5.2 负反馈放大电路的四种基本组态

2、电压反馈与电流反馈

电压反馈

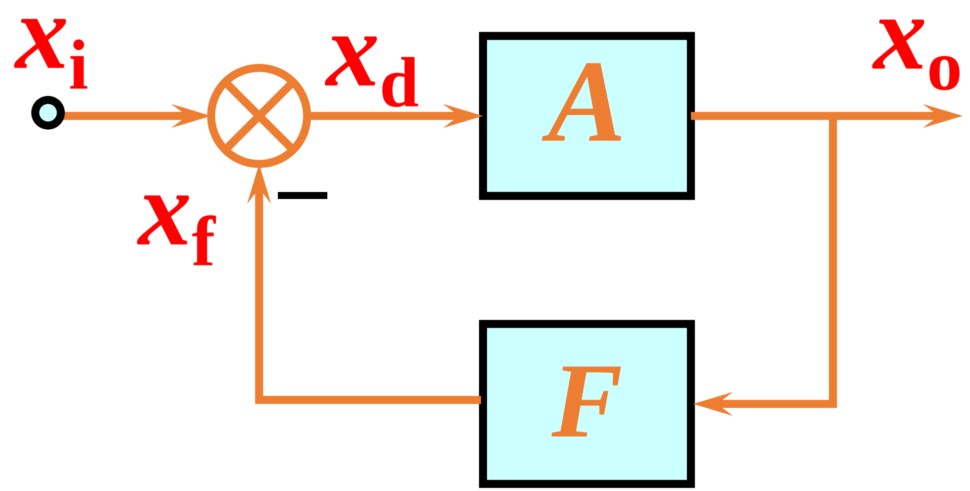
反馈量取自于输出电压

R_o减小

电流反馈

反馈量取自于输出电流

R_o增大



$x_f = F x_o$

$u_f = F u_o$　　$i_f = F u_o$

$i_f = F i_o$　　$u_f = F i_o$

5.2 负反馈放大电路的四种基本组态

北京航空航天大学 BEIHANG UNIVERSITY

电压反馈和电流反馈的判断方法：

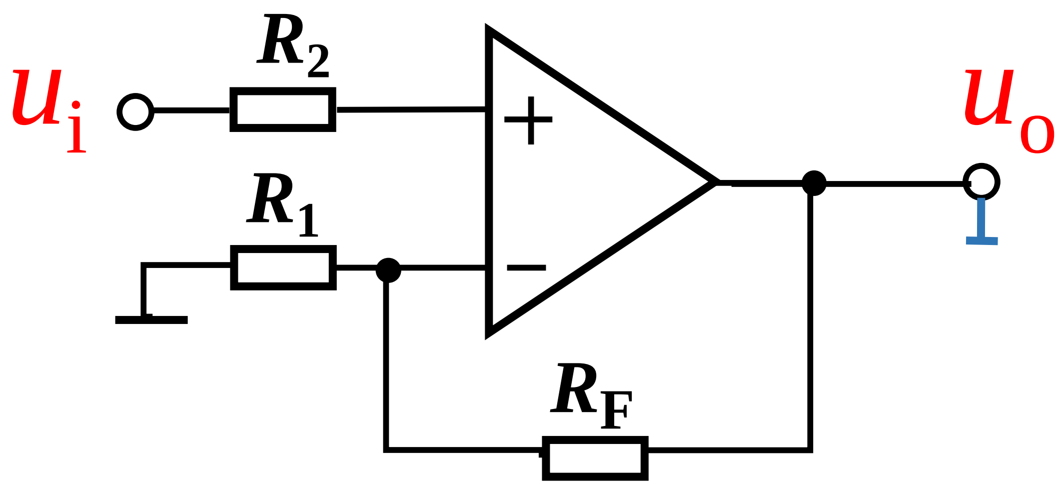
1、分析R_o的变化

2、令输出端接地，若反馈量随之消失，则为电压反馈；若反馈量依然存在，则为电流反馈。

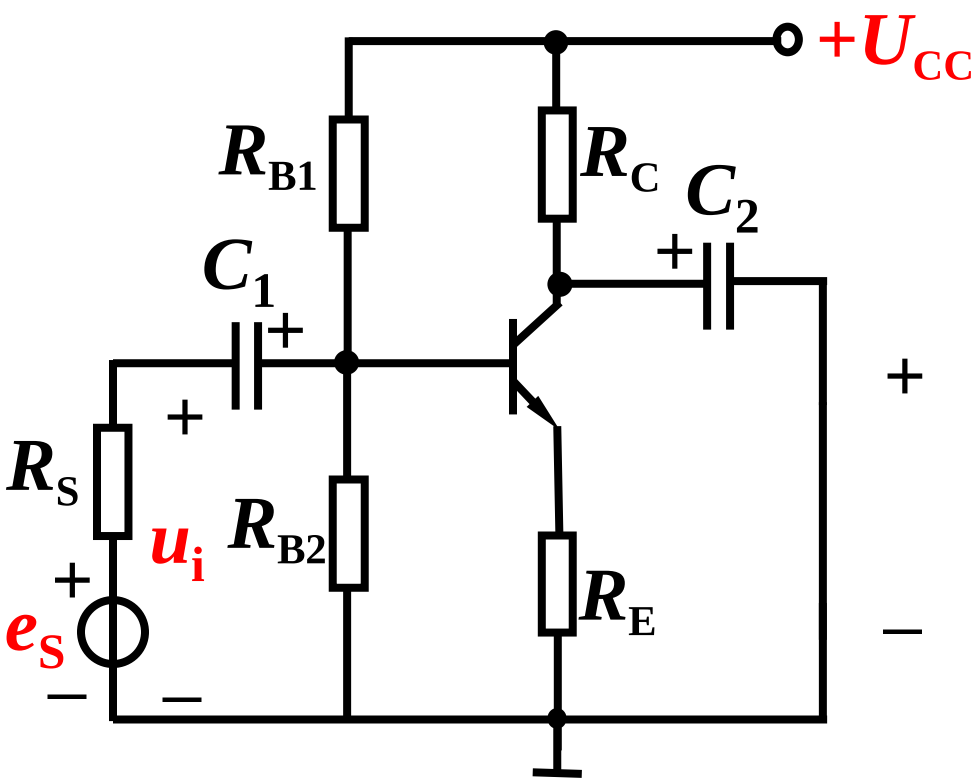
3、特殊情况：输出电压对地输出时，根据反馈支路与输出端的连接情况判定

5.2 负反馈放大电路的四种基本组态

