

# Curs

---

## Nivelul fizic

### Tehnici de codare a semnalelor

# Tehnici de codare

---

- Date digitale, semnale digitale
- Date analogice, semnale digitale
- Date digitale, semnale analogice
- Date analogice, semnale analogice

# **Date digitale, semnale digitale**

---

- Semnale digitale
  - Valori discrete, discontinui ale tensiunii
  - Fiecare element de semnal e constituit dintr-un puls
  - Date binare, codate în elemente de semnal

# Termeni folosiți (1)

---

- Unipolar
  - Toate elementele de semnal au aceeași polaritate (semn)
- Polar
  - O stare logică e reprezentată prin tensiune negativă, cealaltă prin tensiune pozitivă
- Rata de transfer a datelor
  - Rata de transfer a datelor transmise, în biți pe secundă
- Durata (lungimea) unui bit
  - Timpul necesar pentru a emite un bit

# Termeni folosiți (2)

---

- Viteza de modulație
  - Cât de repede se schimbă nivelul semnalului
  - Măsurat în BAUD = elemente de semnal pe secundă
- Mark și Space
  - Valori binare 1 respectiv 0

# Interpretarea semnalelor

---

- Trebuie cunoscut
  - Sincronizare de bit – timpul de start/stop
  - Nivele de semnal
- Factori care afectează interpretarea semnalelor
  - Raportul semnal/zgomot
  - Rata de transfer a datelor
  - Banda de trecere

# Comparație între schemele de codare (1)

---

- Spectrul semnalului
  - Lipsa frecvențelor înalte reduce banda de trecere cerută
  - Lipsa componentei DC permite cuplajul inductiv (prin transformator) pentru asigurarea izolației
  - Concentrarea puterii la mijlocul benzii de trecere
- Semnalul de ceas
  - Sincronizare între transmițător și receptor
  - Clock extern
  - Mecanisme de sincronizare bazate pe semnal

# Comparație între schemele de codare(2)

---

- Detecția erorilor
  - Poate fi realizată în cadrul codării semnalului
- Imunitate la interferențe și zgomot
  - Unele coduri sunt mai bune decât altele
- Cost și complexitate
  - Rata de transfer a semnalului (și a datelor aferente) duce la costuri mai mari
  - Unele coduri cer rata de transfer a semnalului mai mare decât a datelor

# Scheme de codare

---

- A. Nonreturn to Zero-Level (NRZ-L)
- B. Nonreturn to Zero Inverted (NRZI)
- C. Bipolar -AMI
- D. Pseudoternary
- E. Manchester
- F. Differential Manchester
- G. B8ZS
- H. HDB3

# A. Nonreturn to Zero-Level (NRZ-L)

---

- Două tensiuni diferite pentru biții 0 și 1
- Tensiunea constantă pe durata unui bit
- ex. Absența tensiunii pentru zero, tensiune constantă pozitivă pentru unu
- Mai des folosit: tensiune negativă pentru o valoare și tensiune pozitivă pentru cealaltă
- NRZ-L

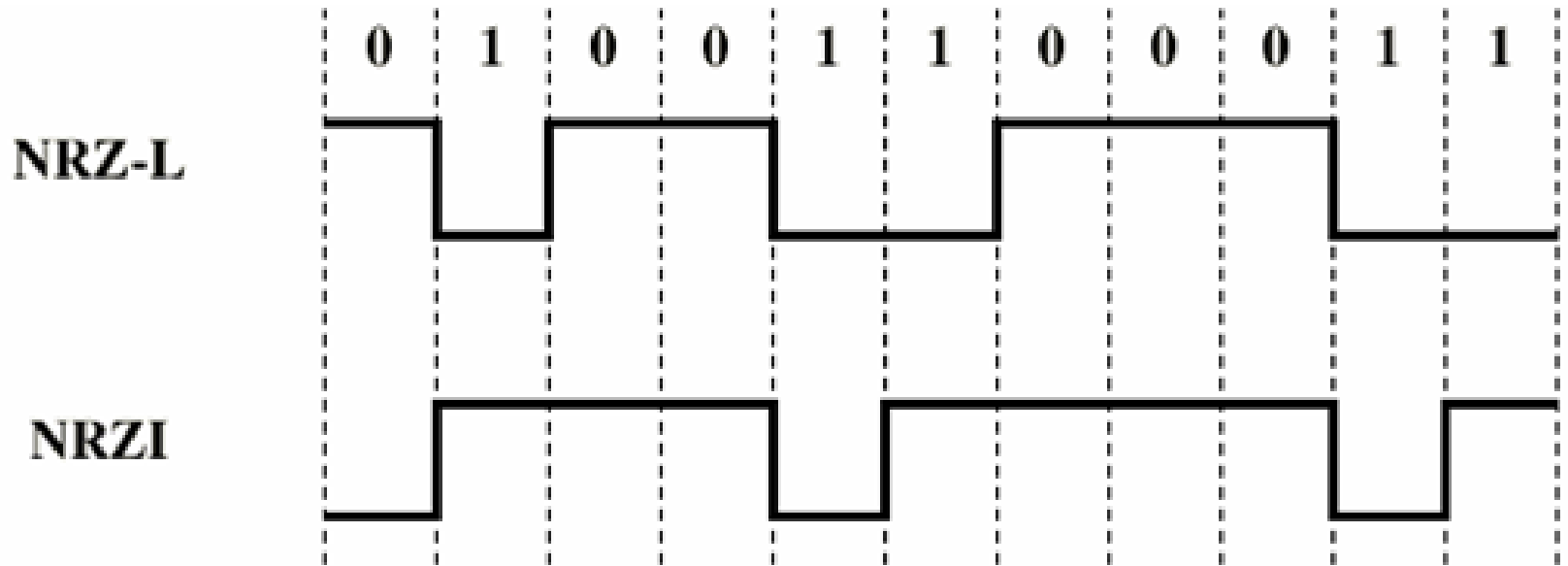
# B. Nonreturn to Zero Inverted (NRZI)

---

- Nonreturn to zero inversat la unu
- Valoare constantă a tensiunii pe durata unui bit
- Data codificată ca prezență sau absență a tranziției semnalului la începutul unui bit
- Tranziția (low to high sau high to low) înseamnă logic 1
- Lipsa tranziției înseamnă logic 0
- Este un exemplu de codare diferențială

# NRZ

---



# Codare diferențială

---

- Datele sunt reprezentate prin tranziție, nu prin nivel
- Este mai sigur să detectezi tranziția decât nivelul
- În transmisiuni complexe, este simplu să pierzi noțiunea de polaritate

# NRZ pro și contra

---

- Pro
  - Ușor de construit
  - Folosește eficient banda de trecere
- Contra
  - Componentă de DC
  - Nu se poate realiza sincronizarea
- Folosit la înregistrări magnetice
- Nu e des folosit la transmisiile de semnale

# Binar Multilevel

---

- Folosește mai mult de 2 nivele

## C. Bipolar-AMI (alternate mark inversion)

- Zero reprezentat prin lipsa semnalului
- Unu reprezentat prin puls pozitiv sau negativ
- Pulsurile de unu alternează în polaritate
- Nu se pierde sincronizarea dacă există un șir lung de unu (zero încă reprezintă o problemă)
- Nu există DC
- Bandă de trecere mai mică
- Detectie de erori facilă

# D. Pseudoternary

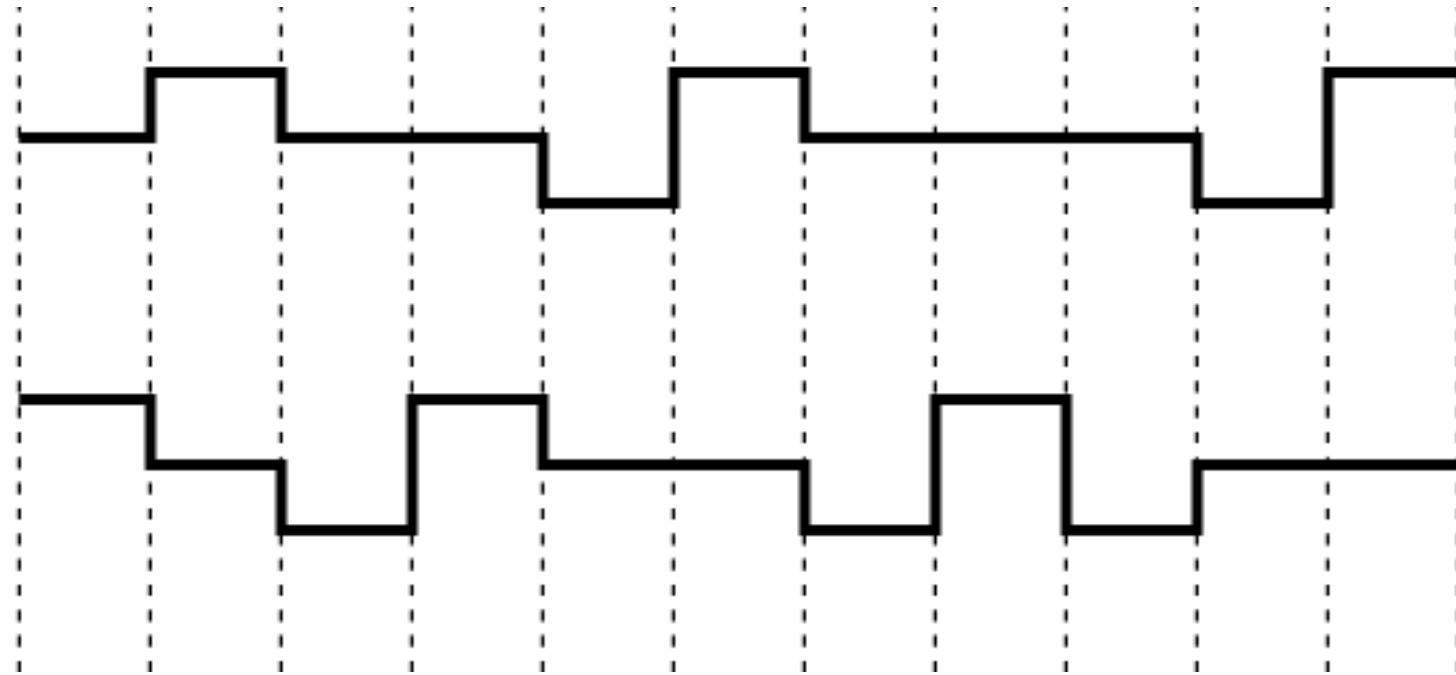
---

- Unu reprezentat de lipsa semnalului
- Zero reprezentat de alternanță pozitivă și negativă
- Nu există avantaje sau dezavantaje față de bipolar-AMI

