

备考

1 原理题

1.1 无线电通信机原理

1.1.1 考核要点

1.1.2 题目分析

1.2 线性调制原理

1.2.1 考核要点

1.2.2 题目分析

1.3 非线性调制原理

1.3.1 考核要点

1.3.2 题目分析

2 分析题

2.1 噪声与非线性分析

2.1.1 考核要点

2.1.2 题目分析

2.2 线性频谱搬移电路分析

2.2.1 考核要点

2.2.2 题目分析

2.3 振荡器电路分析

2.3.1 考核要点

2.3.2 题目分析

1 原理题

1.1 无线电通信机原理

1.1.1 考核要点

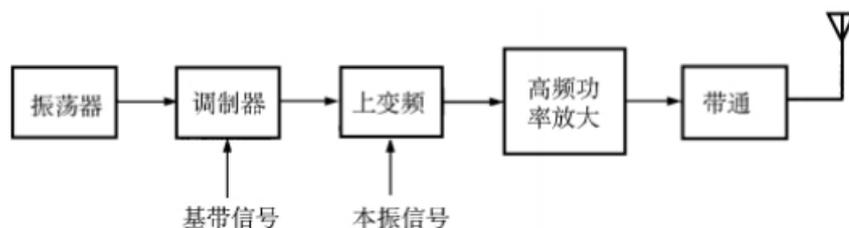
1. 能够画出超外差式收发机原理框图；
2. 能够从时域和频域两个角度，用数学、文字、示意图等方法阐述整机及功能单元的工作原理；
3. 能够阐述超外差式收发机的一般设计原则，包括：增益分配原则、如何保证选择性、中频频点设计原则，信道选择原理、如何处理中频干扰和镜像干扰、如何选择功率放大方案。

1.1.2 题目分析

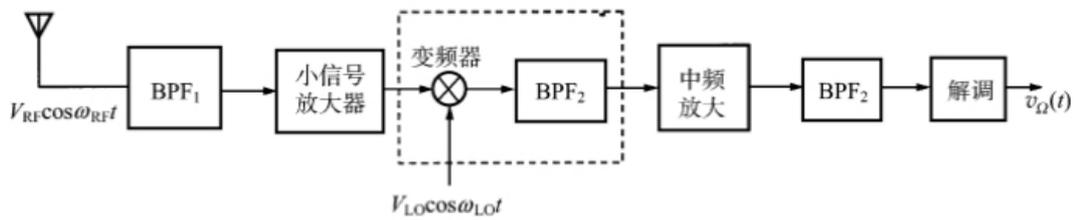
涉及内容：4.2.1、4.4

• 原理框图

◦ 超外差式发射机



◦ 超外差式接收机



- 工作原理

- 超外差式发射机

- 基带信号：即低频的调制信号（音频信号） $v_{\Omega}(t) = v_{\Omega m} \cos(\Omega t)$.
 - 振荡器：产生载波信号 $v_c(t) = V_{cm} \cos(\omega_c t)$.
 - 调制器：通过载波信号与调制信号产生调幅波（AM、DSB、SSB；PM、FM）
 - 上变频：通过本振信号 $v_L(t)$ 与调幅波相乘，增大频率.
 - 高频功率放大器：将信号放大功率后送上天线.

- 超外差式接收机

- BPF1：选择频带，消除镜像干扰.
 - 小信号放大器：低噪声放大器，放大射频小信号.
 - 下变频：通过本振信号 $v_{LO}(t)$ 将射频信号 $v_{RF}(t)$ 降为频率固定的中频信号 $v_{IF}(t)$.
 - BPF2：中频滤波，选择信道.
 - 中频放大器：使镜像频率远离有用信号.

- 设计原则

- 增益分配原则

- 发射机
 - 振荡器、调制器、混频器，均用于产生调幅或调频信号.
 - 高频功率放大器提供主要增益，可达几十 dB，并且可以使用多级放大电路.
 - 接收机
 - 小信号放大器增益不宜过大，以免经变频器后失真，一般不超过 15 dB.
 - 下混频器的增益也不大：无源的小于一倍，有源的可能有 10 dB 左右.
 - 增益主要来自中频放大器，一般有几十倍的增益.

- 如何保证选择性

- 通过上述接收机框图中的 BPF1 选择频带.
 - 通过 BPF2 进一步选择信道.

