

复习:

负反馈使放大倍数 \downarrow ; $A_f = \frac{A}{1+AF}$

$$A_f \approx \frac{1}{F}$$

负反馈提高放大倍数的稳定性;

$$\frac{dA_f}{A_f} = \frac{1}{1+AF} \frac{dA}{A}$$

电压负反馈稳定 U_o , 电流负反馈稳定 I_o ;

电压负反馈使 $r_{of} \downarrow$, 电流负反馈使 $r_{of} \uparrow$;

串联负反馈使 $r_{if} \uparrow$, 并联负反馈使 $r_{if} \downarrow$;

负反馈减小非线性失真;

负反馈展宽通频带。

5.3 负反馈放大器的指标计算

5.3.1 等效电路法

5.3.2 方框图法

5.3.3 深负反馈的增益估算法

1. 深负反馈的概念 $AF \gg 1$

2. 估算依据 $A_f = \frac{A}{1+FA} \approx \frac{A}{AF} = \frac{1}{F}$

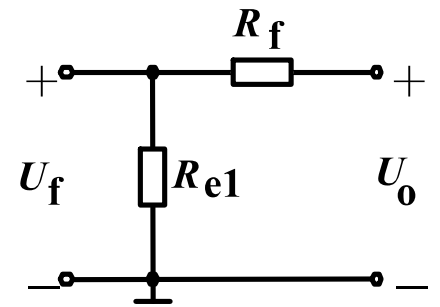
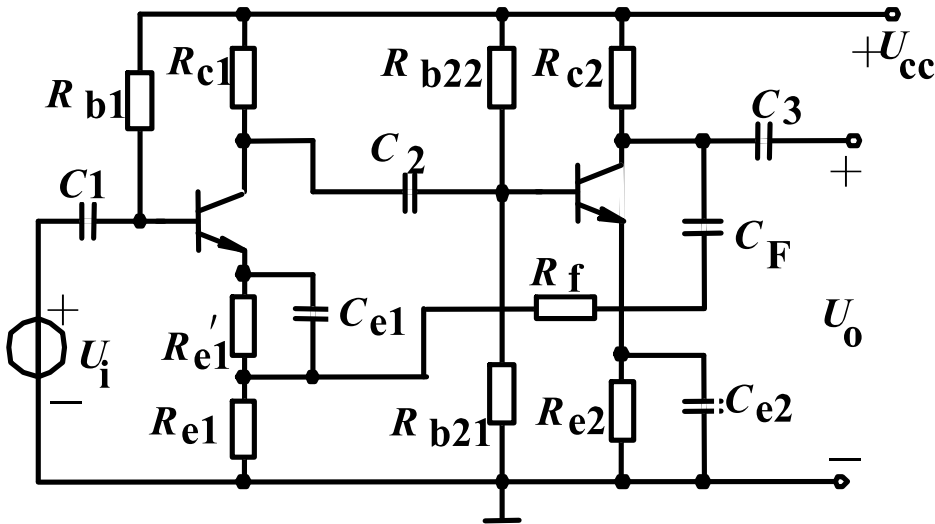
$$\frac{X'_i}{X_i} = \frac{1}{1+AF} \approx 0, \therefore X'_i \approx 0 \quad \text{净输入} \approx 0 \text{ (虚短、虚断)}$$

$$\frac{X_f}{X_i} = \frac{AF}{1+AF} \approx 1, \therefore X_f \approx X_i \quad \text{反馈量} \approx \text{输入量}$$

