

*Trường ĐH Giao thông vận tải Tp.HCM  
Khoa Điện - Điện tử viễn thông*

**BÀI GIẢNG MÔN HỌC**

# **LÝ THUYẾT TÍN HIỆU**

**CB giảng dạy: Ths. Lê Ngọc Phúc**

**E-mail: [lengocphuc@hcmutrans.edu.vn](mailto:lengocphuc@hcmutrans.edu.vn)**

**Tp. Hồ Chí Minh, 08/2009**



## Bài giảng môn học:

# LÝ THUYẾT TÍN HIỆU

### Nội dung môn học:

- Chương 1: Các khái niệm cơ bản
- Chương 2: Phân tích tín hiệu miền thời gian
- Chương 3: Phân tích tín hiệu miền tần số
- Chương 4: Truyền tín hiệu qua mạch tuyến tính
- Chương 5: Tín hiệu điều chế
- Chương 6: Tín hiệu ngẫu nhiên

### Phân bố thời gian:

- Lý thuyết: 30 tiết (2 tiết/tuần x 15 tuần)
- Thí nghiệm: 0 tiết



## Bài giảng môn học:

# LÝ THUYẾT TÍN HIỆU

## Tài liệu tham khảo:

- [1] Phạm Thị Cự, *Lý thuyết tín hiệu*, NXB ĐHQG Tp.HCM, 2006.
- [2] Nguyễn Quân, *Lý thuyết và xử lý tín hiệu*, NXB ĐHBK Tp.HCM, 1996.
- [3]. Yuriy Shmaliy, *Continuous Time Signal*, Springer, 2006.
- [4]. Bernd Girod, *Signals and Systems*, John Willey & Sons Ltd, 2001.

## Đánh giá môn học:

- Dự lớp: 10%
- Kiểm tra giữa kỳ: 20%
- Thi cuối kỳ: 70%



## Bài giảng môn học:

# LÝ THUYẾT TÍN HIỆU

### Mục đích của môn học:

- Mô tả toán học các tín hiệu: đưa ra mô hình toán học thuận tiện cho việc thể hiện các đặc tính của tín hiệu.
- Phân tích tín hiệu: đưa ra các phương pháp để phân tích các tính chất của các sự biến đổi của tín hiệu khi truyền qua hệ thống.

### Vị trí của môn học:

- Lý thuyết tín hiệu cung cấp khối kiến thức quan trọng trong nhóm ngành Điện – Điện tử.
- Lý thuyết tín hiệu đóng vai trò nền tảng cho việc nghiên cứu các môn học khác.



## Chương 1

# CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

### Nội dung:

#### 1.1 Tín hiệu

1.1.1 Khái niệm tín hiệu

1.1.2 Khái niệm nhiễu

#### 1.2 Phân loại tín hiệu

#### 1.3 Phương pháp biểu diễn tín hiệu

1.3.1 Phương pháp biểu diễn liên tục tín hiệu

1.3.2 Phương pháp biểu diễn rời rạc tín hiệu

1.3.3 Biểu diễn vector các tín hiệu



## Chương 1

## CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

### 1.1 Tín hiệu:

#### **1.1.1 Khái niệm tín hiệu (Signal):**

- Tín hiệu là biểu diễn vật lý của thông tin mà nó sẽ truyền từ nơi phát (nguồn) đến nơi nhận (thu).
- Các dạng tín hiệu vật lý được quan tâm chủ yếu:
  - Dòng điện, điện áp trong các mạch điện- điện tử.
  - Sóng điện từ được bức xạ trong các hệ thống thông tin vô tuyến.
  - Nhiễu trong các hệ thống điện tử thông tin.

#### **1.1.2 Khái niệm nhiễu (Noise):**

- Nhiễu là tín hiệu không mong muốn, tác động đến hệ thống tín hiệu mà chúng ta đang quan tâm.

