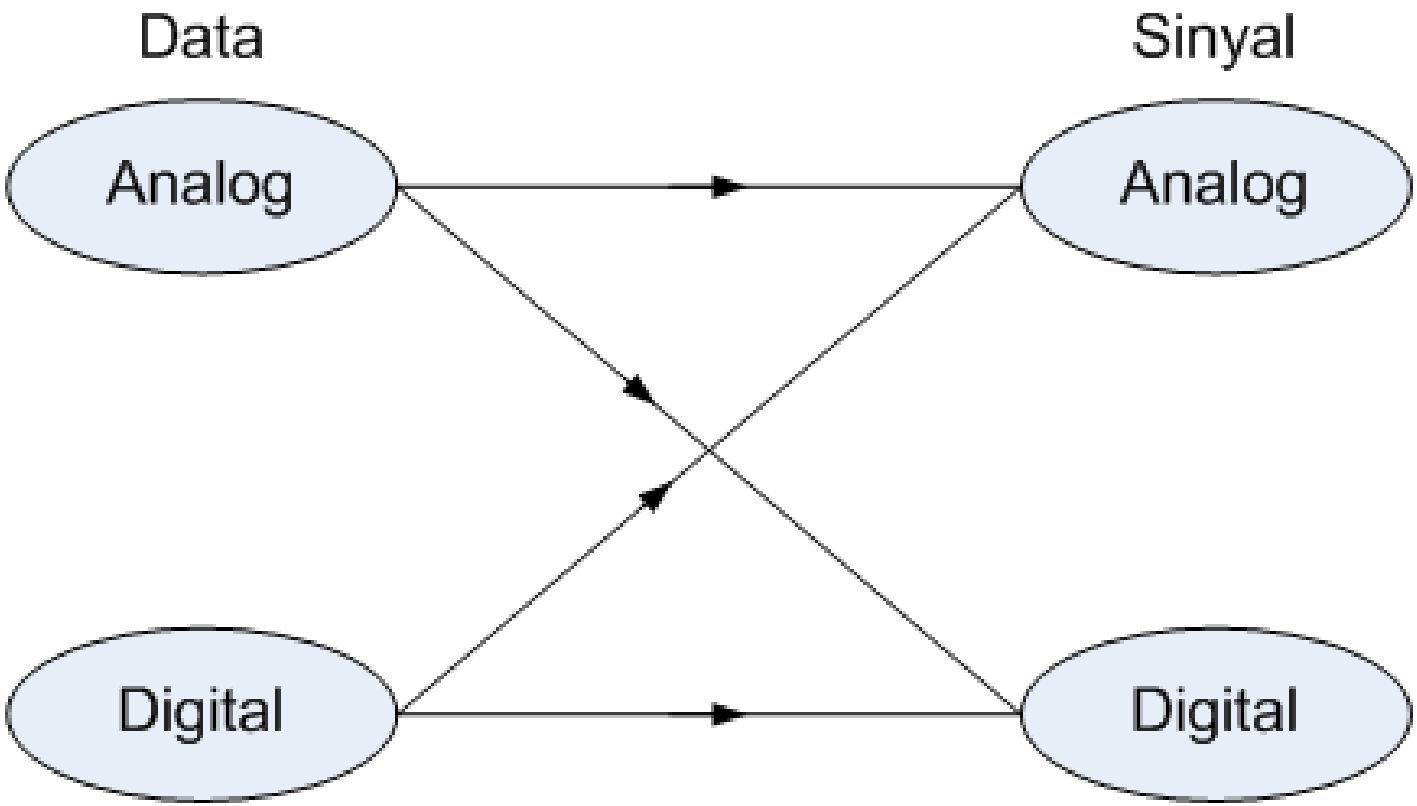
TEKNIK PENGKODEAN

Komunikasi Data


Data
Sinyal
Analog
Analog
Digital
Digital

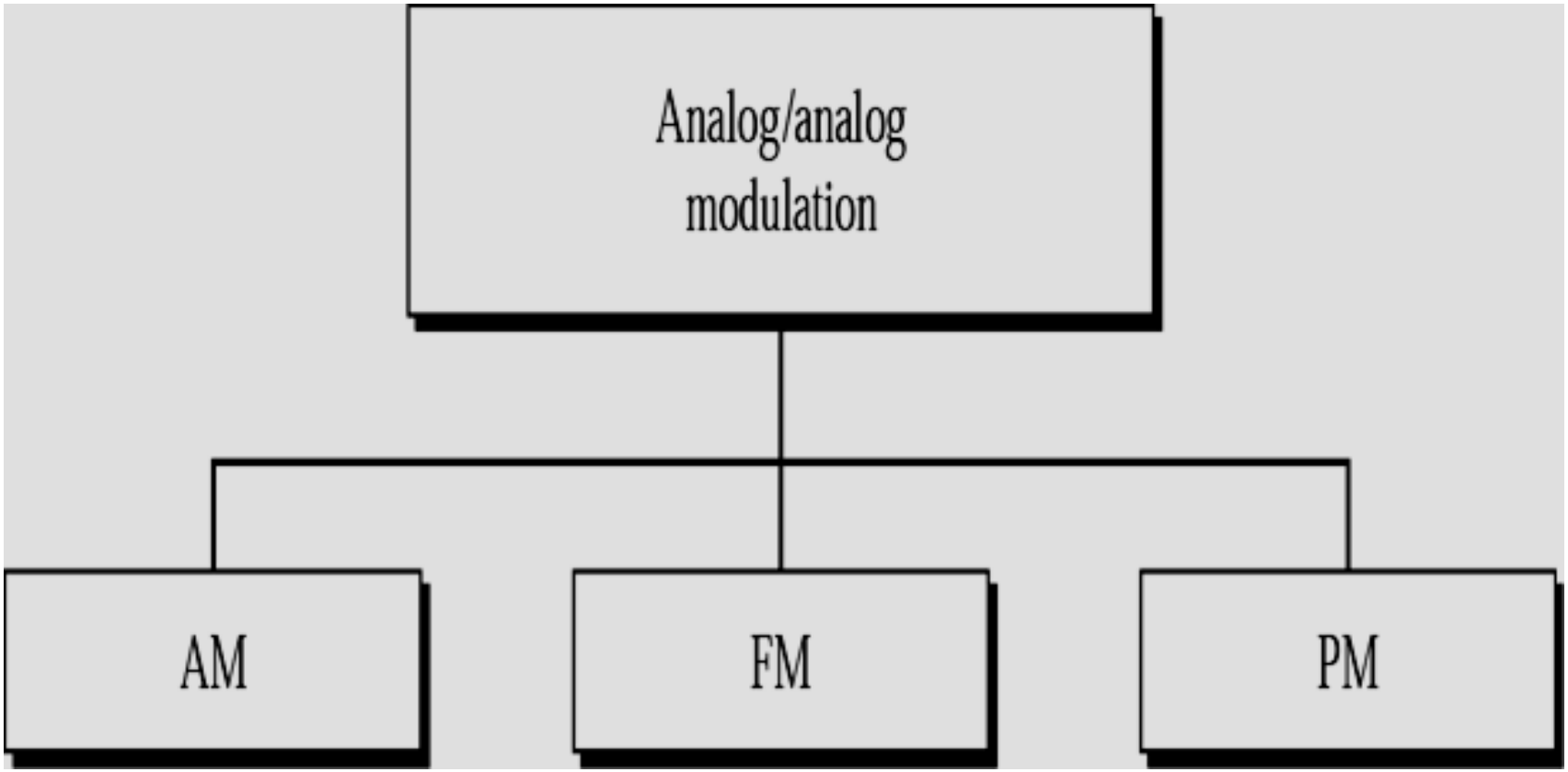
Data Analog Sinyal Analog

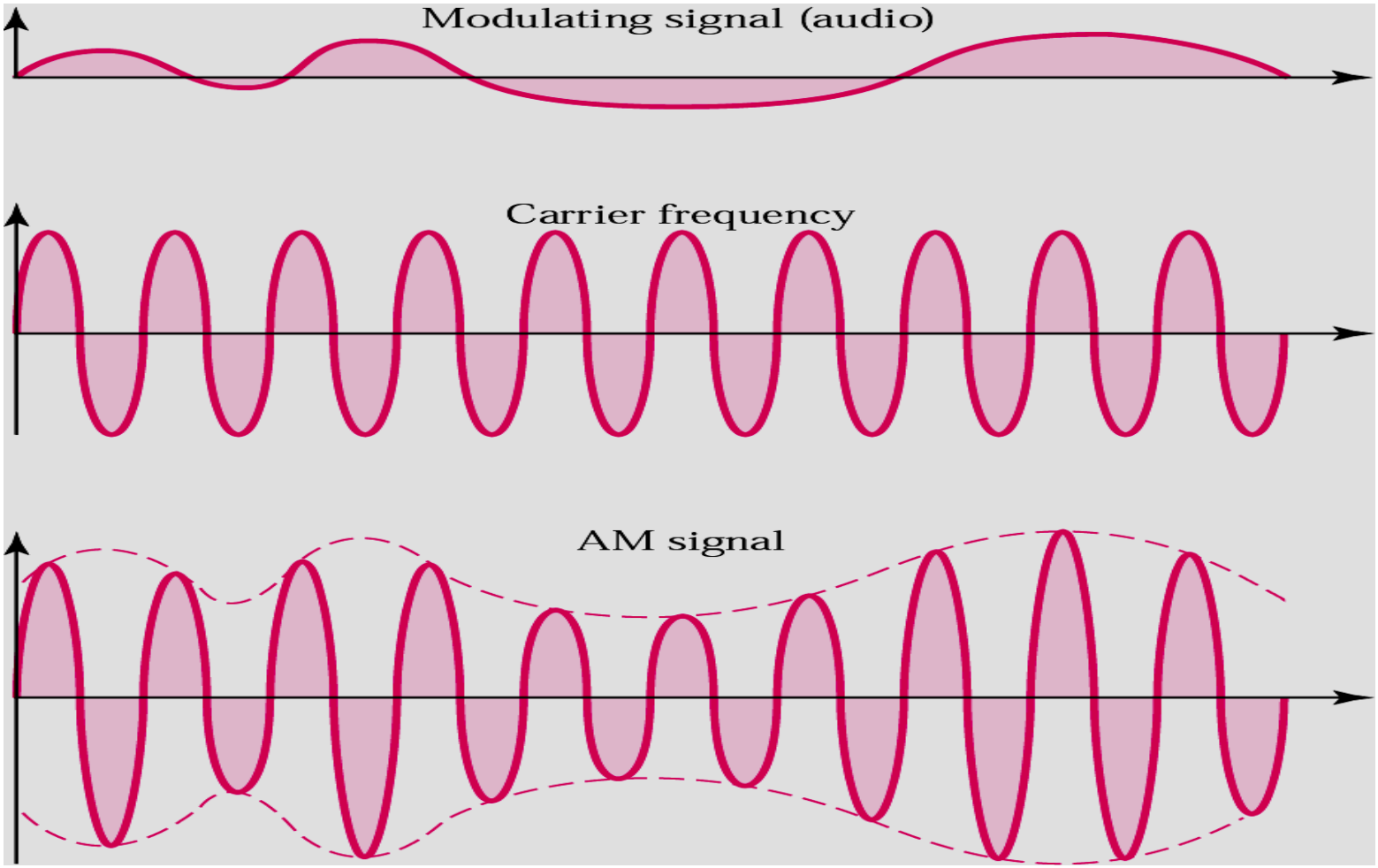
Analog Modulation (AM)

Frequency Modulation (FM)

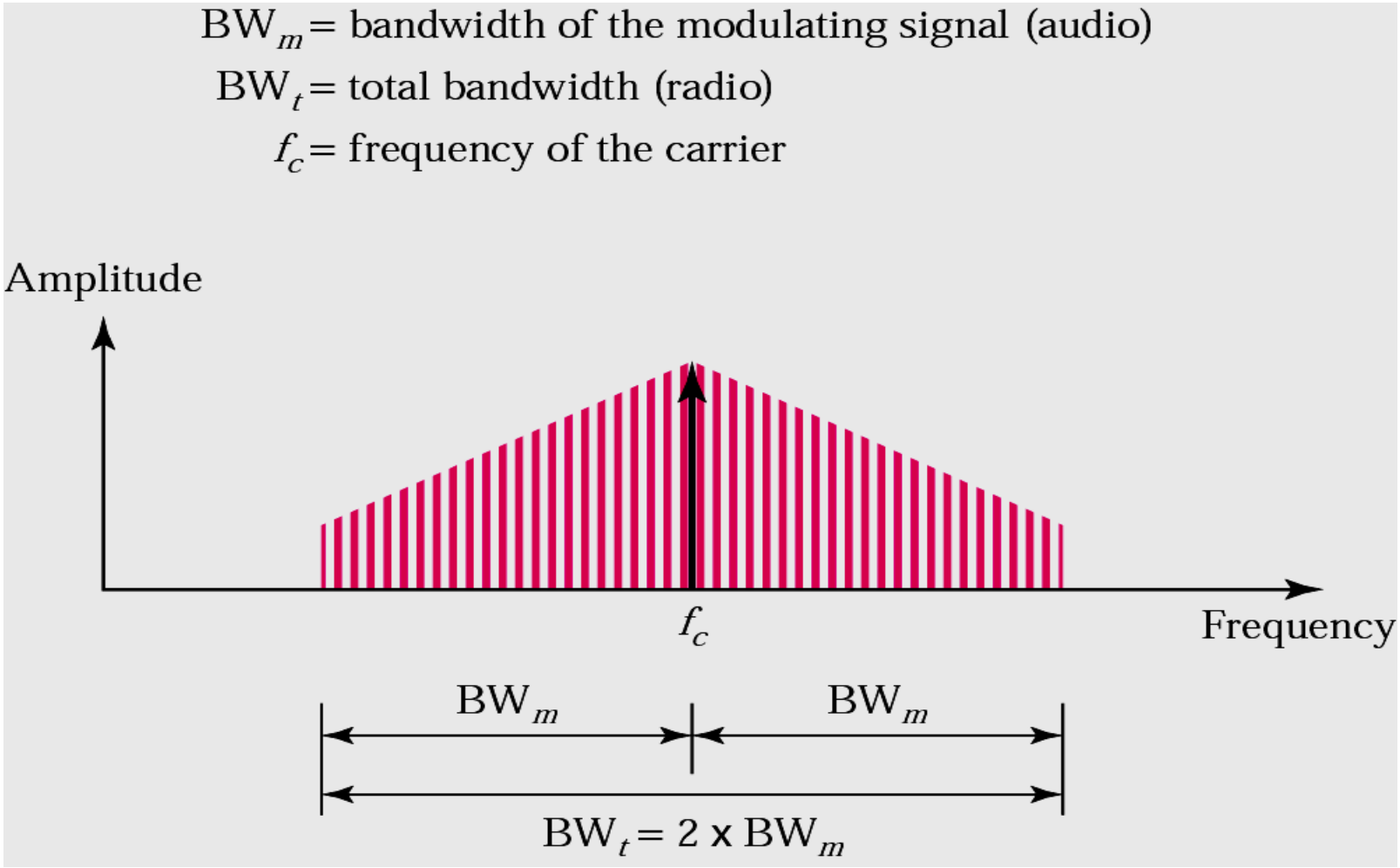
Phase Modulation (PM)

- Mengapa memodulasi sinyal analog?
  - Frekuensi lebih tinggi dapat memberikan transmisi yg lebih efisien
  - Memungkinkan frequency division multiplexing
- Tipe-Tipe modulasi
  - Amplitude Modulation (AM)
  - Frequency Modulation (FM)
  - Phase Modulation (PM)

