

02 高频小信号放大器

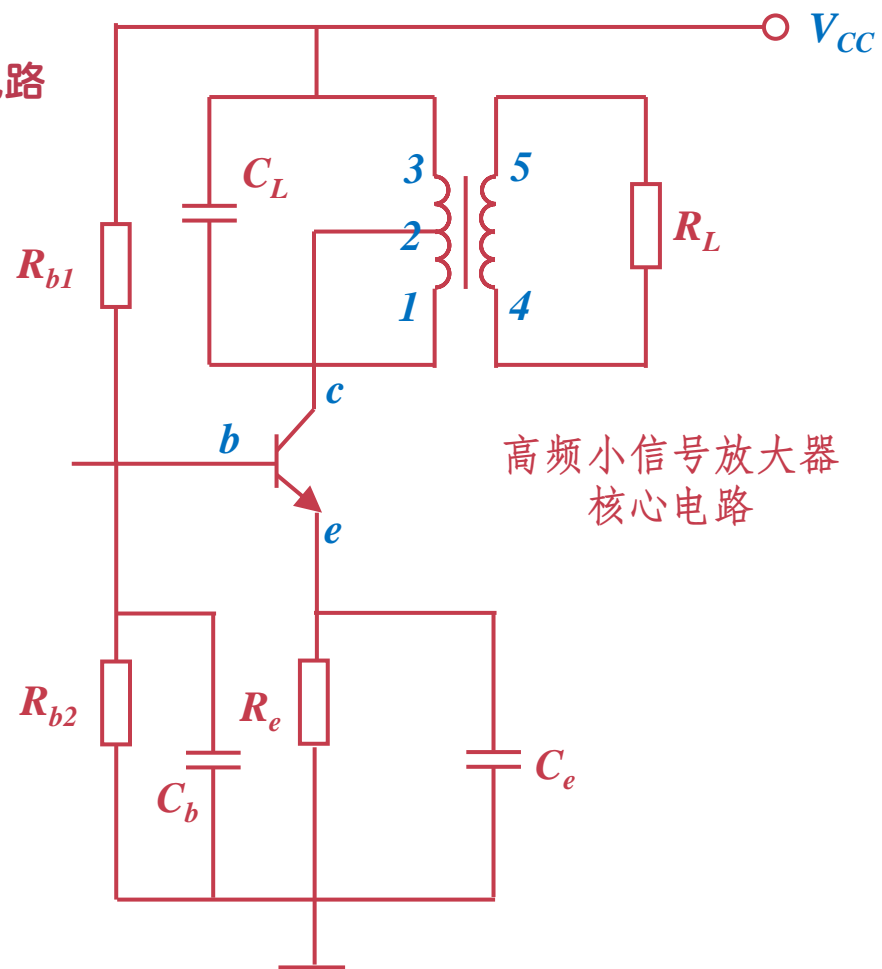
- 形式等效电路
- 单级单调回路放大器
- 多级单调回路放大器

题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

01 形式等效电路



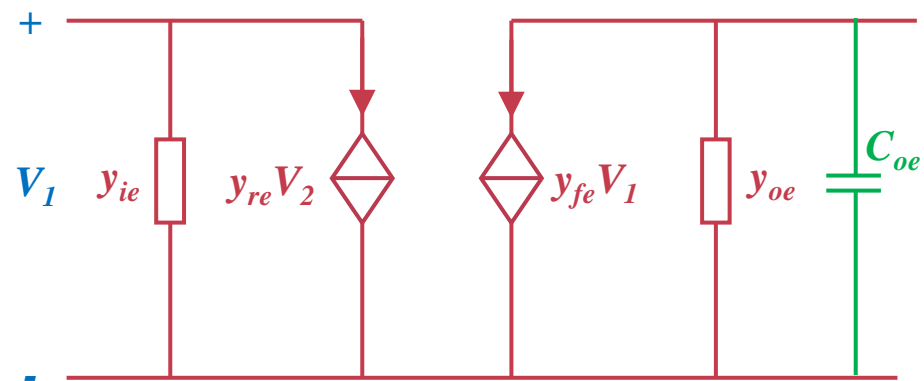
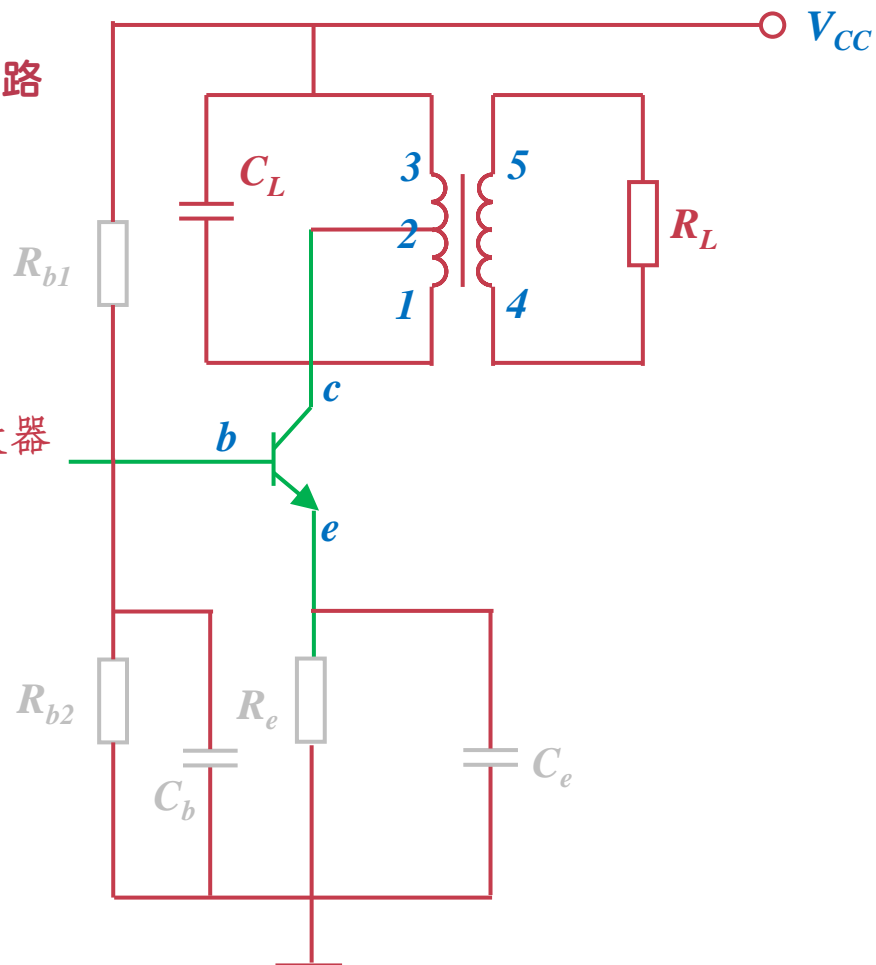
题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

