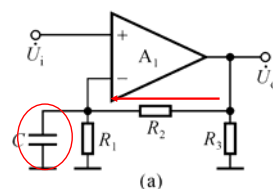


习 题 课

(第六章)

6.4 判断图P6.4所示各电路中是否引入了反馈，是直流反馈还是交流反馈，是正反馈还是负反馈。设图中所有电容对交流信号均可视为短路。

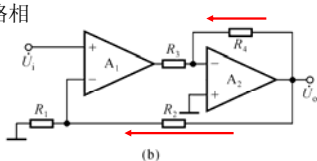
- 输出回路与输入回路相连接的通路
- 交流还是直流？
- 正反馈还是负反馈？



直流负反馈

6.4 判断图P6.4所示各电路中是否引入了反馈，是直流反馈还是交流反馈，是正反馈还是负反馈。设图中所有电容对交流信号均可视为短路。

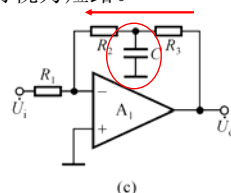
- 输出回路与输入回路相连接的通路
- 交流还是直流？
- 正反馈还是负反馈？



交、直流正反馈

6.4 判断图P6.4所示各电路中是否引入了反馈，是直流反馈还是交流反馈，是正反馈还是负反馈。设图中所有电容对交流信号均可视为短路。

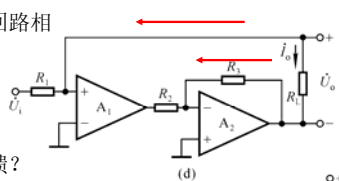
- 输出回路与输入回路相连接的通路
- 交流还是直流？
- 正反馈还是负反馈？



直流负反馈

6.4 判断图P6.4所示各电路中是否引入了反馈，是直流反馈还是交流反馈，是正反馈还是负反馈。设图中所有电容对交流信号均可视为短路。

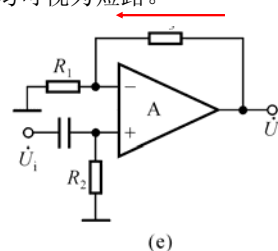
- 输出回路与输入回路相连接的通路
- 交流还是直流？
- 正反馈还是负反馈？



交、直流负反馈

6.4 判断图P6.4所示各电路中是否引入了反馈，是直流反馈还是交流反馈，是正反馈还是负反馈。设图中所有电容对交流信号均可视为短路。

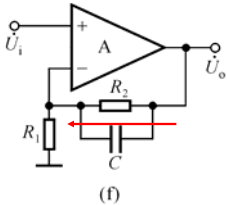
- 输出回路与输入回路相连接的通路
- 交流还是直流？
- 正反馈还是负反馈？



交、直流负反馈

6.4 判断图P6.4所示各电路中是否引入了反馈，是直流反馈还是交流反馈，是正反馈还是负反馈。设图中所有电容对交流信号均可视为短路。

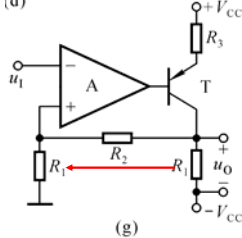
- 输出回路与输入回路相连接的通路
- 交流还是直流？
- 正反馈还是负反馈？



交、直流负反馈

6.4 判断图P6.4所示各电路中是否引入了反馈，是直流反馈还是交流反馈，是正反馈还是负反馈。设图中所有电容对交流信号均可视为短路。

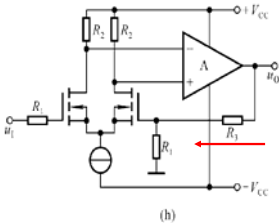
- 输出回路与输入回路相连接的通路
- 交流还是直流？
- 正反馈还是负反馈？



交、直流负反馈

6.4 判断图P6.4所示各电路中是否引入了反馈，是直流反馈还是交流反馈，是正反馈还是负反馈。设图中所有电容对交流信号均可视为短路。

