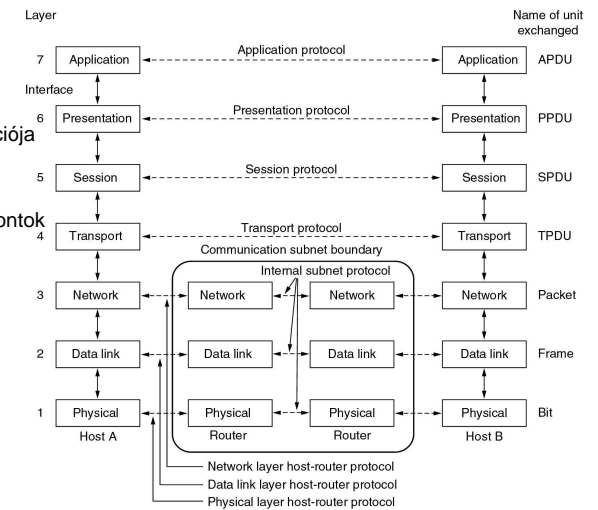


## Számítógépes Hálózatok 2007

### 2. Rétegmódel, Hálózat típusok, Fizikai réteg -- digitális kódok, önütemező kódok

## Az ISO/OSI Referenciamódel

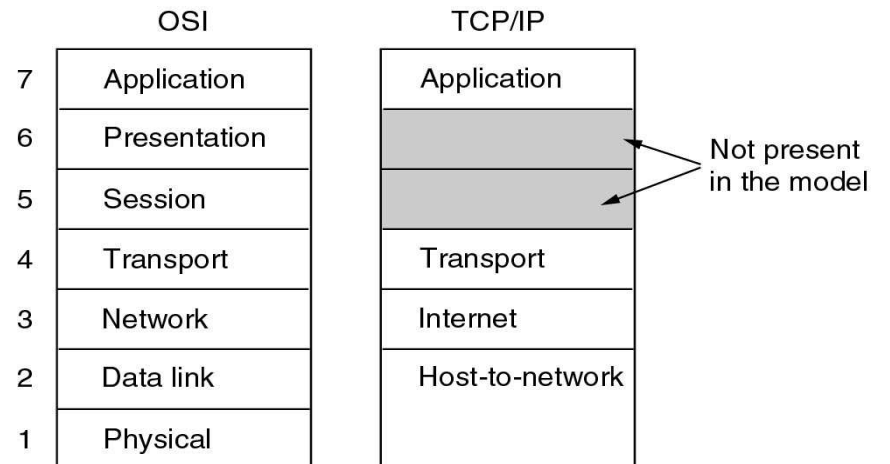
7. Felhasználói (Application)  
E-Mail, Terminal, Remote login
6. Prezentációs (Presentation)  
Az adatok rendszerfüggő prezentációja (EBCDIC/ASCII)
5. Ülés (Session)  
Felépítés, befejezés, újratelezési pontok
4. Szállítói (Transport)  
Szegeztálás, Torlódáselkerülés
3. Hálózati (Network)  
Routing
2. Adatkapcsolati (Data Link)  
Check sum, folyam-felügyelet
1. Fizikai (Physical)  
Elektronikus, mechanikus, optikai eszközök



## Az Internet rétegei - TCP/IP-rétegek

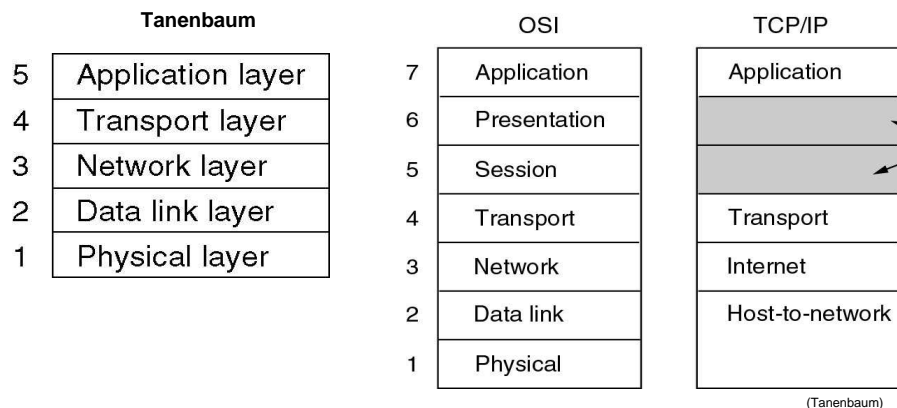
|                       |                        |   |
|-----------------------|------------------------|---|
| <b>Felhasználói</b>   | <b>Application</b>     | Telnet, FTP, HTTP, SMTP (E-Mail), DNS, ...  |
| <b>Szállítói</b>      | <b>Transport</b>       | TCP (Transmission Control Protocol)<br>UDP (User Datagram Protocol)   |
| <b>Hálózati</b>       | <b>Network</b>         | IP (Internet Protocol)<br>+ ICMP (Internet Control Message Protocol)<br>+ IGMP (Internet Group Management Protocol) |
| <b>Adatkapcsolati</b> | <b>Host-to-network</b> | LAN (z.B. Ethernet, Token Ring etc.)  |