# Bipolar-AMI și Pseudoternary

---

**Bipolar-AMI**  
(most recent preceding 1 bit has negative voltage)



**Pseudoternary**  
(most recent preceding 0 bit has negative voltage)

# Consecințe ale codării Binar Multilevel

---

- Nu e la fel de eficient ca NRZ
  - Fiecare element de semnal reprezintă 1 bit
  - Un sistem cu trei nivele poate reprezenta
$$\log_2 3 = 1.58 \text{ biți}$$
  - Receptorul trebuie să facă diferența între 3 nivele de semnal (+A, -A, 0)
  - Cere aproximativ 3dB mai multă putere a semnalului pentru aceeași probabilitate de eroare

# Codare bifază

---

## E. Manchester

- Tranziție la mijlocul perioadei fiecărui bit
- Tranzițiile servesc ca ceas și date
- Low to high reprezintă unu
- High to low reprezintă zero
- Folosit de IEEE 802.3

# F. Differential Manchester

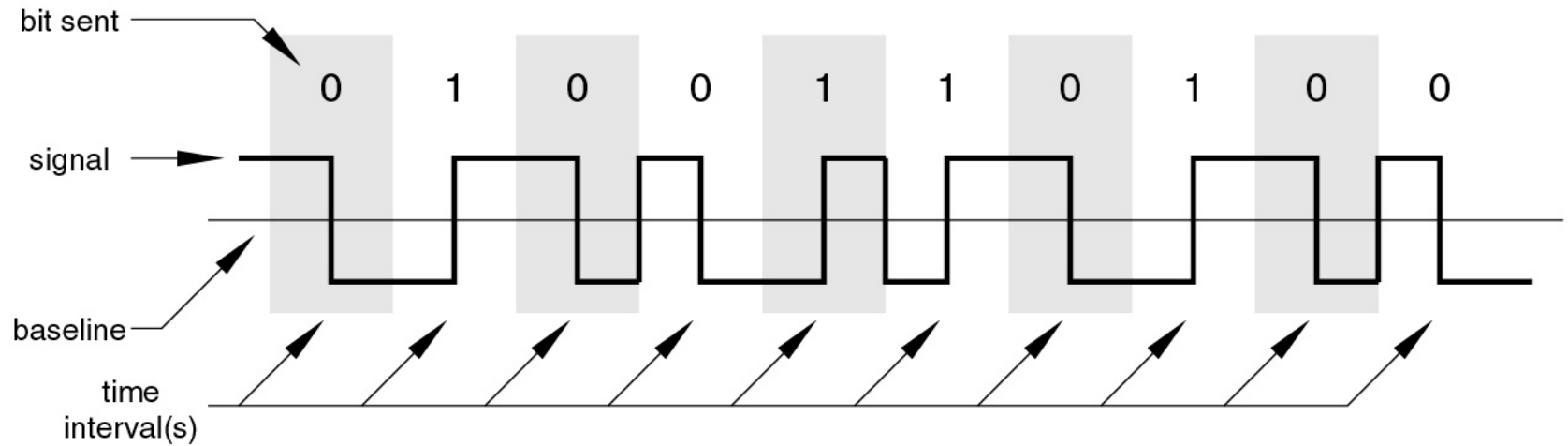
---

- Tranziția la mijlocul perioadei de bit este folosită doar pentru ceas
- Tranziția la începutul bitului înseamnă zero
- Lipsa tranziției la începutul bitului înseamnă unu
- Este o schemă de codare diferențială
- Folosită la IEEE 802.5

