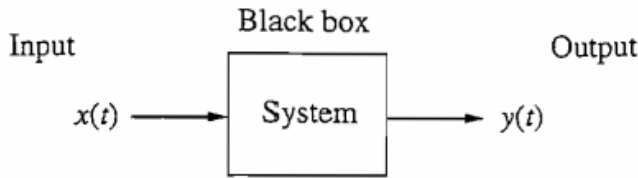




Chương 3:

Truyền và lọc tín hiệu

- 3.1 Hệ thống LTI và bộ lọc
- 3.2 Sự sai dạng trong truyền thông tin
- 3.3 Sự suy hao trong truyền thông tin và Decibels
- 3.4 Truyền tương tự băng gốc



3.1 Hệ thống LTI

- Tuyến tính
- Bất biến
- Đáp ứng xung
- Hàm truyền
- Quan hệ vào-ra

$$\text{if } x(t) = \sum_k a_k x_k(t) \quad \text{then } y(t) = \sum_k a_k \mathcal{H}[x_k(t)]$$

$$\mathcal{H}[x(t - t_d)] = y(t - t_d)$$

$$h(t) = \mathcal{H}[\delta(t)]$$

$$H(f) = \mathcal{F}[h(t)] = \int_{-\infty}^{\infty} h(t) e^{-j2\pi f t} dt$$

amplitude response: $|H(f)|$

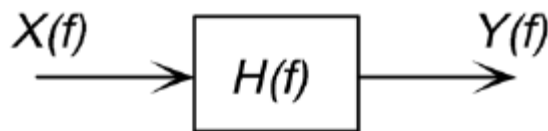
phase response: $\arg H(f)$

$$y(t) = \mathcal{H}[x(t)] = h(t) * x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} h(\lambda) x(t - \lambda) d\lambda$$

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

$$x(t) = A_x \cos(2\pi f_0 t + \phi_x)$$

$$y(t) = A_y \cos(2\pi f_0 t + \phi_y)$$



$$x(t) = A_x e^{j\phi_x} e^{j2\pi f_0 t}$$

$$y(t) = H(f_0) A_x e^{j\phi_x} e^{j2\pi f_0 t}$$

$$A_y = |H(f_0)| A_x$$

$$\phi_y = \arg H(f_0) + \phi_x$$



Đáp ứng sin/cos

- Hệ thống thực: $H(f) = H^*(-f)$

$$x(t) = A \cos(\omega_o t) = A \cos(2\pi f_o t) \Leftrightarrow y(t) = A |H(f_o)| \cos[2\pi f_o t + \angle H(f_o)]$$

$$x(t) = D_0 + \sum_{n=1}^{\infty} D_n \cos(2\pi n f_o t + \phi_n) \Leftrightarrow y(t) = D_0 H(0) + \sum_{n=1}^{\infty} D_n |H(n f_o)| \cos[2\pi n f_o t + \phi_n + \angle H(n f_o)]$$

$$X(f) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n \delta(f - n f_o) \Leftrightarrow Y(f) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n H(n f_o) \delta(f - n f_o)$$

- Câu hỏi: viết biểu thức cho tín hiệu sin(.)?



Mật độ phổ công suất

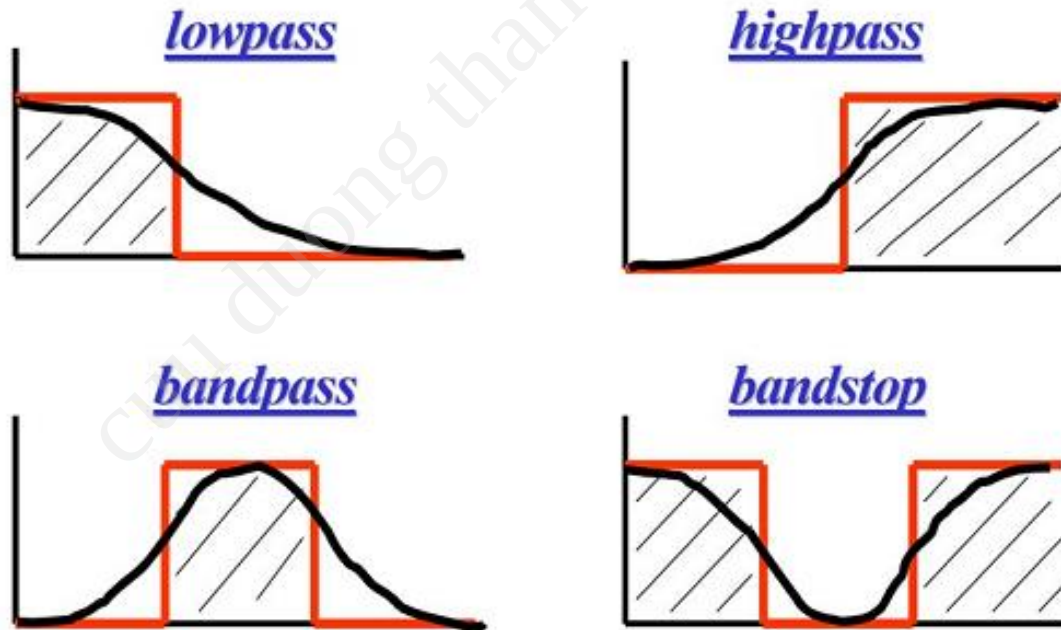
- Power Spectral Density (PSD)

$$S_x(f) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} |X_T(f)|^2$$

- Hàm truyền đạt công suất: tỉ số giữa mật độ phổ công suất của ngõ ra và ngõ vào.

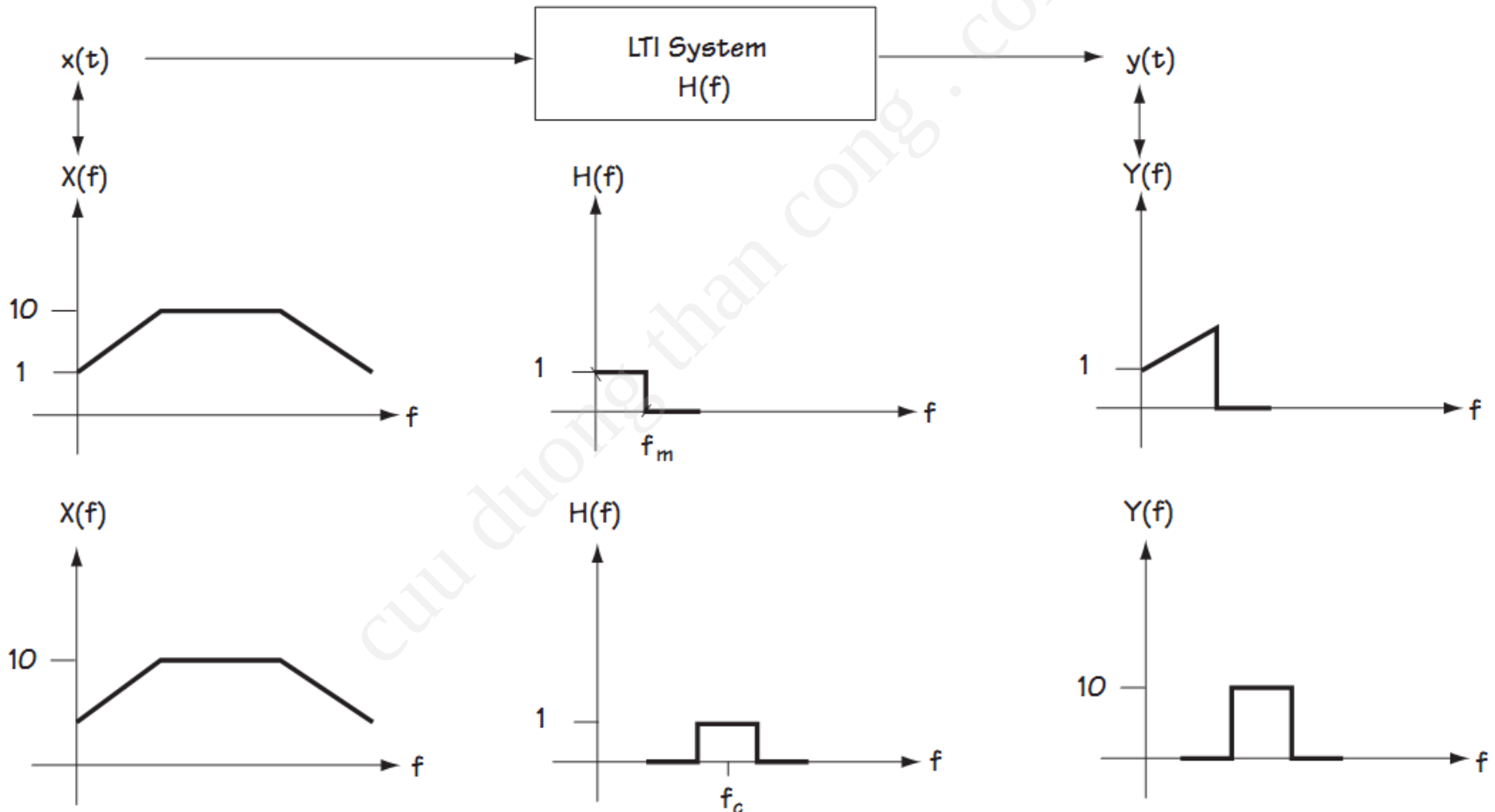
$$G_h(f) = \frac{P_y(f)}{P_x(f)} = |H(f)|^2$$

- Bộ lọc thực tế có đáp ứng xung $h(t)$ là hàm thực nên hàm truyền $H(f)$ có biên độ đối xứng chẵn và pha đối xứng lẻ.
- Tần số cắt (-3dB) và băng thông: mặc định chỉ tần số dương.



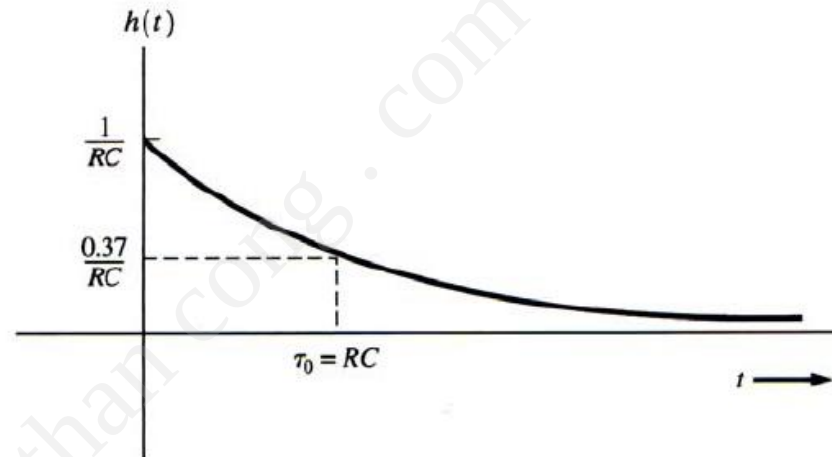


Ví dụ hệ thống LTI và bộ lọc



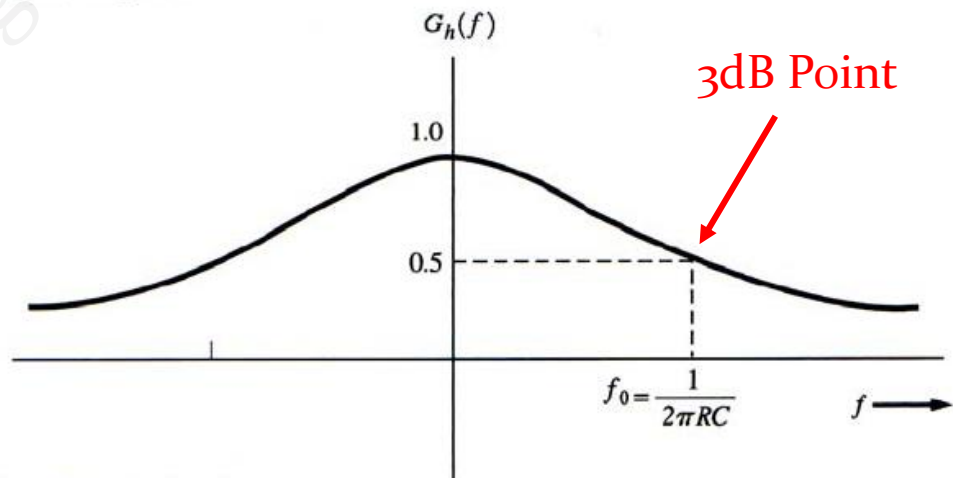
Bộ lọc thông thấp (LPF) RC

$$h(t) = \begin{cases} \frac{1}{\tau_0} e^{-t/\tau_0}, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases}$$



