

# LÝ THUYẾT TÍN HIỆU

1

# TRUYỀN THÔNG

- Mục đích chính của truyền thông là truyền thông tin từ nguồn tới nơi nhận thông qua một kênh hoặc phương tiện truyền dẫn.
- Sơ đồ khối cơ bản của một hệ thống truyền thông:



# MÔ TẢ CHUNG

- **Nguồn:** tương tự hoặc số
- **Máy phát:** transducer, bộ khuếch đại, điều chế, máy tạo sóng, khuếch đại công suất, anten
- **Kênh:** ví dụ cáp, sợi quang, không gian tự do
- **Máy thu:** anten, bộ khuếch đại, giải điều chế, máy tạo song, khuếch đại công suất, transducer
- **Nơi nhận:** ví dụ người, loa, máy tính

- **Các loại thông tin**

Thoại, dữ liệu, video, nhạc, thư điện tử.....

- **Các hệ thống truyền thông**

Mạng điện thoại chuyển mạch công cộng (thoại, fax, modem)

Các hệ thống vệ tinh

Satellite systems

Hệ thống phát thanh, truyền hình

Điện thoại di động

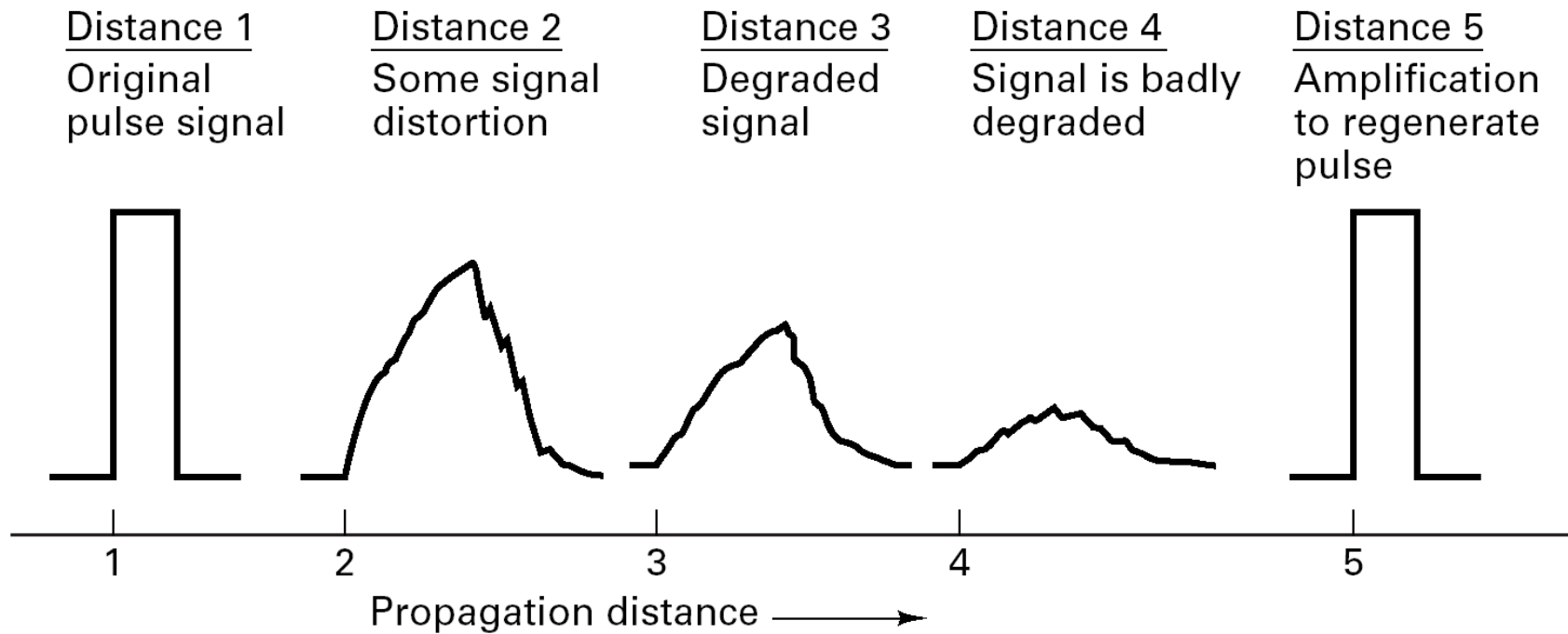
Mạng máy tính (LANs, WANs, WLANs)

# BIỂU DIỄN THÔNG TIN

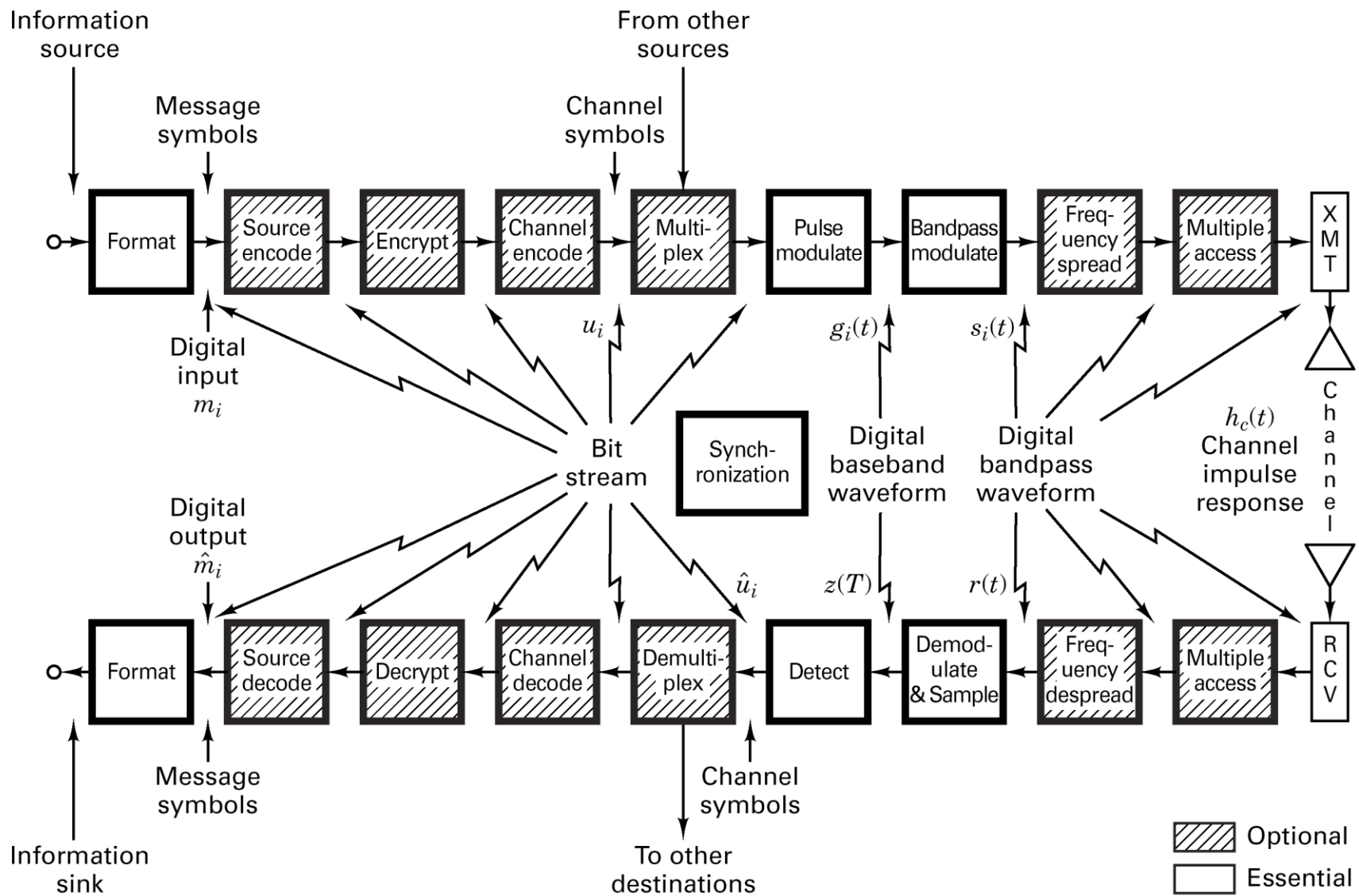
- Hệ thống truyền thông chuyển thông tin thành tín hiệu điện tử, điện từ/quang để phù hợp với môi trường truyền dẫn.
- Các hệ thống tương tự chuyển bản tin tương tự thành các tín hiệu có thể truyền qua kênh.
- Các hệ thống số chuyển các bit (chữ số, ký tự) thành các tín hiệu:
  - Máy tính thường tạo thông tin dạng ký tự/bit
  - Hầu hết thông tin có thể được chuyển thành bits
  - Các tín hiệu tương tự được chuyển thành bit bằng cách lấy mẫu và lượng tử hóa (biến đổi A/D)

# TẠI SAO CẦN TÍN HIỆU SỐ?

- Các kỹ thuật xử lý số cần phân biệt giữa các ký tự rời rạc cho phép tái tạo hoặc khuếch đại.
- Các kỹ thuật xử lý tốt sẵn có đối với các tín hiệu số
  - Nén dữ liệu (hay mã hóa nguồn)
  - Sửa sai (hay mã hóa kênh)(biến đổi A/D)
  - Cân bằng
  - Bảo mật
- Dễ dàng trộn tín hiệu và dữ liệu sử dụng các kỹ thuật xử lý số.

