

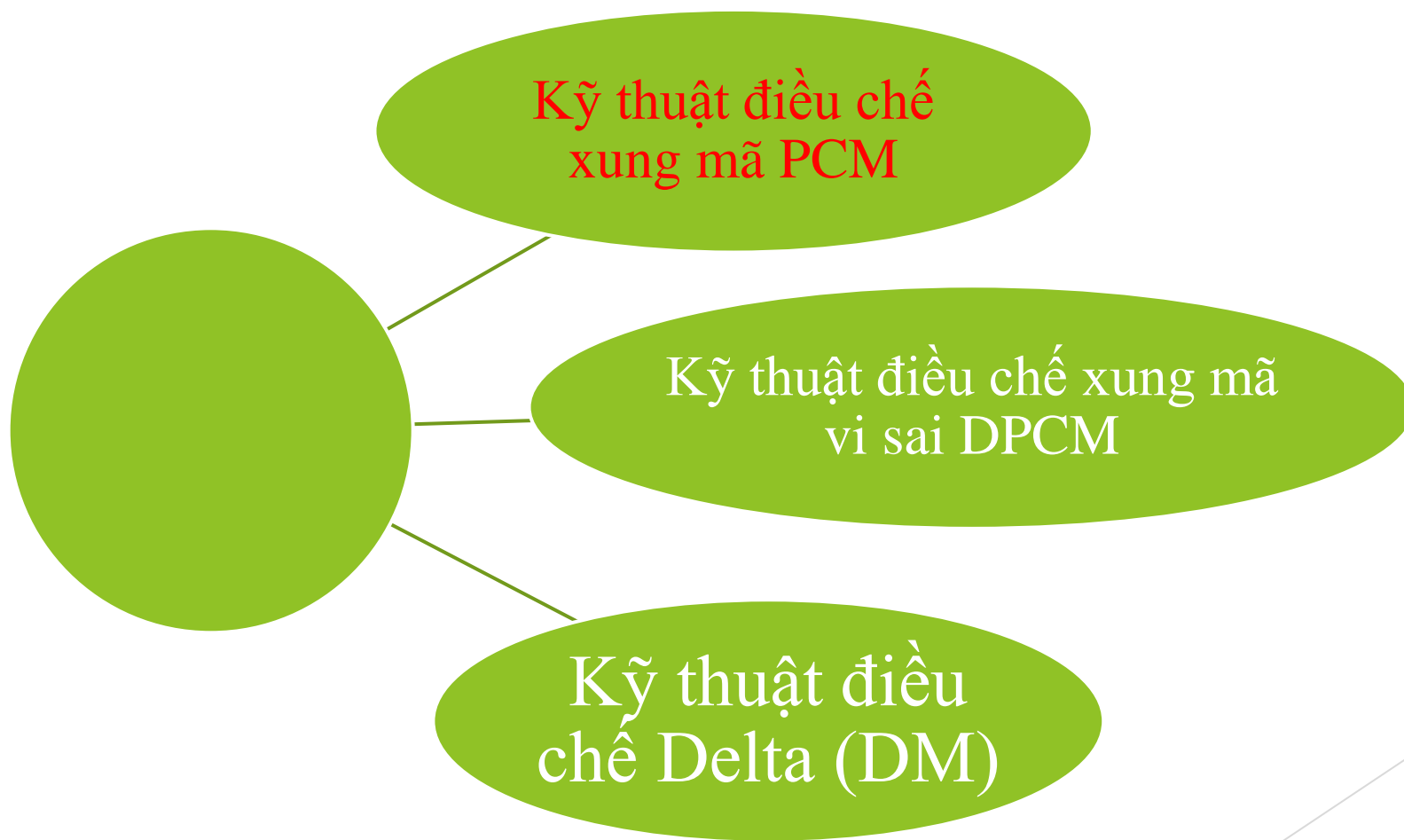
Chương 3

HỆ THỐNG TRUYỀN DẪN SỐ

NỘI DUNG CHÍNH

- Tổng quan về hệ thống truyền dẫn số
- **Kỹ thuật số hóa tín hiệu liên tục**
- Mã đường truyền
- Kỹ thuật ghép kênh phân chia theo thời gian
- Giới thiệu một số hệ sóng mang

KỸ THUẬT SỐ HÓA TÍN HIỆU LIÊN TỤC



KỸ THUẬT SỐ HÓA TÍN HIỆU LIÊN TỤC

□ Có 3 phương pháp mã hóa tiếng nói:

+ Mã hóa dạng sóng: Dạng sóng của tín hiệu tiếng nói được rời rạc hóa nhờ lấy mẫu và sau đó được mã hóa bởi từ mã nhị phân.

+ Mã hóa nguồn phát thanh: Phân tích cơ chế tạo âm thanh của con người. Các rung động khác nhau của luồng khí được mô hình hóa bởi một xung hoặc chuỗi xung. Hộp cộng hưởng (khoang miệng, mũi, sự biến đổi của lưỡi môi) được mô tả như một bộ lọc.

Thay vì truyền đi chuỗi bit mô tả dạng sóng tiếng nói, ta truyền đi các bit mã là các thông số của mô hình tạo tiếng nói.

+ Mã hóa lai: Kết hợp hai phương pháp trên

KỸ THUẬT ĐIỀU CHẾ XUNG MÃ PCM

- ❑ Là một dạng tiêu biểu của mã hóa dạng sóng: Là quá trình chuyển đổi tín hiệu tiếng nói tương tự sang tín hiệu số.
- ❑ Cơ sở là định lý lấy mẫu Nyquist- Shannon.

Nếu tín hiệu $s(t)$ có phổ $|S(f)| = 0$ với mọi $f \geq f_{max}$

Thì $s(t)$ tương đương chuỗi các giá trị mẫu:

$$s(t) \leftrightarrow \{s(n\Delta t)\}_{n=-\infty}^{+\infty} \quad \text{với } \Delta t \leq \frac{1}{2f_{max}}$$

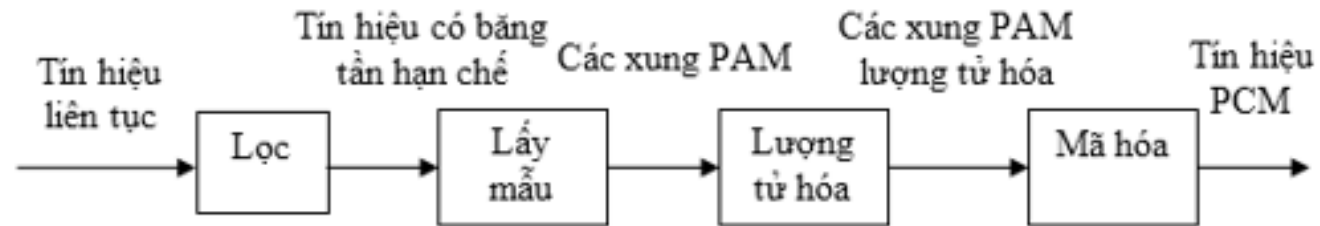
Luôn khai triển được: $s(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} s(n\Delta t) \cdot \frac{\sin \pi(t-n\Delta t)/\Delta t}{\pi(t-n\Delta t)/\Delta t}$

KỸ THUẬT ĐIỀU CHẾ XUNG MÃ PCM

- ❑ $s(n\Delta t)$ chứa lượng thông tin tương đương lượng thông tin của $s(t)$.
- ❑ Thay vì truyền đi tín hiệu liên tục ta có thể truyền đi các giá trị mẫu $s(n\Delta t)$ của nó sao cho thời gian lấy mẫu Δt thỏa điều kiện trên.
- ❑ Đầu thu có thể khôi phục tín hiệu $s(t)$ bằng cách cho tín hiệu thu được qua mạch lọc có đáp ứng xung $h(t) = \frac{\sin \pi t / \Delta t}{\pi t / \Delta t}$.

