

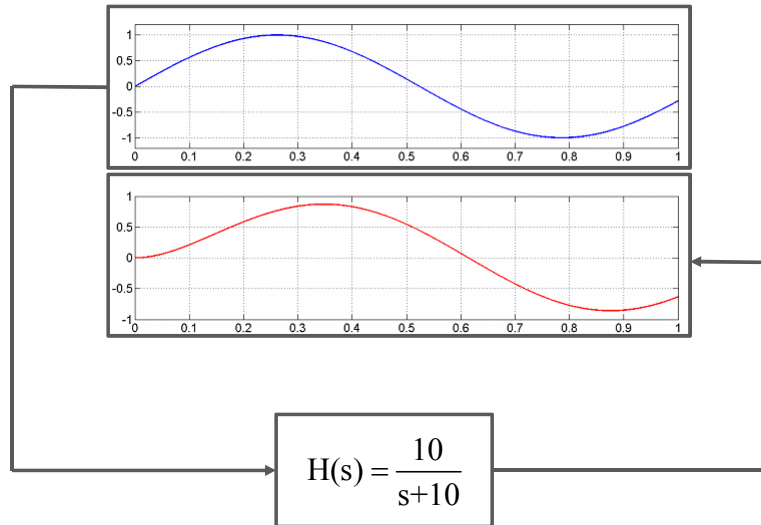
Lecture 7

Chương 4. Đáp ứng tần số của hệ thống LTI & thiết kế bộ lọc tương tự

Chương 4. Đ/ứng TS của HT LTI & TK bộ lọc tương tự

4.1. Đáp ứng tần số của hệ thống LTI

4.1.1. Khái niệm đáp ứng tần số của hệ thống LTI

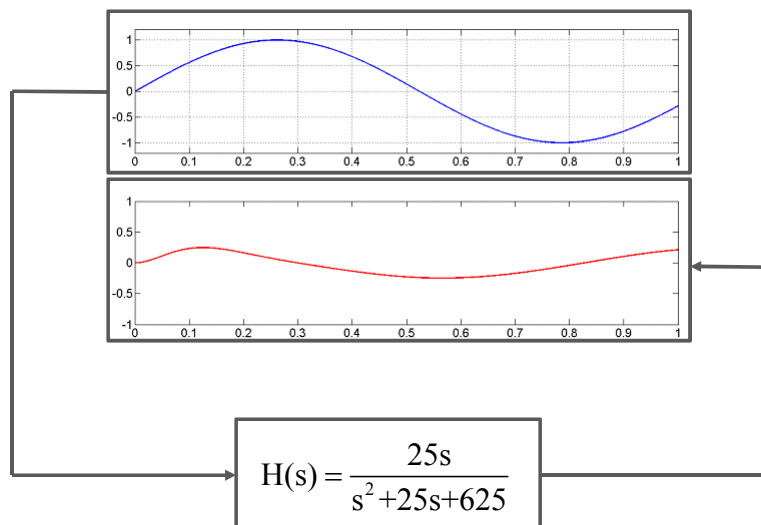


Signals and Systems

--HK191--

© Tran Quang Viet – FEEE – HCMUT

4.1.1. Khái niệm đáp ứng tần số của hệ thống LTI

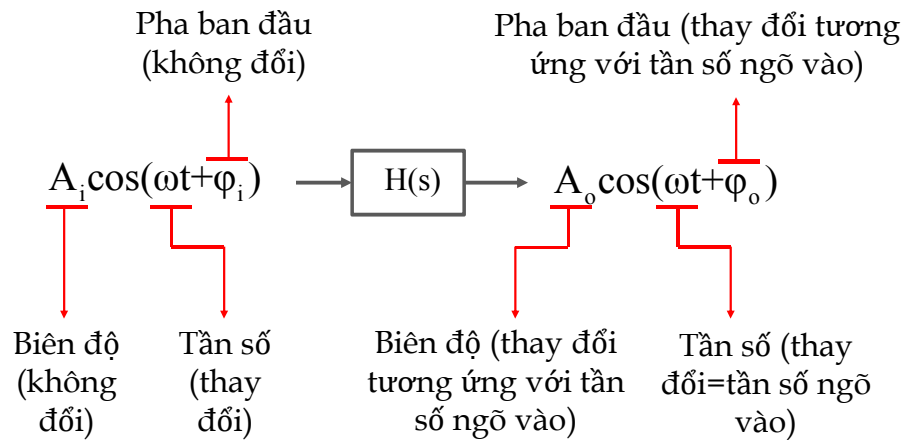


Signals and Systems

--HK191--

© Tran Quang Viet – FEEE – HCMUT

4.1.1. Khái niệm đáp ứng tần số của hệ thống LTI



Nhận xét: HT LTI có đáp ứng khác nhau (biên độ, pha) với các tín hiệu ngõ vào có tần số khác nhau \rightarrow Đáp ứng tần số

Signals and Systems

--HK191--

© Tran Quang Viet – FEEE – HCMUT

4.1.2. Xác định đáp ứng tần số của hệ thống LTI

Xét hệ thống LTI nhân quả có đáp ứng xung $h(t)$ và hàm truyền $H(s)$ ta có:

$$e^{st} \longrightarrow \boxed{h(t)} \longrightarrow H(s)e^{st} \quad \text{hay} \quad \mathcal{T}\{e^{st}\} = H(s)e^{st}$$

Nếu hệ thống **ổn định** (ROC chứa trục ảo) \rightarrow ta có thể chọn $s=j\omega$, khi đó:

$$e^{j\omega t} \longrightarrow \boxed{h(t)} \longrightarrow H(j\omega)e^{j\omega t} \quad \text{hay} \quad \mathcal{T}\{e^{j\omega t}\} = H(j\omega)e^{j\omega t}$$

$$\text{Với: } H(j\omega) = H(s)|_{s=j\omega}$$

$$\text{Hệ thống thực có } h(t) \in \Re \text{ nên: } H(j\omega) = H^*(-j\omega)$$

Signals and Systems

--HK191--

© Tran Quang Viet – FEEE – HCMUT

4.1.2. Xác định đáp ứng tần số của hệ thống LTI

Xét ngõ vào: $A_i \cos(\omega t + \varphi_i) = \left(\frac{A_i}{2} e^{j\varphi_i}\right) e^{j\omega t} + \left(\frac{A_i}{2} e^{-j\varphi_i}\right) e^{-j\omega t}$

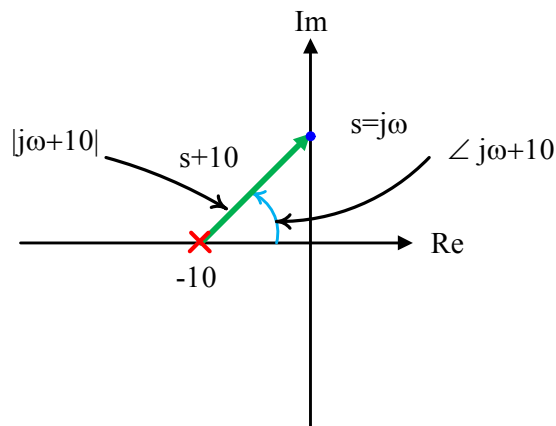
$$\begin{aligned} \left(\frac{A_i}{2} e^{j\varphi_i}\right) e^{j\omega t} &\rightarrow [H(j\omega)] \rightarrow \left(\frac{A_i}{2} e^{j\varphi_i}\right) H(j\omega) e^{j\omega t} \\ \left(\frac{A_i}{2} e^{-j\varphi_i}\right) e^{-j\omega t} &\rightarrow [H(j\omega)] \rightarrow \left(\frac{A_i}{2} e^{-j\varphi_i}\right) H(-j\omega) e^{-j\omega t} \\ A_i \cos(\omega t + \varphi_i) &\rightarrow [H(j\omega)] \rightarrow \underbrace{A_i |H(j\omega)|}_{A_o} \cos[\omega t + \underbrace{\varphi_i + \angle H(j\omega)}_{\varphi_o}] \end{aligned}$$