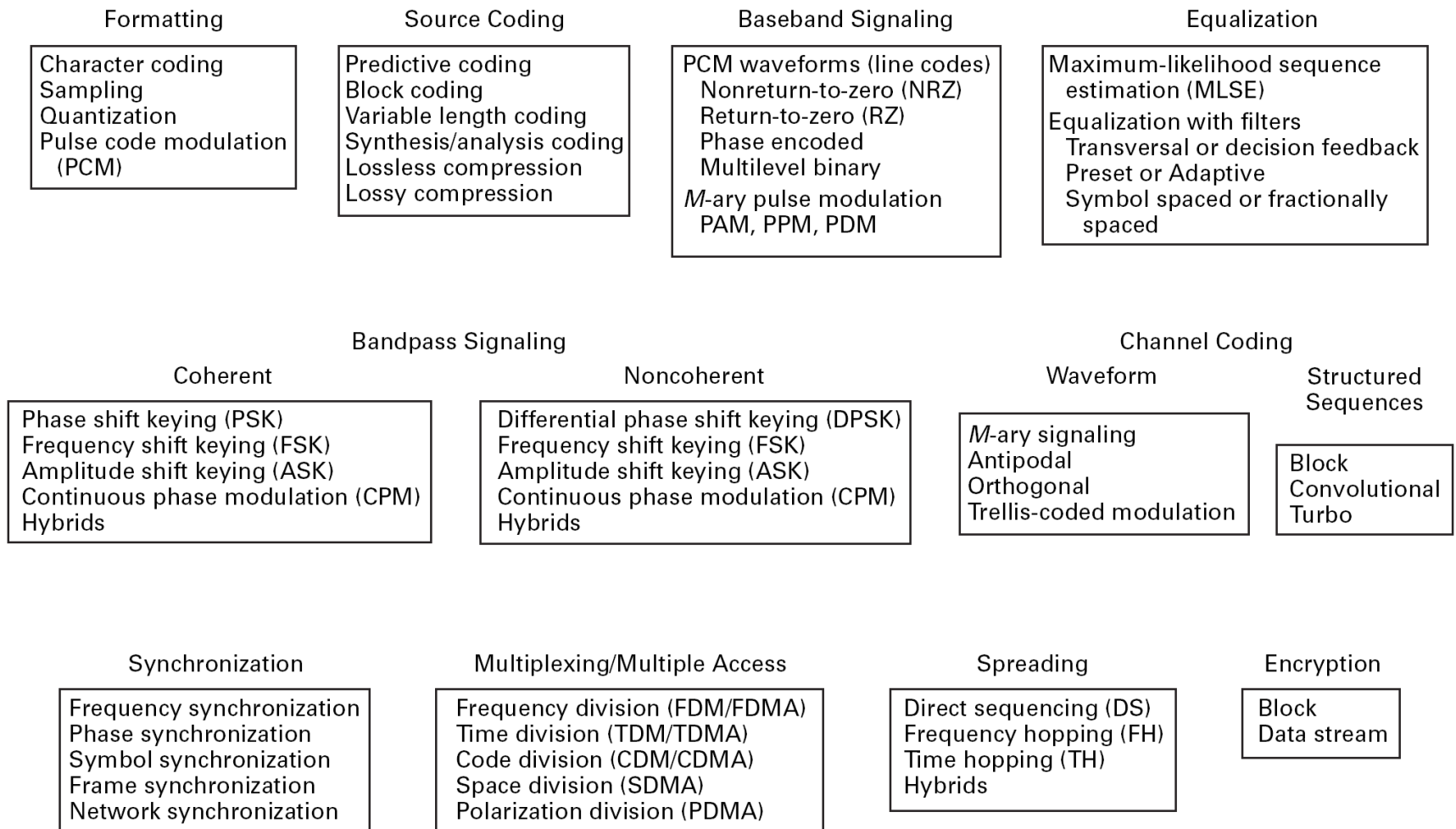


**Figure 1.1** Pulse degradation and regeneration.



**Figure 1.2** Block diagram of a typical digital communication system.





**Figure 1.3** Basic digital communication transformations.

# PHÂN LOẠI TÍN HIỆU

- Tín hiệu xác định và tín hiệu ngẫu nhiên
- Tín hiệu tuần hoàn và tín hiệu không tuần hoàn
- Tín hiệu tương tự và tín hiệu rời rạc
- Tín hiệu năng lượng và tín hiệu công suất
- Hàm xung đơn vị

# TÍN HIỆU XÁC ĐỊNH VÀ TÍN HIỆU NGẪU NHIÊN

- Một tín hiệu được coi là **xác định** nếu không có sự không chắc chắn về giá trị tại một thời điểm.
- Dạng sóng của tín hiệu xác định được mô hình hóa bởi các biểu diễn toán học cụ thể, ví dụ:
$$x(t) = 5\cos(10t)$$
- Một tín hiệu được coi là **ngẫu nhiên** nếu có sự không chắc chắn nào đó trước khi tín hiệu thực sự xảy ra.
- Dạng sóng của tín hiệu ngẫu nhiên khi được xem xét trong một khoảng thời gian dài có thể được mô tả dưới dạng xác suất và trung bình thống kê.

# TÍN HIỆU TUẦN HOÀN VÀ TÍN HIỆU KHÔNG TUẦN HOÀN

- Tín hiệu  $x(t)$  được gọi là **tuần hoàn** theo **thời gian** nếu tồn tại một hằng số  $T_0 > 0$  sao cho:

$$x(t) = x(t + T_0) \quad -\infty < t < \infty$$

$t$  biểu diễn thời gian

$T_0$  là chu kỳ của  $x(t)$ .

# TÍN HIỆU TƯƠNG TỰ VÀ TÍN HIỆU RỜI RẠC

- Một **tín hiệu tương tự**  $x(t)$  là một hàm liên tục theo thời gian; nghĩa là  $x(t)$  được xác định duy nhất cho mọi  $t$ .
- Một **tín hiệu rời rạc**  $x(kT)$  là hàm chỉ tồn tại tại các thời điểm rời rạc; nó được đặc trưng bởi một chuỗi các số được xác định cho mỗi thời điểm  $kT$ , ở đó  
 $k$  là một số nguyên  
 $T$  là một khoảng thời gian cố định.

# TÍN HIỆU NĂNG LƯỢNG VÀ TÍN HIỆU CÔNG SUẤT (1)

- Hiệu năng của hệ thống truyền thông phụ thuộc vào năng lượng tín hiệu nhận được; tín hiệu có năng lượng càng lớn sẽ tin cậy hơn (ít lỗi hơn) so với tín hiệu có năng lượng thấp hơn.
- $x(t)$  được gọi là **tín hiệu năng lượng** khi và chỉ khi, nó có năng lượng hữu hạn và khác không ( $0 < E_x < \infty$ ) trong mọi thời điểm, ở đó:

$$E_x = \lim_{T \rightarrow \infty} \int_{-T/2}^{T/2} x^2(t) dt = \int_{-\infty}^{\infty} x^2(t) dt$$

- Một tín hiệu năng lượng có năng lượng hữu hạn nhưng công suất trung bình bằng 0.
- Các tín hiệu xác định và các tín hiệu không tuần hoàn được phân loại là tín hiệu năng lượng.

# TÍN HIỆU NĂNG LƯỢNG VÀ TÍN HIỆU CÔNG SUẤT (2)

- **Công suất** là tốc độ mà tại đó năng lượng được gửi đi.
- Một tín hiệu được định nghĩa là **tín hiệu công** suất khi và chỉ khi nó có công suất hữu hạn khác không ( $0 < P_x < \infty$ ) cho mọi thời điểm, ở đó:

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

- **Tín hiệu công suất có công suất trung bình hữu hạn nhưng năng lượng vô hạn.**
- Nguyên tắc chung, tín hiệu tuần hoàn và tín hiệu ngẫu nhiên được phân loại là tín hiệu công suất.