# Codare Manchester

---

## Manchester Encoding

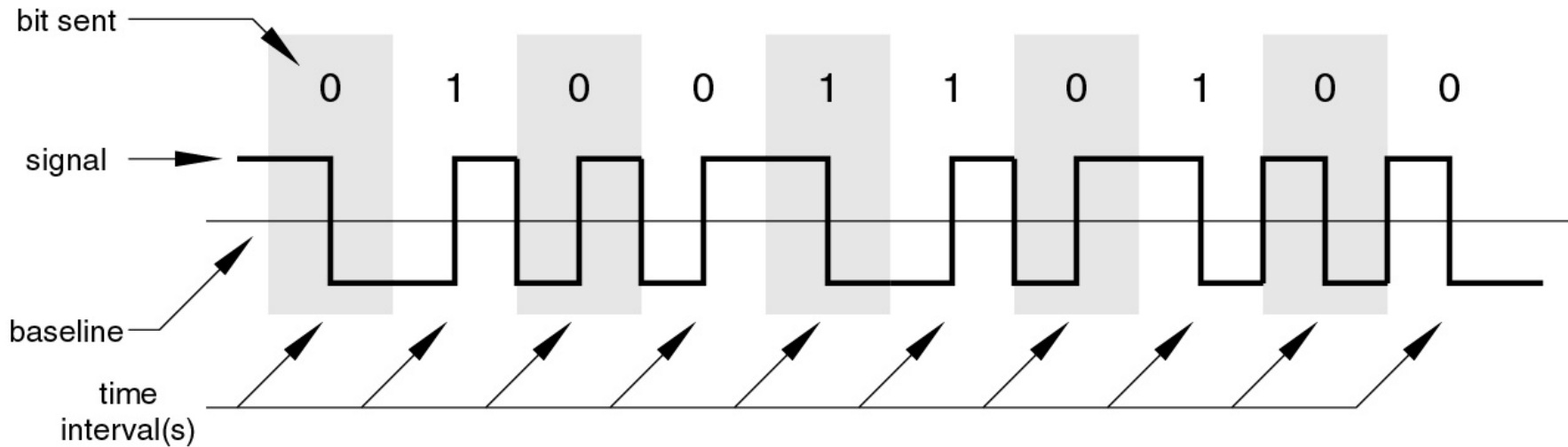


# Codare

# Differential Manchester

---

## Differential Manchester Encoding

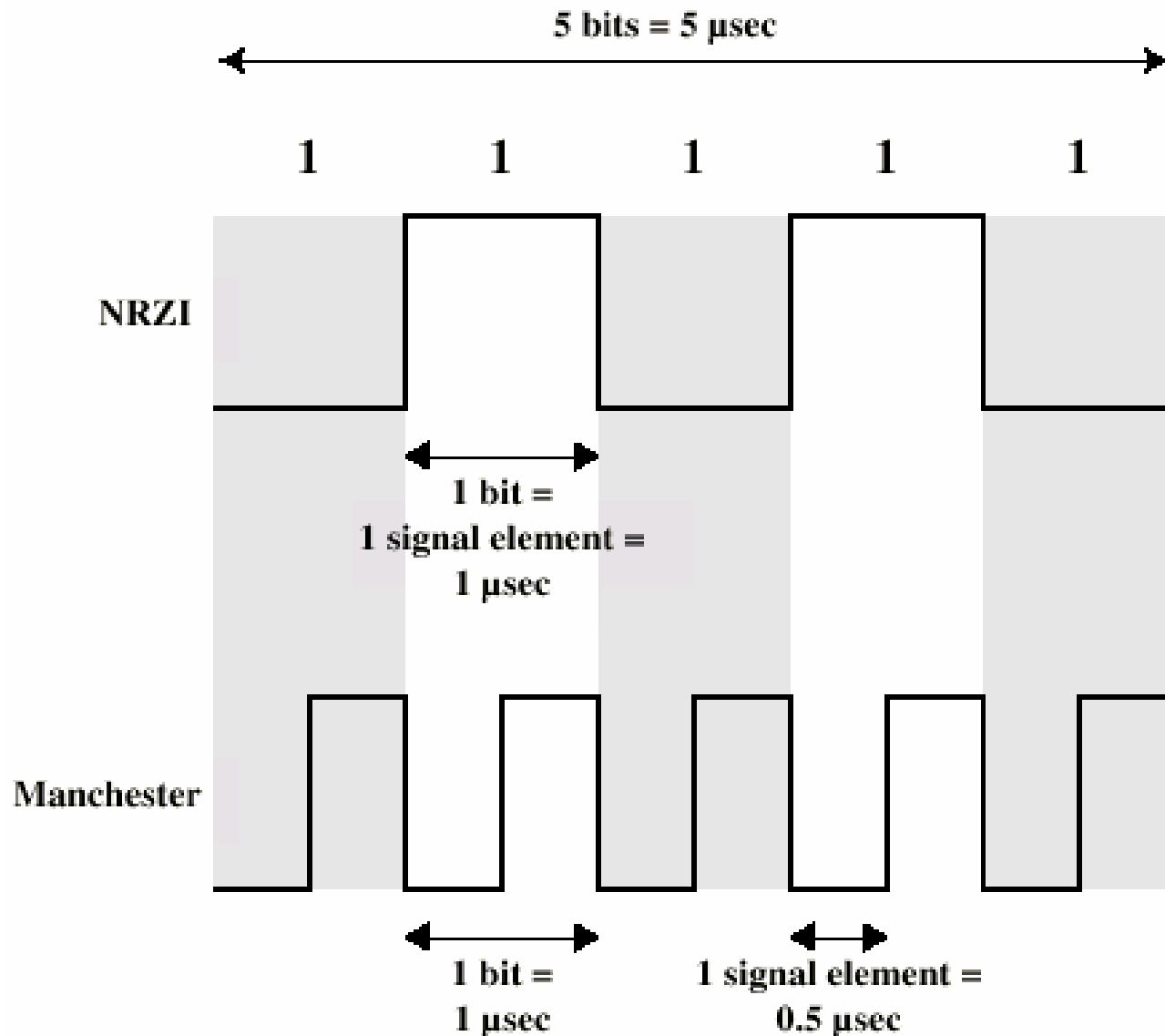


# Codare bifază: Pro și contra

---

- Contra
  - Cel puțin o tranziție pe bit și posibil 2
  - Viteza de modulație maximă e dublă decât la NRZ
  - Cere mai multă bandă de trecere
- Pro
  - Sincronizare la mijlocul bitului (self clocking)
  - Nu există componentă DC
  - Detectia erorilor
    - Absența tranziției așteptate

# Viteza de modulație



# Scrambling

---

- Folosit pentru a înlocui secvențele care ar produce tensiune constantă
- Secvența de umplere
  - Trebuie să producă destule tranziții pentru sincronizare
  - Trebuie recunoscut de receptor și înlocuit cu originalul
  - Aceeași lungime ca originalul
- Fără componentă DC
- Nu există secvențe lungi de nivel zero pe linia de semnal
- Nu reduce rata de transfer
- Posibilitate de detecție a erorilor

# G. B8ZS

---

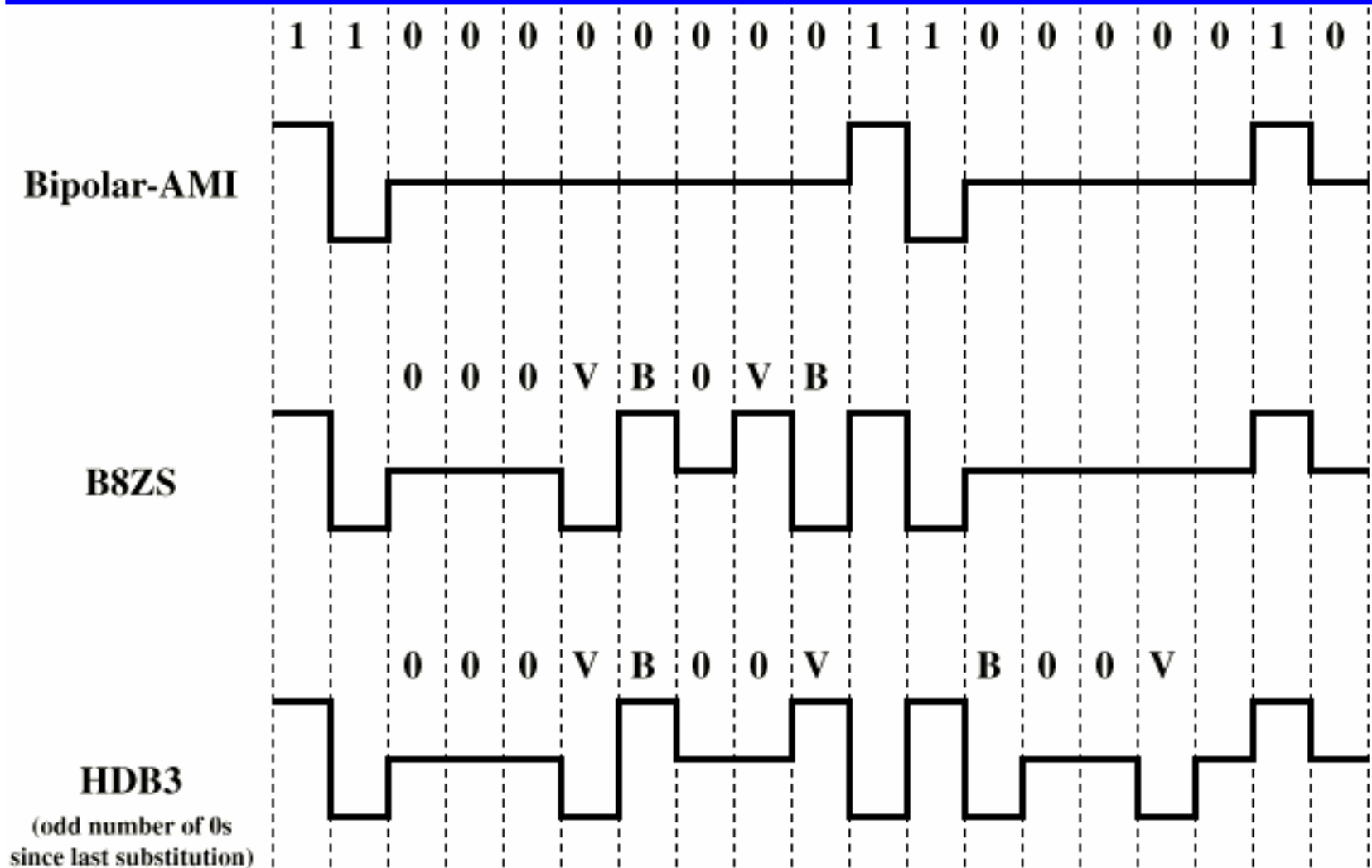
- Bipolar With 8 Zeros Substitution
- Se bazează pe bipolar-AMI
- Dacă octetul este zero și ultimul nivel de tensiune a fost pozitiv, se codifică 000+-0-+
- Dacă octetul este zero și ultimul nivel de tensiune a fost negativ, se codifică 000-+0+-
- Produce 2 violări al codului AMI
- Improbabil să apară ca urmare a zgomotului
- Receptorul detectează și interpretează octetul ca zero

# H. HDB3

---

- High Density Bipolar 3 Zeros
- Based on bipolar-AMI
- Șirul de 4 zero înlocuit de unul sau 2 pulsuri

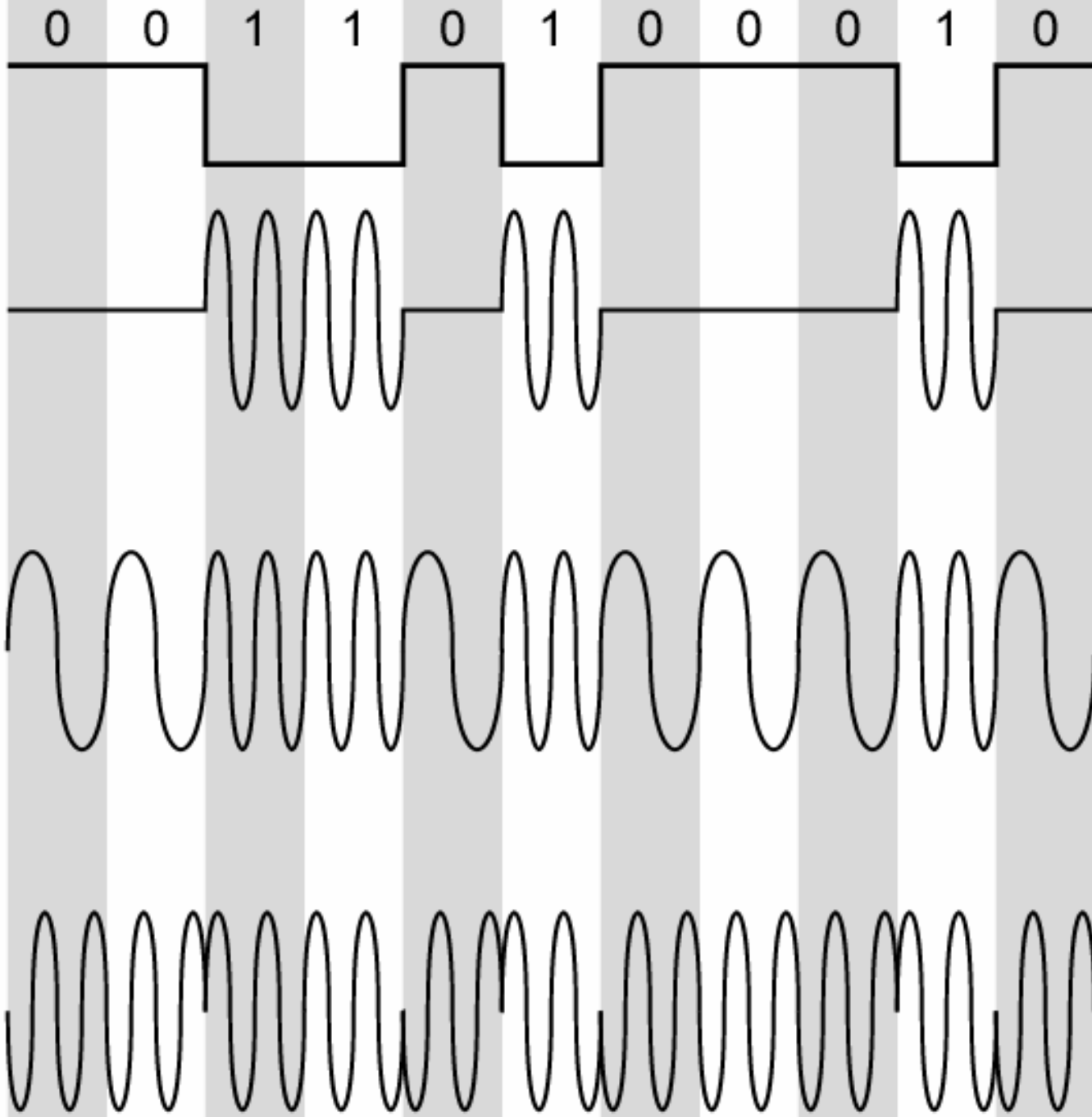
# B8ZS and HDB3



# Date digitale, semnale analogice

---

- Folosit în sistemul telefonic
  - 300Hz la 3400Hz
  - Folosește modem (modulator-demodulator)
- A. Amplitude shift keying (ASK)
- B. Frequency shift keying (FSK)
- C. Phase shift keying (PSK)



