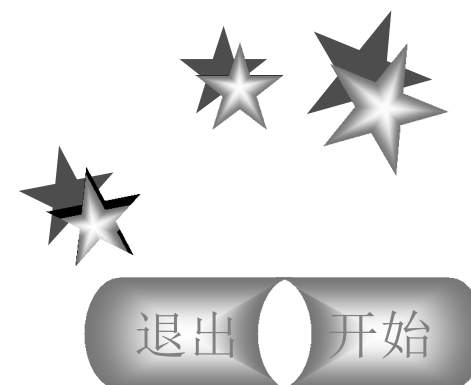


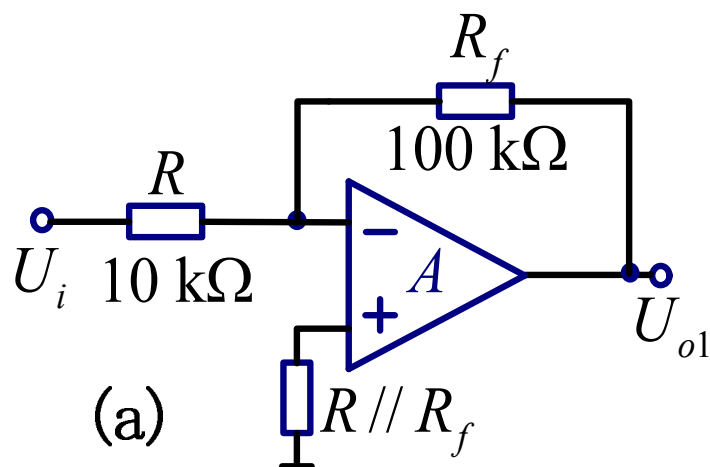


# 第七十八章复习

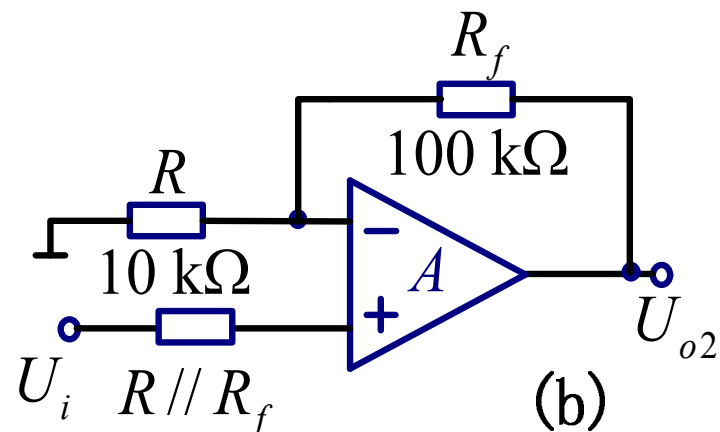
北京邮电大学电子工程学院  
2012. 1



7-12 电路如图，集成运放输出电压的最大幅值为 $\pm 14V$ ，填写下表。



$$U_{o1} = -\frac{R_f}{R} U_i = -10U_i$$

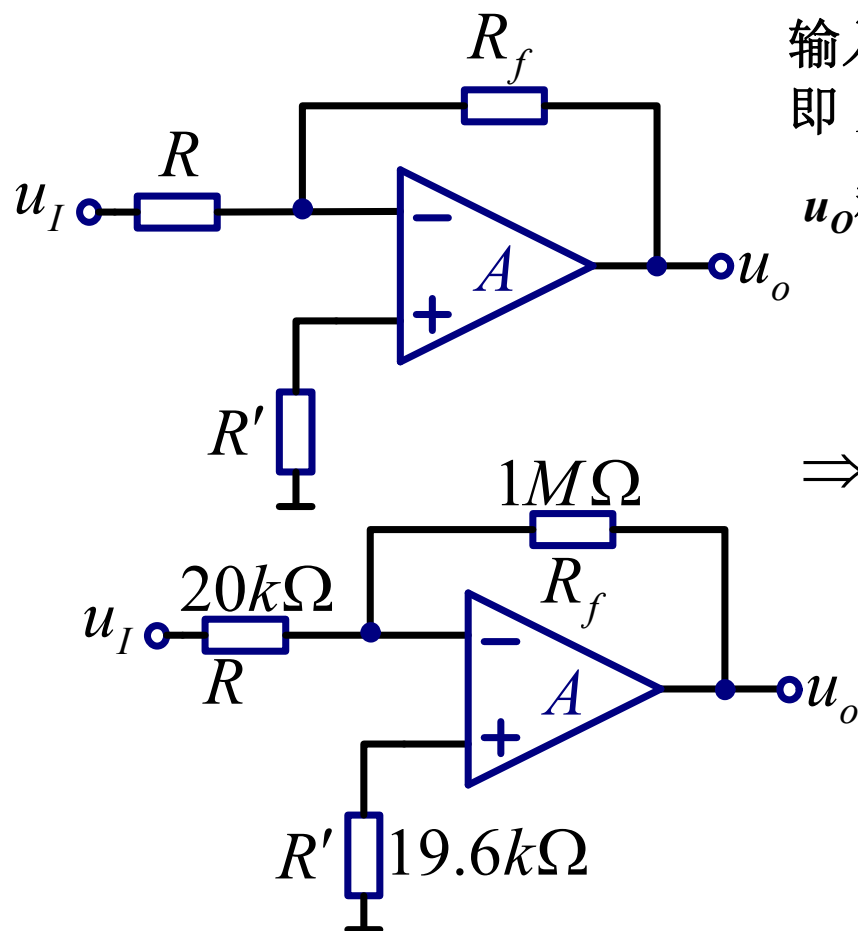


$$U_{o2} = \left(1 + \frac{R_f}{R}\right) U_i = 11U_i$$

$U_i/V$	0.1	0.5	1.0	1.5
$U_{o1}/V$	-1V	-5V	-10V	-14V
$U_{o2}/V$	1.1V	5.5V	11V	14V

7-13 设计一个比例运算电路，要求输入电阻  $R_i = 20k\Omega$ ，比例系数为  $-50$ 。

解：比例系数是  $-50$ ，采用反相比例运算电路， $u_I$  作用于反相输入端。



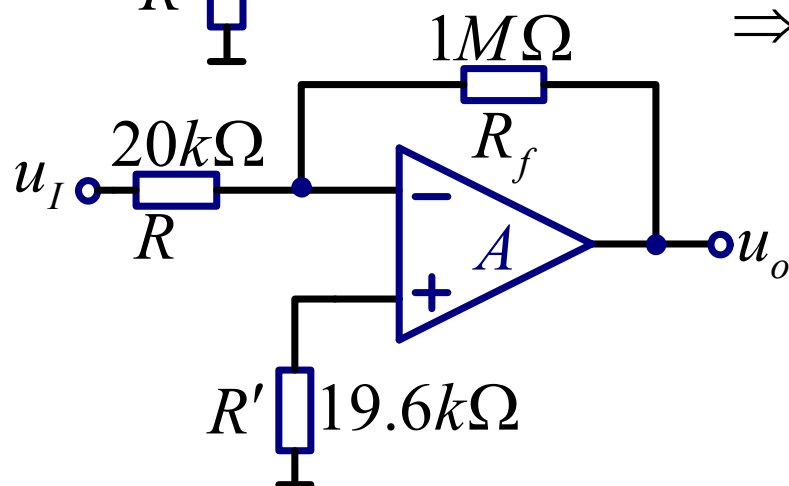
输入电阻是  $R$ ，要求输入电阻  $R_i = 20k\Omega$ ，即  $R = 20k\Omega$ 。

