

404001 - Tín hiệu và hệ thống

CBGD: Trần Quang Việt

Liên hệ: Bộ môn CSKTĐ – P.104 nhà B3

Email : tqviethcmut@gmail.com ; tqviet@hcmut.edu.vn

Tài liệu tham khảo

- [1] B. P. Lathi, Signal Processing and Linear Systems
Berkeley-Cambridge Press, 1998.
- [2] A. V. Oppenheim, Signals and System, Prentice-Hall, 1983.
- [3] Phạm Thị Cư, Lý Thuyết Tín Hiệu, Nhà xuất bản Đại Học
Quốc Gia TP. Hồ Chí Minh, 2005.

Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

404001 - Tín hiệu và hệ thống

STT	MSSV	Họ lót	Tên	Tổ	Quiz					In-Class	20%	Mid	40%
35	40601063	Đặng Minh	Khánh	D201	1.0		5.0			0.0	1.2	3.0	2.0
36	40503275	Cao Thanh	Tuân	D201	5.5	6.0	9.0	7.0		7.0	6.9	5.5	6.0
37	40500665	Nguyễn Thanh	Đức	D201	7.0	7.0	9.0	7.0		8.0	7.6	5.5	6.5
38	40602468	Phạm Lê Anh	Tiến	D201	6.0	4.0		3.0	5.0	7.0	5.0	4.0	4.5
39	40701793	Nguyễn Tấn	Phong	D201	5.0	4.0	7.0	5.5	9.5	6.0	6.6	5.0	6.0
40	40701119	Đỗ Đăng	Khoa	D201	8.0	5.0	9.5	10.0	9.0		9.1	10.0	9.5
41	40502948	Hồ Trung	Tín	D201	2.0	6.0	3.0	4.5	7.0	0.0	4.1	7.5	6.0
42	40400972	Nguyễn Quốc	Huy	D201	4.5	1.0	1.0	5.5	2.0		3.3	2.0	2.5
43	40503540	Lê Văn	Vinh	D201	1.0		4.0	5.0	5.0	6.0	4.2	0.0	2.0
44	40701441	Nguyễn Hữu	Mạnh	D201	6.0					0.0	1.2	0.0	0.5
45	40600783	Lê Phan Minh	Hoàng	D201	3.5						0.9	3.0	2.0
46	40501269	Trịnh Hoàng	Khánh	D201	6.0	1.0	1.0	4.5	4.0	0.0	3.1	9.5	6.5
47	40503545	Lê Quang	Vinh	D201	4.0	2.0	5.0	3.0	7.0	7.0	5.2	6.0	5.5
48	40500553	Văn Việt	Đài	D201	7.5	5.0	6.0	5.5	6.5	9.0	6.9	6.5	6.5
49	40702744	Đỗ Như	Tuân	D201	2.0	5.0	7.0	3.0	4.0	6.0	5.2	6.5	6.0
50	40602503	Trương Xuân Vũ	Tiến	D201	5.0	2.0		3.0	3.0	0.0	2.6	3.0	3.0
51	40600684	Lê Trung	Hiếu	D201		1.0	6.0	5.0			3.0	6.5	5.0
52	40501038	Mai Trần Gia	Hội	D201		7.0	9.0	7.0	6.0		7.3	7.5	7.5
41	40502948	Hồ Trung	Tín	D201	2.0	6.0	3.0	4.5	7.0	0.0	4.1	7.5	6.0
42	40400972	Nguyễn Quốc	Huy	D201	4.5	1.0	1.0	5.5	2.0		3.3	2.0	2.5
43	40503540	Lê Văn	Vinh	D201	1.0		4.0	5.0	5.0	6.0	4.2	0.0	2.0
44	40701441	Nguyễn Hữu	Mạnh	D201	6.0					0.0	1.2	0.0	0.5
45	40600783	Lê Phan Minh	Hoàng	D201	3.5						0.9	3.0	2.0
46	40501269	Trịnh Hoàng	Khánh	D201	6.0	1.0	1.0	4.5	4.0	0.0	3.1	9.5	6.5
47	40503545	Lê Quang	Vinh	D201	4.0	2.0	5.0	3.0	7.0	7.0	5.2	6.0	5.5
48	40500553	Văn Việt	Đài	D201	7.5	5.0	6.0	5.5	6.5	9.0	6.9	6.5	6.5
49	40702744	Đỗ Như	Tuân	D201	2.0	5.0	7.0	3.0	4.0	6.0	5.2	6.5	6.0
50	40602503	Trương Xuân Vũ	Tiến	D201	5.0	2.0		3.0	3.0	0.0	2.6	3.0	3.0
51	40600684	Lê Trung	Hiếu	D201		1.0	6.0	5.0			3.0	6.5	5.0
52	40501038	Mai Trần Gia	Hội	D201		7.0	9.0	7.0	6.0		7.3	7.5	7.5

