Nhập môn Kỹ thuật Truyền thông

Bài 2: Tín hiệu

PGS. Tạ Hải Tùng

Nội dung

- Giới thiệu chung về tín hiệu,
- Phân loại tín hiệu,
- Một vài loại tín hiệu đặc biệt.

Tín hiệu

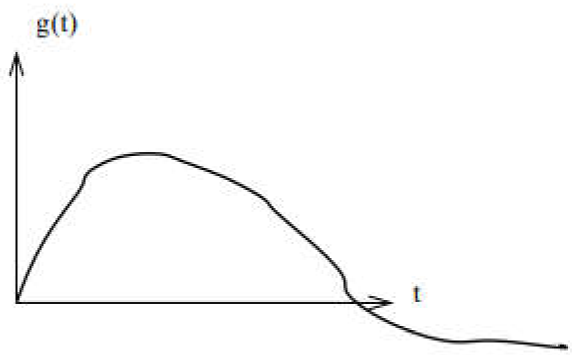
- Tín hiệu là một tập của thông tin hoặc dữ liệu
- Ví dụ:
  - Tín hiệu truyền hình, tín hiệu điện thoại,
  - Doanh số hàng tháng của một tập đoàn,
  - Giá cuối ngày của thị trường chứng khoán.
- Đối tượng quan tâm của môn học là các tín hiệu là hàm của thời gian.
- Các câu hỏi:
  - Làm thế nào để chúng ta đo một tín hiệu?
  - Làm thế nào để phân biệt hai tín hiệu khác nhau?

Phân loại tín hiệu

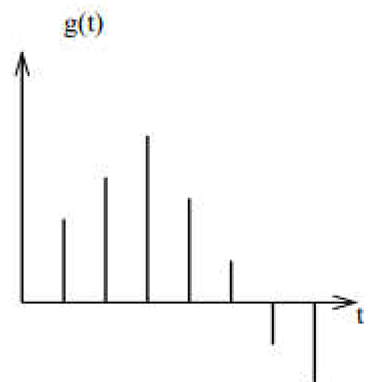
- Tín hiệu liên tục vs. Tín hiệu rời rạc (theo thời gian)
- Tín hiệu tương tự vs. Tín hiệu số
- Tín hiệu tuần hoàn vs. Tín hiệu không tuần hoàn
- Tín hiệu công suất vs. Tín hiệu năng lượng
- Tín hiệu ngẫu nhiên (xác suất) vs. Tín hiệu xác định

Tín hiệu liên tục vs. Tín hiệu rời rạc (theo thời gian)

- Một tín hiệu có giá trị được xác định ở mọi thời điểm t là một tín hiệu thời gian liên tục.
- Một tín hiệu có giá trị chỉ được xác định ở các giá trị rời rạc của t là tín hiệu rời rạc



(a)



(b)

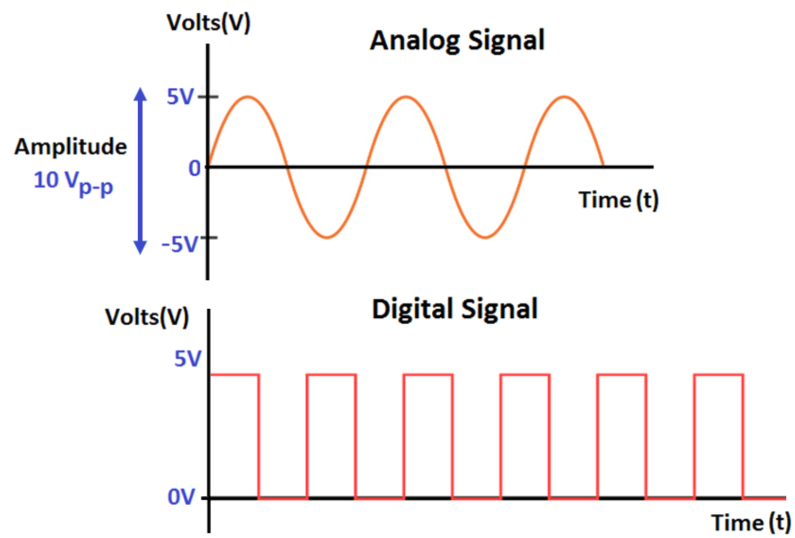
- Có thể thu được tín hiệu thời gian rời rạc bằng cách lấy mẫu tín hiệu thời gian liên tục.
- Trong một số trường hợp, có thể 'hoàn tác' thao tác lấy mẫu. Tức là có thể lấy lại tín hiệu thời gian liên tục từ tín hiệu thời gian rời rạc.