例：射随器的净输入 ≈ 0 , 反馈量 \approx 输入量

第五章 负反馈放大电路

【例2】估算图5-16(a)所示放大器的闭环电压增益 $A_{uf} = U_o / U_i$ 。

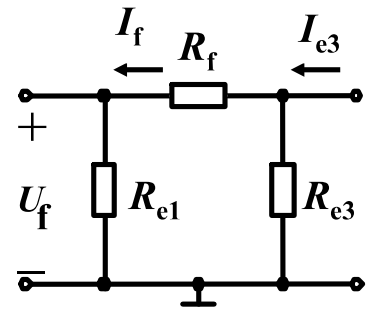
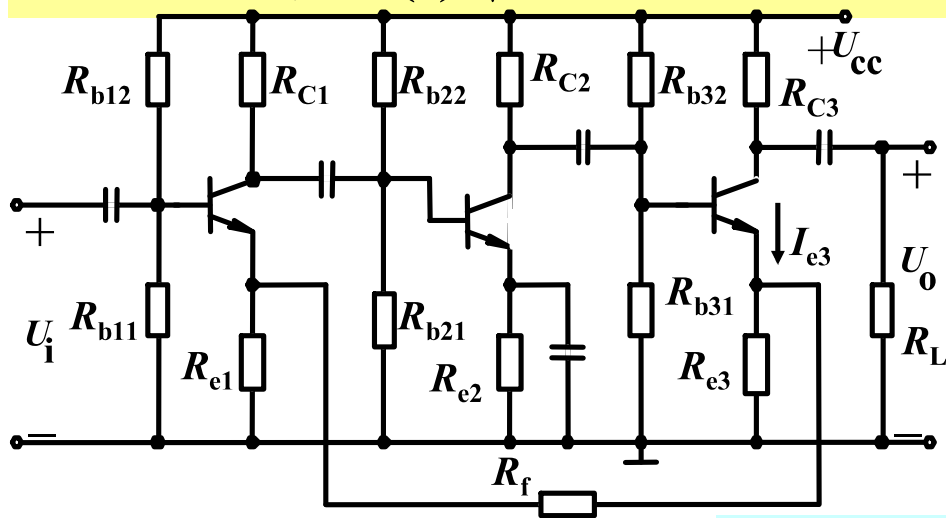


(b) 反馈网络

解：判断**串联电压负反馈** $U_i \approx U_f$ ， $U'_i \approx 0$ ，输出量为 U_o 。

$$A_{uf} = \frac{U_o}{U_i} \approx \frac{U_o}{U_f} = \frac{U_o}{\frac{R_{e1}}{R_{e1} + R_f} U_o} = 1 + \frac{R_f}{R_{e1}}$$

【例3】求图5-17(a)所示电路的闭环电压增益 $A_{uf} = U_o/U_i$ 。



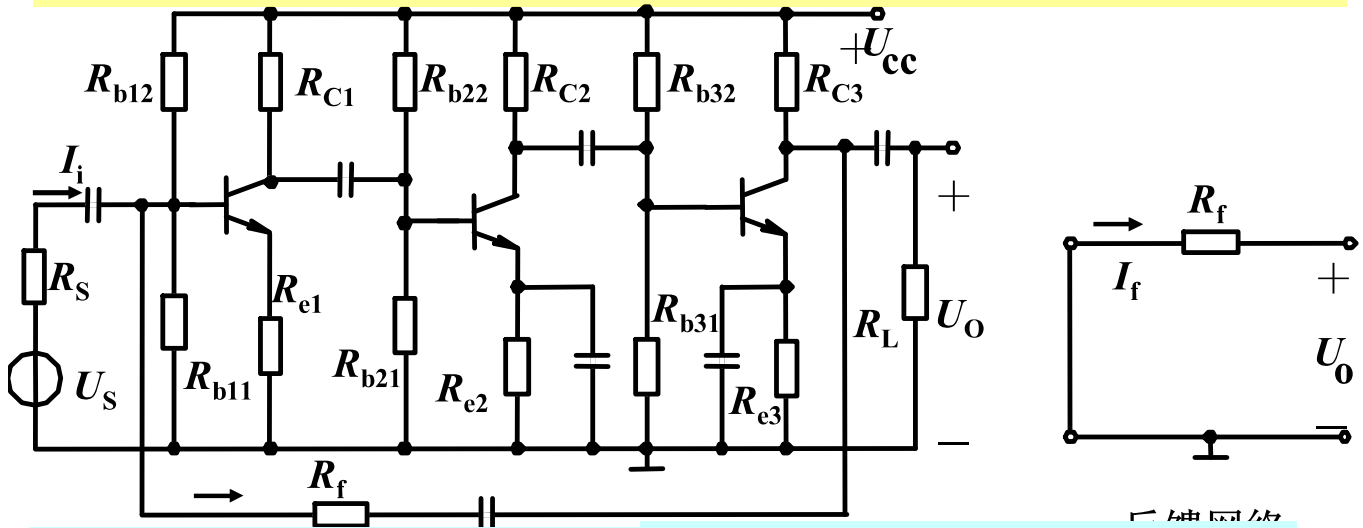
反馈网络

解：判断**电流串联负反馈**，所以 $U_i \approx U_f, U'_i \approx 0$ ，输出量为 I_{e3} 。

$$A_{uf} = \frac{U_o}{U_i} \approx \frac{U_o}{U_f} = \frac{-I_{c3}R'_L}{I_f R_{e1}} \quad (\text{式中 } R'_L = R_{c3} // R_L),$$