## OSI versus TCP/IP



## Hibrid Modell

- Mi Tanenbaum hibrid modelljét követjük



## Szignálok, Adatok, Információ

- Információ
  - Emberi interpretáció,
    - pl. szép idő
- Adatok
  - Formális prezentáció,
    - pl. 28 Celsius, csapadékmennyiség 0cm, felhősödés 0%
- Szignál
  - Adatok reprezentációja fizikai változók által,
    - pl. áram a hőmérő szenzorban, Videoszignál a kamerából
  - Példák szignálokra:
    - áram, feszültség, hullámhossz, frekvencia
  - A digitális világban a szignálok biteket reprezentálnak

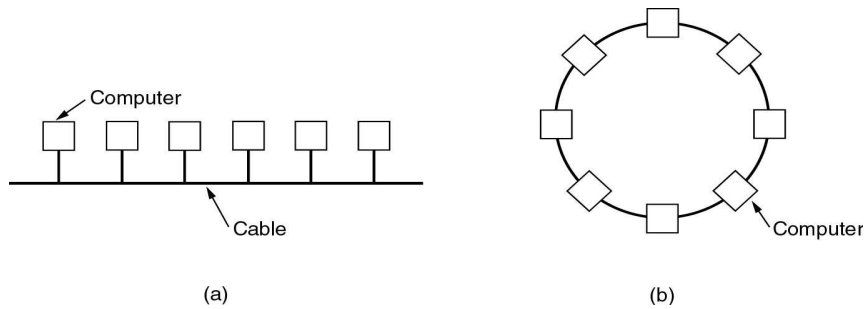
## Unicast, Multicast, Broadcast

- Unicast (pont-pont átvitel)
  - pl. telefon
  - Pontosan két résztvevő kommunikál egymással direkt
- Broadcast (egytől-mindekinek)
  - pl. rádió, tv
  - Egy adó küld szignálokat minden fogadóhoz
- Multicast (egytől-többnek)
  - pl. telefonkonferencia, Video on demand
  - Egy küldő küld fogadók egy kiválasztott halmazának

## Broadcast hálózatok

| Interprocessor distance | Processors located in same | Example                   |
|-------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 1 m                     | Square meter               | Personal area network     |
| 10 m                    | Room                       |                           |
| 100 m                   | Building                   | Local area network        |
| 1 km                    | Campus                     |                           |
| 10 km                   | City                       | Metropolitan area network |
| 100 km                  | Country                    | Wide area network         |
| 1000 km                 | Continent                  |                           |
| 10,000 km               | Planet                     | The Internet              |

## Local Area Networks (LAN)



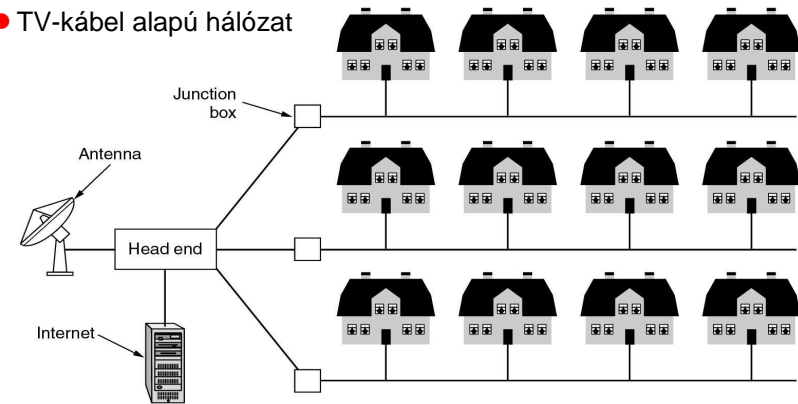
Busz

Gyűrű

(Tanenbaum)

## Metropolitan Area Networks (MAN)

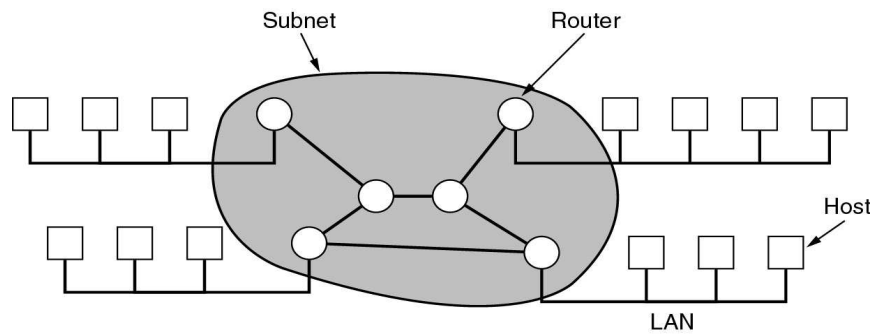
### • TV-kábel alapú hálózat



(Tanenbaum)