# HÀM XUNG ĐƠN VỊ

- *Hàm xung Dirac  $\delta(t)$  hay hàm xung là xung có biên độ lớn vô hạn với độ rộng xung bằng 0 và có vùng diện tích dưới xung bằng đơn vị.*

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1$$

$$\delta(t) = 0 \quad \text{for} \quad t \neq 0$$

$$\delta(t) \text{ is bounded at } t = 0$$

- Tính chất dịch hay lấy mẫu:

$$\int_{-\infty}^{\infty} x(t) \delta(t-t_0) dt = x(t_0)$$



# MẬT ĐỘ PHỔ

- Khái niệm chung
- Mật độ phổ năng lượng
- Mật độ phổ công suất

# KHÁI NIỆM CHUNG

- **Mật độ phổ** của một tín hiệu đặc trưng cho sự **phân bố năng lượng hoặc công suất** của tín hiệu trong miền tần số.
- Khái niệm nay đặc biệt quan trọng khi xét đến lọc trong các hệ thống truyền thông khi đánh giá tín hiệu và nhiễu ở đầu ra bộ lọc.
- **Mật độ phổ năng lượng (ESD- Energy Spectral Density )** hoặc **mật độ phổ công suất (PSD- Power Spectral Density )** được sử dụng trong các đánh giá.

# MẬT ĐỘ PHỔ NĂNG LƯỢNG (ESD)

- ESD mô tả năng lượng tín hiệu trên một đơn vị băng tần được đo bằng đơn vị joules/hertz.
- Được ký hiệu là  $\psi_x(f)$ , phổ biên độ bình phương

$$\psi_x(f) = |X(f)|^2$$

Theo định lý Parseval, năng lượng của  $x(t)$ :

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

- Vì vậy:

$$E_x = \int_{-\infty}^{\infty} \psi_x(f) df$$

- ESD đối xứng trong miền tần số quanh gốc tọa độ và năng lượng tổng của tín hiệu  $x(t)$  có thể được tính như sau:

$$E_x = 2 \int_0^{\infty} \psi_x(f) df$$

# MẬT ĐỘ PHỔ CÔNG SUẤT (PSD)

- Hàm PSD  $G_x(f)$  của tín hiệu tuần hoàn  $x(t)$  là hàm thực, chẵn và không âm của tần số. Hàm này cho biết phân bố công suất của  $x(t)$  trong miền tần số.
- PSD được biểu diễn như sau:

$$G_x(f) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} |C_n|^2 \delta(f - nf_0)$$

- Trong khi đó công suất của tín hiệu tuần hoàn  $x(t)$  được biểu diễn như sau:

$$P_x = \frac{1}{T_0} \int_{-T_0/2}^{T_0/2} x^2(t) dt = \sum_{n=-\infty}^{\infty} |C_n|^2$$

- Sử dụng PSD, công suất chuẩn hóa trung bình của tín hiệu thực được biểu diễn như sau:

$$P_x = \int_{-\infty}^{\infty} G_x(f) df = 2 \int_0^{\infty} G_x(f) df$$

# HÀM TỰ TƯƠNG QUAN

- Hàm tự tương quan của tín hiệu năng lượng
- Hàm tự tương quan của tín hiệu công suất

# HÀM TỰ TƯƠNG QUAN CỦA TÍN HIỆU NĂNG LƯỢNG

- Tự tương quan là một quá trình đối sánh; **tự tương quan** để nói đến việc so sánh một tín hiệu với chính nó khi bị trễ đi một khoảng thời gian nào đó.
- Hàm tự tương quan của tín hiệu năng lượng thực  $x(t)$  được định nghĩa như sau:

$$R_x(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) x(t + \tau) dt \quad \text{for} \quad -\infty < \tau < \infty$$

- Hàm tự tương quan  $R_x(\tau)$  đo mức độ **giống nhau** của một tín hiệu với bản sao của nó khi bị dịch đi một khoảng thời gian  $\tau$
- $R_x(\tau)$  không phải là một hàm theo thời gian; nó chỉ là hàm của sự sai khác về thời gian  $\tau$  giữa dạng sóng và bản thân nó khi dịch đi một khoảng thời gian.

# HÀM TỰ TƯƠNG QUAN CỦA TÍN HIỆU NĂNG LƯỢNG

- Hàm tự tương quan của tín hiệu năng lượng, giá trị thực có tính chất sau:

$$R_x(\tau) = R_x(-\tau) \quad \text{đối xứng quanh giá trị 0}$$

$$R_x(\tau) \leq R_x(0) \text{ for all } \tau \quad \text{Cực đại xảy ra tại gốc tọa độ}$$

$$R_x(\tau) \leftrightarrow \psi_x(f) \quad \text{hàm tự tương quan và dạng ESD tạo ra một cặp biến đổi Fourier}$$

$$R_x(0) = \int_{-\infty}^{\infty} x^2(t) dt \quad \text{Giá trị tại gốc tọa độ bằng năng lượng của tín hiệu}$$

# HÀM TỰ TƯƠNG QUAN CỦA TÍN HIỆU CÔNG SUẤT

- Hàm tự tương quan của tín hiệu công suất, giá trị thực được định nghĩa như sau:

$$R_x(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) x(t + \tau) dt \quad \text{for } -\infty < \tau < \infty$$

- Khi tín hiệu công suất  $x(t)$  là tuần hoàn với chu kỳ  $T_0$ , hàm tự tương quan có thể được biểu diễn như sau:

$$R_x(\tau) = \frac{1}{T_0} \int_{-T_0/2}^{T_0/2} x(t) x(t + \tau) dt \quad \text{for } -\infty < \tau < \infty$$



# HÀM TỰ TƯƠNG QUAN CỦA TÍN HIỆU CÔNG SUẤT

- Hàm tự tương quan của tín hiệu tuần hoàn, giá trị thực có tính chất tương tự như hàm tự tương quan của tín hiệu năng lượng:

$$R_x(\tau) = R_x(-\tau) \quad \text{đối xứng quanh giá trị 0}$$

$$R_x(\tau) \leq R_x(0) \text{ for all } \tau \quad \text{Cực đại xảy ra tại gốc tọa độ}$$

$$R_x(\tau) \leftrightarrow G_x(f) \quad \text{hàm tự tương quan và dạng ESD tạo ra một cặp biến đổi Fourier}$$

$$R_x(0) = \frac{1}{T_0} \int_{-T_0/2}^{T_0/2} x^2(t) dt \quad \text{Giá trị tại gốc tọa độ bằng năng lượng của tín hiệu}$$

# TÍNH HIỆU NGẪU NHIÊN

- Biến ngẫu nhiên
- Trung bình của chuỗi
- Quá trình ngẫu nhiên
- Trung bình thống kê của quá trình ngẫu nhiên
- Quá trình dừng

# BIẾN NGẪU NHIÊN

- Tất cả các tín hiệu bản tin có ích đều xuất hiện ngẫu nhiên; nghĩa là máy thu không biết trước dạng sóng nào đã được gửi.
- Biến ngẫu nhiên  $X(A)$  mô tả mối quan hệ chức năng giữa sự kiện ngẫu nhiên  $A$  và một số thực.
- *Hàm phân bố* (tích lũy)  $F_X(x)$  của biến ngẫu nhiên  $X$  được cho bởi:

$$F_X(x) = P(X \leq x)$$

- Hàm hữu ích khác liên quan đến biến ngẫu nhiên  $X$  là *hàm phân bố xác suất* (pdf)

$$P_X(x) = \frac{dF_X(x)}{dx}$$

# TRUNG BÌNH CHUỖI

$$m_X = E\{X\} = \int_{-\infty}^{\infty} x p_X(x) dx$$

$$E\{X^2\} = \int_{-\infty}^{\infty} x^2 p_X(x) dx$$

$$\begin{aligned} \text{var}(X) &= E\{(X - m_X)^2\} \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} (x - m_X)^2 p_X(x) dx \end{aligned}$$

$$\text{var}(X) = E\{X^2\} - E\{X\}^2$$

- *Moment bậc nhất* của phân bố xác suất của biến ngẫu nhiên  $X$  được gọi là *giá trị trung bình*  $m_X$ , hay giá trị *kỳ vọng* của biến ngẫu nhiên  $X$ .
- *Moment bậc 2* của phân bố xác suất là *giá trị trung bình bình phương* của  $X$ .
- Các *moment trung tâm* là moment về sự khác nhau giữa  $X$  và  $m_X$ , moment trung tâm bậc 2 là *phương sai* của  $X$ .
- Phương sai cũng chính là sự sai khác giữa giá trị trung bình bình phương và bình phương của trung bình.