例



电压反馈

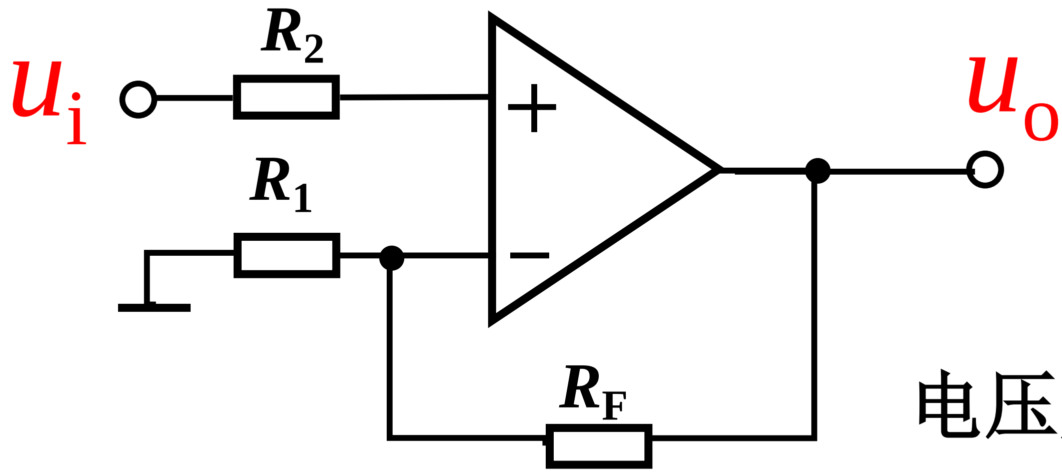


电流反馈

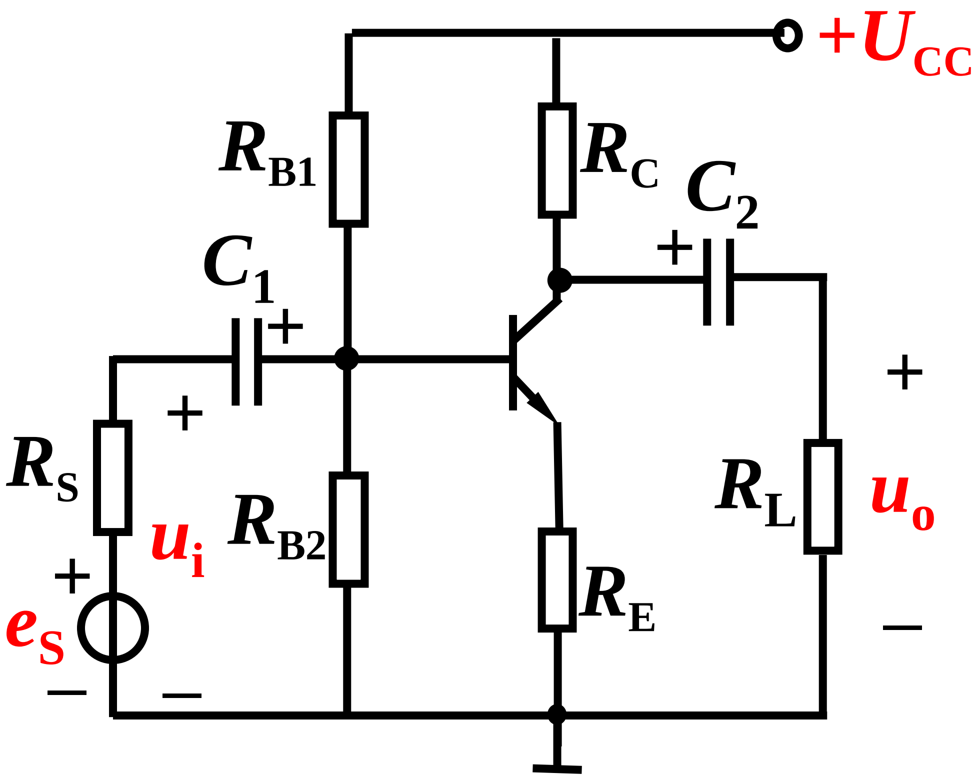
5.2 负反馈放大电路的四种基本组态

北京航空航天大学 BEIHANG UNIVERSITY

例



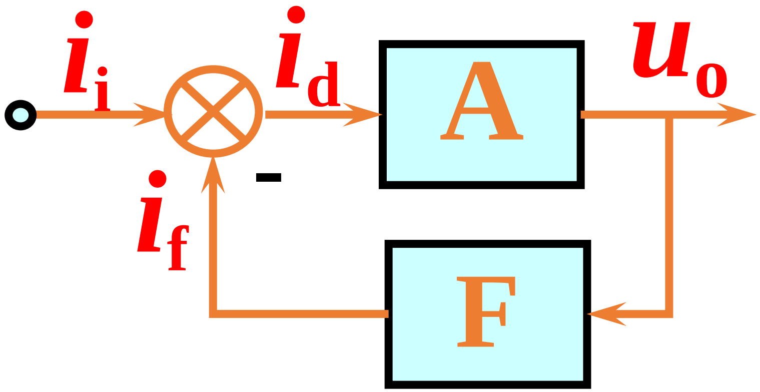
电压反馈



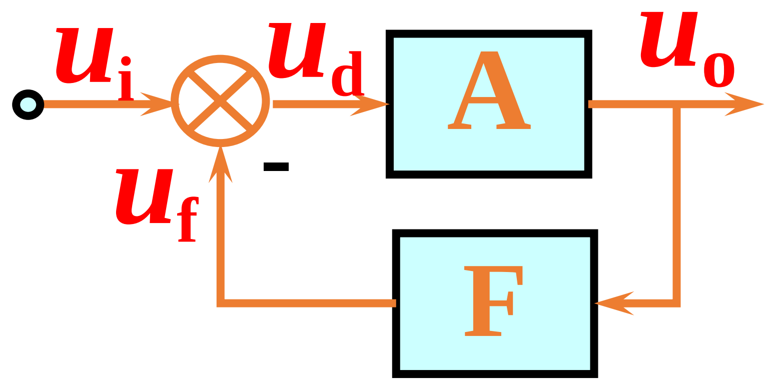
电流反馈

5.2 负反馈放大电路的四种基本组态

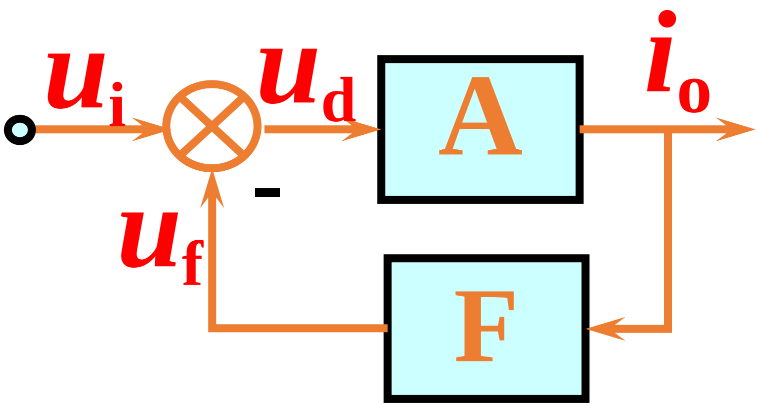
负反馈的分类



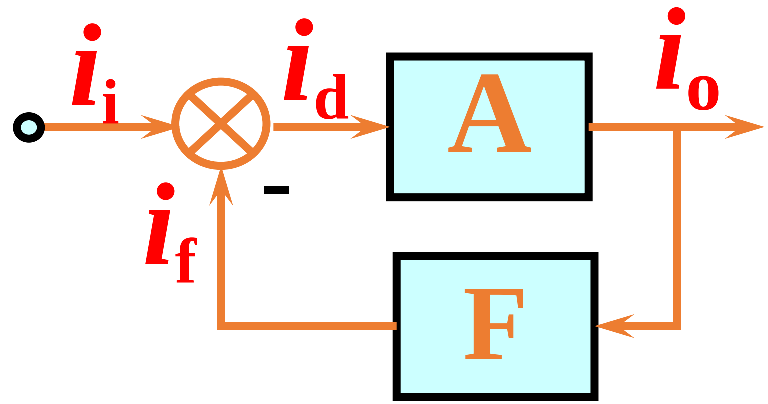
电压并联负反馈



电压串联负反馈



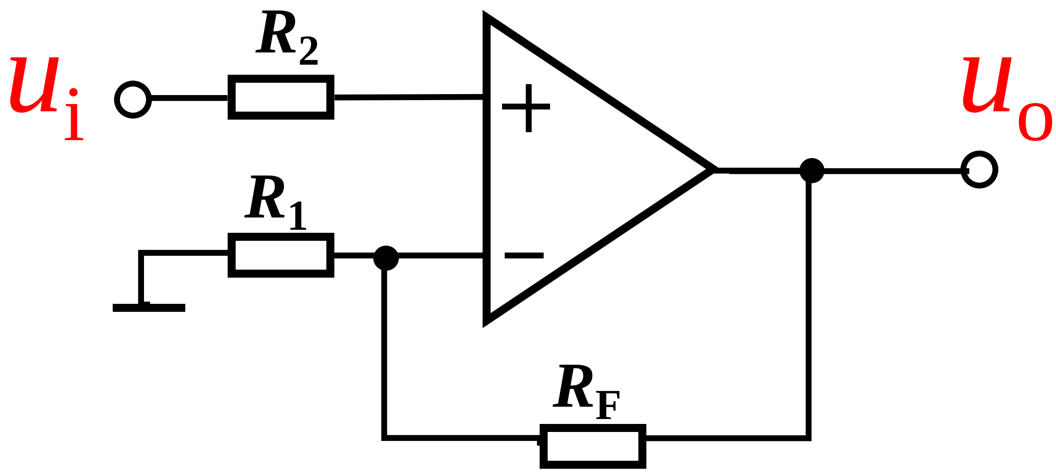
电流串联负反馈