## Wide Area Networks (WAN)

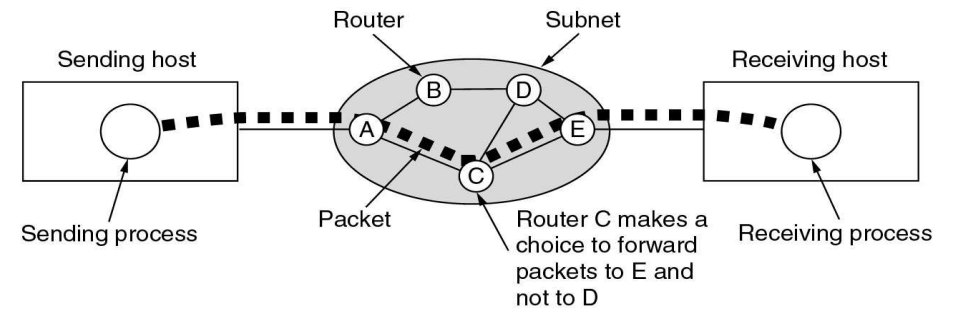
### • LAN-ok összekapcsolása Subnet-tel



(Tanenbaum)

## Wide Area Networks

### • Adatfolyam a WAN-ben



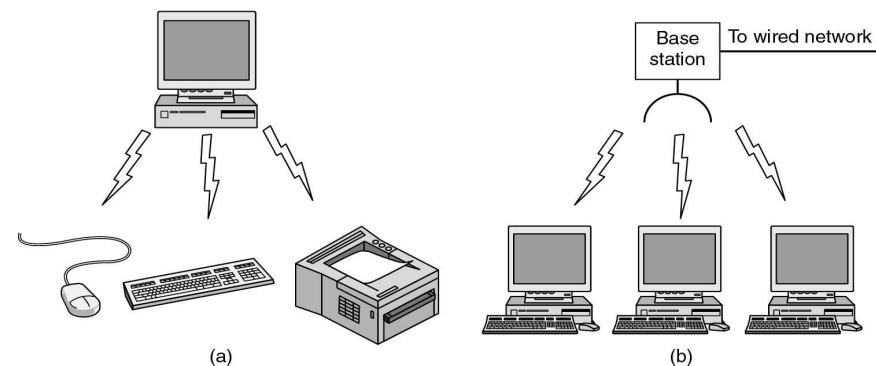
(Tanenbaum)

## Vezeték nélküli hálózatok

- Vezeték nélküli hálózatok kategóriái
  - Rendszeren belüli
    - pl. Bluetooth
  - Wireless LAN (WLAN)
    - pl. egyetemi vezeték nélküli hálózat
  - Wireless WAN
    - WLAN-ok vezeték nélküli hálózatba szervezése

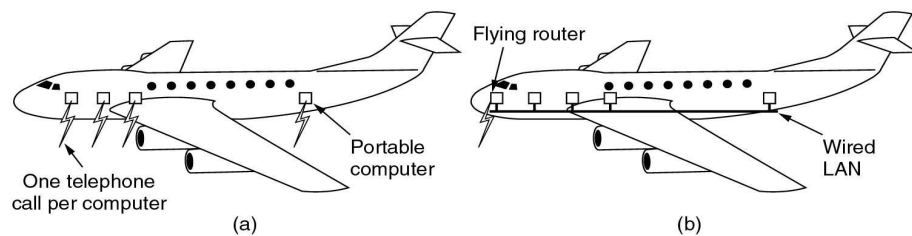
## Vezeték nélküli hálózatok

- (a) Bluetooth
- (b) Wireless LAN



## Vezeték nélküli hálózatok

- (a) Egyéni mobil számítógépek
- (b) A repülő LAN



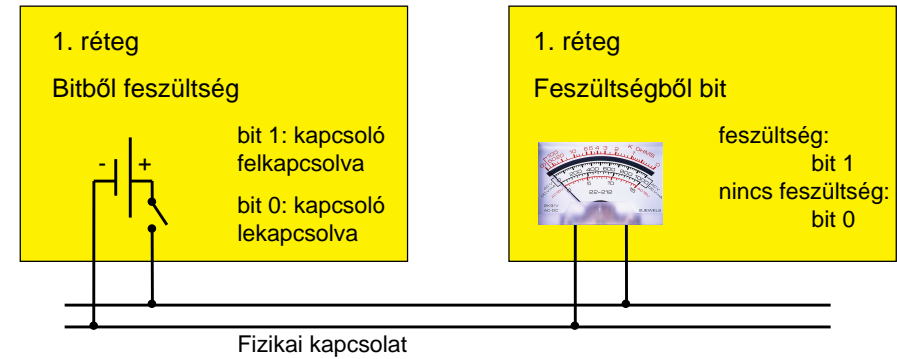
## Fizikai Réteg

## Fizikai réteg (Physical Layer)

- ISO-definíció
  - A fizikai réteg definiál
    - mechanikus,
    - elektronikus,
    - funkcionális és
    - procedurális
  - tulajdonságokat egy fizikai kapcsolat
    - felépítéséhez,
    - fenntartásához és
    - befejezéséhez.

