

Chương IV: TÍN HIỆU ĐIỀU CHẾ

1. Một số khái niệm cơ bản
2. Các hệ thống điều chế liên tục
3. Rời rạc tín hiệu
4. Điều chế xung
5. Phân kênh theo tần số và thời gian

1. Một số khái niệm cơ bản

1. 1 Sơ đồ hệ thống thông tin

1. 2 Mục đích điều chế

1.3 Phân loại điều chế

1.1 Sơ đồ hệ thống thông tin

Hệ thống truyền tin tức từ nguồn đến nơi nhận tin

Ví dụ:

- Điện thoại
- Truyền hình
- Phát thanh
- Vệ tinh

Sơ đồ hệ thống thông tin



Nguồn tin: tương tự, số

Ví dụ: Tiếng nói, âm nhạc, hình ảnh....

Bộ biến đổi ngõ vào: Chuyển tin tức thành tín hiệu phù hợp cho các hệ thống thông tin.

Ví dụ: Tiếng nói → Microphone → Điện áp

Máy phát: Khuếch đại, Điều chế

Ví dụ: Đài truyền hình, đài phát thanh, web server...

Kênh truyền : Môi trường trung gian thực hiện việc truyền dẫn.

Ví dụ: không gian, dây dẫn, cáp đồng trục, cáp quang ...

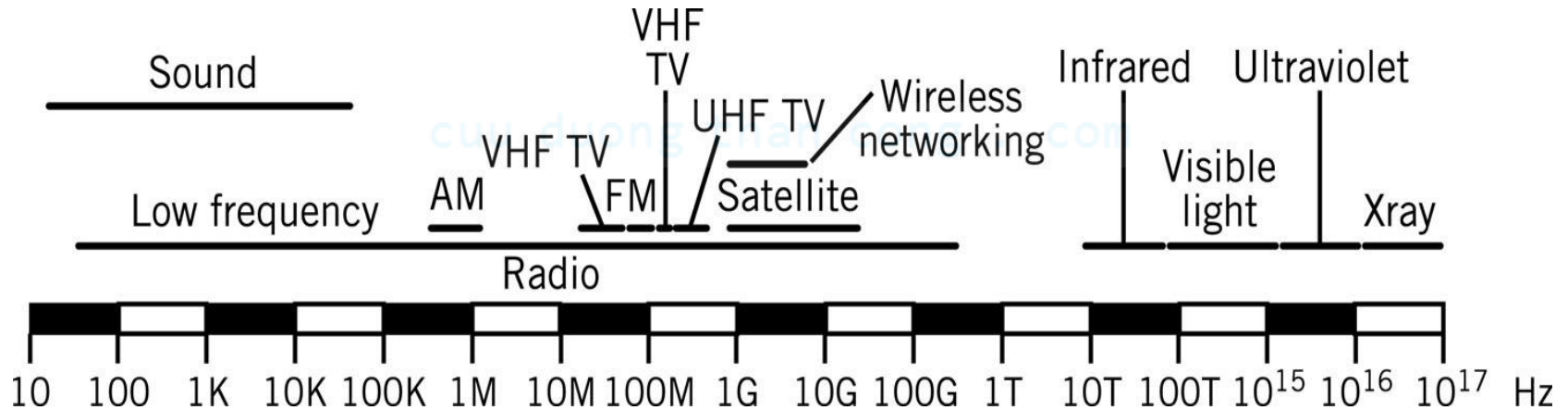
Máy thu: Giải điều chế, khuếch đại, lọc nhiễu

Ví dụ: TV, radio, ...

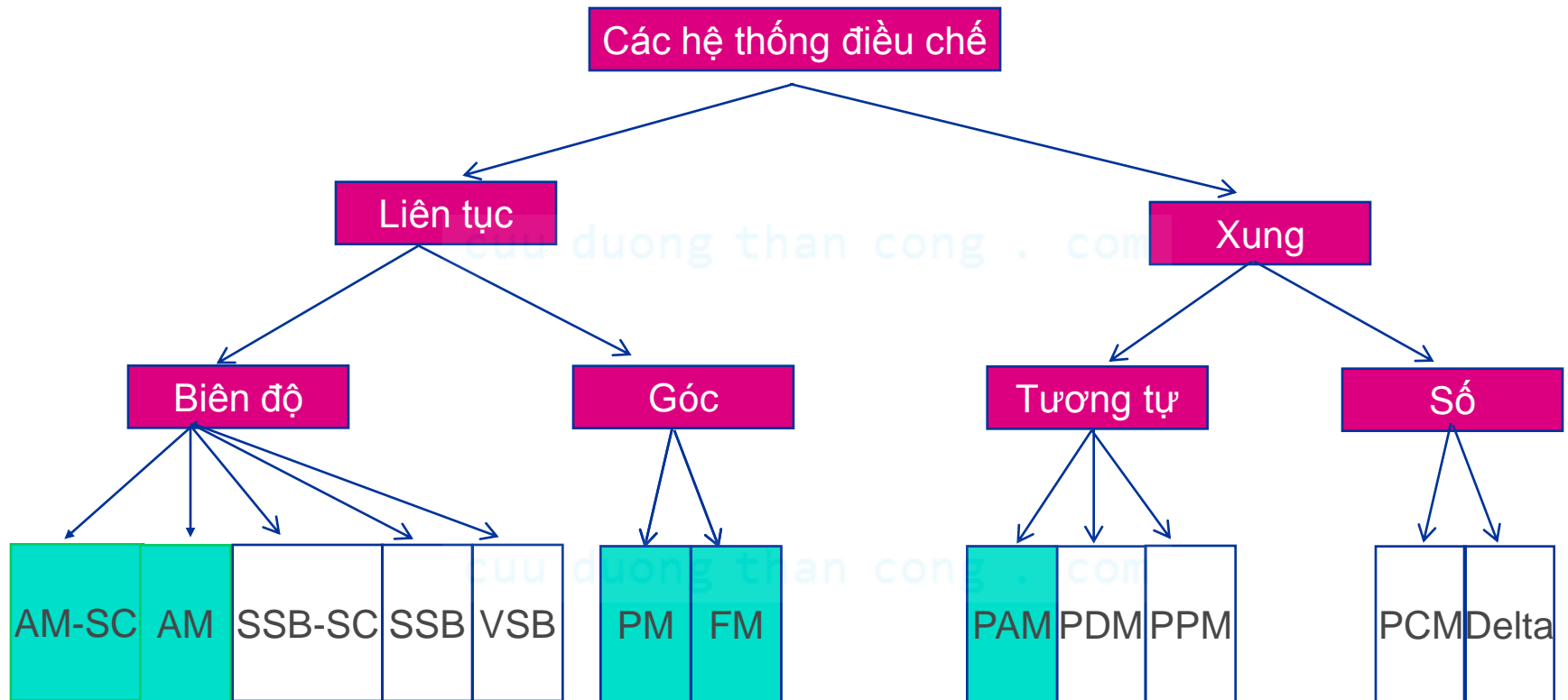
1.2 Mục đích điều chế

- Chuyển phổ của tín hiệu từ tần số thấp lên tần số cao và biến đổi thành dạng sóng điện từ lan truyền trong không gian
- Cho phép sử dụng hữu hiệu kênh truyền
- Tạo ra các tín hiệu có khả năng chống nhiễu cao

• Tần số tín hiệu



1.3 Phân loại điều chế



Chương IV: TÍN HIỆU ĐIỀU CHẾ

1. Một số khái niệm cơ bản
2. Các hệ thống điều chế liên tục
3. Rời rạc tín hiệu
4. Điều chế xung
5. Phân kênh theo tần số và thời gian

2. Các hệ thống điều chế liên tục

2.1 Sóng mang điều hòa

2.2 Điều chế biên độ

2.3 Điều chế góc

2. 1 Sóng mang điều hòa

$$y(t) = Y \cos \Omega t + \varphi_0$$

trong đó: Y biên độ, Ω tần số là hằng số

$\theta(t) = \Omega t + \varphi_0$ góc pha tức thời

Nếu tín hiệu tin tức $x(t)$ tác động làm thay đổi biên độ của sóng mang ta có tín hiệu điều biên

$$y(t) = Y(t) \cos \Omega t + \varphi_0$$

$Y(t)$ đường bao biên độ, là hàm của thời gian biến thiên theo quy luật của TH $x(t)$.