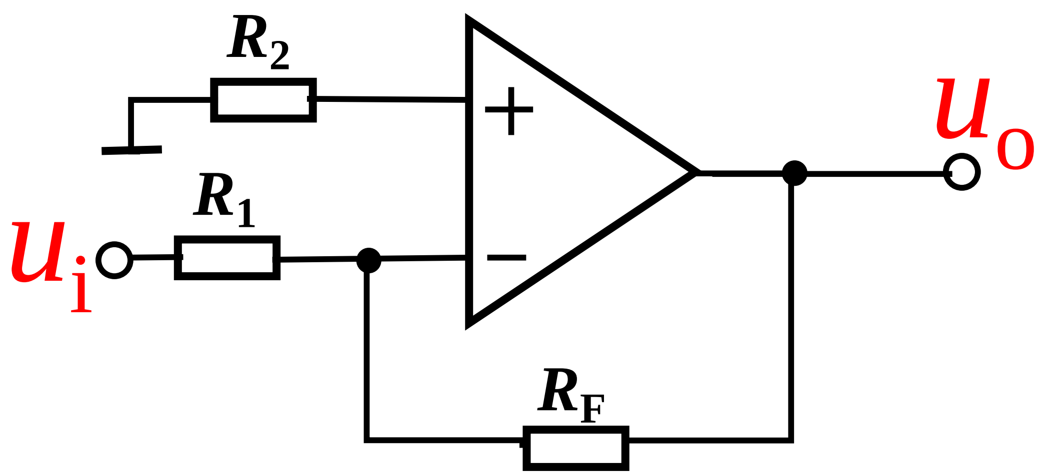
电流并联负反馈

5.2 负反馈放大电路的四种基本组态

例　判断负反馈组态



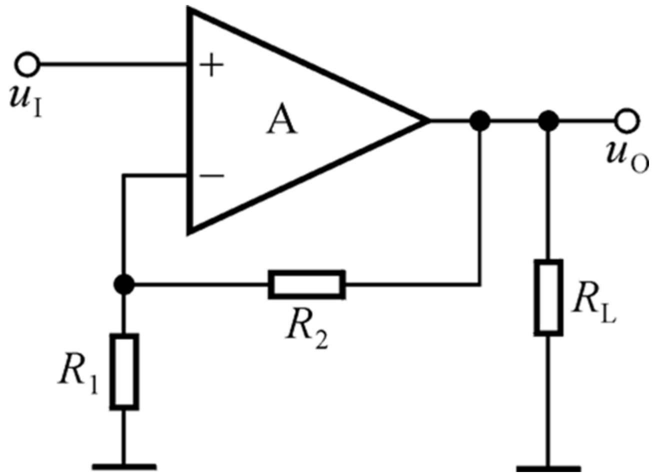
电压串联负反馈



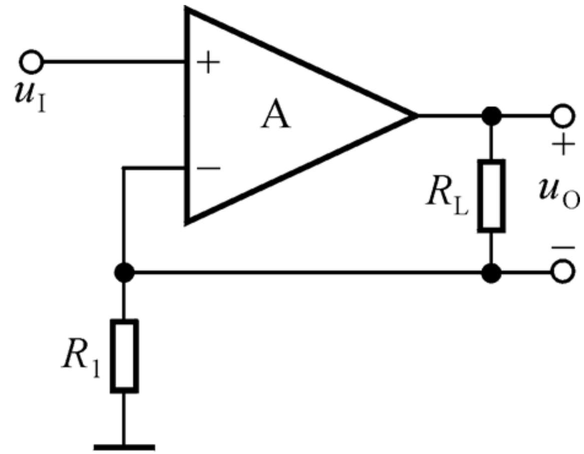
电压并联负反馈

5.2 负反馈放大电路的四种基本组态

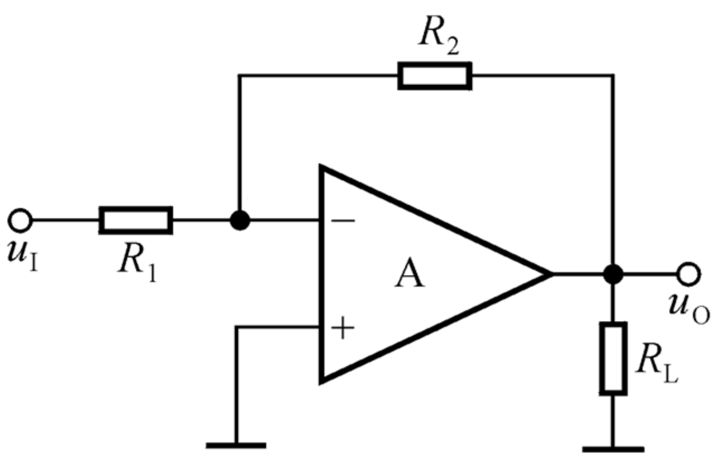
例： 判断负反馈组态



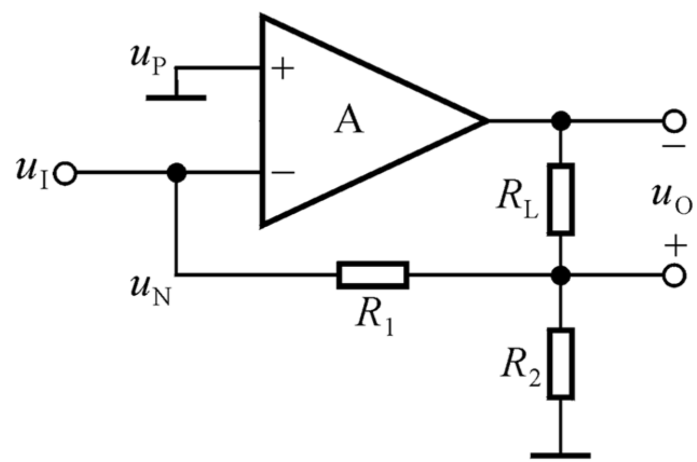
电压串联负反馈



电流串联负反馈



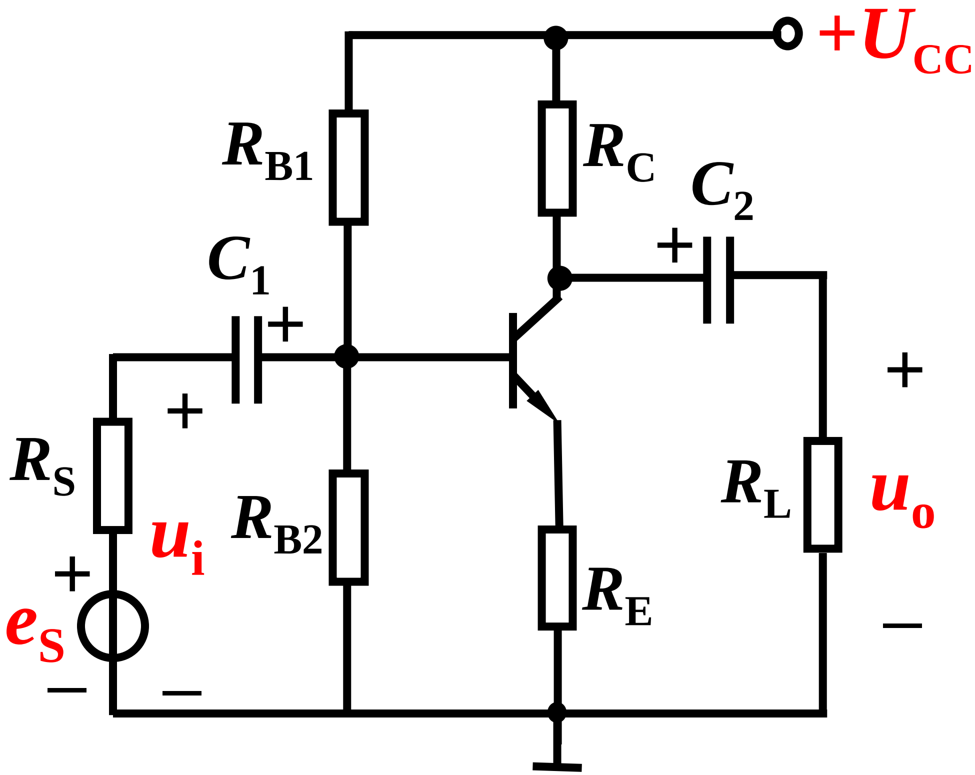
电压并联负反馈



电流并联负反馈

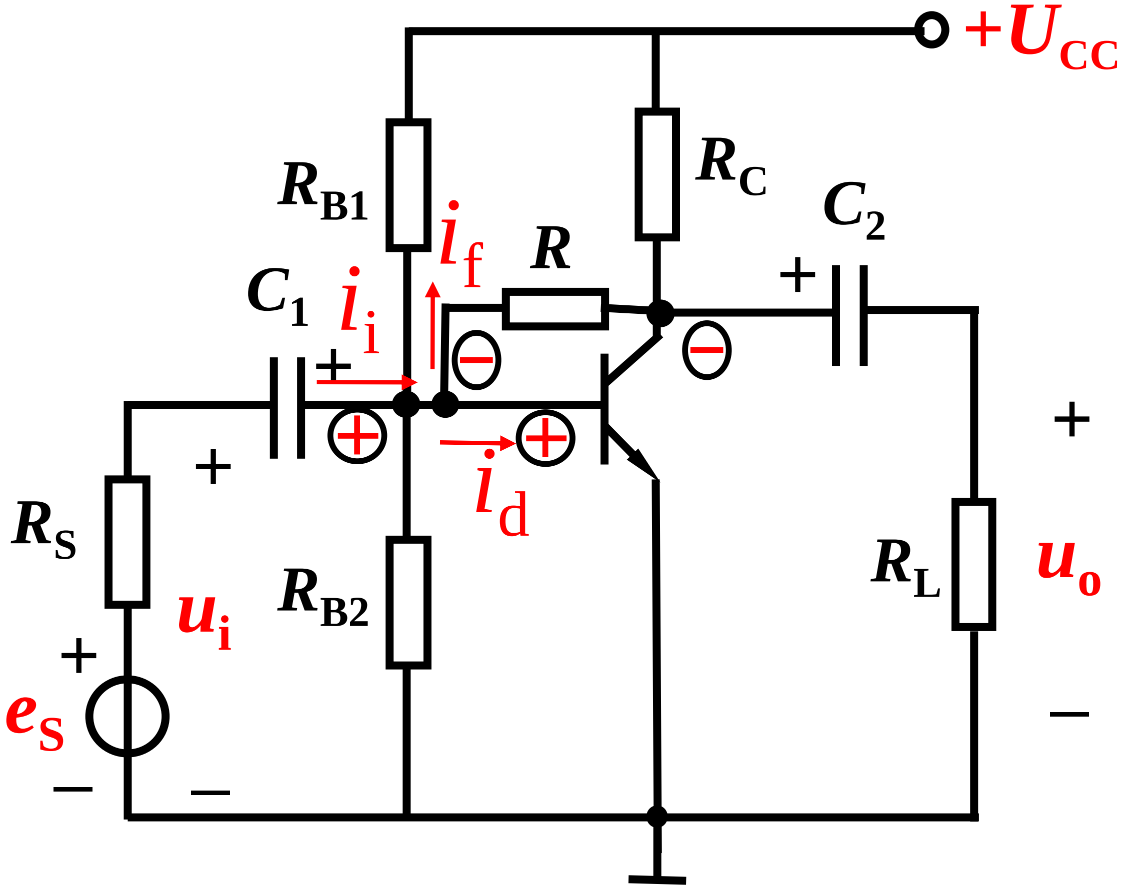
5.2 负反馈放大电路的四种基本组态

例



电流串联负反馈

