

## Chương 0

# Giới thiệu

**TS. Nguyễn Thanh Tuấn**  
**Bộ môn Viễn thông (112-114B3)**  
**Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG TP HCM**  
**Email: [nttuan@hcmut.edu.vn](mailto:nttuan@hcmut.edu.vn)**



# Xử lý số tín hiệu

- 1) Tín hiệu là gì?
- 2) Xử lý (tín hiệu) là gì?
- 3) Số là gì?
- 4) Tên tiếng Anh của môn học là gì?





# Tín hiệu

- Vật lý (thực tế): bất kì đại lượng vật lý
  - Tự nhiên: âm thanh, nhiệt độ, độ ẩm, ...
  - Kỹ thuật: qua cảm biến (dòng điện/ điện áp)
- **Toán học** (mô hình): hàm số
  - Biểu thức:  $f(x)$ 
    - Giá trị biến:  $x$
    - Giá trị hàm:  $f$
  - Đồ thị (dạng sóng)



# Phân loại tín hiệu (toán học)

❑ Tín hiệu **tương tự** (analog):  $f(t)$

- $t$  giá trị thực
- $f$  vô số giá trị

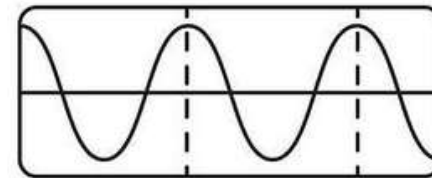
❑ Tín hiệu **rời rạc** (discrete):  $f(n)$

- $n$  giá trị nguyên

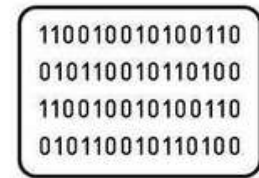
❑ Tín hiệu **số** (digital):  $g(n)$

- $n$  giá trị nguyên
- $g$  hữu hạn giá trị và được mã hóa (nhị phân)

<b>Biến</b> Giá trị hàm	<b>Liên tục</b>	<b>Rời rạc</b>
<b>Liên tục</b> (continuous)	Tương tự (analog)	Rời rạc (sampled)
<b>Rời rạc</b> (discrete)	Lượng tử (quantized)	Số (digital)



analog



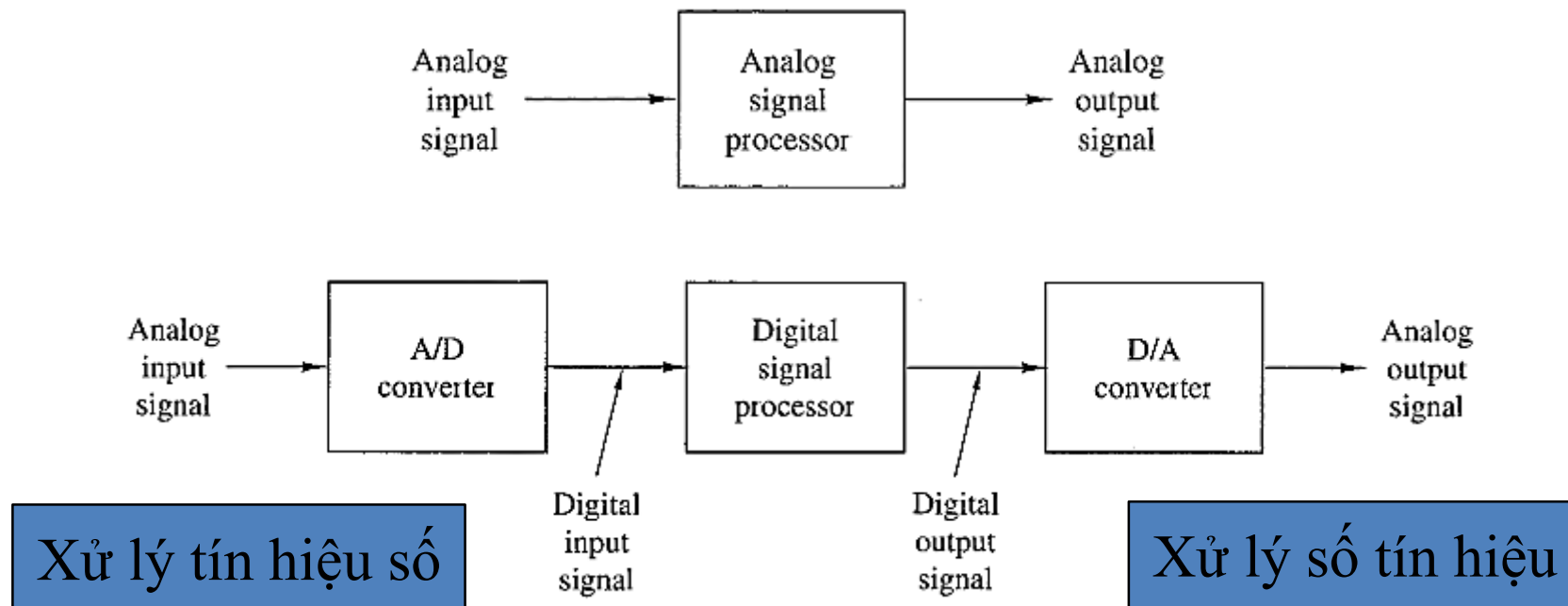
digital





# Xử lý tín hiệu

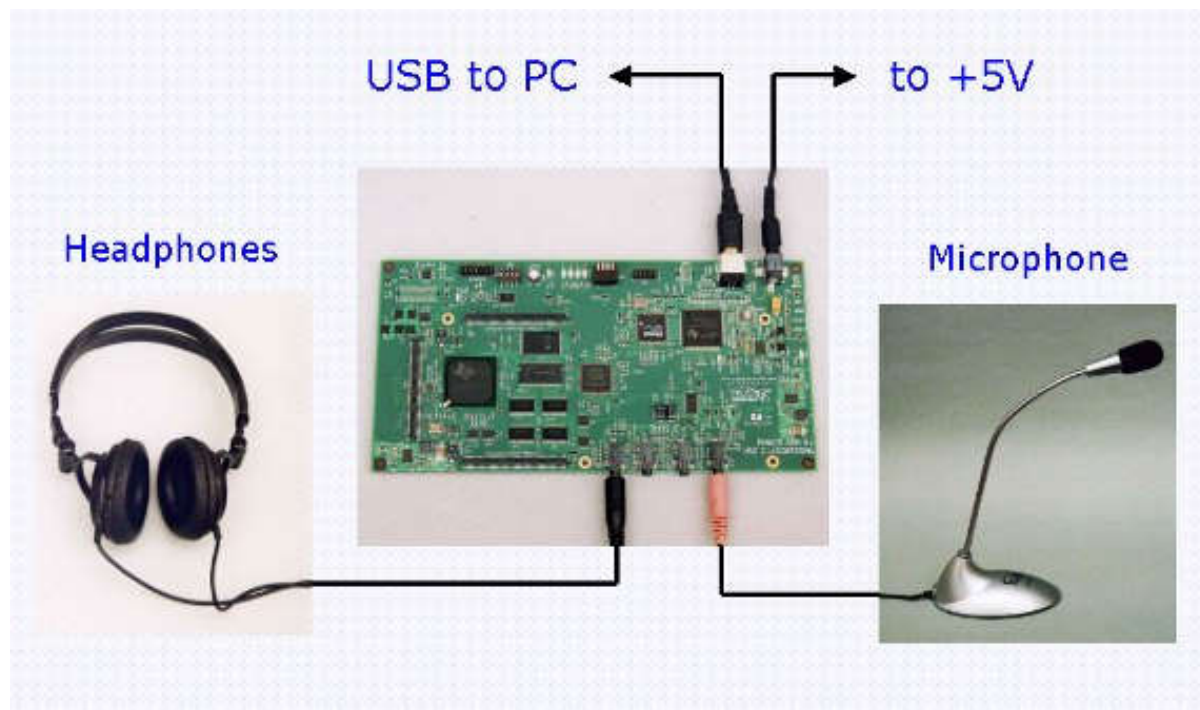
- Xử lý tín hiệu: biến đổi tín hiệu vào thành tín hiệu ra → **hệ thống**