Nếu tín hiệu tin tức $x(t)$ tác động làm thay đổi tần số hoặc góc pha của sóng mang ta có tín hiệu điều chế góc

$$y(t) = Y \cos \theta_t$$

2. 2 Tín hiệu điều biên

- Điều biên hai dải bên (DSB – Double Side band)
 - Điều biên triệt sóng mang (AM-SC – Amplitude Modulation with Suppressed Carrier)
 - Điều biên (AM – Amplitude Modulation)
- Điều biên một dải bên (SSB – Single Side band)
 - Điều biên một dải bên triệt sóng mang (SSB-SC – Single Side band with suppressed Carrier)
 - Điều biên một dải bên (SSB– Single Side band)
 - Điều biên triệt một phần dải bên (VSB – Vestigial Side band)

2. 2.1 Tín hiệu AM – SC

Giả sử tín hiệu CS $x(t)$ có bề rộng phổ trong khoảng $(\omega_{\min} - \omega_{\max})$ được đặc trưng bởi mật độ phổ CS $\psi_x(\omega)$

TH $x(t)$ tác động làm thay đổi biên độ của sóng mang ta có tín hiệu AM-SC như sau:

$$y_{AM-SC}(t) = x(t) \cos \Omega t$$

cuu duong than cong . com

trong đó: $Y(t) = x(t)$

$$\varphi_0 = 0$$

2. 2.1 Tín hiệu AM – SC

Để tìm mật độ phổ CS $\psi_y(\omega)$ của tín hiệu điều chế AM-SC ta xét nó trong khoảng thời gian T hữu hạn.

$$y_T(t) = x_T(t) \cos \Omega t$$

Trong đó: $x_T(t) = x(t)\Pi(t/T)$ là tín hiệu năng lượng có phổ Fourier thông thường $X_T(\omega)$. Vậy $y_T(t) = x_T(t)\cos\Omega t$ cũng là tín hiệu năng lượng, phổ của nó được xác định theo định lý điều chế

$$Y_T(\omega) = \frac{1}{2} \left[X_T(\omega - \Omega) + X_T(\omega + \Omega) \right]$$

2. 2.1 Tín hiệu AM – SC

Mật độ phổ năng lượng của $y_T(t)$

$$\begin{aligned}\phi_T(\omega) &= |Y_T(\omega)|^2 = \frac{1}{4} |X_T(\omega - \Omega) + X_T(\omega + \Omega)|^2 \\ &= \frac{1}{4} [X_T(\omega - \Omega) + X_T(\omega + \Omega)] [X_T^*(\omega - \Omega) + X_T^*(\omega + \Omega)]\end{aligned}$$

$$\phi_T(\omega) = \frac{1}{4} \left[|X_T(\omega - \Omega)|^2 + |X_T(\omega + \Omega)|^2 \right]$$

$$\text{Do } \Omega \gg \omega_m \text{ nên } X_T(\omega - \Omega) X_T^*(\omega + \Omega) = 0$$

2. 2.1 Tín hiệu AM – SC

Mật độ phổ công suất của tín hiệu AM-SC theo định nghĩa

$$\psi_y(\omega) = \frac{1}{4} \left[\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{|X_T(\omega - \Omega)|^2}{T} + \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{|X_T(\omega + \Omega)|^2}{T} \right]$$

$$\psi_y(\omega) = \frac{1}{4} \left[\psi_x(\omega - \Omega) + \psi_x(\omega + \Omega) \right]$$

Do

$$\psi_x(\omega) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{|X_T(\omega)|^2}{T}$$

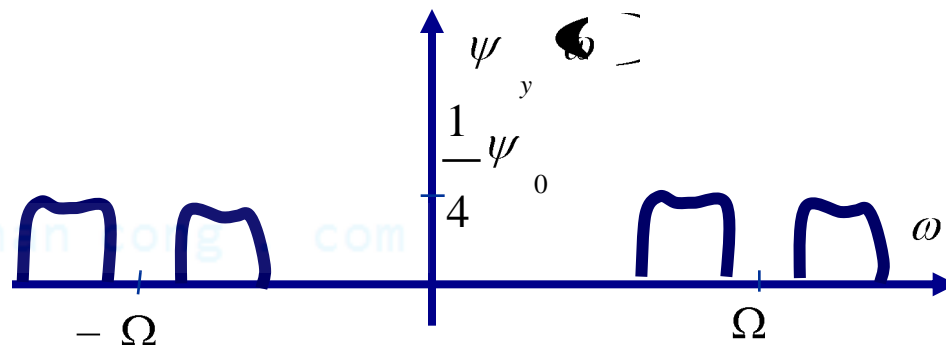
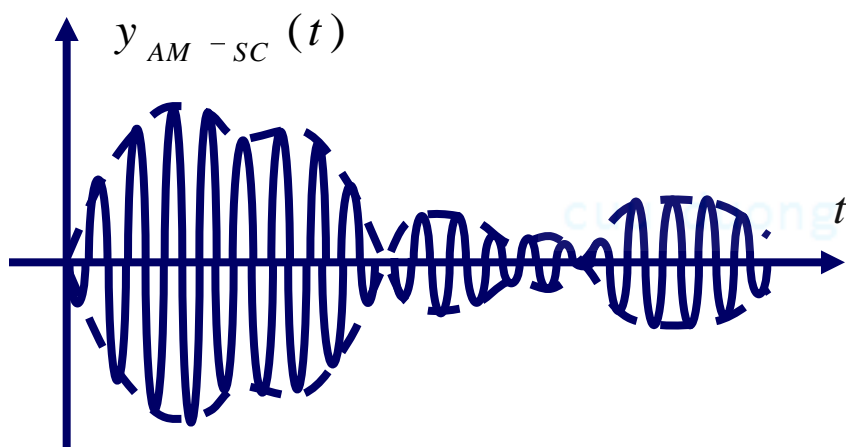
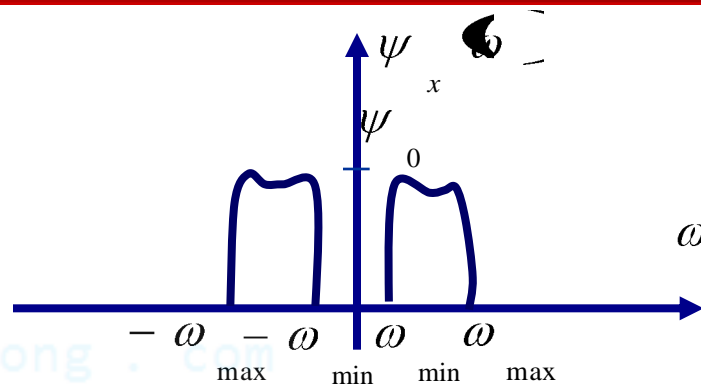
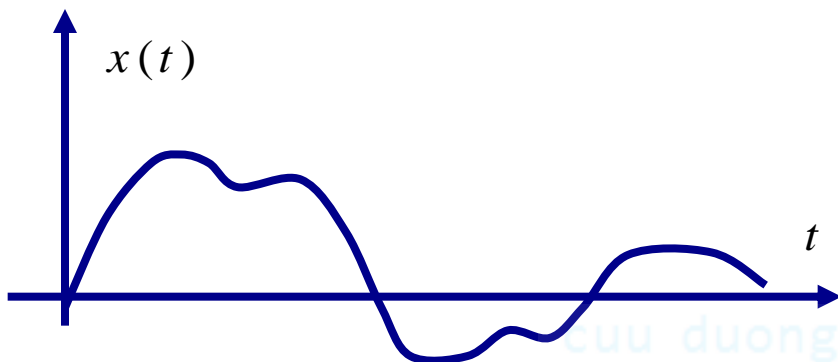
2. 2.1 Tín hiệu AM – SC

