

**TRƯỜNG ĐẠI HỌC KHOA HỌC TỰ NHIÊN
KHOA ĐIỆN TỬ - VIỄN THÔNG**

Bài 4: Điều biến xung (PM) và điều biến xung mã (PCM)

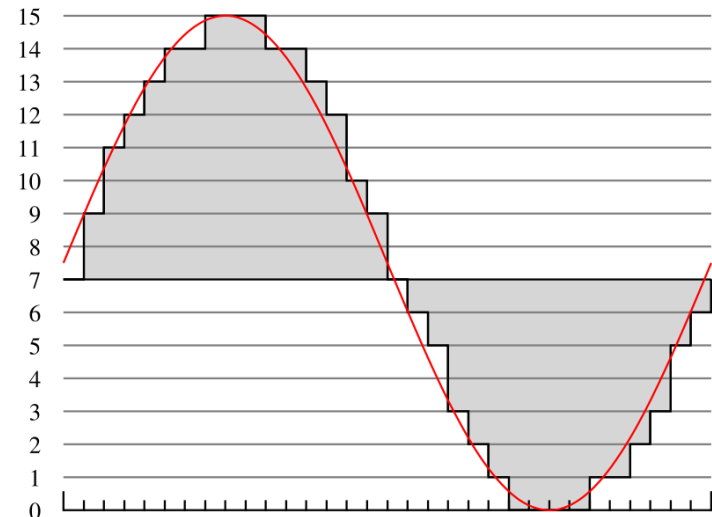
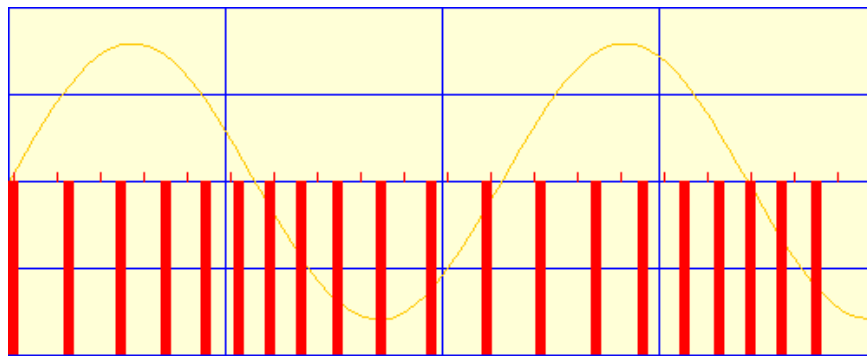
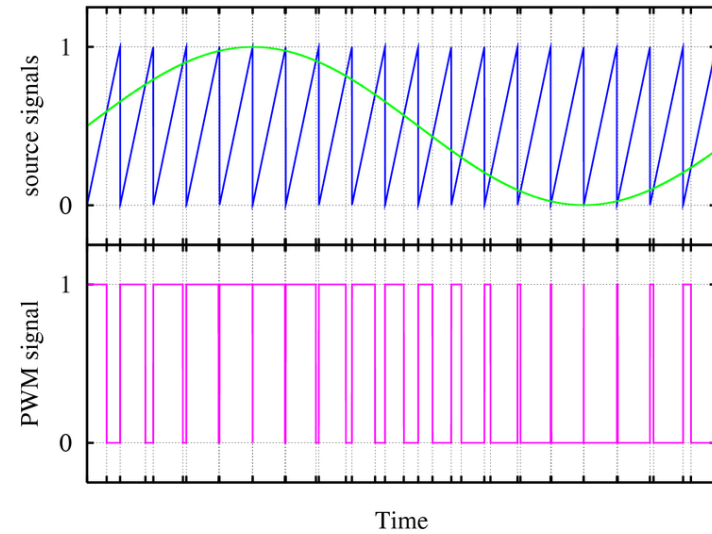
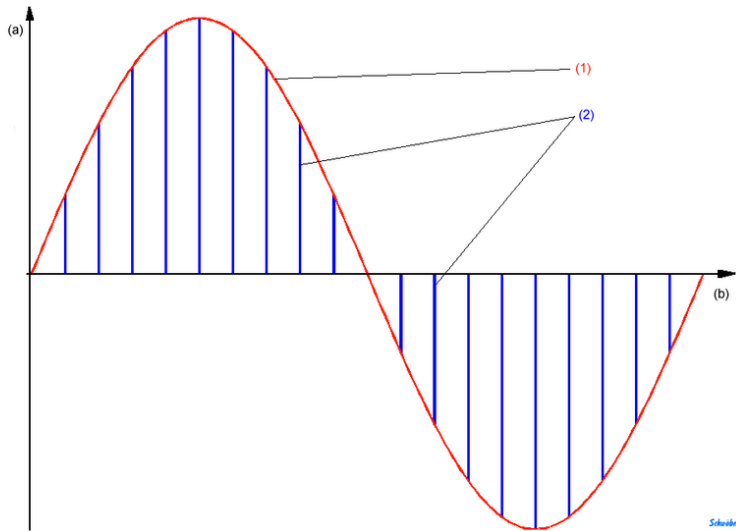
Đặng Lê Khoa

Bộ môn Viễn thông – Mạng

Nội dung

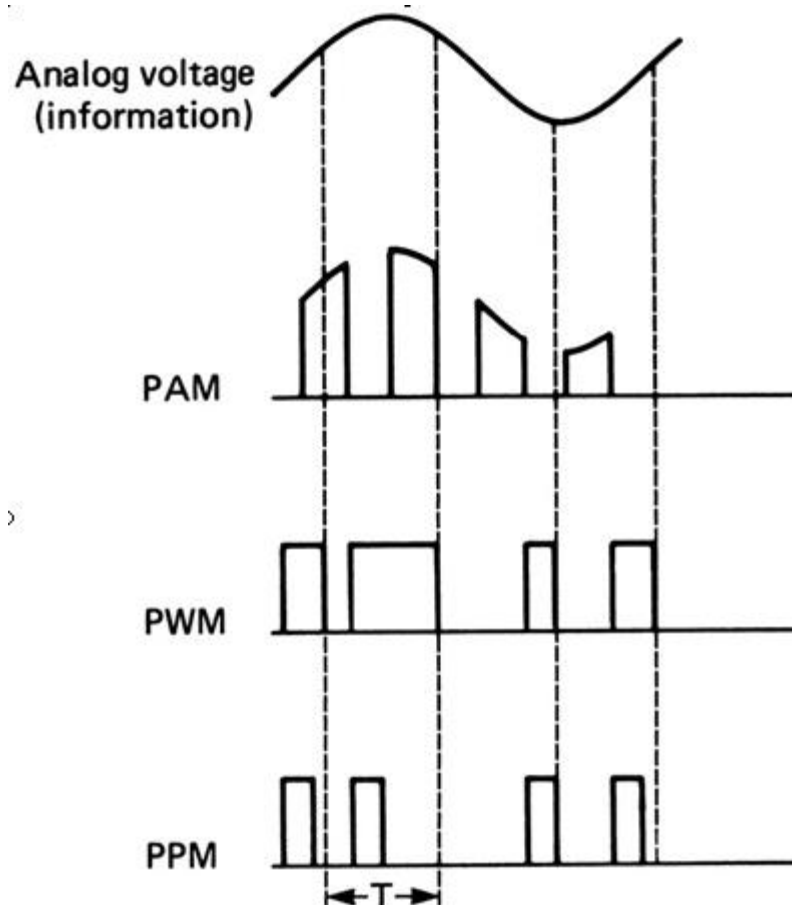
- Điều biến xung
- Điều biến xung mã (PCM)
- Đa hợp phân chia thời gian (TDM)
- Các PCM khác
- Mã hóa đường dây và phổ, băng thông tín hiệu PCM
- Méo liên ký hiệu (ISI), dạng mắt

PAM, PWM, PPM, PCM

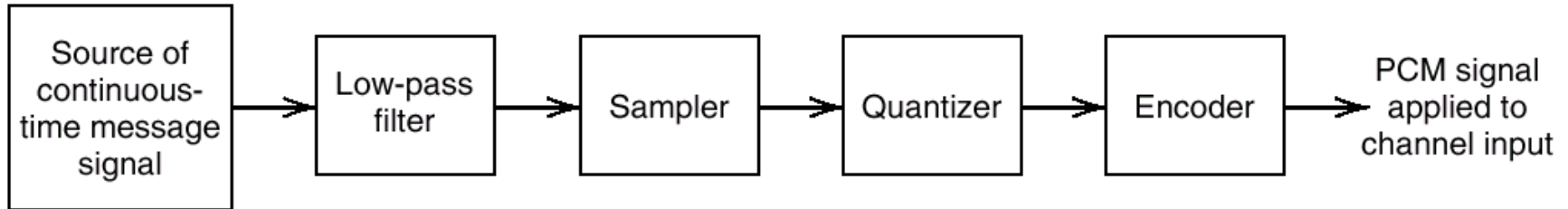


Pulse Width and Pulse Position Modulation

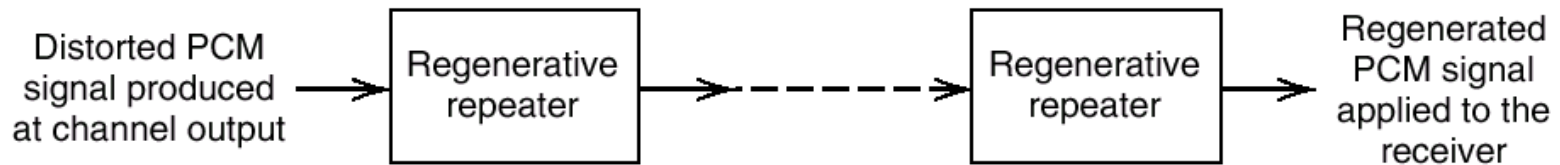
- Trong điều biến độ rộng xung (PWM), độ rộng của mỗi xung tỉ lệ với biên độ của tín hiệu thông tin.
- Trong điều biến vị trí vị trí xung, độ rộng xung là hằng số, và vị trí hoặc thời gian tỉ lệ của mỗi xung từ nguồn tham chiếu tỉ lệ trực tiếp với biên độ của tín hiệu thông tin.
- So sánh PWM và PPM với PAM như hình bên.



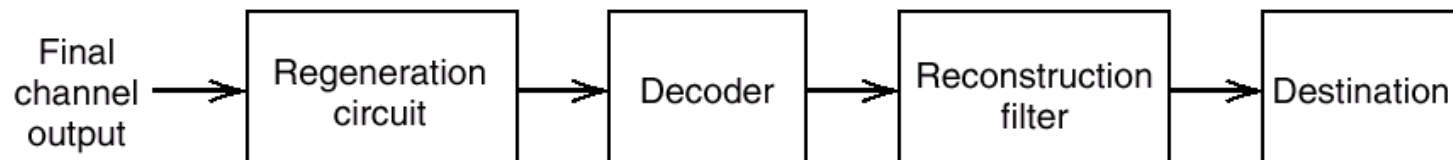
Pulse Code Modulation



(a) Transmitter



(b) Transmission path



(c) Receiver

Figure The basic elements of a PCM system.

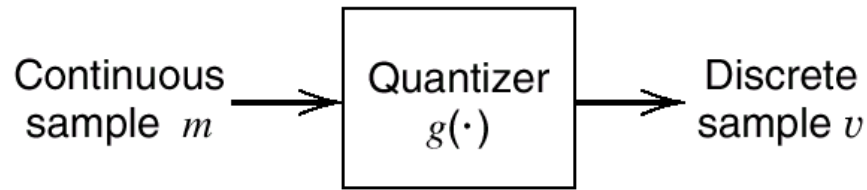
Pulse Code Modulation (PCM)

- Điều biến mã xung (PCM) được tạo ra bằng bộ ADC, gọi là lượng tử PAM
- Tốc độ lấy mẫu và mã hóa phải thỏa tốc độ lấy mẫu Nyquist.
- Tốc độ lấy mẫu phải lớn hơn hai lần tần số cao nhất của tín hiệu tương tự,

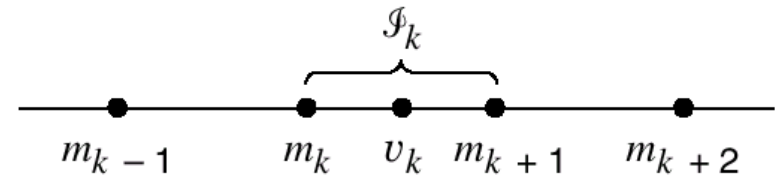
$$f_s > 2f_A(\text{max})$$

Quantization

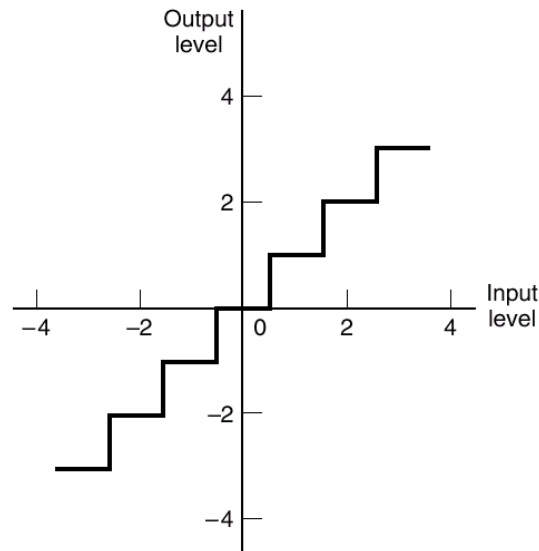
- Sơ đồ khối bộ lượng tử



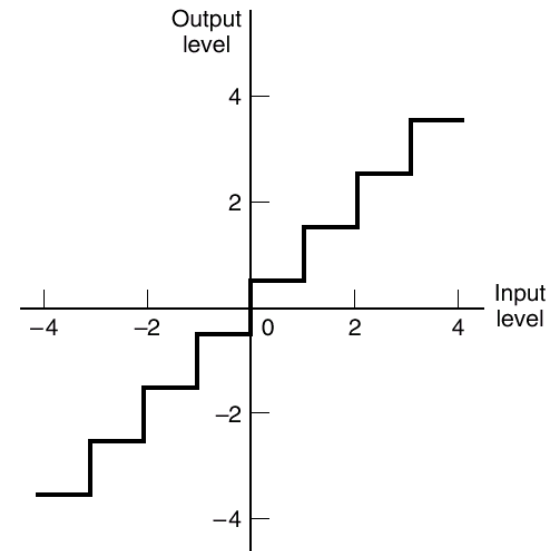
(a)