404001 - Tín hiệu và hệ thống

Chương 1. Cơ bản về tín hiệu và hệ thống

Chương 2. Phân tích HT tuyến tính bất biến (LTI) trong miền thời gian

Chương 3. Biểu diễn tín hiệu tuần hoàn dùng chuỗi Fourier

Chương 4. Biểu diễn tín hiệu dùng biến đổi Fourier

Chương 5. Lấy mẫu

Chương 6. Biểu diễn tín hiệu dùng biến đổi Laplace

Chương 7. Đáp ứng tần số và bộ lọc tương tự

Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

Ch-1: Cơ bản về tín hiệu và hệ thống

Lecture-1

1.1. Cơ bản về tín hiệu

Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

1.1. Cơ bản về tín hiệu

- 1.1.1. Tín hiệu và ví dụ về tín hiệu
- 1.1.2. Phân loại tín hiệu
- 1.1.3. Năng lượng và công suất tín hiệu
- 1.1.4. Các phép biến đổi thời gian
- 1.1.5. Các dạng tín hiệu thông dụng

Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

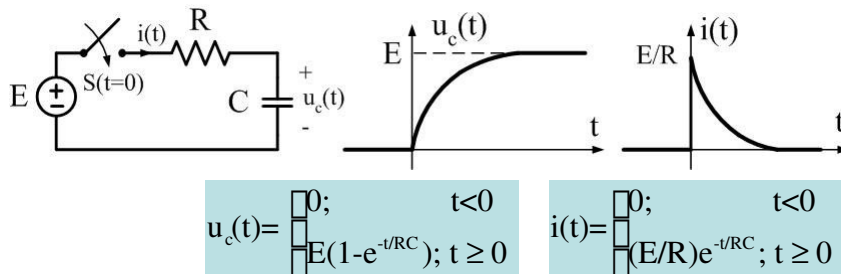
1.1.1. Tín hiệu và ví dụ về tín hiệu

Định nghĩa:

Tín hiệu là hàm của một hoặc nhiều biến độc lập (thời gian, không gian,...) mang thông tin về hành vi hoặc bản chất của các hiện tượng (vật lý, kinh tế xã hội,...)

Tín hiệu là hàm theo 1 biến thời gian

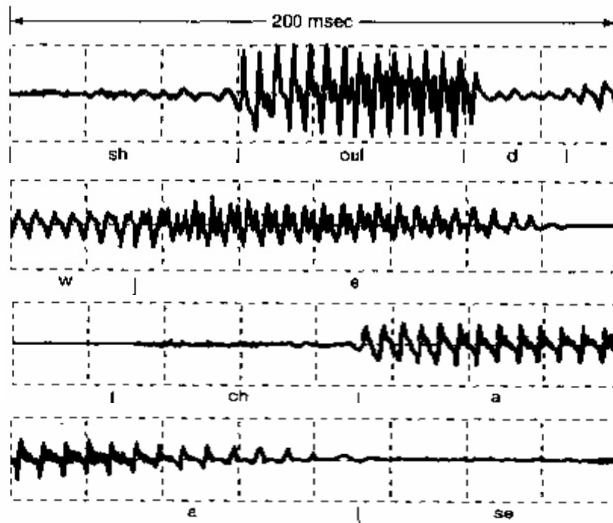
Ví dụ 1: tín hiệu điện áp $u_c(t)$ và dòng điện $i(t)$ trong mạch RC



Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

1.1.1. Tín hiệu và ví dụ về tín hiệu

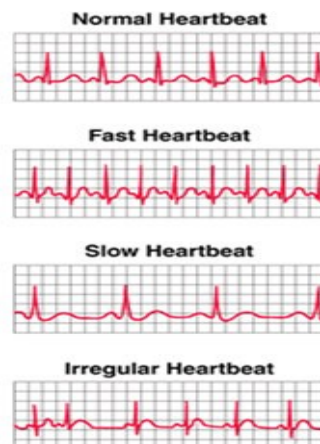
Ví dụ 2: Tín hiệu thoại ghi lại dưới dạng điện áp $u(t)$



Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

1.1.1. Tín hiệu và ví dụ về tín hiệu

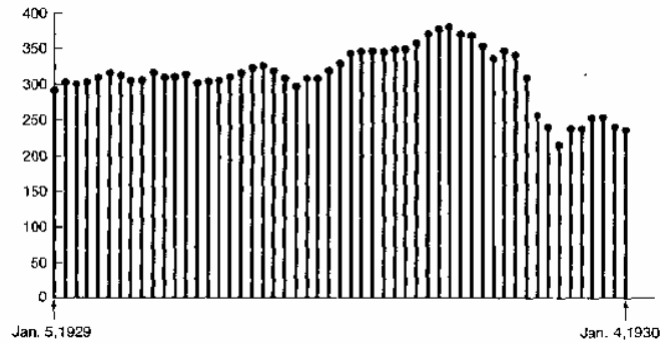
Ví dụ 3: Tín hiệu điện tim ghi lại dưới dạng điện áp $u(t)$



Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

1.1.1. Tín hiệu và ví dụ về tín hiệu

Ví dụ 4: The weekly Dow-Jones stock market index

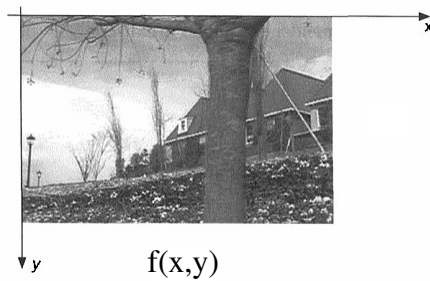


Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

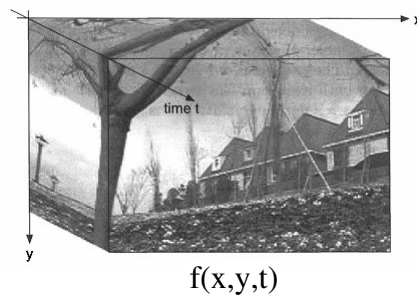
1.1.1. Tín hiệu và ví dụ về tín hiệu

Tín hiệu là hàm nhiều biến:

Ảnh tĩnh



Ảnh động



Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

1.1.2. Phân loại tín hiệu

Có nhiều tiêu chí để phân loại tín hiệu:

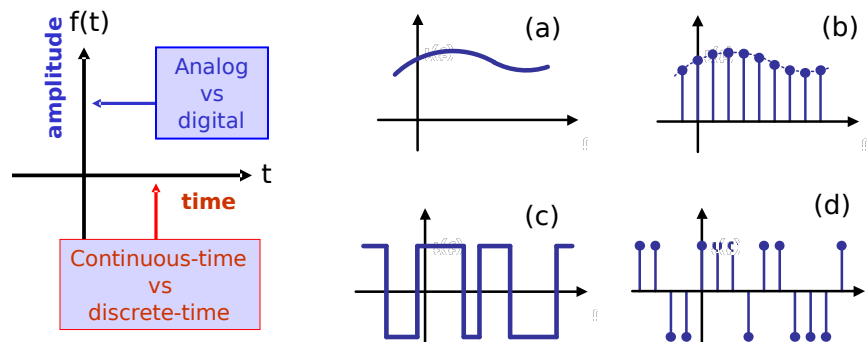
Tín hiệu liên tục	- Tín hiệu rời rạc
Tín hiệu tương tự	- Tín hiệu số
Tín hiệu tuần hoàn	- Tín hiệu không tuần hoàn
Tín hiệu năng lượng	- Tín hiệu công suất
Tín hiệu xác định	- Tín hiệu ngẫu nhiên
Tín hiệu nhân quả	- Tín hiệu không nhân quả
Tín hiệu thực	- Tín hiệu phức

