



第3章 复习与习题

第3章 复习与习题

1. 已知调制信号 $m(t) = \cos(2000\pi t) + \cos(4000\pi t)$ ，载波为 $\cos 104\pi t$ ，进行单边带调制，试确定该单边带信号的表示式，并画出频谱图。

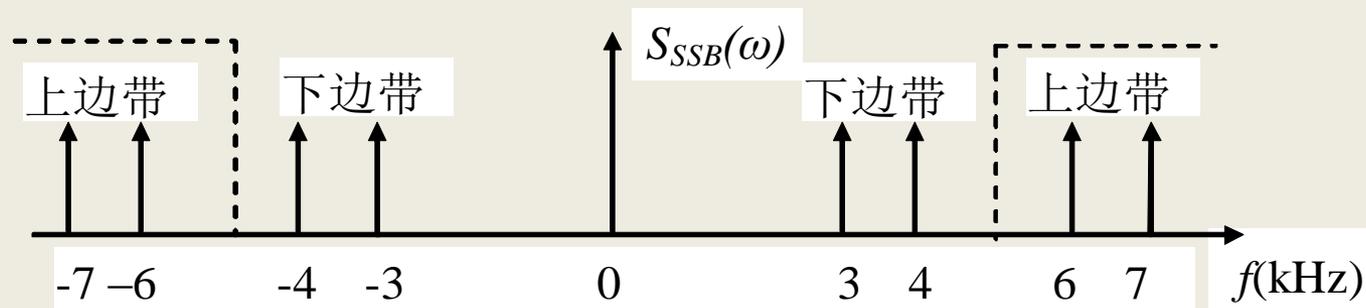
解：

$$\hat{m}(t) = \sin(2000\pi t) + \sin(4000\pi t)$$

$$s_{USB}(t) = m(t) \cos \omega_c t - \hat{m}(t) \sin \omega_c t = \cos(12000\pi t) + \cos(14000\pi t)$$

$$s_{LSB}(t) = m(t) \cos \omega_c t + \hat{m}(t) \sin \omega_c t = \cos(8000\pi t) + \cos(6000\pi t)$$

频谱图



第3章 复习与习题

2. 设某信道具有均匀的双边噪声功率谱密度 $P_n(f) = 0.5 \times 10^{-3} \text{ W/Hz}$ ，在该信道中传输抑制载波的双边带信号，并设调制信号 $m(t)$ 的频带限制在5KHz，而载波为100KHz，已调信号的功率为10KW。若接收机的输入信号在加至解调器之前，先经过一理想带通滤波器，试问：
- (1) 该理想带通滤波器应具有怎样的传输特性 $H(\omega)$ ？
 - (2) 解调器输入端的信噪功率比为多少？
 - (3) 解调器输出端的信噪功率比为多少？
 - (4) 求解调器输出端的噪声功率谱密度，并用图形表示出来。

第3章 复习与习题

解：1) 载频100KHz, DSB带宽 $B=2*5kHz=10kHz$
带通滤波器传输特性：

$$H(\omega) = \begin{cases} K, & 95kHz \leq |f| \leq 105kHz \\ 0, & other \end{cases}$$

2) 解调器输入端的噪声是窄带高斯噪声。

输入端的噪声功率 $N_i = 2P_n(f) \cdot B = 2 \times 0.5 \times 10^{-3} \times 10 \times 10^3 = 10W$

已知输入信号功率 $S_i = 10kW$ ，故有 $\frac{S_i}{N_i} = \frac{10 \times 10^3}{10} = 1000$

3) DSB的调制制度增益 $G=2$ ，因此

$$\frac{S_0}{N_0} = 2 \times \frac{S_i}{N_i} = 2000$$

第3章 复习与习题

3. 设某信道具有均匀的双边噪声功率谱密度

$P_n(f) = 0.5 \times 10^{-3} \text{ W/Hz}$, 在该信道中传输**振幅调制信号**, 并设调制信号 $m(t)$ 的**频带**限制于5kHz, **载频**是100kHz, **边带功率**为10kW, **载波功率**为40kW。若接收机的输入信号先经过一个合适的理想带通滤波器, 然后再加至包络检波器进行解调。试求:

- 1) 解调器输入端的信噪功率比;
- 2) 解调器输出端的信噪功率比;
- 3) 制度增益G。

第3章 复习与习题

解:

1) 设振幅调制信号 $S_{AM}(t) = [A + m(t)]\cos \omega_c t$,

则已调信号功率

$$S_i = \frac{A^2}{2} + \frac{\overline{m^2(t)}}{2} = P_c + P_s$$

$$\text{已知 } P_c = \frac{A^2}{2} = 40\text{kW} \quad P_s = \frac{\overline{m^2(t)}}{2} = 10\text{kW}$$

$$S_i = P_c + P_s = 40 + 10 = 50\text{kW}$$

输入端的噪声功率

$$N_i = 2P_n(f) \cdot B = 2 \times 0.5 \times 10^{-3} \times 5 \times 10^3 \times 2 = 10\text{W}$$

$$\text{故有输入信噪比 } \frac{S_i}{N_i} = \frac{50 \times 10^3}{10} = 5000$$

第3章 复习与习题

2) 在大信噪比, 即 $A + m(t) \gg n_i(t)$, 包络检波器的输出为

$$e(t) = A + m(t) + n_c(t)$$

故 $S_0 = \overline{m^2(t)} = 2 \times 10 \text{ kW} = 20 \text{ kW}$

输出噪声功率

$$N_0 = \overline{n_c^2(t)} = N_i = 10 \text{ W}$$

信噪比 $\frac{S_0}{N_0} = \frac{20 \times 10^3}{10} = 2000$

$$3) \quad G = \frac{S_0/N_0}{S_i/N_i} = \frac{2000}{5000} = \frac{2}{5}$$

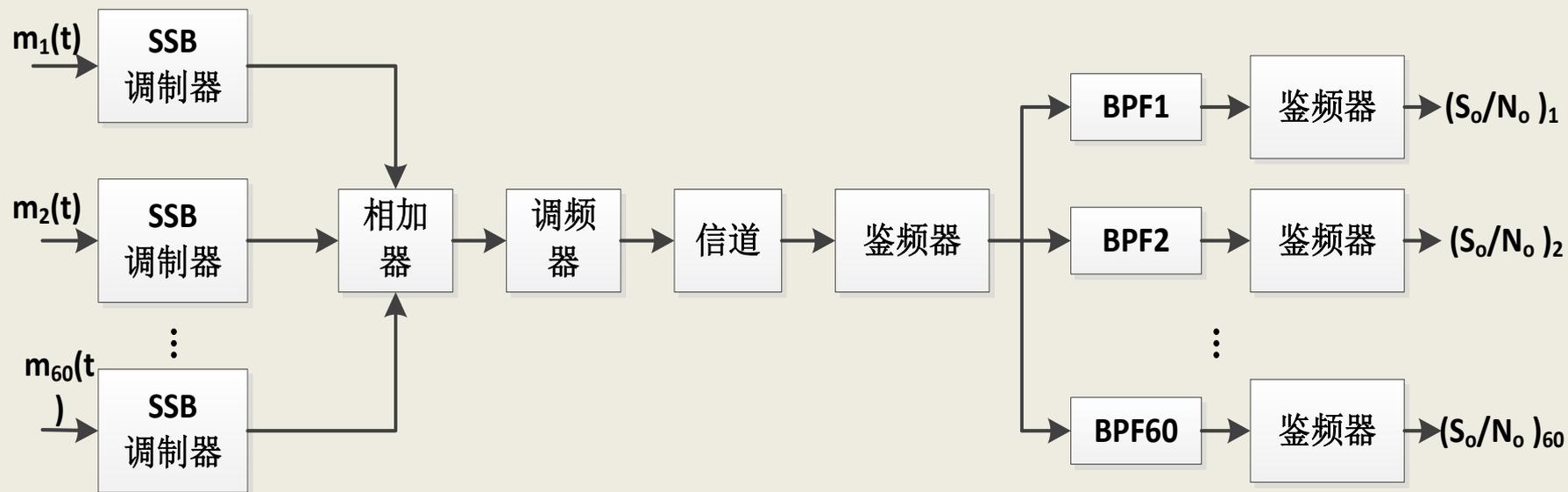


第3章 复习与习题

4. 设有一个频分多路复用系统，副载波用SSB调制，主载波用FM调制。如果有60路等幅的音频输入通路，则每路频带限制在 3.3 kHz 以下，防护频带为 0.7 kHz 。
- 1) 如果最大频偏为 800 kHz ，试求传输信号的带宽
 - 2) 试分析与第1路相比，第60路输出信噪比降低的程度（假定鉴频器输入的噪声是白噪声，且解调器中无去加重电路）。