01 形式等效电路

高频小信号放大器
核心电路



高频小信号放大器y参数
三极管部分等效电路

导纳参数 $[y_{ie} \ y_{re} \ y_{fe} \ y_{oe}]$

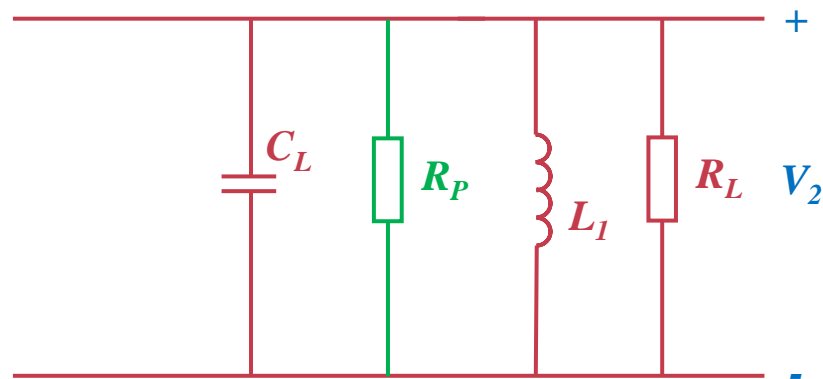
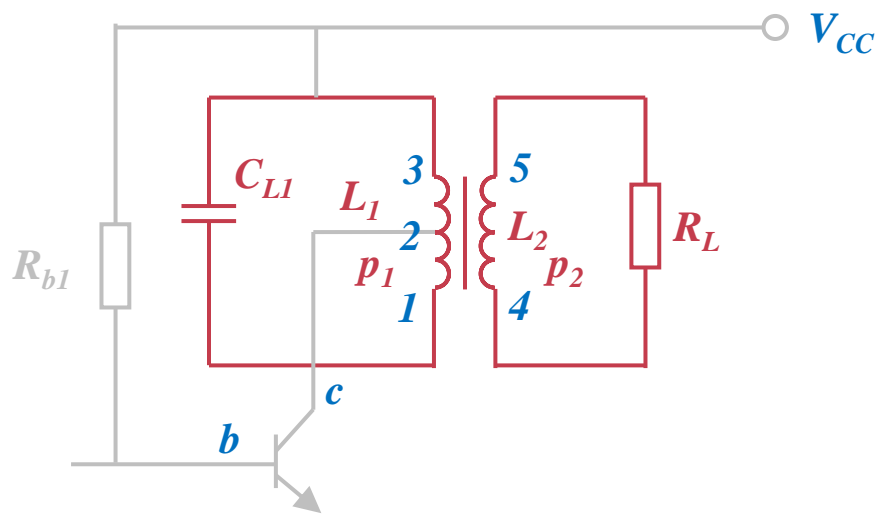
输入/输出电导 $[g_{ie} \ g_{oe}]$