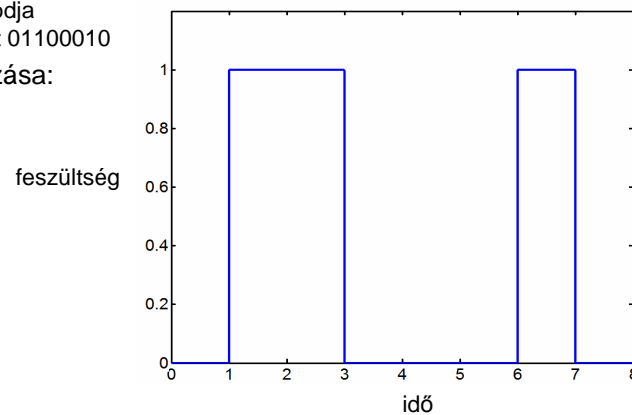
## Legegyszerűbb bitátvitel

- Bit 1: áram bekapcsolva
- Bit 0: áram kikapcsolva



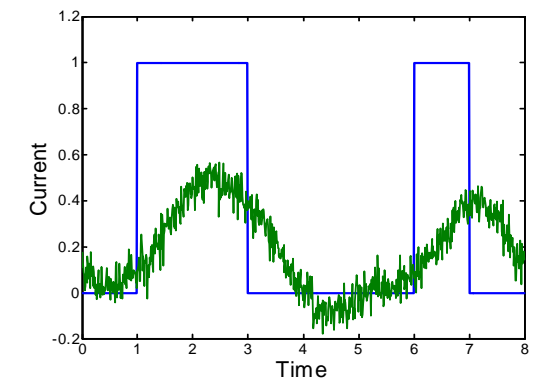
## Egy "b" betű átvitele

- A "b" karakterhez több bit szükséges
  - pl. a "b" ASCII kódja bináris számként 01100010
- A feszültség változása:



## Mi érkezik meg?

- Túlzottan rossz vétel:



- Mi történik itt?

## Fizikai alapok

- Mozgó elektromosan feltöltött részecskék **elektromágneses hullámokat** keltenek
  - **Frekvencia**  $f$ : oszcillációk száma másodpercenként
    - mértékegység: **Hertz**
  - **Hullámhossz**  $\lambda$ : távolság (méterben) két egymást követő hullám-maximum között
  - **Antenna** által kelthető illetve fogható elektromágneses hullám
  - Elektromágneses hullámok terjedési sebessége vákuumban konstans: **fénysebesség**  $c \approx 3 \cdot 10^8$  m/s
- **Összefüggés:**

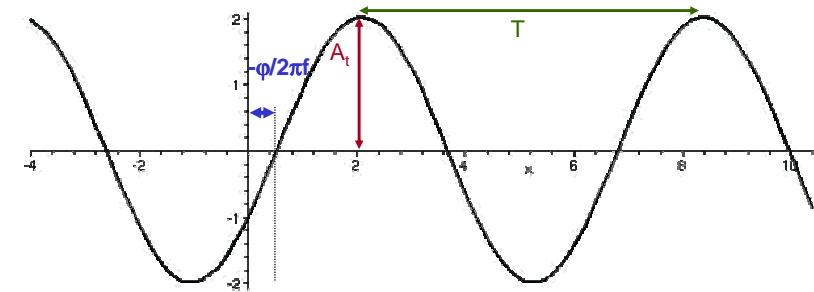
$$\lambda \cdot f = c$$

## Amplitudó ábrázolás

- Egy sinus-rezgés amplitudó ábrázolása

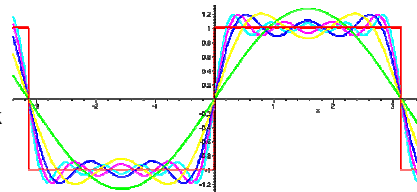
$$s(t) = A \sin(2\pi ft + \phi)$$

- $A$ : Amplitudó
- $\phi$ : Fáziseltolás
- $f$ : Frekvencia =  $1/T$
- $T$ : Periódus



## Fourier sorok

- Egy periódikus függvény Fourier sora:
  - Különböző sinus/cosinus-függvények összegére bontása



- Dirichlet feltételek egy periódikus  $f$  függvényhez:
  - $f(x) = f(x+2\pi)$
  - $f(x)$  a  $(-\pi, \pi)$  intervallumban véges sok intervallumban folytonos és monoton
  - Ha  $f$  nem folytonos  $x_0$ -ban, akkor  $f(x_0) = (f(x_0-0) + f(x_0+0))/2$
- Dirichlet tétele:
  - Ha  $f(x)$  teljesíti  $(-\pi, \pi)$ -ben a Dirichlet feltételeket, akkor léteznek olyan  $a_0, a_1, a_2, \dots, b_1, b_2, \dots$  Fourier-együtthatók, hogy:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^n a_k \cos kx + b_k \sin kx = f(x)$$