Trong đó, cách phân loại tín hiệu liên tục và tín hiệu rời rạc là thông dụng nhất (trong môn học này ta chỉ khảo sát tín hiệu liên tục)

Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

1.1.2. Phân loại tín hiệu

Ví dụ:



Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

1.1.3. Năng lượng và công suất tín hiệu

Xét tín hiệu điện áp $u(t)$ trên điện trở R :

Công suất tức thời trên R : $p(t)=u(t)i(t)=(1/R)u^2(t)$

Năng lượng tổn hao trong khoảng thời gian $[t_1 \quad t_2]$:

$$\int_{t_1}^{t_2} p(t)dt = \int_{t_1}^{t_2} \frac{1}{R} u^2(t)dt$$

Công suất tổn hao trung bình trong khoảng thời gian $[t_1 \quad t_2]$:

$$\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} p(t)dt = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{1}{R} u^2(t)dt$$

Nếu $R=1\Omega$ năng lượng & công suất thực tế được xem là năng lượng và công suất của tín hiệu điện áp $u(t)$

Năng lượng tín hiệu trong khoảng $[t_1 \quad t_2]$: $E_u = \int_{t_1}^{t_2} u^2(t)dt$

Công suất tín hiệu khoảng thời gian $[t_1 \quad t_2]$: $P_u = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} u^2(t)dt$

Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

1.1.3. Năng lượng và công suất tín hiệu

Như vậy năng lượng tín hiệu và công suất tín hiệu không phải là năng lượng và công suất về mặt vật lý (có những tín hiệu không phải là tín hiệu vật lý) mà chỉ đơn thuần là thông số để định giá độ lớn của tín hiệu.

Trên thực tế để xác định độ lớn tín hiệu ta thường xem tổng quát là tín hiệu phức tồn tại trên toàn thang thời gian. Khi đó năng lượng và công suất tín hiệu được viết lại ở dạng tổng quát như sau:

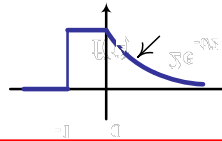
Năng lượng: $E_f = \int_{-\infty}^{\infty} |f(t)|^2 dt$

Công suất: $P_f = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} |f(t)|^2 dt$

Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

1.1.3. Năng lượng và công suất tín hiệu

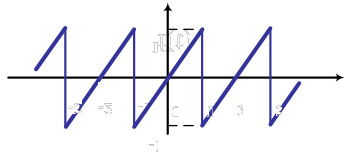
Ví dụ:



$$E_f = \int_{-1}^0 4 dt + \int_0^{\infty} 4e^{-t} dt = 8$$

$$P_f = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{E_f}{T} = 0$$

Tín hiệu
năng lượng



$$E_f = \int_{-\infty}^{\infty} |f(t)|^2 dt = \infty$$

$$P_f = \frac{1}{2} \int_0^1 |f(t)|^2 dt = \frac{1}{2} \int_0^1 t^2 dt = \frac{1}{3}$$

Tín hiệu
công suất

Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

1.1.4. Các phép biến đổi thời gian

- a) Phép dịch thời gian
- b) Phép đảo thời gian
- c) Phép tỷ lệ thời gian
- d) Kết hợp các phép biến đổi

Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

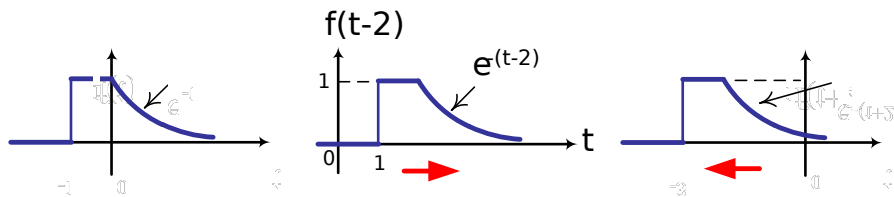
a) Phép dịch thời gian

$$f(t) \rightarrow \varphi(t) = f(t - T)$$

$T > 0$ **dịch** sang **phải** (delay)

$T < 0$ **dịch** sang **trái** (advance)

Ví dụ 1:

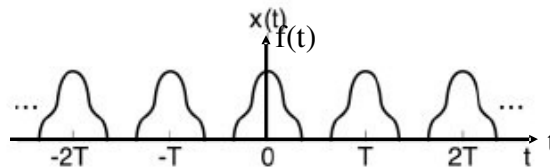


Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

a) Phép dịch thời gian

Ví dụ 2: tín hiệu tuần hoàn

$f(t)$ là tuần hoàn nếu với $T > 0$ **$f(t) = f(t+T)$** với mọi t



Giá trị nhỏ nhất của T được gọi là chu kỳ của $f(t)$

$f(t)$ là tín hiệu không tuần hoàn nếu không tồn tại giá trị của T thỏa tính chất trên

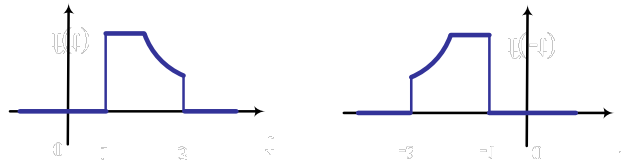
Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

b) Phép đảo thời gian

$$f(t) \rightarrow \varphi(t) = f(-t)$$

Đảo xứng $f(t)$ qua trục tung

Ví dụ 1:



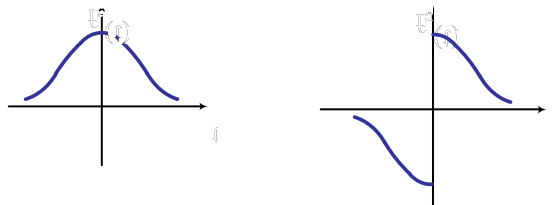
Ví dụ 2: Tín hiệu chẵn và lẻ

Hàm chẵn: $f_e(-t) = f_e(t)$; đối xứng qua trục tung

Hàm lẻ: $f_o(-t) = -f_o(t)$; đối xứng ngược qua trục tung

Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

b) Phép đảo thời gian



Phân tích tín hiệu thành thành phần chẵn và lẻ

$$f(t) = f_e(t) + f_o(t)$$

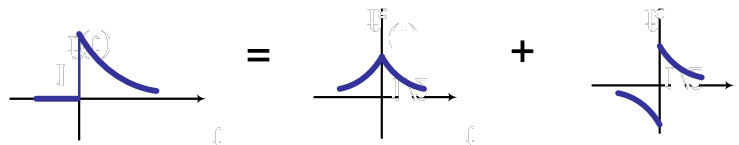
$$\Rightarrow \begin{cases} f_e(t) = \frac{1}{2}[f(t) + f(-t)] \rightarrow \text{Thành phần chẵn} \\ f_o(t) = \frac{1}{2}[f(t) - f(-t)] \rightarrow \text{Thành phần lẻ} \end{cases}$$

Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

b) Phép đảo thời gian

Ví dụ 3: $f(t) = \begin{cases} 0; & t < 0 \\ e^{-at}; & t \geq 0 \end{cases} (a > 0) = f_e(t) + f_o(t)$

Với: $\begin{cases} f_e(t) = \begin{cases} \frac{1}{2}e^{at}, & t < 0 \\ \frac{1}{2}e^{-at}, & t > 0 \end{cases} \\ f_o(t) = \begin{cases} -\frac{1}{2}e^{at}, & t < 0 \\ \frac{1}{2}e^{-at}, & t > 0 \end{cases} \end{cases}$



Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

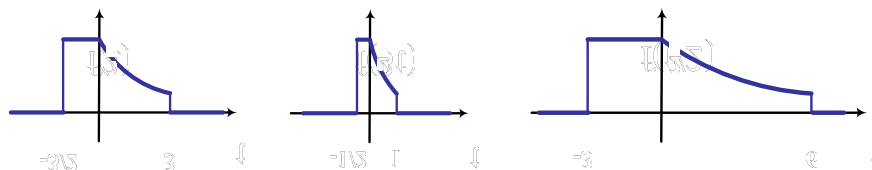
c) Phép tỷ lệ thời gian

$$f(t) \rightarrow \varphi(t) = f(at); a > 0$$

$a > 1$: co thời gian bởi một hệ số là a

$0 < a < 1$: giãn thời gian bởi hệ số $1/a$

Ví dụ:



Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

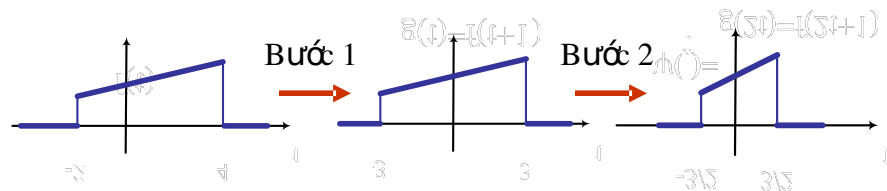
d) Kết hợp các phép biến đổi

$$f(t) \rightarrow \varphi(t) = f(at - b); a \neq 0$$

Trường hợp $a > 0$:

Phương pháp 1:

- Bước 1: Phép dịch thời gian $g(t) = f(t - b)$
- Bước 2: Phép tỷ lệ $\varphi(t) = g(at)$
- Ví dụ: $\varphi(t) = f(2t + 1)$



Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

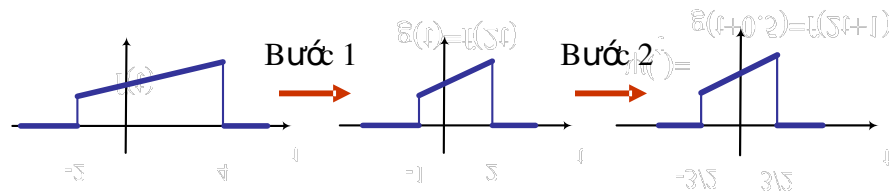
d) Kết hợp các phép biến đổi

$$f(t) \rightarrow \varphi(t) = f(at - b); a \neq 0$$

Trường hợp $a > 0$:

Phương pháp 2:

- Bước 1: Phép tỷ lệ $g(t) = f(at)$
- Bước 2: Phép dịch thời gian $\varphi(t) = g(t - b/a)$
- Ví dụ: $\varphi(t) = f(2t + 1)$



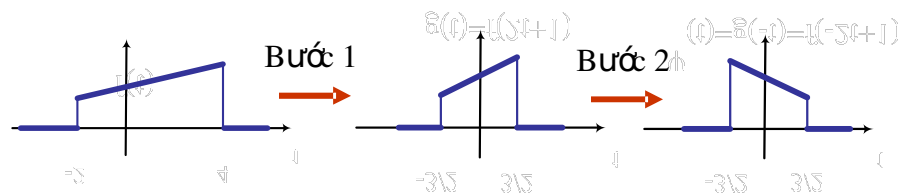
Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

d) Kết hợp các phép biến đổi

$$f(t) \rightarrow \varphi(t) = f(at - b); a \neq 0$$

Trường hợp $a < 0$:

- Bước 1: Xác định $g(t) = f(|a|t - b)$
- Bước 2: Dùng phép đảo thời gian $\varphi(t) = g(-t)$
- Ví dụ: $\varphi(t) = f(-2t + 1)$



