



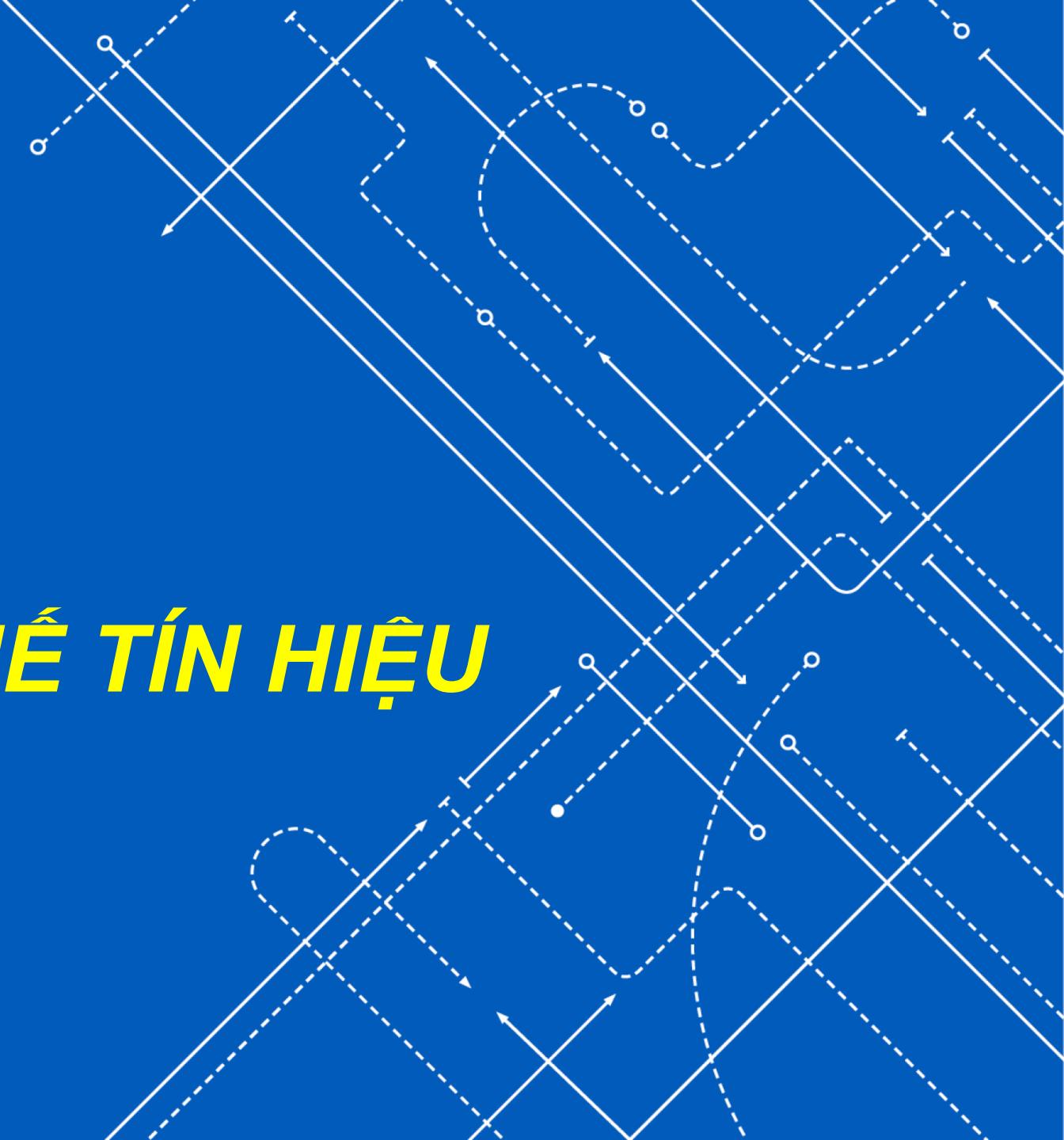
ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA**

# PHẦN LỚP VẬT LÝ

## *MÃ HÓA VÀ ĐIỀU CHỈ TÍN HIỆU*



Khoa CÔNG NGHỆ THÔNG TIN  
TS. Lê Trần Đức  
[letranduc@dut.udn.vn](mailto:letranduc@dut.udn.vn)



## NỘI DUNG BÀI HỌC

- Trong bài này ta xem xét một số sơ đồ, kỹ thuật để truyền dữ liệu một cách số hóa và tương tự hóa.
  - Chuyển đổi số - số: sử dụng mã hóa đường truyền (line coding) và Block coding
  - Chuyển đổi tương tự - số: sử dụng điều chế xung mã → PCM Modulation
  - Chuyển đổi số - tương tự: sử dụng điều chế số
  - Chuyển đổi tương tự - tương tự: sử dụng điều chế AM, FM, PM
  - Các phương thức truyền dữ liệu số



# CHUYỂN ĐỔI DIGITAL-TO-DIGITAL



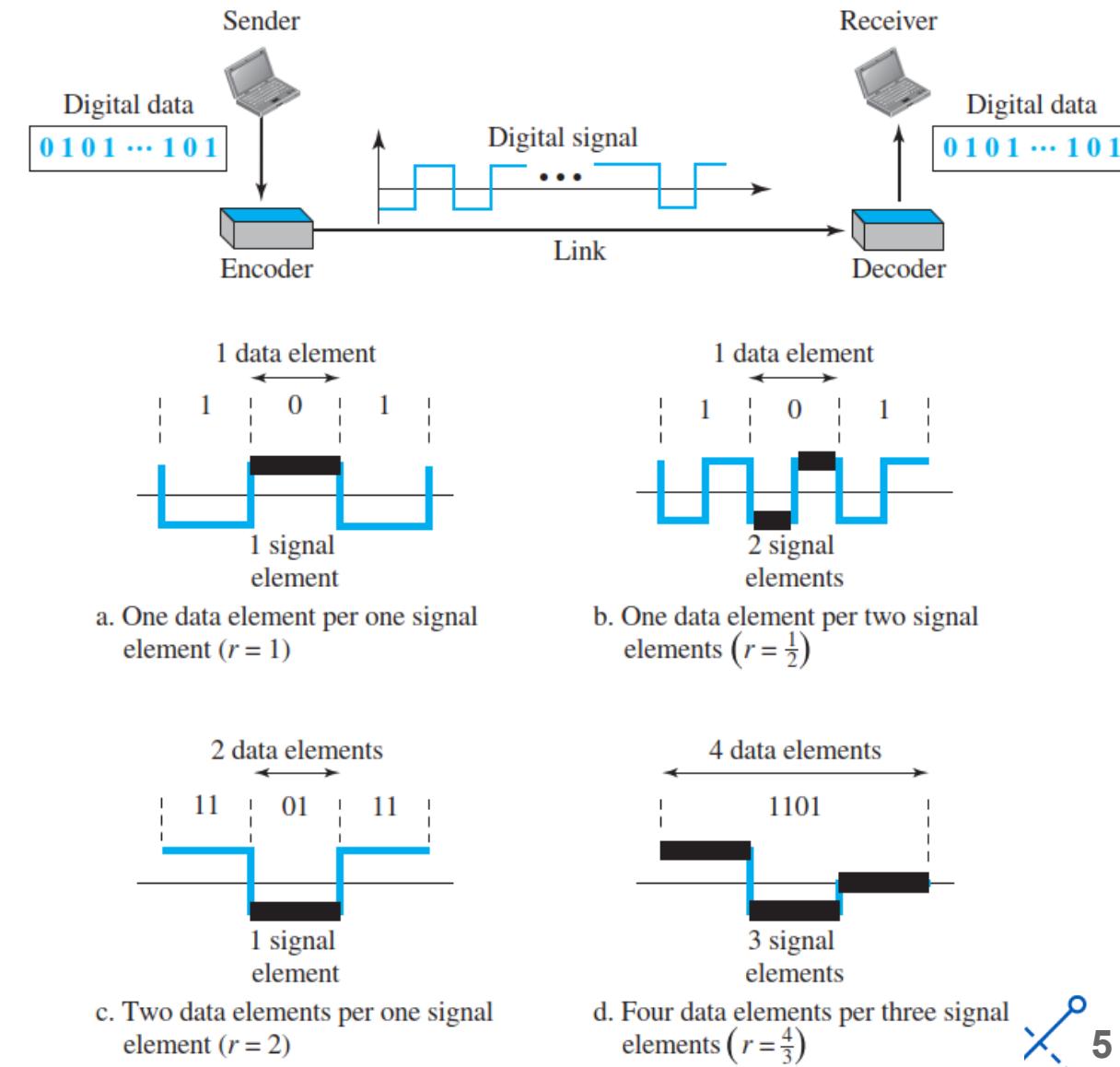
Khoa CÔNG NGHỆ THÔNG TIN  
TS. Lê Trần Đức

## CHUYỂN ĐỔI SỐ - SỐ

- Chuyển đổi (mã hóa) số - số là phương pháp biểu diễn dữ liệu số bằng tín hiệu số.
- Chuyển đổi số-số gồm 3 kỹ thuật:
  - **Mã hóa đường truyền** (Line Coding)
  - **Mã hóa khối** (Block Coding)
  - **Xáo trộn/ngẫu nhiên hóa** (Scrambling)

## MÃ HÓA ĐƯỜNG TRUYỀN (LINE CODING)

- Là quá trình chuyển đổi dữ liệu số sang tín hiệu số.
  - Dữ liệu dưới dạng văn bản, số, hình ảnh, audio, video được lưu trữ trong bộ nhớ máy tính dưới dạng chuỗi các bits. → **Line Coding** chuyển chuỗi bits đó thành tín hiệu số.
  - Đặc điểm: các bit ‘1’ và ‘0’ được chuyển đổi thành chuỗi xung điện áp để có thể truyền qua đường dây.
  - Hình bên là mối quan hệ giữa phần tử tín hiệu (signal element) và phần tử dữ liệu (data element). Nghĩa là một phần tử tín hiệu mang được bao nhiêu phần tử dữ liệu
- Mục tiêu trong truyền thông dữ liệu là tăng **data rate (N, bps)** trong khi giảm **signal rate (S, baud)**.



## MÃ HÓA ĐƯỜNG TRUYỀN (LINE CODING)

- Mối quan hệ giữa data rate (N) và signal rate (S) với  $r$  là tỉ lệ giữa số lượng data elements được mang bởi một signal element.
- Trên thực tế ta sử dụng công thức sau:

$$S_{ave} = c \times N \times (1/r) \quad \text{baud}$$

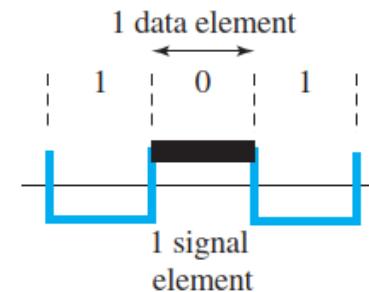
Với  $c$  là **hằng số** (thường chọn trong khoảng 0 đến 1)

- Có 2 công thức cần ghi nhớ:

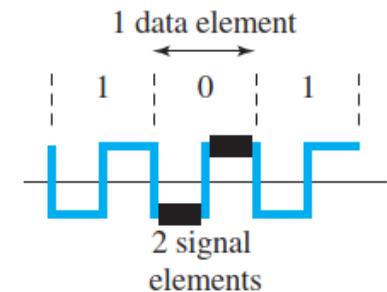
$$B_{min} = c \times N \times (1 / r) \quad \text{- Băng thông tối thiểu}$$

$$N_{max} = (1 / c) \times B \times r \quad \text{- Data rate tối đa}$$

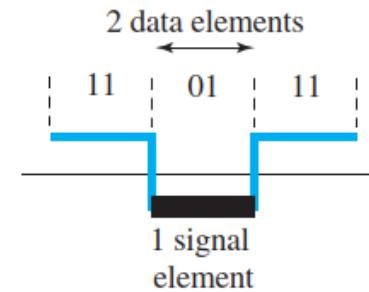
$$S = N/r$$



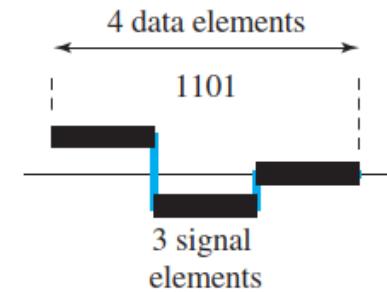
a. One data element per one signal element ( $r = 1$ )



b. One data element per two signal elements ( $r = \frac{1}{2}$ )



c. Two data elements per one signal element ( $r = 2$ )

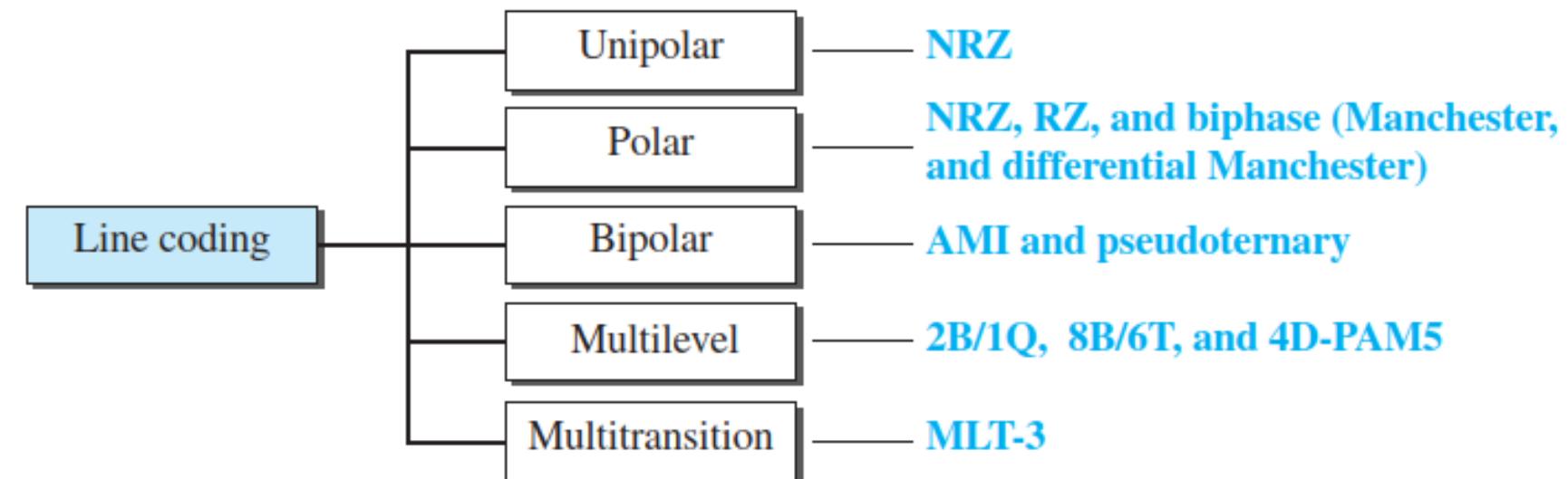


d. Four data elements per three signal elements ( $r = \frac{4}{3}$ )

## SƠ ĐỒ MÃ HÓA ĐƯỜNG TRUYỀN (LINE CODING SCHEMES)

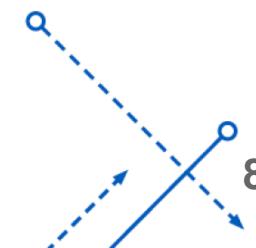
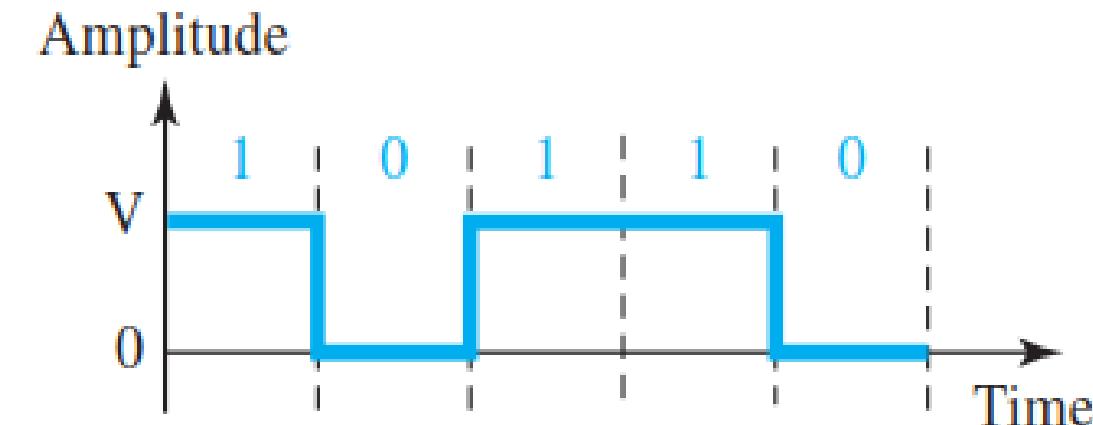
- Sơ đồ mã hóa được truyền bao gồm 5 loại như hình bên.

- **Unipolar:** mã đơn cực
- **Polar:** mã có cực
- **Bipolar:** mã lưỡng cực
- **Multilevel:**
- **Multitransition:**



## MÃ ĐƠN CỰC (UNIPOLAR)

- Là dạng mã hóa đơn giản nhất
  - Một mức điện áp biểu thị cho bit '0' và một mức điện áp khác biểu thị cho bit '1'.
  - Tất cả các mức tín hiệu nằm ở một phía của trục thời gian, ở trên hoặc bên dưới.
  - Ưu điểm: đơn giản và chi phí thấp.
  - Nhược điểm: Tồn tại điện áp một chiều (DC), bài toán đồng bộ và hiệu suất không cao.
    - ❖ **NRZ (Non-Return-to-Zero)**: thông thường, mã đơn cực được thiết kế với sơ đồ khối NRZ (hình bên)
- Gọi là NRZ vì tín hiệu không trở về 0 ở giữa bit.

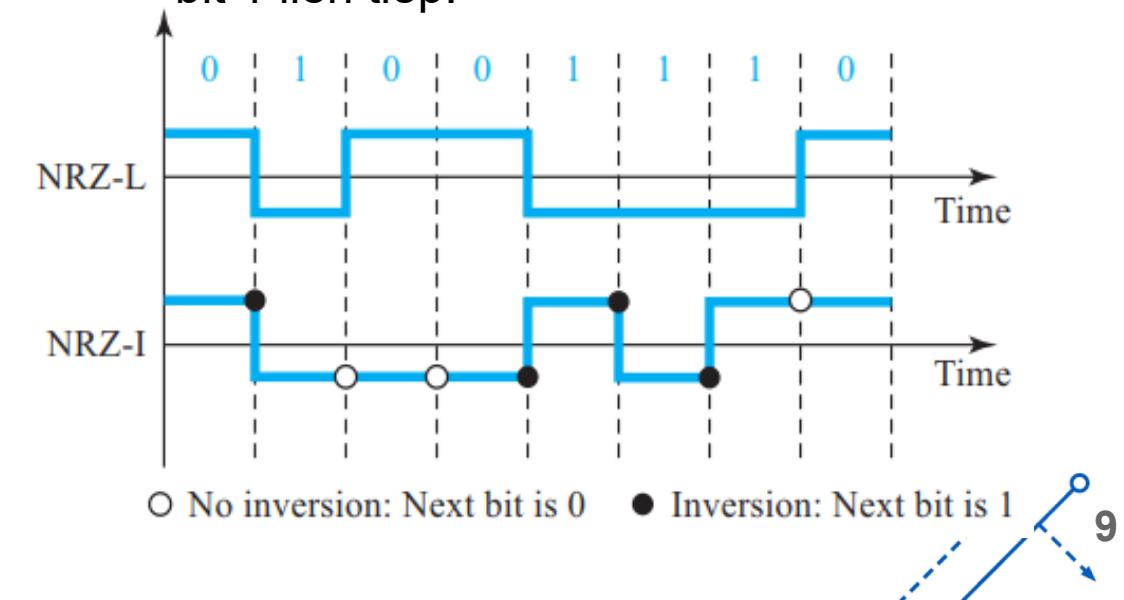


## MÃ CÓ CỰC (POLAR)

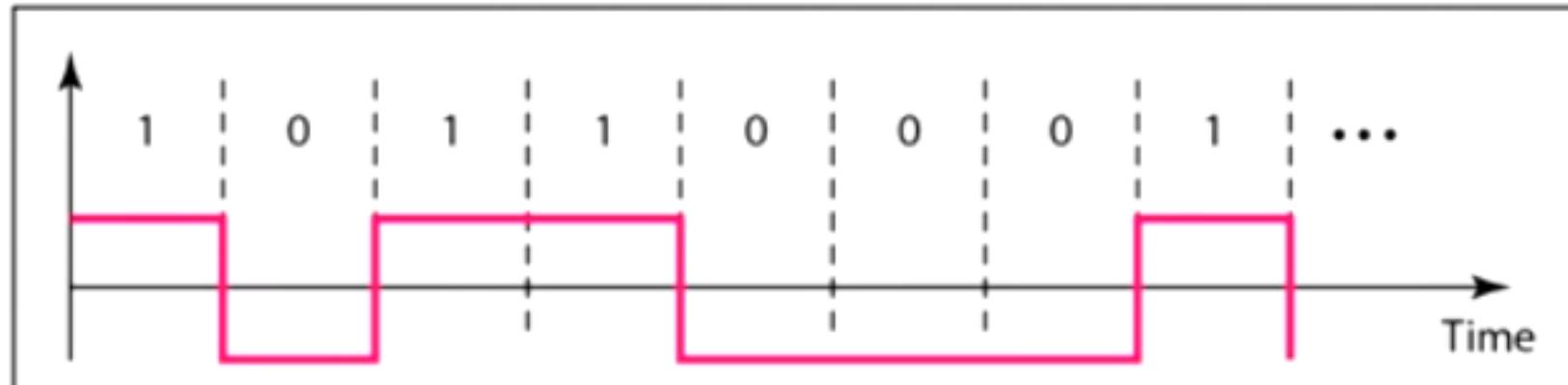
- Mã hóa polar dùng hai mức điện áp: một mức có giá trị dương và một mức có giá trị âm, nhằm giảm thành phần DC.
- Các mức tín hiệu nằm ở cả 2 phía của trục thời gian.
- Các loại mã tiêu biểu: **NRZ**, **RZ**, **Biphase** (Manchester, Manchester vi sai...)
- ❖ **NRZ**: có 2 loại: **NRZ-L (Level)** và **NRZ-I (Inverted)**

- Trong NRZ-L, mức điện áp xác định giá trị của bit
  - Ưu điểm: Thành phần **DC giảm** hơn so với mã đơn cực.
  - Nhược điểm: **Bài toán đồng bộ**: Khi tín hiệu truyền có giá trị không thay đổi, máy thu không thể xác định được thời gian tồn tại của một bit (Chu kỳ bit).
- Hướng giải quyết: dùng thêm một dây dẫn để truyền tín hiệu đồng bộ giúp máy thu biết về chu kỳ bit

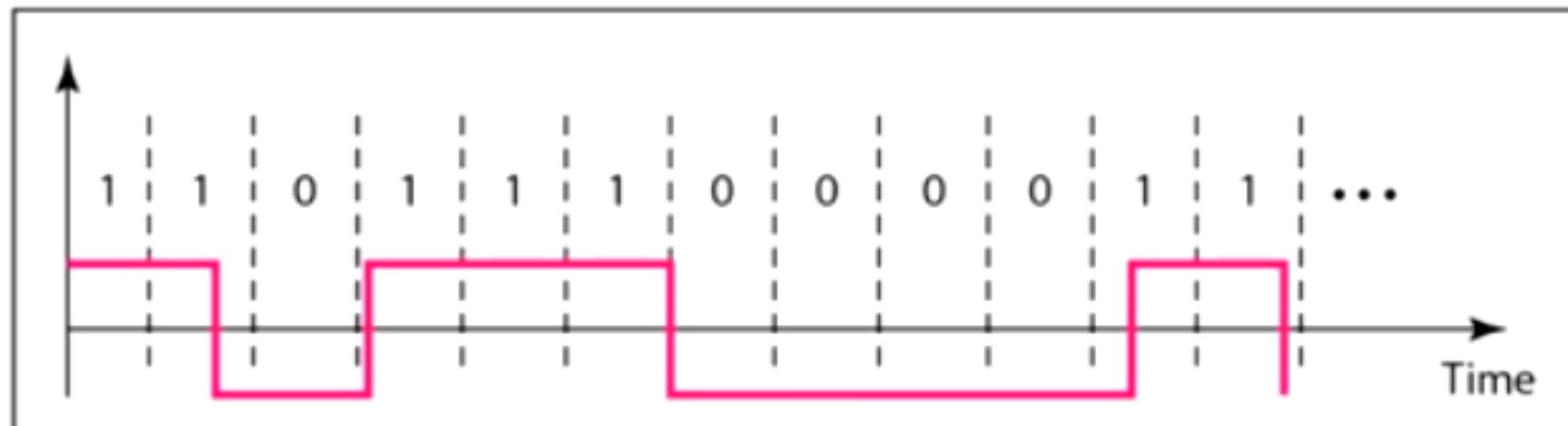
- Trong NRZ-I, sự thay đổi hoặc sự thiếu thay đổi của điện áp xác định giá trị của bit.
  - Không có thay đổi → 0
  - Có thay đổi → 1
  - Ưu điểm: Ưu điểm hơn NRZ-L, vẫn đề đồng bộ đã được giải quyết khi gặp chuỗi bit 1 liên tiếp.



