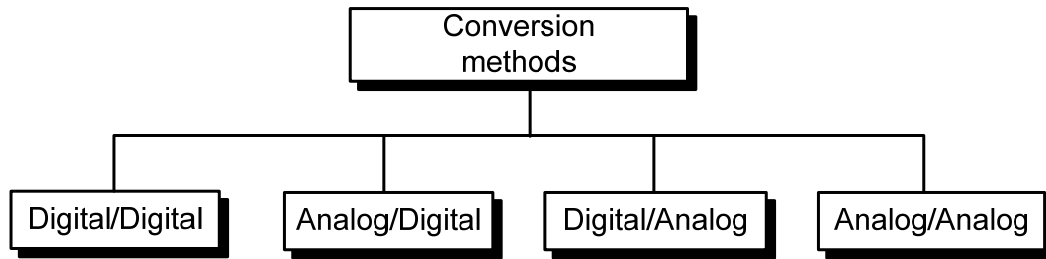


## CHƯƠNG 5: Mã Hóa & Điều Chế



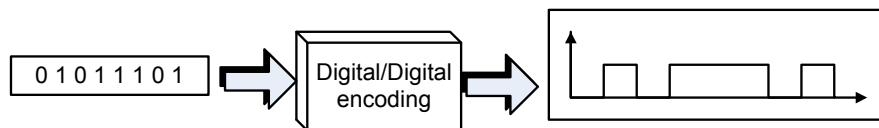
### 5.1 CHUYỂN ĐỔI DIGITAL – DIGITAL

**+ Khái niệm:** chuyển đổi(Mã hóa) số-số là phương pháp biểu diễn dữ liệu số bằng tín hiệu số.

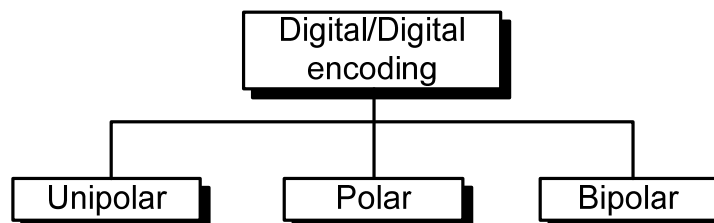
**Ví dụ:** khi truyền dữ liệu từ máy tính sang máy in, dữ liệu gốc và dữ liệu truyền đều ở dạng số.

**+ Đặc điểm:** các bit '1' và '0' được chuyển đổi thành chuỗi xung điện áp để có thể truyền qua đường dây.

**+ Sơ đồ khối:**



**+ Phân loại:** unipolar (Mã đơn cực), polar (Mã có cực), bipolar (Mã lưỡng cực).

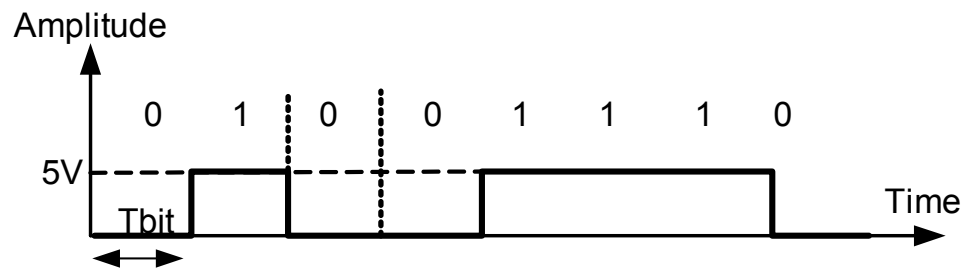


#### 5.1.1 Unipolar- Mã đơn cực:

- Là dạng mã hóa đơn giản nhất (nguyên thủy-ra đời đầu tiên).
- Một mức điện áp biểu thị cho bit '0' và một mức điện áp khác biểu thị cho bit '1'.

**Ví dụ:** Bit '0' → 0 volt và '1' → +V volt (+5V, +9V...); Tồn tại trong một chu kỳ Bit

**Ví dụ:** Cho 1 chuỗi bit 01001110, hãy biểu diễn chuỗi bit này dưới dạng mã Unipolar (đơn cực).



- **Ưu điểm:** đơn giản và chi phí thấp.
- **Khuyết điểm:** Tồn tại điện áp một chiều (DC) và bài toán đồng bộ.

-**Thành phần DC:** **Trị trung bình của mã đơn cực khác không**, tạo ra thành phần điện áp DC trên đường truyền. Khi tín hiệu tồn tại thành phần DC, không thể đi xuyên qua môi trường truyền.

-**Khả năng 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 **có thể dùng thêm một dây dẫn để truyền tín hiệu đồng bộ giúp máy thu biết về chu kỳ bit**.

### 5.1.2 Polar:

+ **Khái niệm:** 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.

+ **Phân loại:** **NRZ, RZ và Biphase**.

- NRZ: NRZ-L (nonreturn to zero–level: **Cổng COM RS232**) và NRZ-I (nonreturn to zero – invert)
- RZ (return to zero).
- Biphase: Manchester (dùng trong mạng ethernet LAN), Manchester vi sai (thường được dùng trong Token Ring LAN)

#### 5.1.2.1 NRZ

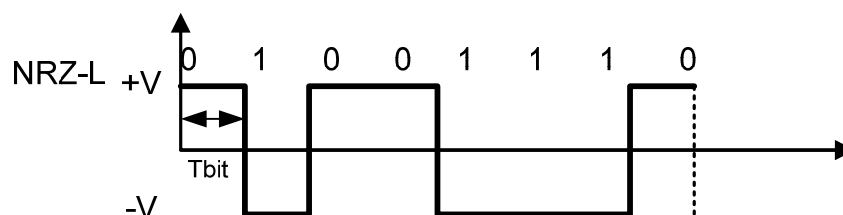
+ **Đặc điểm:** **Tín hiệu có giá trị là dương (+V) hoặc âm (-V)**.

+ **Phân loại:** **NRZ – L (Cổng COM RS232) và NRZ – I**

##### a. **NRZ – L:**

+ **Đặc điểm:** Bit '0' → +V (+3V, +5V, +15V...); Bit '1' → -V (-3V, -5V, -15V...)

**Ví dụ:** Cho chuỗi 01001110, hãy biểu diễn chuỗi bit này dưới dạng mã **NRZ – L**.



- **Ưu điểm:** Thành phần DC giảm hơn so với mã đơn cực.

- **Khuyết 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 **có thể làm dùng thêm một dây dẫn để truyền tín hiệu đồng bộ giúp máy thu biết về chu kỳ bit**

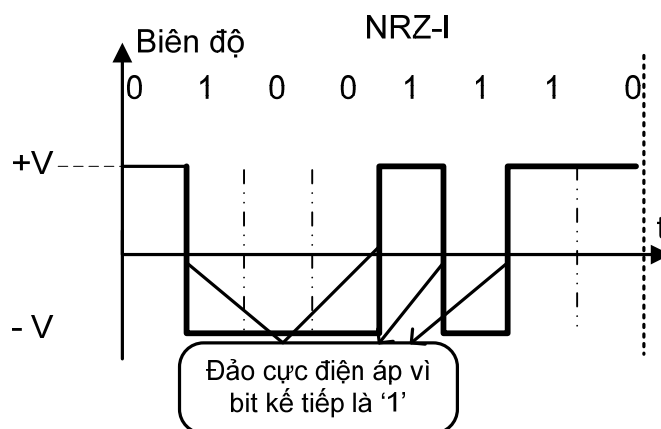
### **b. NRZ – I:**

#### **+ Đặc điểm:**

- Gặp bit '1' → sẽ đảo cực điện áp trước đó.
- Gặp bit '0' → sẽ không đảo cực điện áp trước đó.

(Bit đầu tiên có thể giả sử dương hoặc âm)

**Ví dụ:** Cho chuỗi 01001110, hãy biểu diễn chuỗi bit này dưới dạng mã **NRZ – I**. Giả sử ban đầu điện áp dương.

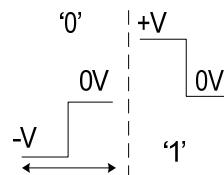


- Ưu điểm hơn **NRZ – L** vấn đề đồng bộ đã được giải quyết khi gặp chuỗi bit 1 liên tiếp.

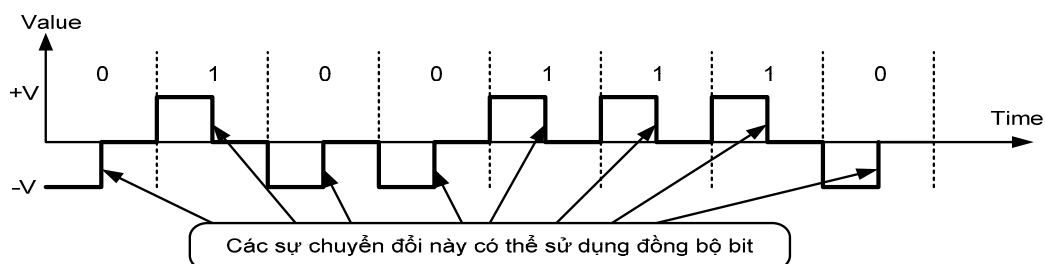
### **5.1.2.2 RZ :**

#### **+ Đặc điểm:**

- 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.

**+ Khuyết điểm:** có băng thông rộng hơn (dải tần số lớn). Có 3 mức điện áp.

**Tuy nhiên, ta sẽ thấy đây là phương pháp hiệu quả nhất.** (Một phương pháp mã hóa tín hiệu số tốt phải có dự phòng cho chế độ đồng bộ)

### 5.1.2.3 BIPHASE:

**+ Đặc điểm:**

- Tồn tại điện áp  $+V$  và  $-V$  trong 1 bit.
- Thành phần DC bằng zêrô.
- Phương pháp đồng bộ hóa tốt.

