



Chương 4: Điều chế sóng mang liên tục tuyến tính

4.1 Tín hiệu và hệ thống băng dải

4.2 Điều chế DSB

4.3 Điều chế SSB

4.4 Điều chế AM

4.5 Giải điều chế

4.6 Đổi tần

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

1



Quy ước

- Tín hiệu và hệ thống **thực** có phổ đối xứng (liên hiệp phức) nên thường chỉ đề cập phía tần số dương.
 - Phổ biên độ: đối xứng chẵn (qua trục tung)
 - Phổ pha: đối xứng lẻ (qua gốc tọa độ)
- Tín hiệu chuẩn hóa $x(t)$
 - Định nghĩa 1: $|x(t)| \leq 1 \Rightarrow P_x = S_x = \langle x^2(t) \rangle \leq 1$
 - Định nghĩa 2: $\max\{|x(t)|\} = 1 \Rightarrow P_x \leq 1$
 - Định nghĩa 3: $\max\{x(t)\} = 1$ và $\min\{x(t)\} = -1 \Rightarrow P_x \leq 1$
 - Định nghĩa 4: $P_x = 1$

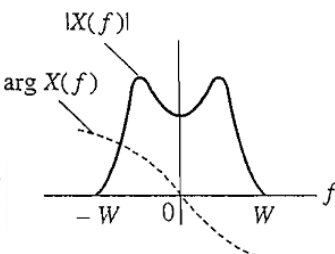
Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

2



Tín hiệu băng gốc

- Băng thông giới hạn trong phạm vi $[-W \div W]$.
 - $F_{\max} = W$
 - $F_{\min} = 0$

$$X(f) \approx 0 \quad \text{for } |f| > W$$


- Quy ước:** trong trường hợp phổ vạch, khi tính băng thông thường xem như tín hiệu thông tin trước điều chế có dạng băng gốc ($F_{\min} = 0$).

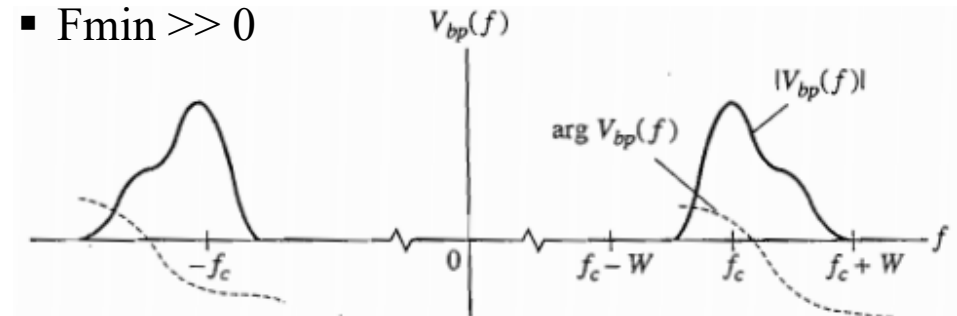
Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

3



4.1 Tín hiệu băng dải (miền tần số)

- $F_{\min} \gg 0$



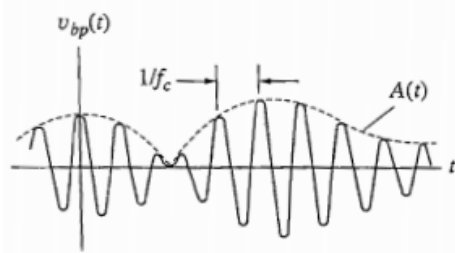
- Tần số giữa (trung tâm): $\omega_c = 2\pi f_c$

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

4

Tín hiệu băng dải (miền thời gian)

- Đường bao: $A(t) \geq 0$
- Pha: $\phi(t)$
- Tín hiệu cùng pha: $v_i(t)$
- Tín hiệu vuông pha: $v_q(t)$



$$v_{bp}(t) = A(t) \cos [\omega_c t + \phi(t)] = v_i(t) \cos \omega_c t - v_q(t) \sin \omega_c t$$

$$v_i(t) \triangleq A(t) \cos \phi(t)$$

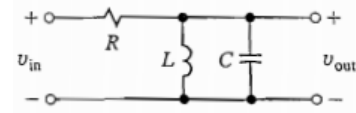
$$v_q(t) \triangleq A(t) \sin \phi(t)$$

$$A(t) = \sqrt{v_i^2(t) + v_q^2(t)}$$

$$\phi(t) = \arctan \frac{v_q(t)}{v_i(t)}$$

- $A(t)$, $\phi(t)$, $v_i(t)$, $v_q(t)$ là các tín hiệu băng gốc

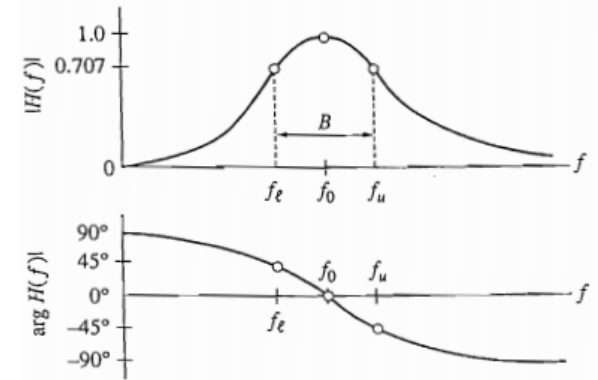
Bộ lọc thu phát thông dải (cộng hưởng)



- Tần số cộng hưởng f_0
- Tần số cắt f_l , f_u
- Băng thông B
- Hệ số phẩm chất Q

$$B = f_u - f_l = \frac{f_0}{Q}$$

$$10 < Q < 100$$



$$0.01 < \frac{B}{f_c} < 0.1$$

Tính chất điều chế của phổ

$$x(t) \cdot \exp(j2\pi F_0 t) \leftrightarrow X(F - F_0)$$

$$x(t) \cdot 2 \cdot \cos(2\pi F_0 t) \leftrightarrow X(F + F_0) + X(F - F_0)$$

$$x(t) \cdot 2 \cdot \sin(2\pi F_0 t) \leftrightarrow j \cdot X(F + F_0) - j \cdot X(F - F_0)$$

- Vẽ phổ của các tín hiệu sau:

$$1) x(t) = 1$$

$$2) x(t) = 2 \cdot \cos(4\pi t)$$

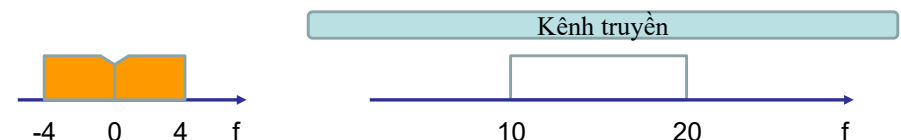
$$3) x(t) = 4 \cdot \cos(4\pi t) \cdot \cos(6\pi t)$$

$$4) x(t) = 4 \cdot \cos^2(4\pi t)$$

Ví dụ 1

- Cho tín hiệu thực băng gốc có băng thông 4 Hz và kênh truyền có băng thông $[10 \div 20]$ Hz.

- Trình bày giải pháp kỹ thuật ở khối phát để truyền tín hiệu.
- Trình bày giải pháp kỹ thuật ở khối thu để nhận được tín hiệu ban đầu.





Điều chế tương tự

- Tín hiệu cần điều chế: $m(t)$ tương tự **bằng gốc W**
 - Đơn tần
 - Đa tần
 - Bất kì
- Sóng mang: $A_c \cdot \cos(2\pi \cdot F_c \cdot t + \phi_c)$, $F_c \gg W$
 - Để đơn giản (nhưng vẫn không mất tính tổng quát): $\phi_c = 0$
- Tín hiệu sau điều chế: $A(t) \cdot \cos(2\pi \cdot f(t) \cdot t + \phi(t)) = A(t) \cdot \cos(\theta(t))$

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

9



Bạn có biết?