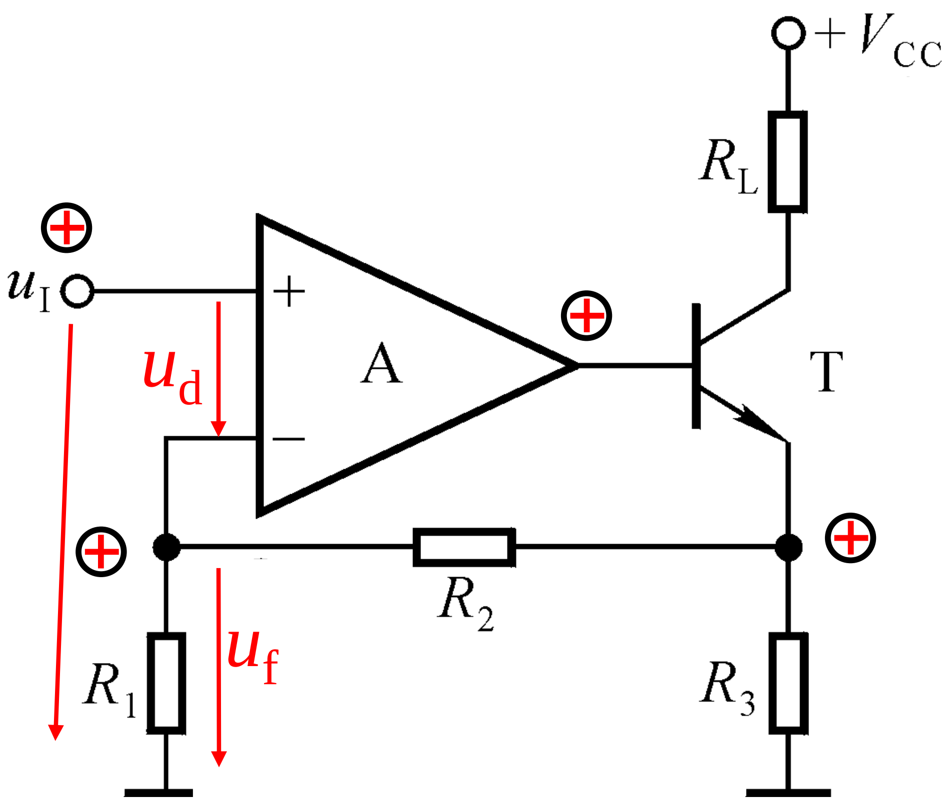
例



$$\dot{I}_d=\dot{I}_i-\dot{I}_f<\dot{I}_i$$

电压并联负反馈

例：判断电路图是否引入了反馈，是直流反馈还是交流反馈，是正反馈还是负反馈，并判断负反馈组态



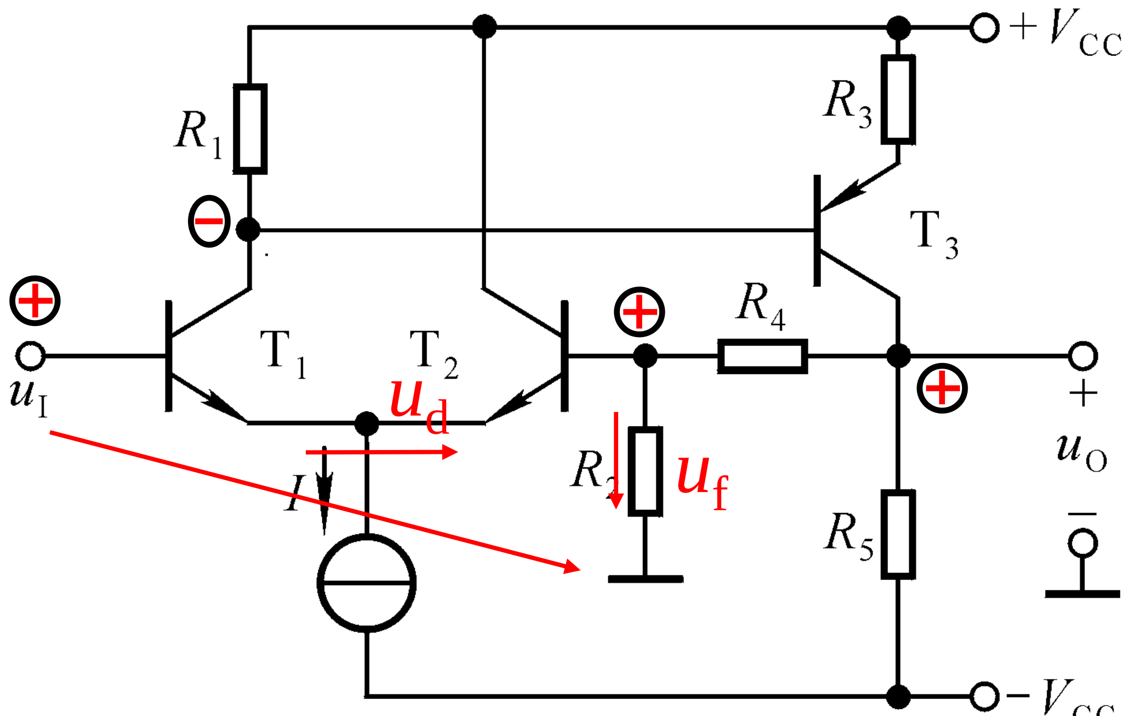
既引入直流反馈
又引入交流反馈

$$u_d = u_i - u_f < u_i$$

电流串联负反馈

5.2 负反馈放大电路的四种基本组态

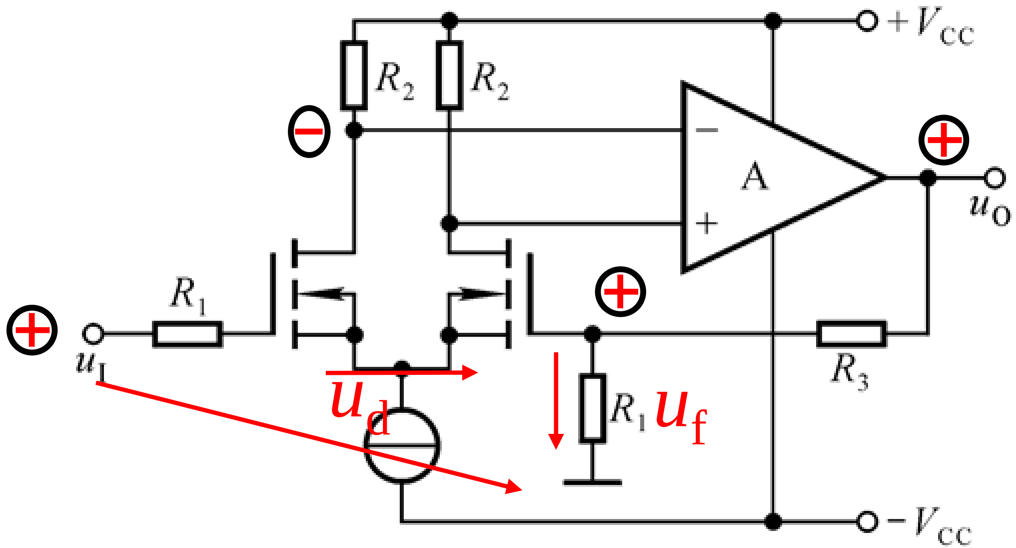
例：判断电路图是否引入了反馈，是正反馈还是负反馈，并判断负反馈组态



电压串联负反馈

5.2 负反馈放大电路的四种基本组态

例：判断电路图是否引入了反馈，是正反馈还是负反馈，并判断负反馈组态



$$u_d=u_i-u_f<u_i$$

电压串联负反馈