题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

01 形式等效电路



高频小信号放大器y参数
电感部分等效电路

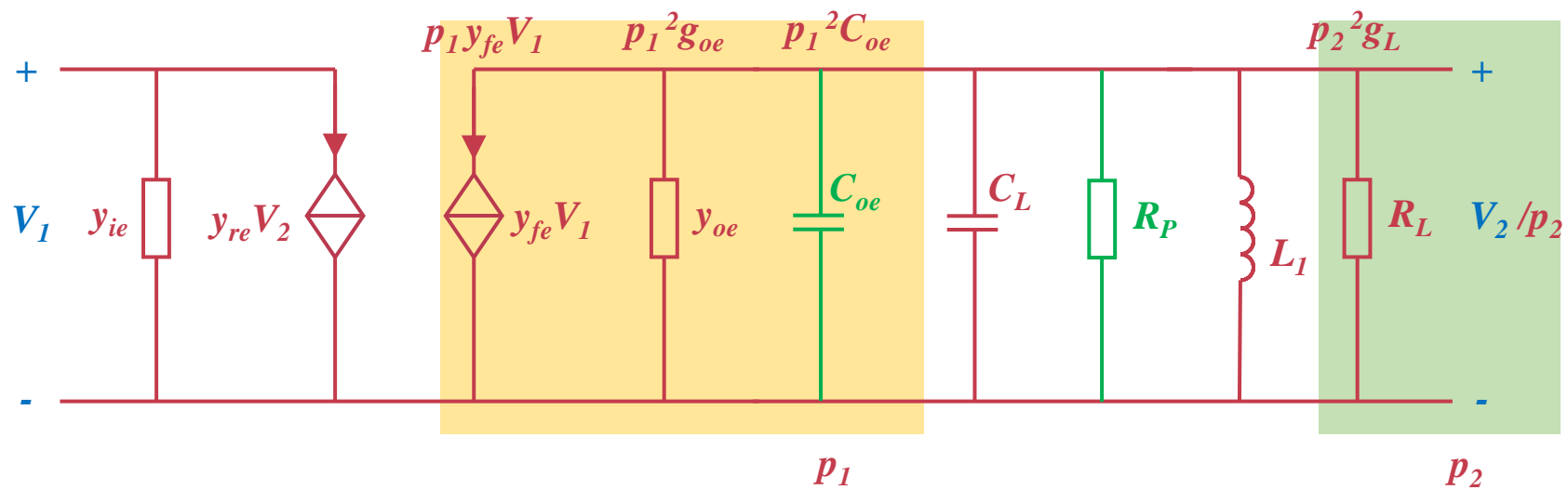
输入/输出电容 [C_{ie} C_{oe}]

题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

01 形式等效电路



高频小信号放大器y参数等效电路

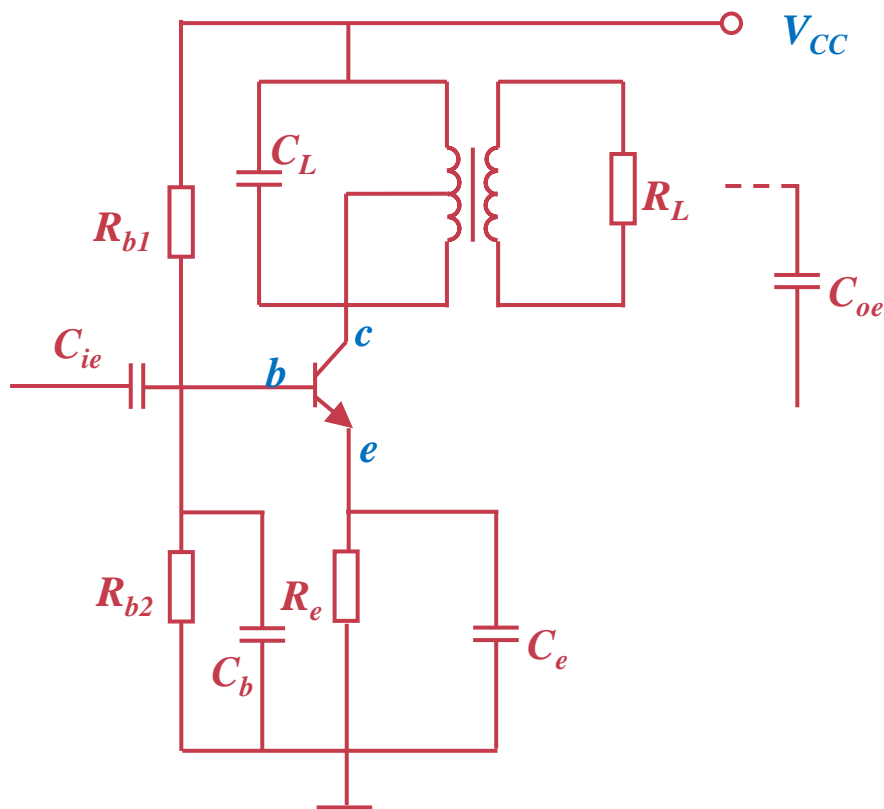
回路总电容/电导 [C_{Σ} g_{Σ}]

