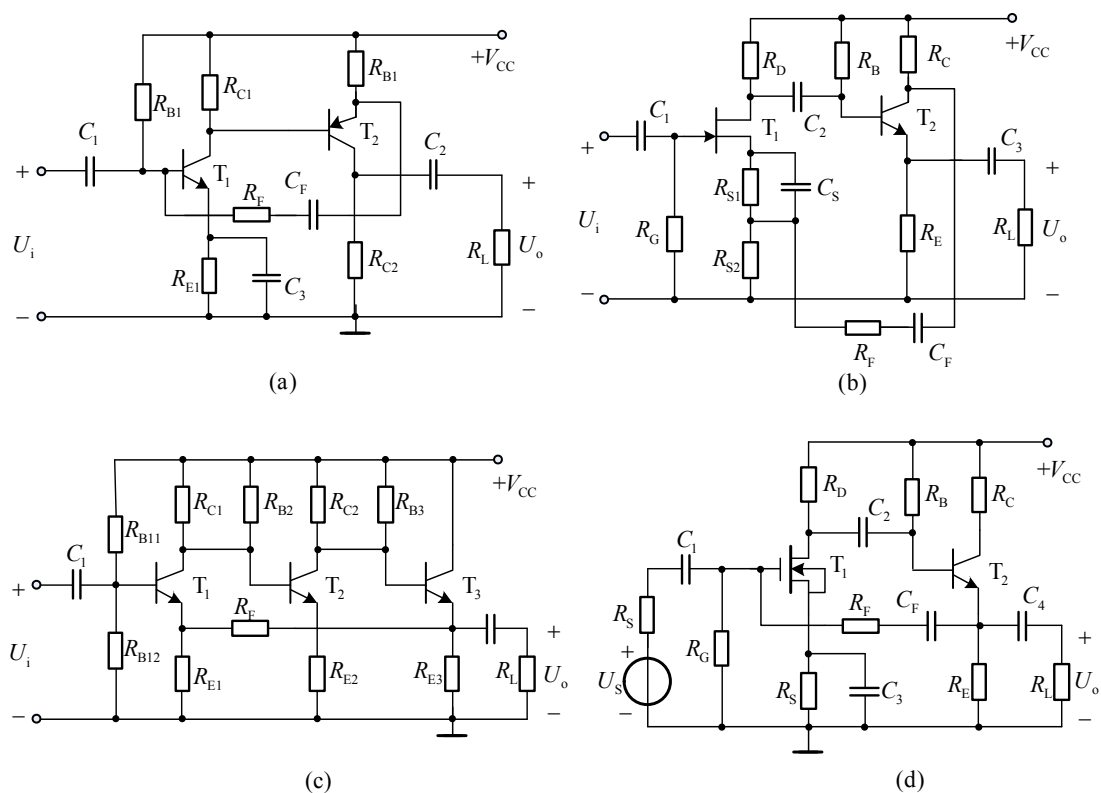


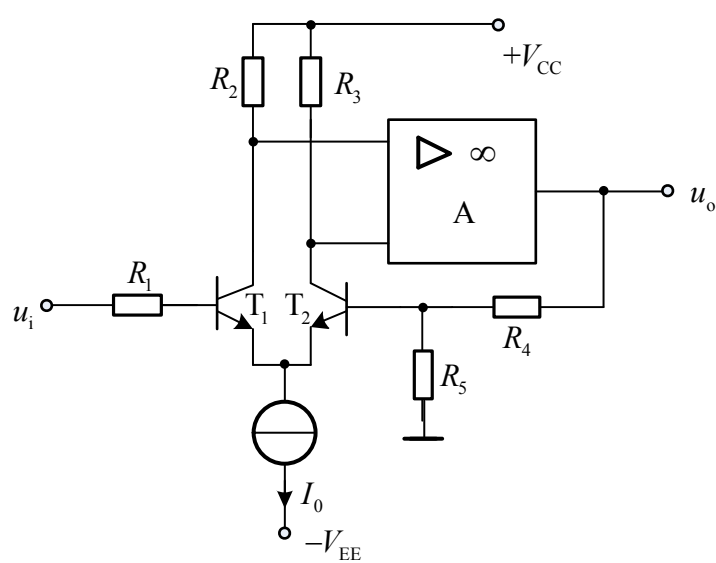
7.1 判断题图 7.1(a) ~ 7.1(d) 所示电路反馈的极性和组态。



题图 7.1

解 根据题图容易判断：(a) 电流并联负反馈；(b) 电流串联负反馈；(c) 电压串联负反馈；(d) 电压并联负反馈。

7.2 电路如题图 7.2 所示。