(b) Impulse Response

$$G_h(f) = |H(f)|^2 = \frac{1}{1 + (f/f_0)^2}$$



(c) Power Transfer Function

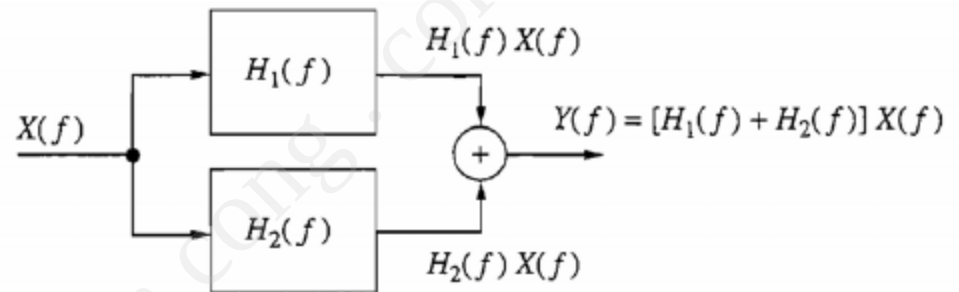


Một số hàm truyền hệ thống

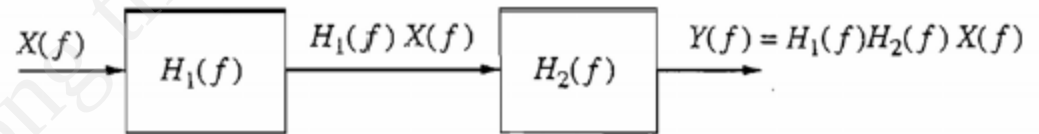
Time-Domain Operation		Transfer Function
Scalar multiplication	$y(t) = \pm Kx(t)$	$H(f) = \pm K$
Differentiation	$y(t) = \frac{dx(t)}{dt}$	$H(f) = j2\pi f$
Integration	$y(t) = \int_{-\infty}^t x(\lambda) d\lambda$	$H(f) = \frac{1}{j2\pi f}$
Time delay	$y(t) = x(t - t_d)$	$H(f) = e^{-j2\pi f t_d}$

Kết nối hệ thống

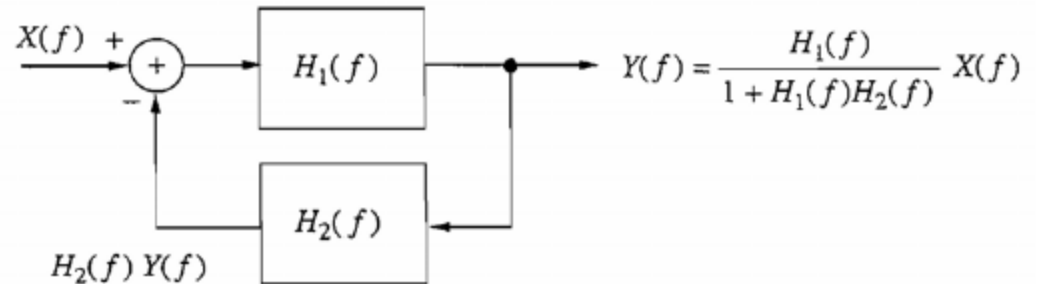
- a) **parallel,**
- b) **cascade,** and
- c) **feedback:**



(a)

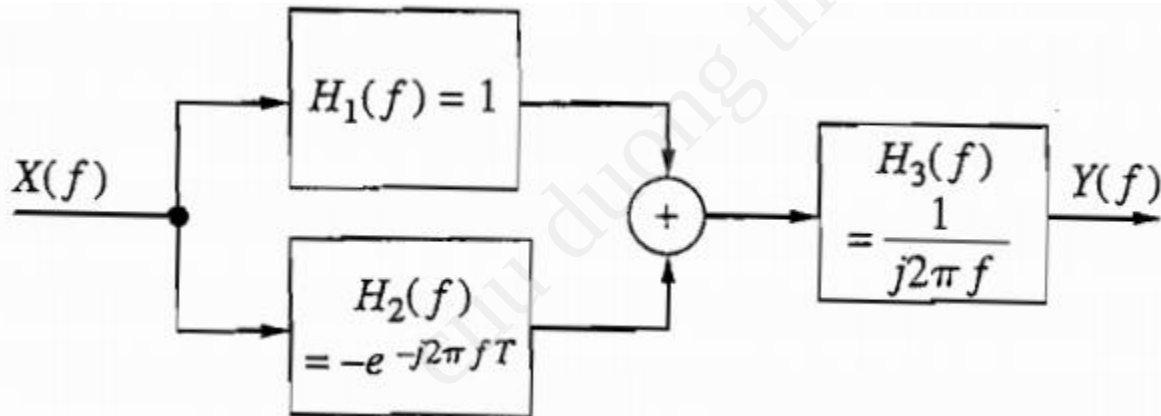
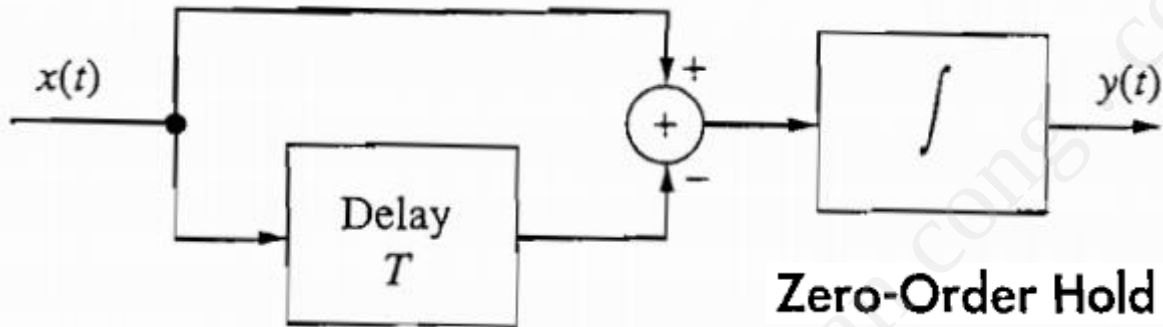


(b)



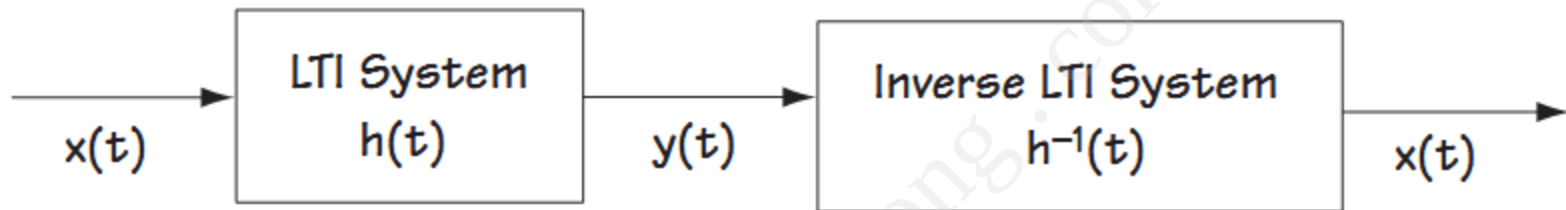
(c)

Ví dụ kết nối hệ thống



$$H(f) = H_{12}(f)H_3(f) = [H_1(f) + H_2(f)]H_3(f) = T \operatorname{sinc} fT e^{-j\pi f T}$$

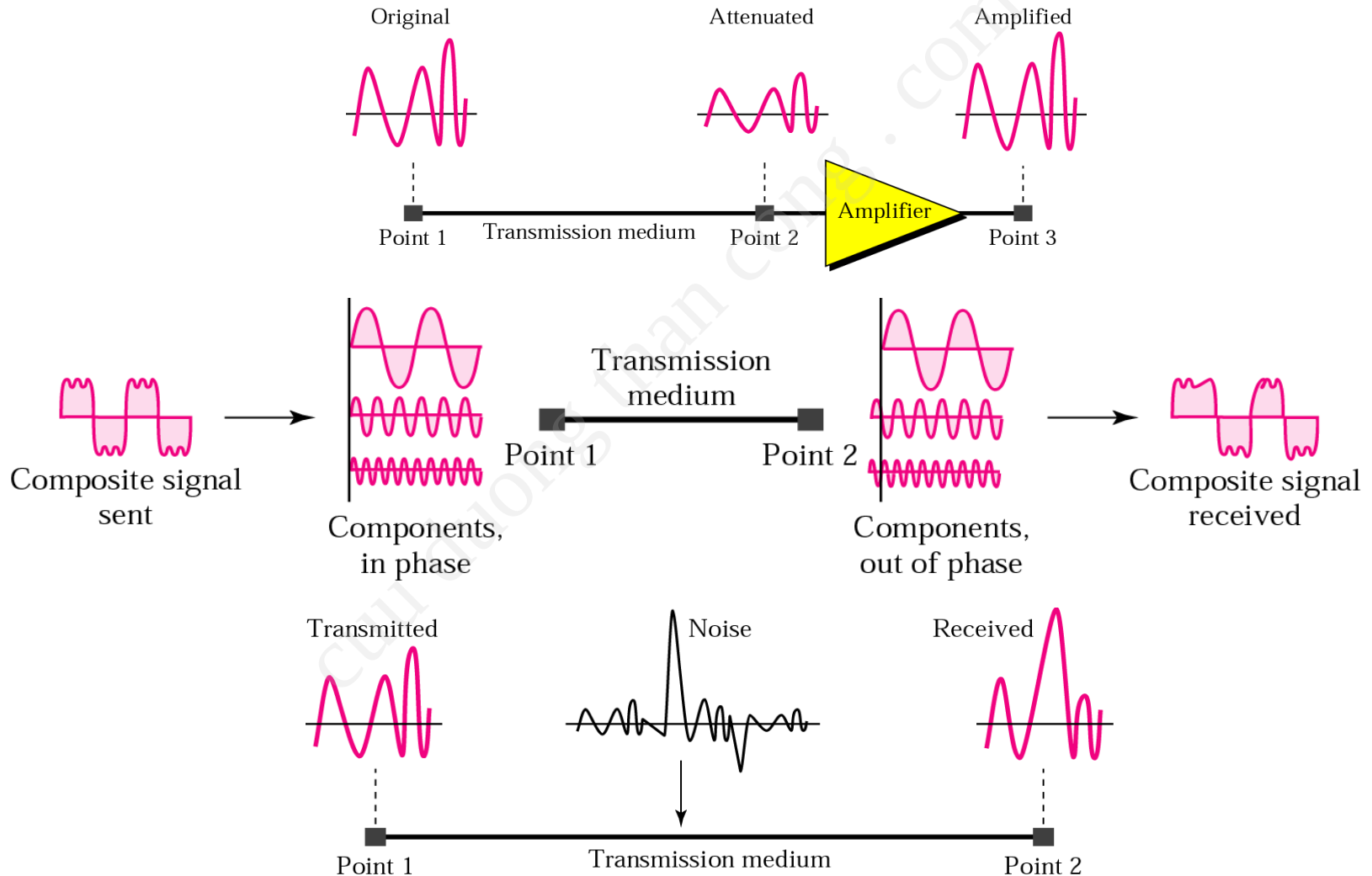
Hệ thống LTI ngược



$$h^{-1}(t) * h(t) = \delta(t)$$

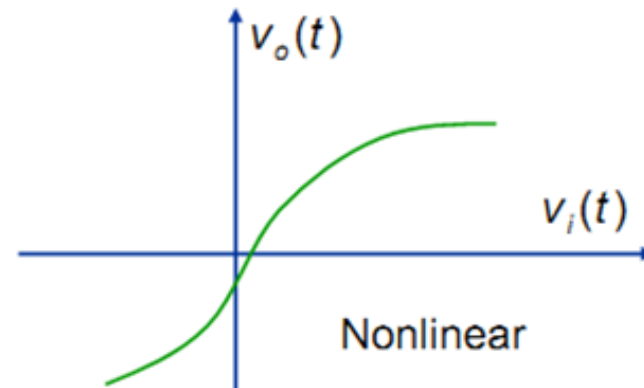
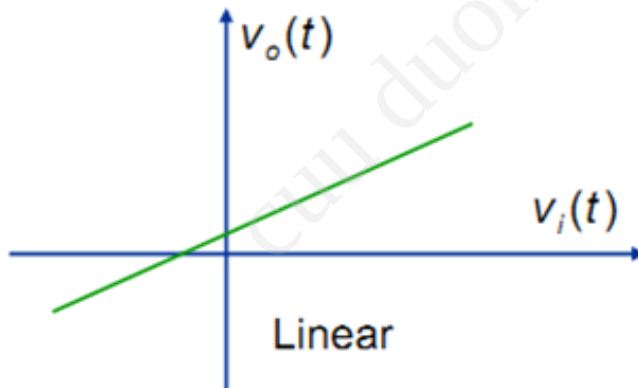
$$H^{-1}(f) \cdot H(f) = 1$$

Ảnh hưởng của kênh truyền



3.2 Méo dạng

- Không méo dạng: $y(t) = Kx(t - t_d) + \text{DC (mở rộng)}$
- Méo tuyến tính: do hệ thống tuyến tính (thường là kênh truyền) $\rightarrow$ xét hàm truyền (đáp ứng tần số)
- Méo phi tuyến: do hệ thống phi tuyến (thường là các thiết bị ở khối phát và thu) $\rightarrow$ xét đặc tính vào ra





Kênh truyền tuyến tính (điều kiện không méo dạng)