KỸ THUẬT ĐIỀU CHẾ XUNG MÃ PCM

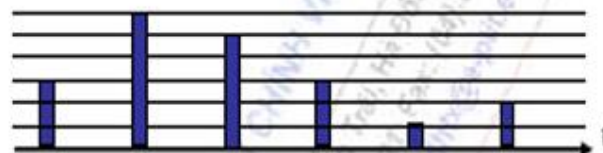
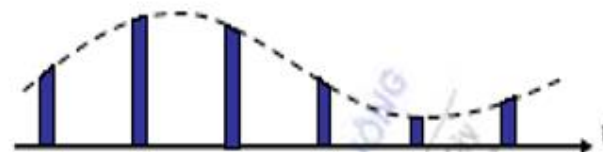
□ Quy trình của PCM



Lấy mẫu

Lượng tử hoá

Mã hoá

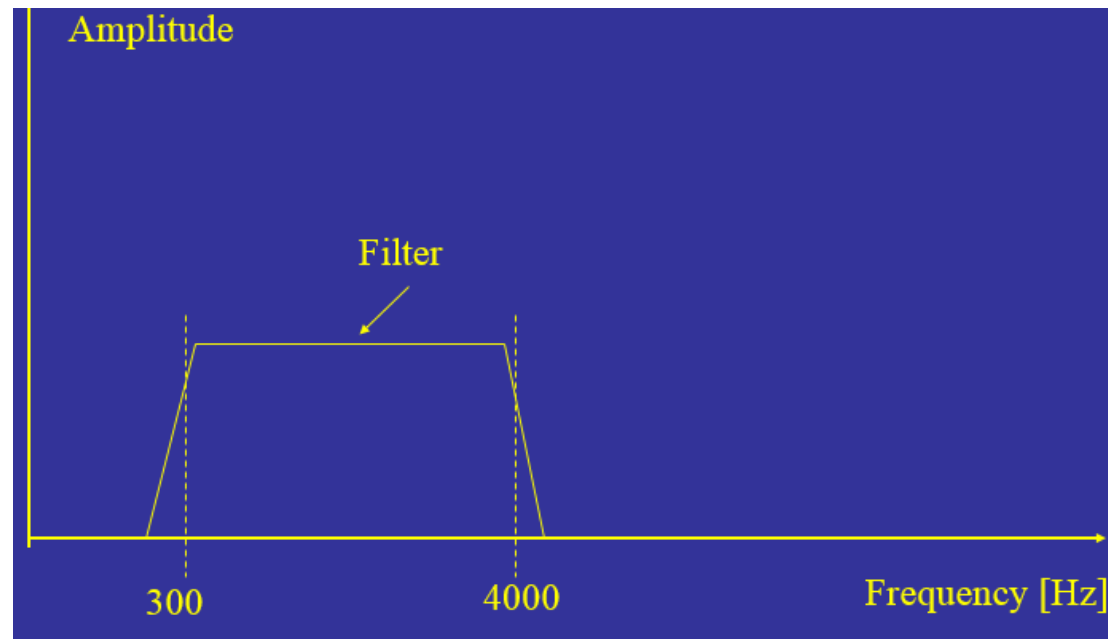


LỌC HẠN BĂNG

❑ Mục đích:

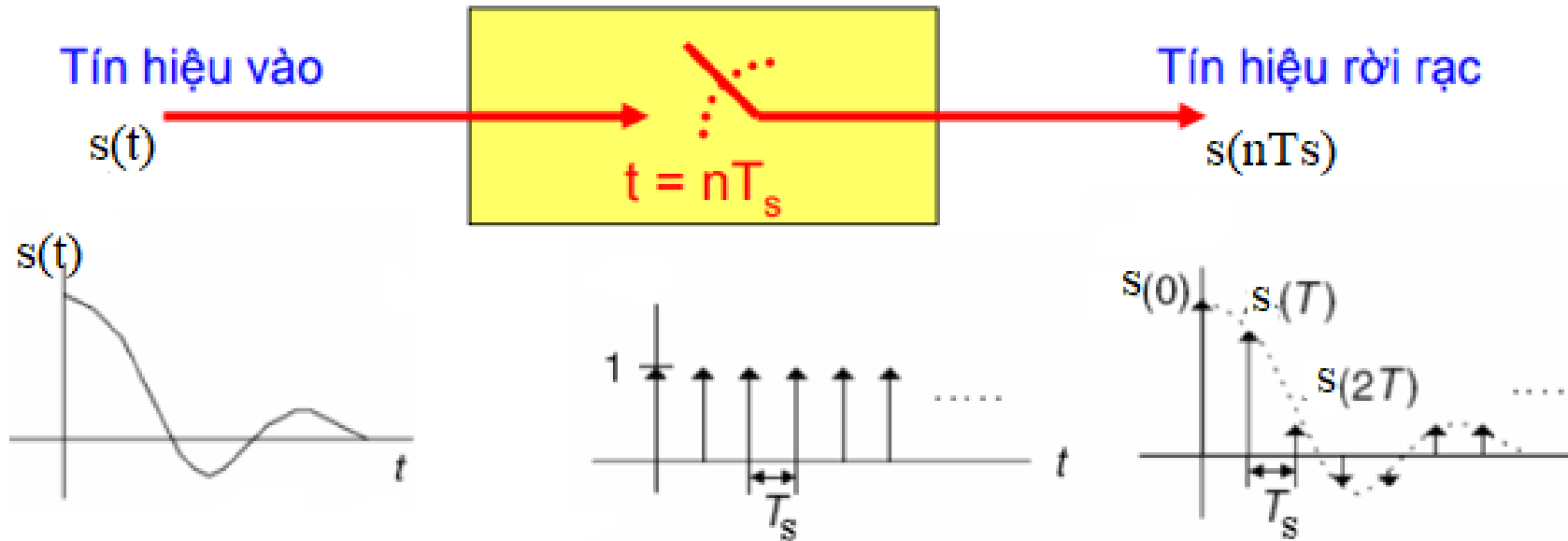
- Hạn chế băng thông tín hiệu đầu vào.
- Chống chồng phổ tín hiệu sau khi lấy mẫu tín hiệu.

❑ Được thực hiện bằng các bộ lọc thông thấp.



LẤY MẪU

- ❑ Mục đích: Thực hiện rời rạc hóa tín hiệu
- ❑ Nguyên lý lấy mẫu



Trong đó: T_s là chu kỳ lấy mẫu

$$f_s = \frac{1}{T_s} \text{ tần số lấy mẫu [Hz] hay tốc độ lấy mẫu [mẫu/giây]}$$

LẤY MẪU

□ Tần số lấy mẫu bao nhiêu?