**+ Phân loại:** Manchester và Manchester vi sai.

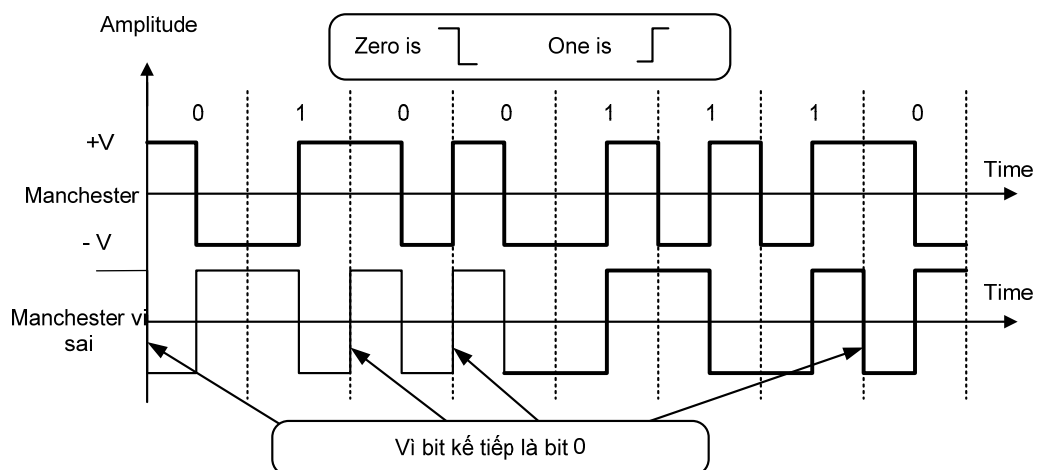
**- Manchester:**

- 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  $+V$

**- Manchester vi sai:**

- Gặp bit '0' sẽ đảo cực điện áp trước đó.
- Gặp bit '1' sẽ giữ nguyên cực điện áp trước đó.
- Luôn luôn có sự thay đổi điện áp tại giữa chu kỳ bit.

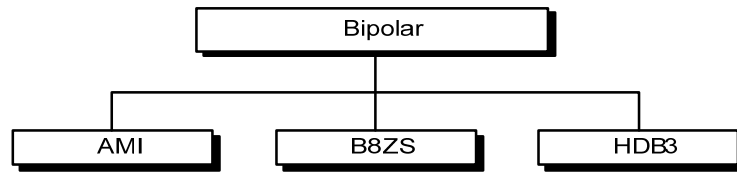
**+ Ví dụ:** Cho chuỗi **01001110**, hãy biểu diễn chuỗi bit này dưới dạng mã Manchester và Manchester vi sai. **Giả sử ban đầu điện áp dương.**



**+ Ưu điểm:** Các vị trí giữa chu kỳ bit cho phép tạo đồng bộ. Thành phần DC triệt tiêu.

### 5.1.3 BIPOLAR (Lưỡng cực)

- + Đặc điểm:** Dùng ba mức điện áp: dương, âm, và zêrô (0 volt).
- + Phân loại:** AMI, B8ZS, và HDB3

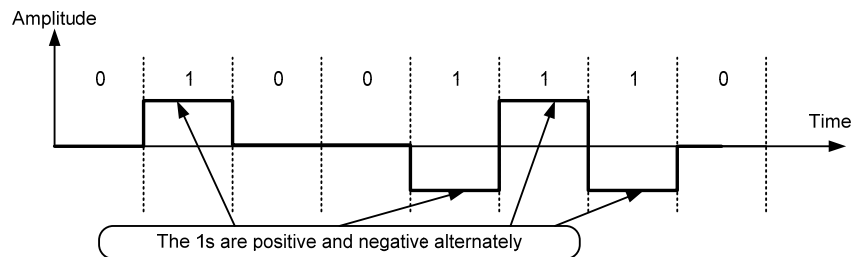


### 5.1.3.1 AMI (Alternate Mark Inversion)

#### + Đặc điểm:

- Bit '0' → 0 Volt.
- Bit '1' → **điện áp -V hoặc +V** luân phiên (Tồn tại 1 chu kỳ bit).

+ **Ví dụ:** Cho chuỗi dữ liệu **01001110**, hãy biểu diễn chuỗi bit này dưới dạng mã AMI.



Biến thể của phương pháp này được gọi là giả tam nguyên (**pseudo-ternary**) theo đó 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.

#### +Khuyết điểm :

- Dễ mất đồng bộ đối với chuỗi các giá trị bit "0" liên tiếp.

### 5.1.3.2 B8ZS (Bipolar 8- Zero Substitution):

#### + Đặc điểm:

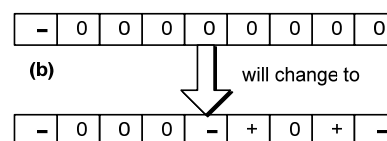
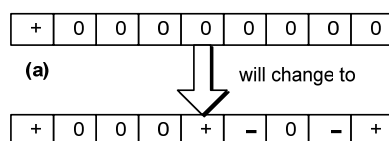
- Bit '1' → điện áp -V hoặc +V luân phiên (Tồn tại 1 chu kỳ bit), đảo cực điện áp trước đó.
- Bit '0' → đếm số bit '0' liên tiếp:

Nếu không phải là nhóm 8 bit '0' liên tiếp sẽ mã hoá là 0 Volt.

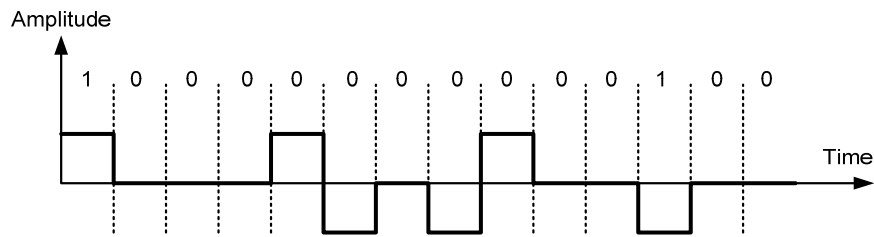
Nếu là 8 bit 0 liên tiếp sẽ mã hoá như sau:

+ 00000000 → + 000 + - 0 - + (+ → +V; - → -V)

- 00000000 → - 000 - + 0 + - (+ → +V; - → -V)



+ **Ví dụ:** Cho chuỗi 100000000100, hãy biểu diễn chuỗi bit này dưới dạng mã B8ZS. Giả sử bit '1' đầu tiên có điện áp dương.



### 5.1.3.3 HDB3 (High-Density Bipolar)

#### + Đặc điểm:

- Bit 1 → điện áp  $-V$  hoặc  $+V$  luân phiên (Tồn tại 1 chu kỳ bit), đảo cực điện áp trước đó.
- Bit 0 → **đếm số bit 0**

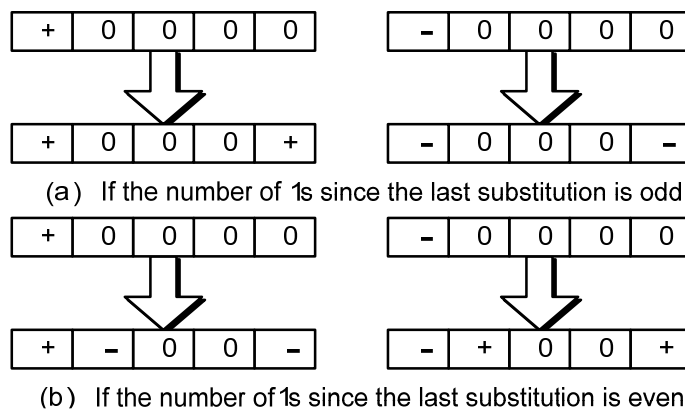
Nếu không phải là 4 bit '0' liên tiếp sẽ mã hoá là 0 Volt.

Nếu là 4 bit '0' liên tiếp thì sẽ tính tổng số xung (+ hoặc -)

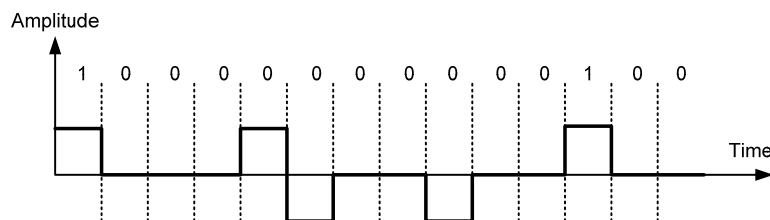
Là số lẻ:  $\pm 0000 \rightarrow \pm 000\pm$

Là số chẵn:  $+0000 \rightarrow + -00-$

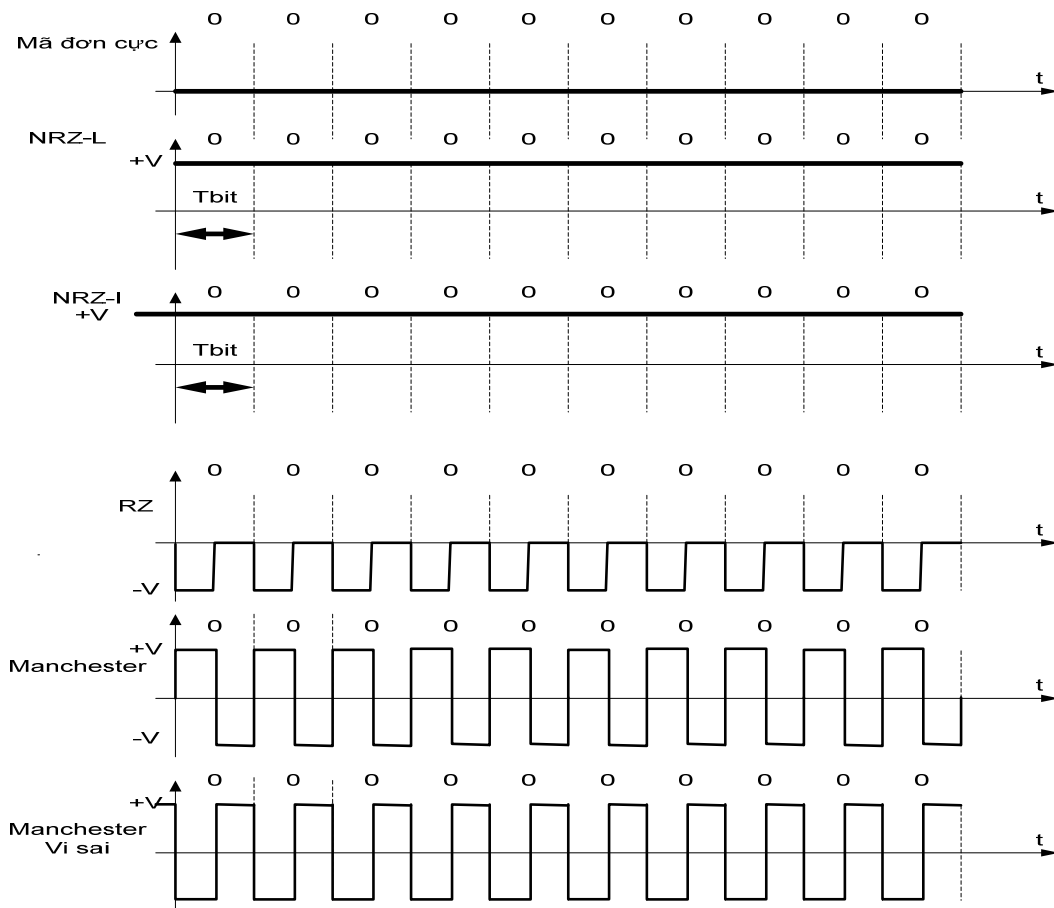
$-0000 \rightarrow - +00+$



+ **Ví dụ:** Dùng mã HDB3, mã hóa luồng bit 1000000000100, 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-I, NRZ-L, 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.



