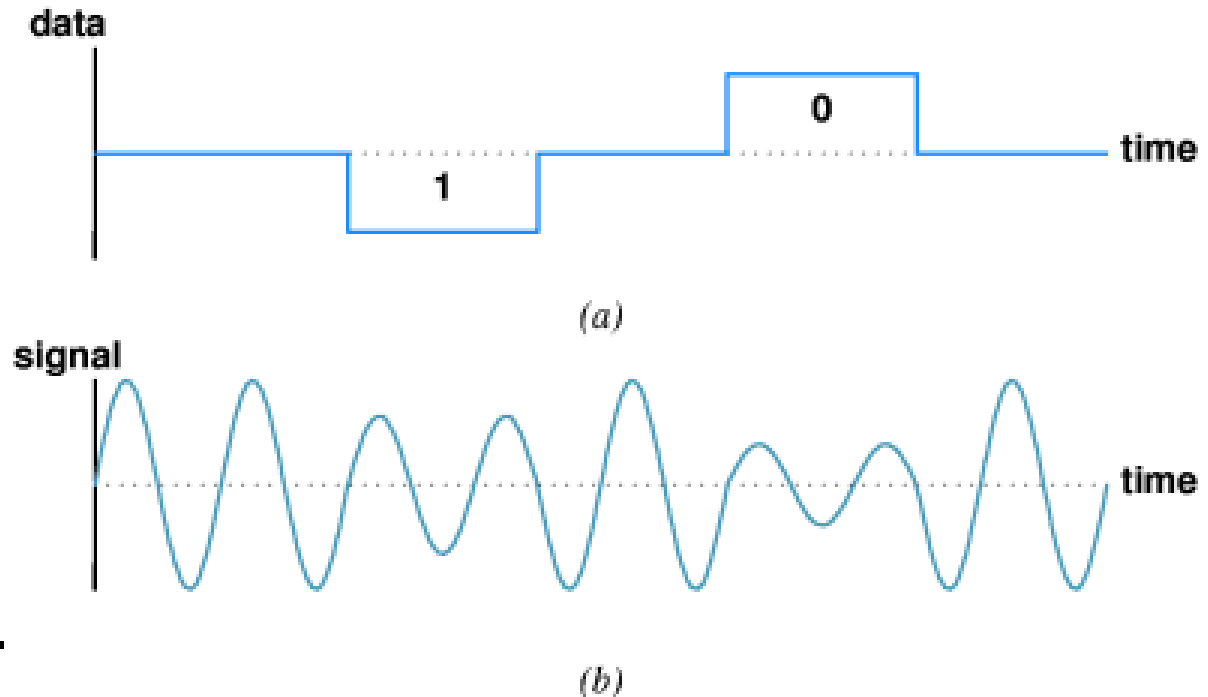
Moduliranje kontinuiranog oscilirajućeg signala (1)

- Signal kroz bakrenu žicu može se pouzdano prenositi na znatno veću udaljenost ukoliko on ima oblik kontinuirane oscilirajuće funkcije, npr sinusoide s odabranom frekvencijom.
- Takav signal zove se *nosač* (carrier).



Moduliranje kontinuiranog oscilirajućeg signala (2)

- Da bi poslao niz bitova, pošiljatelj lagano modificira nosač. To se zove *modulacija*. Primatelj otkriva “nepravilnosti” u nosaču i na taj način reproducira podatke.
- Npr, bit 1 može se prikazati tako da se amplituda nosača reducira na $\frac{2}{3}$ svog iznosa, a bit 0 tako da se amplituda reducira na $\frac{1}{3}$.



Moduliranje kontinuiranog oscilirajućeg signala (3)

