

Fizikai réteg Jelkódolás

Tibi V 2022

Adatátviteli közeg, csatorna

- Adatátviteli közeg (média, vonal): Olyan eszköz, anyag, közeg, melyen keresztül az információ (jel) továbbítása történik. (Pl. csavart pár, coax kábel, optikai kábel vagy levegő).
- Adatátviteli csatorna: Jelek továbbítására szolgáló adatút (frekvenciasáv). Gyakran egy adatátviteli közegen több csatornát (adatutat) építenek ki.

Kapcsolási módok

- **Vonalkapcsolt** (áramkörkapcsolt, circuit switched) technológia: Az információátvitel előtt dedikált kapcsolat (kommunikációs áramkör) épül ki a két végpont között, s ez folyamatosan fennáll, amíg a kommunikáció tart. (Pl. klasszikus vonalas telefon.)
- **Üzenetkapcsolt** (store and forward) technológia: Nem épül ki áramkör, hanem a teljes üzenet kapcsolóközpontról kapcsolóközpontra halad, mindig csak egy összeköttetést terhelve. (Pl. telex.)
- **Csomagkapcsolt** (packet switched) technológia: Az információt (korlátozott maximális méretű) részekre (csomagokra) darabolják, s a csomagokat (mint önálló egységeket) üzenetkapcsolt elven továbbítják. (A számítógép-hálózatoknál a jól tervezhető pufferelési tulajdonsága miatt előszeretettel alkalmazzák).

Jelkódolás

- **Jel:** Helytől és időtől függő, információt hordozó fizikai mennyiség(ek). Információhordozó a kommunikációs csatornán, lehet analóg vagy digitális.
- **Jelkódolás:** A (digitális) információ leképezése (digitális) vivőjelre (pl. feszültségszintekre, feszültségszint-váltásokra). (Mi csak digitális kódolással foglalkozunk).
- **Moduláció:** Az információátviteli csatorna egy frekvenciasávként jeleníthető meg legegyszerűbben (analóg vivőfrekvencia). A moduláció a továbbítandó (digitális) információnak az analóg vivőjelre történő leképezése. Tipikusan az analóg vivőfrekvencia valamely paraméterének (pl. amplitúdó, fázis, stb) jól meghatározott elven történő megváltoztatásával implementálható. Inverz (vevő oldali) folyamata a demoduláció. A modem a modulációt és a demodulációt végző berendezés.
- **Multiplexelés:** Két (vagy több) jól elkülöníthető (különböző) kommunikációnak egycsatornán (vagy vonalon) való párhuzamosan történő működtetése, átvitele.

Információátvitel iránya

- Egyirányú (szimplex) összeköttetés: Ha két kommunikációs pont között az információközlés csak egy irányban lehetséges, akkor egyirányú (szimplex) összeköttetésről beszélünk (pl. rádiós műsorszórás).
- Váltakozó irányú (**half-duplex**) összeköttetés: Az információátvitel mindkét irányban lehetséges, de egy időpillanatban csak az egyik irányban (pl. CB rádió).
- Kétirányú (**full-duplex**) összeköttetés: Az információátvitel egy időpillanatban mindkét irányban lehetséges (pl. telefon). (Logikailag két, egymástól függetlenül működő szimplex összeköttetésnek fogható fel).

Zaj és Csillapítás

- Az átviteli közeg környezetéből származó zavarokat vonali **zajnak** nevezik. Az átvitt jelek csillapítása miatt a zajszint összemérhetővé válhat a jelszinttel, és a jelek helyes érzékelése lehetetlenné válhat.
- Az átviteli médiumok jellemezhetők az átlagos jelteljesítmény (Signal) és zajteljesítmény (Noise) hányadosával (jel-zaj viszony, általában dB skálán mérve), jele: S/N
- **Csillapítás:** A jel amplitúdója csökken a jel haladása során az átviteli közegben. Az átviteli közeg hosszát úgy állapítják meg, hogy a jel biztonsággal értelmezhető legyen a vételi oldalon.
- Ha nagyobb távolságot kell áthidalni, akkor erősítők (jelismétlők) beiktatásával kell a jelet visszaállítani. A csillapítás frekvenciafüggő, ezért az erősítőknek frekvenciafüggő erősítéssel kell ezt kompenzálniuk.

Jelkódolás

Bitcsoportok kódolása: A digitális átvitel során a logikai biteket valamilyen módon ábrázolnunk kell. A legegyszerűbb ábrázolásnál a két szintnek két feszültségértéket feleltetünk meg. Ettől természetesen több eltérő kódolási eljárások is ismertek.

- **Jelkódolás:** A fizikai rétegben megjelenő bitsorozatot az alkalmazott (digitális) csatorna jelkészletére, jelzésrendszerére (feszültségszintekre, feszültség-szint-váltásokra) képezzük le.
- Bipoláris kódolás: A csatornán két jelet (feszültség-szintet) különíthetünk el, az egyszerűség kedvéért a (+1) és a (0) szimbólumokkal jelöljük őket.
- Kódolási eljárások meghatározása

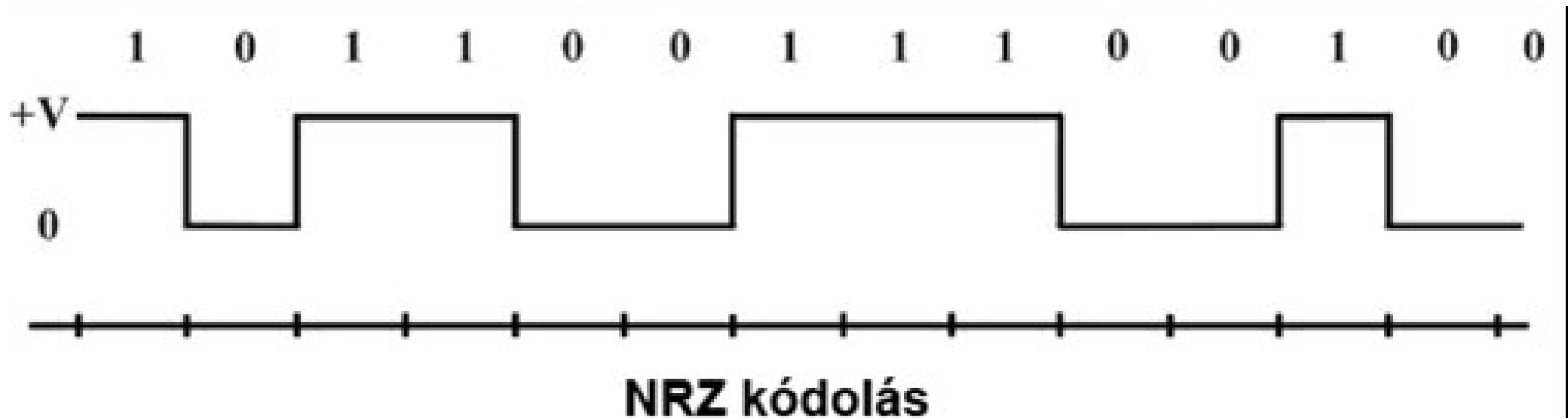
Jelkódolás

A kódolási eljárások meghatározásánál több szempont szerint kellett a feladatot elvégezni:

- 1. Minél kisebb a kódolás sávszélessége, annál több csatornára lehet egy vonalat felosztani. A sávszélesség a jelváltások számának a függvénye.
- 2. Minél kevesebb azonban a váltások száma, az adó és a vevő szinkronizálása annál nehezebben valósítható meg. Szükséges szinkronizációs jelek beépítése.
- 3. Fontos, hogy a jelek kis egyenfeszültségű összetevővel rendelkezzenek, mivel az egyenfeszültségű jelek jobban gyengülnek, ami az átviteli távolság csökkenését vonja maga után.

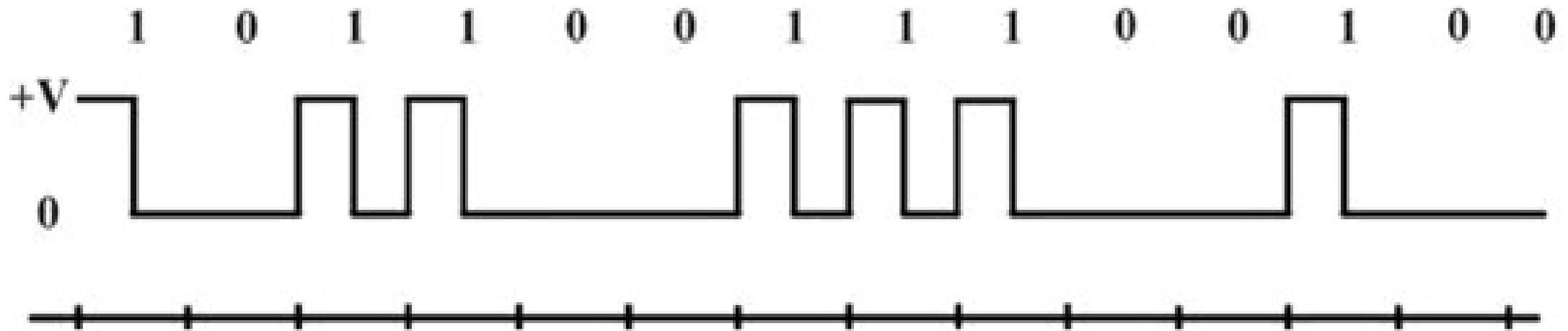
NRZ - Nullára nem visszatérő (Non Return to Zero) jelkódolás

- Nullára nem visszatérő (Non Return to Zero, NRZ) kódolásnál mindig az a feszültség szint van a vonalon, amelyet az adott bit meghatároz.
- A (+1) feszültség szintet tartjuk az „1” bit érték átviteli idejében, a (0) feszültség szintet pedig a „0” bit érték átviteli idejében. Könnyen implementálható, de nem biztosít szinkronizációt több azonos bit érték átvitele során.