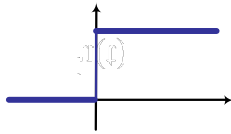
Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

1.1.5. Các tín hiệu thông dụng

- Hàm bước đơn vị $u(t)$
- Xung đơn vị $\delta(t)$
- Hàm mũ

Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

a) Hàm bước đơn vị $u(t)$

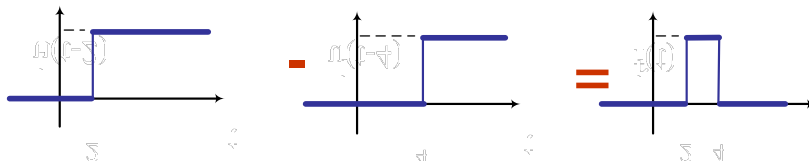


$$u(t) = \begin{cases} 1; & t > 0 \\ 0; & t < 0 \end{cases}$$

$u(t)$ thông dụng trong việc mô tả một tín hiệu với nhiều mô tả khác nhau trong các khoảng thời gian khác nhau

Ví dụ 1:

$$f(t) = \begin{cases} 1; & 2 < t < 4 \\ 0; & t < 2 \text{ or } t > 4 \end{cases} \Rightarrow f(t) = u(t-2) - u(t-4)$$

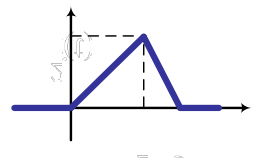


Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

a) Hàm bước đơn vị $u(t)$

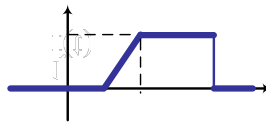
Ví dụ 2:

$$f(t) = \begin{cases} t; & 0 < t < 2 \\ -2(t-3); & 2 < t < 3 \\ 0; & t < 0 \text{ or } t > 3 \end{cases}$$



$$\Rightarrow f(t) = t[u(t) - u(t-2)] - 2(t-3)[u(t-2) - u(t-3)]$$

Ví dụ 3:



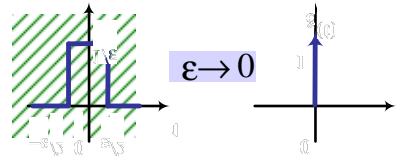
$$\Rightarrow f(t) = (t-1)[u(t-1) - u(t-2)] + [u(t-2) - u(t-4)]$$

$$\Leftrightarrow f(t) = (t-1)u(t-1) - (t-2)u(t-2) - u(t-4)$$

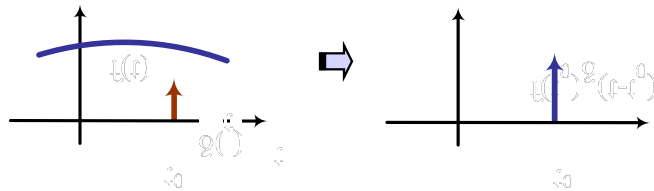
Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

b) Xung đơn vị $\delta(t)$

Định nghĩa :

$$\begin{cases} \delta(t) = 0; t \neq 0 \\ \int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1 \end{cases}$$


Tính chất 1: Nếu $f(t)$ liên tục tại t_0 thì: $f(t)\delta(t - t_0) = f(t_0)\delta(t - t_0)$



Ví dụ: $\frac{\omega^2 + 1}{\omega^2 + 9} \delta(\omega - 1) = \frac{1}{5} \delta(\omega - 1)$

Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

b) Xung đơn vị $\delta(t)$

Tính chất 2: $\int_{-\infty}^{\infty} f(t)\delta(t - t_0)dt = f(t_0)$

Ví dụ: $\int_{-\infty}^{\infty} \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) \delta(t - 2) dt = \sin\left(\frac{\pi}{4}\right)_{t=2} = 1$