Vậy: $H(j\omega) = H(s)|_{s=j\omega}$: Đáp ứng tần số

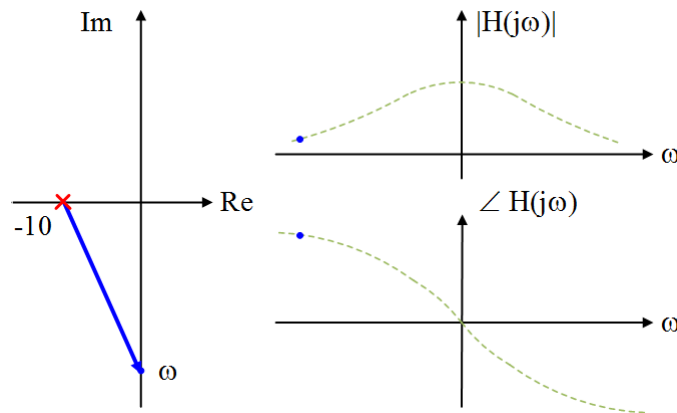
$$\begin{cases} |H(j\omega)| = A_o / A_i & : \text{Đáp ứng biên độ} \\ \angle H(j\omega) = \varphi_o - \varphi_i & : \text{Đáp ứng pha} \end{cases}$$

4.1.2. Xác định đáp ứng tần số của hệ thống LTI

Ví dụ: $H(s) = \frac{10}{s+10} \Rightarrow H(j\omega) = H(s)|_{s=j\omega} = \frac{10}{j\omega+10}$



4.1.2. Xác định đáp ứng tần số của hệ thống LTI



4.1.3. Đáp ứng với ngõ vào là tổng các hàm điều hòa

Với tổng các tín hiệu điều hòa thực:

$$T \left\{ \sum_{k=1}^n A_k \cos(\omega_k t + \varphi_k) \right\} = \sum_{k=1}^n A_k |H(j\omega_k)| \cos(\omega_k t + \varphi_k + \angle H(j\omega_k))$$

Với tổng các tín hiệu điều hòa phức:

$$T \left\{ \sum_{k=1}^n A_k e^{j(\omega_k t + \varphi_k)} \right\} = \sum_{k=1}^n A_k |H(j\omega_k)| e^{j(\omega_k t + \varphi_k + \angle H(j\omega_k))}$$

Chương 4. Ứng TS của HT LTI & TK bộ lọc tương tự

4.2. Vẽ đáp ứng tần số (vẽ biểu đồ Bode)

- 4.2.1. Tần số logarit và biên độ logarit
- 4.2.2. Biểu đồ Bode của các thành phần cơ bản
- 4.2.3. Nguyên tắc vẽ biểu đồ Bode
- 4.2.4. Biểu đồ Bode của cực/zero bậc 2
- 4.2.5. Ví dụ áp dụng biểu đồ Bode

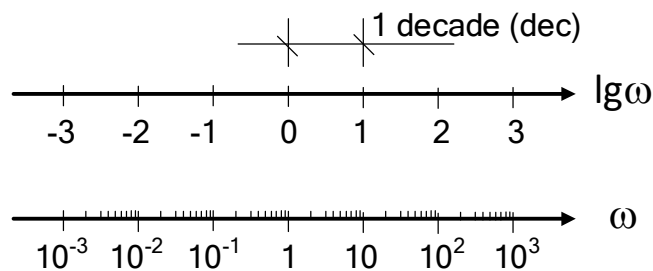
Signals and Systems

--HK191--

© Tran Quang Viet – FEEE – HCMUT

4.2.1. Tần số logarit và biên độ logarit

Tần số logarit: $\lg \omega$



Biên độ logarit: $20 \lg |H(j\omega)|$ (dB)