RZ - Nullára visszatérő (Return to Zero) kódolás

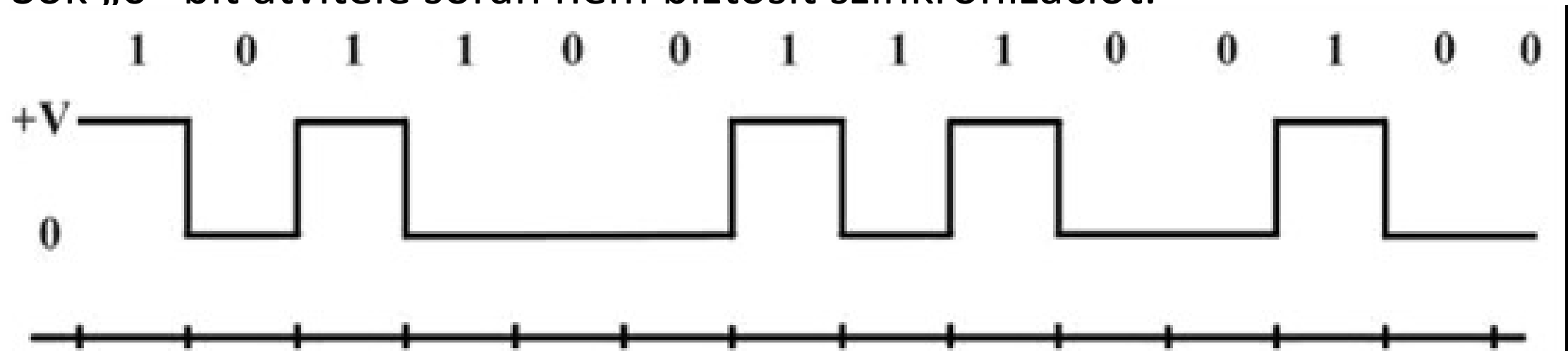
- Nullára visszatérő (Return to Zero, RZ) kódolás az előzőhöz képest annyi változást tartalmaz, hogy **1 bit esetén a bitidő első felében a feszültség nagy lesz, de a bit idő közepén visszatér.**
- Ha az adat csupa 1-s, akkor is vannak jelváltások.
- A „0” bit érték esetén a teljes bit időtartamban (0) feszültség szintet tartunk. 5 egymást követő 0 után beszúrunk egy 1-t, amit a vevő töröl.



Az RZ kódolás

NRZI - Nullára nem visszatérő megszakadásos (Non Return to Zero Invertive) módszer

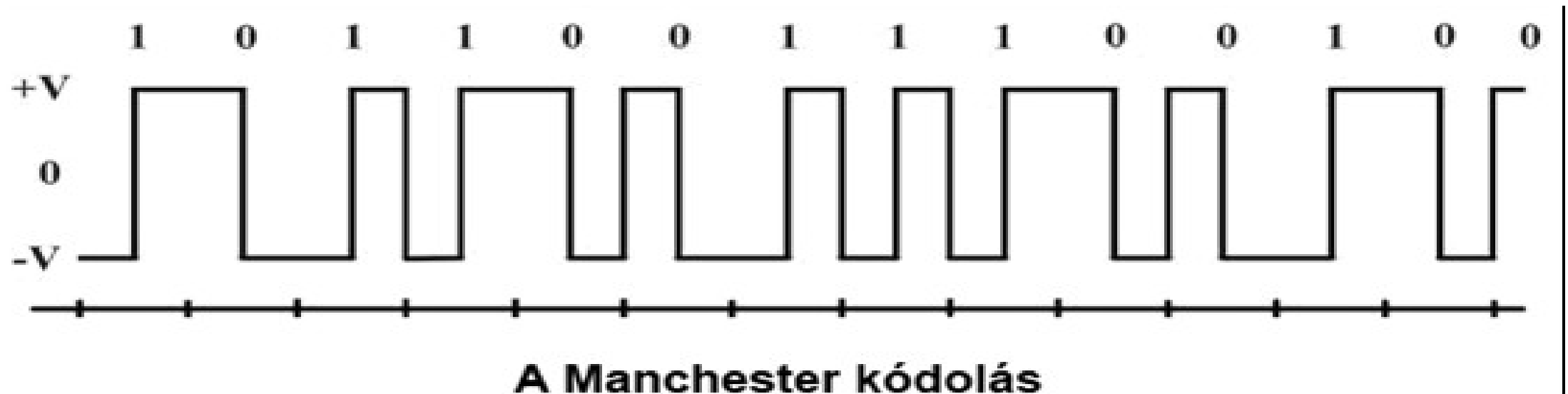
- Az „1” bit érték átviteli idejében a megelőző időtartamban alkalmazott feszültség szint ellentettjét alkalmazzuk, a „0” bit érték átviteli idejében pedig tovább tartjuk a megelőző bit időtartamban alkalmazott feszültség szintet.
- Sok „0” bit átvitele során nem biztosít szinkronizációt.



Az NRZI kódolás

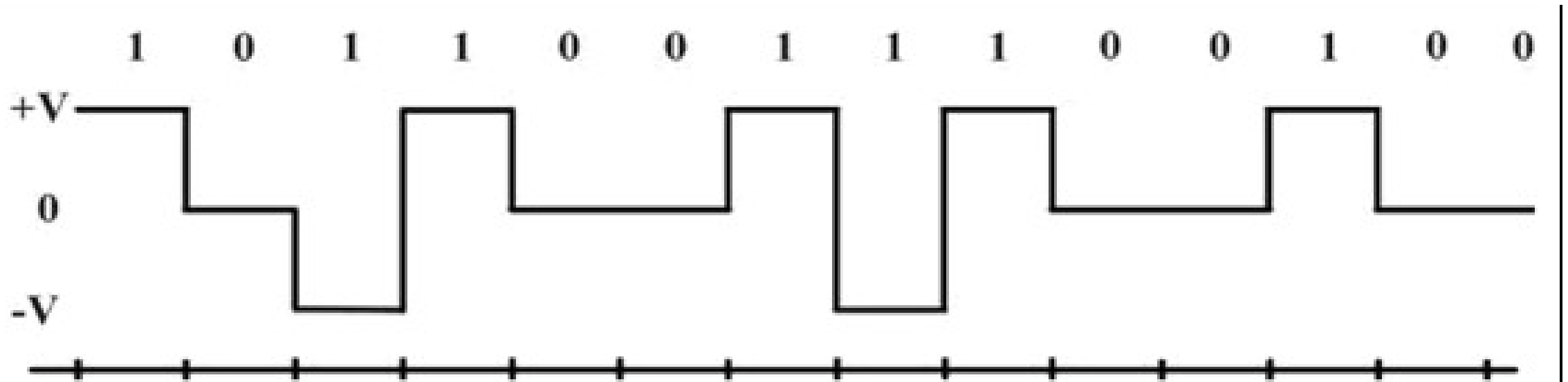
Manchester (PE) jelkódolás

- Az „1” bit értéket az átviteli idejének közepén bekövetkező $(0) \rightarrow (+1)$ feszültség-szint-váltás reprezentálja. A „0” bit értéket pedig az átviteli idejének közepén bekövetkező $(+1) \rightarrow (0)$ feszültség-szint-váltás reprezentálja. Ha több azonos bit követi egymást, akkor a jel félidőben visszatér az eredeti állapotába, az új bitet ismét a megfelelő jelváltás jelzi.
- A folyamatos szinkronizáció biztosított, de dupla jelváltás-sebességet igényel. Az Ethernet hálózatok ezt a kódolási eljárást alkalmazzák.



AMI - Változó MARK invertálás (Alternate Mark Inversion) kódolás

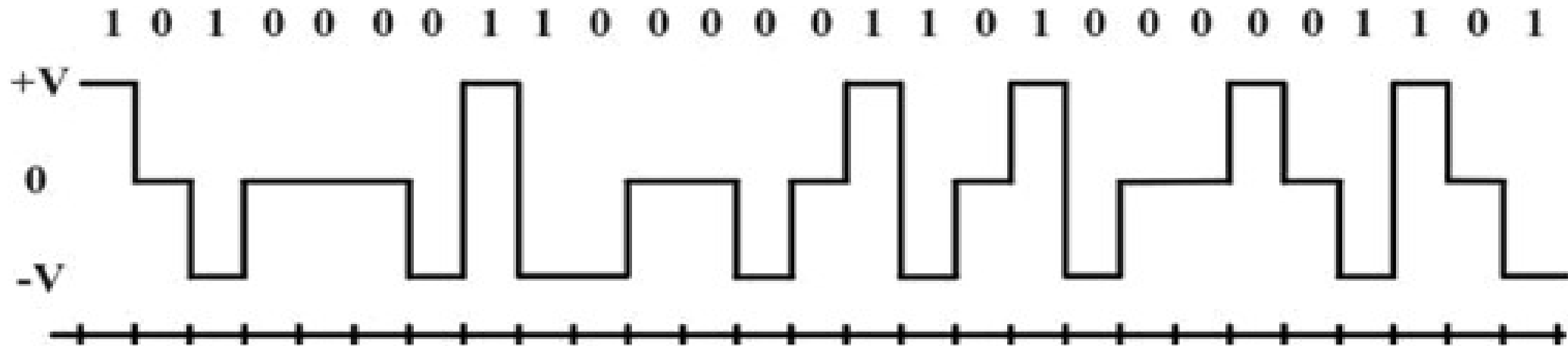
- Változó MARK invertálás (Alternate Mark Inversion, AMI) kódolás már szimmetrikus feszültséget használ, a működése pedig az NRZI kódoláséhoz nagyon hasonló. **Minden logikai 1 értékű bit szintje az előző 1-esének az ellentettje.**



Az AMI kódolás

NHDB3 - Nagy sűrűségű bipoláris 3 (High Density Bipolar 3) kódolás

- A Nagy sűrűségű bipoláris 3 (High Density Bipolar 3, HDB3) kódolás az AMI módszerrel azonosan működik, de itt már beépítették a hosszú logikai 0 sorozatok kezelését is. Abban az esetben, ha a 4 egymást követő 0 szintű bit van a csomagban, az utolsó 0 bitet kicserélik olyan szintűre, mint ami az előző 1-eshez volt rendelve. A vevő ezt a plusz információt automatikusan képes eltávolítani.