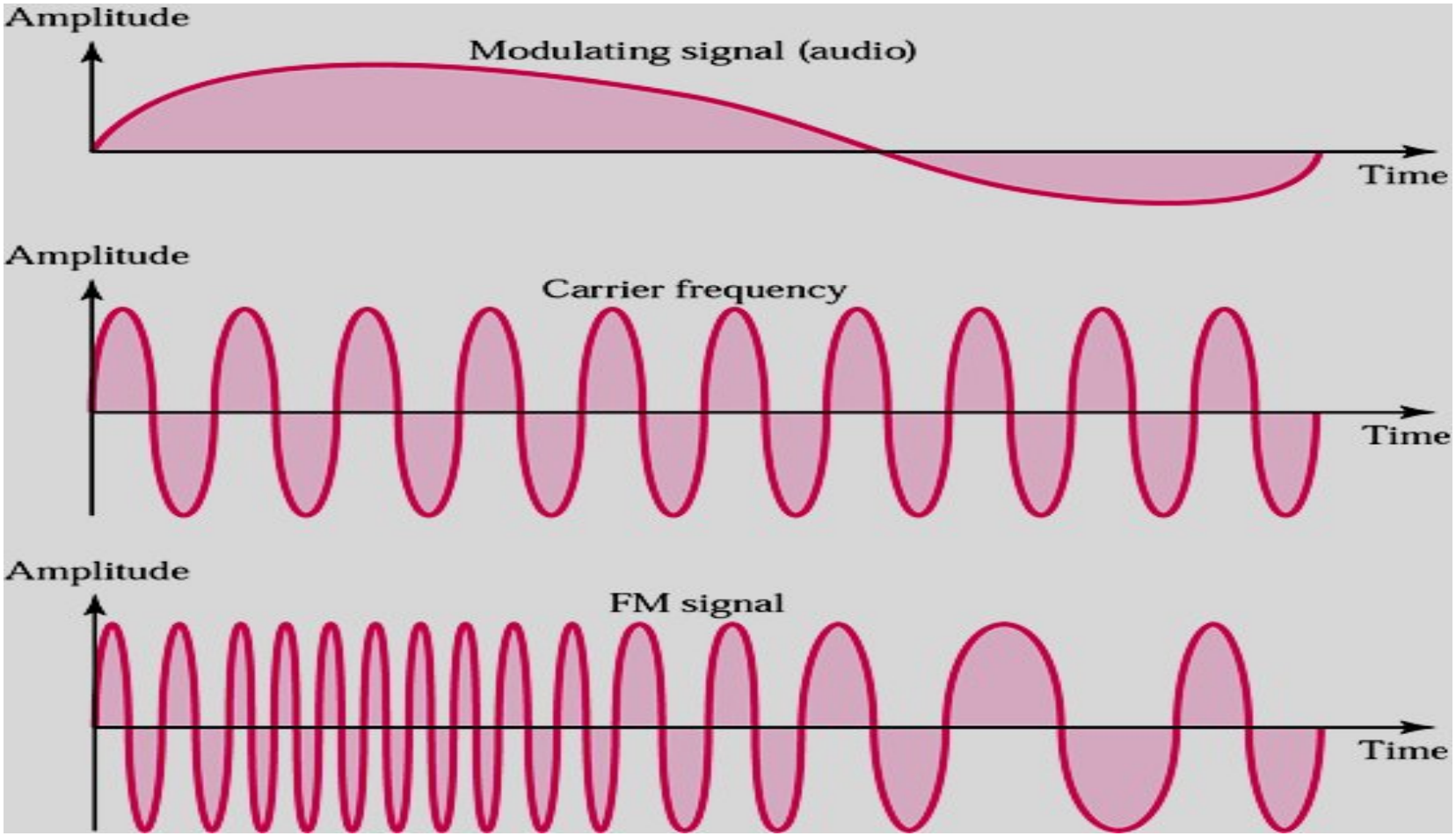

Analog/analog
modulation
AM
FM
PM


Modulating signal (audio)
Carrier frequency
AM signal

Lebar jalur AM



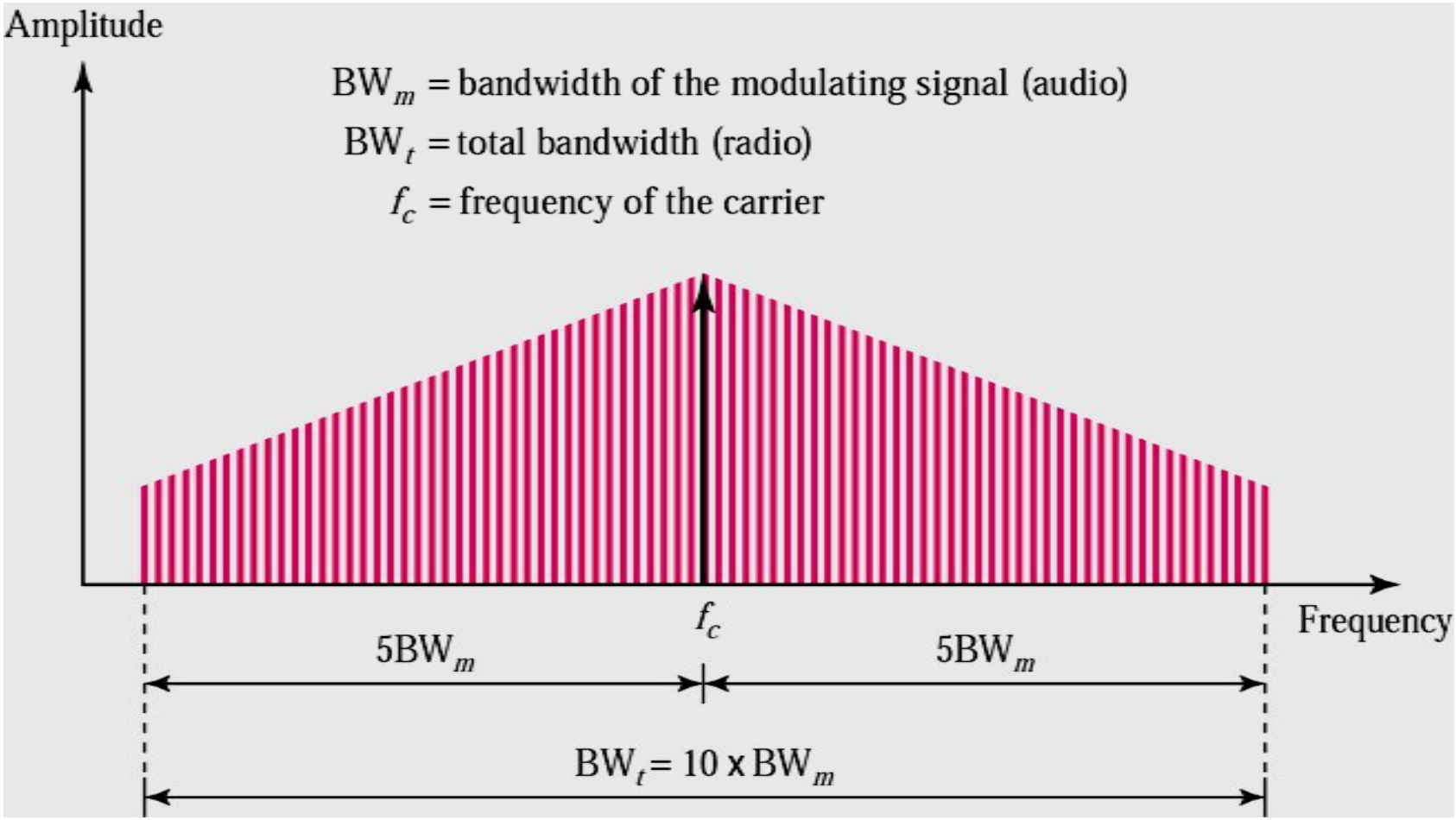
Modulasi Frekuensi



Lebarjalur keseluruhan yg diperlukan untuk FM dapat ditentukan melalui lebarjalur isyarat audio:

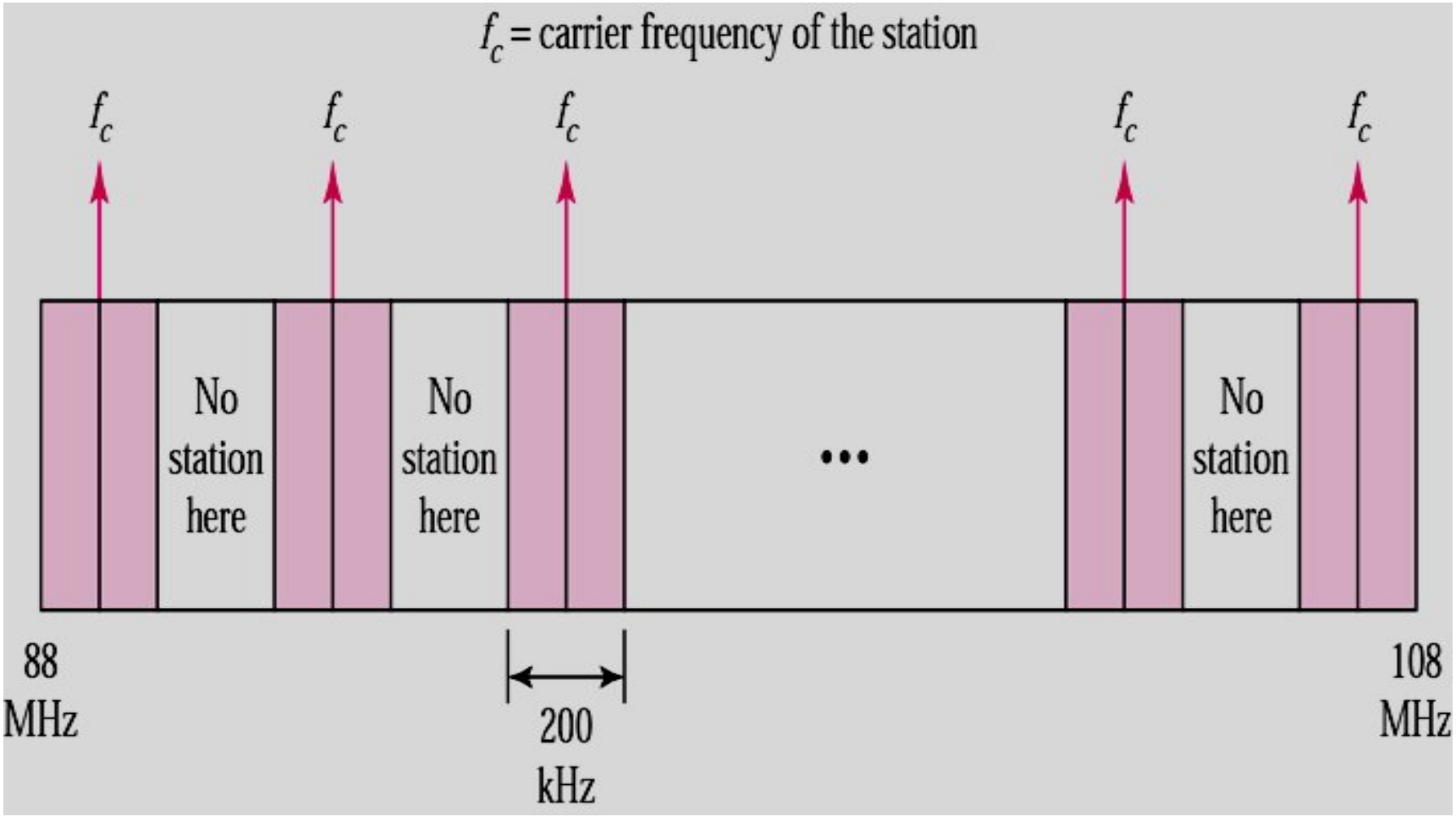
$$BWt = 10 \times BWm.$$

Lebarjalur FM



Lebarjalur isyarat audio stereo biasanya 15 KHz. Oleh itu, suatu station FM memerlukan sekurang-kurangnya lebarjalur seluas 150 KHz. FCC menetapkan lebarjalur minimum sekurang-kurangnya 200 KHz (0.2 MHz).

Jalur FM


f_c = carrier frequency of the station
f_c
f_c
f_c
f_c
f_c
No station here
No station here
No station here
88 MHz
200 kHz
108 MHz

Example

We have an audio signal with a bandwidth of 4 MHz. What is the bandwidth needed if we modulate the signal using FM? Ignore FCC regulations.

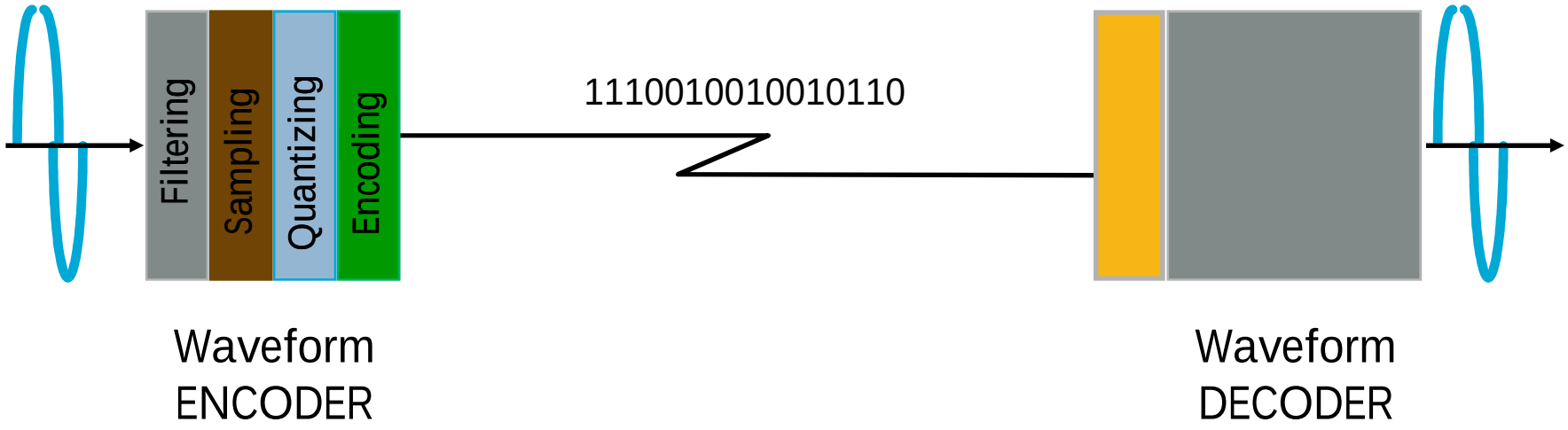
Solution

An FM signal requires 10 times the bandwidth of the original signal:

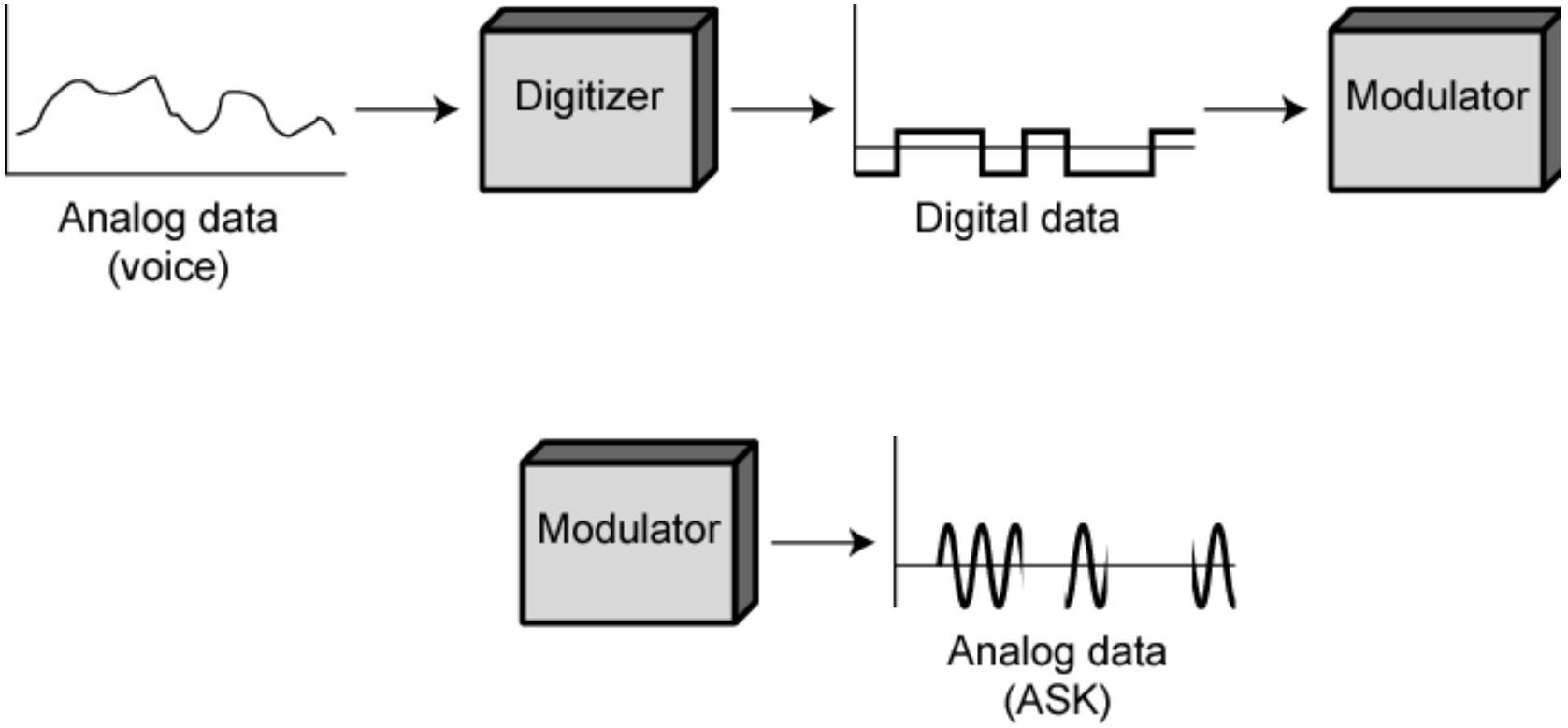
$$BW = 10 \times 4 \text{ MHz} = 40 \text{ MHz}$$

