

高频电子技术思考题答案

第一章 绪论

1.1 无线发射电路的天线被制作在印制电路板上，能向外发射无线电波，在印制电路板上还有许多印制的导电连接线，这些导线也会向外发射无线电波吗？

答：为了将正弦振荡形成的电磁能量尽可能多地向外传播出去，以便实现信号的无线传输，可以采取多种办法，例如将电容器两极板之间的距离拉大，如图 1.8(b)所示，电磁波就容易发射出去；也可以将电感制成图 1.8(c)所示的形状，电磁波也容易发射出去。门铃电路印制电路板如 1.9所示，由图可以看出，振荡电路中的电感 L_1 即被印制成图 1.8(c)所示的形状，它电容 C_1 组成 LC 谐振电路，既起着选频的作用，同时又起向外发射无线电信号的作用，这样的部件，称其为“天线”。印制电路板上印制的导电连接线则起不到这种作用。

1.2 无线电波的传播有哪几种方式？

答：地表波传播、空间波传播、天波传播、散射传播和地空传播等 5 种

1.3 无线电频率资源有哪些特点？为什么要进行无线电管理？

答：无线电频率资源具有以下四个特性：（1）有限性，（2）非耗竭性，（3）排他性，（4）易受污染性。由于无线电频率资源的上述特性，国际社会和任何国家都必须对它进行科学的规划、严格的管理。按照现有的法规，无线电管理的内容主要包括以下几个方面：

- （1）无线电台设置和使用管理
- （2）频率管理
- （3）无线电设备的研制、生产、销售和进口管理
- （4）非无线电波的无线电辐射管理

1.4 已知一无线电波的频率是 433MHz，求其波长，这种无线电波能利用其电离层反射实现远距离传输吗？

答：该无线电波在真空中的波长 $\lambda = c / f = 3 \times 10^8 / 433 \times 10^6 = 0.693\text{m}$ ，按空间波模式传播，不能利用电离层反射来实现远距离传输。

1.5 无线电广播中的中波段，其电波是依靠什么方式传播的？

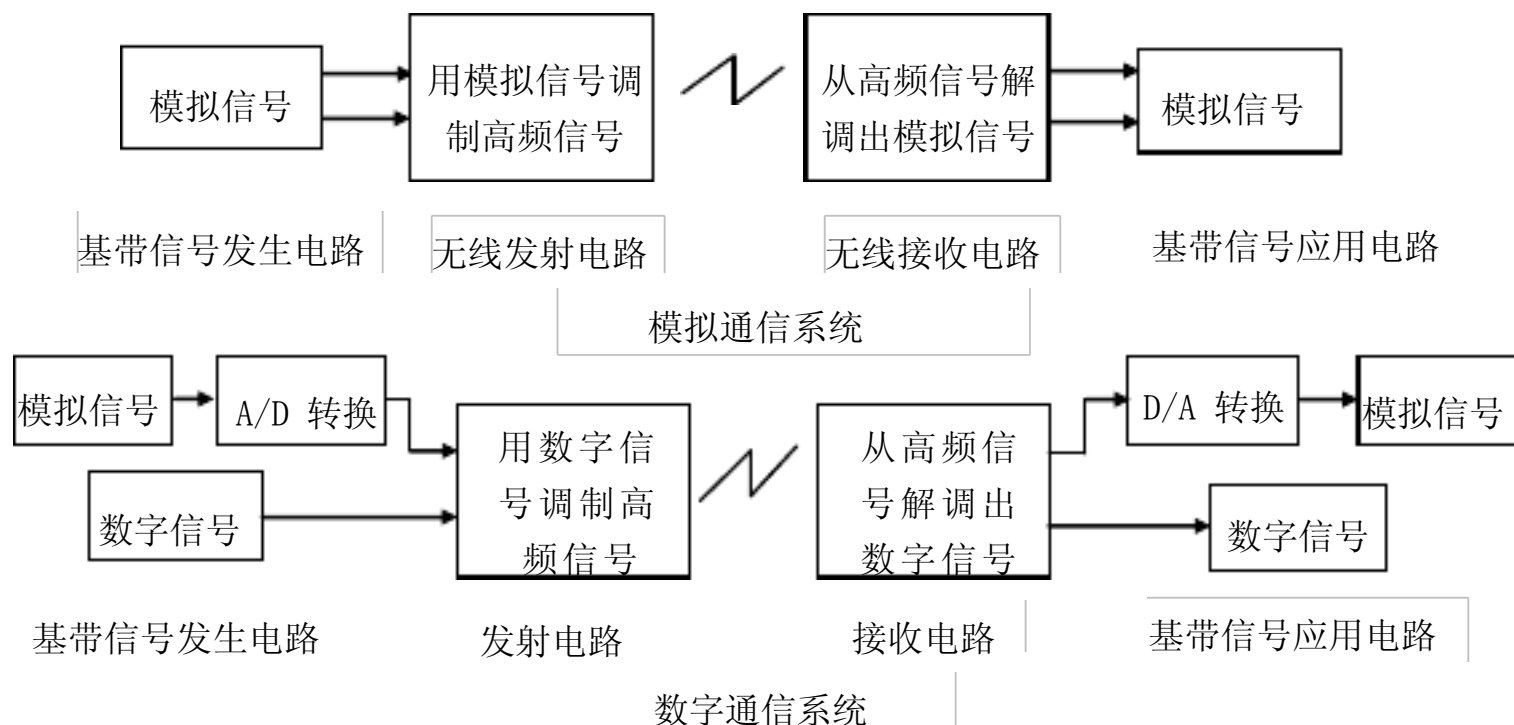
答：中波段的频率在 300~3000kHz 之间，以地波传播方式为主。

1.6 要实现地面与空间站的无线通信，应选用哪个频段？

答：选用高于几十兆赫的 VHF、UHF 和 SHF 频段无线电波。

1.7 无线通信系统由哪几部分组成？无线收发系统由哪几部分组成？两者有哪些联系与区别？

答：按照基带信号的电学特性划分，可分为模拟通信系统和数字通信系统，其组成如下面两图所示



模拟通信与数字通信的区别在于用什么类型的信号对高频信号进行调制，只要是用模拟信号进行调制的，则属于模拟通信，用数字信号进行调制的，则属数字通信。待传输的信号是模拟信号时，既可以通过模拟通信系统进行传输，也可以通过数字通信系统进行传输，用数字系统传输时，需通过模数转换电路将其转换为数字信号，无线信号接收后，又要经数模转换电路还原为模拟信号。

1.8 什么是无线收发芯片和无线收发模块，两者有什么联系和区别？

答：高频电路集成化后所形成的集成电路常称无线收发电路芯片，或射频电路芯片。为便于使用，减少用户对于芯片外接元器件布局设计及调试工作，许多厂家无线收发芯片和高频晶体管，配以必须的电阻、电感、电容等元器件，组成具有无线收发功能的单元即为无线收发模块。

1.9 试举例说明无线收发系统在无线遥控、数据传输和音像信号传输方面的应用。

答：1、高频电子技术在遥控中的应用，例如使用闭环控制的无人驾驶飞机、导弹等；2、高频电子技术在数据传输中的应用，例如车辆监控、水、电、煤气远程无线自动抄表系统等；3、高频电子技术在声音图像信号传输中的应用，例如广播和电视系统等。

第二章 无线信号发射电路

2.1 高频电路中常用的振荡电路有哪几类，各有哪些优缺点？

答：正弦波振荡电路可分为 RC 振荡电路、LC 振荡电路、石英晶体振荡电路和声表面波谐振器振荡电路等四种类型。其中 RC 振荡电路的振荡频率较低，一般在 1MHz 以下，因此在高频电路中很少使用。

LC 振荡电路的优点是振荡频率较高，可以达到 100MHz 以上，缺点是频率稳定性不高，最好的 LC 振荡电路，其频率稳定度 $\Delta f/f$ 也只能达到 10^{-5} 。

石英晶体组成的正弦波振荡电路，频率稳定度可以达到 $10^{-6} \sim 10^{-8}$ ，一些产品甚至高达 $10^{-10} \sim 10^{-11}$ ，稳定度优于 LC 振荡电路。