- 中频频点设计原则

- 中频的性能
 - 高中频：镜像频率远离有用信号，有利于抑制镜像频率干扰，提高灵敏度。（干扰性）
 - 低中频：有利于抑制相邻信道的干扰信号，选择信道，提供稳定的高增益。（选择性）
 - 中频的选择
 - 根据对抑制镜像通道的要求.
 - 根据对中频干扰的抑制要求.

- 根据中频滤波器的可实现性.
 - 根据抑制寄生通道干扰要求.
 - 信道选择原理
 - 发射机: 通过上变频器选择要发送的信道.
 - 接收机: 通过中频滤波器选择接受的信道.
 - 如何处理中频干扰和镜像干扰
 - 选择合适的中频, 提高中频抗拒比.
 - 二次变频方案
 - I 中频选择高中频值, 抑制镜像频率干扰.
 - II 中频选择地中品质, 抑制邻道干扰.
 - 直接下变频方案: 不存在镜像频率干扰.
 - 镜频抑制接受方案: 改变电路结构以抑制镜频干扰.
 - 如何选择功率放大方案
 - A、B、AB 类放大器属于线性放大器, 一般情况下都可以使用, 不过效率不够高.
 - C、D、E 类放大器属于非线性放大器, 一般只有包络恒定时才可以使用. (调幅波不可以, 调频波与调相波可以)

1.2 线性调制原理

1.2.1 考核要点

1. 能够从时域和频域两个角度, 用数学、文字、方框图等方法阐述 AM、DSB 和 SSB 调制解调方案的工作原理;
2. 能够计算信号带宽和信号功率。

1.2.2 题目分析

涉及内容: 3.2.1

文字与框图略.

- 调制
 - AM
 - 时域: $v(t) = V_{cm}(1 + m_a \cos \Omega t) \cos \omega_c t$.
 - 频域: $\omega_c, \omega_c \pm \Omega$.
 - 实现: 乘法器、加法器.
 - DSB
 - 时域: $v(t) = AV_{\Omega m} V_{cm} \cos \Omega t \cos \omega_c t$.
 - 频域: $\omega_c \pm \Omega$.
 - 实现: 乘法器.
 - SSB

- 时域: $v(t) = \frac{1}{2}AV_{\Omega m}V_{cm} \cos(\omega_c + \Omega t)$.
 - 频域: $\omega_c + \Omega$.
 - 实现: 滤波法; 移相法.
- 解调
 - 相干解调 (同步检波): 适用于 AM、DSB、SSB.
 - 步骤
 - 步骤一: 载波提取.
 - 步骤二: 频谱搬移.
 - 乘积型同步检波
 - 方案一: 二极管双平衡混频器 + 低通滤波器.
 - 方案二: 吉尔伯特模拟乘法器 + 低通滤波器.
 - 叠加型同步检波: 双边检波、单边检波.
 - 包络检波 (非相干解调): 适用于 AM.
 - 小信号: 二极管平方律检波
 - 大信号
 - 串联型峰值包络检波
 - 并联型峰值包络检波
 - 晶体管平均包络检波
- 带宽与功率
 - 带宽
 - AM、DSB: $2F$.
 - SSB: F .
 - 功率: 以 AM 为例
 - 调幅功率: $P = \frac{V_{cm}^2(t)}{2} = \frac{V_{cm}^2}{2}(1 + m_a \cos \Omega t)^2$.
 - 功率最值: $P_{max}, P_{min} = \frac{V_{cm}^2}{2}(1 \pm m_a)^2$.
 - 调制信号的平均功率: $P_{avg} = \frac{V_{cm}^2}{2} \left(1 + \frac{1}{2}m_a^2\right)$.
 - 载频功率: $P_c = \frac{V_{cm}^2}{2}$.
 - 总旁频功率: $2P_{\omega \pm \Omega} = \frac{m_a^2 P_c}{2}$. (很小, 如 4.5%)