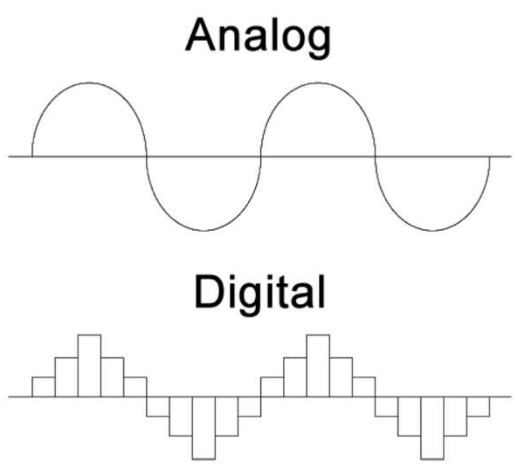
Định lý lấy mẫu:

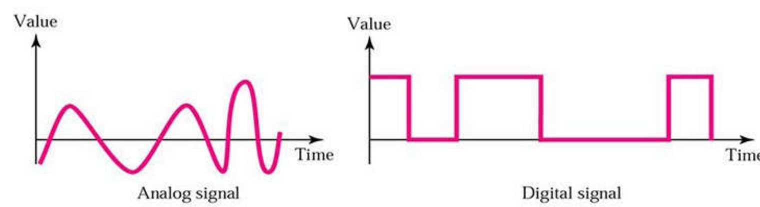
- Định lý lấy mẫu phát biểu rằng nếu tần số cao nhất trong phổ tín hiệu là B, tín hiệu có thể được tái tạo lại từ các mẫu của nó được lấy với tốc độ không nhỏ hơn 2B mẫu mỗi giây.

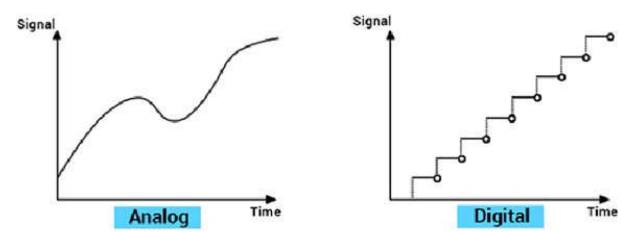
Tín hiệu tương tự và Tín hiệu số

- Tín hiệu có biên độ có thể nhận bất kỳ giá trị nào trong một dải liên tục là tín hiệu tương tự.
- Khái niệm về tín hiệu tương tự và tín hiệu số khác với khái niệm về tín hiệu thời gian liên tục và thời gian rời rạc.









- Người ta có thể thu được tín hiệu kỹ thuật số từ tín hiệu tương tự bằng cách sử dụng bộ lượng tử hóa.
- Biên độ của tín hiệu tương tự được chia thành L khoảng. Mỗi mẫu (giá trị tín hiệu) sẽ được đưa về các mức gần nhất tương ứng.
- Lượng tử hóa là một quá trình gây mất mát thông tin.
- Lưu ý: Người ta có thể thu được tín hiệu số thời gian rời rạc bằng cách lấy mẫu và lượng tử hóa một tín hiệu tương tự thời gian liên tục.