A HDB3 kódolás

Alapsáv és széles-sáv

Alapsáv avagy angolul *baseband*

- a digitális jel direkt árammá vagy feszültséggé alakul;
- a jel minden frekvencián átvitelre kerül;
- átviteli korlátok.

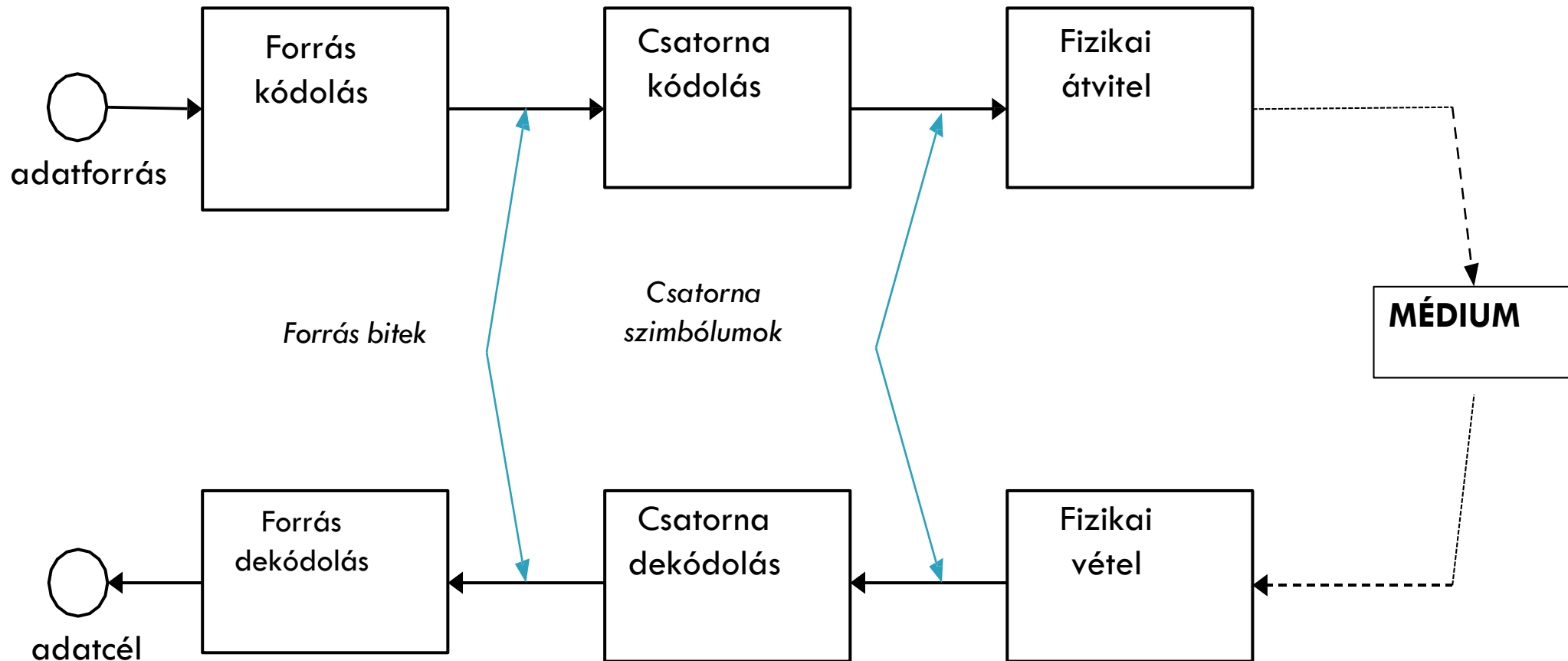
Szélessáv avagy angolul *broadband*

Egy széles frekvencia tartományban történik az átvitel;

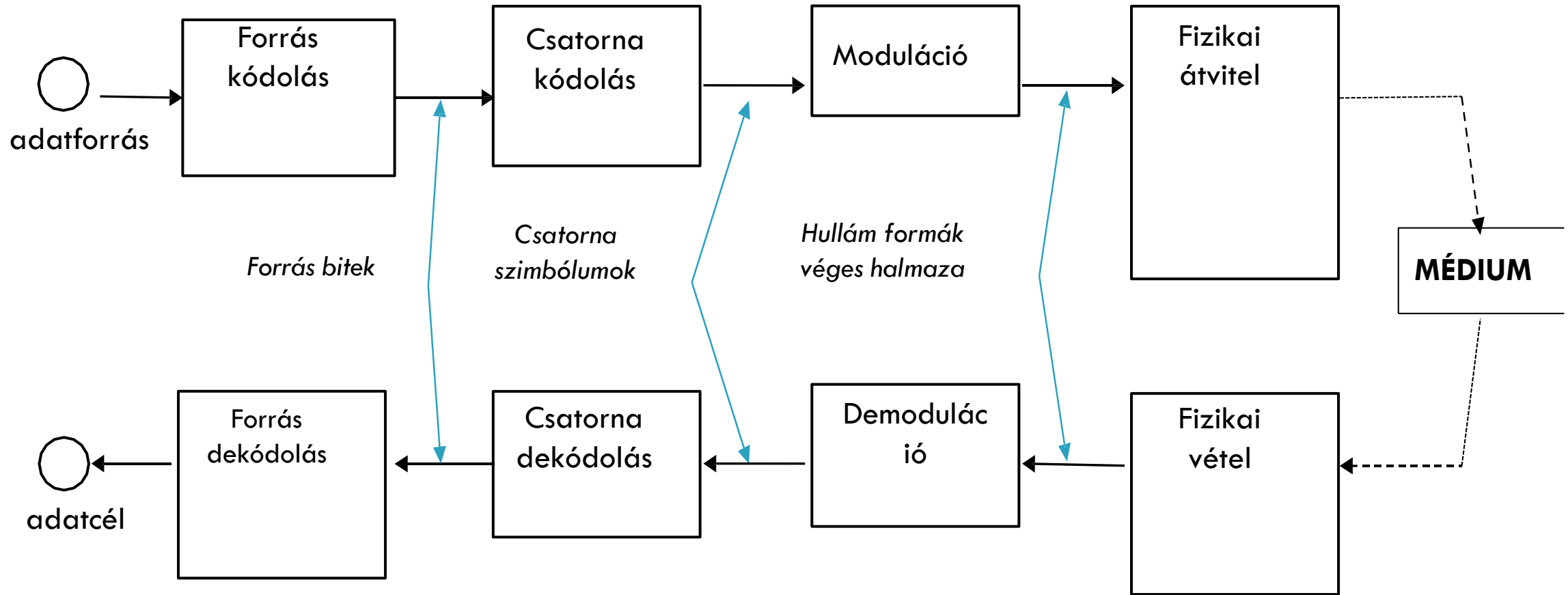
a jel modulálására az alábbi lehetőségeket használhatjuk:

- adatok vivőhullámra „ültetése” (***amplitúdó moduláció***);
- vivőhullám megváltoztatása (***frekvencia vagy fázis moduláció***);
- különböző vivőhullámok felhasználása egyidejűleg

Digitális alapsávú átvitel struktúrája

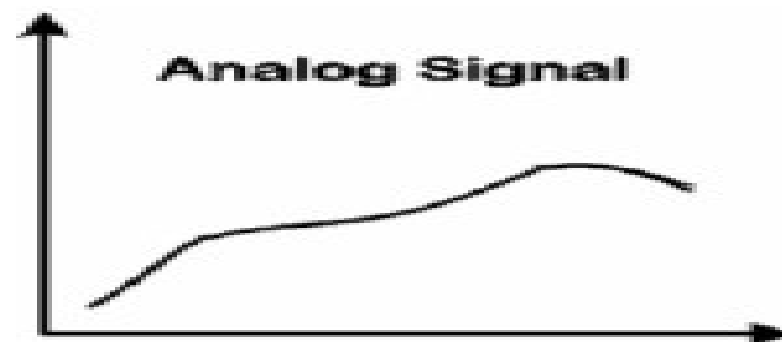


Digitális szélessávú átvitel struktúrája



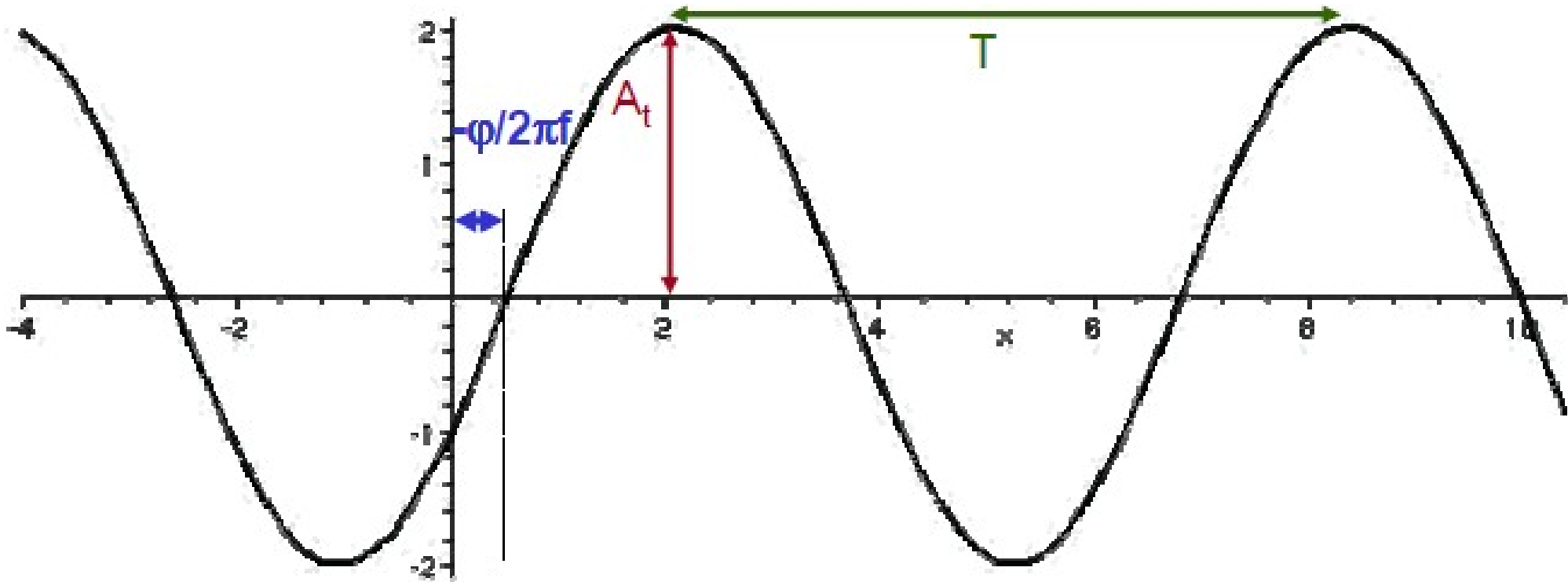
Digitális és analóg jelek összehasonlítása