(b)

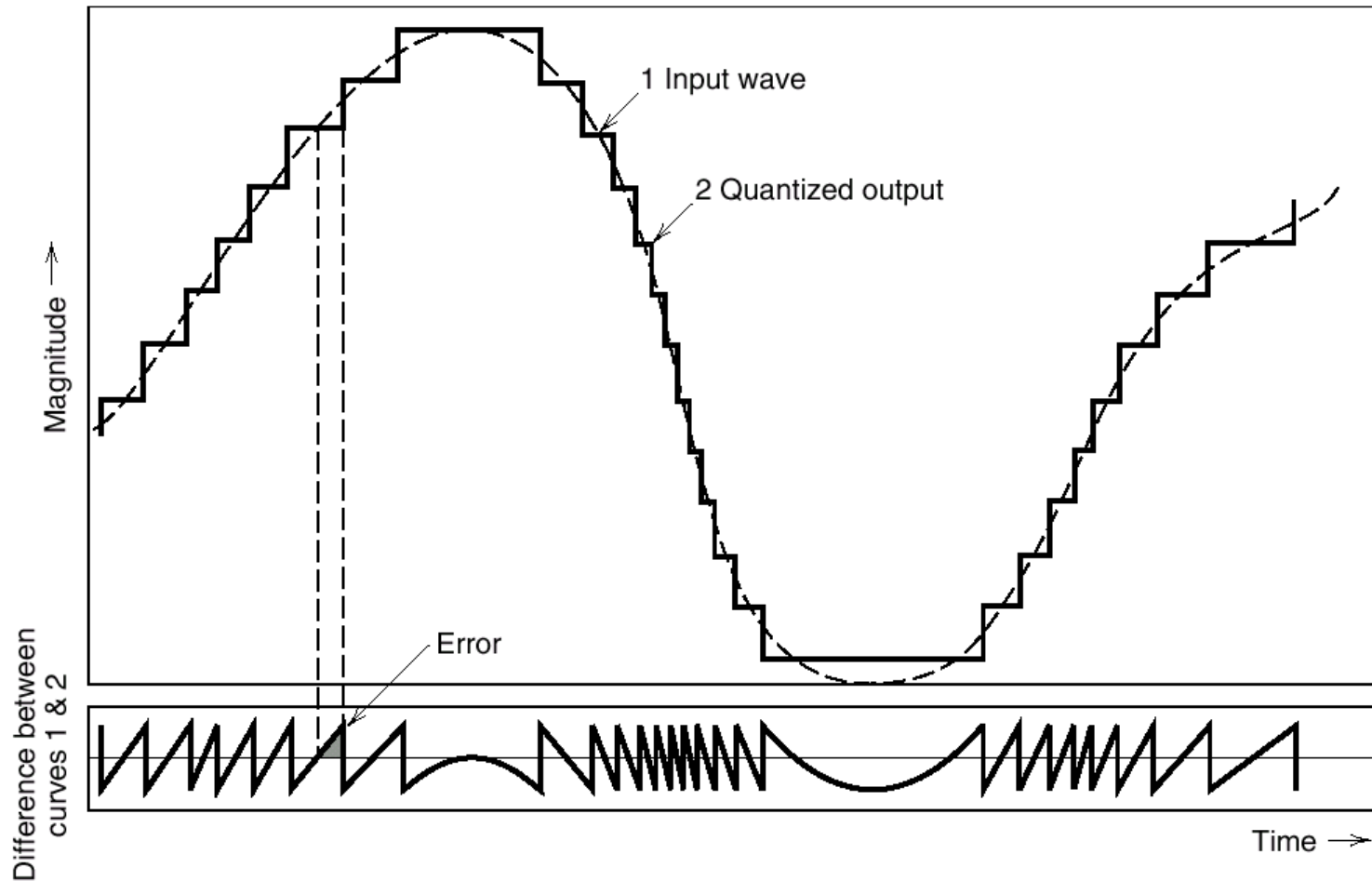


(a)

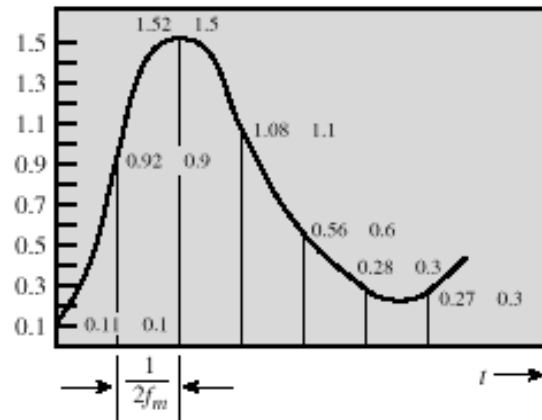


(b)

Quantization Noise



Encoding



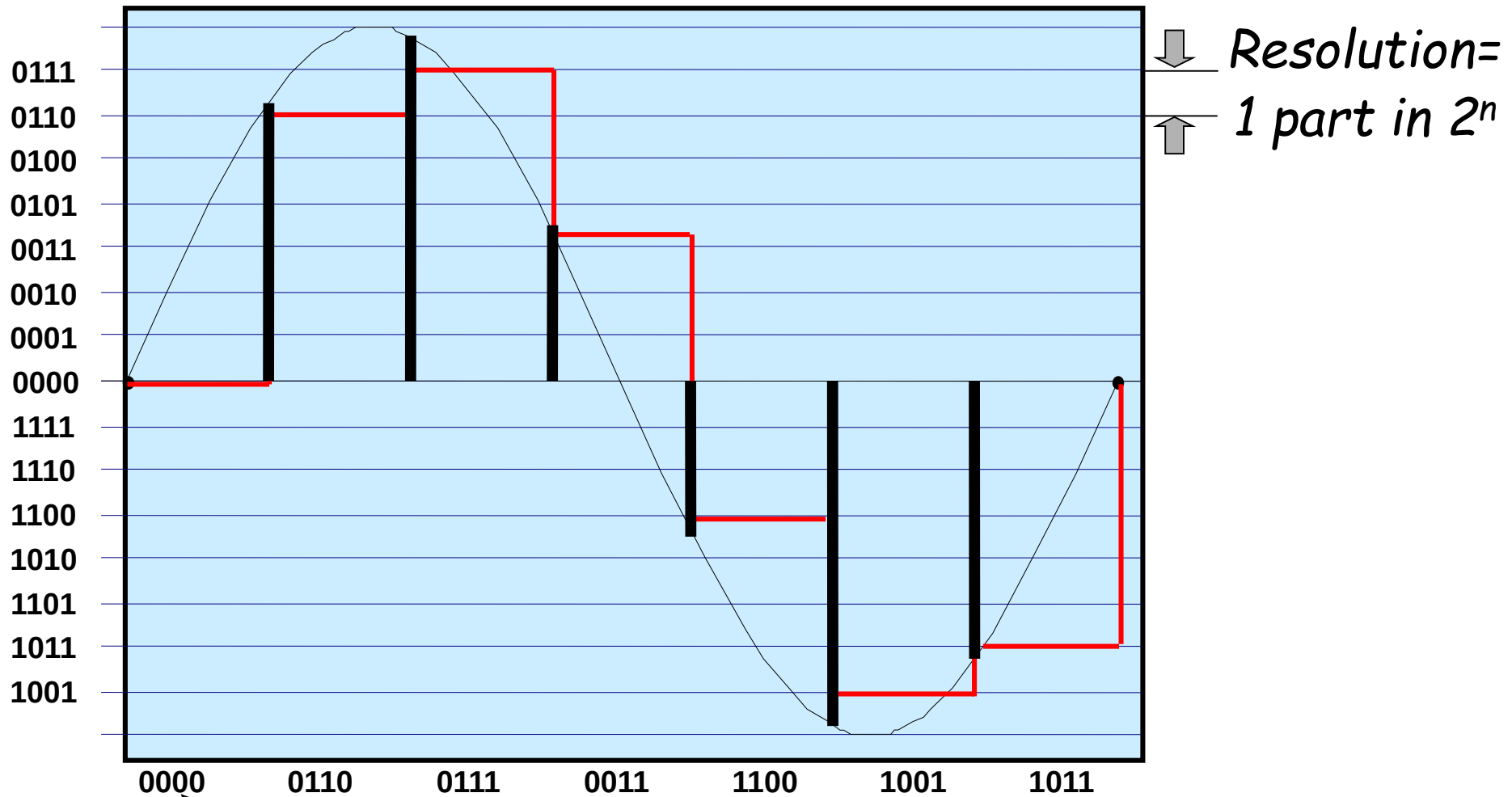
(a)

Digit	Binary Equivalent	PCM waveform
0	0000	—
1	0001	—
2	0010	—
3	0011	—
4	0100	—
5	0101	—
6	0110	—
7	0111	—

Digit	Binary Equivalent	PCM waveform
8	1000	—
9	1001	—
10	1010	—
11	1011	—
12	1100	—
13	1101	—
14	1110	—
15	1111	—

(b)

PCM



Numbers passed from ADC to computer to represent analogue voltage

-
- Cho tín hiệu tiếng nói, có $V_{pp}=2V$, được lấy mẫu với tần số $f_s=8K$, lượng tử hóa 8 bit
 - a) nếu sử dụng ADC có sai số là $0.5LSB$, tính sai số lượng tử
 - b) Tính tốc độ bit truyền

Lợi ích của PCM

1. Ít ảnh hưởng của nhiễu và can nhiễu
2. Khôi phục hiệu quả
3. Hiệu quả SNR và đánh đổi băng thông
4. Định dạng đồng nhất
5. Dễ dàng tách và ghép luồng
6. Bảo mật

Time-Division Multiplexing

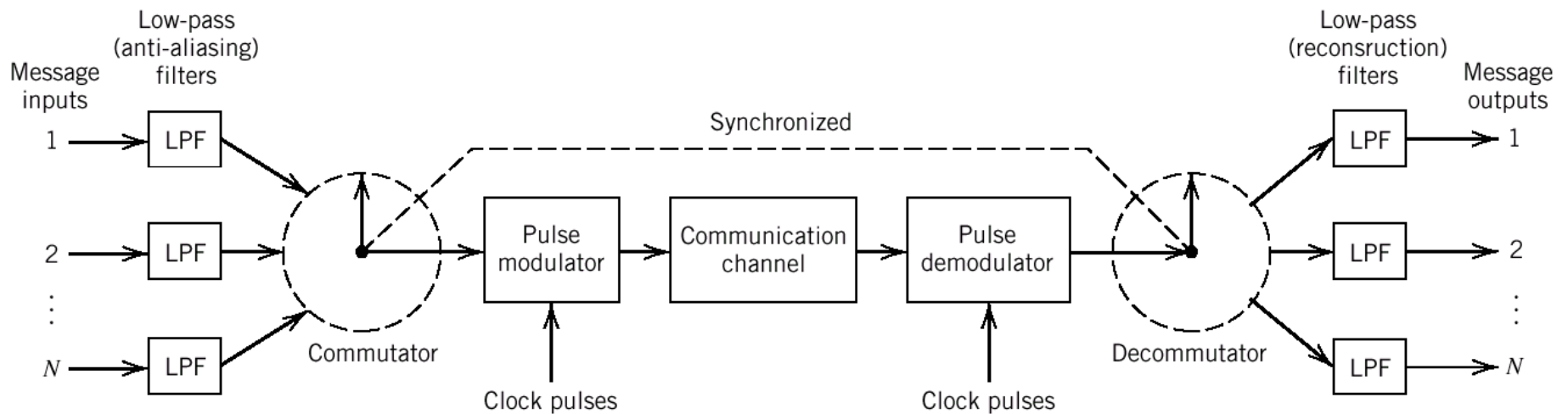
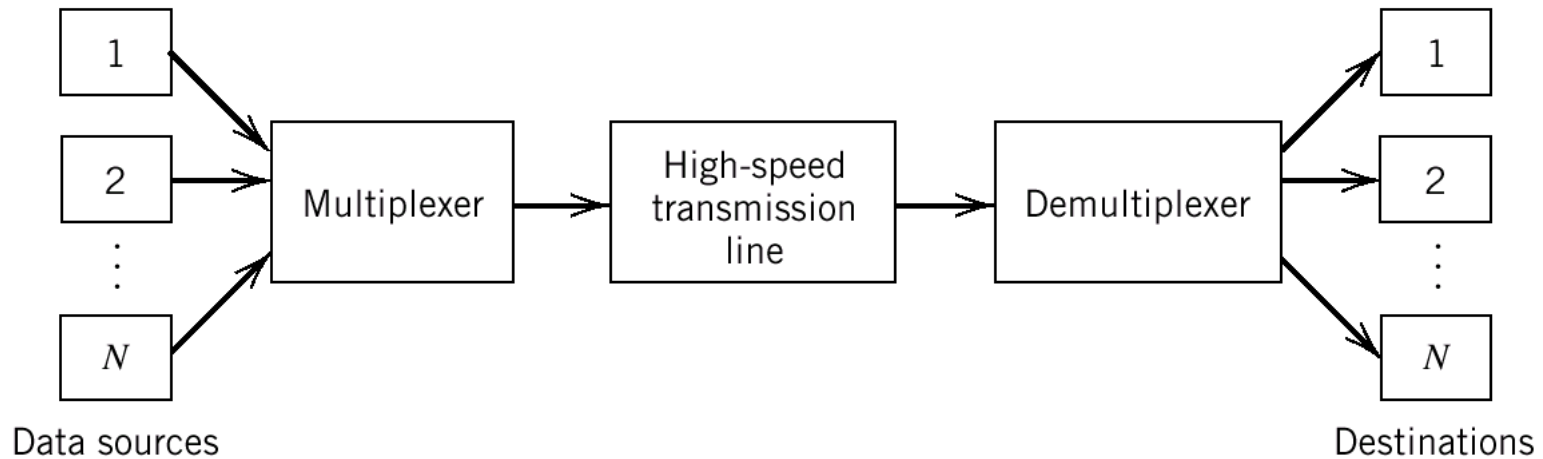


Figure Block diagram of TDM system.