- Xét ví dụ với hai tín hiệu:

$$x_1(t) = \cos 20\pi t \rightarrow f_1 = 10\text{Hz}$$

$$x_2(t) = \cos 100\pi t \rightarrow f_2 = 50\text{Hz}$$

- Cả hai tín hiệu lấy mẫu tại tần số $f_s = 40\text{Hz}$.

$$x_1(nT_s) = \cos 20\pi \frac{n}{40} = \cos\left(\frac{\pi n}{2}\right)$$

$$x_2(nT_s) = \cos 100\pi \frac{n}{40} = \cos\left(2\pi + \frac{\pi n}{2}\right) = \cos\left(\frac{\pi n}{2}\right)$$

➤ **Kết luận:**

LẤY MẪU

□ Theo định lý lấy mẫu Nyquist- Shannon

- Tần số lấy mẫu phải thỏa:

$$f_s \geq 2W$$

- Tần số lấy mẫu Nyquist:

$$f_s = 2W$$

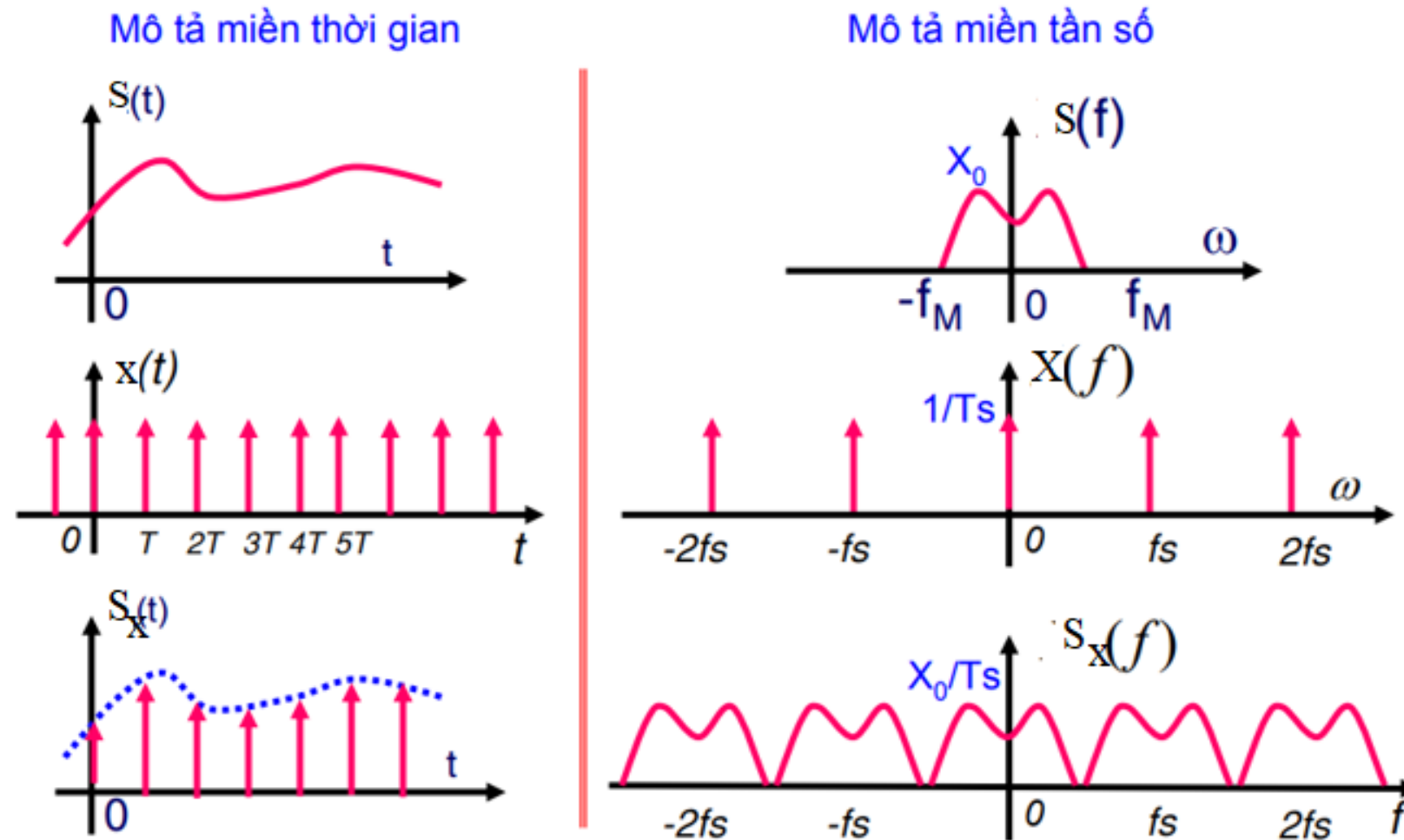
W là băng thông tín hiệu tương tự

□ Do vậy tần số lấy mẫu tín hiệu thoại là 8Khz, với âm thanh lưu trong đĩa CD là 44,1Khz.

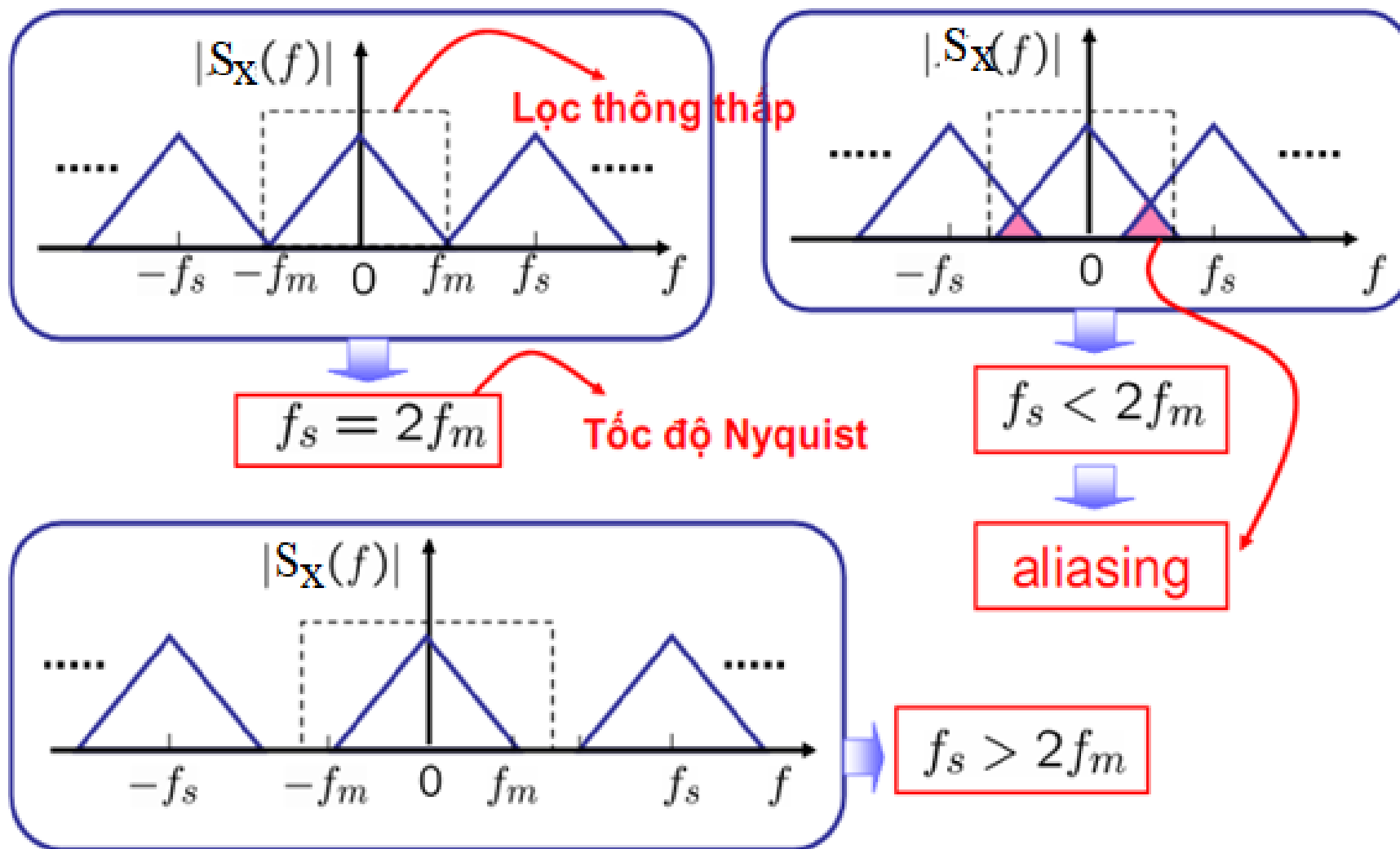
□ Tín hiệu sau lấy mẫu là tín hiệu PAM tương tự.