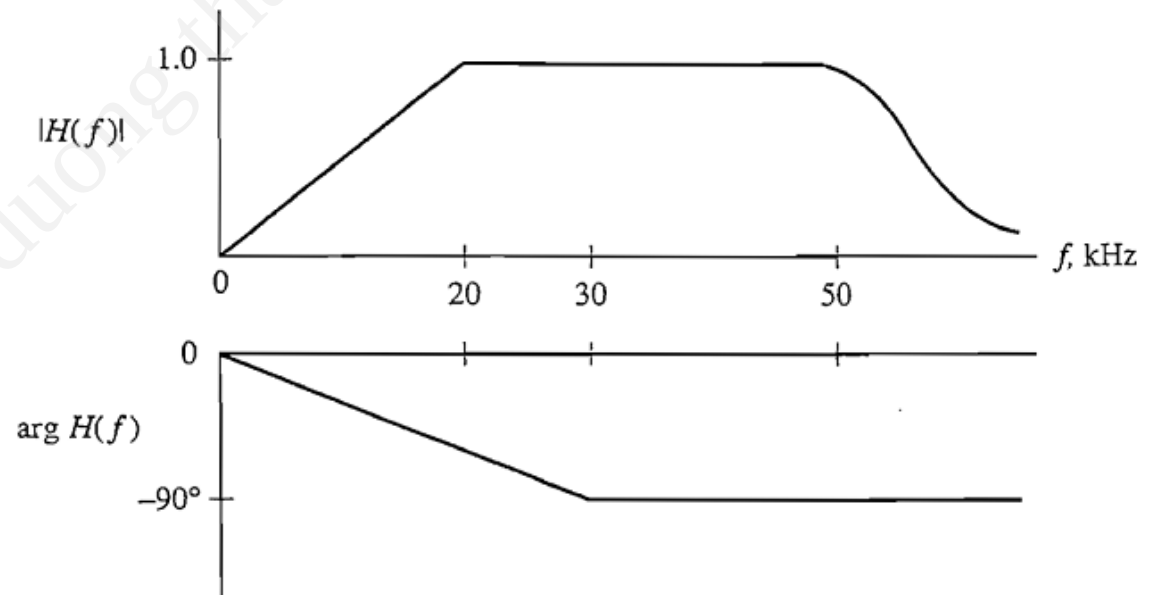
- Tín hiệu đơn tần: không méo dạng $y(t) = Kx(t - t_d)$
- Tín hiệu đa tần: $H(f) = Ke^{-j\omega t_d}$

$$|H(f)| = |K|$$

$$\arg H(f) = -2\pi t_d f \pm m180^\circ$$

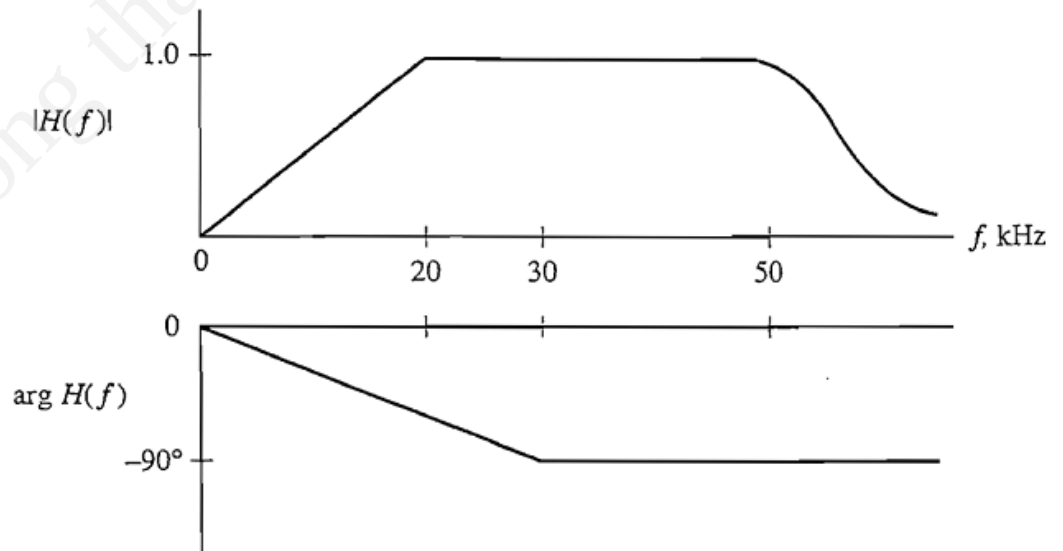
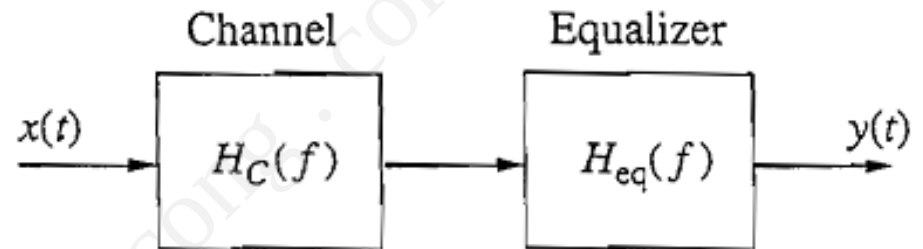
- Time delay

$$T_d(f) = -\frac{1}{2\pi f} \angle H(f)$$



Bộ cân bằng

- Chức năng
- Nguyên lý
- Vị trí
- Vẽ hàm truyền
- Viết biểu thức
- Thích nghi → ước lượng kênh





Méo phi tuyến

$$v_0 = K_0 + K_1 v_i + K_2 v_i^2 + \dots = \sum_{n=0}^{\infty} K_n v_i^n \quad K_n = \frac{1}{n!} \left(\frac{d^n v_0}{d v_i^n} \right) \bigg|_{v_i=0}$$

■ Méo hài:

$$v_i(t) = A_0 \sin \omega_0 t \quad v_{out}(t) = V_0 + V_1 \cos(\omega_0 t + \varphi_1) + V_2 \cos(2\omega_0 t + \varphi_2) + V_3 \cos(3\omega_0 t + \varphi_3) + \dots$$

■ Méo điều chế nội:

$$\text{THD}(\%) = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} V_n^2}}{V_1} \times 100$$

$$v_i(t) = A_1 \sin \omega_1 t + A_2 \sin \omega_2 t$$

$$\begin{aligned} K_2 (A_1 \sin \omega_1 t + A_2 \sin \omega_2 t)^2 &= K_2 (A_1^2 \sin^2 \omega_1 t + 2A_1 A_2 \sin \omega_1 t \sin \omega_2 t + A_2^2 \sin^2 \omega_2 t) \\ &= K_2 A_1^2 \sin^2 \omega_1 t + K_2 2A_1 A_2 \sin \omega_1 t \sin \omega_2 t + K_2 A_2^2 \sin^2 \omega_2 t \\ 2K_2 A_1 A_2 \sin \omega_1 t \sin \omega_2 t &= K_2 A_1 A_2 \{ \cos[(\omega_1 - \omega_2)t] - \cos[(\omega_1 + \omega_2)t] \} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}K_3 v_i^3 &= K_3 (A_1 \sin \omega_1 t + A_2 \sin \omega_2 t)^3 \\&= K_3 (A_1^3 \sin^3 \omega_1 t + 3A_1^2 A_2 \sin^2 \omega_1 t \sin \omega_2 t \\&\quad + 3A_1 A_2^2 \sin \omega_1 t \sin^2 \omega_2 t + A_2^3 \sin^3 \omega_2 t)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}3K_3 A_1^2 A_2 \sin^2 \omega_1 t \sin \omega_2 t &= \frac{3}{2} K_3 A_1^2 A_2 \sin \omega_2 t (1 - \cos 2\omega_1 t) \\&= \frac{3}{2} K_3 A_1^2 A_2 \left\{ \sin \omega_2 t - \frac{1}{2} [\sin(2\omega_1 + \omega_2)t - \sin(2\omega_1 - \omega_2)t] \right\}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}3K_3 A_1 A_2^2 \sin \omega_1 t \sin^2 \omega_2 t \\&= \frac{3}{2} K_3 A_1 A_2^2 \left\{ \sin \omega_1 t - \frac{1}{2} [\sin(2\omega_2 + \omega_1)t - \sin(2\omega_2 - \omega_1)t] \right\}\end{aligned}$$



3.3 Công suất

- Đơn vị công suất: W, mW, dBW, dBmW

$$P(\text{dBW}) = 10 \cdot \log_{10}(P[\text{W}])$$

$$P(\text{dBmW}) = 10 \cdot \log_{10}(P[\text{mW}])$$

Power P in Watts	Power P in milliwatts	Power in dBW	Power in dBm
100 watts	100,000 mW	20 dBW	50 dBm
10 W			
1 W			
0.1 W			
0.01 W			
0.001 W			
	2 mW		
	5 mW		
	7 mW		
	0.5 mW		
	0.2 mW		



Tính toán công suất

- Cộng (tổng) công suất: $P = P1 + P2$ (W, mW)
- Độ lợi công suất: $g = P_{out} / P_{in}$ (W, mW)
$$g_{dB} = 10 \cdot \log_{10}(g)$$
- Suy hao công suất: $L = P_{in} / P_{out}$ (W, mW)
$$L_{dB} = 10 \cdot \log_{10}(L)$$
- Quy ước: độ lợi > 1 (0 dB) và suy hao > 1 (0 dB)
 - Độ lợi 0.2 lần $\equiv$ Suy hao 5 lần
 - Suy hao 0.2 lần $\equiv$ Suy hao 5 lần
 - Suy hao -20 dB $\equiv$ Suy hao 20 dB



Tính toán độ lợi công suất

- $P_{out_W} = P_{in_W} \cdot g$
- $10.\log_{10}(P_{out_W}) = 10.\log_{10}(P_{in_W} \cdot g)$
 $= 10.\log_{10}(P_{in_W}) + 10.\log_{10}(g)$
 $\rightarrow P_{out_{dBW}} = P_{in_{dBW}} + g_{dB}$
- $P_{out_{mW}} = P_{in_{mW}} \cdot g$
- $10.\log_{10}(P_{out_{mW}}) = 10.\log_{10}(P_{in_{mW}} \cdot g)$
 $= 10.\log_{10}(P_{in_{mW}}) + 10.\log_{10}(g)$
 $\rightarrow P_{out_{dBmW}} = P_{in_{dBmW}} + g_{dB}$



Tính toán suy hao công suất

- $P_{out_W} = P_{in_W} / L$
- $10.\log_{10}(P_{out_W}) = 10.\log_{10}(P_{in_W} / L)$
 $= 10.\log_{10}(P_{in_W}) - 10.\log_{10}(L)$
 $\rightarrow P_{out_{dBW}} = P_{in_{dBW}} - L_{dB}$
- $P_{out_{mW}} = P_{in_{mW}} / L$
- $10.\log_{10}(P_{out_{mW}}) = 10.\log_{10}(P_{in_{mW}} / L)$
 $= 10.\log_{10}(P_{in_{mW}}) - 10.\log_{10}(L)$
 $\rightarrow P_{out_{dBmW}} = P_{in_{dBmW}} - L_{dB}$



Ví dụ 1

Số lần	1	$\approx 1,259$	2	3	10
dB	0	1	≈ 3	$\approx 4,77$	10

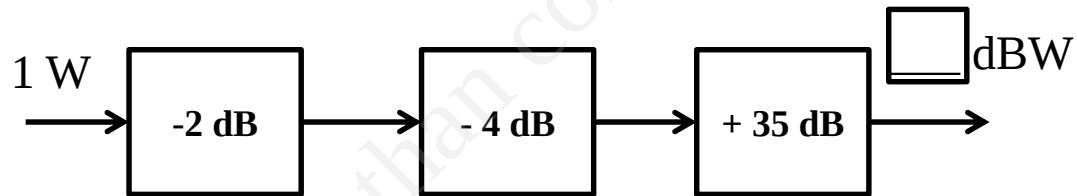
Lần	4	5	6	7	8	9	12	23	34	4@
dB										
dB	2	4	5	6	7	8	9	11	19	4@
Lần										

Ví dụ 2

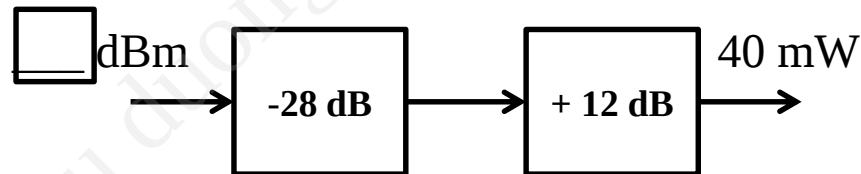
System
(1)



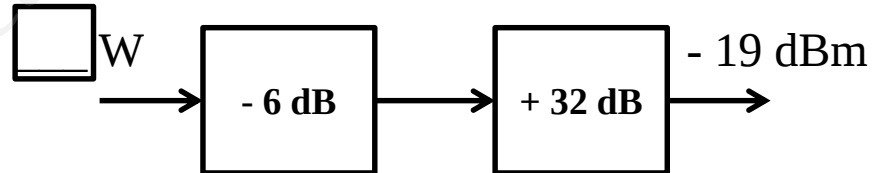
(2)