DS1/T1/E1

- DS0: tốc độ tín hiệu số cơ bản 64 kbit/s. Một luồng thoại được lấy mẫu và lượng tử hóa 8 bit
- **Digital signal 1 (DS1, còn được gọi T1)** được đề xuất bởi Bell Labs. DS1 được sử dụng rộng rãi ở Bắc Mỹ và Nhật để truyền thoại và dữ liệu. DS1 gồm 24 luồng DS0
- DS1: $(8 \text{ bits/channel} * 24 \text{ channels/frame} + 1 \text{ framing bit}) * 8000 \text{ frames/s} = 1.544 \text{ Mbit/s}$
- E1 được sử dụng ở bên ngoài các nước T1 (Bắc Mỹ và Nhật). E1 gồm 32 DS0
- Tốc độ đường truyền là 2.048 Mbit/s chia thành 32 khe thời gian. Mỗi khi thời gian truyền và nhận một mẫu 8-bit, 8000 mẫu trong 1 giây ($8 * 8000 * 32 = 2,048,000$), 2.048Mbit/s

T Carrier System

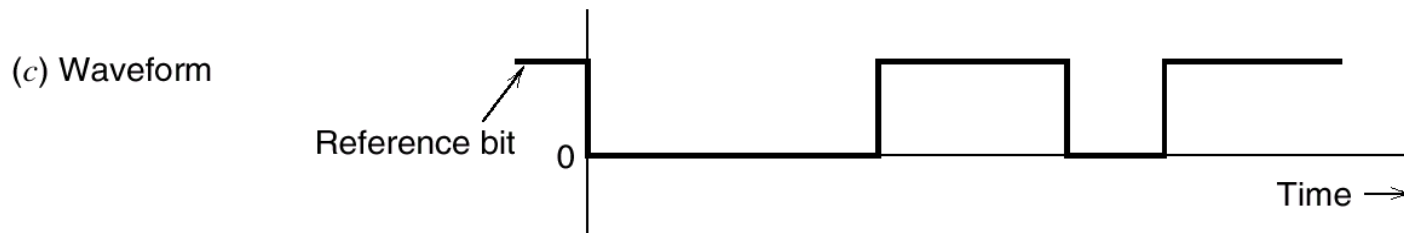
T-Carrier Systems	North American	Japanese	European (CEPT)
Level zero (Channel data rate)	64 kbit/s (DS0)	64 kbit/s	64 kbit/s
First level	1.544 Mbit/s (DS1) (24 user channels) (T1)	1.544 Mbit/s (24 user channels)	2.048 Mbit/s (32 user channels) (E1)
(Intermediate level, US. hierarchy only)	3.152 Mbit/s (DS1C) (48 Ch.)	-	-
Second level	6.312 Mbit/s (DS2) (96 Ch.)	6.312 Mbit/s (96 Ch.), or 7.786 Mbit/s (120 Ch.)	8.448 Mbit/s (128 Ch.) (E2)
Third level	44.736 Mbit/s (DS3) (672 Ch.) (T3)	32.064 Mbit/s (480 Ch.)	34.368 Mbit/s (512 Ch.) (E3)
Fourth level	274.176 Mbit/s (DS4) (4032 Ch.)	97.728 Mbit/s (1440 Ch.)	139.264 Mbit/s (2048 Ch.) (E4)
Fifth level	400.352 Mbit/s (DS5) (5760 Ch.)	565.148 Mbit/s (8192 Ch.)	565.148 Mbit/s (8192 Ch.) (E5)

Differential Encoding

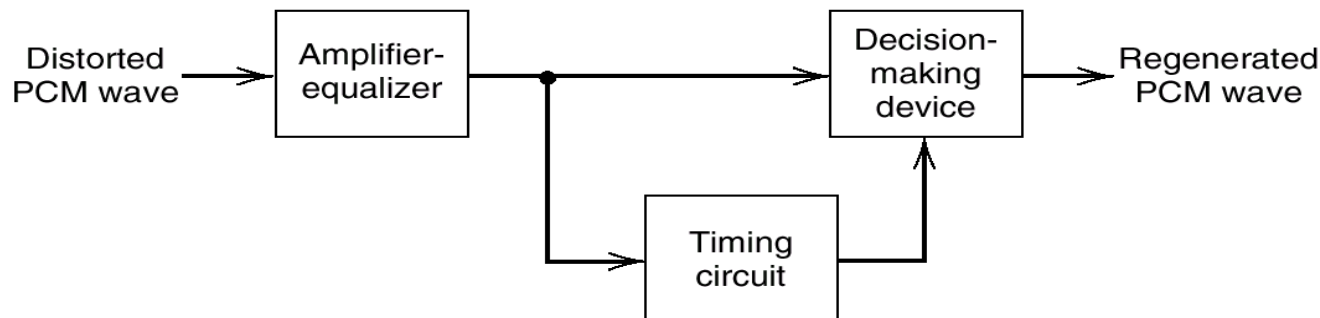
- Mã hóa thông tin phụ thuộc tín hiệu truyền, một sự chuyển trạng thái khi truyền bit “0”

(a) Original binary data 0 1 1 0 1 0 0 1

(b) Differentially encoded data 1 0 0 0 1 1 0 1 1



Regeneration (reamplification, retiming, reshaping)

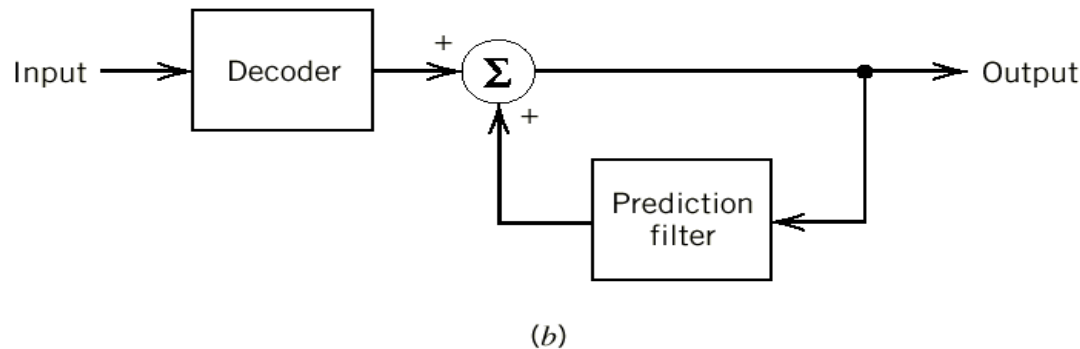
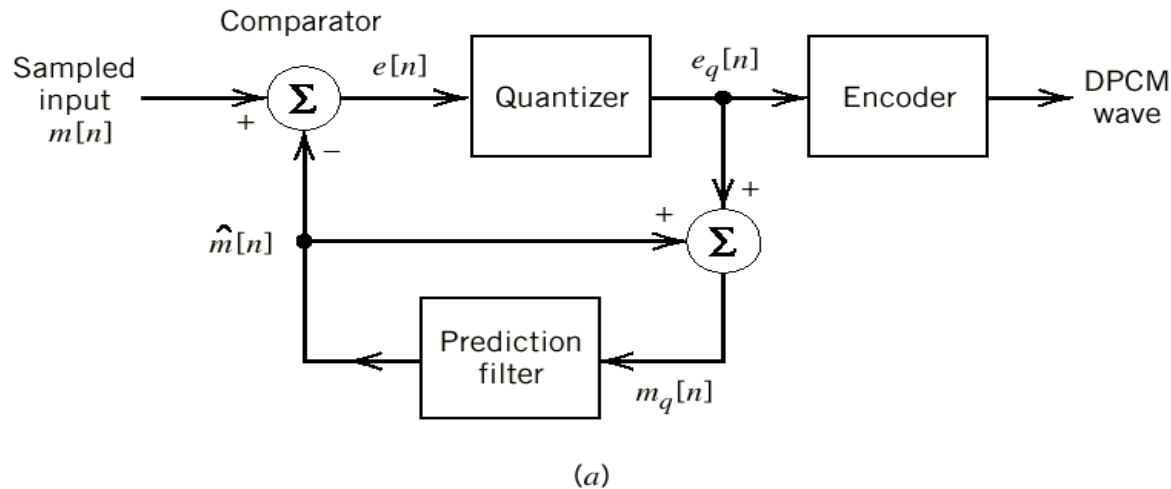


Cải thiện 3dB, dễ giải mã

Differential Pulse-Code Modulation (DPCM)

Sử dụng **PCM** có tốc độ lấy mẫu cao hơn tốc độ **Nyquist**.

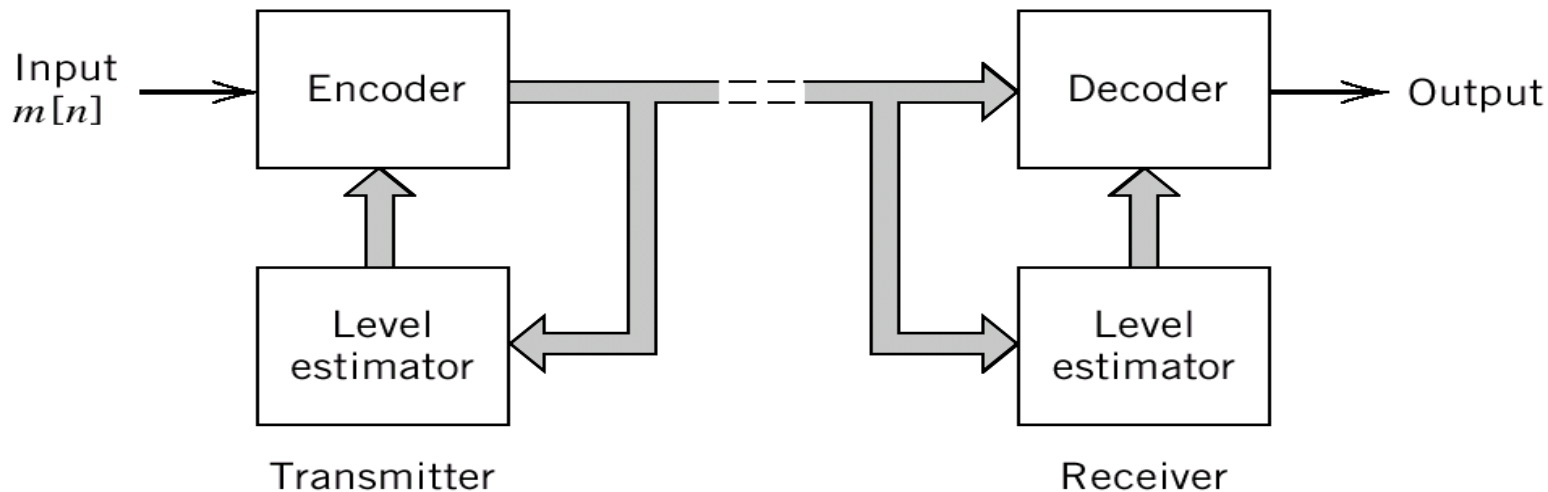
Tính hiệu mã hóa chứa các thông tin dư thừa. **DPCM** hiệu quả trong việc giảm các thông tin dư thừa. Tốc độ 32 Kbps cho chất lượng tương ứng PCM



Adaptive Differential Pulse-Code Modulation (ADPCM)

Khi có nhu cầu giảm tốc độ bit, chúng ta hướng đến:

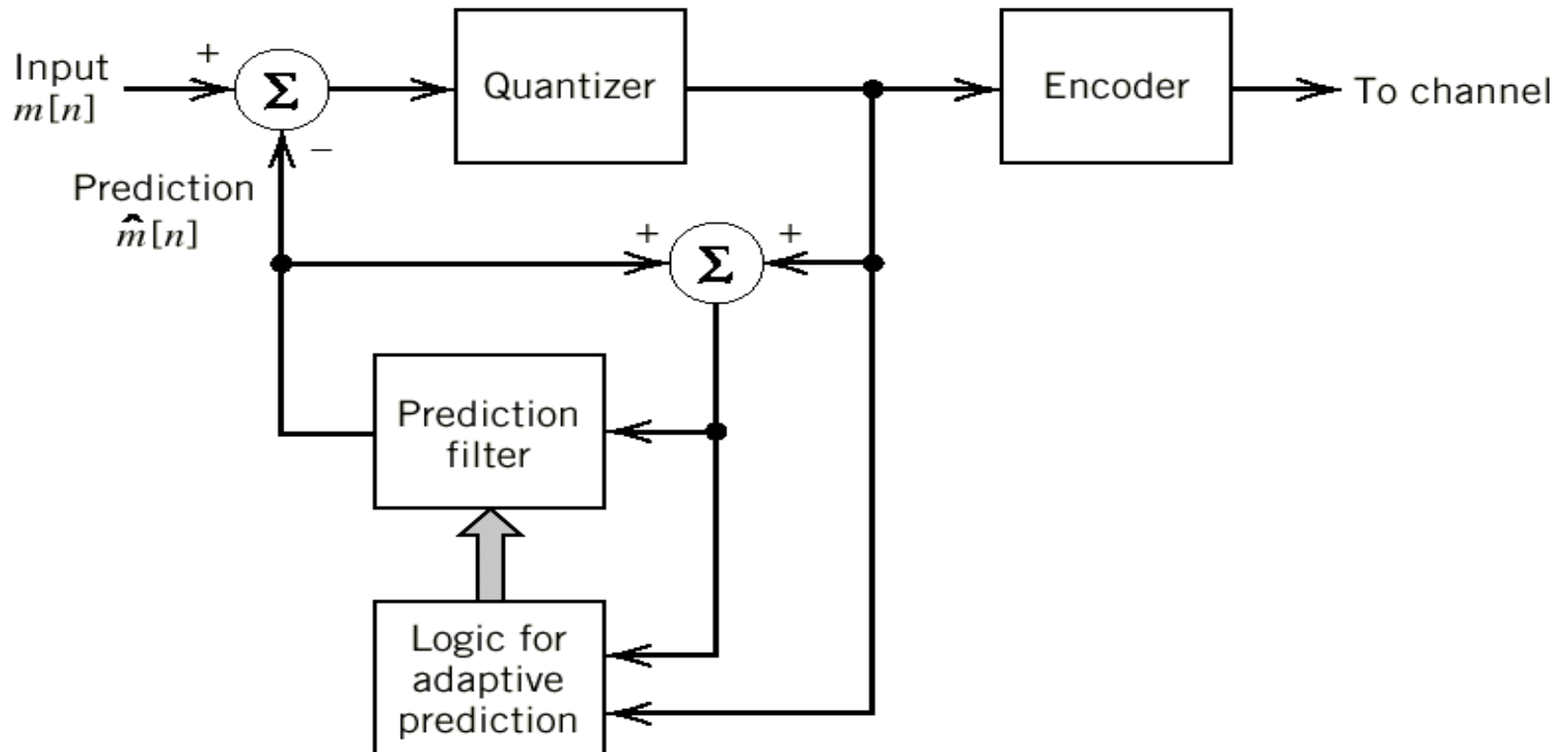
1. Giảm thông tin dư thừa trong tiếng nói
2. Gán các bit một cách hiệu quả nhất



Lượng tử thích nghi với tiên ước lượng
Adaptive quantization with backward estimation (AQB).