Tính chất 3:

$$\begin{aligned} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{du(t)}{dt} f(t) dt &= u(t) f(t) \Big|_{-\infty}^{\infty} - \int_{-\infty}^{\infty} u(t) f'(t) dt \\ &= f(\infty) - \int_0^{\infty} f'(t) dt = f(\infty) - f(t) \Big|_0^{\infty} = f(0) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \delta(t) dt \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \delta(t) = \frac{du(t)}{dt} \Rightarrow \int_{-\infty}^t \delta(\tau) d\tau = u(t)$$

Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

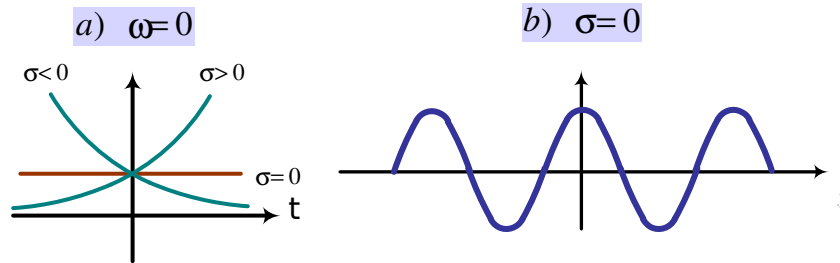
c) Hàm mũ

$s = \sigma + j\omega$: Tần số phức

$$e^{st} = e^{\sigma t} (\cos \omega t + j \sin \omega t)$$

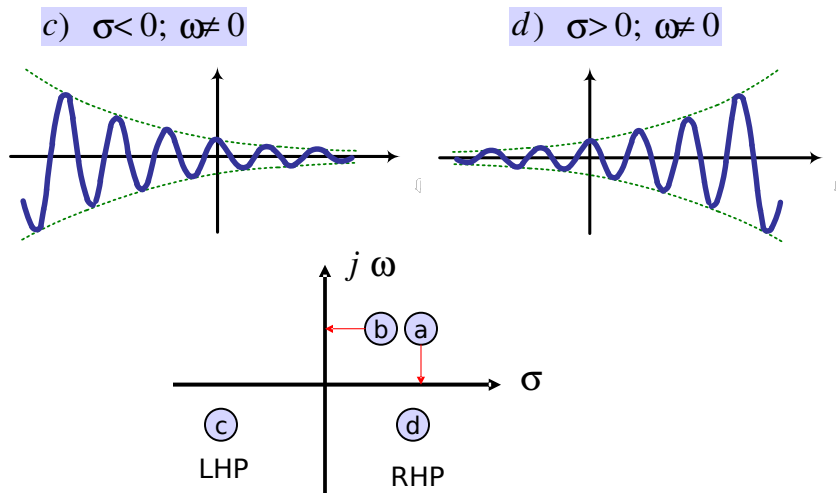
$$e^{s^*t} = e^{\sigma t} (\cos \omega t - j \sin \omega t)$$

Ví dụ: $\text{Re}\{e^{st}\} = e^{\sigma t} \cos \omega t = \frac{1}{2}(e^{st} + e^{s^*t})$



Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

c) Hàm mũ

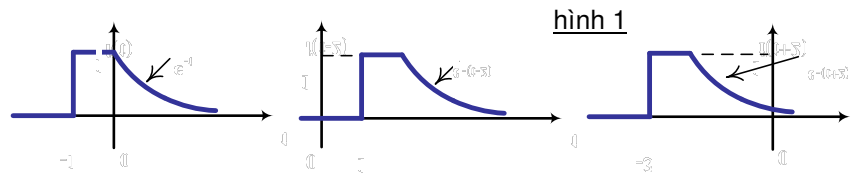


Vị trí của biến phức $s = \sigma + j\omega$ trong các ví dụ a, b, c, và d

Signal & Systems - Tran Quang Viet – FEEE, HCMUT – Semester: 02/10-11

Bài tập

Bài 1: Tính năng lượng của các tín hiệu như hình 1



Bài 2: Hãy vẽ các hàm $f(-2t)$, $f(2t+1)$, $f(-2t-3)$, sau đó viết hàm mô tả của chúng; với $f(t)$ được cho như hình vẽ dưới đây