- *Digitális átvitel* – Diszkrét jelek véges halmazát használja (például feszültség vagy áramerősség értékek).
- *Analóg átvitel* – Jelek folytonos halmazát használja (például feszültség vagy áramerősség a vezetékben)
- *Digitális előnyei*
 - Lehetőség van a vételpontosság helyreállítására illetve az eredeti jel helyreállítására
- *Analóg hátránya*
 - A fellépő hibák önmagukat erősíthetik



Amplitúdó ábrázolás

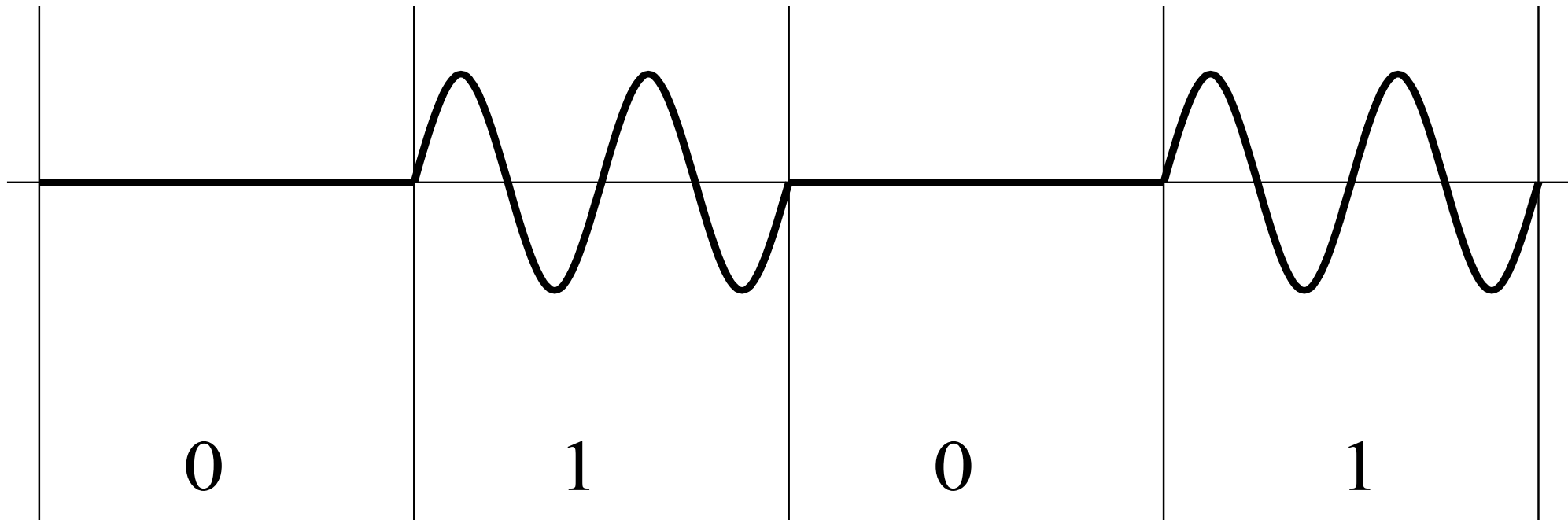
- Egy szinusz rezgés amplitúdó ábrázolása T periódus idejű függvényre $s(t) = A \sin(2\pi ft) + \varphi$ ahol A az amplitúdó, f a frekvencia és φ a fáziseltolás.



Digitális átvitel

Digitális modulációk

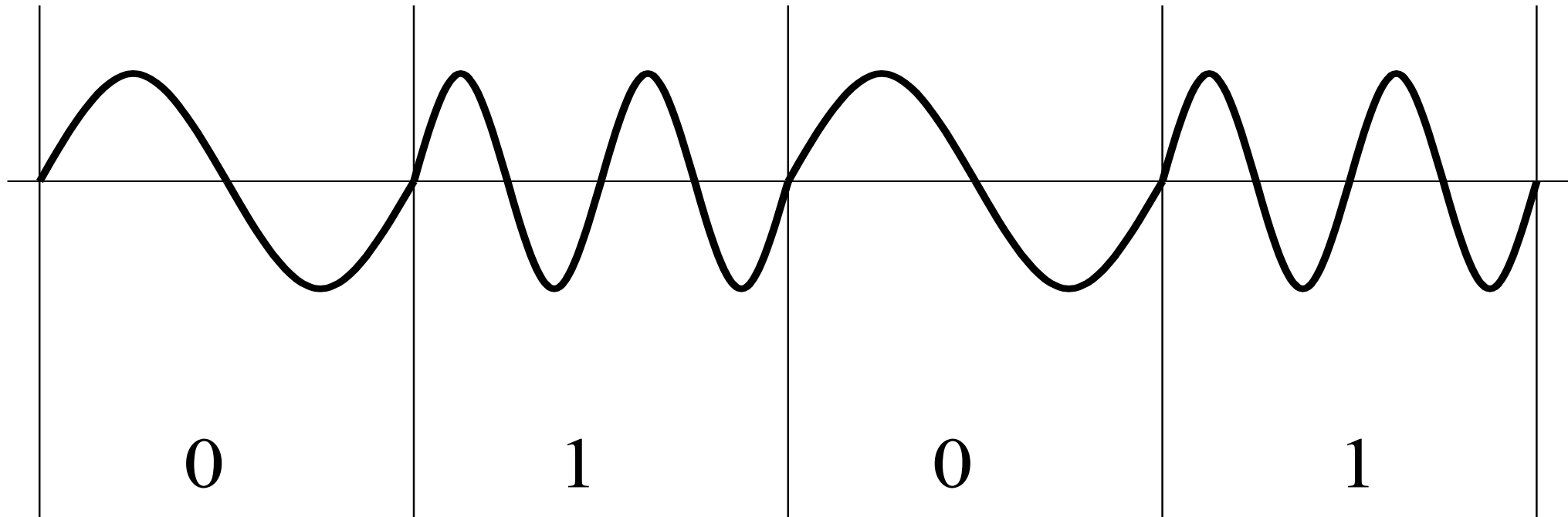
- ASK (Amplitude Shift Keying), amplitúdó billentyűzés: a vivő amplitúdója 0, ha az átvitt bit 0
- többszintű ASK: egy időrásben n bit átvihető, ha 2^n féle amplitúdót használunk,
- zajra nagyon érzékeny



Digitális átvitel

Digitális modulációk

- FSK (Frequency Shift Keying), frekvencia billentyűzés: a vivő frekvenciája különbözik ha 1 -est vagy 0 -t küld az adó
- többszintű FSK: egy időrészben n bit átvihető, ha 2^n féle frekvenciát használunk, pl. $f_1:00$, $f_2:01$, $f_3:10$, $f_4:11$