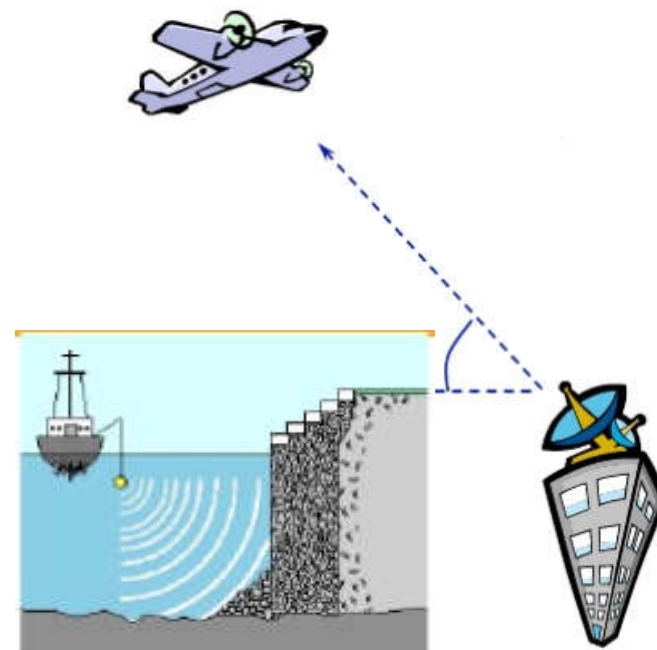
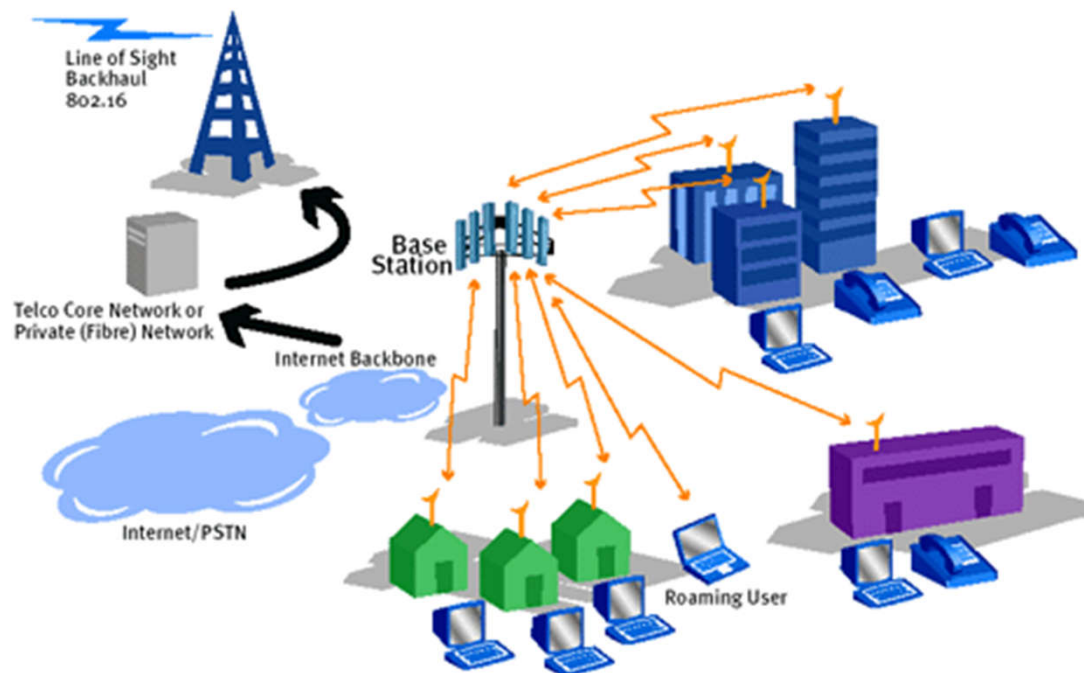
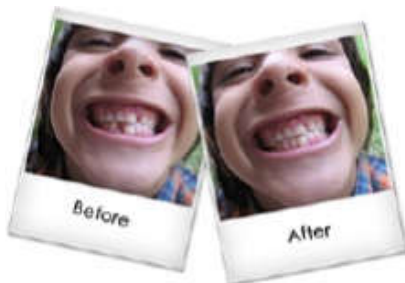
# Hệ thống xử lý số

- Các thành phần cơ bản: ADC, DSP, DAC





# Ứng dụng DSP





# Nội dung môn học (thời lượng)

- Chương 0: Giới thiệu (02)
- Chương 1: Lấy mẫu và khôi phục (04)
- Chương 2: Lượng tử và mã hóa (02)
- Chương 3: Hệ thống rời rạc (LTI) (04)
- Chương 4: Tích chập (02)
- Chương 5: Biến đổi  $z$  (04)
- Chương 6: Hàm truyền và hiện thực bộ lọc (04)
- Chương 7: Biến đổi Fourier và giải thuật FFT (02)
- Chương 8: Thiết kế bộ lọc FIR và IIR (thí nghiệm)





# Tài liệu tham khảo

- [1] S. J. Orfanidis, **Introduction to Signal Processing**, Prentice-Hall Publisher 2010.
- [2] J. Proakis, D. Manolakis, **Digital Signal Processing**, Macmillan Publishing Company, 1989.
- [3] V. K. Ingle, J. Proakis, **Digital Signal Processing Using Matlab**, Cengage Learning, 3 Edt, 2011.
- [4] Lê Tiến Thường, **Xử lý số tín hiệu và Wavelets**,



# Chuẩn đầu ra môn học

- Hiểu cách thức chuyển đổi tương tự - số
- Nắm vững phương pháp xử lý tín hiệu với hệ thống LTI
- Vận dụng biến đổi  $z$  và biến đổi Fourier trong phân tích tín hiệu và hệ thống rời rạc
- Có khả năng thiết kế bộ lọc FIR và IIR



# Đánh giá (EE2015)

- TN (20%)
  - BT/BTL (20%)
  - Thi (60%)
- 
- Điểm thưởng



# Kiến thức liên quan

	Tiếng Việt	Tiếng Anh
1	Tín hiệu và hệ thống	
2	Kỹ thuật số	
3	Vi xử lý	
4	Ngôn ngữ lập trình	
5	Phương pháp tính	
6	Toán kỹ thuật	
7	Giải tích	
8	Đại số tuyến tính	
9	Xác suất	



# Ví dụ 1a

- Tính giá trị của các tín hiệu tương tự sau:

t (s)	1	1.5	2	3.@
$x_1(t) = \sin(2\pi t/3), t:s$				
$x_2(t) = 3\cos(2t), t:ms$				
$x_3(t) = \cos(20t + 30^\circ), t:s$				

t (ms)	1	1.5	2	3.@
$x_4(t) = \sin(2t + \pi/3), t:s$				
$x_5(t) = \cos(20t + 30^\circ), t:s$				
$x_6(t) = \cos(\pi t/4), t: ms$				
$x_7(t) = \cos(7\pi t/4), t: ms$				



## Ví dụ 1b

- Tính giá trị của các tín hiệu rời rạc sau:

n	-1	0	2	3.5	1@
$x_8(n) = \cos(\pi n/4)$					
$x_9(n) = \cos(7\pi n/4)$					
$x_{10}(n) = \cos(9\pi n/4)$					



# Sai lầm thường gặp

- Sử dụng không đúng hệ đơn vị trong tính toán.
- Làm tròn không hợp lý.