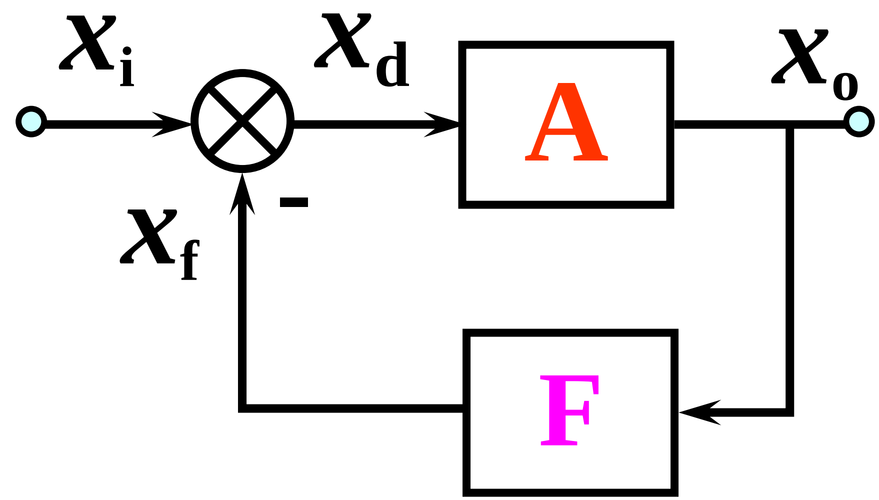
作业

5.5（c）（e）（f）

5.7（e）（f）

5.5 负反馈对放大电路性能的影响

1. 降低电压放大倍数



负反馈 $X_d = X_i - X_f$

X_d下降　　X_o下降

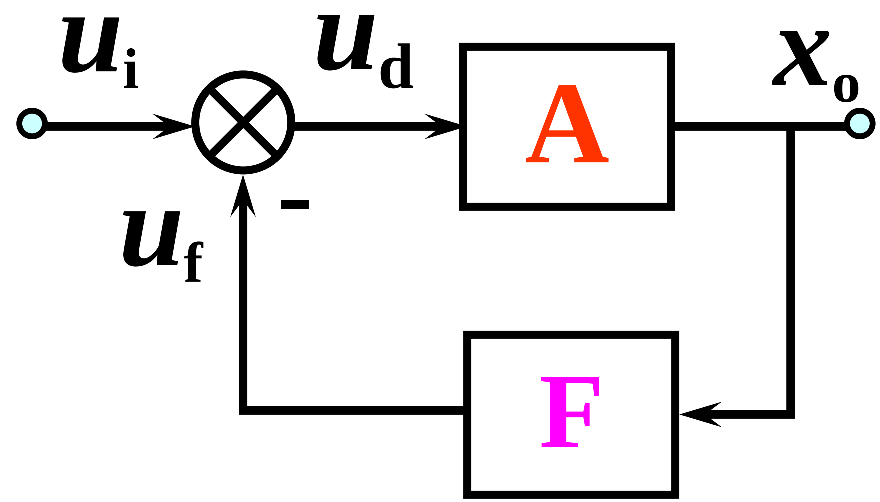
X_i不变

$A_f = \dfrac{X_o}{X_i}$　下降　　$A_f = \dfrac{A}{1+AF}$

2. 改变输入电阻

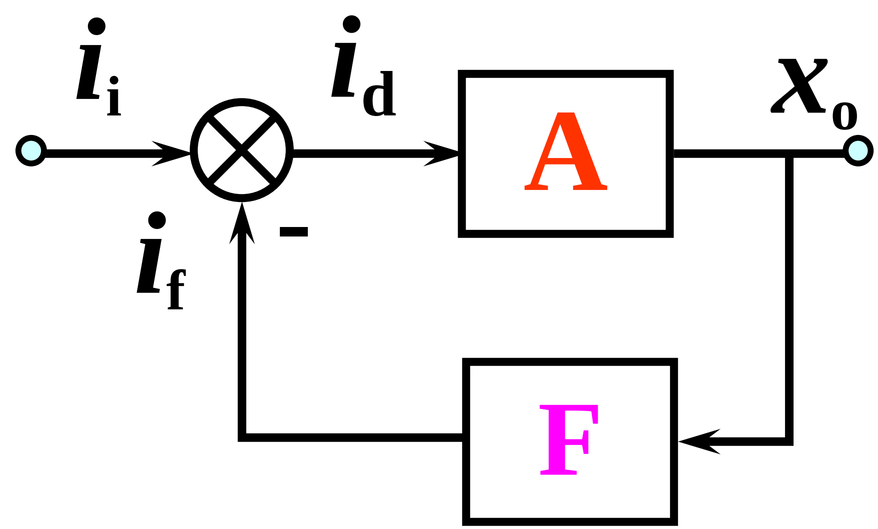
串联负反馈增大输入电阻

$$R_{if} = (1 + AF) R_i$$

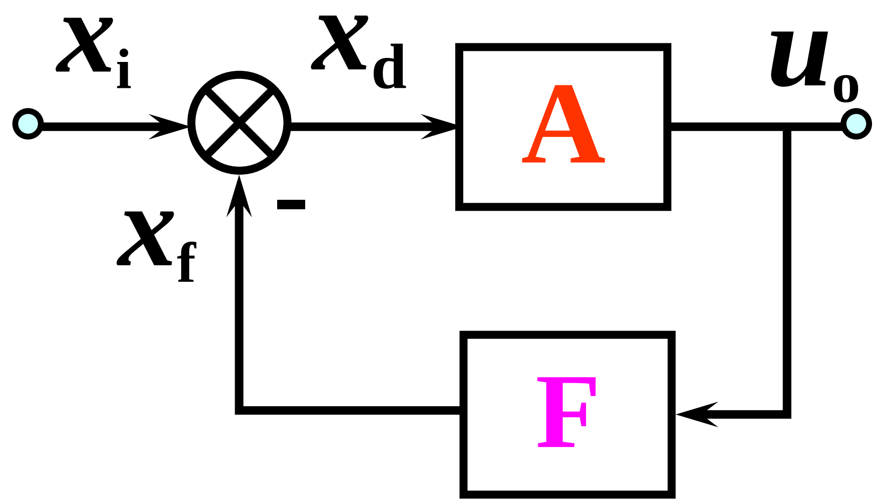


并联负反馈降低输入电阻

$$R_{if} = \frac{R_i}{1 + AF}$$



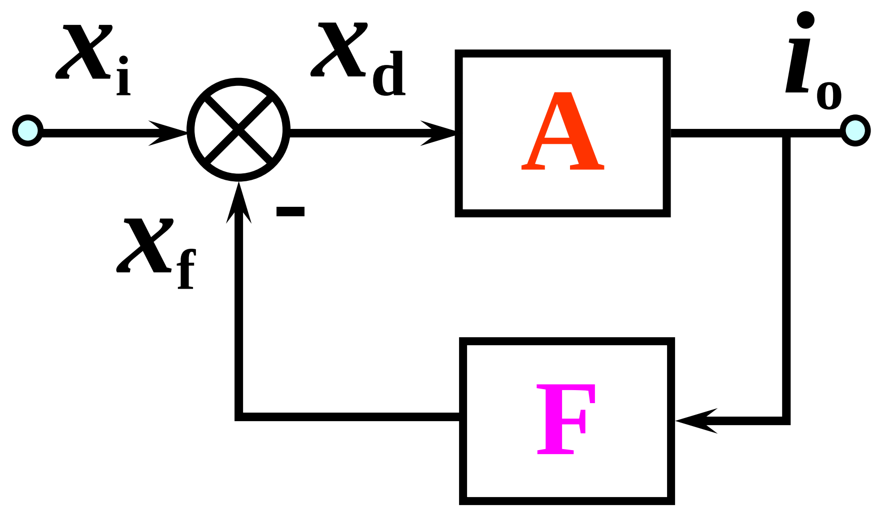