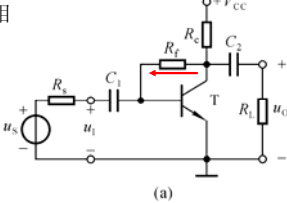
- 输出回路与输入回路相连接的通路
- 交流还是直流？
- 正反馈还是负反馈？



交、直流负反馈

6.5 判断图P6.5所示各电路中是否引入了反馈，是直流反馈还是交流反馈，是正反馈还是负反馈。设图中所有电容对交流信号均可视为短路。

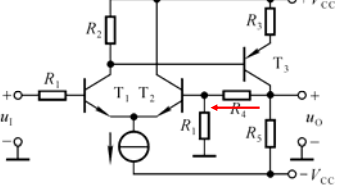
- 输出回路与输入回路相连接的通路
- 交流还是直流？
- 正反馈还是负反馈？



交、直流负反馈

6.5 判断图P6.5所示各电路中是否引入了反馈，是直流反馈还是交流反馈，是正反馈还是负反馈。设图中所有电容对交流信号均可视为短路。

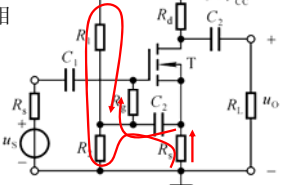
- 输出回路与输入回路相连接的通路
- 交流还是直流？
- 正反馈还是负反馈？



交、直流负反馈

6.5 判断图P6.5所示各电路中是否引入了反馈，是直流反馈还是交流反馈，是正反馈还是负反馈。设图中所有电容对交流信号均可视为短路。

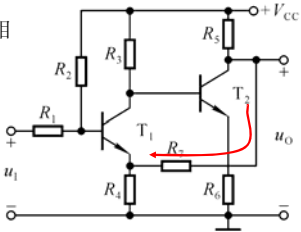
- 输出回路与输入回路相连接的通路
- 交流还是直流？
- 正反馈还是负反馈？



通过 R_5 引入直流负反馈，
通过 R_5 、 R_1 、 R_2 并联引入交流负反馈，
通过 C_2 、 R_9 引入交流正反馈。

6.5 判断图P6.5所示各电路中是否引入了反馈，是直流反馈还是交流反馈，是正反馈还是负反馈。设图中所有电容对交流信号均可视为短路。

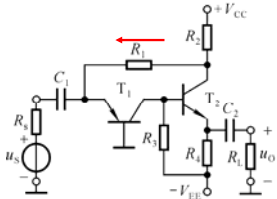
- 输出回路与输入回路相连接的通路
- 交流还是直流？
- 正反馈还是负反馈？



交、直流负反馈

6.5 判断图P6.5所示各电路中是否引入了反馈，是直流反馈还是交流反馈，是正反馈还是负反馈。设图中所有电容对交流信号均可视为短路。

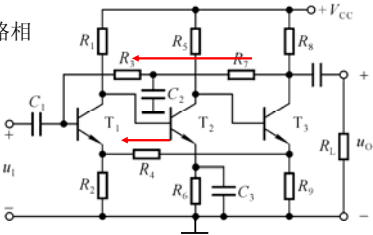
- 输出回路与输入回路相连接的通路
- 交流还是直流？
- 正反馈还是负反馈？



交、直流负反馈

6.5 判断图P6.5所示各电路中是否引入了反馈，是直流反馈还是交流反馈，是正反馈还是负反馈。设图中所有电容对交流信号均可视为短路。

- 输出回路与输入回路相连接的通路
- 交流还是直流？
- 正反馈还是负反馈？



通过R3和R7引入直流负反馈，
通过R4引入交、直流负反馈。

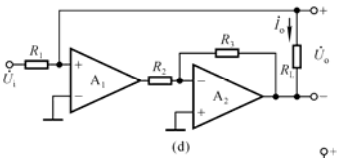
要点：

- 判断是否存在反馈的条件：是否存在输出回路与输入回路相连接的通路，并因此影响净输入量；进一步说，输出能否通过一定的路径再次影响自身。
- 电容需要特别注意。
- 可能有多条反馈通路。