Data Analog Sinyal Digital

Waveform Coders

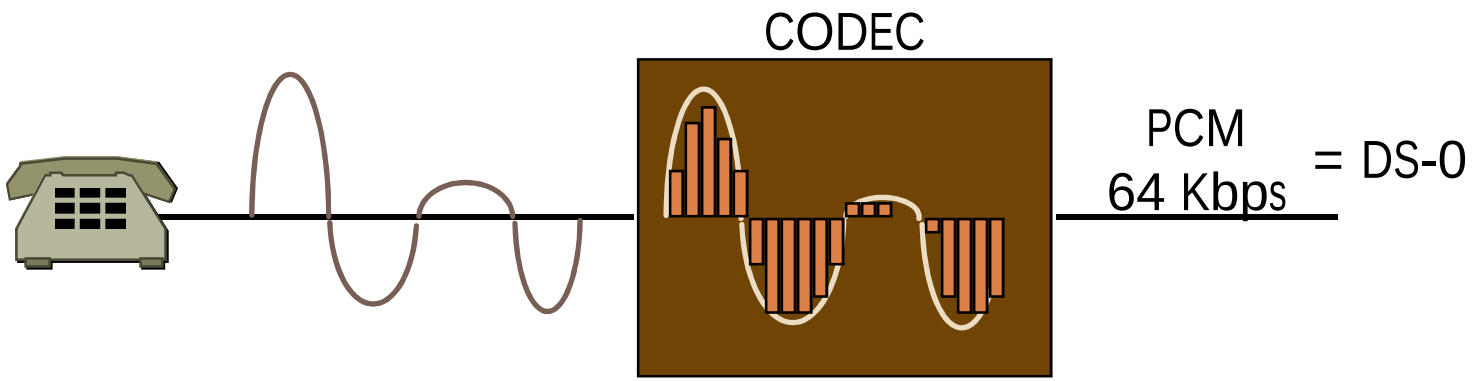


Digitalisasi Data Analog



Digitizing Voice: PCM Waveform Encoding

- Nyquist Theorem: sinyal analog dicuplik dengan laju dua kali frekuensi tertinggi sinyal analog tersebut
  - Voice frequency range: 300-3400 Hz
  - Sampling frequency = 8000/sec (every 125us)
  - Bit rate: (2 x 4 Khz) x 8 bits per sample
  - = 64,000 bits per second (DS-0)
  - Metoda yang sering digunakan



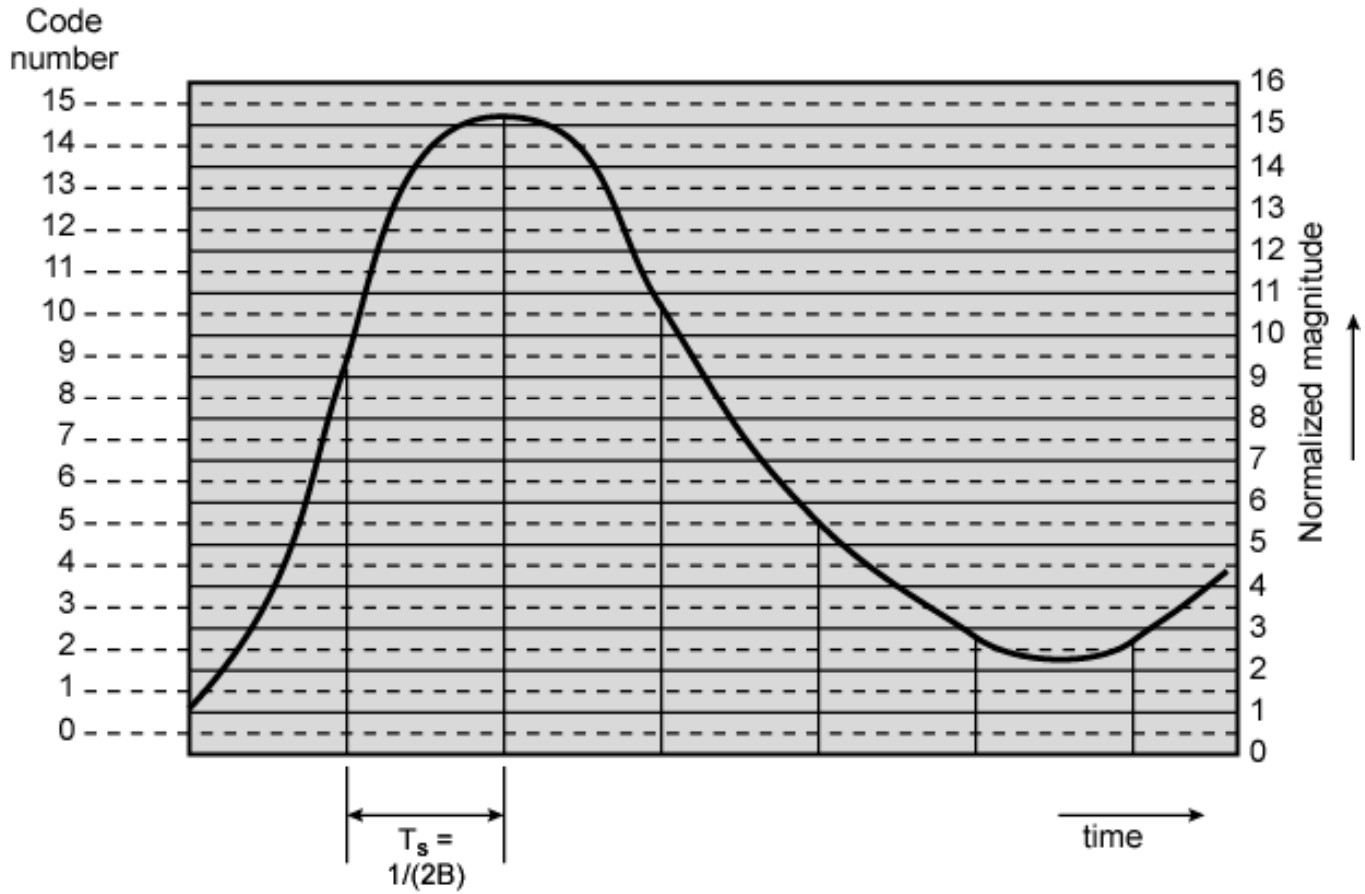
Pulse Code Modulation (PCM) (1)

- Jika suatu sinyal dicuplik (sampling) dg interval regular dg laju lebih besar drpd dua kali frekuensi tertinggi sinyal, sampel-sampel memuat semua informasi dari sinyal original
- Data suara dibatasi di bawah 4000Hz
- Memerlukan 8000 sampel per detik
- Sampel-sampel analog (Pulse Amplitude Modulation, PAM)
- Tiap sampel dialokasikan nilai digital

Pulse Code Modulation (PCM) (2)

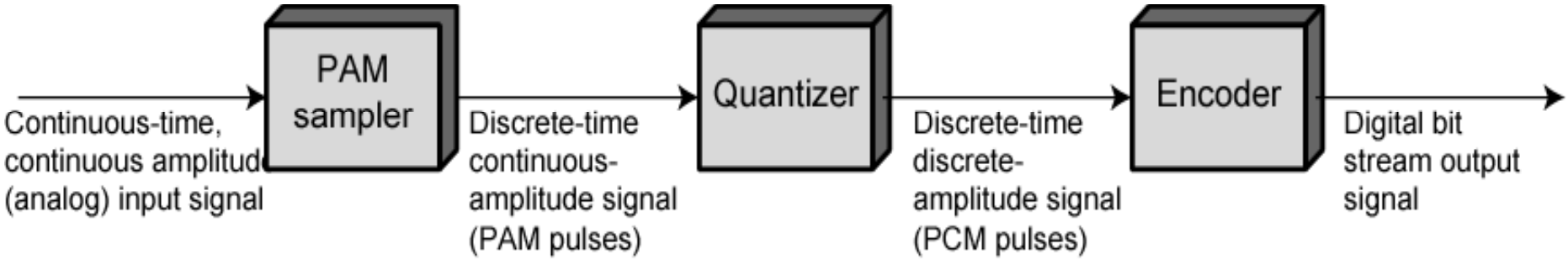
- Sistem 4 bit memberikan 16 level
- Kuantisasi
  - Error kuantisasi atau noise
  - Aproksimasi berarti tdk mungkin utk mendpkan kembali sinyal original secara eksak
- Sampel 8 bit memberikan 256 level
- Kualitas sebanding dg transmisi analog
- 8000 sampel per detik dg masing-masing sampel 8 bit memberikan 64kbps

PCM Example



PAM value	1.1	9.2	15.2	10.8	5.6	2.8	2.7
quantized code number	1	9	15	10	5	2	2
PCM code	0001	1001	1111	1010	0101	0010	0010

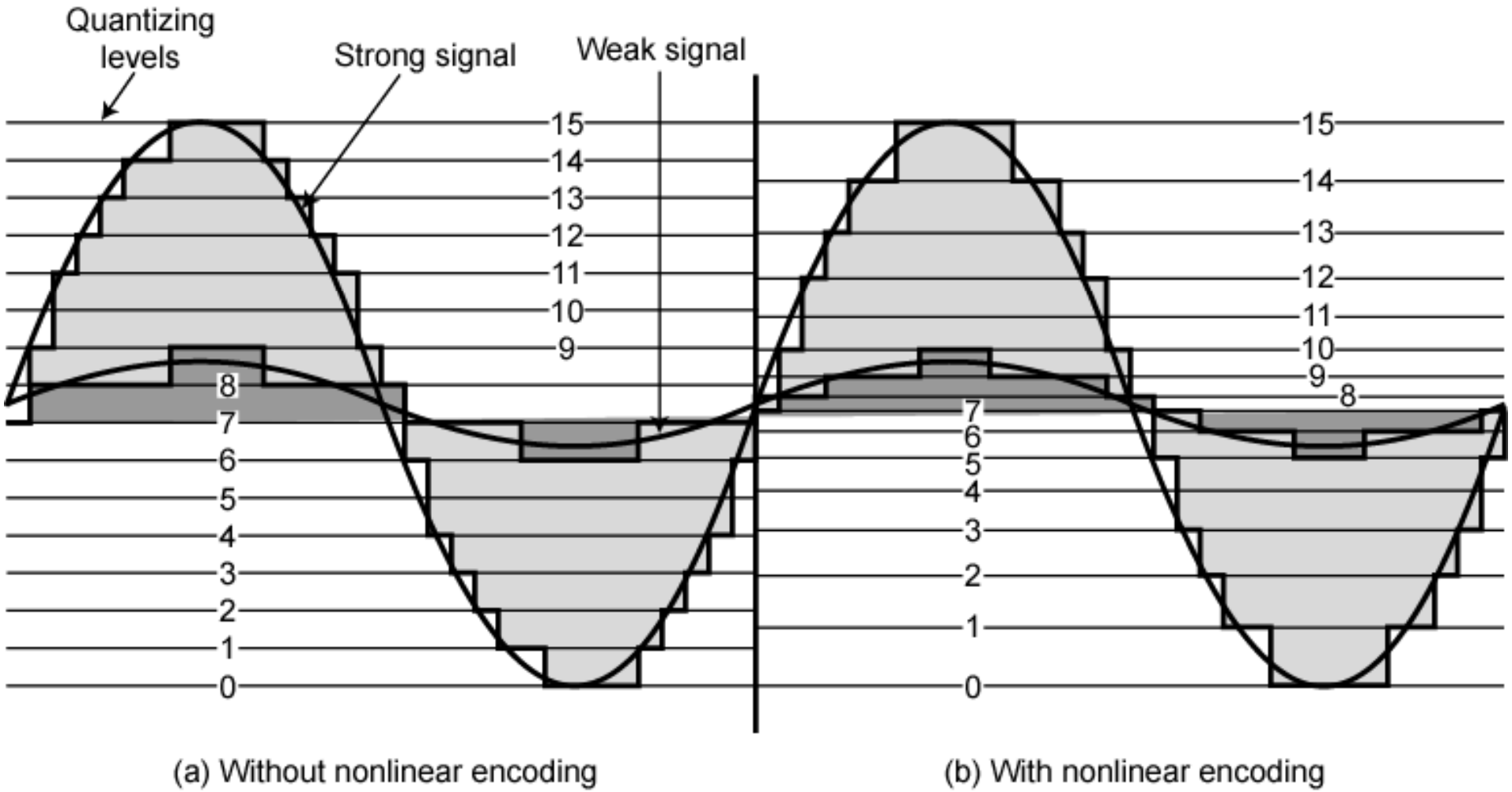
PCM Block Diagram



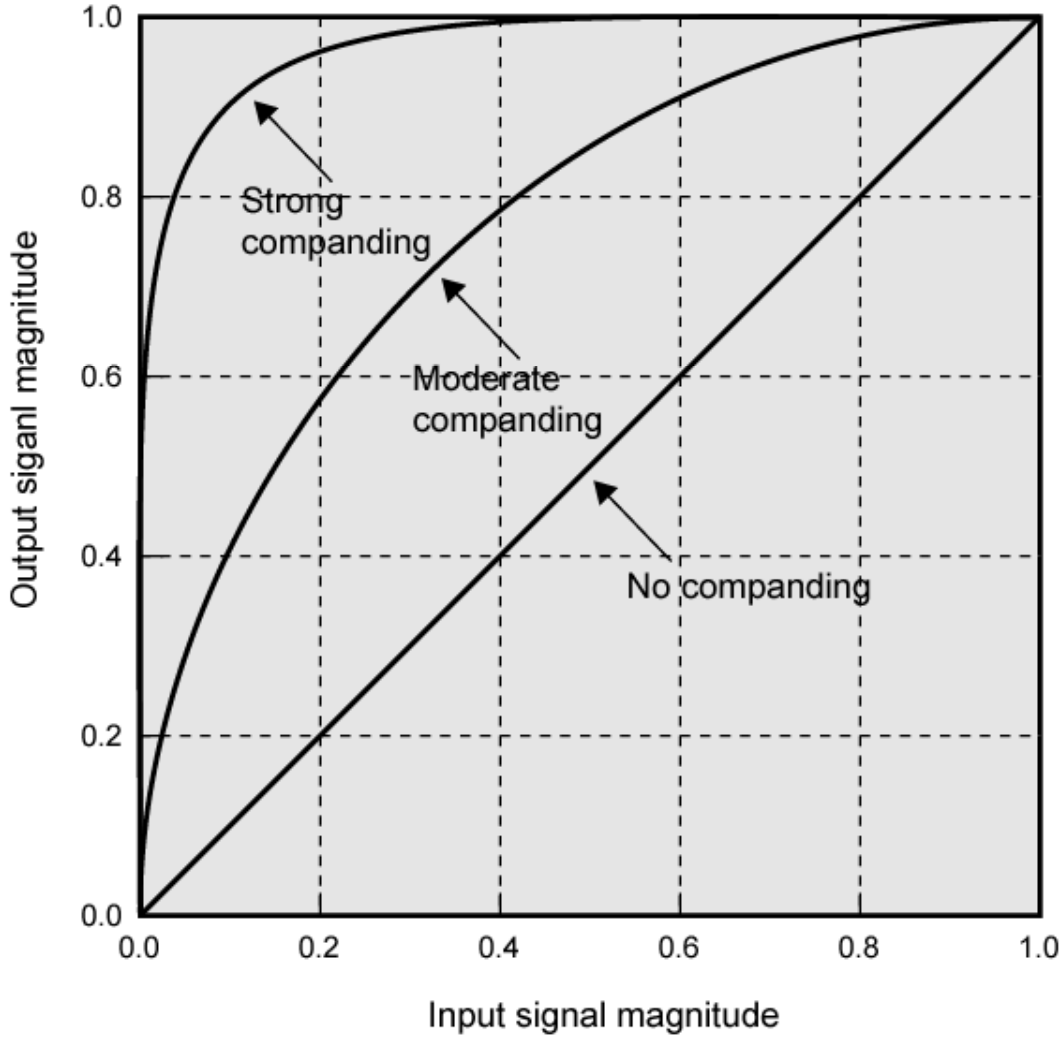
Nonlinear Encoding

- Level kuantisasi tidak sama
- Mengurangi keseluruhan distorsi sinyal
- Dapat juga dilakukan dengan companding