$u_o$  和  $u_I$  之间的关系为：

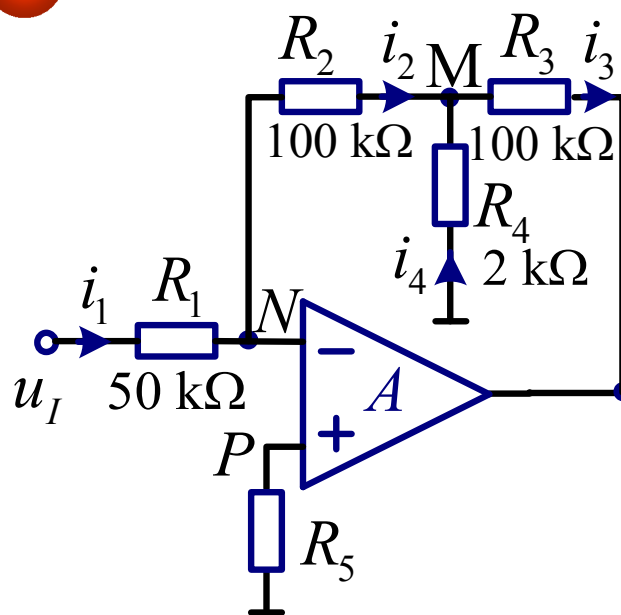
$$u_o = -\frac{R_f}{R} u_I = -50 u_I$$

$$\Rightarrow R_f = 1000k\Omega = 1M\Omega$$

$$R' = R // R_f = 19.6k\Omega$$



7-14 电路如图所示，试求其输入电阻，以及输入电压 $u_I$ 与输出电压 $u_O$ 的比例系数。



解：由虚短和虚断，有：

$$i_N = i_p = 0; \quad u_N = u_p = 0;$$

节点N的电流方程为：  $i_1 = \frac{u_I}{R_1} = \frac{-u_M}{R_2} = i_2$

因而节点M的电位为：  $u_M = -\frac{R_2}{R_1} u_I = -2u_I$

$R_4$ 的电流为：  $i_4 = -\frac{u_M}{R_4} = -\frac{-2u_I}{2k\Omega} = u_I (mA)$

$$\text{又 } i_3 = i_2 + i_4$$

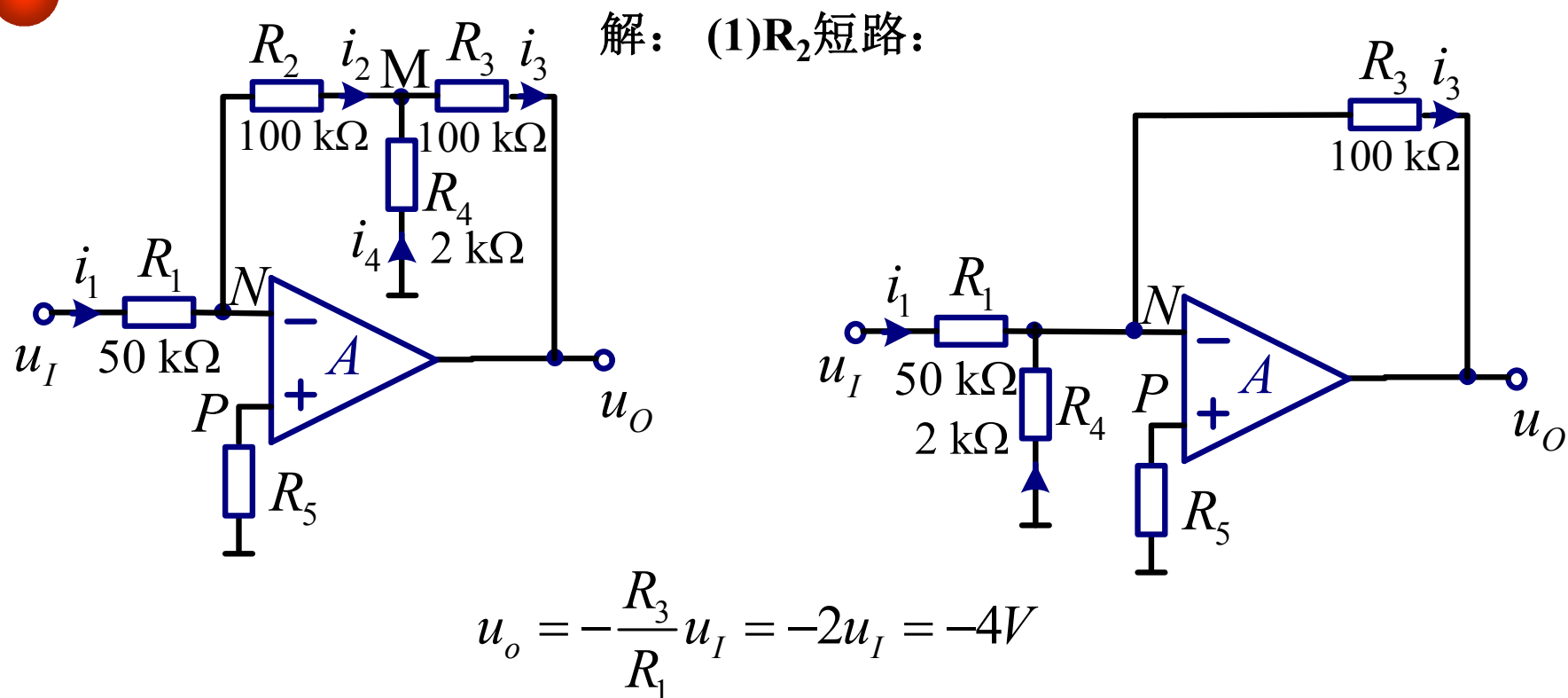
$$u_o = u_M - i_3 R_3 = -2u_I - 100 \times \left( \frac{u_I}{50} + u_I \right) = -104u_I$$

$$\text{或： } u_o = -\frac{R_2 + R_3}{R_1} \left( 1 + \frac{R_2 // R_3}{R_4} \right) u_I = -\frac{100 + 100}{50} \left( 1 + \frac{100 // 100}{2} \right) u_I = -104u_I$$

比例系数为-104。

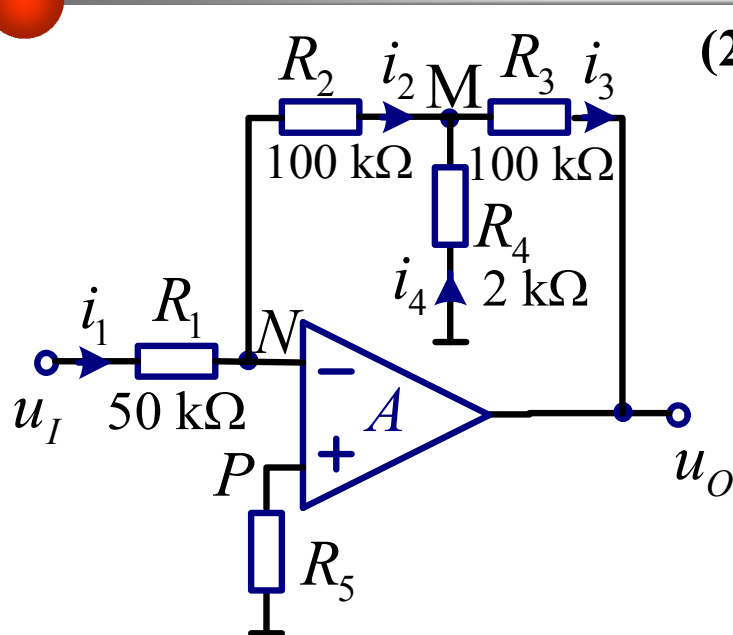
7-15 电路如图所示，集成运放输出电压的最大幅值为  $\pm 14V$ ， $u_I$  为  $2V$  的直流信号。分别求出下列各种情况下的输出电压。

(1)  $R_2$  短路；(2)  $R_3$  短路；(3)  $R_4$  短路；(4)  $R_4$  断路。

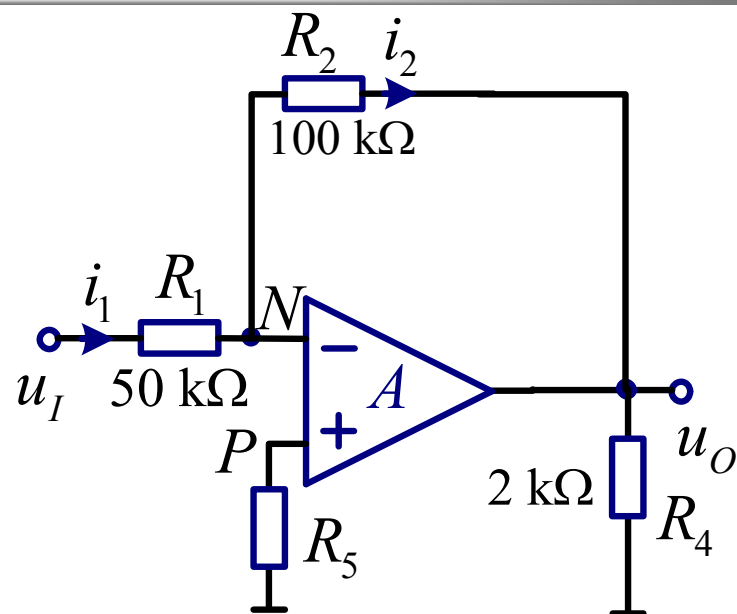


7-15 电路如图所示，集成运放输出电压的最大幅值为  $\pm 14V$ ， $u_I$  为  $2V$  的直流信号。分别求出下列各种情况下的输出电压。

(1)  $R_2$  短路；(2)  $R_3$  短路；(3)  $R_4$  短路；(4)  $R_4$  断路。



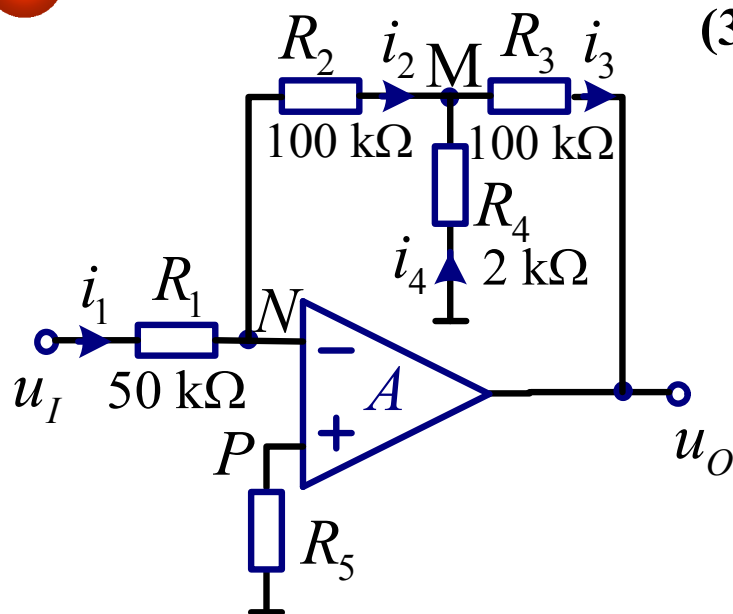
(2)  $R_3$  短路:



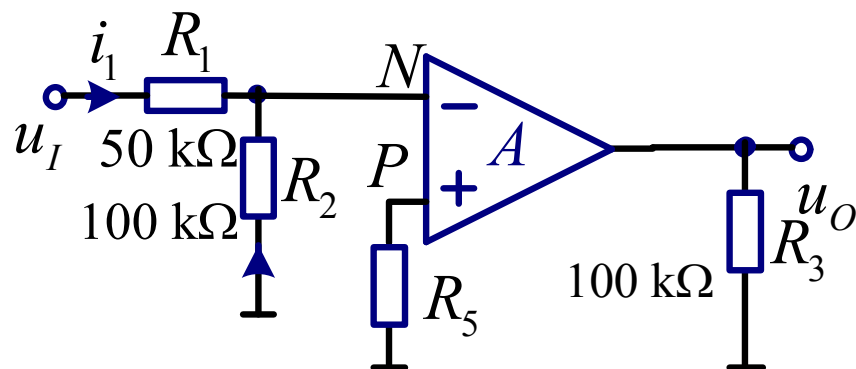
$$u_o = -\frac{R_2}{R_1} u_I = -2u_I = -4V$$

7-15 电路如图所示，集成运放输出电压的最大幅值为  $\pm 14V$ ， $u_I$  为  $2V$  的直流信号。分别求出下列各种情况下的输出电压。

(1)  $R_2$  短路；(2)  $R_3$  短路；(3)  $R_4$  短路；(4)  $R_4$  断路。



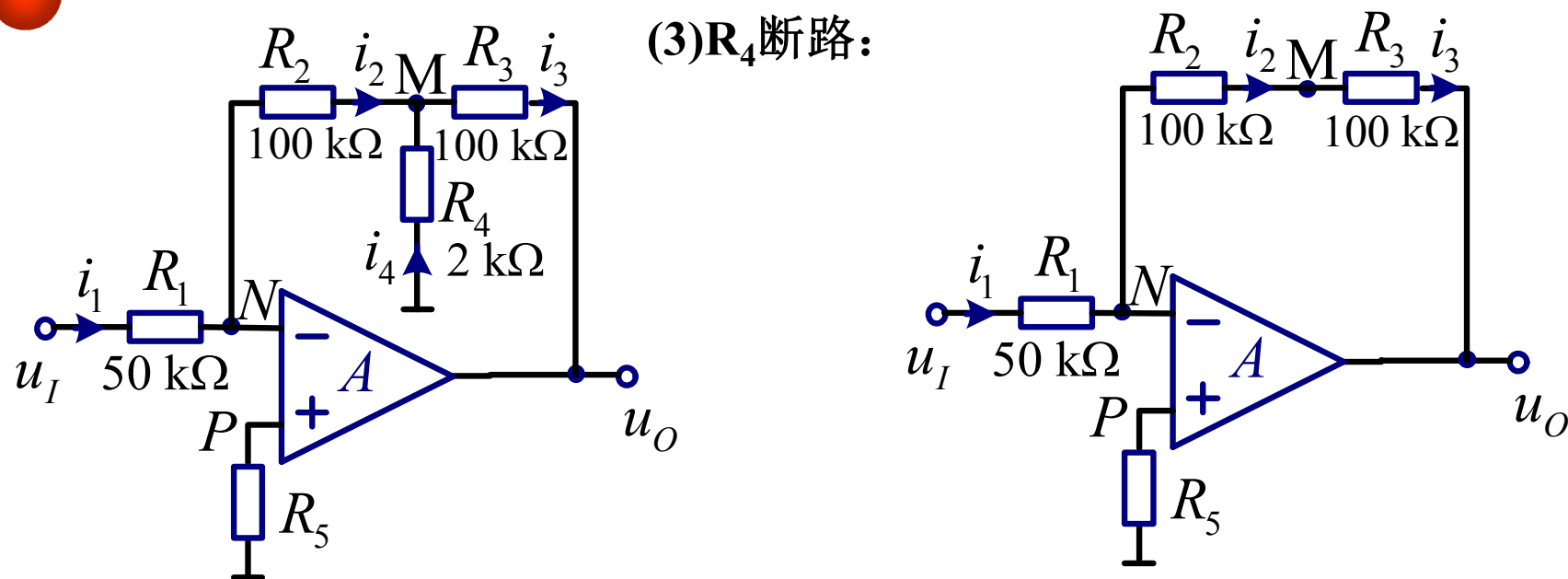
(3)  $R_4$  短路：电路无反馈



$$u_o = -14V$$

7-15 电路如图所示，集成运放输出电压的最大幅值为  $\pm 14V$ ， $u_I$  为  $2V$  的直流信号。分别求出下列各种情况下的输出电压。

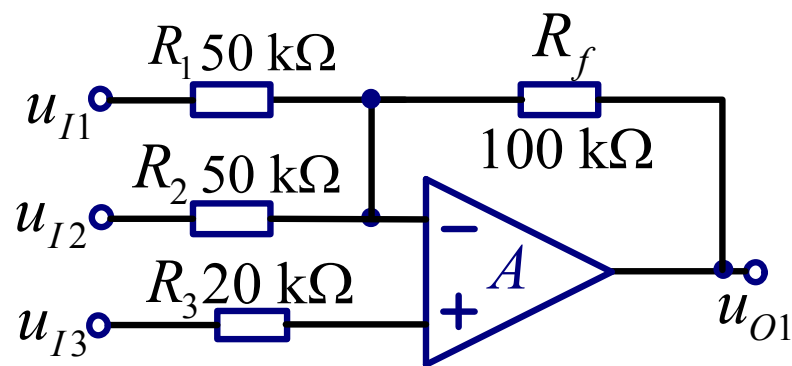
(1)  $R_2$  短路；(2)  $R_3$  短路；(3)  $R_4$  短路；(4)  $R_4$  断路。



$$u_o = -\frac{R_2 + R_3}{R_1} u_I = -4u_I = -8V$$

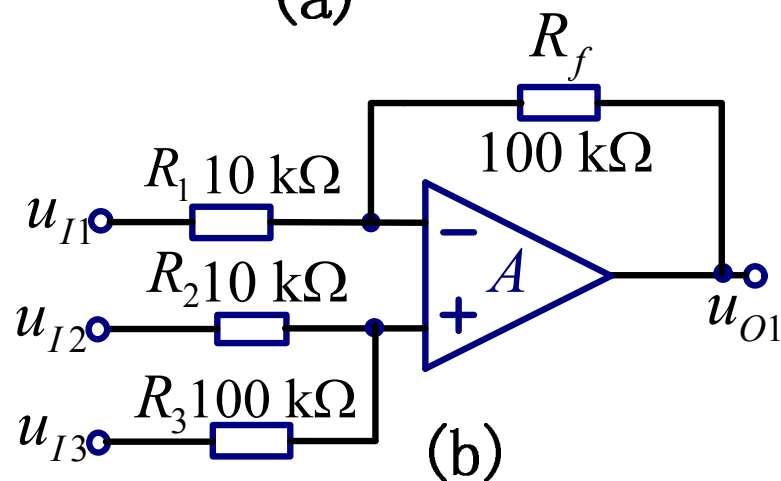


7-16 试求题图7-11所示各电路输出电压与输入电压的运算关系式。



(a)