Công suất của TH AM-SC:

$$P_y = \frac{1}{2} P_x$$

$$\begin{aligned} P_y &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \psi_y(\omega) d\omega \\ &= \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{4} \left[\psi_x(\omega - \Omega) + \psi_x(\omega + \Omega) \right] d\omega \\ &= \frac{1}{2} \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \psi_x(\omega) d\omega = \frac{1}{2} P_x \end{aligned}$$

Ví dụ



Giải điều chế

$$\begin{aligned}y_g(t) &= y_{AM-SC}(t) \cos \Omega t = x(t) \cos^2 \Omega t \\&= \frac{1}{2} x(t) + \frac{1}{2} x(t) \cos 2\Omega t\end{aligned}$$

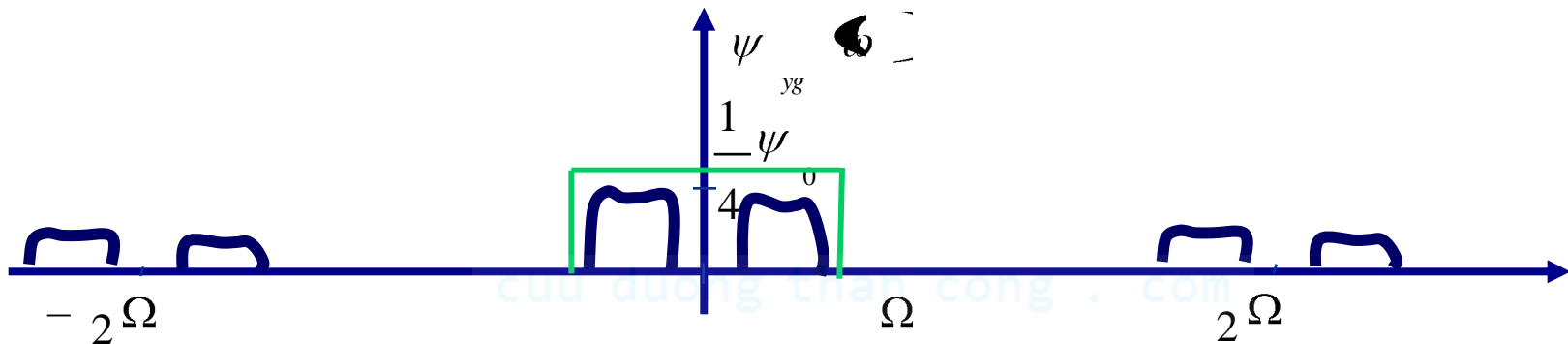
$$y_{gT}(t) = \frac{1}{2} x_T(t) + \frac{1}{2} x_T(t) \cos 2\Omega t$$

$$Y_{gT}(\omega) = \frac{1}{2} X_T(\omega) + \frac{1}{4} [X_T(\omega - 2\Omega) + X_T(\omega + 2\Omega)]$$

$$\phi_{gT}(\omega) = \frac{1}{4} |X_T(\omega)|^2 + \frac{1}{16} \left[|X_T(\omega - 2\Omega)|^2 + |X_T(\omega + 2\Omega)|^2 \right]$$

Giải điều chế

$$\psi_{yg}(\omega) = \frac{1}{4} \psi_x(\omega) + \frac{1}{16} \left[\psi_x(\omega - 2\Omega) + \psi_x(\omega + 2\Omega) \right]$$



Tín hiệu $x(t)$ có thể nhận được sau khi lọc bỏ các thành phần tín hiệu cao tần nhờ mạch lọc thông thấp

2.2.2 Tín hiệu AM

Tín hiệu AM có dạng :

$$y_{AM}(t) = x(t) \cos \Omega t + A \cos \Omega t$$

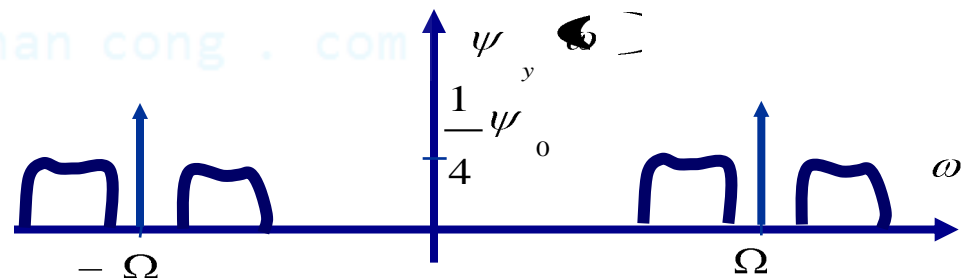
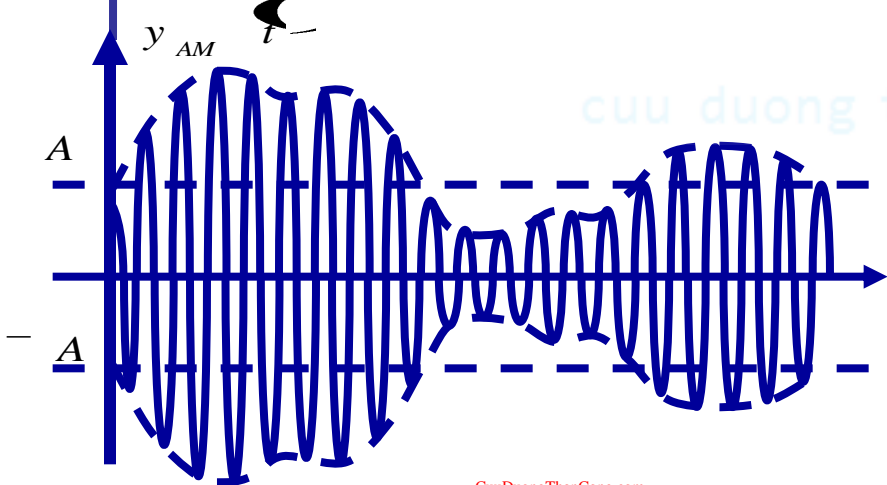
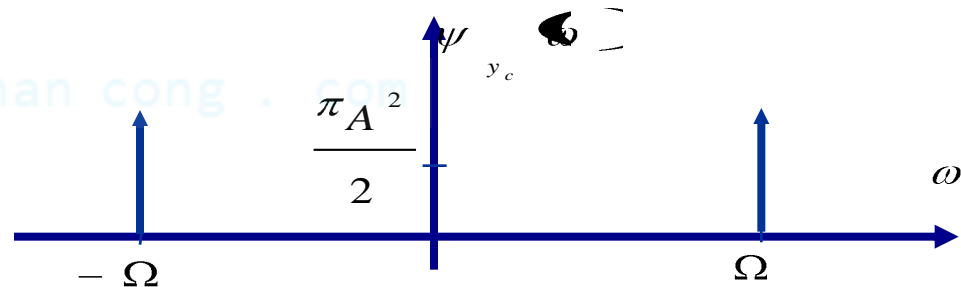
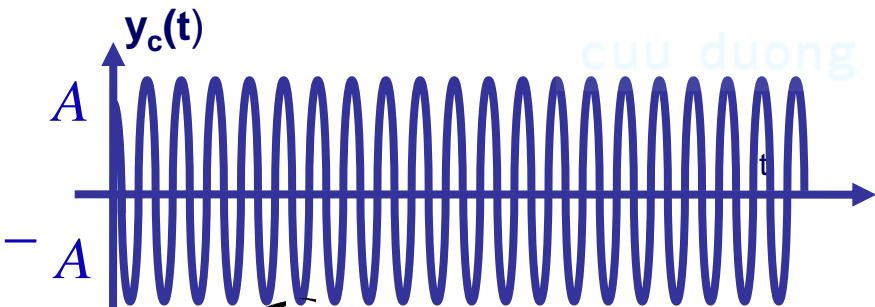
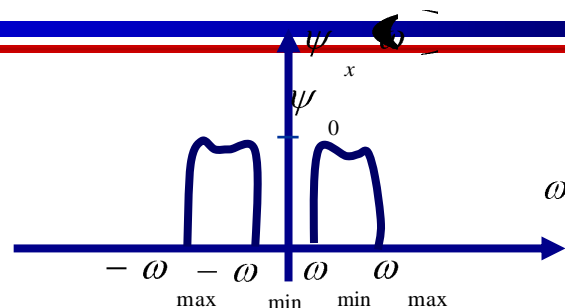
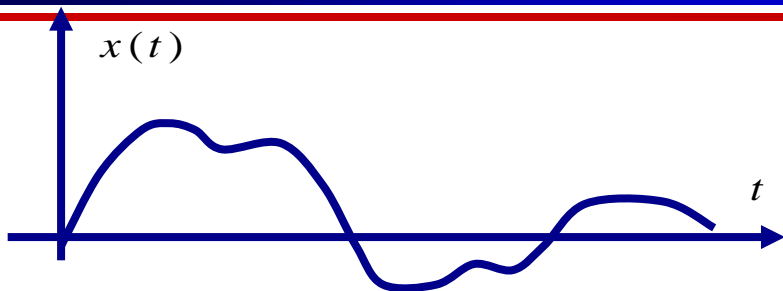
$$y_{AM}(t) = A + x(t) \cos \Omega t \quad \text{trong đó: } Y(t) = A + x(t)$$

