

习 题

4.1 WCDMA 信号带宽 3.84MHz，用户终端参考灵敏度指定为-106.7dBm，要求接收机误码率 BER 小于 10^{-3} ，根据 WCDMA 信号编码及调制方式，可得出信噪比为-7.7dB，试预算接收机噪声系数 NF。

4.2 按 ZigBee 标准 (IEEE 802.14.4)，带宽为 2MHz，定义接收机灵敏度要求为-85dBm。误比特率不得高于 0.000 625%。对于 O-QPSK 系统，可以从 BER 的值计算出信噪比 SNR 应大于 8.5dB。数字基带处理增益为 9dB。

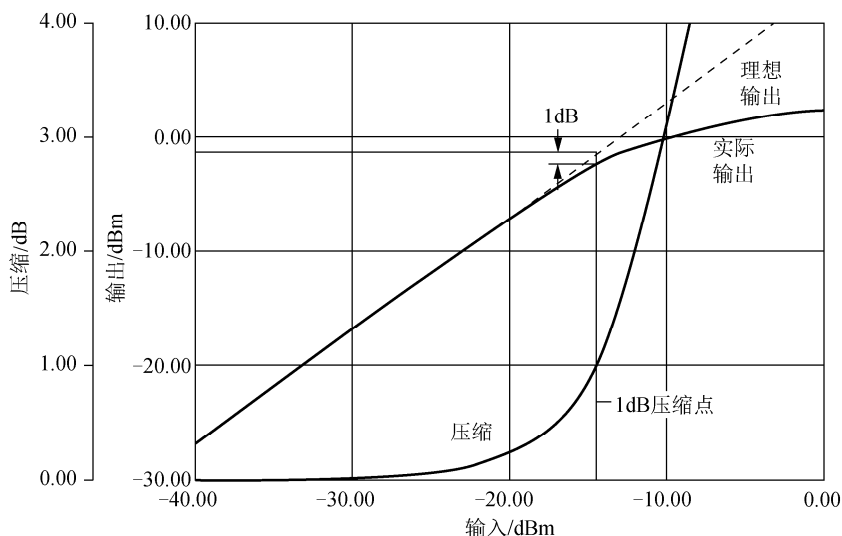
(1) 假设留有 1dB 裕量，预算 2.4GHz 射频接收机所需的最小 SNR。

(2) 预算接收机可容忍的最大噪声系数 NF。

4.3 按无线局域网标准 802.11a，子载波带宽 20MHz，采用 BPSK 调制，要求的信噪比为 9.7dB，设室温为 290K，则最小可检测信号 $P_{\text{sens,min}}$ 为多少？

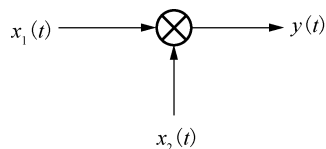
根据题图 4.3，如设 $P_{-1\text{dB,in}}$ 为动态范围上限，则可检测最大功率 $P_{\text{sens,max}}$ 为多少？

动态范围 MDS 为多少？



题图 4.3 网络 1dB 压缩点

4.4 题图 4.4 所示模拟乘法混频器，图中 $x_1(t) = A_1 \cos \omega_1 t$ ， $x_2(t) = A_2 \cos \omega_2 t + (\alpha_3 A_2^3 / 4) \cos 3\omega_2 t$ ，计算输出频率分量。如设 $\omega_1 = 2\pi \times 850\text{MHz}$ ， $\omega_2 = 2\pi \times 900\text{MHz}$ ，期望的中频输出频率是多少？不希望的干扰频率是多少？有什么问题？

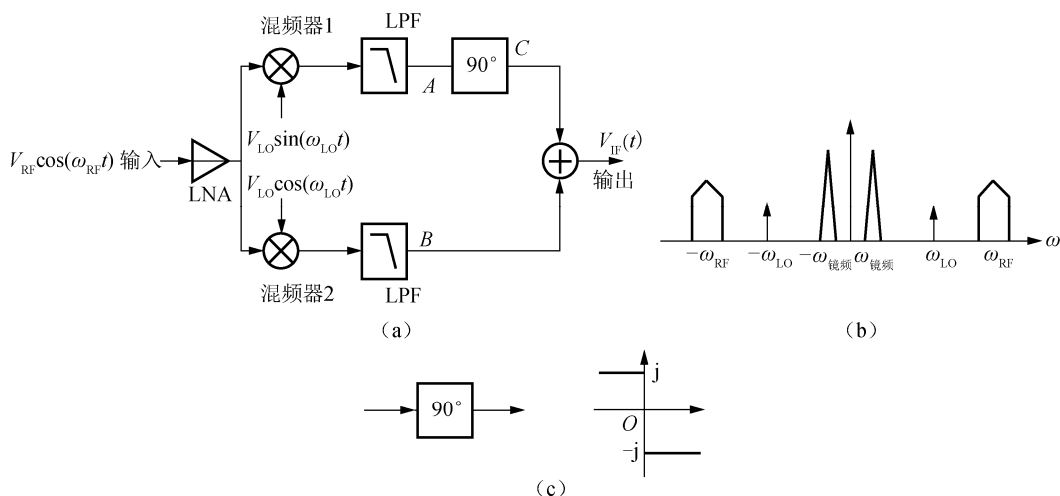


题图 4.4

4.5 题图 4.5 (a) 所示的为 Hartley 镜像抑制接收机原理框图，接收机中使用 2 个混频器、2 个低通滤波器和 1 个 90° 移相器， 90° 移相器又称为希尔伯特滤波器，其传递函数表示为