Effect dari Non-Linear Coding



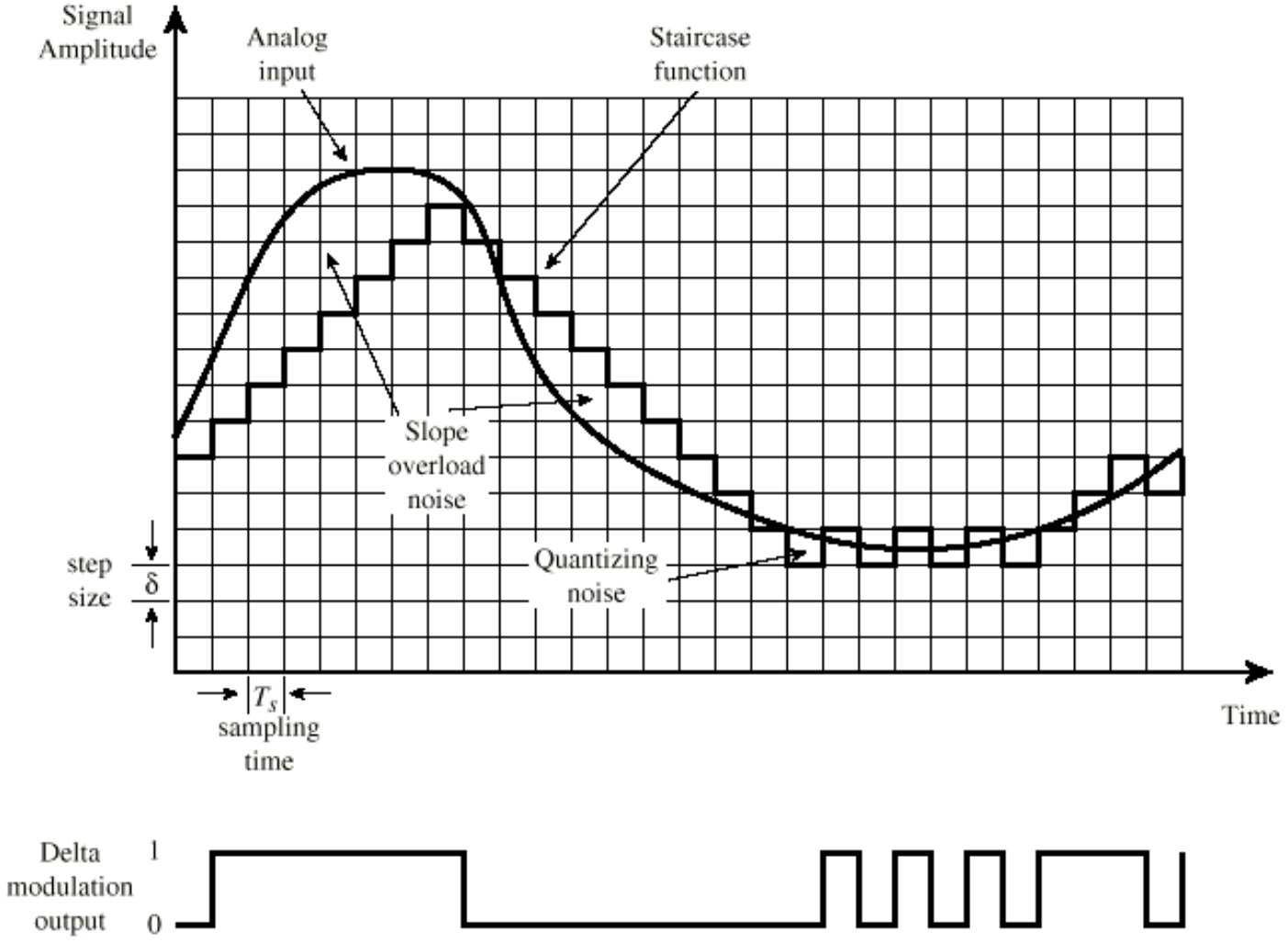
Fungsi Companding Tipikal



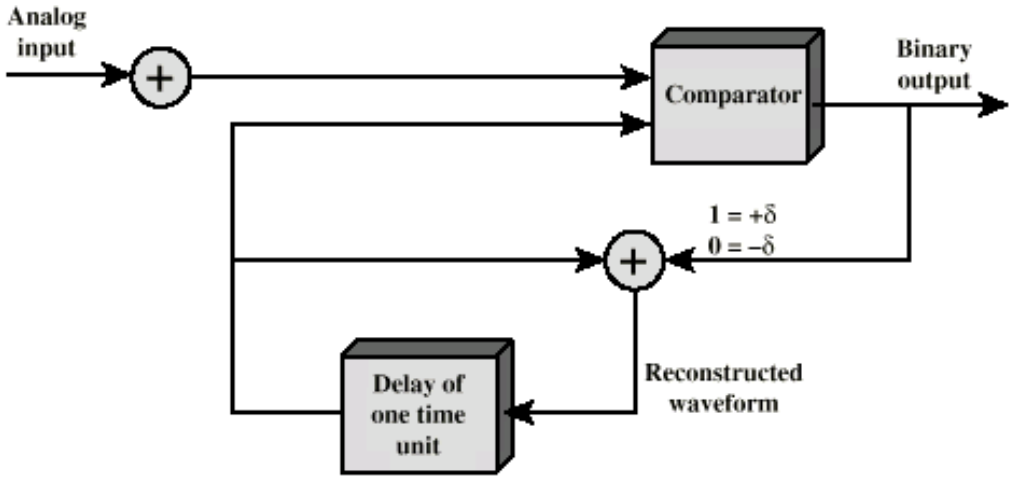
Delta Modulation

- Input analog diaproksimasikan dg fungsi tangga (staircase function)
- Naik atau turun satu level (δ) pd tiap interval sampel

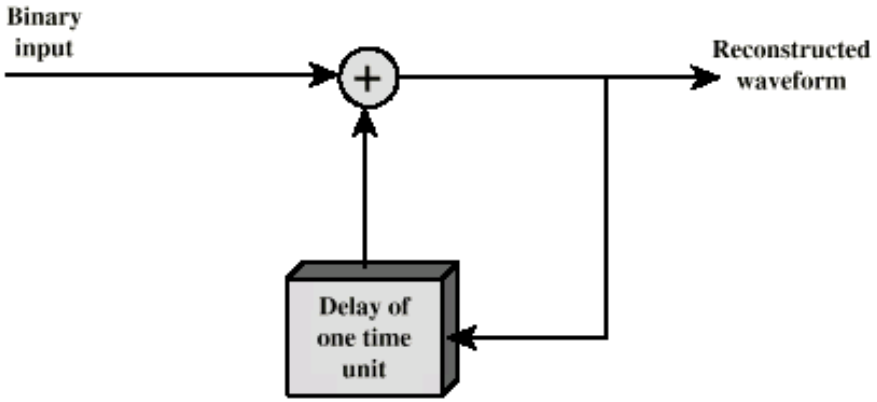
Delta Modulation - contoh



Delta Modulation - Operasi



(a) Transmission



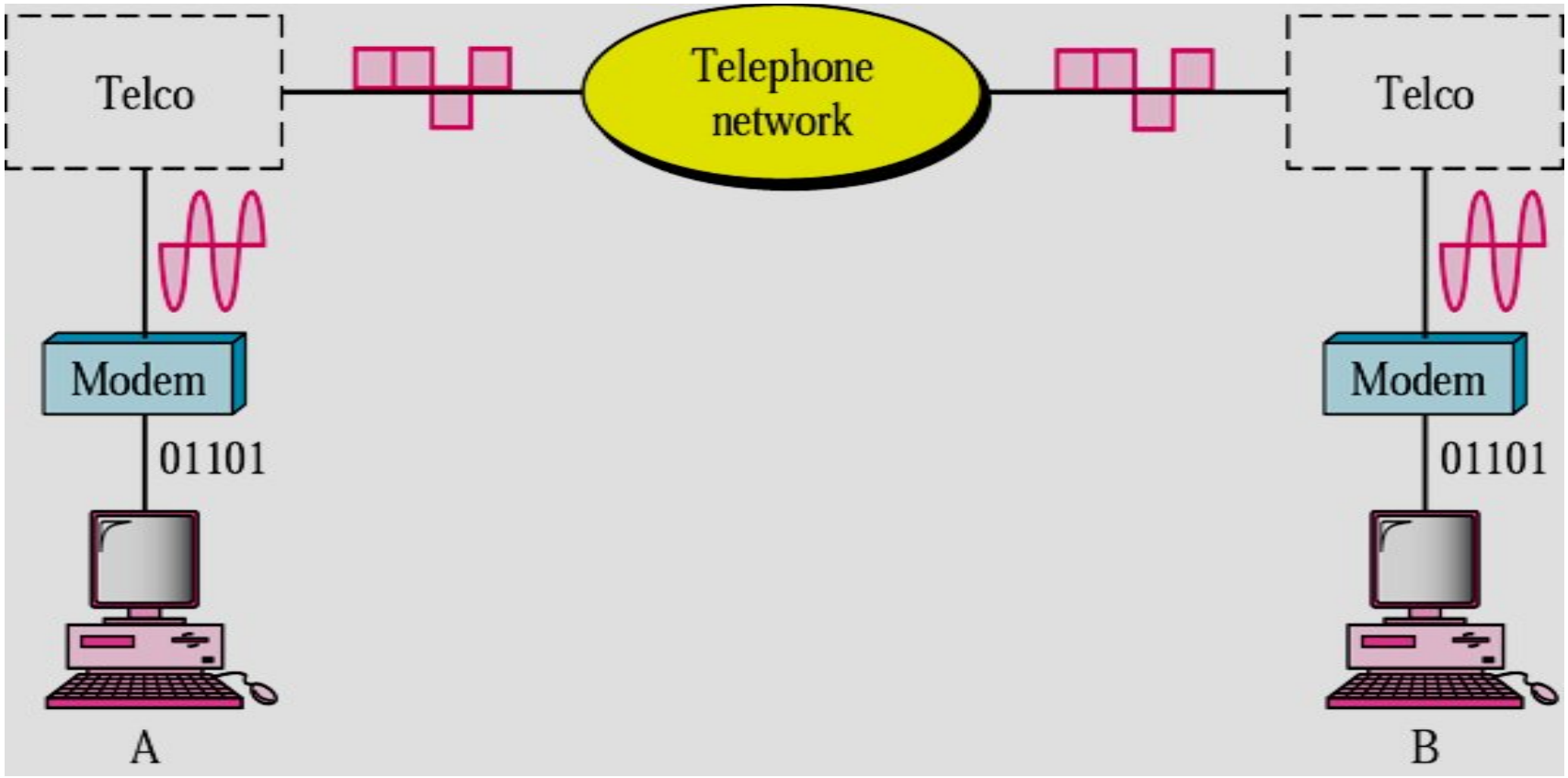
(b) Reception

Delta Modulation - Performansi

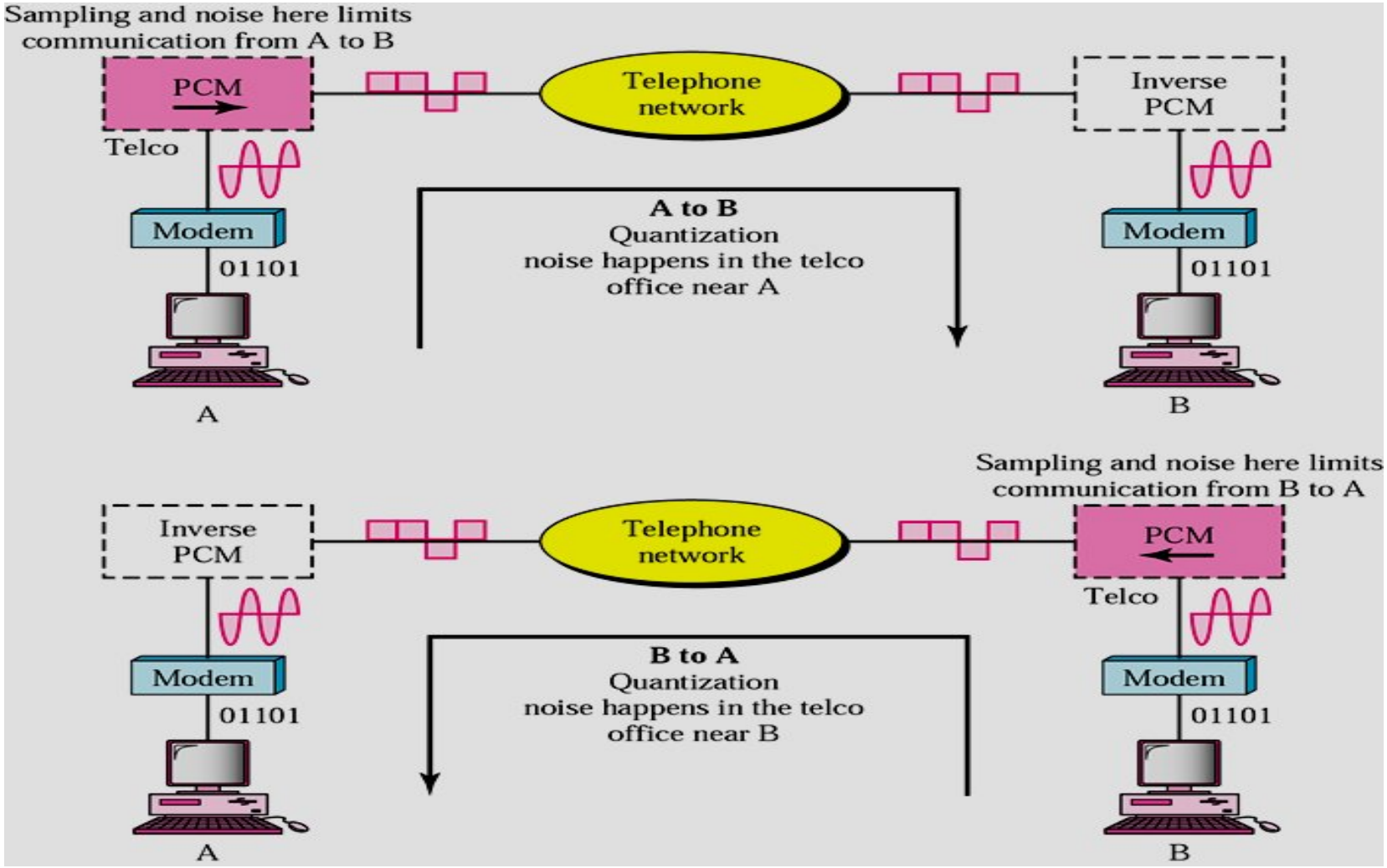
- Reproduksi suara baik
  - PCM - 128 level (7 bit)
  - Voice bandwidth 4khz
  - Memerlukan 8000 x 7 = 56kbps utk PCM
- Kompresi data dp memperbaiki ini
  - mis. Teknik Interframe coding untuk video

Perkataan "Modem" : modulator/demodulator.