# QUÁ TRÌNH NGẪU NHIÊN

- Một quá trình ngẫu nhiên  $X(A, t)$  có thể được coi là một hàm hai biến: *sự kiện*  $A$  và *thời gian*.

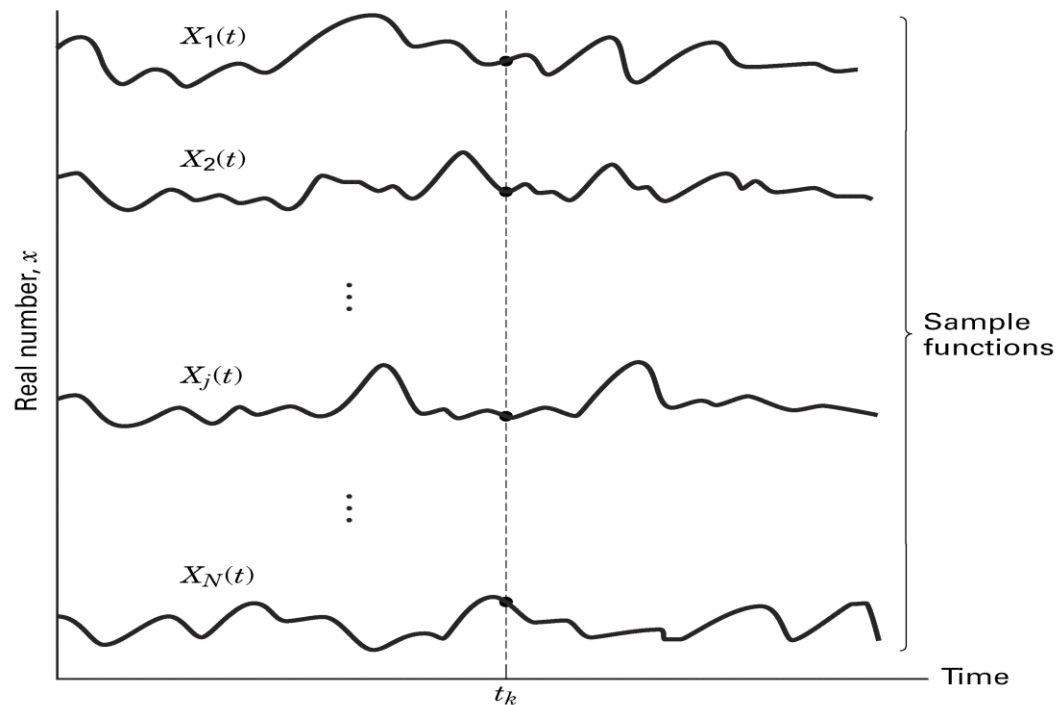


Figure 1.5 Random noise process.

# TRUNG BÌNH THÔNG KÊ CỦA MỘT QUÁ TRÌNH NGẪU NHIÊN

- Một quá trình ngẫu nhiên có hàm phân bố liên tục có thể được mô tả về mặt thống kê với một hàm phân bố xác suất (pdf).
- Để mô tả một phần nào đó có thể sử dụng hàm trung bình và hàm tự tương quan, các hàm này thường phù hợp với các yêu cầu của các hệ thống truyền thông.
- Trung bình của quá trình ngẫu nhiên  $X(t)$  :

$$E\{X(t_k)\} = \int_{-\infty}^{\infty} xp_{X_k}(x)dx = m_X(t_k)$$

- Hàm tự tương quan của quá trình ngẫu nhiên  $X(t)$

$$R_X(t_1, t_2) = E\{X(t_1)X(t_2)\}$$

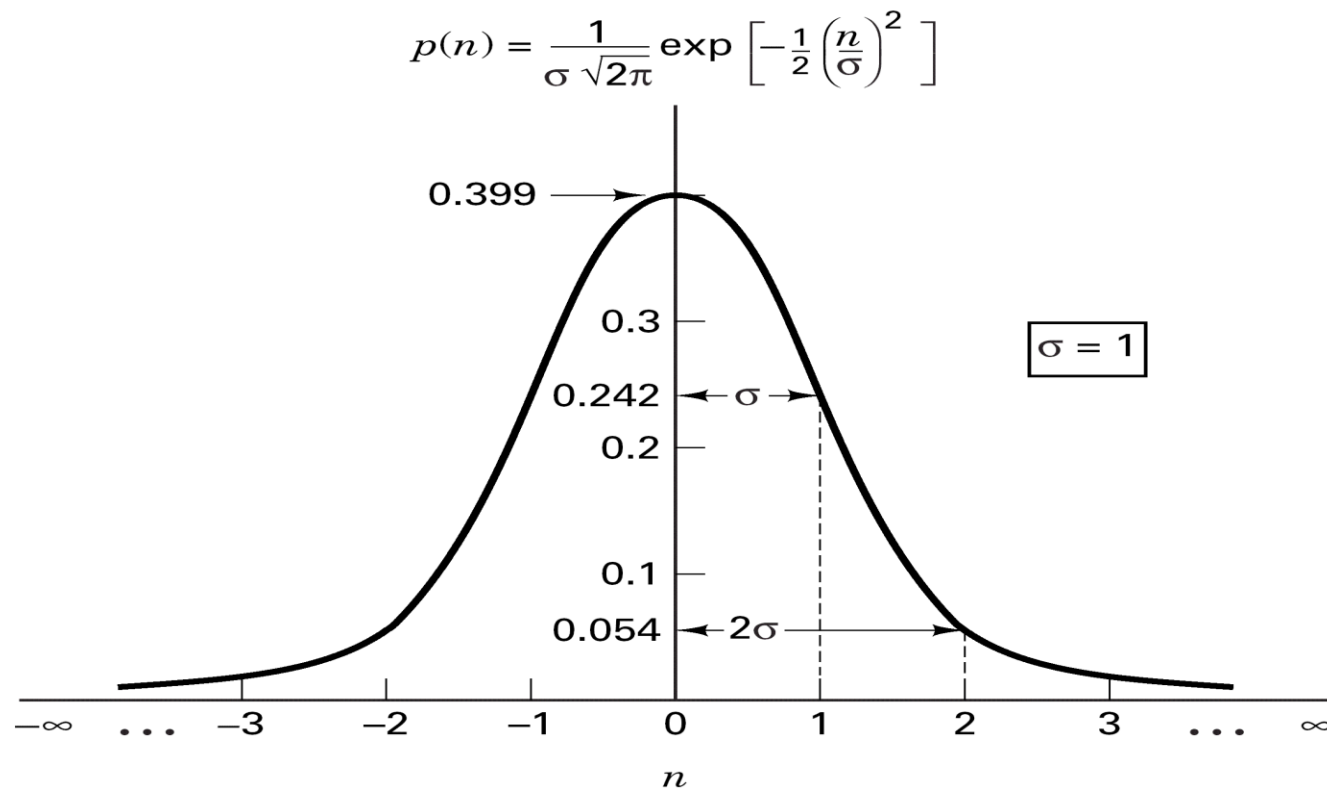
# NHIỀU TRONG CÁC HỆ THỐNG TRUYỀN THÔNG

- Thuật ngữ nhiều để nói đến các tín hiệu điện không mong muốn, các tín hiệu này luôn xuất hiện trong các hệ thống điện;
- Có thể mô tả nhiễu nhiệt như một quá trình ngẫu nhiên Gaussian trung bình không.
- Một quá trình Gaussian  $n(t)$  là một hàm ngẫu nhiên ở đó biên độ tại thời gian tùy ý  $t$  được đặc trưng thống kê bởi hàm mật độ xác suất Gaussian.

$$p(n) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{n}{\sigma}\right)^2\right]$$

# NHIỀU TRONG CÁC HỆ THỐNG TRUYỀN THÔNG

- **Hàm mật độ Gaussian tiêu chuẩn chuẩn hóa** của một quá trình trung bình 0 đạt được bằng cách giả định phương sai đơn vị.



**Figure 1.7** Normalized ( $\sigma = 1$ ) Gaussian probability density function.



# NHIỄU TRẮNG

- Đặc trưng phổ của nhiễu nhiệt là mật độ phổ công suất là như nhau đối với mọi tần số.