1.3 非线性调制原理

1.3.1 考核要点

1. 能够从时域和频域两个角度, 用数学、文字、方框图等方法阐述 FM、PM 调制解调方案的工作原理;
2. 能够计算信号带宽和信号功率。

1.3.2 题目分析

涉及内容: 3.2.2

- 调制
 - FM
 - 时域: $v(t) = V_{\text{cm}} \cos(\omega_c t + m_f \sin \Omega t)$.
 - 频域: $\Delta f_m = m_f F$. (实际有无数对边频分量)
 - PM
 - 时域: $v(t) = V_{\text{cm}} \cos(\omega_c t + m_p \cos \Omega t)$.
 - 频域: $\Delta f_m = m_p F$. (实际有无数对边频分量)
- 解调
 - 解调思路
 - 法一: 直接调频法
 - 用调制信号直接控制振荡器的频率.
 - 频偏较大, 但是频率稳定度不高.
 - 法二: 间接调频法
 - 用调制信号的积分值控制调相电路.
 - 频率稳定度高, 但是频偏较小.
 - 鉴相方法
 - 模拟鉴相器: 适用于锁相合成, 灵敏度低, 线性较好, 锁定时相移 90° .
 - 数字鉴相器: 适用于频率合成.
 - 门鉴相器: 输入对称方波, 锁定时相移 90°
 - R-S 触发器鉴相器: 输入脉冲或方波, 锁定时相移 90° .
 - 边沿触发鉴频鉴相器: 输入脉冲或方波, 锁定时相移 0° 或 180° .
 - 鉴频方法 (先限幅, 后鉴频)
 - 斜率鉴频
 - 单失谐回路斜率鉴频器
 - 双失谐回路斜率鉴频器
 - 正交鉴频: 频相转换网络 + 鉴相器 (模拟乘法器 + 低通滤波器)
 - 锁相鉴频
- 带宽与功率
 - 卡尔逊带宽
 - FM: $\text{BW}_{\text{CR}} = 2(m_f + 1)F = 2(\Delta f_m + F)$.
 - PM: $\text{BW}_{\text{CR}} = 2(m_p + 1)F = 2(\Delta f_m + F)$.
 - 功率: 均为 $\frac{V_{\text{cm}}^2}{2}$.

2 分析题

2.1 噪声与非线性分析

2.1.1 考核要点

1. 能够阐述和计算系统多级级联系统的噪声系数和噪声温度;
2. 能够用文字、数学方法解释、分析电子系统典型非线性失真现象的产生机理, 包括: 谐波、堵塞、互调;
3. 能够计算多级级联系统的灵敏度、动态范围。

2.1.2 题目分析

涉及内容: 第二章

- 分贝单位
 - 无量纲单位
 - 电压增益: $A_V = 20 \lg A_V$ (dB).
 - 功率增益: $G_P = 10 \lg G_P$ (dB).
 - 当输入输出阻抗相同时, $G_P = \frac{V_o^2/R_o}{V_i^2/R_i} = A_V^2$.
 - 有量纲单位
 - 电压: $U = 20 \lg \frac{U}{1 \text{ V}}$ (dBV) = $20 \lg \frac{U}{1 \text{ mV}}$ (dBmV).
 - 功率: $P = 10 \lg \frac{P}{1 \text{ W}}$ (dBW) = $10 \lg \frac{P}{1 \text{ mW}}$ (dBm).
 - 运算说明
 - dB 可加减 (结果为 dB), 不可乘除.
 - dBm 与 dBm 可相减 (结果为 dB), 不可相加
 - dB 与 dBm 可加减, 结果为 dBm 或 dBm^{-1} .
- 噪声系数和噪声温度
 - 单个系统
 - 噪声系数: $F := \frac{(\text{SNR})_i}{(\text{SNR})_o} = \frac{P_i/N_i}{P_o/N_o}$.
 - 等效噪声温度: $T_e := \frac{N_{\text{内}}}{kBG_P}$
 - 多级级联
 - 噪声系数: $F = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_{\text{PA1}}} + \frac{F_3 - 1}{G_{\text{PA1}}G_{\text{PA2}}} + \dots$
 - 等效噪声温度: $T_e = T_{e1} + \frac{T_{e2}}{G_{\text{PA1}}} + \frac{T_{e3}}{G_{\text{PA1}}G_{\text{PA2}}} + \dots$
- 非线性失真
 - 输入端只有一个有用信号
 - 将非线性函数幂级数展开, 代入信号 (三角函数) 后利用倍角公式, 从而转化为各次谐波的一次项. 因此单个正弦信号经过非线性系统, 也会产生谐波分量.