## HIỆU ỨNG CỦA MẤT ĐỒNG BỘ



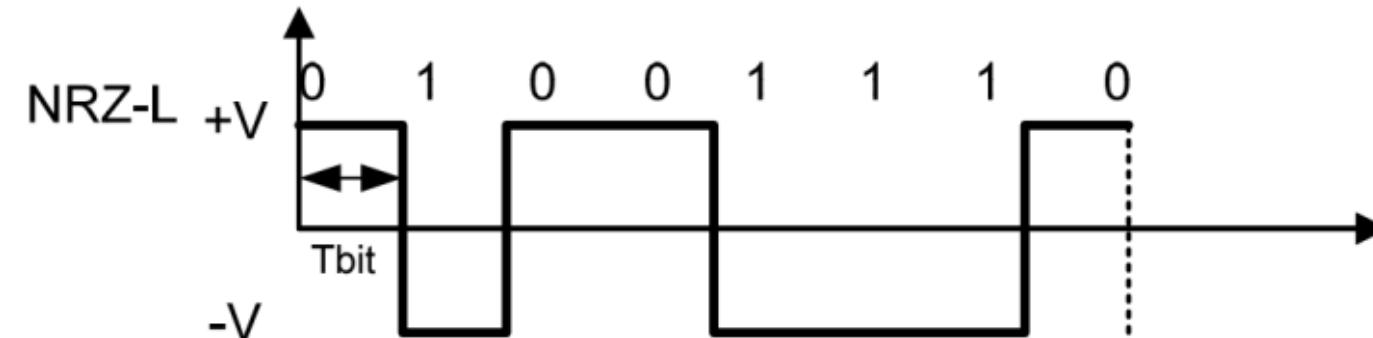
a. Sent



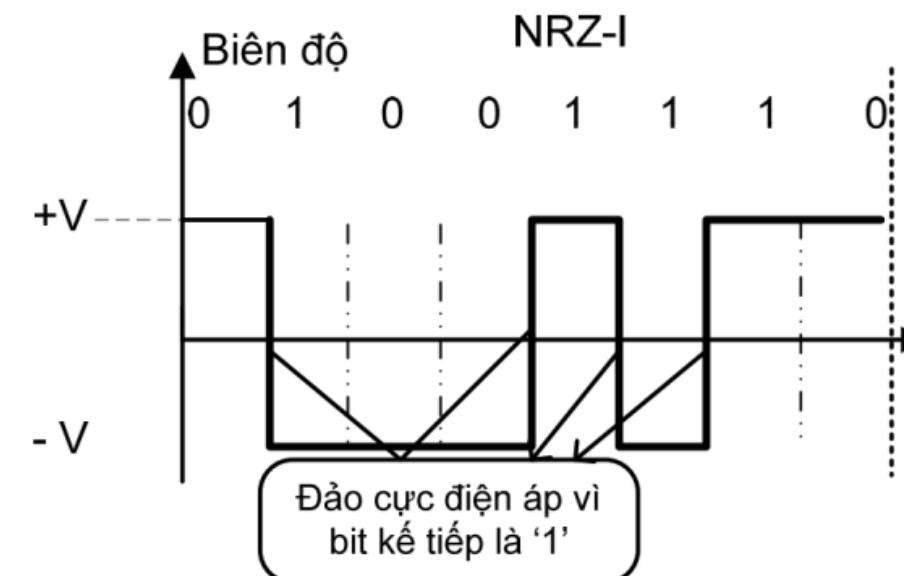
b. Received

## ví dụ:

- Cho chuỗi 01001110, hãy biểu diễn chuỗi bit này dưới dạng mã NRZ – L



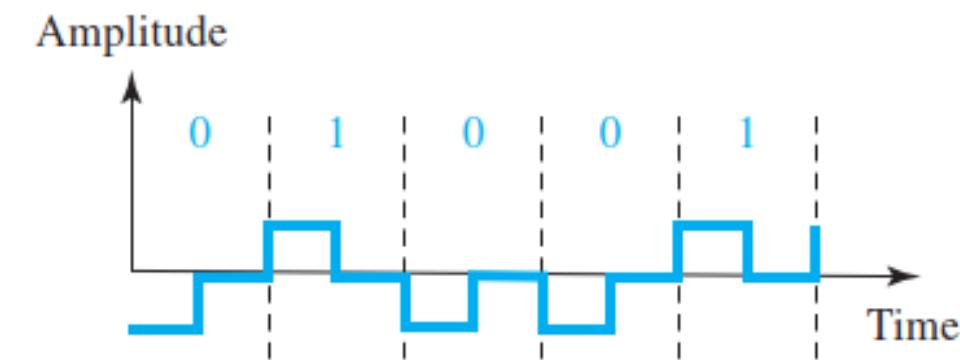
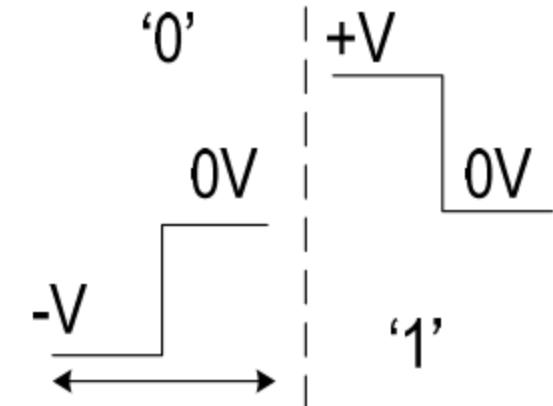
- Cho chuỗi 01001110, hãy biểu diễn chuỗi bit này dưới dạng mã NRZ – I



## MÃ CÓ CỰC (POLAR)

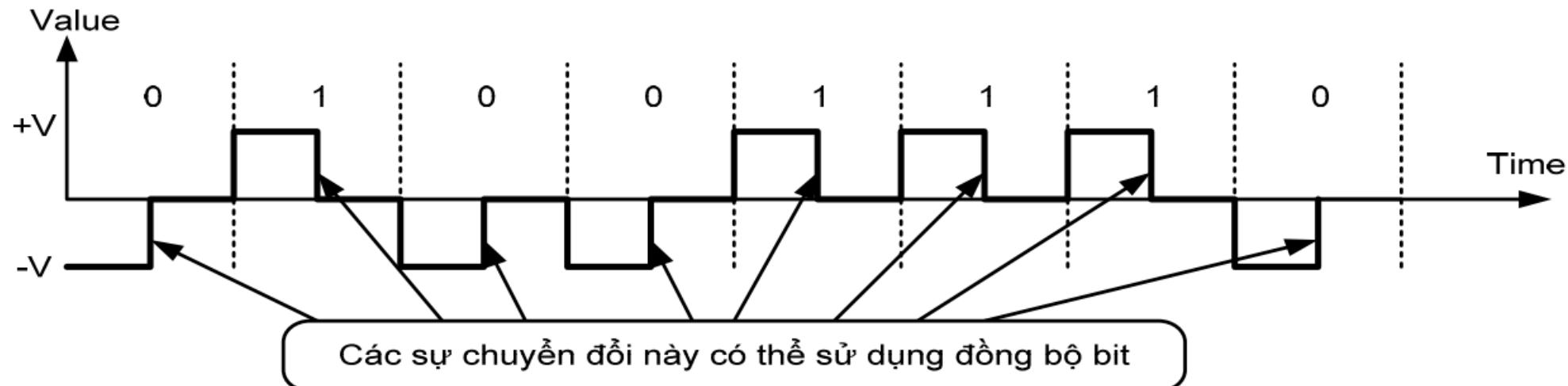
### ❖ RZ (Return-to-Zero):

- Vấn đề chính với mã hóa NRZ xảy ra khi đồng hồ bên gửi và bên nhận không đồng bộ.
- Bên nhận không biết khi nào một bit đã kết thúc và bit tiếp theo sẽ bắt đầu. → Giải pháp: **RZ**.
- RZ sử dụng 3 giá trị: dương, âm, zero
- Bit '0' → Nửa chu kỳ đầu của bit là điện áp  $-V$  và nửa chu kỳ sau của bit là điện áp  $0V$ .
- Bit '1' → Nửa chu kỳ đầu của bit là điện áp  $+V$  và nửa chu kỳ sau của bit là điện áp  $0V$ .



## ví dụ:

- Cho chuỗi 01001110, hãy biểu diễn chuỗi bit này dưới dạng mã RZ



- Ưu điểm: Giải quyết vấn đề đồng bộ cho chuỗi bit '1' hoặc chuỗi bit '0' liên tiếp.
- Nhược điểm: mã hóa RZ đòi hỏi hai lần thay đổi tín hiệu để mã hóa một bit và do đó chiếm băng thông lớn hơn.

## MÃ CÓ CỰC (POLAR)

### ❖ Biphasic (Manchester và Differential Manchester):

- Tồn tại điện áp +V và -V trong 1 bit.
- Thành phần DC bằng zero.
- Việc chuyển đổi ở giữa bit cung cấp đồng bộ hóa
- Phân loại:

#### - Manchester: kết hợp của NRZ-L & RZ

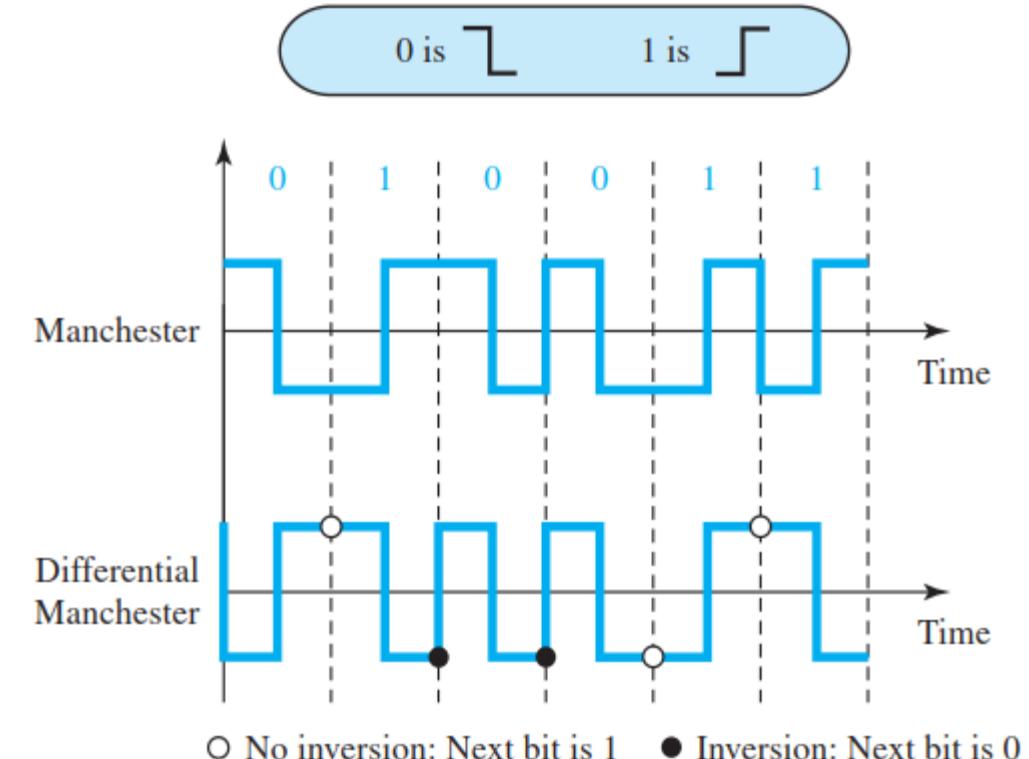
Bit '0' → Nửa chu kỳ đầu của bit là điện áp +V và nửa chu kỳ còn lại là điện áp -V

• Bit '1' → Nửa chu kỳ đầu của bit là điện áp -V và nửa chu kỳ còn lại là điện áp + V

#### - Differential Manchester: kết hợp của NRZ-I & RZ

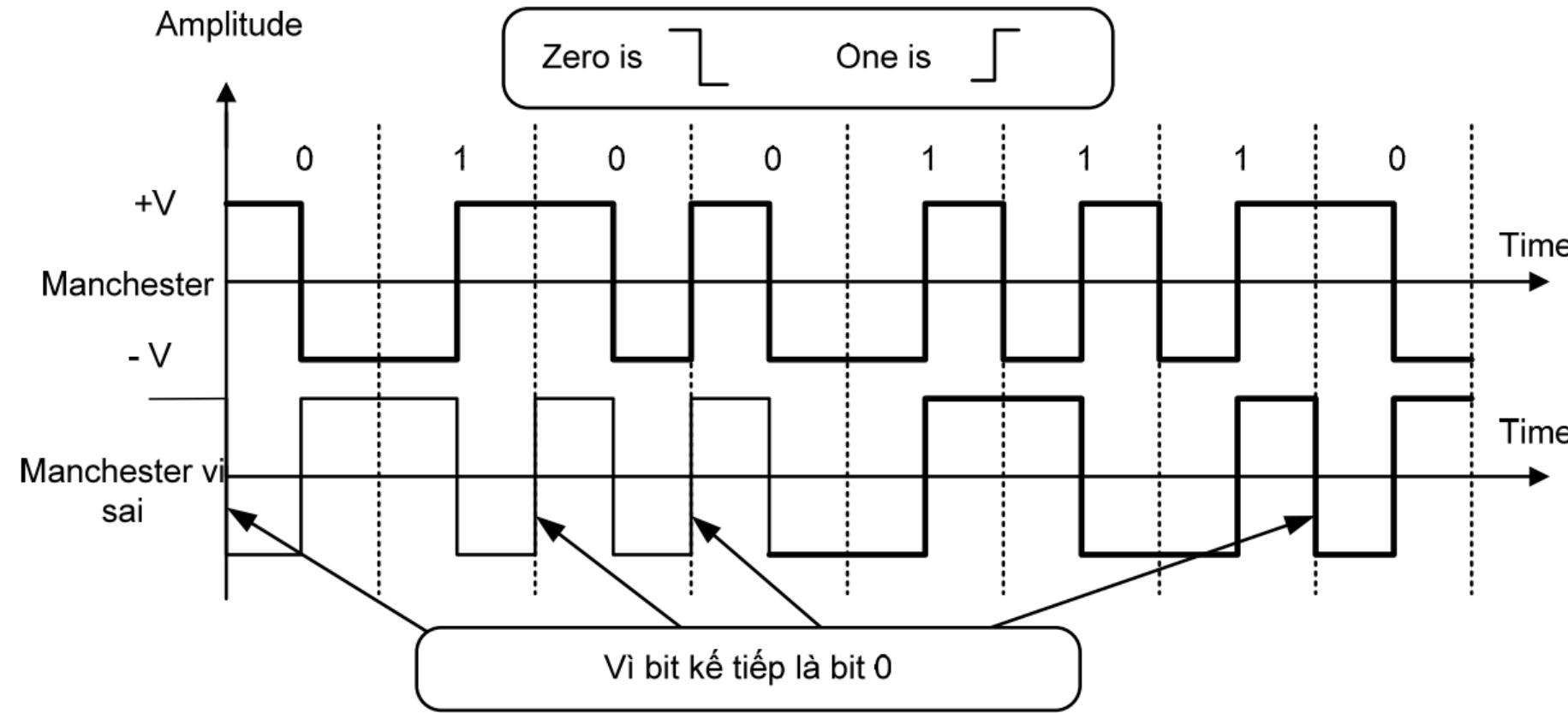
Gặp bit '0' sẽ đảo cực điện áp trước đó.

Gặp bit '1' sẽ giữ nguyên cực điện áp trước đó.



## ví dụ:

- Cho chuỗi 01001110, hãy biểu diễn chuỗi bit này dưới dạng mã Manchester và Manchester vi sai. Giả sử ban đầu điện áp dương.

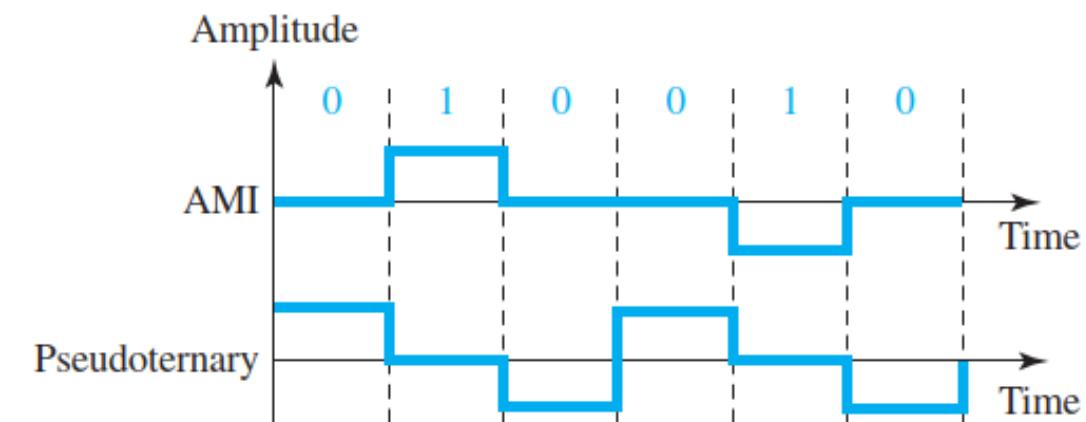


## MÃ LƯỞNG CỰC (BIPOLAR)

- Dùng ba mức điện áp: dương, âm, và zero (0 volt).
- Mã điển hình: **AMI**

### ❖ AMI (Alternate Mark Inversion) và giả tam nguyên (Pseudo-ternary)

- Bit '0' → 0 Volt.
- Bit '1' → điện áp -V hoặc + V luân phiên (Tồn tại 1 chu kỳ bit)
- Biến thể của AMI là giả tam nguyên (Pseudo-ternary)  
→ các bit 0 lần lượt nhận các giá trị điện áp dương và âm.
- Ưu điểm:
  - AMI làm triệt tiêu thành phần DC của tín hiệu
  - Đồng bộ đối với chuỗi các giá trị bit "1" liên tiếp.
- Nhược điểm: Dễ mất đồng bộ đối với chuỗi các giá trị bit "0" liên tiếp.



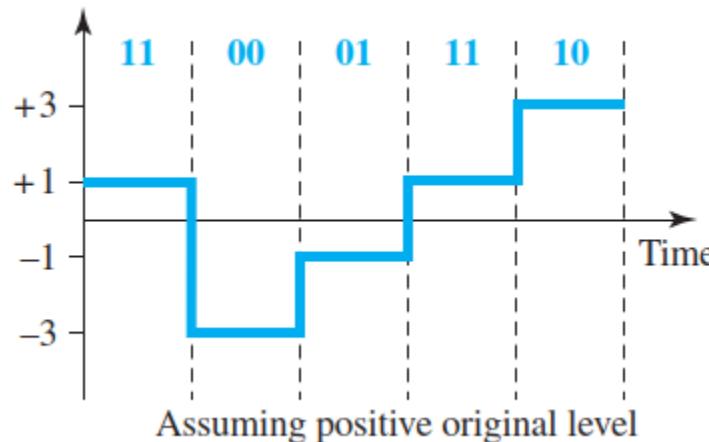
## MÃ MULTILEVEL (mBnL)

- Mục đích: Tăng data rate và giảm bandwidth cần thiết → Nghĩa là cần tăng số bits trong một baud bằng cách mã hóa **m phần tử dữ liệu** (data elements) vào trong **n phần tử tín hiệu** (signal elements).
- Ta có 2 loại phần tử dữ liệu là: **0 và 1** → Một nhóm **m** phần tử dữ liệu sẽ tạo ra được  $2^m$  dạng khác nhau
- Giả sử có **L** mức tín hiệu khác nhau được sử dụng → Nhóm **n** phần tử tín hiệu sẽ tạo được  $L^n$  dạng khác nhau
  - Nếu  $2^m = L^n$  : mỗi dạng dữ liệu được mã hóa vào một dạng tín hiệu
  - Nếu  $2^m < L^n$  : chỉ một phần dạng tín hiệu có thể mã hóa được hết các dạng dữ liệu
  - Nếu  $2^m > L^n$  : không thể mã hóa dữ liệu

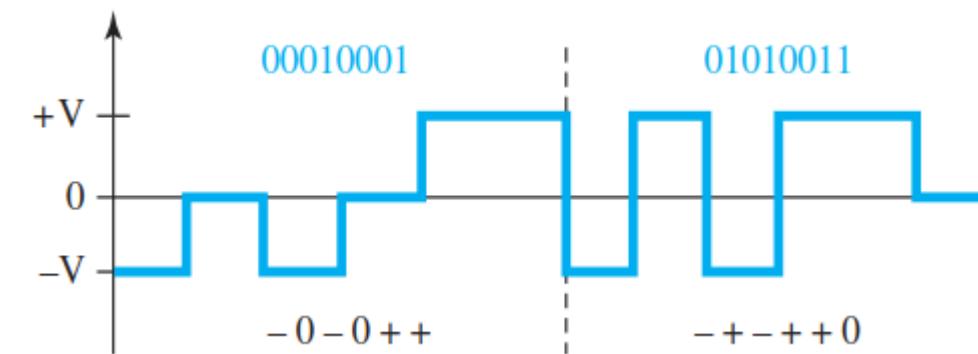
## MỘT SỐ MÃ MULTILEVEL (mBnL)

Rules:

00 → -3   01 → -1   10 → +3   11 → +1



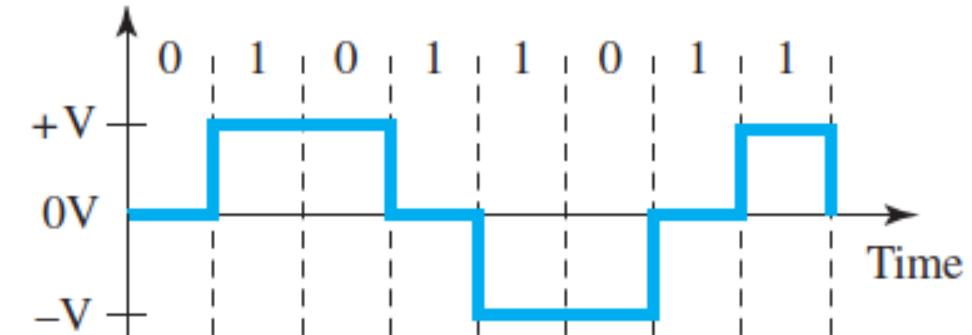
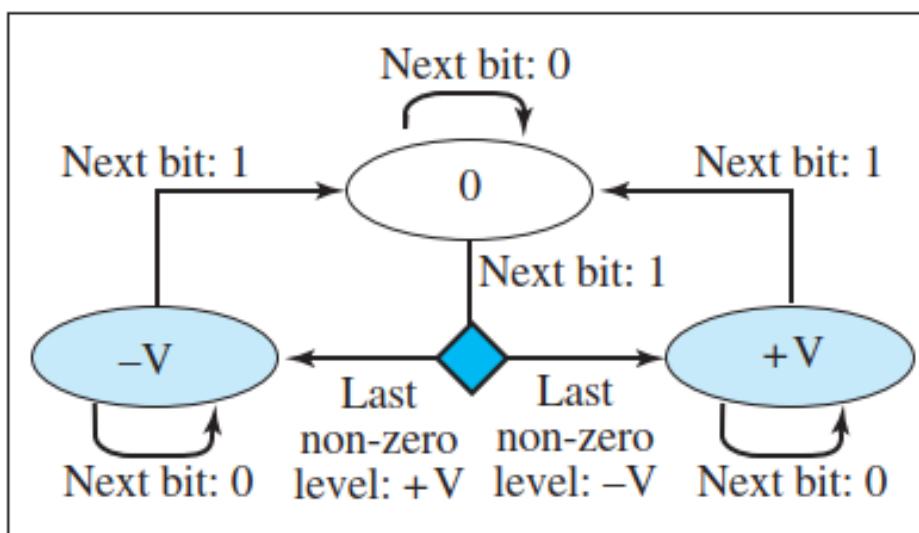
**Multilevel: 2B1Q**