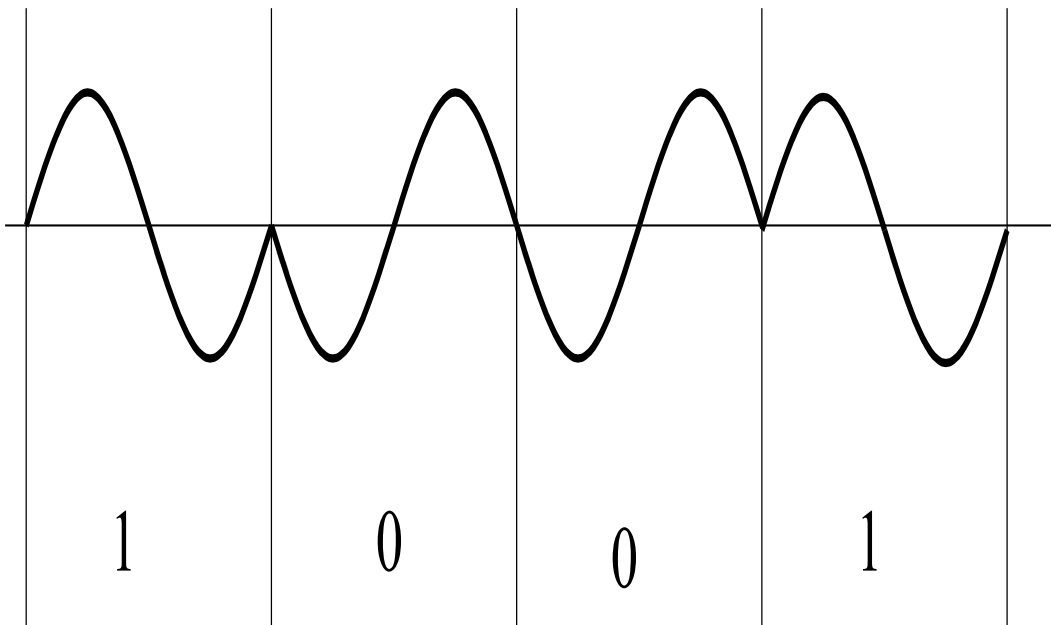


Digitális átvitel

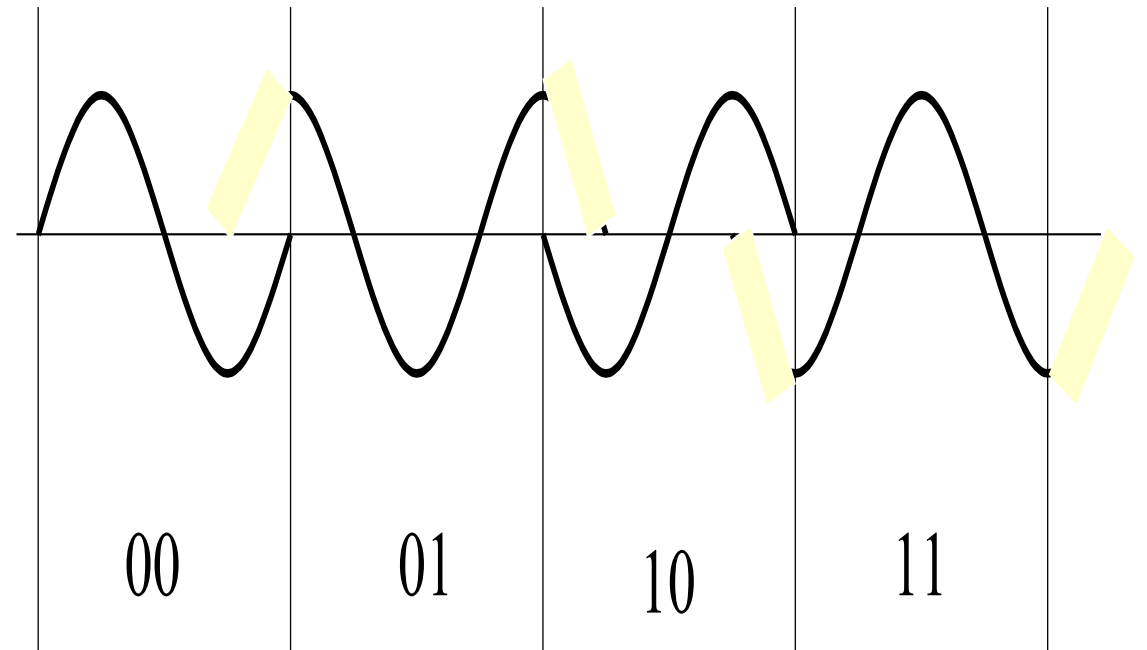
Digitális modulációk

- PSK (Phase Shift Keying), fázis billentyűzés: a vivő fázisa hordozza az információt
- többszintű PSK: n bit átvihető 2^n fázisértékkel

kétszintű PSK: BPSK

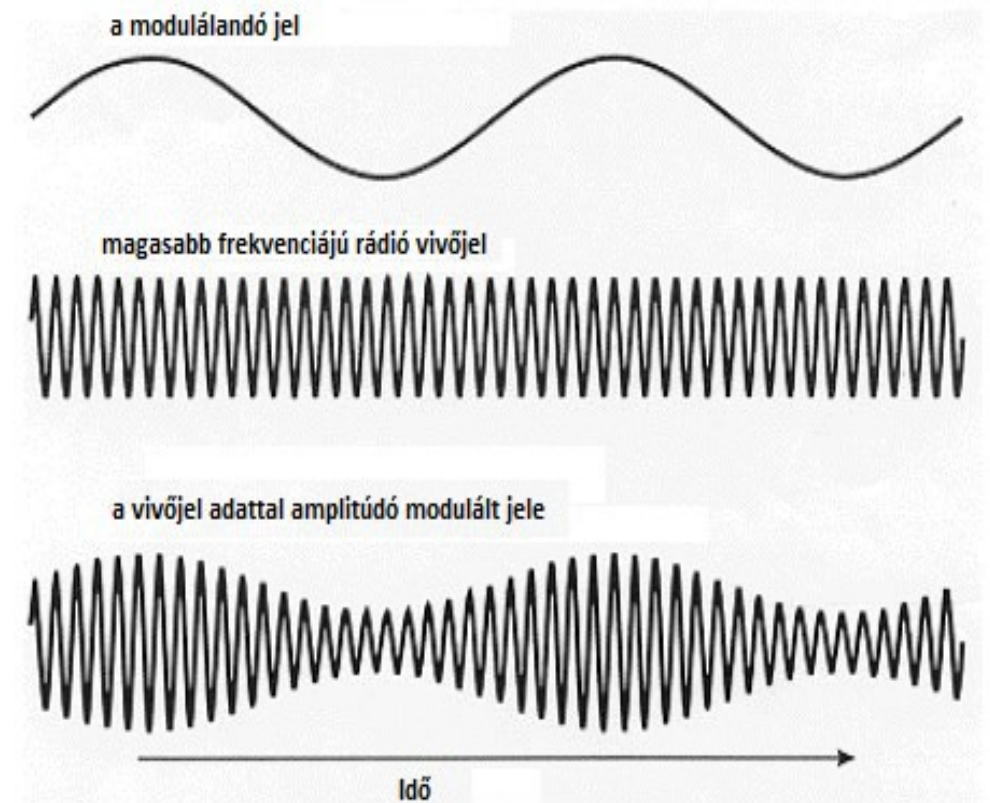
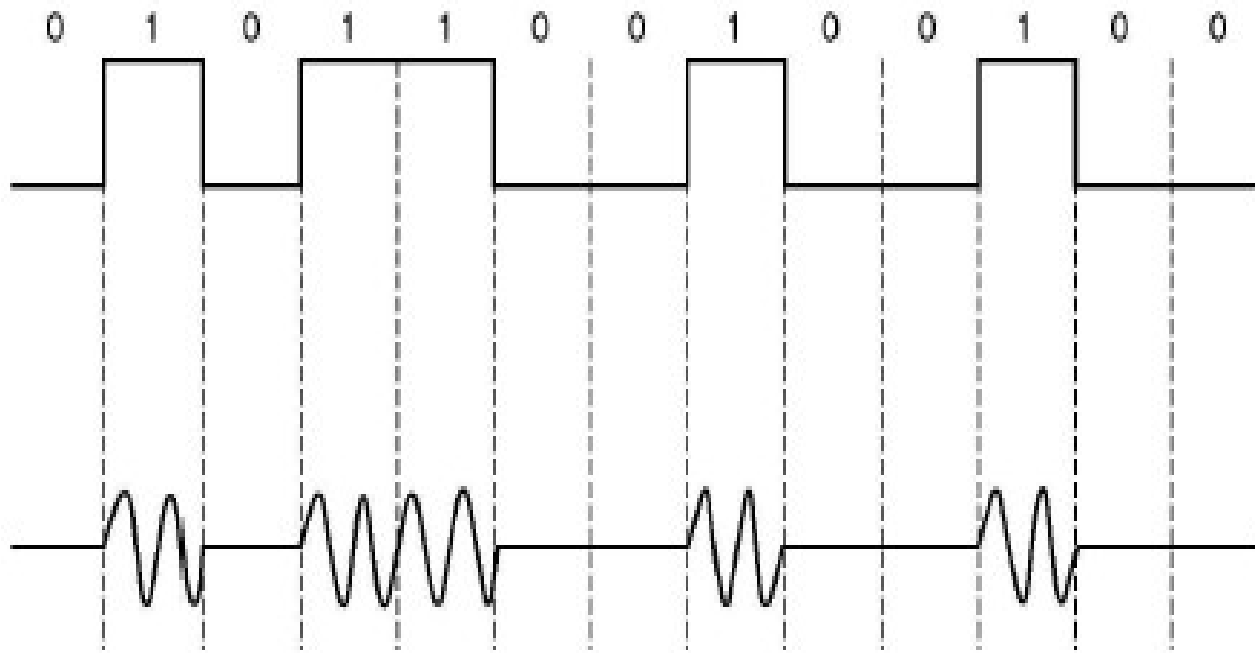


