

一、填空题

1. 信源、发送设备、接收设备、信宿
2. 通频带
3. 窄；好（强）
4. 丙；高
5. 90° ; 90° ; 丙
6. 放大信号；选频滤波；矩形系数
7. 矩形系数
8. A（欠压状态） \Leftrightarrow 临界状态 \Leftrightarrow 过压状态
9. C ($KF=1$) ; A ($\sum\phi=n \times 360^\circ$)
10. 短路导线；电感
11. A（欠压）；B（临界）
12. 过压；欠压；过压；欠压
13. (1) >; (2) =; (3) <

二

1. C（过压）
2. D（丙类）
3. C（频率稳定性高）
4. B（晶体振荡器）

三

已知条件

谐振频率 $f_0 = 5 \text{ MHz}$ ，电容 $C = 50 \text{ pF}$ ，通频带 $2\Delta f_{0.7} = 150 \text{ kHz}$

解

1. 求电感 L 和品质因数 Q_0

- 由并联谐振回路谐振频率公式 $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ ，推导得：

$$L = \frac{1}{(2\pi f_0)^2 C}$$

代入数据：

$$L = \frac{1}{(2 \times 3.14 \times 5 \times 10^6)^2 \times 50 \times 10^{-12}} \approx 203 \text{ nH}$$

- 品质因数公式 $Q_0 = \frac{f_0}{2\Delta f_{0.7}}$ ，代入数据：

$$Q_0 = \frac{5 \times 10^6}{150 \times 10^3} \approx 33.33$$

2. 求并联电阻 R 及新通频带

- 回路固有并联等效电阻 $R_0 = Q_0 \times \frac{1}{2\pi f_0 C}$ ，计算得：

$$R_0 = 33.33 \times \frac{1}{2 \times 3.14 \times 5 \times 10^6 \times 50 \times 10^{-12}} \approx 21.22 \text{ k}\Omega$$

- 当 $Q_L = 16.65$ 时，总并联电阻 $R_{\text{总}} = Q_L \times \frac{1}{2\pi f_0 C} \approx 10.61 \text{ k}\Omega$
- 由并联电阻公式 $\frac{1}{R_{\text{总}}} = \frac{1}{R_0} + \frac{1}{R}$ ，解得：

$$R = \frac{R_0 R_{\text{总}}}{R_0 - R_{\text{总}}} = 21.22 \text{ k}\Omega$$

- 新通频带 $2\Delta f'_{0.7} = \frac{f_0}{Q_L} = \frac{5 \times 10^6}{16.65} \approx 300 \text{ kHz}$

四

已知条件

谐振频率 $f_0 = 5 \text{ MHz}$ ，电容 $C = 50 \text{ pF}$ ，通频带 $B_{0.7} = 150 \text{ kHz}$

解

1. 求回路电感 L 和品质因数 Q

- 同第三题推导， $L = \frac{1}{(2\pi f_0)^2 C} \approx 203 \text{ nH}$
- 品质因数 $Q = \frac{f_0}{B_{0.7}} = \frac{5 \times 10^6}{150 \times 10^3} \approx 33.33$

2. 求并联电阻 R

- 当 $B'_{0.7} = 300$ kHz 时，新品质因数 $Q' = \frac{f_0}{B'_{0.7}} = 16.67$
- 固有并联电阻 $R_0 = Q \times \frac{1}{2\pi f_0 C} \approx 21.22$ k Ω
- 新总并联电阻 $R'_{\text{总}} = Q' \times \frac{1}{2\pi f_0 C} \approx 10.61$ k Ω
- 解得并联电阻 $R = \frac{R_0 R'_{\text{总}}}{R_0 + R'_{\text{总}}} = 21.22$ k Ω

五

已知条件

临界状态， $E_C = 24$ V， $U_{CES} = 1$ V， $P_O = 6$ W， $\eta_C = 0.5$ ； $Q_0 = 18$ ， $Q_L = 3$

解

1. 求 P_C 及最佳匹配电阻 R_{CP}

- 集电极效率公式 $\eta_C = \frac{P_O}{P_S}$ ，得直流功率 $P_S = \frac{P_O}{\eta_C} = 12$ W
- 集电极损耗功率 $P_C = P_S - P_O = 6$ W
- 临界状态输出功率公式 $P_O = \frac{(E_C - U_{CES})^2}{2R_{CP}}$ ，推导得：

$$R_{CP} = \frac{(E_C - U_{CES})^2}{2P_O} = \frac{(24 - 1)^2}{2 \times 6} \approx 44.08 \Omega$$

2. 求负载功率 P_L

- 回路效率 $\eta_L = \frac{Q_L}{Q_0} = \frac{3}{18} = \frac{1}{6}$
- 负载功率 $P_L = P_O \times \eta_L = 6 \times \frac{1}{6} = 1$ W