$$A_{uf} = \frac{-I_{c3}R'_L}{\frac{R_{e3}R_{e1}}{R_{e1} + R_f + R_{e3}} I_{e3}} = -\frac{R_{e1} + R_f + R_{e3}}{R_{e3}R_{e1}} \cdot R'_L I_{e3},$$

【例4】求图 5-18 所示电路的源电压闭环增益 $A_{usf} = U_o / U_s$ 。

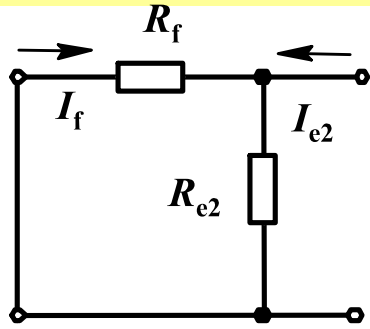


解：判断**并联电压负反馈**， $I_i \approx I_f, I'_i \approx 0$ ，输出量为 U_o 。

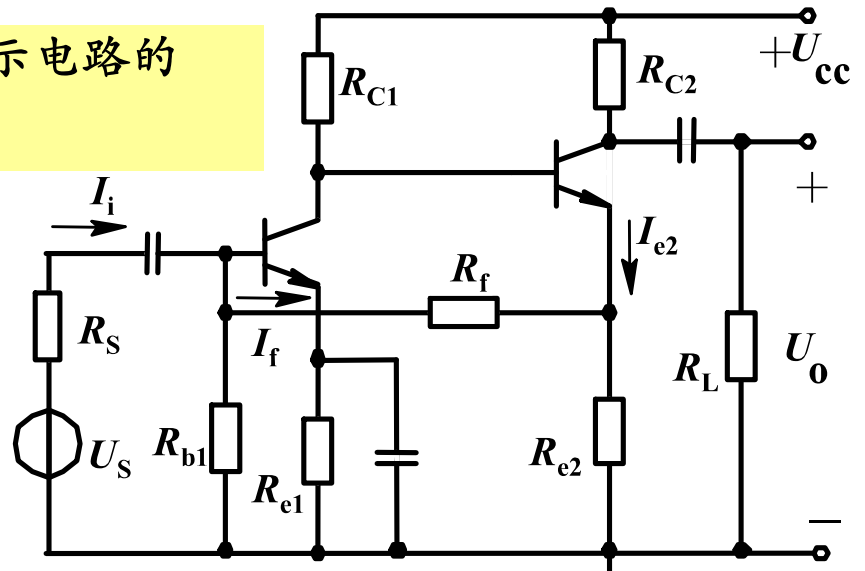
$r_{if} \approx 0, U_i \approx 0, U_{b1}$ 相当于“**虚地**”。

$$A_{usf} = \frac{U_o}{U_s} \approx \frac{-I_f R_f + 0}{I_i R_s + 0} = -\frac{R_f}{R_s}$$

【例 5】 求图5-19(a)所示电路的
闭环源电压增益 A_{usf} 。



反馈网络



解：判断**并联电流负反馈**，所以 $I_i \approx I_f, I'_i \approx 0$ ，输出量为 I_{e2} 。

$$r_{if} \approx 0, \quad U_i \approx 0, \quad U_{b1} \text{ 相当于 "虚地"。}$$

$$A_{usf} = \frac{U_o}{U_s} = \frac{-I_{e2} R'_L}{I_i R_s} \approx \frac{-I_{e2} R'_L}{I_f R_s} \approx \frac{-I_{e2} R'_L}{\frac{-R_{e2}}{R_f + R_{e2}} I_{e2} R_s}$$

$$\approx \frac{R_f + R_{e2}}{R_s R_{e2}} \cdot R'_L$$

小结： A_{uf} 的估算方法

- 1.判断负反馈组态，判断四个量 X_i 、 X_i' 、 X_f 、 X_o 的对应物理量；
- 2.确定哪两个量相等，哪个量 ≈ 0 ；
- 3.把非 U_o 、 U_i 的物理量转换为 U_o 、 U_i ；
- 4.估算 A_{uf} 。

