

第六次作业

1、 本章介绍了哪几种接收机结构？分析说明它们的优缺点。

a) 射频直接接收结构

1) 优点：简单而直观。

2) 缺点

1. 如果需要改变接收的信号频点，就需要更换不同的滤波器。这个方案代价大，灵活性差，难以实际应用。
2. 带通滤波器的带外衰减性能决定了接收机抑制带外干扰信号的程度。高 Q 值电路高 Q 值。当接收信号频率很高时，设计难度加大。
3. 即使能够高选择性的滤波器，选频输出的信号如果进行 AD 变换后送后级数字处理，就采样率的 AD 器件，难度大，成本高。

b) 超外差式

1) 优点：**技术难度低、成本低**

1. 可以统一设计中频处理电路。超外差接收机一般采用固定中频，这样就可以在接收不同频率信号的时候都使用同一套中频接收电路，大大简化了接收机结构，并更容易获得高性能。当采用数字化接收技术时，也可以降低 ADC 器件的要求。
2. 接收机的通道增益、噪声系数、线性动态范围等指标分解到多个电路环节，降低了技术压力。比如，当接收信号动态范围为 $-10\sim-100\text{dBm}$ ，ADC 输入满量程 0dBm 时，接收机要求最大通道增益达到 100dB ，线性动态不低于 90dB ，此时单级放大器很难兼顾大增益和低噪声系数。

2) 缺点：

1. 超外差接收结构需要将接收的高频信号下变频到一个较低的中频频率，实现信号频谱在频域的线性搬移。但下变频时输入信号频率与输出中频之间的变换不是一一映射，可能导致**虚假响应**。
2. 由于器件电路的不理想性，频率搬移过程容易产生组合频率，从而导致**杂散干扰**，使接收性能下降。
3. 超外差接收机需要更多的器件、电路设计上的**环节变多，更复杂**。

3) 类别：依所选中频不同，可分为

1. 低中频接收机

a) 优点：中频信号的频率越低，后级电路设计的难度和成本也会降低，同时，也更容易实现窄带滤波，提高了接收选择性。

b) 缺点：存在镜频干扰。

2. 高中频接收机

- a) 优点：容易实现高的镜频抑制比。
- b) 缺点：中频过高，增加了后级电路的设计难度。

3. 零中频接收机

- a) 优点：不存在镜频干扰，同时结构简单，器件数目少，易于集成，可以节省成本和功耗。
- b) 缺点：零中频接收存在自混频干扰和 DC 偏移；链路增益分配过于集中，容易产生自激； $1/f$ 噪声 对接收信号产生较大干扰。

c) 数字化接收

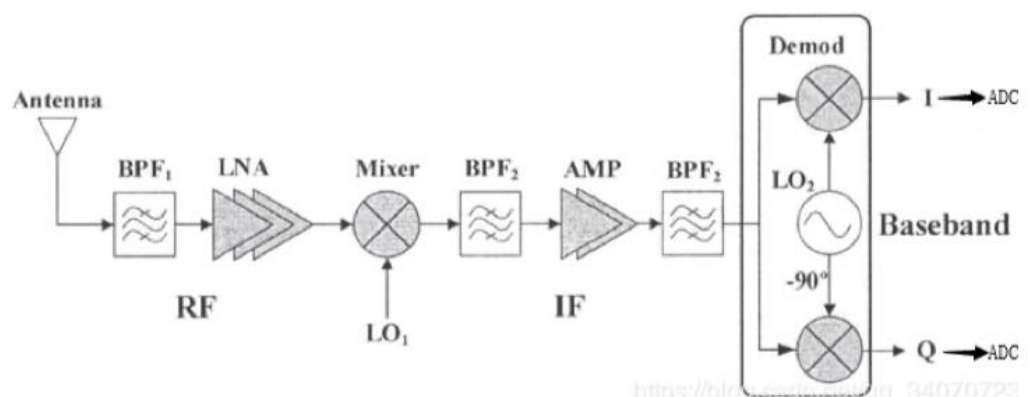
1) 数字中频接收机结构

- 1. 优点：通过数字处理方法，减小了模拟处理中的 I/Q 失衡影响，选择性和干扰抑制性能也可以提高。
- 2. 缺点：对 ADC 器件提出要求。一般来说，接收机的中频频率越高，信号带宽越大，要求 ADC 采样率也越高。接收机灵敏度和线性动态范围也要求 ADC 具有足够的分辨率和噪声性能。