LẤY MẪU

❑ Quá trình lấy mẫu tín hiệu như sau



LẤY MẪU



BÀI TẬP VÍ DỤ

Cho tín hiệu liên tục

$$X(t) = 4 + \cos 2\pi t + 6\cos 8\pi t \quad (t:\text{ms})$$

Xác định giá trị hợp lý của f_s ?

Lời giải:

LƯỢNG TỬ HÓA

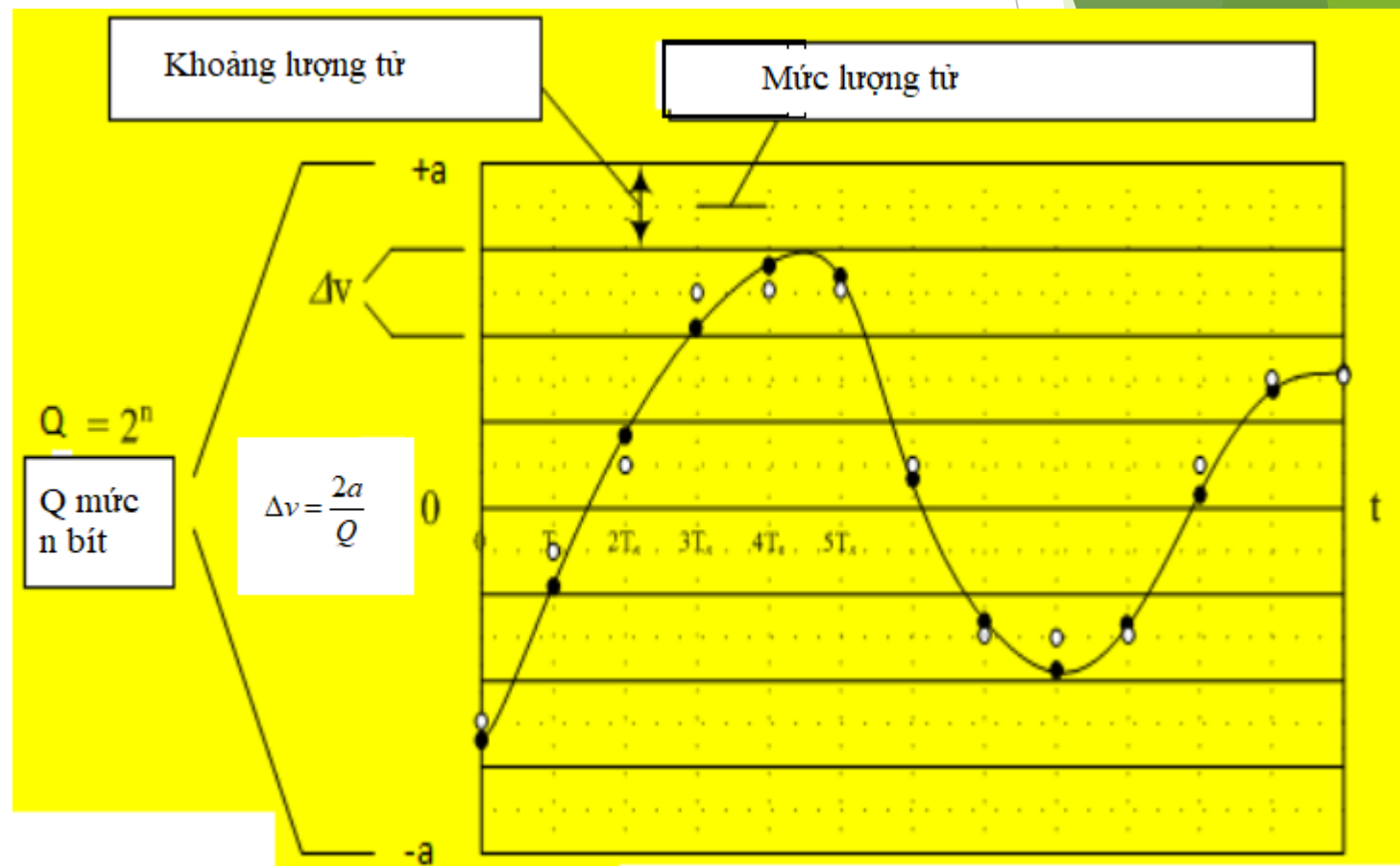
- ❑ Là quá trình làm tròn các mẫu tới một số hữu hạn các mức lượng tử.
- ❑ Dải giá trị có thể có của tín hiệu tương tự được chia thành Q mức lượng tử. Q thường được lấy theo lũy thừa của 2 ($Q = 2^N$)

Trong đó N : Số bit để mã hóa 1 mẫu tín hiệu

- ❑ Các giá trị các mẫu tín hiệu (các xung PAM) được làm tròn thành mức lượng tử gần nhất.
- ❑ Với hầu hết các mẫu, các mẫu lượng tử sẽ khác với mẫu gốc một lượng nhỏ được gọi là sai số lượng tử (lỗi lượng tử).
- ❑ Gồm hai loại:
 - + Lượng tử hóa đều
 - + Lượng tử hóa không đều

LƯỢNG TỬ HÓA ĐỀU

- ❑ Q mức lượng tử bằng nhau.
- ❑ Bước lượng tử $\Delta = \frac{2a}{Q}$.
- ❑ Lỗi lượng tử $e_q(n\Delta t)$ Có giá trị lớn nhất là $\left[\frac{\Delta}{2}\right]$.
- Được đánh giá thông qua P_{eq}
- Khi Δ đủ nhỏ nó là biến ngẫu nhiên phân bố đều.



LƯỢNG TỬ HÓA ĐỀU

- Công suất lỗi lượng tử:

$$\begin{aligned} P_{eq} &= \int_{-\frac{\Delta}{2}}^{\frac{\Delta}{2}} eq^2 \cdot \frac{1}{\Delta} deq = eq^3 \cdot \frac{1}{3\Delta} \bigg|_{-\frac{\Delta}{2}}^{\frac{\Delta}{2}} = \frac{\Delta^2}{12} \\ &= \frac{(2a/Q)^2}{12} = \frac{a^2}{3Q^2} \end{aligned}$$

- Số mức $Q = \frac{2a}{\Delta}$

- Số bit mã hóa cho một mẫu: $N = \log_2 Q$

LƯỢNG TỬ HÓA ĐỀU

□ Tỷ số công suất tín hiệu trên công suất lỗi lượng tử

$$- SNR = \frac{\text{Signal Power}}{\text{Noise Power}} = \frac{P_s}{P_{eq}} = \frac{3Q^2}{a^2} P_s$$

$$\begin{aligned} - SNR_{dB} &= 10 \log_{10} \left(\frac{3Q^2}{a^2} P_s \right) \\ &= 10 \log_{10} \left(\frac{3}{a^2} P_s \right) + 10 \log_{10}(2^{2N}) \\ &= \underbrace{10 \log_{10} \left(\frac{3}{a^2} P_s \right)}_{\alpha} + \underbrace{20N \log_{10}(2)}_{6N} \\ &= \alpha + 6N \text{ (dB)} \end{aligned}$$

LƯỢNG TỬ HÓA ĐỀU

❑ Nhận xét

- ❖ SNR phụ thuộc và biên độ tín hiệu vào
- ❖ Nếu tăng số bit mã hóa lên 1 thì SNR tăng lên 6dB và băng thông tăng lên với tỷ lệ $(N+1)/N$
- ❖ Bước lượng tử Δ có giá trị lớn $\rightarrow Q$ nhỏ $\rightarrow N$ nhỏ điều này dẫn đến tốc độ truyền $V = \frac{N}{\Delta t}$ tin nhỏ, phổ chiếm nhỏ.
- ❖ Bước lượng tử Δ có giá trị lớn $\rightarrow P_{ta}$ lớn làm chất lượng thoại giảm.
- Δ không được quá nhỏ hoặc quá lớn tuy nhiên sự dung hòa này không đều. Tìm biện pháp khắc phục.