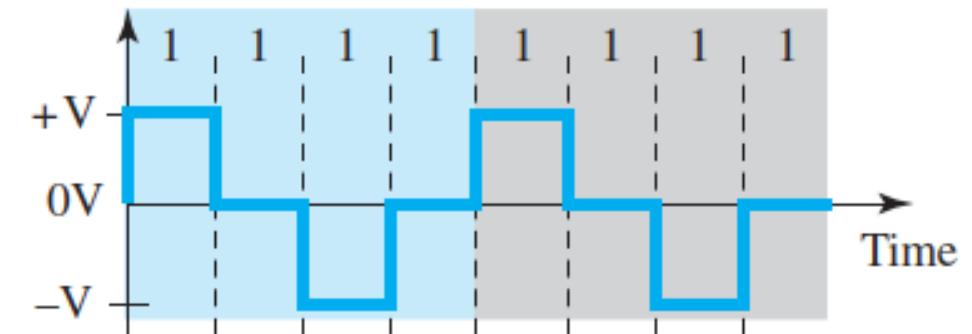
**Multilevel: 8B6T**

## MÃ MULTITRANSITION

- Mã điển hình: MLT-3 (multiline transmission, three-level)
- Quy tắc:
  - Nếu bit tiếp theo là 0, không có chuyển đổi.
  - Nếu bit tiếp theo là 1 và mức hiện tại khác 0, thì mức tiếp theo là 0.
  - Nếu bit tiếp theo là 1 và mức hiện tại là 0, thì mức tiếp theo ngược lại với mức khác không cuối cùng.



a. Typical case



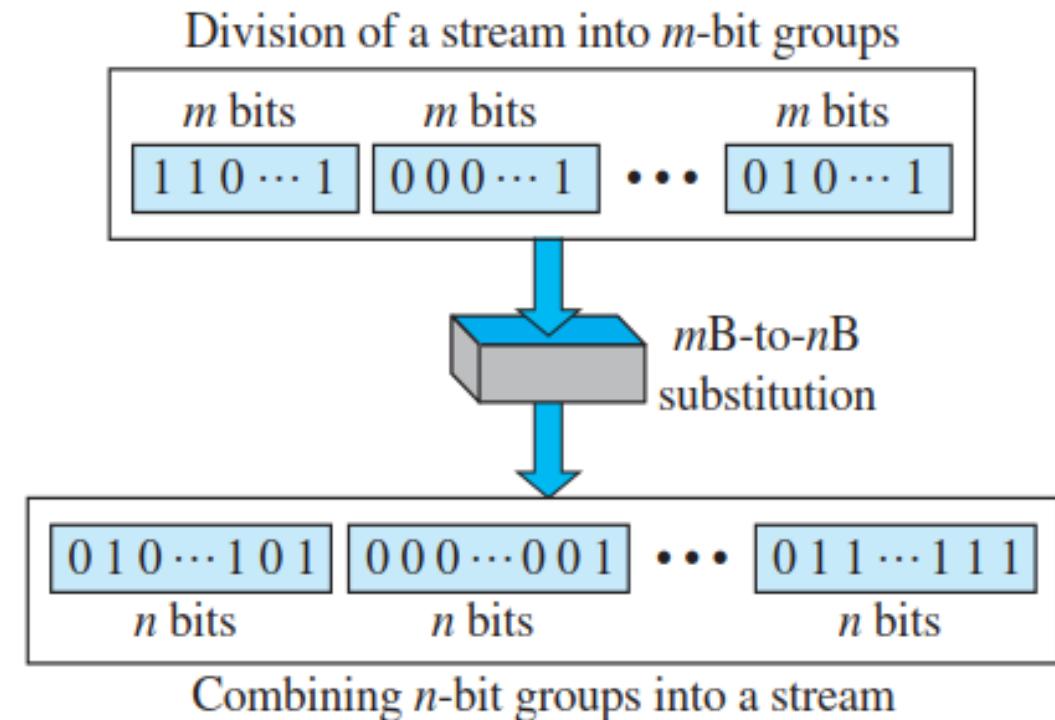
b. Worst case

## TỔNG KẾT MÃ HÓA ĐƯỜNG TRUYỀN (LINE CODING)

<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
Polar	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
Multitransition	MLT-3	$B = N/3$	No self-synchronization for long 0s

## MÃ HÓA KHỐI (BLOCK CODING, mB/nB)

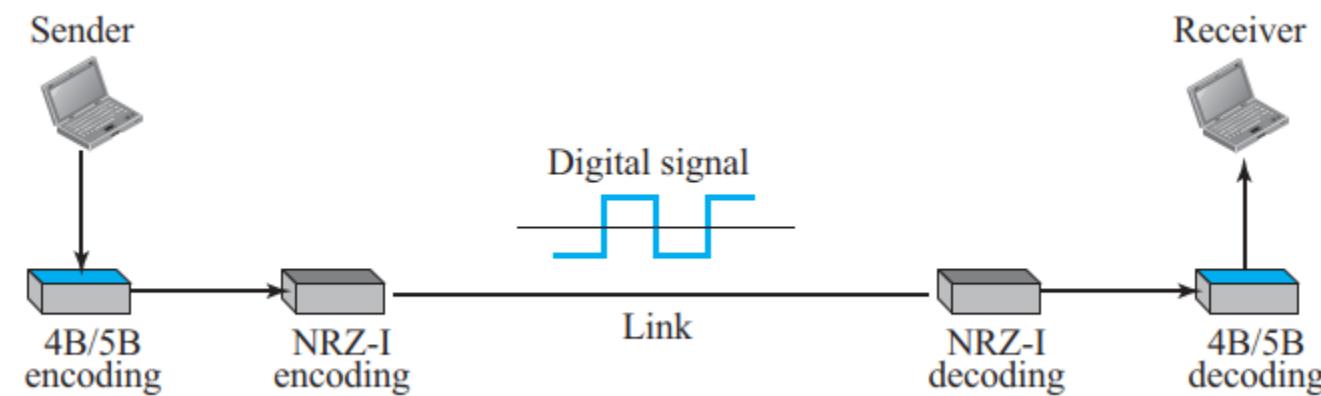
- Chúng ta cần một số bit dư thừa để đảm bảo đồng bộ hóa và cung cấp một số giải pháp phát hiện lỗi. → **Block Coding**
- Block Coding thay một khối gồm  $m$  bits thành một khối  $n$  bits ( $n > m$ )
- Block coding thường bao gồm 3 bước: chia lấy phần dư (**division**), thay thế (**substitution**), kết hợp (**combination**)
  - Division:** chuỗi bit dữ liệu được chia thành các nhóm  $m$  bits.
  - Substitution:** thay thế  $m$ -bit group thành  $n$ -bit group
  - Combination:** kết hợp nhiều nhóm  $n$ -bit lại để gửi đi



## MÃ HÓA KHỐI (BLOCK CODING)

### ❖ 4B/5B (Four Binary/Five Binary):

- Được thiết kế để sử dụng kèm với NRZ-I nhằm giải quyết vấn đề về đồng bộ hóa (chuỗi 0 dài liên tiếp).
- Sử dụng 5-bit (xác định từ trước) để mã hóa cho 4-bit
- Tuy nhiên, 4B/5B làm tăng signal rate so với NRZ-I và không thể giải quyết vấn đề tồn tại thành phần DC của NRZ-I
- Một nhóm 4 bit chỉ có thể có 16 kết hợp khác nhau trong khi một nhóm 5 bit có thể có 32 kết hợp khác nhau → Dư 16 tổ hợp 5-bit → Một số dùng cho mục đích điều khiển, báo hiệu



## MÃ HÓA KHỐI (BLOCK CODING)

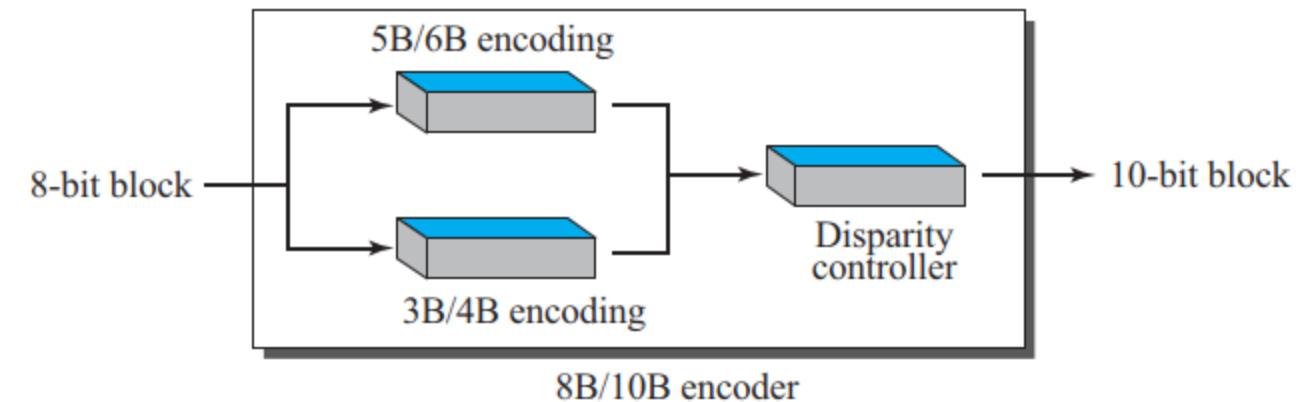
### ❖ 4B/5B (Four Binary/Five Binary):

<i>Data Sequence</i>	<i>Encoded Sequence</i>	<i>Control Sequence</i>	<i>Encoded Sequence</i>
0000	11110	Q (Quiet)	00000
0001	01001	I (Idle)	11111
0010	10100	H (Halt)	00100
0011	10101	J (Start delimiter)	11000
0100	01010	K (Start delimiter)	10001
0101	01011	T (End delimiter)	01101
0110	01110	S (Set)	11001
0111	01111	R (Reset)	00111
1000	10010		
1001	10011		
1010	10110		
1011	10111		
1100	11010		
1101	11011		
1110	11100		
1111	11101		

## MÃ HÓA KHỐI (BLOCK CODING)

### ❖ 8B/10B (Eight Binary/Ten Binary):

- Tương tự 4B/5B.
- Tăng khả năng phát hiện lỗi
- Trên thực tế **8B/10B** là sự kết hợp của **5B/6B** và **3B/4B**
- Để ngăn chặn các chuỗi 0 hoặc 1 liên tiếp, mã sử dụng bộ điều khiển chênh lệch (**Disparity Controller**) giúp theo dõi



## KỸ THUẬT XÁO TRỘN/NGẦU NHIÊN HÓA (SCRAMBLING)

- Các sơ đồ Biphasic phù hợp với các liên kết giữa các máy trong mạng LAN không phù hợp để liên lạc đường dài vì yêu cầu băng thông rộng của chúng.
- Sự kết hợp giữa mã hóa khồi và mã hóa đường truyền NRZ cũng không phù hợp với mã hóa đường dài, vì thành phần DC.
- Mã lưỡng cực AMI mặc dù có yêu cầu băng thông hẹp và không tạo ra thành phần DC nhưng lại gấp vấn đề về đồng bộ hóa với chuỗi bit 0 liên tiếp.

→ Nếu xử lý được vấn đề của AMI ta có thể sử dụng nó để truyền trên khoảng cách xa

→ Cần kỹ thuật thỏa mãn:

- Không làm tăng số lượng bits
- Đảm bảo tính đồng bộ

→ Thay thế chuỗi xung ở mức 0-level thành tổ hợp của nhiều levels khác nhau để cung cấp tính đồng bộ hóa

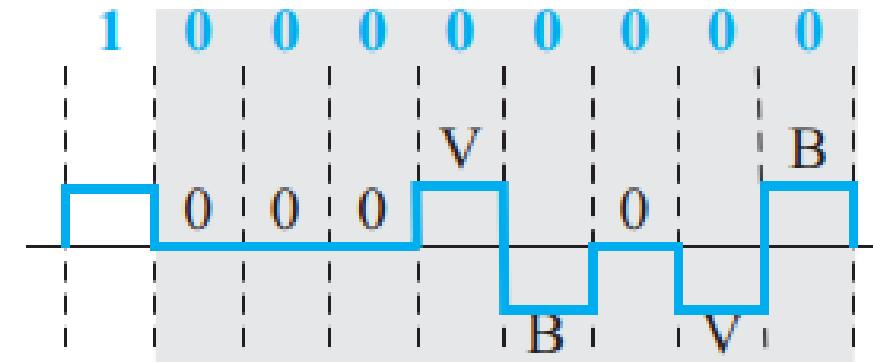
→ Giải pháp **Scrambling!**

→ Một số giải pháp điển hình: **B8ZS** và **HDB3** (Lưu ý: Áp dụng trên nền tảng của AMI)

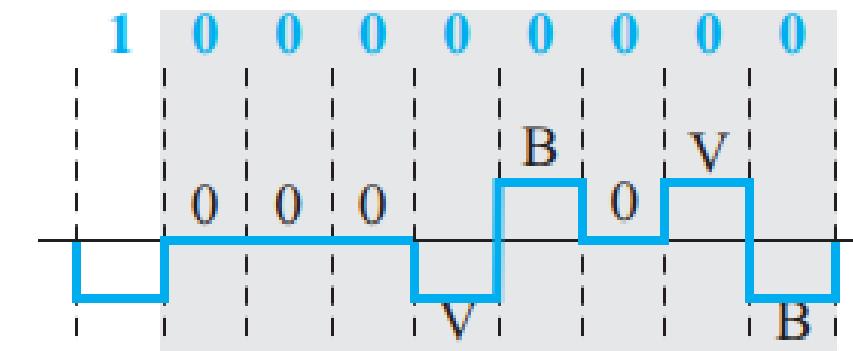
## KỸ THUẬT SCRAMBLING

### ❖ B8ZS (Bipolar 8-Zero Substitution)

- 8 điện áp mức 0 liên tiếp được thay thế bằng dãy **000VB0VB**.
  - **V** thể hiện cho điện áp khác 0 → ngược với quy tắc của AMI → Tức là điện áp này sẽ có cùng dấu với điện áp khác 0 trước đó
  - **B** nghĩa là Bipolar → Tức là tuân theo quy tắc của AMI
- Nhờ vậy mà thành phần DC được duy trì ổn định.
- Trong trường hợp này, scrambling không làm thay đổi bit rate



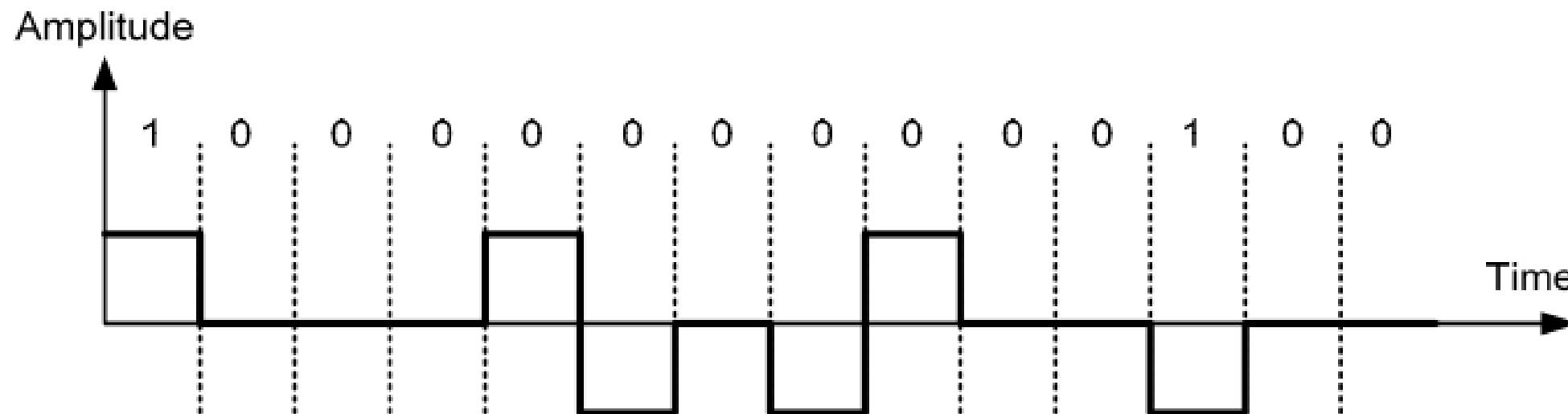
a. Previous level is positive.



b. Previous level is negative.

## ví dụ:

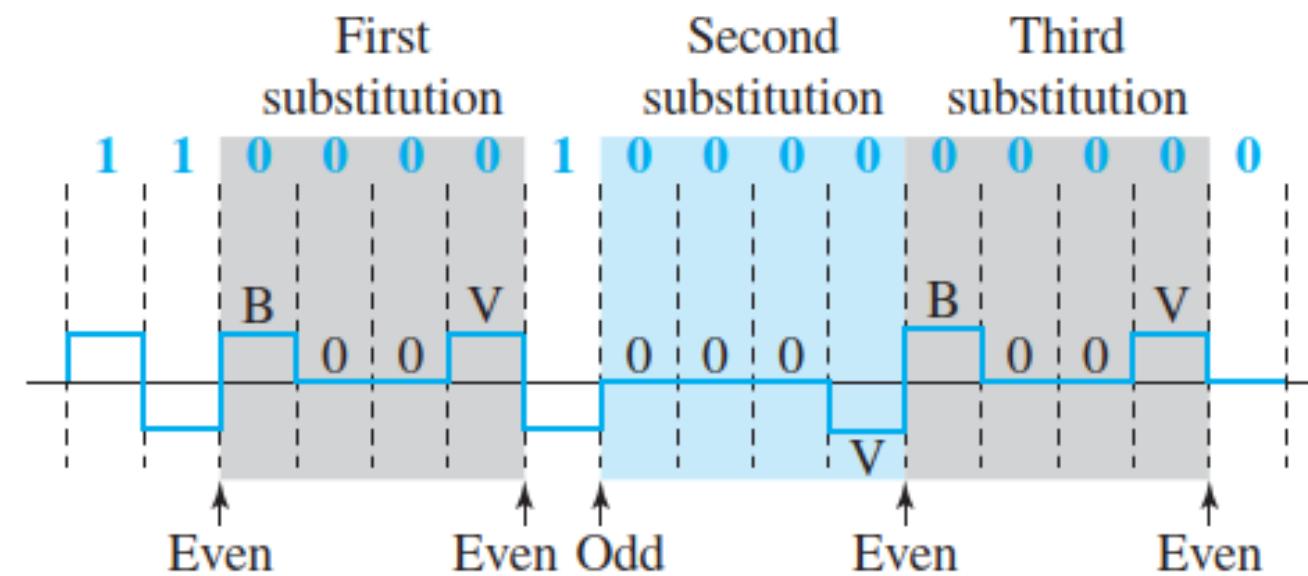
- Cho chuỗi 10000000000100, hãy biểu diễn chuỗi bit này dưới dạng mã B8ZS. Giả sử bit ‘1’ đầu tiên có điện áp dương..



## KỸ THUẬT SCRAMBLING

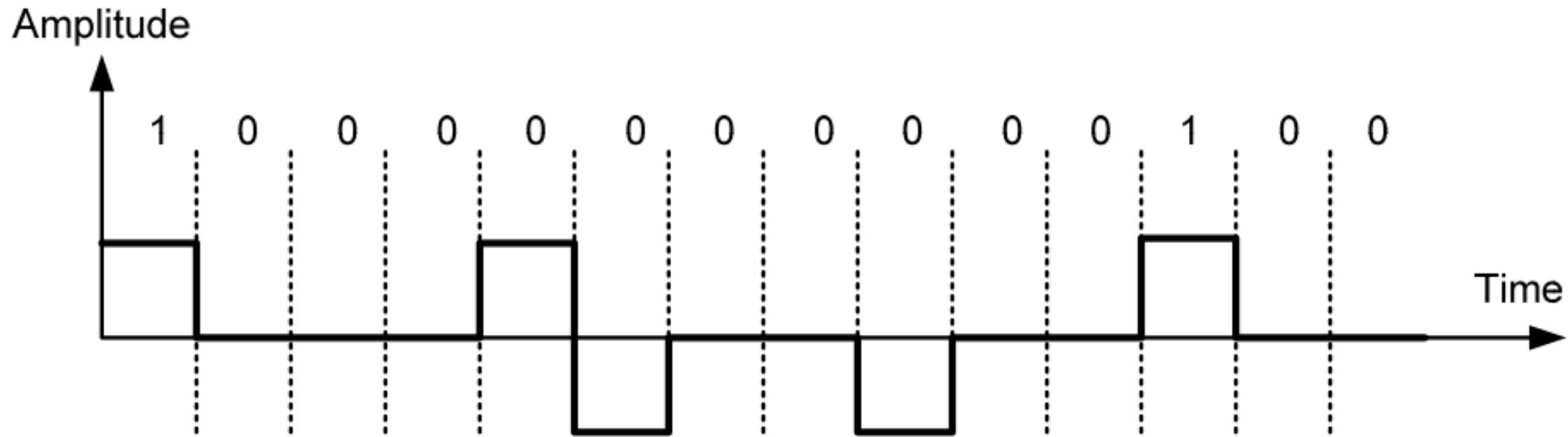
### ❖ HDB3 (High-Density Bipolar 3-Zero)

- 4 điện áp 0 liên tiếp sẽ được thay bằng **000V** hoặc **B00V**
- Lý do có 2 cách thay thế là để duy trì một số chẵn các xung khác 0 sau khi thay thế
- Quy tắc:
  - Nếu số xung **khác 0** sau **lần thay thế cuối cùng** là số lẻ → Dùng **000V**
  - Nếu số xung **khác 0** sau **lần thay thế cuối cùng** là số chẵn → Dùng **B00V**
  - Khái niệm **V**, **B** tương tự như B8ZS

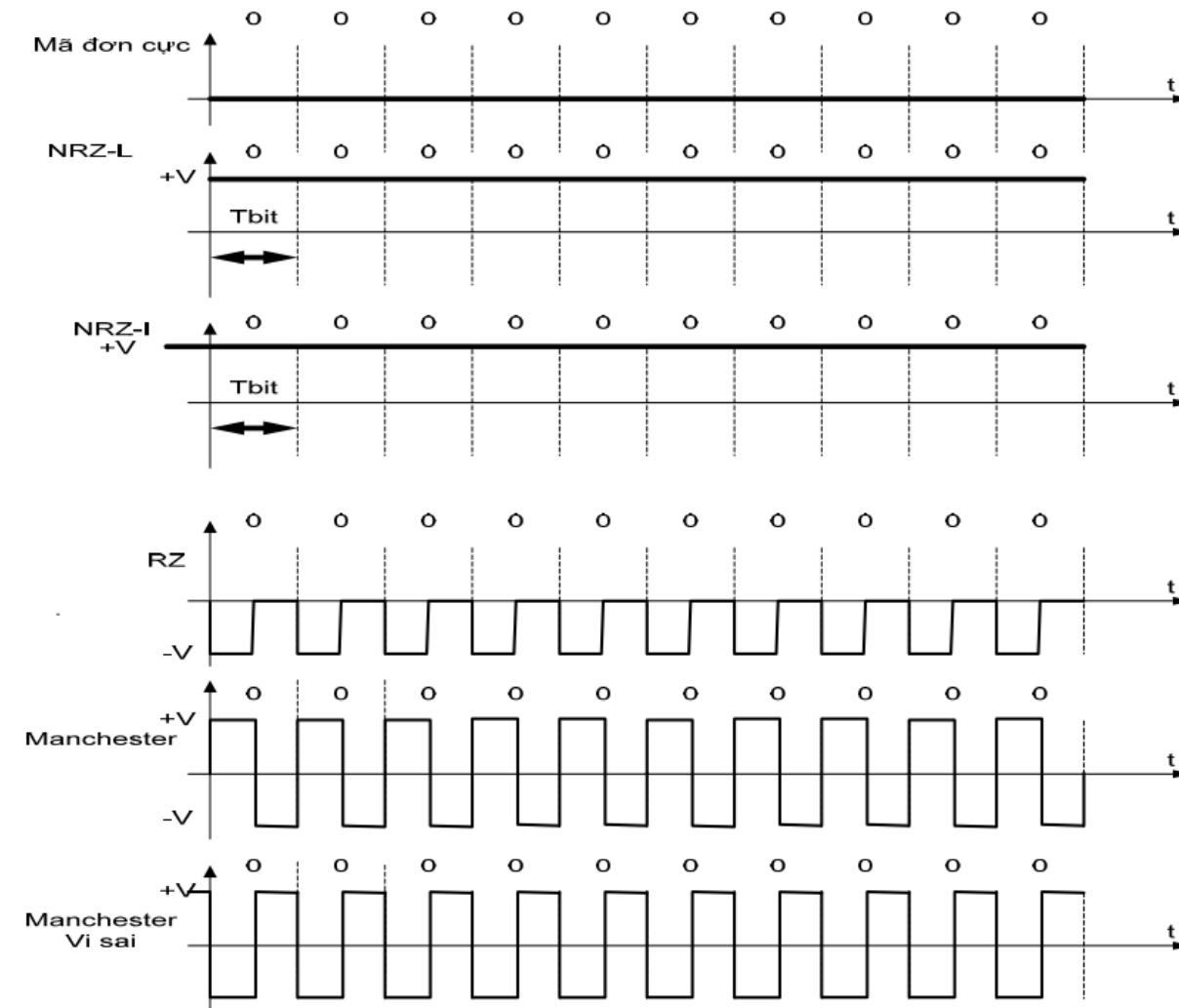


## ví dụ:

- Dùng mã HDB3, mã hóa luồng bit 10000000000100, biết bit '1' đầu tiên là điện áp dương.