- Tên thuật ngữ (tiếng Việt và tiếng Anh) của các loại điều chế sau:
 - DSB/DSB-SC
 - SSB/USSB/LSSB
 - AM/AM-FC/AM-LC

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

10



Yêu cầu với mỗi loại điều chế

- Khái niệm, định nghĩa, thông số
- Biểu thức và dạng sóng
- Phổ và băng thông
- Công suất (trung bình và đỉnh)
- Giải điều chế
- Sơ đồ khối (nguyên lý)
- Nhiều

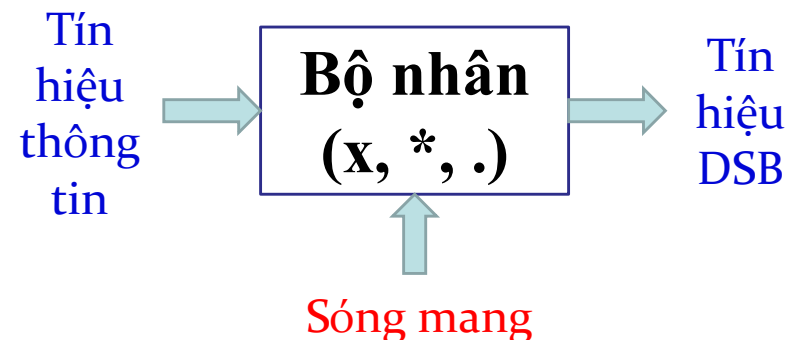
Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

11



4.2 Điều chế DSB

- Điều chế hai biên (loại bỏ sóng mang): Double-SideBand (Suppressed-Carrier)



- Tín hiệu DSB = Tín hiệu thông tin $(x, *, .)$ Sóng mang

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

12



Ví dụ 2

Cho tín hiệu thông tin $x(t) = 0.5\cos(6\pi t)$ điều chế DSB với sóng mang $10\cos(30\pi t)$.

- 1) Viết biểu thức của tín hiệu sau điều chế DSB.
- 2) Vẽ dạng sóng của tín hiệu sau điều chế DSB.
- 3) Vẽ phổ biên độ của tín hiệu sau điều chế DSB.
- 4) Tính băng thông của tín hiệu sau điều chế DSB.
- 5) Tính công suất của tín hiệu sau điều chế DSB.
- 6) Tính công suất đỉnh của tín hiệu sau điều chế DSB.
- 7) Tính hiệu suất công suất.



Ví dụ 3

Cho tín hiệu thông tin $x(t) = 0.5\cos(6\pi t)$ điều chế DSB với sóng mang $10\sin(30\pi t)$.

- 1) Viết biểu thức của tín hiệu sau điều chế DSB.
- 2) Vẽ dạng sóng của tín hiệu sau điều chế DSB.
- 3) Vẽ phổ biên độ của tín hiệu sau điều chế DSB.
- 4) Tính băng thông của tín hiệu sau điều chế DSB.
- 5) Tính công suất của tín hiệu sau điều chế DSB.
- 6) Tính công suất đỉnh của tín hiệu sau điều chế DSB.
- 7) Tính hiệu suất công suất.



Ví dụ 4

Cho tín hiệu thông tin $x(t) = 0.5\cos(6\pi t) + 0.5$ điều chế DSB với sóng mang $10\cos(30\pi t)$.

- 1) Viết biểu thức của tín hiệu sau điều chế DSB.
- 2) Vẽ dạng sóng của tín hiệu sau điều chế DSB.
- 3) Vẽ phổ biên độ của tín hiệu sau điều chế DSB.
- 4) Tính băng thông của tín hiệu sau điều chế DSB.
- 5) Tính công suất của tín hiệu sau điều chế DSB.
- 6) Tính công suất đỉnh của tín hiệu sau điều chế DSB.
- 7) Tính hiệu suất công suất.

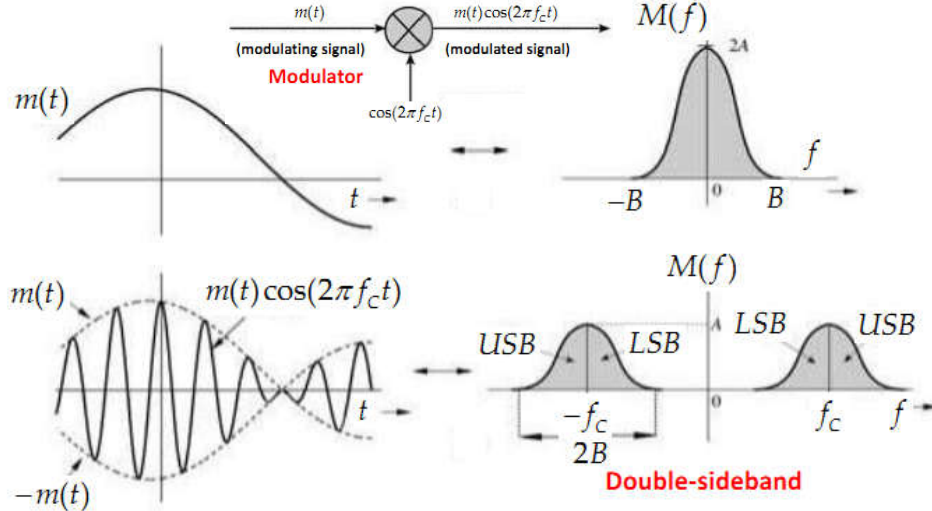


Ví dụ 5

Cho tín hiệu thông tin $x(t) = 0.5\cos(6\pi t) + 0.5\cos(8\pi t)$ điều chế DSB với sóng mang $10\cos(30\pi t)$.

- 1) Viết biểu thức của tín hiệu sau điều chế DSB.
- 2) Vẽ dạng sóng của tín hiệu sau điều chế DSB.
- 3) Vẽ phổ biên độ của tín hiệu sau điều chế DSB.
- 4) Tính băng thông của tín hiệu sau điều chế DSB.
- 5) Tính công suất của tín hiệu sau điều chế DSB.
- 6) Tính công suất đỉnh của tín hiệu sau điều chế DSB.
- 7) Tính hiệu suất công suất.

Biên trên và biên dưới



Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

17

Phương pháp vẽ nhanh dạng sóng

- $v(t) = m(t) \cdot \cos(2\pi F t + \phi)$ với $F \gg$ tần số lớn nhất của tín hiệu $m(t)$
- Bước 1: vẽ $m(t)$
- Bước 2: vẽ $-m(t) \rightarrow$ lấy đối xứng qua trục hoành
- Bước 3: vẽ dao động với tần số F quanh 2 đường biên ở bước 1 và bước 2
- Bước 4: lưu ý hiện tượng đảo (ngược) pha khi tín hiệu $m(t)$ đổi dấu

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

18

Điều chế DSB

- Biểu thức: $x_c(t) = A_c x(t) \cos \omega_c t$
- Dạng sóng
- Phổ: $X_c(f) = \frac{1}{2} A_c X(f - f_c) \quad f > 0$
- Băng thông: $B_T = 2W$
- Công suất (trung bình): $S_T = 2P_{sb} = \frac{1}{2} A_c^2 S_x$
- Công suất đường bao đỉnh: A_{\max}^2

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

19

4.3 Điều chế SSB

- Điều chế một (đơn) biên: Single-SideBand
- 1) Có mấy loại điều chế SSB?
 - 2) Cách thu được tín hiệu SSB?
 - 3) Loại bộ lọc và băng thông tương ứng để thu được tín hiệu SSB?

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

20



Điều chế SSB dùng bộ lọc

▪ Thông số: U hay L

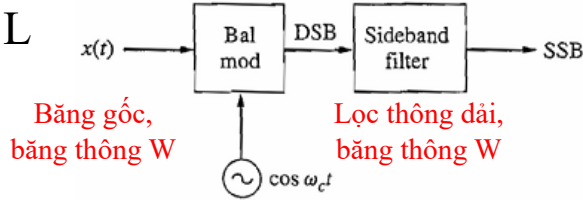
▪ Biểu thức

▪ Dạng sóng

▪ Phổ

▪ Băng thông $B_T \equiv W$ $x_c(t) = \frac{A_c A_m}{2} \cos(\omega_c \pm \omega_m)t$

▪ Công suất $S_T = P_{SB} = \frac{1}{4} A_c^2 S_x$



$$x(t) = A_m \cos \omega_m t$$

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

21



Ghi nhớ

▪ $x_{DSB}(t) = x_{LSSB}(t) + x_{USSB}(t)$

▪ $P_{USSB} = P_{LSSB} = 0.5 P_{DSB}$

▪ Với tín hiệu thông tin băng gốc băng thông W:

– Bộ lọc điều chế đơn biên: lọc thông dải

• Biên trên USSB: $[f_c \div f_c + W]$

• Biên dưới LSSB: $[f_c - W \div f_c]$

– $BW_{USSB} = BW_{LSSB} = 0.5 BW_{DSB} = W$

– Trong trường hợp không nhiều, các bộ lọc điều chế có thể xem xét ở khía cạnh lý thuyết toán học

• Biên trên USSB: lọc thông cao với tần số cắt f_c

• Biên dưới LSSB: lọc thông thấp với tần số cắt f_c

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

22



Ví dụ 6

Cho tín hiệu thông tin $x(t) = 0.5 \sin(8\pi t)$ điều chế USSB với sóng mang $10 \cos(30\pi t)$.