$$\varphi_0 = 0$$

Làm tương tự như tín hiệu AM-SC ta có:

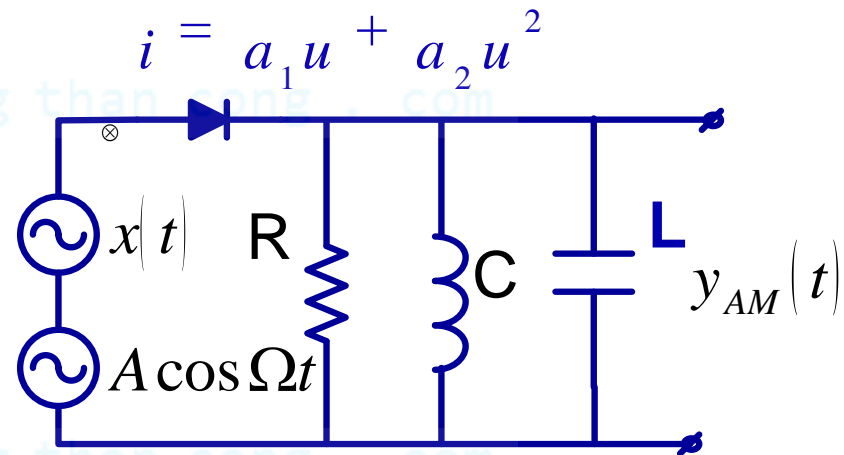
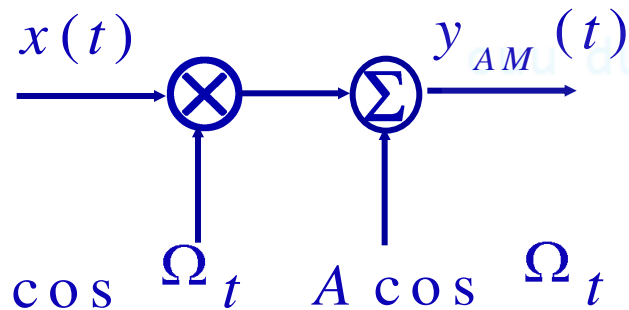
$$\begin{aligned} \psi_y(\omega) = & \frac{\pi A^2}{2} \left[\delta(\omega - \Omega) + \delta(\omega + \Omega) \right] \\ & + \frac{1}{4} \left[\psi_x(\omega - \Omega) + \psi_x(\omega + \Omega) \right] \end{aligned}$$

Ví dụ



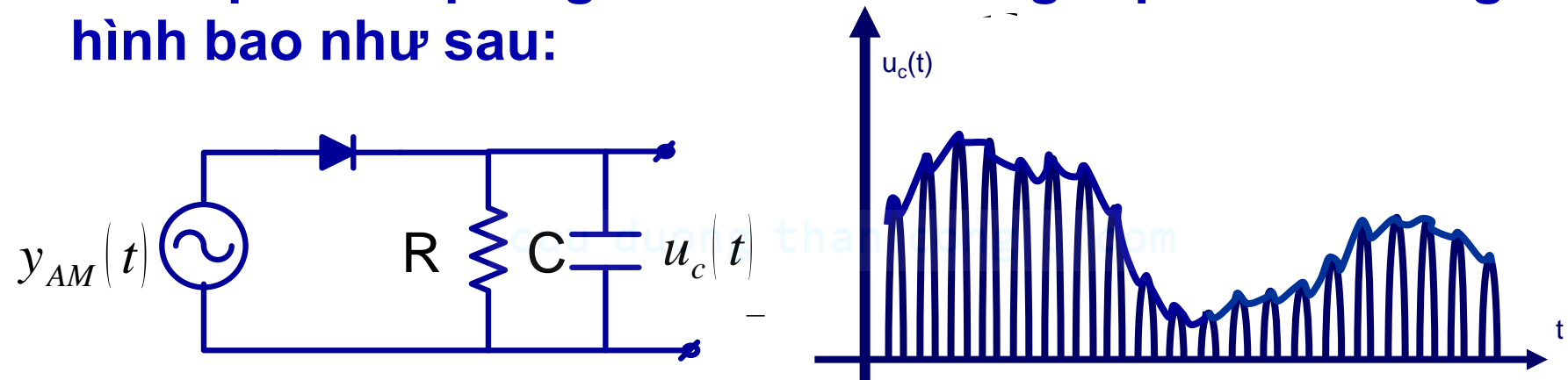
2.2.2 Tín hiệu AM

Sơ đồ khối tạo tín hiệu AM và mạch thực hiện

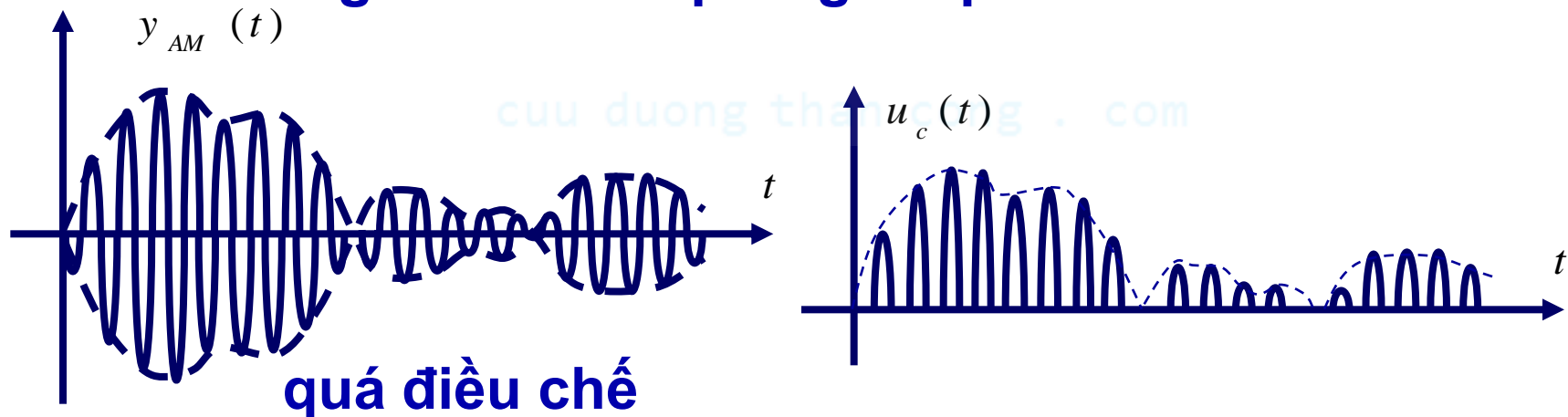


Giải điều chế tín hiệu AM

Tín hiệu AM được giải điều chế trong mạch tách sóng hình bao như sau:



Nếu đường bao biên độ có giá trị âm:



2.2.2 Tín hiệu AM

Như vậy A được chọn sao cho đường bao của TH AM là $Y(t) = x(t) + A$ không âm.