(a) ASK

(b) BFSK

(c) BPSK

# A. Amplitude Shift Keying

---

- Valori reprezentate de amplitudini diferite ale purtătoarei
- De obicei, una dintre amplitudini e zero
  - E folosită prezența sau absența purtătoarei
- Influențată de modificări bruște de câștig
- Ineficient
- Până la 1200bps la linii de voce
- Folosit pe fibră optică

## **B. Binary Frequency Shift Keying**

---

- Cea mai frecventă formă este binary FSK (BFSK)
- Două valori binare reprezentate de două frecvențe diferite (în apropierea purtătoarei)
- Mai puțin sensibilă la erori decât ASK
- Până la 1200bps la linii de voce
- Radio de înaltă frecvență
- Înaltă frecvență pe LAN folosind cablu coaxial

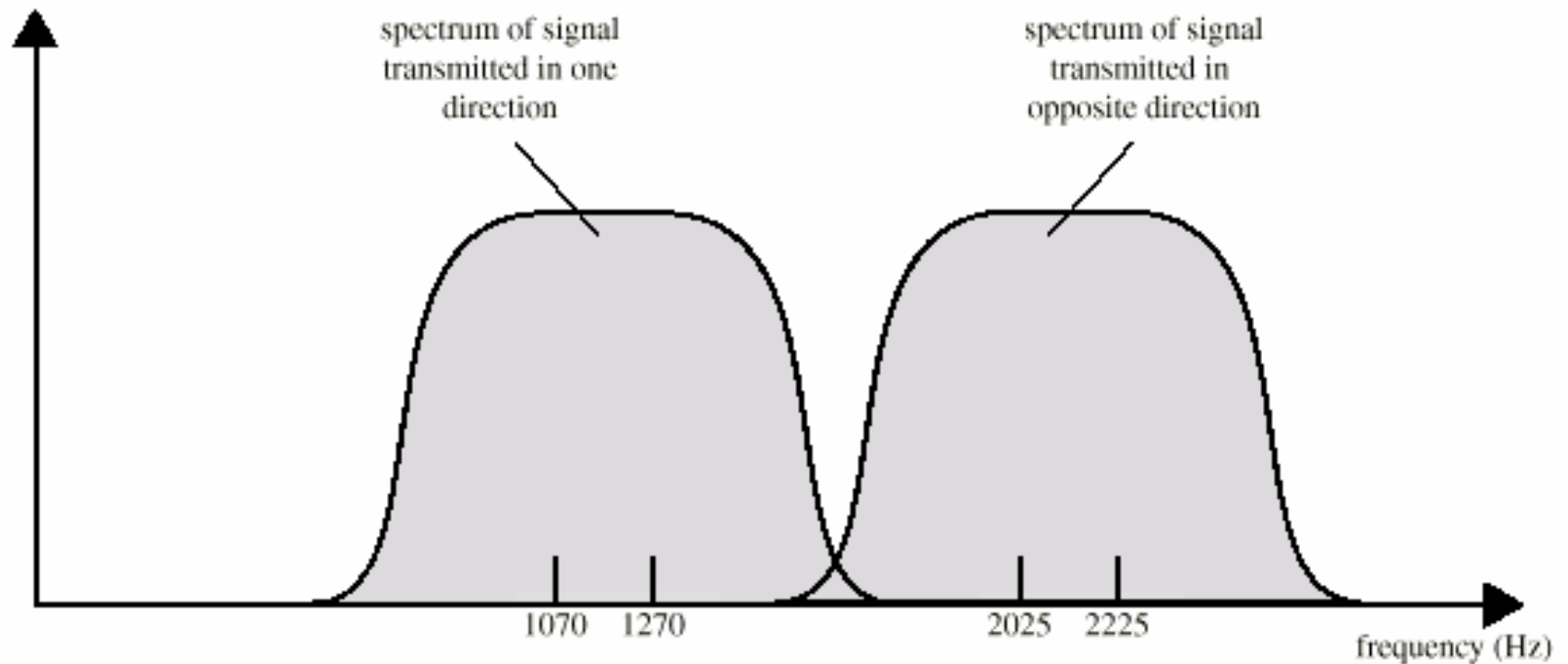
# Multiple FSK

---

- Mai mult de 2 frecvențe folosite
- Mai eficient din punct de vedere a benzii
- Mai sensibil la erori
- Fiecare element de semnal reprezintă mai mult de 1 bit

# FSK pe linii de voce

signal strength



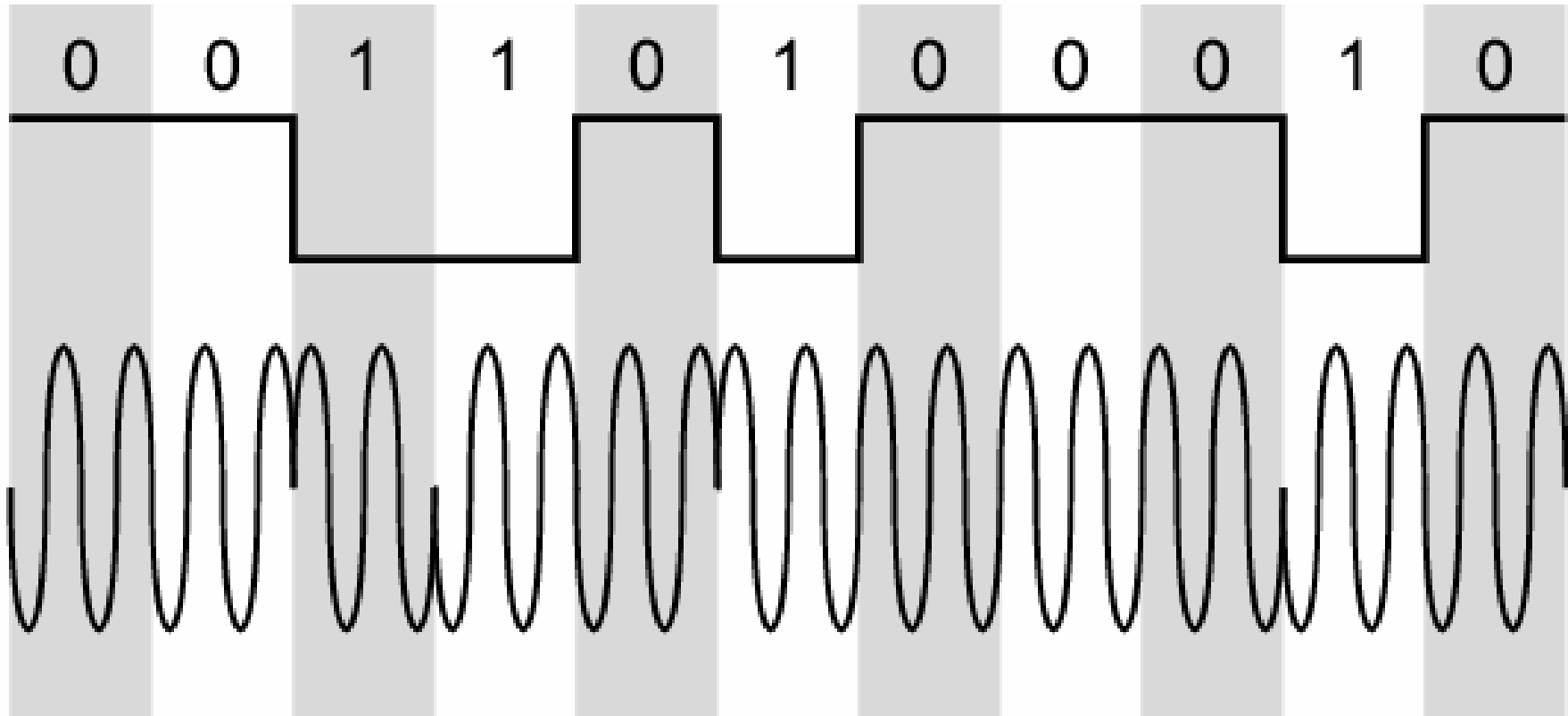
# Phase Shift Keying

---

- Datele sunt reprezentate prin deplasarea fazei semnalului purtător
- Binary PSK
  - Două faze pentru reprezentarea a două valori binare
- Differential PSK
  - Faza se deplasează relativ la transmisia anterioară și nu față de o valoare de referință

