



BÀI 2

CHUYỂN ĐỔI TÍN HIỆU TƯƠNG TỰ - SỐ

TS. Nguyễn Hồng Quang

PGS. TS. Trịnh Văn Loan

TS. Đoàn Phong Tùng

Khoa Kỹ thuật máy tính

❑ Nội dung bài học

1. Chuyển tín hiệu tương tự thành tín hiệu số
2. Lấy mẫu tín hiệu liên tục
3. Lượng tử tín hiệu

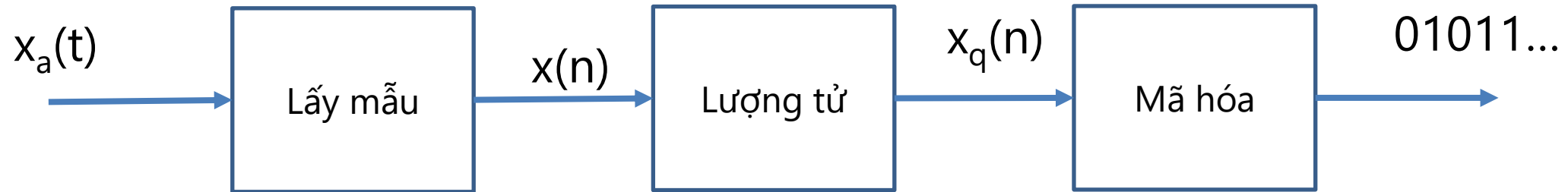
❏ Mục tiêu bài học

Sau khi học xong bài này, các bạn sẽ nắm được những vấn đề sau:

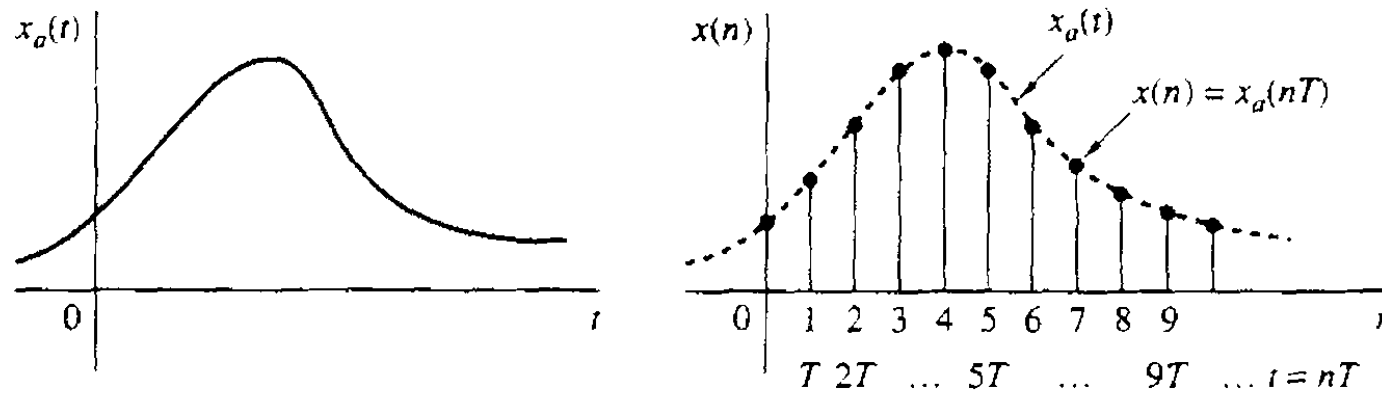
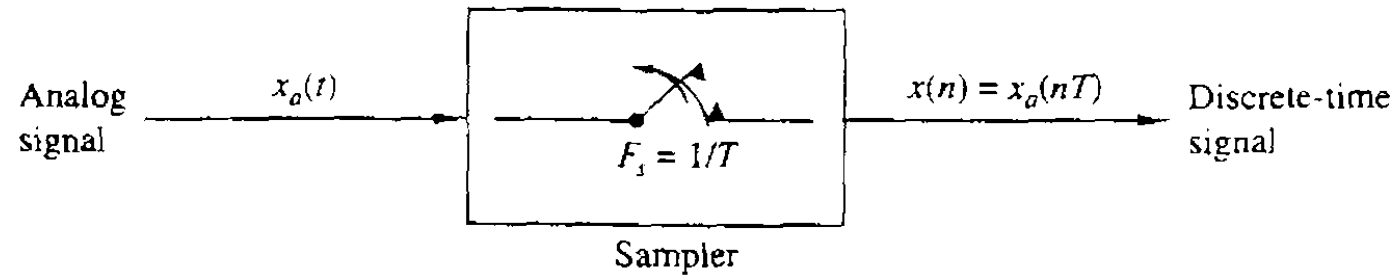
- Phương pháp chuyển đổi tín hiệu tương tự thành tín hiệu số
- Phương pháp lấy mẫu tín hiệu và các thông số cơ bản của quá trình lấy mẫu
- Phương pháp lượng tử tín hiệu và các thông số cơ bản của quá trình lượng tử