2.2 LC 振荡电路所能产生的正弦振荡频率范围多大？

答：这类振荡电路能产生几十 kHz 直到几百 MHz 的正弦波信号。

2.3 正弦波振荡电路既要满足 $|A F| = 1$ ，又要满足 $\angle A F = 0$ ，有矛盾吗？

答：前者为平衡条件，后者为起振条件，没有矛盾。起振时，必须满足起振条件，输出幅度逐渐增加，增加到一定的程度后，放大倍数开始下降，输出的增加就受到抑制，直到满足平衡条件后，维持稳定的输出。

2.4 功率放大电路的输出功率既可以用 W、mW 等绝对值表示，也可以用相对值功率电平表示，试回答两者之间的关系。

答：相对功率电平 (dBm) $10 \lg(p/1\text{mW})$ ，相对功率电平 (dBW) $10 \lg(p/1\text{W})$

2.5 已知功率电平等于 -10dBm、0dBm、10dBm 和 -10dBW，依次计算其相对应的功率绝对值 (以 mW 或 W 为单位)。

答：-10dBm = $10 \lg(p_1/1\text{mW})$ ，求得 -10dB 相对应的功率绝对值 $p_1 = 0.1\text{mW}$ ；0dBm = $10 \lg(p_2/1\text{mW})$ ，求得 0dB 相对应的功率绝对值 $p_2 = 1\text{mW}$ ；10dBm = $10 \lg(p_3/1\text{mW})$ ，求得 10dB 相对应的功率绝对值 $p_3 = 10\text{mW}$ ；-10dBW = $10 \lg(p_4/1\text{W})$ ，求得 -10dBW 相对应的功率绝对值 $p_4 = 0.1\text{W}$ 。

2.6 什么是 C 类功率放大电路？它有什么优点？

答：在信号的正负半周，功放管始终处于导通状态，所组成的功放电路也就称为甲类功放电路。处于甲类工作状态的功放管，为了避免负半周时管子进入截止区而造成失真，静态时就有较大的电流通过，因而效率较低。如果功放管在信号的负半周截止，所组成的功放电路为乙类功放电路。处于乙类工作状态的功放管，静态是电流为零，因而效率较高，可以达到 78.5%。

2.7 高频功放电路中滤波匹配网络起什么作用？常用的滤波匹配网络有哪些？

答：滤波匹配网络所起的作用是

1、实现阻抗变换，将实际的负载阻抗（一般为天线或传输线，阻抗 $50\ \Omega$ ）转换为放大电路所要求的阻抗，以便在尽可能高的效率下输出必需功率。

2、滤除不需要的各次谐波分量，选出所需要的基波成分。

3、匹配网络本身的损耗尽可能地小，以便完成高效率的信号传输。

常用的滤波匹配网络有 L 型匹配网络、 π 型匹配网络和 T 型匹配网络

2.8 高频功放的输出经特性阻抗为 $50\ \Omega$ 的同轴电缆与天线相连接，已知功放电路工作频率等于 60MHz ，输出阻抗等于 $120\ \Omega$ ，为实现阻抗的匹配拟接入图 2.60 所示的网络，试计算电容 X_P 和电感 X_S 。

答： $R_L=50\ \Omega$ ， $R_0=120\ \Omega$ ， $f=60\text{MHz}$

$$|X_S| = \sqrt{R_L(R_0 - R_L)} = \sqrt{50(120 - 50)} = 59.2$$

$$\text{感抗 } X_S \text{ 的电感值 } L_S = (59.2 / 2\pi \cdot 60) \text{ H} = 0.16 \text{ H}$$

$$|X_P| = R_0 \sqrt{\frac{R_L}{R_0 - R_L}} = 120 \sqrt{\frac{50}{120 - 50}} = 101.4$$

$$X_P \text{ 的电容值 } C_P = \frac{1}{|X_P|} = (1 / 2\pi \cdot 101.4 \cdot 60) \text{ F} = 26\text{pF}$$

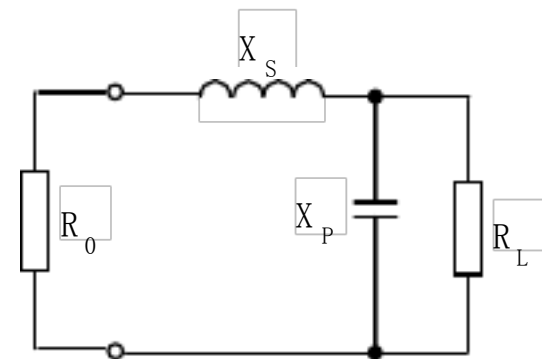


图 2.60 题 2.8 图

2.9 已知高频功放的输出阻抗等于 $80\ \Omega$ ，负载为 $50\ \Omega$ 的天线，应插入哪种类型的滤波匹配网络？不实现阻抗匹配会带来什么问题？

答：接入升阻抗网络，不实现阻抗匹配，输出至负载的功率下降。

2.10 何谓半波对称振子和半波折合振子？何谓单极振子？已知高频信号频率为 430MHz ，拟使用半波对称振子天线发射，试画出该天线的形状和尺寸。

答：对称振子由长度相等的两个臂组成，其结构如下图

(a) 所示，高频信号通过传输线从中间输入。

常用的对称振子又分两种，每臂长度为 $\lambda/4$ ，全长 $\lambda/2$ 的，称为半波对称振子；每臂长度 $\lambda/2$ ，全长为 λ 的，称为全波对称振子。

半波折合振子的结构如图 (b) 所示，振子长度为 $\lambda/2$ ，短边折合部分的宽度约为波长的 $1/10$ ，高频信号由中间输入，图中所画折合振子沿垂直方向，实际使用时，折合振子一般沿水平方向放置。

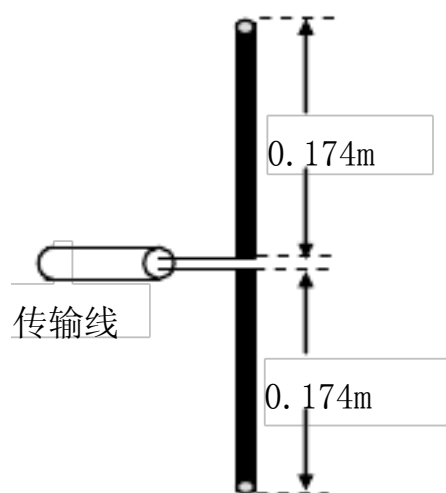
如将对称振子的一臂变为导电平面，由此形成的称为单极振子天线，见图 (c)。

430MHz 无线电波的波长

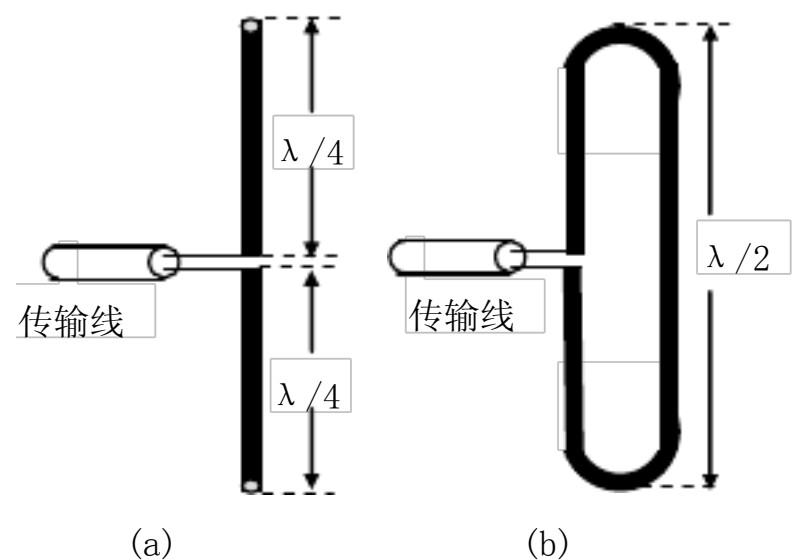
λ

$$= c/v = 3 \times 10^8 / 430 \times 10^6 = 0.6977\text{m}$$

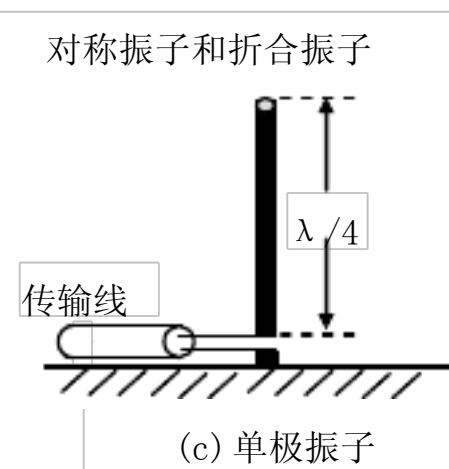
$$\lambda/4 = 0.174\text{m}$$



430MHz 半波振子天线尺寸



(a) (b)