# Differential PSK

---

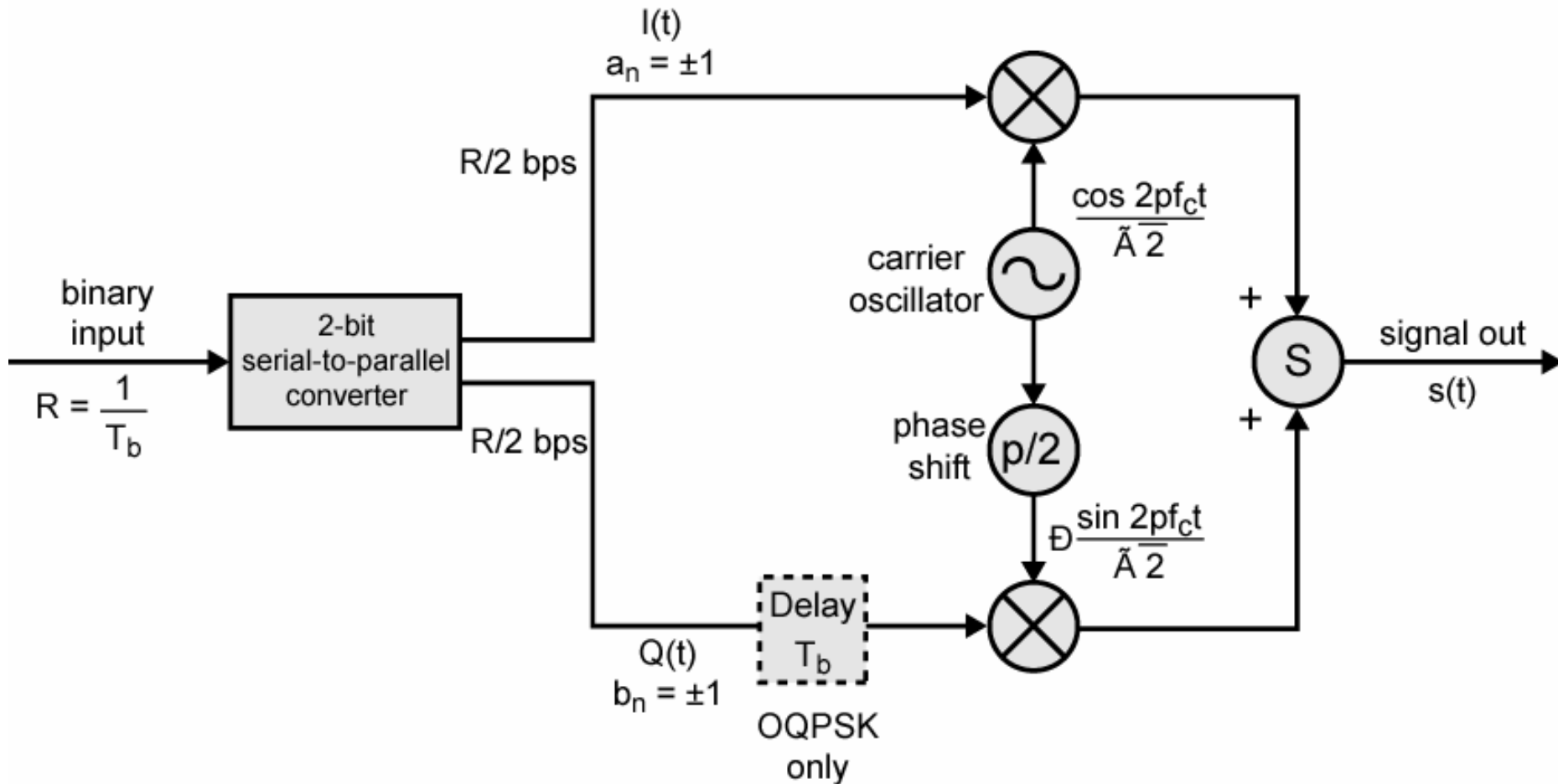


# Quadrature PSK

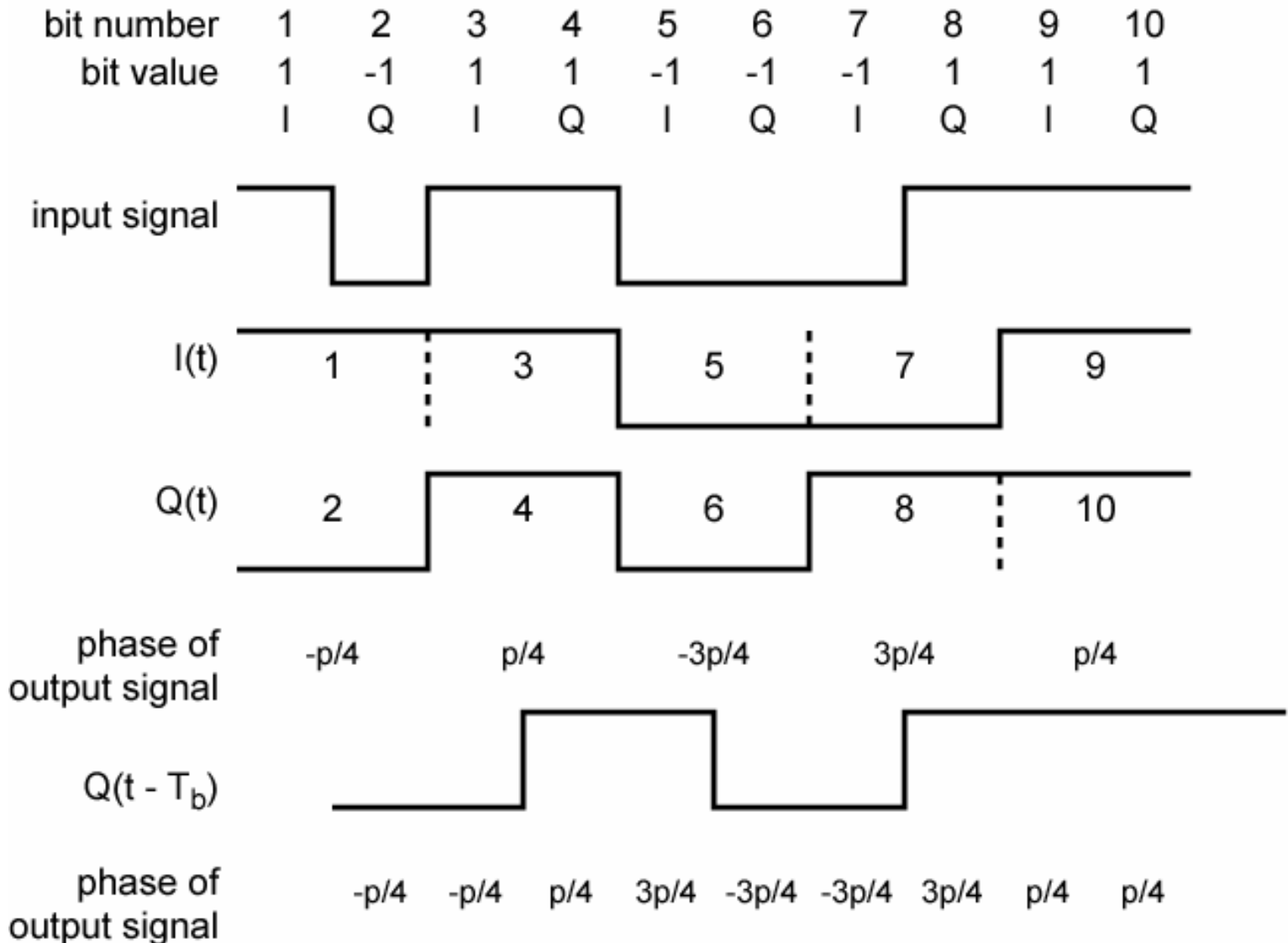
---

- Folosire mai eficientă a fiecărui element de semnal
- Fiecare element de semnal codifică mai mult de 1 bit
  - ex. Deplasare de  $\pi/2$  ( $90^\circ$ )
  - Fiecare element reprezintă 2 biți
  - Poate folosi 8 unghiuri de fază și poate avea mai multe amplitudini
  - Modem cu 9600bps folosind 12 unghiuri, dintre care 4 au câte 2 amplitudini
- Offset QPSK (orthogonal QPSK)
  - Întârziere pe canalul Q
  - Reduce fluctuațiile de amplitudine
  - Îmbunătățește distribuția spectrală