6.6 分别判断图6.4（d）～（h）所示各电路中引入了哪种组态的交流负反馈，并计算它们的反馈系数。

- 电流并联

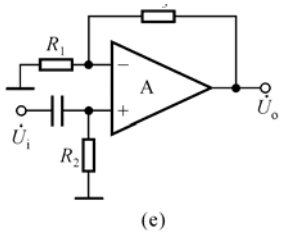
$$\dot{F} = \dot{I}_f / \dot{I}_o = 1$$



6.6 分别判断图6.4（d）～（h）所示各电路中引入了哪种组态的交流负反馈，并计算它们的反馈系数。

- 电压串联

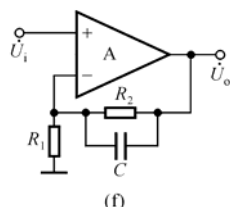
$$\dot{F} = \dot{U}_f / \dot{U}_o = \frac{R_1}{R_1 + R_3}$$



6.6 分别判断图6.4 (d) ~ (h) 所示各电路中引入了哪种组态的交流负反馈，并计算它们的反馈系数。

- 电压串联

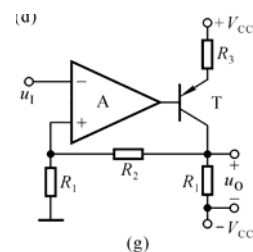
$$\dot{F} = \dot{U}_f / \dot{U}_o = 1$$



6.6 分别判断图6.4 (d) ~ (h) 所示各电路中引入了哪种组态的交流负反馈，并计算它们的反馈系数。

- 电压串联

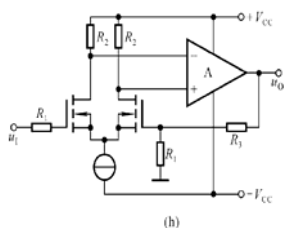
$$\dot{F} = \dot{U}_f / \dot{U}_o = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$



6.6 分别判断图6.4 (d) ~ (h) 所示各电路中引入了哪种组态的交流负反馈，并计算它们的反馈系数。

- 电压串联

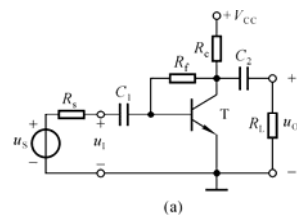
$$\dot{F} = \dot{U}_f / \dot{U}_o = \frac{R_1}{R_1 + R_3}$$



6.7 分别判断图P6.5 (a) (b) (e) (f) 所示各电路中引入了哪种组态的交流负反馈，并计算它们的反馈系数。

- 电压并联

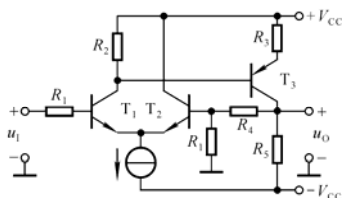
$$\dot{F} = I_f / U_o = -1/R_f$$



6.7 分别判断图P6.5 (a) (b) (e) (f) 所示各电路中引入了哪种组态的交流负反馈，并计算它们的反馈系数。

- 电压串联

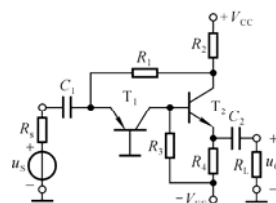
$$\dot{F} = U_f / U_o = \frac{R_1}{R_1 + R_4}$$