3. 改变输出电阻



电压负反馈降低输出电阻

$R_{of} < R_o$

电压负反馈稳定输出电压，使输出具有恒压特性



电流负反馈提高输出电阻

$R_{of} > R_o$

电流负反馈稳定输出电流，使输出具有恒流特性

北京航空航天大学 BEIHANG UNIVERSITY

4. 提高放大倍数的稳定性

$$A_{\mathrm{f}} = \frac{A}{1+AF}$$

$$\mathrm{d}A_{\mathrm{f}} = \frac{(1+AF)\mathrm{d}A - AF\mathrm{d}A}{(1+AF)^2} = \frac{\mathrm{d}A}{(1+AF)^2}$$

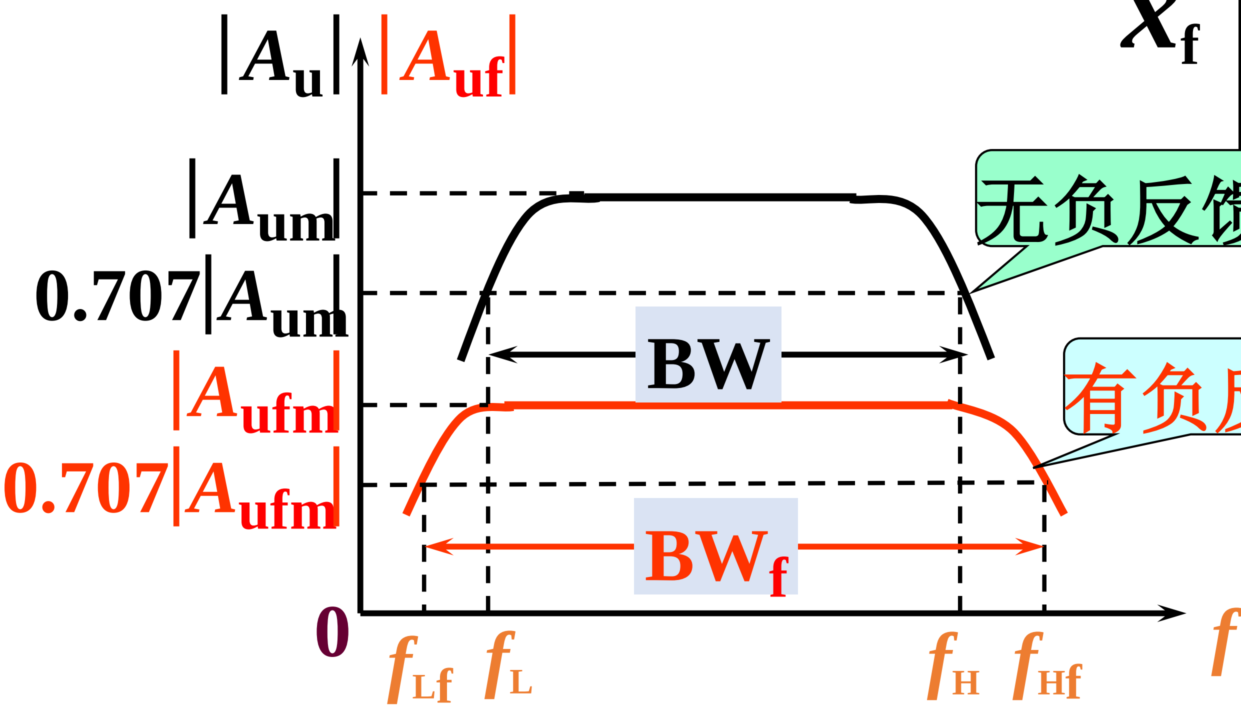
$$\frac{\mathrm{d}A_{\mathrm{f}}}{A_{\mathrm{f}}} = \frac{1}{1+AF} \bullet \frac{\mathrm{d}A}{A}$$