Lưu ý: Bản thân nhiễu cũng là một tín hiệu - tín hiệu nhiễu

*(Nội dung về nhiễu sẽ được đề cập ở các phần sau !)*



## Chương 1

## CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

### 1.2 Phân loại tín hiệu:

#### **1.2.1 Tín hiệu vật lý và tín hiệu mô hình toán học:**

❖ **Tín hiệu vật lý:** biểu diễn của một quá trình vật lý (thực hiện được)

➤ Yêu cầu:

- *Năng lượng hữu hạn*
- *Biên độ hữu hạn và liên tục*
- *Phổ hữu hạn*

❖ **Tín hiệu mô hình:** là các hàm (thực, phức) → dùng để đơn giản hơn cho quá trình biểu diễn, phân tích và xử lý tín hiệu.

➤ Chất lượng của mô hình phụ thuộc vào chất lượng của việc xấp xỉ gần đúng được ứng dụng đang khảo sát và tính thuận tiện khi áp dụng.

**Lưu ý:** Tín hiệu mô hình không bị ràng buộc bởi các yêu cầu như trên.



## Chương 1

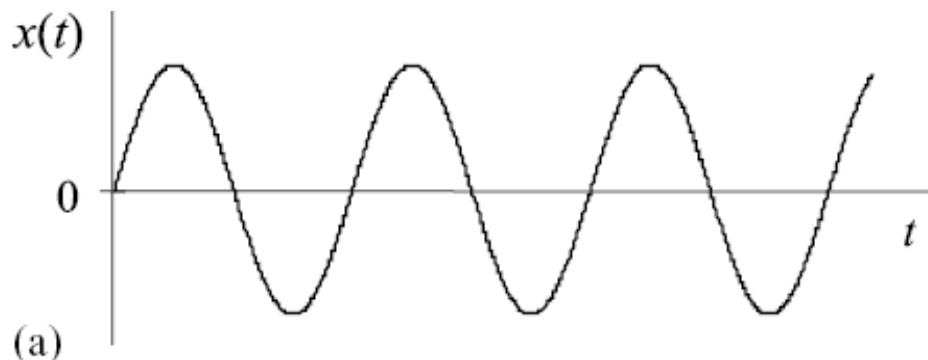
## CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

### 1.2 Phân loại tín hiệu (tt):

#### 1.2.2 Tín hiệu xác định và tín hiệu ngẫu nhiên:

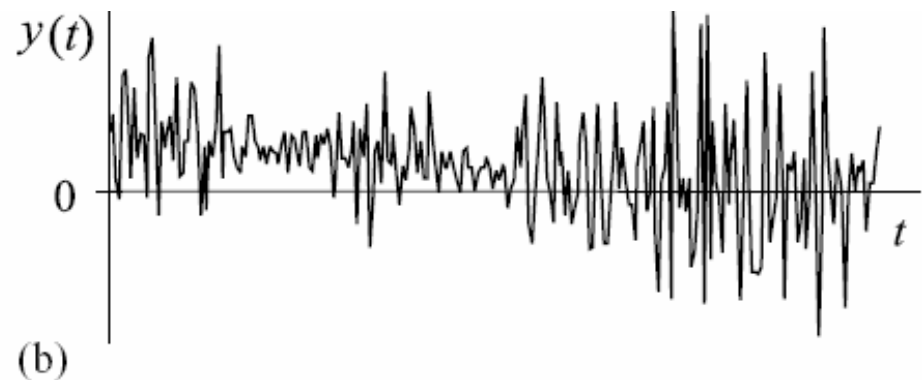
❖ **Tín hiệu xác định (Deterministic signal):** quá trình biến thiên được biểu diễn bằng một hàm toán học xác định.

**Ví dụ:**



❖ **Tín hiệu ngẫu nhiên (Random signal):** quá trình biến thiên không biết trước được → không thể mô tả bằng hàm toán học xác định mà chỉ sử dụng các công cụ thống kê.

**Ví dụ:**







## Chương 1

## CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

### 1.2 Phân loại tín hiệu (tt):

#### 1.2.3 Tín hiệu năng lượng và tín hiệu công suất:

❖ **Tín hiệu năng lượng (Energy signal):** tín hiệu có năng lượng hữu hạn

$$E_x = \int_{-\infty}^{\infty} |x(t)|^2 dt < \infty$$

**Ví dụ:** Các tín hiệu quá độ

❖ **Tín hiệu công suất (Power signal):** tín hiệu có công suất trung bình hữu hạn

$$P_x = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T |x(t)|^2 dt < \infty$$

**Ví dụ:** Các tín hiệu tuần hoàn

#### □ Lưu ý:

- Tín hiệu năng lượng sẽ có công suất trung bình hữu hạn bằng zero.
- Tín hiệu công suất trung bình hữu hạn sẽ có năng lượng vô hạn.