6.7 分别判断图P6.5 (a) (b) (e) (f) 所示各电路中引入了哪种组态的交流负反馈，并计算它们的反馈系数。

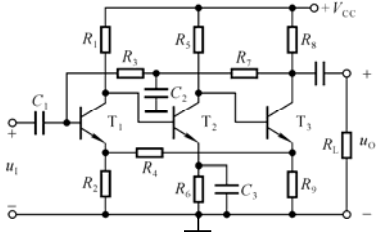
- 电流并联

$$\dot{F} = I_f / I_o = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$



6.7 分别判断图P6.5 (a) (b) (e) (f) 所示各电路中引入了哪种组态的交流负反馈，并计算它们的反馈系数。

- 电流串联

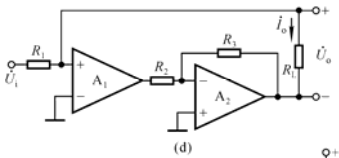


$$\dot{F} = \dot{U}_f / I_o = - \frac{R_2 R_9}{R_2 + R_4 + R_9}$$

要点：

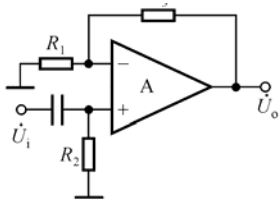
- 电压与电流是统一体，区分电压反馈还是电流反馈的根本标志是反馈的目的（稳定电压还是稳定电流）。
- “电压（流）并（串）联”是一种习惯结构，不要擅改。
- 反馈通道的起点和终点。

6.8 估算图6.4 (d) ~ (h) 所示各电路在深度负反馈条件下的电压放大倍数。



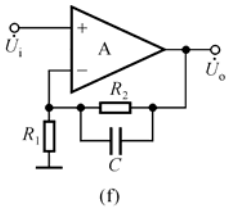
$$\dot{A}_{uf} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} \approx \frac{\dot{I}_o R_L}{\dot{I}_i R_1} \approx \frac{\dot{I}_o R_L}{\dot{I}_f R_1} = \frac{R_L}{R_1}$$

6.8 估算图6.4 (d) ~ (h) 所示各电路在深度负反馈条件下的电压放大倍数。



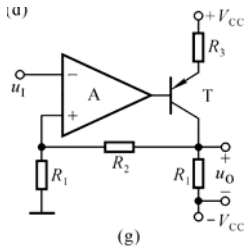
$$\dot{A}_{uf} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} \approx \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_f} = 1 + \frac{R_3}{R_1}$$

6.8 估算图6.4 (d) ~ (h) 所示各电路在深度负反馈条件下的电压放大倍数。



$$\dot{A}_{uf} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} \approx \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_f} = 1$$

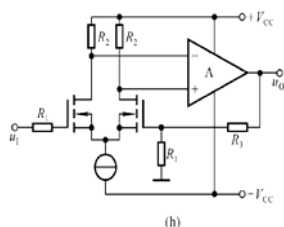
6.8 估算图6.4 (d) ~ (h) 所示各电路在深度负反馈条件下的电压放大倍数。



$$\dot{A}_{uf} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} \approx \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_f} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

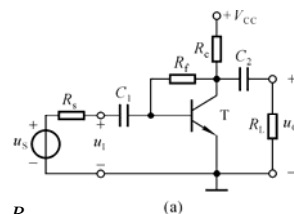
6.8 估算图6.4 (d) ~ (h) 所示各电路在深度负反馈条件下的电压放大倍数。

$$\dot{A}_{uf} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} \approx \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_f} = 1 + \frac{R_3}{R_1}$$



6.9 估算图6.5 (a) (b) (e) (f) 所示各电路在深度负反馈条件下的电压放大倍数。

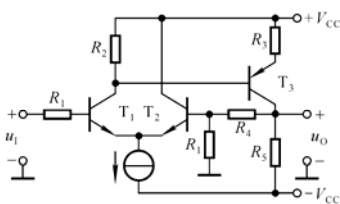
$$\dot{A}_{usf} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_s} \approx \frac{\dot{U}_o}{\dot{I}_f R_s} = \frac{1}{F} \cdot \frac{1}{R_s} = -\frac{R_f}{R_s}$$



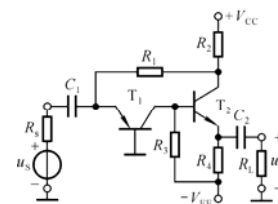
6.9 估算图6.5 (a) (b) (e) (f) 所示各电路在深度负反馈条件下的电压放大倍数。

6.9 估算图6.5 (a) (b) (e) (f) 所示各电路在深度负反馈条件下的电压放大倍数。

$$\dot{A}_{usf} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} \approx \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_f} = \frac{1}{F} = \frac{R_1 + R_4}{R_1} = 1 + \frac{R_4}{R_1}$$



$$\dot{A}_{usf} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} \approx \frac{\dot{I}_o (R_4 // R_L)}{\dot{I}_f R_s} = (1 + \frac{R_1}{R_2}) \cdot \frac{R_L}{R_s}$$