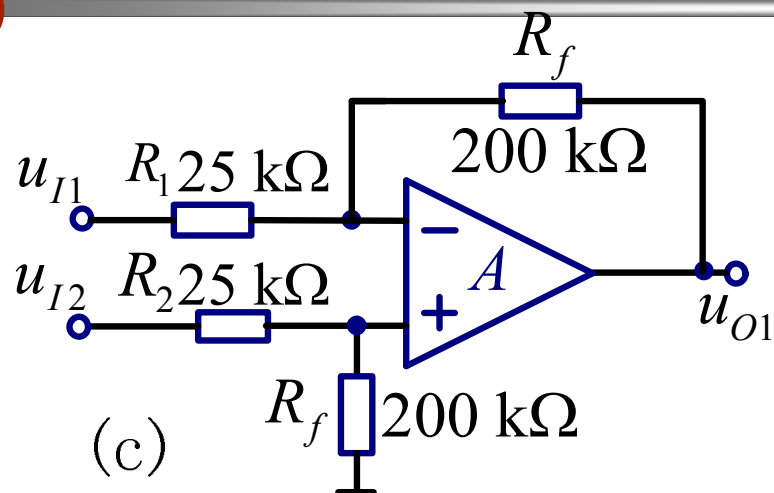
$$\begin{aligned} u_{O1} &= -\frac{R_f}{R_2} u_{I2} - \frac{R_f}{R_1} u_{I1} + \frac{R_f}{R_3} u_{I3} \\ &= -2u_{I2} - 2u_{I1} + 5u_{I3} \end{aligned}$$



(b)

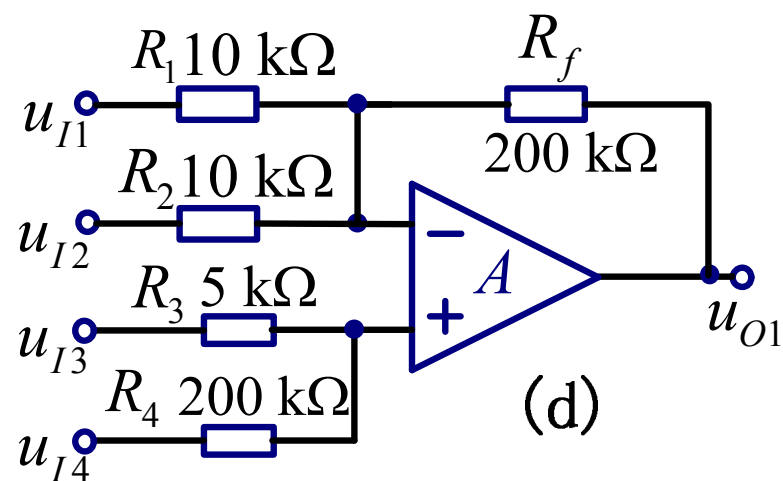
$$\begin{aligned} u_{O1} &= -\frac{R_f}{R_1} u_{I1} + \frac{R_f}{R_2} u_{I2} + \frac{R_f}{R_3} u_{I3} \\ &= -10u_{I1} + 10u_{I2} + u_{I3} \end{aligned}$$

7-16 试求题图7-11所示各电路输出电压与输入电压的运算关系式。



$$u_{O1} = -\frac{R_f}{R_1}u_{I1} + \frac{R_f}{R_2}u_{I2}$$

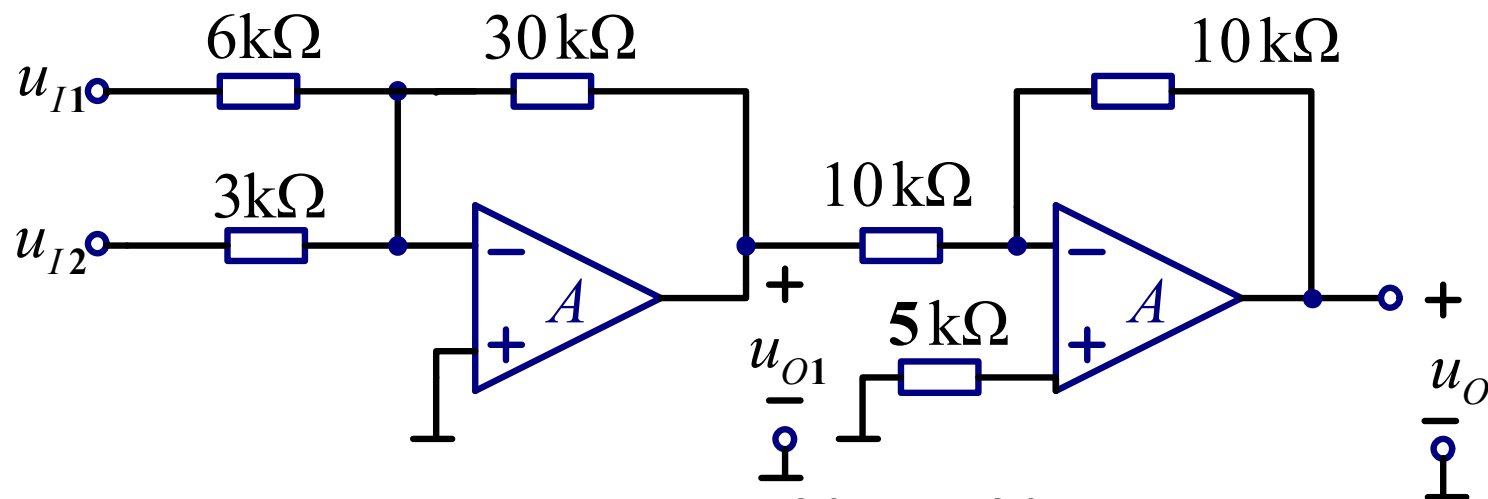
$$= -8u_{I1} + 8u_{I2}$$



$$u_{O1} = -\frac{R_f}{R_1}u_{I1} - \frac{R_f}{R_2}u_{I2} + \frac{R_f}{R_3}u_{I3} + \frac{R_f}{R_4}u_{I4}$$

$$= -20u_{I1} - 20u_{I2} + 40u_{I3} + u_{I4}$$

7-21 含理想运算放大器电路如题图7-15所示，试求输出电压与输入电压的关系式。



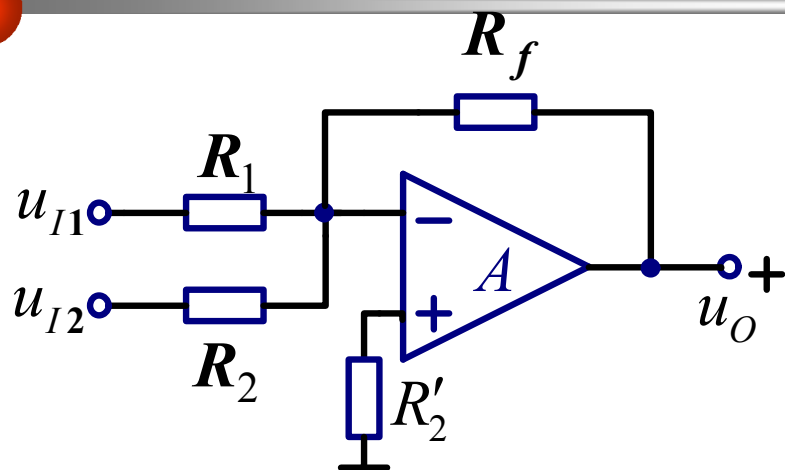
$$\frac{u_{I1}}{6} + \frac{u_{I2}}{3} = \frac{-u_{O1}}{30}$$

$$u_{O1} = -\frac{30u_{I1}}{6} - \frac{30u_{I2}}{3} = -5u_{I1} - 10u_{I2}$$

$$\frac{u_{O1}}{10} = \frac{-u_O}{10}$$

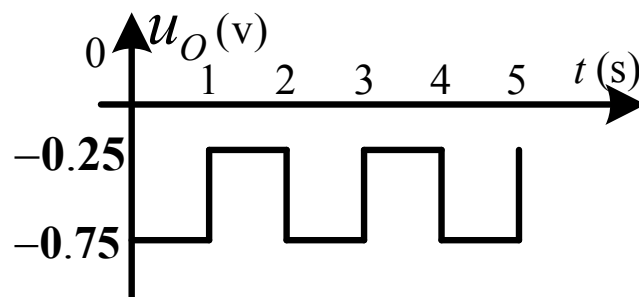
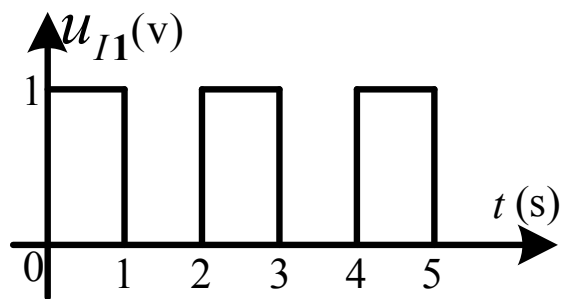
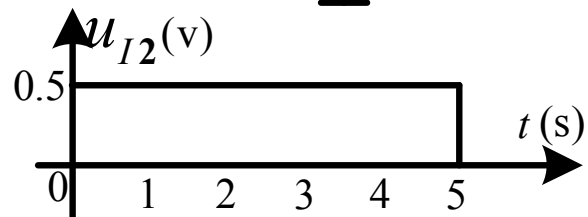
$$u_O = -u_{O1} = 5u_{I1} + 10u_{I2}$$