Điều này sẽ thỏa mãn nếu:

$$A \geq \max |x(t)| : x(t) < 0$$

2.2.2 Tín hiệu AM

❖ Bề rộng phổ của các TH DSB :

$$B_{AM-SC} = B_{AM} = 2\omega_{\max}$$

❖ Hệ số hiệu suất năng lượng : $k\% = \frac{P_b}{P_y} 100\%$

P_b : Công suất trung bình các dải bên

P_y : Công suất của TH AM

AM-SC : $P_b = P_y$ $k\% = 100\%$

AM : $P_b = \frac{1}{2} P_x$ $\Rightarrow k\% = \frac{P_x}{A^2 + P_x} 100\%$
 $P_y = \frac{1}{2} A^2 + \frac{1}{2} P_x$

2.2.2 Tín hiệu AM

Ví dụ với $x(t) = a \cos \omega_0 t$. Tín hiệu AM có dạng:

$$y_{AM}(t) = A + a \cos \omega_0 t \cos \Omega t = A \left[1 + m \cos \omega_0 t \cos \Omega t \right]$$

$$y_{AM}(t) = A \cos \Omega t + \frac{1}{2} m A \left[\cos(\Omega - \omega_0)t + \cos(\Omega + \omega_0)t \right]$$

$$k\% = \frac{\frac{1}{2} m^2 A^2}{A^2 + \frac{1}{2} m^2 A^2} 100\% = \frac{m^2}{2 + m^2} 100\%$$

$m = a/A$: độ sâu điều chế ($0 < m \leq 1$)

Với $m = 1$ ta có $k_{\max} = 33.33\% \rightarrow$ hiệu suất năng lượng của TH AM không cao.

2. Các hệ thống điều chế liên tục

2.1 Sóng mang điều hòa

2.2 Điều chế biên độ

2.3 Điều chế góc

2.3 Điều chế góc

2.3.1 Tín hiệu điều chế góc

2.3.2 Tín hiệu điều pha PM

2.3.3 Tín hiệu điều tần FM

2. 3.1 Tín hiệu điều chế góc

Tín hiệu tin tức được gắn vào tần số (pha) của sóng mang

$$y(t) = Y \cos \theta_t$$

❖ Tín hiệu điều pha PM (Phase Modulation)

$$\theta_{PM}(t) = \Omega t + \varphi_0 + k_p x(t)$$

Ω tần số sóng mang

$$\Omega_{PM}(t) = \frac{d\theta_{PM}(t)}{dt} = \Omega + k_p \frac{dx(t)}{dt}$$

φ_0 góc pha ban đầu
 k_p hằng số tỉ lệ

❖ Tín hiệu điều tần FM (Frequency Modulation)

$$\theta_{FM}(t) = \Omega t + \varphi_0 + k_f \int x(t) dt$$

$$\Omega_{FM}(t) = \Omega + k_f x(t)$$

2. 3.1 Tín hiệu điều chế góc

❖ Độ lệch pha và tần số:

$$\Delta \theta = \left| \theta \Big|_{t=0}^{\infty} - \Omega t \right|_{\max}$$

$$\Delta \Omega = \left| \Omega \Big|_{t=0}^{\infty} - \Omega \right|_{\max}$$

•PM:

$$\Delta \theta_{PM} = k_p \left| x \Big|_{t=0}^{\infty} \right|_{\max}$$

$$\Delta \Omega_{PM} = k_p \left| \frac{dx}{dt} \Big|_{t=0}^{\infty} \right|_{\max}$$

nếu $\Delta \theta_{PM} = k_p \left| x \Big|_{t=0}^{\infty} \right|_{\max} \ll 1$
 → Tín hiệu PM dải hẹp

•FM:

$$\Delta \theta_{FM} = k_f \left| \int x \Big|_{t=0}^{\infty} dt \right|_{\max}$$

$$\Delta \Omega_{FM} = k_f \left| x \Big|_{t=0}^{\infty} \right|_{\max}$$

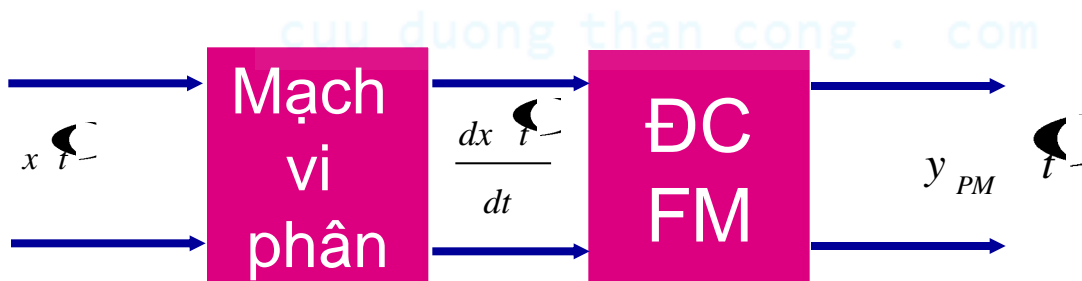
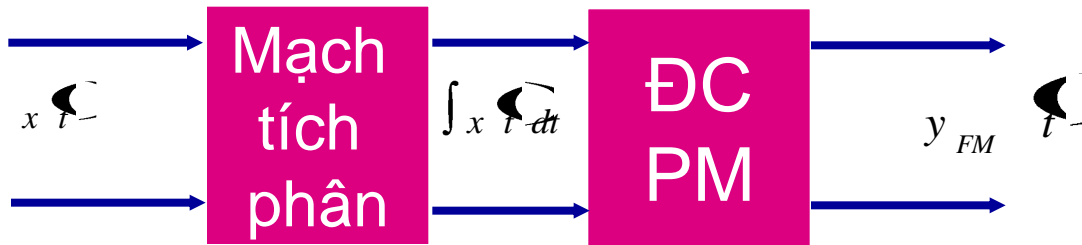
nếu $\Delta \theta_{FM} = k_f \left| \int x \Big|_{t=0}^{\infty} dt \right|_{\max} \ll 1$
 → Tín hiệu FM dải hẹp