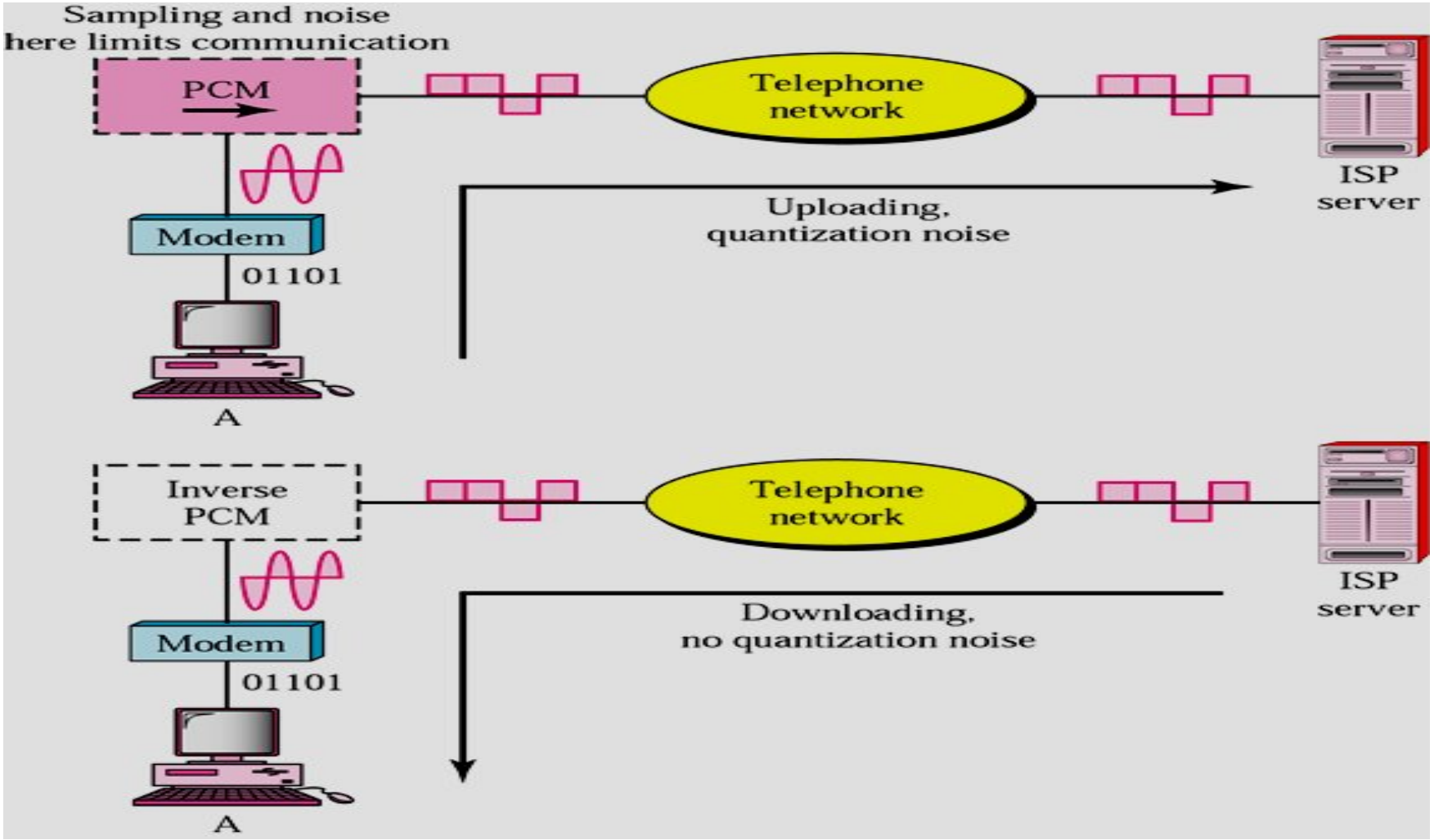
Modulasi / Demodulasi



Modem Tradisional



Modem 56K

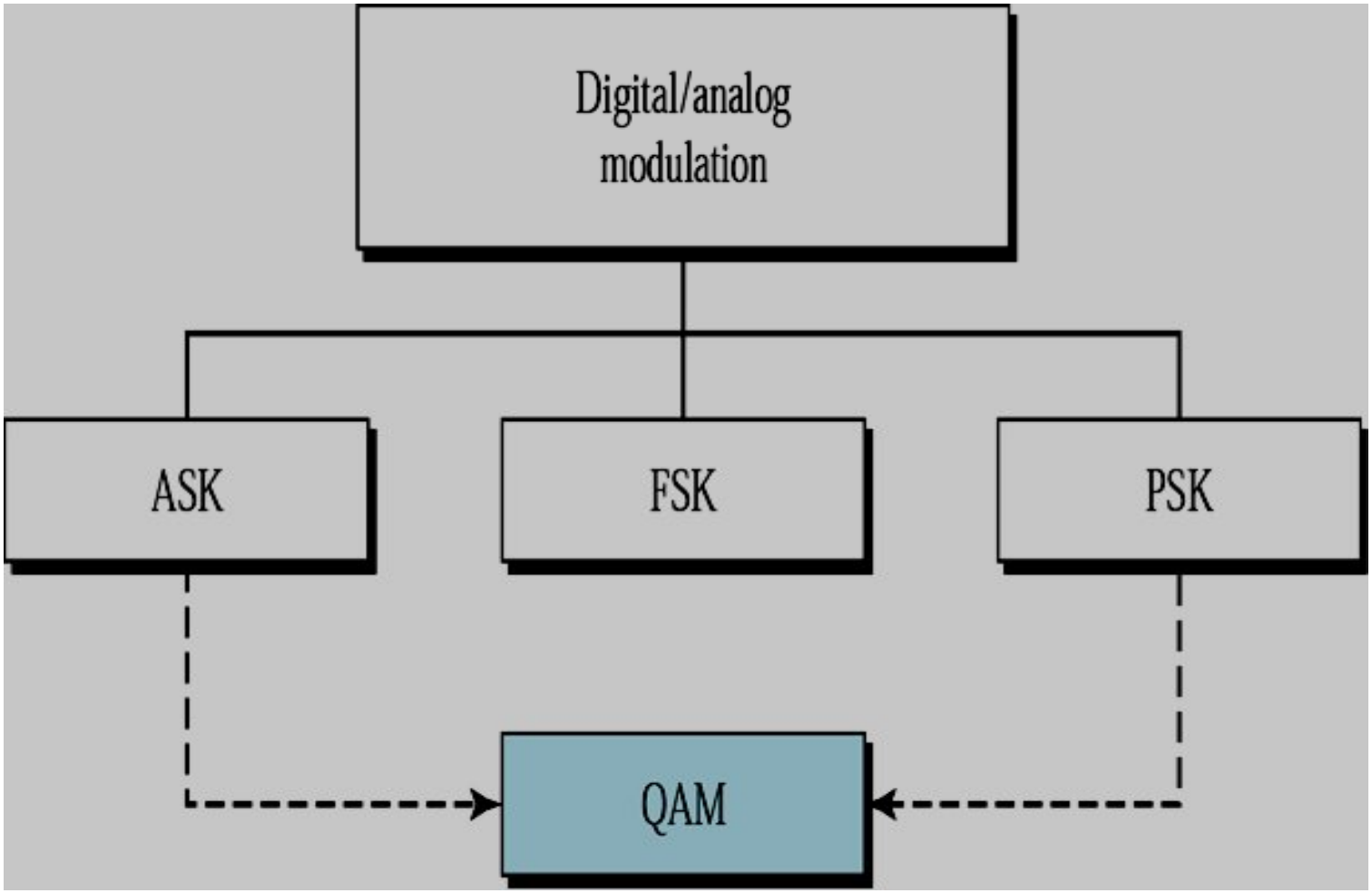

Sampling and noise
here limits communication
PCM
Telephone
network
ISP
server
Uploading,
quantization noise
Modem
01101
A
Inverse
PCM
Telephone
network
ISP
server
Downloading,
no quantization noise
Modem
01101
A

Data Digital Sinyal Analog

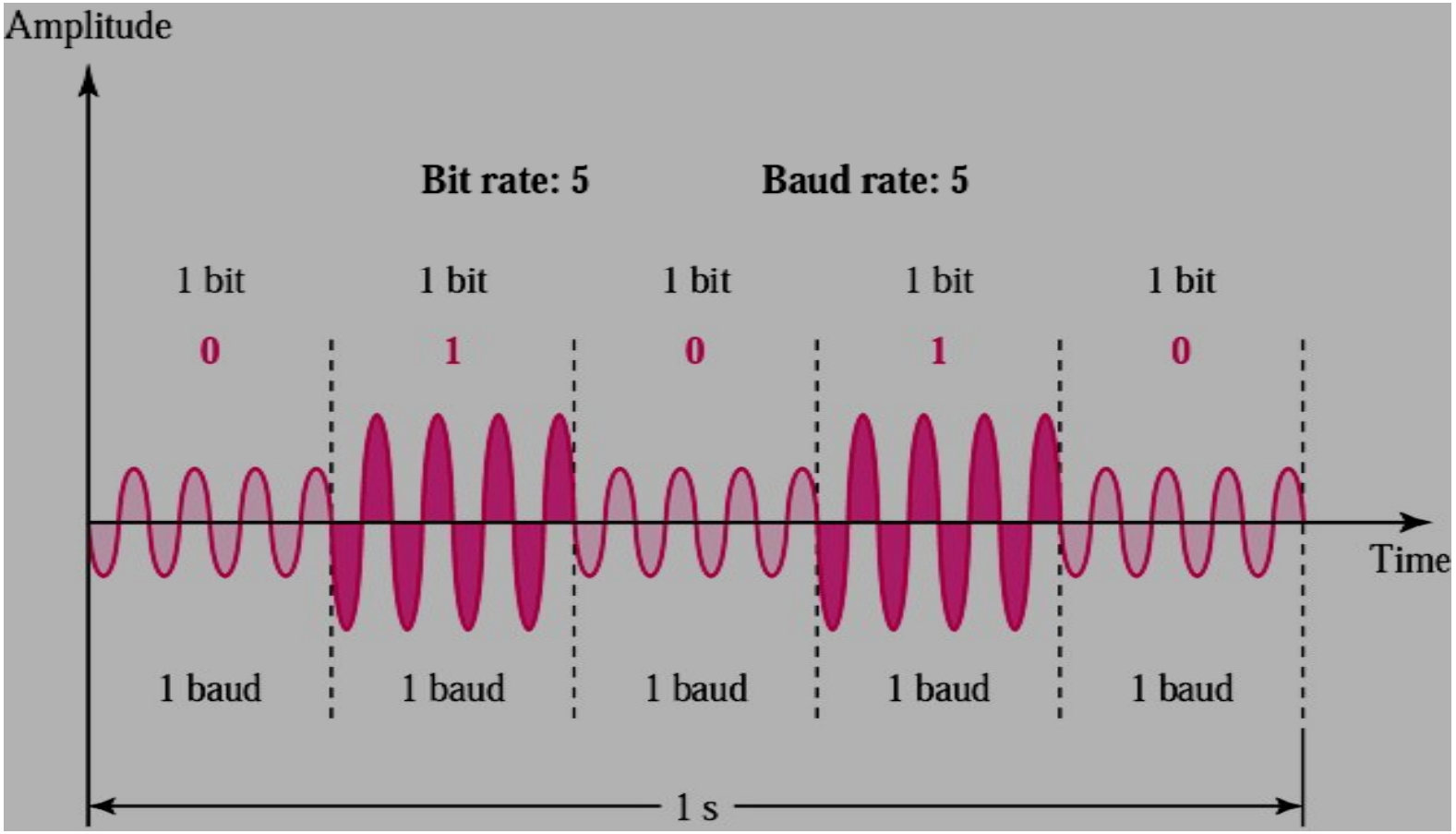
Dalam komunikasi data, transmisi jalur lebar selalu menggunakan isyarat analog utk menghantar data

Penggunaan jalur lebar (broadband) dlm komunikasi biasanya akan melibatkan penukaran isyarat digital < - - > analog

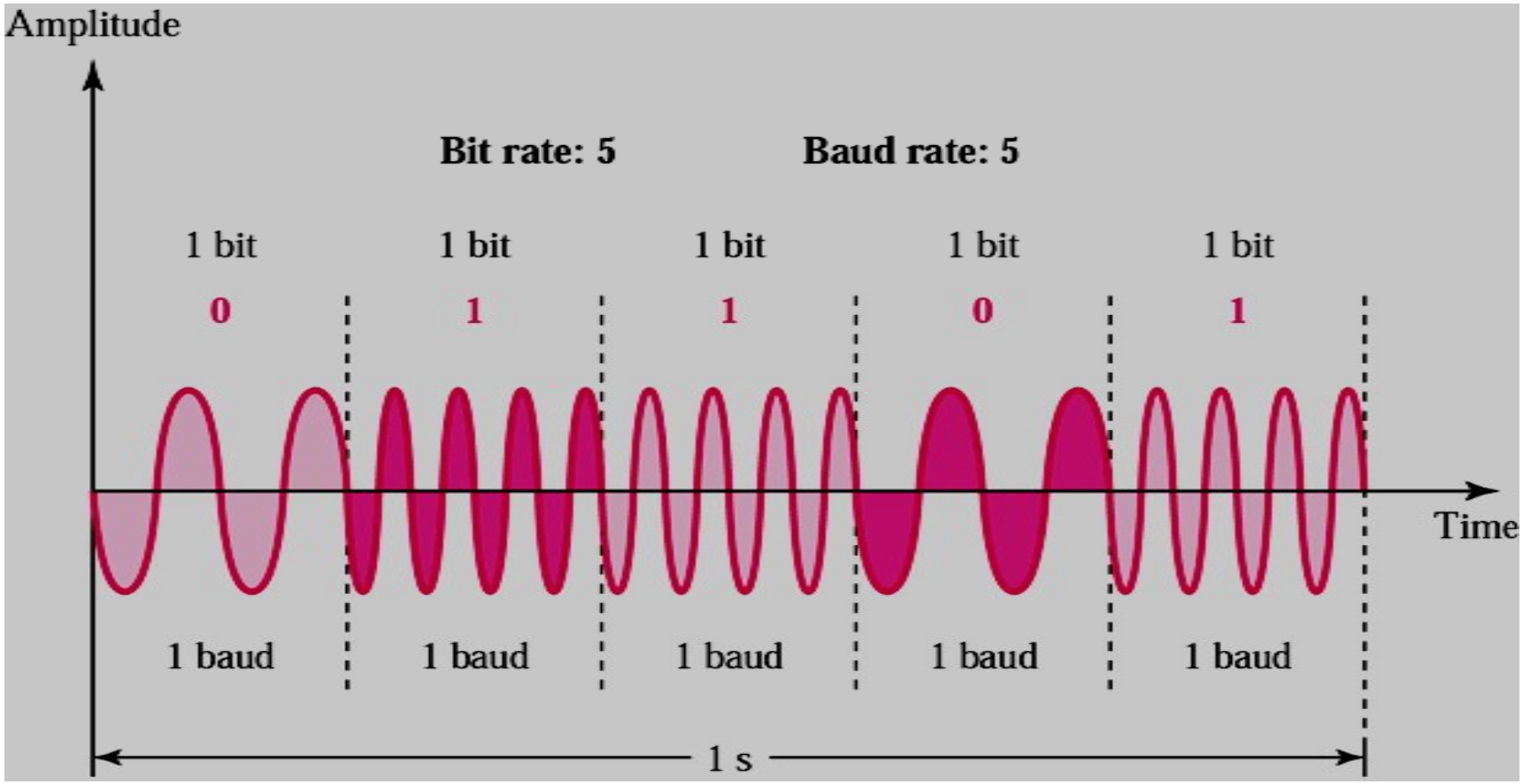
- Biasanya modem menukarkan gelombang diskret ke sinus utk transmisi analog
- Proses ini disebut proses modulasi
- Terdapat 4 kaedah modulasi :
  - ASK (Amplitude Shift Keying)
  - FSK Frequency Shift Keying)
  - PSK (Phase Shift Keying)
  - QAM (Quadrature Amplitude Modulation)
- Kedua modem yang terlibat perlu menggunakan kaedah modulasi yang sama utk berkomunikasi


Digital/analog
modulation
ASK
FSK
PSK
QAM

ASK

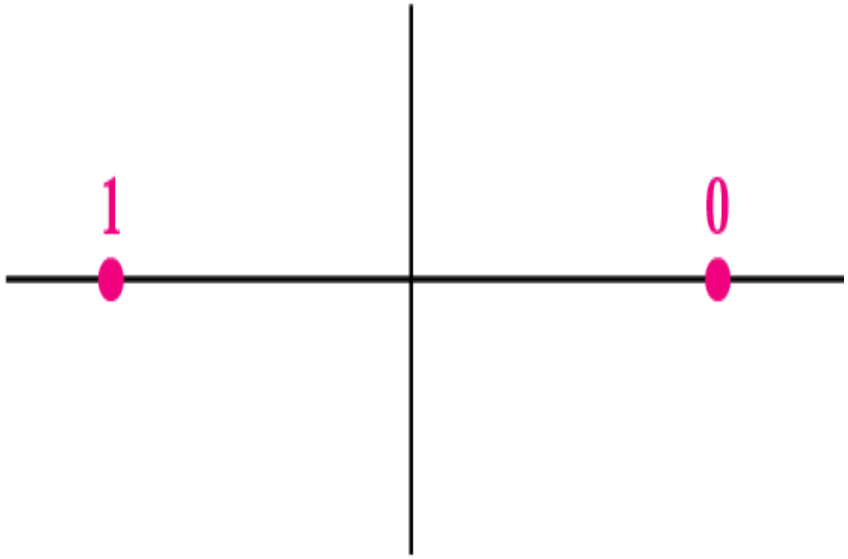

Amplitude
Bit rate: 5
Baud rate: 5
1 bit
1 bit
1 bit
1 bit
1 bit
0
1
0
1
0
Time
1 baud
1 baud
1 baud
1 baud
1 baud
1 s