5.4 负反馈放大电路的自激振荡（了解）

5.4.1 产生自激振荡的原因及条件

负反馈有： $\dot{A}_f = \frac{\dot{A}}{1 + \dot{A}\dot{F}}$ 若 $1 + \dot{A}\dot{F} = 0$ ，则 $\dot{A}_f \rightarrow \infty$ 。

产生自激的条件为：负反馈变为**正反馈**；反馈信号要**足够大**。公式可写成 $\dot{A}\dot{F} = -1$

幅值条件 $|\dot{A}\dot{F}| = 1$,

相位条件 $\arctan \dot{A}\dot{F} = \pm(2n+1)\pi$ (n 为整数)

幅值条件和**相位**条件：二者缺一不可。

5.4.2 自激振荡的判断方法

方法1

先看相位条件 $\begin{cases} \text{不满足} \Rightarrow \text{不自激} \\ \text{满足, 看幅值条件} \end{cases}$ $\begin{cases} \left| \dot{A}\dot{F} \right| \geq 1 \Rightarrow \text{自激} \\ \left| \dot{A}\dot{F} \right| < 1 \Rightarrow \text{不自激} \end{cases}$

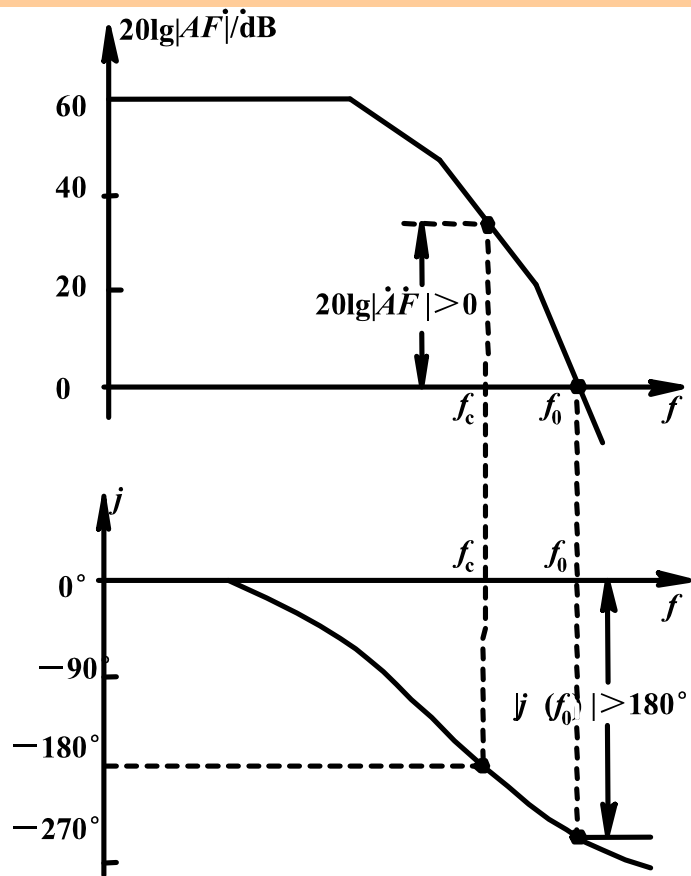
方法2

用波特图判断是否产生自激振荡。

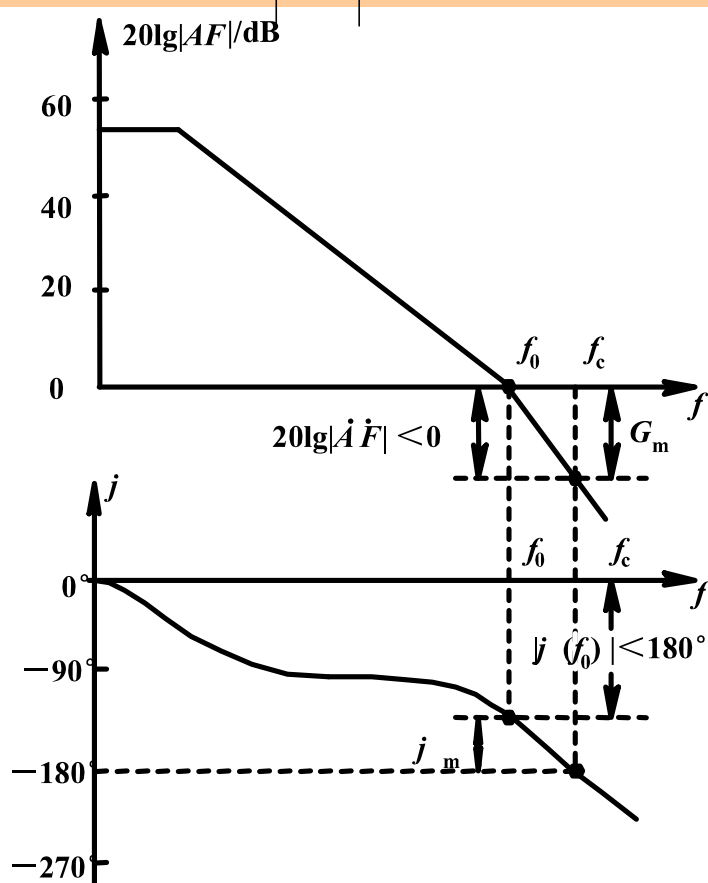
当附加相移 $\phi = \pm 180^\circ$, $\left| \dot{A}\dot{F} \right| < 1$, 即 $201g \left| \dot{A}\dot{F} \right| \leq 0dB$ 时, 电路稳定; 否则自激。

或者, 当 $201g \left| \dot{A}\dot{F} \right| = 0dB$, 附加相移 $\phi < 180^\circ$ 时, 电路稳定; 否则自激。

图中 f_c 为附加相移 $\phi=180^\circ$ 时的频率; f_0 为 $20\lg|\dot{A}\dot{F}|=0\text{dB}$ 时的频率。



(a) 不稳定



(b) 稳定

图 5 - 20

5.4.3 常用的消除自激的方法

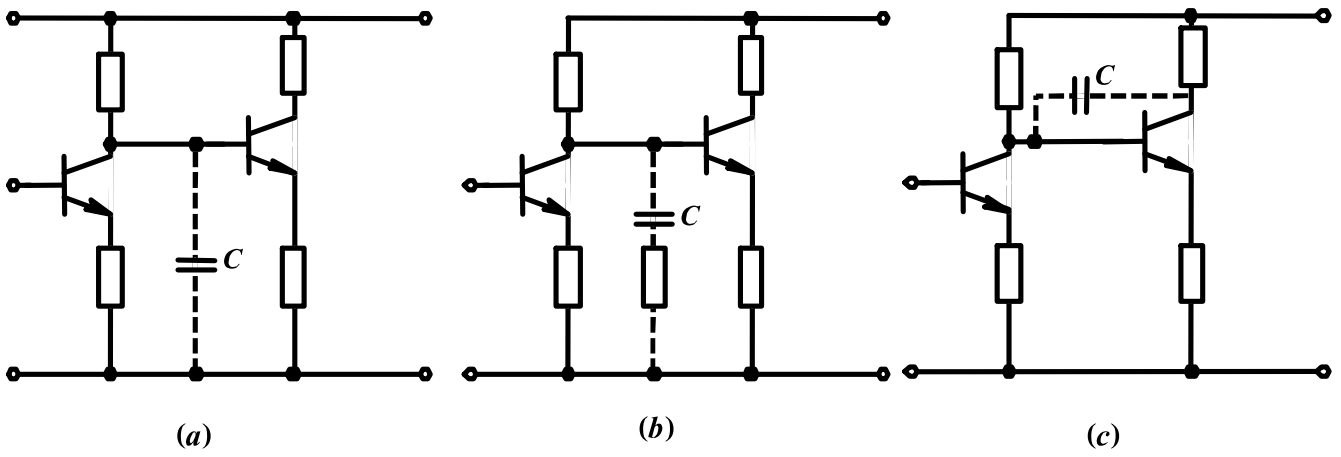
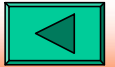


图 5-21 常用的消振电路



课堂练习：P120 14, 15

作业：P120 16 (图b求 A_{usf})，17图(a)，21，

预习：第六章

