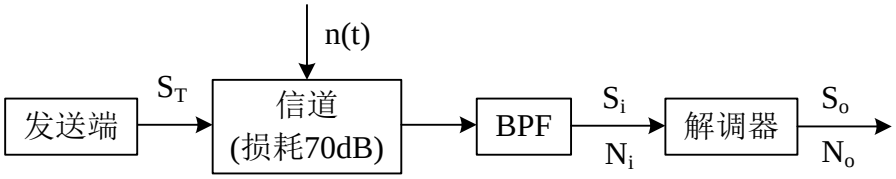
## 5-8

（1）DSB 信号的中心频率为 100KHz，带宽 B=2$f_H$=10KHz，所以理想带通滤波器的中心频率为 100KHz，带宽 10KHz。

（2）$S_T = 60dB = 10^6$，损耗$\alpha = 70dB = 10^7$




解调器输入端信号功率$S_i = S_T / \alpha = 10^6 / 10^7 = 10^{-1}$（W）

（或者$S_i = 60dB - 70dB = -10dB = 10^{-1}$（W））

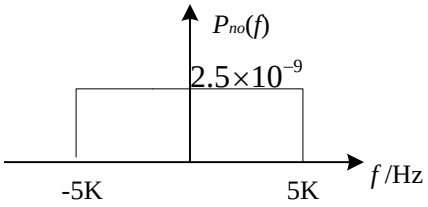
解调器输入端噪声功率$N_i = n_0 B = 2 \times 0.5 \times 10^{-8} \times 10K = 10^{-4} W$

输入信噪比：$\frac{S_i}{N_i} = \frac{10^{-1}}{10^{-4}} = 1000$

（3）因为 DSB 调制制度增益 $G$=2，所以$\frac{S_o}{N_o} = 2\frac{S_i}{N_i} = 2000$

（4）因为相干解调$N_o = \frac{1}{4} N_i = \frac{1}{4} \times 10^{-4} = 2.5 \times 10^{-5} (W)$，又因为 $N_o = 2P_{n_o}(f) f_H$，

所以$P_{n_o}(f) = \frac{N_o}{2 f_H} = \frac{2.5 \times 10^{-5}}{2 \times 5K} = 2.5 \times 10^{-9} (W/Hz), \quad |f| \le 5KHz$




## 5-9

（1）上边带信号，所以理想带通滤波器的中心频率为 102.5KHz，带宽 B=$f_H$=5KHz。

（2）由上题知$S_i = 10^{-1} (W)$

解调器输入端噪声功率$N_i = n_0 B = 2 \times 0.5 \times 10^{-8} \times 5K = 5 \times 10^{-5} (W)$

输入信噪比：$\frac{S_i}{N_i}=\frac{10^{-1}}{5\times10^{-5}}=2000$

（3）因为 SSB 调制制度增益 $G$=1，所以 $\frac{S_o}{N_o}=\frac{S_i}{N_i}=2000$

（4）$N_o=\frac{1}{4}N_i=\frac{1}{4}\times5\times10^{-5}=1.25\times10^{-5}(W)$，

$P_{n_o}(f)=\frac{N_o}{2f_H}=\frac{1.25\times10^{-5}}{2\times5K}=1.25\times10^{-9}(W/Hz),\quad |f|\le5KHz$

## 5-10

（1）调制信号 m(t)的功率：$\overline{m^2(t)}=\int_{-\infty}^{\infty}P_m(f)df=2\int_0^{f_m}\alpha\cdot\frac{f}{f_m}df=\alpha f_m$

接收机的输入信号功率：$S_i=\frac{1}{2}\overline{m^2(t)}=\frac{\alpha f_m}{2}$

（2）接收机的输出信号功率：$S_o=\frac{1}{4}\overline{m^2(t)}=\frac{\alpha f_m}{4}$

（3）DSB 相干解调的输出信噪比：$SNR_o=\frac{S_o}{N_o}=\frac{\overline{m^2(t)}}{n_0B}=\frac{\alpha f_m}{n_0\cdot2f_m}=\frac{\alpha}{2n_0}$

## 5-13

（1）

$S_i=\frac{A_0^2}{2}+\frac{\overline{m^2(t)}}{2}=P_C+P_S=4+1=5(W)$

$B=2f_H=10kHz,$ 所以$N_i=n_0B=10^{-7}\times10kHz=10^{-3}(W)$

$SNR_i=\frac{S_i}{N_i}=\frac{5}{10^{-3}}=5000=37dB$

（2）

由于$SNR_i=37dB$，属于大信噪比的情况，所以

$SNR_o=\frac{S_o}{N_o}=\frac{\overline{m^2(t)}}{N_i}=\frac{2\times1}{10^{-3}}=2000=33dB$