## A Fourier-együtthatók kiszámítása

- Az  $a_k, b_k$  Fourier-együtthatókat a következőképp számíthatjuk ki:

- $k = 0, 1, 2, \dots$ 

$$a_k = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos kx \, dx$$

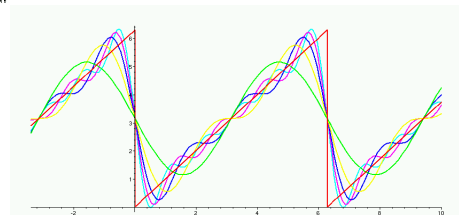
- $k = 1, 2, 3, \dots$ 

$$b_k = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin kx \, dx$$

- Példa: Fűrészföggörbe

$$f(x) = x, \text{ ha } 0 < x < 2\pi$$

$$f(x) = \pi - 2 \left( \frac{\sin x}{1} + \frac{\sin 2x}{2} + \frac{\sin 3x}{3} + \dots \right)$$



## Fourier sor általános periódushoz

- Fourier tétele  $T=1/f$  periódushoz:

- Minden periodikus  $g(t)$  függvény  $T=1/f$  periódussal felírható mint

$$g(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos(2\pi k f t) + b_k \sin(2\pi k f t)$$

- Az  $a_k, b_k$  együtthatók következésképpen állnak elő

$$a_k = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) \cos(2\pi k f t) dt \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

$$b_k = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) \sin(2\pi k f t) dt \quad k = 1, 2, \dots$$

- A  $k$ -adik együtthatók négyzetének összege  $(a_k)^2 + (b_k)^2$  megadja az energiát, amit azon a frekvencián felhasználunk.
- Szokásosan a gyökét adják meg:  $\sqrt{(a_k)^2 + (b_k)^2}$

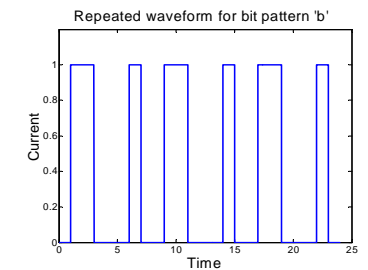
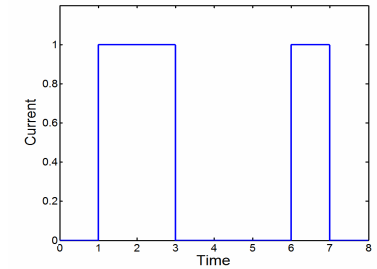
## Fourier sor felhasználása

- Probléma:

- A szignál nem periódikus

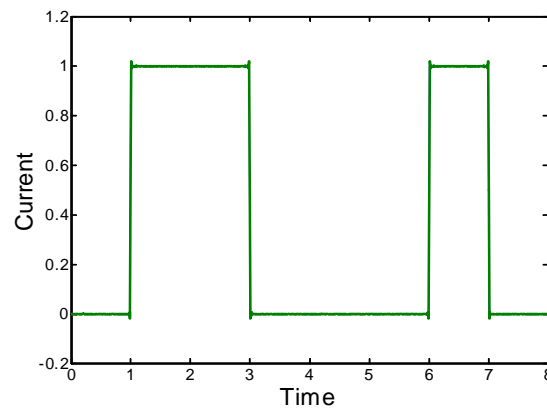
- Megoldás:

- Képzeljük el, hogy a szignál végtelen sokszor ismétlődik, ami egy periodikus függvényt ad, melyben a periódus 8 bit hosszú



## Fourier sor felhasználása

- Fourier sor 512 együtthatóval:



## A rossz vétel 5 oka

1. Általános elnyelődés
2. Frekvencia elvesztése
3. Frekvenciafüggő elnyelődés
4. Zavarás és torzulás
5. Zaj

## 1. Szignálok elnyelődése

### ● Elnyelődés $\alpha$ (attenuation)

- Az küldő energiája  $P_1$  és a vételi energiájának  $P_0$  hányadosa
- Nagy elnyelődés esetén kevés energia éri el a fogadót

### ● Az elnyelődés függ

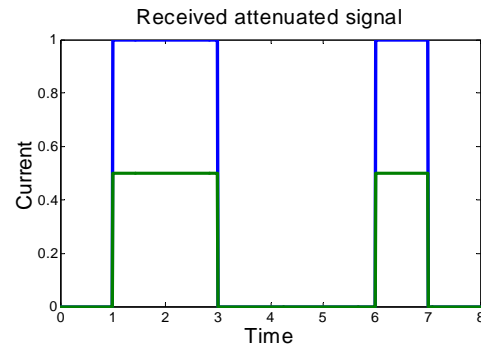
- az átviteli közegtől
- az adó és a vevő távolságától
- ... más faktoroktól