(c) 单极振子

2.11、何谓同轴电缆的特征阻抗？同轴电缆的长度增加了一倍，其特征阻抗是否随之增加一倍？

答：。特征阻抗定义为无限长传输线上各处电压和电流的比值，这个比值与电缆长度、信号频率无关，而只决定于硬铜导线直径、网状导体直径及绝缘层的介电常数。

同轴电缆的长度增加了一倍，其特征阻抗并不随之增加。

2.12、为什么电视和调频广播的天线都安装得很高，短波广播的天线有这样的要求吗？

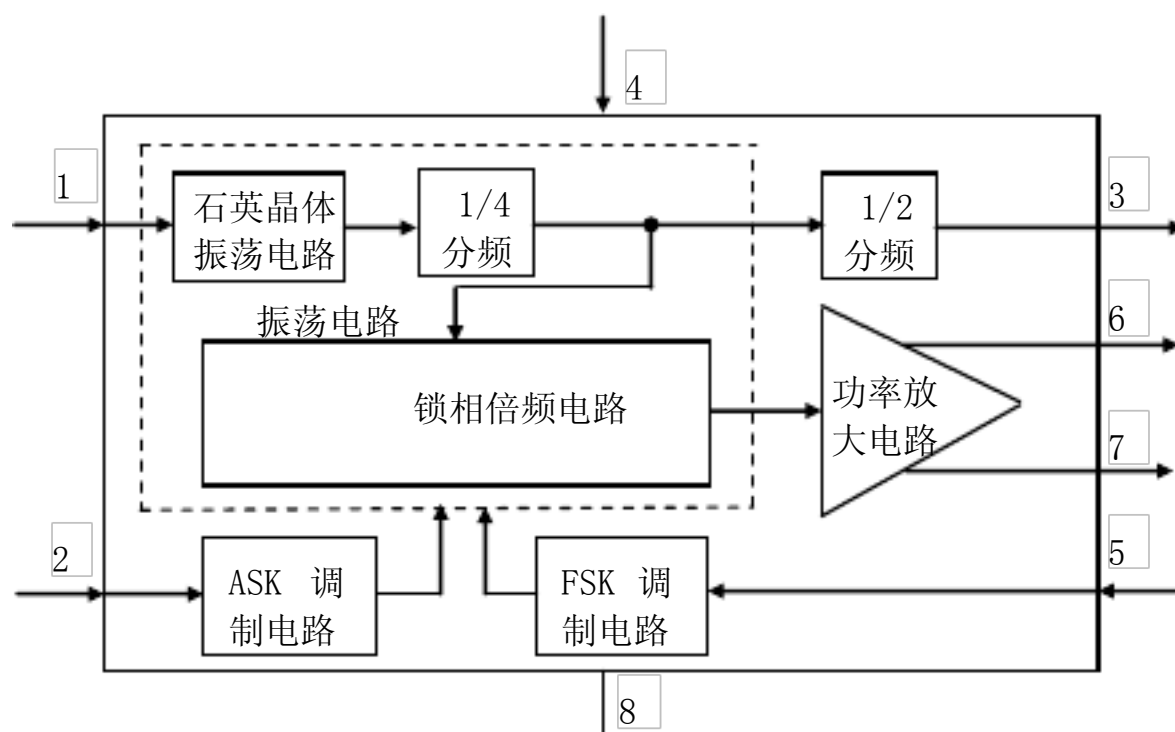
答：电视和调频广播工作于超短波段，频率在 30MHz ~30GHz 之间，这个波段的无线电波主要依靠“视距”传播方式传播，为了增加传播距离，电视和调频广播的天线一般都安装在电视高塔或城市的高楼（建筑物）上。短波段无线电波的频率在 3MHz ~30MHz 之间，靠天波和地波方式传播，其天线无此要求。

2.13、何谓小天线？这种天线适用于哪些无线设备？小天线如何解决阻抗匹配问题？

答：尺寸小于波长十分之一的天线称为小天线，适用于手机等便携式无线设备。为了解决小天线与传输线或直接与高频功率放大电路的阻抗匹配问题，通常采用以下两种方法：（1）使用 LC 网络实现阻抗匹配；（2）使用有源天线。

2.14、集成无线发射芯片由哪几部分电路组成？各起什么作用？

答：无线发射电路由振荡电路、调制电路和发射天线组成，为了获得较大的无线输出功率，还需要增加功率放大电路。因此，实用的无线发射电路应包括正弦波振荡电路、调制电路、高频功率放大电路和天线。以 nRF902 芯片为例，其电路框图如下



2.15、集成无线发射芯片有哪些主要技术指标，芯片的发射频率和晶振频率有什么联系与区别？

答：主要技术指标有（1）发射频率和晶体频率；（2）电源电压；（3）工作温度范围；（4）最大输出功率；（5）电源电流；（6）最大传输速率。

发射频率是指无线发射时载波的频率，即芯片正常工作时片内振荡电路的工作频率。外接石英晶体的频率往往低于这一载波频率，为此可采用锁相环电路倍频。例如 nRF902 的发射频率在 862MHz ~ 870MHz 之间，晶体频率的最小值为 13.469MHz，最大值为 13.593MHz，需经 64 倍频后才符合要求。

第三章 调制与解调

3.1 何谓基带信号？何谓载波信号？为了实现有效的无线通信，为什么必须将基带信号调制到载波上？

答：高频电子技术中，待传输的信号（例如控制信号和音频、视频信号等）称为调制信号（也称基带信号），用来装载控制信号的高频无线电信号称为载波信号。调制的理由如下

（1）电磁能辐射的特性是频率越高，辐射能力越强，频率较低的基带信号直接以无线电波的形式传输，效率就很低。

(2) 低频信号直接发射所需要的天线过长

(3) 调制可以解决不同基带信号之间相互干扰的问题

3.2 常用调制解调方式分哪几类？哪些属模拟信号调制与解调？哪些属数字信号调制与解调？

答：用于调制的高频载波一般为正弦波，包含三个参数，即幅度、频率和相位。用模拟量对载波进行调制时，可以控制三个参数中的任意一个随基带信号变化，于是就有三种模拟调制方式。选择载波的幅度随基带信号变化时，称为幅度调制；选择载波的频率随基带信号变化时，称为频率调制；选择载波的相位随基带信号变化时，称为相位调制。

数字量对载波进行调制时，也有三种调制方式，被控制的参数为幅度时，称为幅移键控调制；被控制的参数为频率和相位时，称为频移键控调制和相移键控调制。

3.3 幅度调制、频率调制和相位调制所形成的已调波各有什么特点？

答：幅度调制的结果是使已调信号的幅度随基带信号的幅度变化，基带信号取正值时振幅变大，取幅值时变小；调频波的特征是幅度维持不变，频率随基带信号变化，基带信号取正值时，调频波频率变低，取正值时频率变高；调相波的特征是幅度维持不变，相位随基带信号变化。

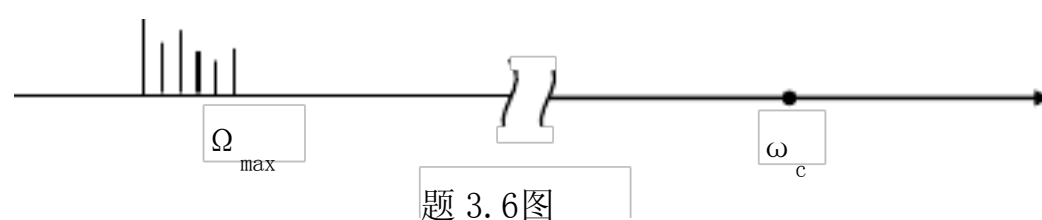
3.4 何谓幅移键控调制、频移键控调制和相移键控调制，基带信号为模拟量时能对载波信号进行上述调制吗？