- 1) Viết biểu thức của tín hiệu sau điều chế USSB.
- 2) Vẽ dạng sóng của tín hiệu sau điều chế USSB.
- 3) Vẽ phổ biên độ của tín hiệu sau điều chế USSB.
- 4) Tính băng thông của tín hiệu sau điều chế USSB.
- 5) Tính công suất của tín hiệu sau điều chế USSB.
- 6) Tính công suất đỉnh của tín hiệu sau điều chế USSB.
- 7) Tính hiệu suất công suất.

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

23



Ví dụ 7

Cho tín hiệu thông tin $x(t) = 0.5 \cos(6\pi t) - 0.5 \sin(8\pi t)$ điều chế USSB với sóng mang $10 \cos(30\pi t)$.

- 1) Viết biểu thức của tín hiệu sau điều chế USSB.
- 2) Vẽ dạng sóng của tín hiệu sau điều chế USSB.
- 3) Vẽ phổ biên độ của tín hiệu sau điều chế USSB.
- 4) Tính băng thông của tín hiệu sau điều chế USSB.
- 5) Tính công suất của tín hiệu sau điều chế USSB.
- 6) Tính công suất đỉnh của tín hiệu sau điều chế USSB.
- 7) Tính hiệu suất công suất.

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

24



Ví dụ 8

Cho tín hiệu thông tin $x(t) = 0.5\cos(6\pi t) - 0.5\sin(8\pi t)$ điều chế LSSB với sóng mang $10\cos(30\pi t)$.

- 1) Viết biểu thức của tín hiệu sau điều chế LSSB.
- 2) Vẽ dạng sóng của tín hiệu sau điều chế LSSB.
- 3) Vẽ phổ biên độ của tín hiệu sau điều chế LSSB.
- 4) Tính băng thông của tín hiệu sau điều chế LSSB.
- 5) Tính công suất của tín hiệu sau điều chế LSSB.
- 6) Tính công suất đỉnh của tín hiệu sau điều chế LSSB.
- 7) Tính hiệu suất công suất.

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

25



Ví dụ 9

Cho tín hiệu thực có phổ hình tam giác đối xứng từ $[-4, 4]$ KHz. Vẽ phổ biên độ trong các trường hợp sau:

- 1) Điều chế LSSB với sóng mang 10 KHz.
- 2) Điều chế LSSB với sóng mang 5 KHz.
- 3) Điều chế hai lần liên tiếp LSSB với sóng mang 5 KHz.
- 4) Điều chế LSSB với sóng mang 4 KHz.
- 5) Điều chế LSSB với sóng mang 3 KHz.



Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

26



Ví dụ 10

Cho tín hiệu thực có phổ hình tam giác đối xứng từ $[-4, 4]$ KHz. Vẽ phổ biên độ trong các trường hợp sau:

- 1) Điều chế USSB, sau đó lấy kết quả điều chế LSSB với cùng sóng mang 5 KHz.
- 2) Điều chế LSSB, sau đó lấy kết quả điều chế USSB với cùng sóng mang 5 KHz.
- 3) Điều chế LSSB với sóng mang 5 KHz, sau đó lấy kết quả điều chế USSB với sóng mang 10 KHz.
- 4) Điều chế USSB với sóng mang 10 KHz, sau đó lấy kết quả điều chế LSSB với sóng mang 5 KHz.

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

27



Biến đổi Hilbert

$$H_Q(f) = -j \operatorname{sgn} f = \begin{cases} -j & \text{for } f > 0 \\ +j & \text{for } f < 0 \end{cases} \quad h_Q(t) = \frac{1}{\pi t}$$

Xoay pha -90° (tần số dương)

-90° Phase-shift for $f > 0$
 90° Phase-shift for $f < 0$
 $|H_Q(f)| = 1$ for all frequencies

$$\hat{x}(t) = x(t) * h_Q(t) = \frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x(\lambda)}{t - \lambda} d\lambda$$

$$F[\hat{x}(t)] = (-j \operatorname{sgn} f) X(f)$$

$$x(t) = A \cos(\omega_0 t + \phi)$$

$$\hat{x}(t) = A \sin(\omega_0 t + \phi)$$

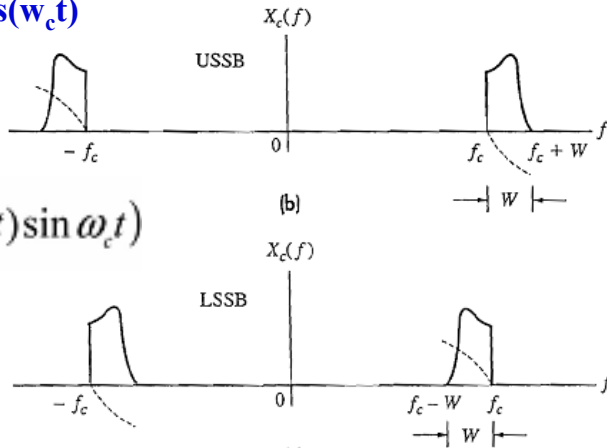
Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

28

Điều chế SSB dùng biến đổi Hilbert

- sóng_mang = $A_c \cos(\omega_c t)$
- thông_tin = $x(t)$

$$\frac{A_c}{2} (x(t) \cos \omega_c t \mp \hat{x}(t) \sin \omega_c t)$$



$$0.5 \times \text{thông_tin} * \text{sóng_mang} \mp 0.5 \times \text{thông_tin}_{\text{Hilbert}} * \text{sóng_mang}_{\text{Hilbert}}$$

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

29

Ví dụ 11

Cho tín hiệu thông tin $x(t) = 0.5 \sin(8\pi t)$ điều chế USSB với sóng mang $10 \cos(30\pi t)$. (Xem lại ví dụ 6)

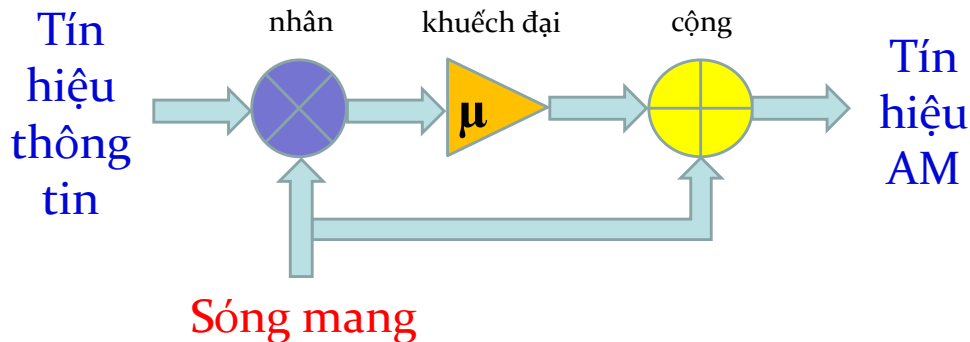
Viết biểu thức của tín hiệu sau điều chế USSB dùng biến đổi Hilbert và tính giá trị tại $t = 1,02$.

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

30

4.4 Điều chế AM

- Điều chế biên độ với **chỉ số (hệ số) điều chế** $\mu > 0$



Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

31

Ví dụ 12

Cho tín hiệu thông tin $x(t) = 0.5 \cos(6\pi t)$ điều chế AM 80% với sóng mang $10 \cos(30\pi t)$.

- Viết biểu thức của tín hiệu sau điều chế AM.
- Vẽ dạng sóng của tín hiệu sau điều chế AM.
- Vẽ phổ biên độ của tín hiệu sau điều chế AM.
- Tính băng thông của tín hiệu sau điều chế AM.
- Tính công suất của tín hiệu sau điều chế AM.
- Tính công suất đỉnh của tín hiệu sau điều chế AM.
- Tính hiệu suất công suất.

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

32



Ví dụ 13

Cho tín hiệu thông tin $x(t) = 0.5\cos(6\pi t) + 0.5\sin(8\pi t)$ điều chế AM 80% với sóng mang $10\cos(30\pi t)$.

- 1) Viết biểu thức của tín hiệu sau điều chế AM.
- 2) Vẽ dạng sóng của tín hiệu sau điều chế AM.
- 3) Vẽ phổ biên độ của tín hiệu sau điều chế AM.
- 4) Tính băng thông của tín hiệu sau điều chế AM.
- 5) Tính công suất của tín hiệu sau điều chế AM.
- 6) Tính công suất đỉnh của tín hiệu sau điều chế AM.
- 7) Tính hiệu suất công suất.



Ví dụ 14

Cho tín hiệu thông tin $x(t) = 0.5\cos(6\pi t) + 0.5$ điều chế AM 80% với sóng mang $10\cos(30\pi t)$.