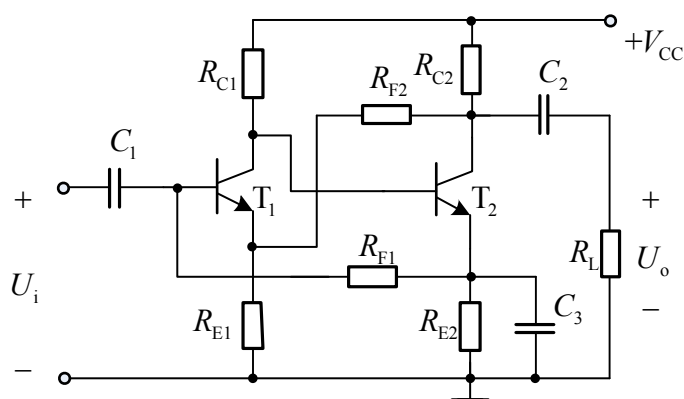


题图 7.2

- (1) 为使电路构成负反馈，试标出运算放大器的同相端与反相端；
 (2) 指出该电路的反馈类型。

解 (1) 上负下正；(2) 容易判断该电路为：电压串联负反馈。

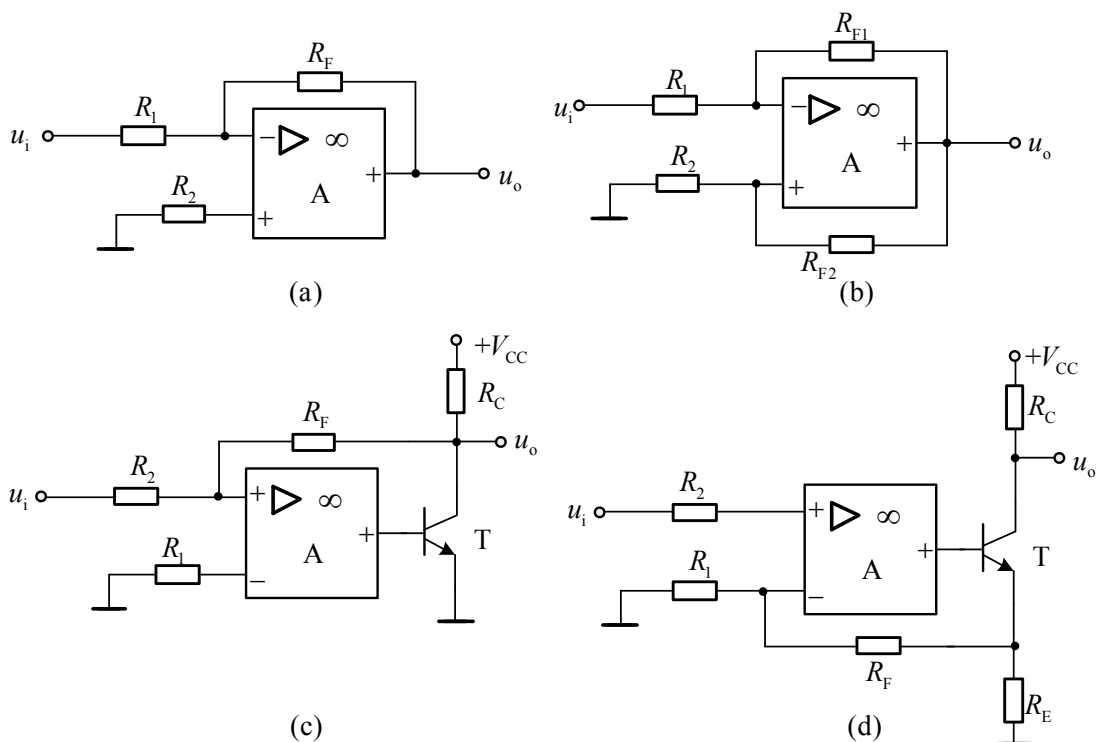
7.3 反馈放大电路如题图 7.3 所示。说明电路中有哪反馈(包括级间反馈和本级反馈)? 各具什么作用?