- Mật độ phổ công suất  $G_n(f)$ :

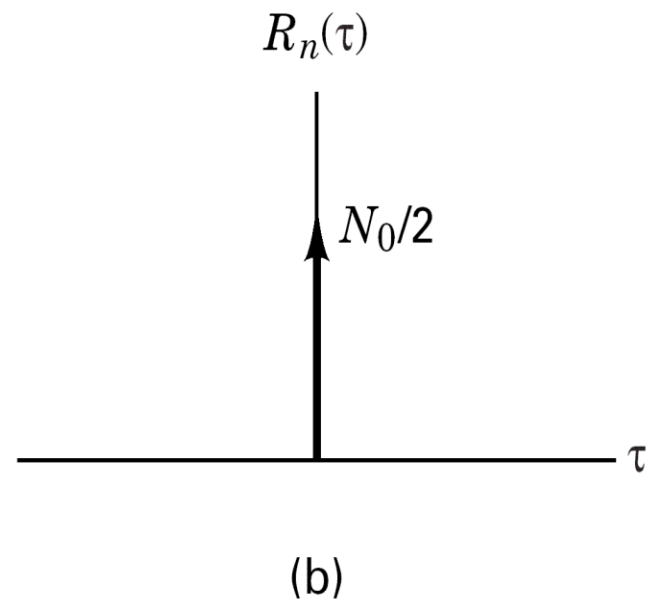
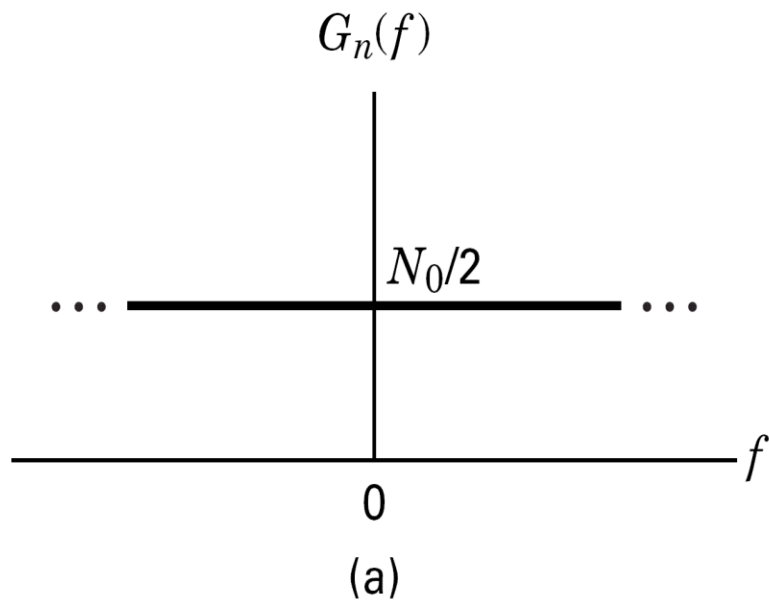
$$G_n(f) = \frac{N_0}{2} \text{ watts / hertz}$$

- Hàm tự tương quan của nhiễu trắng:

$$R_n(\tau) = \mathfrak{F}^{-1}\{G_n(f)\} = \frac{N_0}{2} \delta(\tau)$$

- Công suất trung bình  $P_n$  của nhiễu trắng là vô hạn:

$$p(n) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{N_0}{2} df = \infty$$



**Figure 1.8** (a) Power spectral density of white noise. (b) Autocorrelation function of white noise.

# TRUYỀN DẪN TÍN HIỆU QUA HỆ THỐNG TUYẾN TÍNH

- Một hệ thống có thể được đặc trưng hoặc trong miền thời gian hoặc miền tần số, các kỹ thuật sẽ được phát triển trong cả hai miền này.
- Hệ thống được coi là tuyến tính và không đổi theo thời gian.
- Nó cũng được giả định là không có năng lượng lưu trữ trong hệ thống tại thời điểm đưa tín hiệu vào.

# ĐÁP ỨNG XUNG

- Hệ thống tuyến tính không đổi theo thời gian được đặc trưng trong miền thời gian bởi đáp ứng xung  $h(t)$ , đối với xung đơn vị đầu vào  $\delta(t)$

$$y(t) = h(t) \text{ when } x(t) = \delta(t)$$

- Đáp ứng của hệ thống đối với tín hiệu đầu vào tùy ý  $x(t)$  được tính bởi tích chập của  $x(t)$  với  $h(t)$

$$y(t) = x(t) * h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(\tau)h(t - \tau)d\tau$$

- Hệ thống được coi là nhân quả, nghĩa là không có đầu ra trước thời điểm  $t=0$ , khi thực hiện áp đầu vào.
- Tích phân tích chập có thể được biểu diễn như sau:

$$y(t) = \int_0^{\infty} x(\tau)h(t - \tau)d\tau$$

# HÀM ĐÁP ỨNG TẦN SỐ/HÀM TRUYỀN ĐẠT

- Tín hiệu đầu ra miền tần số  $Y(f)$  đạt được bằng cách lấy biến đổi Fourier:

$$Y(f) = X(f)H(f)$$

- Hàm đáp ứng tần số được định nghĩa là:

$$H(f) = \frac{Y(f)}{X(f)}$$

$$H(f) = |H(f)|e^{j\theta(f)}$$

- Đáp ứng pha được định nghĩa là:

$$\theta(f) = \tan^{-1} \frac{\text{Im}\{H(f)\}}{\text{Re}\{H(f)\}}$$

# QUÁ TRÌNH NGẪU NHIÊN VÀ HỆ THỐNG TUYẾN TÍNH

- Nếu đầu vào của hệ thống tuyến tính không đổi theo thời gian là một quá trình ngẫu nhiên thì đầu ra sẽ là một quá trình ngẫu nhiên.
- Hàm mật độ phổ công suất đầu vào  $G_X(f)$  và hàm mật độ công suất đầu ra  $G_Y(f)$  có quan hệ như sau:

$$G_Y(f) = G_X(f) |H(f)|^2$$

# TRUYỀN DẪN KHÔNG MÉO

- Tín hiệu đầu ra của đường truyền dẫn lý tưởng có thể có thời gian trễ nào đó và biên độ khác so với đầu vào.
- Nó phải không có méo – phải có hình dạng giống với đầu vào.
- Đối với truyền dẫn không méo lý tưởng:

Tín hiệu đầu ra trong miền thời gian

$$y(t) = Kx(t - t_0)$$

Tín hiệu đầu ra trong miền tần số

$$Y(f) = KX(f)e^{-j2\pi ft_0}$$

Hàm đáp ứng hệ thống

$$H(f) = Ke^{-j2\pi ft_0}$$

# BỘ LỌC LÝ TƯỞNG

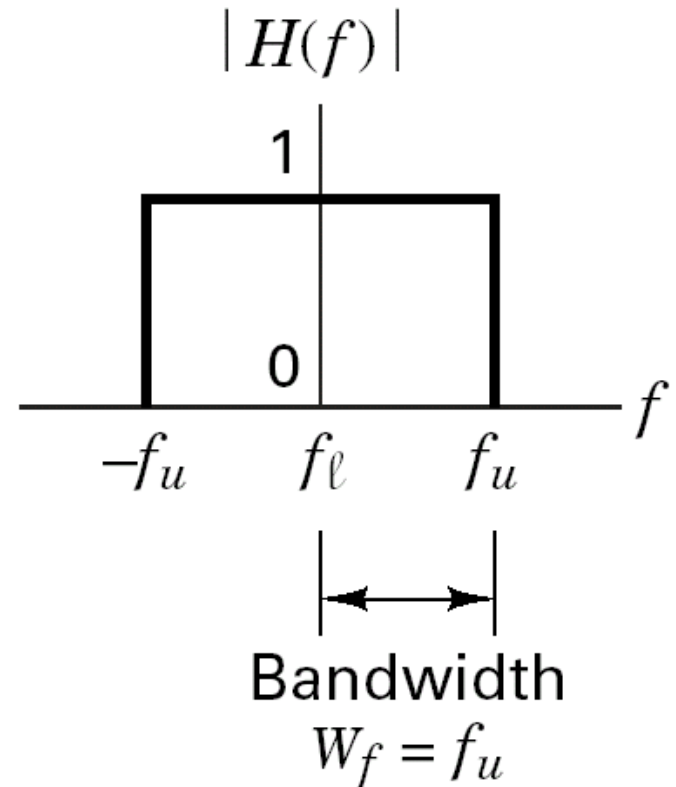
- Hàm truyền đạt bộ lọc thông thấp lý tưởng có độ rộng băng thông  $W_f = f_u$  hertz có thể được viết như sau:

$$H(f) = |H(f)| e^{-j\theta(f)}$$

ở đó

$$|H(f)| = \begin{cases} 1 & \text{for } |f| < f_u \\ 0 & \text{for } |f| \geq f_u \end{cases}$$

$$e^{-j\theta(f)} = e^{-j2\pi f t_0}$$



Bộ lọc thông thấp lý tưởng



# BỘ LỌC LÝ TƯỞNG

- Đáp ứng xung của bộ lọc thông thấp lý tưởng:

$$h(t) = \mathfrak{F}^{-1}\{H(f)\}$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} H(f) e^{j2\pi ft} df$$

$$= \int_{-f_u}^{f_u} e^{-j2\pi ft_0} e^{j2\pi ft} df$$

$$= \int_{-f_u}^{f_u} e^{j2\pi f(t-t_0)} df$$

$$= 2f_u \frac{\sin 2\pi f_u(t-t_0)}{2\pi f_u(t-t_0)}$$

$$= 2f_u \operatorname{sinc} 2f_u(t-t_0)$$

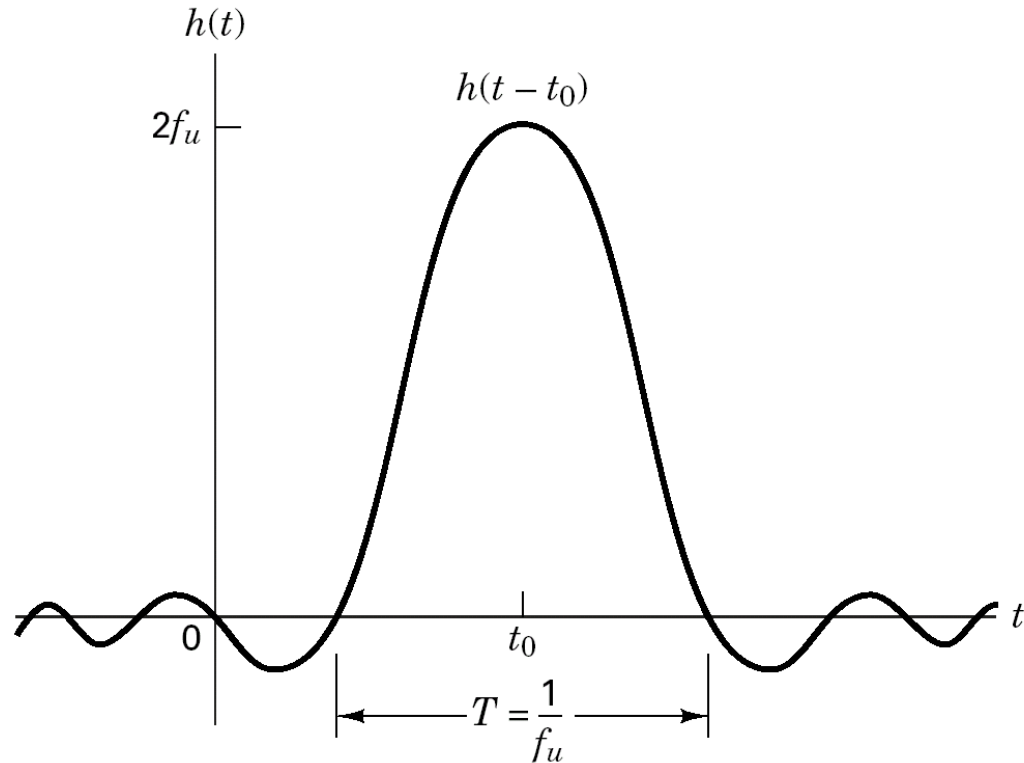
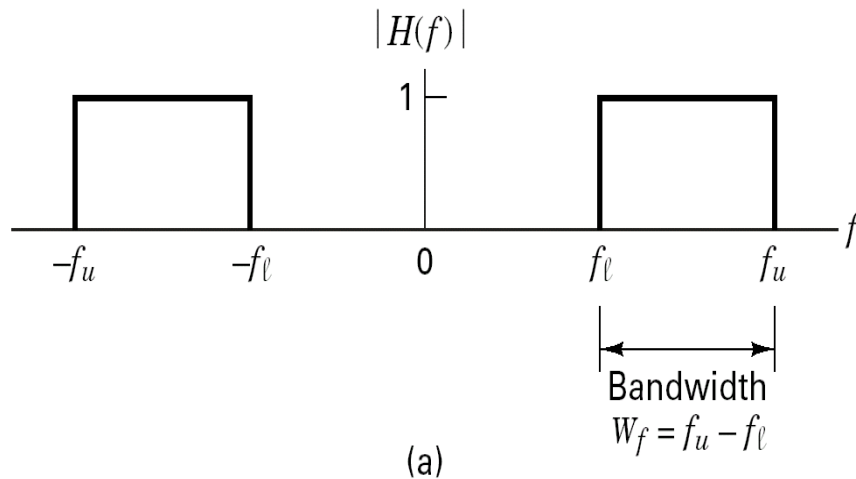


Figure 1.12 Impulse response of the ideal low-pass filter.

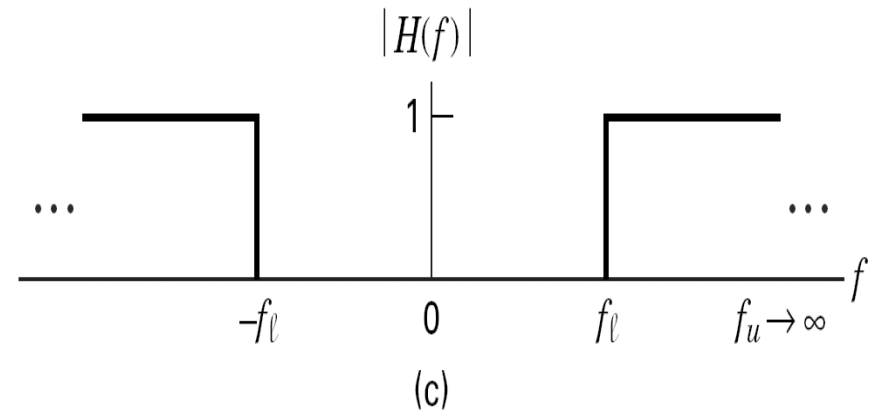
# BỘ LỌC LÝ TƯỞNG

- Hàm truyền đạt của **bộ lọc thông dải lý tưởng**



(a) Bộ lọc thông dải lý tưởng

- Hàm truyền đạt **bộ lọc thông cao lý tưởng**

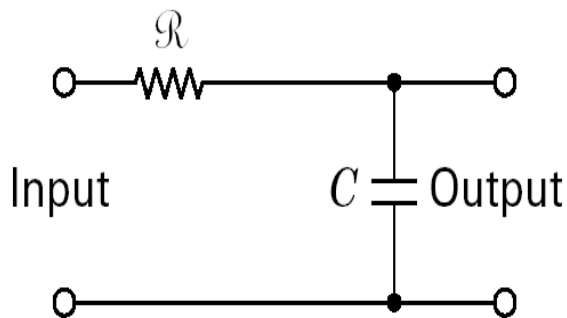


(b) Bộ lọc thông cao lý tưởng

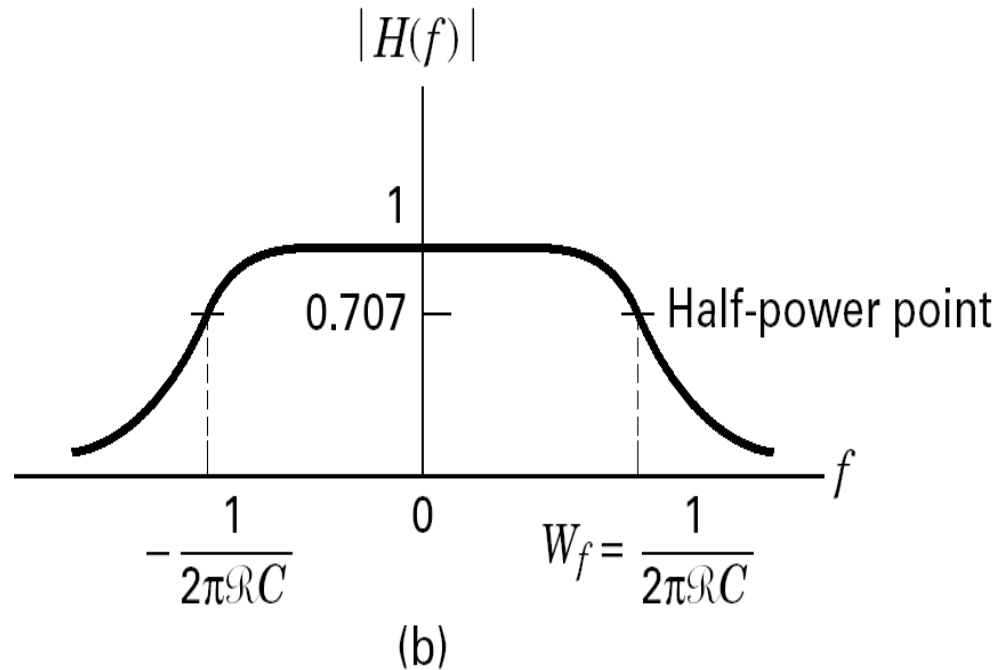
# BỘ LỌC THỰC TẾ

- Ví dụ đơn giản nhất về bộ lọc thông thấp thực tế, bộ lọc RC

$$H(f) = \frac{1}{1 + j2\pi f \mathcal{RC}} = \frac{1}{\sqrt{1 + (2\pi f \mathcal{RC})^2}} e^{-j\theta(f)}$$