$$H(\omega) = -j\text{sgn}(\omega)$$

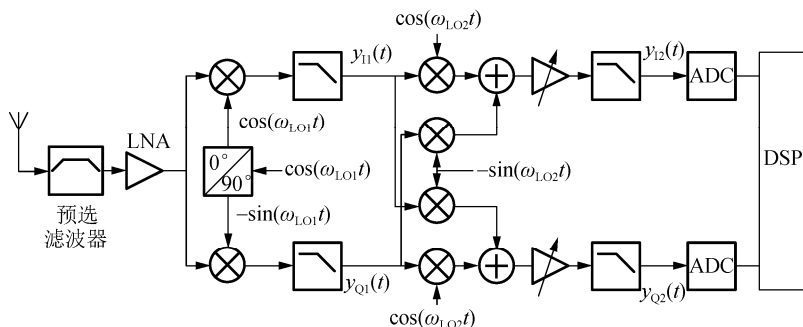
设 ω_{RF} 、 ω_{LO} 、 $\omega_{\text{镜频}}$ 沿频率轴分布如题图 4.5 (b) 所示, 试分析其频谱搬移过程, 标出输入信号频谱(包括有用信号与镜频干扰)、余弦信号的频谱、B 点的频谱、正弦信号频谱, A 点的频谱、C 点的频谱、输出处频谱。说明输出频谱中没有镜频干扰。 90° 移相器的特性如题图 4.5 (c) 所示。



题图 4.5

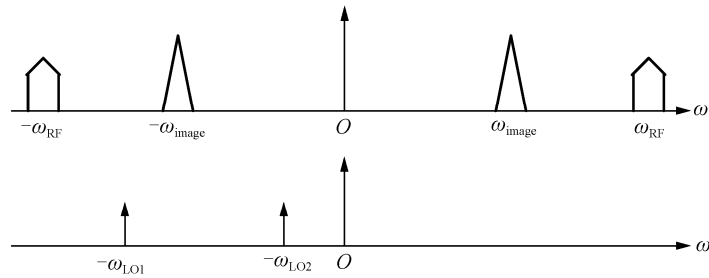
4.6 如图 4.3.6 所示双正交低中频接收前端架构, 设射频输入频率 $f_{\text{RF}}=2.45\text{GHz}$, 输出低中频 $f_{\text{IF}}=2\text{MHz}$, 画出复混频前后、复数滤波后的频谱, 以定性说明镜频干扰被抑制的过程。

4.7 二次变频宽中频接收机结构如题图 4.7 (a) 所示, 它使用两次复混频, 有效地解决了镜频干扰问题。第一本振采用固定频率, 整个信号频段被搬移到第一中频; 第二本振采用可变频率, 完成调谐功能; 第二中频为零中频, 使用低通滤波器选择信道。题图 4.7 (b) 为信号、镜频、本振频谱。试画出二次变频宽中频接收机频谱搬移过程。



(a) 二次变频宽中频接收机结构

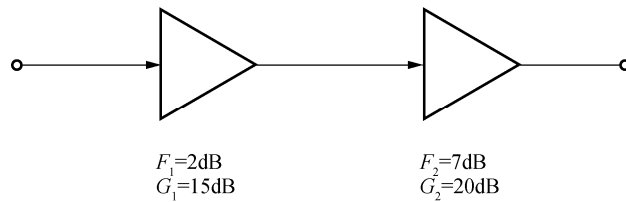
题图 4.7



(b) 信号、镜频、本振频谱

题图 4.7 (续)