题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

02 单级单调回路放大器



输入/输出电容

$$\begin{bmatrix} C_{ie} & C_{oe} \end{bmatrix}$$

输入/输出电导

$$\begin{bmatrix} g_{ie} & g_{oe} \end{bmatrix}$$

电压增益

$$A_{v0} = -\frac{p_1 p_2 |y_{fe}|}{g_{\Sigma}}$$

匹配电压增益

$$(A_{v0})_{max} = \frac{|y_{fe}|}{2\sqrt{g_{oe}g_{ie}}}$$

(同管)功率增益

$$A_{p0} = (A_{v0})^2$$

回路总电导

$$g_{\Sigma} = G_P + p_1^2 g_{oe} + p_2^2 g_{ie}$$

回路总电容

$$C_{\Sigma} = C_L + p_1^2 C_{oe} + p_2^2 C_{ie}$$

题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

03 多级单调回路放大器

m级电压增益 $(A_{v0})^m$

m级品质因数 $Q_L = \sqrt{2^{1/m} - 1} \frac{f_0}{2\Delta f_{0.7}}$

题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

品质因数	$p = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2}$
负载等效电阻	$R'_L = \frac{N_1^2}{N_2^2} R_L = \frac{1}{p^2} R_L$ $R'_L = \frac{1}{\left(\frac{L_2}{L_1 + L_2}\right)^2} R_L = \frac{1}{p^2} R_L$ $R'_L = \frac{1}{\left(\frac{C_1}{C_1 + C_2}\right)^2} R_L = \frac{1}{p^2} R_L$
电压增益	$A_{v0} = -\frac{p_1 p_2 y_{fe} }{g_\Sigma}$
匹配电压增益	$(A_{v0})_{max} = \frac{ y_{fe} }{2\sqrt{g_{oe}g_{ie}}}$
m级电压增益	$(A_{v0})^m$
m级品质因数	$Q_L = \sqrt{2^{1/m} - 1} \frac{f_0}{2\Delta f_{0.7}}$
回路总电导	$g_\Sigma = G_P + p_1^2 g_{oe} + p_2^2 g_{ie}$
回路总电容	$C_\Sigma = C_L + p_1^2 C_{oe} + p_2^2 C_{ie}$

并联谐振角频率	$\omega_P = \frac{1}{\sqrt{LC}}$
并联谐振频率	$f_P = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$
品质因数	$Q_P = \frac{\omega_P L}{R} = \frac{1}{\omega_P C R} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$
通频带绝对值	$2\Delta\omega_{0.7} = \omega_P / Q_P$
通频带相对值	$2\Delta\omega_{0.7} / \omega_P = 1 / Q_P$
关系式	$\omega_P = 2\pi f_P$
谐振等效电阻	$R_P = Q_P \omega_P L = Q_P \frac{1}{\omega_P C}$
有载品质因数	$Q_L = \frac{R_S \parallel R_P \parallel R_L}{\omega_P L} = \frac{Q_0}{1 + \frac{R_P}{R'_S} + \frac{R_P}{R'_L}}$
折合电流源内阻	$R'_S = \frac{1}{p^2} R_S$
接入系数	$p = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2}$

题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

习题 09

高频
电子线路(C)

某高频管在25MHz时，共发射极接法的y参数为 $g_{oe}=0.1 \times 10^{-3}S$ ， $g_{ie}=10^{-2}S$ ， $|y_{fe}|=30mS$ 。当他做为25MH的放大器时，求其在匹配状态下的电压增益。

题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

习题 09

高频
电子线路(C)

某高频管在25MHz时，共发射极接法的y参数为 $g_{oe}=0.1 \times 10^{-3}S$ ， $g_{ie}=10^{-2}S$ ， $|y_{fe}|=30mS$ 。当他做为25MH的放大器时，求其在匹配状态下的电压增益。

解：

$$(A_{vo})_{max} = \frac{|y_{fe}|}{2\sqrt{g_{oe}g_{ie}}} = \frac{30 \times 10^{-3}}{2\sqrt{0.1 \times 10^{-3} \times 10^{-2}}} = 15$$

题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

习题 10

高频
电子线路(C)

某雷达接收机的中频 30MHz ，其带宽为 10MHz ，求所需中频回路中的有载品质因数。

题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

习题 10

高频
电子线路(C)

某雷达接收机的中频30MHz，其带宽为10MHz，求所需中频回路中的有载品质因数。

解： $2\Delta f_{0.7} = \frac{f_P}{Q_L} = \frac{30 \times 10^6}{Q_L} = 10 \times 10^6$

解得 $Q_L = 3$

题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

习题 11

高频
电子线路(C)

已知单调谐振回路频率为 30MHz ，其带宽为 4MHz ，求在单级和3级回路中的有载品质因数。

题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

习题 11

高频
电子线路(C)

已知单调谐振回路频率为30MHz，其带宽为4MHz，求在单级和3级回路中的有载品质因数。

解： m=1时 $Q_L = \sqrt{2^{1/1} - 1} \frac{f_0}{2\Delta f_{0.7}} = \frac{30}{4} = 7.5$

m=3时 $Q_L = \sqrt{2^{1/3} - 1} \frac{f_0}{2\Delta f_{0.7}} = \frac{30}{4} = 3.82$

题型解题引导

高频
电子线路(C)

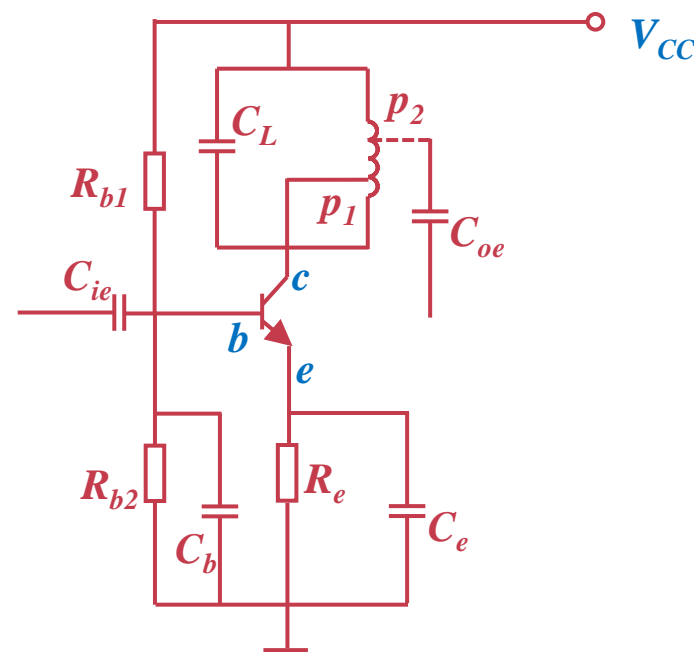
@GhostKING学长

习题 12

高频
电子线路(C)

