

Számítógépes Hálózatok és Internet Eszközök

2007

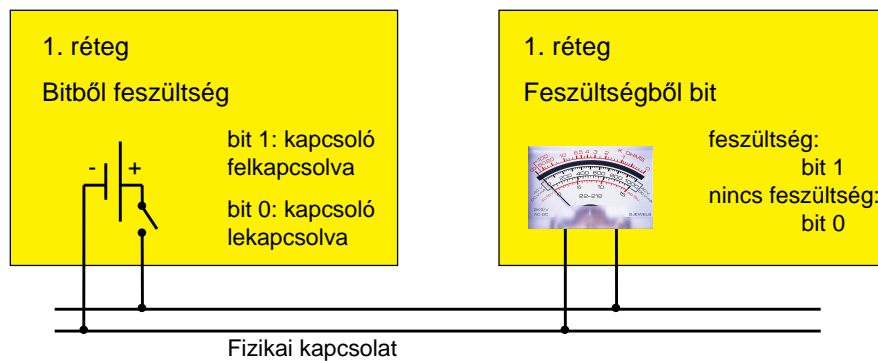
3. Fizikai réteg – Alapok, adatráta, szimbólumráta, korlátok, digitális kódok, önütemező kódok

Fizikai réteg (Physical Layer)

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

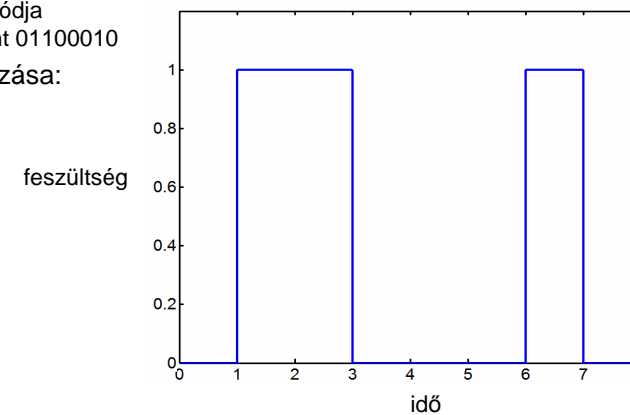
Legegyszerűbb bitátvitel

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



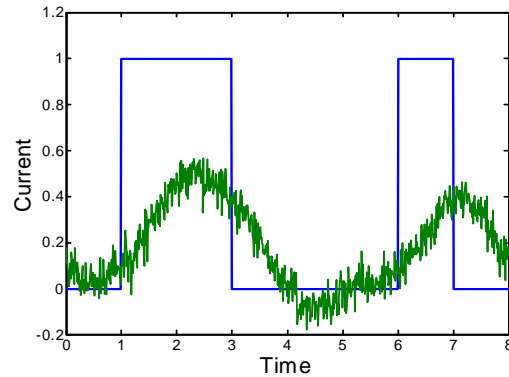
Egy "b" betű átvitele

- 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 λ** : 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:**

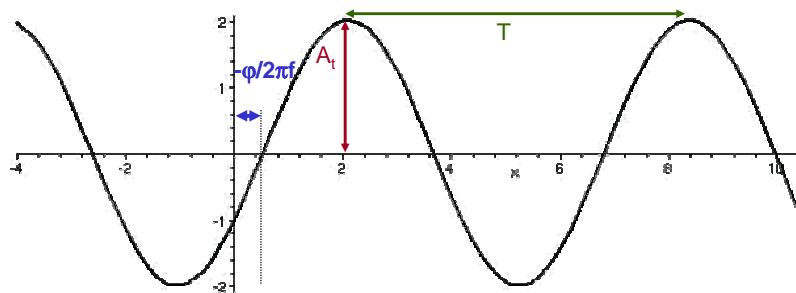
$$\lambda \cdot f = c$$

Amplitúdó ábrázolás

- Egy sinus-rezgés amplitúdó ábrázolása

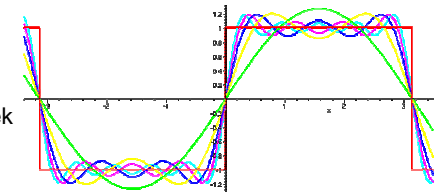
$$s(t) = A \sin(2\pi ft + \phi)$$

- A : Amplitúdó ϕ : 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_p, b_j Fourier-együtthatókat a következőképp számíthatjuk ki:

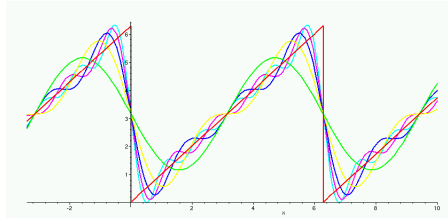
- $k = 0, 1, 2, \dots$
$$a_k = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos kx \, dx$$

- $k = 1, 2, 3, \dots$
$$b_k = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin kx \, dx$$

- Példa: Fűrészfuggő

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

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



Fourier sor általános periódushoz

- Fourier tétele $T=1/f$ periódushoz:

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

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

- Az a_k, b_k együtthatók következőképpen állnak elő

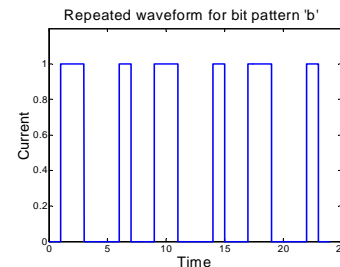
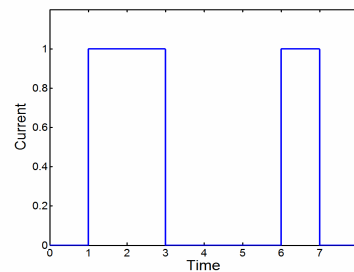
$$a_k = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) \cos(2\pi kft) dt \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

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

- 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: $\sqrt{(a_k)^2 + (b_k)^2}$

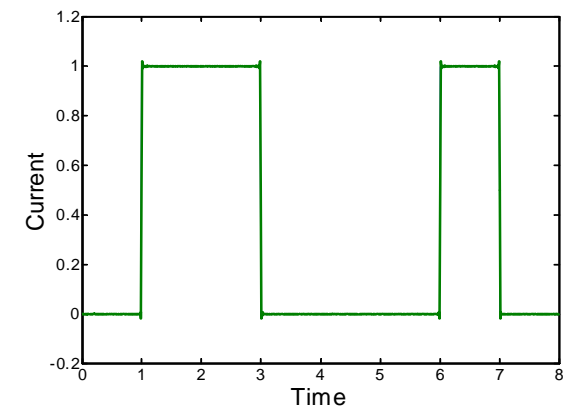
Fourier sor felhasználása

- Probléma:
 - A szignál nem periodikus
- 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 α (attenuation)

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

• Az elnyelődés függ

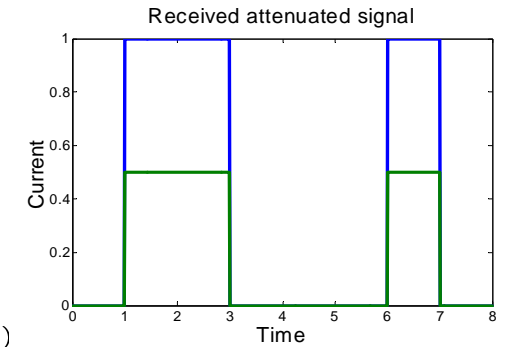
- az átviteli közegtől
- az adó és a vevő távolságától
- ... más faktoroktól

• Mértékegysége deciBel

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

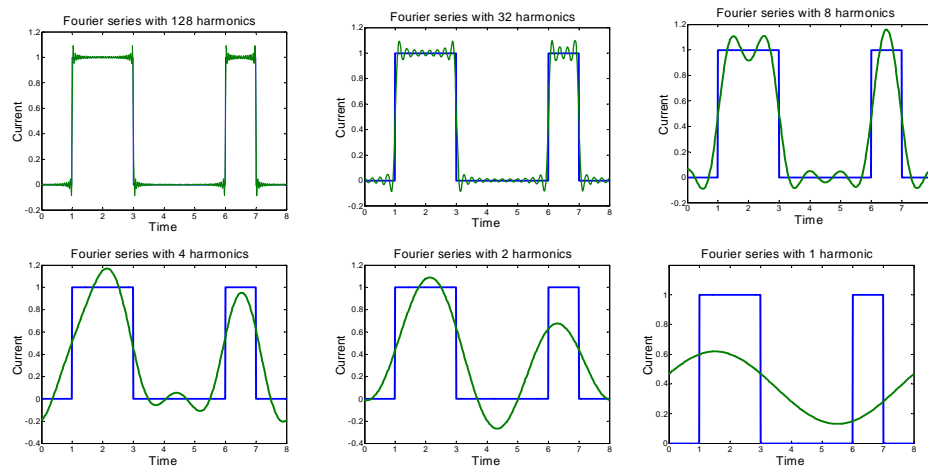
$$10 \log_{10} \frac{P_1}{P_0} \quad (\text{decibel [dB]})$$