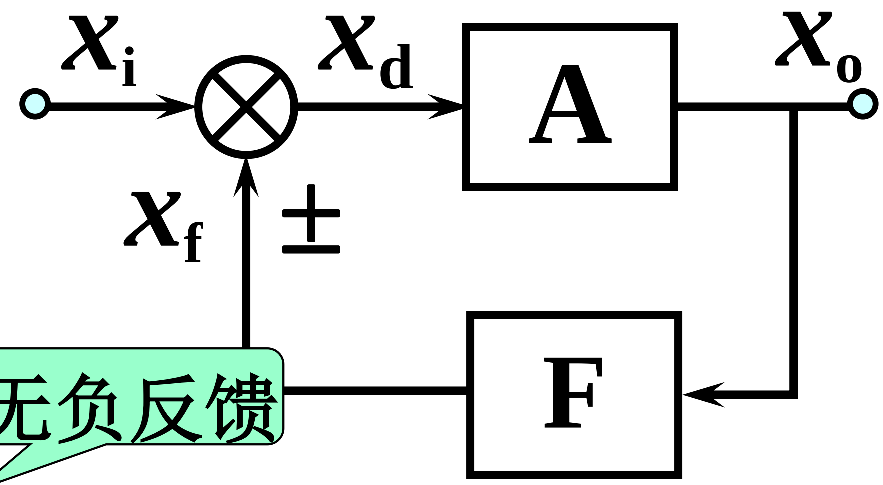
放大倍数减小到原放大电路的 $\frac{1}{1+AF}$

放大倍数稳定性是原电路的 $1+AF$倍。

5. 扩展放大器的通频带

$$BW_f \approx (1+AF)BW$$



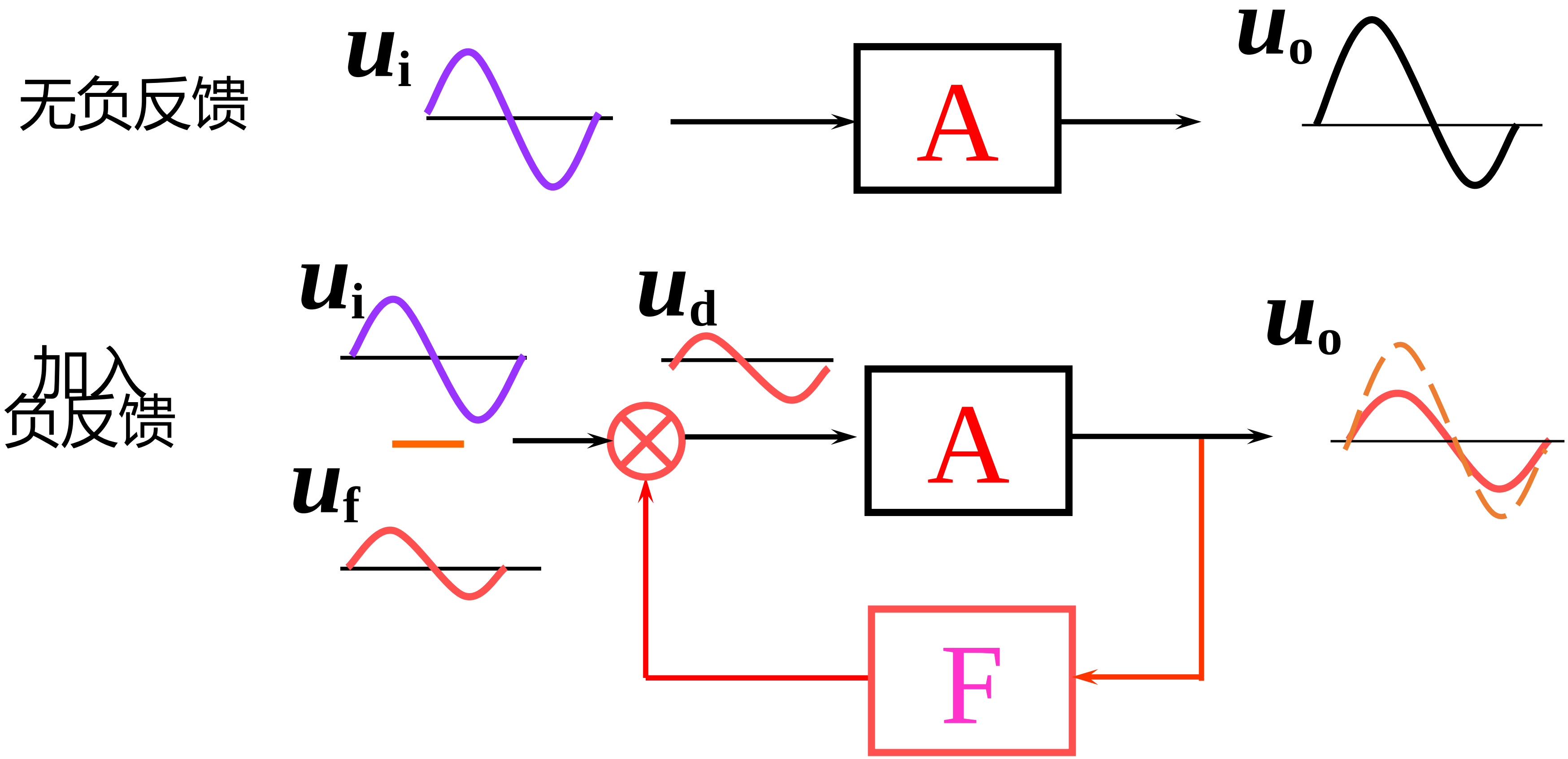


引入负反馈使工作频带扩展到原电路的(1+*AF*)倍。

5.5 负反馈对放大电路性能的影响

北京航空航天大学 BEIHANG UNIVERSITY

6. 改善非线性失真