- 频谱搬移 (混频器、幅度调制、相干解调)
 - 有源混频器电路 (三极管平衡电路)
 - 单平衡混频器
 - 吉尔伯特双平衡混频器
 - 无源混频器电路 (二极管平衡电路)
 - 线性时变状态二极管
 - 二极管双平衡混频器
- 检波
 - 相干解调 (同步检波) : 适用于 AM、DSB、SSB.
 - 步骤
 - 步骤一: 载波提取.
 - 步骤二: 频谱搬移.
 - 乘积型同步检波
 - 方案一: 二极管双平衡混频器 + 低通滤波器.
 - 方案二: 吉尔伯特模拟乘法器 + 低通滤波器.
 - 叠加型同步检波: 双边检波、单边检波.
 - 包络检波 (非相干解调) : 适用于 AM.
 - 小信号: 二极管平方律检波
 - 大信号
 - 串联型峰值包络检波 (输入阻抗: $\frac{R}{2}$)
 - 并联型峰值包络检波 (输入阻抗: $\frac{R}{3}$)
 - 晶体管平均包络检波 (输入阻抗: $\frac{R}{2}$)
 - 参数要求
 - $\frac{1}{\omega_c} \ll RC < \frac{1}{\Omega_{\max}}$.
 - 避免惰性失真: $\tau = RC \leq \frac{\sqrt{1 - m_a^2}}{\Omega m_a}$.
 - 避免负峰切割失真: $m_a \frac{R_{\sim}}{R_{\sim}} = m_a \frac{R}{R // R_L} < 1$.
- 调频
 - 直接调频: 控制频率
 - LC 正弦振荡器直接调频
 - 晶体直接调频振荡电路
 - 张弛振荡器的直接调频
 - 间接调频: 控制相位
 - 可变移相法调相电路
 - 可变时延法调相电路
 - 矢量合成法调相电路

- 间接调频的频偏扩展
- 鉴相
 - 模拟鉴相：吉尔伯特乘法单元
 - 门鉴相器：异或门鉴相器
- 鉴频（先限幅，后鉴频）
 - 斜率鉴频
 - 单失谐回路斜率鉴频器
 - 双失谐回路斜率鉴频器
 - 正交鉴频
 - 频相转换网络
 - 鉴相器（模拟乘法器 + 低通滤波器）

2.3 振荡器电路分析

2.3.1 考核要点

能够用文字、数学方法解释、分析三点式振荡器电路和晶体振荡电路的工作原理，包括：

1. 能够判断相位平衡条件，
2. 分析起振条件并计算电路参数，
3. 分析振荡电路的稳定条件，
4. 估算振荡频率。

2.3.2 题目分析

涉及内容：第七章

- 振荡的条件
 - 平衡条件： $\dot{T}(j\omega_{osc}) = 1$.
 - 振幅平衡条件： $|\dot{T}(j\omega)| = |\dot{A}(j\omega)\dot{F}(j\omega)| = 1$.
 - 相位平衡条件： $\varphi_{\dot{T}(j\omega_{osc})} = \varphi_{\dot{A}} + \varphi_{\dot{F}} = 2n\pi, n \in \mathbb{N}$.
 - 起振条件
 - 振幅条件： $|\dot{T}(j\omega)| > 1$.
 - 相位条件： $\varphi_{\dot{T}(j\omega)} = 0$.
 - 稳定条件
 - 振幅稳定条件： $\left. \frac{\partial T}{\partial V_i} \right|_{\text{平衡点}} < 0$.
 - 相位稳定条件： $\left. \frac{\partial \varphi_T}{\partial \omega} \right|_{\text{平衡点}} < 0$.
- 三点式振荡器

- 平衡条件 (一般原则)
 - 与发射极相连的两个电抗元件必须同性质.
 - 另一个电抗元件必须异性质.
- 稳定条件: LC 谐振回路确保了相位稳定.
- 分类
 - 电容三点式振荡器: 考毕兹振荡器.
 - 电感三点式振荡器: 哈脱莱振荡器.
 - 改进型电容三点式振荡器
 - 克拉泼振荡器: 增加串联小电容.
 - 西勒振荡器: 增加并联可变电容.
- 振荡频率

- 近似值: $\omega_{\text{osc}} \approx \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$.

- 准确值

- $g_m := \frac{\dot{I}_c}{\dot{U}_{b'e}} = \frac{\beta \dot{I}_b}{\dot{I}_b r_{b'e}} = \frac{\beta}{r_{b'e}}$.

- $r_e = \frac{1}{g_m}, g_i \approx g_m$.

- $\omega_{\text{osc}} = \omega_0 \sqrt{1 + \frac{g_i g_L'}{\omega_0^2 C_1 C_2'}}$.

- 晶体振荡电路

- 串联型晶振电路: $f_q = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_q C_q}}$.

- 并联型晶振电路: $f_p = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_q C_\Sigma}} \approx f_q \left(1 + \frac{C_q}{2C_0}\right)$.