六

已知条件

临界状态， $P_O = 15$ W， $E_C = 24$ V， $\theta = 70^\circ$ ， $\alpha_0(70^\circ) = 0.253$ ， $\alpha_1(70^\circ) = 0.436$ ， $g_{cr} = 1.5$ A/V， $I_{CM} = 5$ A

解

1. 求直流功率 P_S

- 临界状态下，集电极电流基波分量 $I_{c1m} = \frac{2P_O}{E_C - U_{CES}}$ ，忽略 U_{CES} 近似：

$$I_{c1m} = \frac{2 \times 15}{24} = 1.25 \text{ A}$$

- 由 $I_{c1m} = \alpha_1 I_{CM}$, 得 $I_{CM} = \frac{I_{c1m}}{\alpha_1} = \frac{1.25}{0.436} \approx 2.87 \text{ A}$ (小于给定 5 A, 符合要求)
- 直流电流 $I_{c0} = \alpha_0 I_{CM} = 0.253 \times 2.87 \approx 0.726 \text{ A}$
- 直流功率 $P_S = E_C I_{c0} = 24 \times 0.726 \approx 17.42 \text{ W}$

2. 集电极损耗功率 P_C

- $P_C = P_S - P_O = 17.42 - 15 = 2.42 \text{ W}$

3. 集电极效率 η_C

- $\eta_C = \frac{P_O}{P_S} \times 100\% = \frac{15}{17.42} \times 100\% \approx 86.1\%$

4. 最佳负载电阻 R_{CP}

- $R_{CP} = \frac{(E_C)^2}{2P_O} = \frac{24^2}{2 \times 15} = 19.2 \Omega$ (忽略 U_{CES})

七、调谐功率放大器设计题

已知条件

$$E_C = 12 \text{ V}, U_{CES} = 1 \text{ V}, Q_0 = 20, Q_L = 4, \alpha_0(60^\circ) = 0.21, \alpha_1(60^\circ) = 0.39, P_L = 200 \text{ mW} = 0.2 \text{ W}, f_0 = 2 \text{ MHz}$$

解

1. 回路效率 η_L

- $\eta_L = \frac{Q_L}{Q_0} = \frac{4}{20} = 0.2$

2. 放大器输出功率 P_O

- $P_O = \frac{P_L}{\eta_L} = \frac{0.2}{0.2} = 1 \text{ W}$

3. 最佳负载电阻 R_{CP}

- $R_{CP} = \frac{(E_C - U_{CES})^2}{2P_O} = \frac{(12-1)^2}{2 \times 1} = 60.5 \Omega$

4. 集电极电流基波分量 I_{c1m}

- $I_{c1m} = \frac{2P_O}{E_C - U_{CES}} = \frac{2 \times 1}{12 - 1} \approx 0.182 \text{ A}$

5. 峰值电流 I_{CM}

- $I_{CM} = \frac{I_{c1m}}{\alpha_1} = \frac{0.182}{0.39} \approx 0.467 \text{ A}$

6. 直流电流 I_{c0}

- $I_{c0} = \alpha_0 I_{CM} = 0.21 \times 0.467 \approx 0.098 \text{ A}$

7. 直流功率 P_S

- $P_S = E_C I_{c0} = 12 \times 0.098 \approx 1.176 \text{ W}$
8. 集电极损耗 P_C

- $P_C = P_S - P_O = 1.176 - 1 = 0.176 \text{ W}$

9. 晶体管参数确定

- 击穿电压 $BV_{CEO} \geq 2E_C = 24 \text{ V}$
- 最大允许功耗 $P_{CN} \geq P_C = 0.176 \text{ W}$ (取 0.2 W 以上)
- 最大集电极电流 $I_{CM} \geq 0.467 \text{ A}$ (取 0.5 A 以上)
- 特征频率 $f_T \geq 3f_0 = 6 \text{ MHz}$

八

已知条件

临界状态, $P_O = 15 \text{ W}$, $E_C = 24 \text{ V}$, $\theta = 70^\circ$, $g_{cr} = 1.5 \text{ A/V}$, $I_{CM} = 5 \text{ A}$

解

1. (1) 求 P_S 、 P_C 、 η_C 、 R_{CP}

- 最佳负载电阻 $R_{CP} = \frac{(E_C)^2}{2P_O} = \frac{24^2}{2 \times 15} = 19.2 \Omega$ (忽略 U_{CES})
- 集电极电流基波分量 $I_{c1m} = \frac{2P_O}{E_C} = \frac{2 \times 15}{24} = 1.25 \text{ A}$
- 由 $\theta = 70^\circ$, $\alpha_1 = 0.436$, 得 $I_{CM} = \frac{I_{c1m}}{\alpha_1} = \frac{1.25}{0.436} \approx 2.87 \text{ A}$ (小于给定 5 A)
- 直流电流 $I_{c0} = \alpha_0 I_{CM} = 0.253 \times 2.87 \approx 0.726 \text{ A}$
- 直流功率 $P_S = E_C I_{c0} = 24 \times 0.726 \approx 17.42 \text{ W}$
- 集电极损耗 $P_C = P_S - P_O = 17.42 - 15 = 2.42 \text{ W}$
- 集电极效率 $\eta_C = \frac{P_O}{P_S} \times 100\% \approx 86.1\%$