- 1) Viết biểu thức của tín hiệu sau điều chế AM.
- 2) Vẽ dạng sóng của tín hiệu sau điều chế AM.
- 3) Vẽ phổ biên độ của tín hiệu sau điều chế AM.
- 4) Tính băng thông của tín hiệu sau điều chế AM.
- 5) Tính công suất của tín hiệu sau điều chế AM.
- 6) Tính công suất đỉnh của tín hiệu sau điều chế AM.
- 7) Tính hiệu suất công suất.



Ví dụ 14b

Cho tín hiệu thông tin $x(t) = 0.5\cos(6\pi t) - 0.5$ điều chế AM 80% với sóng mang $10\cos(30\pi t)$.

- 1) Viết biểu thức của tín hiệu sau điều chế AM.
- 2) Vẽ dạng sóng của tín hiệu sau điều chế AM.
- 3) Vẽ phổ biên độ của tín hiệu sau điều chế AM.
- 4) Tính băng thông của tín hiệu sau điều chế AM.
- 5) Tính công suất của tín hiệu sau điều chế AM.
- 6) Tính công suất đỉnh của tín hiệu sau điều chế AM.
- 7) Tính hiệu suất công suất.



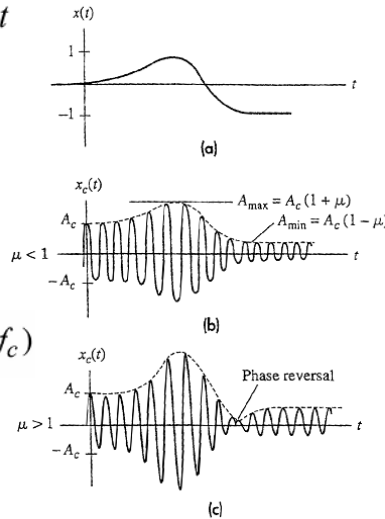
Ví dụ 14c

Cho tín hiệu thông tin $x(t) = 0.5\cos(6\pi t) - 0.5$ điều chế AM 200% với sóng mang $10\cos(30\pi t)$.

- 1) Viết biểu thức của tín hiệu sau điều chế AM.
- 2) Vẽ dạng sóng của tín hiệu sau điều chế AM.
- 3) Vẽ phổ biên độ của tín hiệu sau điều chế AM.
- 4) Tính băng thông của tín hiệu sau điều chế AM.
- 5) Tính công suất của tín hiệu sau điều chế AM.
- 6) Tính công suất đỉnh của tín hiệu sau điều chế AM.
- 7) Tính hiệu suất công suất.

Điều chế AM

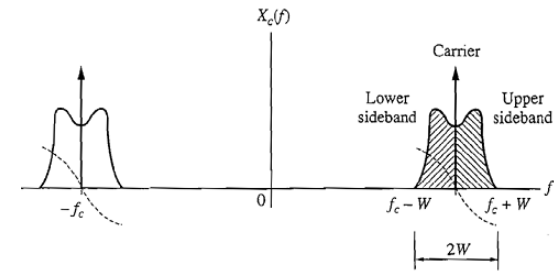
- Biểu thức: $x_c(t) = A_c(1 + \mu x(t))\cos\omega_c t$
- Thông số: chỉ số điều chế $\mu > 0$
- Dạng sóng
 - **Quá điều chế**: đường bao sau điều chế bị méo dạng so với tín hiệu gốc.
- Phổ $X_c(f) = \frac{1}{2}A_c\delta(f-f_c) + \frac{\mu}{2}A_cX(f-f_c)$
- Băng thông $B_T = 2W \quad f > 0$
- Công suất $S_T = \frac{1}{2}A_c^2(1 + \mu^2 S_x)$



Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

37

Đánh giá điều chế AM



$$S_T = P_c + 2P_{sb} = \frac{1}{2}A_c^2 + 2\left(\frac{\mu^2}{2}S_x P_c\right)$$

- Lãng phí công suất
- Lãng phí băng thông

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

38

Ví dụ 15

Suppose a voice signal has $|x(t)|_{\max} = 1$ and $S_x = 1/5$. Calculate the values of S_T and A_{\max}^2 needed to get $P_{sb} = 10$ W for DSB and for AM with $\mu = 1$.

$$\text{DSB: } S_T = 2P_{sb} = 20 \text{ W}, A_{\max}^2 = \frac{P_{sb}}{S_x/4} = 200 \text{ W}$$

$$\text{AM: } P_c = \frac{P_{sb}}{\frac{1}{2}\mu^2 S_x} = 100 \text{ W} \Rightarrow S_T = P_c + 2P_{sb} = 120 \text{ W and}$$

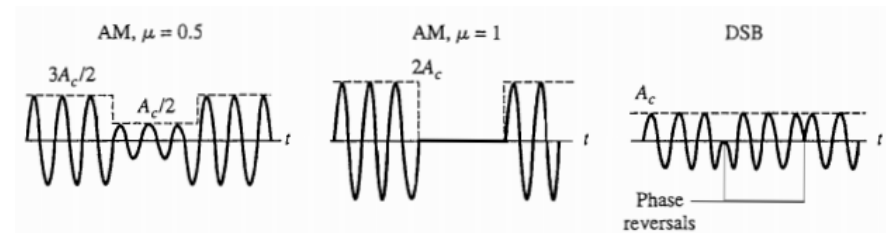
$$A_{\max}^2 = \frac{P_{sb}}{S_x/16} = 800 \text{ W}$$

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

39

Ví dụ 16

Let the modulating signal be a *square wave* that switches periodically between $x(t) = +1$ and $x(t) = -1$. Sketch $x_c(t)$ when the modulation is AM with $\mu = 0.5$, AM with $\mu = 1$, and DSB. Indicate the envelopes by dashed lines.

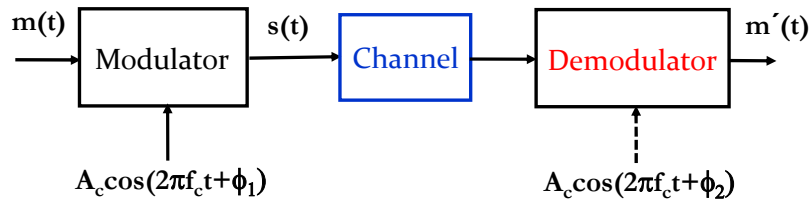


Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

40

4.5 Giải điều chế

- Đồng bộ (nhất quán): $\phi_2 \approx \phi_1$ (giả sử kênh truyền không gây trễ)
- Không đồng bộ: không cần khôi phục sóng mang



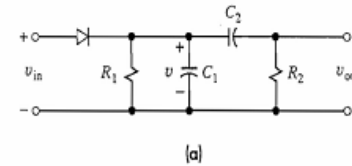
Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

41

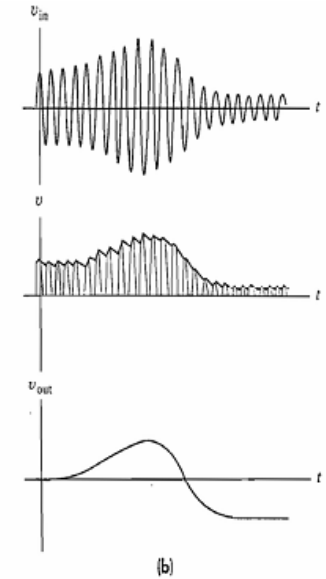
Tách sóng đường bao (không đồng bộ)

$$v_{in}(t) = m(t) \cdot \cos(2\pi f_c t + \phi)$$

$$v_{out}(t) = |m(t)|$$



$$W \ll \frac{1}{R_1 C_1} \ll f_c$$

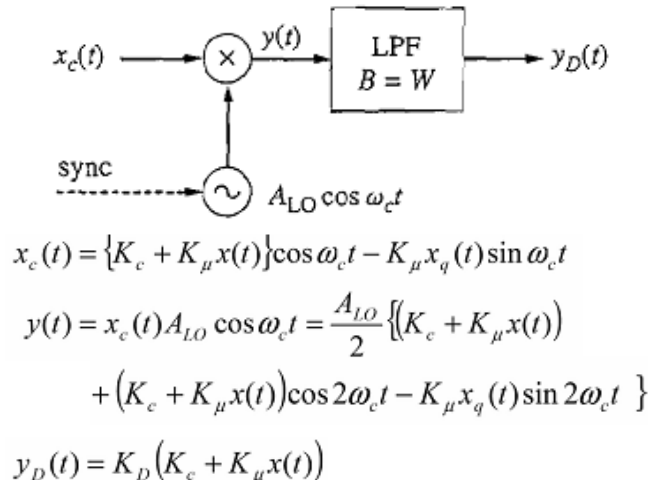


Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

42

Tách sóng đồng bộ (tích)

- Đồng bộ tần số và pha của sóng mang.



Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

43

Ví dụ 17

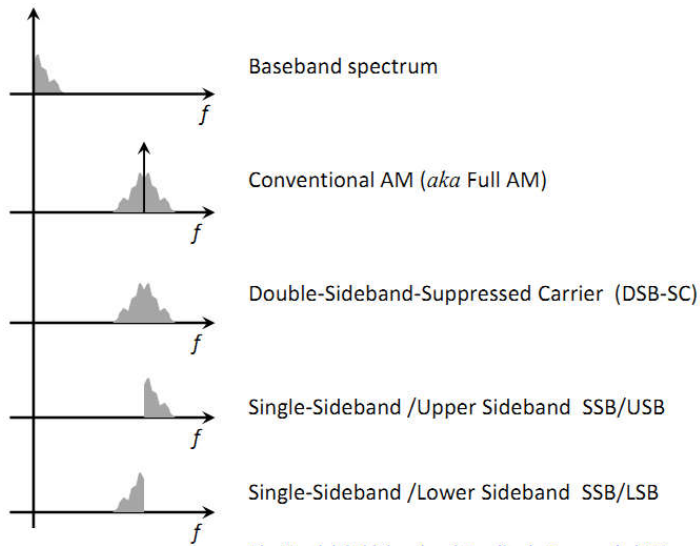
- A frequency-translated baseband signal (frequency shifted by f_c), denoted by $m(t)$, is $v(t) = m(t) \cdot \cos(2\pi f_c t)$. We can recover $m(t)$ by multiplying $v(t)$ by a local oscillator signal given by $\cos(2\pi f_c t + \theta)$. You are asked to investigate the effect of the offset in phase angle θ .

- 1) The modulation product of $v(t)$ and $\cos(\omega_c t + \theta)$ is passed through a low-pass filter rejecting the double-frequency term. After filtering, what is the signal output?
- 2) Next, using the result from part (a) above, what is the output of the filter when θ is equal to $\pi/2$ radians?
- 3) How much phase shift θ can be tolerated for a decrease no greater than 10% of the magnitude at the output of the filter?

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

44

Phổ các loại điều chế biên độ

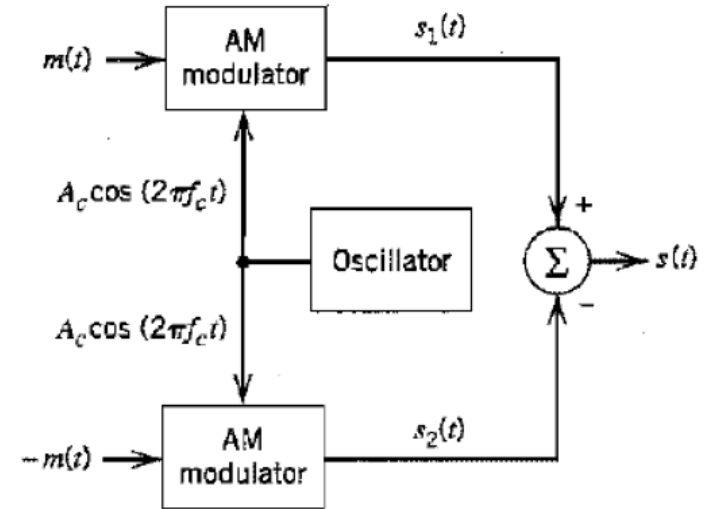


Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

45

Bộ điều chế cân bằng

- Viết biểu thức $s_1(t)$, $s_2(t)$, $s(t)$.
- Cho biết loại điều chế của tín hiệu $s(t)$.

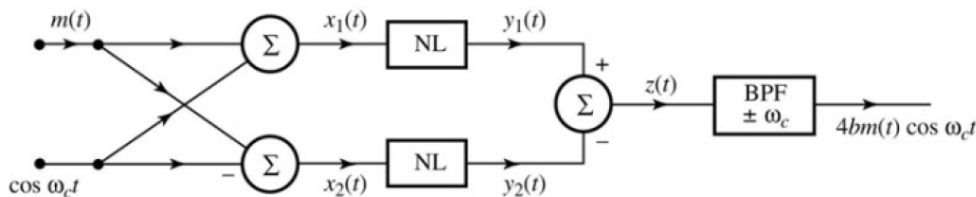


Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

46

Bộ điều chế phi tuyến

- Mạch nhân trong điều chế hai biên khó thực hiện, đặc biệt trong trường hợp thông tin tần số thấp còn sóng mang lại tần số cao!
- Thành phần phi tuyến (NL): $y(t) = ax(t) + bx^2(t)$



Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

47

Bộ điều chế chuyển mạch (switching)

- Nhân tín hiệu thông tin $m(t)$ với tín hiệu tuần hoàn bất kỳ $w(t)$.

$$w(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} D_n e^{j2\pi f_c n t}$$

$$m(t)w(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} D_n m(t) e^{j2\pi f_c n t}$$

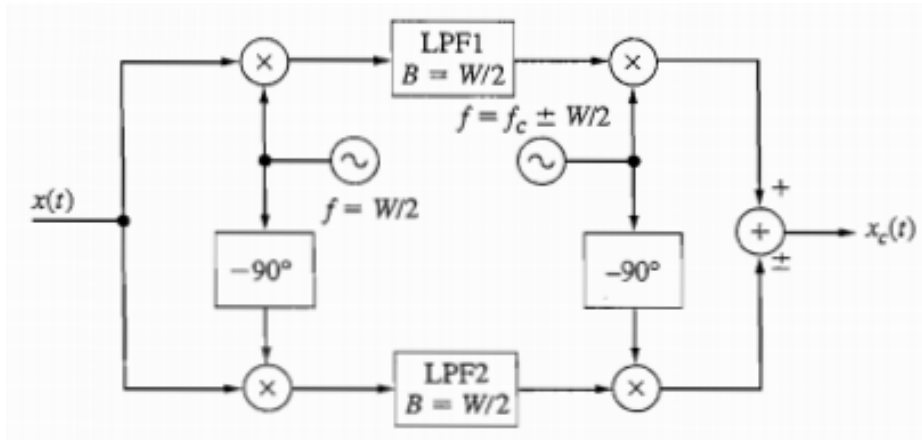
- Tín hiệu $m(t).w(t)$ có phổ $M(f)$ dịch $\pm k.f_c$
- Sử dụng bộ lọc thông dải để thu được tín hiệu sau điều chế tương ứng.
- Thành phần chuyển mạch (khóa): diode chỉnh lưu \rightarrow thực hiện chức năng tương đương $m(t).w(t)$

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

48

Weaver SSB

- LO1 và LO2 khác nhau.