négyszintű PSK: QPSK



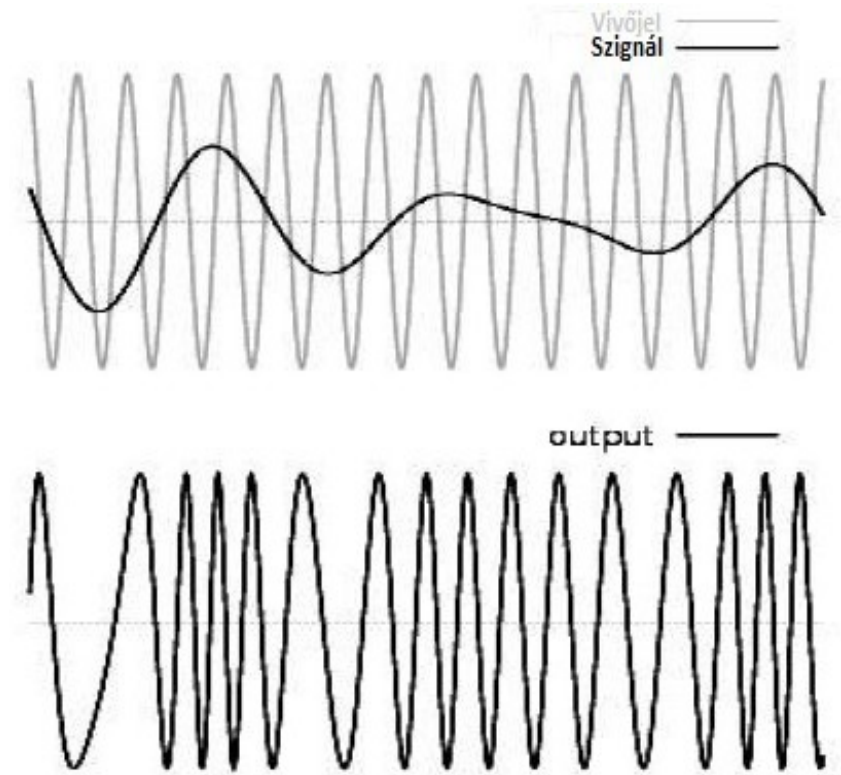
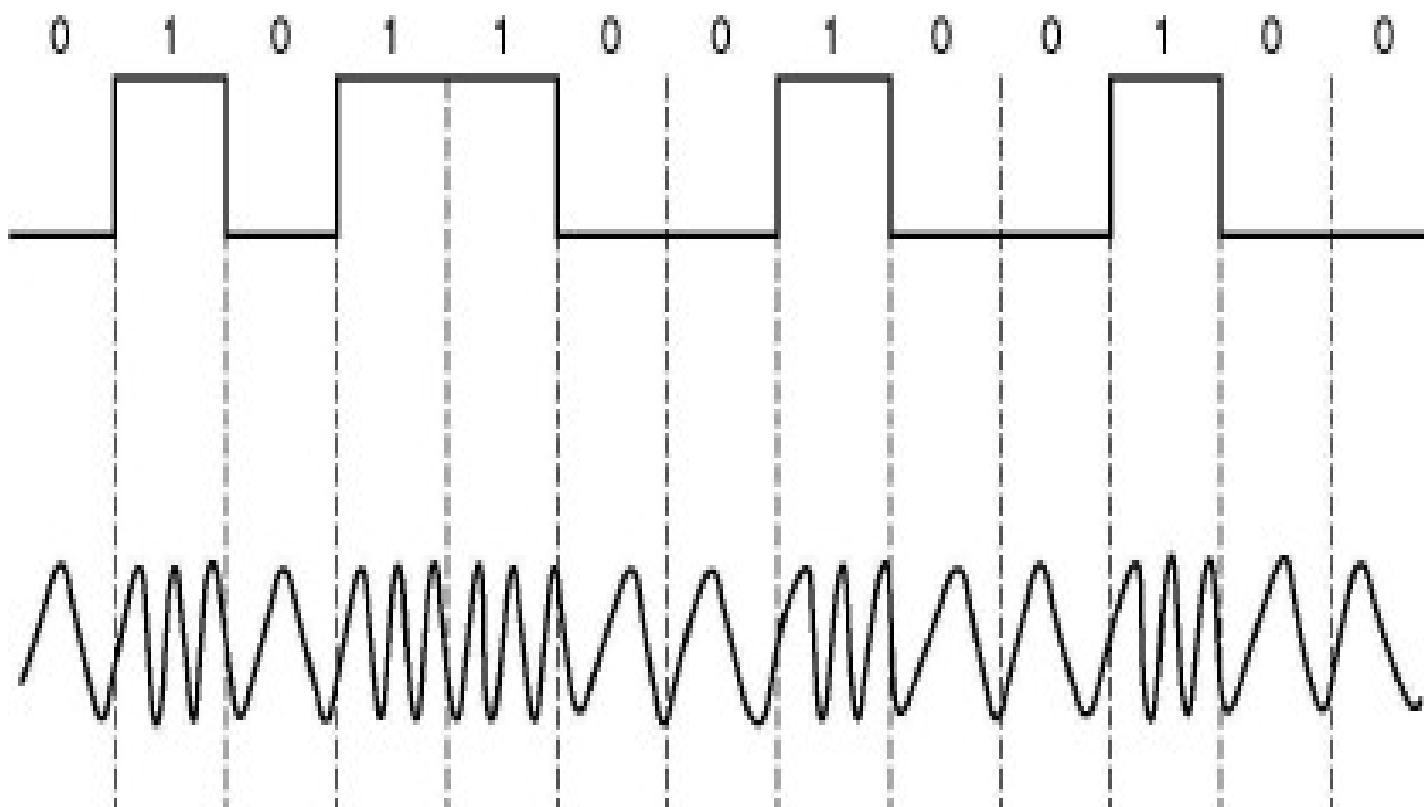
Amplitúdó moduláció

- Az $s(t)$ szignált a szinusz görbe amplitúdójaként kódoljuk
- *Analóg szignál*: amplitúdó moduláció
- *Digitális szignál*: amplitúdó keying (szignál erőssége egy diszkrét halmaz értékeinek megfelelően változik)

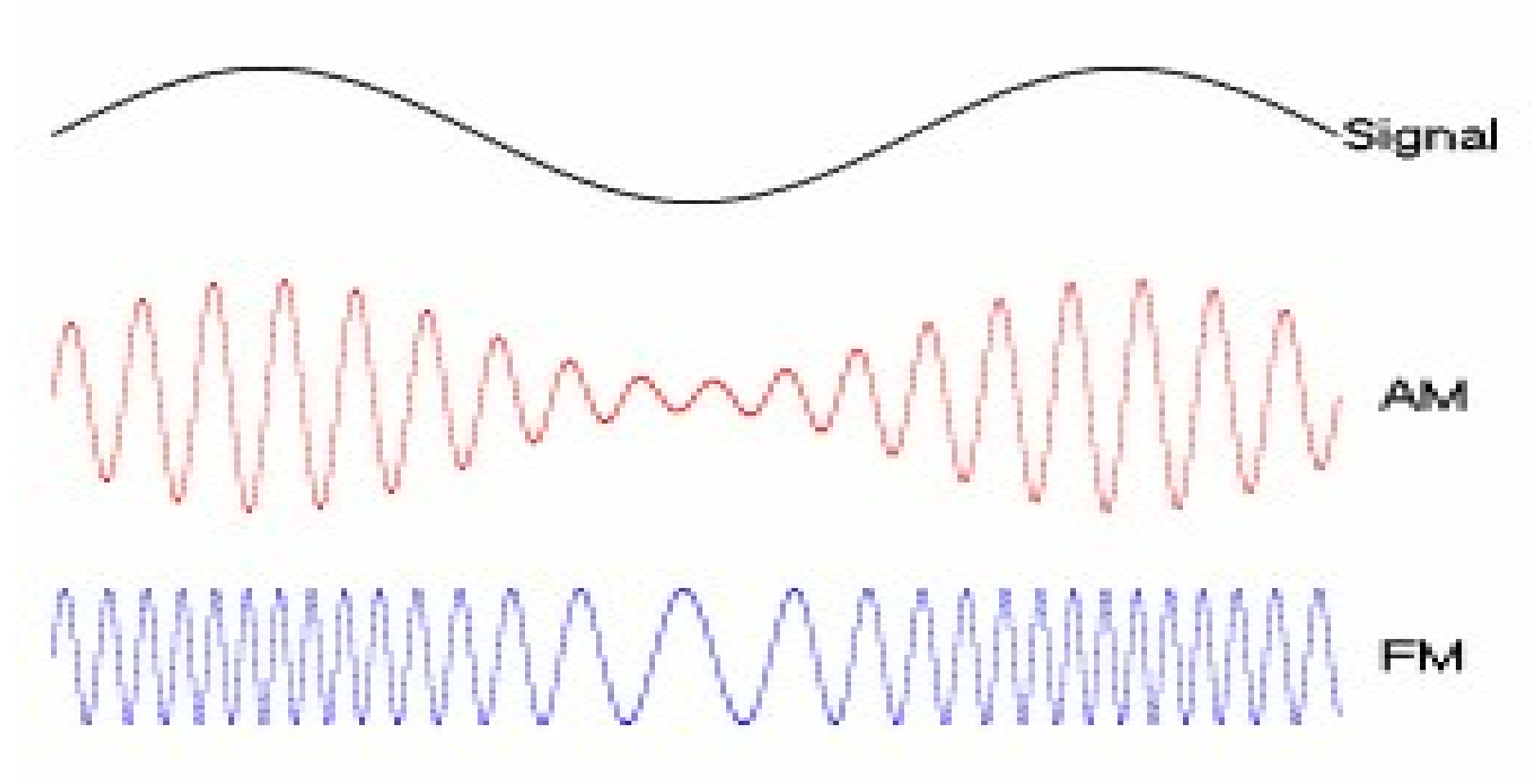


Frekvencia moduláció

- Az $s(t)$ szignált a szinusz görbe frekvenciájában kódoljuk,
- *Analóg szignál*: frekvencia moduláció
- *Digitális szignál*: frekvencia-eltolás keying (például egy diszkrét halmaz szimbólumaihoz különböző frekvenciák hozzárendelésével)