### ● Mértékegysége deciBel

$$\log_{10} \frac{P_1}{P_0} \quad (\text{Bel})$$

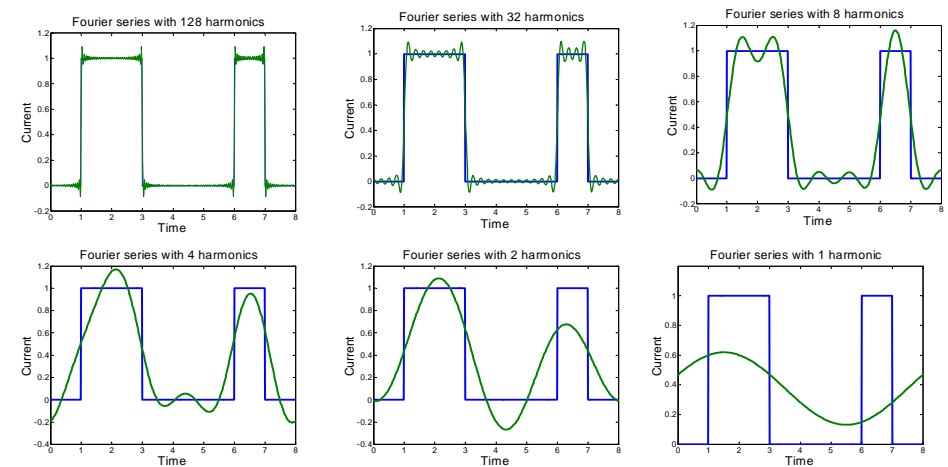
$$10 \log_{10} \frac{P_1}{P_0} \quad (\text{decibel [dB]})$$

$$\alpha = \frac{P_1}{P_0}$$



## 2. Nem minden frekvencia halad át a közegen

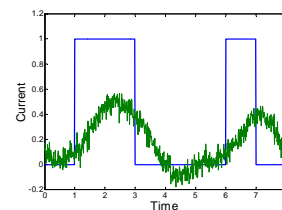
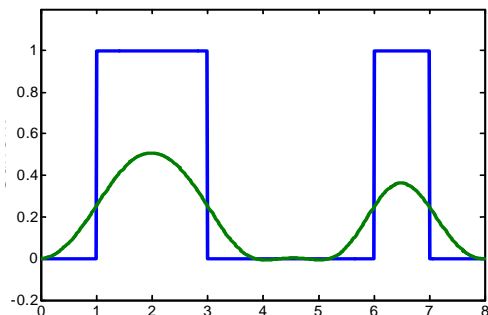
### ● A szignál a magas frekvenciák elvesztése esetén



## 3. Frekvenciafüggő elnyelődés

- Példa: Az elnyelődés 2, 2.5, 3.333... , 5, 10,  $\infty$  az 1., 2., 3., ... Fourier-együtthatóhoz

Miért van ez?



## 4. A közeg fáziseltolást okoz és torzít

- Minden közegben (a vákuum kivételével) különböző frekvenciáknak különböző a terjedési sebessége
  - ez fáziseltolódást eredményez
  - emlékeztető: a sinusgörbét az amplitúdó  $a$ , frekvencia  $f$ , és a fázis  $\phi$  határozza meg

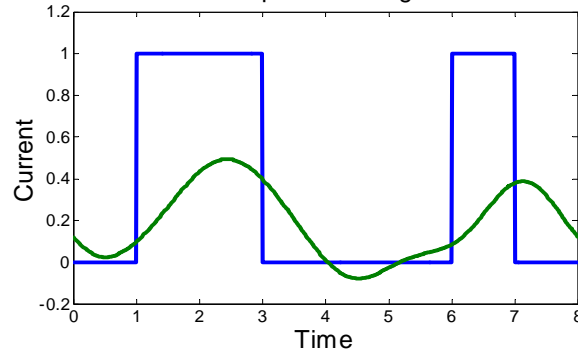
$$a \sin(2\pi ft + \phi)$$

- A fáziseltolódás nagysága a frekvenciától függ
  - ez torzítást (*distortion*) okoz

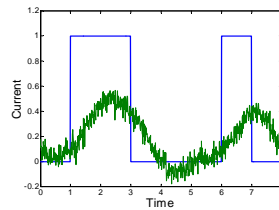


## Frekvencia függő elnyelődés és torzítás

Received signal with frequency-dependent attenuation and phase change



Miért történik ez:

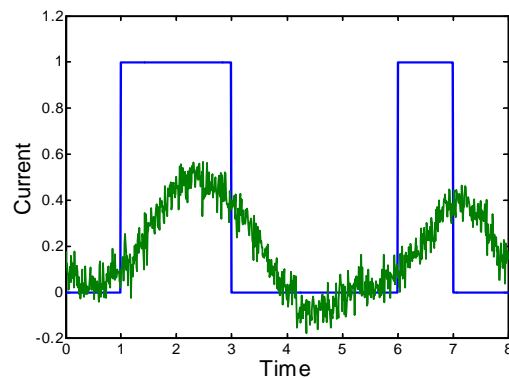


## 5. Valódi közegek zajosak

- Minden közeg és minden adó produkál zajt
  - Az okok: hő, más rendszerek zavarása, szignálok, hullámok, stb...
- A (zavarmentes) szignál véletlen változásával írják le
  - Tipikus modellezés: Gauss normáeloszlás

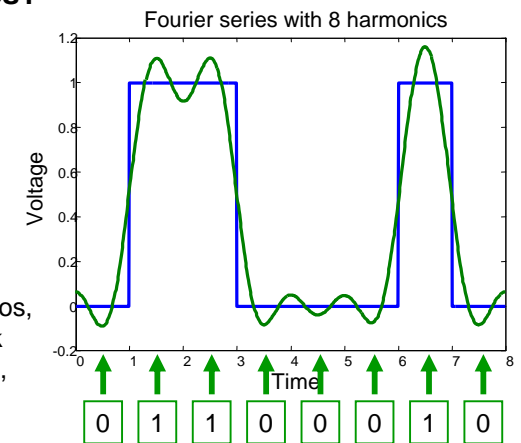
## Összefoglalás

- Ezzel magyarázható a fogadott szignál.



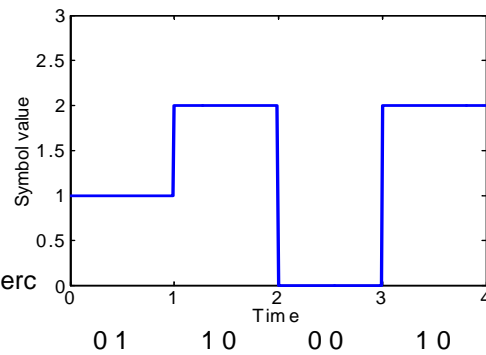
## Hány mért érték szükséges?

- Hány mért érték szükséges ahhoz, hogy a Fourier sort a  $k$ -adik komponensig pontosan meghatározzuk?
- Tétel (Nyquist)
  - Ahhoz hogy rekonstruálni tudjunk egy sáv által korlátos, folytonos szignált, melynek maximális frekvenciája  $f_{\max}$ , legalább  $2 f_{\max}$  mintavételi-frekvencia szükséges.



## Szimbólumok és bitek

- Az adatátvitelhez bitek helyett más szimbólumokat is használhatunk
- Pl. 4 szimbólum: A,B,C,D, ahol
  - A=00, B=01, C=10, D=11
- Szimbólum
  - Mértékegység: Baud
  - Szimbólumok száma másodpercenként
- Adatrátá
  - Mértékegység: bit per másodperc (bit/s)
- Példa
  - 2400 bit/s Modem megfelel 600 Baud-nak (16 szimbólumot használ)



## Nyquist mintavételezési tétele

- Definíció
  - A sávszélesség  $H$  a Fourier-felbontás maximális átvitt frekvenciája
- Feltesszük:
  - A fogadott szignál maximális frekvenciája a Fourier sorban  $f = H$ 
    - (Minden magasabb frekvencia teljesen elnyelődik)
  - A különböző szimbólumok száma  $V$
  - Semmilyen más zavarás, késés vagy elnyelődés nincs
- **Nyquist tétele**
  - A maximális lehetséges szimbólumráta legfeljebb  $2 H$  baud.
  - A maximális lehetséges adatrátá legfeljebb  $2 H \log_2 V$  bit/s.

## Segít, ha több szimbólumot használunk?

- Nyquist tétele azt mondja, hogy tisztán elméletileg az adatrátá növelhető a felhasznált szimbólumok számával
- Elemzés:
  - Nyquist tétele csak egy elméleti felső korlátot ad az átvitelre, nem ad módszert
  - A gyakorlatban a mérés pontosságára vannak korlátok
  - Nyquist tétele nem veszi figyelembe a zaj problematikáját

## Shannon tétele

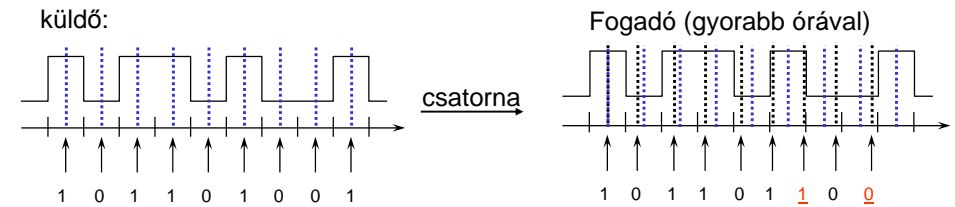
- A zaj hatása tényleg alapvető
  - Tekintsük az adás erősségének  $S$  és a zaj erősségének  $N$  az arányát (signal-to-noise ratio)
  - Minél kisebb a zaj, annál jobban felismerhetők a szimbólumok
- **Shannon tétele:**
  - A maximális lehetséges adatrátá  $H \log_2 (1+S/N)$  bit/s, ahol
    - $H$  a sávszélesség
    - $S$  a szignál erőssége
    - $N$  a zaj erőssége
- Vigyázat
  - Ez egy elméleti felső korlát
  - Létező kódolások nem érik el ezt az értéket