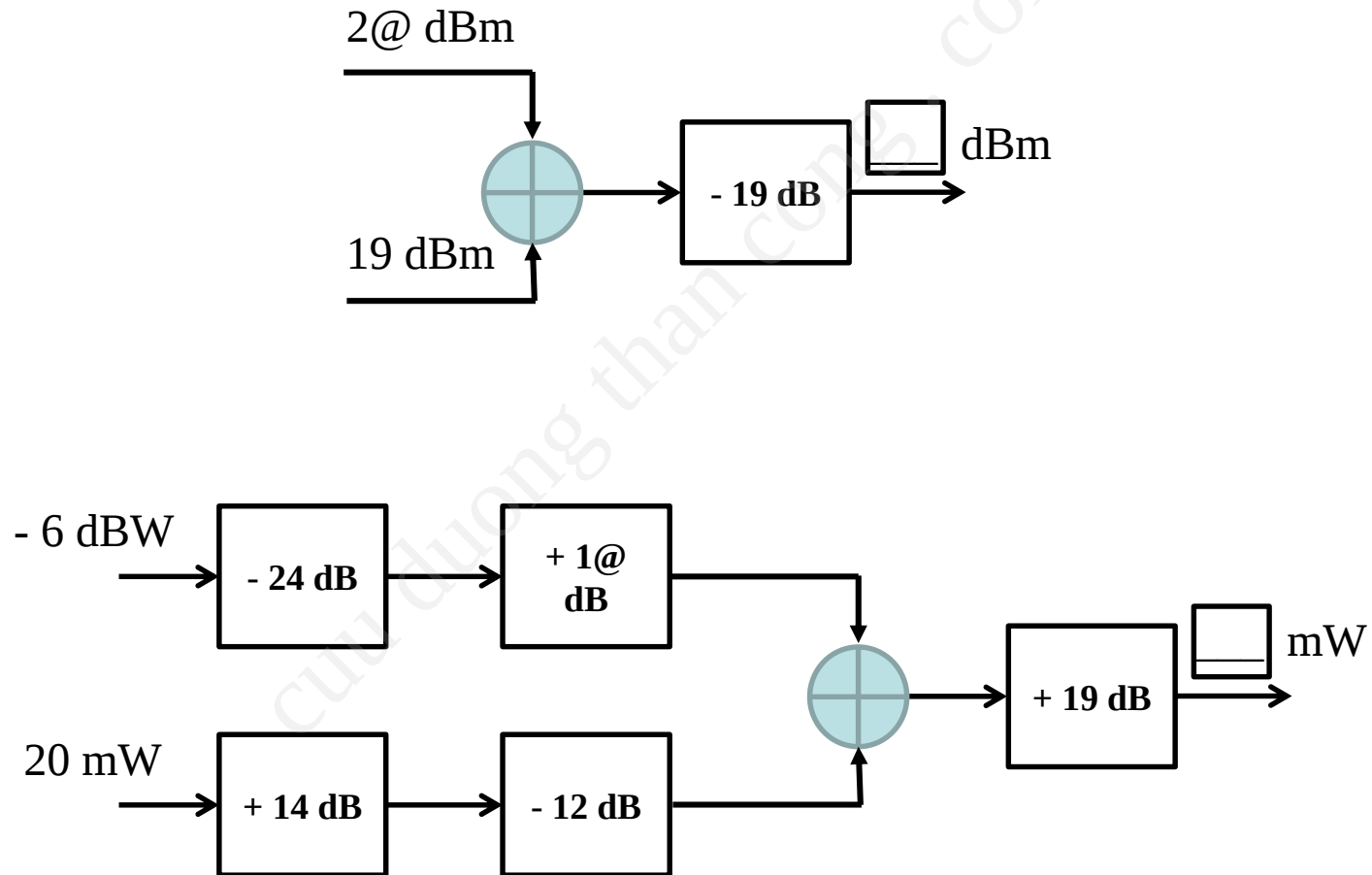
(3)



(4)



Ví dụ 3



Suy hao cáp truyền

$$L_{dB} = \alpha \ell$$

Transmission Medium	Frequency	Loss dB/km
Open-wire pair (0.3 cm diameter)	1 kHz	0.05
Twisted-wire pair (16 gauge)	10 kHz	2
	100 kHz	3
	300 kHz	6
Coaxial cable (1 cm diameter)	100 kHz	1
	1 MHz	2
	3 MHz	4
Coaxial cable (15 cm diameter)	100 MHz	1.5
Rectangular waveguide (5 × 2.5 cm)	10 GHz	5
Helical waveguide (5 cm diameter)	100 GHz	1.5
Fiber-optic cable	3.6×10^{14} Hz	2.5
	2.4×10^{14} Hz	0.5
	1.8×10^{14} Hz	0.2



Ví dụ 4

Cho cáp truyền có hệ số suy hao 3dB/km.

- 1) Cáp suy hao mấy lần khi truyền 1 km?
- 2) Cáp suy hao mấy lần khi truyền 2 km?
- 3) Cáp suy hao mấy lần khi truyền 3 km?
- 4) Cáp suy hao mấy lần khi truyền 10 km?
- 5) Cáp suy hao mấy lần khi truyền 11 km?
- 6) Để suy hao không quá 100 lần thì truyền được khoảng cách bao nhiêu?



Ví dụ 5

Cho 1 sợi cáp truyền có suy hao 100 lần. Nếu cắt đoạn cáp thành hai phần bằng nhau thì mỗi đoạn suy hao mấy lần, biết rằng:

- 1) Cáp có hệ số suy hao 3dB/km.
- 2) Cáp có hệ số suy hao 2dB/km.
- 3) Cáp có chiều dài ban đầu 3km.
- 4) Cáp có chiều dài ban đầu 2km.

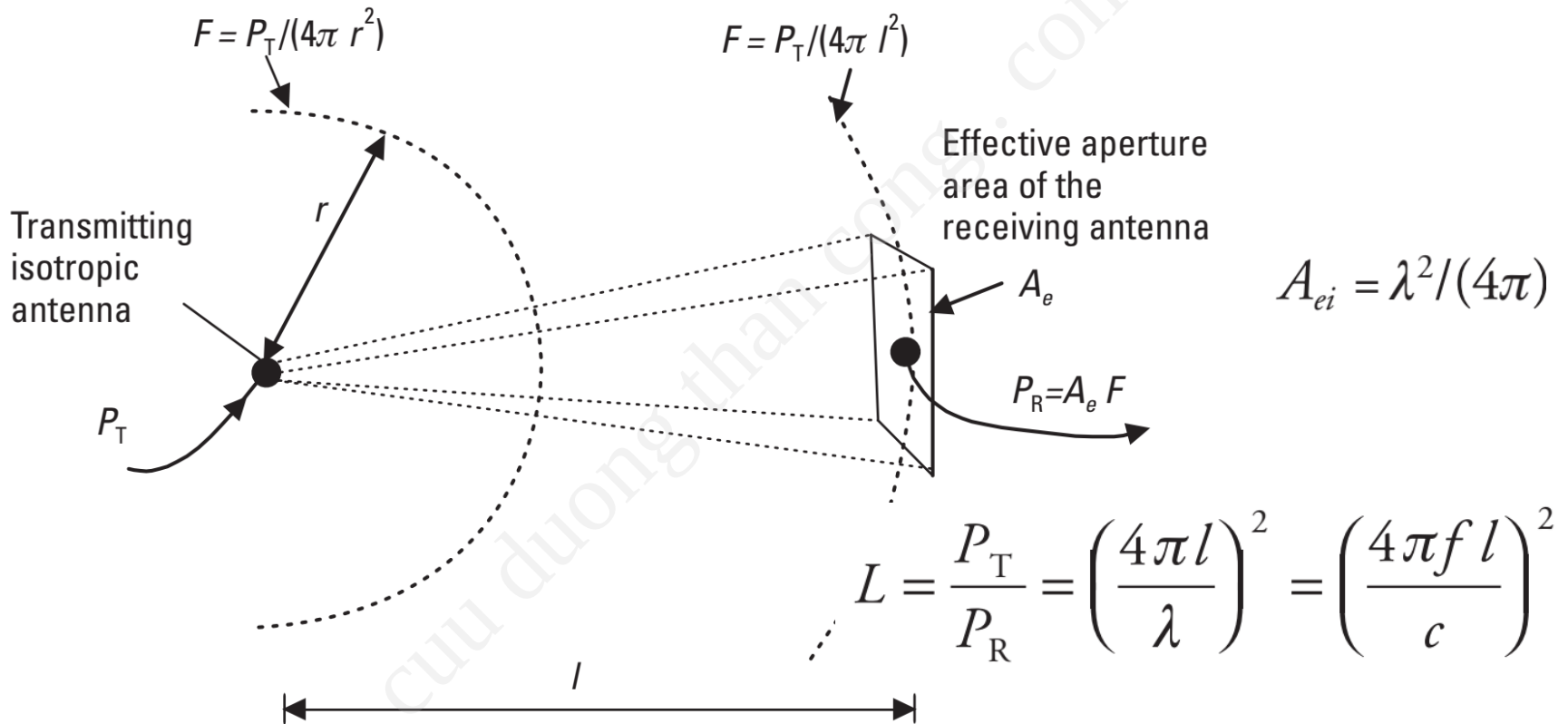


Ví dụ 6

Cho 1 sợi cáp truyền có suy hao 100 lần.

- 1) Nếu cắt đoạn cáp thành hai phần có chiều dài gấp đôi nhau thì mỗi đoạn suy hao mấy lần?
- 2) Muốn cắt đoạn cáp thành hai phần có suy hao (theo số lần) gấp đôi nhau thì phải cắt như thế nào?
- 3) Muốn cắt đoạn cáp thành hai phần có suy hao (theo dB) gấp đôi nhau thì phải cắt như thế nào?

Suy hao trong không gian tự do

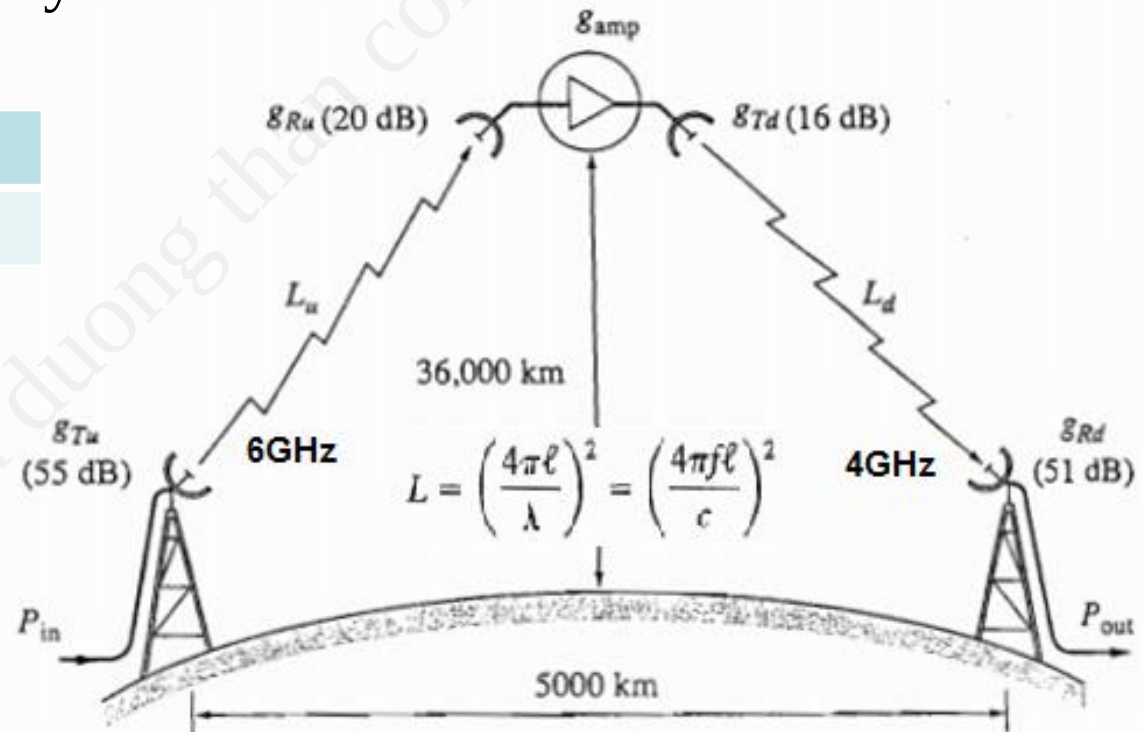


$$L_{dB} = 92.4 + 20 \log_{10} f_{\text{GHz}} + 20 \log_{10} l_{\text{km}} \text{ dB}$$

Ví dụ 7

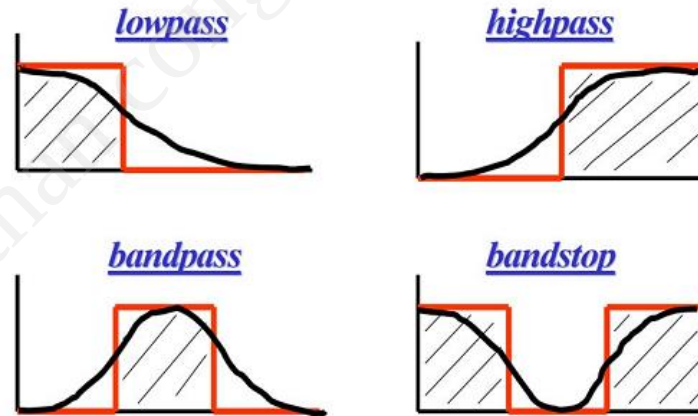
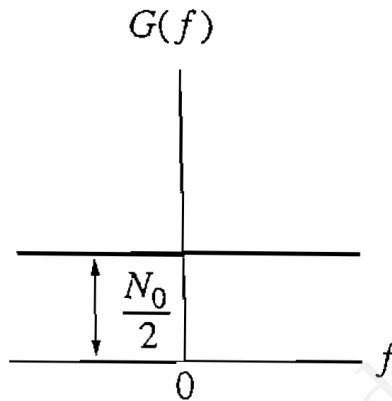
- Tìm công suất P_{out} theo mW khi $P_{in} = 3 @ \text{ dBW}$, biết bộ xử lý trên vệ tinh có ngõ ra $1 @ \text{ dBW}$? Tìm độ lợi công suất g_{amp} theo dB của bộ xử lý?