ADPCM

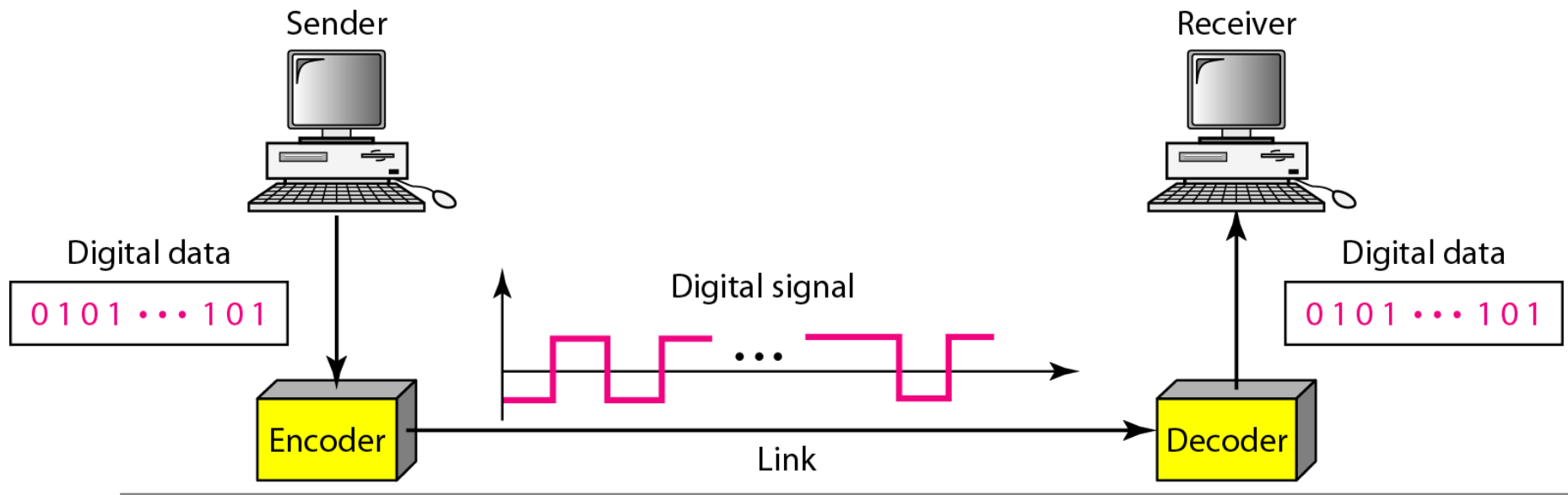
8-16 kbps có cùng chất lượng với PCM



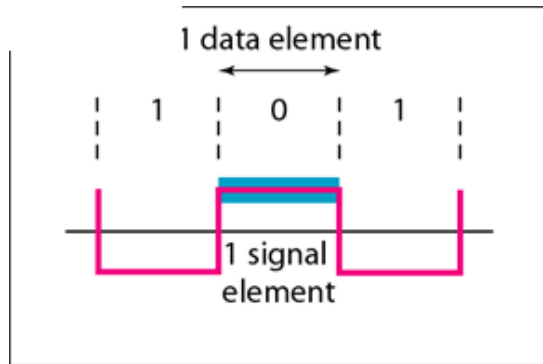
Adaptive prediction with backward estimation (APB).

Line coding and decoding

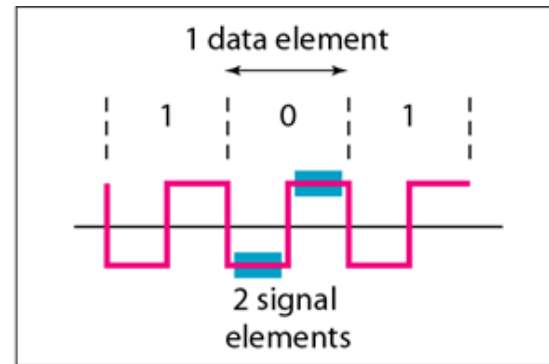
- Bộ mã hóa đường dây
 - Mã hóa được sử dụng trong hệ thống truyền thông để truyền dẫn.
 - Truyền dẫn dải gốc
 - Cáp xoắn, cáp đồng trục, truyền thông sợi quang
- Bộ lặp tái tạo
 - Phát hiện tín hiệu đến và phát tín hiệu mới mà không bị nhiễu



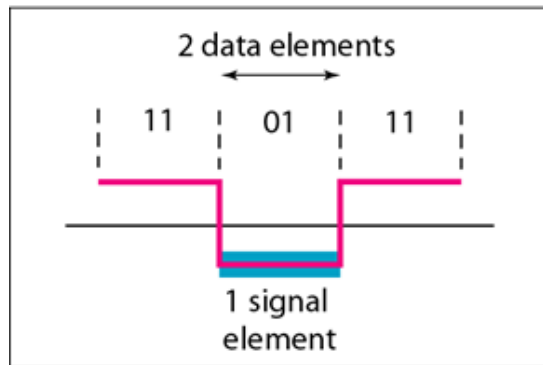
Signal element versus data element



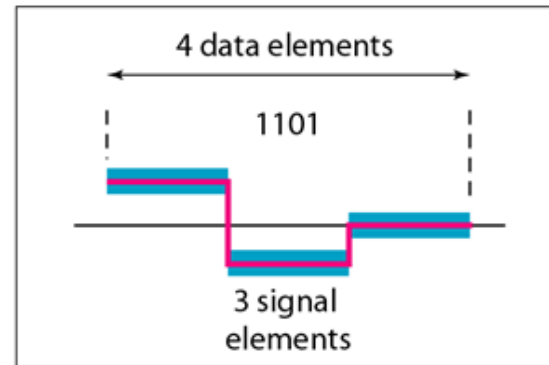
a. One data element per one signal element



b. One data element per two signal elements



c. Two data elements per one signal element



d. Four data elements per three signal elements

Gọi n = Số bit/ký hiệu

Data Rate Vs. Signal Rate

- Tốc độ dữ liệu: số bit gửi trong 1 s (bps), còn được gọi là tốc độ bit, ký hiệu là R_b
- Tốc độ tín hiệu: số tín hiệu gửi trong 1s (baud), còn được gọi là tốc độ xung, tốc độ điều biến, hoặc là tốc độ baud, ký hiệu là R_{baud}
- Chúng ta mong muốn:
 - gia tăng tốc độ dữ liệu (gia tăng tốc độ truyền dẫn)
 - giảm tốc độ tín hiệu (giảm băng thông yêu cầu)
 - trường hợp xấu nhất, trường hợp tốt nhất, trường hợp trung bình của n
 - tốc độ bit R_b
 - c là hằng số phụ thuộc vào các loại mã hóa đường dây.
 - $R_{\text{baud}} = c * R_b / n$ baud

Example

- Một tín hiệu mang một dữ liệu ($n = 1$). Nếu tốc độ bit là 100 kbps, giá trị trung bình của tốc độ baud nếu c nằm trong khoảng 0 đến 1?

- Solution

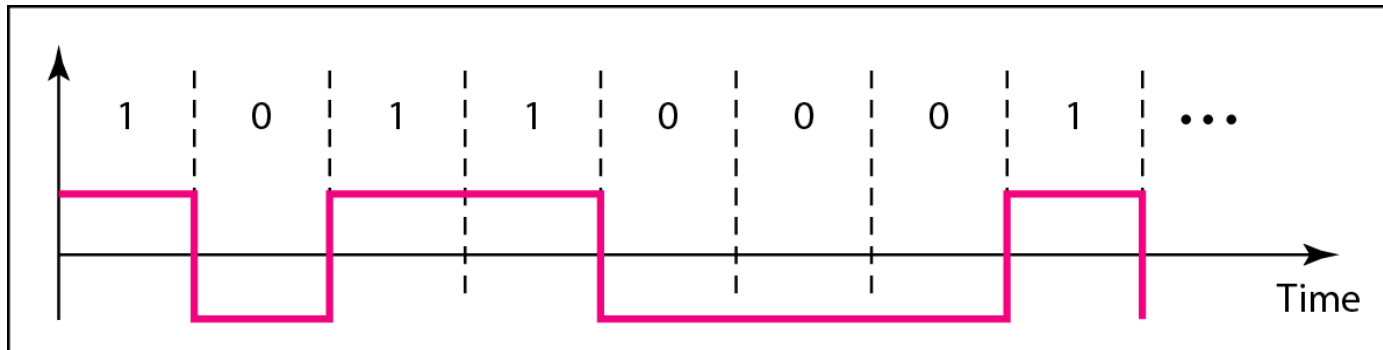
- Chúng ta giả định giá trị c là $1/2$. Tốc độ baud

$$R_{baud} = c \times R_b \times \frac{1}{n} = \frac{1}{2} \times 100.000 \times \frac{1}{1} = 50.000 = 50 \text{ kbaud}$$

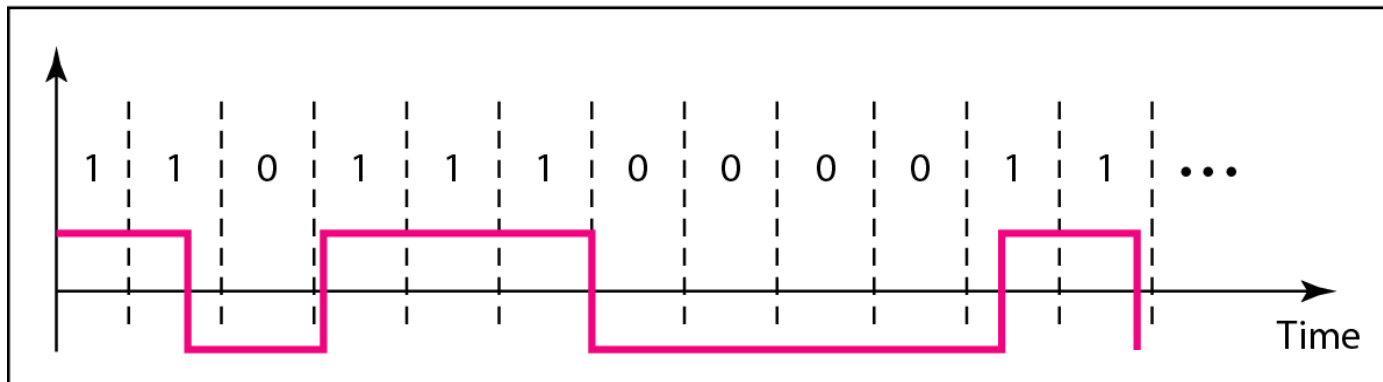
- Mặc dù băng thông chính xác của tín hiệu số là vô hạn, băng thông hiệu dụng thì hữu hạn.
- Mối quan hệ giữa tốc độ baud, tốc độ bit, và băng thông yêu cầu?

Self-synchronization

- Đầu thu thiết lập xung clock tương thích với bên gửi
- Ảnh hưởng của thiếu đồng bộ



a. Sent



b. Received

Example

- Trong truyền thông số, xung clock đầu thu nhanh hơn 0.1 phần trăm so với bên gửi. Có nhiều hơn bao nhiêu bit trong mỗi giây ở đầu thu nếu tốc độ truyền là 1 kbps? Có bao nhiêu bit nếu tốc độ truyền là 1 Mbps?

- **Solution**

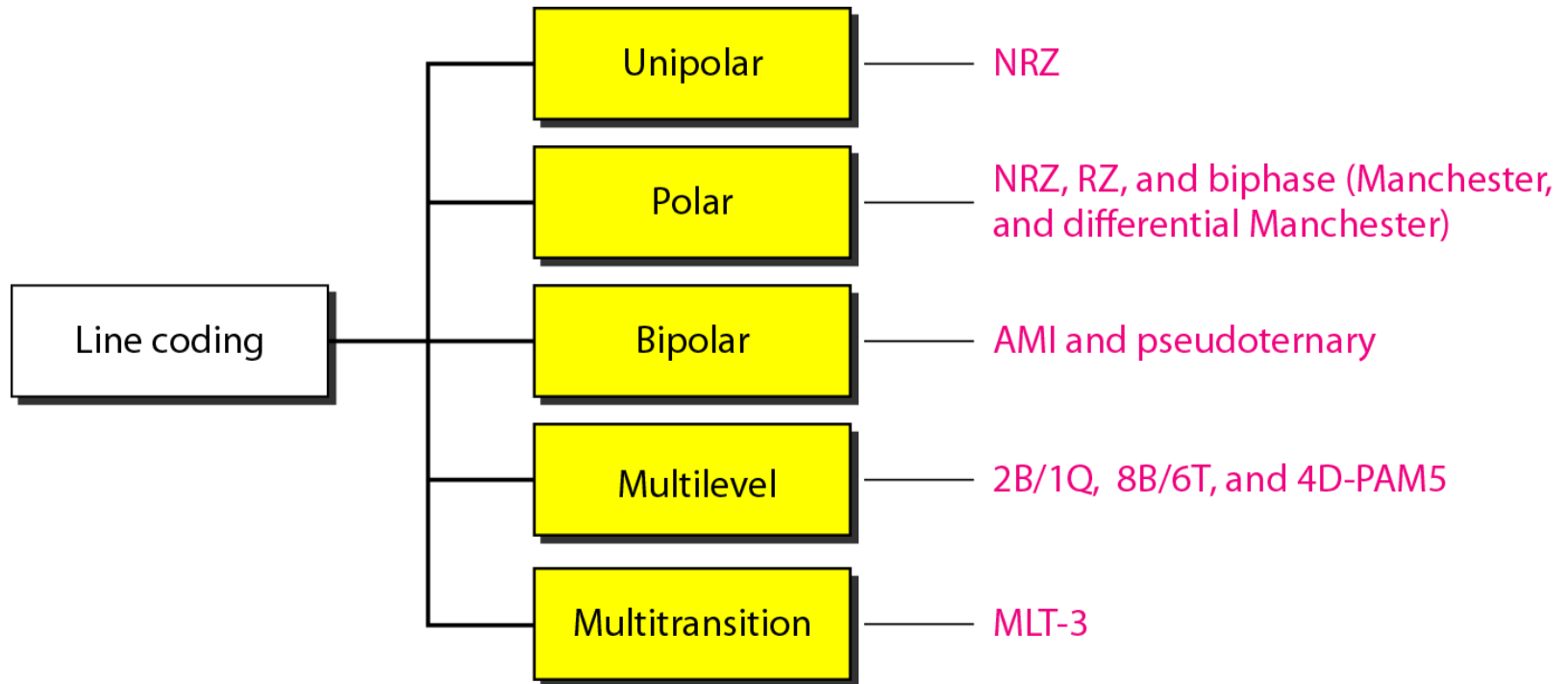
- Ở 1 kbps, đầu thu nhận 1001 bps thay vì 1000 bps.