如图是单级单调谐振回路放大器的中间部分，设工作频率 $f=30\text{MHz}$ ，当 $V_{CE}=6\text{V}$ ， $I_E=2\text{mA}$ 时，晶体管的 y 参数为： $g_{ie}=1.2\text{mS}$ ， $C_{ie}=12\text{pF}$ ； $g_{oe}=400\mu\text{S}$ ， $C_{oe}=9.5\text{pF}$ ； $|y_{fe}|=58.3\text{mS}$ ，忽略 y_{re} 。回路电感 $L=1.4\mu\text{H}$ ，接入系数 $p_1=1$ ， $p_2=0.3$ ；空载品质因数为100。求解：

- 1) 画出该部分电路的高频小信号等效电路
- 2) 单级放大器谐振时的电压增益
- 3) 回路外加电容 C_L 的值
- 4) 通频带



题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

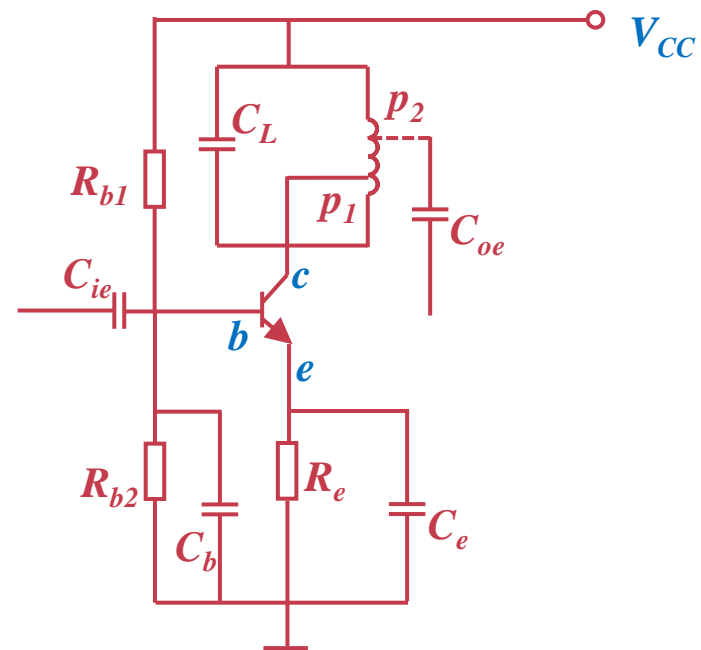
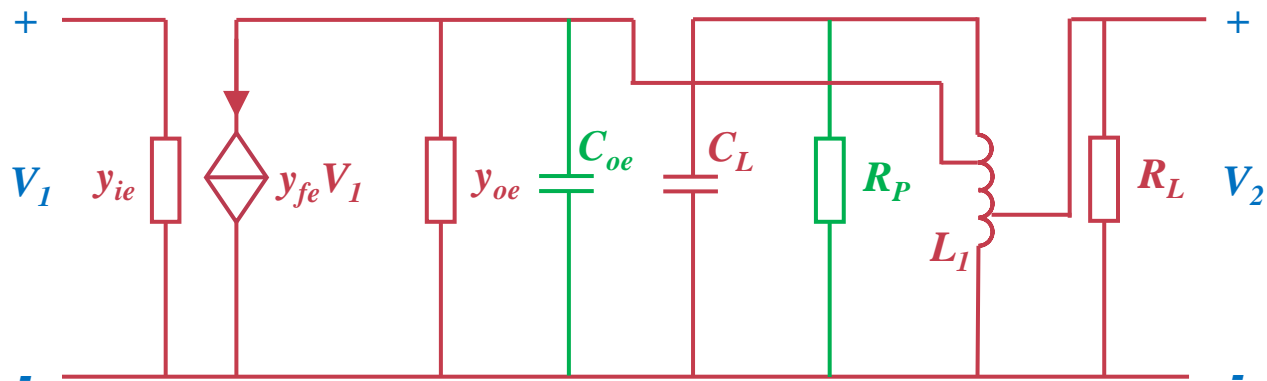
习题 12

高频
电子线路(C)

如图是单级单调谐振回路放大器的中间部分，忽略 y_{re} 。

1) 画出该部分电路的高频小信号等效电路

解：



题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

习题 12

高频
电子线路(C)

工作频率 $f=30\text{MHz}$ ，晶体管的 y 参数为： $g_{ie}=1.2\text{mS}$ ， $g_{oe}=400\mu\text{S}$ ， $|y_{fe}|=58.3\text{mS}$ ，回路电感 $L=1.4\mu\text{H}$ ，接入系数 $p_1=1$ ， $p_2=0.3$ ；空载品质因数为100。求解：