第3章 复习与习题

解:





第3章 复习与习题

1)

60路SSB信号的总带宽为

$$B = [60 \times (3.3 + 0.7)] \text{ kHz} = 240 \text{ kHz}$$

频分复用SSB信号的截止频率

$$f_H = B = 240 \text{ kHz}$$

FM信号带宽为

$$B_{FM} = 2(\Delta f + f_H) = [2 \times (800 + 240)] \text{ kHz} = 2080 \text{ kHz}$$



第3章 复习与习题

$$2) \quad P_n(f) \propto f^2 \quad 0 \leq f \leq 240000$$

第1路SSB信号的频率范围为0~4000 Hz

第60路SSB信号的频率范围为236000~240000 Hz。

$$N_{i1} = \int_0^{4000} P_n(f) df$$

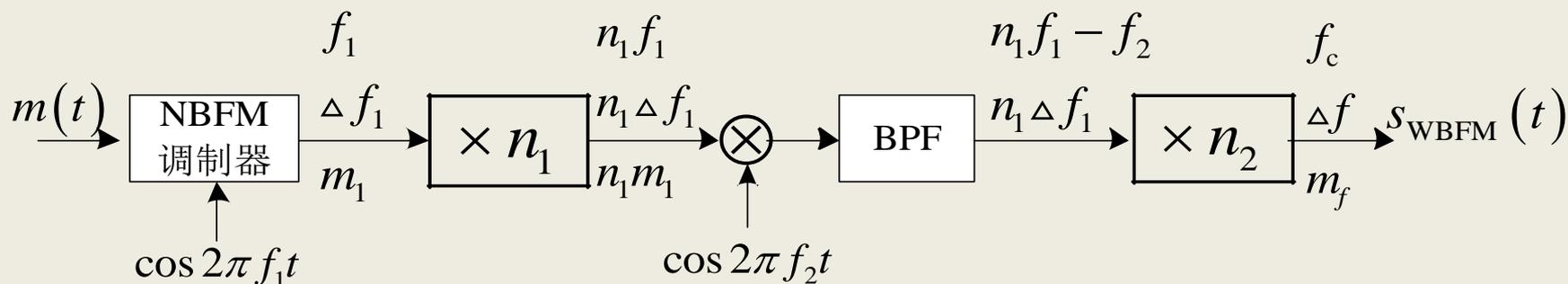
$$N_{i60} = \int_{236000}^{240000} P_n(f) df$$

与第1路相比，第60路输出信噪比降低约40分贝。

第3章 复习与习题

5. 在题图所示宽带调频方案中，设调制信号是 $f_m = 15 \text{ kHz}$ 的单频余弦信号，NBFM信号的载频 $f_1 = 200 \text{ kHz}$ ，最大频偏 $\Delta f_1 = 25 \text{ Hz}$ ；混频器参考频率 $f_2 = 10.9 \text{ MHz}$ ，选择倍频次数 $n_1 = 64, n_2 = 48$ 。

- 1) 求NBFM信号的调频指数；
- 2) 求调频发射信号（即WBFM信号）的载频、最大频偏和调频指数。



第3章 复习与习题

解： 1) NBFM信号的调频指数为

$$m_1 = \frac{\Delta f_1}{f_m} = \frac{25}{15 \times 10^3} = 1.67 \times 10^{-3}$$

2) 调频发射信号的载频

$$f_c = n_2(n_1 f_1 - f_2) = 48 \times (64 \times 200 \times 10^3 - 10.9 \times 10^6) = 91.2 \text{ MHz}$$

最大频偏

$$\Delta f = n_1 n_2 \Delta f_1 = 64 \times 48 \times 25 = 76.8 \text{ kHz}$$

调频指数

$$m_f = \frac{\Delta f}{f_m} = \frac{76.8 \times 10^3}{15 \times 10^3} = 5.12$$