BÀI TẬP

Bài tập 1: Ta muốn truyền và quét một bức ảnh đen trắng có độ rộng 15cm và chiều dài 20cm. Độ phân giải của máy quét là 60x60 trên cm^2 . Bức ảnh được lượng tử hóa với 256 mức. Tính dung lượng bức ảnh và thời gian truyền bức ảnh nếu dùng modem với tốc độ 64kbps.

Lời giải:

BÀI TẬP

Bài tập 2: Một tín hiệu có độ rộng băng 4Khz được lấy mẫu với tốc độ Nyquist và được phát bằng cách sử dụng PCM với phương pháp lượng tử hóa đều. Nếu số mức lượng tử tăng từ 64 lên 256. Hỏi sự thay đổi của SNR và băng thông truyền dẫn như thế nào?

Lời giải:

LƯỢNG TỬ HÓA KHÔNG ĐỀU

❑ Xuất phát từ tiếng nói có biên độ nhỏ xuất hiện nhiều hơn tiếng nói có biên độ lớn.

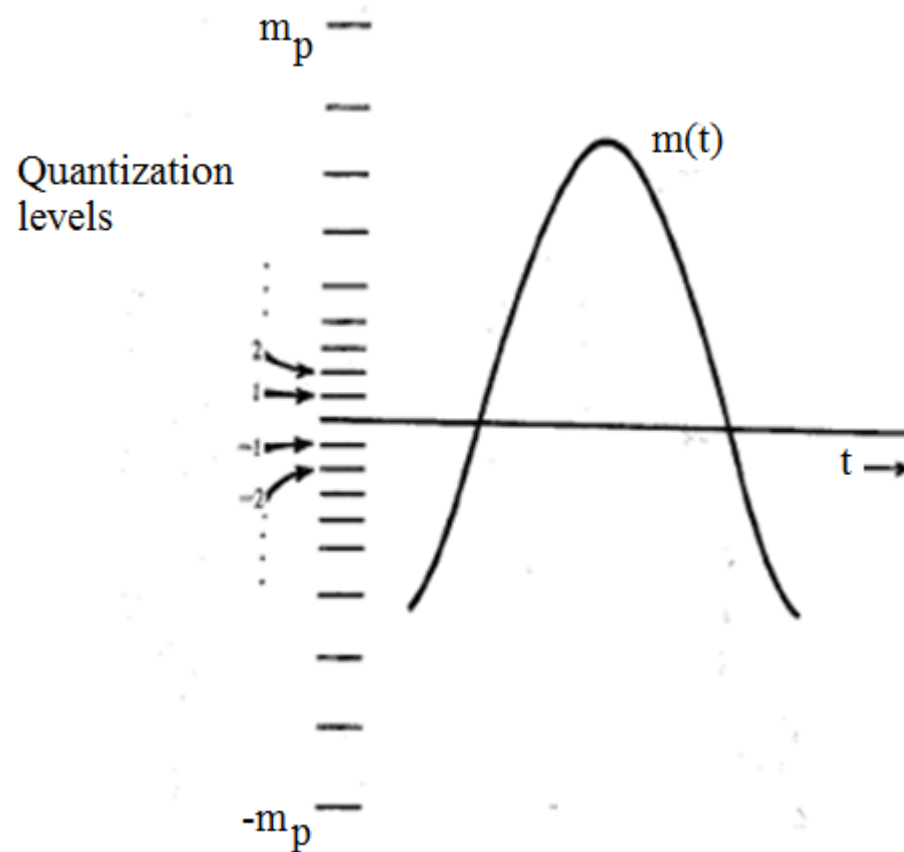
❑ Chia dải động tiếng nói thành Q khoảng không đều nhau

- Với biên độ lớn ta chia bước lượng tử lớn.

- Với biên độ tiếng nói nhỏ chia bước lượng tử nhỏ.

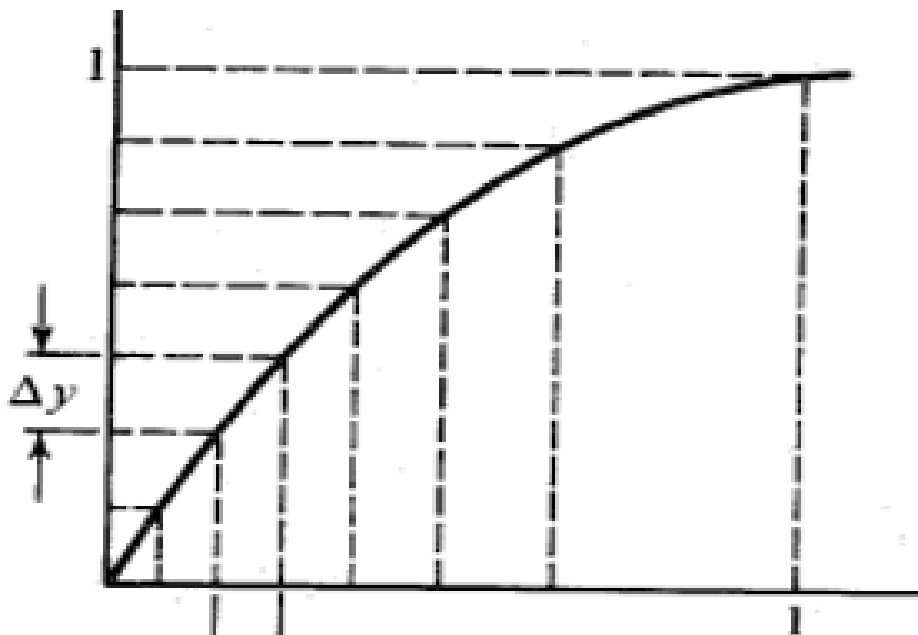
❑ Tuy nhiên việc chia không đều phải sử dụng phân áp và rất phức tạp.

➤ Giải pháp tương đương là **nén tín hiệu rồi lượng tử hóa đều**.



LƯỢNG TỬ HÓA KHÔNG ĐỀU

- ❑ **Luật nén Logarit:** Tín hiệu lỗi ra của mạch biến thiên theo hàm logarit của tín hiệu lỗi vào hình thành nên đồ thị đường cong nén.
- ❑ Việc giãn-nén phải giống nhau.
- ❑ Có hai luật nén
 - Luật nén Châu Âu
 - Luật nén Châu Mỹ



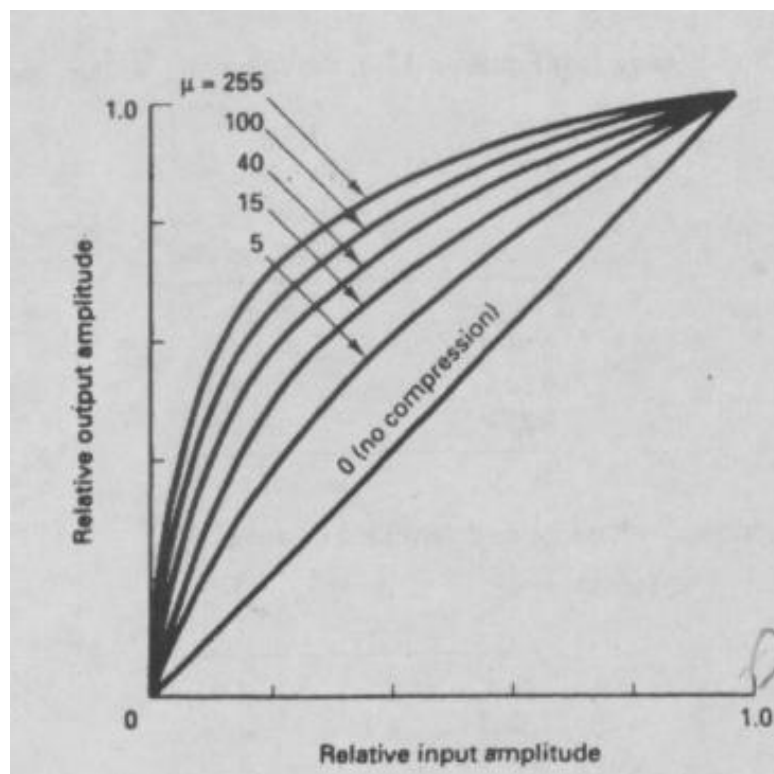
LƯỢNG TỬ HÓA KHÔNG ĐỀU

❑ Luật nén Châu Mỹ

Hàm nén: $y = \text{sign}(x) \frac{\ln(1+\mu|x|)}{\ln(1+\mu)}$, $-1 \leq x \leq 1$