$L_u \text{ (dB)}$	$L_d \text{ (dB)}$



Tính công suất nhiễu

- Với hệ thống bất kì: $P_n = S_n = \int |H(f)|^2 \cdot G(f) df$

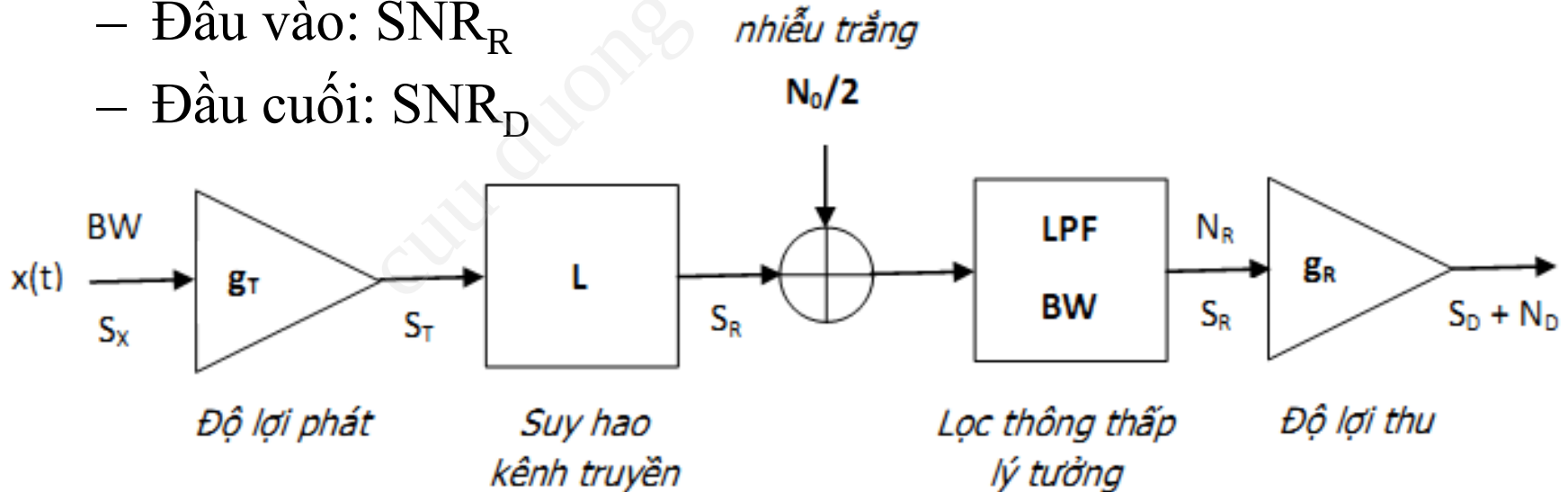


- Với bộ lọc lý tưởng băng thông BW:

$$P_n = S_n = \int 1^2 \cdot \frac{N_0}{2} df = \frac{N_0}{2} 2BW = N_0 BW$$

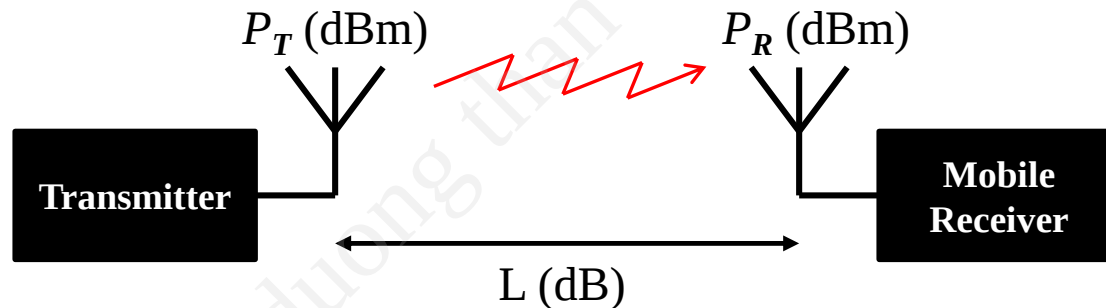
3.4 Truyền tương tự băng gốc

- Xác định các thành phần cơ bản của HTVT
- Vai trò bộ lọc thu, loại bộ lọc và băng thông
- Tính công suất: tín hiệu và nhiễu
- Đánh giá chất lượng: SNR , SNR_{dB} tại bộ thu
 - Đầu vào: SNR_R
 - Đầu cuối: SNR_D



Ví dụ 8

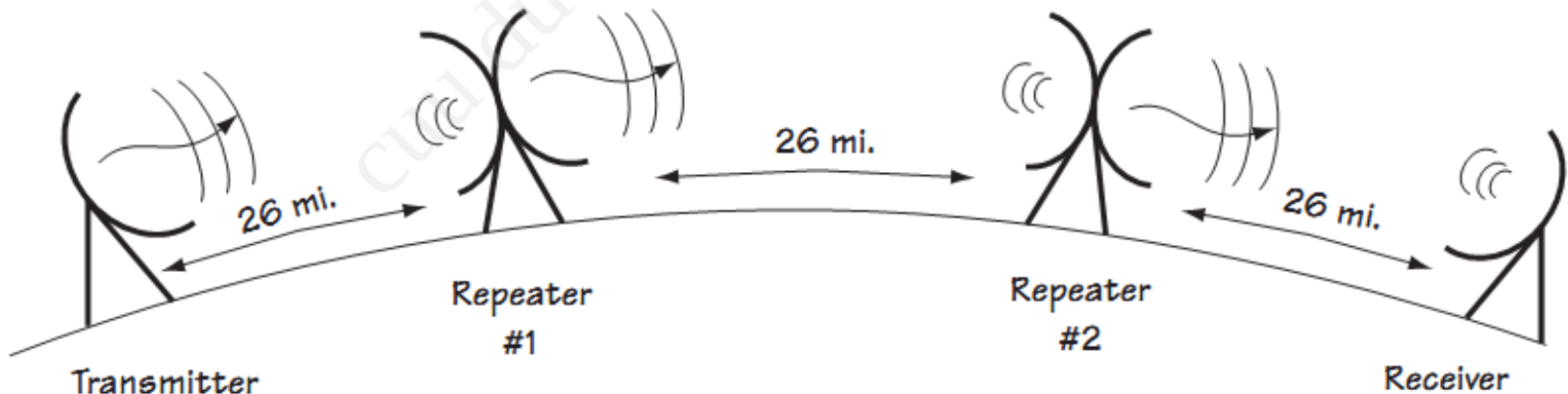
- Parameter L is the transmission loss of the channel. The channel is also a source of noise. We are given the following parameters of the system: (i) The average noise level at the receiver is -119.5 dBm, and (ii) We must maintain a signal-to-noise (SNR) ratio at the receiver to properly operate.



- 1) Calculate the average signal strength in dBm at the receiving antenna so that a 30 dB signal-to-noise (SNR) ratio is achieved.
- 2) If the propagation loss L is 100 dB, what is the minimum transmitter power needed to still maintain the 30 dB SNR ratio?

Bộ lặp lại

- Phân loại và chức năng:
 - Không tái tạo (non-regenerative): khuếch đại và truyền lại tín hiệu (**cả nhiễu**) với công suất lớn hơn.
 - Có tái tạo (regenerative): thu tín hiệu, loại bỏ nhiễu tối đa và truyền lại tín hiệu với công suất lớn hơn.
- Lý do sử dụng bộ lặp lại?





Bộ lặp lại không tái tạo

- Cấu tạo: gồm bộ lọc thu và bộ độ lợi công suất với hệ số g cho trước.
- Trong trường hợp không cho hệ số g thì mặc định g_{repeater} bù trừ suy hao trước đó.



Ví dụ 9

Cho 1 tuyến cáp dài 30km có hệ số suy hao 3dB/km. Tính suy hao toàn tuyến theo dB và số lần trong các trường hợp sau:

- 1) Không dùng bộ lặp lại.
- 2) Dùng 1 bộ lặp lại đặt ở đầu cuối cáp truyền. Tính độ lợi công suất của bộ lặp lại.
- 3) Dùng 1 bộ lặp lại đặt ở chính giữa cáp truyền. Tính độ lợi công suất của bộ lặp lại.
- 4) Dùng 2 bộ lặp lại đặt cách đều nhau giữa cáp truyền. Tính độ lợi công suất của mỗi bộ lặp lại.
- 5) Làm lại câu 4) với 3-4-5 (N) bộ lặp lại đặt cách đều nhau giữa cáp truyền. Nhận xét.

Câu hỏi: bao nhiêu bộ lặp lại là tối ưu?

Nhiều

Ví dụ 10

- Giả sử đường truyền chia thành m khoảng dài bằng nhau, mỗi khoảng suy hao công suất L_1 , và bộ lặp lại có độ lợi công suất L_1 trong môi trường nhiễu AWGN với mật độ phổ công suất $\eta/2 \rightarrow$ dùng $m - 1$ bộ lặp lại

$$\left(\frac{S}{N}\right)_D \approx \frac{1}{m} \left(\frac{S_T}{L_1 \eta W}\right) = \frac{L}{m L_1} \left(\frac{S_T}{L \eta W}\right)$$

- Độ cải thiện SNR có phụ thuộc công suất phát, mật độ phổ công suất nhiễu, băng thông bộ thu và luôn tăng theo số bộ lặp lại?

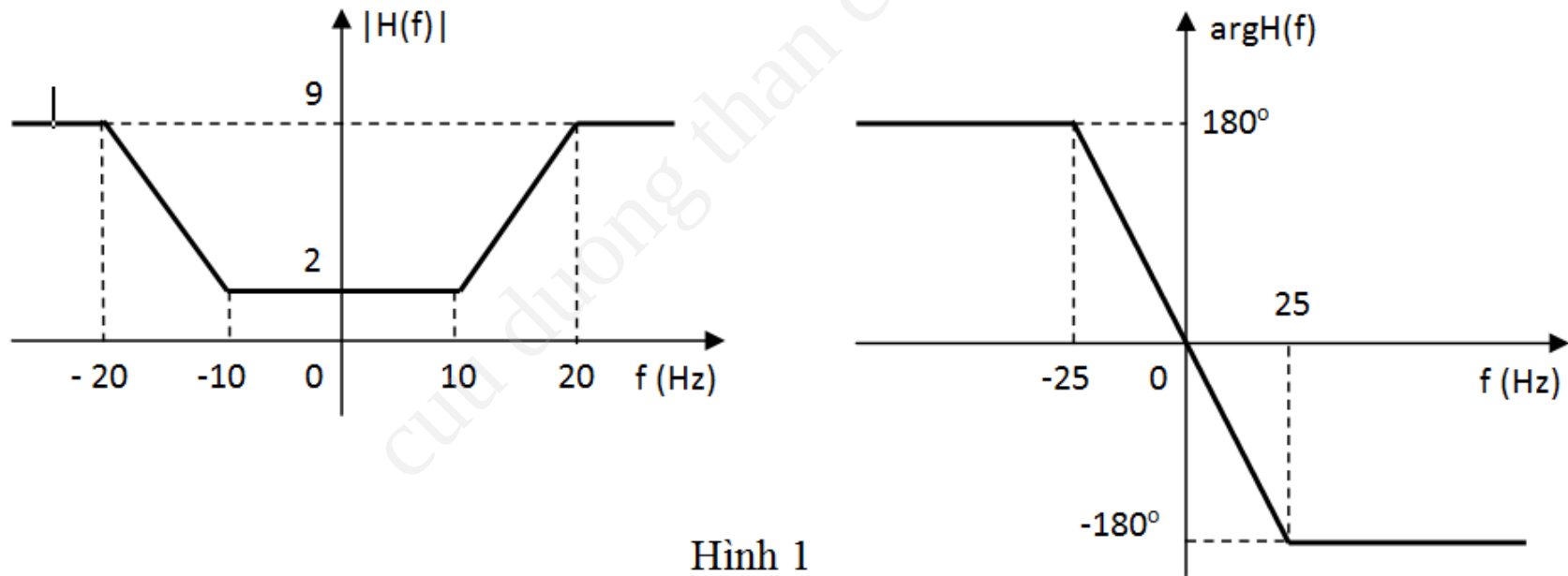


Tóm tắt

- Xác định tín hiệu ngõ ra của hệ thống LTI?
- Đặc tính của kênh truyền tuyến tính không méo?
- Xác định hàm truyền bộ cân bằng?
- Độ lợi và suy hao công suất theo dB?
- Tính toán suy hao công suất với kênh truyền có dây và không dây?
- Vai trò và đặc tính của bộ lọc thu?
- Vai trò và đặc tính của bộ lặp lại?
- Tính toán công suất nhiễu AWGN?
- Hệ thống truyền tương tự băng gốc?