7-23 含理想运算放大器电路如图所示，已知 $R_1=10\text{k}\Omega$ ， $R_2=10\text{k}\Omega$ ， $R_f=5\text{k}\Omega$ ，写出输出电压 $u_O$ 与输入电压 $u_{I1}$ 和 $u_{I2}$ 的关系式。当输入电压 $u_{I1}$ 和 $u_{I2}$ 的波形分别如题图 (b)所示，试在图中画出输出电压 $u_O$ - $t$ 的波形。

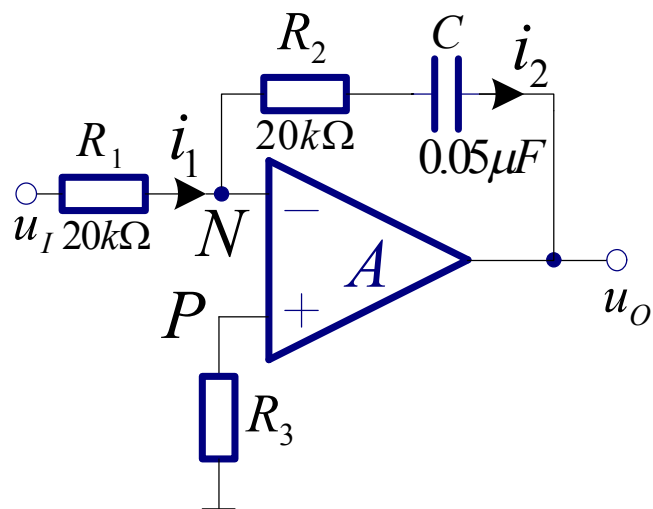


$$\frac{u_{I1}}{10} + \frac{u_{I2}}{10} = \frac{-u_O}{5}$$

$$u_{O1} = -\frac{5u_{I1}}{10} - \frac{5u_{I2}}{10} = -0.5(u_{I1} + u_{I2})$$



7-32 试分别求解题图7-26所示各电路的运算关系。



(a) 解：由虚短和虚断，有：

$$i_N = i_P = 0; \quad u_N = u_P = 0;$$

$$R_1 \text{ 中的电流为: } i_1 = \frac{u_I}{R_1} = i_2$$

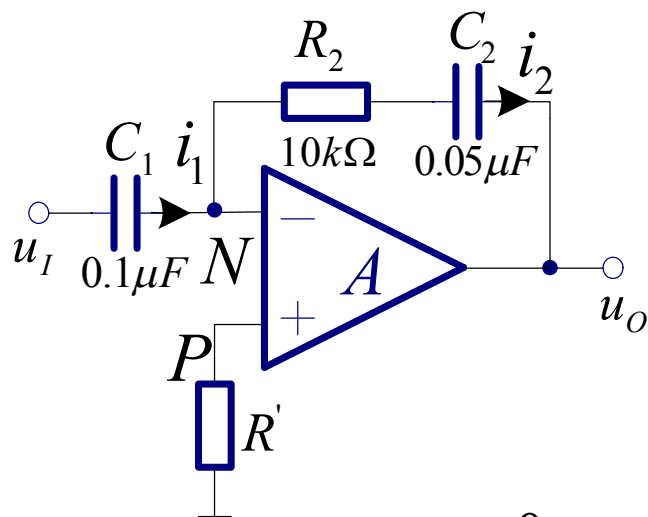
$$R_2 \text{ 和 } C \text{ 的支路: } 0 - u_O = R_2 i_2 + \frac{1}{C} \int i_2 dt$$

$$0 - u_O = R_2 \frac{u_I}{R_1} + \frac{1}{C} \int \frac{u_I}{R_1} dt$$

$$u_O = -R_2 \frac{u_I}{R_1} - \frac{1}{C} \int \frac{u_I}{R_1} dt = -\frac{20u_I}{20} - \frac{1}{0.05 \times 10^{-6}} \int \frac{u_I}{20 \times 10^3} dt$$

$$u_O = -u_I - 10^3 \int u_I dt$$

7-32 试分别求解题图7-26所示各电路的运算关系。



(b) 解：由虚短和虚断，有：

$$i_N = i_P = 0; \quad u_N = u_P = 0;$$

$$\text{R}_1 \text{支路为: } i_1 = C_1 \frac{du_I}{dt} = i_2$$

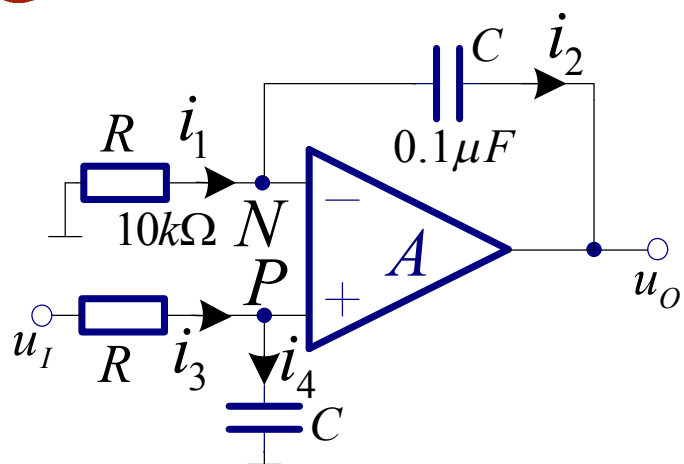
$$\text{R}_2 \text{和C的支路: } 0 - u_O = R_2 i_2 + \frac{1}{C_2} \int i_2 dt$$

$$0 - u_O = R_2 C_1 \frac{du_I}{dt} + \frac{1}{C_2} \int C_1 \frac{du_I}{dt} dt$$

$$u_O = -10 \times 10^3 \times 0.1 \times 10^{-6} \frac{du_I}{dt} - \frac{1}{0.05 \times 10^{-6}} \int 0.1 \times 10^{-6} \frac{du_I}{dt} dt$$

$$u_O = -10^{-3} \frac{du_I}{dt} - 2u_I$$

7-32 试分别求解题图7-26所示各电路的运算关系。



(c)解：由虚短和虚断，有：

$$i_N = i_p = 0; \quad u_N = u_p;$$

N节点电流方程：

$$i_1 = \frac{0 - u_N}{R} = C \frac{d(u_N - u_O)}{dt} = i_2$$

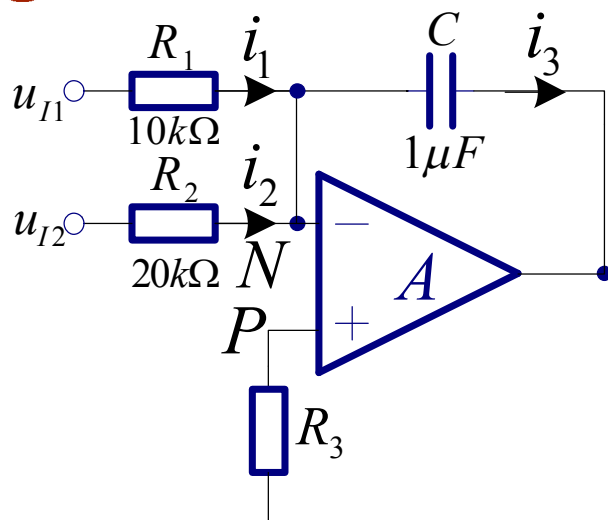
$$C \frac{du_O}{dt} = C \frac{du_N}{dt} + \frac{u_N}{R}$$

P节点电流方程：

$$i_3 = \frac{u_I - u_P}{R} = C \frac{du_P}{dt} = i_4 \quad \frac{u_I}{R} = C \frac{du_P}{dt} + \frac{u_P}{R}$$

$$\begin{aligned} \therefore C \frac{du_O}{dt} &= \frac{u_I}{R} \Rightarrow u_O = \frac{1}{RC} \int u_I dt = \frac{1}{10 \times 10^3 \times 0.1 \times 10^{-6}} \int u_I dt \\ &\Rightarrow u_O = 10^3 \int u_I dt \end{aligned}$$