答：幅移键控调制(ASK 调制)是一种由基带信号控制载波振幅，保持载波频率不变而使其振幅随基带信号变化的调制方式。根据基带信号是二进制还是多进制数，幅移键控调制又分二进制幅移键控调制(2ASK)和多进制幅移键控调制(MASK)。基带信号控制载波的频率的调制方式称为频移键控调制，根据基带信号是二进制还是多进制数，频移键控调制也分二进制频移键控调制(2FSK)和多进制频移键控调制(MFSK)。基带信号控制载波的相位移动的调制方式称为相移键控调制，也分二进制相移键控调制(2PSK)和多进制相移键控调制(MPSK)。上述调制限于基带信号是数字信号的情况。

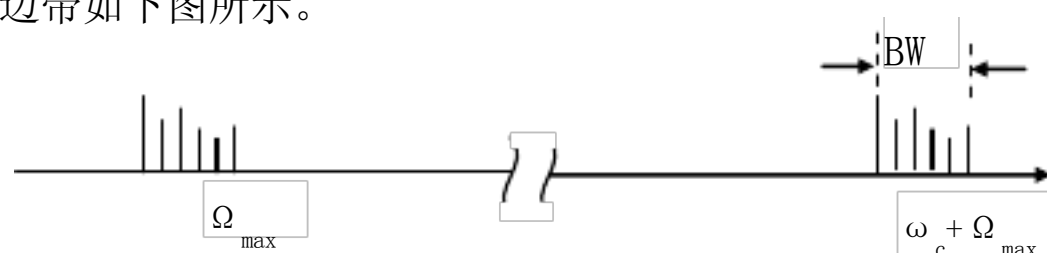
3.5 已知基带信号为话音信号，其频率在 20Hz ~15kHz 之间，用这一基带信号对频率为 810kHz 的载波信号分别进行 AM、DSB 调制和 SSB 调制，求所得已调波的频带宽度。

答：AM 调制时，频带宽度=30kHz；DSB 调制时，仍有频带宽度=30kHz；SSB 调制时，频带宽度=15kHz-20Hz \approx 15kHz

3.6 已知基带信号频带如题 3.6图所示，用基带信号对载波进行 SSB 调制，试画出已调波的边带。图中 Ω_{\max} 是基带信号的最高角频率， ω_c 为载波角频率。



答：已调波的边带如下图所示。



3.7 AM、DSB 和 SSB 三种调制方式相比较，各有什么优缺点？

答：没有抑制载波和边带的幅度调制方式称为 AM 调制方式；调制时将已调波中的载波成分抑制掉而仅向外发射两个边带，即为 DSB 调制；如果进一步抑制掉其中的一个边带，只发射一个边带（上边带或下边带）的能量，即为 SSB 调制。AM、DSB 和 SSB 等三种调制方式的比较如下表所示。

三种幅度调制方式比较

	AM (普通幅度调制)	DSB (抑制载波的双边带) 调制	SSB (抑制载波的单边带) 调制
频谱图上已调波特点	由上下边带和载波组成	由上下边带组成	只含上边带或下边带
带宽	$2F_{\max}$	$2F_{\max}$	$\sim F_{\max}$
功率有效性	发射功率包括载波和上下边带信号功率	发射功率只包含上下边带信号功率	发射功率只包含上边带(或下边带)信号功率

3.8 有哪些方法产生 SSB 信号?

答: 产生 SSB 信号的方法有两种。(1) 滤波法: 用滤波器从双边带信号中滤除一个边带; (2) 以乘法运算为基础的移相法。

3.9 设基带信号为余弦波信号, 角频率 Ω , 载波角频率 ω_c 试写出调幅波、调频波和调相波的表达式。

答: 调幅波: $u_{AM}(t) = U_{cm} \cos(\omega_c t) \left[\frac{1}{2} m_a U_{cm} \cos(\omega_c t) + \frac{1}{2} m_a U_{cm} \cos(\omega_c t) \right]$

调频波: $u_{FM}(t) = U_{cm} \cos(\omega_c t + m_f \sin \Omega t)$

调相波: $u_{PM}(t) = U_{cm} \cos(\omega_c t + m_p \cos \Omega t)$

3.10 调制的作用是实现谱线的搬移, 试简述幅度调制和频率调制所实现的谱线搬移有什么不同?

答: 单音频的基带信号对载波进行幅度调制的作用是实现谱线的搬移, 将谱线搬移到高频端载波谱线 ω_c 的两侧, 形成上下两个边频 $\omega_c + \Omega$ 和 $\omega_c - \Omega$; 单音频基带信号对载波进行频率调制所形成的已调波有以下性质:

(1) 其频谱以载频 ω_c 为中心, 两边有无数个边频 (基带信号为单音频信号时, 调幅波只有上下两个边频), 相邻边频的间隔为 Ω 。

(2) 边频的振幅随 n 的增加而减小, 因此如果在规定的误差范围内忽略振幅过低的边频, 即忽略 n 值高于某一数值的谱线, 调频波的边频数就成为有限数。

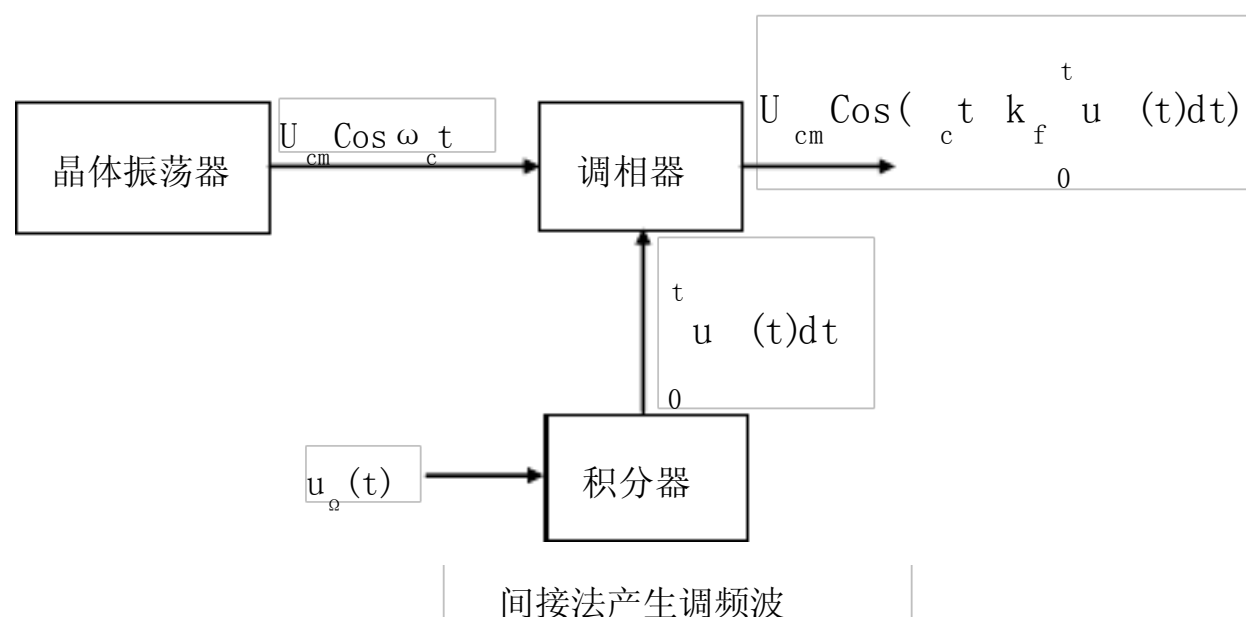
(3) 按照调频指数大于 1 还是小于 1, 可以将调频分为窄带调频和宽带调频。

$m_f < 1$ 时为窄带调频, 最大频偏小于基带频率, 载频 (频率为 ω_c) 分量振幅较大, 边频个数较少, 特别是 $m_f \ll 1$ 时, 和调幅波一样只需保留 $\omega_c \pm \Omega$ 两条边频。