## 5.2 CHUYỂN ĐỔI ANALOG – DIGITAL

Khi ta cần rời rạc hóa tín hiệu tương tự.

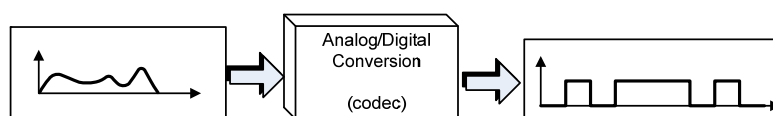
**Ví dụ:** như khi gọi tín hiệu thoại qua đường dây dài, do tín hiệu số có tính chống nhiễu tốt hơn so với tín hiệu tương tự (analog).

**+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 khối lượng lớn các giá trị trong thông tin của tín hiệu tương tự để có thể được biểu diễn thành luồng tín hiệu số mà không bị thất thoát thông tin. **codec** (coder – decoder).
- Chống nhiễu.
- Dễ xử lý.

**+Sơ đồ khối:**

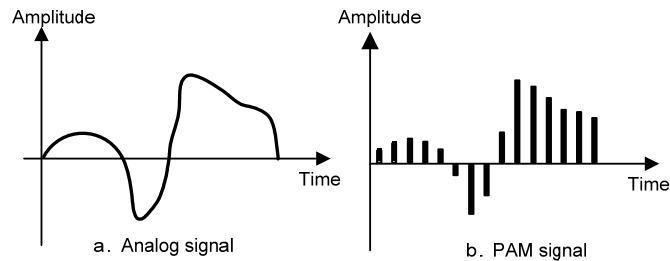


*Chú ý:*

- Có thể sử dụng bất kỳ dạng tín hiệu số nào trong mục 5.1,
- Không làm thất thoát hay làm giảm chất lượng tin.

### 5.2.1 PAM (Pulse Amplitude Modulation –Điều chế biên độ xung):

+ **PAM** : Lấy mẫu và tạo ra chuỗi xung- Bước đầu tiên cho việc chuyển đổi tương tự - số



+ **Điều kiện lấy mẫu** (sampling rate)

*Theo định lý Nyquist, tốc độ lấy mẫu phải lớn hơn hoặc bằng hai lần tần số cao nhất của tín hiệu.*

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

*Chu kỳ lấy mẫu:  $T_s = 1/f_s$*

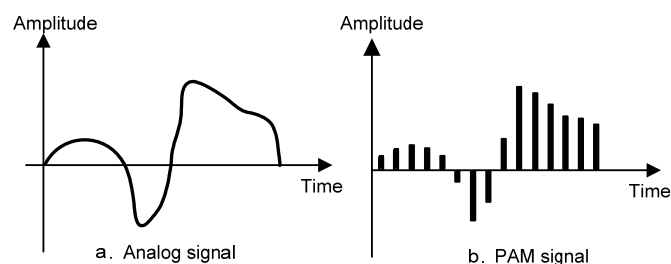
PAM không được dùng trong thông tin số với lý do là tuy đã rời rạc hóa nhưng tín hiệu PAM cũng chứa quá nhiều thành phần biên độ với các giá trị khác nhau (vẫn còn là dạng tương tự).

### 5.2.2 PCM (Pulse Coded Modulation-Điều chế xung mã):

+ **Khái niệm:** PCM là quá trình chuyển tín hiệu PAM sang tín hiệu số.

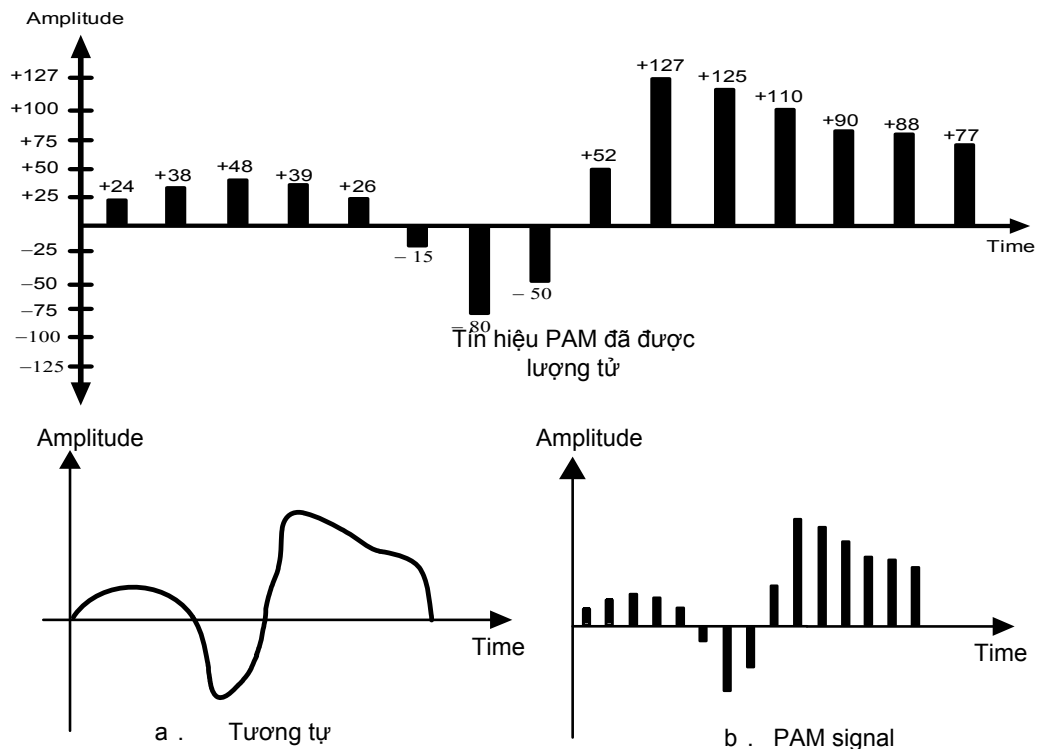
+ **Các bước thực hiện PCM: 4 bước:**

- Lấy mẫu và giữ (PAM).
  - Lượng tử hóa.
  - Mã hóa nhị phân.
  - Mã hóa số - số.
- PAM: lấy mẫu và giữ (theo *định lý Nyquist*)





- **Lượng tử hóa (quantilization):** là phương thức gán giá trị bất kỳ của tín hiệu (sau khi lấy mẫu) về một mức đã được định sẵn.

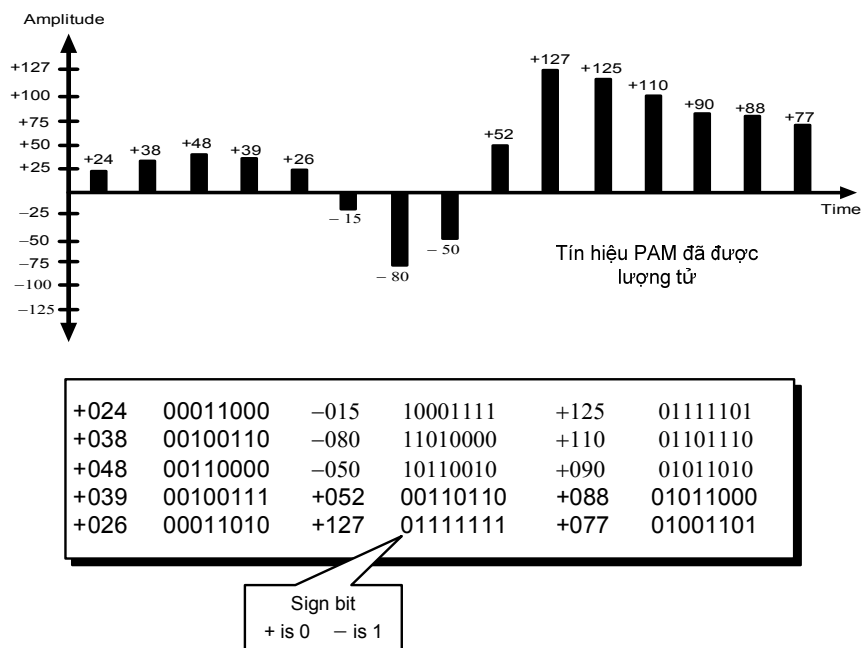


- **Mã hoá nhị phân:** Chuyển mỗi mẫu lượng tử thành 1 tổ hợp nhị phân.

**Số bit cho 1 mức =  $\log_2[\text{tổng số mức lượng tử}]$**

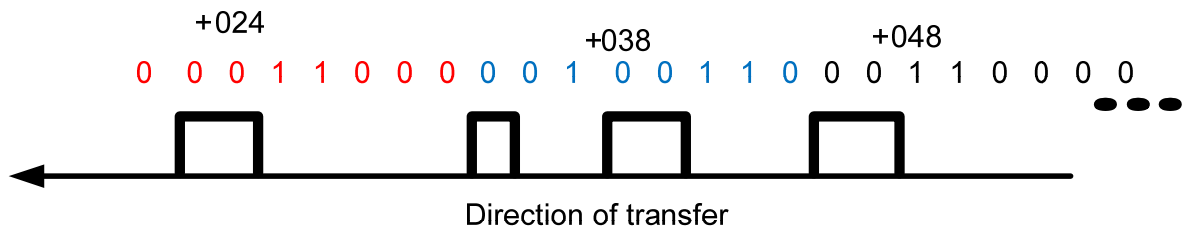
**Ví dụ:** Có 256 mức lượng tử, suy ra Số bit cho 1 mức:  $\log_2[256]=8$

**Ví dụ:** Mỗi giá trị được chuyển sang giá trị bảy bit nhị phân tương ứng, bit thứ tám nhằm biểu thị dấu.

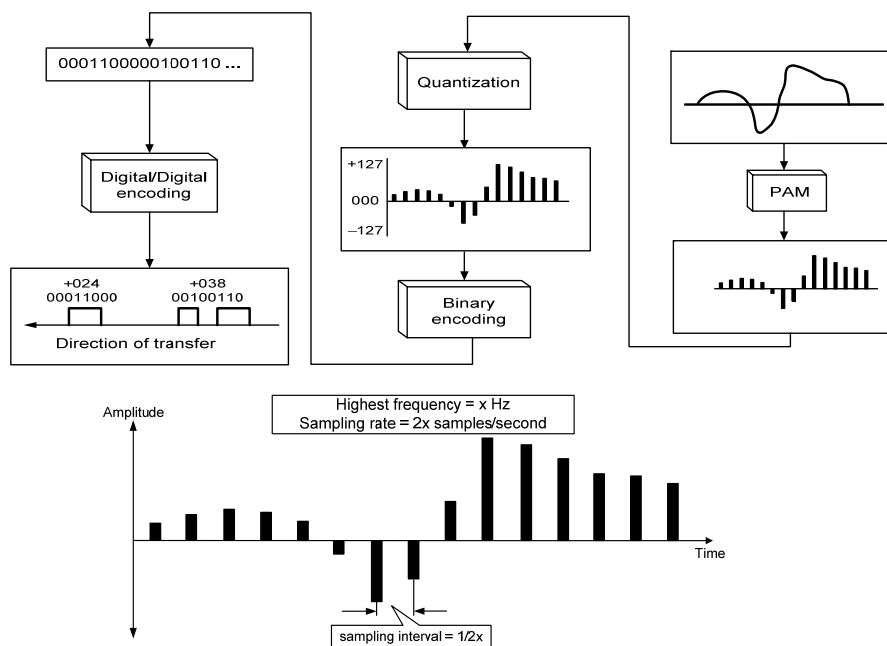


- **Mã hoá số- số: Chuyển** các bit nhị phân thành tín hiệu số (mã đơn cực, lưỡng cực....)