7-32 试分别求解题图7-26所示各电路的运算关系。



(a) 解：由虚短和虚断，有：

$$i_N = i_p = 0; \quad u_N = u_p = 0;$$

N节点电流方程：

$$i_1 + i_2 = \frac{u_{I1}}{R_1} + \frac{u_{I2}}{R_2} = C \frac{d(0 - u_O)}{dt}$$

$$u_O = -\frac{1}{C} \int \left( \frac{u_{I1}}{R_1} + \frac{u_{I2}}{R_2} \right) dt$$

$$u_O = -\frac{1}{10^{-6}} \int \left( \frac{u_{I1}}{10 \times 10^3} + \frac{u_{I2}}{20 \times 10^3} \right) dt = -\int (100u_{I1} + 50u_{I2}) dt$$

$$u_O = -\int (100u_{I1} + 50u_{I2}) dt$$



## 8-1 选择合适的答案。

(1)对于放大电路，所谓开环是指\_\_\_\_\_；

- A. 无信号源
- B. 无反馈通路**
- C. 无电源
- D. 无负载

而所谓闭环是指\_\_\_\_\_。

- A. 考虑信号源内阻
- B. 存在反馈通路**
- C. 接入电源
- D. 接入负载

(2)在输入量不变的情况下，若引入反馈后\_\_\_\_\_，  
则说明引入的反馈是负反馈。

- A. 输入电阻增大
- B. 输出量增大
- C. 净输入量增大
- D. 净输入量减小**

## 8-1 选择合适的答案。

(3) 直流负反馈是指\_\_\_\_\_。

- A. 直接耦合放大电路中所引入的负反馈
- B. 只有放大直流信号时才有的负反馈
- C. 在直流通路中的负反馈

(4) 交流负反馈是指\_\_\_\_\_。

- A. 阻容耦合放大电路中所引入的负反馈
- B. 只有放大交流信号时才有的负反馈
- C. 在交流通路中的负反馈

## 8-1 选择合适的答案。

(5)为了实现下列目的，应引入

A. 直流负反馈

B. 交流负反馈

①为了稳定静态工作点，应引入直流负反馈；

②为了稳定放大倍数，应引入交流负反馈；

③为了改变输入电阻和输出电阻，应引入交流负反馈；

④为了抑制温漂，应引入直流负反馈；

⑤为了展宽频带，应引入交流负反馈。

(6)为了实现下列目的，应引入

A. 电压

B. 电流

C. 串联

D. 并联

①为了稳定放大电路的输出电压，应引入电压负反馈；

②为了稳定放大电路的输出电流，应引入电流负反馈；

③为了增大放大电路的输入电阻，应引入串联负反馈；

④为了减小放大电路的输入电阻，应引入并联负反馈；

⑤为了增大放大电路的输出电阻，应引入电流负反馈；

⑥为了减小放大电路的输出电阻，应引入电压负反馈。

## 8-2 填写合适答案。

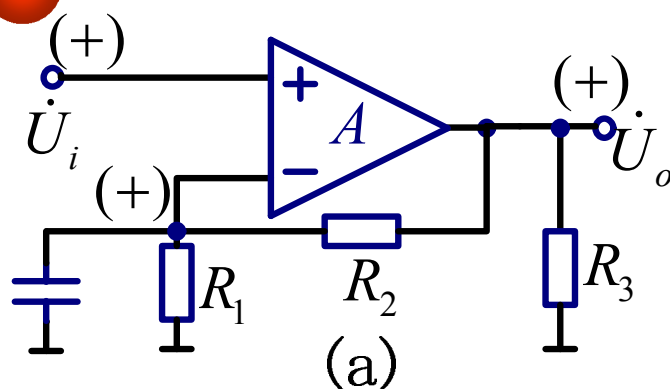
(1) 在某放大电路中加上串联电压负反馈以后，对其工作性能的影响为：降低放大器的放大倍数、放大倍数稳定、非线性失真减小、通频带展宽、输入电阻增大、输出电阻减小。

(2) 负反馈使放大电路的放大倍数下降，但提高了放大倍数的稳定性，串联负反馈使输入电阻提高，电压负反馈使输出电阻降低。

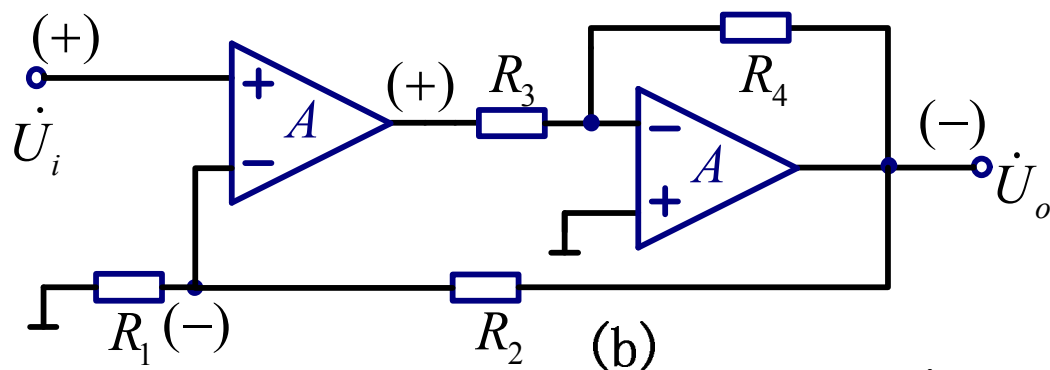
(3) 在引入深度负反馈条件下，运算放大器的闭环电压放大倍数仅与反馈网络（或反馈系数）有关，而与运放组件本身参数（或开环放大倍数）无关。

(4) 在放大器输出端获取反馈信号的方式可分为电压和电流，从反馈电路与放大电路在输入端的连接方式来分可分为串联和并联。

### 8-3 判断题图8-1所示各电路中是否引入了反馈，如引入，是正反馈还是负反馈。



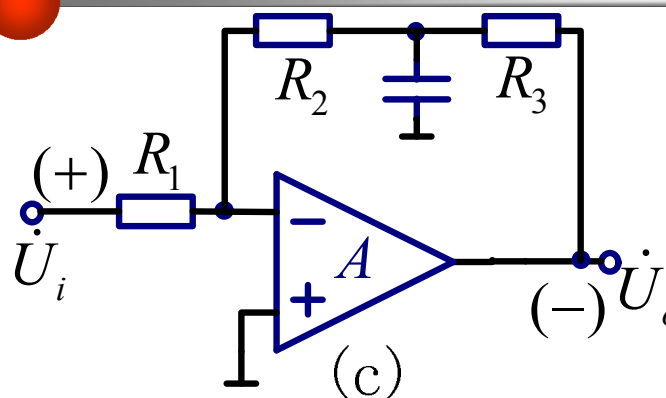
(a) 在交流通路下，运放的反相输入端接地，所以无反馈。在直流通路下，外加输入(即运放的同相输入端)正向增加，运放输出端正向增加。输出端与 $R_1$ 、 $R_2$ 的反馈支路，使运放的反相输入端( $R_1$ 的端电压)正向增加，减少净输入量( $\dot{U}_i - \dot{U}_{R_1}$ )，所以是直流负反馈。



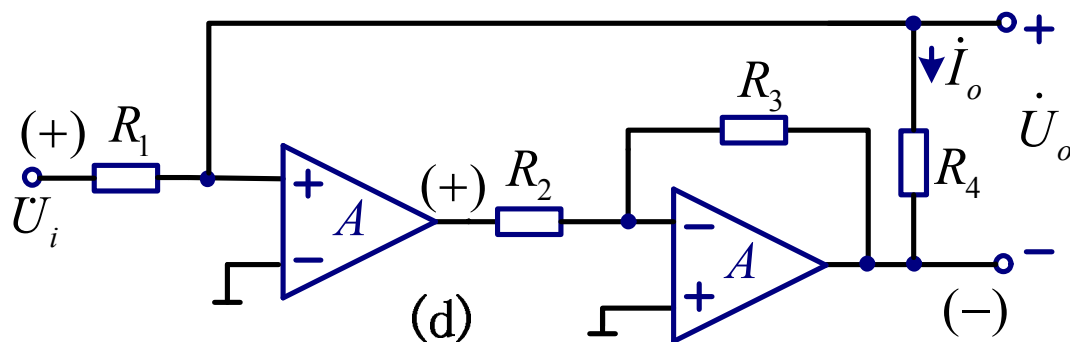
(b) 外加输入(即运放1的同相输入端)正向增加，运放1输出端正向增加，运放2的反向输入端正向增大，运放2输出端反向增大。

运放2输出端与 $R_1$ 、 $R_2$ 的反馈支路， $\dot{U}_{R_1}$ 反向增大，运放1的净输入量增大。所以是正反馈（交流和直流共存）。

### 8-3 判断题图8-1所示各电路中是否引入了反馈，如引入，是正反馈还是负反馈。



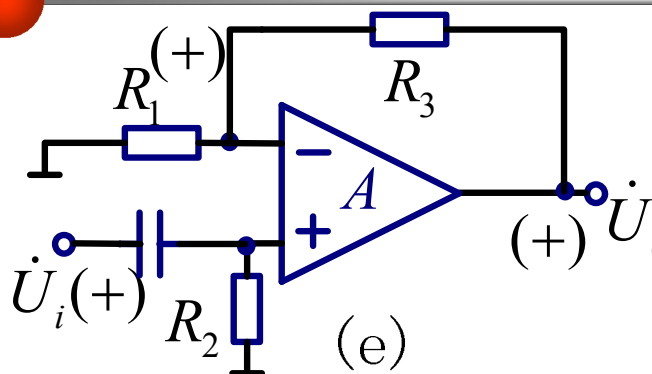
(c) 在交流通路下， $R_2$ 接地，所以无反馈。在直流通路下，外加输入(即运放的反相输入端)正向增加，运放输出端反向增加。输出端与 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 的反馈支路端电压增加，电流增加， $R_1$ 分压增加，使运放的反相输入端( $\dot{U}_i - \dot{U}_{R_1}$ )减小，减少净输入量，所以是直流负反馈。