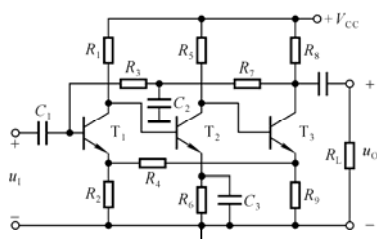


6.9 估算图6.5 (a) (b) (e) (f) 所示各电路在深度负反馈条件下的电压放大倍数。

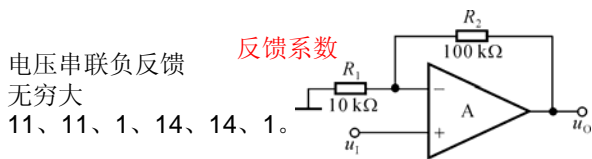
要点:

- 反馈系数在闭环放大倍数求取中的作用。
- 反馈组态在闭环放大倍数求取中如何考虑。

$$\dot{A}_{uf} = \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i} \approx \frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_f} = -\frac{(R_2 + R_4 + R_9)(R_7 // R_8 // R_L)}{R_2 R_9}$$



6.10 电路如图P6.12所示，已知集成运放的开环差模增益和差模输入电阻均近于无穷大，最大输出电压幅值为±14V。填空：
 电路引入了？（填入反馈组态）交流负反馈，电路的输入电阻趋近于？，电压放大倍数 $A_{uf} = u_o / \Delta u_i \approx ?$ 。设 $u_i = 1V$ ，则 $u_o \approx ? V$ ；若 R_1 开路，则 u_o 变为？V；若 R_1 短路，则 u_o 变为？V；若 R_2 开路，则 u_o 变为？V；若 R_2 短路，则 u_o 变为？V。



6.12 已知一个电压串联负反馈放大电路的电压放大倍数 $A_{uf} = 20$ ，其基本放大电路的电压放大倍数 A_u 的相对变化率为10%， A_{uf} 的相对变化率小于0.1%，试问 F 和 A_u 各为多少？

$$AF \approx \frac{10\%}{0.1\%} = 100$$

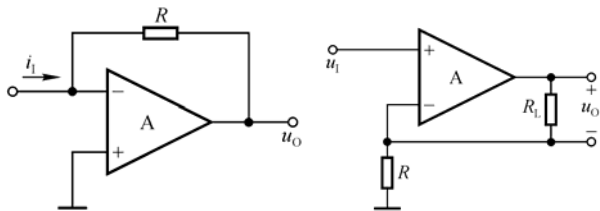
$$AF \gg 1$$

$$F \approx \frac{1}{A_f} = \frac{1}{20} = 0.05$$

$$A_u = A = \frac{AF}{F} \approx 2000$$

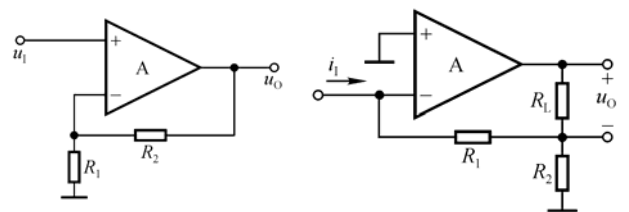
6.14 以集成运放作为放大电路，引入合适的负反馈，分别达到下列目的，要求画出电路图来。

- (1) 实现电流—电压转换电路；
- (2) 实现电压—电流转换电路；
- (3) 实现输入电阻高、输出电压稳定的电压放大电路；
- (4) 实现输入电阻低、输出电流稳定的电流放大电路。



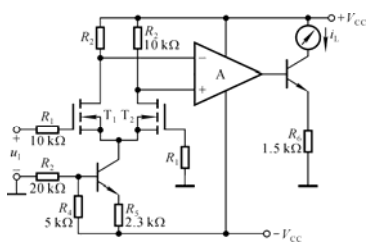
6.14 以集成运放作为放大电路，引入合适的负反馈，分别达到下列目的，要求画出电路图来。