## Chương 1

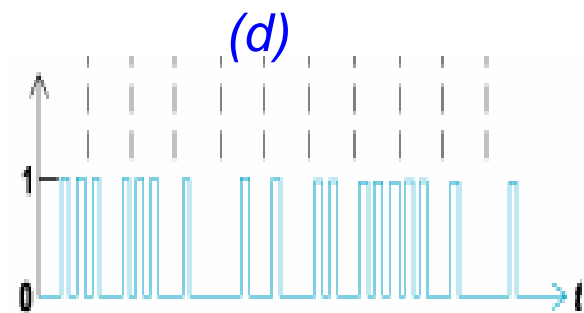
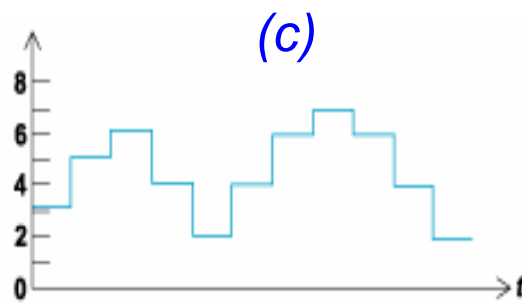
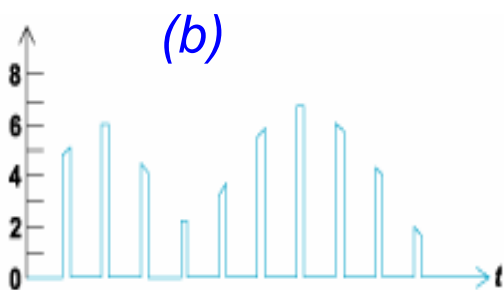
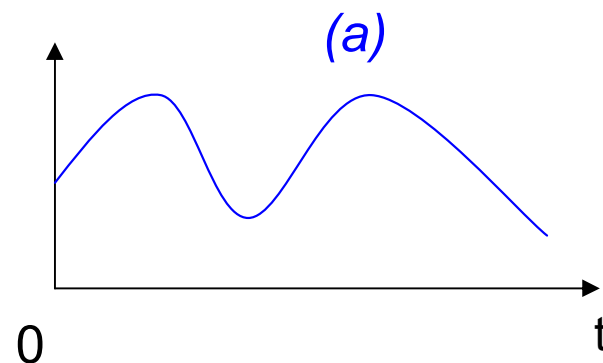
## CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

### 1.2 Phân loại tín hiệu (tt):

#### 1.2.4 Phân loại dựa vào dạng tín hiệu:

➤ Dựa vào biên độ và biến thời gian là liên tục hay rời rạc, người ta chia tín hiệu thành các loại sau:

- Tín hiệu liên tục/tương tự  
(Continuous-time signal/ Analog signal) (Hình a)
- Tín hiệu rời rạc (Discrete signal) (Hình b)
- Tín hiệu lượng tử (Quantized signal) (Hình c)
- Tín hiệu số (Digital signal) (Hình d)