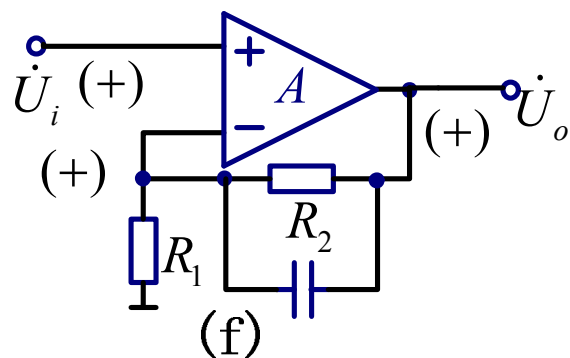
(d) 外加输入(即运放1的同相输入端)正向增加，运放1输出端正向增加，运放2的反向输入端正向增大，运放2输出端反向增大。

运放2输出端与 $R_1$ 、 $R_4$ 的反馈支路端电压增加，电流增加， $R_1$ 分压增加，使运放的反相输入端( $\dot{U}_i - \dot{U}_{R_1}$ )减小，减少净输入量，所以是负反馈(交流和直流共存)。

### 8-3 判断题图8-1所示各电路中是否引入了反馈，如引入，是正反馈还是负反馈。

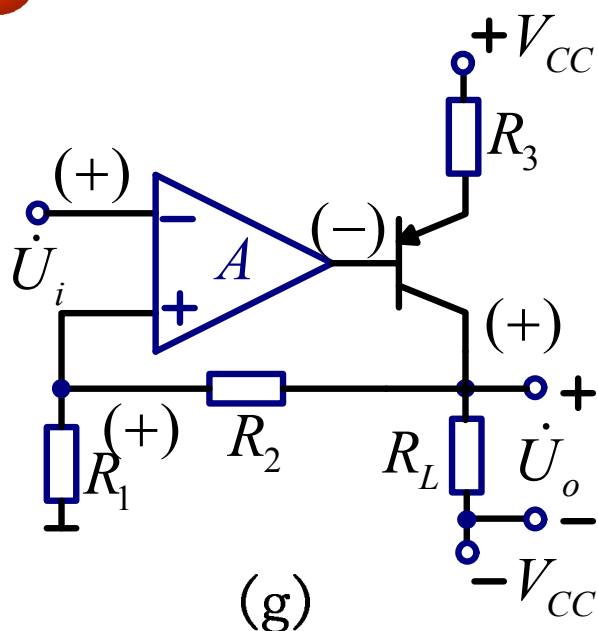


(e) 在**交流通路**下，外加输入(即运放的同相输入端)正向增加，运放输出端正向增加。输出端与 $R_1$ 、 $R_3$ 的反馈支路，运放的反向输入端正向增大，使净输入量减小，所以是**交流负反馈**。



(f) 外加输入(即运放的同相输入端)正向增加，运放输出端正向增加。在**直流通路**下，输出端与 $R_1$ 、 $R_2$ 的反馈支路，运放的反向输入端正向增大，使净输入量减小，所以是**直流负反馈**。在**交流通路**下，运放的反向输入端（即输出端）正向增大，使净输入量减小，所以是**交流负反馈**。

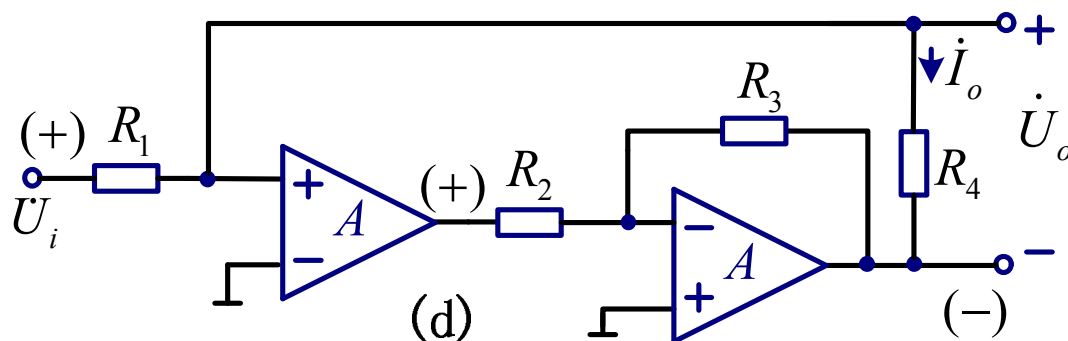
### 8-3 判断题图8-1所示各电路中是否引入了反馈，如引入，是正反馈还是负反馈。



(g) 外加输入(即运放的反相输入端)正向增加, 运放输出端反向增加, 反馈电路的输出端(三极管的集电极)是正向增加。反馈电路的输出端与 $R_1$ 、 $R_2$ 的反馈支路, 运放的同向输入端正向增大, 使净输入量减小, 所以是**负反馈**(**直流交流并存**)。



### 8-5 分别判断题图8-1(d)~(g)所示各电路中引入了哪种组态的交流负反馈。

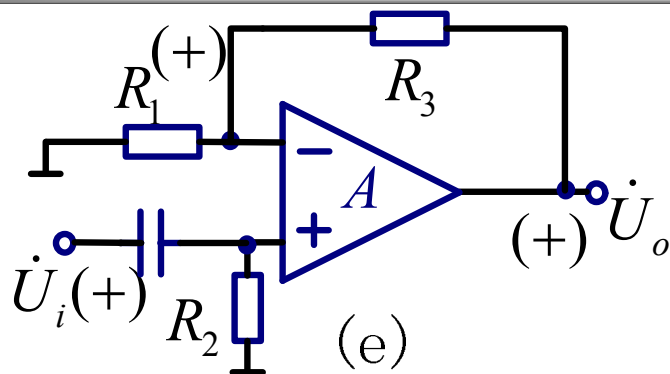


(d) 从输入端看：输入运放的同相输入端的电流（净输入电流）等于 $R_1$ 上的电流（输入电流）减去 $R_4$ 上的电流（反馈电流），净输入量是电流；或者从连接结构看，信号源、放大电路、反馈电路成并联关系，所以引入并联负反馈。

从输出端看：将放大电路的负载 $R_L$ 短路，反馈量依然存在，是电流负反馈。

所以该放大电路是电流并联负反馈。

### 8-5 分别判断题图8-1(d)~(g)所示各电路中引入了哪种组态的交流负反馈。

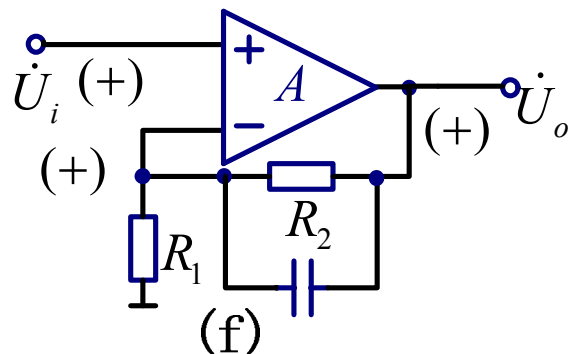


(e) 从输入端看：输入运放的同相与反相输入端的电位差（净输入电压）等于同相输入端的电位（输入电压）减去 $R_1$ 上的电压（反馈电压），净输入量是电压；或者从连接结构看，信号源、放大电路、反馈电路成串联关系，所以引入串联负反馈。

从输出端看：将放大电路的输出电压置零，反馈量消失，是电压负反馈。

所以该放大电路是电压串联负反馈。

## 8-5 分别判断题图8-1(d)~(g)所示各电路中引入了哪种组态的交流负反馈。

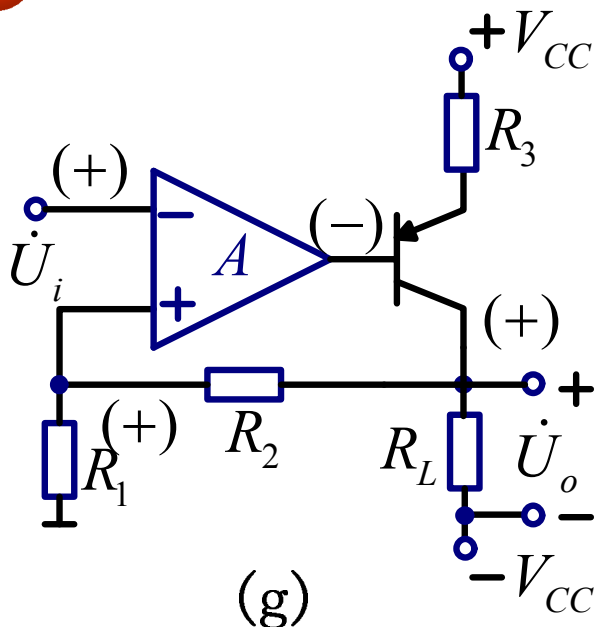


(f) 从输入端看：输入运放的同相与反相输入端的电位差（净输入电压）等于同相输入端的电位（输入电压）减去 $R_1$ 上的电压（反馈电压），净输入量是电压；或者从连接结构看，信号源、放大电路、反馈电路成串联关系，所以引入串联负反馈。