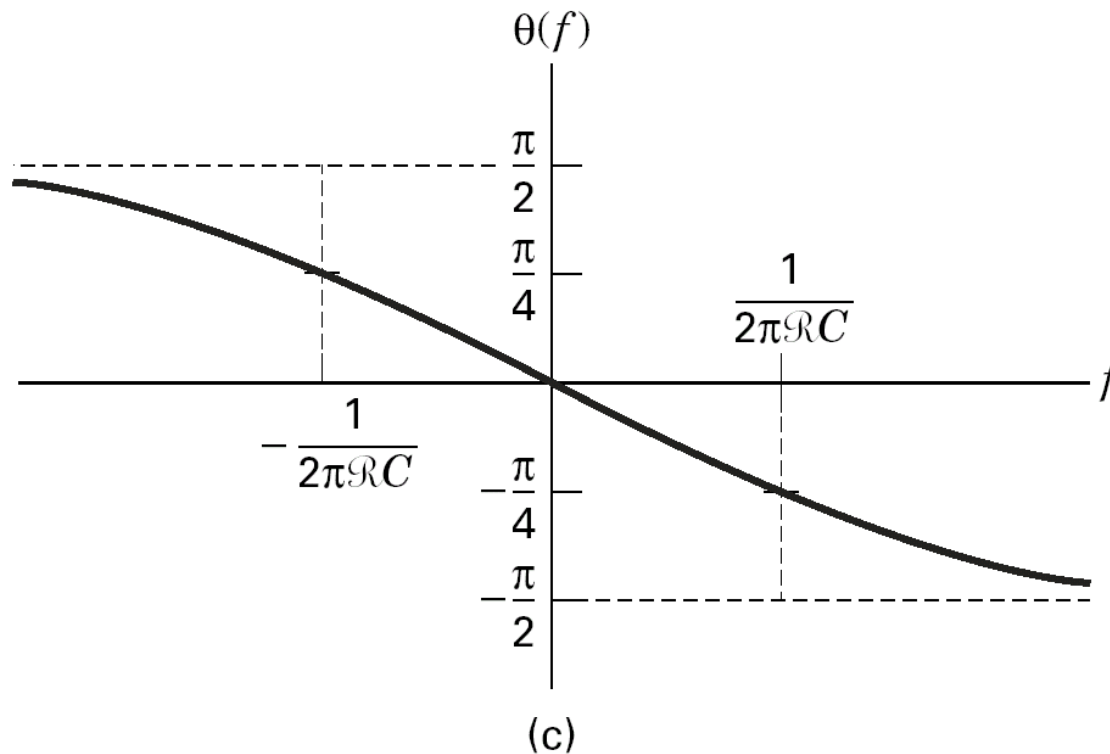
(a)



(b)

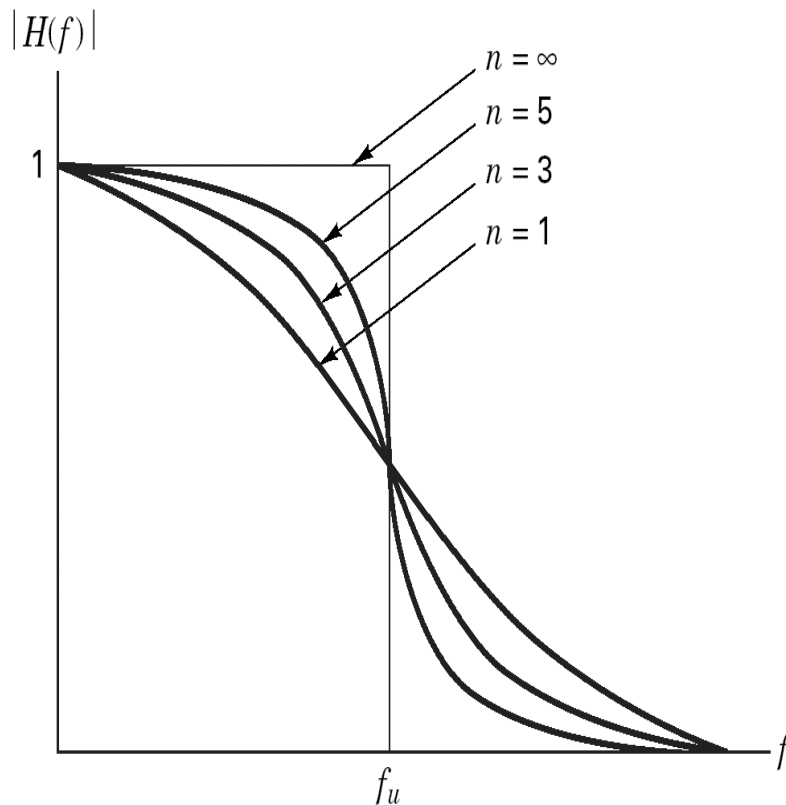
# BỘ LỌC THỰC TẾ

- Đặc tính pha của bộ lọc RC



# BỘ LỌC THỰC TẾ

- Có một số xấp xỉ hữu ích đối với đặc tính lọc thông thấp lý lý tưởng và một trong số đó là **bộ lọc Butterworth**



$$|H_n(f)| = \frac{1}{\sqrt{1 + (f / f_u)^{2n}}} \quad n \geq 1$$

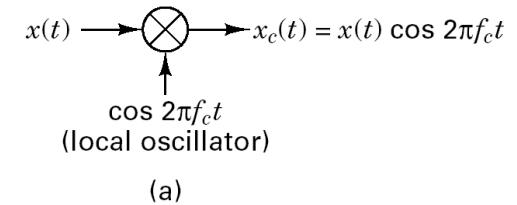
- Các bộ lọc Butterworth rất phổ biến vì chúng là xấp xỉ tốt nhất của bộ lọc lý tưởng, theo nghĩa là phẳng tối đa (*maximal flatness*) trong vùng dải thông bộ lọc.

**Figure 1.14** Butterworth filter magnitude response.

# ĐỘ RỘNG BĂNG THÔNG CỦA DỮ LIỆU SỐ

## BASEBAND VERSUS BANDPASS

- Có một cách đơn giản để dịch chuyển phổ của một tín hiệu  $x(t)$  bằng tần cơ sở (baseband) hay thông thấp (low-pass) tới tần số cao hơn là thực hiện nhân tín hiệu bằng tần cơ sở với sóng mang  $\cos 2\pi f_c t$ .