## Chương 1

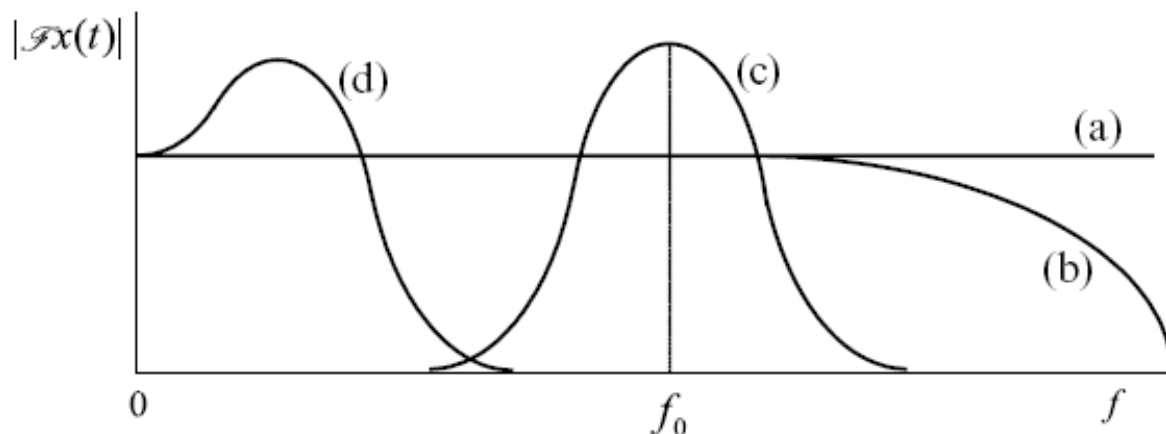
## CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

### 1.2 Phân loại tín hiệu (tt):

#### **1.2.5 Phân loại dựa vào bề rộng phổ (Spectral Width):**

➤ *Gồm các loại tín hiệu sau:*

- Tín hiệu dải nền (Baseband signal) (Hình d)
- Tín hiệu dải thông (Passband signal) (Hình c)
- Tín hiệu băng hẹp (Narrowband signal) (Hình c)
- Tín hiệu băng rộng (Broadband signal) (Hình a)
- Tín hiệu băng tần giới hạn (Bandlimited signal) (Hình b)





## Chương 1

## CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

### 1.2 Phân loại tín hiệu (tt):

#### **1.2.6 Phân loại dựa vào chiều của tín hiệu:**

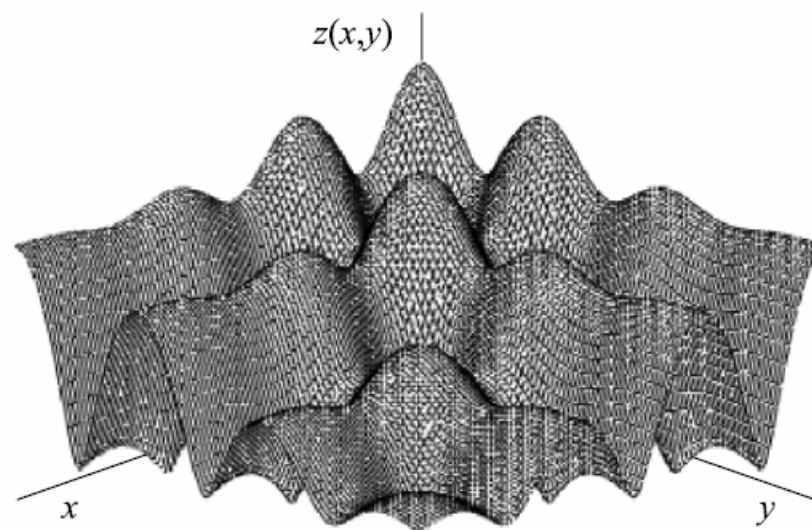
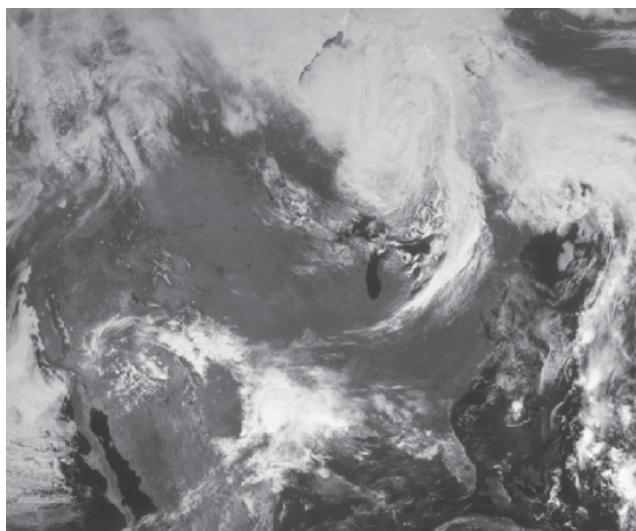
❖ *Tín hiệu một chiều/ tín hiệu vô hướng (Scalar signal)*