**VÍ DỤ:** Cho 1 chuỗi nhị phân 10 bit '0' liên tiếp, hãy biểu diễn chuỗi bit này dưới dạng các mã Unipolar, NRZ-L, NRZ-I, RZ, Manchester, Manchester vi sai, AMI, B8ZS, HDB3. Giả sử điện áp trước 10 bit này là dương và số bit 1 là số chẵn.

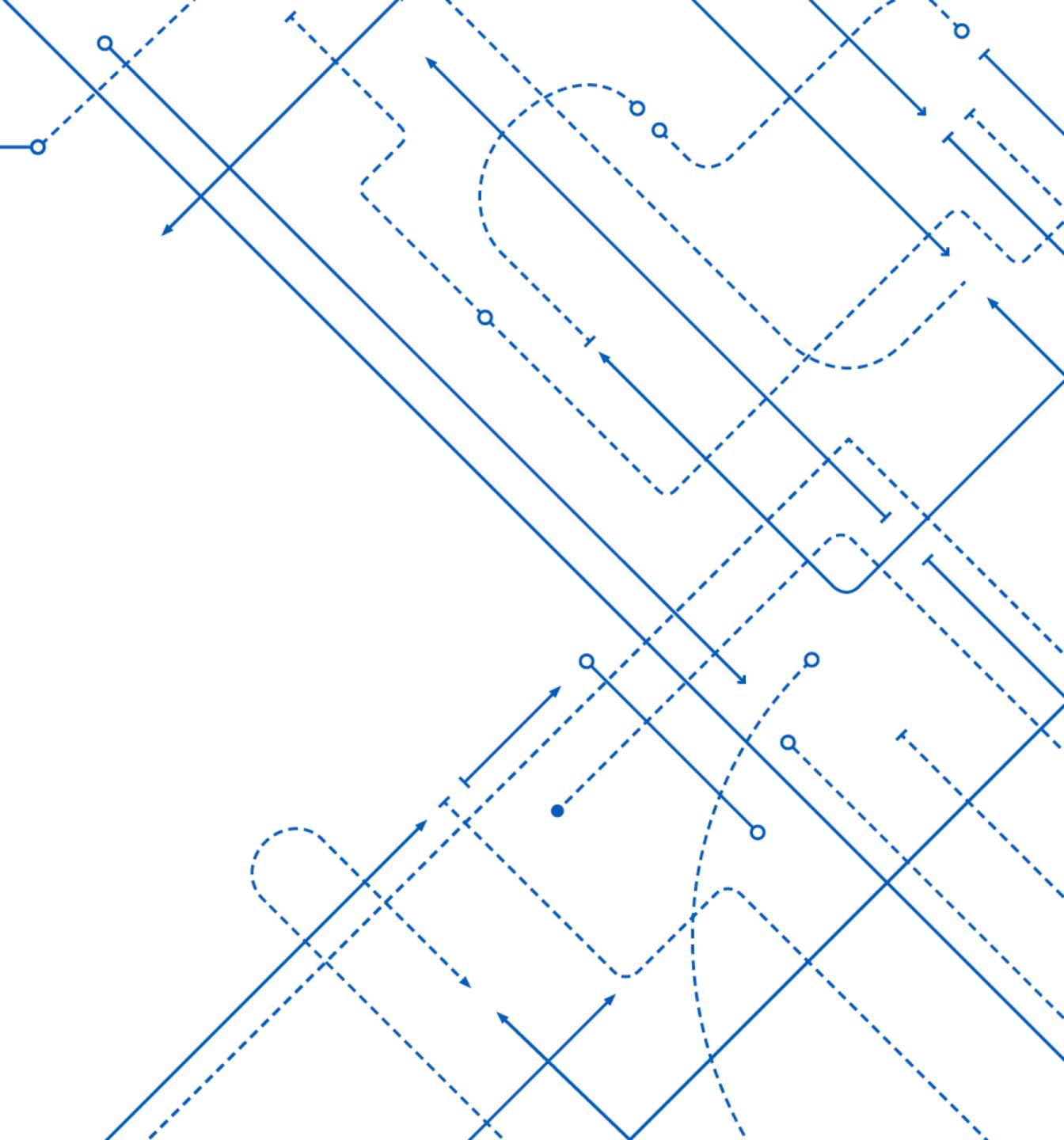




# CHUYỂN ĐỔI ANALOG-TO- DIGITAL



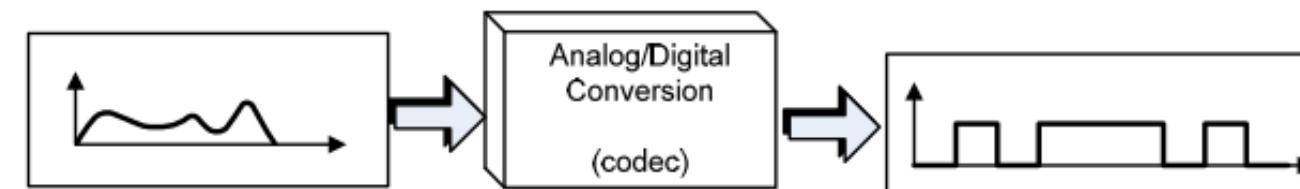
Khoa CÔNG NGHỆ THÔNG TIN  
TS. Lê Trần Đức



## CHUYỂN ĐỔI TƯƠNG TỰ - SỐ (ĐIỀU CHẾ XUNG MÃ PCM – Pulse Code Modulation)

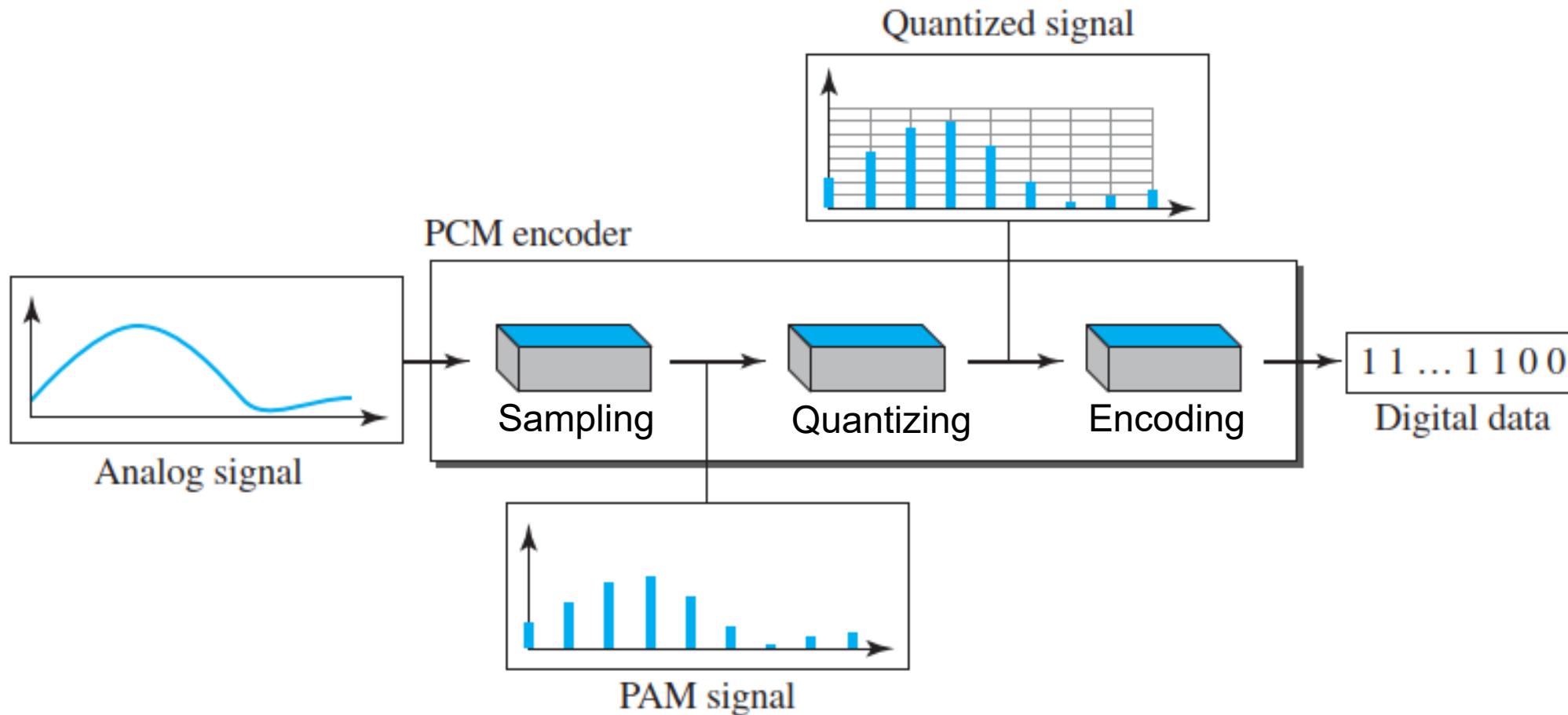
- **Ví dụ:** khi gởi tín hiệu thoại qua đường dây dài, do tín hiệu số có tính chống nhiễu tốt hơn so với tín hiệu tương tự (analog).
- **Khái niệm:** chuyển đổi tương tự - số (số hóa tín hiệu tương tự) là quá trình chuyển tín hiệu tương tự thành luồng tín hiệu số. Hoặc (biểu diễn các thông tin có trong tín hiệu liên tục thành chuỗi các tín hiệu số 1, 0).
- **Mục đích:**
  - Giảm thiểu khói lượng lớn các giá trị trong thông tin của tín hiệu tương tự để biểu diễn thành luồng tín hiệu số mà không bị thất thoát thông tin sử dụng **codec (coder – decoder)**.
  - Chống nhiễu.
  - Dễ xử lý.

→ Sử dụng kỹ thuật điều chế tín hiệu



## CHUYỂN ĐỔI TƯƠNG TỰ - SỐ

- Toàn bộ quá trình điều chế tín hiệu để chuyển tín hiệu tương tự sang số diễn ra như sau:

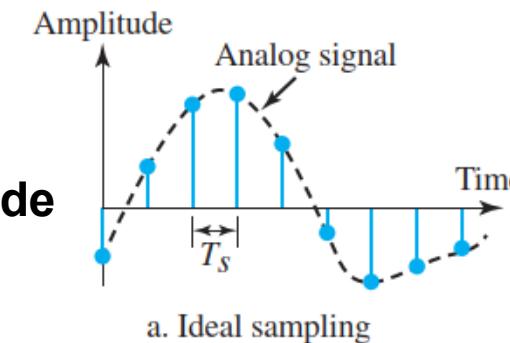


## LẤY MẪU (SAMPLING)

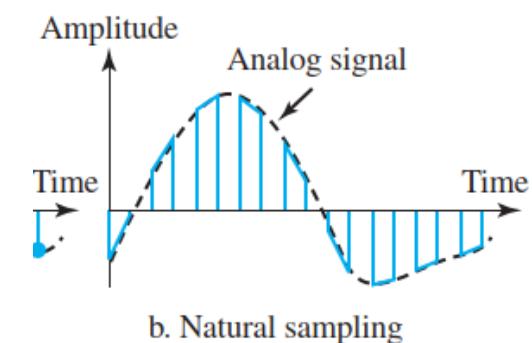
- Bước đầu tiên trong điều chế xung mã PCM là lấy mẫu.
- Thường gọi là **Điều chế biên độ xung (Pulse Amplitude Modulation – PAM)**
- Tín hiệu analog được lấy mẫu với chu kỳ  $T_s$ . Nghịch đảo của giá trị này là  $f_s = 1/T_s$  – tốc độ lấy mẫu sampling rate (sampling frequency)
- Có 3 cách thức lấy mẫu như hình bên
- Điều kiện lấy mẫu: ***Theo định lý Nyquist, tốc độ lấy mẫu phải lớn hơn hoặc bằng hai lần tần số cao nhất của tín hiệu.***

$$f_s \geq 2f_{imax}$$

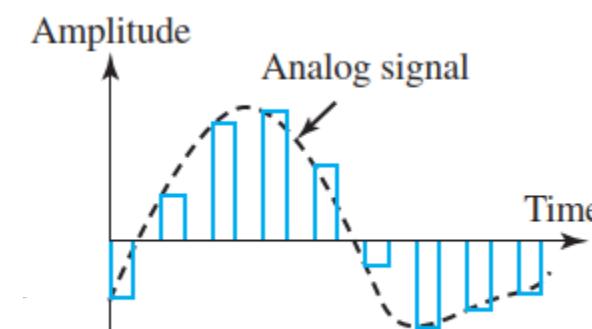
- PAM không được dùng trong thông tin số vì tuy đã rời rạc hóa nhưng tín hiệu PAM còn chứa quá nhiều thành phần biên độ với các giá trị khác nhau (**vẫn còn là dạng tương tự**).



a. Ideal sampling



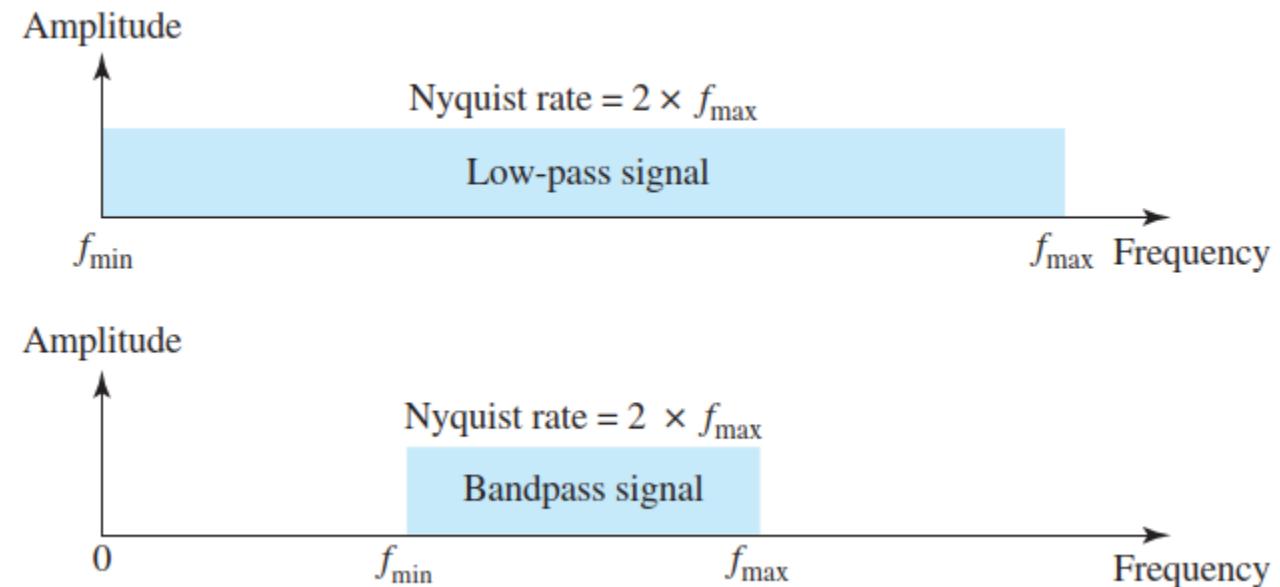
b. Natural sampling



c. Flat-top sampling

## SLIDE BỒ SUNG LÝ THUYẾT

- Theo định lý Nyquist, để tái tạo tín hiệu tương tự gốc, một điều kiện cần là tốc độ lấy mẫu ít nhất gấp đôi tần số cao nhất trong tín hiệu gốc. Diễn giải như sau:
  - Trước hết, chúng ta chỉ có thể lấy mẫu tín hiệu nếu tín hiệu bị giới hạn băng tần (tức là một tín hiệu có băng thông vô hạn không thể lấy mẫu được)
  - Tiếp theo tốc độ lấy mẫu phải cao hơn ít nhất 2 lần tần số cao nhất chứ không phải băng thông.

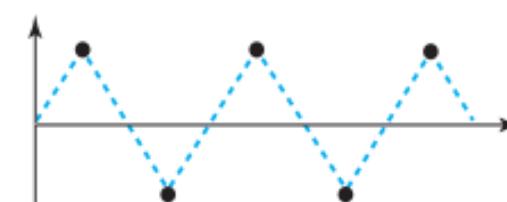


## VÍ DỤ

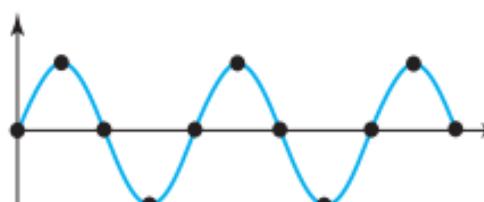
- Để có một ví dụ trực quan về định lý Nyquist, chúng ta hãy lấy mẫu sóng hình sin đơn giản với ba tốc độ lấy mẫu:  $f_s = 4f$  (gấp 2 lần tốc độ Nyquist),  $f_s = 2f$  (tốc độ Nyquist) và  $f_s = f$  (một nửa so với tốc độ Nyquist). Hình dưới cho thấy việc lấy mẫu và phục hồi tín hiệu.



a. Nyquist rate sampling:  $f_s = 2f$



b. Oversampling:  $f_s = 4f$

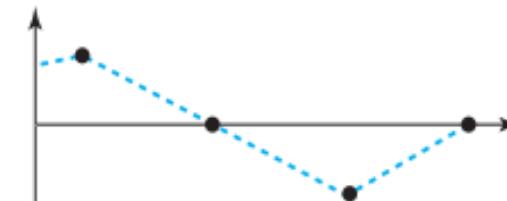


c. Undersampling:  $f_s = f$

Có thể thấy rằng lấy mẫu ở **tốc độ Nyquist** có thể tạo ra một **xấp xỉ tốt** của sóng hình sin ban đầu (phần a).

Oversampling (phần b) cũng có thể tạo ra xấp xỉ tương tự, nhưng nó là dư thừa và không cần thiết.

Lấy mẫu **dưới tốc độ Nyquist** (phần c) không tạo ra tín hiệu trông giống như sóng hình sin ban đầu.



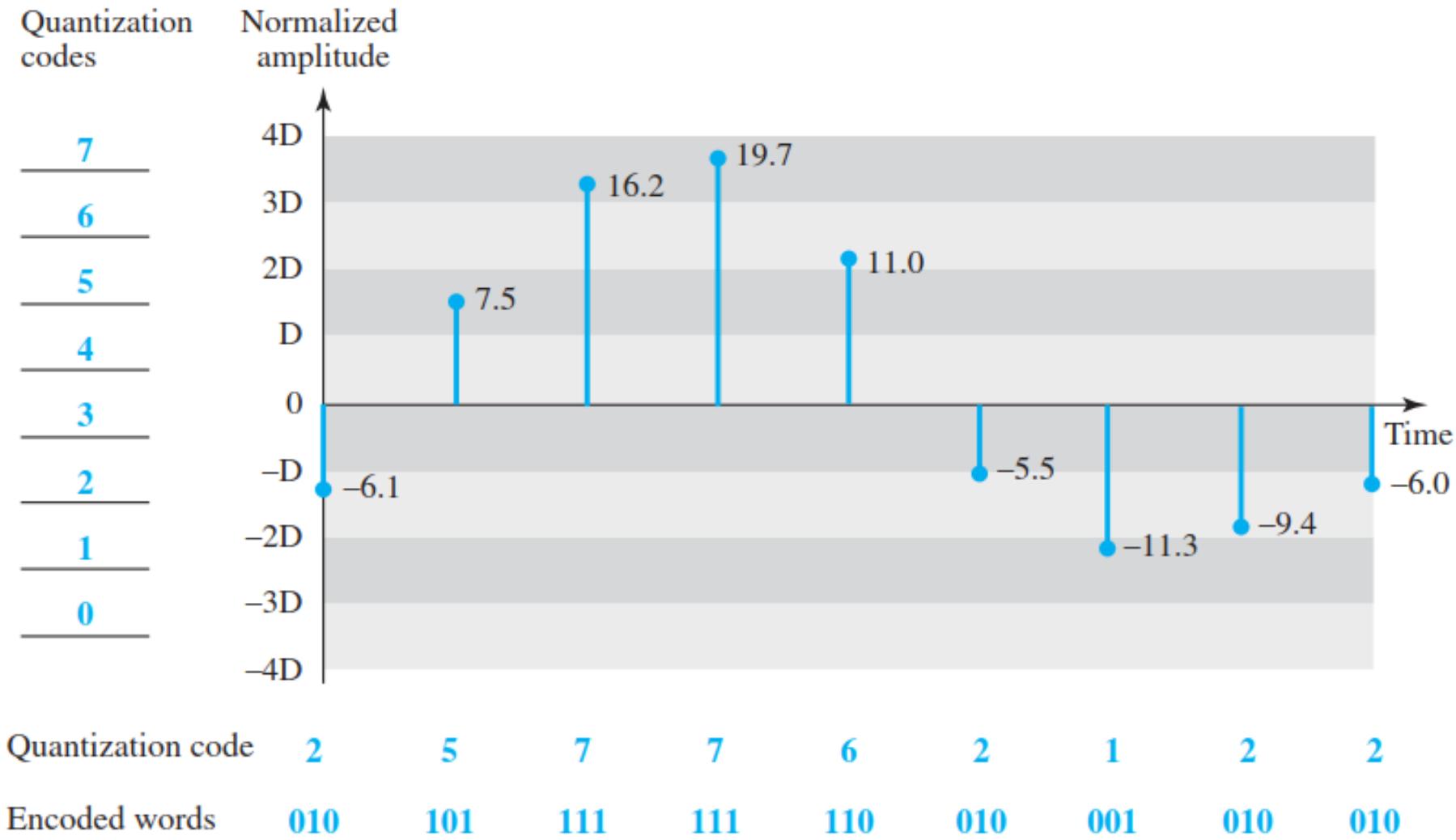
## LƯỢNG TỬ HÓA (QUANTIZATION)

- Là phương thức gán giá trị bất kỳ của tín hiệu (sau khi lấy mẫu) về một mức đã được định sẵn.
- Tín hiệu sau khi lấy mẫu sẽ có biên độ xung nằm giữa 2 giá trị biên độ  $V_{min}$  và  $V_{max}$ . Những giá trị này không thể mã hóa được (vì là giá trị không nguyên). → **Cần lượng tử hóa**
- Các bước thực hiện:
  - Chia khoảng giá trị từ  $V_{min}$  đến  $V_{max}$  thành  $L$  zones với độ rộng mỗi zone là  $\Delta$  (delta)

$$\Delta = \frac{V_{min} - V_{max}}{L}$$

- Gán các giá trị lượng tử (nguyên) từ 0 đến ( $L - 1$ ) vào điểm giữa các zone
- Xấp xỉ giá trị biên độ của mẫu tín hiệu về giá trị lượng tử trong zone của nó