$m_f > 1$ 时为宽带调频, 最大频偏大于基带频率, 这时载频分量的振幅较小, 边频较多。

3.11 试简述直接调频法和间接调频法产生调频波的原理, 比较其优缺点。

答: 由基带信号控制振荡器的频率, 使其振荡频率随基带信号变化, 振荡器输出的即为调频波。

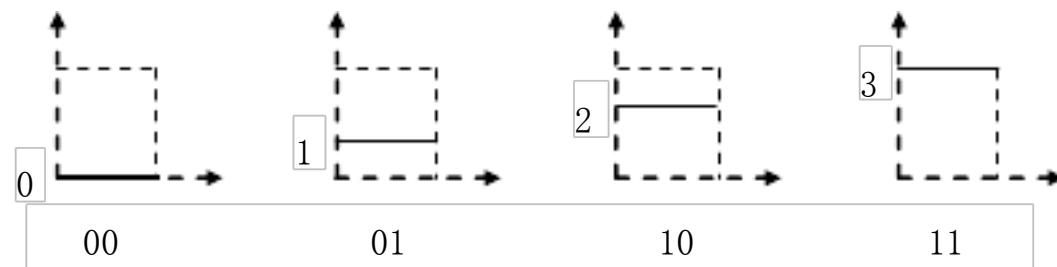


这种方法的特点是基带信号直接控制振荡器频率，由此产生调频波的方法称为直接法。间接产生调频波的电路有晶体振荡器、调相器和积分器电路组成。晶体振荡电路产生频率稳定的载波 $u_c(t) = U_{cm} \cos \omega_c t$ ，是调相器的输入信号，基带信号 $u_o(t)$ 经积分器形成调相器控制信号，调相器输出信号等于即为调频波。

直接调频原理简单、能产生的频偏较大，缺点是频率稳定度不高；间接法产生调频波的优点是频率稳定，因为其载波信号是由晶振产生的。缺点是频偏比较小，要增加频偏需外加扩频电路。

3.12 基带信号为数字信号时，可以是二进制数，也可以是多进制数，如何用波形表示多进制数？采用多进制数有什么好处？

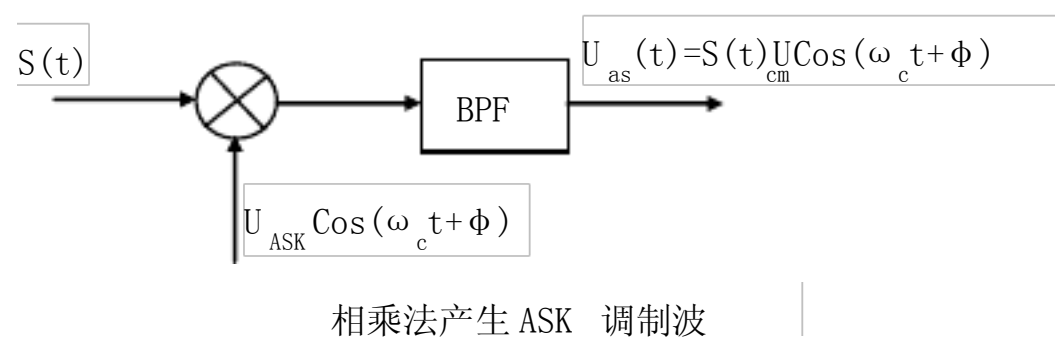
答：用电压波形来表示二进制数，其码位有两种状态，低电平和高电平，高电平表示数字“1”，低电平代表数字“0”。用电压波形来表示多进制数时，一个码位就必须具有多个不同的状态，表示4进制数时，每个码位需分为4个离散的电平状态，下图所示的4个电平状态分别代表4进制数的0, 1, 2和3。



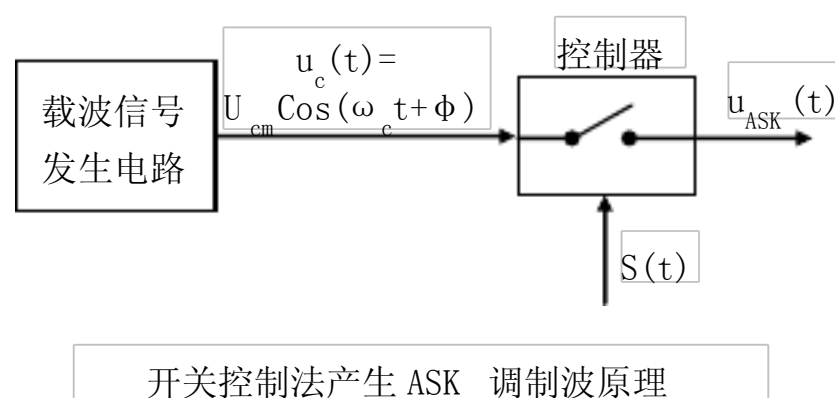
无线通信中引入多元波来表达多进制数的目的是提高数字信号传输的速率。例如四进制传输时的速率是二进制的2倍。

3.13 产生ASK和PSK信号有哪些方法？试简述其原理。

答：ASK调制波可通过以下两种方法产生：（1）相乘法：将基带信号和载波信号分别输入乘法器的两个输入端，其输出信号即为ASK调制信号 $u_{ASK}(t) = S(t)U_{cm} \cos(\omega_c t + \phi)$ ，工作原理如下图所示



（2）开关控制法：载波信号发生电路产生等幅余弦波，经开关控制形成ASK调制波，基带信号为“1”时控制器开关接通输出高频振荡，基带信号为“0”时开关断开，输出信号电平为零，于是即可生成已调波，如下图所示。



3.14 一种调制方法可用来产生多种已调波，试回答相乘法可以产生哪些已调波？

答：相乘法可以产生的已调波有：调幅波（AM、DSB、SSB调制）、幅移键控（ASK）波和相移键控（PSK）波

3.15 何谓解调？调幅波和调频波各有哪些解调方法？

答：通过某种方法从已调信号中还原出基带信号的过程即为解调。常用的调幅波解调方法有相干解调和包络线解调两种；调频波的解调称为频率检波，简称鉴频。鉴频的作用是从调频波中检出基带信号，即将调频波的瞬时频率变化转换为电压输出。用于实现鉴频的方法有：斜率鉴频、正交鉴频和

脉冲计数式鉴频。

3.16 一种解调方法可用来对多种已调波进行解调，试回答相干法能用于哪些已调波的解调？

答：相干法能用于以下已调波的解调：调幅波（包括 AM、DSB、SSB 调幅波）、幅移键控 (ASK) 波、频移键控 (FSK) 波和相移键控 (PSK) 波。

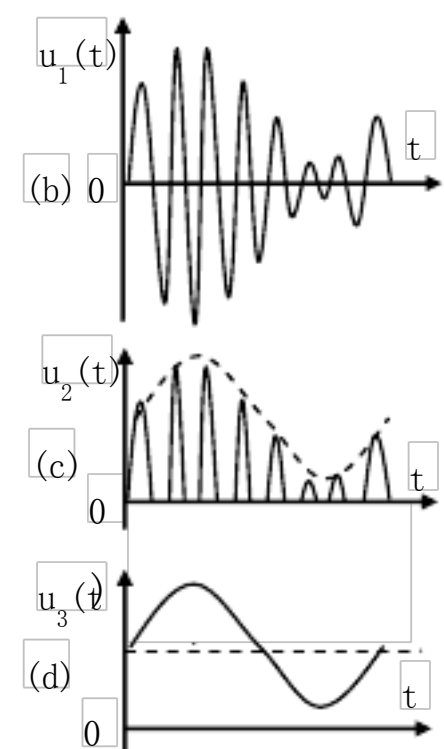
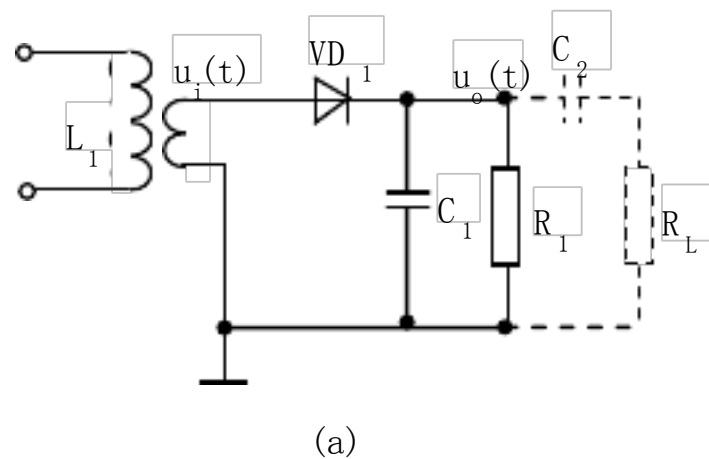
3.17 何谓调制电路和解调电路？无线收发芯片调制解调电路的识读有什么要求？