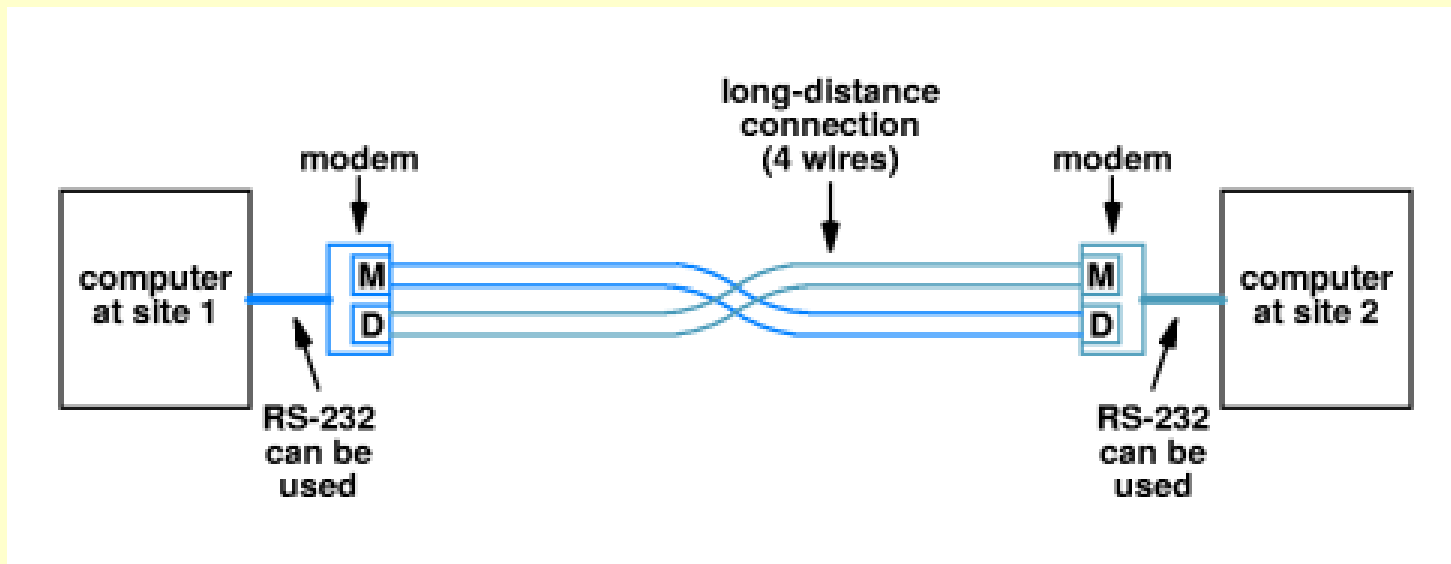
- U prethodnom primjeru koristila se modulacija amplitude (AM). Moguće je koristiti i modulaciju frekvencije (FM).
- Osim za bakrenu žicu, u osnovi ista ideja modulacije koristi se i za: optička vlakna, radio prijenos i mikrovalni prijenos. Jedina razlika je da nosač više nije električna struja nego svjetlo, odnosno radio val odnosno mikroval određene frekvencije.

Hardver za modulaciju i demodulaciju (1)

- Hardverski sklop koji prima niz bitova i na osnovu njega modulira nosač zove se *modulator*.
- Hardverski sklop koji prima modulirani nosač i na osnovu njega reproducira niz bitova zove se *demodulator*.
- Dva računala moguće je povezati bakrenim žicama tako da istovremeno mogu razmjenjivati podatke u oba smjera – to je *full duplex* veza. Za to su potrebna 2 modulatora, 2 demodulatora i 4 žice.

Hardver za modulaciju i demodulaciju (2)

- Oba hardverska sklopa kombiniraju se u jednoj kutiji koja se zove *full duplex modem* (modulator i demodulator).



Hardver za modulaciju i demodulaciju (3)

- Postoje i drugi slični uređaji:
 - *Half duplex modem*: 2 žice naizmjenično služe za prijenos bitova u jednom odnosno drugom smjeru.
 - *Dial-up modem*: služi za spajanje računala na mrežu preko telefonske linije, koristi nosač koji odgovara slušljivom tonu, simulira neke funkcije telefona, postiže propusnost od 54 Kbit/s.
 - *Optički modem*: spaja se na optička vlakna, koristi kao nosač svjetlo određene “boje”.
 - *Radio modem*: koristi kao nosač radio val određene frekvencije, ugrađuje se u prenosnike kao sučelje za wireless LAN.

Multipleksiranje dijeljenjem frekvencija (1)

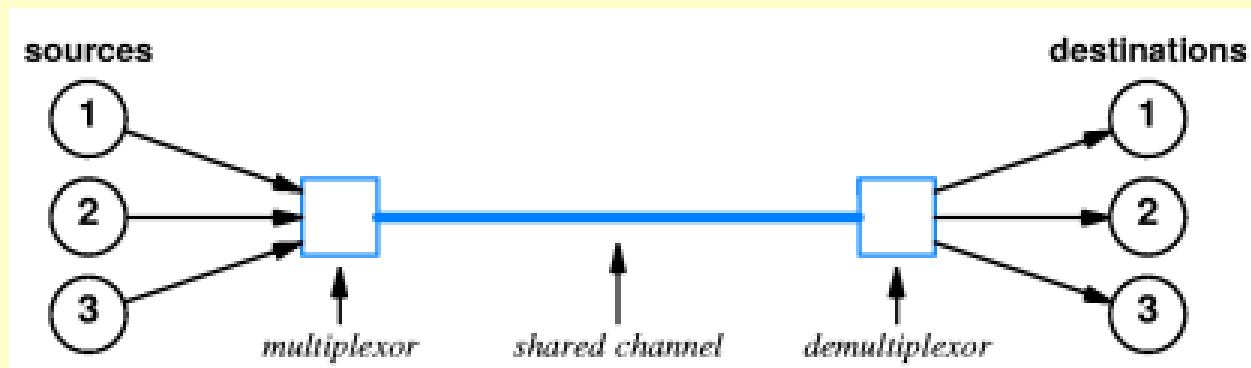
- Za sve promatrane medije vrijedi sljedeći princip. *Dva ili više signala koji koriste nosače različitih frekvencija mogu se istovremeno prenositi kroz isti medij bez interferencije.*
- Riječ je o principu koji se koristi npr. kod radio programa (moguće je birati razne stanice iz istog “etera”) ili kod kableske televizije (moguće je birati razne programe iz istog kabela).
- U kontekstu računalnih mreža princip daje metodu kojom više parova računala mogu istovremeno komunicirati kroz isti medij (npr. kroz istu žicu).