**Ví dụ :** phương pháp điều chế xung mã PCM của một tín hiệu số được chuyển theo mã unipolar, trong hình chỉ vẽ giá trị 3 mẫu đầu.



+ **PCM là phương pháp lấy mẫu tín hiệu được dùng trong số hóa tín hiệu thoại trong truyền dẫn T-line trong hệ thống viễn thông Bắc Mỹ, E-line trong hệ thống viễn thông Châu Âu.**



**Ví dụ 3:** Tính tốc độ lấy mẫu (tần số lấy mẫu) của tín hiệu có băng thông 10kHz ( từ 1khz đến 11khz)?

**Giải:**  $f_s \geq 2 f_{max}$

Tốc độ lấy mẫu phải là hai lần tần số cao nhất của tín hiệu,

Tốc độ lấy mẫu =  $2 \cdot (11.000) = 22.000$  mẫu/ giây.

+ Số bit trong mỗi mẫu là  **$\log_2(\text{Tổng số mức})$**

$$n = \log_2(M);$$

**n:** là số bit trong mỗi mẫu. (nguyên)

**M:** là tổng số mức

**Ví dụ 4:** Lấy mẫu tín hiệu, có **12 mức**. Hỏi cần bao nhiêu bit trong mỗi mẫu?

**Giải:** Số bit cần trong mỗi mẫu là:

$$n = \log_2(M) = \log_2(12) = 3,17 \text{ làm tròn } \rightarrow 4$$

+ **Tốc độ bit (bit rate)**: Sau khi có được số bit trong mẫu, ta cần tính tốc độ bit dùng công thức sau:

***Tốc độ bit = tốc độ lấy mẫu x số bit trong mỗi mẫu.***

$$R_{\text{bit}} = f_s \times n \text{ (bps: bit per second)}$$

***$f_s$  : Tần số lấy mẫu (tốc độ lấy mẫu)***

***$n$ : số bit trong mỗi mẫu.***

**Ví dụ 5:** Cần số hóa tín hiệu thoại, tính tốc độ bit, giả sử có 8 bit trong mỗi mẫu? Giả sử tín hiệu thoại có tần số cực đại là 4 KHz.

**Giải:** Tốc độ lấy mẫu =  $4000 \times 2 = 8000$  mẫu/giây.

Tốc độ bit được tính theo:

Tốc độ bit = Tốc độ lấy mẫu  $\times$  số bit trong mỗi mẫu =  $8000 \times 8 = 64.000$  bps = 64Kbps

### **Câu Hỏi:**

1. Vẽ sơ đồ khối của kỹ thuật PCM, giải thích chức năng từng khối, nêu điều kiện lấy mẫu.
2. Tính tốc độ lấy mẫu, chu kỳ lấy mẫu, tốc độ bit của luồng PCM.

## **5.3 CHUYỂN ĐỔI SỐ-TƯƠNG TỰ (Điều chế số)**

+**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).

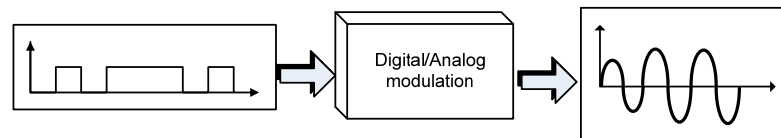
### **+Lý do điều chế số:**

- 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.

### **+ Sơ đồ khối**



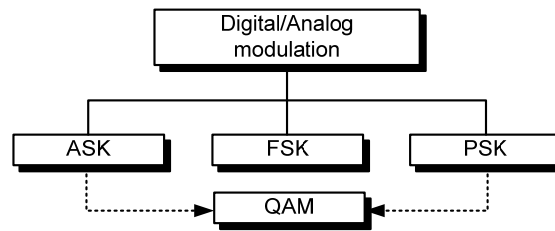
### **+ Phân loại:**

Tín hiệu sin **được định nghĩa từ ba đặc tính**: biên độ, tần số và góc pha.

Trong truyền số liệu, ta quan tâm đến các phương pháp sau:

- ASK (amplitude shift keying) ; điều chế số biên độ; khoá dịch biên độ
- FSK (frequency shift keying) ; điều chế số tần số; khoá dịch tần số
- PSK (phase shift keying) ; điều chế số pha; khoá dịch pha

Ngoài ra còn có phương thức thứ tư là **QAM** (quadrature amplitude modulation) là phương thức điều chế rất hiệu quả dùng trong các modem.

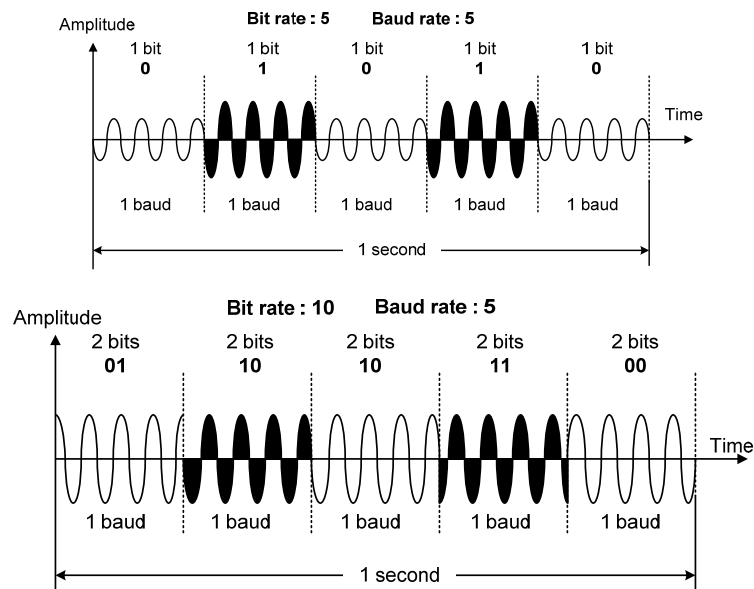


### + Các yếu tố của điều chế số

Có 2 yếu tố quan trọng **điều chế số**: **Tốc độ bit/baud** và **Tín hiệu sóng mang (Sin)**.

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

*Đơn vị tín hiệu là một tín hiệu sóng mang (sin) đã chứa tín hiệu số (có thể mang 1bit, 2bit, 3 bit...)*



**Ý nghĩa tốc độ baud nhằm xác định băng thông cần thiết để truyền tín hiệu.**

**Tốc độ bit = tốc độ baud . số bit trong một đơn vị tín hiệu**

$$R_{bit} = R_{baud} \cdot n$$

### + Ví dụ:

- **Baud tương tự như xe**, còn **bit tương tự như người trong xe**.
- Một chuyến xe chở một hoặc nhiều người.
- Nếu 1000 xe di chuyển từ điểm này sang điểm khác chỉ chở một người (Ví dụ lái xe) thì mang được 1000 người.
- Với số xe trên, mỗi xe chở 4 người, ta vận chuyển được 4000 người.
- Số xe là đơn vị lưu thông trên đường, tức là tạo nhu cầu về độ rộng của con đường.

*Nói cách khác, tốc độ baud xác định bằng thông cần thiết, chứ không phải tốc độ bit.*

**Ví dụ 6:** Một tín hiệu tương tự (sóng mang) mang 4 bit trong đơn vị tín hiệu. Giả sử có 1000 đơn vị tín hiệu được truyền trong một giây, hãy xác định tốc độ baud và tốc độ bit.

Giải:

$$\text{Tốc độ baud} = \text{số đơn vị tín hiệu} = 1000 \text{ baud/giây}$$

$$\text{Tốc độ bit} = \text{tốc độ baud} \times \text{số bit trong một đơn vị tín hiệu} = 1000 \times 4 = 4000 \text{ bps.}$$

**Ví dụ 7:** Cho tốc độ bit của tín hiệu là 3000 bps. Giả sử mỗi phần tử tín hiệu mang 6 bit, hãy tính tốc độ baud.

Giải:

$$\text{Tốc độ baud} = \text{tốc độ bit} / \text{số bit trong mỗi phần tử tín hiệu} = 3000/6 = 500 \text{ baud/giây}$$

#### + 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.

#### 5.3.1 ASK (amplitude shift keying; điều chế số biên độ):

+ **Khái niệm:** Là quá trình các bit '1' và '0' làm thay đổi biên độ của tín hiệu sóng mang (tần số và pha không thay đổi).