## LƯỢNG TỬ HÓA (QUANTIZATION)



Q  
38

## MÃ HÓA NHỊ PHÂN (ENCODING)

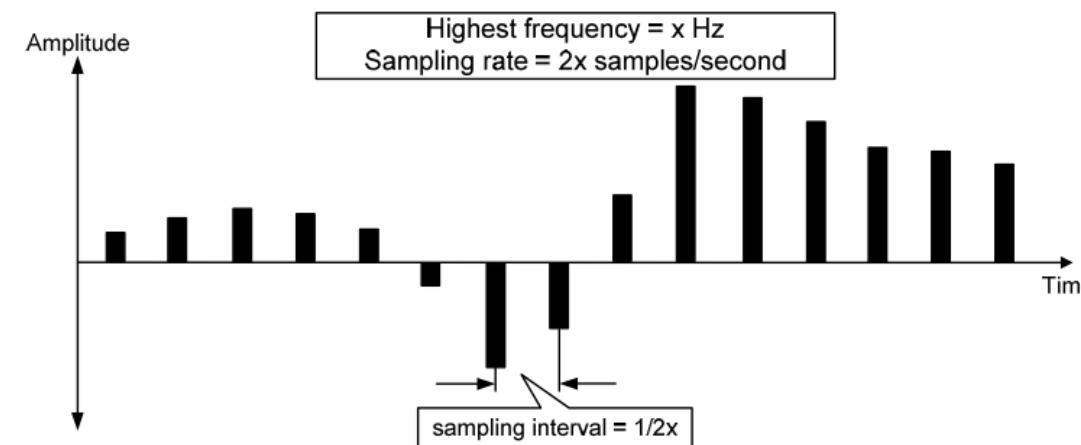
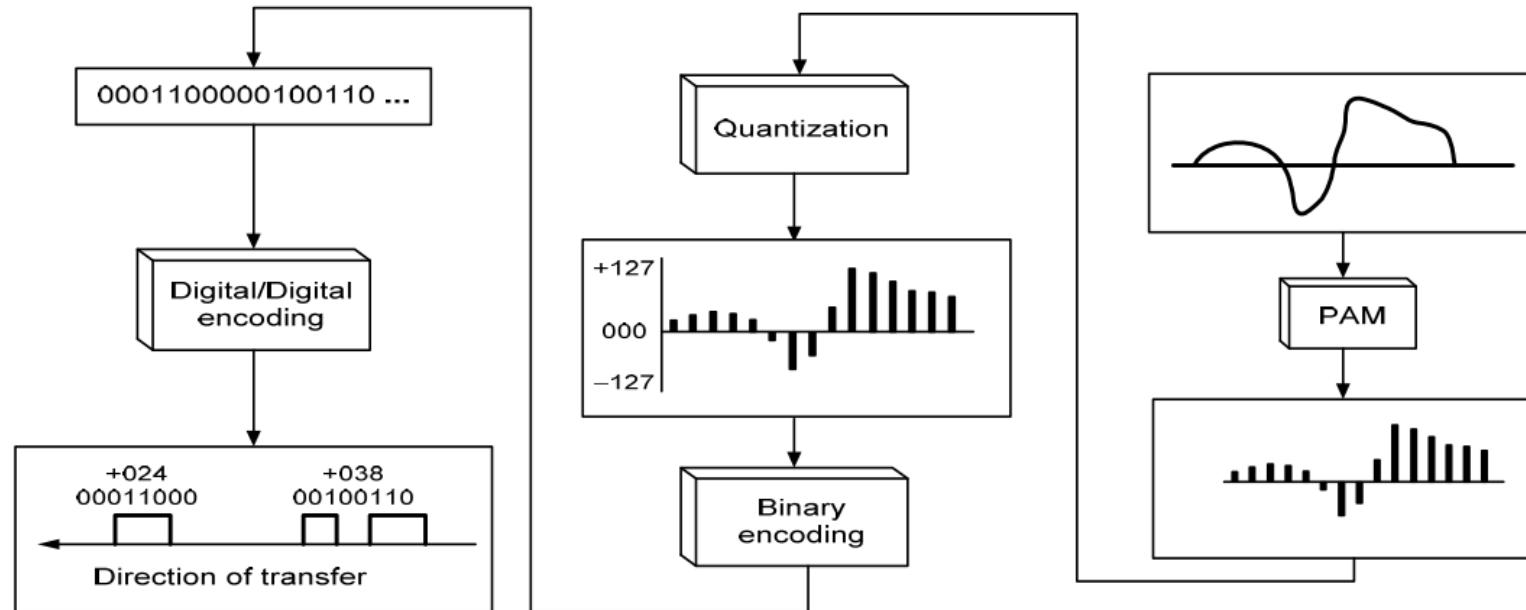
- Chuyển mỗi mẫu lượng tử thành một tổ hợp các bit nhị phân
- Số bit cho mỗi mức là:

$$n_b = \log_2 L$$

- Ví dụ: ở ví dụ trước  $L = 8 \rightarrow$  Số bit cần dùng là 3; Nếu  $L = 256 \rightarrow$  số bit cần dùng là 8
- Lưu ý tốc độ bit rate đạt được là:

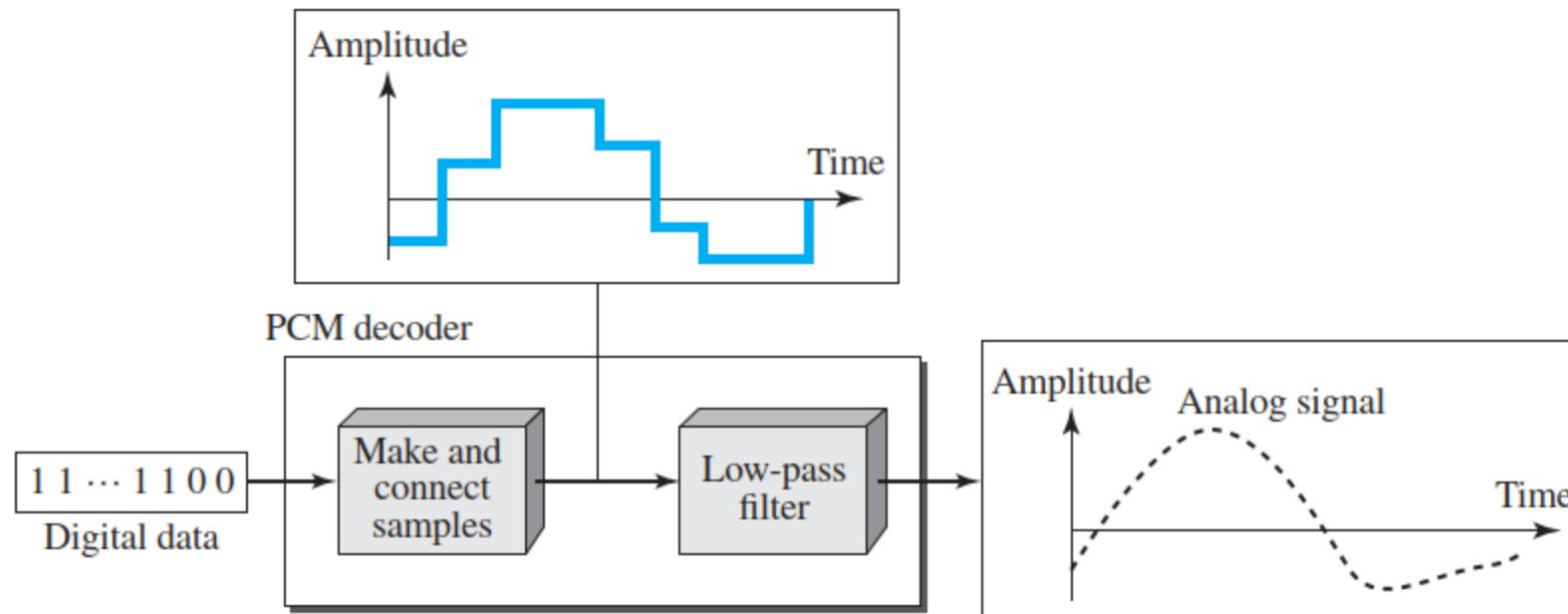
$$\text{Bit rate} = \text{sampling rate} \times \text{number of bits per sample} = f_s \times n_b$$

Cuối cùng, sử dụng thêm một số mã hóa số - số rồi gửi tín hiệu đi.



## PHỤC HỒI TÍN HIỆU TƯƠNG TỰ

- Yêu cầu có PCM Decoder
- Decoder trước hết chuyển các bit mã hóa sang các xung với biên độ nhất định (**tín hiệu cầu thang**)
- Sau đó tín hiệu cầu thang được đưa sang bộ lọc **low-pass filter** để làm mịn tín hiệu
- Nếu tín hiệu đã được lấy mẫu với (hoặc lớn hơn) tốc độ lấy mẫu Nyquist và nếu có đủ mức độ lượng tử hóa, tín hiệu gốc sẽ được tạo lại.





# CHUYỂN ĐỔI DIGITAL-TO- ANALOG



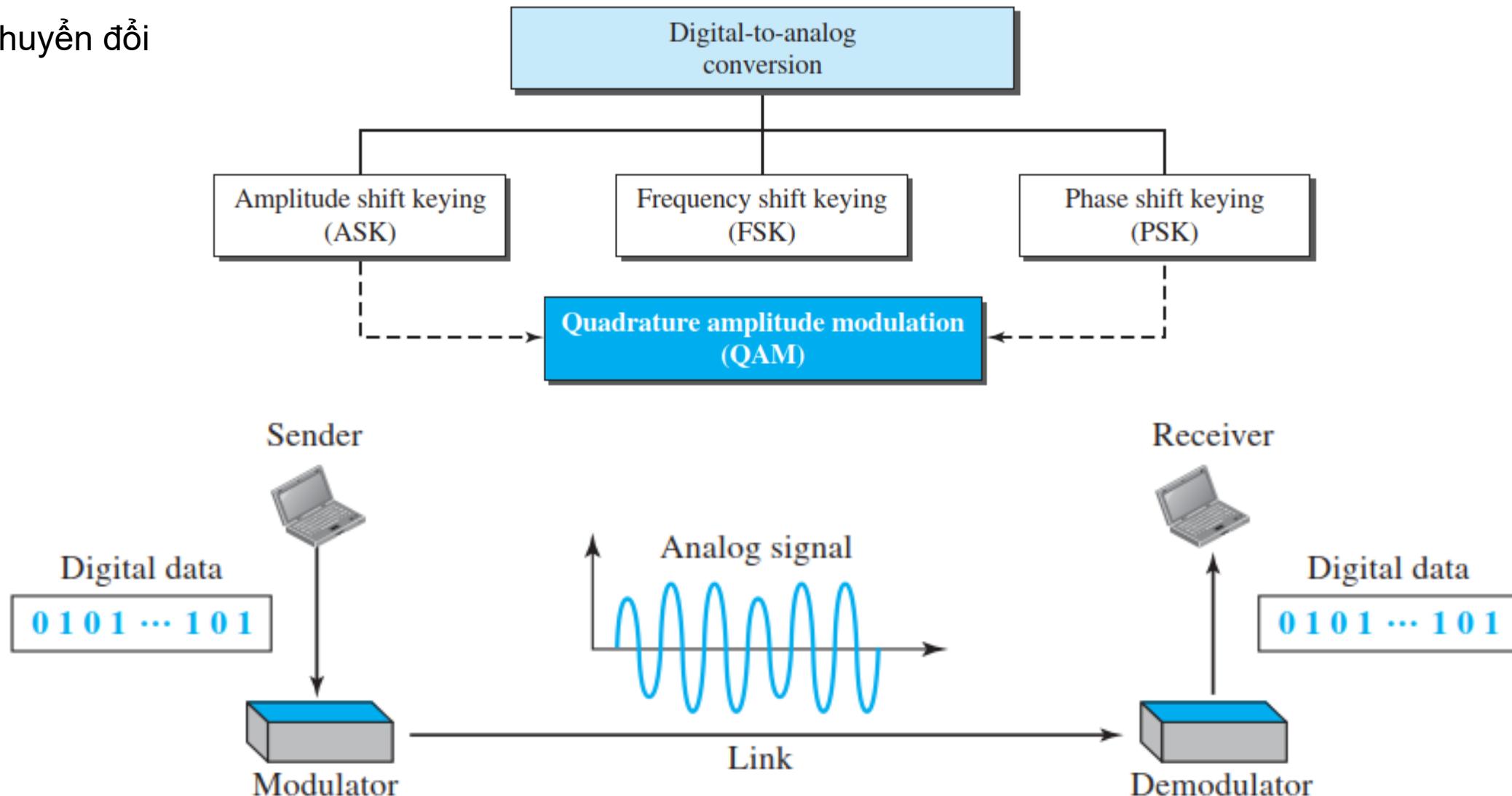
Khoa CÔNG NGHỆ THÔNG TIN  
TS. Lê Trần Đức

## CHUYỂN ĐỔI SỐ - TƯƠNG TỰ (ĐIỀU CHẾ SỐ)

- Chuyển tín hiệu số sang tín hiệu tương tự trong **bandpass** gọi là chuyển đổi số - tương tự.
- Cần nghiên cứu:
  - Điều chế số theo biên độ tín hiệu (**Amplitude Shift Keying – ASK**)
  - Điều chế số theo tần số tín hiệu (**Frequency Shift Keying – FSK**)
  - Điều chế số theo pha tín hiệu (**Phase Shift Keying – PSK**)
  - Điều chế biên độ vuông góc (**Quadrature Amplitude Modulation – QAM**)
- **Khái niệm:** Điều chế số là quá trình thay đổi một trong các đặc tính (Biên độ, Tần số, Pha) của tín hiệu sóng mang (điều hoà, sin) dựa trên thông tin của tín hiệu số (1 và 0)
- **Lý do điều chế số:**
  - Khi truyền dữ liệu từ một thiết bị số A sang một thiết bị số B dùng đường dây điện thoại, vô tuyến. Hoặc khoảng cách truyền xa. Dây điện thoại lại mang tín hiệu tương tự, nên phải chuyển đổi tín hiệu số sang tín hiệu tương tự.
  - Ghép kênh

## CHUYỂN ĐỔI SỐ - TƯƠNG TỰ (ĐIỀU CHẾ SỐ)

- Sơ đồ chuyển đổi



## CHUYỂN ĐỔI SỐ - TƯƠNG TỰ (ĐIỀU CHẾ SỐ)

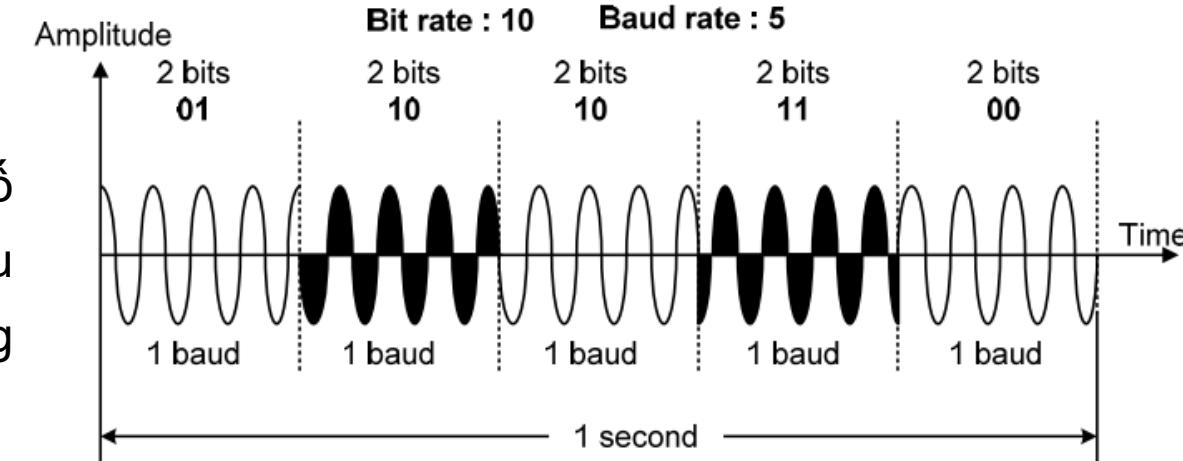
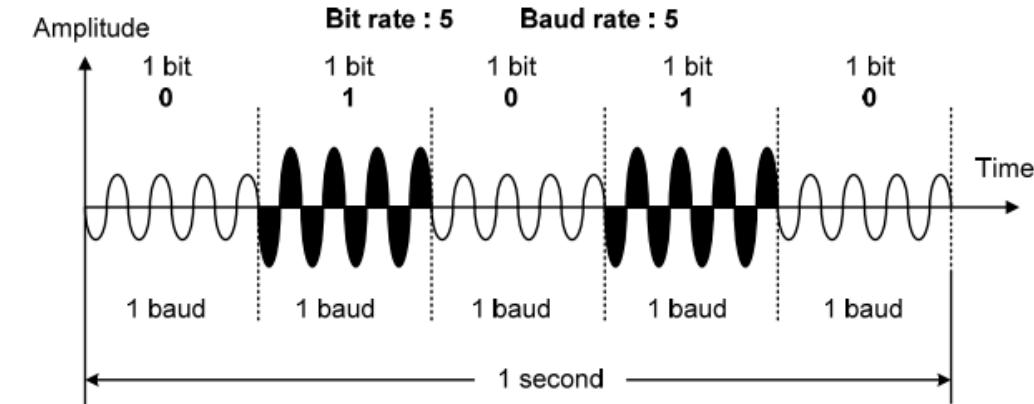
- Các yếu tố của điều chế số:

- Tốc độ bit/baud:

- Tốc độ bit ( $R_{bit}$ ): là số bit được truyền trong một giây. (bps)
    - Tốc độ baud ( $R_{baud} = N_{baud}$ ): là số đơn vị tín hiệu truyền trong một giây. (baud/s)

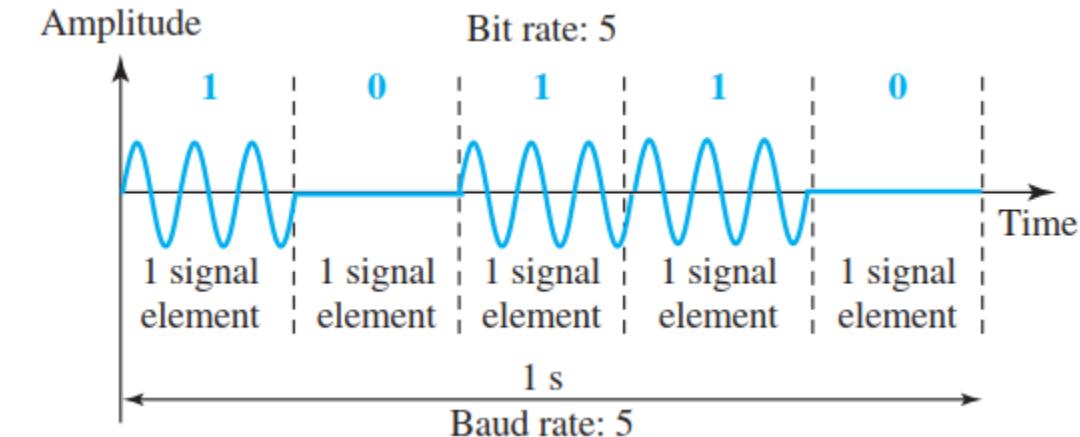
- Tín hiệu sóng mang (carrier signal):

- Trong truyền dẫn analog, thiết bị phát tạo ra tần số sóng cao tần **làm nền cho tín hiệu thông tin**. Tín hiệu nền này được gọi là **sóng mang** hay tần số sóng mang (dạng điều hoà, sin).
    - Thiết bị thu được chỉnh để thu tần số sóng mang, trong đó có tín hiệu số đã được điều chế.
    - Tín hiệu mang thông tin được gọi là **tín hiệu điều chế**.



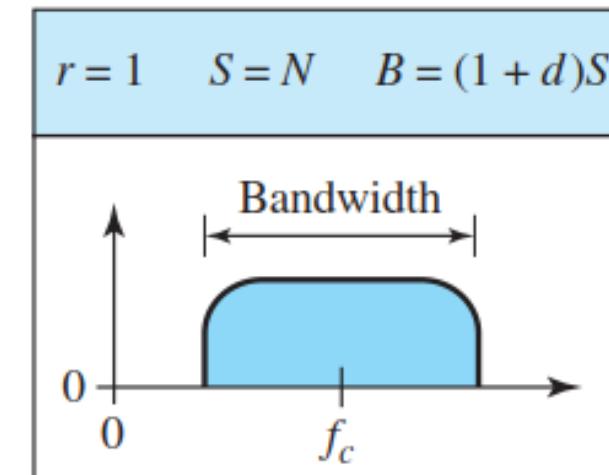
## AMPLITUDE SHIFT KEYING - ASK

- Trong ASK, các bit 1 và 0 sẽ làm thay đổi biên độ của sóng mang (tần số và pha không thay đổi)
- Tổng quát:** (với ví dụ pha ban đầu là  $180^\circ$ )
  - '0'  $\rightarrow v_{c1}(t) = V_{cm1} \sin(2\pi f_c t + 180^\circ)$ ; Tồn tại trong 1 chu kỳ bit
  - '1'  $\rightarrow v_{c2}(t) = V_{cm2} \sin(2\pi f_c t + 180^\circ)$ ; Tồn tại trong 1 chu kỳ bit
 Giả sử  $V_{cm2} > V_{cm1}$ ;



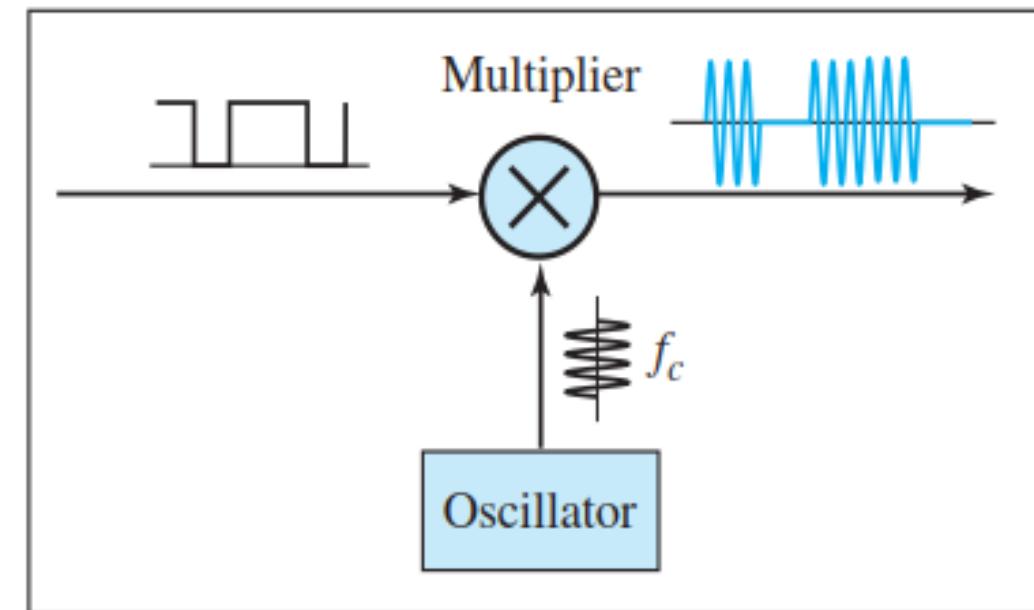
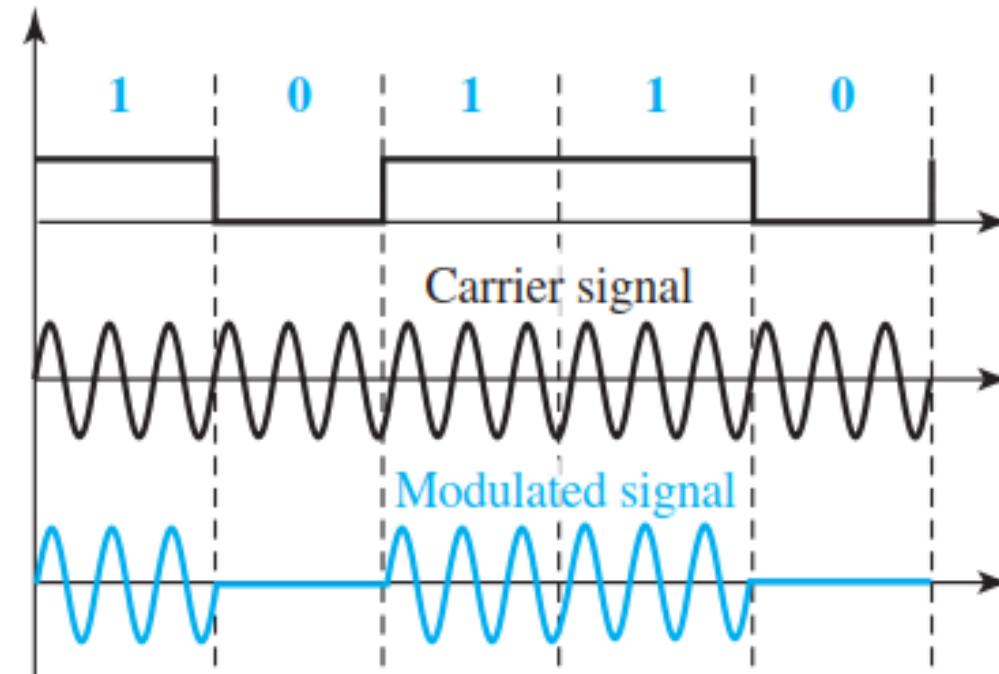
- Thông thường, ASK được áp dụng với 2 mức thành phần tín hiệu  $\rightarrow$  **Binary Amplitude Shift Keying (BASK)** hay còn gọi là **On-Off Keying (OOK)**  $\rightarrow$  tiết kiệm năng lượng
- $\rightarrow$  Biên độ cực đại của 1 thành phần tín hiệu giống với biên độ sóng mang; và của 1 thành phần tín hiệu khác sẽ bằng 0

**Nhược điểm:** ASK thường rất nhạy cảm với nhiễu biên độ.



## AMPLITUDE SHIFT KEYING - ASK

- Hình dưới đây mô tả cách tạo ra tín hiệu ASK



## AMPLITUDE SHIFT KEYING - ASK

Ví dụ: Cho một tín hiệu số **01010**, tốc độ bit là **5 bps**, được điều chế bằng phương pháp **ASK**. Tần số sóng mang  $f_c = 20\text{Hz}$ . Biên độ đối với **bit '1' là 5V**, biên độ đối với **bit '0' là 2V**. **Pha ban đầu của sóng mang là  $180^\circ$** .

- Vẽ tín hiệu ASK.
- Tín hiệu ASK có phải là tín hiệu điều hoà hay không? Giải thích.
- Tính tốc độ Baud.