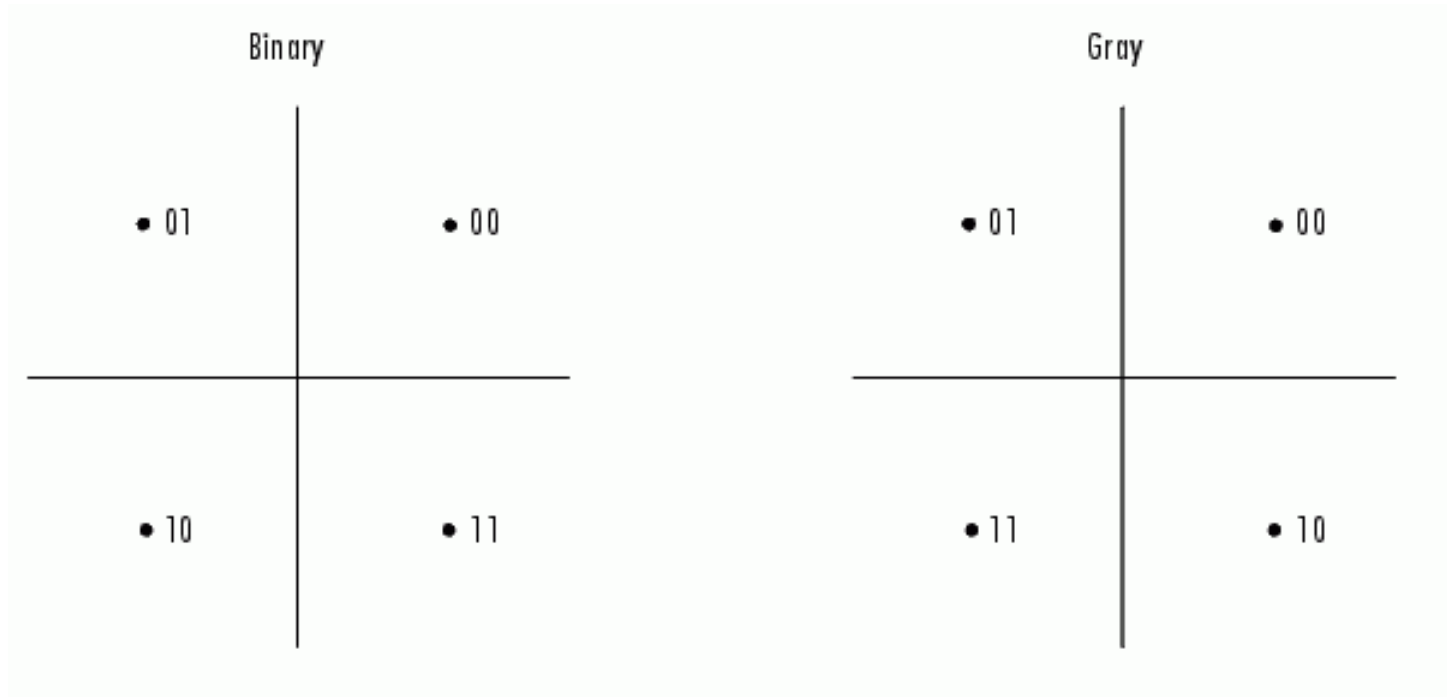
# Modulator QPSK și OQPSK



# Exemple de forme de undă pentru QPSK și OQPSK



# Distribuția fazelor pentru QPSK



# Performanța schemelor de modulație digital-analog

---

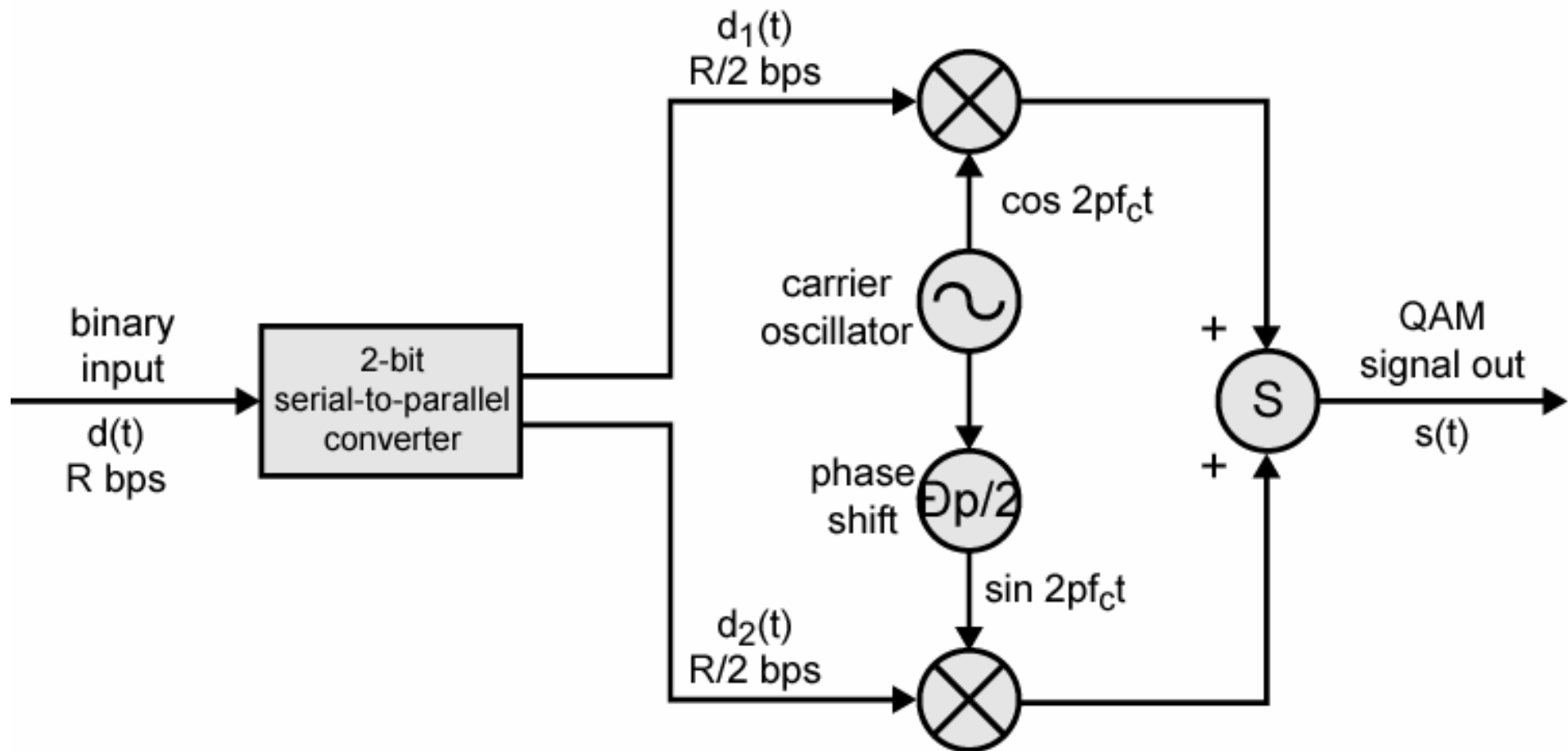
- Banda
  - Banda ASK și PSK proporțională cu rata de transfer
  - Banda FSK proporțională cu rata de transfer pentru frecvențe joase, și cu diferența între frecvențele modulatorie la frecvențe mari
- În prezența zgomotului, rata de erori pentru un bit la PSK și QPSK este cu 3dB mai bună decât la ASK și FSK

# Quadrature Amplitude Modulation

---

- QAM folosit la "asymmetric digital subscriber line" (ADSL) și wireless
- Combinație între ASK și PSK
- Extensie logică a QPSK
- Trimite 2 semnale simultan pe aceeași frecvență purtătoare
  - Folosește 2 copii ale purtătoarei, una deplasată cu  $90^\circ$
  - Fiecare purtătoare este modulată ASK
  - 2 semnale independente pe același mediu
  - Demodulare și combinare pentru reconstrucția semnalului original

# QAM Modulator



# Nivele QAM

---

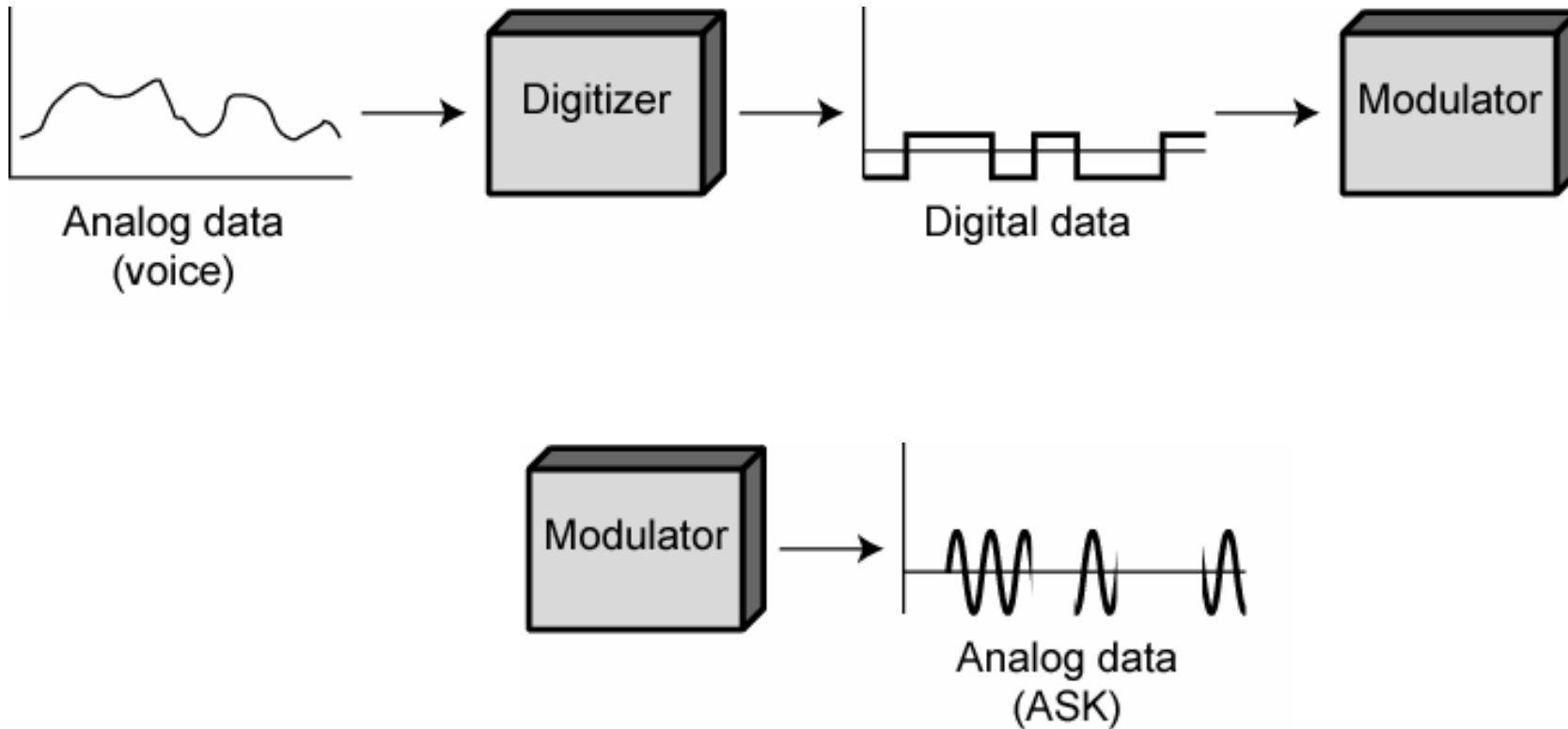
- 2 nivele ASK
  - Fiecare din cele 2 căi în una din două stări
  - Sistem cu 4 stări
  - Este de fapt QPSK
- 4 nivele ASK
  - Calea combinată în una din 16 stări
- Au fost implementate sisteme cu 64 și 256 stări
- Îmbunătățirea ratei de transfer pentru o bandă dată
  - Creștere a potențialului ratei de erori