2. 3.1 Tín hiệu điều chế góc

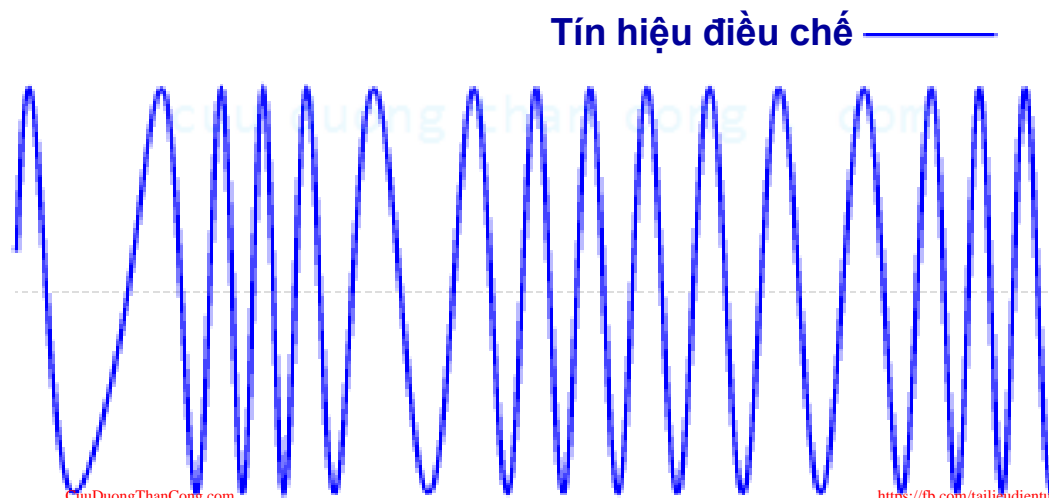
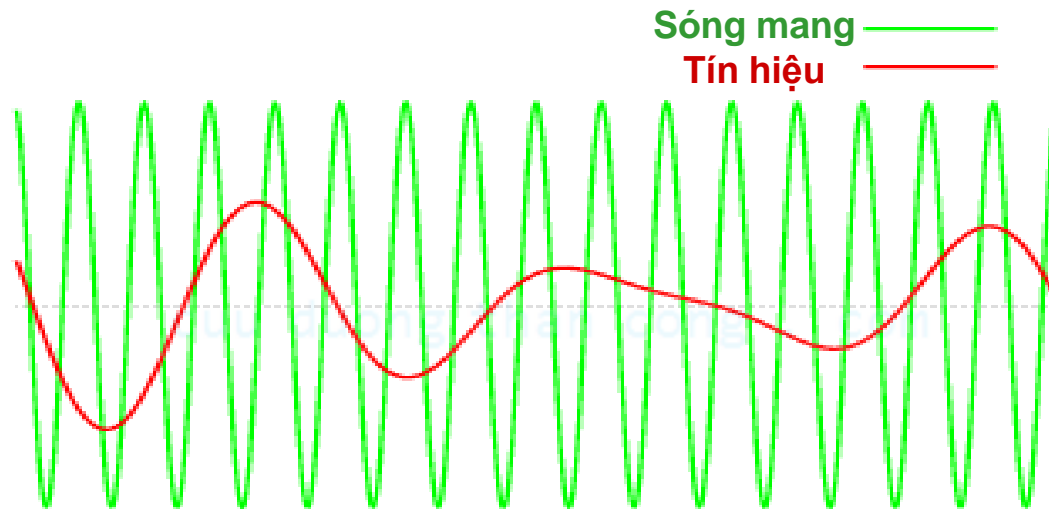
❖ Quan hệ giữa PM và FM

$$\theta_{PM}(t) = \Omega t + \varphi_0 + k_p x(t)$$

$$\theta_{FM}(t) = \Omega t + \varphi_0 + k_p \int x(t) dt$$



2. 3.1 Tín hiệu điều chế góc



2.3 Điều chế góc

2.3.1 Tín hiệu điều chế góc

2.3.2 Tín hiệu điều pha PM

2.3.3 Tín hiệu điều tần FM

2.3.2 Tín hiệu điều pha PM

$$y_{PM}(t) = Y \cos[\Omega t + k_p x(t)]$$

❖ Tín hiệu PM dải hẹp: $\Delta\theta_{PM} = k_p \left| x(t) \right|_{\max} \ll 1$

$$Z_{PM}(t) = Y e^{jk_p x(t)} e^{j\Omega t} \approx Y \left[1 + jk_p x(t) \right] e^{j\Omega t}$$

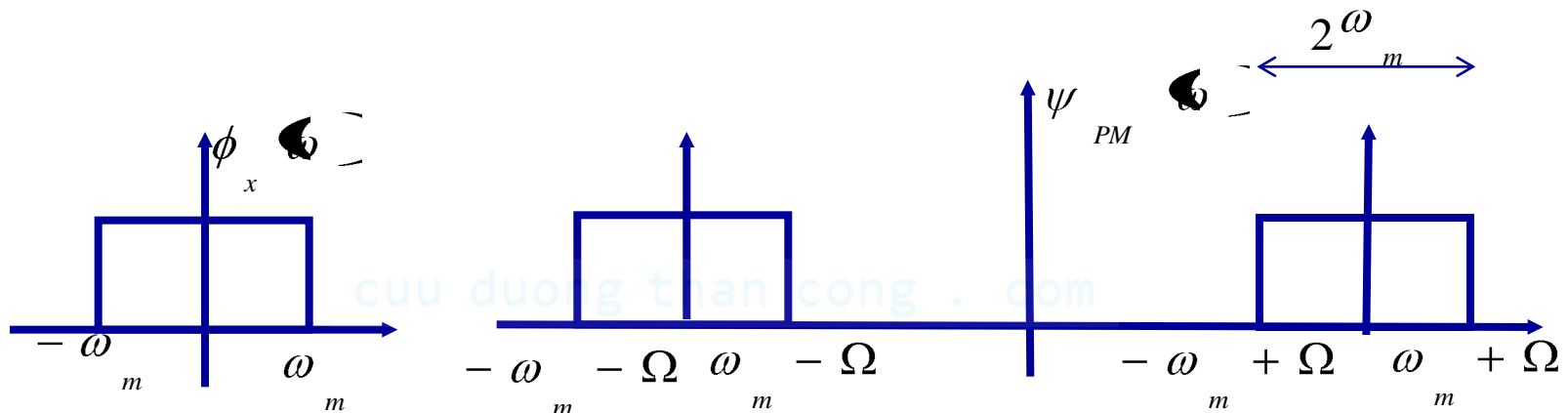
Do $\Delta\theta_{PM} \ll 1$ nên có thể chấp nhận $e^{jk_p x(t)} \approx 1 + jk_p x(t)$

$$y_{PM}(t) = \operatorname{Re} Z_{PM}(t) = Y \cos \Omega t - Y k_p x(t) \sin \Omega t$$

❖ Tín hiệu PM dải hẹp

$$y_{PM}(t) = \text{Re} \{ Z_{PM}(t) \} = Y \cos \Omega t - Y k_p x(t) \sin \Omega t$$

$$\psi_{PM}(\omega) = \frac{\pi Y^2}{2} \delta(\omega - \Omega) + \frac{k_p Y^2}{4} \psi_x(\omega - \Omega) + \Omega \psi_x(\omega + \Omega)$$



• Bề rộng phổ $B_{PM} = 2\omega_m$

❖ Tín hiệu PM dải rộng

❖ Tín hiệu PM dải rộng (điều chế ở mức cao):

(Rất khó phân tích với tín hiệu $x(t)$ tổng quát)

Xét $x(t) = X \sin \omega_m t$. Ta có: $y_{PM}(t) = Y \cos [\Omega t + k_p X \sin \omega_m t]$