Với luật nén này, đường cong nén được làm gần đúng 15 đoạn gồm 7,5 đoạn dương và 7.5 đoạn âm.

➤ Truyền tiếng nói thì $\mu=255$.



LƯỢNG TỬ KHÔNG ĐỀU

□ Luật nén Châu Âu (luật A=87,6)

$$\text{Hàm nén } y = \begin{cases} \text{sign}(x) \frac{A|x|}{1+\ln A}, & 0 \leq |x| \leq 1/A \\ \text{sign}(x) \frac{1+\ln A|x|}{1+\ln A}, & 1/A \leq |x| \leq 1 \end{cases}$$

Đường cong nén được làm gần đúng thành 13 đoạn thẳng gồm 6,5 đoạn âm và 6,5 đoạn dương.

MÃ HÓA NHỊ PHÂN

- ❑ Mỗi mẫu tín hiệu sau khi lượng tử hóa sẽ được mã hóa bởi từ mã n bit.
- ❑ Với tín hiệu PCM bộ mã hóa 8 bit thường được sử dụng
- ❑ Định dạng của tổ hợp mã: PXYZABCD

Trong đó: Bit P là bit polarity. $P=1$: nó là dương (+)

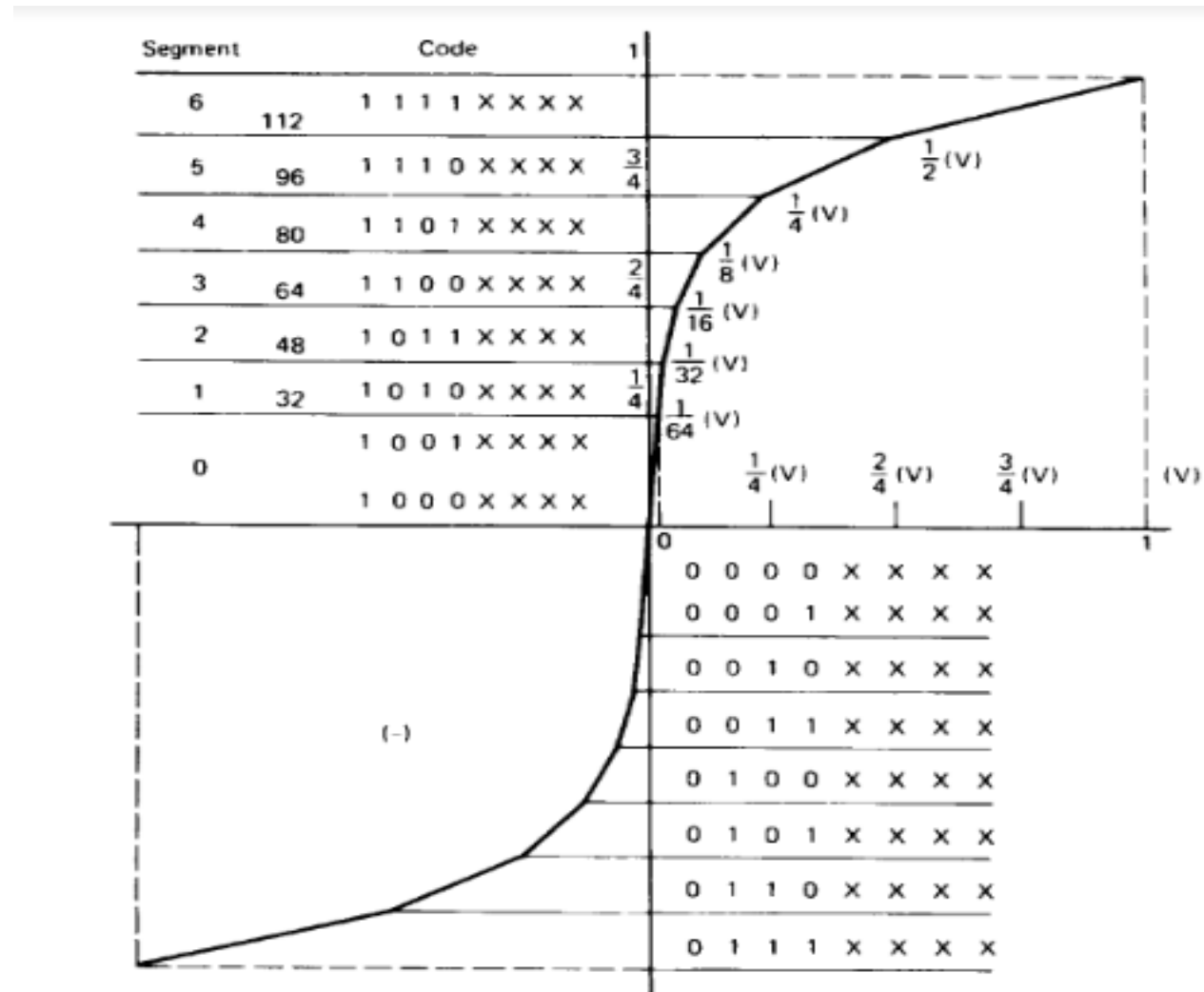
$P=0$: nó là âm (-)

Bit XYZ chỉ địa chỉ đoạn

Bit ABCD chỉ địa chỉ mức của đoạn.

MÃ HÓA NHỊ PHÂN

❑ Mã hóa



Định lý Nyquist cho tốc độ truyền dẫn

- ❑ Tốc độ truyền dẫn càng lớn thì xung truyền dẫn hẹp, dẫn đến phổ tín hiệu rộng hơn nên tốn băng tần hơn.
- ❑ **Theo lý thuyết băng thông tối thiểu yêu cầu để truyền R xung/giây là $R/2$ Hz.**