## Önütemező kódolások

- Mikor kell szignálokat mérni?
  - Tipikusan egy szimbólum közepén
  - Mikor kezdődik egy szimbólum?
    - A szimbólum hossza szokásosan előre meghatározott.
- A fogadónak a bit-szinten szinkronizálnak kell lenni a küldővel
  - Pl. „Frame Synchronization” által

## Szinkronizáció

- Mi történik, ha csak egyszerűen órát használunk a szinkronizáláshoz?
- Probléma
  - Az órák „másképp mennek” (egyik kicsit gyorsabb, másik kicsit lassabb)
  - Nincs két olyan (megfizethető) óra, ami szinkron marad
- Hiba szinkronizáció elvesztése miatt (NRZ):



## A szinkronizáció megoldása

- Felügyelet nélkül nincs szinkronizáció
- Megoldás: explicit órajel
  - Párhuzamos átvitelt igényel egy külön csatornán
  - Szinkronizálnak kell lennie az adatokkal
  - Csak rövid átvitel esetén ésszerű
- Szinkronizáció kritikus időpontokban
  - Pl. egy szimbólum vagy egy blokk kezdetén
  - Egyébként teljesen szabadon futnak az órák
  - Megbízik abban, hogy az órák rövid ideig szinkron futnak
- Órajel a szimbólumok kódolásából

## Önütemező kódok

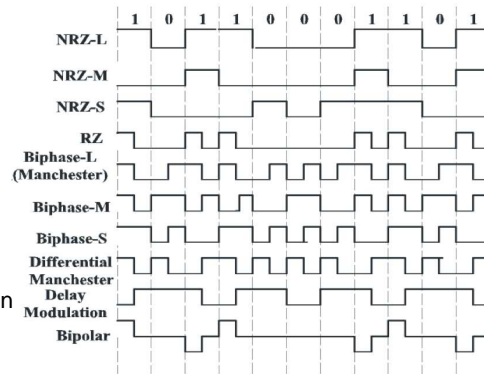
- pl. **Manchester kód** (Biphase Level)
  - 1 = magasról alacsonyra váltás az intervallum közepén
  - 0 = alacsonyról magasra váltás az intervallum közepén



- A szignál tartalmazza a szinkronizáláshoz szükséges információt

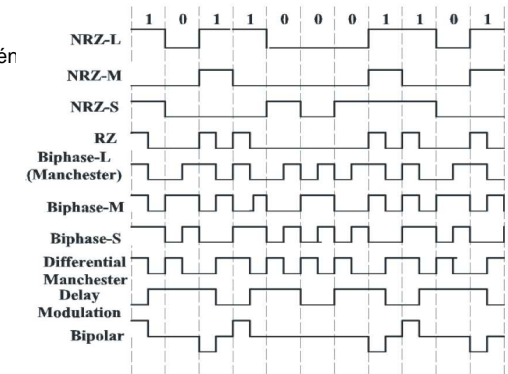
## Digitális kódok

- Non-Return to Zero-Level (NRZ-L)
  - 1 = magas feszültség, 0 = alacsony
- Non-Return to Zero-Mark (NRZ-M)
  - 1 = váltás az intervallum elején
  - 0 = nincs váltás
- Non-Return to Zero-Space (NRZ-S)
  - 1 = nincs váltás az intervallum elején
  - 0 = váltás az intervallum elején
- Return to Zero (RZ)
  - 1 = négyszögimpulzus az interv. elején
  - 0 = nincs négyszögimpulzus
- Manchester Code (Biphase Level)
  - 1 = magasról alacsonyra váltás az intervallum közepén
  - 0 = alacsonyról magasra váltás



## Digitális kódok

- Biphase-Mark
  - Minden intervallum elején váltás
  - 1 = még egy váltás az intervallum közepén
  - 0 = nincs váltás az intervallum közepén
- Biphase-Space
  - Minden intervallum elején váltás
  - 1/0 fordítva, mint a Biphase-Mark
- Differential Manchester-Code
  - Minden intervallum közepén váltás
  - 1 = nincs váltás az intervallum elején
  - 0 = váltás az intervallum elején
- Delay Modulation (Miller)
  - 1 = váltás az intervallum közepén
  - 0 = Váltás az intervallum végén, ha 0 következik, nincs váltás, ha 1 következik
- Bipolar
  - 1 = négyszögimpulzus az intervallum első felében, melynek iránya alternál (váltakozik)
  - 0 = nincs négyszögimpulzus



## Feladat

- Mely kódok önütemezők?