1000 bits sent	1001 bits received	1 extra bps
----------------	--------------------	-------------

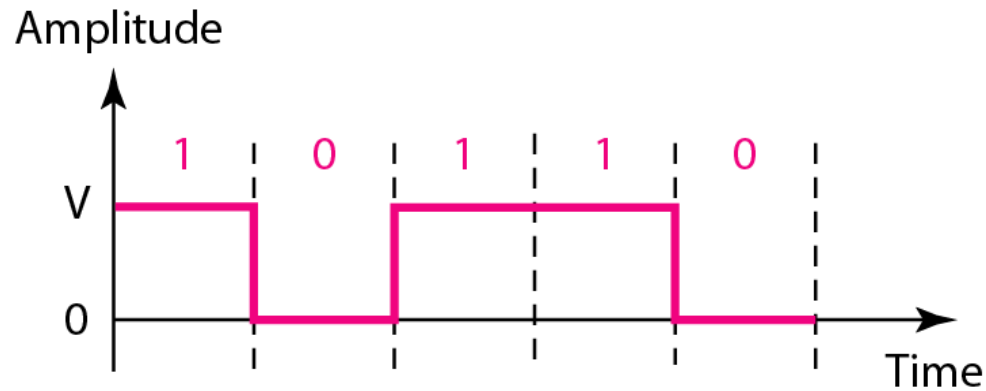
- Ở 1 Mbps, đầu thu nhận 1.001.000 bps thay vì 1.000.000 bps.

1,000,000 bits sent	1,001,000 bits received	1000 extra bps
---------------------	-------------------------	----------------

Line coding schemes



Unipolar NRZ scheme

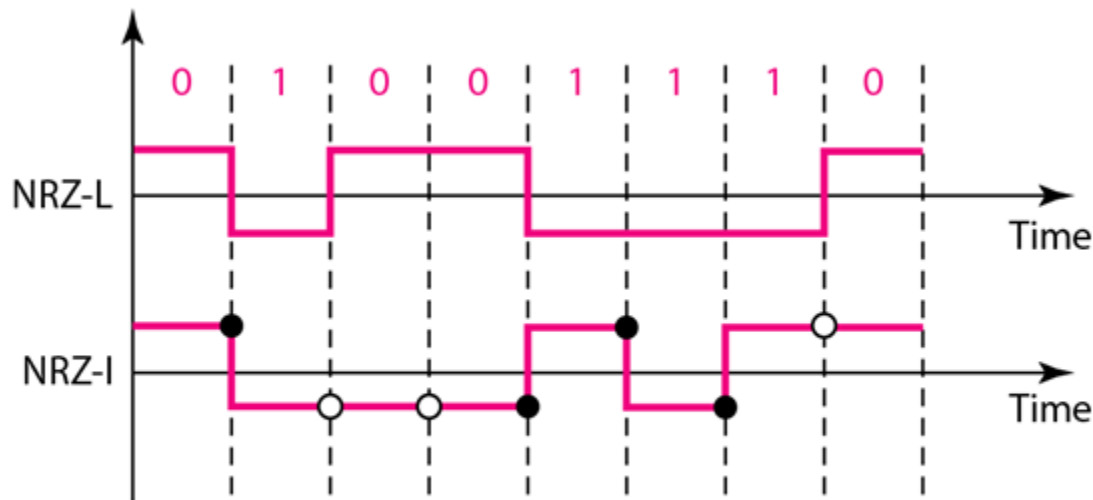


$$\frac{1}{2}V^2 + \frac{1}{2}(0)^2 = \frac{1}{2}V^2$$

Normalized power

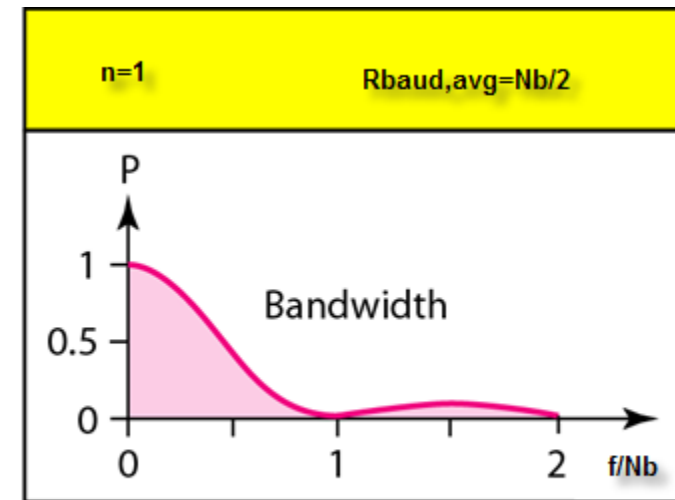
Polar NRZ-L and NRZ-I schemes

- Trong NRZ-L, mức độ của điện thế quyết định giá trị của bit (vd: R232)
- Trong NRZ-I, việc đảo hoặc không đảo quyết định giá trị của bit: USB, Compact CD, và Fast-Ethernet.
- Cả NRZ-L và NRZ-I có tốc độ tín hiệu trung bình là $R_b/2$.
- Cả NRZ-L và NRZ-I có vấn đề thành phần DC.



○ No inversion: Next bit is 0

● Inversion: Next bit is 1

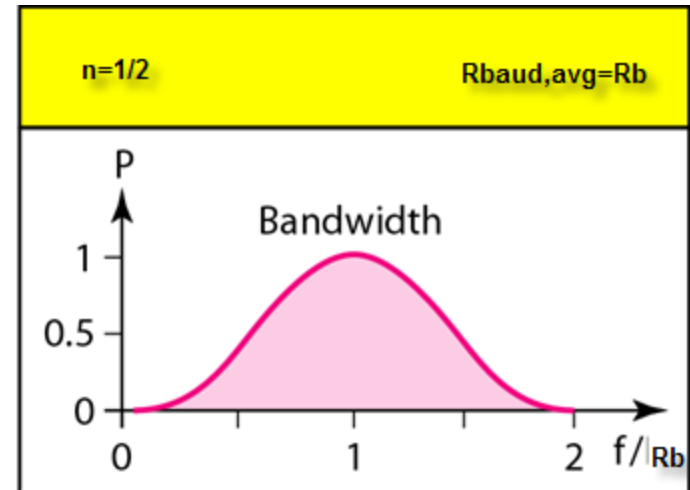
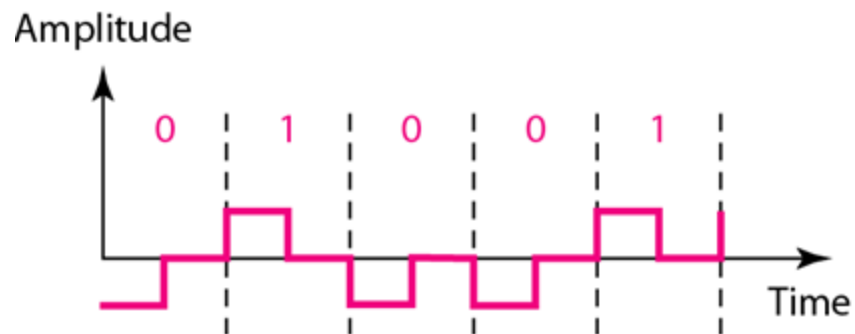


Example

- Một hệ thống sử dụng NRZ-I để truyền 1-Mbps dữ liệu. Xác định tốc độ tín hiệu trung bình và băng thông tối thiểu?
- Solution
 - Tốc độ tín hiệu trung bình là $R_{\text{baud}} = R_{\text{bit}}/2 = 500 \text{ kbaud}$. Băng thông tối thiểu cho tốc độ baud trung bình là $B_{\text{min}} = R_{\text{baud}} = 500 \text{ kHz}$.

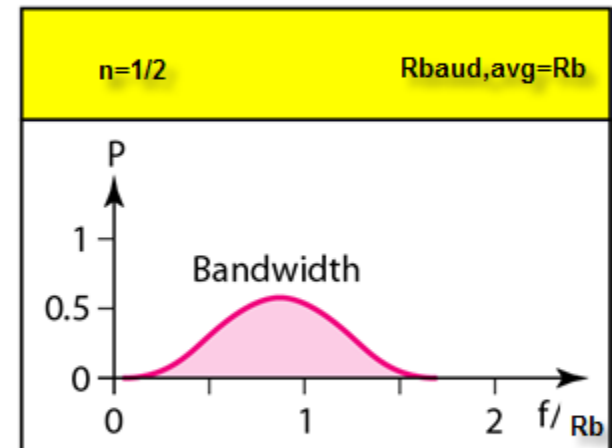
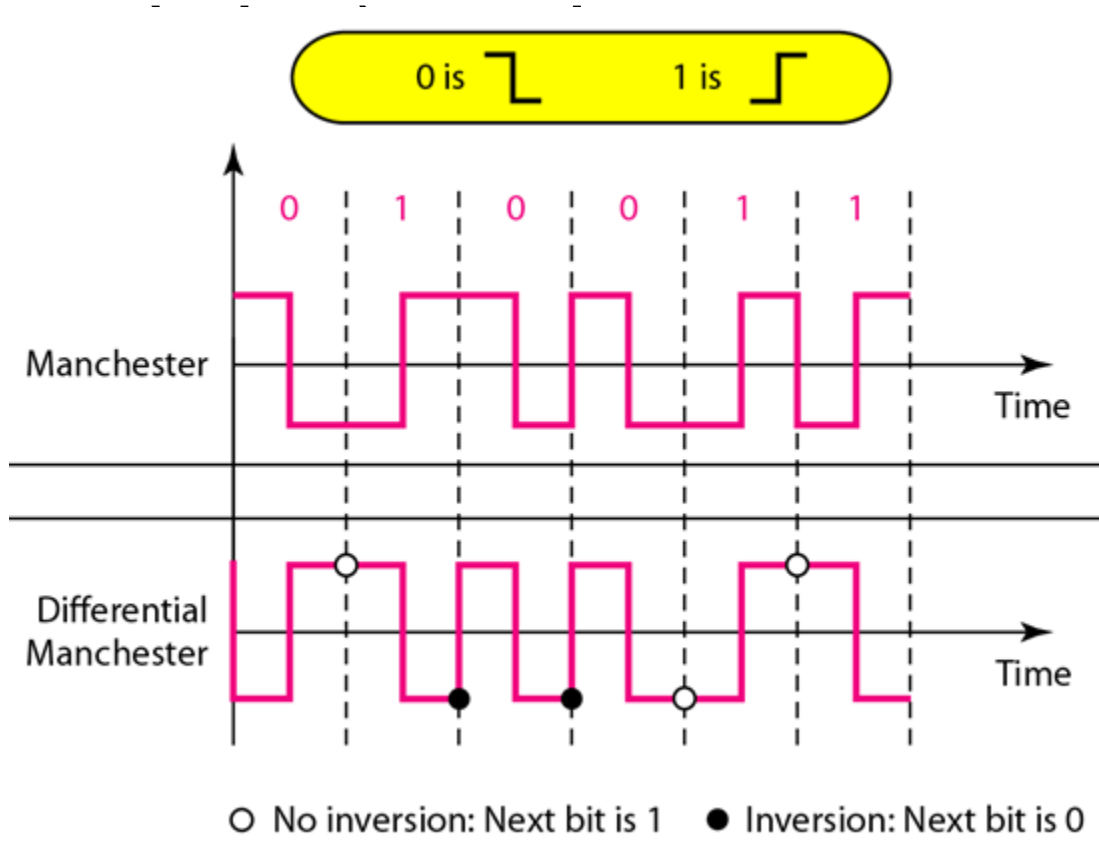
RZ scheme

- Trở về Zero (Return to zero)
- Tự đồng bộ xung



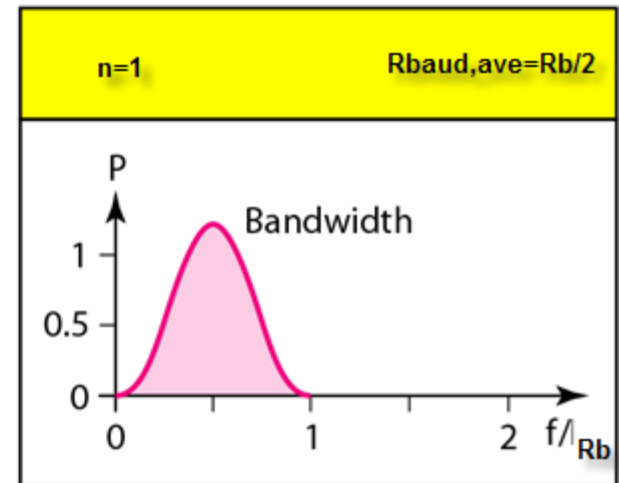
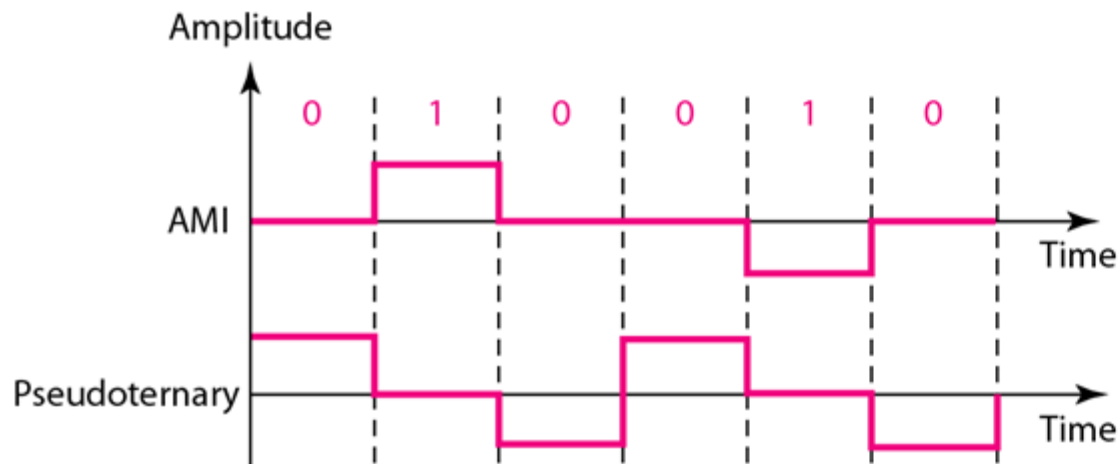
Polar biphasic: Manchester and differential Manchester schemes