## Ví dụ 2a

- Tìm phần thực, phần ảo, biên độ và pha

	Thực	Ảo	Biên độ	Pha (rad)	Pha (độ)
$A = -2$					
$B = 2j$					
$A + B$					
$A - B$					
$A \cdot B$					
$A / B$					
$A^2$					
$B^2$					





## Ví dụ 2b

- Tìm phần thực, phần ảo, biên độ và pha

	Thực	Ảo	Biên độ	Pha (rad)	Pha (độ)
$A = 1$					
$B = 2e^{j\pi/2}$					
$C = 3e^{j\pi}$					
$D = 4e^{j3\pi/2}$					
$E = 5e^{j2\pi}$					
$F = 6e^{j5\pi/2}$					
$A + B + C + D$					
$E + F$					



# Số phức

- Tọa độ phẳng  
(thực và ảo)

$$\mathbf{z} = x + iy$$

- Tọa độ cực  
(biên độ và pha)

$$\mathbf{z} = r \angle \theta$$

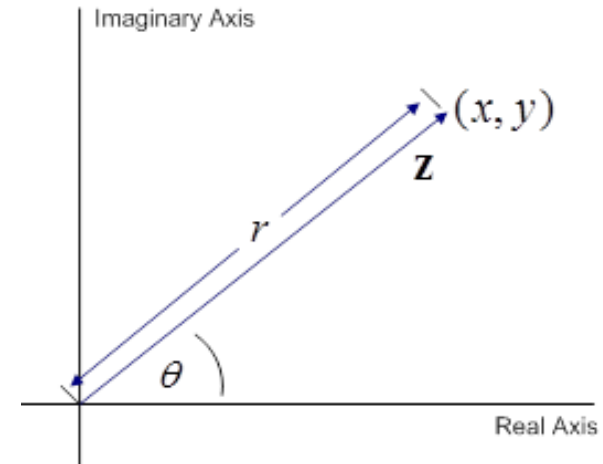
- Công thức Euler  $\mathbf{z} = r e^{i\theta}$

$$e^{i\theta} = \cos \theta + i \sin \theta$$

$$\arg(zw) = \arg(z) + \arg(w)$$

$$|zw| = |z| |w|$$

$$-180^\circ < \theta \leq 180^\circ$$
$$(-\pi \quad \pi]$$



$$x = r \cos \theta$$

$$y = r \sin \theta$$

$$r = |\mathbf{z}| = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$\theta = \arg(\mathbf{z}) = \tan^{-1} \frac{y}{x}$$



# Sai lầm thường gặp

- Sử dụng hàm lượng giác  $\tan^{-1}$  trong máy tính để xác định pha (argument) của số phức.
- Áp dụng sai công thức cộng và nhân trong tính toán số phức.



## Ví dụ 3

❖ Tính các tổng sau:

1)  $\sum_{n=-5}^5 (1.4@)^n.$

2)  $\sum_{n=-5}^5 (-1.4@)^n.$

3)  $\sum_{n=-5}^5 (1.4@)^{-n}.$

4)  $\sum_{n=-2}^{\infty} (1.4@)^{-n}.$

5)  $\sum_{n=2}^{\infty} (-1.4@)^{-n}.$

6)  $\sum_{n=-\infty}^2 (-1.4@)^n.$

7)  $\sum_{n=-\infty}^{-2} (1.4@)^n.$

8)  $\sum_{n=-\infty}^{\infty} (-1.4@)^n.$

9)  $\sum_{n=-\infty}^{\infty} (1.4@)^{-n}.$

10)  $\sum_{n=-2}^{1@} (-1)^n.$

1)	
2)	
3)	
4)	
5)	
6)	
7)	
8)	
9)	
10)	



# Chuỗi lũy thừa

- Chuỗi hữu hạn: luôn hội tụ

$$\sum_{n=N_1}^{N_2} a^n = \frac{(a^{N_1} - a^{N_2+1})}{(1-a)}, \text{ for } a \neq 1$$

- Chuỗi vô hạn: hội tụ hoặc phân kì ( $\infty$ )

$$\sum_{n=N_1}^{\infty} a^n = \frac{a^{N_1}}{(1-a)}, \text{ for } |a| < 1$$



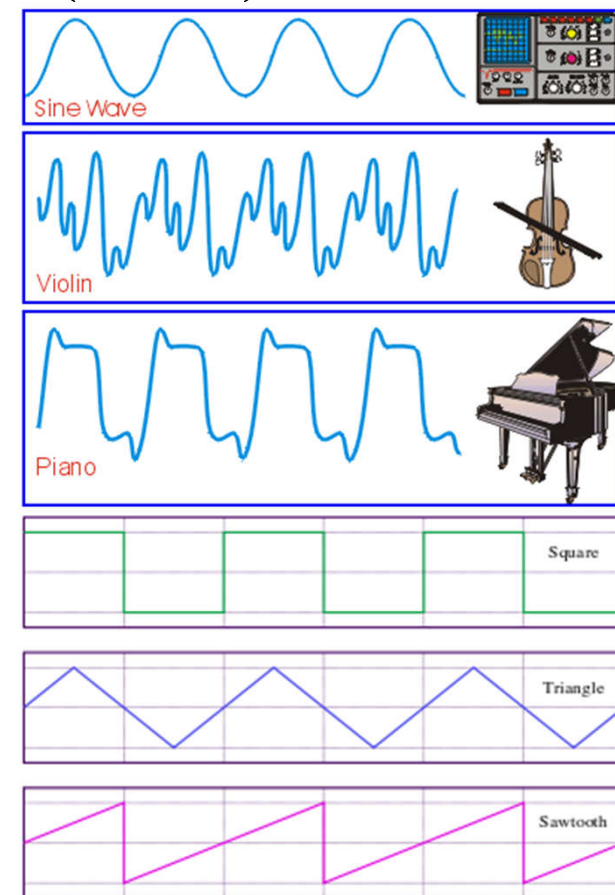
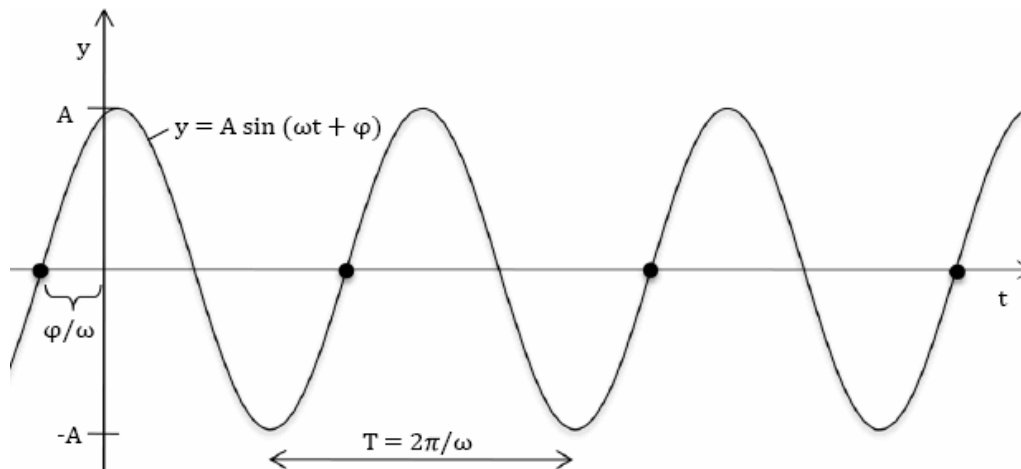
# Sai lầm thường gặp

- Xác định sai chuỗi hữu hạn hay vô hạn.
- Xác định sai giá trị trong chuỗi lũy thừa.
- Không kiểm tra điều kiện hội tụ của chuỗi lũy thừa vô hạn.