Bài tập 1

Cho hệ thống tuyến tính bất biến có hàm truyền $H(f)$ như Hình 1.



Hình 1



Bài tập 1 (tt)

- a) Tính công suất của tín hiệu ngõ ra $y(t)$ khi tín hiệu ngõ vào $x(t) = 1\cos 20\pi t - 30\sin 40\pi t$ (t:s).
- b) Xác định biểu thức đầy đủ của tín hiệu ngõ vào $x(t)$ để tín hiệu ngõ ra $y(t) = 20\cos 3\pi t$ (t:s).
- c) Tìm điều kiện của tín hiệu ngõ vào $x(t)$ để tín hiệu ngõ ra $y(t)$ của hệ thống trên không méo dạng, nghĩa là $y(t) = Kx(t - t_d)$. Xác định giá trị của K và t_d trong trường hợp này.
- d) Xác định giá trị của tín hiệu ngõ vào $x(t = 20\text{ms})$ để tín hiệu ngõ ra $y(t) = 4\sin^3 t$ (t:s).
- e) Vẽ đáp ứng biên độ và pha của bộ cân bằng.



Bài tập 2

Cho tín hiệu băng gốc có tần số lớn nhất 5KHz và công suất 1@mW được truyền trực tiếp qua dây cáp có chiều dài 10km và hệ số suy hao công suất 2dB/km (tuyến tính theo dB).

- Tính công suất tín hiệu tại đầu cuối cáp truyền theo dBW trong trường hợp có sử dụng 1 bộ khuếch đại công suất có độ lợi 20dB và đặt cách đầu vào cáp truyền 2km.
- Làm lại câu a) trong trường hợp bộ khuếch đại công suất đặt cách đầu cuối cáp truyền 2km.
- Làm lại câu a) trong trường hợp bộ khuếch đại công suất đặt ngay chính giữa cáp truyền.

Bài tập 2 (tt)

- d) Tính tỉ số công suất tín hiệu trên nhiễu tại đầu cuối máy thu $(S/N)_D$ theo dB trong trường hợp mật độ phổ công suất nhiễu AWGN $G_n(f) = N_0/2 = \eta/2 = 10^{-11} \text{W/Hz}$ và bộ lọc thu lý tưởng.
- e) Làm lại câu d) trong trường hợp sử dụng thêm 1 bộ lặp lại đặt ngay chính giữa cáp truyền (có cùng độ lợi bù trừ suy hao trước đó) và cũng bị ảnh hưởng bởi nhiễu AWGN.
- f) Làm lại câu d) trong trường hợp sử dụng thêm 2 bộ lặp lại đặt cách đều nhau trên cáp truyền (có cùng độ lợi bù trừ suy hao trước đó) và cũng bị ảnh hưởng bởi nhiễu AWGN.

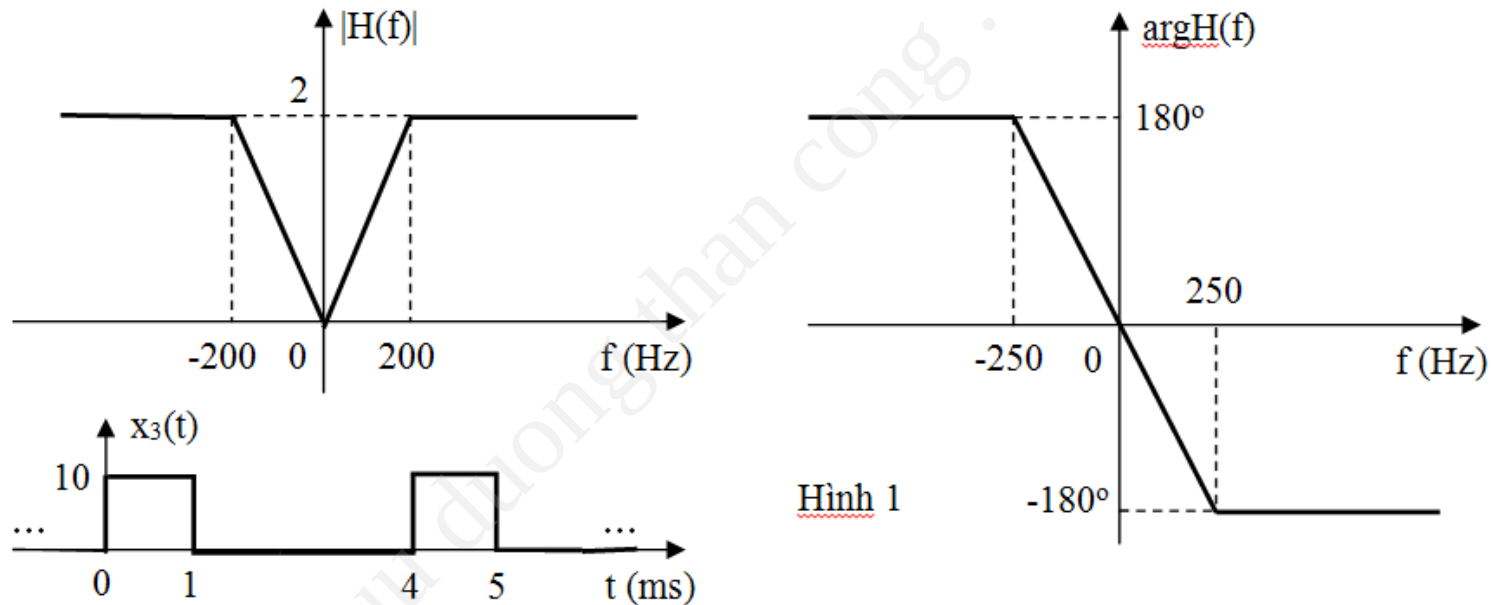


Bài tập 2 (tt)

- g) Tính số bộ lặp lại tối ưu để tỉ số công suất tín hiệu trên nhiễu tại đầu cuối máy thu $(S/N)_D$ là lớn nhất; biết rằng các bộ lặp lại (có cùng độ lợi bù trừ suy hao từng chặng) cách đều nhau trên đường truyền và nhiễu AWGN ảnh hưởng như nhau với mỗi bộ lặp lại.
- h) Làm lại câu g) khi công suất phát tăng gấp đôi.
- i) Làm lại câu g) khi băng thông tín hiệu tăng gấp đôi.
- j) Làm lại câu g) khi chiều dài cáp truyền tăng gấp đôi.

Bài tập 3

Cho hệ thống tuyến tính bất biến có hàm truyền $H(f)$ như Hình 1.



Hình 1

Gợi ý: hệ số khai triển chuỗi Fourier phức của chuỗi xung chữ nhật đơn vị (độ rộng τ) tuần hoàn (chu kỳ T_0) có dạng: $c_n = (\tau / T_0) \text{sinc}(nf_0\tau)$, trong đó $\text{sinc}(x) = \sin(\pi x) / (\pi x)$.

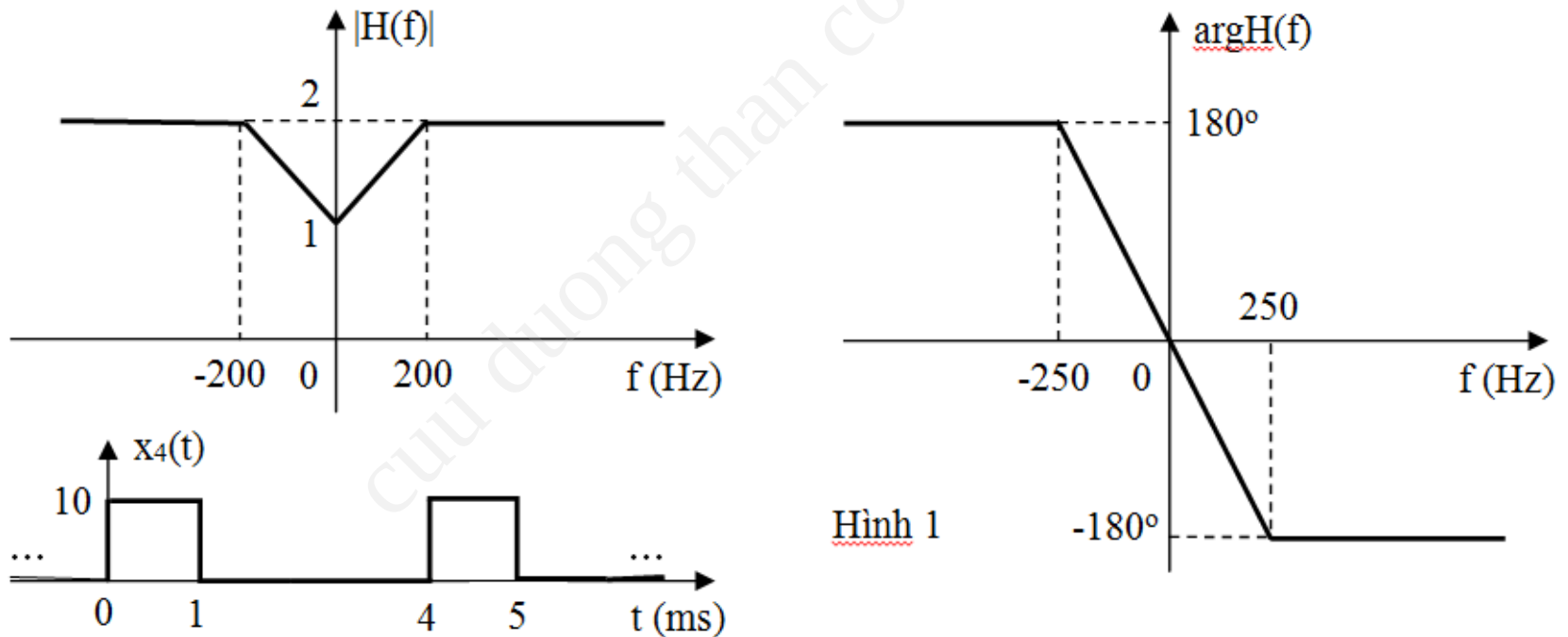


Bài tập 3 (tt)

- a) Tìm 1 biểu thức tín hiệu ngõ vào $x_1(t)$ khi tín hiệu ngõ ra có dạng $y_1(t) = 1 \cos 10\pi t$ (t:s).
- b) Vẽ dạng sóng của tín hiệu ngõ ra $y_2(t)$ khi tín hiệu ngõ vào $x_2(t) = \sin^2 20\pi t$ (t:s).
- c) Tính công suất của tín hiệu ngõ ra $y_3(t)$ khi tín hiệu ngõ vào $x_3(t)$ là chuỗi xung chữ nhật tuần hoàn có dạng sóng minh họa như Hình 1.
- d) Tìm điều kiện của tín hiệu ngõ vào để tín hiệu ngõ ra không méo dạng, nghĩa là $y(t) = Kx(t-t_d)$. Xác định giá trị của K và t_d .
- e) Viết biểu thức hàm truyền của bộ cân bằng trong phạm vi tần số $[3 \div 300]$ Hz.

Bài tập 4

- Cho hệ thống tuyến tính bất biến có hàm truyền $H(f)$ như Hình 1.