1. Chuyển đổi tín hiệu tương tự thành tín hiệu số

- Analog-to-digital (A/D) conversion
- Thiết bị: A/D converters (ADCs)
- Các bước thực hiện: lấy mẫu và lượng tử



2. Lấy mẫu tín hiệu liên tục



$$x(n) = x(nT_s)$$

- Chu kỳ lấy mẫu T_s
- Tần số lấy mẫu $F_s = \frac{1}{T_s}$
- Ví dụ: lấy mẫu tín hiệu âm thanh

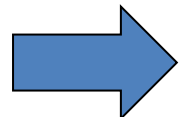
Ví dụ

- Tín hiệu liên tục:

$$x_a(t) = A.\cos(2\pi Ft + \theta) \quad (1)$$

- Tín hiệu thu được qua quá trình lấy mẫu:

$$\begin{aligned} x_a(nT_s) &\equiv x(n) = A.\cos(2\pi FnT_s + \theta) \\ &= A.\cos\left(\frac{2\pi Fn}{F_s} + \theta\right) \\ &= A.\cos(2\pi fn + \theta) \quad (2) \end{aligned}$$


$$f = \frac{F}{F_s} \quad (3)$$

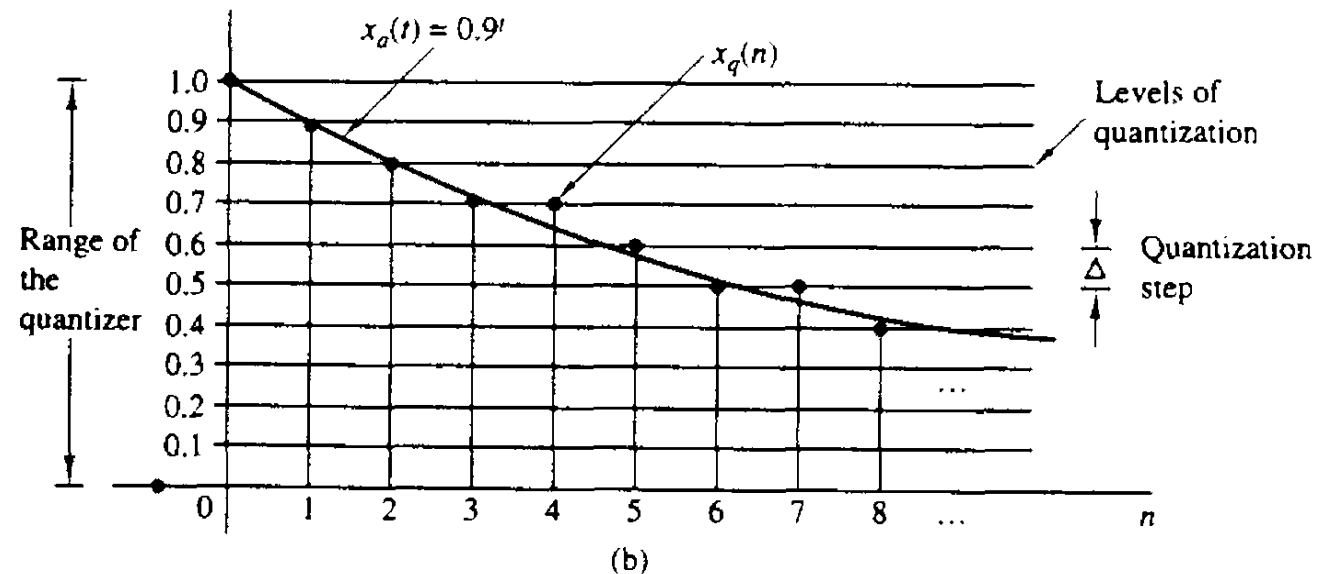
1.3. Lượng tử tín hiệu

$$x(n) = \begin{cases} 0.9^n & n \geq 0 \\ 0 & n < 0 \end{cases}$$

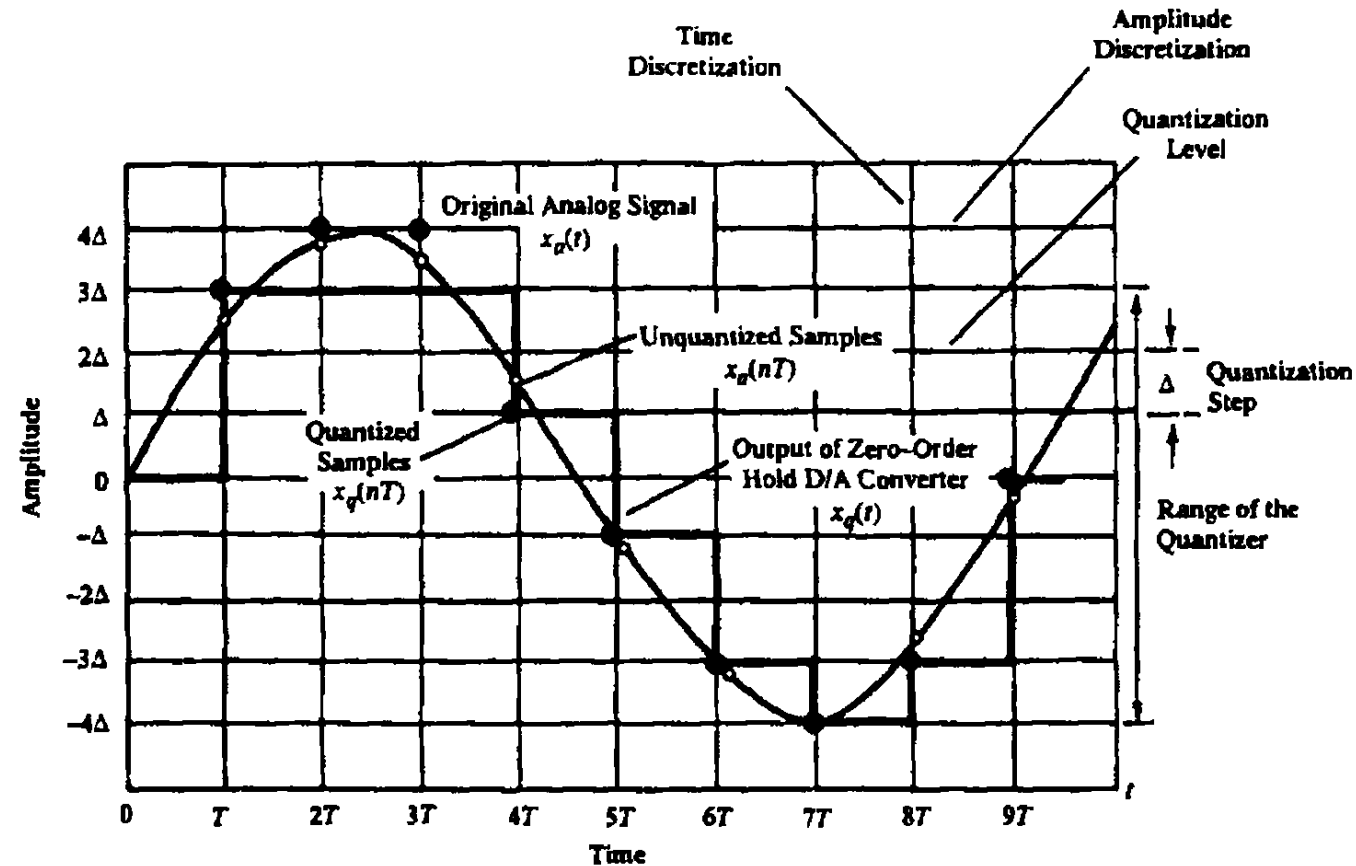
- Mức lượng tử, bước lượng tử
- Luật lượng tử Rounding: làm tròn mỗi mẫu của $x(n)$ về mức lượng tử gần nhất