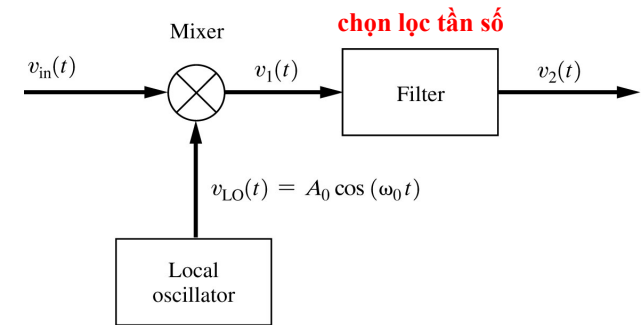


Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

49

4.6 Đổi tần (bộ trộn) Converter/Mixer

- Nguyên lý hoạt động
- Sơ đồ khối
- Tính chất
- Phân loại
- Tần số ảnh

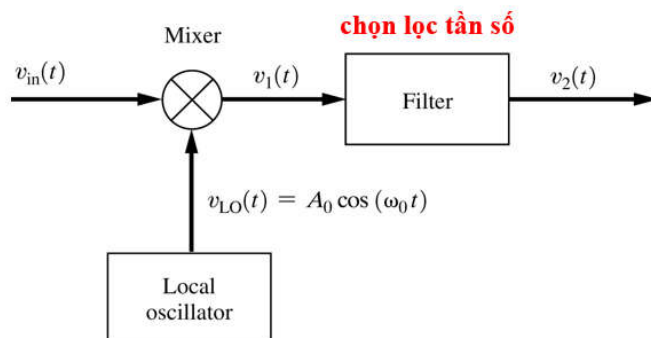


Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

50

Ví dụ

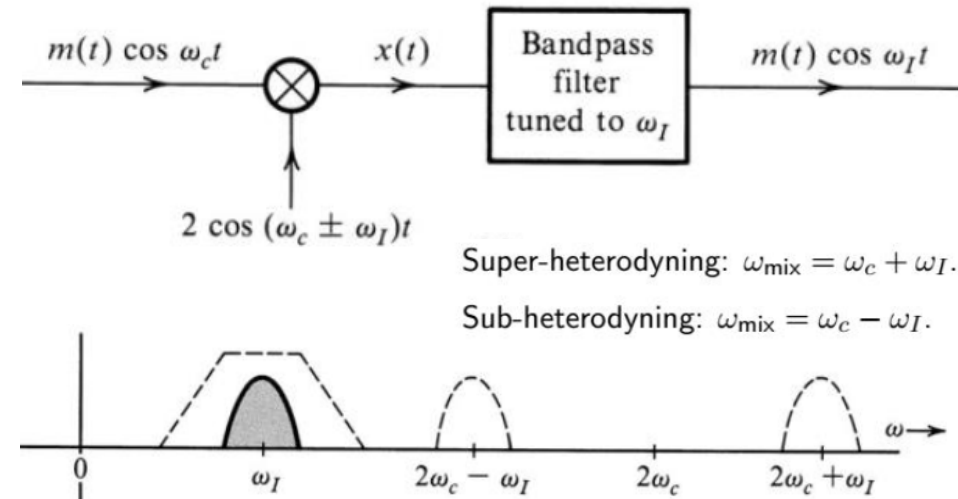
- Giả sử $v_{in}(t) = A_{in} \cos(\omega_{in} t)$.
- Xác định các thành phần tần số của $v_1(t)$ và $v_2(t)$?
 - Xác định các thông số của bộ chọn lọc tần số?



Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

51

Phân loại bộ đổi tần

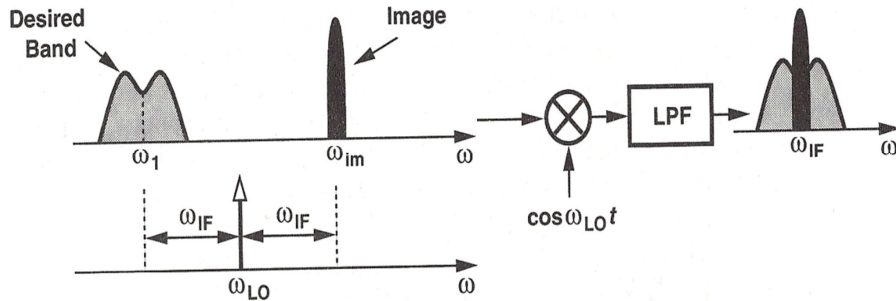


Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

52

Tần số ảnh

- Tần số khác với tần số ban đầu ở ngõ vào bộ đổi tần nhưng lại cho cùng kết quả tần số ở ngõ ra bộ đổi tần.

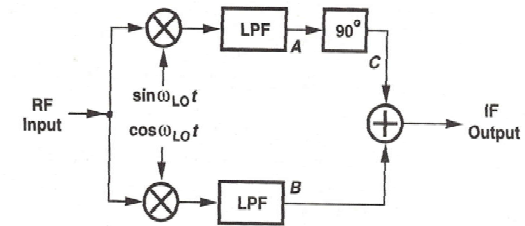


Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

53

Loại bỏ tần số ảnh (Bộ thu Hartley)

- $\varphi_{in}(t) = A \cdot \cos(2\pi f_{RF} t) + B \cdot \cos(2\pi f_{IM} t)$



$$\varphi_A(t) = -\frac{A_{RF}}{2} \sin((\omega_{RF} - \omega_{LO})t) + \frac{A_{im}}{2} \sin((\omega_{LO} - \omega_{im})t)$$

$$\varphi_B(t) = \frac{A_{RF}}{2} \cos((\omega_{LO} - \omega_{RF})t) + \frac{A_{im}}{2} \cos((\omega_{LO} - \omega_{im})t)$$

$$\varphi_C(t) = \frac{A_{RF}}{2} \cos((\omega_{RF} - \omega_{LO})t) - \frac{A_{im}}{2} \cos((\omega_{LO} - \omega_{im})t)$$

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

54

Bộ thu trong điều chế tương tự

- Cộng hưởng tần số sóng mang: lựa chọn tín hiệu muốn thu.
- Lọc thông dải: phân biệt tín hiệu muốn thu từ những tín hiệu thu được khác cùng với nó.
- Khuếch đại: bù trừ suy hao kênh truyền.
- Giải điều chế**

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

55

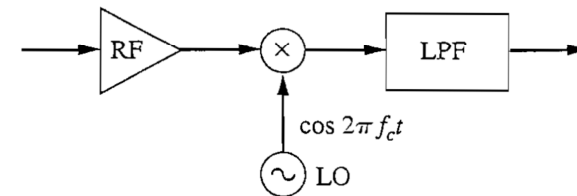
Bộ thu đổi tần trực tiếp (1) (homodyne)

- 2 biên

$$x_c(t) = A_c \cos 2\pi(f_c + f_1)t \text{ (upper sideband)}$$

$$+ A'_c \cos 2\pi(f_c - f_2)t \text{ (lower sideband)}$$

$$x(t) = \frac{A_c}{2} \cos 2\pi f_1 t + \frac{A'_c}{2} \cos 2\pi f_2 t$$

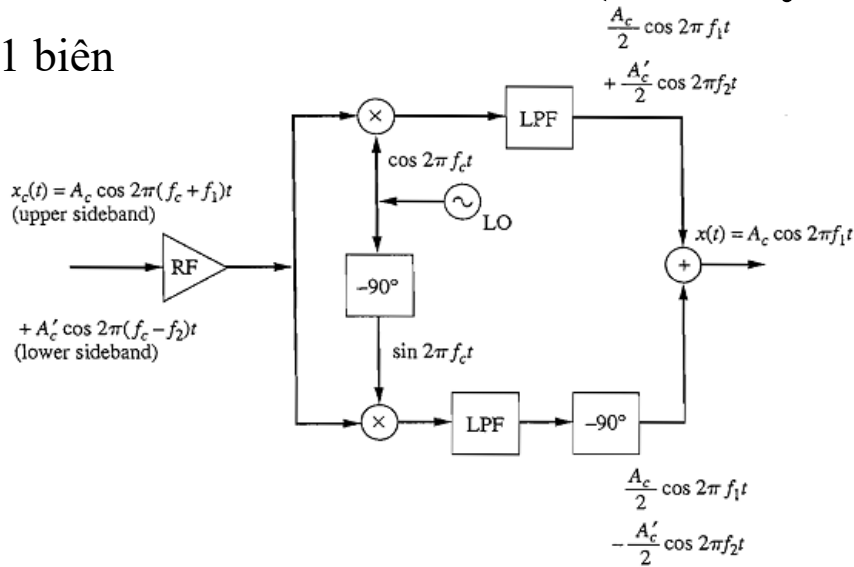


Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

56

Bộ thu đổi tần trực tiếp (2) (homodyne)

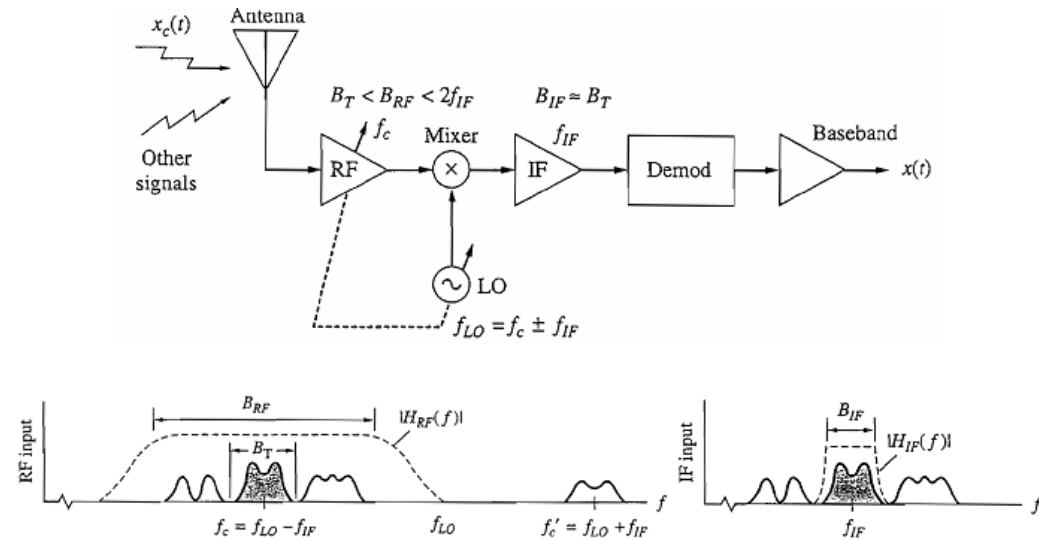
■ 1 biên



Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

57

Bộ thu đổi tần trung gian (superheterodyne)



Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

58

Vô tuyến quảng bá AM/FM

| | AM | FM |
|------------------------|--------------|----------------|
| Carrier frequency | 540–1600 kHz | 88.1–107.9 MHz |
| Carrier spacing | 10 kHz | 200 kHz |
| Intermediate frequency | 455 kHz | 10.7 MHz |
| IF bandwidth | 6–10 kHz | 200–250 kHz |
| Audio bandwidth | 3–5 kHz | 15 kHz |

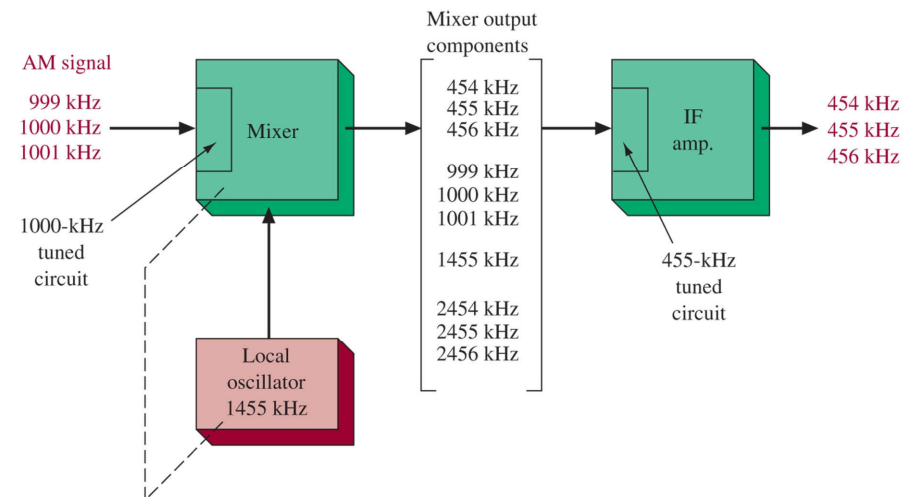


- Tìm số đài tối đa?
- Tìm tần số dao động nội?
- Tìm phạm vi tần số ảnh?

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

59

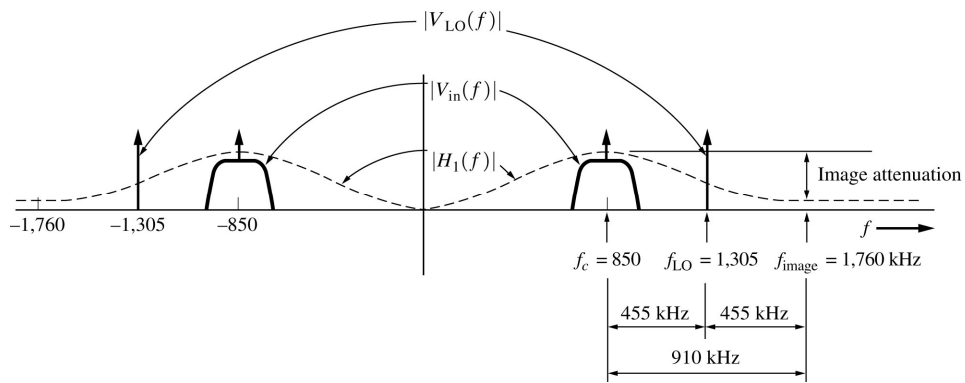
Ví dụ 18



Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

60

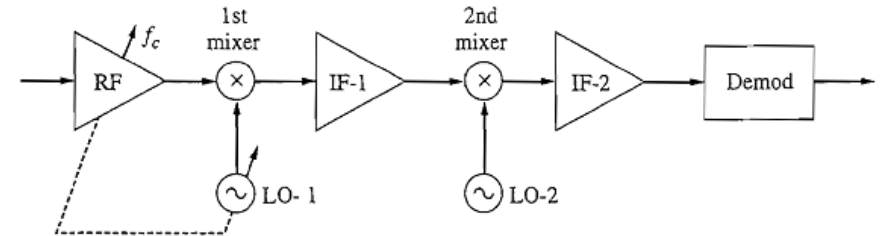
Ví dụ 19



Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

61

Bộ thu đôi tần hai lần



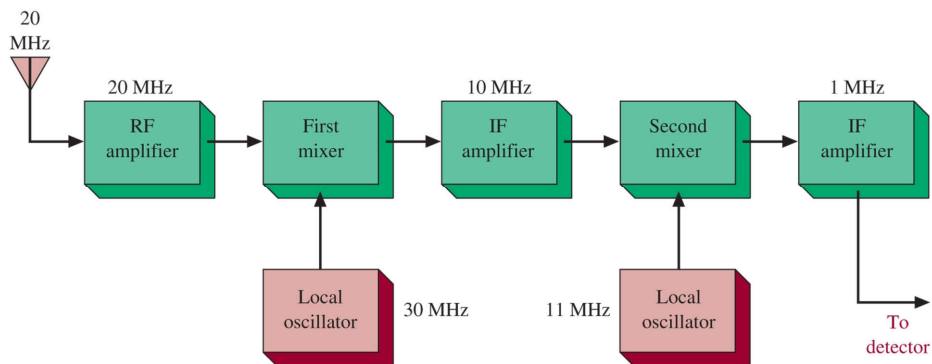
- IF-1: loại tần số ảnh lớn
- IF-2: dễ thiết kế bộ lọc loại bỏ tín hiệu kênh kề

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

62

Ví dụ 20

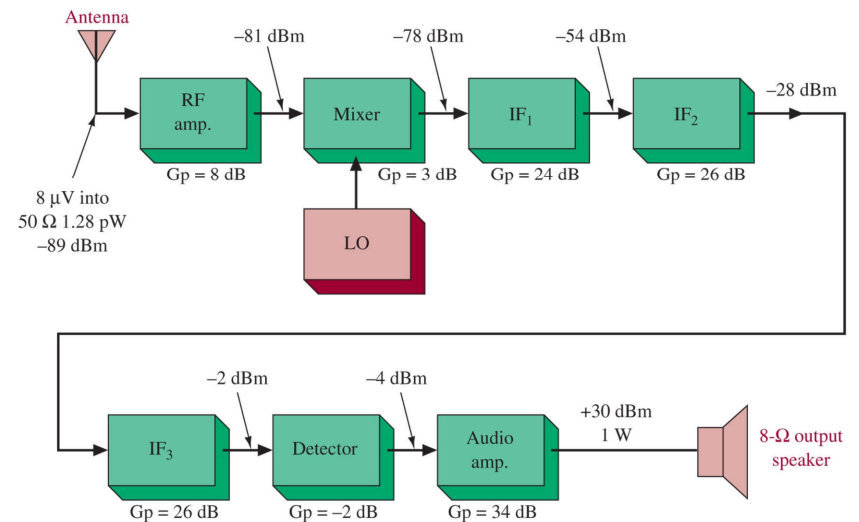
- Tìm các tần số ảnh?



Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

63

Ví dụ 21



Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

64



Tóm tắt

- Đặc tính và phân loại điều chế sóng mang liên tục tuyến tính?
- Thông số, biểu thức, dạng sóng, phổ, băng thông, công suất và sơ đồ điều chế/giải điều chế?
- Mối quan hệ giữa các loại điều chế?
- So sánh ưu nhược điểm của mỗi loại điều chế?
- Ứng dụng của mỗi loại điều chế?
- Biến đổi Hilbert dùng trong SSB?
- Nguyên lý hoạt động, tính chất và ứng dụng của bộ đổi tần?
- Tần số ảnh và cách khắc phục?
- Sự giống nhau và khác nhau giữa đổi tần và điều chế?
- Sự giống nhau và khác nhau giữa các bộ lọc trong điều chế SSB, giải điều chế đồng bộ, đổi tần và lọc thu cao tần?

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

65



Bài tập 1

- Cho tín hiệu sau điều chế có phổ biên độ (tần số dương) $|Y(F)| = \delta(F - 11@) + 5\delta(F - 13@) + \delta(F - 15@)$ (F:KHz). Xác định 1 biểu thức thích hợp của tín hiệu cần điều chế (thỏa điều kiện chuẩn hóa) và sóng mang trong các trường hợp sau:
 - a) Điều chế biên độ AM.
 - b) Điều chế hai biên triệt sóng mang DSB.
 - c) Điều chế biên trên USSB.
 - d) Điều chế biên dưới LSSB.