**Ví dụ:**

$$'0' \rightarrow v_{c1}(t) = V_{cm1} \sin(2\pi f_c t + 180^\circ); \text{ Tồn tại trong 1 chu kỳ bit}$$

$$'1' \rightarrow v_{c2}(t) = V_{cm2} \sin(2\pi f_c t + 180^\circ); \text{ Tồn tại trong 1 chu kỳ bit}$$

$$\text{Giả sử } V_{cm2} > V_{cm1};$$

**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.**

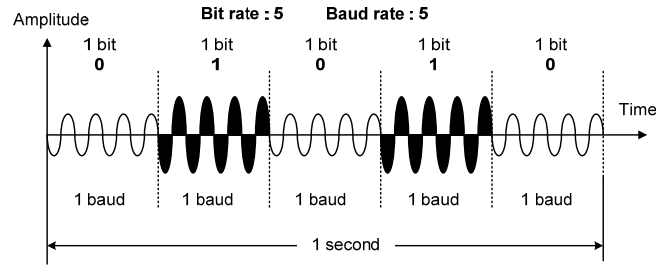
$$'0' \rightarrow v_{c1}(t) = 2 \cdot \sin(2\pi \cdot 20t + 180^\circ) \text{ V}; \text{ Tồn tại trong 1 chu kỳ bit}$$

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

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

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

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



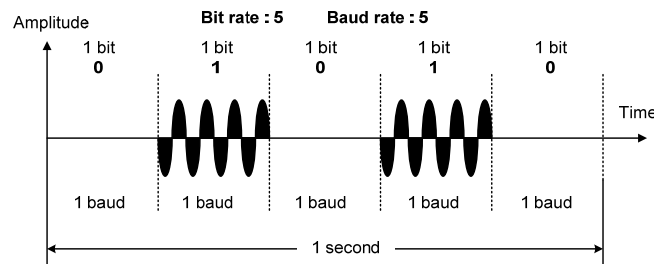
**b. Tín hiệu ASK không phải là tín hiệu điều hoà. Vì có 2 biên độ.**

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

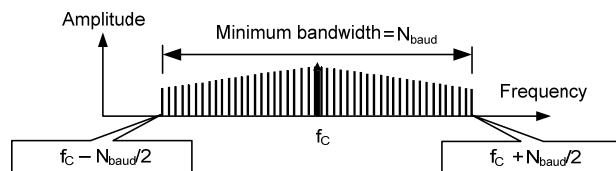
**+ Khuyết điểm: ASK thường rất nhạy cảm với nhiễu biên độ.**

Nhiều này thường là các **tín hiệu điện áp xuất hiện trên đường dây từ các nguồn tín hiệu khác ảnh hưởng được lên biên độ của tín hiệu ASK.**

Phương pháp ASK thông dụng và được gọi là **OOK** (on-off keying). Trong OOK, có một giá trị bit tương đương với không có điện áp. **Điều này cho phép tiết kiệm đáng kể năng lượng truyền tin.**



**+ Băng thông ASK:** Có vô số tần số (Không tuần hoàn). Sóng mang  $f_c$  ở giữa, các giá trị  $f_c - N_{\text{baud}}/2$  và  $f_c + N_{\text{baud}}/2$  ở hai biên.



Băng thông cần thiết để truyền tín hiệu ASK được tính theo công thức sau::

$$\begin{aligned} BW &= f_{\text{max}} - f_{\text{min}} = (f_c + N_{\text{baud}}/2) - (f_c - N_{\text{baud}}/2) \\ &= N_{\text{baud}} = R_{\text{baud}} \end{aligned}$$

Trong đó: BW: băng thông [Hz]

$R_{\text{baud}}, N_{\text{baud}}$ : tốc độ baud [baud/s]

**Vậy băng thông tối thiểu cần cho quá trình truyền tín hiệu ASK bằng tốc độ baud (1 hướng-trên đường dây).**

**Thực tế  $BW = (1+d)N_{\text{baud}}$**

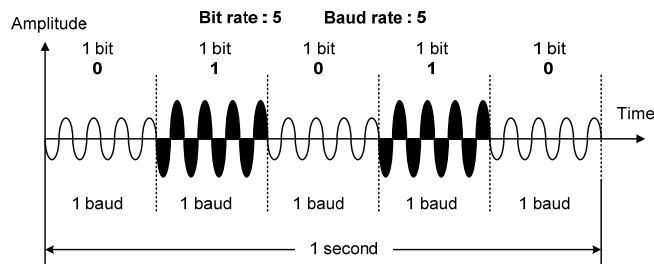
$d$ : là thừa số liên quan đến điều kiện đường dây (có giá trị bé nhất là 0)

**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  **$180^\circ$** .

- Tính tốc độ Baud.
- Tính băng thông của tín hiệu ASK trên.
- Vẽ phổ của tín hiệu ASK trên.

**Giải:**

- Tính tốc độ Baud.

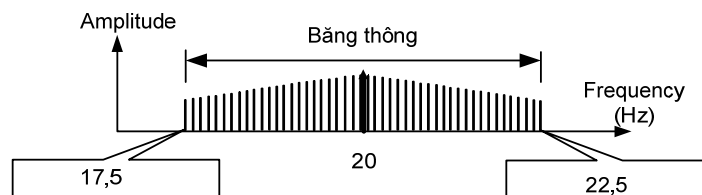


Tín hiệu **ASK**,  $R_{baud} = R_{bit} = 5 \text{ baud/s}$

- Tính băng thông của tín hiệu ASK trên.

ASK,  **$BW = R_{baud} = 5 \text{ (Hz)}$** ;

- Vẽ phổ của tín hiệu ASK trên.

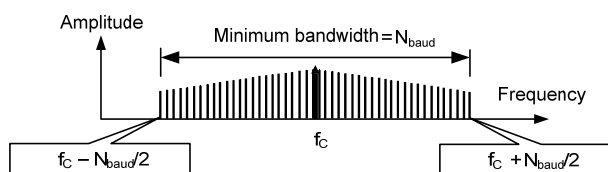


### **+ Băng thông hệ thống truyền tín hiệu thay đổi theo chế độ truyền:**

- Đường dây có 1 hướng truyền (chế độ đơn công): băng thông của đường dây tối thiểu bằng băng thông của tín hiệu:  $BW_{\text{hệ thống}} = BW_{\text{đường dây}} = BW_{\text{tín hiệu}}$ .
- Đường dây có 2 hướng truyền nhưng không đồng thời (chế độ bán song công): băng thông của đường dây tối thiểu bằng băng thông của tín hiệu:  $BW_{\text{hệ thống}} = BW_{\text{đường dây}} = BW_{\text{tín hiệu}} = BW_{\text{mỗi hướng}}$ .
- Đường dây có 2 hướng truyền đồng thời (chế độ song công): băng thông của đường dây tối thiểu:  $BW_{\text{hệ thống}} = BW_{\text{đường dây min}} = 2 \cdot BW_{\text{tín hiệu}} + BW_{\text{bảo vệ}}$ .

$BW_{\text{bảo vệ}}$ : dải tần số bảo vệ 2 hướng. (lý tưởng bằng 0)

**Ví dụ 8:** Tính băng thông **hệ thống truyền tín hiệu ASK** với tốc độ bit là **2 kbps**. **Chế độ truyền dẫn bán song công**.



**Giải:**

Vì hệ thống bán song công nên:  $BW_{\text{hệ thống}} = BW_{\text{mỗi hướng}}$

Vì điều chế ASK nên  $R_{\text{bit}} = R_{\text{baud}} \times 1 = R_{\text{baud}}$

Suy ra  $BW_{\text{mỗi hướng}} = R_{\text{baud}} = R_{\text{bit}} = 2000\text{Hz}$

Băng thông tối thiểu của hệ thống là  $BW_{\text{hệ thống}} = 2\text{kHz}$ .

**Ví dụ 9:** Cho tín hiệu ASK có băng thông **5kHz**, tính tốc độ bit và tốc độ baud.

**Giải:** Vì điều chế ASK nên  $R_{\text{bit}} = R_{\text{baud}} \times 1 = R_{\text{baud}}$ .

Mà  $BW_{\text{ASK}} = R_{\text{baud}}$  ;

Suy ra tốc độ bit  $R_{\text{bit}} = 5000 \text{ bps}$ ;

Suy ra tốc độ baud  $R_{\text{baud}} = 5000 \text{ baud/s}$ ;

**Ví dụ 10:** Cho băng thông hệ thống truyền ASK là 10 kHz (1 kHz đến 11 kHz), **hệ thống truyền song công**. Giả sử không có khoảng trống tần số giữa hai hướng ( $BW_{\text{bảo vệ}} = 0$ ).

- Tính băng thông của mỗi hướng.
- Tính tần số sóng mang mỗi hướng (Hướng thuận và hướng nghịch).
- Vẽ phổ ASK của hệ thống.**

Giải:

**a. Tính băng thông của mỗi hướng.**

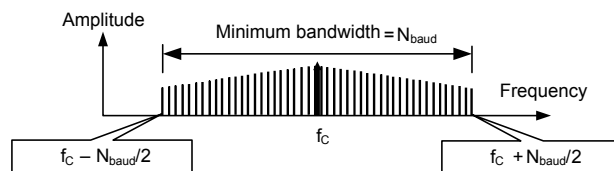
Do hệ thống ASK song công nên  $BW_{\text{hệ thống}} = 2 \cdot BW_{\text{mỗi hướng}}$

Suy ra  $BW_{\text{mỗi hướng}} = (1/2) \cdot BW_{\text{hệ thống}} = 10\text{kHz} / 2 = 5\text{kHz} = 5.000 \text{ Hz}$

**b. Tính tần số sóng mang mỗi hướng (Hướng thuận và hướng nghịch).**

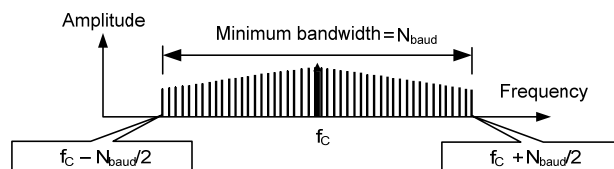
Tần số sóng mang là tần số giữa:

+ **Hướng nghịch (tần số thấp):**



$$f_{\text{chướng nghịch}} = f_{\text{min}} + (1/2) \cdot BW_{\text{mỗi hướng}} = 1.000 + 5.000/2 = 3500 \text{ Hz}$$

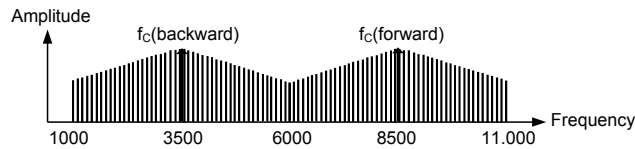
+ **Hướng thuận (tần số cao):**



$$f_{\text{c hướng thuận}} = f_{\text{max}} - (1/2) \cdot BW_{\text{mỗi hướng}} = 11.000 - 5.000/2 = 8500 \text{ Hz}$$

**c. Vẽ phổ ASK của hệ thống**





### 5.3.2 FSK (frequency shift keying):

**+Khái niệm:** Là phương pháp mà **tần số của tín hiệu sóng mang thay đổi** để biểu diễn các bit '1' và '0' (biên độ và góc pha không thay đổi).

Ví dụ:

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  $f_{c2} > f_{c1}$ ;

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

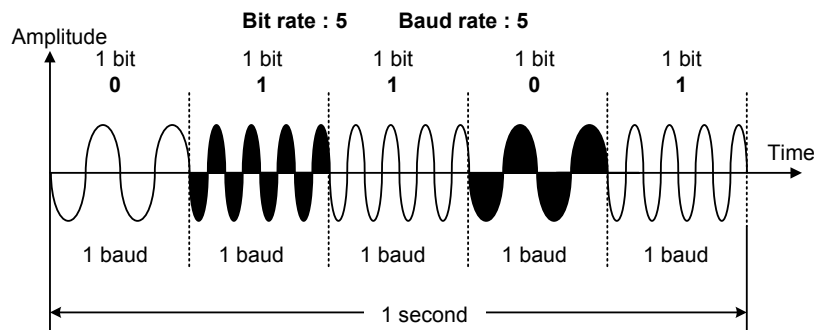
'1' →  $v_{c2}(t) = 5\sin(2\pi \cdot 20t + 180^\circ)$  V; Tồn tại trong 1 chu kỳ bit

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  $f_{c2}$ .