2) 单级放大器谐振时的电压增益

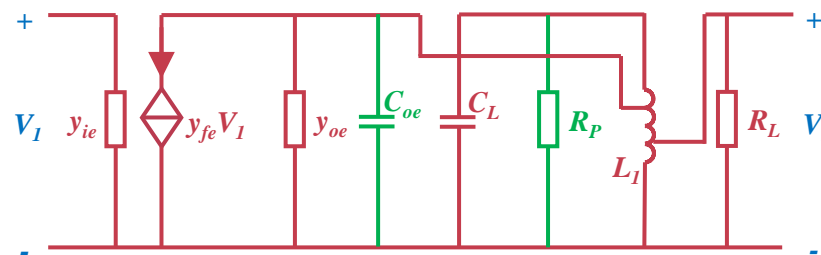
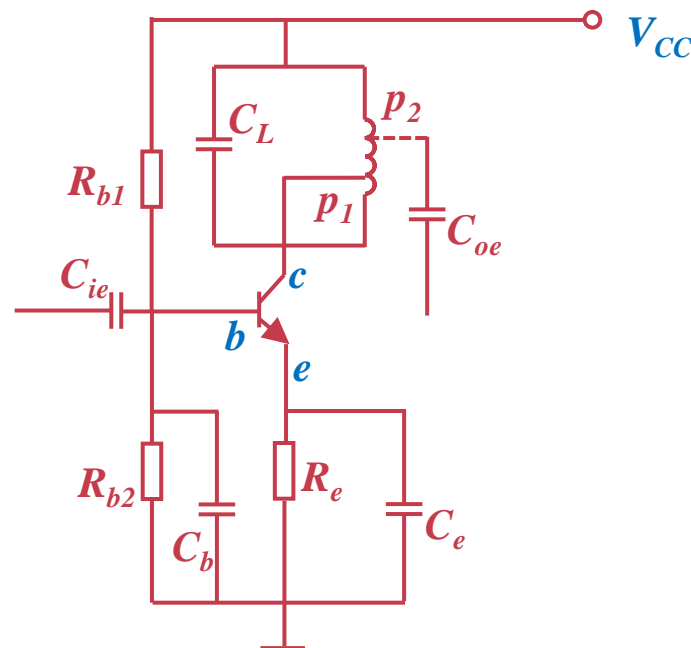
$$\omega_P = 2\pi f_P = 2\pi \times 30 \times 10^6$$

$$R_P = Q_P \omega_P L = 100 \times 2\pi \times 30 \times 10^6 \times 1.4 \times 10^{-6} \approx 26 \text{ k}\Omega$$

$$G_P = 1/R_P \approx 3.84 \times 10^{-5} \text{ S}$$

$$g_\Sigma = G_P + p_1^2 g_{oe} + p_2^2 g_{ie} = 0.55 \times 10^{-3} \text{ S}$$

$$A_{v0} = -\frac{p_1 p_2 |y_{fe}|}{g_\Sigma} \approx -32$$



题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

习题 12

高频
电子线路(C)

设工作频率 $f=30\text{MHz}$, $C_{ie}=12\text{pF}$, $C_{oe}=9.5\text{pF}$ 。回路电感 $L=1.4\mu\text{H}$, 接入系数 $p_1=1$, $p_2=0.3$ 。求解:

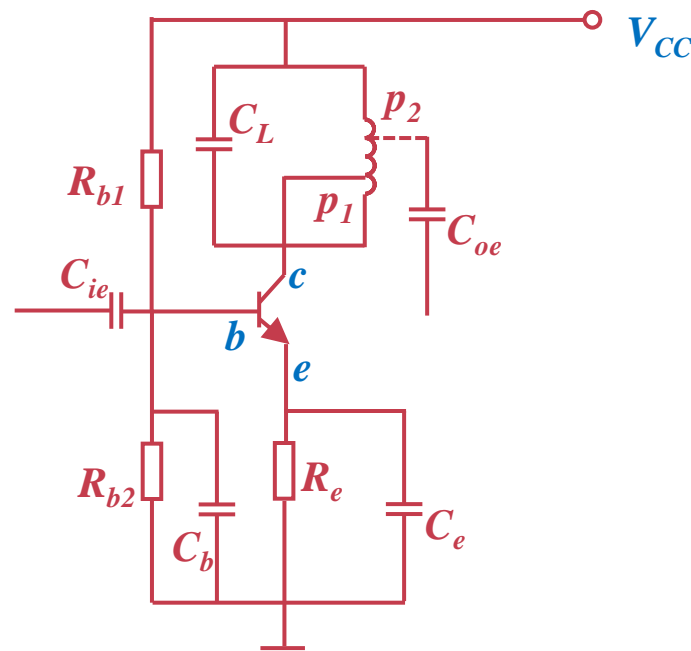
3) 回路外加电容 C_L 的值

$$\omega_P = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \text{有} \quad (\omega_P)^2 = \frac{1}{LC} \quad \text{有} \quad C = \frac{1}{(\omega_P)^2 L}$$

$$\omega_P = 2\pi f_P \quad \text{有} \quad C_\Sigma = \frac{1}{(2\pi f_P)^2 L} = \frac{1}{(2\pi \times 30 \times 10^6)^2 \times 1.4 \times 10^{-6}} \approx 20 \text{ pF}$$

$$C_\Sigma = C_L + p_1^2 C_{oe} + p_2^2 C_{ie} = C_L + 1^2 \times 9.5 + 0.3^2 \times 12 = 20 \text{ pF}$$

$$\text{解得} \quad C_L = 9.4 \text{ pF}$$



题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

习题 12

高频
电子线路(C)