答：有了调制解调的方法，还需要依靠具体的电路去实现才能完成调制解调的任务，用于实现调制和解调功能的电路即称为调制解调电路。识读无线收发芯片调制解调电路，需要注意：

识读分立元器件组成的调制解调电路时，既要了解其性能指标，又要了解它的工作原理，而识读集成芯片或模块组成的收发系统中的调制解调电路，则只需了解其性能指标；此外，用于调制的相乘法和用于解调的相干法，其核心都是乘法器，由分立元器件组成的乘法器比较复杂，因此乘法器已被制成集成电路。由集成乘法器电路组成的调制和解调电路又成为特殊的一类调制解调电路，在识读时需要分别对待。因此，需要区别以下三种情况进行调制解调电路的识读和讨论：无线收发芯片及模块中的调制解调电路；分立元器件组成的无线收发系统的调制解调电路；由集成乘法电路组成的调制解调电路。

3.18 试简述包络线检波的原理和应用。

答：解调电路如下图 (a) 所示，它由检波二极管 VD_1 和低通滤波电路 C_1 、 R_1 组成。已调信号 $u_{AM}(t)$ 很微弱，要经过一系列放大以后才进入解调电路，因此待解调的信号幅度一般在 0.5V 以上，我们用 $u_i(t)$ 表示这个待解调的信号，其波形如图 (b) 所示。用 $u_o(t)$ 表示检波电路输出电压，它也就是电容 C_1 或电阻 R_1 两端的电压。这种输入信号为大信号情况下的检波称为峰值包络检波。



当输入电压大于输出电压时，二极管正向偏置。由于输入信号幅度在 0.5V 以上，这一正向偏置能使锗二极管导通，于是输入信号经二极管向电容 C_1 充电，充电的时间常数为二极管导通电阻 R_D 和电容 C_1 的乘积。充电的同时，电容通过电阻 R_1 放电，放电的时间常数为 R_1 和 C_1 的乘积。二极管导通电阻 R_D 很小而 R_1 要大得多，因此充电时间常数远小于放电时间常数。充得快而放得慢，于是电容两端的电压始终保持等于 $u_i(t)$ 的峰值电压，因此输出电压（电容 C_1 两端电压） $u_o(t)$ 波形如图 (c) 的虚线所示。这一虚线是已调波的包络线，即为基带信号，滤除其所包含的高频成分，并在电路中加入电容 C_2 来隔离直流成分即可得到基带信号，如图 (d) 所示，图中虚线所示的即为直流成分。

包络检波电路常用于分立元器件组成的调幅收音机电路中。

第四章 无线信号接收电路

4.1 无线接收电路主要功能有哪些？

答：接收电路应该具有以下四方面的功能：(1) 选频作用，选择性地接收频率在已调信号中心频

率附近的无线电波，这种选择特定频率信号的功能称为接收电路的选频作用；(2) 抑制干扰信号的作用，接收电路具有抑制多径传播引起的干扰、同频干扰、邻频道干扰、带外干扰等各种干扰的能力；(3) 放大作用，电路的放大能力要达到 100dB~200dB 左右；(4) 解调作用，必须具有从接收到的无线电信号中还原出基带信号的功能。

4.2 什么是接收电路的信噪比？增加放大电路的增益能提高接收电路的信噪比吗，为什么？

答：接收机输出信号中的有用信号功率电平与噪声信号功率电平的比值，称为接收机的信噪比，

用符号 SNR 表示，信噪比是衡量接收机输出信号质量的重要指标 $SNR = \frac{S}{N} = \frac{\text{有用信号功率电平}}{\text{噪声信号功率电平}}$

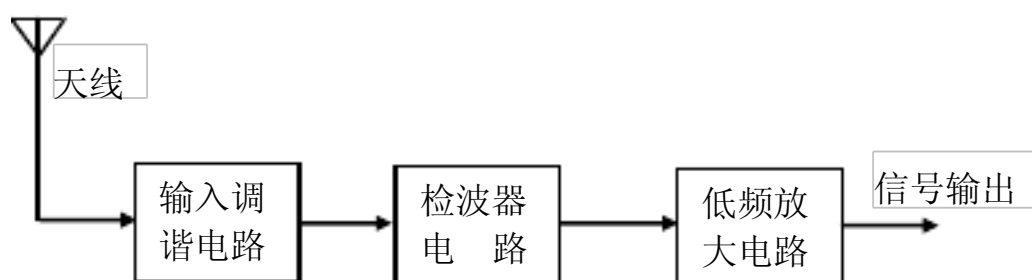
信噪比也可以用分贝数 (dB) 表示，信噪比分贝 $10 \lg \frac{S}{N}$

提高增益并不能增加灵敏度。例如一台调频收音机在输出信号信噪比 15dB 情况下的短波接收灵敏度为 $50 \mu V$ ，表示为保证输出信号信噪比 $S/N > 31.6$ 且输出功率不小于音频额定功率的 50%，输入端所需的最小信号是 $50 \mu V$ 。增加一级放大电路，使接收机的增益增加 10 倍，接收灵敏度并不能提高到 $5 \mu V$ 。理由是，接收机增益提高 10 倍后，输入信号等于 $5 \mu V$ 时，输出信号中有用信号功率电平仍等于 S (增益提高前输入信号 $50 \mu V$ 时的输出信号电平)，但这时机内噪声信号在原来基础上被放大 10 倍。SNR 表达式中分母噪声信号功率电平 N 增为 10N，而分子仍为 S，因此输出信号信噪比降为 $S/10N$ 。接收机灵敏度是在一定的信噪比下定义的，为使信噪比恢复到 S/N ，输入信号必须提高 10 倍，即提高到 $50 \mu V$ ，因此收音机的灵敏度仍然是 $50 \mu V$ 。

4.3 按照电路的结构和工作原理，接收电路分为哪几类？直接检波式接收电路和直接放大式接收电路有什么区别？画出电路框图并加以说明。

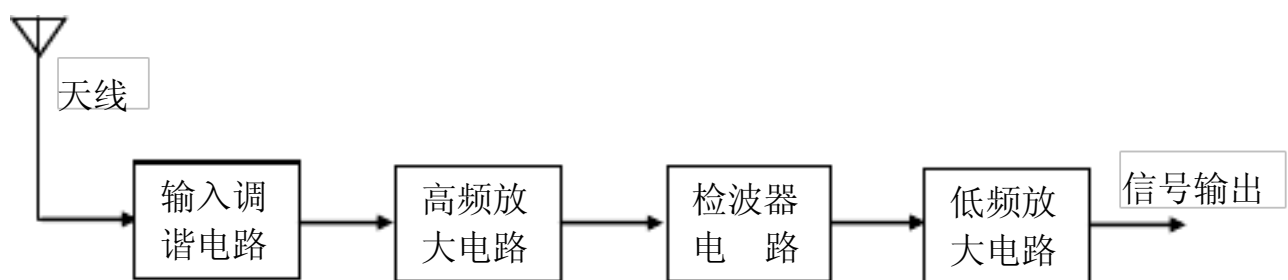
答：按照电路的结构和工作原理，常用的接收电路可分为直接放大式接收电路、超外差式接收电路、二次变频接收电路和放大器顺序混合型接收电路等四类。

直接检波式电路由接收天线、输入调谐电路、检波电路和低放电路组成，如图 4.1 所示。输入调谐电路用来选择所要接收的信号，将调谐回路的谐振频率调整到与待接收的信号频率相等，则只有该频率的信号才在输入回路中形成较大的电压，然后进行检波和低放。其特点是没有高频放大环节，是一种最简单的无线电接收电路。这种电路适用于输入信号较强的情况，例如接收本市无线电调幅广播时，就可以采用这种接收方案。