Tín hiệu tuần hoàn và tín hiệu không tuần hoàn

- Một tín hiệu g(t) được goi là tuần hoàn nếu với T_0 là một hằng số dương bất kỳ, ta có:
- $g(t) = g(t+T_0)$ với mọi t
- Một tín hiệu là không tuần hoàn nếu không thỏa mãn tính chất trên.
- Một số hàm tuần hoàn phổ biến:

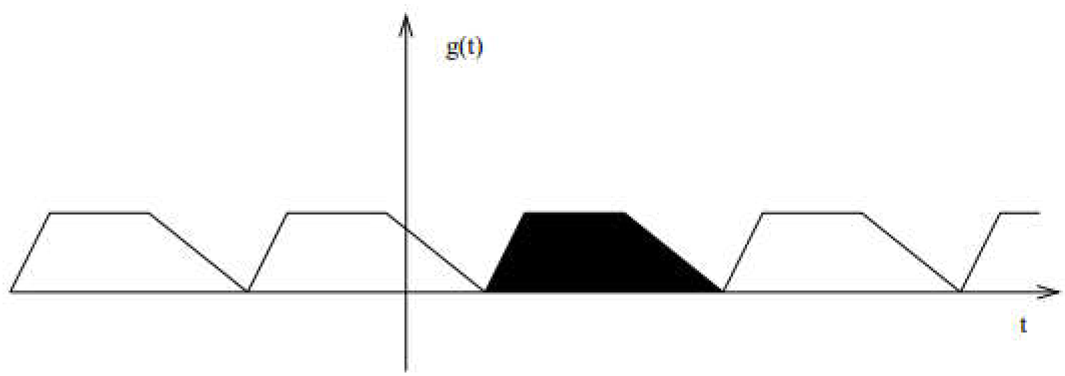
$$\sin(w_0 t)\,, \cos(w_0 t)\,, e^{j\omega_0 t}$$

Với $w_0 = \frac{2\pi}{T_0}$ và T_0 chu kỳ của hàm tuần hoàn.

Lưu ý: $e^{j\omega_0 t} = \cos(w_0 t) + j\sin(w_0 t)$

Tín hiệu tuần hoàn

- Một tín hiệu tuần hoàn g(t) có thể được tạo ra bằng cách kéo dài tuần hoàn bất kỳ đoạn nào của g (t) trong khoảng thời gian T_0.



Tín hiệu năng lượng và Tín hiệu công suất

Khái niệm năng lượng:

- Năng lượng tín hiệu E_g của g(t) được định nghĩa:

$$E_g = \int_{-\infty}^{\infty} g^2(t)dt.$$

- Trong trường hợp tín hiệu g(t) biểu diễn dạng phức, thì năng lượng được tính như sau:

$$E_g = \int_{-\infty}^{\infty} g^*(t)g(t)dt = \int_{-\infty}^{\infty} |g(t)|^2 dt.$$

- Một tín hiệu g(t) là tín hiệu năng lượng nếu

$$E_g < \infty.$$

Công suất

- Điều kiện cần để năng lượng là hữu hạn nếu biên độ tín hiệu sẽ tiến tới 0 theo thời gian.
- Trong trường hợp năng lượng không hữu hạn (ví dụ: tín hiệu tuần hoàn), công suất sẽ là độ đo phù hợp hơn năng lượng:

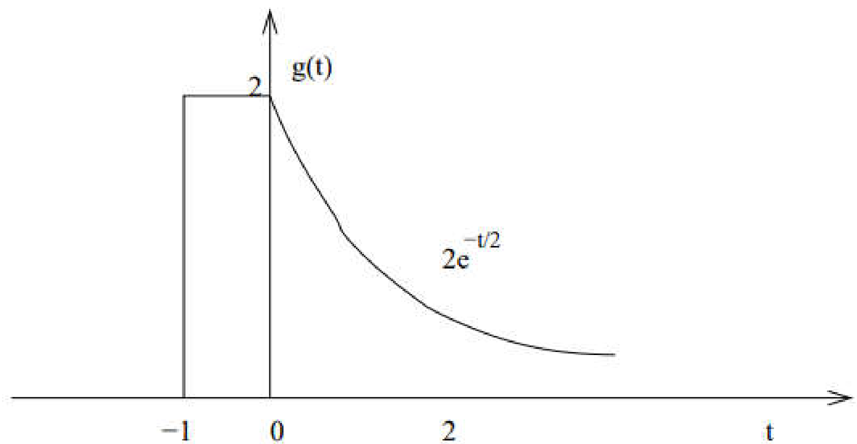
$$P_g = \lim_{T\to\infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} |g(t)|^2 dt$$

- Một tín hiệu là tín hiệu công suất nếu:

$$0 < \lim_{T\to\infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} |g(t)|^2 dt < \infty$$

- Một tín hiệu không thể vừa là tín hiệu công suất vừa là tín hiệu năng lượng.