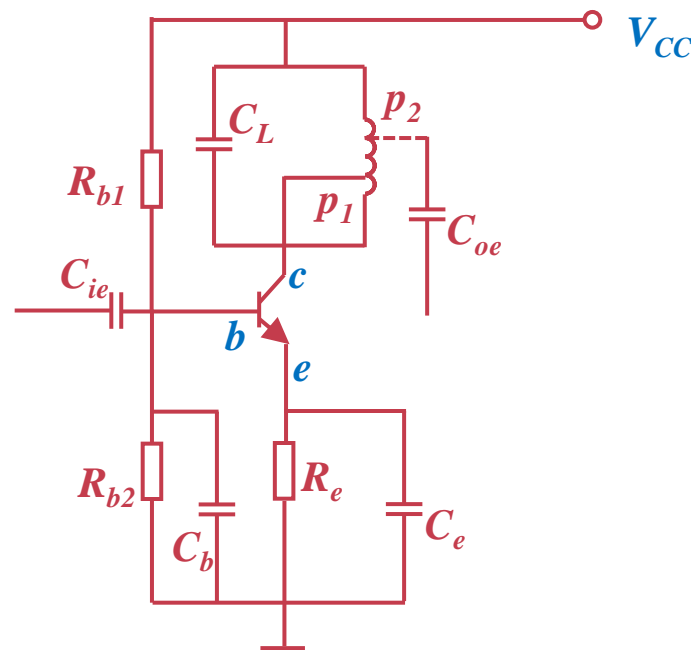
如图是单级单调谐振回路放大器的中间部分，设工作频率 $f=30\text{MHz}$ ，当 $V_{CE}=6\text{V}$ ， $I_E=2\text{mA}$ 时，晶体管的 y 参数为： $g_{ie}=1.2\text{mS}$ ， $C_{ie}=12\text{pF}$ ； $g_{oe}=400\mu\text{S}$ ， $C_{oe}=9.5\text{pF}$ ； $|y_{fe}|=58.3\text{mS}$ ，忽略 y_{re} 。回路电感 $L=1.4\mu\text{H}$ ，接入系数 $p_1=1$ ， $p_2=0.3$ ；空载品质因数为100。求解：

4) 通频带

$$\omega_p = 2\pi f_p = 2\pi \times 30 \times 10^6$$

$$Q_L = \frac{1}{G_{\Sigma} \omega_p L} = \frac{1}{0.55 \times 10^{-3} \times 2\pi \times 30 \times 10^6 \times 1.4 \times 10^{-6}} = 6.89$$

$$2\Delta f_{0.7} = \frac{f_p}{Q_L} = 4.35 \text{ MHz}$$



题型解题引导

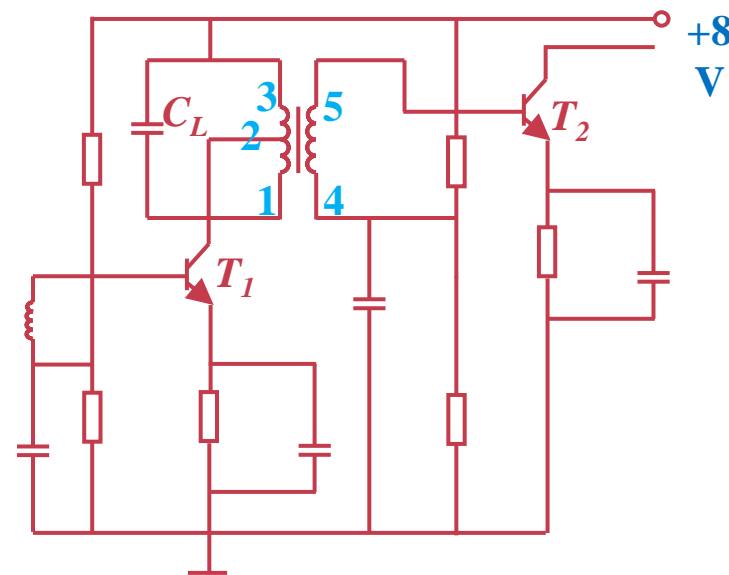
高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

习题 13

高频
电子线路(C)

如图是某单级单调谐振回路放大器的部分，设工作频率 $f=10.7\text{MHz}$ ，耦合电感 $L_{1-3}=4\mu\text{H}$ ，其抽头为 $N_{2-3}=5$ ， $N_{1-3}=20$ ， $N_{4-5}=5$ ，空载品质因数为100。当 $V_{\text{CE}}=8\text{V}$ ， $I_{\text{E}}=2\text{mA}$ 时，晶体管的 y 参数为： $g_{\text{ie}}=2860\mu\text{S}$ ， $C_{\text{ie}}=18\text{pF}$ ； $g_{\text{oe}}=200\mu\text{S}$ ， $C_{\text{oe}}=7\text{pF}$ ； $|y_{\text{fe}}|=45\text{mS}$ ，忽略 y_{re} 。求电压增益、四级电压增益、功率增益和通频带。