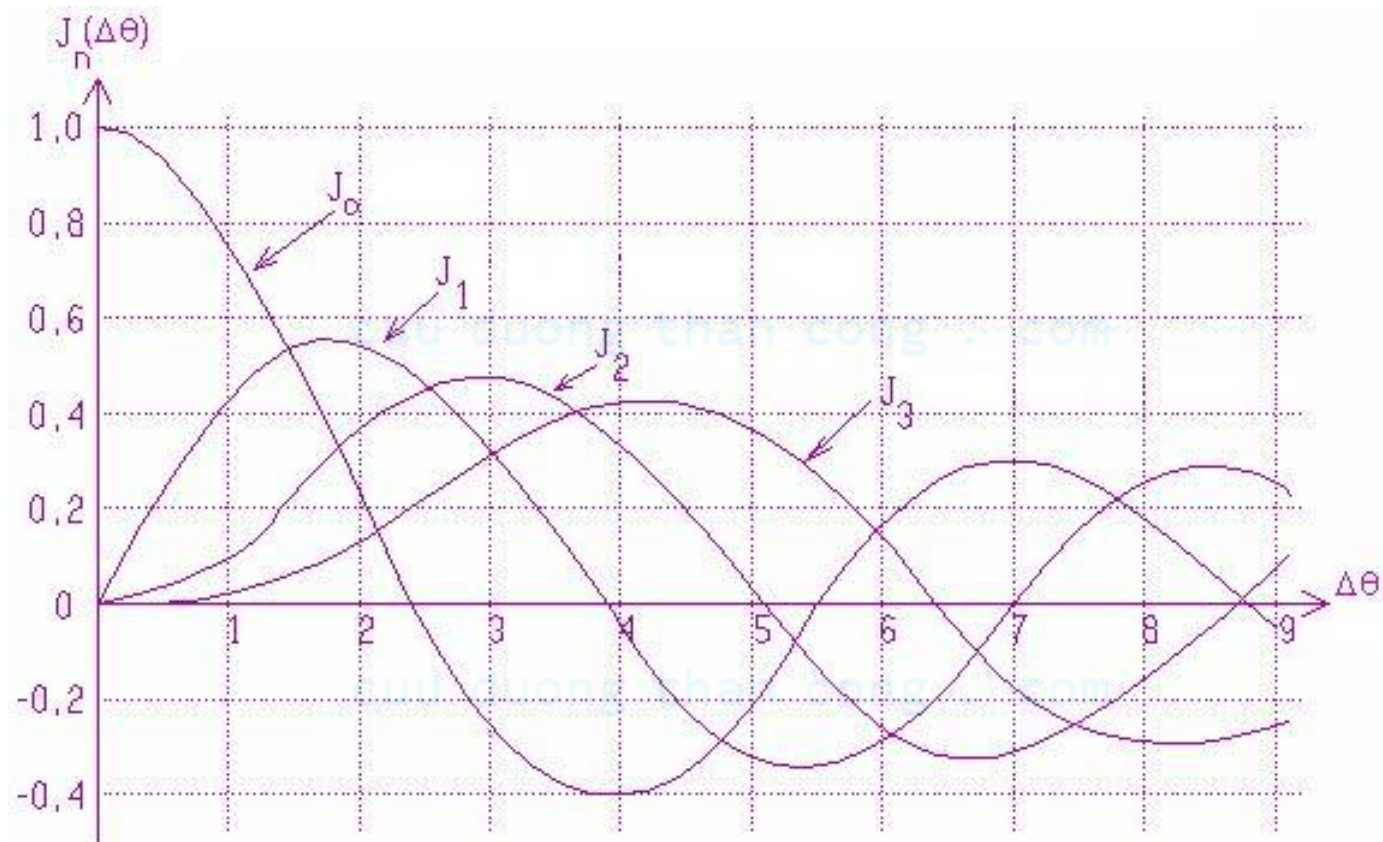
$$Z_{PM}(t) = Y e^{j[\Omega t + \Delta \theta \sin \omega_m t]} \quad (\Delta \theta = k_p X)$$

$e^{j\Delta \theta \sin \omega_m t}$ có thể được khai triển thành chuỗi Fourier phức nhờ đẳng thức Bessel

$$e^{j\Delta \theta \sin \omega_m t} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(\Delta \theta) e^{jn\omega_m t}$$

$$y_{PM}(t) = \operatorname{Re} \{ Z_{PM}(t) \} = Y \sum_{n=-\infty}^{\infty} J_n(\Delta \theta) \cos[\Omega t + n\omega_m t]$$

Hàm Bessel



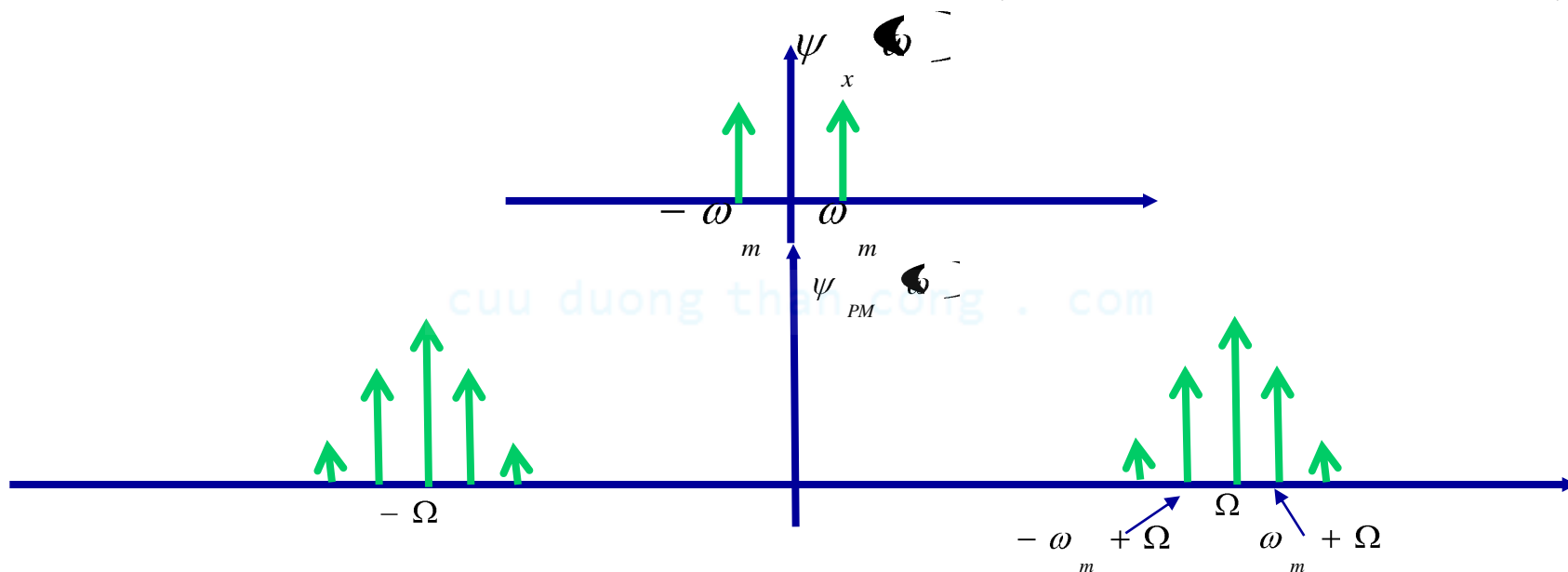
Hàm Bessel

$\Delta\theta$	J_0	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6	...
0	1							
0.5	.94	.24	.03					
1	.77	.44	.11	.02				
2.4	0.0	.52	.43	.20	.06	.02		
5.5	0.0	-.34	-.12	.26	.40	.32	.19	...

❖ Tín hiệu PM dải rộng

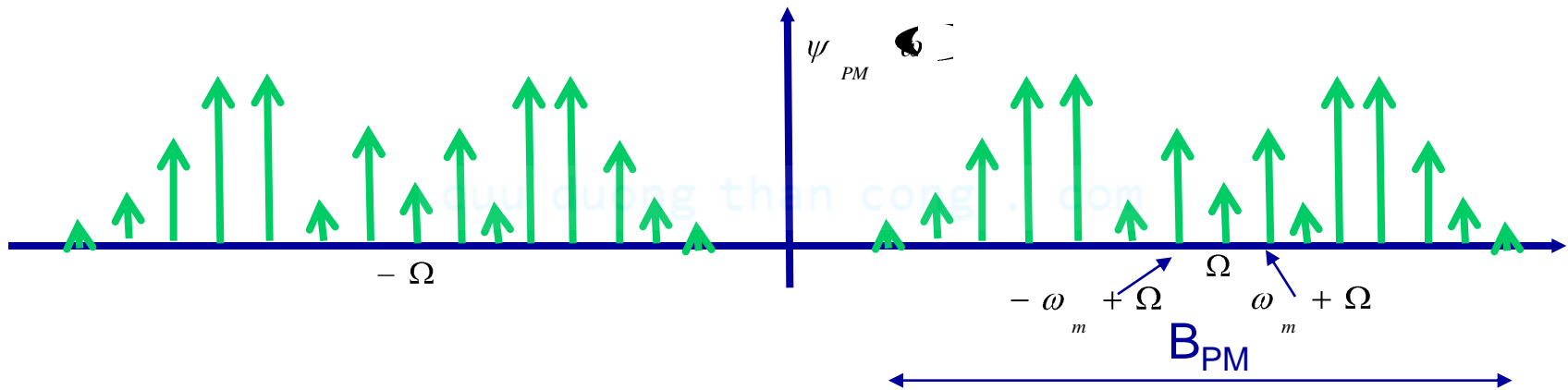
Với $\Delta\theta = 0.5$ ta có $J_0 = 0.94$; $J_1 = 0.24$; $J_2 = 0.03$

$$y_{PM}(t) = 0.94Y \cos \Omega t + 0.24Y \cos (\Omega + \omega_m t) + 0.24Y \cos (\Omega - \omega_m t) + 0.03Y \cos (\Omega + 2\omega_m t) + 0.03Y \cos (\Omega - 2\omega_m t)$$