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



2. Nem minden frekvencia halad át a közegen

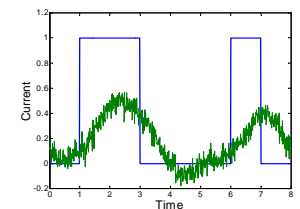
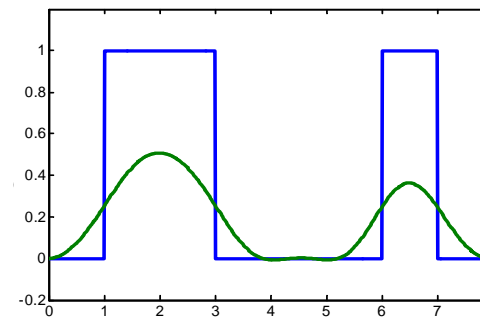
- A szignál a magas frekvenciák elvesztése esetén



3. Frekvenciafüggő elnyelődés

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

Miért van ez?



4. A közeg fáziseltolást okoz és torzít

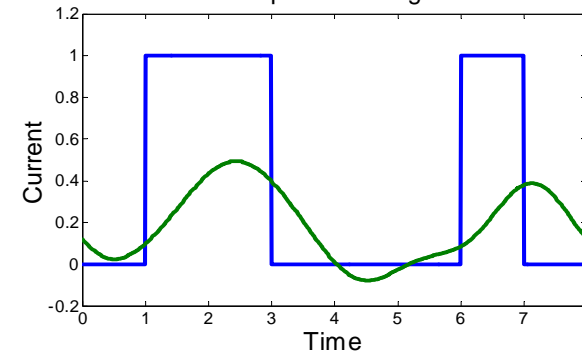
- Minden közegben (a vákuum kivételével) különböző frekvenciáknak különböző a terjedési sebessége
 - ez fáziseltolódást eredményez
 - emlékeztető: a sinusgörbét az amplitúdó a , frekvencia f , és a fázis ϕ határozza meg

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

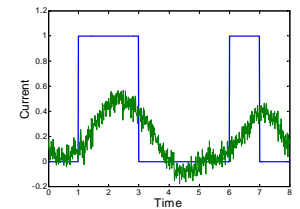
- A fáziseltolódás nagysága a frekvenciától függ
 - ez torzítást (*distortion*) okoz

Frekvencia függő elnyelődés és torzítás

Received signal with frequency-dependent attenuation and phase change



Miért történik ez:

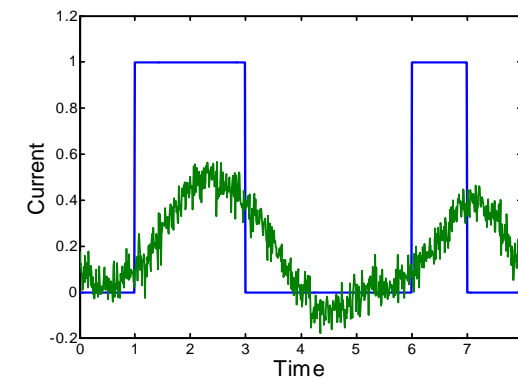


5. Valódi közegek zajosak

- 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

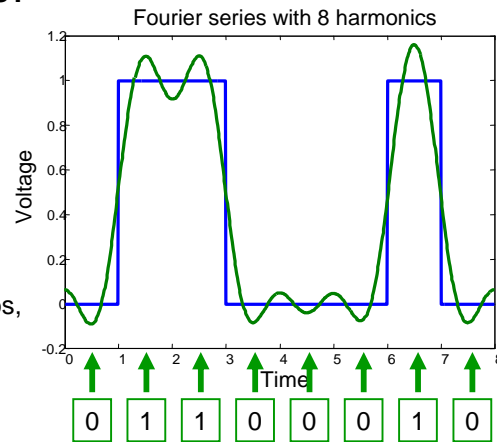
Összefoglalás

- Ezzel magyarázható a fogadott szignál.