题型解题引导

高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

习题 13

高频
电子线路(C)

如图是某单级单调谐振回路放大器的部分，设工作频率 $f=10.7\text{MHz}$ ，耦合电感 $L_{1-3}=4\mu\text{H}$ ，空载品质因数为100。当 $V_{\text{CE}}=8\text{V}$ ， $I_{\text{E}}=2\text{mA}$ 时，晶体管的y参数为： $g_{\text{ie}}=2860\mu\text{S}$ ， $C_{\text{ie}}=18\text{pF}$ ； $g_{\text{oe}}=200\mu\text{S}$ ， $C_{\text{oe}}=7\text{pF}$ ； $|y_{\text{fe}}|=45\text{mS}$ ，忽略 y_{re} 。求电压增益、四级电压增益、功率增益和通频带。

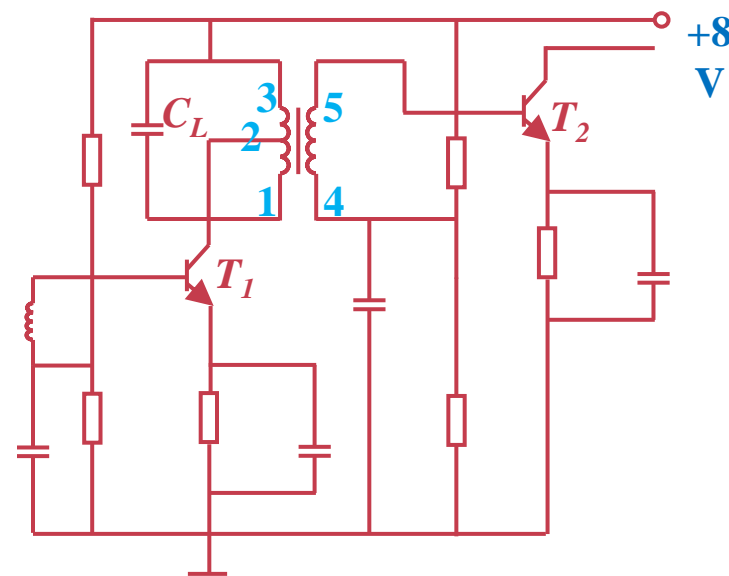
解： $p_1 = 0.25$ $p_2 = 0.25$ $R_P = Q_P \omega_P L \approx 26.88 \text{ k}\Omega$

$$G_P = 1/R_P \approx 3.7 \times 10^{-5} \text{ S}$$

$$G_{\Sigma} = G_P + p_1^2 g_{\text{oe}} + p_2^2 g_{\text{ie}} = 228.25 \times 10^{-6} \text{ S}$$

$$A_{v0} = -\frac{p_1 p_2 |y_{\text{fe}}|}{g_{\Sigma}} \approx -12.3 \quad (A_{v0})_4 = (A_{v0})^4 = 22888.66 \quad A_{P0} = (A_{v0})^2 = 151.29$$

$$Q_L = \frac{1}{G_{\Sigma} \omega_P L} = 16.2 \quad 2\Delta f_{0.7} = \frac{f_P}{Q_L} = 0.66 \text{ MHz}$$



题型解题引导

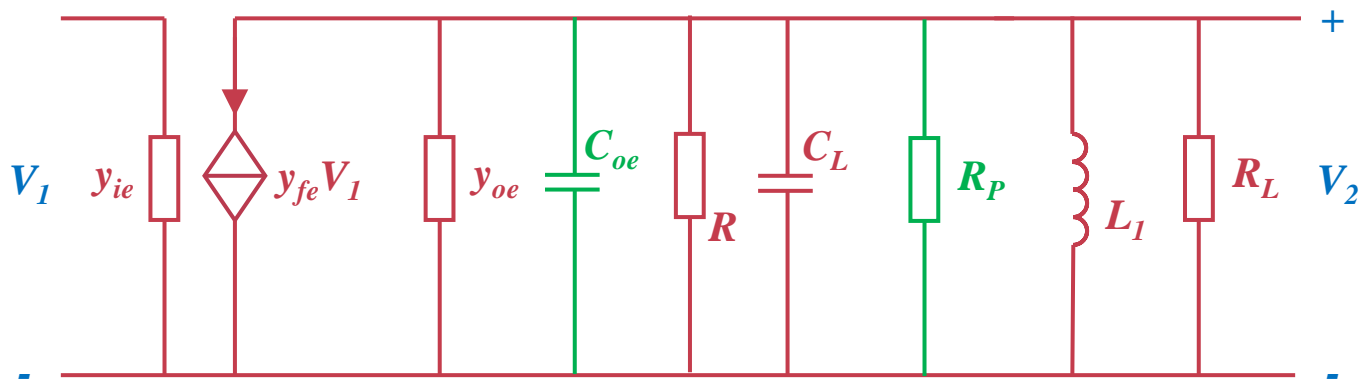
高频
电子线路(C)

@GhostKING学长

习题 14

高频
电子线路(C)

如图为一高频小信号放大器，已知 $y_{fe}=(36.4-j42.4)\text{mS}$ ，忽略 y_{re} 。请画出高频等效电路图，并求 $|y_{fe}|$ 。



$$|y_{fe}| = \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{36.4^2 + (-42.4)^2} = 55.88 \text{ mS}$$