- (1) 实现电流—电压转换电路；
- (2) 实现电压—电流转换电路；
- (3) 实现输入电阻高、输出电压稳定的电压放大电路；
- (4) 实现输入电阻低、输出电流稳定的电流放大电路。



6.15 电路如图P6.19所示。

- (1) 试通过电阻引入合适的交流负反馈，使输入电压 u_i 转换成稳定的输出电流 i_L ；
- (2) 若 $u_i = 0 \sim 5V$ 时， $i_L = 0 \sim 10mA$ ，则反馈电阻 R_f 应取多少？



6.15 电路如图P6.19所示。

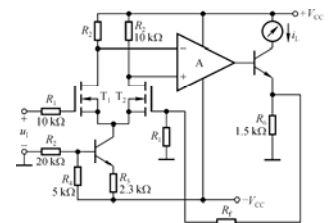
- (1) 试通过电阻引入合适的交流负反馈，使输入电压 u_i 转换成稳定的输出电流 i_L ；
- (2) 若 $u_i = 0 \sim 5V$ 时， $i_L = 0 \sim 10mA$ ，则反馈电阻 R_f 应取多少？

$$\dot{F} = \frac{R_f R_i}{R_i + R_f + R_6}$$

$$A_f \approx \frac{R_i + R_f + R_6}{R_i R_f}$$

$$\frac{10 + R_f + 1.5}{10 \times 1.5} = \frac{10}{5}$$

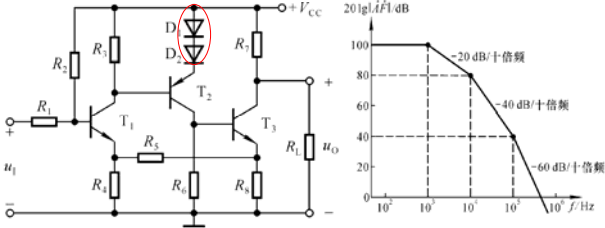
$$R_f = 18.5k\Omega$$



反馈系数

6.16 放大电路及波特图如图所示。

- (1) 判断该电路是否会产生自激振荡？简述理由。
- (2) 若电路产生了自激振荡，则应采取什么措施消振？要求在图（a）中画出来。
- (3) 若仅有一个50pF电容，分别接在三个三极管的基极和地之间均未能消振，则将其接在何处有可能消振？为什么？



6.16 放大电路及波特图如图所示。

- (1) 判断该电路是否会产生自激振荡？简述理由。
- (2) 若电路产生了自激振荡，则应采取什么措施消振？要求在图（a）中画出来。
- (3) 若仅有一个50pF电容，分别接在三个三极管的基极和地之间均未能消振，则将其接在何处有可能消振？为什么？

(1) 电路一定会产生自激振荡。
因为在 $f = 10^3\text{Hz}$ 时附加相移为 -45° ，在 $f = 10^4\text{Hz}$ 时附加相移约为 -135° ，在 $f = 10^5\text{Hz}$ 时附加相移约为 -225° ，因此附加相移为 -180° 的频率在 $10^4\text{Hz} \sim 10^5\text{Hz}$ 之间，此时 $|\dot{A}\dot{F}| > 0$

6.16 放大电路及波特图如图所示。

- (1) 判断该电路是否会产生自激振荡？简述理由。
- (2) 若电路产生了自激振荡，则应采取什么措施消振？要求在图（a）中画出来。
- (3) 若仅有一个50pF电容，分别接在三个三极管的基极和地之间均未能消振，则将其接在何处有可能消振？为什么？

(2) 可在晶体管T2的基极与地之间加消振电容。

在三级串联的电路中加了一个电容滞后补偿。

注：方法不唯一。

6.16 放大电路及波特图如图所示。

- (1) 判断该电路是否会产生自激振荡？简述理由。
- (2) 若电路产生了自激振荡，则应采取什么措施消振？要求在图（a）中画出来。
- (3) 若仅有一个50pF电容，分别接在三个三极管的基极和地之间均未能消振，则将其接在何处有可能消振？为什么？

(3) 可在晶体管T2基极和集电极之间加消振电容。因为根据密勒定理，等效在基极与地之间的电容比实际电容大得多，因此容易消振。