# Date analogice, semnale digitale

---

- Digitizare
  - Conversia datelor analogice în date digitale
  - Datele digitale pot fi transmise folosind NRZ-L
  - Datele digitale pot fi transmise folosind alt cod decât NRZ-L
  - Datele digitale pot fi convertite în semnale analogice
  - Conversia analog-digital se face cu CODEC
  - Pulse code modulation
  - Delta modulation

# Digitizarea datelor analogice



# **Pulse Code Modulation(PCM) (1)**

---

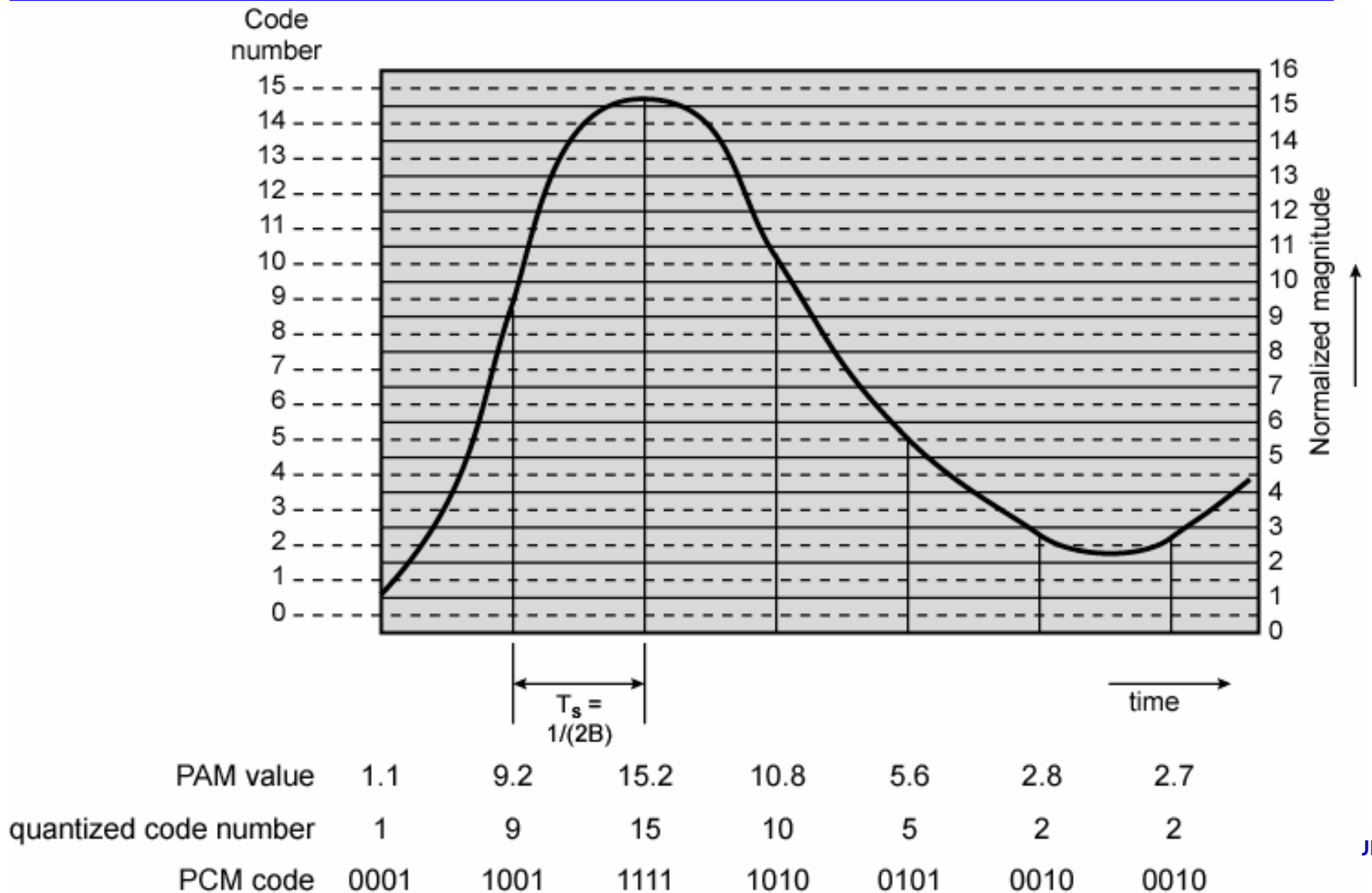
- Dacă un semnal este eșantionat la intervale regulate cu viteză mai mare decât dublul frecvenței maxime a semnalului, eșantioanele conțin toată informația conținută de semnalul original
- Vocea umană e limitată sub 4000Hz
- Necesită 8000 eșantioane pe secundă (sample per second)
- Eșantioane analogice (Pulse Amplitude Modulation, PAM)
- O valoare digitală pentru fiecare eșantion

# **Pulse Code Modulation(PCM) (2)**

---

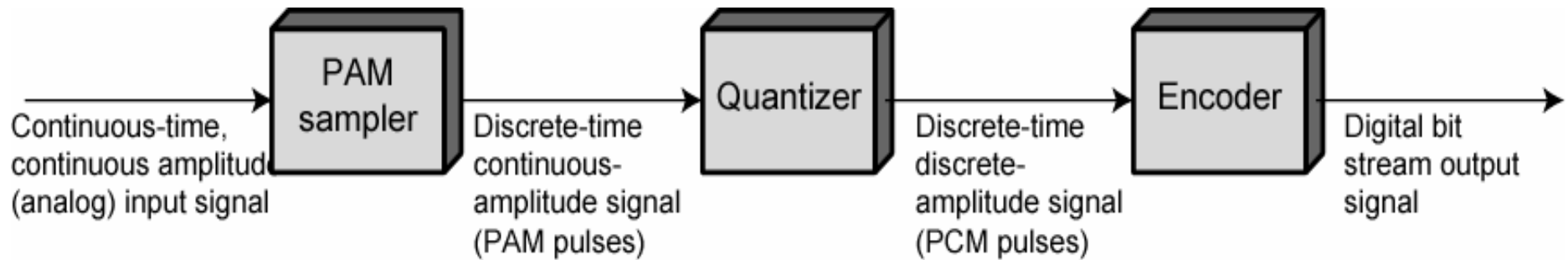
- Un sistem cu 4 biți generează 16 nivele
- Cuantizarea
  - Eroare sau zgomot de cuantizare
  - Aproximări care fac imposibilă refacerea exactă a originalului
- Eșantioane pe 8 biți înseamnă 256 de nivele
  - Calitate comparabilă cu transmisiunile analogice
  - 8000 de eșantioane pe secundă cu 8 biți fiecare înseamnă 64kbps