- Trong mã hóa Manchester và differential Manchester, việc truyền dẫn ở giữa bit được sử dụng để đồng bộ.
- Băng thông tối thiểu và differential Manchester là hai lần so với NRZ: 802.3



Bipolar schemes: AMI and pseudoternary

- Trong mã hóa lưỡng cực, chúng ta sử dụng ba mức: dương, zero, và âm.
- Pseudoternary (giả tam nguyên):
 - 1 được biểu diễn bằng cách không có tín hiệu trên đường dây
 - 0 được biểu diễn luân phiên dương và âm
- DS1, E1

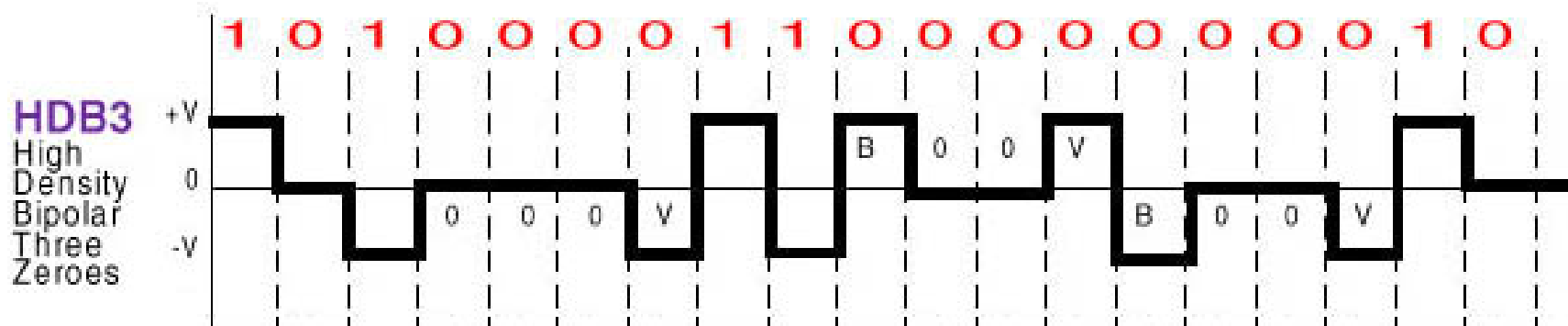


HDB3 (High Density Bipolar of order 3 code)

- Thay thế chuỗi bốn bit “0” bằng từ mã mã "000V" hoặc "B00V", với "V" là một xung vi phạm luật AMI của phân cực luân phiên. “V” có thể dương hoặc âm. Luật sử dụng "000V" hoặc "B00V" như sau:
 - "B00V" được sử dụng phụ thuộc vào xung phía trước, tín hiệu được mã hóa sao cho thành phần DC bằng “0” (số xung dương chưa bù với số xung âm).
 - "000V" được sử dụng cùng điều kiện ở trên khi không có thành phần DC.
 - Xung "B" ("B" để cân bằng) để cân bằng qui luật luân phiên AMI, có phân cực dương hoặc âm, chắc chắn khác cực với V.
- Được sử dụng trong E1

HDB3

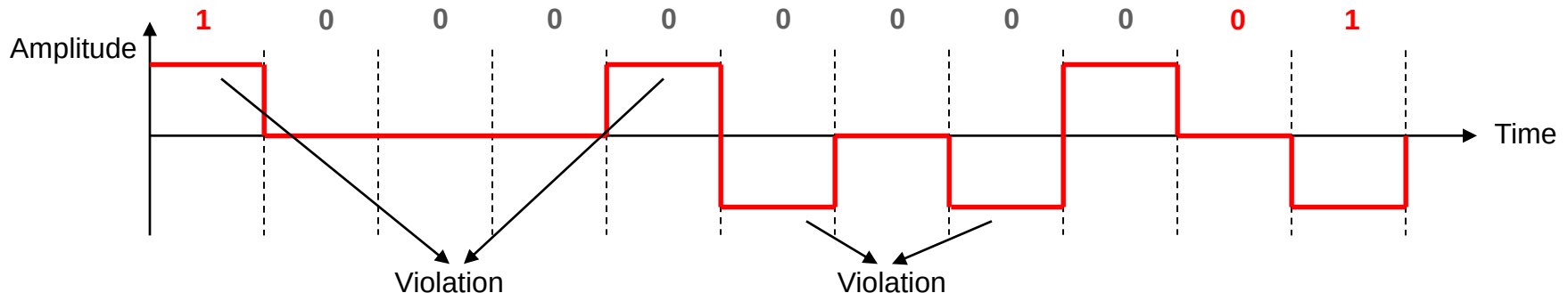
- Thông tin định thời được nhúng vào trong tín hiệu khi gặp một chuỗi bit “0” truyền dài, cho phép xung clock khôi phục ở bộ nhận.
- Thành phần DC của tín hiệu được mã hóa trong HDB3 là không.



Bipolar 8-Zero Substitution (B8ZS)

- Đồng bộ cho một chuỗi bit 0 dài
- Hệ thống North American
- Cơ bản làm việc như AMI, khác là 8 bit 0

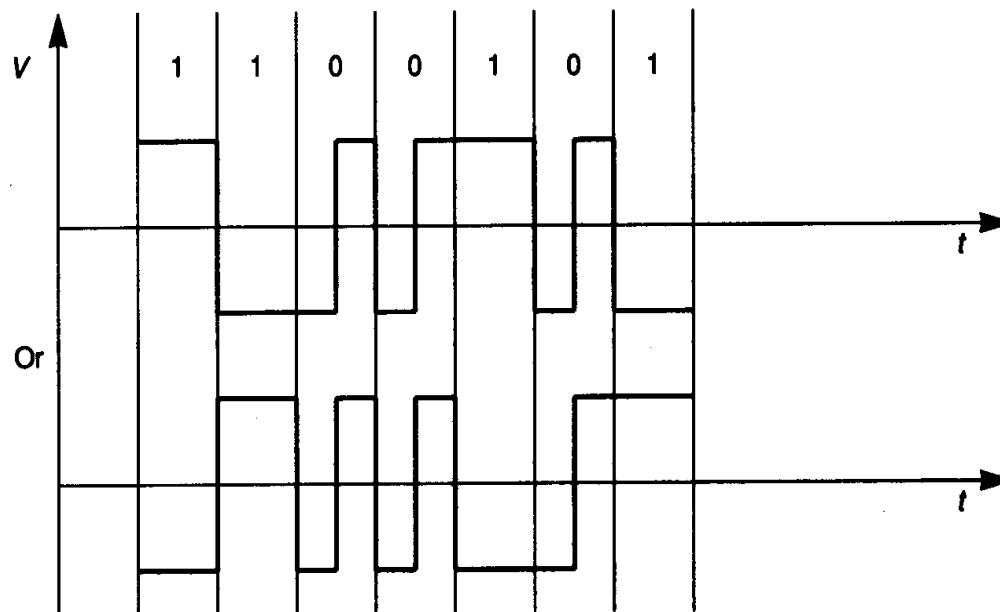
1000000001 → **+000+-0-+01** in general **00000000** → **000V(-V)0(-V)V**



- Đánh giá
 - Đồng bộ mà không thay đổi cân bằng DC
 - Có thể phát hiện lỗi
- Được sử dụng T1/DS1

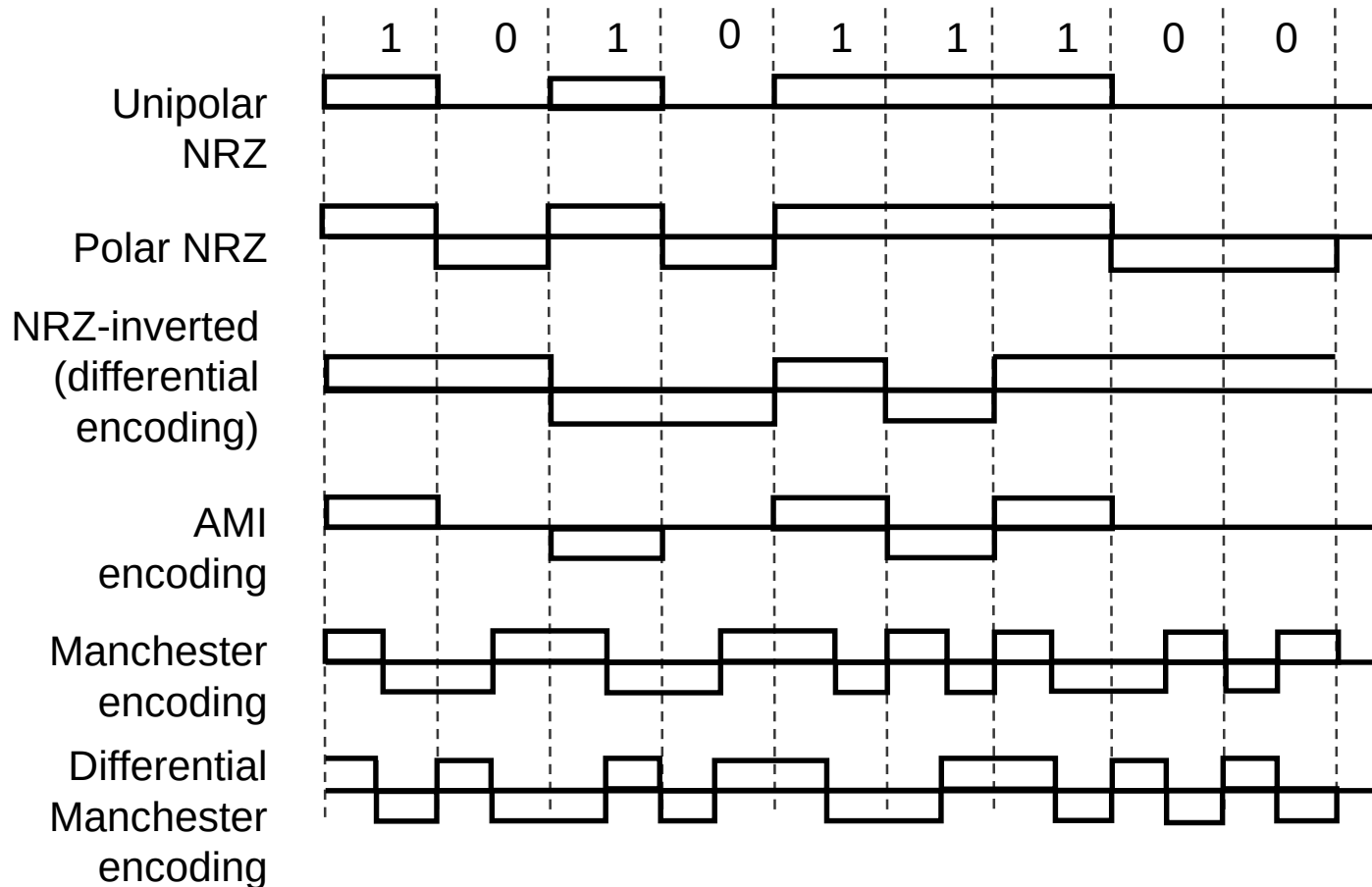
Coded Mark Inversion (CMI)

- Một cải tiến khác từ AMI: Binary 0 được biểu diễn bằng nửa xung dương ở sau nửa xung âm
- Lợi ích:
 - khôi phục clock tốt và không có lệch DC
 - mạch đơn giản để mã hóa và giải mã- so với HDB3
- Bất lợi: băng thông cao



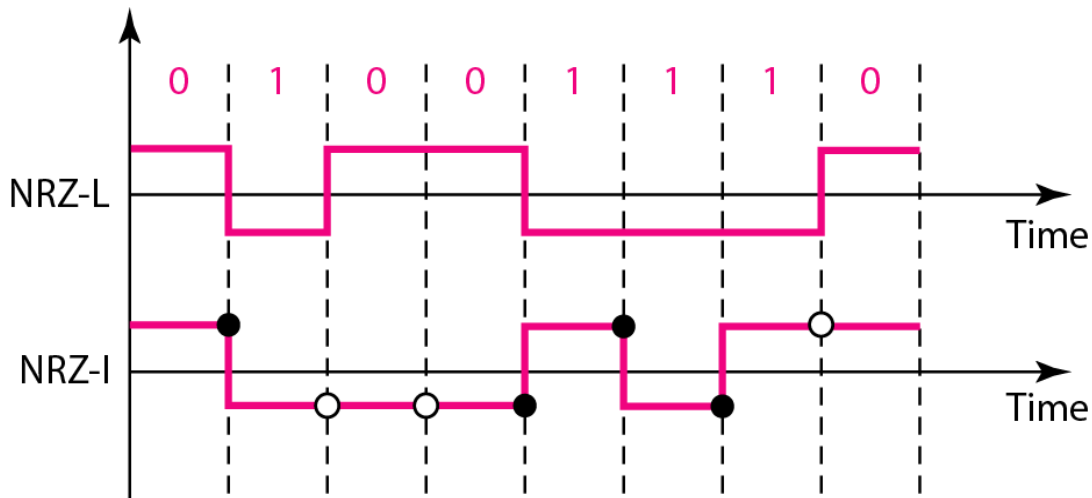
Quiz

- 101011100
- Unipolar NRZ, polar NRZ, NRZ-I, AMI, Manchester, Def. Manchester

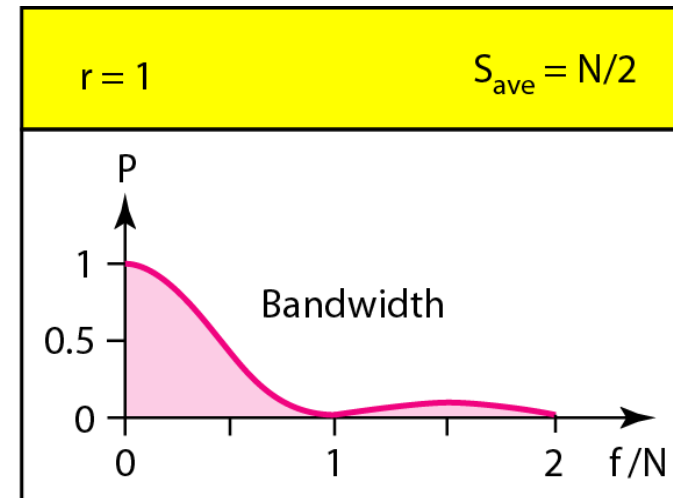


NRZ

- $R_0=1, R_n=0, n>0$
- độ rộng xung $T_b/2$
- $P(w)=T_b (\text{sinc}(wT_b/2))^2$
- Bảng thông Rb cho độ rộng xung T_b