$$-\frac{\Delta}{2} \leq e_q(n) \leq \frac{\Delta}{2}$$

- $Q[x(n)]$: Hàm lượng tử mẫu $x(n)$
- $x_q(n)$: tín hiệu sau khi lượng tử
- Lỗi lượng tử : $e_q(n) = x_q(n) - x(n)$
- Khi tăng số mức lượng tử:
 - Lỗi lượng tử giảm
 - Độ chính xác của bộ lượng tử tăng



Lượng tử tín hiệu hình sin

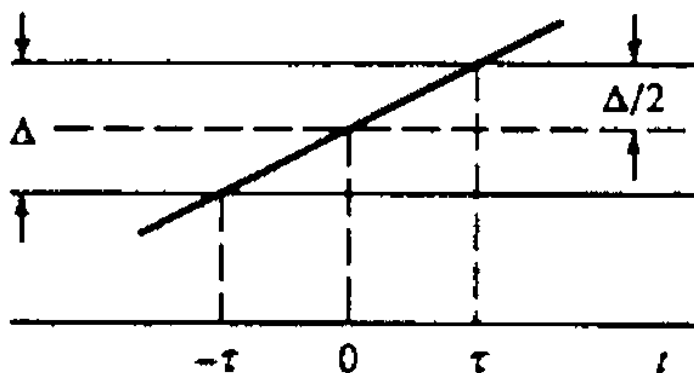


Lấy mẫu và lượng tử tín hiệu hình sin

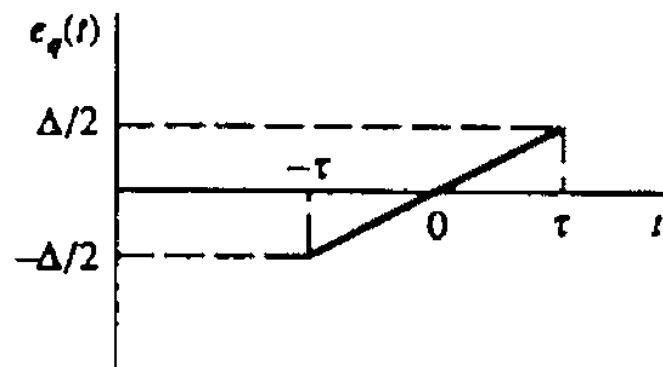
$$x_a(t) = A \cdot \sin \Omega_0 t$$

Công suất lỗi trung bình P_q

- $e_q(t) = x_q(t) - x_a(t)$



(a)