Signals and Systems

--HK191--

© Tran Quang Viet – FEEE – HCMUT

4.2. Vẽ đáp ứng tần số (Biểu đồ Bode)

4.2.2. Biểu đồ Bode của các thành phần cơ bản

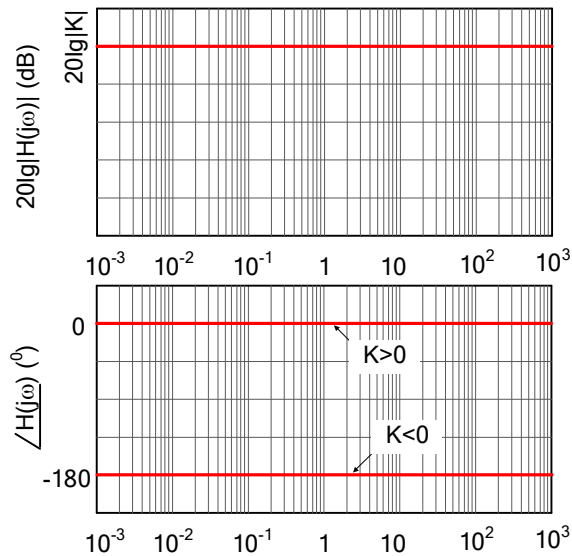
- a. Biểu đồ Bode của bộ khuếch đại
- b. Biểu đồ Bode của điểm cực tại gốc (bộ tích phân)
- c. Biểu đồ Bode của điểm không tại gốc (bộ vi phân)
- d. Biểu đồ Bode của điểm cực bậc 1
- e. Biểu đồ Bode của điểm không bậc 1