# Tín hiệu tuần hoàn

- Định nghĩa:  $\exists T > 0$  thỏa  $x(t) = x(t + T) \forall t$
- Chu kì tuần hoàn:  $T$  nhỏ nhất
- Tần số tuần hoàn
  - Hz:  $F = 1/T$
  - Rad/s:  $\Omega = 2\pi F$





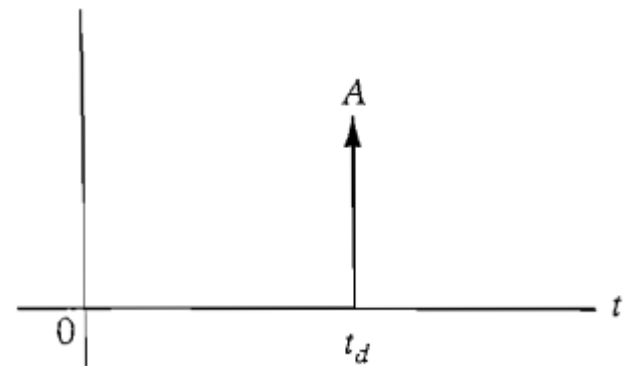
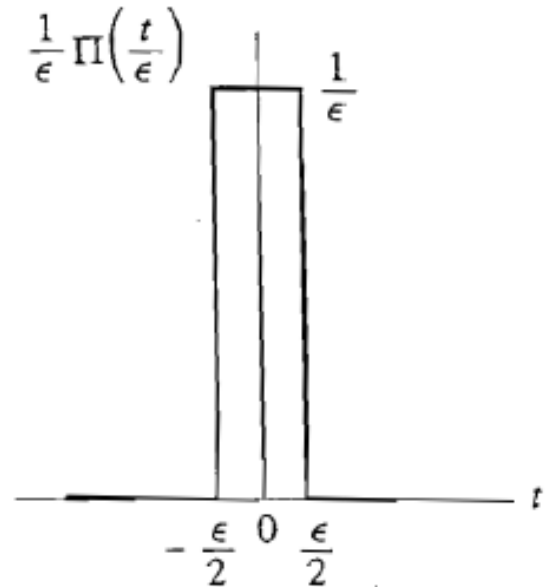
# Hàm Dirac delta

$$\delta(x) = \begin{cases} +\infty, & x = 0 \\ 0, & x \neq 0 \end{cases}$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \delta(x) dx = 1.$$

$$\delta(\alpha x) = \frac{\delta(x)}{|\alpha|}.$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(t) \delta(t - T) dt = f(T).$$

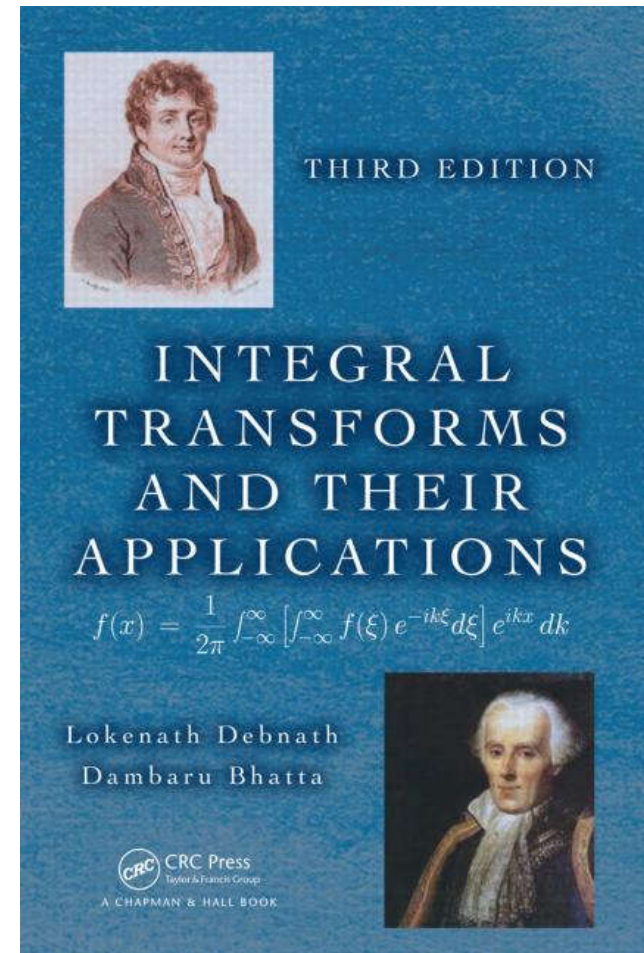






# Các biến đổi

- Liên tục: tích phân
- Rời rạc: tổng





# Phổ

- Biểu diễn tín hiệu (theo tần số) thông qua khai triển hoặc biến đổi Fourier
- Tổng quát, có giá trị phức
  - Phổ biên độ
  - Phổ pha
- Trường hợp tín hiệu giá trị thực
  - Phổ biên độ đối xứng chẵn (qua trục tung)
  - Phổ pha đối xứng lẻ (qua gốc tọa độ)



# Phổ vạch 2 phía

- Phổ vạch 2 phía chứa thông tin tần số thực (có thể âm/dương) và giá trị của **tín hiệu phức**  $x(t)$ .

$$x(t) = A \cdot \exp(j \cdot \omega_0 t) = A \cdot \exp(j \cdot 2\pi f_0 t)$$

– **Phổ biên độ:**  $|A|$

– **Phổ pha:**  $\arg A$

- Tuyến tính (xếp chồng)

$$A \cos(\omega_0 t + \phi) = \frac{A}{2} e^{j\phi} e^{j\omega_0 t} + \frac{A}{2} e^{-j\phi} e^{-j\omega_0 t}$$



## Ví dụ 4

$$w(t) = 7 - 10 \cos(40\pi t - 60^\circ) + 4 \sin 120\pi t$$

- 1) Vẽ phổ, phổ biên độ và phổ pha
- 2) Viết biểu thức phổ, phổ biên độ và phổ pha
- 3) Vẽ phác thảo dạng sóng của tín hiệu  $w(t)$ . Từ dạng sóng này có thể dễ dàng xác định biểu thức của tín hiệu  $w(t)$  hay không?
- 4) Từ phổ, phổ biên độ và phổ pha có thể dễ dàng xác định biểu thức của tín hiệu  $w(t)$  hay không?



# Khai triển Fourier<sup>2</sup>

- Tín hiệu tuần hoàn

$f(t)$ , period $T = \frac{2\pi}{\omega_o}$	Coefficients
$\sum_{n=-\infty}^{\infty} F_n e^{jn\omega_o t}$	$F_n = \frac{1}{T} \int_T f(t) e^{-jn\omega_o t} dt$
$\frac{a_o}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(n\omega_o t) + b_n \sin(n\omega_o t)$	$a_n = F_n + F_{-n}$ $b_n = j(F_n - F_{-n})$
$\frac{c_o}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} c_n \cos(n\omega_o t + \theta_n)$	$c_n = 2 F_n $ $\theta_n = \angle F_n$



# Biến đổi Fourier

- Tín hiệu không tuần hoàn

$$V(f) = \mathbf{F}[v(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} v(t) e^{-j2\pi ft} dt$$

$$v(t) = \mathbf{F}^{-1}[V(f)] = \int_{-\infty}^{\infty} V(f) e^{j2\pi ft} df$$

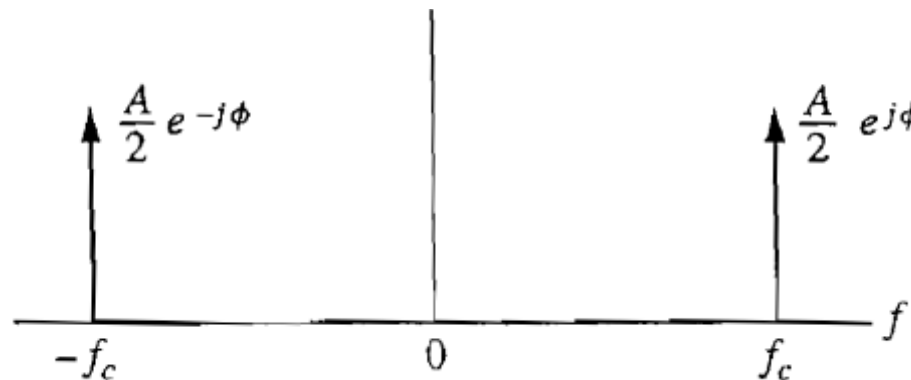
- Có thể mở rộng cho tín hiệu tuần hoàn (dùng hàm Dirac delta)