(b)

$$P_q = \frac{1}{2\tau} \int_{-\tau}^{\tau} e_q^2(t) dt = \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} e_q^2(t) dt$$

$$P_q = \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} \left(\frac{\Delta}{2\tau} t \right)^2 dt = \frac{\Delta^2}{12} \quad \Rightarrow \quad P_q = \frac{A^2/3}{2^{2b}}$$

Tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu SQNR

- Công suất lỗi trung bình của tín hiệu $x_a(t)$

$$P_x = \frac{1}{T_p} \int_0^{T_p} (A \sin \Omega_0 t)^2 dt = \frac{A^2}{2}$$

- Signal-to-quantization noise ratio (SQNR)

$$SQNR = \frac{P_x}{P_q} = \frac{3}{2} \cdot 2^{2b}$$

$$SQNR(dB) = 10 \log_{10} SQNR = 1.76 + 6.02b$$

4. Tổng kết

- Quá trình chuyển đổi tín hiệu tương tự thành tín hiệu số gồm hai bước chính: lấy mẫu và lượng tử.
- Quá trình lấy mẫu được đặc trưng bởi chu kỳ lấy mẫu và tần số lấy mẫu.
- Quá trình lượng tử được biểu diễn bởi bước lượng tử và luật lượng tử.

5. Bài tập

□ Bài tập 1

Một tín hiệu analog có phương trình sau:

$$x_a(t) = 3\cos 100\pi t$$

- (a) Xác định tần số lấy mẫu tối thiểu để tránh trùng phổ
- (b) Giả sử tín hiệu được lấy mẫu với $F_s = 200\text{Hz}$. Xác định tín hiệu rời rạc tương ứng?
- (c) Giả sử tín hiệu được lấy mẫu với $F_s = 75\text{Hz}$. Xác định tín hiệu rời rạc tương ứng?
- (d) Hãy xác định tần số $0 < F_a < F_s/2$ để các mẫu sẽ trùng với kết quả ở câu (c)?

5. Bài tập

□ Bài tập 2

- Lấy mẫu hai tín hiệu sau với tần số lấy mẫu $F_s = 40$ Hz

$$x_1(t) = \cos 2\pi(10)t$$

$$x_2(t) = \cos 2\pi(50)t$$

- Hãy xác định và vẽ tín hiệu $x_1(n)$ và $x_2(n)$

5. Bài tập

□ Bài tập 3. Xác định lỗi lượng tử của tín hiệu hình sin

- Cho tín hiệu $x(n)$ như sau: $x(n) = \sin 2\pi f_0 n$
- Công suất lỗi lượng tử được tính xấp xỉ theo công thức sau:

$$P_q = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} e^2(n) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} [x_q(n) - x(n)]^2$$

a. Với $f_0 = 1/50$ và $N = 200$, hãy viết chương trình lượng tử hóa tín hiệu $x(n)$ theo phương pháp lượng tử rounding với các mức lượng tử lần lượt là 64, 128, 256. Trong mỗi trường hợp, hãy vẽ các tín hiệu $x(n)$, $x_q(n)$, $e(n)$ và tính tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu SQNR tương ứng.

b. So sánh và nhận xét kết quả SQNR ở câu a so với kết quả tính theo công thức lý thuyết.

Bài học tiếp theo. BÀI 3

TÍN HIỆU RỜI RẠC

Tài liệu tham khảo:

- **Nguyễn Quốc Trung (2008), Xử lý tín hiệu và lọc số, Tập 1, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Chương 1 Tín hiệu và hệ thống rời rạc.**
- **J.G. Proakis, D.G. Manolakis (2007), Digital Signal Processing, Principles, Algorithms, and Applications, 4th Ed, Prentice Hall, Chapter 1 Introduction.**



TRƯỜNG CÔNG NGHỆ THÔNG
TIN VÀ TRUYỀN THÔNG

Chúc các bạn học tốt!