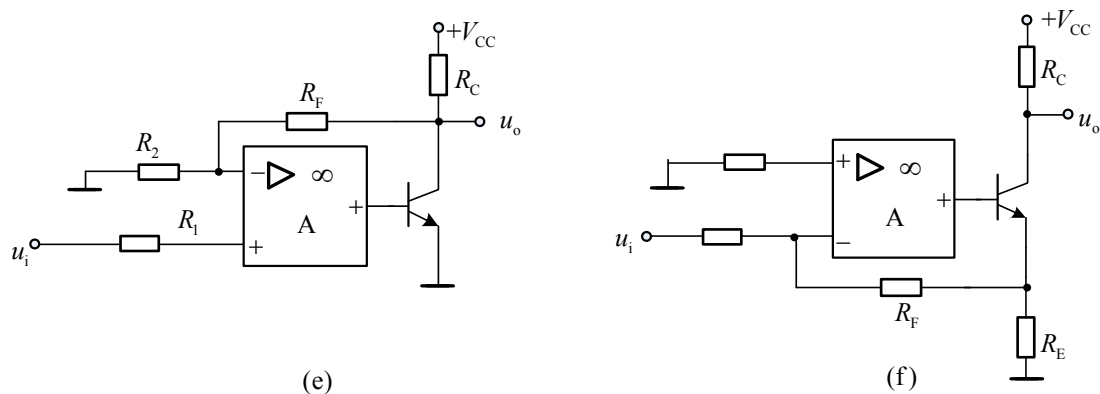


题图 7.3

解 R_{F1} 上得电流并联负反馈, R_{F2} 上的电压串联负反馈等。提高放大倍数的稳定性, 减小输出曲线的非线性失真等。

7.4 试判断题图 7.4 各电路中反馈的极性和组态。

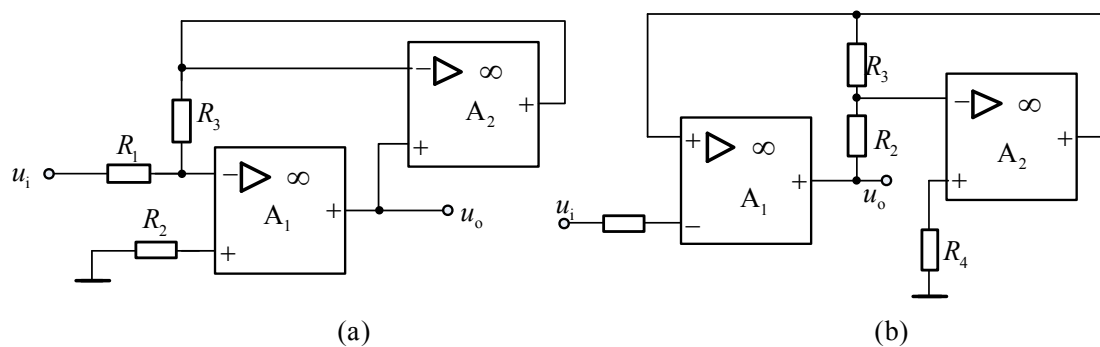




题图 7.4

解 根据题图容易判断：(a) 电压并联负反馈；(b) 电压并联负反馈、正反馈；(c) 电压并联负反馈；(d) 电流串联负反馈；(e) 正反馈；(f) 电流并联负反馈。

7.5 题图 7.5 为两个反馈放大电路。试指出在这两个电路中，哪些元器件组成了放大电路？哪些组成了反馈通路？是正反馈还是负反馈？设放大器 A_1 、 A_2 为理想集成运放，试写出电压放大倍数 u_o/u_i 的表达式。