Ví dụ tín hiệu năng lượng



Năng lượng của tín hiệu:

$$E_g = \int_{-\infty}^{\infty} g^2(t)dt = \int_{-1}^{0} (2)^2 dt + \int_{0}^{\infty} 4e^{-t} dt = 4 + 4 = 8.$$

Ví dụ tín hiệu công suất

Giả sử $g(t) = Acos(\omega_0 t + \theta)$, Công suất của tín hiệu là:

$$
\begin{aligned}
P_g &= \lim_{T\to\infty} \frac{1}{T}\int_{-T/2}^{T/2} A^2 cos^2(\omega_0 t + \theta)dt \\
&= \lim_{T\to\infty} \frac{1}{T}\int_{-T/2}^{T/2} \frac{A^2}{2}[1 + cos(2\omega_0 t + 2\theta)]dt \\
&= \lim_{T\to\infty} \frac{A^2}{2T}\int_{-T/2}^{T/2} dt + \lim_{T\to\infty} \frac{A^2}{2T}\int_{-T/2}^{T/2} cos(2\omega_0 t + 2\theta)]dt \\
&= A^2/2
\end{aligned}
$$

Công suất của tín hiệu tuần hoàn

- Công suất của tín hiệu tuần hoàn g(t) với chu kỳ T_0 là:

$$P_g = \frac{1}{T_0} \int_{-T_0/2}^{T_0/2} |g(t)|^2 dt$$

Tín hiệu ngẫu nhiên và tín hiệu xác định

- Một tín hiệu mà mô tả vật lý được biết đến hoàn toàn là một tín hiệu xác định.
- Một tín hiệu chỉ được biết đến dưới dạng mô tả xác suất là một tín hiệu ngẫu nhiên.

Một vài phép toán với tín hiệu

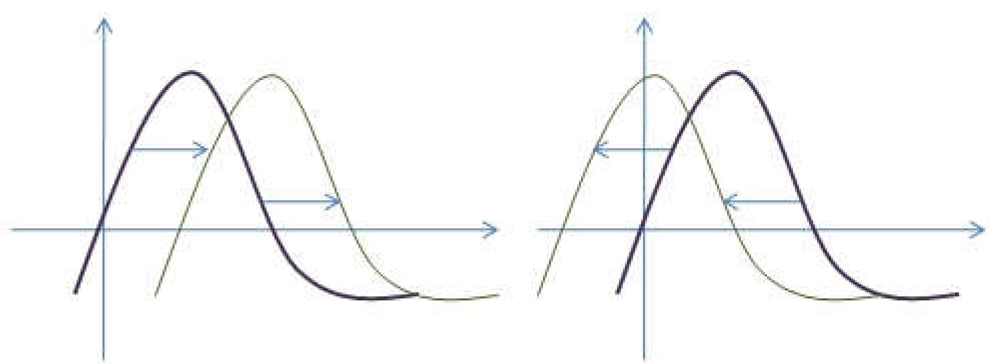
- Dịch tín hiệu theo thời gian

Tín hiệu x(t) và phiên bản của nó nhưng bị làm trễ đi T(s) được gọi là y(t) sẽ được biểu diễn như sau:

$$y(t+T) = x(t), \text{ hoặc } y(t) = x(t-T)$$

Nếu T là số (+) thì dịch sang phải (phiên bản trễ)

Nếu T là số (-) thì dịch sang trái (phiên bản sớm)