直接检波式接收电路框图

高放式接收电路的组成框图如下图所示，由天线、调谐电路、高频放大电路、检波电路和低频放大电路组成。与直接检波式电路相比，增加了高频放大电路，因此适用于输入信号相对较弱的场合。例如用于近距离无线遥控时，为减少发射功率，可选用这类高放式接收电路。来自接收天线的信号经调谐回路选择，选出特定频率的已调信号，经高频放大电路放大，达到检波电路所要求的幅度，经检波电路检出基带信号，最后经低频放大后输出。



直接放大式接收电路框图

4.4 与直接放大式接收电路相比较，超外差式接收电路有哪些优点？

答：直接放大式接收电路存在以下几个缺点：（1）灵敏度低；（2）选择性差；（3）缺少增益自动控制能力；（4）不适宜于接收不同频率的电台。

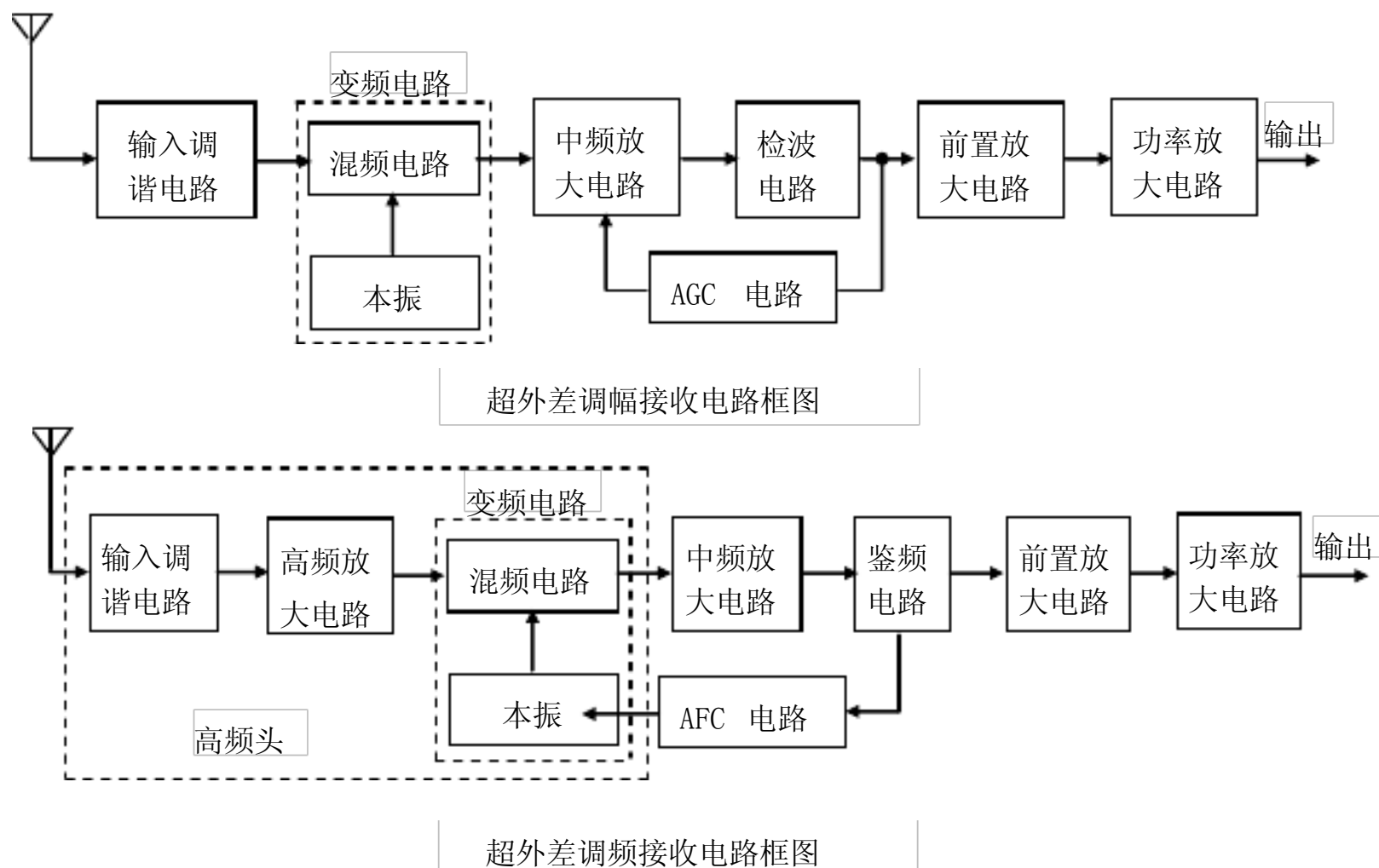
超外差式接收电路具有温度适应性强，接收灵敏度更高，工作稳定可靠，抗干扰能力强，产品的一致性较好，接收机本振辐射低，无二次辐射，符合工业使用规范等优点，因此，无线接收芯片（集成电路）大多采用超外差式接收电路。

4.5 什么是镜像干扰？超再生式接收电路会出现镜像干扰吗？为什么？

答：本振频率为 f_0 时，如果输入信号频率比本振频率低 465kHz，即 $f_c = f_0 - 465\text{kHz}$ ，经变频后即可得到频率为 465kHz 的中频信号输出。但是要注意，频率比本振频率高 465kHz 的信号 $f_{c1} = f_0 + 465\text{kHz}$ 进入变频电路后与本振频率 f_0 之差也是 465kHz，也能产生 465kHz 的中频信号输出。 f_0 信号是我们希望接收的， f_{c1} 并不是我们所希望的信号，后者就成为干扰，这种干扰就称为镜像干扰。它是超外差式接收电路特有的干扰，超再生电路不会出现这种干扰。

4.6 画出超外差调频和超外差调幅接收电路的框图，比较两者之间的异同点。

答：超外差调幅和调频接收电路框图如下



共同点：无论是调幅式还是调频式，超外差接收机都将接收到的高频信号转换为中频信号，然后进行放大、解调，这样做的好处是：（1）对一个固定频率进行放大，容易获得较大且稳定的放大倍数，因而能提高接收电路的灵敏度；（2）中频的频率是固定的，采用陶瓷滤波器、声表面波滤波器等性能优良的器件，能显著提高接收电路的选择性；（3）增加自动增益控制（AGC）电路，使电路能用于接收各种不同强度的信号。

调频式和调幅式接收电路有以下三方面差异。第一，解调电路不同。幅度调制时，基带信号包含在调幅波的幅度变化之中，为了从中复原基带信号，调幅接收电路需采用幅度检波电路。频率调制时，基带信号包含在调频波的频率变化之中，为了从中检出基带信号则需采用鉴频电路。第二，调频接收电路中可使用限幅电路消除幅度干扰，调幅接收电路则不能。调频波的幅度不包含基带信号的任何信息，因此可以在鉴频电路之前加入限幅电路来消除幅度干扰，与此相反，调幅波的幅度变化包含了基带信号的全部信息，就不能使用限幅电路来消除幅度干扰。第三，调幅接收机一般都附加 AGC（自动增益控制）电路，调频接收机除 AGC 电路外还附加 AFC（自动频率控制电路）。

4.7、无线接收电路中，输入调谐电路起什么作用？输入调谐电路与天线之间有哪几种连接方式？各有哪些优缺点？

答：输入调谐电路也称输入选择电路，由电感 L 和可变电容 C 组成，改变电容 C ，可以调节电路的谐振频率，从而达到选择有用信号的目的。

天线与调谐回路之间的常用耦合方式有以下四种。(1) 直接耦合方式；(2) 电容耦合方式；(3) 电感耦合方式；(4) 电感-电容耦合方式。直接耦合方式会导致回路 Q 值下降并引起失谐，因此在实际接收电路中很少使用；电容耦合时，耦合电容 C_1 的容量取得小，与天线一地之间形成的电容 C_0 串联后减弱了电容 C_0 对输入回路的影响。缺点是 C_1 的容抗随频率变化，高频端传输系数大，低频端传输系数下降，影响低频端信号接收；电感耦合时，低频传输系数大，高频端传输系数小，不过传输系数随频率变化比较缓慢，因此这种耦合方式用得比较多；天线与调谐回路之间既有电容耦合，又有电感耦合，电感耦合对低端信号传输有利，电容耦合对高端信号有利，综合的结果，可以在整个接收范围内得到比较均匀的传输系数。在一些高性能的接收机中都采用这种耦合方式。