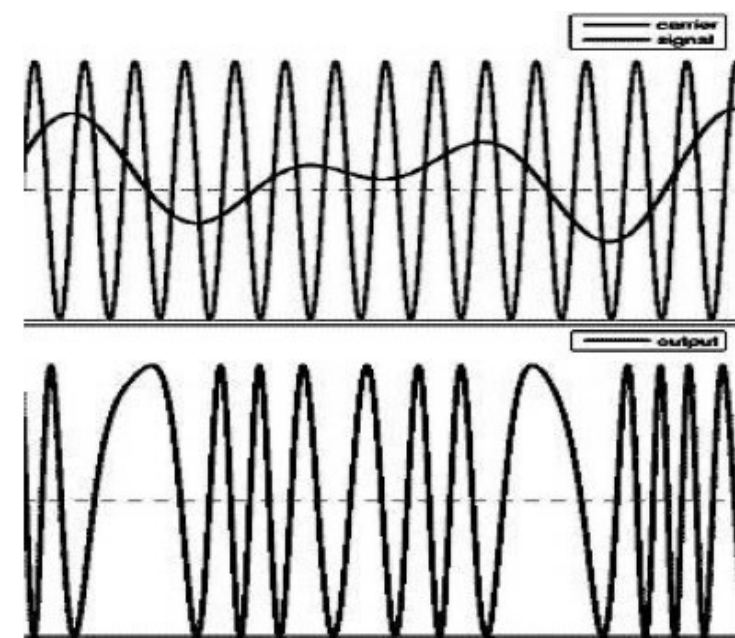
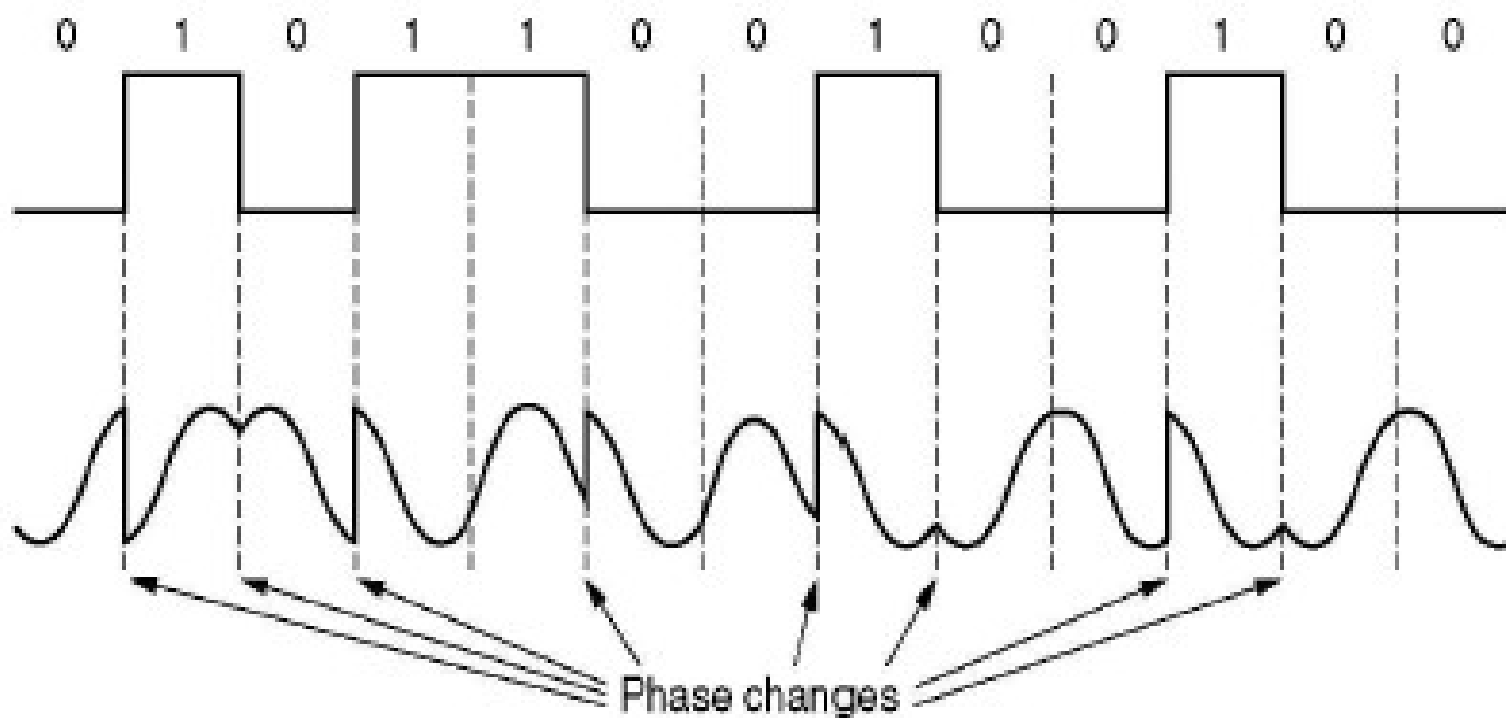


Illusztráció - AM & FM analóg jel esetén



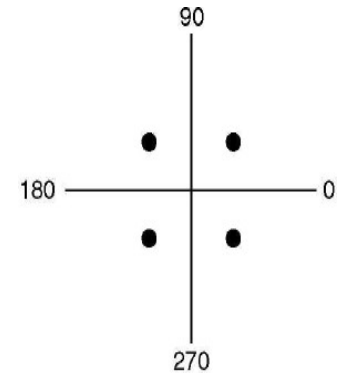
Fázis moduláció

- Az $s(t)$ szignált a szinusz görbe fázisában kódoljuk
 - *analóg szignál*: fázis moduláció (nemigazán használják)
 - *Digitális szignál*: fázis-eltolás keying (például egy diszkrét halmaz szimbólumaihoz különböző fázisok hozzárendelésével)



Több szimbólum használata

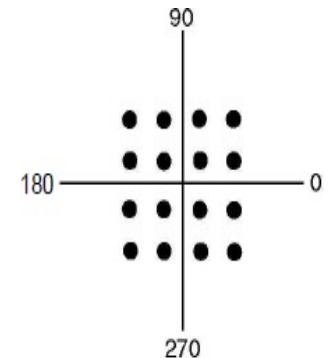
Fázis eltolás például 4 szimbólum esetén:



- Ezzel kétszeres adatrátát kapunk a szimbólum rátához
- Ezt nevezzük **Q**uadrature **P**hase **S**hift **K**eying

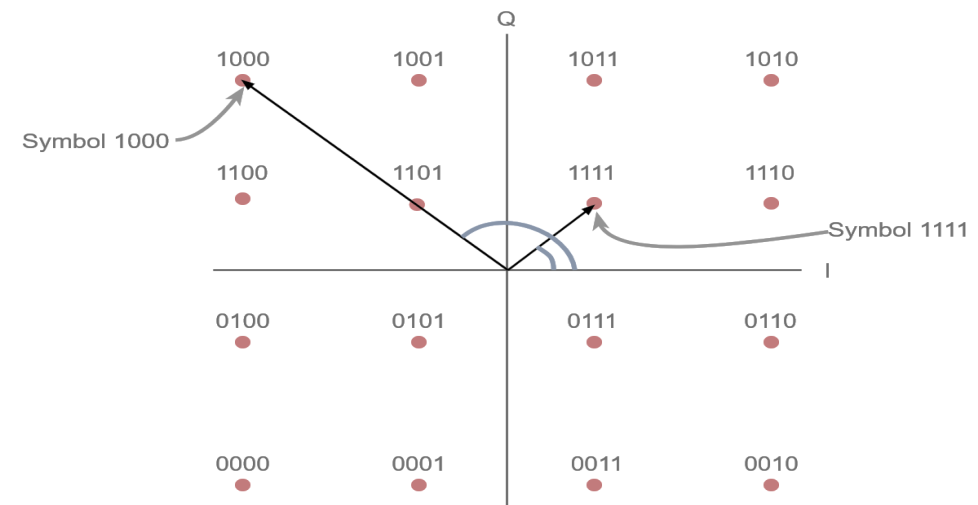
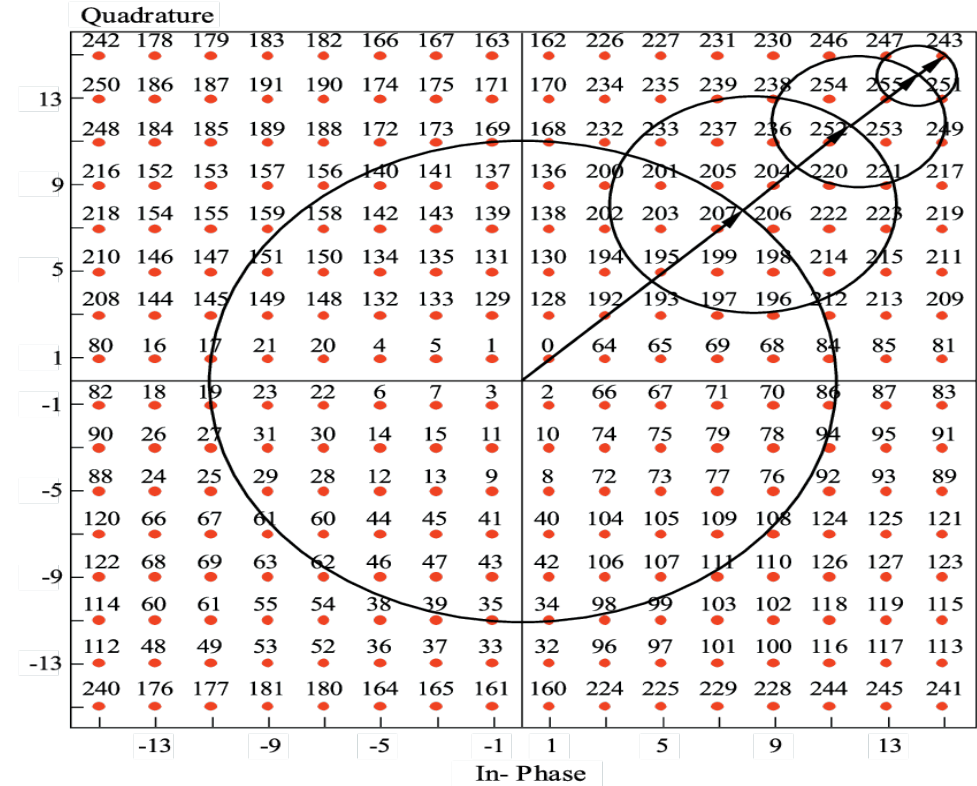
Diszkrét halmaz kódolja a szimbólumokat

- Például 16 különböző szimbólum (amplitúdó és fázis használata)
- Ezzel négyszeres adatrátát kapunk a szimbólum rátához
- Ezt nevezzük **Q**uadrature **A**mplitude **M**odulation-16