$$V(f) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n \delta(f - nf_0)$$



# Biến đổi Fourier tín hiệu cosine

$$A \cos(\omega_c t + \phi) \leftrightarrow \frac{Ae^{j\phi}}{2} \delta(f - f_c) + \frac{Ae^{-j\phi}}{2} \delta(f + f_c)$$



$$\cos(2\pi F_0 t) \xleftrightarrow{FT} \frac{1}{2} [\delta(F + F_0) + \delta(F - F_0)]$$

$$\sin(2\pi F_0 t) \xleftrightarrow{FT} \frac{1}{2} j [\delta(F + F_0) - \delta(F - F_0)]$$

$$A \leftrightarrow A\delta(f)$$



# Tính chất biến đổi Fourier

- Tuyến tính

$$a_1x_1(t) + a_2x_2(t)$$

$$a_1X_1(f) + a_2X_2(f)$$

- Trễ

$$x(t - t_0)$$

$$X(f)e^{-j2\pi ft_0}$$

- Tích chập

$$\mathcal{F}\{g(t) * h(t)\} = G(f)H(f)$$





## Ví dụ 5a

Tín hiệu	Phổ	Phổ biên độ	Phổ pha
$x_1(t) = 3$			
$x_2(t) = -4$			
$x_3(t) = x_1(t) + x_2(t)$			
$x_4(t) = x_1(t) - x_2(t)$			
$x_5(t) = x_2(t) - x_1(t)$			



## Ví dụ 5b

Tín hiệu	Phổ	Phổ biên độ	Phổ pha
$x_1(t) = \cos(t)$			
$x_2(t) = \sin(t)$			
$x_3(t) = \sin(t + \pi/3)$			
$x_4(t) = x_1(t) + x_2(t)$			
$x_5(t) = x_1(t) - x_2(t)$			
$x_6(t) = x_1(t) + x_4(t)$			
$x_7(t) = x_1(t) + x_3(t)$			
$x_8(t) = x_2(t) + x_3(t)$			
$x_9(t) = x_2(t) - x_3(t)$			
$x_{10}(t) = x_3(t) + x_4(t)$			



# Sai lầm thường gặp

- Áp dụng sai phổ của các tín hiệu cơ bản: DC,  $\cos/\sin$
- Không phân biệt được phổ (phức) với phổ biên độ và phổ pha
- Áp dụng sai tính chất tuyến tính cho phổ biên độ và phổ pha
- Áp dụng sai các công thức lượng giác



# Thực hành

❖ Vẽ phổ, phổ biên độ và phổ pha

1) A

2)  $A.\cos(2\pi Ft+\phi)$

3)  $A.\cos(2\pi Ft+\phi) + B$

4)  $A.\cos(2\pi F_1 t+\phi_1) + B.\cos(2\pi F_2 t+\phi_2)$

5)  $A.\cos(2\pi Ft+\phi_1) + B.\cos(2\pi Ft+\phi_2)$

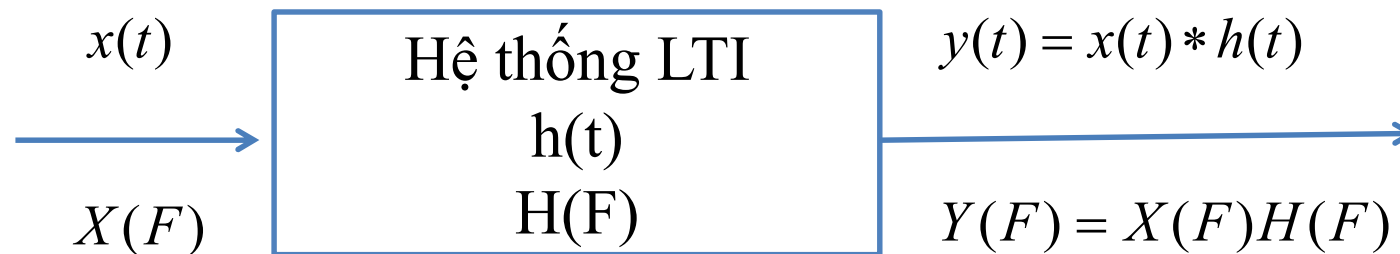
6)  $A.\cos(2\pi Ft+\phi_1) + A.\cos(2\pi Ft+\phi_2)$

7)  $A.\cos(2\pi Ft+\phi) + A.\sin(2\pi Ft+\phi)$



# Hệ thống tuyến tính bất biến

- ❖ Tuyến tính : if  $x(t) = \sum_k a_k x_k(t)$  then  $y(t) = \sum_k a_k F[x_k(t)]$
- ❖ Bất biến:  $F[x(t - t_d)] = y(t - t_d)$
- ❖ Đáp ứng xung:  $h(t) = F[\delta(t)]$
- ❖ Đáp ứng tần số (hàm truyền):  $H(f) = F[h(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} h(t) e^{-j2\pi ft} dt$



$$x(t) = \exp(j2\pi F_0 t)$$

**Hệ thống thực:**  
 **$H(f) = H^*(-f)$**

$$y(t) = H(F_0) \cdot \exp(j2\pi F_0 t)$$

$$x(t) = A \cos(2\pi F_0 t + \theta)$$

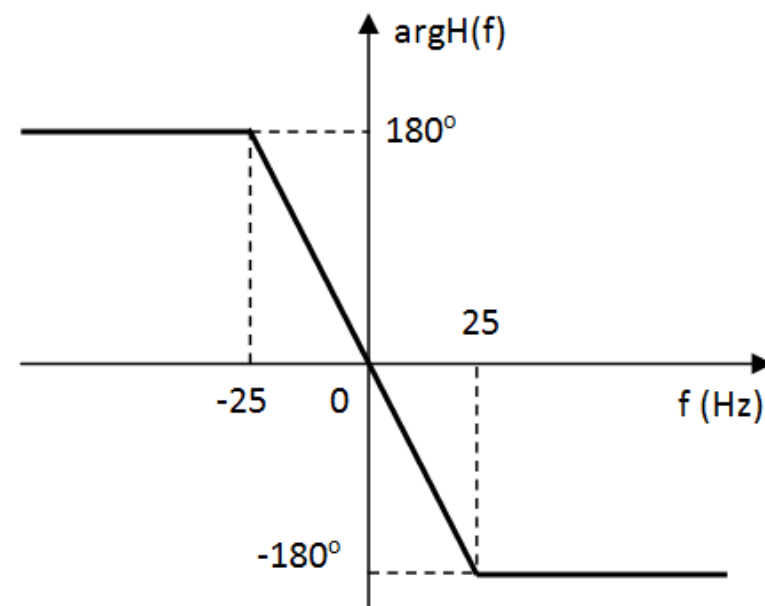
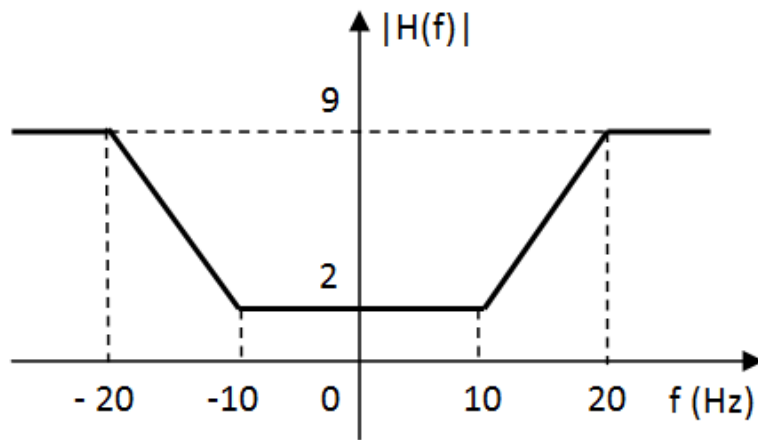
$$y(t) = A |H(F_0)| \cos(2\pi F_0 t + \theta + \arg\{H(F_0)\})$$

$$F_0 > 0$$



## Ví dụ 6

❖ Cho hệ thống tuyến tính bất biến có hàm truyền  $H(f)$  như hình:

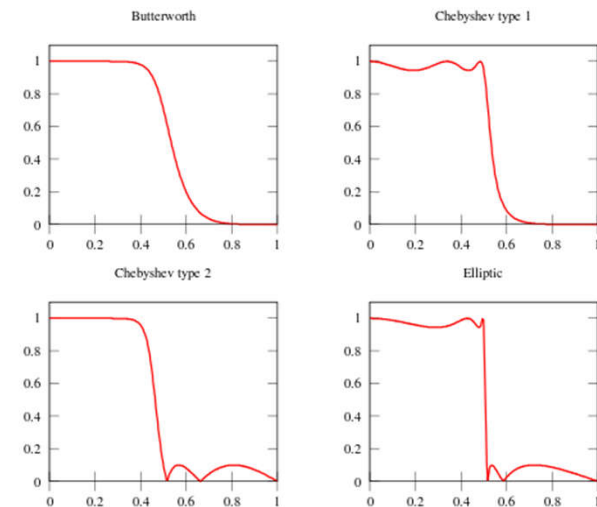
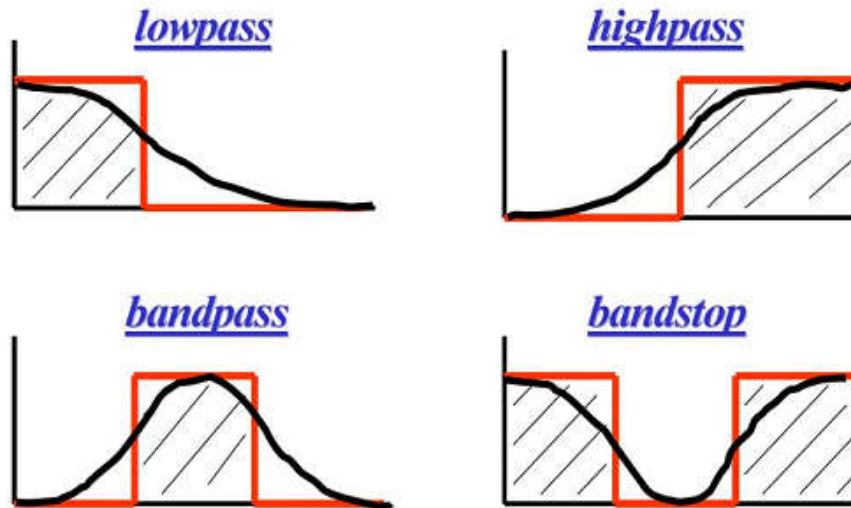
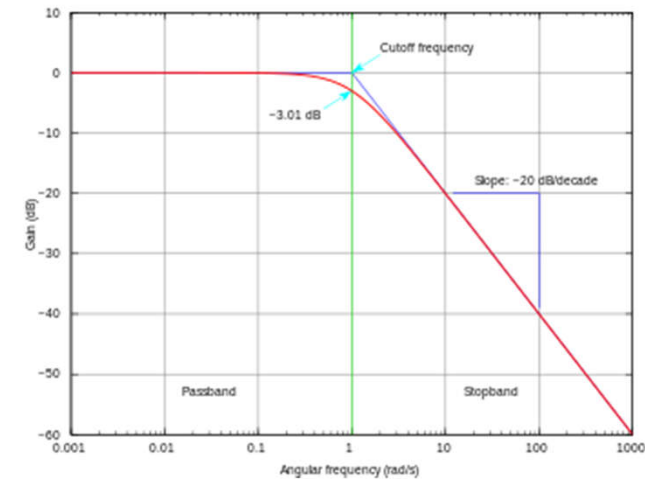


- 1) Xác định biểu thức đầy đủ của tín hiệu ngõ ra  $y(t)$  khi tín hiệu ngõ vào  $x(t) = 10\cos 20\pi t - 30\sin 40\pi t$  (t:s). Tính giá trị  $y(t = 20.2)$  s).
- 2) Xác định biểu thức đầy đủ của tín hiệu ngõ vào  $x(t)$  để tín hiệu ngõ ra  $y(t) = 10\cos 20\pi t$  (t:s). Tính giá trị  $x(t = 20.2)$  s).



# Phân loại bộ lọc

- Quy ước: chỉ đề cập tần số dương
- Tần số cắt (-3dB)
- Băng thông





# Decibel

- Decibel (dB)
  - Biên độ:  $|A|_{\text{dB}} = 20\log_{10}|A|$
  - Công suất/Năng lượng:  $|P|_{\text{dB}} = 10\log_{10}|P|$

Biên độ	0.1	0.2	0.5	1	2	3	5	10	3@
dB									

dB	-20	-6	-3	0	3	6	10	20	3@
Biên độ									





# Decade

- 1 decade = 10 lần
- 2 decade = 100 lần
- 3 decade = 1000 lần, ...

decade	0.1	0.2	0.5	1.5	2.5	3.3	4.4@
lần							

lần	1	2	5	20	50	55	44@
decade							



# Octave

- 1 octave = 2 lần
- 2 octave = 4 lần
- 3 octave = 8 lần, ...

octave	0.1	0.2	0.5	1.5	2.5	3.3	4.4@
lần							

lần	1	1.5	2.5	3	5	6	2@
octave							

- Thuật ngữ tiếng Anh “octave”?



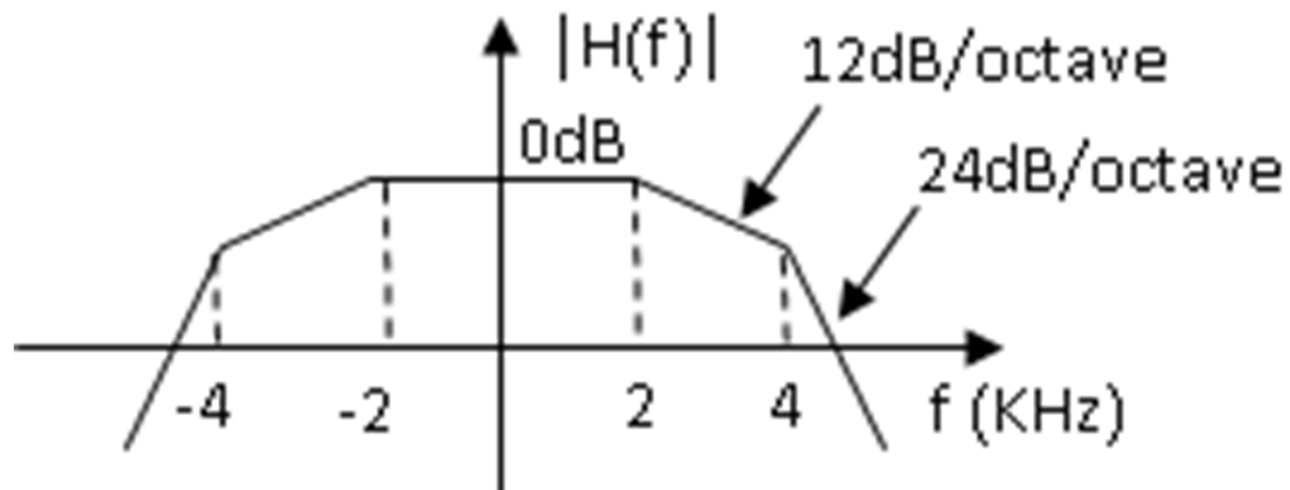
# Decade/Octave

- Decade (10 lần):  $\text{decades} = \log_{10}(F2/F1)$
- **Octave (2 lần)**:  $\text{octaves} = \log_2(F2/F1)$



## Ví dụ 7

❖ Tìm giá trị đáp ứng biên độ  $|H(f)|$  tại các tần số sau:



- 1) 2KHz, 4KHz, 8KHz.
- 2) 1.@KHz.
- 3) 3.@KHz.
- 4) 5.@KHz.