❖ Tín hiệu PM dải rộng

Với $\Delta\theta \gg 1$ thì bề rộng phổ của TH PM không xác định



❖ Bề rộng phổ được tính gần đúng theo công thức Carson

$$B_{PM} \approx 2\omega_m \quad (\Delta\theta_{PM} < 0.5) \quad \text{PM dải hẹp}$$

$$B_{PM} \approx 2(\Delta\theta_{PM} + 1)\omega_m \quad (\Delta\theta_{PM} > 0.5)$$

$$B_{PM} \approx 2\Delta\theta_{PM} \omega_m \quad (\Delta\theta_{PM} > 10)$$

2.3 Điều chế góc

2.3.1 Tín hiệu điều chế góc

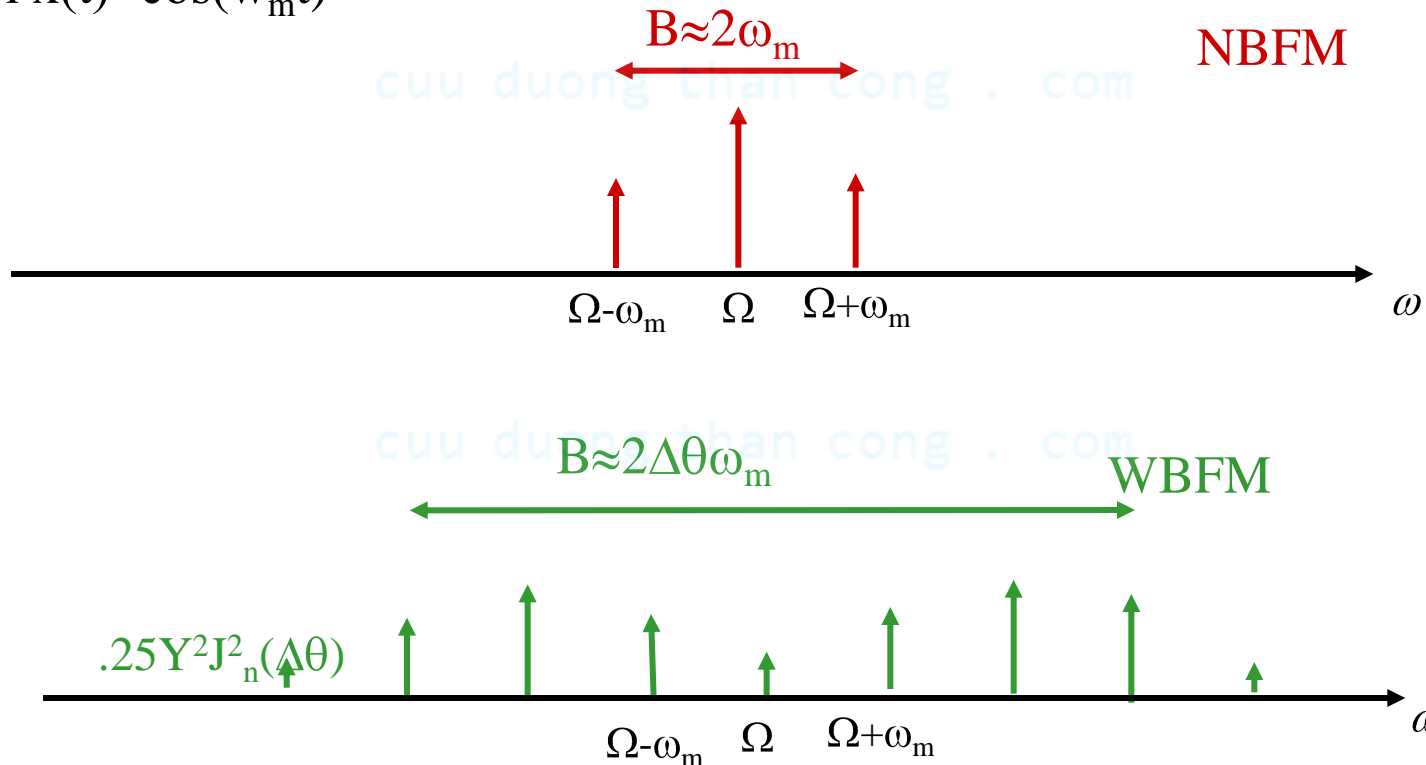
2.3.2 Tín hiệu điều pha PM

2.3.3 Tín hiệu điều tần FM

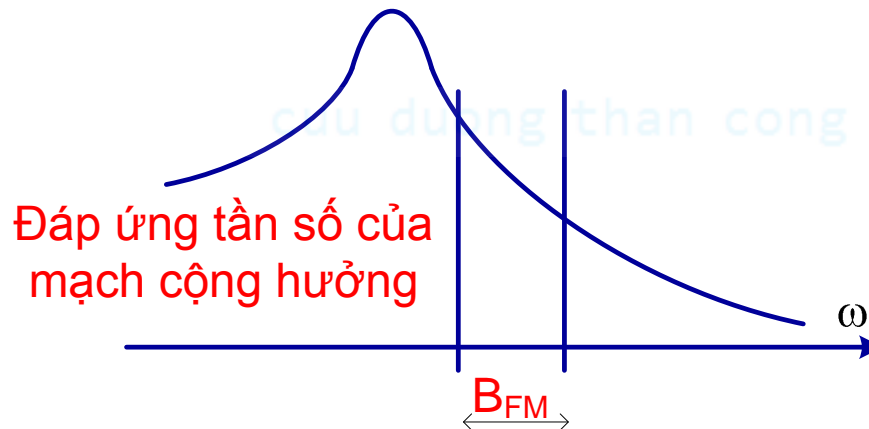
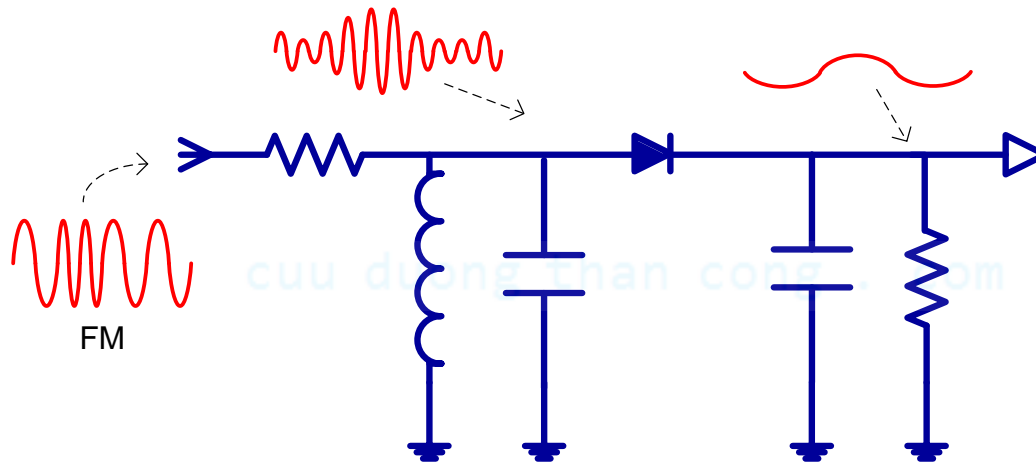
2.3.3 Tín hiệu điều tần FM

$$y_{FM}(t) = Y \cos \left[\Omega t + k_f \int x(t) dt \right]$$

Với $x(t) = \cos(\omega_m t)$



Giải điều chế



Chương IV: TÍN HIỆU ĐIỀU CHẾ

1. Một số khái niệm cơ bản
2. Các hệ thống điều chế liên tục
3. Rời rạc tín hiệu
4. Điều chế xung
5. Phân kênh theo tần số và thời gian