Multipleksiranje dijeljenjem frekvencija (2)

- Spomenuta metoda istovremenog komuniciranja kroz isti medij naziva se *multipleksiranje dijeljenjem frekvencija*. Njome se postiže veća ukupna propusnost medija, dakle prijenos većeg ukupnog broja bitova na sekundu.
- Odabrane frekvencije moraju ipak biti dovoljno razdvojene da među njima ne bi dolazilo do interferencije. Mogućnosti multipleksiranja su dakle ograničene ukupnom širinom pojasa frekvencija (bandwidth) koje dotični medij dopušta.
- Tehnologija koja dopušta veći stupanj multipleksiranja zove se *širokopojasna* (broadband).

Hardver za multipleksiranje dijeljenjem frekvencija

- *Multiplesor* je hardverski sklop koji proizvodi nekoliko nosača različitih frekvencija, modulira svaki nosač s odgovarajućim nizom bitova, te spaja modulirane nosače u jedan signal.
- *Demultiplesor* je hardverski sklop koji prima signal, razlaže ga na modulirane nosače, te reproducira iz njih odgovarajuće nizove bitova.



Multipleksiranje dijeljenjem vremena (1)

- Alternativna metoda za “istovremeno” komuniciranje više parova pošiljatelja i primatelja kroz isti medij.
- Upotrebljava se samo jedan nosač s odabranom frekvencijom. Pošiljatelji naizmjenično koriste taj isti nosač, svaki u svojim zasebnim vremenskim intervalima.
- Dijeljenjem vremena ne povećava se ukupna propusnost medija. Umjesto toga, polazna propusnost raspoređuje se na više parova pošiljatelja i primatelja. Što ima više parova, to svaki od njih trpi sve sporiju komunikaciju.

Multipleksiranje dijeljenjem vremena (2)

- Varijante multipleksiranja s dijeljenjem vremena:
 - *Sinkrono multipleksiranje*. Multipleksor redom dodjeljuje jednako dugačke vremenske intervale prvom, drugom, trećem, ..., zadnjem pošiljatelju, pa zatim opet ispočetka.
 - *Statističko multipleksiranje*. Slično kao prethodna varijanta, no ako neki od pošiljatelja u danom trenutku nema podataka za slanje, multipleksor ga preskače.

Složeniji oblici multipleksiranja (1)