- $x_c(t)$  được gọi là tín hiệu điều chế 2 băng (DSB- Double-SideBand)

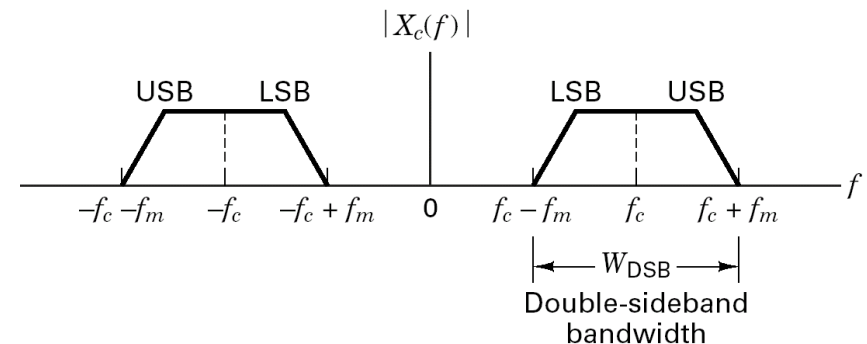
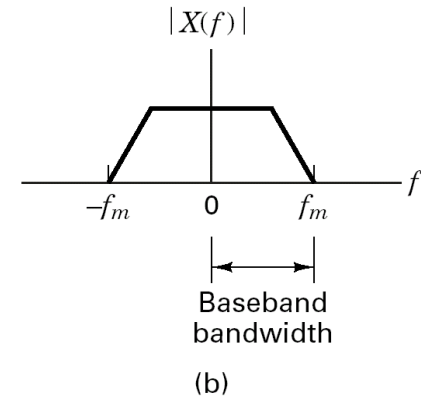
$$x_c(t) = x(t) \cos 2\pi f_c t$$

- Từ định lý dịch chuyển tần số:

$$X_c(f) = 1/2 [X(f-f_c) + X(f+f_c)]$$

- Nói chung tần số sóng mang cao hơn rất nhiều độ rộng băng tần của tín hiệu băng tần cơ sở:

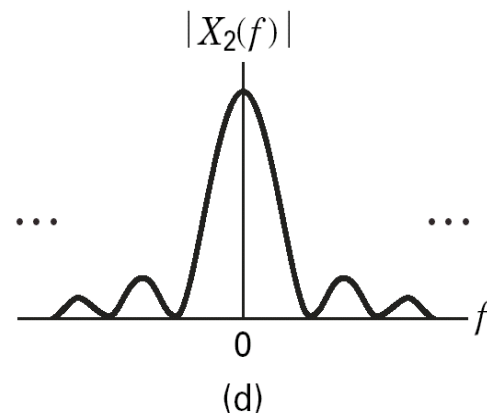
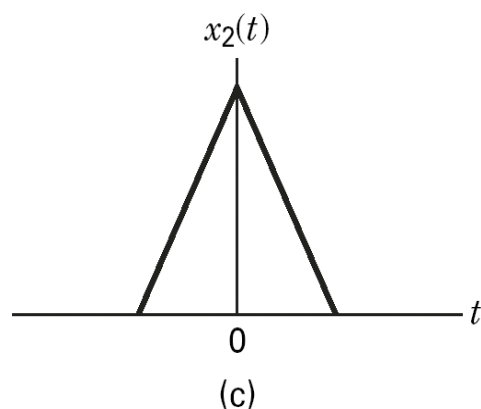
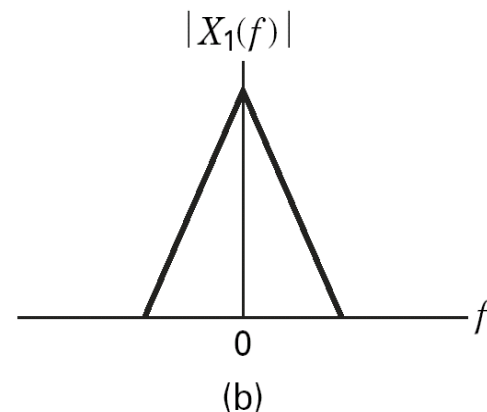
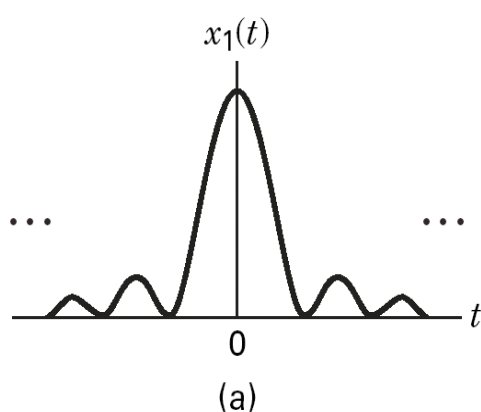
$$f_c \gg f_m \quad \text{và vì vậy } W_{\text{DSB}} = 2f_m$$



**Figure 1.18** Comparison of baseband and double-sideband spectra. (a) Heterodyning. (b) Baseband spectrum. (c) Double-sideband spectrum.

# ĐỊNH LÝ ĐỘ RỘNG BẰNG TẦN

- Các định lý về truyền thông và lý thuyết thông tin dựa trên giả định về các kênh có độ rộng băng thông cực kỳ hạn chế.



**Figure 1.19** (a) Strictly bandlimited signal in the time domain. (b) In the frequency domain. (c) Strictly time limited signal in the time domain. (d) In the frequency domain.

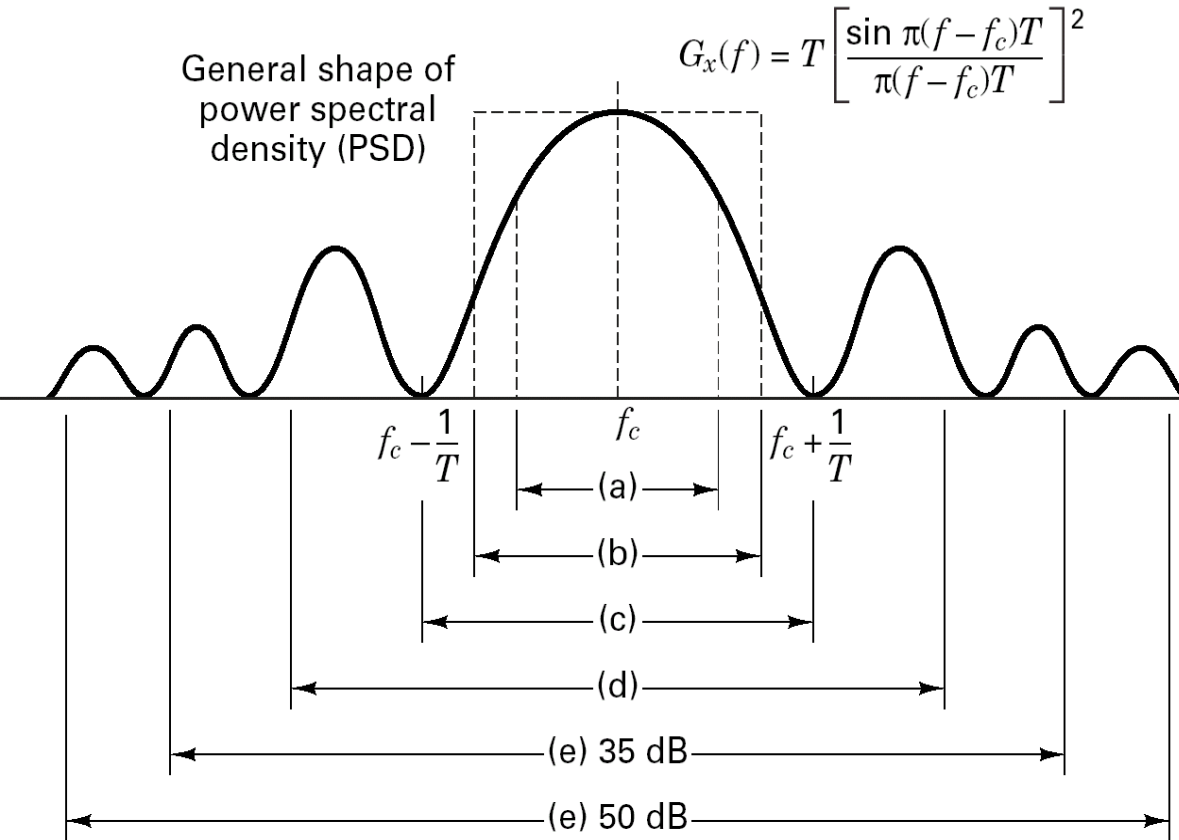
# ĐỊNH LÝ ĐỘ RỘNG BẰNG THÔNG

- Tất cả các tiêu chí về độ rộng băng thông nói chung là đều nỗ lực xác định cách đo độ rộng,  $W$ , của mật độ phổ giá trị thực, không âm đối với mọi tần số  $f < \infty$ .
- Mật độ phổ công suất đơn băng đối với xung  $x_c(t)$  có dạng sau:

$$G_x(f) = T \left[ \frac{\sin \pi(f - f_c)T}{\pi(f - f_c)T} \right]^2$$



# CÁC TIÊU CHÍ ĐỘ RỘNG BĂNG THÔNG KHÁC NHAU



- (a) Half-power bandwidth.
- (b) Equivalent rectangular or noise equivalent bandwidth.
- (c) Null-to-null bandwidth.
- (d) Fractional power containment bandwidth.
- (e) Bounded power spectral density.
- (f) Absolute bandwidth.

**Figure 1.20** Bandwidth of digital data. (a) Half-power. (b) Noise equivalent. (c) Null to null. (d) 99% of power. (e) Bounded PSD (defines attenuation outside bandwidth) at 35 and 50 dB.