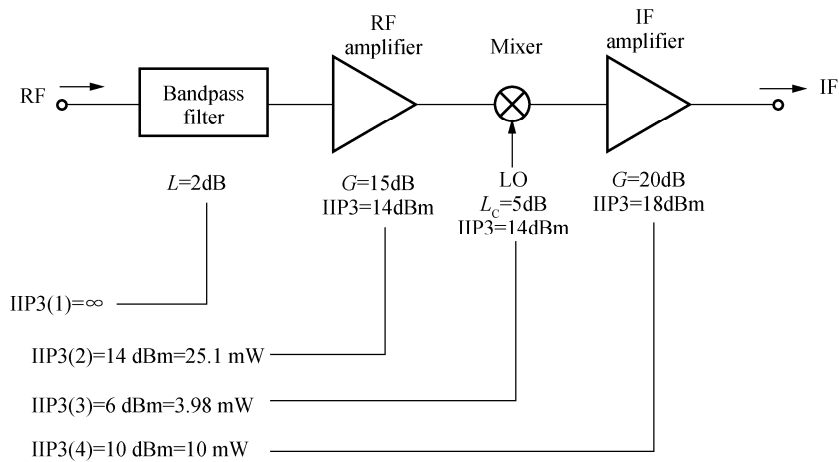
4.8 计算题图 4.8 所示两级放大器的总噪声系数。



题图 4.8

4.9 导出输入三阶交调 IIP3 与 1dB 压缩点 P_{-1dB} 的关系: $IIP3 \approx P_{-1dB} + 9.6dB$ 。

4.10 计算题图 4.10 所示射频系统总的 IIP3。



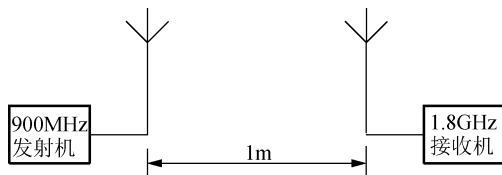
题图 4.10

L —插入损耗, G —增益, L_c —转换损耗

4.11 一低噪声放大器, 工作频率 2.410GHz, 输入信号电平-80dBm, 在 2.420GHz、2.430GHz 分别有两个干扰信号, 其强度为-20dBm。问低噪声放大器的 IIP3 要达到何值, 其交调比有用信号低 20dB? 假定低噪声放大输入、输出端都与 50Ω电阻匹配。

4.12 设某基站 900MHz 发射机输出功率为 1W, 离开此发射天线 1m 处又设置了一台

接收机，其工作频率为 1.8GHz, $P_{-1dB} = -25\text{dBm}$ ，如题图 4.12 所示。假定经 1m 传输，900MHz 发射机辐射的功率，到达 1.8GHz 接收机时已衰减 10dB。为防止该发射机二次谐波辐射使 1.8GHz 接收机被阻塞，发射机二次谐波干扰必须衰减多大才是安全的？



题图 4.12

4.13 按欧洲无人电话 (DECT) 标准，接收机灵敏度 $P_{\text{sens}} = -86\text{dBm}$ ，信噪比 SNR 为 11dB。试据此预算接收机射频前端噪声系数 NF。

提示：取 4dB 余量，射频前端电路设计时灵敏度取 $P_{\text{sens}} = -90\text{dBm}$ 。

4.14 按欧洲无人电话 (DECT) 标准，三阶交调 IIP3 可以通过双音测试决定，试按双音测试法预算接收机射频前端输入三阶交调 IIP3。

提示：按 DECT 标准，双音测试法决定 IIP3 时，双音 (ω_1 、 ω_2) 的幅值相等，其值 $P_{\text{in}} = P_{\omega_1, \omega_2} = -47\text{dBm}$ 。为保险起见，如预留 7dB 余量，计算 IIP3 时设 $P_{\text{in}} = -40\text{dBm}$ 。此外，按 DECT 标准，载干比（载波信号对干扰信号之比）为 10dB，这意味着三阶交调分量 $P_{\text{IM3项输出}}$ 比有用信号要低 10dB。而根据 DECT 标准，最小的有用信号为 -80dBm ，所以 $P_{\text{IM3项输出}} = -90\text{dBm}$ 。

4.15 按 DECT 标准，邻信道干扰电平为 -53dBm ，信道内最大容许干扰电平为 -83dBm ，试据此对射频前端镜频抑制 (IRR) 做出预算。

提示：预算镜频干扰，其值至少比最大容许干扰电平低 10dB。因为信道内最大容许干扰电平为 -83dBm ，所以信道内镜频干扰要低于 -93dBm 。

4.16 射频前端电路要将天线接收到的最小信号放大到 ADC 可处理的电平。据此按 DECT 标准，对接收机射频前端增益做出预算。

提示：天线接收到的最小信号由系统的灵敏度决定，对于 DECT 标准，天线处系统灵敏度 $P_{\text{sens, 天线}} = -90\text{dBm}$ 。但请注意，天线后面一般还连接 3 个分立的无源元件，它们是天线开关、带通滤波器及不平衡-平衡转换器，这 3 个元件估计有 5dB 插入损耗，所以到低噪放输入处，最小信号电平为 $P_{\text{sens, 低噪放输入端}} = -95\text{dBm}$ 。ADC 处理的最小信号与 ADC 的动态范围及采样频率有关。如果采样频率为 40MHz，采用 8 位处理，动态范围为 60dB。

4.17 按图 4.7.8 所示接收机系统框图，基于 ADS，对接收机信道选择性进行仿真：

(1) 仿真设置；

(2) S_{21} 曲线。

4.18 按图 4.7.11 所示增益预算原理图，基于 ADS，对接收机增益预算曲线进行仿真，并说明仿真结果的合理性。