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

66



Bài tập 2

- Cho phổ biên độ (tần số dương) của tín hiệu sau điều chế có dạng $|X_c(F)| = 10\delta(F - 48) + 9@\delta(F - 50) + 10\delta(F - 52)$ (F:Hz). Xác định 1 loại điều chế tương tự kèm thông số thích hợp cùng biểu thức của sóng mang (có biên độ và tần số càng nhỏ càng tốt) và tín hiệu thông tin chuẩn hóa cần điều chế.

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

67



Bài tập 3

- Cho tín hiệu đơn tần cần điều chế $x(t) = 0.8\cos 4\pi t$ (t:ms) và sóng mang $10\sin 2@\pi t$ (t:ms).
 - a) Tín hiệu $x(t)$ được điều chế biên độ (AM) với chỉ số điều chế $\mu = 0.5$. Vẽ dạng sóng của tín hiệu sau điều chế.
 - b) Tín hiệu $x(t)$ được điều chế hai biên triệt sóng mang (DSB). Tính công suất của tín hiệu sau điều chế.
 - c) Tín hiệu $x(t)$ được điều chế biên trên (USSB). Viết biểu thức (theo thời gian) của tín hiệu sau điều chế. Tính giá trị của tín hiệu sau điều chế tại thời điểm $t = 20.19$ ms.
 - d) Thiết kế 1 sơ đồ nguyên lý thực hiện điều chế DSB từ các bộ điều chế AM (chỉ số điều chế μ , bộ tạo sóng mang nằm trong bộ điều chế), bộ khuếch đại và bộ cộng.

Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

68

Bài tập 4

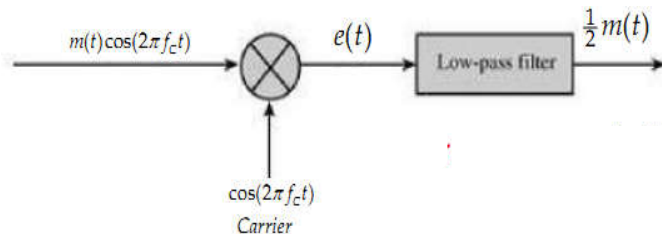
- Cho sóng mang có biểu thức $10\cos 100\pi t$ (t:ms).
- a) Cho tín hiệu $x(t) = \cos 2\pi t$ (t:ms) được điều chế biên độ (AM) 80% rồi đưa qua kênh truyền có suy hao toàn tuyến là 20dB. Tính tỉ số công suất tín hiệu trên nhiễu tại ngõ vào bộ lọc thu lý tưởng, giả sử nhiễu trên kênh truyền được mô hình như AWGN với hàm mật độ phổ công suất hai phía $G_n(f) = N_0/2 = 10^{-10}$ W/Hz.
- b) Cho tín hiệu $x(t) = \sin^2 2\pi t$ (t:ms) được điều chế hai biên triệt sóng mang (DSB). Vẽ dạng sóng và vẽ phổ biên độ (tần số dương) của tín hiệu sau điều chế.
- c) Cho tín hiệu $x(t) = 0.5\cos 2\pi t + 0.5\sin 2\pi t$ (t:ms) được điều chế biên dưới (LSSB). Xác định biểu thức (theo thời gian) và tính công suất của tín hiệu sau điều chế.

Bài tập 5

- Cho hệ thống thu vô tuyến quảng bá đối tần AM có các thông số sau: tần số sóng mang f_c của mỗi đài AM thay đổi từ 540KHz đến 1600KHz với khoảng cách giữa hai sóng mang liên tiếp là 10KHz.
- a) Trong trường hợp tần số trung tần $f_{IF} = 455$ KHz và tần số bộ dao động nội $f_{LO} > f_c$, xác định phạm vi thay đổi của tần số bộ dao động nội f_{LO} để có thể thu tối đa các đài AM và xác định phạm vi ảnh hưởng của tần số ảnh.
- b) Tìm điều kiện của tần số trung tần f_{IF} để phạm vi tần số ảnh nằm ngoài toàn bộ băng tần AM.

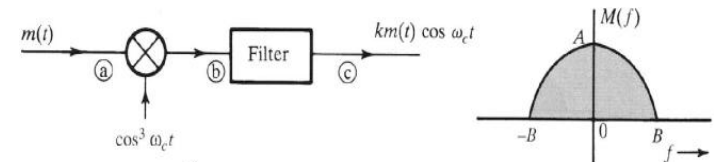
Bài tập 6

Tín hiệu băng gốc $m(t)$ có băng thông $W \ll f_c$.



- 1) Vẽ phổ biên độ của tín hiệu $e(t)$.
- 2) Tìm băng thông của bộ LPF.
- 3) Cho biết ứng dụng của hệ thống trên.

Bài tập 7

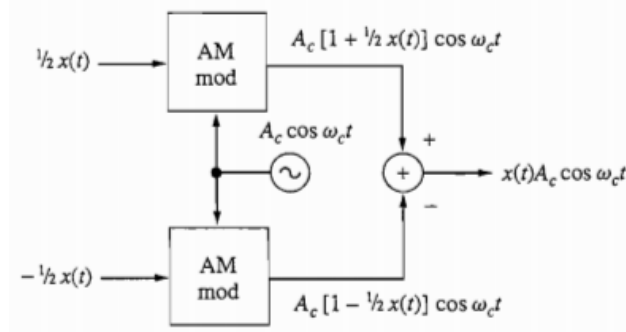


- 1) Describe the filter you would need to generate an output of $km(t) \cdot \cos(\omega_c t + \theta)$, where $m(t)$ is a signal band-limited to B Hertz and k is a constant.
- 2) Determine the signal spectra at nodes labeled "b" and "c," and indicate the frequency bands occupied by at the spectra at both nodes.
- 3) What is the minimum usable value of ω_c possible?
- 4) Would this modulator scheme work if the carrier output were changed to $\sin^3(\omega_c t)$ instead? Explain clearly the reason for your answer.
- 5) Will the same modulator scheme work if the carrier generator output were $\cos^n(\omega_c t)$, for any integer $n \geq 2$, instead? If yes, why does it?

Bài tập 8

4.3-6

Find the output signal in Fig. 4.3-5 (p. 161) when the AM modulators are **unbalanced**, so that one nonlinear element has $v_{out} = a_1 v_{in} + a_2 v_{in}^2 + a_3 v_{in}^3$ while the other has $v_{out} = b_1 v_{in} + b_2 v_{in}^2 + b_3 v_{in}^3$.



Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

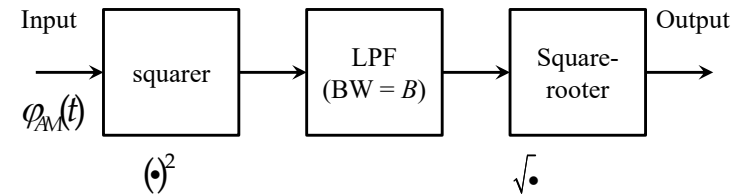
73

Bài tập 9

A conventional AM signal of the form

$$\phi_{AM}(t) = A[1 + km(t)] \cdot \cos(2\pi f_c t)$$

is applied to the system shown below. Assuming $|m(t)| < 1$ for all time t , that $m(t)$ is band limited to within the range $-B \leq f \leq B$, and the carrier frequency is $f_c > 2B$. Prove that $m(t)$ can be extracted from the system's output.



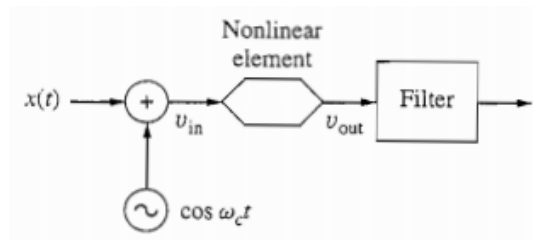
Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

74

Bài tập 10

4.3-1

The signal $x(t) = \frac{1}{2} \cos 2\pi 70t + \frac{1}{3} \cos 2\pi 120t$ is input to the square-law modulator system given in Fig. 4.3-3a (p. 160) with a carrier frequency of 10 kHz. Assume $v_{out} = a_1 v_{in} + a_2 v_{in}^2$. (a) Give the center frequency and bandwidth of the filter such that this system will produce a standard AM signal. (b) Determine values of a_1 and a_2 such that $A_c = 10$ and $\mu = \frac{1}{2}$.



Th.S. Nguyễn Thanh Tuấn

75