题图 7.5

解 (a) A_1 等组成放大电路， A_2 等组成反馈通路，为负反馈。

根据虚短和虚断，由图可得

$$\frac{u_i - u_-}{R_1} = \frac{u_- - u'_-}{R_3}, \quad u_- = u_+ = 0$$

$$u'_+ = u_o, \quad u'_- = u'_+$$

$$\text{所以, } A_u = -\frac{R_3}{R_1}$$

(b) A_2 等组成放大电路， A_1 等组成反馈通路，为正反馈。

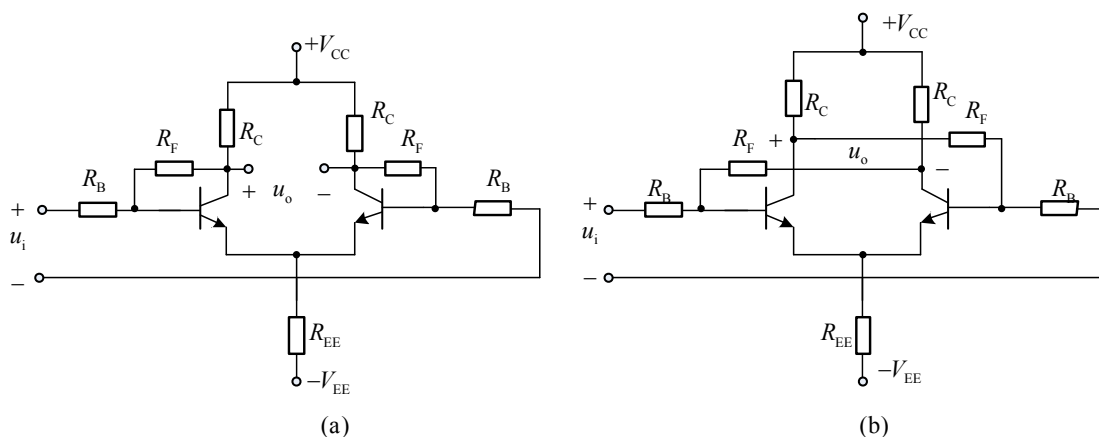
根据虚短和虚断，由图可得

$$u_- = u_+ = u_i$$

$$\frac{u_+ - u_-'}{R_3} = \frac{u_- - u_o'}{R_2}, \quad u_+' = u_-' = 0$$

$$\text{所以, } A_u = -\frac{R_2}{R_3}$$

7.6 说明题图 7.6 所示的两个电路中有哪些反馈支路，它们属于什么类型的反馈。写出图(a)电路在深度反馈条件下得差模电压放大倍数的近似表达式。



题图 7.6

解 图(a)中有通过 R_F 构成的电压并联负反馈；图(b)中有通过 R_F 构成的正反馈。

根据电压并联负反馈有，

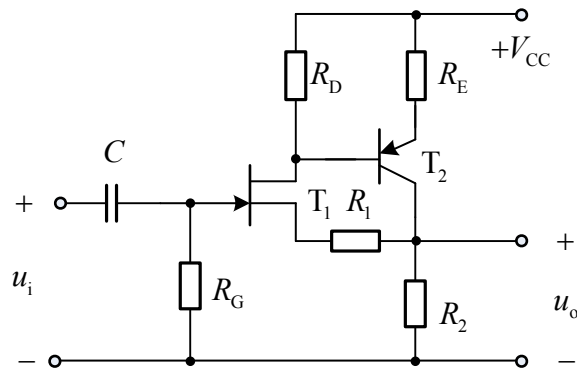
$$\frac{u_{i1} - u_-}{R_B} = \frac{u_- - u_{o1}}{R_F}, \quad \frac{u_{o2} - u_-}{R_F} = \frac{u_- - u_{i2}}{R_B}$$

$$u_+ = u_- = 0$$

$$u_o = u_{o1} - u_{o2}, \quad u_i = u_{i1} - u_{i2}$$

$$\text{所以, } A_{ud} = -\frac{R_F}{R_B}$$

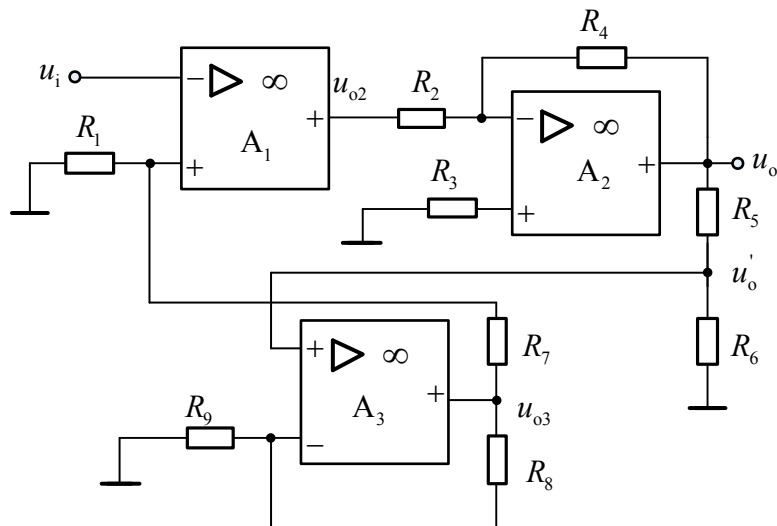
7.7 判断题图 7.7 所示电路的反馈类型，并写出反馈系数与反馈网络元件的关系式。