Hình 1

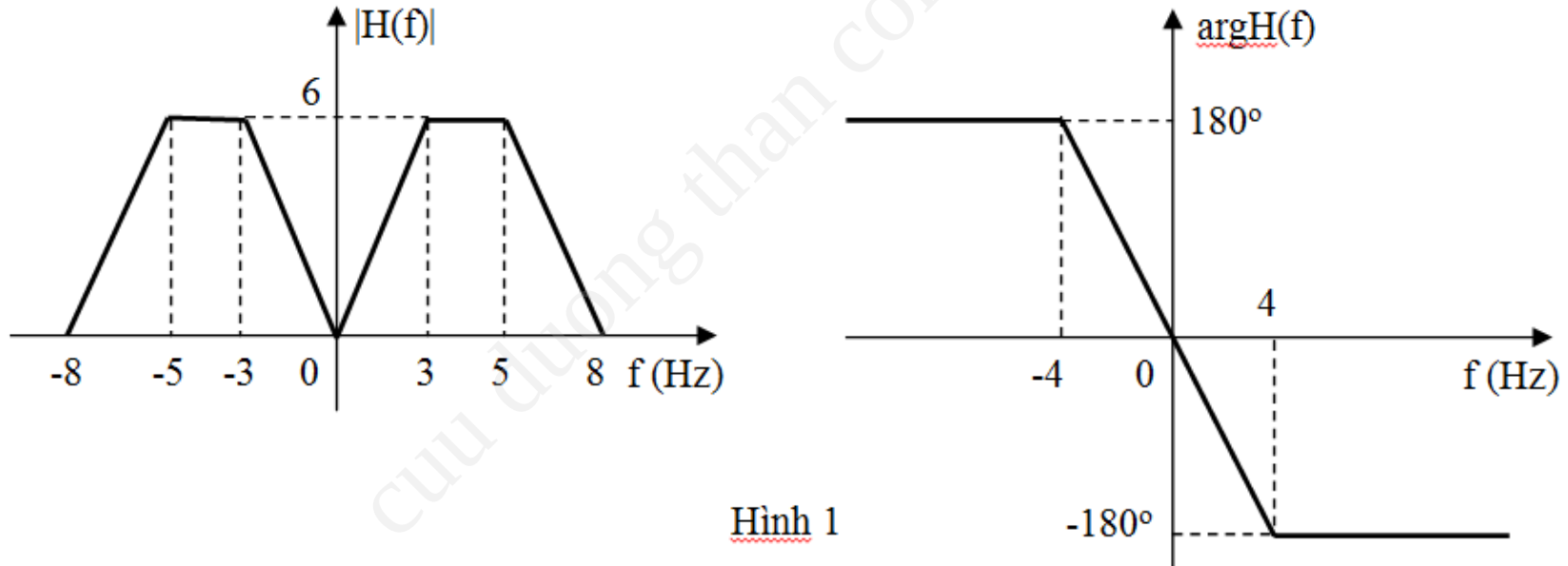


Bài tập 4 (tt)

- a) Tìm biểu thức tín hiệu ngõ vào $x_1(t)$ khi tín hiệu ngõ ra có dạng $y_1(t) = 1 @ \sin 100\pi t$ (t:s).
- b) Vẽ dạng sóng của tín hiệu ngõ ra $y_2(t)$ khi tín hiệu ngõ vào $x_2(t) = 10 \sin^2 1 @ 0\pi t$ (t:s).
- c) Tính giá trị của tín hiệu ngõ ra $y_3(t = 2\text{ms})$ khi tín hiệu ngõ vào $x_3(t) = 20 \sin 400\pi t - 1 @ \cos 500\pi t$ (t:s).
- d) Tính công suất của tín hiệu ngõ ra $y_4(t)$ khi tín hiệu ngõ vào $x_4(t)$ là chuỗi xung chữ nhật tuần hoàn có dạng sóng minh họa như Hình 1.
- e) Vẽ đáp ứng biên độ và pha của bộ cân bằng.

Bài tập 5

Cho các tín hiệu tương tự $x_1(t) = 1 \cos^2 2\pi t$ (t: s) và $x_2(t) = 6 \sin 6\pi t + 1 \cos 7\pi t + 8 \sin 8\pi t$ (t:s) lần lượt đi qua hệ thống tuyến tính bất biến có hàm truyền $H(f)$ như Hình 1.



Hình 1

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



Bài tập 6

- Cho hệ thống truyền cáp với tổng suy hao $L = 2@0dB$ có 10 khoảng lặp lại chiều dài bằng nhau (dùng 9 bộ lặp lại giống nhau) và tỉ số tín hiệu trên nhiễu tại đầu cuối $(S/N)_D = 50dB$.
 - a) Xác định tỉ số tín hiệu trên nhiễu tại đầu cuối $(S/N)_D$ theo dB khi không dùng bộ lặp lại.
 - b) Xác định tỉ số tín hiệu trên nhiễu tại đầu cuối $(S/N)_D$ theo dB khi dùng 99 bộ lặp lại.
 - c) Xác định số bộ lặp lại tối thiểu để đảm bảo tỉ số tín hiệu trên nhiễu tại đầu cuối $(S/N)_D \geq 30dB$.
 - d) Xác định số bộ lặp lại tối ưu để tỉ số tín hiệu trên nhiễu tại đầu cuối $(S/N)_D$ lớn nhất có thể.



Bài tập 7

- Cho bộ tạo tín hiệu xung vuông biên độ ± 1 V với tải 1Ω và tần số cơ bản f_1 có thể điều chỉnh từ 1 kHz đến 50 MHz.
- Cho bộ lọc thông dải lý tưởng với tần số trung tâm 175 MHz và băng thông 30 MHz (± 15 MHz).
 - a) Lựa chọn tần số f_1 để khi ghép nối tiếp bộ tạo tín hiệu với bộ lọc ở trên thì tạo ra tín hiệu đơn tần 180 MHz.
 - b) Tính biên độ của tín hiệu đơn tần tạo ra.



Bài tập 8

$$y(t) = ax(t) + bx^2(t)$$

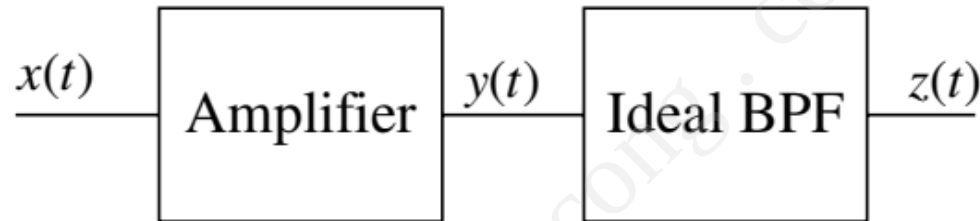
1) Tìm $y(t)$ và $Y(f)$ trong các trường hợp sau

a) $x(t) = A \cos(2\pi f_m t)$

b) $X(f) = \begin{cases} A & |f - f_c| \leq f_m \\ 0 & \text{elsewhere} \end{cases}$

2) Cần gắn thêm thành phần nối tiếp nào với hệ thống phi tuyến bậc hai trên để tạo thành hệ thống nhân đôi tần số?

Bài tập 9



$$x(t) = b_1 \cos(200000\pi t) + b_2 \cos(202000\pi t)$$

$$y(t) = a_1 x(t) + a_3 x^3(t)$$

- Xác định tín hiệu ngõ ra bộ lọc thông dải lý tưởng có tần số trung tâm 100 kHz và băng thông 10 kHz.

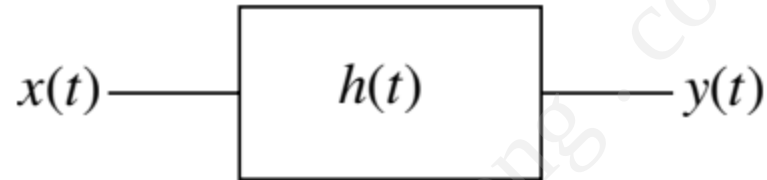


Bài tập 10

$$\begin{aligned}x(t) &= \cos(2\pi f_1 t) + a \sin(2\pi f_1 t) \\ &= X_A(a) \cos(2\pi f_1 t + X_p(a))\end{aligned}$$

- 1) Tìm $X_A(a)$
- 2) Tìm $X_p(a)$
- 3) Tìm công suất của tín hiệu $x(t)$
- 4) Tín hiệu $x(t)$ có tuần hoàn không? Nếu có, tìm chu kì tuần hoàn và khai triển Fourier.

Bài tập 11

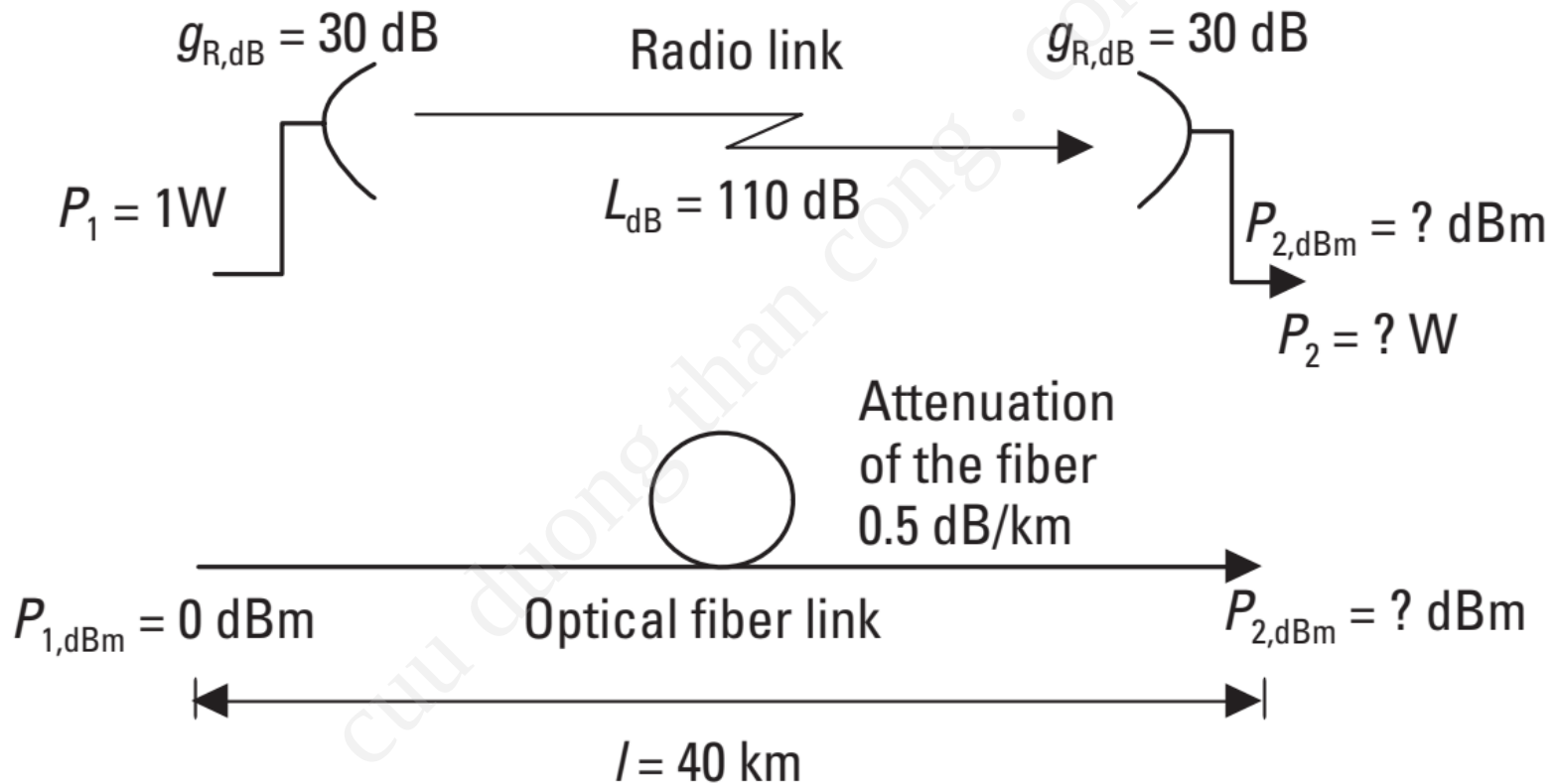


$$x(t) = A + \cos(2\pi f_1 t)$$

$$h(t) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{T_p}} & 0 \leq t \leq T_p \\ 0 & \text{elsewhere} \end{cases}$$

- Tìm tín hiệu ngõ ra $y(t)$.

Bài tập 12



- Tính công suất?

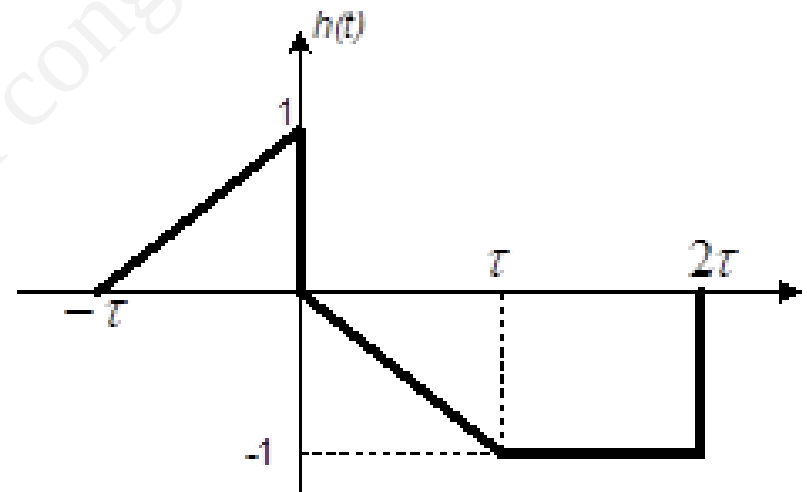


Bài tập 13

$$x(t) = 2 \cos(2\pi f_0 t) \cos(6\pi f_0 t)$$

- Cho hệ thống LTI có đáp ứng xung $h(t)$ và tín hiệu ngõ vào $x(t)$ như biểu thức và hình vẽ.