从输出端看：将放大电路的输出电压置零，反馈量消失，是电压负反馈。

所以该放大电路是电压串联负反馈。

## 8-5 分别判断题图8-1(d)~(g)所示各电路中引入了哪种组态的交流负反馈。

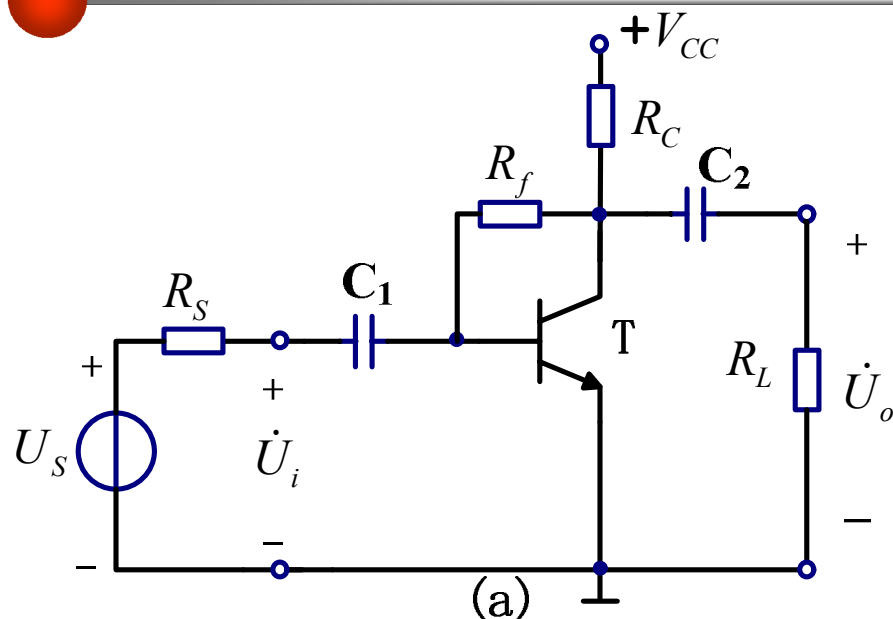


(g) 从输入端看：输入运放的反相与同相输入端的电位差（净输入电压）等于反相输入端的电位（输入电压）减去 $R_1$ 上的电压（反馈电压），净输入量是电压；或者从连接结构看，信号源、放大电路、反馈电路成串联关系，所以引入串联负反馈。

从输出端看：将放大电路的负载 $R_L$ 短路，负反馈量消失，是电压负反馈。或者将放大电路的负载 $R_L$ 开路，反馈量存在，是电压负反馈。

所以该放大电路是电压串联负反馈。

8-6 分别判断题图8-2(a)、(b)所示电路中分别引入了哪种组态的交流负反馈。

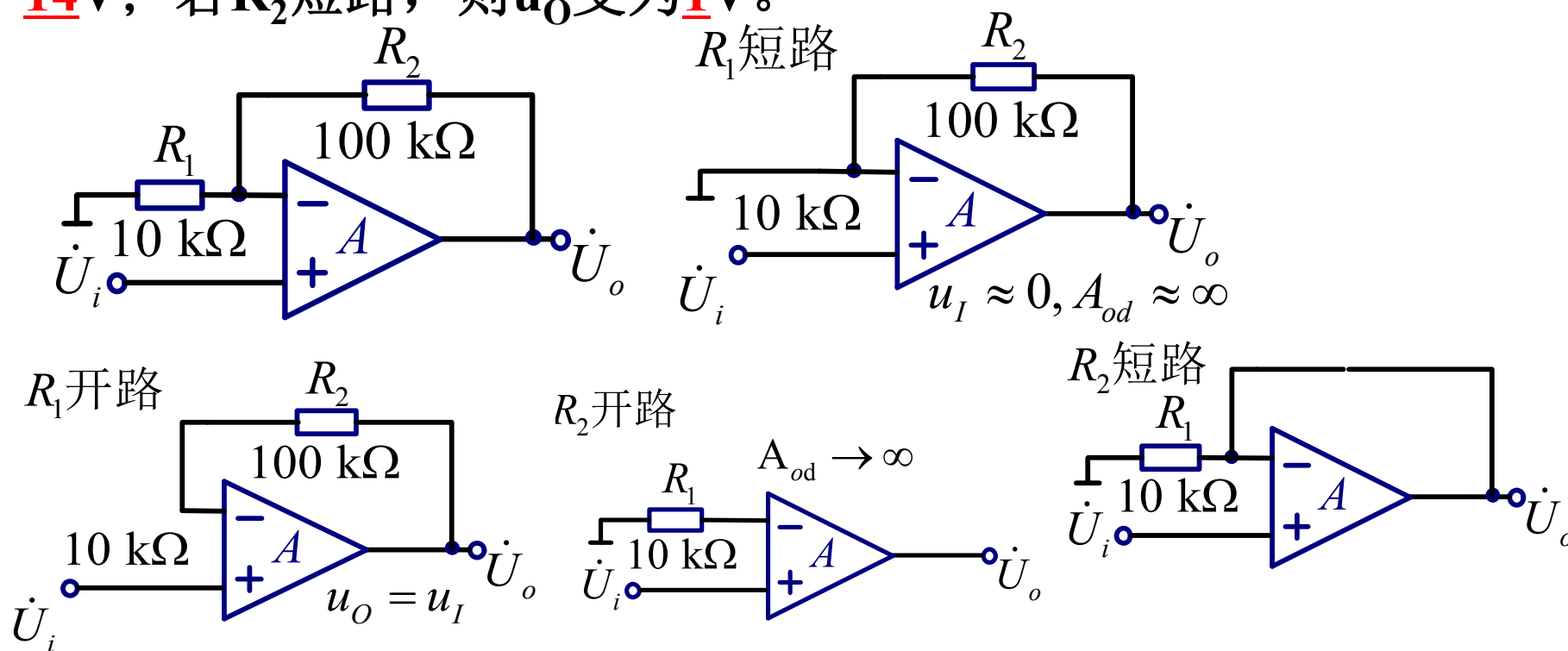


(a)从输入端看：基极电流（净输入电流）等于输入电流减去 $R_f$ 上的电流（反馈电流），净输入量是电流；或者从连接结构看，信号源、三极管、反馈电路成并联关系，所以引入并联负反馈。

从输出端看：将放大电路的负载 $R_L$ 短路，反馈量消失，是电压负反馈。

所以该放大电路是电压并联负反馈。

8-11 电路如题图8-5所示，已知集成运放为理想运放，最大输出电压幅值为 $\pm 14\text{V}$ 。填空：电路引入了电压串联负反馈 (填入反馈组态)交流负反馈，电路的输入电阻趋近于 $\infty$ ，电压放大倍数 $A_{uf} = \Delta u_o / \Delta u_i = 1 + R_2 / R_1$ 。设 $u_i = 1\text{V}$ ，则 $u_o = 11\text{V}$ ；若 $R_1$ 开路，则 $u_o$ 变为 $1\text{V}$ ；若 $R_1$ 短路，则 $u_o$ 变为 $14\text{V}$ ；若 $R_2$ 开路，则 $u_o$ 变为 $14\text{V}$ ；若 $R_2$ 短路，则 $u_o$ 变为 $1\text{V}$ 。



8-12 已知一个负反馈放大电路的 $A=10^5$ ， $F=2 \times 10^{-3}$ 。

(1)  $A_f=?$

(2) 若 $A$ 的相对变化率为20%，则 $A_f$ 的相对变化率为多少？

---

解：

(1)

$$A_f = \frac{A}{1+AF} = \frac{10^5}{1+10^5 \times 2 \times 10^{-3}} \approx 500$$

(2)

$$\frac{dA_f}{A_f} = \frac{1}{1+AF} \frac{dA}{A} = \frac{1}{1+10^5 \times 2 \times 10^{-3}} \times 0.2 \approx 0.1\%$$

8-13 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？

解：

$$A_{uf} = \frac{A_u}{1 + A_u F} = 20$$

$$\frac{dA_{uf}}{A_{uf}} = \frac{1}{1 + A_u F} \frac{dA_u}{A_u} = \frac{1}{1 + A_u F} \times 0.1 = 0.001$$

$$\frac{A_u}{0.1} = \frac{20}{0.001} \Rightarrow A_u = 2000$$

$$\frac{1}{1 + 2000F} \times 0.1 = 0.001 \Rightarrow F \approx \frac{1}{20}$$



8-14 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； 电压并联负反馈
- (2)实现电压—电流转换电路； 电流串联负反馈
- (3)实现输入电阻高、输出电压稳定的电压放大电路；  
电压串联负反馈
- (4)实现输入电阻低、输出电流稳定的电流放大电路。  
电流并联负反馈