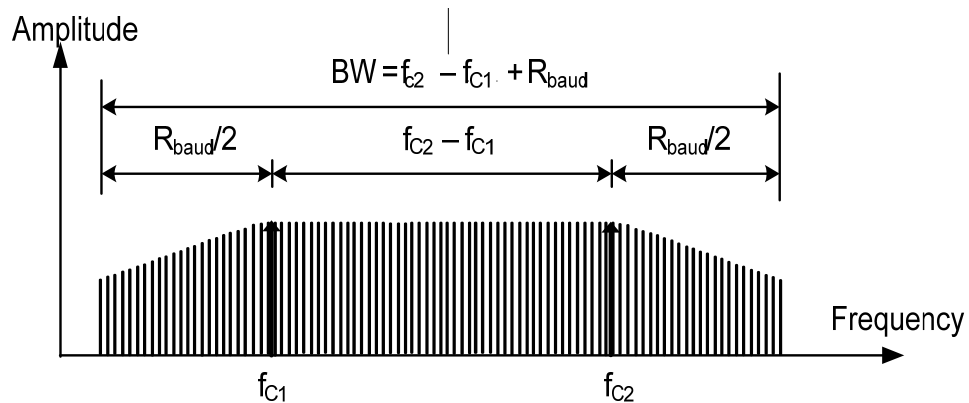
**b. Tín hiệu FSK không phải là tín hiệu điều hoà.** Vì tần số thay đổi.

**c. Tốc độ Baud:**

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

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

**+ Bảng thông của FSK:** Phổ FSK chính là tổ hợp của hai phổ ASK tập trung quanh 2 tần số:  $f_{C1}$  (bit 0) và  $f_{C2}$  (bit 1).



$$BW = f_{\text{max}} - f_{\text{min}}$$

$$BW = f_{C2} + (1/2)R_{\text{baud}} - [f_{C1} - (1/2)R_{\text{baud}}]$$

$$BW = f_{C2} - f_{C1} + R_{\text{baud}} = \Delta f + N_{\text{baud}} = \Delta f + R_{\text{baud}}$$

$$BW_{\text{FSK}} = \Delta f + R_{\text{baud}} ; BW_{\text{ASK}} = R_{\text{baud}} ;$$

$\Delta f$ : Độ lệch tần số của 2 sóng mang

$N_{\text{baud}} = R_{\text{baud}}$ : Tốc độ baud

$$R_{\text{bit}} = R_{\text{baud}}$$

**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°**.

- Tính tốc độ Baud.
- Tính băng thông của tín hiệu FSK trên.
- Vẽ phổ của tín hiệu FSK trên.

Giải:

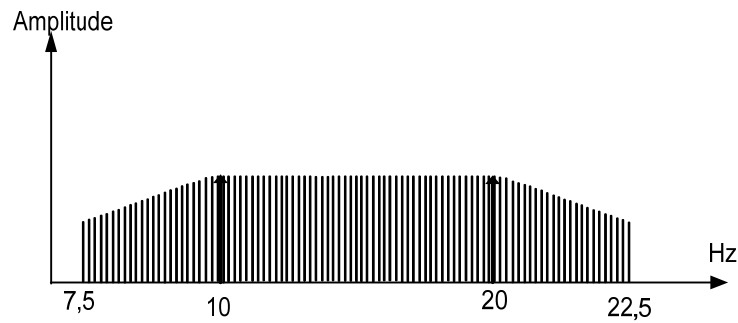
- Tính tốc độ Baud.

$$\text{FSK, } R_{\text{baud}} = R_{\text{bit}} = 5 \text{ baud/s}$$

- Tính băng thông của tín hiệu FSK trên.

$$BW_{\text{FSK}} = \Delta f + R_{\text{baud}} = 20 - 10 + 5 = 15 \text{ Hz}$$

- Vẽ phổ của tín hiệu FSK trên.



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

**+ Khuyết điểm FSK so với ASK:** Nếu cùng một tốc độ bit thì Băng thông FSK lớn hơn Băng thông ASK.

**Ví dụ 11:** Tính băng thông **nhỏ nhất** của hệ thống FSK, biết tốc độ bit **2kbps**, chế độ truyền dẫn **bán song công** và các sóng mang **cách 3kHz**.

**Giải:**

$$R_{\text{bit}} = 2\text{kbps} ; \Delta f = 3\text{kHz}; \text{ bán song công}$$

Vì hệ thống truyền bán song công nên:  $BW_{\text{hệ thống}} = BW_{\text{mỗi hướng}} = \Delta f + R_{\text{baud}}$

- Trong FSK,  $R_{\text{bit}} = R_{\text{baud}}$  ; suy ra  $R_{\text{baud}} = 2000 \text{ baud/s}$
- $BW_{\text{hệ thống}} = \Delta f + R_{\text{baud}} = 3.000 + 2.000 = 5.000 \text{ Hz} = 5 \text{ kHz}$

**Ví dụ 12:** Tính **tốc độ bit cực đại** của tín hiệu FSK nếu băng thông của hệ thống là **12kHz** và độ lệch tần số của giữa hai sóng mang **ít nhất là 2kHz**, chế độ truyền **song công**.

**Giải:**

Cho FSK;  $\Delta f_{\text{min}} = 2\text{kHz}; \text{ song công}; BW_{\text{hệ thống}} = 12\text{kHz}$

**Tính  $R_{\text{bit max}}$  ?**

Vì hệ thống truyền song công nên:  $BW_{\text{hệ thống}} = 2 \cdot BW_{\text{mỗi hướng}}$

$$\text{Suy ra: } BW_{\text{mỗi hướng}} = (1/2)BW_{\text{hệ thống}} = 12\text{kHz}/2 = 6\text{kHz} = 6.000\text{Hz}$$

Mà trong FSK, băng thông được tính theo công thức  $BW_{\text{FSK}} = BW_{\text{mỗi hướng}} = \Delta f + R_{\text{baud}}$  ;

Trong FSK,  $R_{\text{bit}} = R_{\text{baud}}$ .

Suy ra  $R_{\text{bit}} = BW_{\text{mỗi hướng}} - \Delta f$

$$R_{\text{bit Max}} = BW_{\text{mỗi hướng}} - \Delta f_{\text{min}} = 6.000 - 2.000 = 4.000 \text{ bps} = 4 \text{ kbps}$$

Vậy **tốc độ bit cực đại** của tín hiệu FSK là 4 kbps.

### 5.3.3 PSK (phase shift keying):

**+Khái niệm:** Pha của sóng mang thay đổi để biểu diễn các bit '1' và '0' (biên độ và tần số không đổi).

**Ví dụ:**

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

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

**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 đối với bit '**1**' là **180°**, pha đối với bit '**0**' là **0°**.

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

**Giải:**

**a. Vẽ tín hiệu PSK**

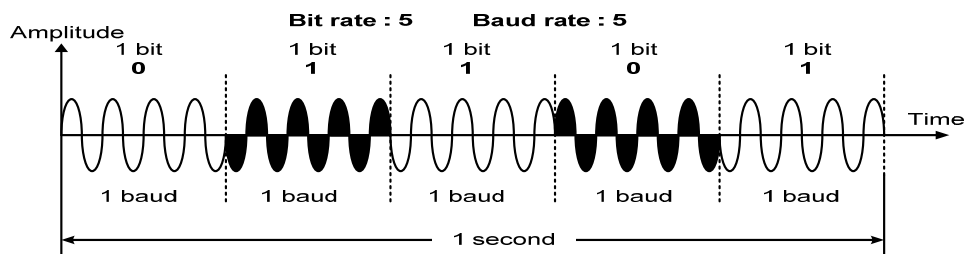
'0' →  $v_{c1}(t) = 5 \sin(2\pi \cdot 20t + 0^\circ)$  V ; Tồn tại trong 1 chu kỳ bit

'1' →  $v_{c2}(t) = 5 \sin(2\pi \cdot 20t + 180^\circ)$  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  $T_c = 1/f_c = 1/20 = 50\text{ms}$

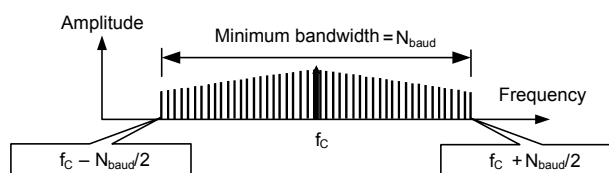
Vậy  $T_b = 4T_c \rightarrow 1$  chu kỳ bit chứa 4 chu kỳ sóng mang  $f_c$ .



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

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

+ **Bảng thông của PSK:** Giống bảng thông ASK



$$BW_{2\text{-PSK}} = R_{\text{baud}}$$

$N_{\text{baud}} = R_{\text{baud}}$ : Tốc độ baud

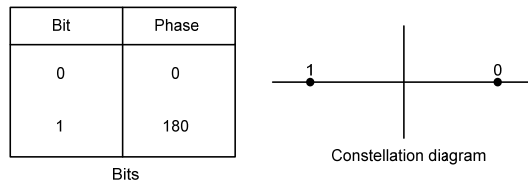
+ **Ưu điểm PSK (2-PSK, BPSK):** không bị ảnh hưởng nhiễu biên độ, Băng thông hẹp (nhỏ hơn băng thông của FSK)

$BW_{\text{ASK}} = R_{\text{baud}}$  ; nhiễu biên độ

$BW_{\text{FSK}} = \Delta f + R_{\text{baud}}$  ; không bị ảnh hưởng nhiễu biên độ

$BW_{\text{PSK}} = R_{\text{baud}}$  ; không bị ảnh hưởng nhiễu biên độ

+ **Giản đồ trạng thái pha:** '0' →  $v_{c1}(t) = 5 \sin(2\pi \cdot 20t + 0^\circ)$  V ; '1' →  $v_{c2}(t) = 5 \sin(2\pi \cdot 20t + 180^\circ)$



PSK không bị ảnh hưởng của các dạng nhiễu tác động như ASK, đồng thời cũng không bị ảnh hưởng của yếu tố băng thông rộng như FSK. Điều này có nghĩa là một thay đổi nhỏ của tín hiệu cũng có thể được máy thu phát hiện, như thế thay vì chỉ dùng hai thay đổi của tín hiệu từ một bit, ta có thể dùng với bốn sự thay đổi thông qua dịch pha của hai bit.

**+ 4-PSK: (QPSK): 4 pha, 1 pha được biểu diễn 2 bit.**

**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  $0^0$ ; '01' pha là  $90^0$ ; '10' pha là  $180^0$ ; '11' pha là  $270^0 (-90^0)$ .