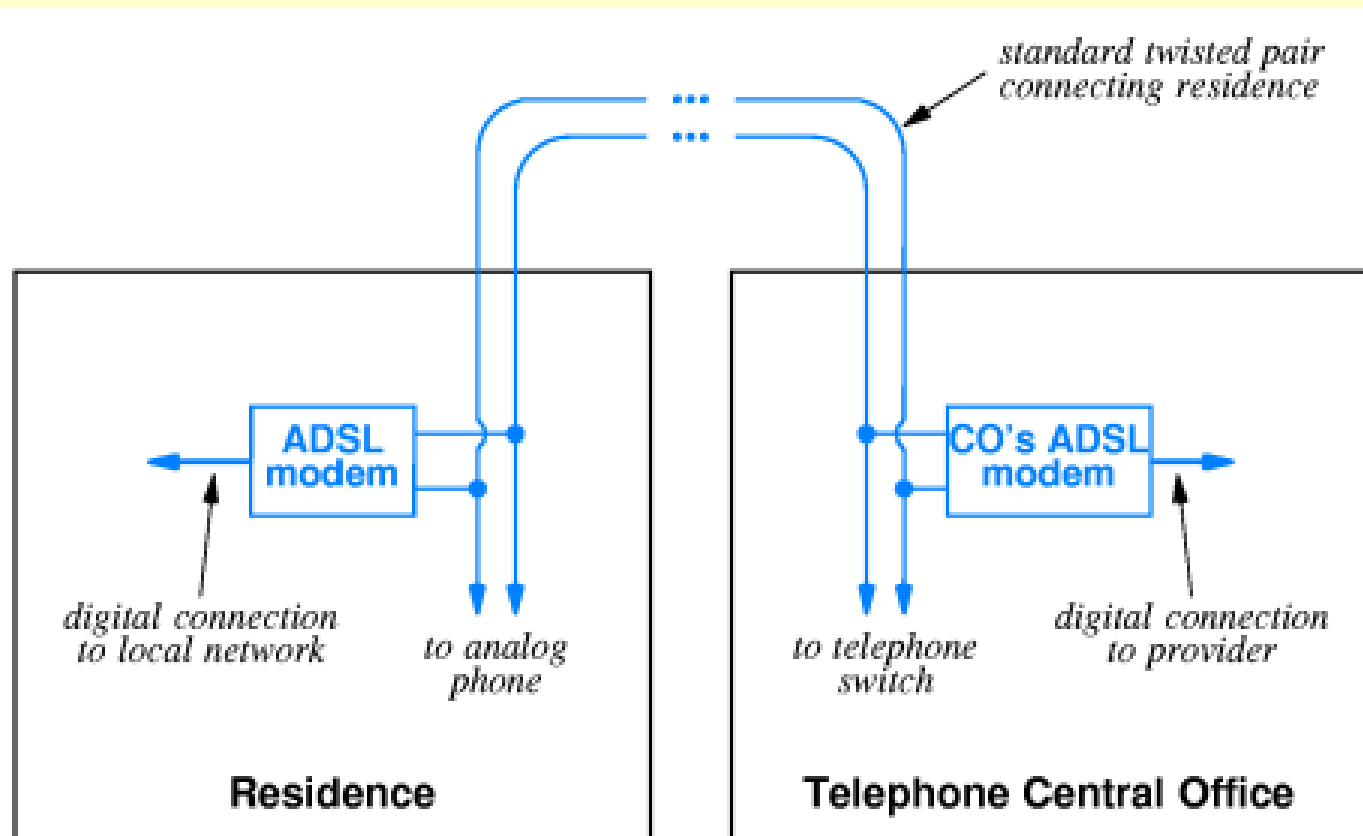
- Osim za istovremenu komunikaciju više parova računala kroz isti medij, multipleksiranje dijeljenjem frekvencija može se upotrijebiti za povećanje propusnosti veze između jednog para računala.
- Tada se dijelovi istog niza bitova paralelno prenose preko više nosača, pa se time postiže prijenos većeg broja bitova u sekundi.
- Primjer takvog multipleksiranja pojavljuje se unutar tehnologije *ADSL* (Asymmetric Digital Subscriber Line). Riječ je o tehnologiji koja omogućuje širokopojasno spajanje korisnika od kuće na mrežu preko telefonske žice.

Složeniji oblici multipleksiranja (2)

- Klasični ADSL modem stvara 286 nosača, od kojih 255 služi za prijenos od mreže prema korisniku, a 31 za prijenos u obratnom smjeru.
- Biraju se vrlo visoke frekvencije nosača koje ne interferiraju s glasovnim frekvencijama, tako da se telefon i dalje može koristiti preko iste žice.

- Klasični ADSL ima propusnost 8.4 Mbit/s prema korisniku, odn. 640 Kbit/s u obratnom smjeru. ADSL2+ dostiže 3 do 4 puta veće vrijednosti.

P-04



Složeniji oblici multipleksiranja (3)

- Multipleksiranje dijeljenjem frekvencija može se kombinirati s multipleksiranjem dijeljenjem vremena. Dakle svaki nosač s određenom frekvencijom može se dijeljenjem vremena pretvoriti u više virtualnih komunikacijskih kanala. Dobiva se znatno više kanala nego što bi bilo moguće samo na osnovu frekvencija.
- Primjer takvog kombiniranog multipleksiranja pojavljuje se unutar tehnologije za spajanje domova na Internet putem infrastrukture kabelaške televizije.

Složeniji oblici multipleksiranja (4)

- Za razliku od telefonske žice koja služi samo jednom korisniku, jedan kabel za kabelsku televiziju poslužuje par tisuća pretplatnika. Da bi sve te pretplatnike spojili na Internet, kroz isti kabel mora proći par tisuća komunikacijskih kanala. To je moguće samo ako se ista frekvencija nosača vremenski podijeli na skup pretplatnika.
- Zbog dijeljenja vremena, propusnost veze na Internet preko kabelske televizije je relativno mala, u svakom slučaju manja nego kod ADSL.