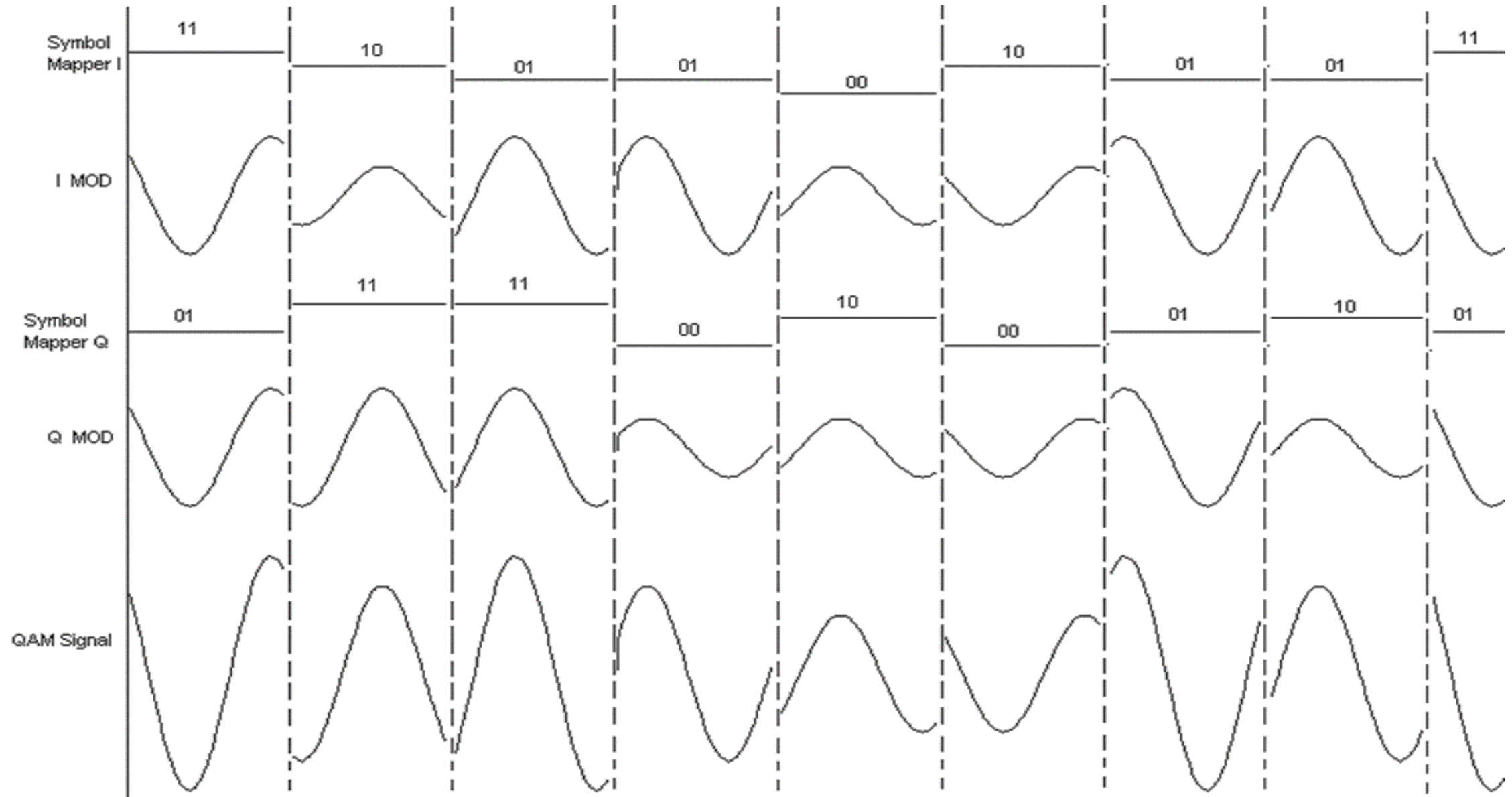


QAM

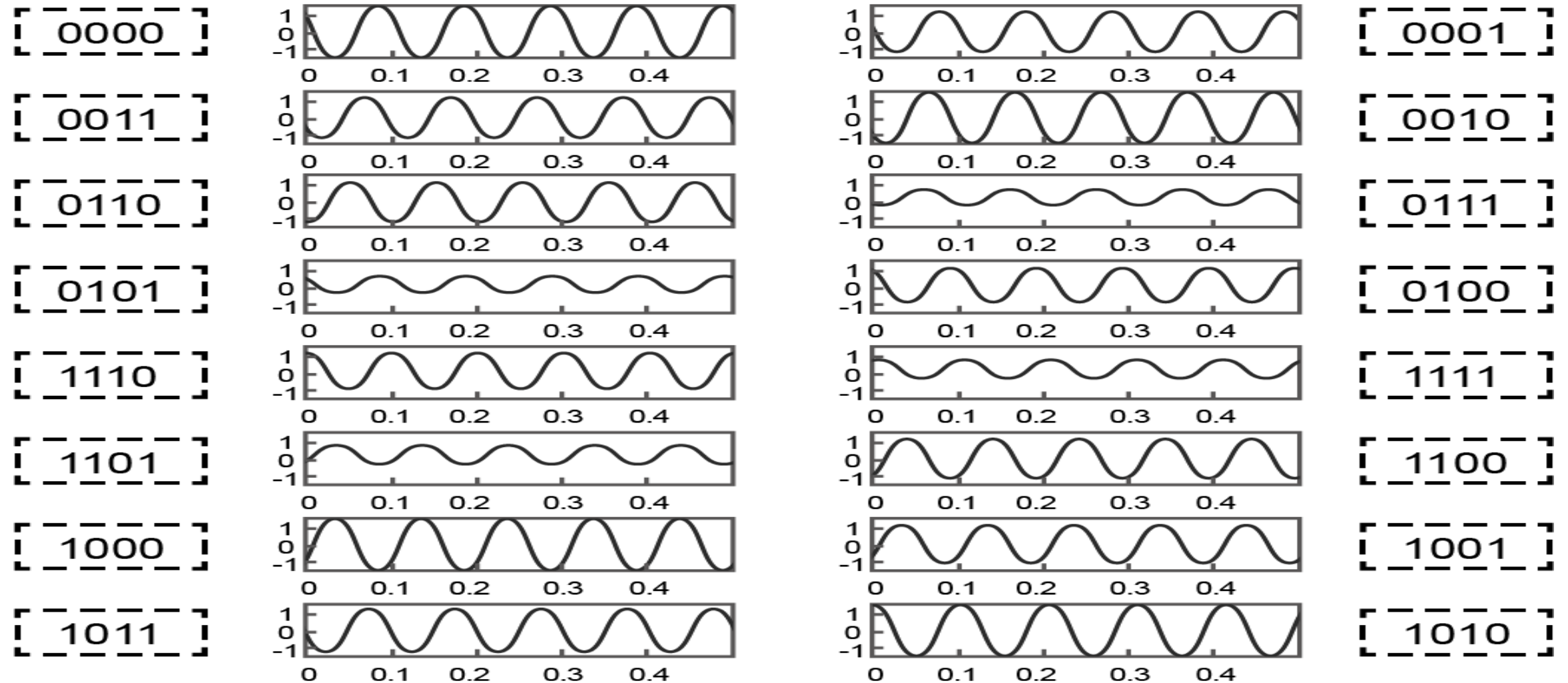
- Amplitúdó- és fázis-moduláció kombinálhatóak a módszerek.
- A kvadratúra amplitúdómoduláció (angolul Quadrature Amplitude Modulation, QAM) egy modulációs eljárás, ahol az információt részben a vivőhullám amplitúdójának változtatásával, részben annak fázisváltoztatásával („kvadratúra”) kódolják.
- Ezzel a módszerrel 4 - 256 féle digitális minta állítható elő



Amplitúdó- és fázis-moduláció



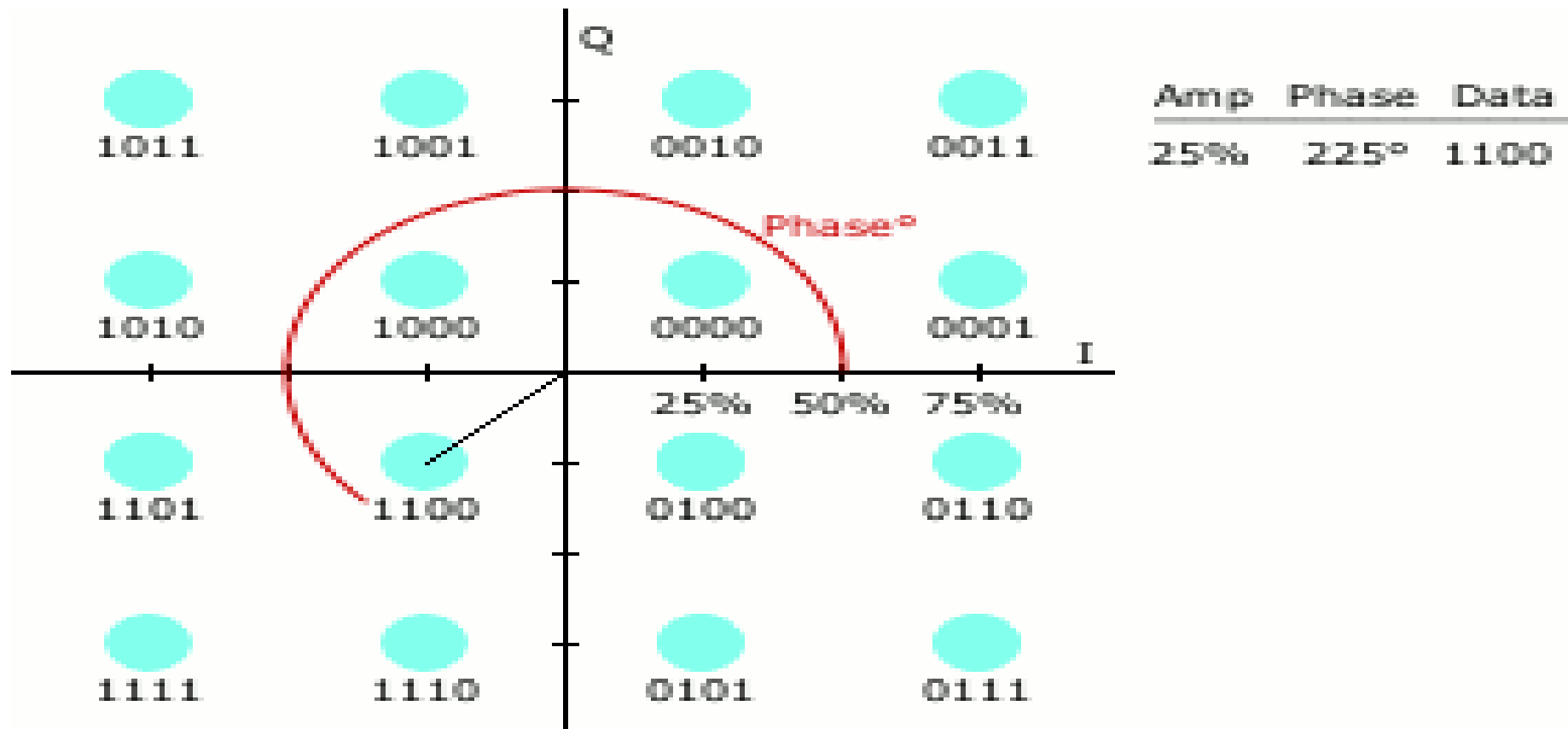
Amplitúdó- és fázis-moduláció jelalakok digitális jelentései



QAM 16 működése

Működés animáció

vagy [is itt](#)



QAM 16 működése