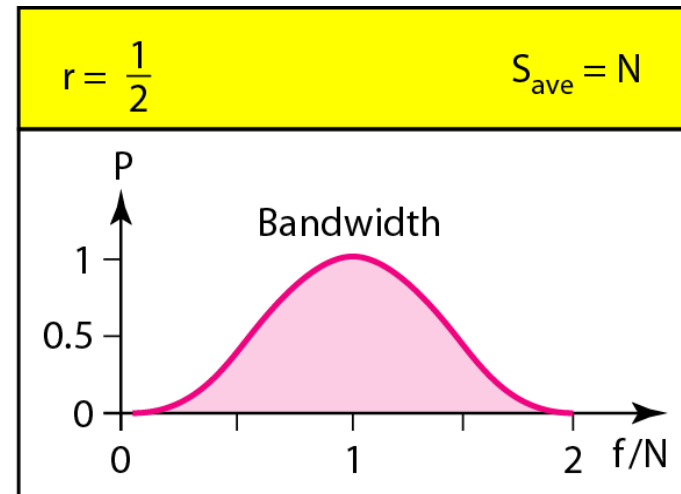
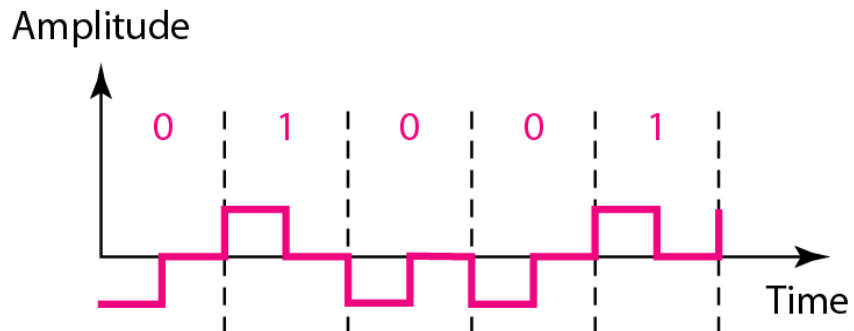
○ No inversion: Next bit is 0 ● Inversion: Next bit is 1



RZ scheme

- không có DC
- Tách pha

$$r(t) \leftrightarrow |R(\omega)| = T \frac{\sin^2 \frac{\omega T}{4}}{\frac{\omega T}{4}}$$

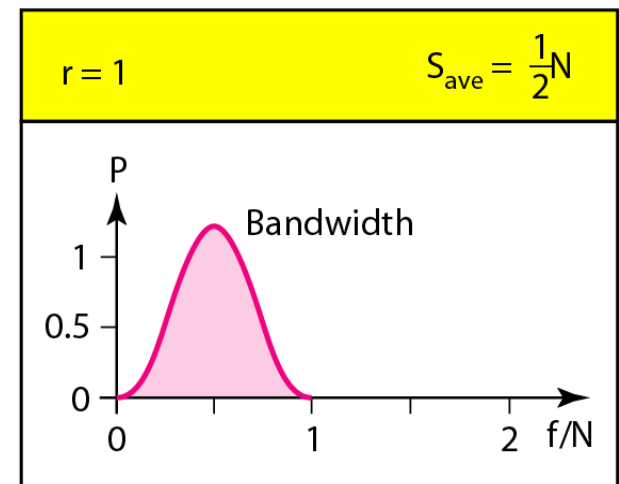
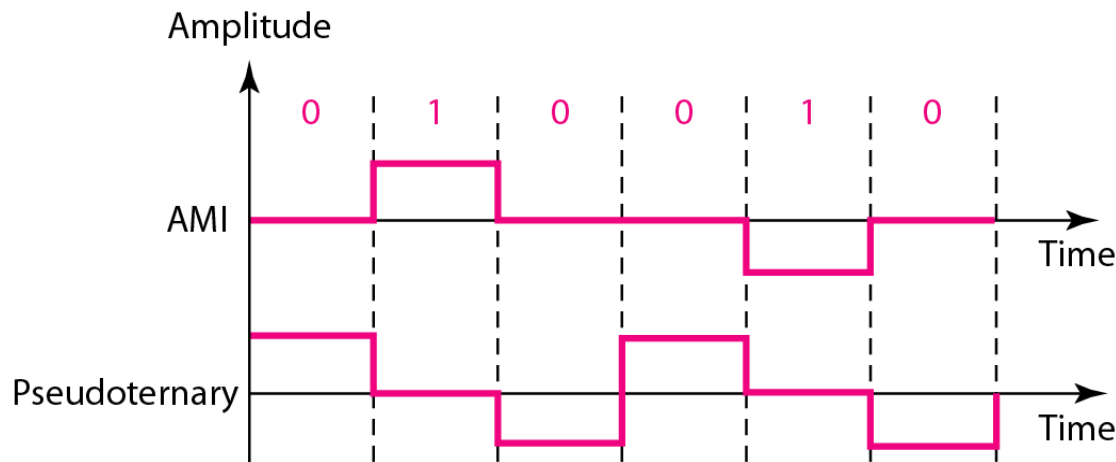


Bipolar schemes: AMI and pseudoternary

- $R_0=1/2$, $R_1=-1/4$, $R_n=0, n>1$,

$$S_y(w) = \frac{|P(w)|^2}{2T_b} [1 - \cos wT_b] = \frac{T_b}{4} \sin^2 \left(\frac{wT_b}{4} \right) \sin^2 \left(\frac{wT_b}{2} \right)$$

- Lý do: pha thay đổi chậm

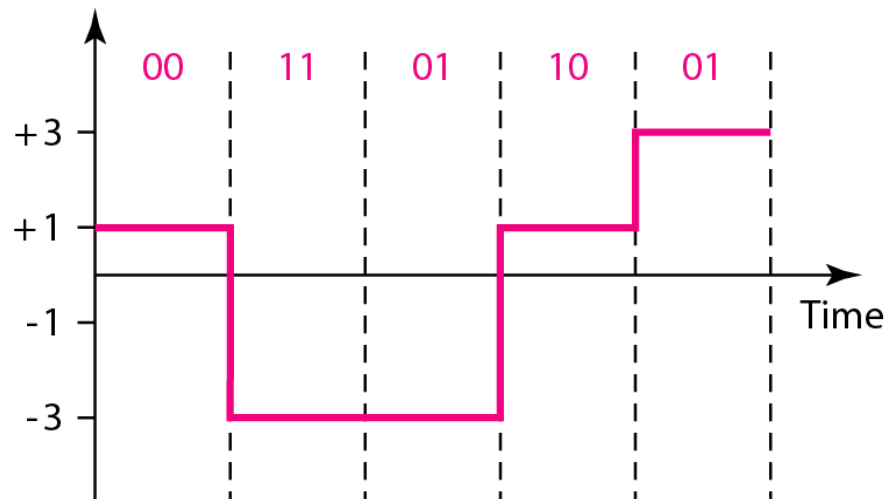


Multilevel: 2B1Q scheme

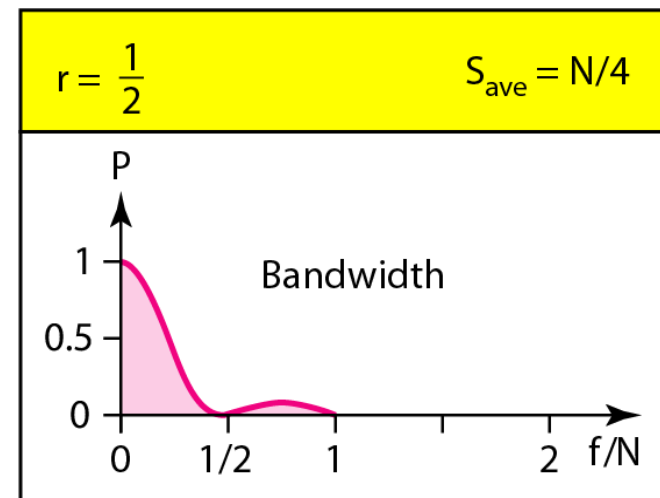
- NRZ với biên độ
biểu diễn nhiều bit

Next bits	Previous level: positive	Previous level: negative
	Next level	Next level
00	+1	-1
01	+3	-3
10	-1	+1
11	-3	+3

Transition table



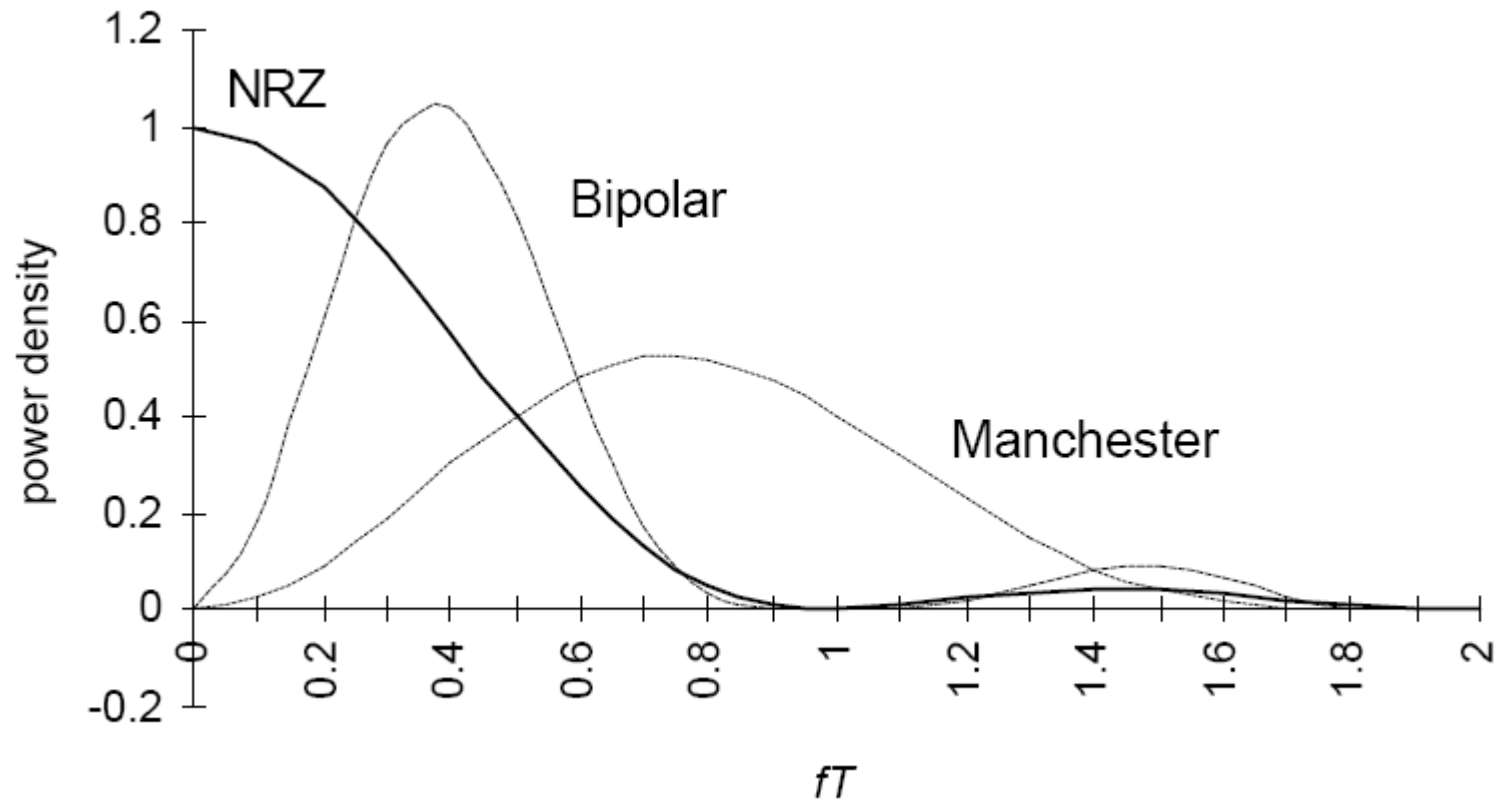
Assuming positive original level



$$r = \frac{1}{2}$$

$$S_{\text{ave}} = N/4$$

PSD of various line codes



Summary of line coding schemes

<i>Category</i>	<i>Scheme</i>	<i>Bandwidth (average)</i>	<i>Characteristics</i>
Unipolar	NRZ	$B = N/2$	Costly, no self-synchronization if long 0s or 1s, DC
Unipolar	NRZ-L	$B = N/2$	No self-synchronization if long 0s or 1s, DC
	NRZ-I	$B = N/2$	No self-synchronization for long 0s, DC
	Biphase	$B = N$	Self-synchronization, no DC, high bandwidth
Bipolar	AMI	$B = N/2$	No self-synchronization for long 0s, DC
Multilevel	2B1Q	$B = N/4$	No self-synchronization for long same double bits
	8B6T	$B = 3N/4$	Self-synchronization, no DC
	4D-PAM5	$B = N/8$	Self-synchronization, no DC
Multiline	MLT-3	$B = N/3$	No self-synchronization for long 0s