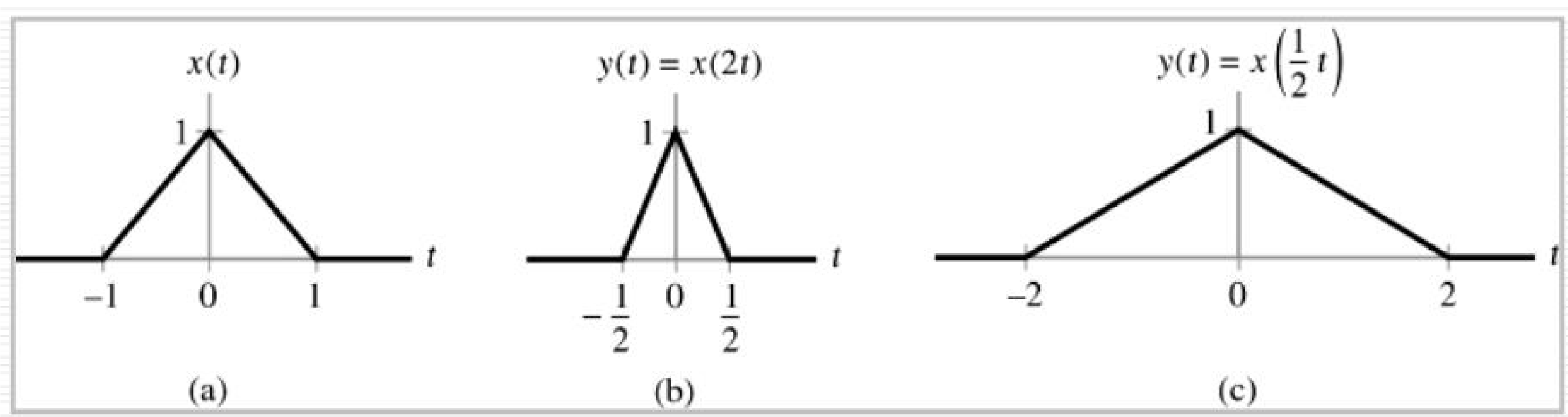


- Mở rộng tín hiệu theo thời gian (time scaling)
  - "Time scaling" là việc mở rộng hoặc thu hẹp tín hiệu theo trục thời gian.
  - Giả thiết đã có tín hiệu x(t), phiên bản tín hiệu thu hẹp theo thời gian k lần được định nghĩa như sau:

$$y(t/k) = x(t) \text{ hoặc } y(t) = x(kt)$$

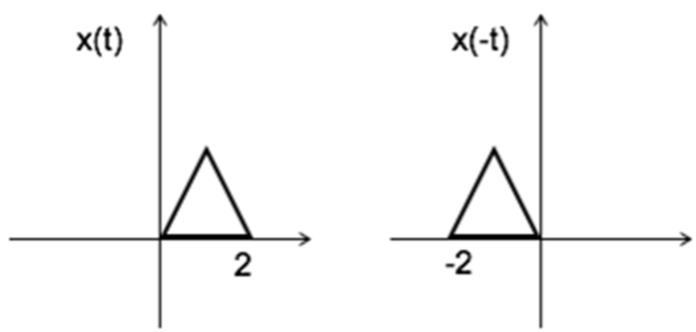
Nếu k>1: y(t) là phiên bản nén của x(t)

Nếu 0<k<1: y(t) là phiên bản mở rộng của x(t)



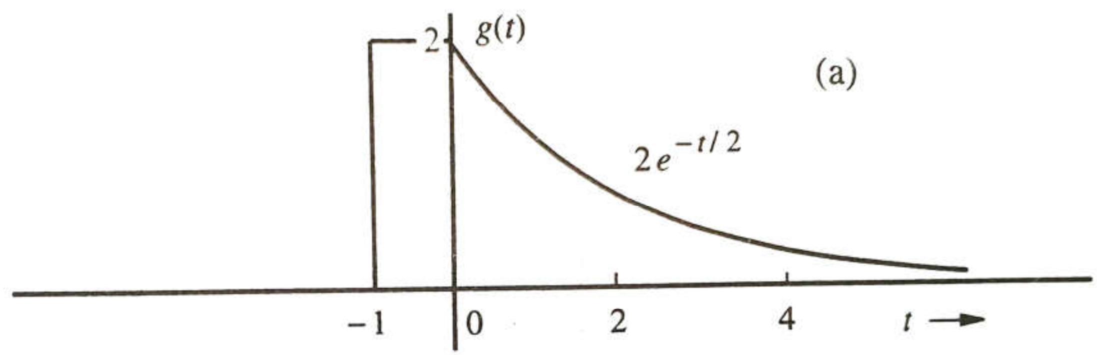
Đảo ngược theo thời gian (Time Inversion)