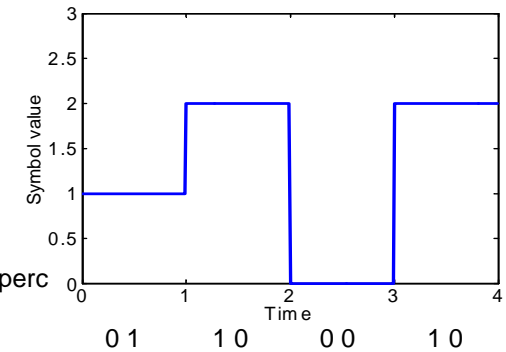
Hány mért érték szükséges?

- 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

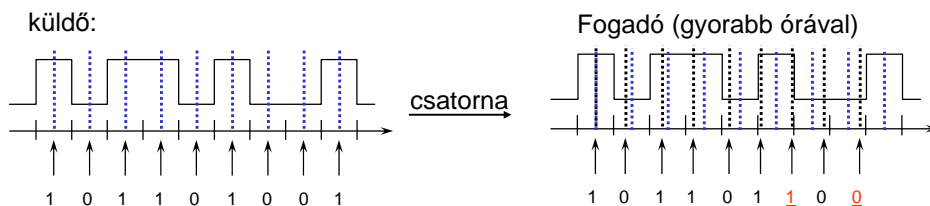
- A zaj hatása tényleg alapvető
 - Tekintsük az adás erősségének S és a zaj erősségének N az arányát (**signal-to-noise ratio**)
 - Minél kisebb a zaj, annál jobban felismerhetők a szimbólumok
- **Shannon tétele:**
 - A maximális lehetséges adatrátá $H \log_2(1+S/N)$ bit/s, ahol
 - H a sávszélesség
 - 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):

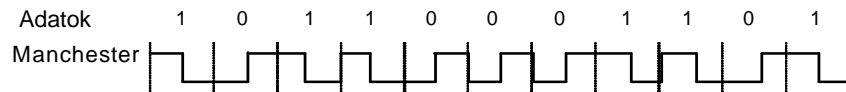


A szinkronizáció megoldása

- 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

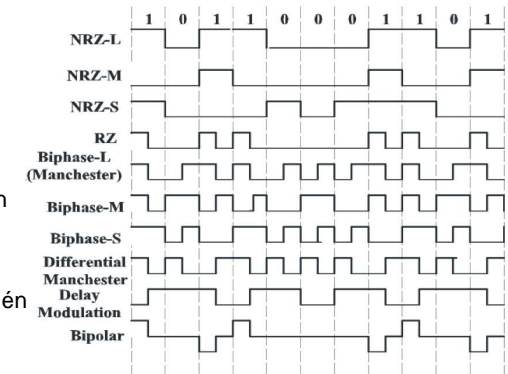
- pl. **Manchester kód** (Biphase Level)
 - 1 = magasról alacsonyra váltás az intervallum közepén
 - 0 = alacsonyról magasra váltás az intervallum közepén



- A szignál tartalmazza a szinkronizáláshoz szükséges információt

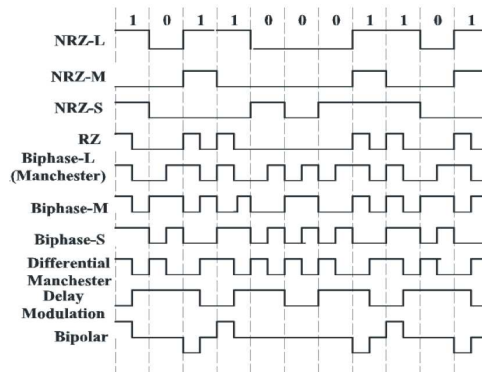
Digitális kódok

- 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 önütemezőek?