2) 直接射频采样接收机结构

- 1. 优点：结构简单，应用灵活，是软件无线电系统的理想接收结构。
- 2. 缺点：
 - a) 需要在很高的频率和带宽上对接收信号进行采样量化，并且后端需要有强大的数字信号处理能力，这样就需要高速高精度 ADC 器件和 数字处理硬件。
 - b) 接收机通道增益和滤波都在高频段实现，技术难度大，也容易产生自激。

2、 中国调频广播信号频率范围是 88—108MHz，可以容纳数十套音频节目，每声道立体声模拟调频信号带宽约 200KHz，用户可以调谐收听其中任意一套节目。调频收音机一般采用外差式接收结构设计，接收中频固定在 10.7MHz。请画出收音机的技术实现原理图，并说明调谐接收原理。

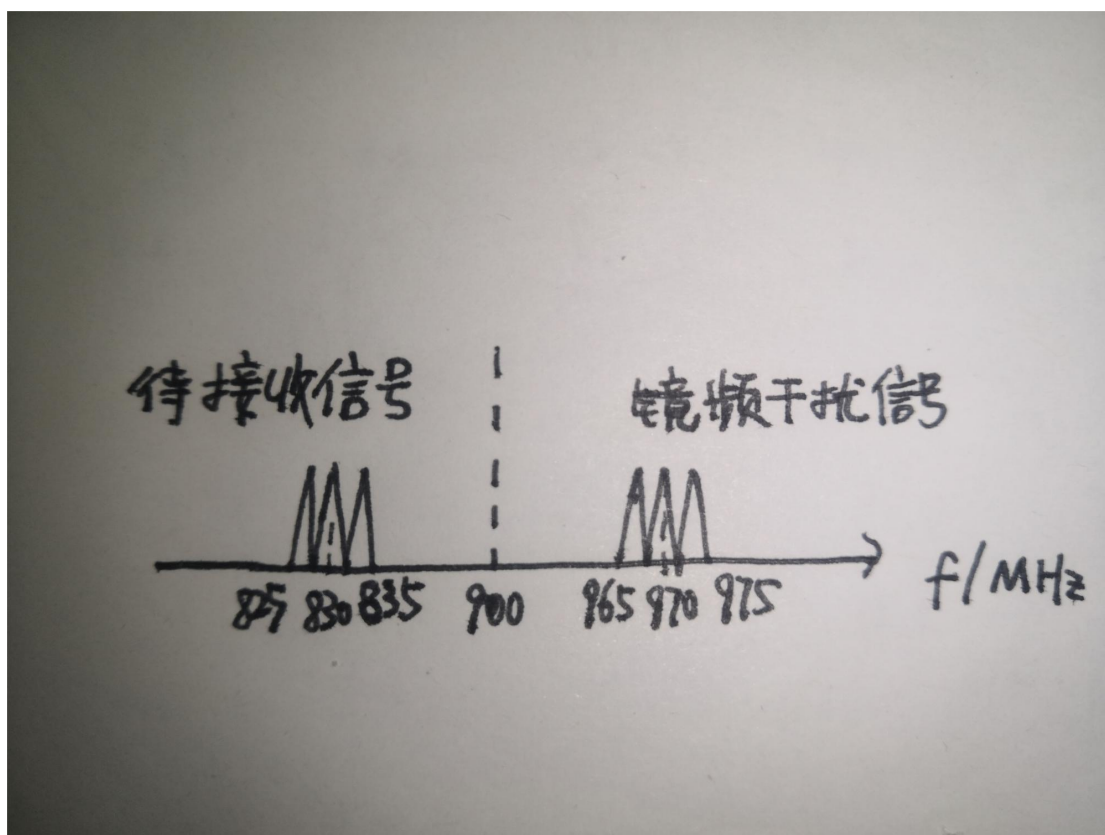


- a)
- b) 接收信号后先镜频滤波，再放大，要求噪声系数小，而后调频，镜频滤波，再放大，要求放大倍率高，再带通滤波后输出。
- c) 原理：通过幅度调制实现频谱搬移后再滤波并接收。

3、 用一级变频的外差式接收机接收 830MHz 单频信号，接收机本振信号频率 900MHz，此时的镜频干扰信号频率是多少？如果待接收信号是带通信号，频谱包络为带宽 10MHz 的锯齿形，中心频率为 830MHz，

此时的镜频干扰信号又如何？画出待接收信号和镜频干扰信号的频谱图。

- a) 镜频干扰信号频率为 970MHz。



b)

- 4、记模拟带通信号的最高和最低频率分别为 f_H, f_L , 带宽 B , 中心频率 f_0 。为了能用最低采样速率 (即 $f_s = 2B$) 对模拟信号进行无失真带通采样, 要求满足下式:

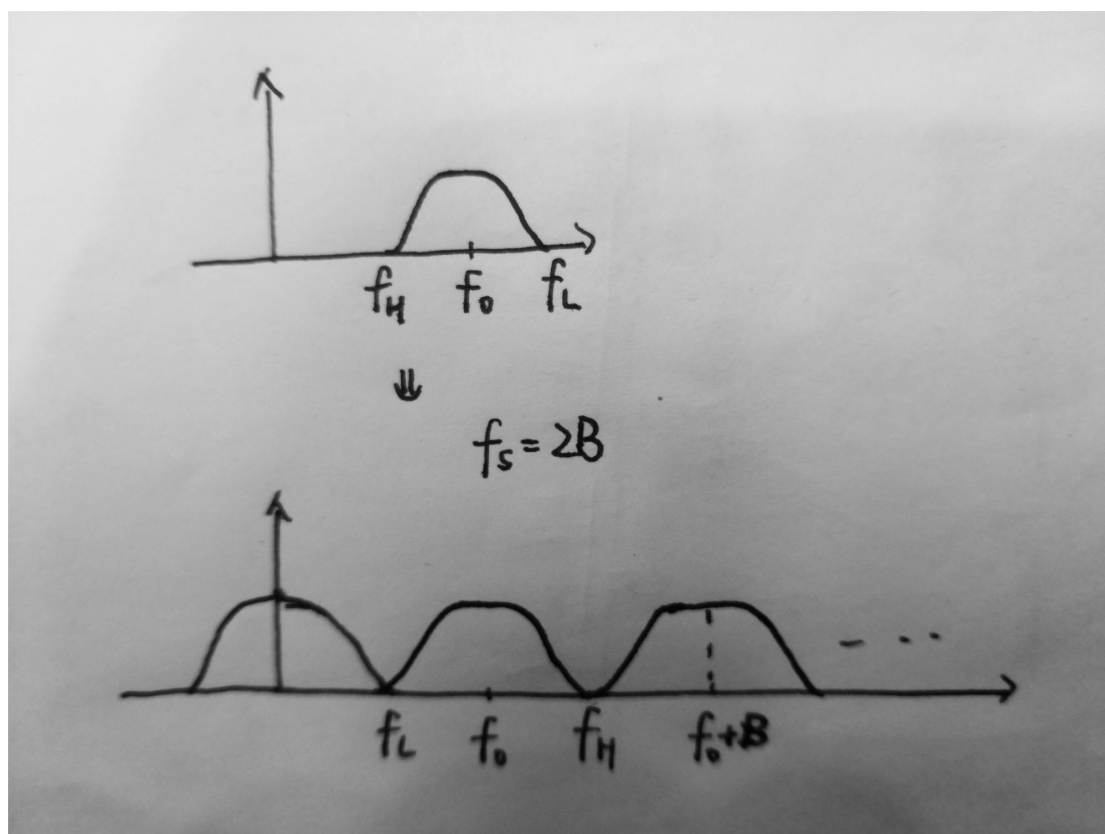
$$f_0 = \frac{(2n+1)}{2} B, n = 0, 1, 2, \dots$$

试证明上式, 并画出采样前后的信号频谱。

证明: $f_s = \frac{2(f_L + f_H)}{2n+1} = \frac{4f_0}{2n+1}$, $n = 0, 1, 2, \dots$, 又由于 $f_s = 2B$, 所以

$$f_0 = \frac{(2n+1)}{2} B, n = 0, 1, 2, \dots$$

采 样 前 后 图 片 :



5、数字正交下变频是中频数字化接收的核心模块。设输入到下变频器的采样数据速率为 80MHz，待接收的信号带宽为 1MHz，中心频率为 10.7MHz。问：

a) 正交下变频器中的 NCO 频率应设计为多少？每条支路接收的信号带宽是多少 Hz？

1) NCO 频率：10MHz

2) 带宽：1MHz

b) 为降低处理速率，正交变频器的两条支路采用抽取器设计。每条支路抽取器输出的采样数据速率最小为多少 Hz？此时，每条支路的抽取滤波器的抽取倍数是多少？

1) $f_s = \frac{2(f_L + f_H)}{2n+1} = \frac{4f_0}{2n+1}$ ， $n = 0, 1, 2, \dots$ ，又由于 $f_s > 2B = 2\text{MHz}$ ，所以 f_s 最小为

$$f_s = \frac{42.8}{19} = 2.04\text{MHz}$$

2) 抽取倍数为 $80/2.04 \approx 39$

c) 如果采用梳状积分滤波器和半带滤波器级联来实现抽取滤波器，应该如何分配抽取倍数？

1) 梳状积分滤波器：13

2) 半带滤波器：3