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

'01'  $\rightarrow v_{c2}(t) = 5 \sin(2\pi \cdot 20t + 90^0)$  V ; Tồn tại trong 2 chu kỳ bit

'10'  $\rightarrow v_{c3}(t) = 5 \sin(2\pi \cdot 20t + 180^0)$  V ; Tồn tại trong 2 chu kỳ bit

'11'  $\rightarrow v_{c4}(t) = 5 \sin(2\pi \cdot 20t - 90^0)$  V ; Tồn tại trong 2 chu kỳ bit

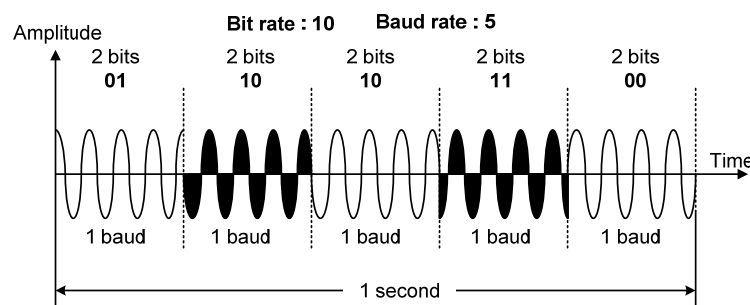
Chu kỳ bit  $T_b = 1/R_b = 1/10 = 100\text{ms}$

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  $f_c$ .

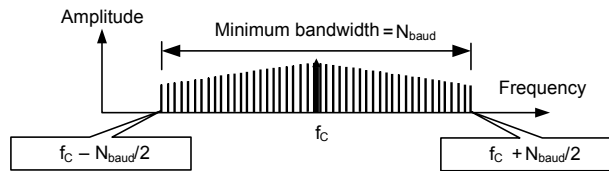
Cho một tín hiệu số **0110101100**



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

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

**+ Bảng thông của QPSK:** Giống bảng thông ASK



$$BW = R_{\text{baud}}$$

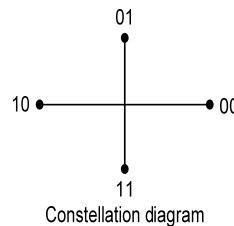
$N_{\text{baud}} = R_{\text{baud}}$ : Tốc độ baud

+ **Ưu điểm QPSK(2-PSK, BPSK):** không bị ảnh hưởng nhiễu 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.

+ **Giải đồ trạng thái pha QPSK:**

Dibit	Phase
00	0
01	90
10	180
11	270

Dibit  
(2 bits)

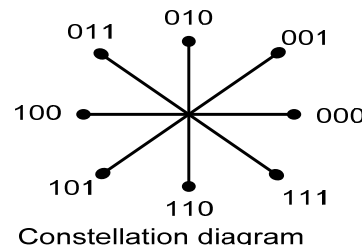


+ Tương tự, ta cũng có các phương pháp điều chế pha khác  **$2^n$  - PSK**, có n bit biểu diễn 1 pha, khoảng cách giữa các pha là  $360^\circ/2^n$ .

Từ đó, có thể phát triển lên 8-PSK. Thay vì dùng góc  $90^\circ$ , ta thay đổi tín hiệu từ các góc pha  $45^\circ$ . Với 8 góc pha khác nhau, dùng ba bit (một tribit), theo đó quan hệ giữa số bit tạo thay đổi với góc pha là lũy thừa của hai. Đồng thời **8-PSK** cũng cho phép truyền nhanh gấp 3 lần so với 2 - PSK, như minh họa ở hình 33.

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

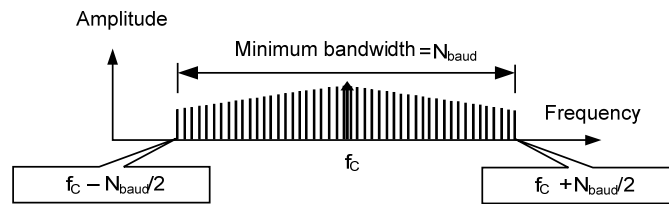
Tribits  
(3 bits)



Hình 5.1

+ **Băng thông dùng cho  $2^n$ -PSK:** Băng thông tối thiểu dùng cho truyền dẫn  $2^n$ -PSK thì tương tự như của ASK (**Băng tốc độ Baud**).

Băng thông tối thiểu dùng cho truyền dẫn  $2^n$ -PSK thì tương tự như của ASK, tuy nhiên tốc độ bit tối đa thì lớn hơn nhiều lần. Tức là tuy có cùng tốc độ baud tối đa giữa ASK và PSK, nhưng tốc độ bit của PSK dùng cùng băng thông này có thể lớn hơn hai hay nhiều lần như minh họa ở hình 5.34.



Hình 5.2

**Ví dụ 13:** Tìm băng thông của tín hiệu QPSK(4 – PSK), với tốc độ 2kbps theo chế độ bán song công.

Giải:

Vì hệ thống bán song công nên  $BW_{hệ\ thống} = BW_{mỗi\ hướng} = BW_{QPSK}$

Phương pháp điều chế 4 – PSK, 1 pha (đơn vị tín hiệu) chứa 2 bit,

$R_{bit} = 2 \times R_{baud}$  ; Suy ra  $R_{baud} = (1/2) \cdot R_{bit} = 1000 \text{ baud/s}$ ;

Mà  $BW_{PSK} = R_{baud}$  ; Suy ra  $BW_{QPSK} = 1000 \text{ Hz}$ .

**Ví dụ 14:** Cho tín hiệu 8–PSK có băng thông 5.000 Hz, tìm tốc độ bit và tốc độ baud?

Giải:

Phương pháp điều chế 8 – PSK, 1 pha (đơn vị tín hiệu) chứa 3 bit,

$R_{bit} = 3 \times R_{baud}$  ;

Mà  $BW_{8-PSK} = R_{baud}$  ; Suy ra  $R_{baud} = 5000 \text{ baud/s}$  ;

Suy ra  $R_{bit} = 3 \times R_{baud} = 15.0000 \text{ bps} = 15 \text{ kbps}$  ;

### 5.3.4 QAM (quadrature Amplitude Modulation)

PSK bị giới hạn từ khả năng phân biệt các thay đổi góc pha nhỏ của thiết bị, điều này làm giảm tốc độ bit.

**+ Khái niệm:** QAM là phương thức kết hợp giữa ASK và PSK sao cho ta khai thác được tối đa sự khác biệt giữa các đơn vị tín hiệu.

**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 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:

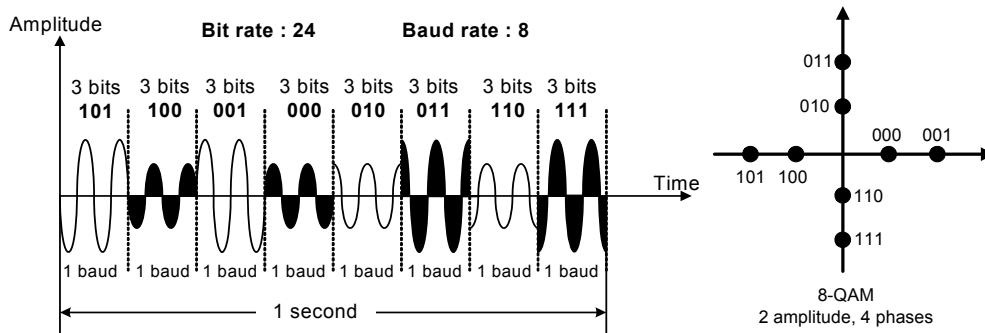
a. Vẽ tín tín hiệu 8-QAM.

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 **10110000100010011110111**



b. Tín hiệu 8-QAM không phải là tín hiệu điều hoà, vì có nhiều biên độ và nhiều pha.

c. Tính tốc độ Baud.

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

d. Tính băng thông 8-QAM.

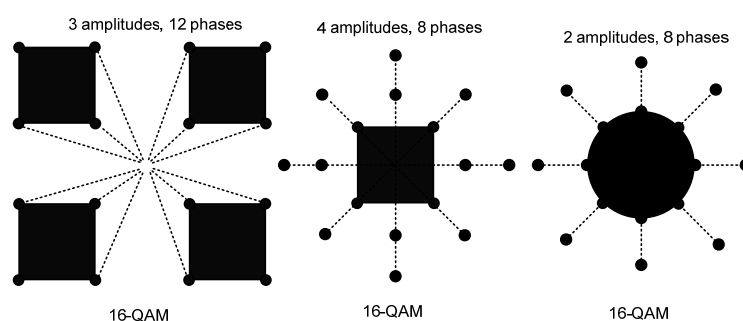
Băng thông của tín hiệu QAM bằng băng thông ASK và bằng tốc độ baud

$$BW_{\text{QAM}} = BW_{\text{ASK}} = R_{\text{baud}}$$

$$\text{Suy ra } BW_{\text{QAM}} = 8\text{Hz.}$$

+ Tương tự ta cũng có các dạng điều chế  $2^n$ -QAM. Với  $n$  là số bit chứa trong một đơn vị tín hiệu,  $2^n$  : là số loại đơn vị tín hiệu.

Quan hệ hình học của QAM có thể thể hiện dưới nhiều dạng khác nhau như trong hình sau, trong đó minh họa 3 cấu hình thường gặp của 16-QAM.



Trường hợp đầu dùng 3 biên độ và 12 pha, giảm thiểu tốt nhiều do có tỉ số giữa góc pha và biên độ lớn như ITU - đề nghị.

Trường hợp thứ hai, bốn biên độ và 8 pha, theo yêu cầu của mô hình OSI, khi quan sát kỹ, ta sẽ thấy là cấu hình theo dạng đồng trục, không xuất hiện yếu tố giao nhau giữa các biên độ và pha. Thực ra, với  $3 \times 8$  ta có đến 32 khả năng. Tuy nhiên khi mới sử dụng phân nửa khả năng này, thì sai biệt góc pha đo lường được đã gia tăng cho phép đọc tín hiệu tốt hơn rồi. Thông thường thì QAM cho thấy ít bị ảnh hưởng của nhiễu hơn so với ASK (do có yếu tố pha)



**+ Bảng thông của QAM:**

Bảng thông tối thiểu cần cho truyền dẫn QAM thì giống như của ASK và PSK, đồng thời QAM cũng thừa hưởng ưu điểm của PSK so với ASK.

**+ So sánh tốc độ bit/tốc độ baud:**

Giả sử tín hiệu FSK được dùng truyền tín hiệu qua đường thoại có thể gởi đến 1200 bit trong một giây, tức có tốc độ bit là 1200 bps. Mỗi tần số thay đổi biểu diễn một bit; như thế thì cần có 1200 phần tử tín hiệu để truyền 1200 bit. Trong tốc độ baud, cũng là 1200 bps. Mỗi thay đổi của tín hiệu trong hệ thống 8 – QAM, được biểu diễn dùng ba bit, như thế với tốc độ bit là 1200 bps, thì tốc độ baud chỉ là 400. Trong hình 38, cho thấy hệ thống dibit có tốc độ baud chỉ bằng phân nửa tốc độ bit, và trong hệ tribit thì tốc độ baud chỉ còn một phần ba tốc độ bit, và trường hợp quabit thì tốc độ baud chỉ còn một phần tư tốc độ bit.