*Ví dụ: Các tín hiệu điện áp, dòng điện.  $x(t)$ : hàm theo một biến thời gian  $t$*

❖ *Tín hiệu đa chiều/ tín hiệu vector (Vector signal)*

*Ví dụ: Tín hiệu 2 chiều (2-D): ảnh tĩnh  $f(x,y)$*

*Tín hiệu 3 chiều (3-D): ảnh động  $f(x,y,t)$*





## Chương 1

## CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

### 1.2 Phân loại tín hiệu (tt):

#### **1.2.7 Phân loại dựa vào tính nhân quả (Causality):**

- ❖ *Tín hiệu nhân quả (Causal signal)*

$$x(t) = 0, \forall t < 0$$

- ❖ *Tín hiệu không nhân quả (Non-causal signal): không thỏa mãn điều kiện trên*

#### **1.2.8 Phân loại dựa vào tính tuần hoàn (Periodicity):**

- ❖ *Tín hiệu tuần hoàn (Periodic signal)*

$$x(t) = x(t \pm nT), \forall t$$

( $T$ : chu kỳ)

- ❖ *Tín hiệu không tuần hoàn (Non-periodic signal): không thỏa mãn điều kiện trên*



## Chương 1

## CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

### 1.3 Phương pháp biểu diễn tín hiệu:

#### 1.3.1 Phương pháp biểu diễn liên tục tín hiệu:

➤ Dựa trên phép biến đổi (phép tích phân), biến đổi tín hiệu đã cho sang miền khác để thuận tiện hơn cho việc xử lý.

Miền thời gian:  $x(t)$

Miền biến đổi:  $X(s)$ ;  $s$ : biến phức

$$X(s) = \int_T x(t)\varphi(t,s)dt; t \in T$$

$$x(t) = \int_{\Omega} X(s)\psi(s,t)ds; s \in \Omega$$

**Ví dụ:** 1. *Phép biến đổi Laplace* (phân tích mạch ở trạng thái quá độ)

$$X(s) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-st} dt; \quad x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X(s)e^{st} ds$$

2. *Phép biến đổi Fourier* (phân tích phổ tín hiệu)

$$X(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t)e^{-j\omega t} dt; \quad x(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} X(\omega)e^{j\omega t} d\omega$$



## Chương 1

## CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

### 1.3 Phương pháp biểu diễn tín hiệu (tt):

#### 1.3.2 Phương pháp biểu diễn rời rạc tín hiệu:

➤ Tín hiệu được biểu diễn bằng tập các hàm số hay dãy số (thực, phức).

$$x(t) = \sum_{k=1}^n \alpha_k \psi_k(t)$$

trong đó:  $\{\psi_k(t)\}$ : là tập hàm cơ sở của không gian tín hiệu

$\{\alpha_k\}$  : các hệ số biểu diễn rời rạc của  $x(t)$

#### Ví dụ:

*Chuỗi phức Fourier (phân tích phổ tín hiệu tuần hoàn)*

$$x(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} X_n e^{jn\omega_0 t}; \quad \omega = 2\pi/T$$

$$X_n = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} x(t) e^{-jn\omega_0 t}; \quad n = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$