题图 7.7

解 题图属于电压串联负反馈。 $F_u = 1 + \frac{R_1 R_E}{R_2 (R_D + R_E)}$

7.8 设题图 7.8 所示的运放是理想的，试问电路中存在何种极性和组态的级间反馈？推导出 $A_{uf} = u_o / u_i$ 的表达式。



题图 7.8

解 题图属于电压串联负反馈。

由题图，可得

$$\frac{u_{o3} - u_{-3}}{R_8} = \frac{u_{-3}}{R_9}, \quad u_{+3} = u_o$$

$$\frac{u_{o3} - u_{+1}}{R_7} = \frac{u_{+1}}{R_1}, \quad u_{-1} = u_i$$

$$\frac{u_o - u_o'}{R_5} = \frac{u_o'}{R_6}$$

解得,

$$A_{uf} = (1 + \frac{R_7}{R_1})(1 + \frac{R_5}{R_6})(\frac{R_9}{R_8 + R_9})$$

7.9 分析题图 7.9 所示的电路。

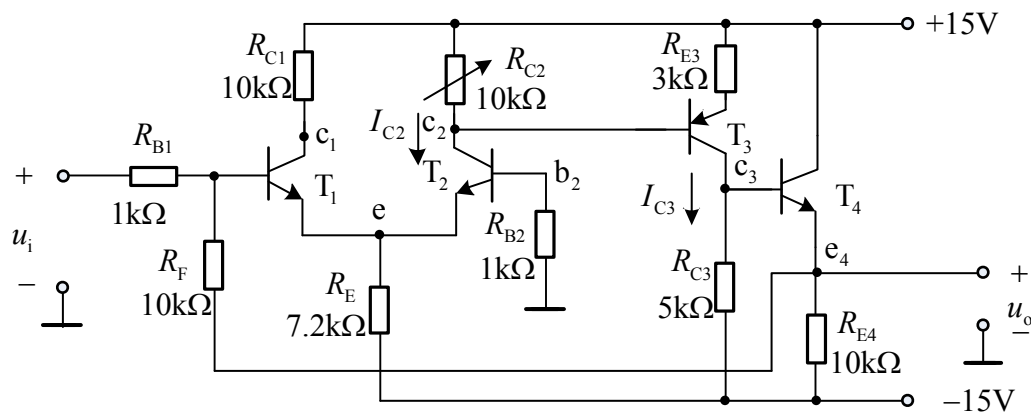
(1) 估算静态 ($u_i = 0$) 时的 T_2 管电流 I_{C2} , 设 $U_{BE1} = U_{BE2} = 0.6V$, 电阻 R_{B1} 和 $R_{B2}(1k\Omega)$ 上得压降可忽略;

(2) 设 $R_{C2} = 10k\Omega$, $U_{BE3} = -0.68V$, $\beta_3 = 100$, 求 I_{C3} ;

(3) 如果 $u_i = 0V$ 时, $u_o > 0V$, 现要求 u_o 也为 0, 问 R_{C2} 应如何调节 (增大或减小)?

(4) 若要求输入电阻高、输出电阻低, 图中反馈的接线应做出哪些变动?

(5) 若满足深度负反馈条件, 则接线变动后电压放大倍数 u_o/u_i 是否也有变化? 估计出其前后的大致数值。



题图 7.9

解 (1) 差动电路静态工作时,

$$V_{E1Q} = V_{E2Q} = -U_{BEQ} = -0.6V$$

$$I_{EE} = \frac{V_{EQ} - (-15)}{R_E} = 2mA$$

由差动放大电路的对称性知,

$$I_{C1Q} = I_{C2Q} = \frac{1}{2} I_{EE} = 1\text{mA}$$

(2) 由已知条件，有

$$V_{C2Q} = 15\text{V} - I_{C2Q} R_{C2} = 5\text{V}$$

$$V_{E3Q} = V_{C2Q} - U_{BE3} = 5.68\text{V}$$

$$\text{所以, } I_{C3Q} = I_{E3Q} = \frac{15 - V_{E3Q}}{R_{E3}} = 3.1\text{mA}$$

(3) 依题意， u_o 减小， V_{C3Q} 减小， $I_{C3Q} = I_{E3Q}$ 减小， V_{E3Q} 增大， V_{C2Q} 增大，而 I_{C2Q} 不变，所以，要减小 R_{C2} 来补偿。

(4) 由图知，应该由“电压并联负反馈”转为“电压串联负反馈”， R_F 由 b_1 接至 b_2 ， c_3 接至 c_1

(5) 变动前为电压并联负反馈，则

$$\frac{u_i}{R_{B1}} = \frac{-u_o}{R_F}$$

$$\text{所以, } A_{uf} = -10$$

变动后为电压串联负反馈，则

由差动电路的对称性有，

$$\frac{u_i}{R_{B2}} = \frac{u_o - u_i}{R_F}$$

$$\text{所以, } A_{uf} = 11$$

7.10 当负反馈放大电路的开环放大倍数 $|A|$ 变化 25% 时，若要求闭环放大倍数

$|A_f|$ 为 100，且其变化不超过 1%，问 $|A|$ 至少应选多大？这时反馈系数 $|F|$ 又应选多大？

$$\text{解 由 } \frac{d|A_f|}{|A_f|} = \frac{1}{1 + |A_f|} \frac{d|A|}{|A|} \text{ 得,}$$

$$\frac{1}{1+|\dot{A}||\dot{F}|} \approx 0.9999$$

$$\text{且有 } |\dot{A}_f| = \frac{|\dot{A}|}{1+|\dot{A}||\dot{F}|} \approx 0.9999$$