Bảng B.1 nhằm so sánh tốc độ bit và tốc độ baud trong nhiều phương pháp điều chế số - tương tự.

Dạng điều chế	Số bit trong một đơn vị tín hiệu	Bits/Baud	Tốc độ Baud	Tốc độ Bit
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
256-QAM	8 Bit	8	N	8N

**Ví dụ 15:** Giản đồ pha trạng thái gồm 8 điểm cách đều nhau trên một vòng tròn. Biết tốc độ bit là 4800 bps, tính tốc độ baud .

Giải:

- Đây là dạng 8 –PSK ( $2^3=8$ )
- Các pha cách nhau  $360^0/8 = 45^0$
- Một đơn vị tín hiệu chứa 3 bit.
- Như thế tốc độ baud là  $R_{\text{baud}} = (1/3)R_{\text{bit}} = 4.800/3 = 1600$  baud/s

**Ví dụ 16:** Tính tốc độ bit của tín hiệu 16 – QAM, biết tốc độ baud là 1000.

Giải:

- Đây là dạng 16 – QAM ( $2^4=16$ )
- Một đơn vị tín hiệu chứa 4 bit.
- Như thế tốc độ bit là  $R_{\text{bit}} = 4 R_{\text{baud}} = 1.000 \times 4 = 4.000$  bps.

**Ví dụ 17:** Tìm tốc độ baud của tín hiệu 64-QAM biết có tốc độ bit 72.000 bps.

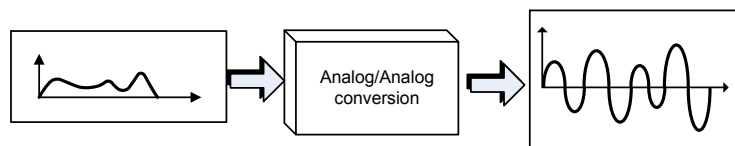
Giải:

- Đây là dạng 64 – QAM ( $2^6=64$ )
- Một đơn vị tín hiệu chứa 6 bit.
- Như thế tốc độ baud là  $R_{\text{baud}} = (1/6)R_{\text{bit}} = 72.000/6 = 12.000$  baud.

#### 5.4 CHUYỂN ĐỔI ANALOG –ANALOG (Điều chế tương tự)

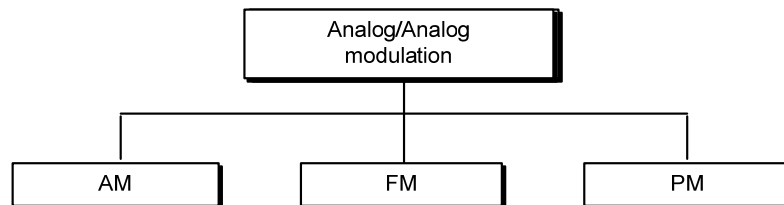
+ Khái niệm: Là quá trình thay đổi một trong các thông số của sóng mang cao tần (Dạng điều hoà) bởi tín hiệu tin tức (dữ liệu tương tự).

+ Sơ đồ khối:



+ Sóng mang cao tần (Dạng điều hoà) có 3 thông số : Biên độ, tần số và pha nên ta có 3 phương pháp điều chế tương tự là:

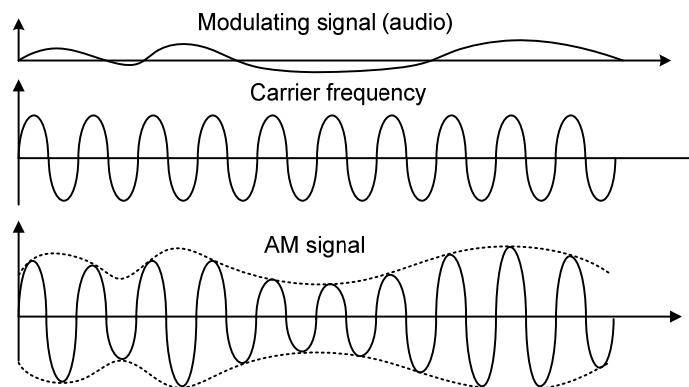
- **AM** (Amplitude Modulation): Điều biên (Điều chế biên độ)
- **FM** (Frequency Modulation) ): Điều tần (Điều chế tần số)
- **PM** (Phase Modulation) ): Điều pha (Điều chế pha)



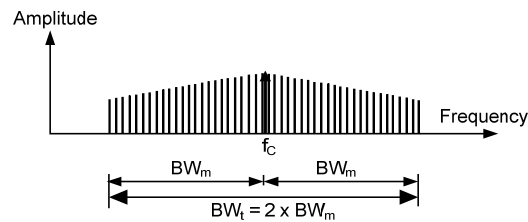
##### 5.4.1 Điều biên (AM):

+ Khái niệm: Là phương pháp mà biên độ sóng mang được thay đổi theo tín hiệu điều chế (tin tức), tần số và góc pha sóng mang không đổi.

+ Tín hiệu điều chế (tin tức) trở thành hình bao của sóng mang.



**+ Băng thông của tín hiệu AM:**



$$BW_{AM} = 2 F_{i \max} = 2 BW_i$$

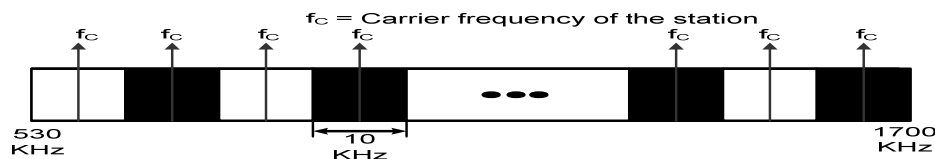
Với  $F_{i \max}$  là tần số cực đại của tín tức.

Với  $BW_i = BW_m$  là Băng thông của tín tức.

**Ví dụ:** Băng thông của tín hiệu thoại thường là **5 KHz**. Như thế các đài phát thanh AM cần băng thông tối đa là **10 KHz**. Trong thực tế, FCC (Federal Communication Commission) cho phép mỗi đài AM có băng thông là 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.

**+ Ví dụ:** Nếu một đài phát dùng tần số **1100 KHz**, thì tần số sóng mang kế không được phép bé hơn **1110 KHz**.

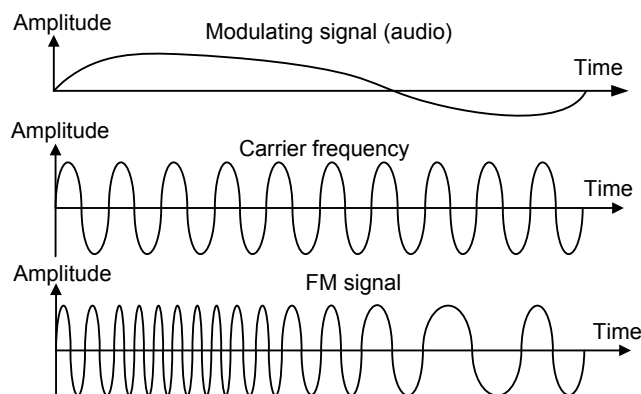


**Ví dụ 18:** Cho tín hiệu với băng thông 4 KHz, tìm băng thông của tín hiệu AM. Giả sử không tính đến các qui định của FCC.

Giải: Tín hiệu AM có băng thông là hai lần băng thông tín hiệu gốc:  $BW = 2 \times 4\text{KHz} = 8 \text{ KHz}$

**5.4.2 FM (Điều tần):**

**+ Khái niệm:** Là quá trình mà tần số sóng mang biến thiên theo biên độ tín hiệu tin tức, biên độ và pha của sóng mang không đổi.



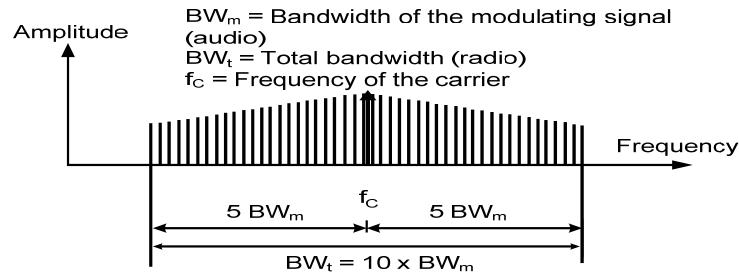
**+ Băng thông tín hiệu FM:**

$$BW_{FM} = 2 (F_{i \max} + \Delta f_m) = 10 \cdot BW_i$$

Với :  $F_{i \max}$  là tần số cực đại của tín tức.

$\Delta f_m$  là độ di tần cực đại.

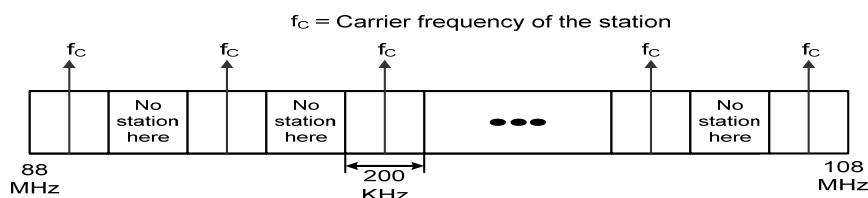
$BW_i$  là Băng thông của tín tức.



- 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.
- Cơ quan FCC cho phép 200 KHz (0,2 MHz) cho mỗi đài nhằm dự phòng các dải tần bảo vệ (guard band).

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** để tránh trùng lặp sóng.

Trong tầm từ 88 MHz đến 108 MHz, có khả năng có **100 kênh FM**, trong đó có thể dùng cùng lúc 50 kênh.



**Ví dụ 19:** Cho tín hiệu với băng thông 4 MHz, điều chế FM, tìm băng thông của tín hiệu FM đó, không tính đến qui định của FCC.

**Giải:** Tín hiệu FM cần 10 lần băng thông của tín hiệu gốc:  $BW = 10 \times 4 \text{ MHz} = 40 \text{ MHz}$

#### 5.4.3 PM (Phase Modulation):

Nhằm đơn giản hóa yêu cầu của phần cứng, đôi khi PM được dùng thay thế FM trong một số hệ thống, theo đó góc pha của sóng mang được điều chế theo biên độ tín hiệu điều chế, trong khi biên độ và tần số của sóng mang được giữ không đổi. Phương pháp phân tích thì tương tự như FM và không được bàn ở đây.