ĐỘ RỘNG BĂNG TÍN HIỆU PCM

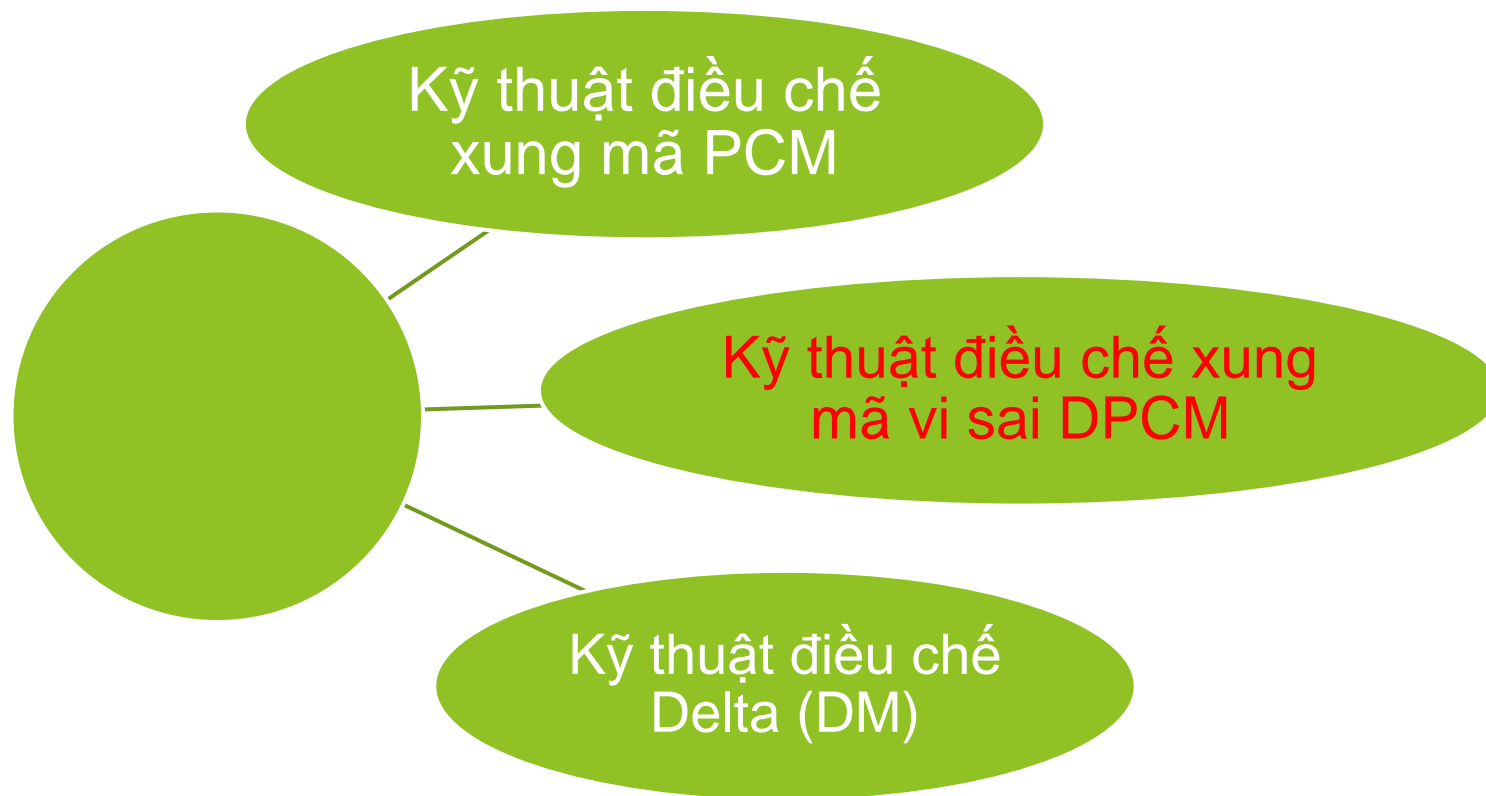
- Tốc độ tín hiệu PCM

$$R_b = N \times f_s \geq 2N.W$$

- Băng thông nhỏ nhất để truyền tín hiệu

$$B_{PCM} = \frac{R_b}{2} = N.W$$

NỘI DUNG CHÍNH



ĐIỀU CHẾ XUNG MÃ VI SAI DPCM

- ❑ Xuất phát từ tiếng nói của con người biến đổi chậm.
- ❑ Độ chênh lệch giữa hai mẫu nhỏ, nhỏ hơn giá trị từng mẫu tín hiệu.
- ❑ Thay vì truyền đi các giá trị mẫu ta truyền đi độ chênh lệch giữa hai mẫu liên tiếp

$$\Delta^n = s^n - s^{n-1} \leq \min(s^n, s^{n-1})$$

ĐIỀU CHẾ XUNG MÃ VI SAI DPCM

□ Nguyên tắc thực hiện

Ta có: $s^n = s^{n-1} + \Delta^n$

Nếu thu được s^{n-1}

Thì $s^{n-1} = s^{n-2} + \Delta^{n-1}$

Tiếp tục suy ngược ta có

$$s^2 = s^1 + \Delta^2$$

$$\text{Và } s^1 = s^0 + \Delta^1.$$

- Như vậy nếu ngay từ đầu quy định giá trị s^0 cả đầu phát và đầu thu thì khi thu được độ chênh Δ^1 ta tính được s^1 . Tương tự ta tính được s^n .

ĐIỀU CHẾ XUNG MÃ VI SAI DPCM

- ❑ Nhược điểm của DPCM
 - ❖ Hiện tượng quá tải sườn dốc: DPCM chỉ thích hợp với loại tín hiệu biến thiên chậm. Khi tín hiệu biến thiên nhanh gây méo tín hiệu.
 - ❖ Hiện tượng lan sai.

Bài tập TC

Bài tập 3: Xác định tần số lấy mẫu nhỏ nhất, băng thông và tốc độ bit PCM tối thiểu để truyền tín hiệu tương tự có tần số cực đại 12Khz bằng cách dùng 9 bit để mã hóa cho mỗi mẫu.

Bài tập 4: Cho tín hiệu tiếng nói có băng thông là 3Khz. Được lấy mẫu với tốc độ lớn hơn $1/3$ lần tốc độ Nyquist. Các mẫu được lượng tử hóa với 256 mức. Hỏi tốc độ tín hiệu thoại, băng thông tối thiểu của kênh truyền yêu cầu là bao nhiêu.

Bài tập

Bài tập 5: *Đĩa CD được sử dụng để ghi tín hiệu âm nhạc được số hóa bởi phương pháp PCM. Giả sử tín hiệu âm nhạc có băng thông 15Khz. Trong quá trình PCM nó lấy mẫu với tốc độ 44,0Khz và được lượng tử hóa 128 mức. Hỏi tốc độ của tín hiệu và độ rộng băng kênh truyền tối thiểu để truyền tín hiệu? (có thể cho dung lượng ổ cứng là 550Mbyte \rightarrow tính thời gian lưu tín hiệu hoặc cho khoảng thời gian tính dung lượng hệ thống).*

Lời giải:

BÀI TẬP TC

Bài tập 6: Cho tín hiệu có băng thông là 2KHz. Được truyền bởi PCM. Tín hiệu được lấy mẫu với tốc độ lớn hơn đúng bằng 20% tốc độ lấy mẫu Nyquist. Sai số lượng tử lớn nhất là 0,4% giá trị đỉnh của tín hiệu

- 1) Vẽ sơ đồ hệ thống gồm bộ phát kênh truyền và bộ thu để truyền tín hiệu trên
- 2) Xác định tốc độ bit tối thiểu truyền tín hiệu trên.
- 3) Tính băng thông tối thiểu của kênh để truyền tín hiệu tiếng nói trên.

BÀI TẬP (TC)

Bài tập 7: Cho tín hiệu có băng thông là 2Khz. Được truyền bởi PCM. Tín hiệu được lấy mẫu với tốc độ lớn hơn $1/4$ tốc độ lấy mẫu Nyquist. Sai số lượng tử lớn nhất là 0,4% giá trị đỉnh của tín hiệu.