（3）$G=\frac{SNR_o}{SNR_i}=\frac{2000}{5000}=0.4$

## 5-15

【注】本题中参量的表示方法如下：

| 瞬时频率(Hz) | 瞬时频偏(Hz) | 瞬时角频率 | 瞬时角频偏 | 瞬时相位 | 瞬时相偏 |
|---|---|---|---|---|---|
| $f(t)$ | $\Delta f(t)$ | $\omega(t)$ | $\Delta\omega(t)$ | $\theta(t)$ | $\varphi(t)$ |

它们之间的关系：$\omega(t)=2\pi f(t)$，$\Delta\omega(t)=2\pi\cdot\Delta f(t)=\dfrac{d\varphi(t)}{dt}$，$\omega(t)=\dfrac{d\theta(t)}{dt}$

（1）调频波：$A\cos\theta(t)$

$A=10,\ \omega(t)=2\pi f(t)=\dfrac{d\theta(t)}{dt}$,即$\theta(t)=\int_{-\infty}^{t}2\pi f(\tau)d\tau=2\pi\times10^6t+10\sin 2\pi\times10^3t$

所以，调频波的表达式：

$$A\cos\theta(t)=10\cos\left(2\pi\times10^6t+10\sin 2\pi\times10^3t\right)$$

（2）最大频偏$\left|\Delta f(t)\right|_{\max}$的计算：

$f(t)=10^6+10^4\cos 2\pi\times10^3t$，　$\Delta f(t)=10^4\cos 2\pi\times10^3t$

所以有：$\left|\Delta f(t)\right|_{\max}=10(KHz)$

调频指数的计算：$m_f=\dfrac{\Delta f}{f_m}=\dfrac{10\times10^3}{10^3}=10$

【注】调频指数的另一种计算方法：调频指数是调频波的最大相偏，见公式（5.3-9），即：

$m_f=\left|\varphi(t)\right|_{\max}$，$\varphi(t)=10\sin 2\pi\times10^3t$，　所以有：$m_f=\left|\varphi(t)\right|_{\max}=10$

频带宽度的计算：根据卡森公式，$B=2(m_f+1)f_m=2(10+1)\times10^3=22KHz$

（3）调制信号的频率提高到$2\times10^3Hz$，即$f(t)=10^6+10^4\cos 4\pi\times10^3t$

最大频率偏移：$\left|\Delta f(t)\right|_{\max}=\left|10^4\cos 4\pi\times10^3t\right|_{\max}=10(KHz)$，不变

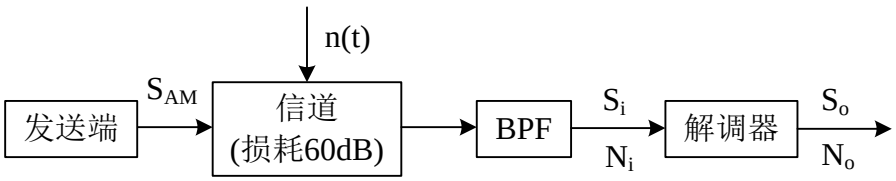
调频指数：$m_f=\dfrac{\Delta f}{f_m}=\dfrac{10\times10^3}{2\times10^3}=5$

频带宽度：$B=2(m_f+1)f_m=2(5+1)\times2\times10^3=24KHz$

（4）频偏加倍，调制信号的幅度为原来的 2 倍。

## 5-16

（1）分析模型如下：




由于考虑了信道损耗，因此有：$\frac{S_{AM}}{S_i}=10^6$，$G_{AM}=\frac{S_o/N_o}{S_i/N_i}$

AM 信号的带宽：$B=2f_m=2\times8\times10^6=16MHz$

AM 信号的发射功率：$S_{AM}=\frac{S_o}{N_o}\cdot\frac{1}{G_{AM}}\cdot N_i\cdot10^6$

由于 AM 是 100%的单频信号调制，因此有：$G_{AM}=\frac{2}{3}$

$N_i=n_0B=5\times10^{-15}\times16\times10^6=8\times10^{-8}W$

要求输出信噪比为 40dB，即：$\frac{S_o}{N_o}=10^4$，所以：$S_{AM}=\frac{S_o}{N_o}\cdot\frac{1}{G_{AM}}\cdot N_i\cdot10^6=1200W$

（2）

由于考虑了信道损耗，因此有：$\frac{S_{FM}}{S_i}=10^6$，$G_{FM}=\frac{S_o/N_o}{S_i/N_i}$

FM 信号的带宽：$B=2(m_f+1)f_m=2\times(5+1)\times8\times10^6=96MHz$

FM 信号的发射功率：$S_{FM}=\frac{S_o}{N_o}\cdot\frac{1}{G_{FM}}\cdot N_i\cdot10^6$

$G_{FM}=3m_f^2(m_f+1)=3\times25\times(5+1)=450$

$N_i=n_0B=5\times10^{-15}\times96\times10^6=4.8\times10^{-7}W$

要求输出信噪比为 40dB，即：$\frac{S_o}{N_o}=10^4$

所以：$S_{FM}=\frac{S_o}{N_o}\cdot\frac{1}{G_{FM}}\cdot N_i\cdot10^6=10.67(W)$