2. (2) 输入信号幅度增加一倍后的工作状态变化

- 输入信号幅度增大, 发射结偏压加深, 导通角 θ 不变, 但集电极电流脉冲幅度增大, I_{c1m} 增大。
- 由于原工作于临界状态, 负载电阻 R_{CP} 不变, I_{c1m} 增大导致 $U_{c1m} = I_{c1m} R_{CP}$ 增大, 当 U_{c1m} 接近 E_C 时, 集电极电压最小值 $u_{cemin} = E_C - U_{c1m}$ 减小并小于 U_{CES} , 放大器从临界状态进入过压状态。

九、振荡器相位判断（需结合图2）

核心原理

相位稳定条件：环路总相移 $\sum \varphi = n \times 360^\circ$ (正反馈)

判断步骤

1. 断开反馈输入端（通常在晶体管基极），假设输入信号为 \dot{U}_i (相位 0°)。
2. 分析晶体管放大电路的相移 φ_A (共射电路相移 180°)。
3. 分析反馈网络的相移 φ_F (LC回路谐振时相移 0°)。
4. 总相移 $\sum \varphi = \varphi_A + \varphi_F$ ，若等于 360° 或 0° ，满足相位条件，能振荡。

振荡频率范围

若为LC振荡器，振荡频率围绕回路谐振频率 $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ ，具体范围由回路选频特性决定，通常在 f_0 附近的通频带内。

(注：因无图2具体结构，需根据实际电路反馈网络类型细化判断)

十

已知条件

$$C_2 = 80 \text{ pF}, C_1 = 320 \text{ pF}, L = 100 \mu\text{H}$$

解

1. 振荡器类型

- 交流等效电路中，电容 C_1 、 C_2 三点分别接晶体管的发射极、集电极、基极，满足电容三点式振荡器的结构特征（发射极接两个电容的公共端，集电极和基极接电容另一端），故为电容三点式振荡器。

2. 振荡频率 f_0

- 电容三点式振荡器振荡频率公式（忽略晶体管输入输出电容）：

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{eq}}}$$

- 等效电容 $C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{320 \times 80}{320 + 80} = 64 \text{ pF}$
- 代入数据：

$$f_0 = \frac{1}{2 \times 3.14 \times \sqrt{100 \times 10^{-6} \times 64 \times 10^{-12}}} \approx 1.98 \text{ MHz}$$

3. 最小放大倍数 K_{min}

- 电容三点式振荡器振幅稳定条件要求 $K \geq \frac{C_1}{C_2}$ (忽略损耗) :

$$K_{min} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{320}{80} = 4$$

答案

类型：电容三点式振荡器；振荡频率 $\approx 1.98 \text{ MHz}$ ；最小放大倍数 $K_{min} = 4$

十一

解

1. 交流等效电路绘制

- 直流电源 E_C 短路，电阻 R_1 、 R_2 、 R_3 保留，电容 C_1 保留，晶体管用简化模型（基极、发射极、集电极）表示，连接关系与原电路一致（反馈网络由 C_1 及相关元件构成）。

2. 相位条件判断及振荡类型

- 假设断开基极反馈端，输入信号 \dot{U}_i 经晶体管共射放大，相移 180° 。
- 反馈网络若为RC或LC网络，谐振时相移 180° ，总相移 360° ，满足相位条件。
- 若反馈网络由电容构成三点式结构，则为电容三点式振荡器；若由电感构成，则为电感三点式振荡器（需根据实际图示确认）。

3. 振荡频率表达式

- 忽略晶体管输入输出电容，若为LC三点式振荡器，频率表达式：

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{eq}}}$$

- 其中 C_{eq} 为反馈网络等效电容（电容三点式）或 L_{eq} 为等效电感（电感三点式）。

十二

解：

1. 振荡器类型

- 电路中 C_1 、 C_2 、 C_3 构成电容反馈网络，三点分别接晶体管三个极，属于电容三点式振荡器（克拉泼振荡器， C_3 为串联微调电容）。

2. 振荡频率 f_0

- 克拉泼振荡器等效电容 $C_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}}$ (因 $C_3 \ll C_1, C_3 \ll C_2$ ，近似 $C_{eq} \approx C_3$)
- 精确计算：

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{250} + \frac{1}{500} + \frac{1}{50} = 0.026 \text{ pF}^{-1} \implies C_{eq} \approx 38.46 \text{ pF}$$

- 振荡频率：

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_{eq}}} = \frac{1}{2 \times 3.14 \times \sqrt{50 \times 10^{-6} \times 38.46 \times 10^{-12}}} \approx 3.61 \text{ MHz}$$