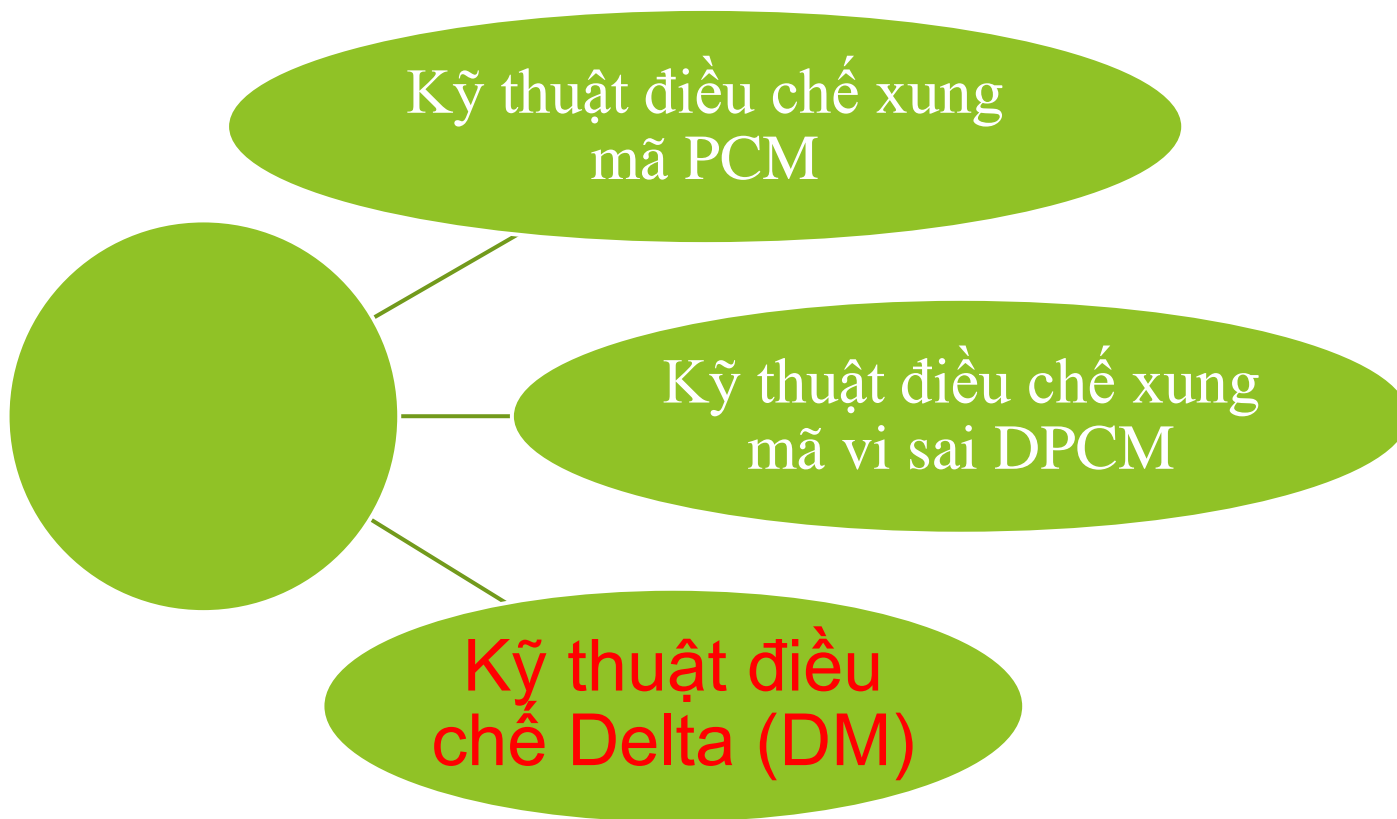
- 1) Xác định băng thông tối thiểu của kênh truyền tín hiệu trên?
- 2) Nếu có 12 tín hiệu trên được ghép kênh phân chia theo thời gian hỏi băng thông tối thiểu của kênh truyền khi đó là bao nhiêu?

BÀI TẬP (TC K AT)

Bài tập 8: Cho 3 tín hiệu có băng thông là 2Khz. Được truyền đồng thời sử dụng mã hóa PCM nhị phân. Tín hiệu được lấy mẫu với tốc độ tối thiểu lớn hơn 30% tốc độ lấy mẫu Nyquist. Sai số lượng tử lớn nhất các mẫu có thể chấp nhận được là 0,5% giá trị đỉnh của tín hiệu. Việc đóng khung và đồng bộ khung cần thêm 0,4% số bit cần truyền.

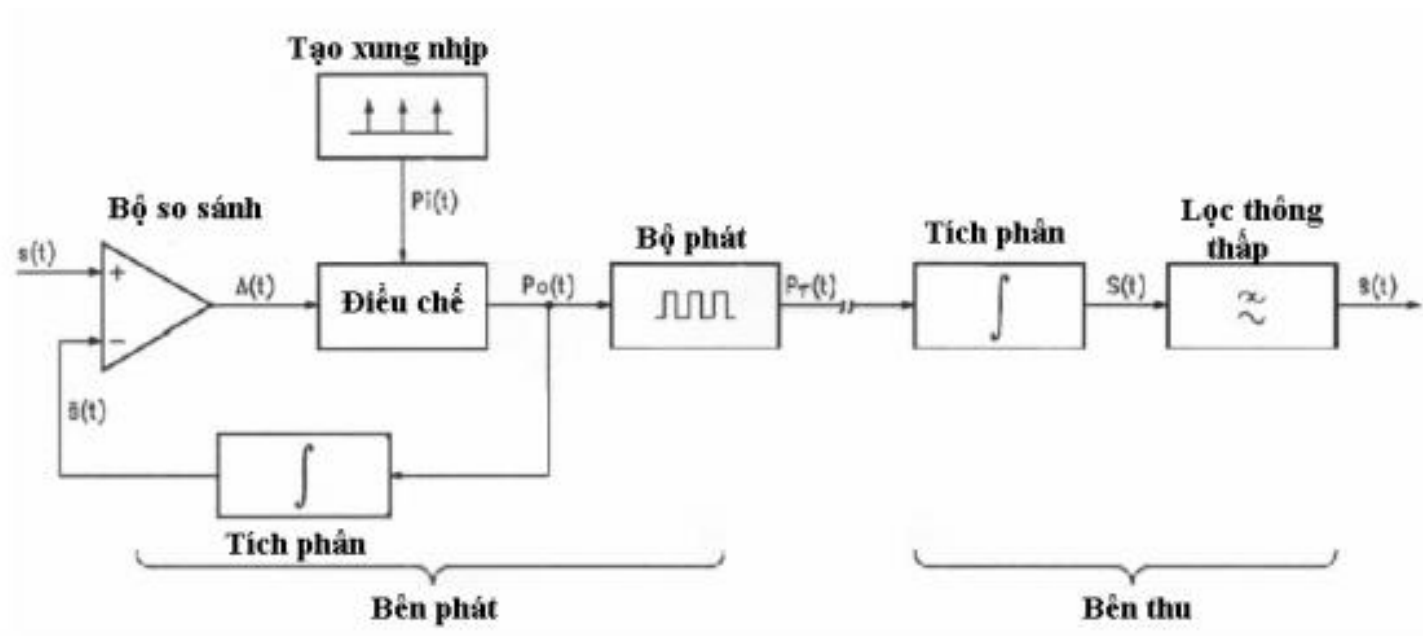
- 1) Xác định tốc độ bit tối thiểu phải truyền dẫn và băng thông tối thiểu của kênh truyền để truyền 3 tín hiệu trên.

NỘI DUNG CHÍNH



ĐIỀU CHẾ DELTA(ĐỌC TÀI LIỆU)

- ❑ Sơ đồ khối điều chế và giải điều chế Delta



ĐIỀU CHẾ DELTA

- ❑ Cũng như DPCM, thực hiện mã hóa độ chênh giữa hai mẫu liên tiếp. Và độ chênh này được mã hóa bởi 1 bit.
- ❑ Bit này nhận hai giá trị âm (-1) và dương (+1).
- ❑ Tín hiệu sau điều chế chỉ có hai mức.

ĐIỀU CHẾ DELTA

- ❑ Thể hiện các tín hiệu trong quá trình điều chế Delta
- ❑ Ưu điểm: Đơn giản
- ❑ Nhược điểm: Có hiện tượng quá tải sườn.