# Exemplu PCM



# Schema block PCM

---

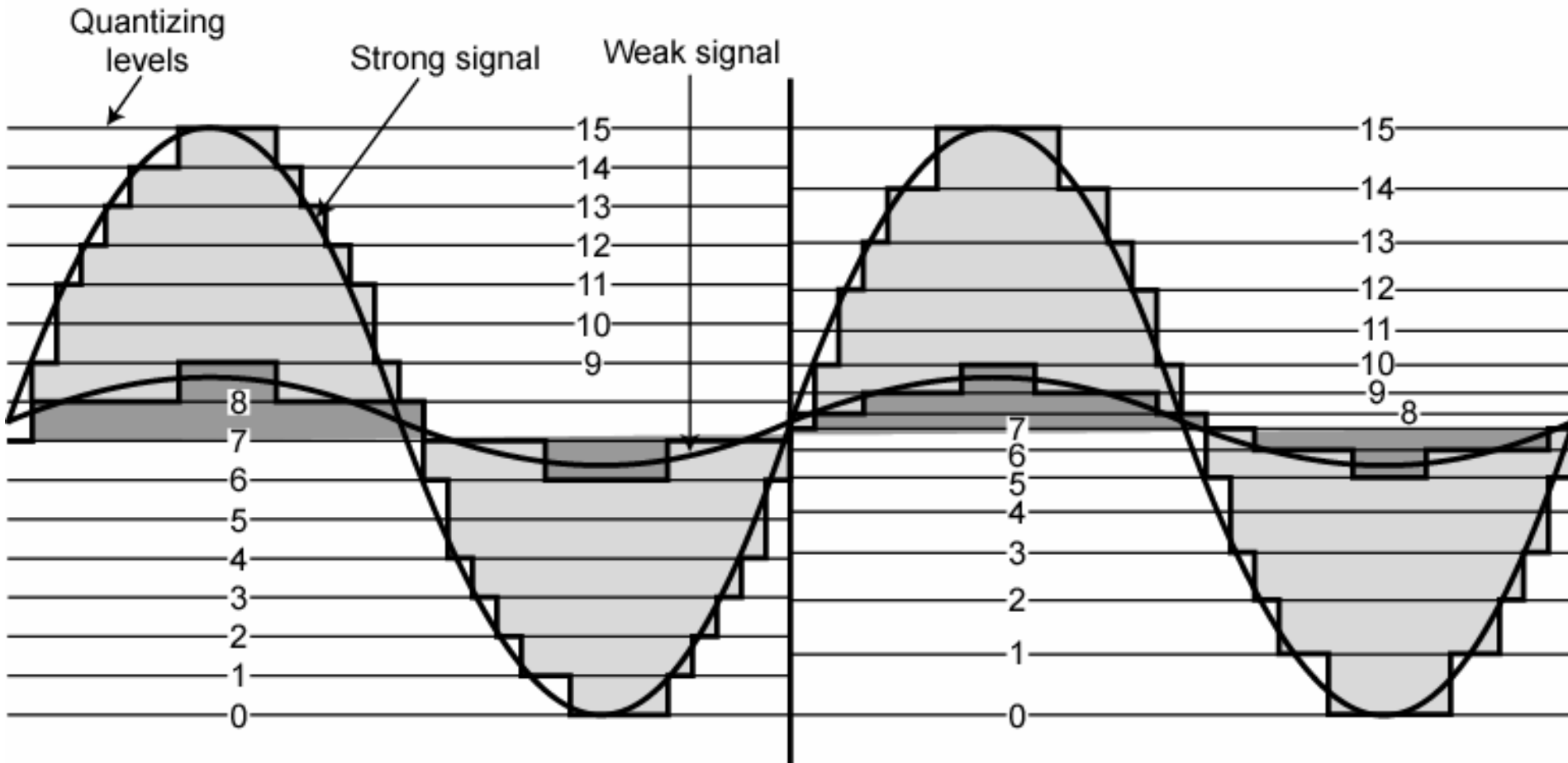


# Codificare non-liniară

---

- Nivelele de cuantizare nu sunt echidistante
- Reduce distorsiunile semnalului
- Poate fi realizat prin companding (Compressing and Expanding)

# Efectul codării non-liniare

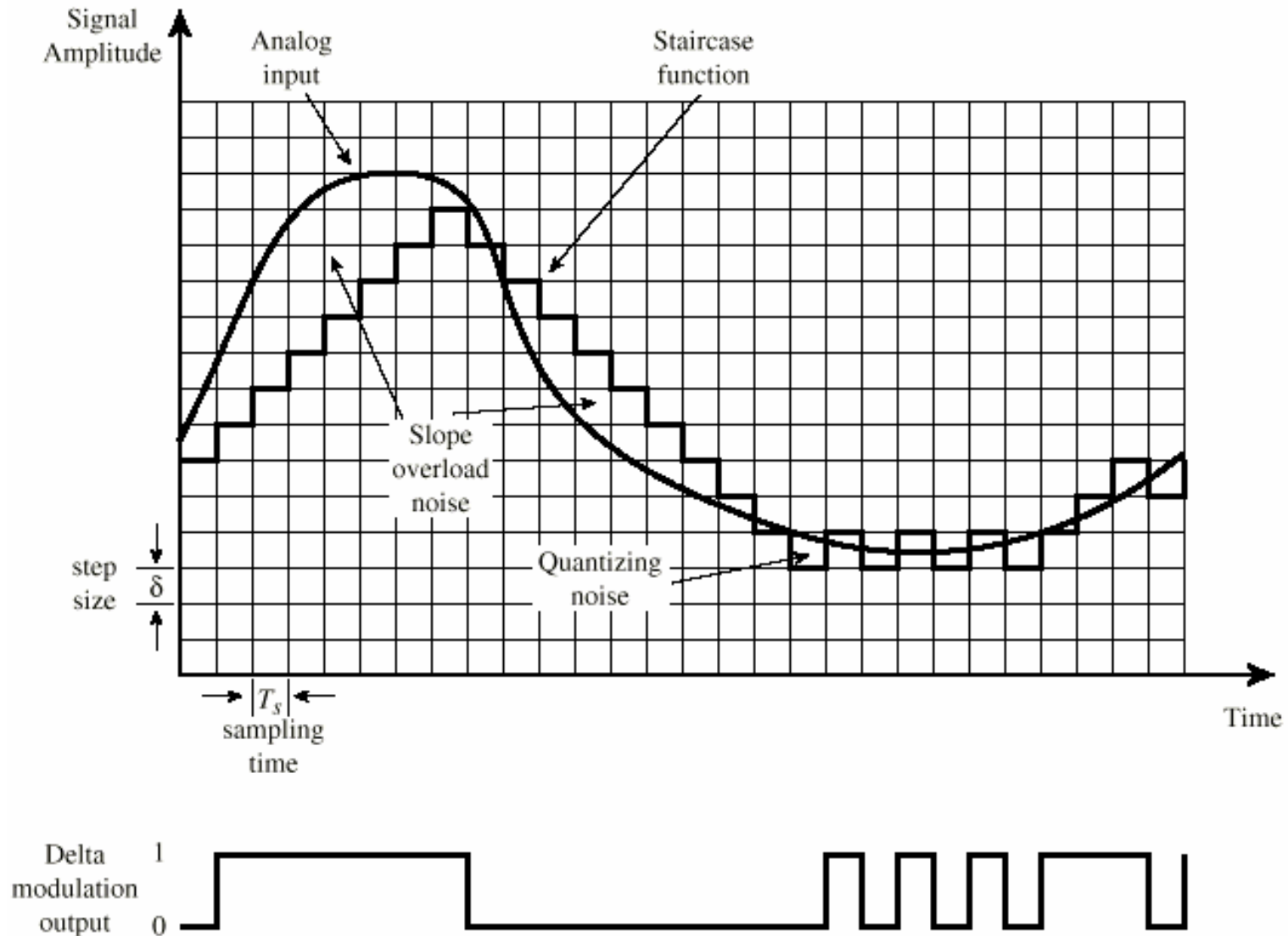


# Modulare Delta

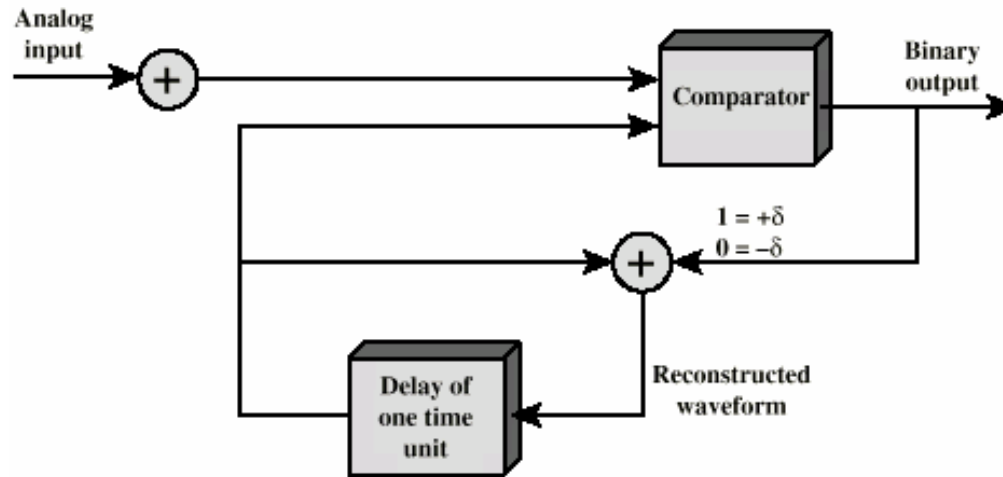
---

- Semnalul analogic e aproximat prin funcții treaptă
- Modificare sus-jos un nivel ( $\delta$ ) la fiecare interval de eșantionare
- Funcționare binară

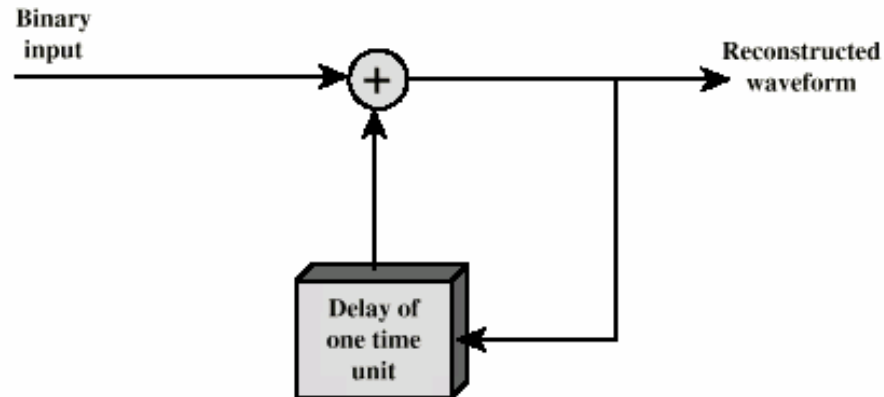
# Modulare Delta - exemplu



# Modulare Delta – Mod de operare



(a) Transmission



(b) Reception

# Modulare Delta - Performanțe

---

- Reproducere bună a vocii
  - PCM - 128 nivele (7 biți)
  - Banda vocii 4khz
  - Ar trebui  $8000 \times 7 = 56\text{kbps}$  for PCM
- Compresia datelor se poate înmunătăți
  - Ex. Tehnica de codare interframe pentru video

# Date analogice, semnale analogice

---

- De ce se modulează semnalele analogice?
  - Frecvențe mai mari pot fi transmise mai eficient
  - Permit multiplexarea în frecvență
- Tipuri de modulație
  - Amplitudine
  - Frecvență
  - Fază