Giải:

### a. Vẽ tín hiệu ASK.

'0'  $\rightarrow v_{c1}(t) = 2 \cdot \sin(2\pi \cdot 20t + 180^\circ) \text{ V}$ ; Tồn tại trong 1 chu kỳ bit

'1'  $\rightarrow v_{c2}(t) = 5 \sin(2\pi \cdot 20t + 180^\circ) \text{ V}$ ; Tồn tại trong 1 chu kỳ bit

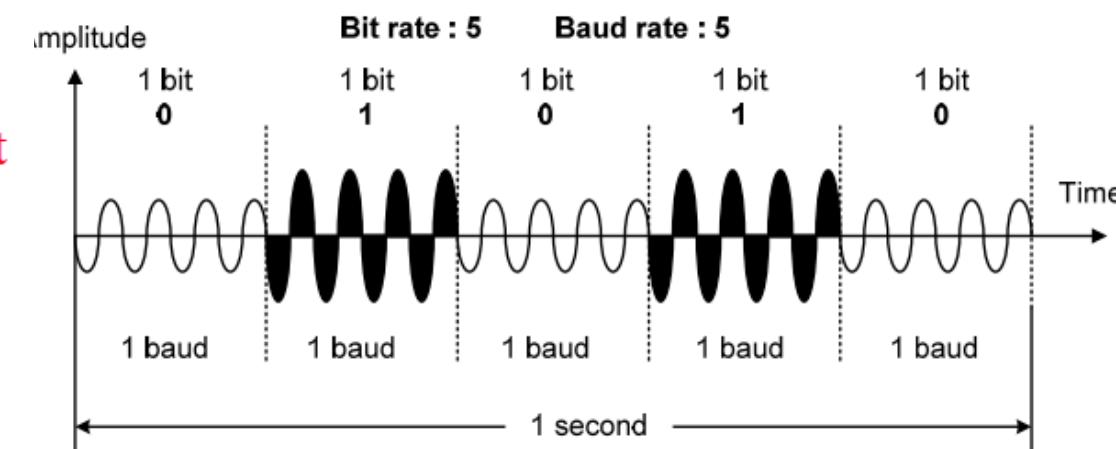
Chu kỳ bit  $T_b = 1 / R_b = 1/5 = 200\text{ms}$

Chu kỳ sóng mang  $T_c = 1 / f_c = 1/20 = 50\text{ms}$

Vậy  $T_b = 4 T_c \rightarrow 1 \text{ chu kỳ bit chứa } 4 \text{ chu kỳ sóng mang}$

### b. Tín hiệu ASK không phải là tín hiệu điều hoà. Vì có 2 biên độ.

### c. Tốc độ Baud: $N_{baud} = R_{baud} = 5 \text{ baud/s}$



## FREQUENCY SHIFT KEYING - FSK

- Trong FSK, tần số của tín hiệu sóng mang được thay đổi để biểu diễn các bít 1 và 0 (biên độ và pha không thay đổi)
- Tổng quát:** (giả sử pha ban đầu là  $180^\circ$ )

Bit '0' → ứng với sóng mang  $v_{c1}(t) = V_{cm} \sin(2\pi f_{c1}t + 180^\circ)$ ; Tồn tại trong 1 chu kỳ bit

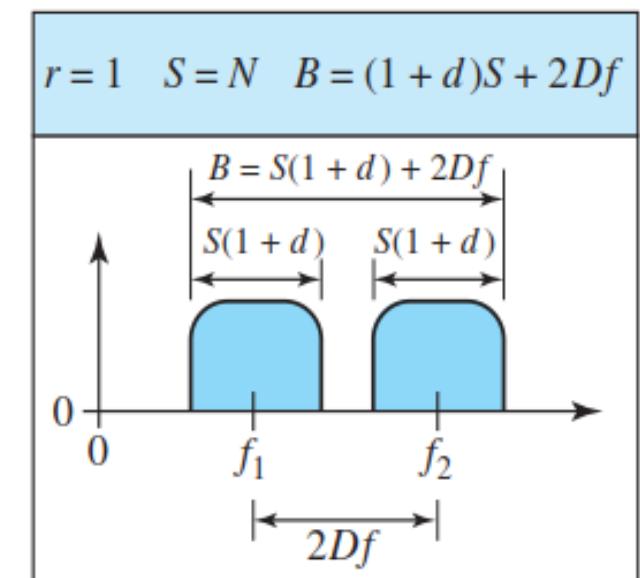
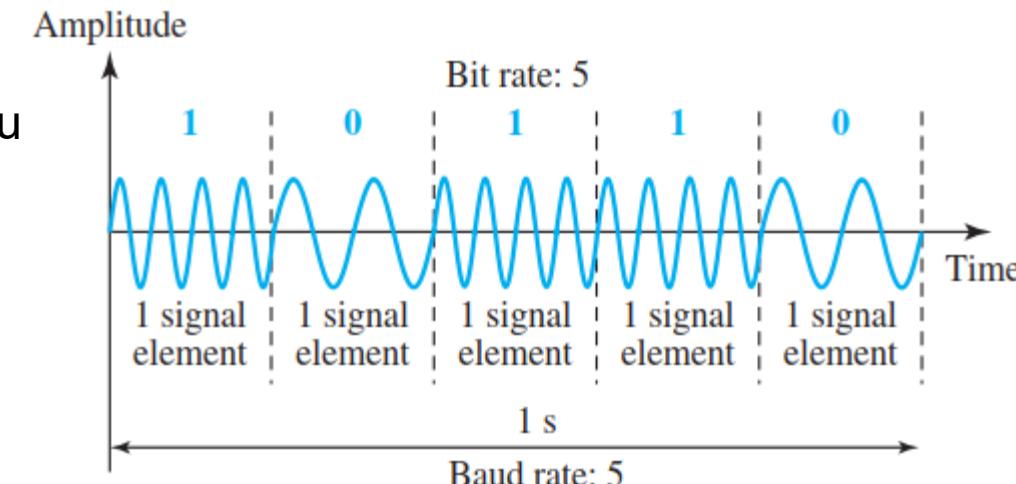
Bit '1' → ứng với sóng mang  $v_{c2}(t) = V_{cm} \sin(2\pi f_{c2}t + 180^\circ)$ ; Tồn tại trong 1 chu kỳ bit

Giả sử  $f_{c2} > f_{c1}$ ;

- Thông thường, FSK được áp dụng với 2 tần số sóng mang (**BFSK**)

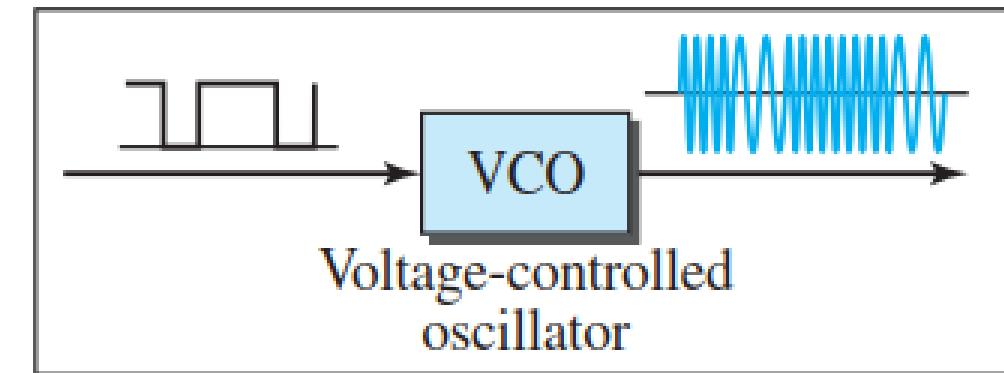
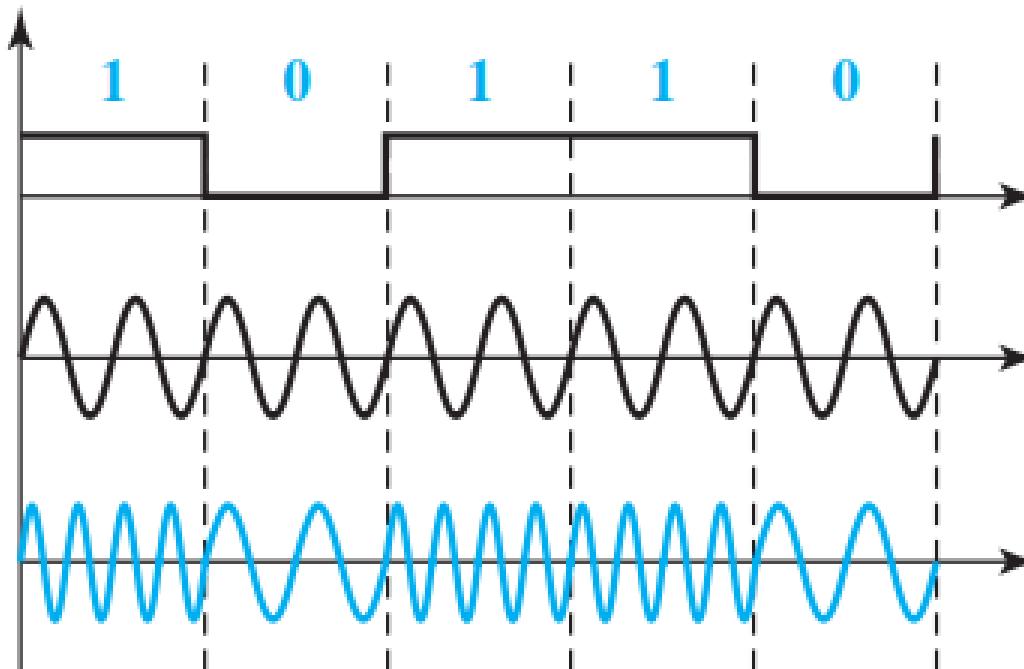
**Ưu điểm so với ASK:** FSK tránh được hầu hết các dạng nhiễu biên độ

**Nhược điểm so với ASK:** Nếu cùng một tốc độ bit thì Băng thông yêu cầu của FSK lớn hơn băng thông ASK.



## FREQUENCY SHIFT KEYING - FSK

- Hình dưới đây mô tả cách tạo ra tín hiệu FSK



## FREQUENCY SHIFT KEYING - FSK

**Ví dụ:** Cho một tín hiệu số **01101**, tốc độ bit là **5 bps**, được điều chế bằng phương pháp FSK. Biên độ sóng mang là **5V**, tần số đối với bit ‘1’ là **20Hz**, tần số đối với bit ‘0’ là **10Hz** và pha ban đầu của sóng mang là **180°**.

- Vẽ tín hiệu FSK.
- Tín hiệu FSK có phải là tín hiệu điều hoà hay không? Giải thích.
- Tính tốc độ Baud.

Giải:

**a. Vẽ tín hiệu FSK**

‘0’  $\rightarrow v_{c1}(t) = 5\sin(2\pi \cdot 10t + 180^\circ)$  V; Tồn tại trong 1 chu kỳ bit

‘1’  $\rightarrow v_{c2}(t) = 5\sin(2\pi \cdot 20t + 180^\circ)$  V; Tồn tại trong 1 chu kỳ bit

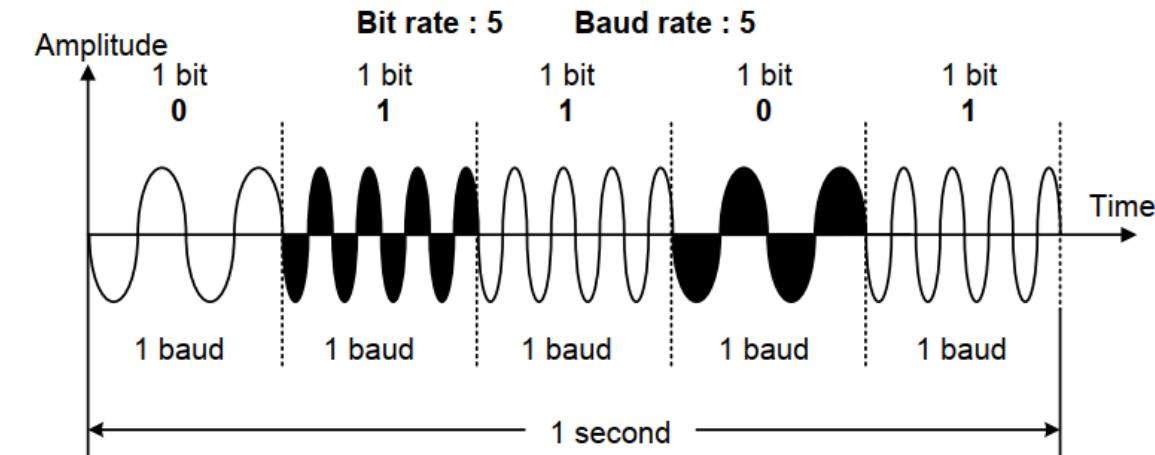
Chu kỳ bit  $T_b = 1/R_b = 1/5 = 200\text{ms}$

Chu kỳ sóng mang bit ‘0’;  $T_{c1} = 1/f_{c1} = 1/10 = 100\text{ms}$

Chu kỳ sóng mang bit ‘1’;  $T_{c2} = 1/f_{c2} = 1/20 = 50\text{ms}$

Vậy  $T_b = 2T_{c1} = 4T_{c2} \rightarrow$  1 chu kỳ bit chứa 2 chu kỳ sóng mang  $f_{c1}$  và chứa 4 chu kỳ sóng mang  $f_{c2}$ .

**b. Tín hiệu FSK không phải là tín hiệu điều hoà. Vì tần số thay đổi.**



**c. Tốc độ Baud:**

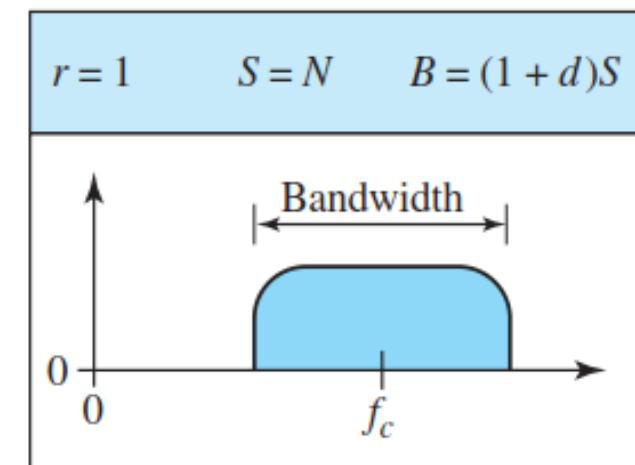
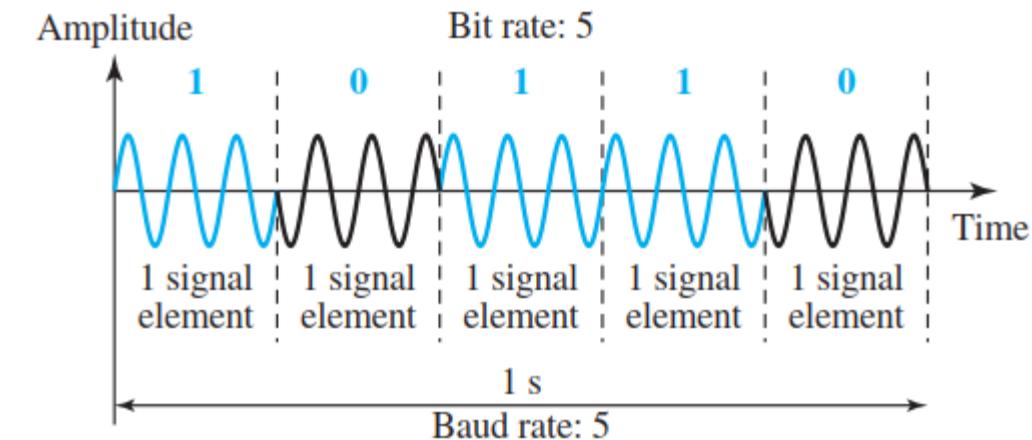
Một đơn vị tín hiệu mang 1 bit nên  $R_{bit} = R_{baud}$

Suy ra  $R_{baud} = 5 \text{ baud/s}$

## PHASE SHIFT KEYING - PSK

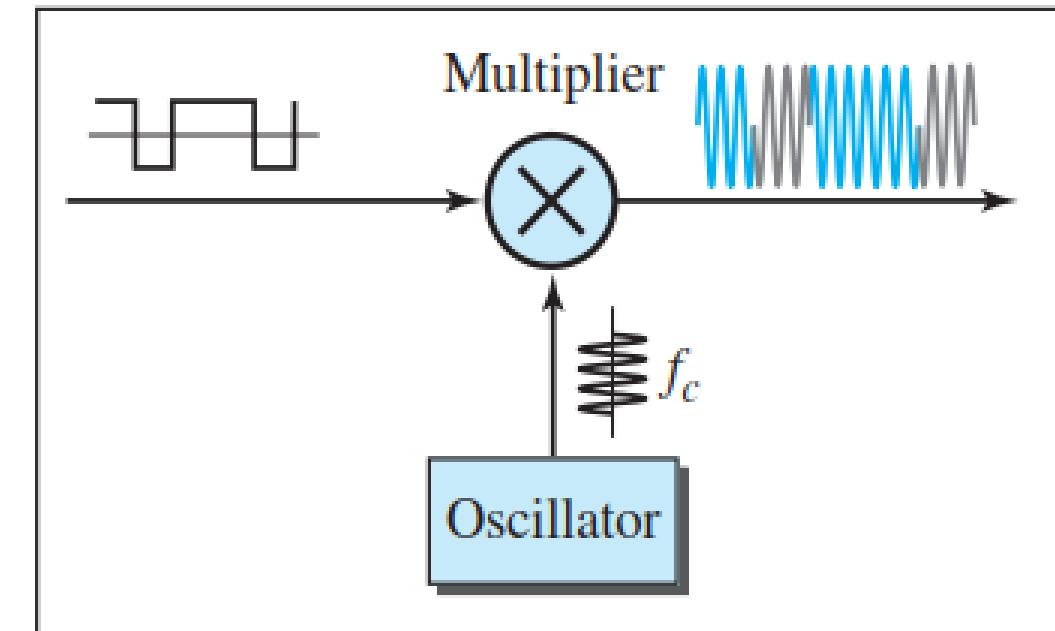
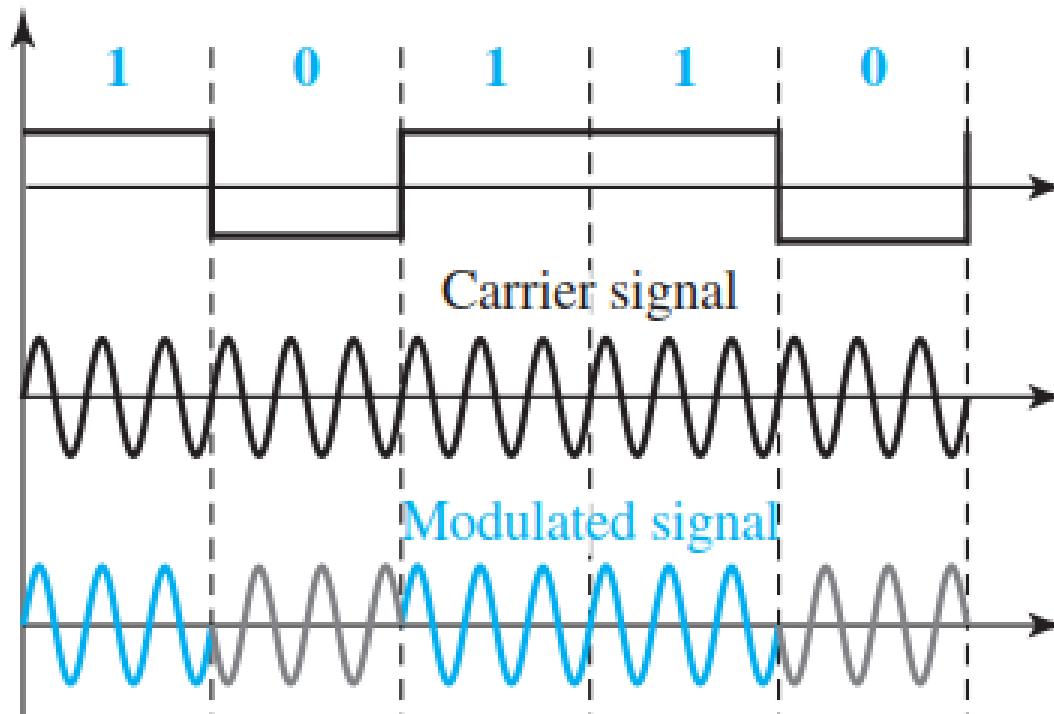
- Trong PSK, pha của sóng mang thay đổi để biểu diễn các bit '1' và '0' (biên độ và tần số không đổi)
- Tổng quát:** (Giả sử có 2 pha là  $0^\circ$  và  $180^\circ$ )
  - '0'  $\rightarrow v_{c1}(t) = V_{cm} \sin(2\pi f_c t + 0^\circ)$ ; Tồn tại trong 1 chu kỳ bit
  - '1'  $\rightarrow v_{c2}(t) = V_{cm} \sin(2\pi f_c t + 180^\circ)$ ; Tồn tại trong 1 chu kỳ bit
- PSK phổ biến hơn ASK hoặc FSK
- Dạng đơn giản nhất là **BPSK** với chỉ 2 thành phần tín hiệu (một cái là pha  $0^\circ$ , một cái là pha  $180^\circ$ )

**Ưu điểm:** PSK không bị ảnh hưởng nhiều biên độ, băng thông hẹp (nhỏ hơn băng thông của FSK)



## PHASE SHIFT KEYING - PSK

- Hình dưới đây mô tả cách tạo ra tín hiệu PSK



## PHASE SHIFT KEYING - PSK

**Ví dụ:** Cho một tín hiệu số **01101**, tốc độ bit là **5 bps**, được điều chế bằng phương pháp **PSK**. Biên độ **5V**. Tần số sóng mang **20Hz**. Pha đổi với bit '**1**' là  **$180^\circ$** , pha đổi với bit '**0**' là  **$0^\circ$** .

- Vẽ tín hiệu PSK.
- Tín hiệu PSK có phải là tín hiệu điều hòa hay không? Giải thích.
- Tính tốc độ Baud.

Giải:

a. **Vẽ tín hiệu PSK**

'0'  $\rightarrow v_{c1}(t) = 5 \sin(2\pi \cdot 20t + 0^\circ)$  V ; Tồn tại trong 1 chu kỳ bit

'1'  $\rightarrow v_{c2}(t) = 5 \sin(2\pi \cdot 20t + 180^\circ)$  V; Tồn tại trong 1 chu kỳ bit

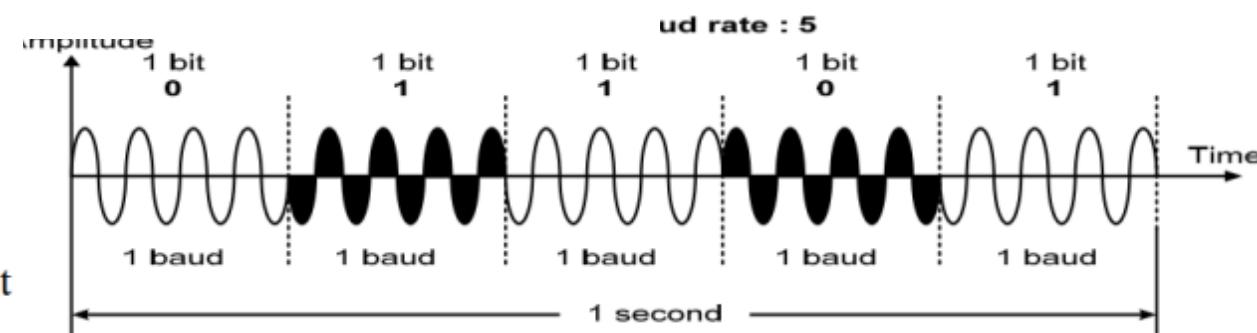
Chu kỳ bit  $T_b = 1 / R_b = 1/5 = 200\text{ms}$

Chu kỳ sóng mang  $T_c = 1 / f_c = 1/20 = 50\text{ms}$

Vậy  $T_b = 4T_c \rightarrow 1 \text{ chu bit chứa } 4 \text{ chu kỳ sóng mang } f_c$ .

b. **Tín hiệu PSK** không phải là tín hiệu điều hòa. Vì có 2 pha.

c. **Tốc độ Baud:**  $N_{baud} = R_{baud} = R_{bit} = 5 \text{ baud/s}$

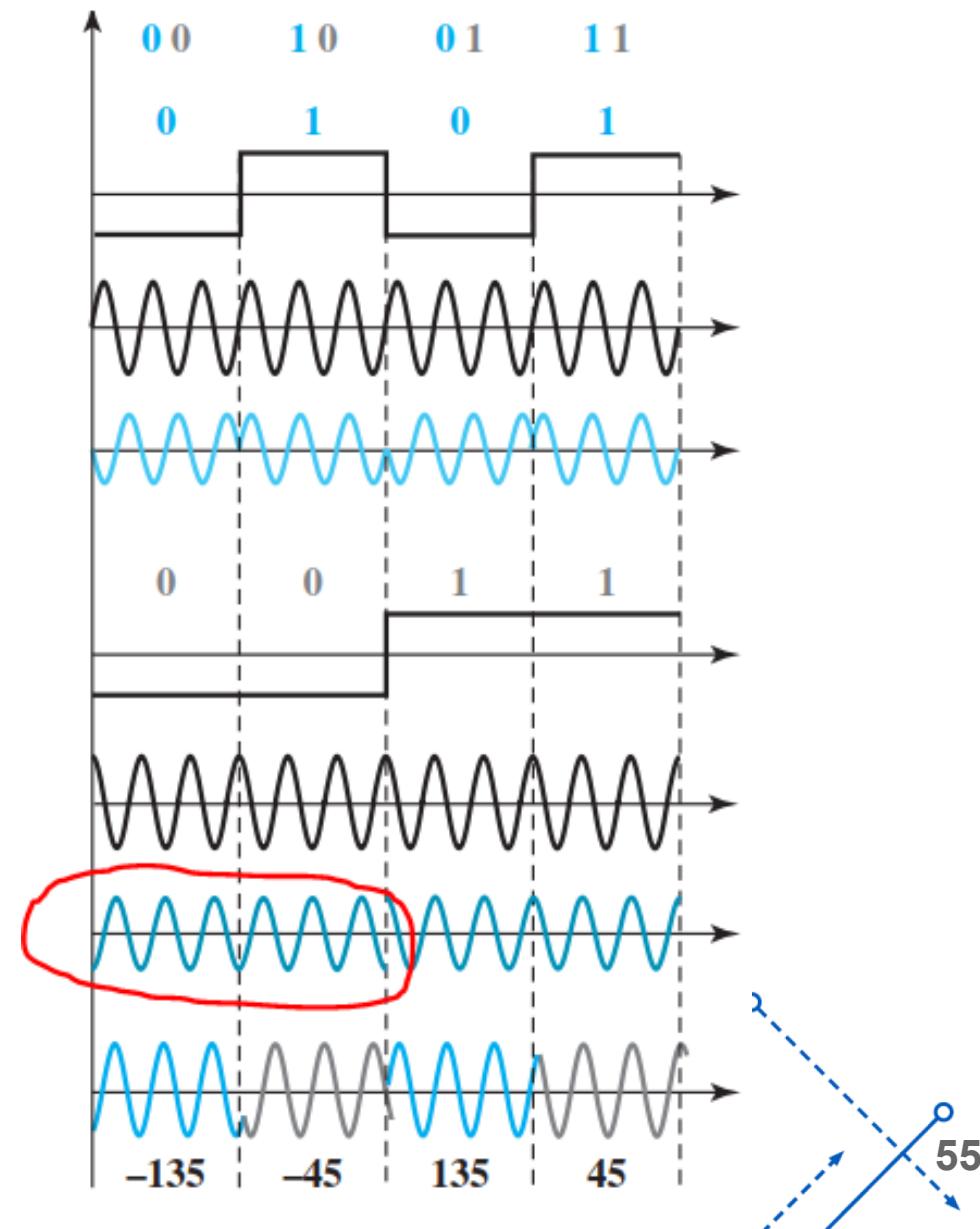


## PHASE SHIFT KEYING - PSK

- BPSK sử dụng 2 bit để biểu diễn 2 pha → làm giảm baud rate

→ Để cải thiện ta có thể sử dụng **QPSK (Quadrature PSK)**: gồm 4 pha, mỗi pha được biểu diễn bằng 2 bit

- Ưu điểm của QPSK:** không bị ảnh hưởng nhiều biên độ, Nếu cùng 1 băng thông cho trước thì tốc độ của dữ liệu lớn hơn tốc độ của các phương pháp điều chế khác.