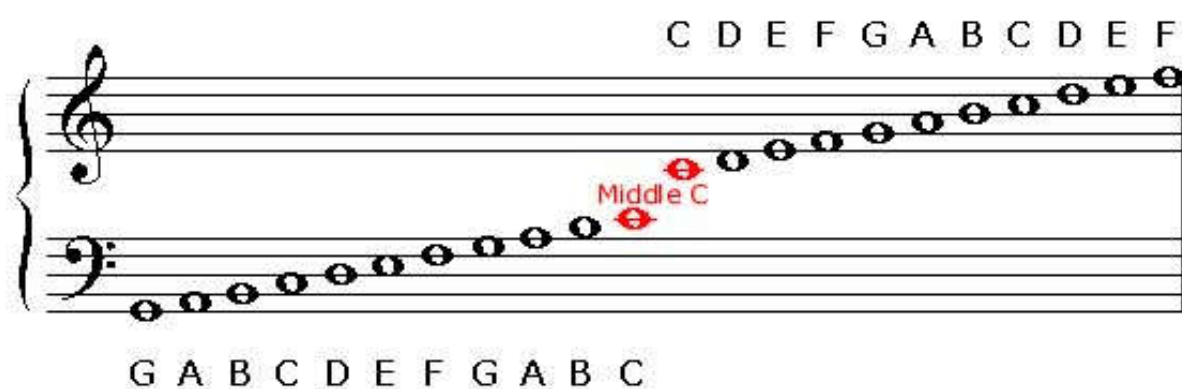
# Tần số âm thanh

- Sóng âm là sóng cơ lan truyền trong môi trường vật chất (rắn, lỏng, khí).
- Sóng âm có tần số từ 16Hz đến 20kHz gây ra được cảm giác ở tai người nên gọi là âm thanh.
- Những âm thanh có tần số xác định gọi là nhạc âm. Mỗi nốt nhạc có một tần số tương ứng.
- Tạp âm là những âm không có tần số xác định.



## Ví dụ 8

- Đàn piano 88 phím (nốt) trong hệ thống phân chia quãng tám (gấp đôi tần số) thành 12 phần bằng nhau với chuẩn A440 (vàng) → 1 octave = 12 half-notes





# Bảng chữ cái Hi Lạp

Greek Letter	Name	Equivalent	Sound When Spoken
A α	Alpha	A	al-fah
B β	Beta	B	bay-tah
Γ γ	Gamma	G	gam-ah
Δ δ	Delta	D	del-tah
Ε ε	Epsilon	E	ep-si-lon
Z ζ	Zeta	Z	zay-tah
H η	Eta	E	ay-tay
Θ θ	Theta	Th	thay-tah
I ι	Iota	I	eye-o-tah
K κ	Kappa	K	cap-ah
Λ λ	Lambda	L	lamb-dah
M μ	Mu	M	mew
N ν	Nu	N	new
Ξ ξ	Xi	X	zzEye
Ο ο	Omicron	O	om-ah-cron
Π π	Pi	P	pie
Ρ ρ	Rho	R	row
Σ σ	Sigma	S	sig-ma
T τ	Tau	T	tawh
Υ υ	Upsilon	U	oop-si-lon
Φ φ	Phi	Ph	figh or fie
Χ χ	Chi	Ch	kigh
Ψ ψ	Psi	Ps	sigh
Ω ω	Omega	O	o-may-gah



# Học phần mở rộng

- Mỗi cá nhân thực hiện các nhiệm vụ sau:
  - 1) Giải các bài tập theo yêu cầu
  - 2) Lập trình ứng dụng theo yêu cầu





# Đề tài lập trình ứng dụng

- 1) Mô phỏng lấy mẫu và khôi phục
- 2) Mô phỏng giải thuật lượng tử xấp xỉ liên tiếp
- 3) Mô phỏng giải thuật xử lý mẫu
- 4) Xác định các hệ số khai triển phân thức trong biến đổi z ngược
- 5) Vẽ sơ đồ khối hiện thực hệ thống
- 6) Mô phỏng máy phát sóng
- 7) Mô phỏng dao động ký
- 8) Mô phỏng máy phân tích phổ
- 9) Tạo và nhận dạng note nhạc (keyboard/piano/guitar)
- 10) Tạo và nhận dạng MIDI
- 11) Tạo và nhận dạng DTMF (phím điện thoại)
- 12) Nhận dạng bài hát
- 13) Nhận dạng tiếng loài vật
- 14) Nhận dạng người nói
- 15) Chuyển đổi lời nói thành văn bản
- 16) Nén âm thanh
- 17) Lọc nhiễu âm thanh
- 18) Triệt tiếng vọng
- 19) Bộ cân bằng nhạc
- 20) Nhúng trích thông tin trong âm thanh



# Bài tập 1

❖ Vẽ tập hợp giá trị phức  $z$  trong mặt phẳng

1)  $|z| = 1@$

2)  $|z - 2| = 1@$

3)  $|z - 1@| = 2$

4)  $|z - 1@ - 2@i| = 3$

5)  $|z| < 3@$

6)  $|z| > 2@$

7)  $2@ < |z| < 3@$

8)  $|z^{-1}| < 3@$

9)  $|z^{-1}| > 2@$

10)  $2@ < |z^{-1}| < 3@$

11)  $z + z^{-1} \neq \infty$

12)  $1 + z^{-2} \neq \infty$



## Bài tập 2

❖ Vẽ phổ, phổ biên độ và phổ pha

1)  $x_1(t) = 1 \cos(2t) \text{ (t:s)}; x_2(t) = 1 \cos(2\pi t) \text{ (t:s)}; x_3(t) = 1 \sin(2\pi t) \text{ (t:s)}$

2)  $x_4(t) = 4 \cos(1 \cos \pi t) \text{ (t:s)}; x_5(t) = 4 \sin(1 \cos \pi t) \text{ (t:ms)}$

3)  $x_6(t) = 1 \cos + 4 \cos(10\pi t) \text{ (t:s)};$

4)  $x_7(t) = 10 - 4 \cos(1 \cos \pi t) \text{ (t:s)};$

5)  $x_8(t) = 4 \sin^2(1 \cos \pi t) \text{ (t:s)}$

6)  $x_9(t) = 1 \cos(2\pi t) + 4 \cos(4\pi t) \text{ (t:s)}$

7)  $x_{10}(t) = 1 \cos(2\pi t) - 4 \cos(4\pi t) \text{ (t:s)}$

8)  $x_{11}(t) = 4 \cos(2\pi t) + 1 \cos(4\pi t) \text{ (t:s)}$

9)  $x_{12}(t) = 1 \cos(2\pi t) \cos(4\pi t) \text{ (t:s)}$

10)  $x_{13}(t) = 1 \cos(2\pi t) \sin(4\pi t) \text{ (t:s)}$

11)  $x_{14}(t) = 1 \cos(5\pi t) + 1 \sin(5\pi t) \text{ (t: ms)}$

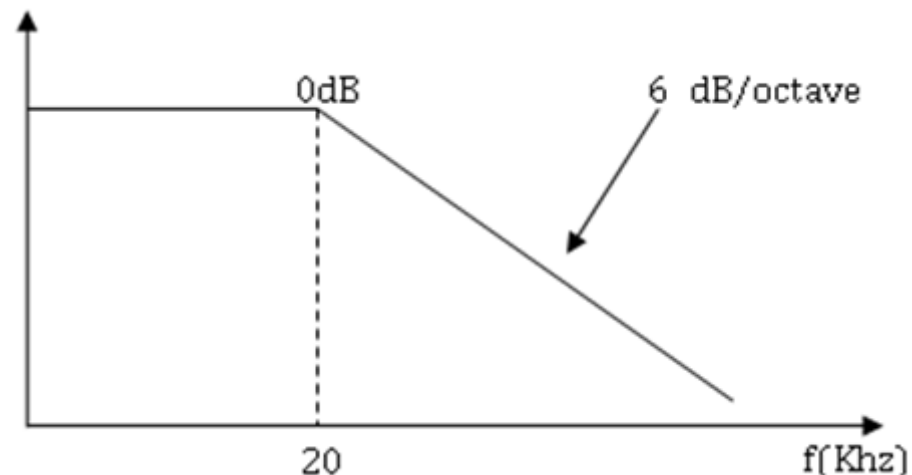
12)  $x_{15}(t) = 3 \cos(1 \cos \pi t) - 4 \sin(1 \cos \pi t) \text{ (t: ms)}$