## Chương 1

## CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

### 1.3 Phương pháp biểu diễn tín hiệu (tt):

#### 1.3.3 Biểu diễn vector các tín hiệu:

##### ❖ Biểu diễn tín hiệu bằng vector:

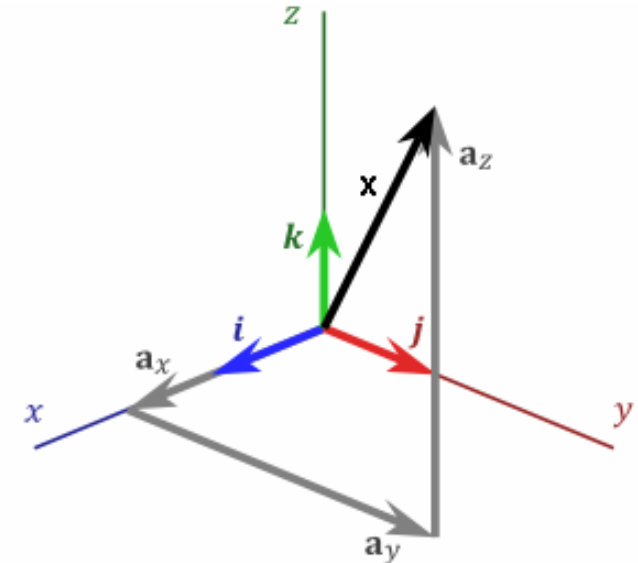
➤ Gọi  $\{\psi_k(t)\}$ : là tập  $n$  hàm độc lập tuyến tính tạo nên cơ sở của không gian tín hiệu. Theo cách biểu diễn rời rạc tín hiệu:

$$x(t) = \sum_{k=1}^n \alpha_k \psi_k(t)$$

trong đó: các hệ số  $\{\alpha_k\}$  tạo nên một tập  $n$  số xác định một điểm trong không gian  $n$  chiều với các tọa độ  $(\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_n)$ .

➤ Như vậy,  $\{\alpha_k\}$  : là một sự biểu diễn của  $x(t)$  trong không gian tín hiệu với cơ sở là tập hàm  $\{\psi_k(t)\}$ .

➤ Lưu ý: Với mỗi cơ sở sẽ có một biểu diễn vector tương ứng. Do vậy, sẽ có nhiều cách để phân tích một tín hiệu.







## Chương 1

## CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

### 1.3.3 Biểu diễn vector các tín hiệu (tt):

- ❖ **Khoảng cách giữa hai tín hiệu:** là số đo về sự khác nhau giữa hai tín hiệu đó
- **Khoảng cách trung bình bình phương (khoảng cách Euclidean) giữa hai tín hiệu  $x(t)$  và  $y(t)$  trên khoảng thời gian  $T$  là:**

$$d(x, y) = \left[ K \int_T |x(t) - y(t)|^2 dt \right]^{1/2} \quad (K \text{ là hằng số})$$

- **Lưu ý:** \* Đây là định nghĩa khoảng cách thường dùng và thuận tiện nhất.
- \* Nếu hai tín hiệu giống nhau thì khoảng cách giữa chúng luôn bằng zero.

### Ví dụ:

Xác định khoảng cách giữa hai tín hiệu sau theo thông số độ trễ  $\tau$ .

$$x(t) = A \cos \omega_0 t; \quad y(t) = A \cos \omega_0 (t - \tau); \quad \rightarrow d(x, y) = \sqrt{2A} |\sin(\pi\tau/T)| \quad (K = 1/T)$$



## Chương 1

## CÁC KHÁI NIỆM CƠ BẢN

### 1.3.3 Biểu diễn vector các tín hiệu (tt):

#### ❖ Tích vô hướng của các tín hiệu:

➤ Tích vô hướng của hai tín hiệu  $x(t)$  và  $y(t)$  trên khoảng thời gian  $(t_1, t_2)$  là:

$$\langle x, y \rangle = \int_{t_1}^{t_2} x(t) y^*(t) dt$$

➤ Chuẩn của một tín hiệu:

$$\|x\| = \sqrt{\int_{t_1}^{t_2} |x(t)|^2 dt} \Rightarrow \|x\|^2 = \langle x, x \rangle$$

➤ Tín hiệu trực giao (Orthogonal signals): Hai tín hiệu  $x(t)$  và  $y(t)$  được gọi là trực giao trên  $[t_1, t_2]$  nếu tích vô hướng của chúng bằng zero.

$$\langle x, y \rangle = 0$$

➤ Tập tín hiệu  $\{x_k(t)\}$ ,  $1 \leq k \leq m$  là tập trực giao nếu :  $\langle x_i(t), x_j(t) \rangle = 0, \forall i, j \neq i$

➤ Tập trực chuẩn = tập trực giao + mỗi tín hiệu  $\{x_k(t)\}$  đều có chuẩn bằng 1.