## QPSK

**Ví dụ:** Cho một tín hiệu số **0110101100**, tốc độ bit là **10 bps**, được điều chế bằng phương pháp **4-PSK(QPSK)**. Biên độ **5V**. Tần số sóng mang **20Hz**. Pha được biểu diễn như sau: ‘00’ pha là  $0^\circ$ ; ‘01’ pha là  $90^\circ$ ; ‘10’ pha là  $180^\circ$ ; ‘11’ pha là  $270^\circ$  ( $-90^\circ$ ).

- Vẽ tín hiệu QPSK.
- Tín hiệu QPSK có phải là tín hiệu điều hoà hay không? Giải thích.
- Tính tốc độ Baud.

Giải:

**a. Vẽ tín hiệu QPSK**

‘00’  $\rightarrow v_{c1}(t) = 5 \sin(2\pi \cdot 20t + 0^\circ)$  V ; Tồn tại trong 2 chu kỳ bit

‘01’  $\rightarrow v_{c2}(t) = 5 \sin(2\pi \cdot 20t + 90^\circ)$  V; Tồn tại trong 2 chu kỳ bit

‘10’  $\rightarrow v_{c3}(t) = 5 \sin(2\pi \cdot 20t + 180^\circ)$  V ; Tồn tại trong 2 chu kỳ bit

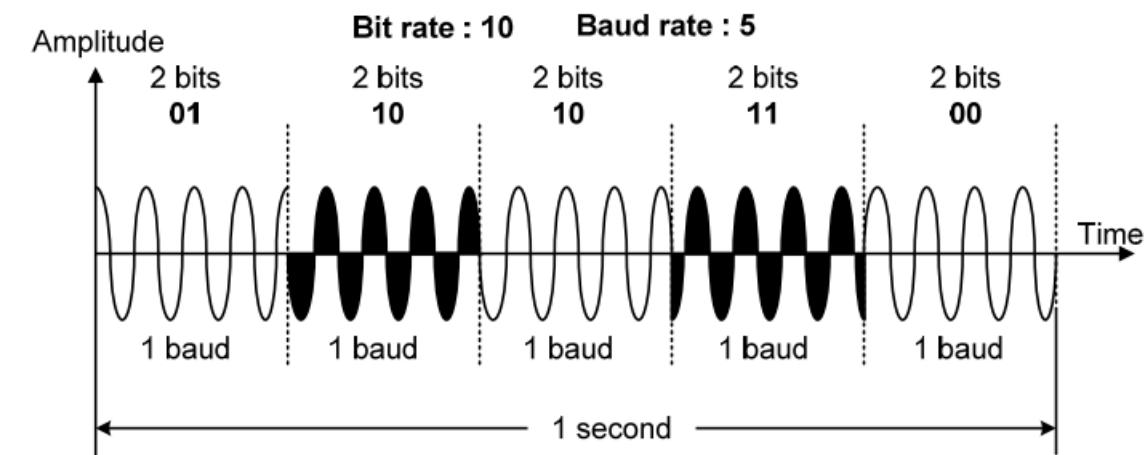
‘11’  $\rightarrow v_{c4}(t) = 5 \sin(2\pi \cdot 20t - 90^\circ)$ ; V Tồn tại trong 2 chu kỳ bit

Chu kỳ bit  $T_b = 1 / R_b = 1 / 10 = 100\text{ms}$

Chu kỳ sóng mang  $T_c = 1 / f_c = 1 / 20 = 50\text{ms}$

Vậy  $T_b = 2T_c \rightarrow$  1 chu bit chứa 2 chu kỳ sóng mang  $f_c$ .

Vậy  $2T_b = 4T_c \rightarrow$  2 chu bit chứa 4 chu kỳ sóng mang  $f_c$ .

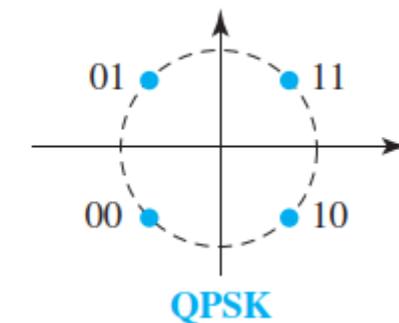
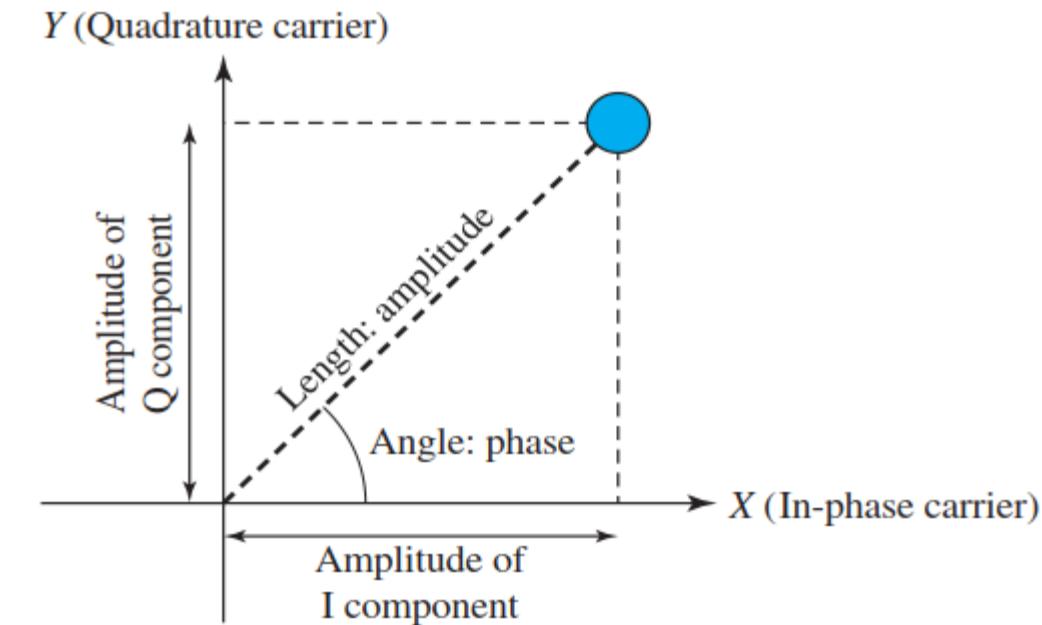
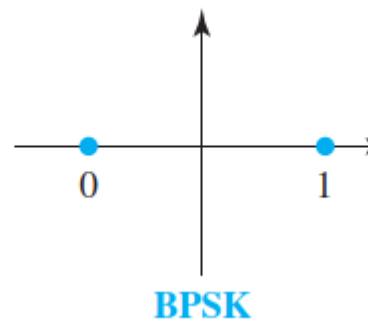
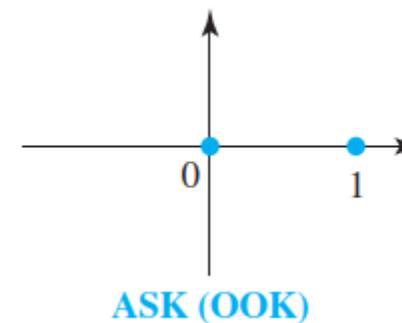


**b. Tín hiệu QPSK không phải là tín hiệu điều hoà. Vì có 4 pha.**

**c. Tốc độ Baud:**  $N_{baud} = R_{baud} = (1/2)R_{bit} = 5 \text{ baud/s}$

## GIẢN ĐỒ TRẠNG THÁI PHA – CONSTELLATION DIAGRAM

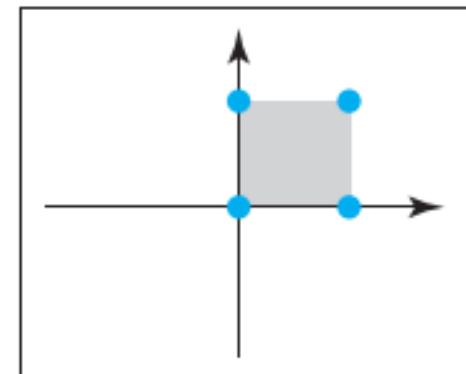
- Giản đồ trạng thái giúp chúng ta xác định biên độ và pha của phần tử tín hiệu → Hữu ích với các điều chế đa bậc như ASK, PSK, QAM...
- Trong giản đồ trạng thái pha, một phần tử tín hiệu được biểu diễn dưới dạng dấu chấm. Bit hoặc sự kết hợp của các bit nó có thể mang thường được viết bên cạnh nó.



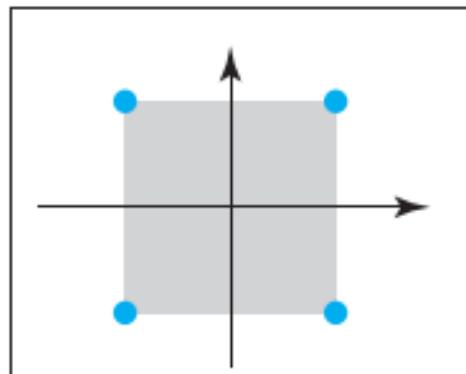
Q  
57

## QUADRATURE AMPLITUDE MODULATION - QAM

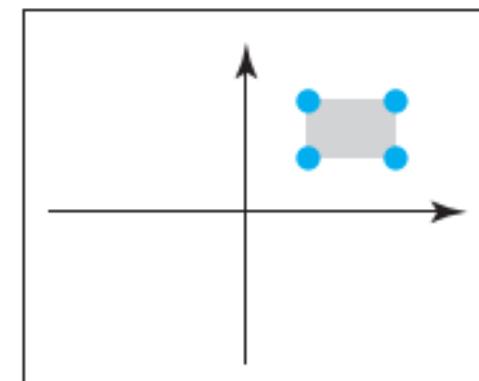
- PSK bị giới hạn bởi khả năng của thiết bị khi phân biệt các **thay đổi nhỏ** của pha, điều này làm giảm tốc độ bit.
- Giải pháp: Kết hợp ASK và PSK → Sử dụng các biên độ và pha khác nhau → **QAM**
- Hình bên chỉ ra một số ví dụ về các loại QAM có thể sử dụng
- Băng thông tối thiểu cần thiết cho truyền QAM giống như băng thông được yêu cầu cho ASK và PSK.
- QAM có những lợi thế tương tự như PSK so với ASK.



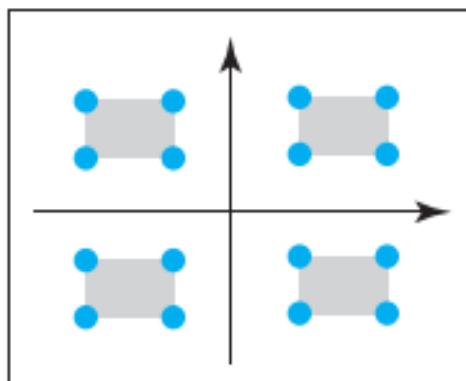
a. 4-QAM



b. 4-QAM



c. 4-QAM



d. 16-QAM

## QAM

**Ví dụ:** Cho một tín hiệu số **101100001000010011110111**, tốc độ bit là 24 bps, tần số 16Hz, được điều chế bằng phương pháp 8-QAM (8 loại đơn vị tín hiệu). Giản đồ pha như hình vẽ.

- Vẽ tín hiệu 8-QAM.
- Tín hiệu 8-QAM có phải là tín hiệu điều hoà hay không? Giải thích.
- Tính tốc độ Baud.
- Tính băng thông 8-QAM.

Giải:

a. Vẽ tín hiệu 8-QAM.

Chu kỳ bit  $T_b = 1 / R_b = 1 / 24$

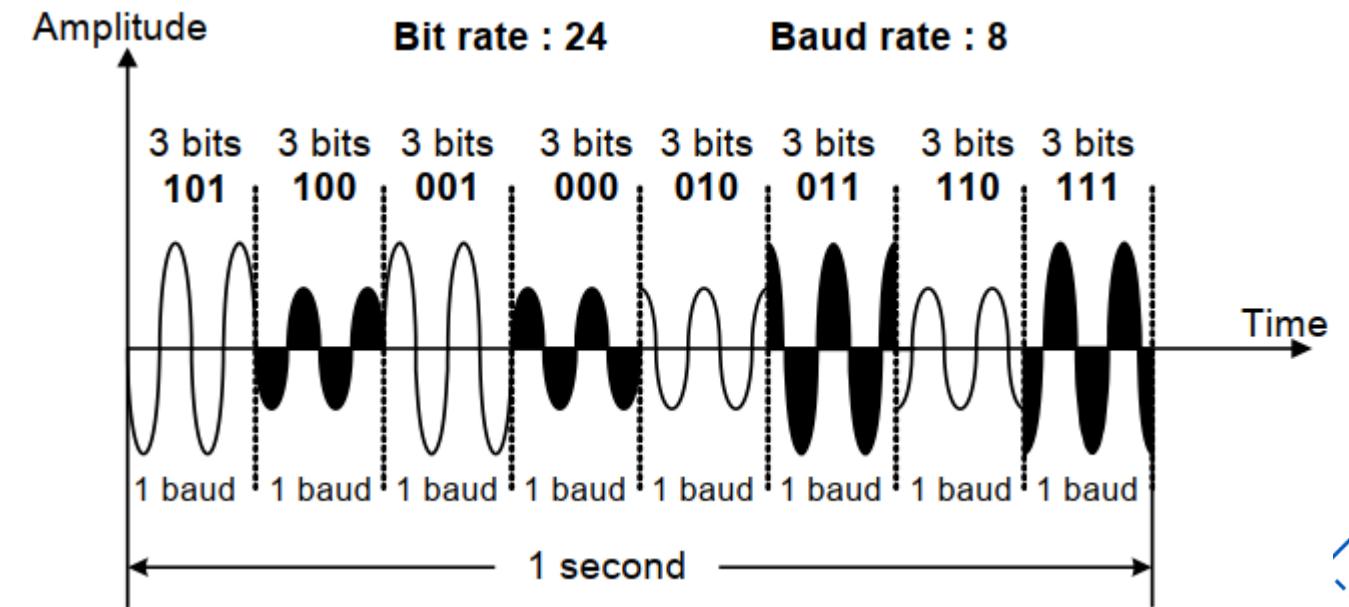
Chu kỳ sóng mang  $T_c = 1 / f_c = 1 / 16$

Ta có  $3 T_b = 2 T_c$ , suy ra 3 chu bit sẽ tồn tại 2 chu kỳ sóng mang

tín hiệu số **101100001000010011110111**

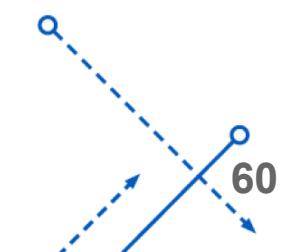
c. Tính tốc độ Baud.

$$R_{baud} = (1/3)R_{bit} = 8 \text{ baud/s}$$



## SO SÁNH TỐC ĐỘ BIT VÀ TỐC ĐỘ BAUD TRONG CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐIỀU CHẾ SỐ - TƯƠNG TỰ

<b>Dạng điều chế</b>	Số bit trong một đơn vị tín hiệu	<b>Bits/Baud</b>	<b>Tốc độ Baud</b>	<b>Tốc độ Bit</b>
ASK, FSK, 2-PSK	1 Bit	1	N	N
4-PSK, 4-QAM	2 Bit	2	N	2N
8-PSK, 8-QAM	3 Bit	3	N	3N
16-QAM	4 Bit	4	N	4N
32-QAM	5 Bit	5	N	5N
64-QAM	6 Bit	6	N	6N
128-QAM	7 Bit	7	N	7N
<b>256-QAM</b>	<b>8 Bit</b>	<b>8</b>	<b>N</b>	<b>8N</b>





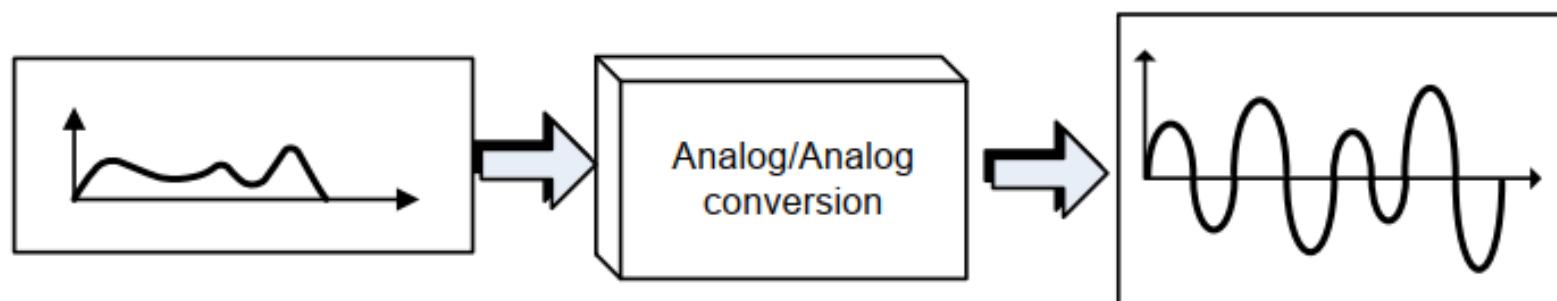
# CHUYỂN ĐỔI ANALOG -TO-ANALOG



Khoa CÔNG NGHỆ THÔNG TIN  
TS. Lê Trần Đức

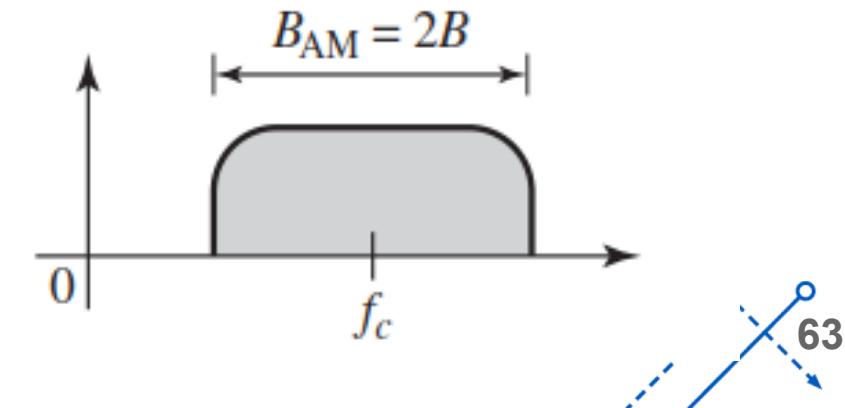
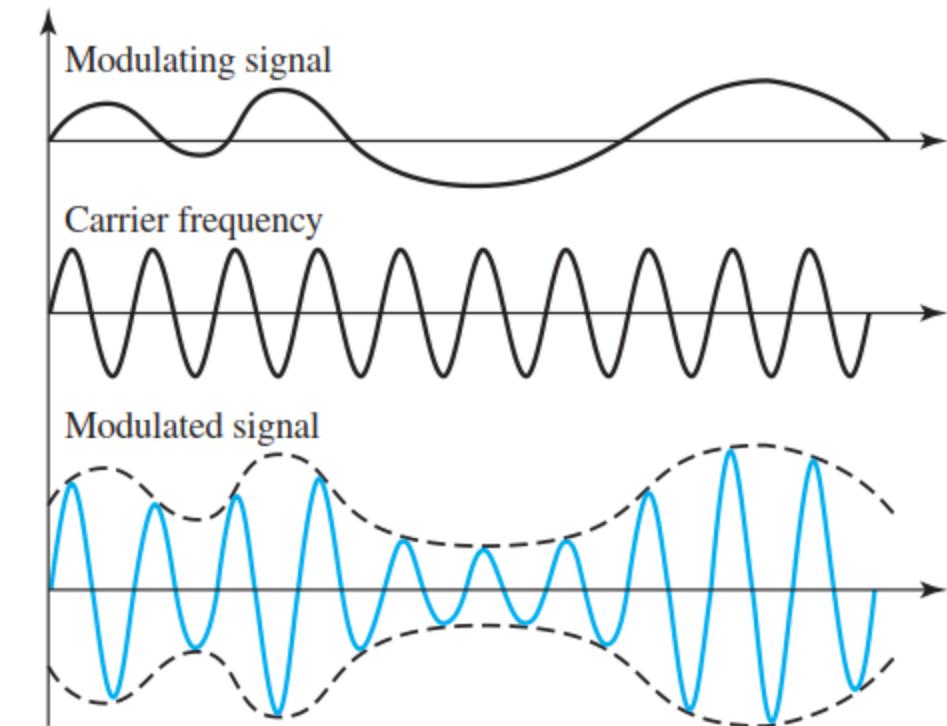
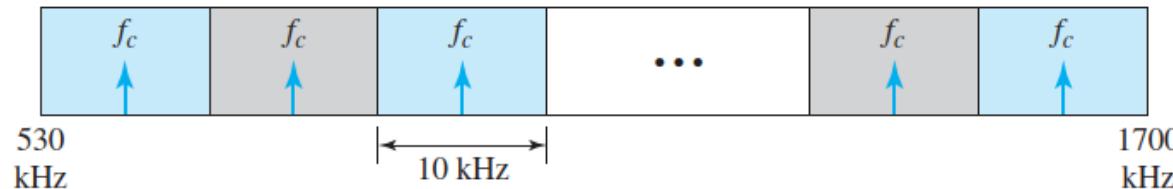
## CHUYỂN ĐỔI TƯƠNG TỰ - TƯƠNG TỰ (ĐIỀU CHẾ TƯƠNG TỰ)

- Chuyển một tín hiệu tương tự **low-pass** sang tín hiệu tương tự **bandpass** gọi là chuyển đổi tương tự - tương tự.
- Đơn giản hơn:** Là quá trình thay đổi một trong các thông số của sóng mang cao tần (dạng điều hoà) bởi tín hiệu tin tức (dữ liệu tương tự).
- Cần nghiên cứu:
  - Điều chế biên độ (**Amplitude Modulation – AM**)
  - Điều chế tần số (**Frequency Modulation – FM**)
  - Điều chế pha (**Phase Modulation – PM**)