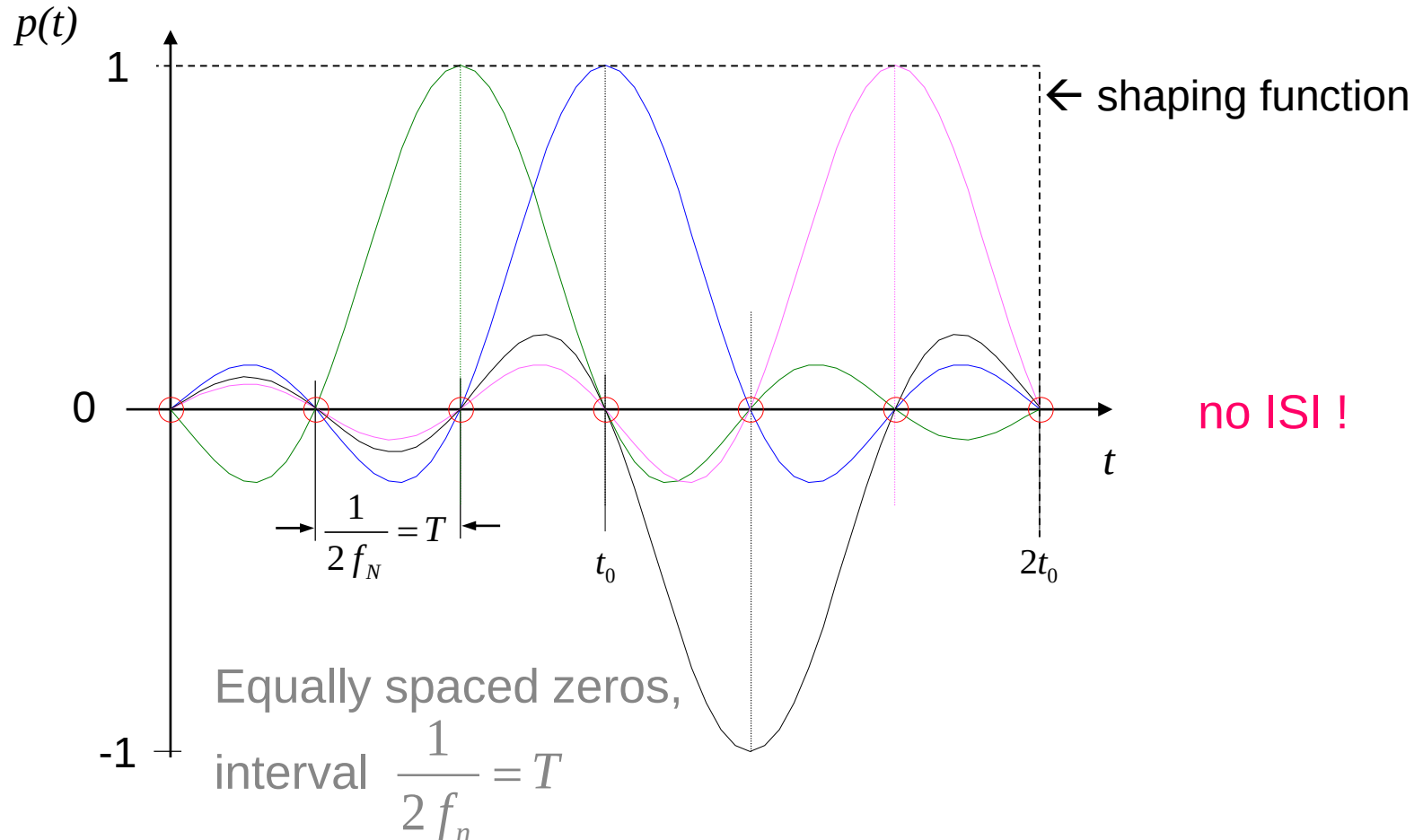
Plus HDB3 and B8ZS

Pulse Shaping

- $S_y(w) = |P(w)|^2 S_x(w)$
- Phần trước:
 - $S_x(w)$ được cải thiện bằng các loại mã hóa khác.
 - $p(t)$ được giả định là vuông
- Bằng cách nào cải thiện $p(t)$ và $P(w)$
 - Giảm băng thông
 - Giảm can nhiễu tới các băng tần khác
 - Loại can nhiễu liên ký hiệu (ISI)
 - Trong truyền thông không dây, năng lượng xung để giới hạn băng thông BW

1st Nyquist Criterion: Time domain

$p(t)$: đáp ứng xung của hệ thống truyền dẫn (chiều dài vô hạn)



Cosine rolloff/Raised cosine filter

- Ký hiệu hơi khác với cuốn sách. Nhưng nó giống nhau

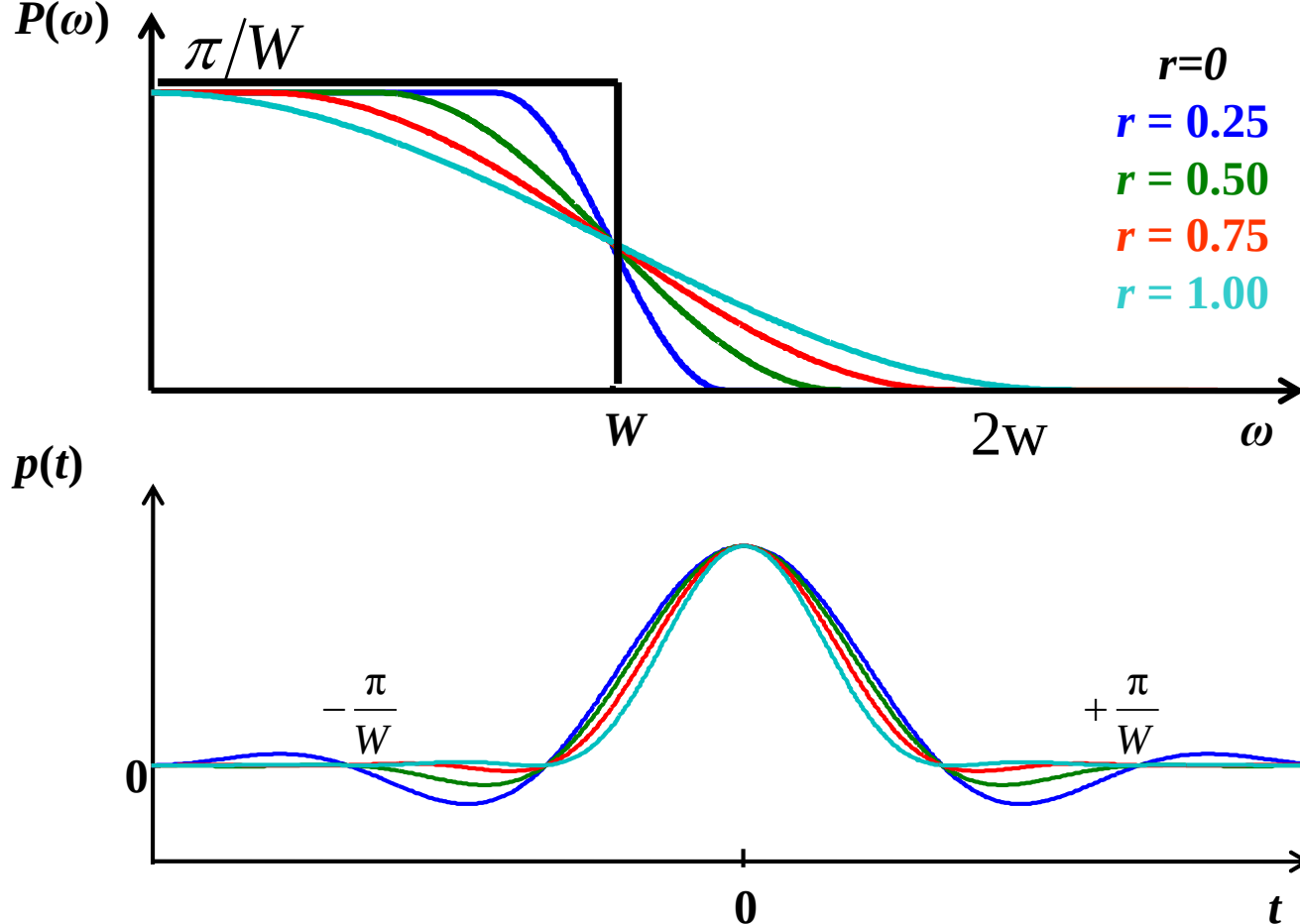
$$p_{rc0}(t) = \frac{\sin(\pi \frac{t}{T})}{\pi \frac{t}{T}} \cdot \frac{\cos(r\pi \frac{t}{T})}{1 - (2r \frac{t}{T})^2}$$

r : rolloff factor $0 \leq r \leq 1$

$$P_{rc0}(j2\pi f) = \begin{cases} 1 & f \leq (1-r) \frac{1}{2T} \\ \frac{1}{2} \left[1 + \cos(\frac{\pi}{2} (\frac{\pi f}{T} + r - 1)) \right] & \text{if } \frac{1}{2T} (1-r) \leq f \leq \frac{1}{2T} (1+r) \\ 0 & f \geq \frac{1}{2T} (1+r) \end{cases}$$

Raised cosine shaping

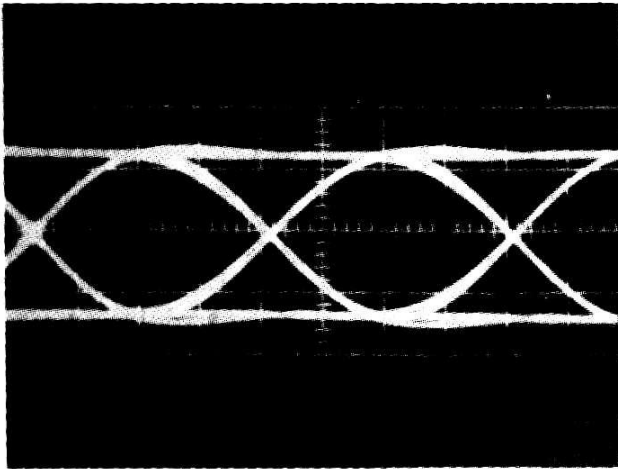
- Đánh đổi: r lớn, băng thông lớn, nhưng mượt hơn trong thời gian



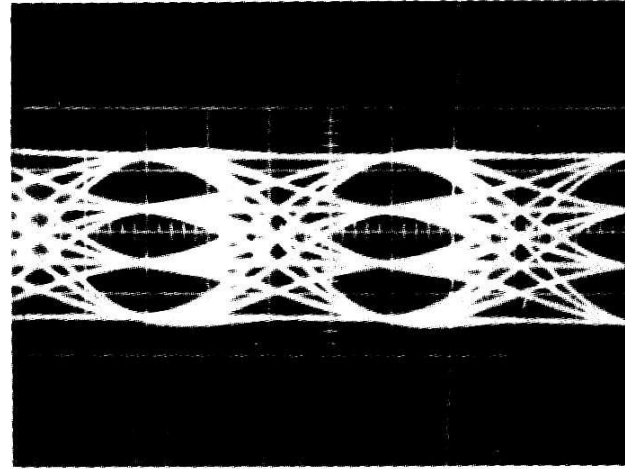
Eye Diagram

- Giản đồ mắt được tạo ra bằng cách thu tín hiệu trong miền thời gian và chồng lấn các ký hiệu
- Phần mở ra của tín hiệu cho biết thời gian mà chúng ta có thể thỏa mãn việc lấy mẫu tín hiệu trung thực

Examples of eye patterns for binary and quaternary amplitude shift keying (or PAM).



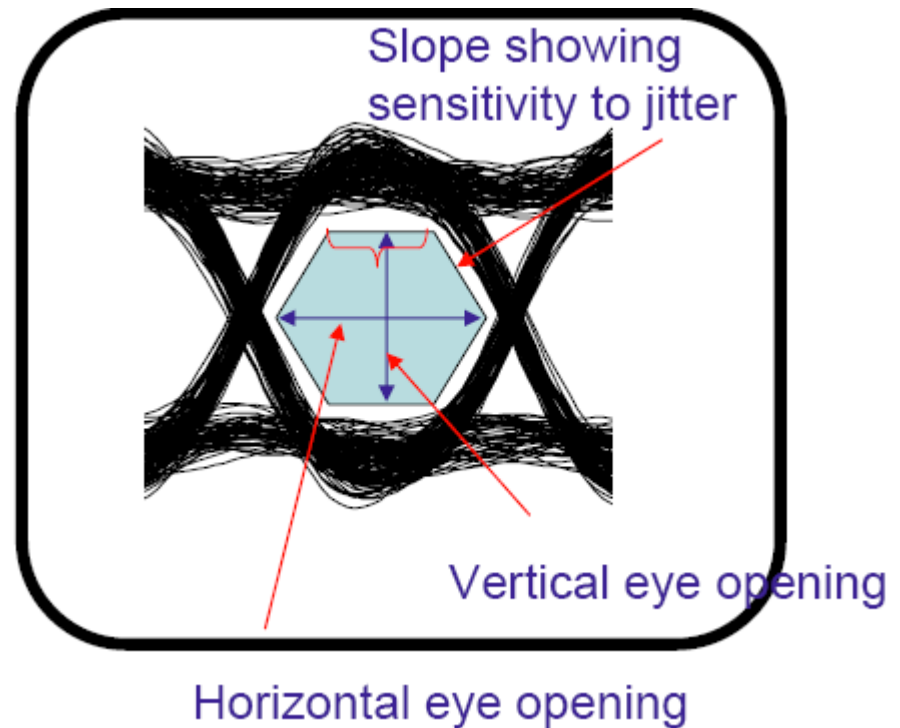
BINARY



QUATERNARY

Vertical and Horizontal Eye Openings

- Chiều cao của mắt hoặc biên độ nhiều liên quan đến SNR, và liên quan đến BER
 - Mắt mở lớn tương ứng với BER thấp
- Chiều dài của mắt liên quan đến jitter (hỗn loạn) và độ nhạy của lấy mẫu tức thời đối với jitter
 - Dấu ngoặc màu đỏ cho biết phạm vi của các mẫu thử với mắt mở tốt
 - Tại các mẫu khác, mắt mở giảm đáng kể, được điều chỉnh bởi độ dốc



Interpretation of Eye Diagram

- 10 points in the final