所以, $|\dot{A}| = 2500$, $|\dot{F}| = 0.0096$

7.11 已知负反馈放大电路的开环增益 \dot{A} 为 10^5 , 若要求获得 100 倍的闭环增益,

问其反馈系数 \dot{F} 应取多大? 如果由于制造误差, 其开环增益 \dot{A} 减小为 10^3 ,

则此时的闭环增益 \dot{A}_f 变为多少? 相应的闭环增益的相对变化量 $\frac{\Delta \dot{A}_f}{\dot{A}_f}$ 是多少?

解 由 $|\dot{A}_f| = \frac{|\dot{A}|}{1+|\dot{A}||\dot{F}|} \approx 0.9999$, 得

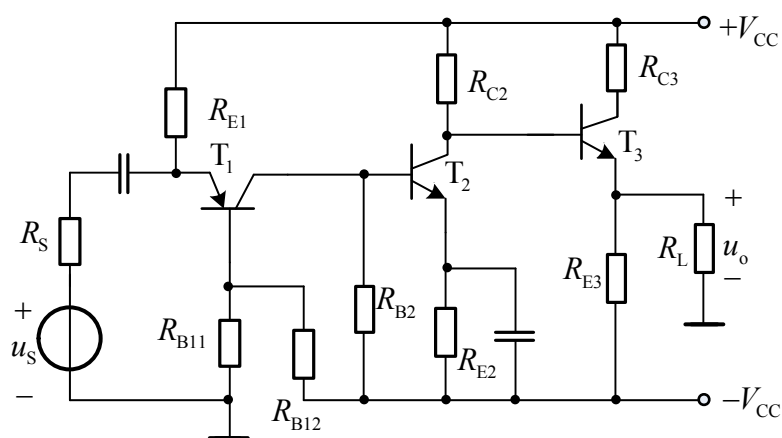
$$|\dot{F}| = 0.009999$$

$|\dot{A}|$ 减小为 10^3 , 则

$$|\dot{A}_f| = \frac{|\dot{A}|}{1+|\dot{A}||\dot{F}|} \approx 0.99$$

相应的闭环增益的相对变化量 $\frac{\Delta |\dot{A}_f|}{|\dot{A}_f|} = \frac{0.99 - 1.00}{1.00} = -9.01\%$

7.12 放大电路如题图 7.12 所示。



题图 7.12

(1) 为稳定电路的输出电压 u_o ，应怎样引级间反馈？标明反馈路径，并写出深度负反馈条件下闭环增益 A_{uf} 的表达式。

(2) 为稳定电路的输出电流，应怎样引级间反馈？标明反馈路径，并写出深度负反馈条件下闭环增益 A_{uf} 的表达式。

解 (1) 引入电压负反馈， R_f 接在 T_3 射极和 T_1 射极之间。

(2) 引入电流负反馈， R_f 接在 T_3 集电极和 T_1 基极之间。

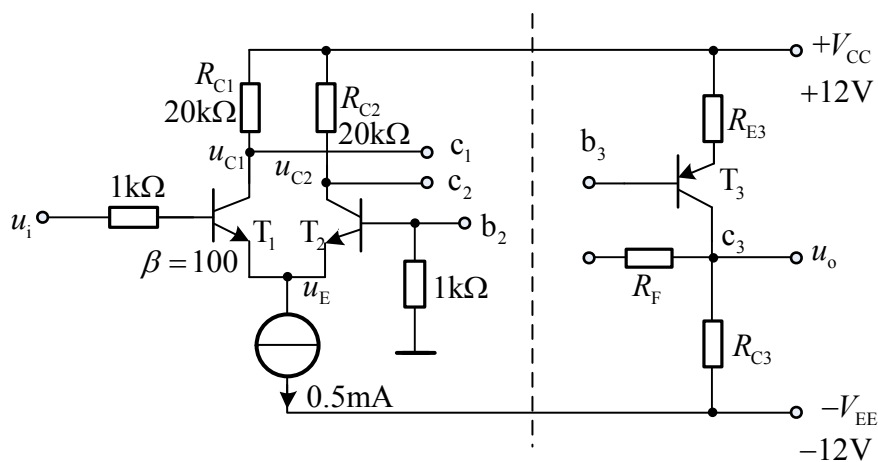
7.13 在题图 7.13 所示电路中：

(1) 计算在未接入 T_3 且 $u_i = 0$ 时， T_1 管的 U_{C1Q} 和 U_{E1Q} 。

(2) 计算当时 $u_i = 5\text{mV}$ ， u_{C1} 、 u_{C2} 各是多少？给定 $r_{be} = 10.8\text{k}\Omega$ 。