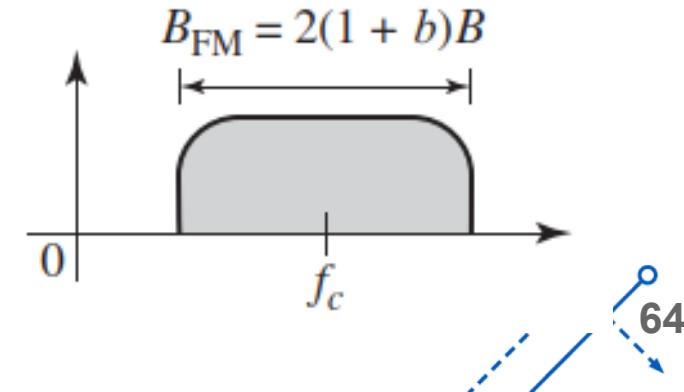
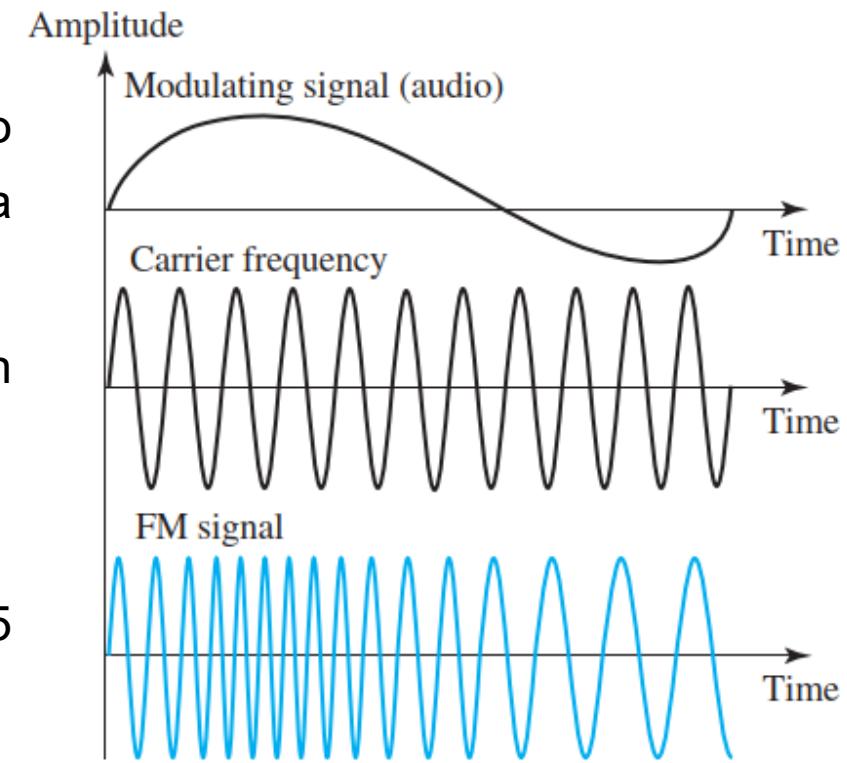
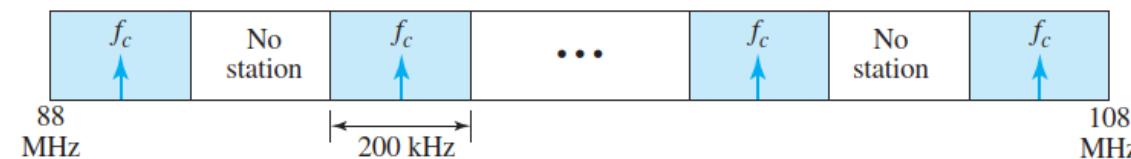
## ĐIỀU BIÊN (AMPLITUDE MODULATION – AM)

- Trong AM, tín hiệu sóng mang được điều chế sao cho biên độ của nó thay đổi theo biên độ của tín hiệu điều chế (*modulating signal* – dữ liệu tin tức), tần số và pha của sóng mang không thay đổi.
- Tổng băng thông cần thiết cho AM bằng 2 lần băng thông của tin tức –  $B$  (VD: audio signal)
  - Băng thông của tín hiệu âm thanh (lời nói và âm nhạc) thường là 5 kHz. Do đó, một đài phát thanh AM cần băng thông 10 kHz.
  - Các đài AM phát các tần số sóng mang từ 530 kHz đến 1700 kHz (1,7 MHz). Tuy nhiên các tần số phát này phải được phân cách với ít nhất là 10 kHz (một băng thông AM) nhằm tránh giao thoa.



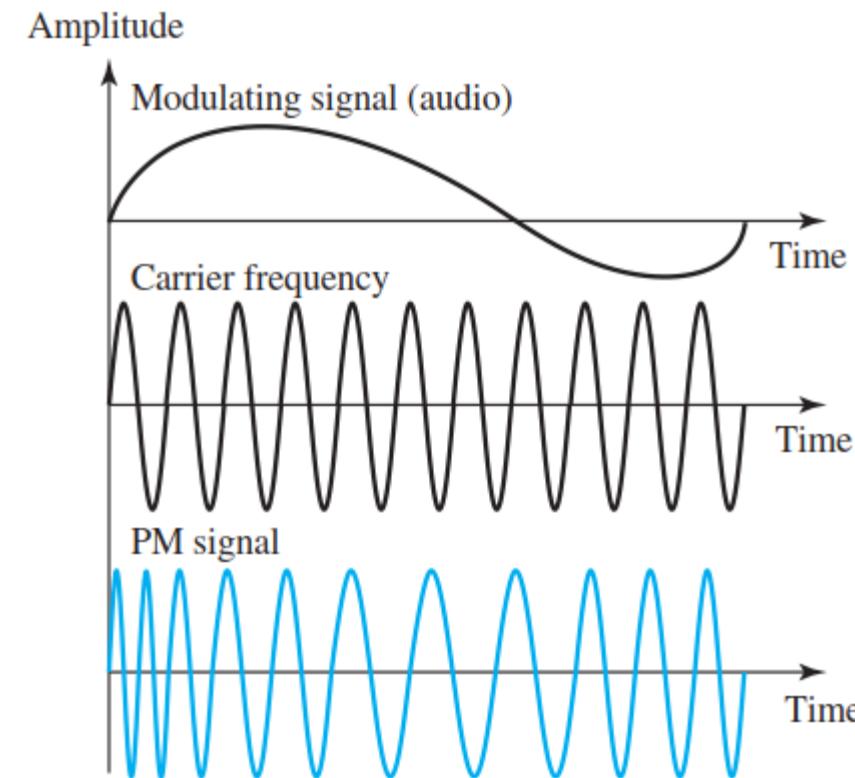
## ĐIỀU TẦN (FREQUENCY MODULATION – FM)

- Trong AM, tần số của tín hiệu sóng mang được điều chế để tuân theo mức điện áp thay đổi (biên độ) của tín hiệu điều chế, biên độ và pha của sóng mang không thay đổi.
  - Tổng băng thông cần thiết cho FM dựa trên băng thông của tín hiệu tin tức và được tính như hình bên
    - $b$  – thừa số, phụ thuộc vào kỹ thuật điều chế (thường có giá trị là 4)
- Băng thông của tín hiệu audio khi phát theo chế độ stereo thường là 15 KHz.
- Mỗi đài phát FM cần một băng thông tối thiểu là 150 KHz ( $b = 4$ )
- Các chương trình phát FM phát trong dải tần từ 88 MHz đến 108 MHz, các đài phải được phân cách ít nhất 200 KHz (**Guard Band**) để tránh trùng lắp sóng

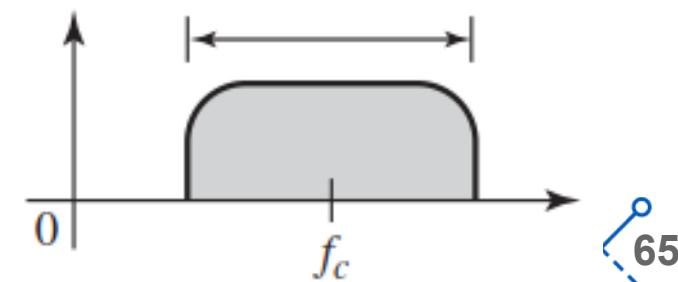


## ĐIỀU PHA (PHASE MODULATION – PM)

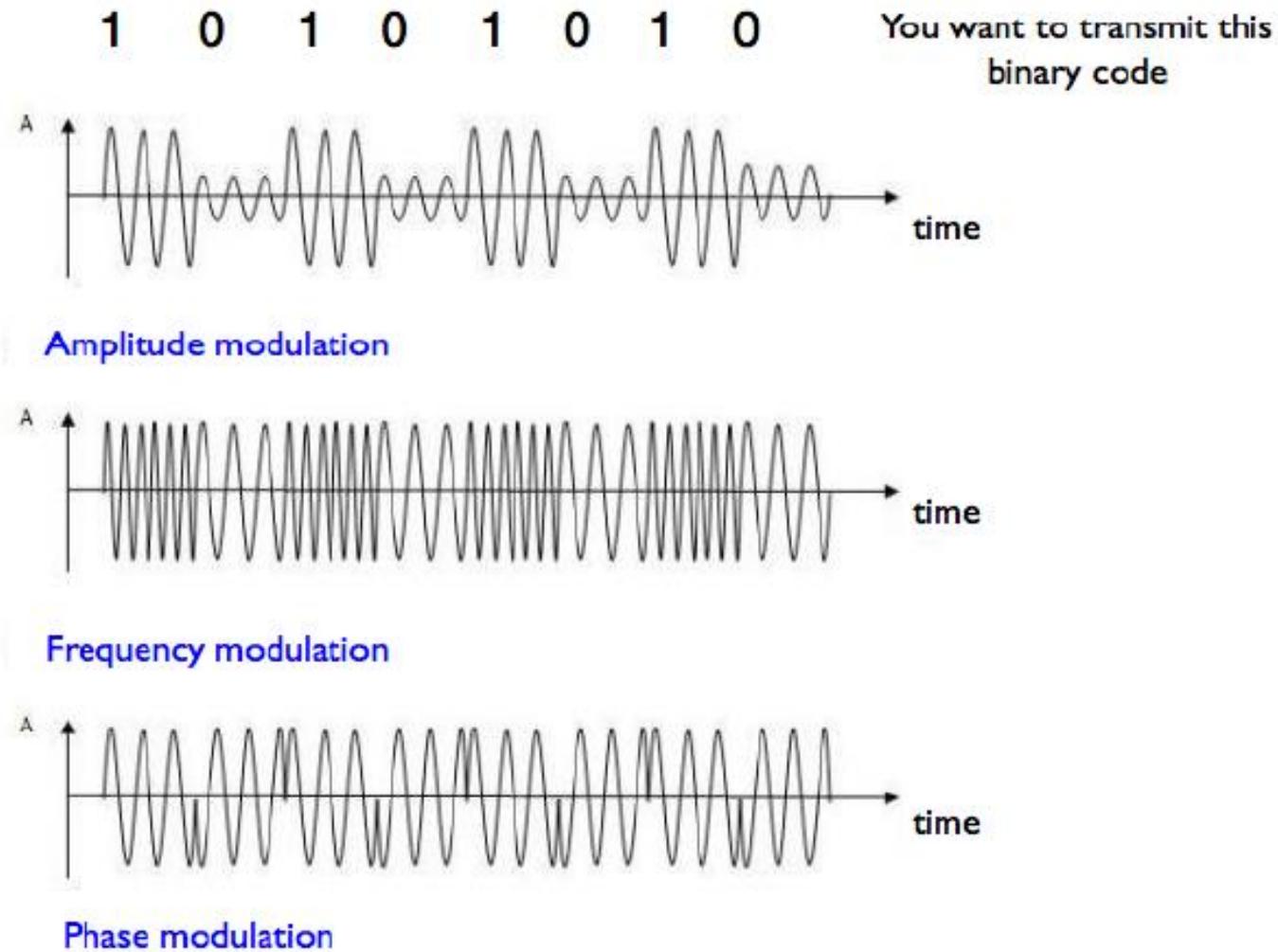
- Trong PM, pha của tín hiệu sóng mang được điều chế để tuân theo mức điện áp thay đổi (biên độ) của tín hiệu điều chế, biên độ và tần số sóng mang không thay đổi
- Tổng băng thông cần thiết cho FM dựa trên băng thông của tín hiệu tin tức và được tính như hình bên
  - $b$  – thừa số, phụ thuộc vào kỹ thuật điều chế (thường có giá trị là 1 cho narrowband và 3 cho wideband)



$$B_{PM} = 2(1 + b)B$$



## SO SÁNH AM, FM, PM



- **BÀI TẬP VỀ NHÀ:** So sánh ưu nhược điểm, trường hợp sử dụng của các loại điều chế AM, FM, PM

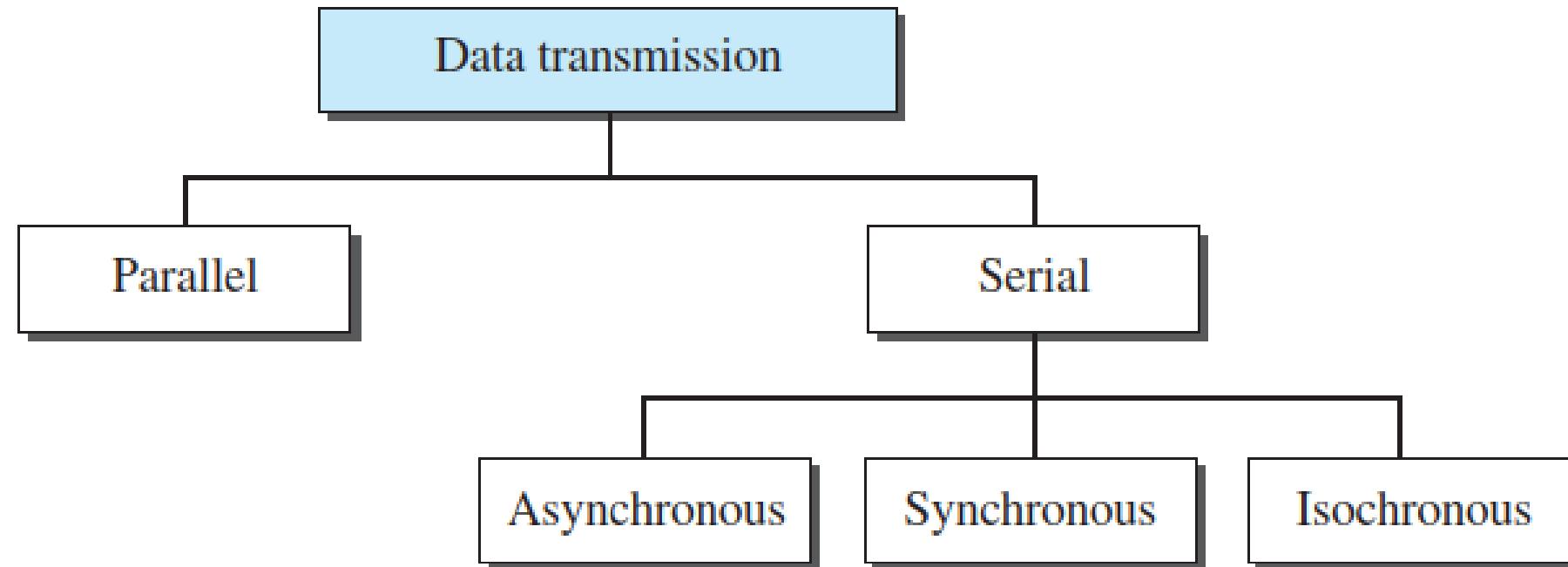


# CÁC PHƯƠNG THỨC TRUYỀN DỮ LIỆU SỐ



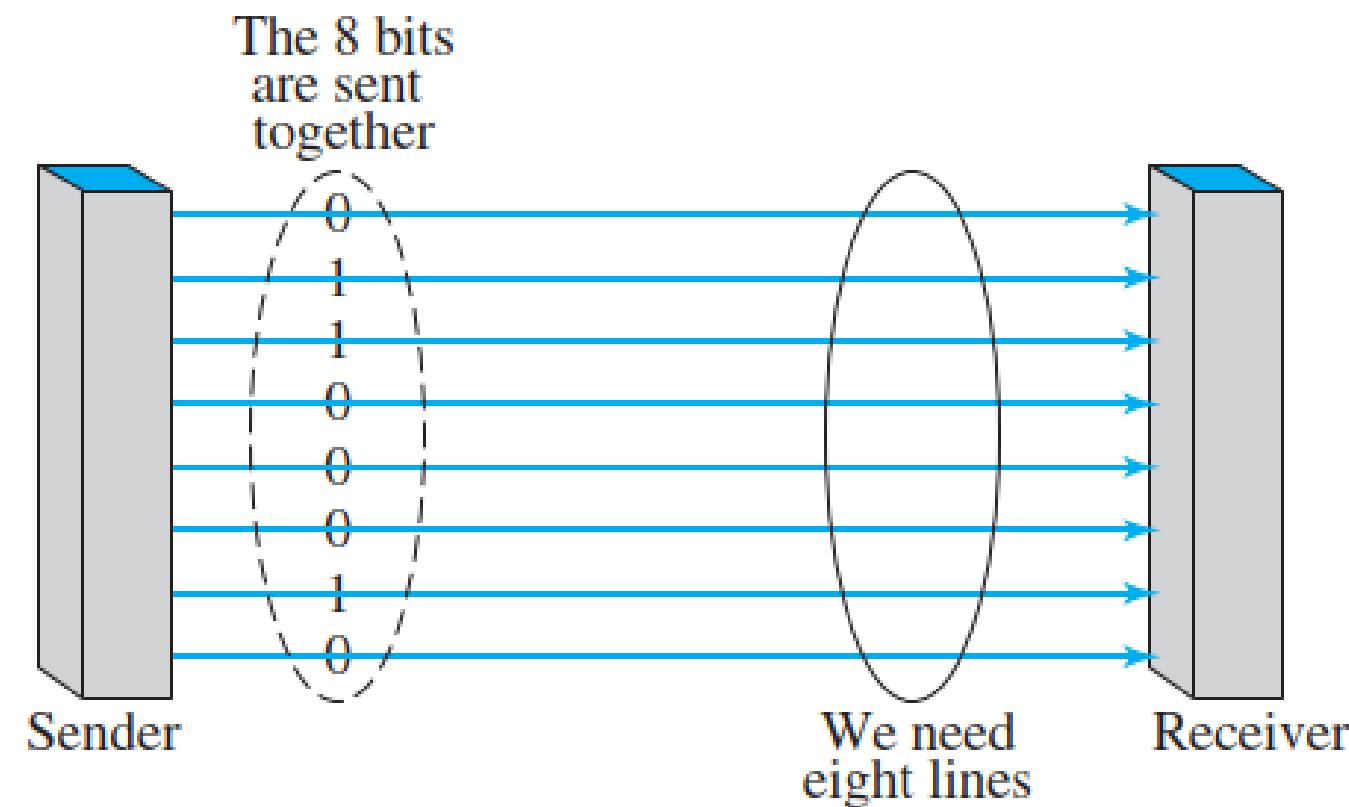
Khoa CÔNG NGHỆ THÔNG TIN  
TS. Lê Trần Đức

## CÁC PHƯƠNG THỨC TRUYỀN DỮ LIỆU SỐ



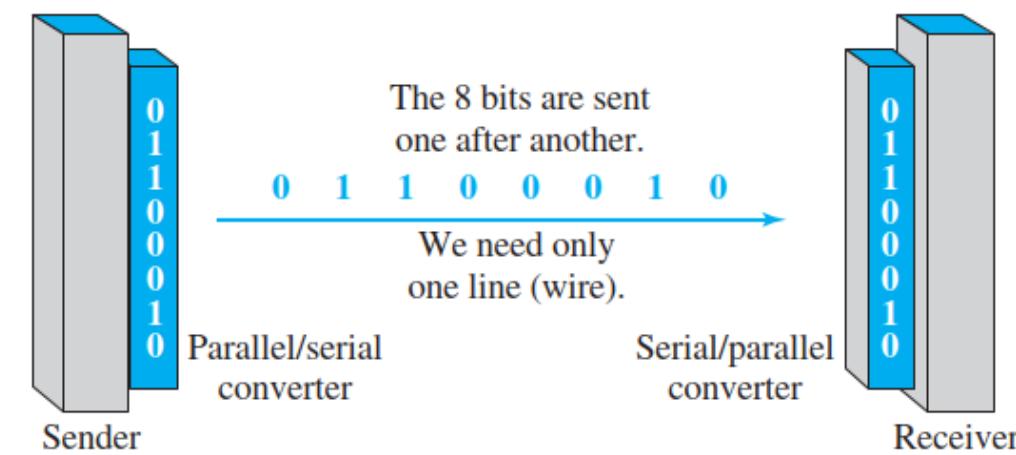
## TRUYỀN SONG SONG DỮ LIỆU SỐ

- Truyền song song (*parallel*) là quá trình truyền một lúc nhiều bit, mỗi bit đi trên một đường dây
- Ưu điểm:** tốc độ truyền nhanh
- Nhược điểm:** chi phí lớn khi truyền khoảng cách xa → thích hợp cho cự ly ngắn



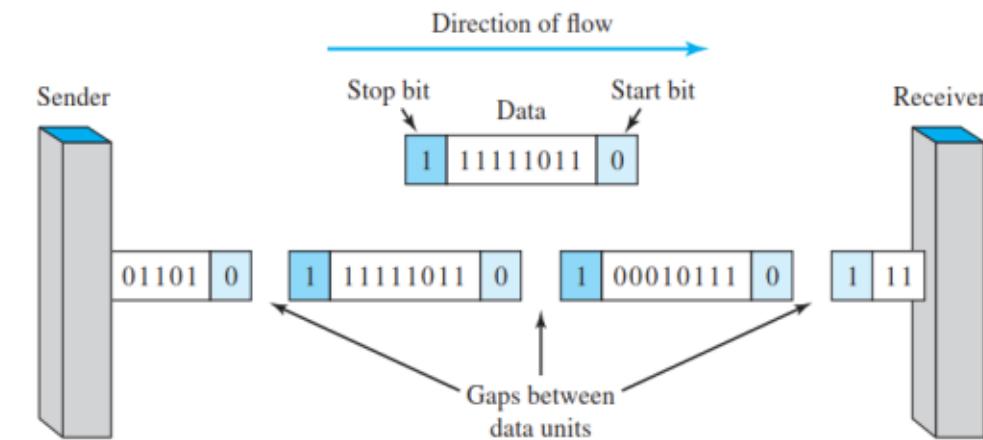
## TRUYỀN NỐI TIẾP DỮ LIỆU SỐ

- Truyền nối tiếp (serial) là quá trình truyền lần lượt từng bit, chỉ sử dụng một dây
- Ưu điểm:** chỉ cần một kênh truyền (1 dây) → giảm giá thành và chi phí vận hành
- Nhược điểm:**
  - Cần giải quyết bài toán chuyển đổi nối tiếp sang song song và song song sang nối tiếp.
  - Tốc độ truyền chậm hơn so với truyền song song.
- Phân loại:
  - Truyền nối tiếp không đồng bộ (**Asynchronous Transmission**)
  - Truyền nối tiếp đồng bộ (**Synchronous Transmission**)



## TRUYỀN KHÔNG ĐỒNG BỘ (ASYNCHRONOUS TRANSMISSION)

- Gọi là truyền không đồng bộ vì thời gian (*timing*) của tín hiệu là không quan trọng → Thông tin được nhận và dịch theo các mẫu đã thỏa thuận (patterns) mà không cần quan tâm đến nhịp điệu mà nó được gửi đi
- Đặc điểm:** Phương pháp truyền này cần: **một bit start (0)** tại đầu bản tin, **một (nhiều) bit stop (1)** ở cuối bản tin và tồn tại **khoảng trống** giữa các byte.
- Chú ý:** Không đồng bộ ở đây được hiểu là không đồng bộ ở cấp độ byte, nhưng vẫn đồng bộ ở từng bit, do chúng có thời khoảng giống nhau.
- Hiệu suất truyền** = số bit dữ liệu/tổng số bit truyền
- Ưu điểm:** Đơn giản, chi phí truyền thấp, hiệu quả tương đối cao.
- Nhược điểm:** Do Tồn tại các bit start và bit stop, khoảng trống dẫn đến thời gian truyền chậm.



## TRUYỀN ĐỒNG BỘ (ASYNCHRONOUS TRANSMISSION)

- Trong truyền dẫn đồng bộ, luồng bit được kết hợp thành các **frames** dài hơn, có thể chứa nhiều bytes. Tuy nhiên, mỗi byte được đưa vào đường truyền mà không có khoảng cách giữa nó và byte tiếp theo.
- Máy thu có nhiệm vụ nhóm các bit thành Byte.(Đồng bộ bit và đồng bộ byte).
- Hiệu suất truyền = 1**
- Ưu điểm:** Tốc độ truyền nhanh hơn bất đồng bộ.
- Nhược điểm:** Cần giải quyết bài toán đồng bộ một cách tối ưu.