Signals and Systems

--HK191--

© Tran Quang Viet – FEEE – HCMUT

a. Biểu đồ bode của bộ khuếch đại, $H(s)=K$

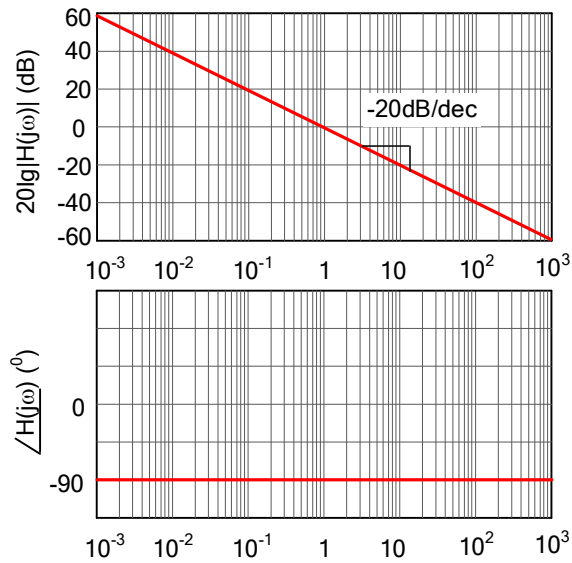


Signals and Systems

--HK191--

© Tran Quang Viet – FEEE – HCMUT

b. Biểu đồ bode của cực tại gốc, $H(s)=1/s$

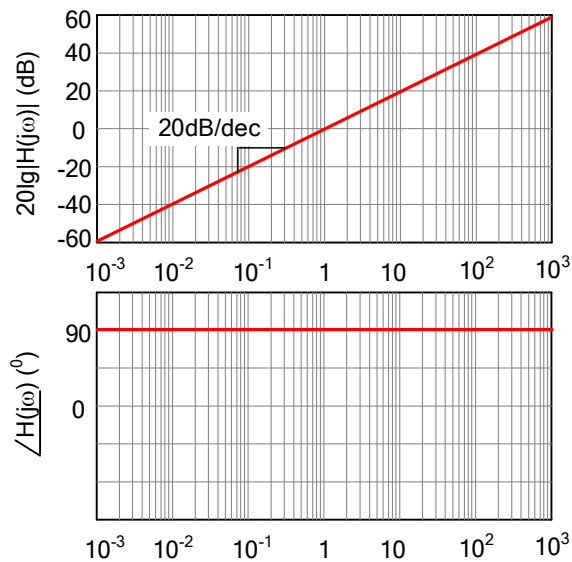


Signals and Systems

--HK191--

© Tran Quang Viet – FEEE – HCMUT

c. Biểu đồ bode của zero tại gốc, $H(s)=s$

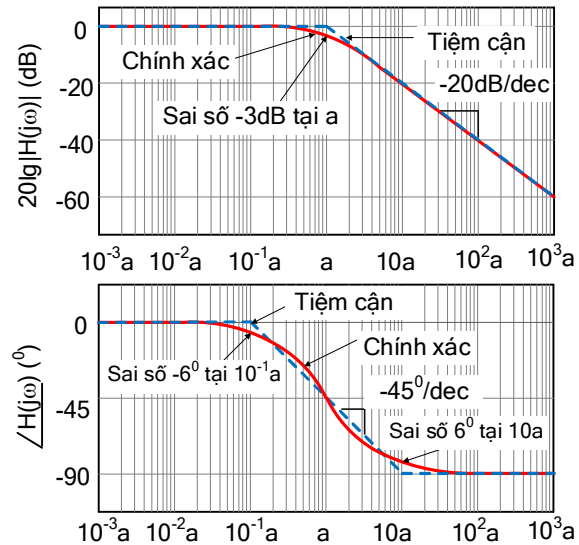


Signals and Systems

--HK191--

© Tran Quang Viet – FEEE – HCMUT

d. Biểu đồ bode của cực bậc 1, $H(s)=a/(s+a)$; $a>0$

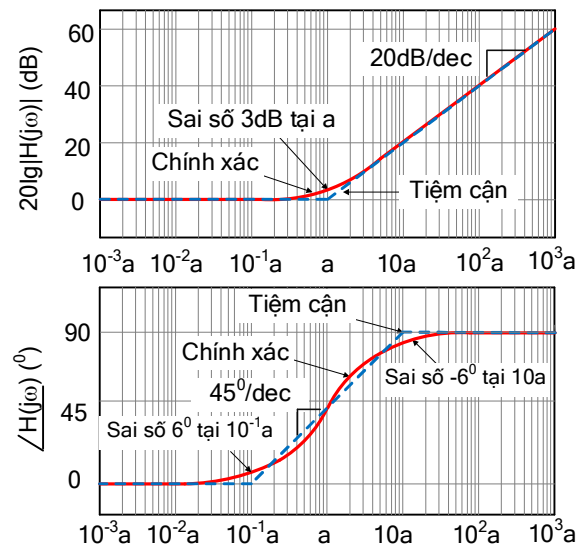


Signals and Systems

--HK191--

© Tran Quang Viet – FEEE – HCMUT

e. Biểu đồ bode của zero bậc 1, $H(s)=(s+a)/a$; $a>0$



Signals and Systems

--HK191--

© Tran Quang Viet – FEEE – HCMUT

4.2.3. Nguyên tắc vẽ biểu đồ Bode

1) Biểu diễn $H(s)$ thành dạng thừa số: $H(s)=H_1(s).H_2(s)\dots H_n(s)$

$$\Rightarrow H(j\omega)=H_1(j\omega).H_2(j\omega)\dots H_n(j\omega)$$

Đáp ứng biên độ:

$$20\log |H(j\omega)|=20\log|H_1(j\omega)|+20\log|H_2(j\omega)|+\dots+20\log|H_n(j\omega)|$$

Đáp ứng pha:

$$\angle H(j\omega)=\angle H_1(j\omega)+\angle H_2(j\omega)+\dots+\angle H_n(j\omega)$$

2) Vẽ đường tiệm cận của từng thành phần $H_k(j\omega)$ và sau đó cộng đường tiệm cận để có đường tiệm cận của $H(j\omega)$

3) Xấp xỉ đường chính xác của $H(j\omega)$ bằng cách ước lượng giá trị tại các vị trí đặc biệt

4.2.3. Nguyên tắc vẽ biểu đồ Bode

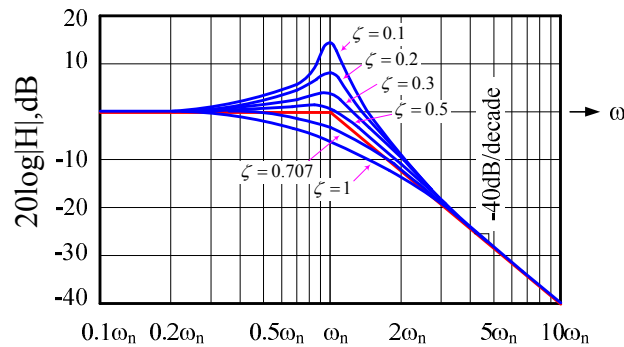
Ví dụ: Vẽ biểu đồ Bode của các hệ thống có hàm truyền sau:

$$\text{a) } H(s)=\frac{s+10}{s} \quad \text{b) } H(s)=\frac{s}{s+100}$$

$$\text{c) } H(s)=\frac{3.10^{10}}{(s+10^2)(s+10^3)(s+10^4)}$$

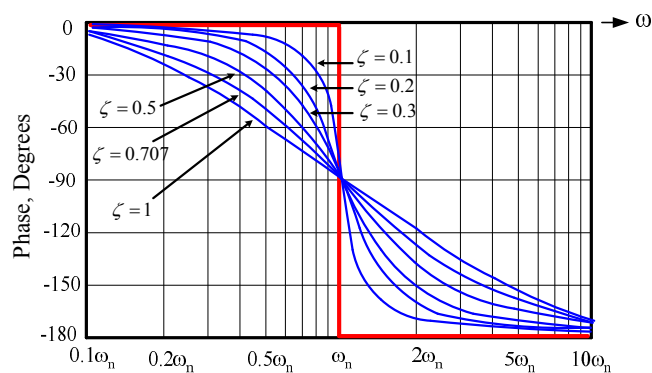
4.2.4. Biểu đồ Bode của cực/zero bậc 2

Ảnh hưởng cực bậc 2: $\frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}; 0 < \zeta < 1$



4.2.4. Biểu đồ Bode của cực/zero bậc 2

Ảnh hưởng cực bậc 2: $\frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}; 0 < \zeta < 1$

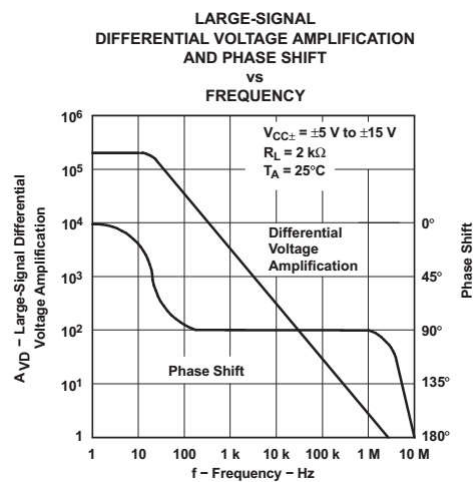


4.2.4. Biểu đồ Bode của cực/zero bậc 2

Ảnh hưởng zero bậc 2: $\frac{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}{\omega_n^2}; 0 < \zeta < 1$

(Ngược lại so với cực bậc 2)

4.2.5. Ví dụ áp dụng biểu đồ Bode



(www.ti.com/lit/ds/symlink/tl084.pdf)

4.2.5. Ví dụ áp dụng biểu đồ Bode

6.6 Electrical Characteristics for TL08xM and TL084x

$V_{CC\pm} = \pm 15$ V (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST CONDITIONS ⁽¹⁾	T _A	TL081M, TL082M			TL084Q, TL084M			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
V _{IO}	Input offset voltage V _O = 0, R _S = 50 Ω	25°C		3	6		3	9	mV
		Full range			9			15	
α_{VIO}	Temperature coefficient of input offset voltage V _O = 0, R _S = 50 Ω	Full range		18			18		$\mu V/^{\circ}C$
I _{IO}	Input offset current ⁽²⁾ V _O = 0	25°C		5	100		5	100	pA
		125°C			20			20	nA
I _{IB}	Input bias current ⁽²⁾ V _O = 0	25°C		30	200		30	200	pA
		125°C			50			50	nA
V _{ICR}	Common-mode input voltage range	25°C	± 11	-12 I _O 15		± 11	-12 I _O 15		V
V _{OM}	Maximum peak output voltage swing R _L = 10 k Ω	25°C	± 12	± 13.5		± 12	± 13.5		V
		R _L ≥ 10 k Ω	± 12			± 12			
		Full range R _L ≥ 2 k Ω	± 10	± 12		± 10	± 12		
A _{VD}	Large-signal differential voltage amplification V _O = ± 10 V, R _L ≥ 2 k Ω	25°C	25	200		25	200		V/mV
		Full range	15			15			
B ₁	Unity-gain bandwidth	25°C		3			3		MHz
r _i	Input resistance	25°C		10 ¹²			10 ¹²		Ω
CMRR	Common-mode rejection ratio V _C = V _{CCmin} , V _O = 0, R _S = 50 Ω	25°C	80	86		80	86		dB

(www.ti.com/lit/ds/symlink/tl084.pdf)