Frequency Shift-Keying



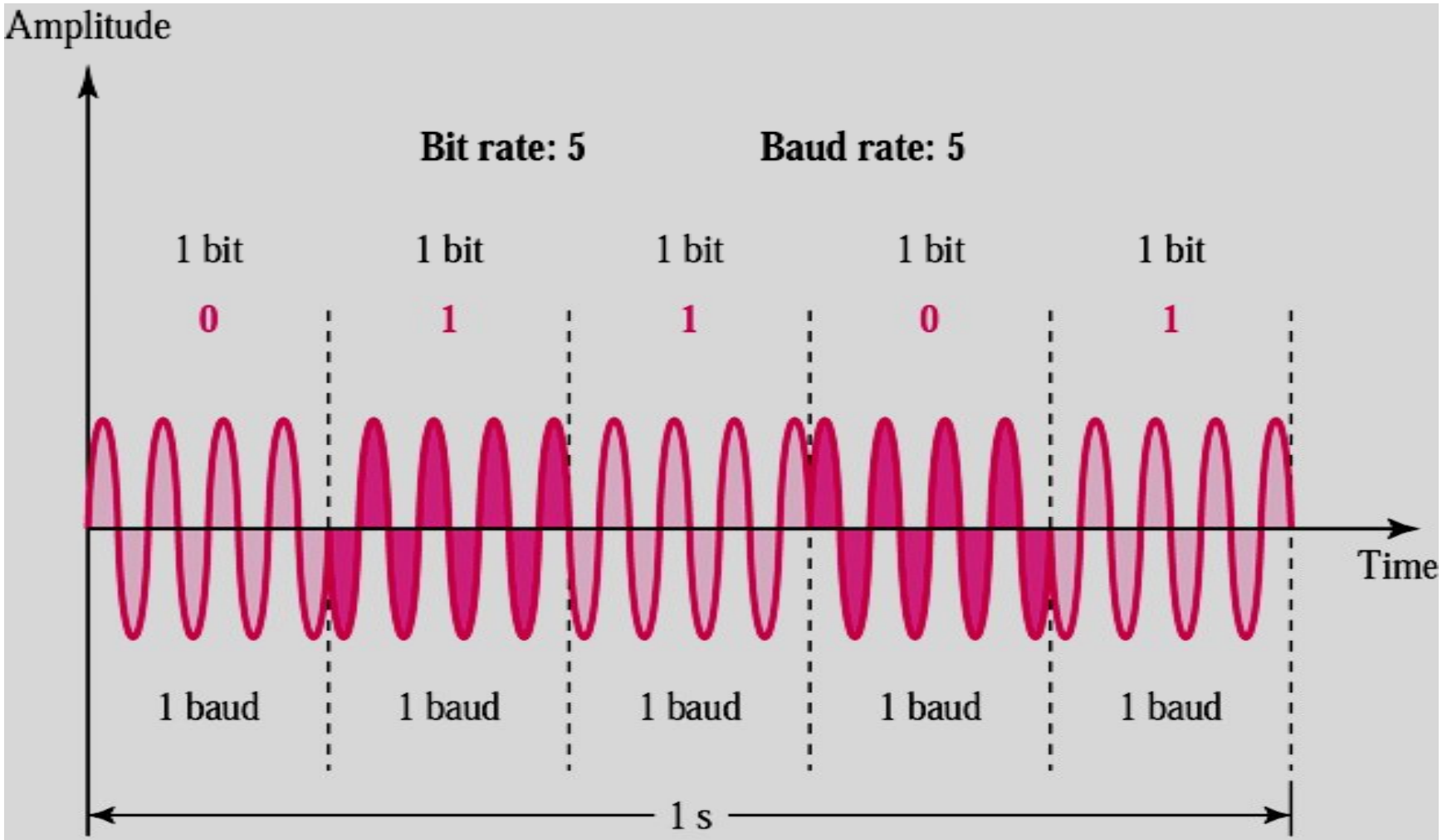
Bit	Phase
0	0
1	180

Bits



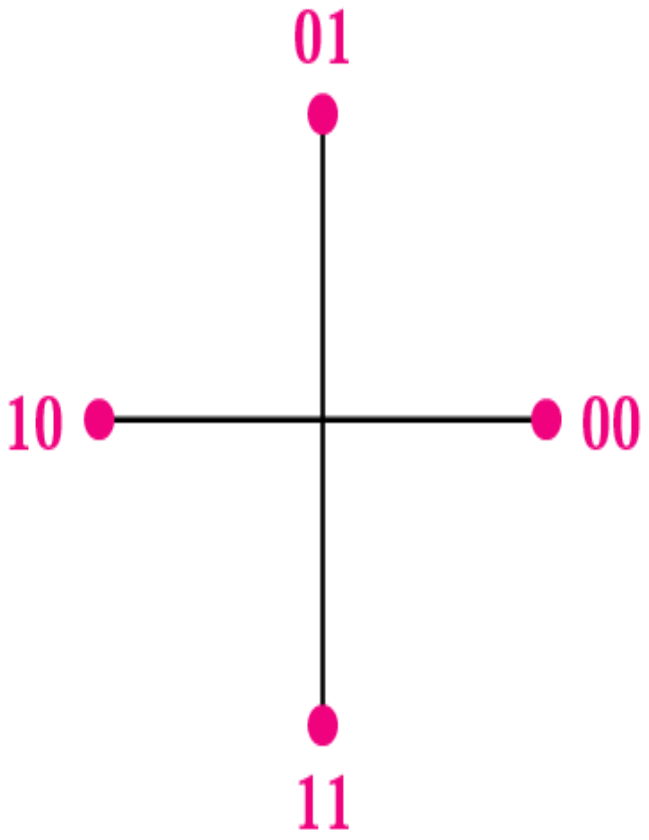
Constellation diagram

Phase Shift-Keying



Dibit	Phase
00	0
01	90
10	180
11	270

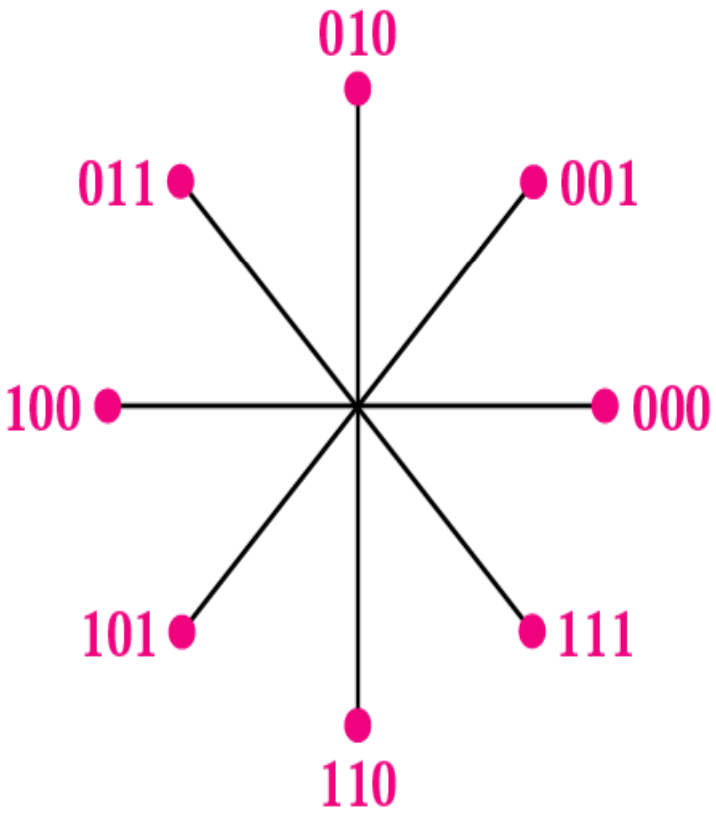
Dibit
(2 bits)



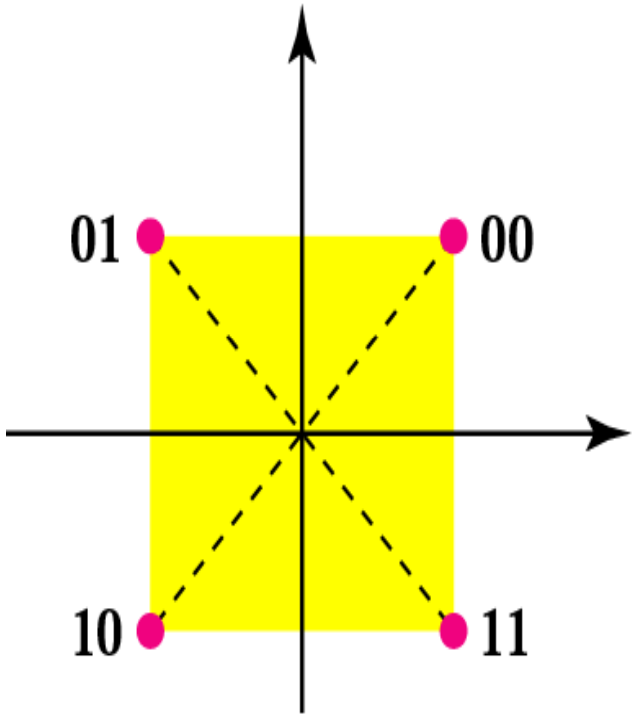
Constellation diagram

Tribit	Phase
000	0
001	45
010	90
011	135
100	180
101	225
110	270
111	315

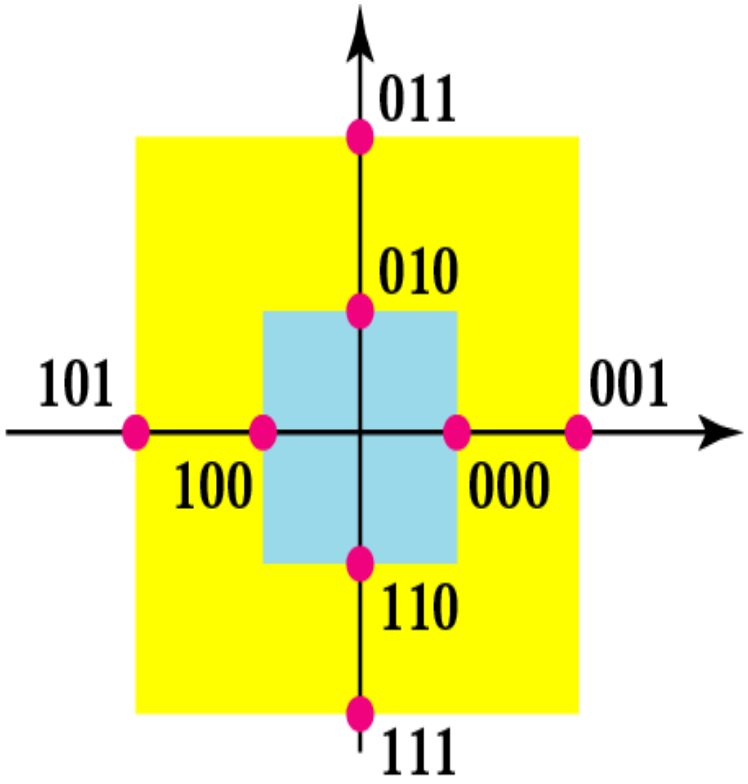
Tribits
(3 bits)



Constellation diagram

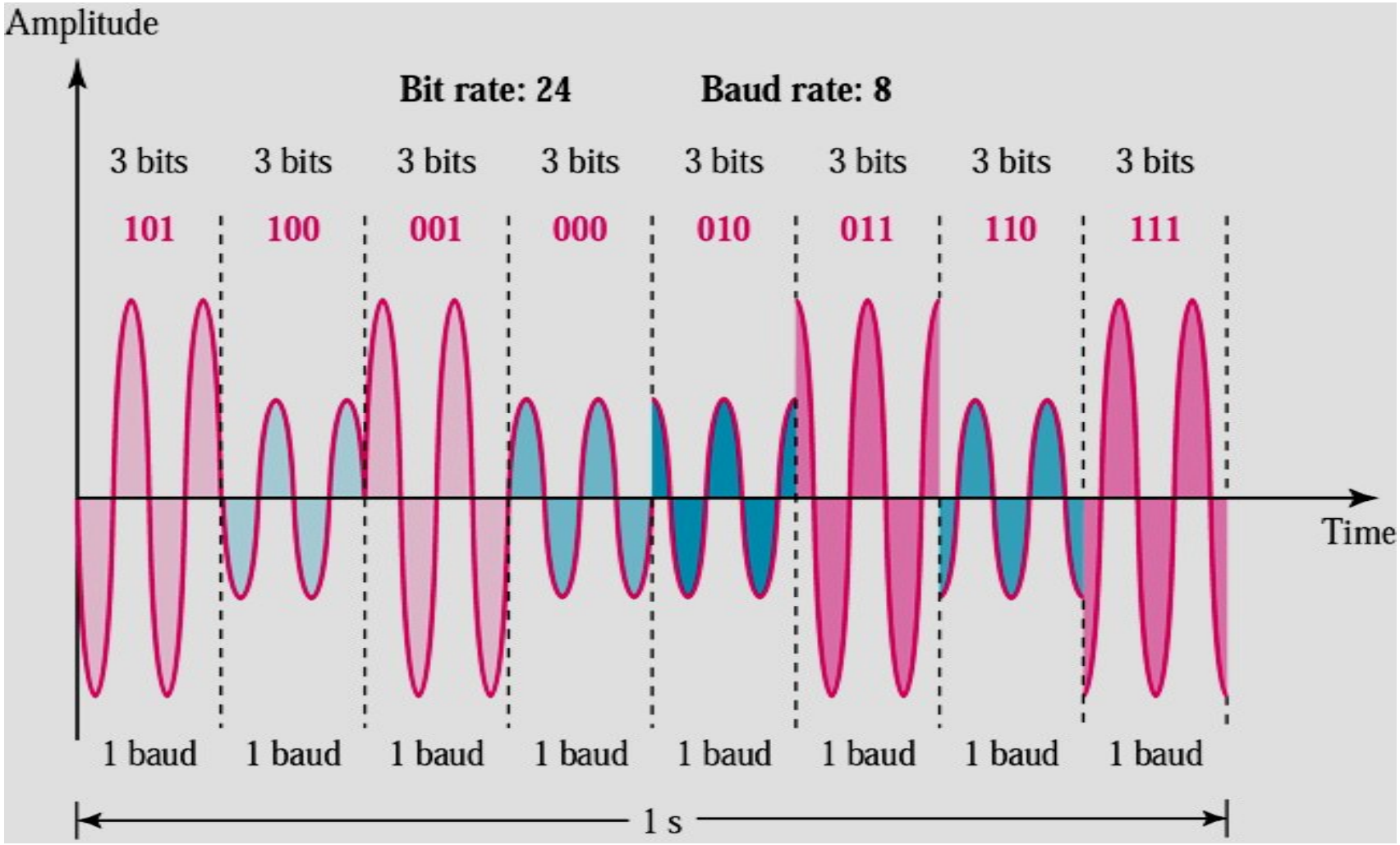


4-QAM
1 amplitude, 4 phases



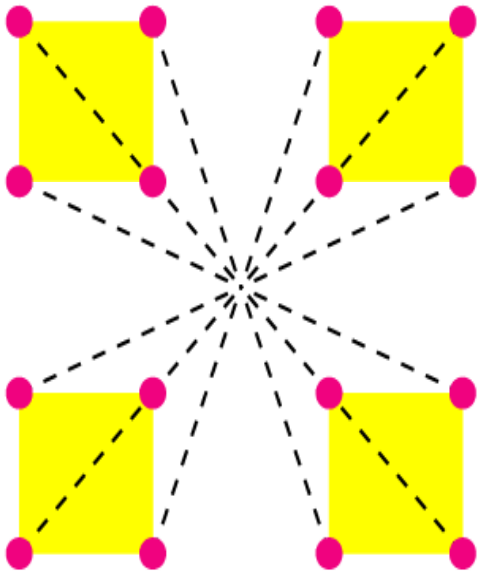
8-QAM
2 amplitudes, 4 phases

8-QAM


Amplitude
Bit rate: 24
Baud rate: 8
3 bits
3 bits
3 bits
3 bits
3 bits
3 bits
3 bits
3 bits
101
100
001
000
010
011
110
111
Time
1 baud
1 baud
1 baud
1 baud
1 baud
1 baud
1 baud
1 baud
1 s