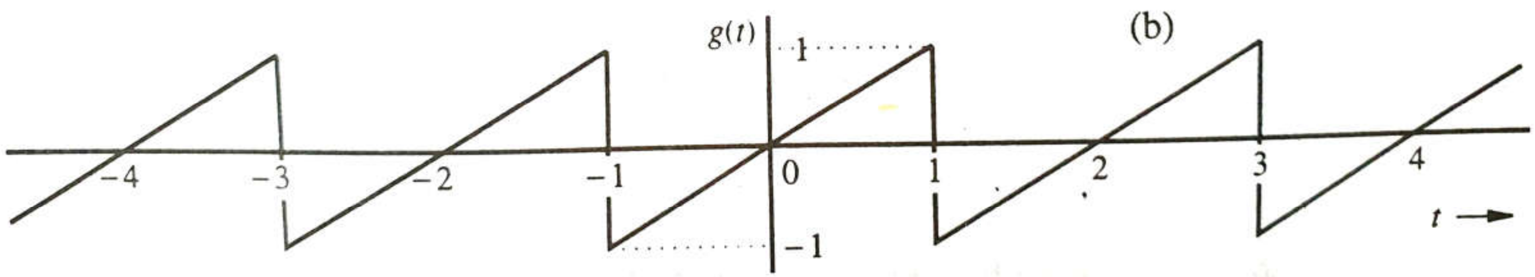
- Là trường hợp đặc biệt của Time Scaling với k = -1



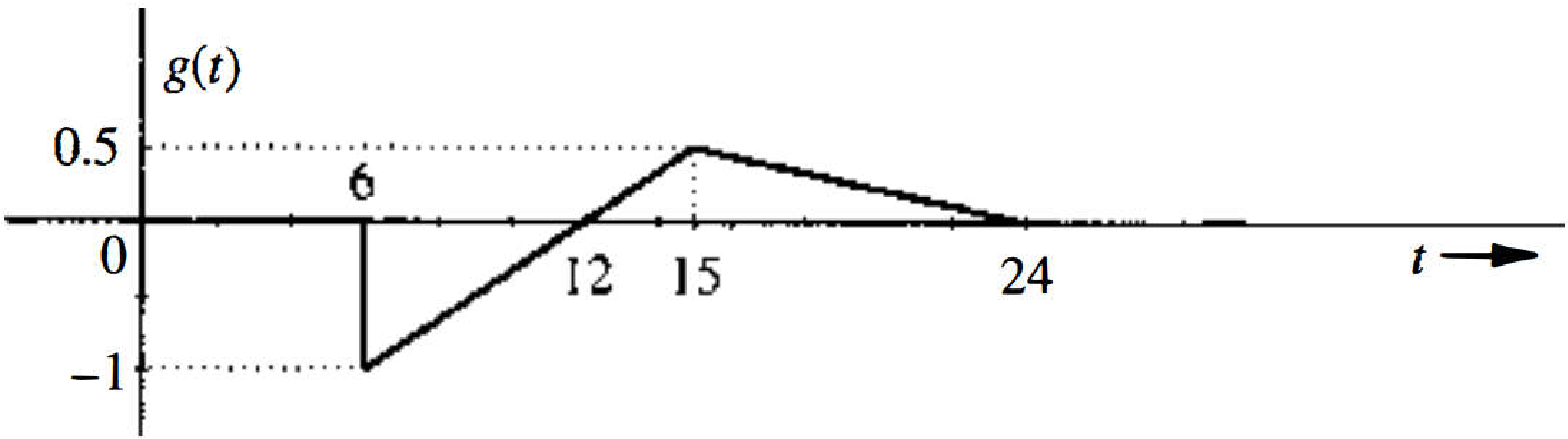
Bài tập

- Xác định độ đo phù hợp cho các tín hiệu sau





Bài tập



- Tín hiệu g(t) như trên hình, vẽ các tín hiệu sau:
  - a) g(t-4)
  - b) g(t+6)
  - c) g(3t)
  - d) g(6-t)