(3) 如接入 T_3 并通过 c_3 经 R_F 反馈到 b_2 ，试说明 b_3 应与 c_1 还是 c_2 相连才能实现负反馈。

(4) 在第 (3) 小题的情况下，若 $|A_F| \gg 1$ ，试计算 R_F 应是多少才能使引入负反馈后的电压放大倍数 $A_{uf} = 10$ 。



题图 7.13

解 (1) 由题意，计算静态工作点。

根据差动电路的对称性，有

$$I_{C1Q} = I_{C2Q} = \frac{1}{2} \times 0.5\text{mA} = 0.25\text{mA}$$

所以， $U_{C1Q} = V_{CC} - I_{C1Q}R_{C1} = 7\text{V}$

$$U_{E1Q} = U_{E2Q} = -U_{BEQ} = -0.7V$$

(2) 微变等效电路如图 7.13(1) 所示。

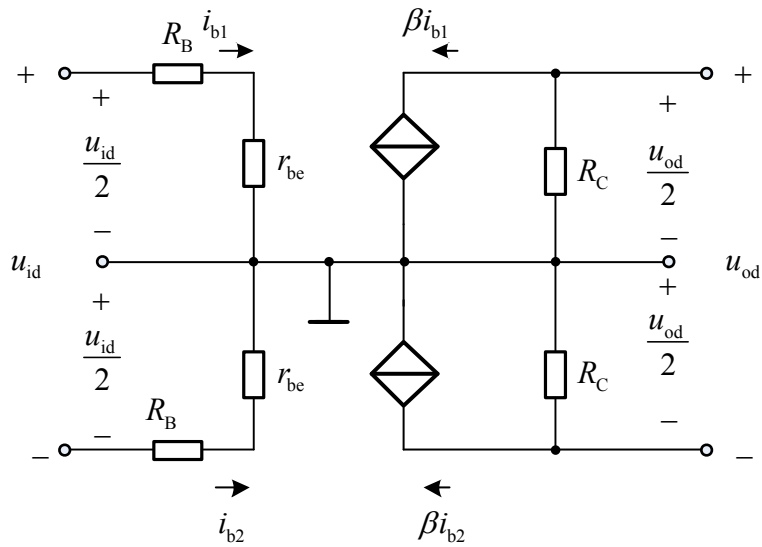


图 7.13(1)

$$u_i = 5V \text{ 时, } i_{b1} = \frac{\frac{u_i}{2}}{1 + 10.8k\Omega} = 0.212\mu A$$