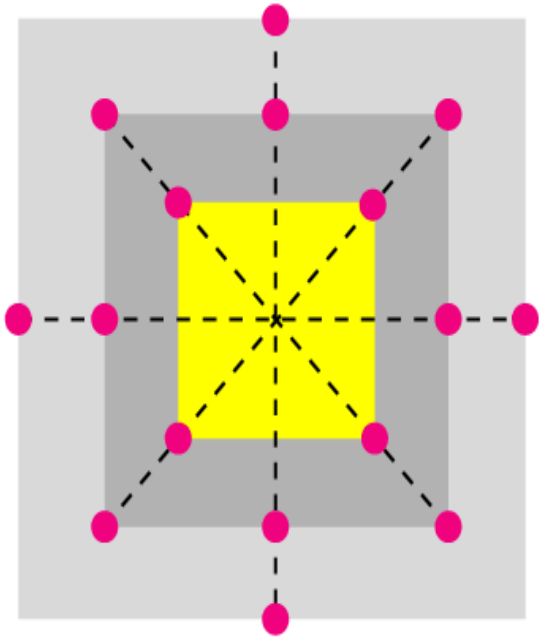
Kombinasi QAM

3 amplitudes, 12 phases



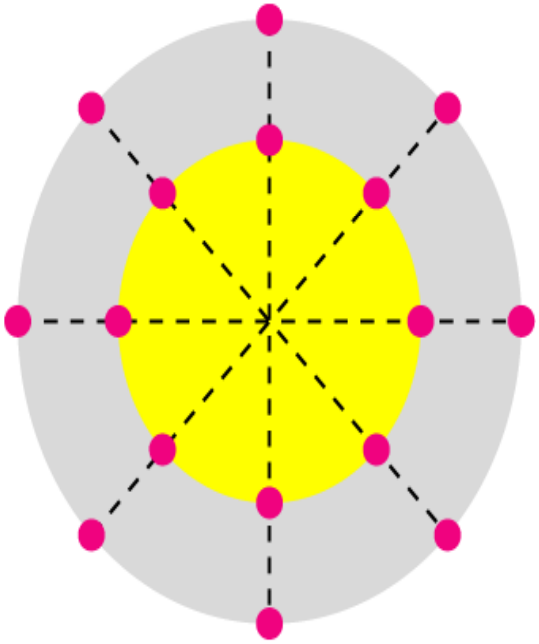
16-QAM

4 amplitudes, 8 phases



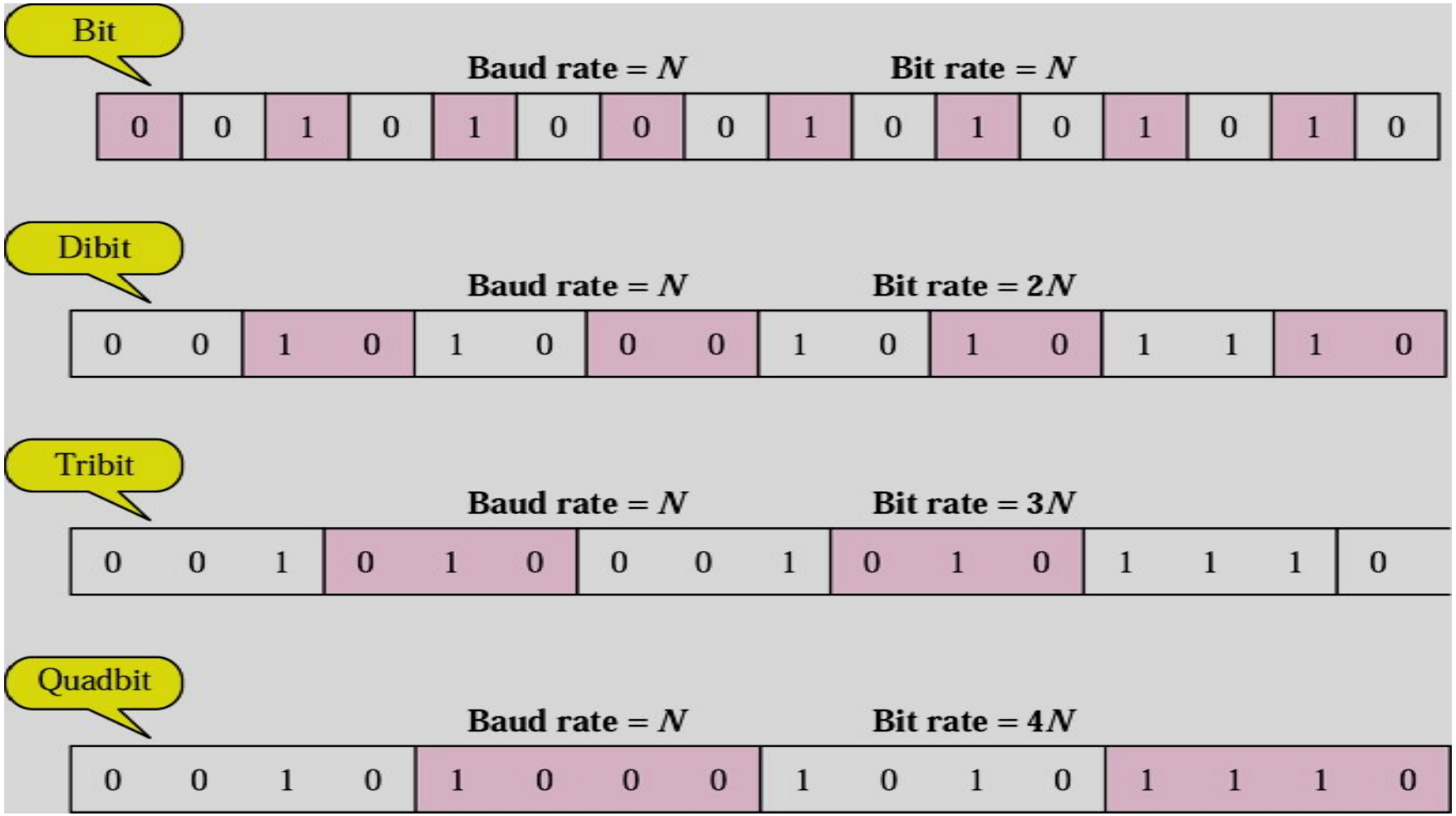
16-QAM

2 amplitudes, 8 phases



16-QAM

Bit dan Baud


Bit
Baud rate = N
Bit rate = N
0 0 1 0 1 0 0 0 1 0 1 0 1 0 1 0
Dibit
Baud rate = N
Bit rate = 2N
0 0 1 0 1 0 0 0 1 0 1 0 1 1 1 0
Tribit
Baud rate = N
Bit rate = 3N
0 0 1 0 1 0 0 0 1 0 1 0 1 1 1 0
Quadbit
Baud rate = N
Bit rate = 4N
0 0 1 0 1 0 0 0 1 0 1 0 1 1 1 0

Perbandingan Kadar Bit dan Baud

Modulation	Units	Bits/Baud	Baud rate	Bit Rate
ASK, FSK, 2-PSK	Bit	1	N	N
4-PSK, 4-QAM	Dibit	2	N	2N
8-PSK, 8-QAM	Tribit	3	N	3N
16-QAM	Quadbit	4	N	4N
32-QAM	Pentabit	5	N	5N
64-QAM	Hexabit	6	N	6N
128-QAM	Septabit	7	N	7N
256-QAM	Octabit	8	N	8N

Kesimpulan

4 kombinasi yang dapat dihasilkan :

- *Data Analog, Sinyal Analog*

  Ditransmisikan sebagai baseband yang mudah dan murah. Penggunaan modulasi untuk menggeser bandwidth dari sinyal baseband ke porsi lainnya dari spektrum

- *Data Analog, Sinyal Digital*

  Yang diijinkan adalah menggunakan transmisi digital modern dan peralatan sakelar

- *Data Digital, Sinyal Analog*

  Beberapa media transmisi seperti serat optik / software yang hanya merambatkan sinyal analog

- *Data Digital, Sinyal Digital*

  Secara umum peralatan untuk mengkode data digital menjadi sinyal digital adalah sedikit lebih komplek dan lebih mahal daripada peralatan modulator digital ke analog

Data Digital Sinyal Digital

- Elemen sinyal adalah tiap pulsa dari sinyal digital. Data binari / digital ditransmisikan dengan mengkodekan bit-bit data ke dalam elemen-elemen sinyal.

  Contoh : bit binari 0 untuk level tegangan rendah

  bit binari 1 untuk level tegangan tinggi
- kecepatan data signalling dalam bps (bit per detik)
- Sinyal unipolar adalah semua elemen sinyal yang mempunyai tanda yang sama, yaitu positif semua atau negatif semua. Sedangkan sinyal polar adalah elemen sinyal dimana salah satu logic statenya diwakili oleh level tegangan positif dan yang lainnya oleh level tegangan negatif.
- Durasi = panjang bit (1/R) adalah jumlah waktu yang dibutuhkan oleh transmiter untuk mengirimkan bit dengan kecepatan R
- Kecepatan modulasi : kecepatan perubahan level sinyal dalam satuan baud (besaran eleman sinyal perdetik)
- Mark menunjukkan binari 1, dan

  Space menunjukkan binari 0

- Faktor kesuksesan penerima dalam mengartikan sinyal yang datang:
  - Ratio signal to noise (S/N) : peningkatan S/N akan menurunkan bit error rate
  - Kecepatan data / data rate : peningkatan data rate akan meningkatkan bit error rate (kecepatan error dari bit)
  - Bandwidth : peningkatan bandwidth dapat meningkatkan data rate.

- Hubungan ketiga faktor tersebut adalah :
  - Kecepatan data bertambah, maka kecepatan errorpun bertambah, sehingga memungkinkan bit yang diterima error.
  - Kenaikan S/N mengakibatkan kecepatan error berkurang
  - Lebar bandwidth membesar yang diperbolehkan, kecepatan data akan bertambah

- 5 faktor evaluasi (faktor-faktor yang mempengaruhi coding) :
  1. Spektrum sinyal / signal spektrum

     Ketidakadaan komponen frekuensi tinggi berarti diperlukan bandwidth sempit untuk transmisi.
  2. Kemampuan sinkronisasi / clocking / signal synchronization capability

     Untuk menghitung posisi start dan stop dari tiap posisi bit dengan mekanisme sinkronisasi.
  3. Kemampuan mendeteksi error / signal error detecting capability

     Kemampuan error detection dapat diberikan secara sederhana dengan pengkodean natural.
  4. Tahan terhadap gangguan / signal interference and noise immunity

     Digambarkan oleh kecepatan bit error.
  5. Biaya dan kompleksitas / cost and complexity

     Semakin tinggi kecepatan pensinyalan untuk memenuhi data rate yang ada, semakin besar biayanya.

- Teknik Data Digital, Sinyal Digital terbagi atas :
  - Nonreturn to Zero-Level (NRZ-L)
  - Nonreturn to Zero Inverted (NRZI)
  - Bipolar -AMI
  - Pseudoternary
  - Manchester
  - Differential Manchester
  - B8ZS
  - HDB3

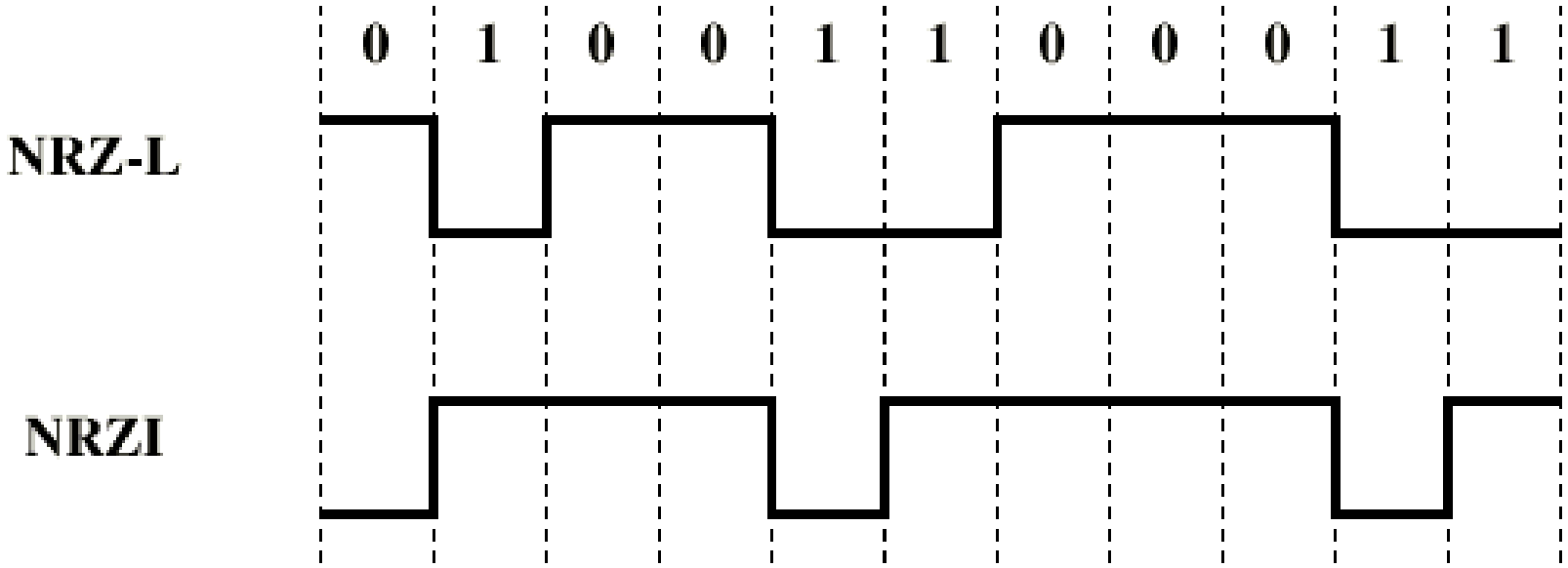
Nonreturn to Zero-Level (NRZ-L)

- Dua tegangan berbeda utk bit-bit 0 dan 1
- Tegangan konstan selama bit interval
  - Tdk ada transisi yaitu ada tegangan kembali ke nol
- Mis. Tdk ada tegangan utk “0”, tegangan positif konstan utk “1”
- Lebih sering, tegangan negatif utk satu harga dan positif utk lainnya
- Ini adalah NRZ-L

Nonreturn to Zero Inverted (NRZ-I)

- Nonreturn to zero inverted on ones
- Pulsa tegangan konstan utk durasi bit
- Data dikodekan sbg ada atau tdk ada transisi sinyal pd awal waktu bit
- Transisi (rendah ke tinggi atau tinggi ke rendah) menyatakan biner 1
- Tdk ada transisi menyatakan biner 0
- Contoh dari differential encoding

NRZ



Differential Encoding

- Data direpresentasikan dg perubahan dr level-level
- Deteksi transisi lebih handal drpd level
- Dlm layout transmisi yg kompleks sangat mudah kehilangan sense polaritas

NRZ pros dan cons

- Pros
  - Mudah dlm rekayasa
  - Baik dlm penggunaan bandwidth
- Cons
  - komponen dc
  - Kurang kemampuan sinkronisasi
- Digunakan utk perekaman (recording) magnetis
- Tdk sering digunakan utk transmisi sinyal

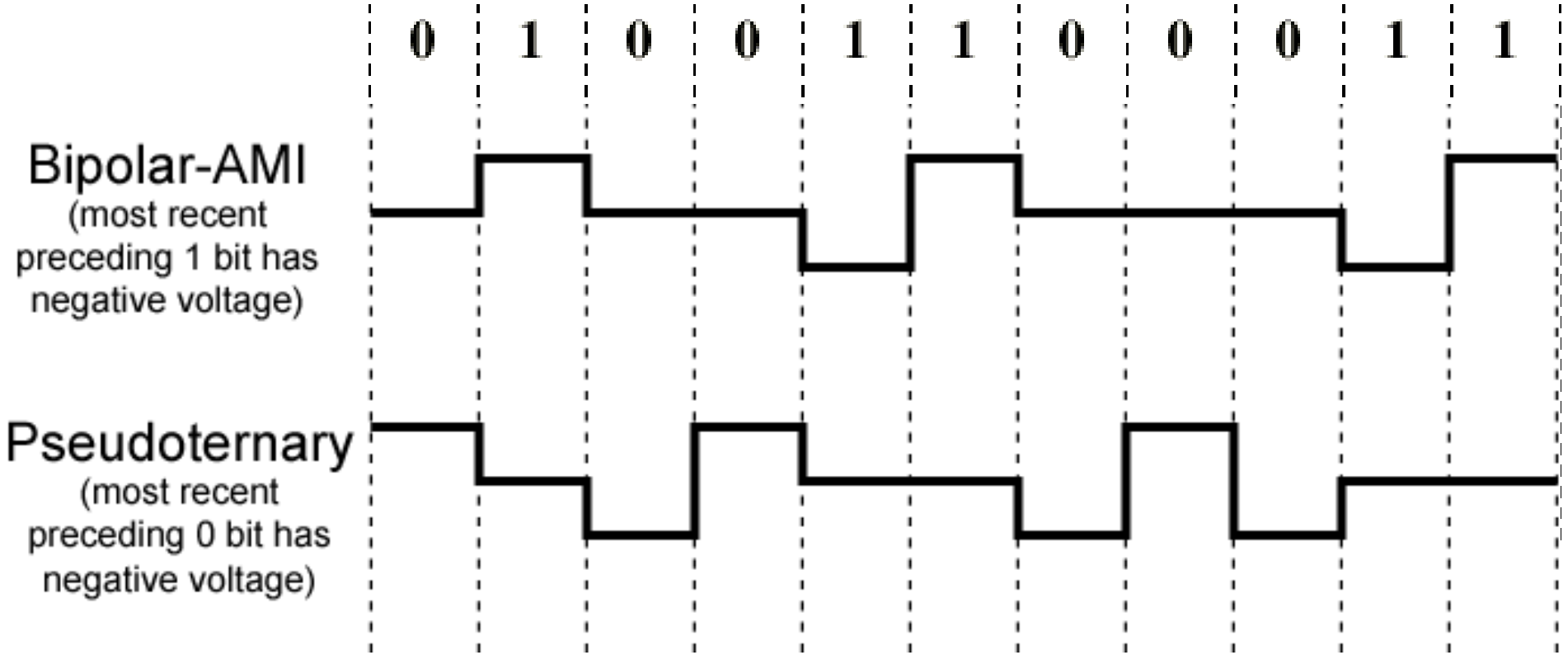
Multilevel Binary

- Menggunakan lebih dari dua level
- Bipolar-AMI
  - nol direpresentasikan dg tdk ada sinyal saluran
  - Satu direpresentasikan dg pulsa positif atau negatif
  - Pulsa-pulsa satu bergantian dlm polaritas
  - Tdk kehilangan sinkronisasi utk deretan satu yg panjang (Nol masih masalah)
  - Tdk ada komponen dc
  - Bandwidth lebih rendah
  - Deteksi error mudah