## Bài tập 3

❖ Giả sử bộ lọc có đáp ứng biên độ như hình vẽ. Xác định biểu thức (bỏ qua pha) và vẽ phổ biên độ của tín hiệu ngõ ra trong mỗi trường hợp tín hiệu ngõ vào sau:

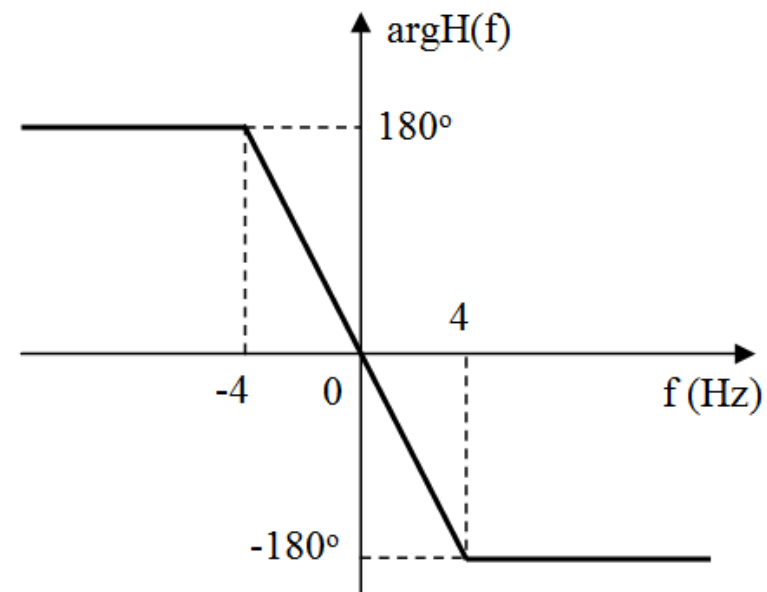
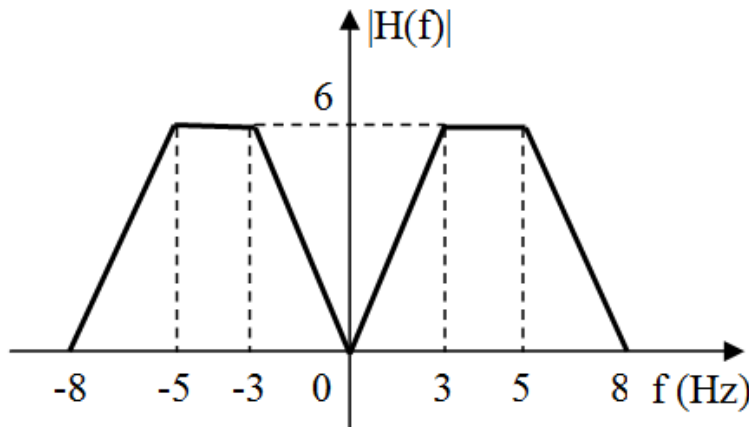
- 1)  $x(t) = 1@$
- 2)  $x(t) = 1@\cos(2\pi t)$  (t:ms)
- 3)  $x(t) = 1@\cos(20\pi t)$  (t:ms)
- 4)  $x(t) = 2\cos(1@0\pi t)$  (t:ms)
- 5)  $x(t) = 2\cos(4@0\pi t)$  (t:ms)
- 6)  $x(t) = 2\cos^2(4@0\pi t)$  (t:ms)
- 7)  $x(t) = 2\cos(200\pi t).\sin(4@0\pi t)$  (t:ms)
- 8)  $x(t) = 2\cos(200\pi t) - 2\cos(4@0\pi t)$  (t:ms)
- 9)  $x(t) = 2\cos(200\pi t) + 2\sin(4@0\pi t)$  (t:ms)
- 10)  $x(t) = 2\cos(2@0\pi t) + 2\sin(2@0\pi t)$  (t:ms)





## Bài tập 4

❖ Cho các tín hiệu tương tự  $x_1(t) = 2\cos^2 2\pi t$  (t: s) và  $x_2(t) = 6\sin 6\pi t + \cos 7\pi t + 8\sin 8\pi t$  (t:s) lần lượt đi qua hệ thống tuyến tính bất biến có hàm truyền  $H(f)$  như hình:



- 1) Xác định biểu thức (theo thời gian) của tín hiệu ngõ ra  $y_1(t)$ .
- 2) Tính giá trị của tín hiệu ngõ ra  $y_2(t = 0.125s)$ .



## Bài tập 5

❖ Cho bộ lọc thông thấp có đáp ứng biên độ phẳng 0dB trong khoảng  $[0 \div 4]$  KHz, suy giảm với độ dốc 1@ dB/octave trong khoảng  $[4 \div 8]$  KHz và suy giảm với độ dốc 2@ dB/decade ngoài 8 KHz. Tìm giá trị đáp ứng biên độ của bộ lọc tại các tần số sau:

- 1) 2KHz.
- 2) 3KHz.
- 3) 5KHz.
- 4) 6KHz.
- 5) 7KHz.
- 6) 8KHz.
- 7) 10KHz.
- 8) 12KHz.
- 9) 16KHz.
- 10) 20KHz.



## Bài tập 6

1) Tính các giá trị sau:

n	-1	0	1	2	1@
$\cos(\pi n/4)$					
$\cos(7\pi n/4)$					
$\cos(9\pi n/4)$					

- 2) Tìm 1 giá trị  $\omega \in [8@ \div 9@]$  sao cho  $\cos(\omega n)$  cho cùng kết quả như  $\cos(\pi n/4)$  ở câu 1  $\forall n \in \mathbb{Z}$ .
- 3) Tìm 1 giá trị  $\omega \in [8@ \div 9@]$  sao cho  $\cos(\omega n) = 1 \forall n \in \mathbb{Z}$ .
- 4) Tìm 1 giá trị  $\omega \in [8@ \div 9@]$  sao cho  $\sin(\omega n) = 0 \forall n \in \mathbb{Z}$ .



# Bài tập 7

- Tính các giá trị sau:

n	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	1@
$y_1[n]$										
$y_2[n]$										

$$y_1[n] = \sum_{m=-\infty}^{\infty} x[m] \cdot h[n-m]$$

$$y_2[n] = \sum_{m=-\infty}^{\infty} h[m] \cdot x[n-m]$$

m	< -1	-1	0	1	2	> 2
$x[m]$	0	1	0	-1	1@	0
$h[m]$	0	2	0	1	7	0





# Bài tập 8

- Tính các giá trị sau (dưới dạng phần thực và phần ảo):

k	0	1
X[k]		

n	0	1
x[n]	2	1@

k	0	1	2
X[k]			

n	0	1	2
x[n]	3	0	1@

$$X[k] = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] \cdot e^{-i2\pi kn/N}$$

k	0	1	2	3
X[k]				

n	0	1	2	3
x[n]	4	5	6	1@



# Bài tập 9

- Tính các giá trị sau (dưới dạng phần thực và phần ảo):

n	0	1
x[n]		

k	0	1
X[k]	2	1@

n	0	1	2
x[n]			

k	0	1	2
X[k]	3	0	1@

$$x[n] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X[k] \cdot e^{i2\pi kn/N}$$

n	0	1	2	3
x[n]				

k	0	1	2	3
X[k]	4	1 + j	1@	1 - j