$$u_{R_{C1}} = u_{R_{C2}} = \beta i_{b1} R_{C1} = 0.424V$$

$$u_{C1} = U_{C1Q} - u_{R_{C1}} = 6.576V$$

$$u_{C2} = U_{C2Q} + u_{R_{C2}} = 7.424V$$

(3) b_3 接 c_1

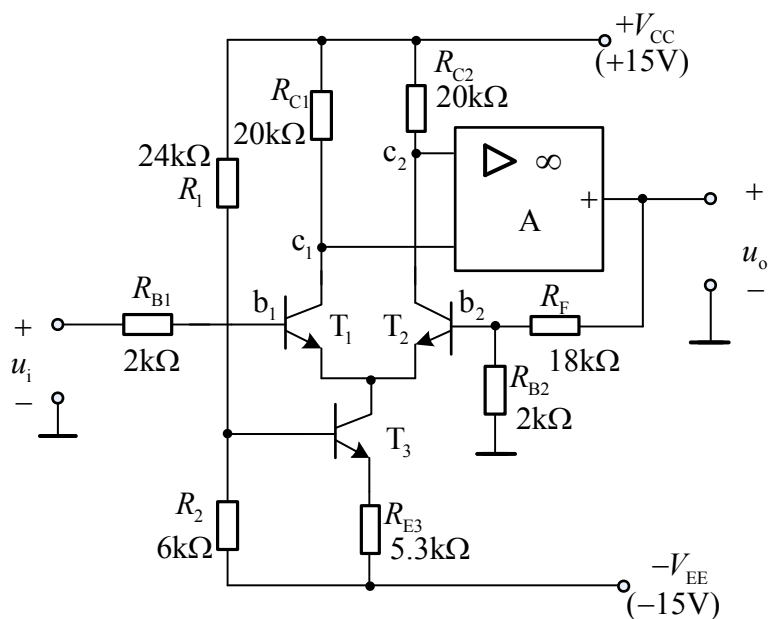
(4) 由差动电路的对称性知,

$$\frac{u_i}{1k\Omega} = \frac{u_o - u_i}{R_F}$$

$$\text{要使 } A_{uf} = \frac{u_o}{u_i} = 10$$

$$\text{则 } R_F = 9k\Omega$$

7.14 由差动放大电路和运算放大器组成的反馈放大电路如题图 7.14 所示。回答下列问题：



题图 7.14

- (1) 当时 $u_i = 0$, $U_{C1} = U_{C2} = ?$ (设 $U_{BE} = 0.7V$)
- (2) 要使由 u_o 到 b_2 的反馈为电压串联负反馈, 则 c_1 和 c_2 应分别接至运放的哪个输入端 (在题图 7.14 中 +、- 号标出) ?
- (3) 引入电压串联负反馈后, 闭环电压放大倍数 $A_{uf} = u_o / u_i$ 是多少? 设 A 为理想运放。
- (4) 若要引入电压并联负反馈, 则 c_1 、 c_2 又应分别接至运放的哪个输入端 (在题图 7.14 中标出)? R_F 应接到何处? 若 R_F 、 R_{B1} 、 R_{B2} 数值不变, 则 $A_{uf} = ?$

解 (1) $u_i = 0$ 时, 分析电路的静态工作点。

$$U_{R_2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (V_{CC} + V_{EE}) = 6V$$

$$I_{EE} = \frac{U_{R_2} - 0.7}{R_{E3}} = 1mA$$

根据差动放大电路的对称性, 有

$$I_{C1Q} = I_{C2Q} = \frac{1}{2} I_{EE} = 0.5mA$$

所以,

$$U_{C1Q} = U_{C2Q} = V_{CC} - I_{EE} R_{C1} = 5V$$

(2) 根据电压串联负反馈的特点知, c1 接反相端, c2 接同相端。

(3) 根据差动电路的对称性, 知 $u_{b_2} = u_i$

根据虚短和虚断的特性, 有 $\frac{u_o - u_{b_2}}{R_F} = \frac{u_{b_2}}{R_{B2}}$

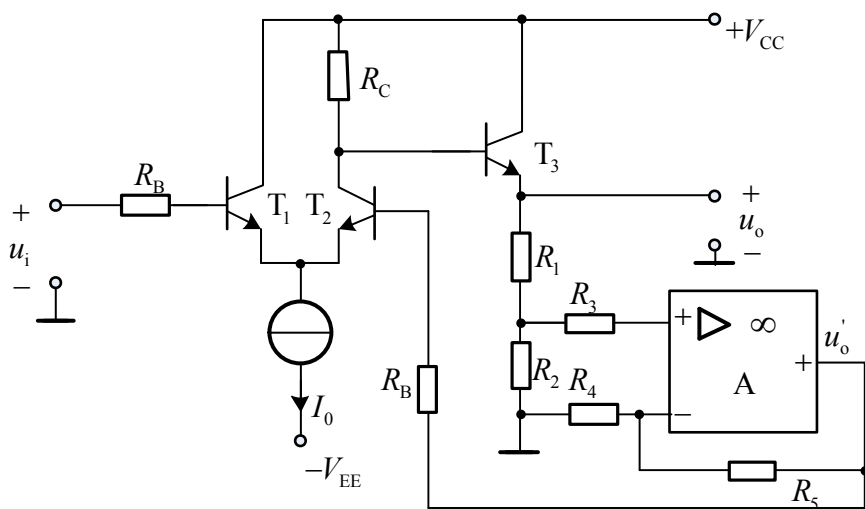
$$\text{解得, } A_{uf} = -\frac{R_F}{R_{B2}} = 10$$

(4) 根据电压并联负反馈的特点知, c1 接同相端, c2 接反相端, R_F 接 b_1 。

$$\frac{u_i}{R_{B1}} \approx \frac{-u_o}{R_F}$$

$$\text{解得, } A_{uf} = -9$$

7.15 负反馈放大电路如题图 7.15 所示, 含有理想运放。试问电路具有何种类型的反馈。并求出深度负反馈时闭环增益 u_o/u_i 的表达式。



题图 7.15

解 电路经 R_4 、 R_5 构成电压串联负反馈。根据虚短和虚断的特性有,

$$\frac{u_o - u_+}{R_1} = \frac{u_+}{R_2}, \quad \frac{u'_o - u_-}{R_5} = \frac{u_-}{R_4}$$

根据差动放大电路的对称性, 可知, $u'_o = u_i$

解得，

$$\frac{u_o}{u_i} = \frac{(R_1 + R_2)R_4}{(R_4 + R_5)R_2}$$