- 1) Xác định các hằng số a, b .
- 2) Xác định đáp ứng biên độ tần số của hệ thống.
- 3) Tính các công suất tín hiệu ngõ vào và tín hiệu ngõ ra.
- 4) Xác định và vẽ các hàm tự tương quan của tín hiệu ngõ vào và tín hiệu ngõ ra, biết rằng hàm tự tương quan và phổ biên độ bình phương là cặp biến đổi Fourier.



$$\Pi\left(\frac{t}{\tau}\right) = \begin{cases} 1 & , |t| \leq \frac{\tau}{2} \\ 0 & , \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\Lambda\left(\frac{t}{\tau}\right) = \begin{cases} 1 - \frac{|t|}{\tau} & , |t| \leq \tau \\ 0 & , \text{otherwise} \end{cases}$$



Bài tập 14

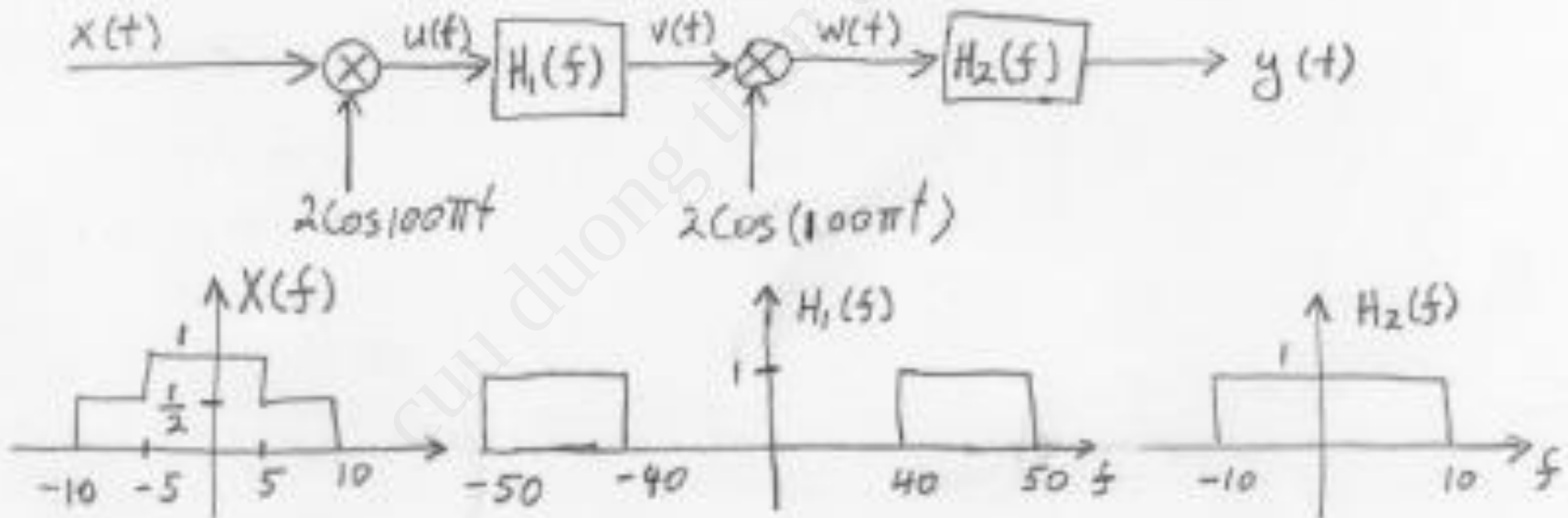
- Cho hệ thống phi tuyến $y(t) = x(t) + 0.01x^2(t)$ và tín hiệu ngõ vào có phổ

$$X(f) = 2\Pi\left(\frac{f-30}{10}\right) + 2\Pi\left(\frac{f+30}{10}\right)$$

- 1) Vẽ các phổ biên độ của tín hiệu ngõ vào và ngõ ra.
- 2) Tính các năng lượng của tín hiệu ngõ vào và ngõ ra.
- 3) Xác định và vẽ các hàm tự tương quan của tín hiệu ngõ vào và tín hiệu ngõ ra, biết rằng hàm tự tương quan và phổ biên độ bình phương là cặp biến đổi Fourier.

Bài tập 15

Consider the system shown below. The Fourier transform of the input signal $x(t)$ is given as below



Bài tập 15 (tt)

- a) Calculate the energy of the input signal $x(t)$
- b) Find and draw the spectrum of $V(f)$.
- c) Find and draw the spectrum of $W(f)$.
- d) Find and draw the spectrum of $Y(f)$
- e) Calculate the energies of $v(t)$ and $y(t)$.

Remember:
$$F[w(t) \cos 2\pi f_c t] = \frac{1}{2} W(f - f_c) + \frac{1}{2} W(f + f_c)$$

Bài tập 16

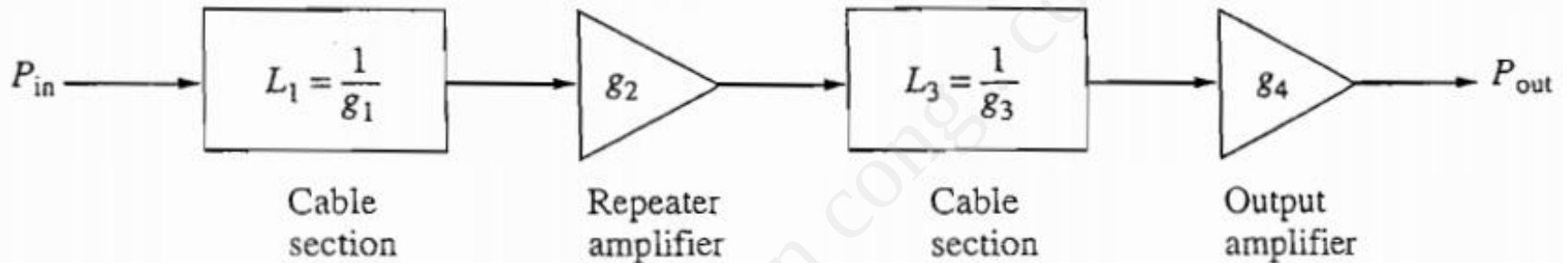


Figure 3.3–2 Cable transmission system with a repeater amplifier.

3.3–1* Let the repeater system in Fig. 3.3–2 have $P_{in} = 0.5 \text{ W}$, $\alpha = 2 \text{ dB/km}$, and a total path length of 50 km. Find the amplifier gains and the location of the repeater so that $P_{out} = 50 \text{ mW}$ and the signal power at the input to each amplifier equals $20 \mu\text{W}$.

3.3–2 Do Prob. 3.3–1 with $P_{in} = 100 \text{ mW}$ and $P_{out} = 0.1 \text{ W}$.



Bài tập 17

- 3.3–3** A 400 km repeater system consists of m identical cable sections with $\alpha = 0.4$ dB/km and m identical amplifiers with 30 dB maximum gain. Find the required number of sections and the gain per amplifier so that $P_{\text{out}} = 50$ mW when $P_{\text{in}} = 2$ W.
- 3.3–4** A 3000 km repeater system consists of m identical fiber-optic cable sections with $\alpha = 0.5$ dB/km and m identical amplifiers. Find the required number of sections and the gain per amplifier so that $P_{\text{out}} = P_{\text{in}} = 5$ mW and the input power to each amplifier is at least $67 \mu\text{W}$.
- 3.3–5** Do Prob. 3.3–4 with $\alpha = 2.5$ dB/km.

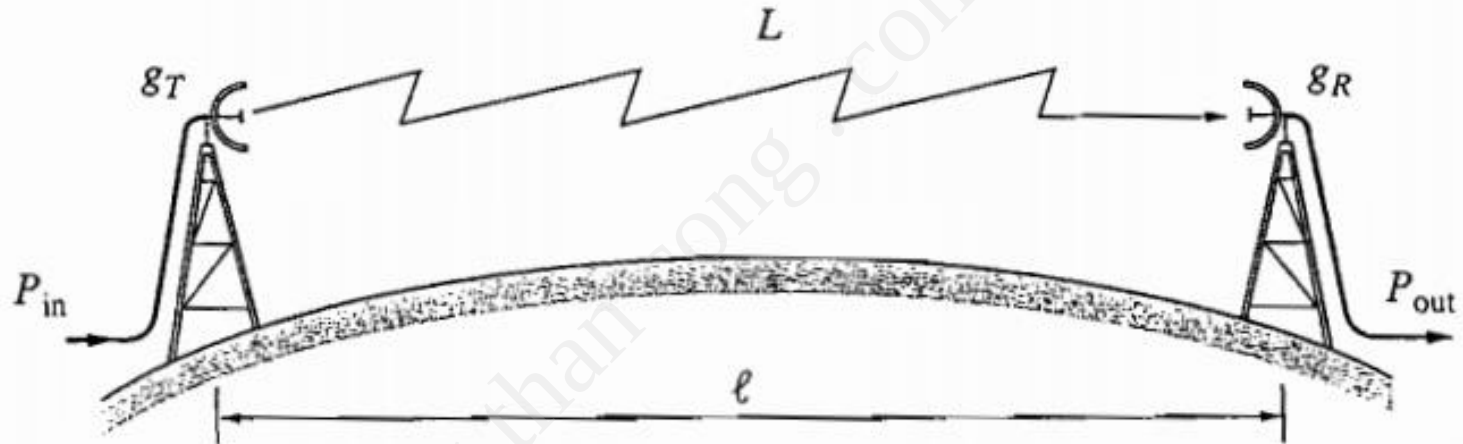


Figure 3.3–4 Line-of-sight radio transmission.

- Giả sử tần số hoạt động là 1GHz.

3.3–8 The radio link in Fig. 3.3–4 is used to transmit a metropolitan TV signal to a rural cable company 50 km away. Suppose a radio repeater with a total gain of g_{rpt} (including antennas and amplifier) is inserted in the middle of the path. Obtain the condition on the value of g_{rpt} so that P_{out} is increased by 20 percent.

Bài tập 19

3.4-1 Signals $g_1(t) = 10^4 \text{rect}(10^4 t)$ and $g_2(t) = \delta(t)$ are applied at the inputs of the ideal low-pass filters $H_1(\omega) = \text{rect}(\omega/40,000\pi)$ and $H_2(\omega) = \text{rect}(\omega/20,000\pi)$ (Fig. P3.4-1). The outputs $y_1(t)$ and $y_2(t)$ of these filters are multiplied to obtain the signal $y(t) = y_1(t)y_2(t)$.

- (a) Sketch $G_1(\omega)$ and $G_2(\omega)$.
- (b) Sketch $H_1(\omega)$ and $H_2(\omega)$.
- (c) Sketch $Y_1(\omega)$ and $Y_2(\omega)$.
- (d) Find the bandwidths of $y_1(t)$, $y_2(t)$, and $y(t)$.

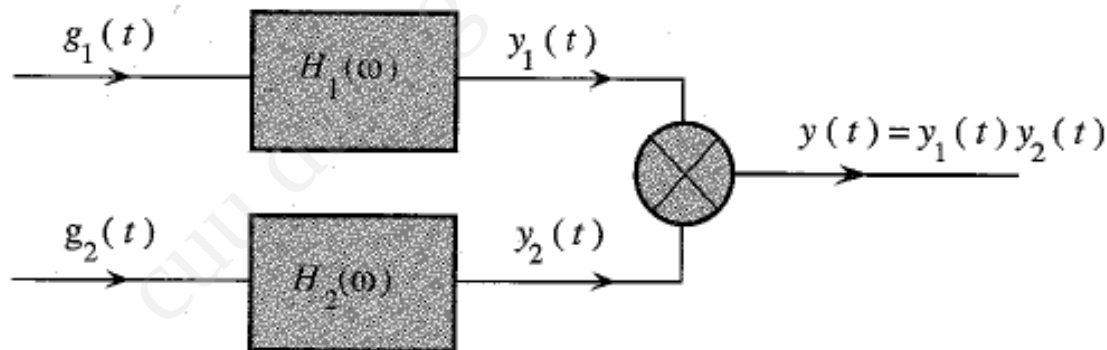


Figure P3.4-1



Bài tập 20

Consider a cell in a GSM cellular network operating at 900 MHz and a cell in a DCS-1800 network operating at 1.8 GHz. The DCS-1800 base station is installed in the same site as the GSM base station. Assume that all system parameters except frequency are equal and use the free-space loss formula. What would be the radius of the DCS-1800 cell if the radius of the GSM cell is 1 km?

A telecommunications network operator is aiming to update a GSM network with DCS-1800 base stations. The cells of GSM (900 MHz) are designed for a maximum transmission power of 1W. What should be the maximum transmission power of DCS-1800 (1.8-GHz) base stations with the same cell structure? Assume here a free-space environment and that the only difference between systems is the frequency.



Cặp biến đổi Fourier

Signal

$$\Pi(t/\tau) = \begin{cases} 1, & |t| \leq \frac{\tau}{2} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$2W \operatorname{sinc}(2Wt)$$

$$\Lambda(t/\tau) = \begin{cases} 1 - \frac{|t|}{\tau}, & |t| \leq \tau \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$W \operatorname{sinc}^2(Wt)$$

Fourier transform

$$\tau \operatorname{sinc}(f\tau) = \tau \frac{\sin(\pi f \tau)}{\pi f \tau}$$

$$\Pi\left(\frac{f}{2W}\right)$$

$$\tau \operatorname{sinc}^2(f\tau)$$

$$\Lambda\left(\frac{f}{W}\right)$$