4.8、超外差式接收电路中，本地振荡电路的振荡频率为什么要稳定？不稳定会发生什么问题？如何产生稳定的正弦波振荡？

答：超外式接收机能否稳定地接收到某一个信号，主要决定于本地振荡的频率能否跟踪该输入信号，即能否始终保持与输入信号差一个中频信号。假设某个时刻已经收到某个调频台的信号，这时，本地振荡的频率却因温度升高等原因发生了漂移，本振频率与输入信号频率之差偏离中频，接收信号质量就会下降，严重时甚至会丢失。为了解决这个问题，除了尽可能地保持本地振荡频率稳定之外，一个行之有效的办法便是引入自动频率控制电路，简称 AFC 电路。通过 AFC 电路的自动控制作用，能使本地振荡频率始终跟随输入信号频率变化，从而使两者之差始终等于或接近于中频。

4.9、变频电路可分为自激式和它激式变频电路等两类，这两类电路有什么差别？

答：它激式变频电路，其本振电压由单独的振荡电路产生；自激式变频电路，其本振电压由变频管自身产生的。

4.10、中频放大电路有哪些主要指标，是如何定义的？

答：(1) 中频放大增益，是指超外差调频及调幅接收机框图中“中频放大电路”的增益；(2) 选择性，指中放电路抑制邻频干扰信号的能力；(3) 通频带，是指中频放大电路能有效放大的信号频率宽度。

4.11、常用的中频放大电路有哪几类？各有什么优缺点？

答：常用的中频放大电路有调谐式和集中选频式放大电路两大类，调谐式中频放大电路又分单调谐和双调谐中频放大电路。

调谐式中放电路的缺点是选择性较差、电路元器件多、调整麻烦等缺点，因此不宜集成化。采用集中放大和滤波的集中滤波选频式中放电路则可克服这些缺点，能在获得高增益的同时有良好的选择性。这种电路容易集成化，因此已获得广泛的应用。

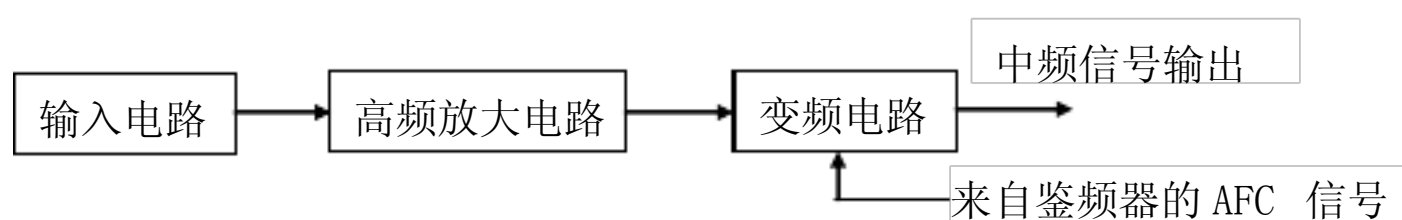
4.12、何谓 AGC 和 AFC 电路？这两个电路在接收电路中起什么作用？

答：接收机工作时，由于不同频率电台的发射功率大小不等、接收机与电台之间的距离各异等原因，天线所接收到的不同电台的信号强弱在很大范围内变化，信号微弱时只有几微伏至几十微伏，信号强的可达几百毫伏。为了获得稳定的音量，需要让中频放大电路的放大倍数随输入信号的强弱而自动变化，输入信号强时，放大倍数下降，信号弱时放大倍数上升。用来实现这一功能的电路即为自动增益控制电路，简称 AGC 电路。

AFC 是频率自动控制的简称，通过 AFC 电路的自动控制作用，能使本地振荡频率始终跟随输入信号频率变化，从而使两者之差始终等于或接近于中频。

4.13、超外差式调频接收机的高频头由哪几部分组成，画出框图并说明各组成部分的作用。

答：调频广播高频头电路框图如下所示，它由输入电路、高频放大电路和变频电路组成。



输入电路由天线和 LC 谐振回路组成,用于选择性地接收特定频段的信号(例如调频广播频段 88~108MHz 的信号)并抑制接收频段外的干扰。高频放大电路的作用是对接收到的高频信号进行放大。变频电路通过它激或自激的方式将放大后的高频信号转换为中频信号,来自鉴频器的 AFC 信号用来稳定本振频率。

4.14 无线收发芯片有哪些技术指标?哪些是用来说明接收功能的?哪些是用来说明发射功能的?

答:由于无线收发芯片分为发射芯片、接收芯片和收发芯片三大类,因此芯片所涉及的主要特性指标也分为三类:第一类是这三类芯片都使用的性能指标,称其为共有指标;第二类是描述发射特性的指标,称为发射模式指标;第三类是描述接收特性的指标,称为接收模式指标。

共有指标有(1)电源电压;(2)工作温度;(3)芯片封装形式和尺寸;(4)外接元件数目;(5)天线尺寸;(6)低功耗模式电流等。描述发射特性的指标有(1)发射频率;(2)晶振频率;(3)调制方式;(4)数据速率;(5)最大输出功率;(6)发射模式电流等。描述接收特性的指标有(1)输入频率;(2)接收灵敏度;(3)接收模式电流;(4)基准频率和中频;(5)调制方式和数据速率等。

4.15 比特率和波特率是如何定义的,彼此有什么差异?两个量的单位各是什么?

答:比特率定义为每秒传输的二进制代码的有效位数,单位是 bit/s,表示每秒可传输多少个二进制位数。波特率是指数字信号对载波的调制速率,它用单位时间内载波调制状态改变次数来表示,其单位是 baud/s。

波特率和比特率是两个不同的概念,但又有联系。如果数字信号所用的是二进制幅移键控调制,则载波的振幅只有两种状态,要么有高电平振幅,要么振幅为零。如果载波调制状态每秒变化 1000 次,则其波特率为 1000baud/s,每次变化所传输的是一个二进制位,因此传输速率为 1000bit/s,波特率和比特率在数值上相等。假如采用的是四进制幅移键控调制,这时载波的振幅有四种状态。如果载波状态每秒变化 1000 次,其波特率仍为 1000 baud/s。由于载波状态变化一次所传输的是一位四进制数,相当于两个二进制位,因此,这种情况下信号传输的速率为 2000bit/s。比特率(信号传输速率)和波特率(载波调制速率)不仅含义不同,数值上也不相等。

4.16 无线收发芯片按用途划分,可分为哪几类?

答:按用途划分,无线收发芯片可分为以下五大类:收音机集成电路;电视机集成电路;手机等通信专用芯片;射频卡芯片和数据传输和遥控芯片。

4.17 无线收发模块与芯片有什么联系和差别?为使用方便起见,首选的应该是无线收发芯片还是收发模块?

答:高频电路集成化后所形成的集成电路常称无线收发电路芯片,或射频电路芯片。为便于使用,减少用户对于芯片外接元器件布局设计及调试工作,许多厂家无线收发芯片和高频晶体管,配以必须的电阻、电感、电容等元器件,组成具有无线收发功能的单元即为无线收发模块。为方便起见,首选的应该是收发模块。

第五章 高频电子技术在遥控电路中的应用

5.1 无线遥控装置中,被传输的控制指令为什么要编码?举例说明不编码的遥控装置在使用时会存在的问题。

答:控制指令为什么不直接输入无线发射电路对载波进行调制,而要经过编码后才用来对载波进行调制呢?主要有以下两点理由:

(1) 利于区别不同的指令。以遥控玩具汽车为例,控制汽车右转、后退、前进或左转等四种运动,用简单的按键一按一放所形成的单脉冲无法实现四种运动的控制。对控制指令进行编码,不同的指令被变为不同的指令代码,接收方就能正确判断所接收到的属什么指令;

(2) 提高抗干扰能力。用简单的按键一按一放所形成的单脉冲很难与接收机周围空间存在的无线电干扰相区分。例如,接收机附近一台手持电钻突然开启,接收电路也会接收到高频信号,解调后也

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/476125133212011002>