Pseudoternary

- Satu direpresentasikan dg ketiadaan sinyal saluran
- Nol direpresentasikan pergantian positif dan negatif
- Tdk ada kelebihan atau kekurangan dibandingkan bipolar-AMI

Bipolar-AMI dan Pseudoternary



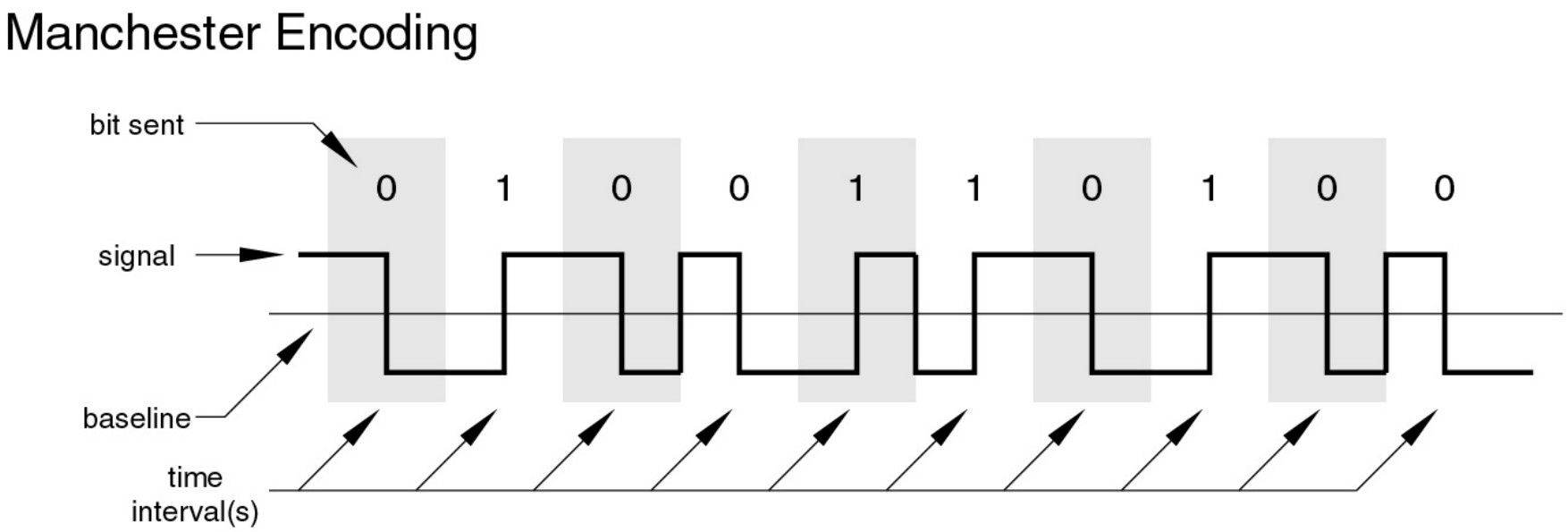
Untung Rugi utk Multilevel Binary

- Tdk seefisien NRZ
  - Tiap elemen sinyal hanya merepresentasikan satu bit
  - Dlm suatu sistem 3 level dp merepresentasikan $\log_2 3 = 1.58$ bits
  - Penerima harus membedakan antara tiga level (+A, -A, 0)
  - Memerlukan kira-kira daya sinyal 3dB lebih utk probabilitas bit error yg sama

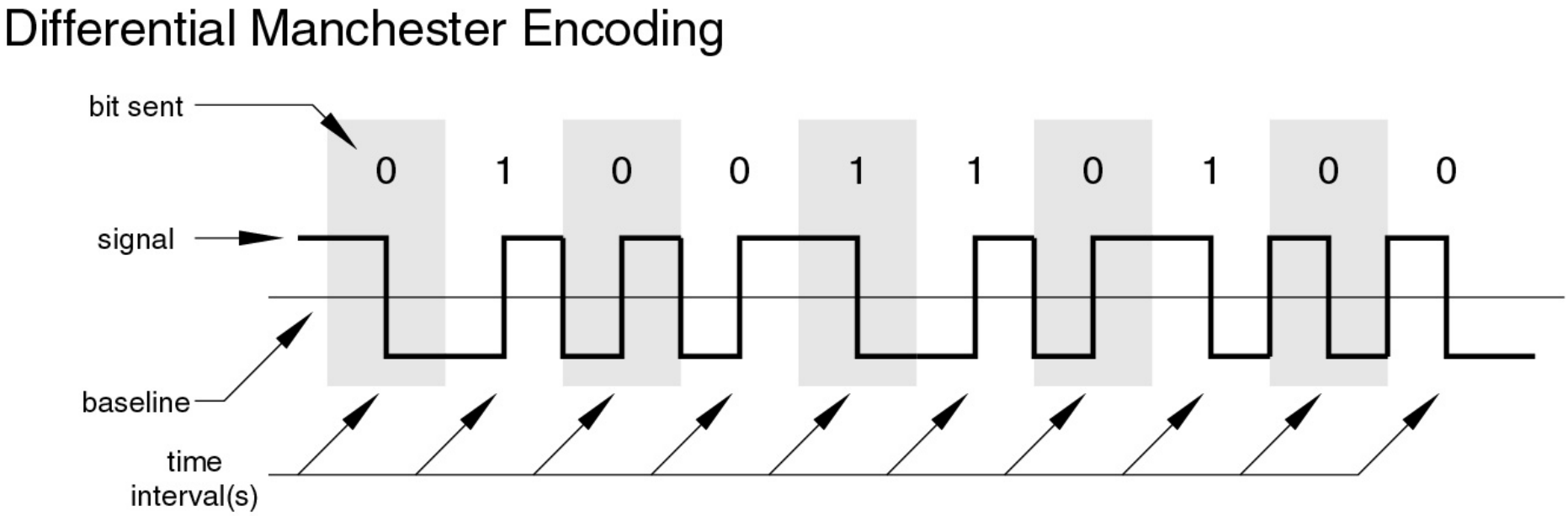
Biphase

- Manchester
  - Transisi pd pertengahan tiap perioda bit
  - Transisi berperan sbg clock dan data
  - Rendah ke tinggi menyatakan satu
  - Tinggi ke rendah menyatakan nol
  - Digunakan pd IEEE 802.3
- Differential Manchester
  - Transisi pertengahan bit hanya utk clocking
  - Transisi pd awal perioda bit menyatakan nol
  - Tdk ada transisi pd awal perioda bit menyatakan satu
  - Cat: ini suatu skimdifferential encoding
  - Digunakan pd IEEE 802.5

Manchester Encoding



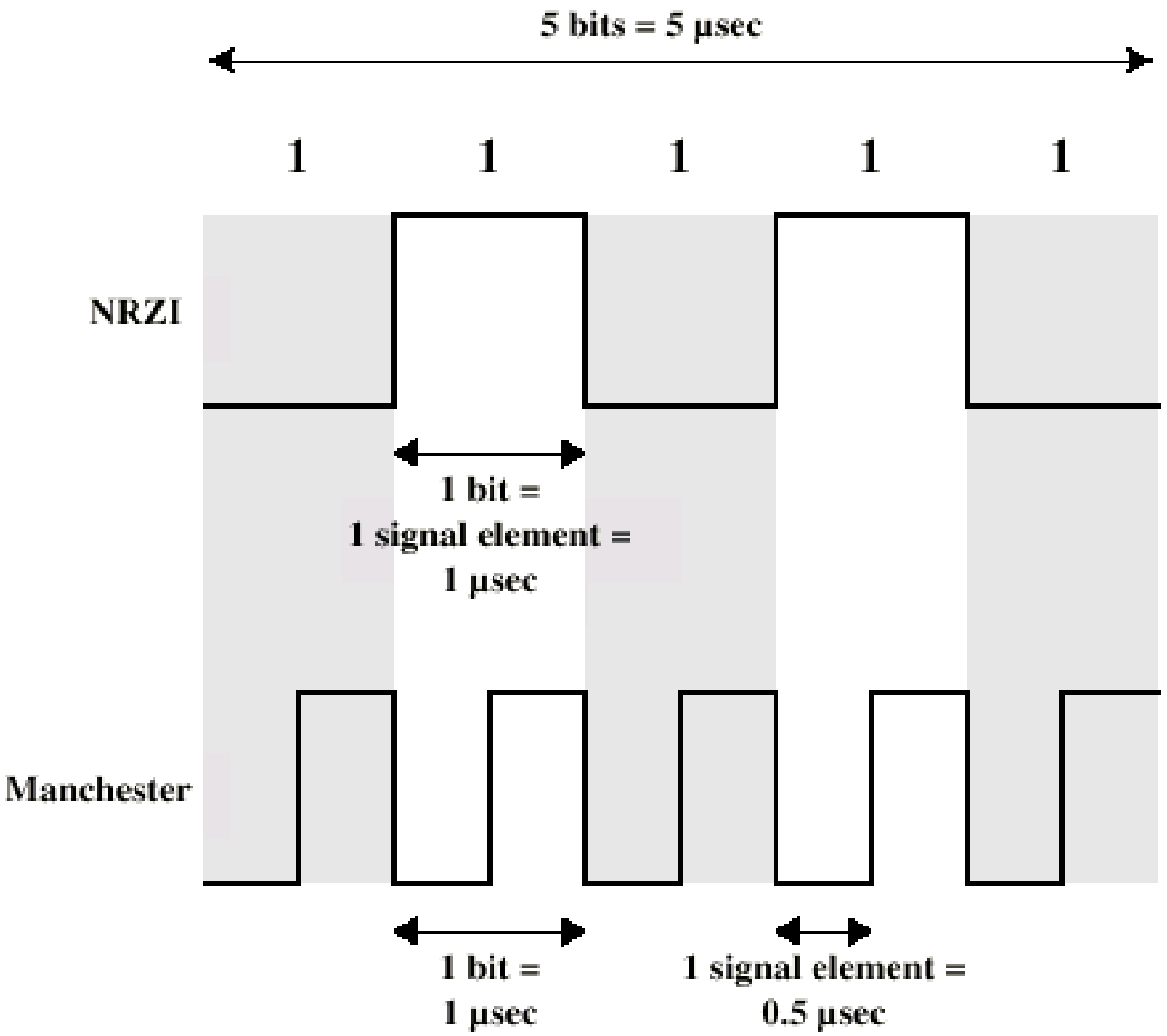
Differential Manchester Encoding



Biphase Pros dan Cons

- Con
  - Paling sedikit satu transisi per waktu bit dan kemungkinan dua
  - Laju modulasi maksimum dua kali NRZ
  - Memerlukan lebih banyak bandwidth
- Pros
  - Sinkronisasi pd pertengahan transisi bit (self clocking)
  - Tdk ada komponen dc
  - Deteksi error
    - Ketiadaan transisi yg diharapkan

Laju Modulasi



Scrambling

- Gunakan pengacakan (scrambling) utk menggantikan deretan yg akan menghasilkan tegangan konstan
- Pengisisan (filling) deretan
  - Harus menghasilkan cukup transisi utk sinkronisasi
  - Harus dikenali oleh penerima dan diganti dg yg original
  - Sama panjang spt original
- Tdk ada komponen dc
- Tdk ada level sinyal saluran nol yg panjang
- Tdk ada pengurangan dlm laju data
- Kemampuan deteksi error

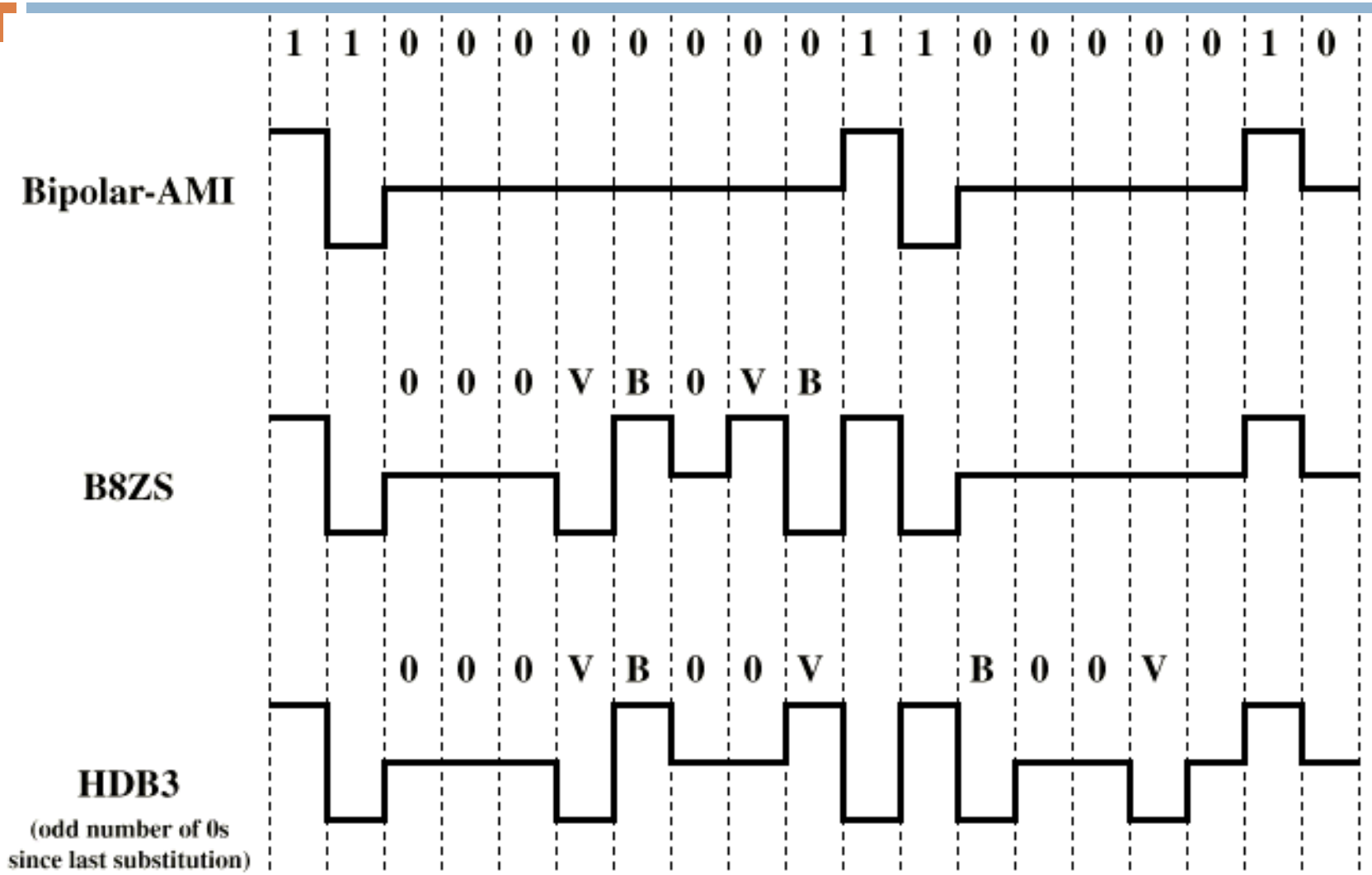
B8ZS

- Bipolar dg substitusi 8 Nol (Bipolar With 8 Zeros Substitution)
- Didasarkan pd bipolar-AMI
- Jika octet dari semua nol dan tegangan pulsa terakhir sebelumnya positif code-kan sbg 000+-0-+
- Jika octet dari semua nol dan tegangan pulsa terakhir negatif code kan sbg 000-+0+-
- Menyebabkan dua pelanggaran thd AMI code
- Kecil kemungkinannya terjadi sbg hasil dari noise
- Penerima mendeteksi dan menginterpretasikan sbg octet dari semua nol

HDB3

- High Density Bipolar 3 Zeros
- Kan pd bipolar-AMI
- Deretan empat nol digantikan dg satu atau dua pulsa

B8ZS and HDB3



B = Valid bipolar signal
V = Bipolar violation

Spectral Density Skim Encoding