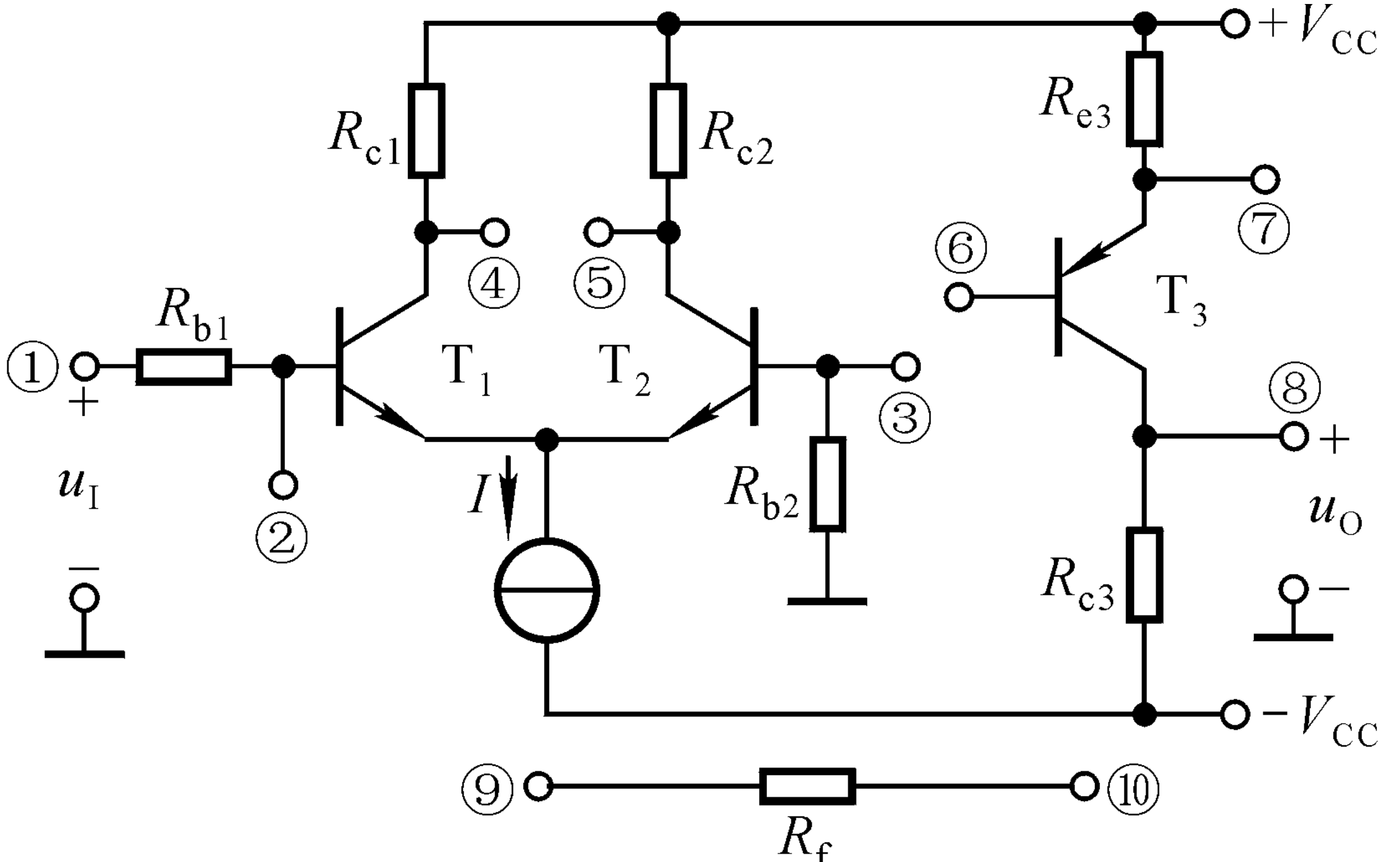


负反馈改善了波形失真

放大电路引入负反馈的一般原则

- 直流/交流反馈：稳定Q点应引入直流负反馈，改善动态性能应引入交流负反馈；
- 串联/并联反馈：根据信号源特点，增大输入电阻应引入串联负反馈，减小输入电阻应引入并联负反馈；
- 电流/电压反馈：根据负载需要，需输出稳定电压应引入电压负反馈，需输出稳定电流应引入电流负反馈；
- 根据信号变换的需要

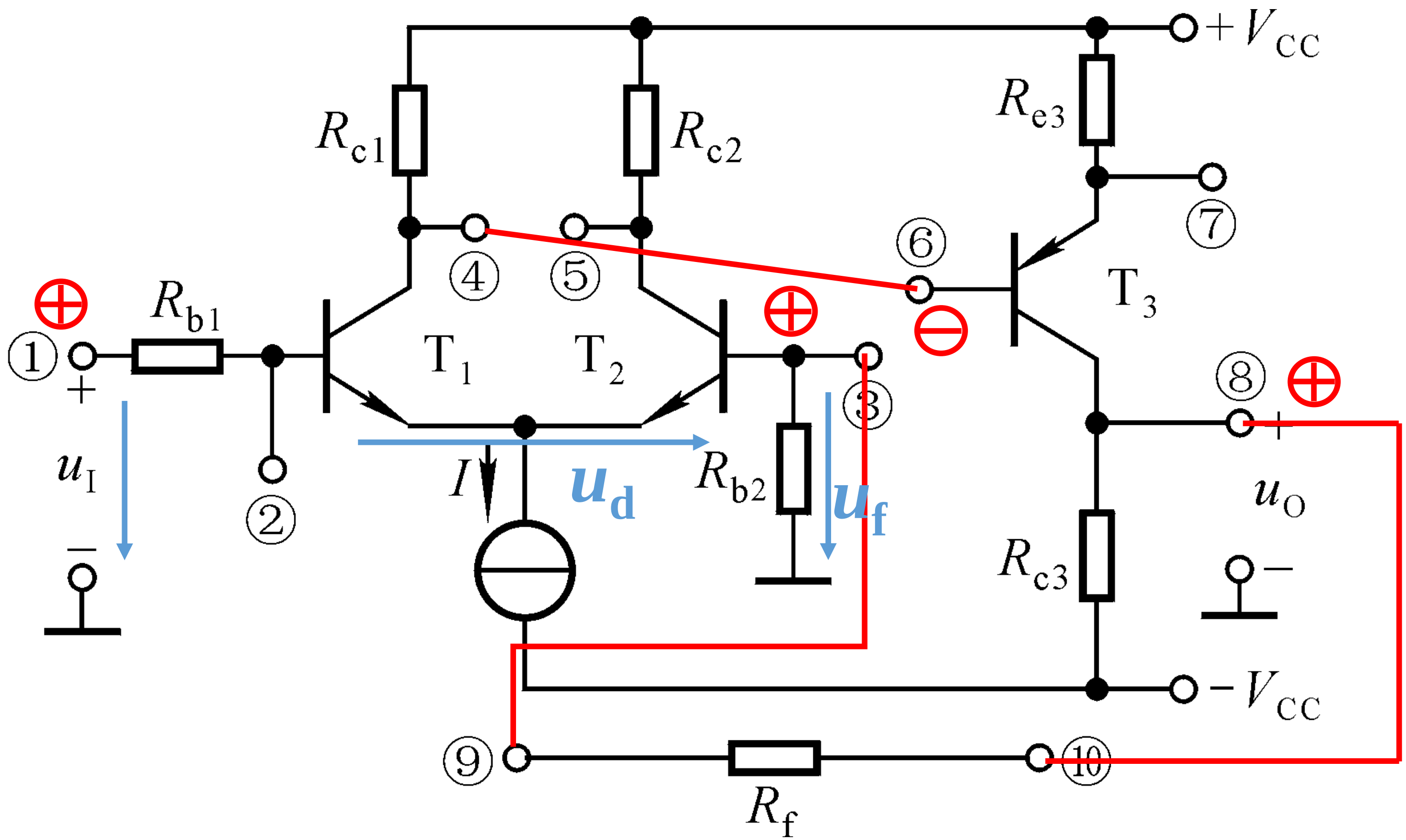
例：为了达到下列目的，分别说明应引入哪种组态的负反馈以及电路如何连接



（1）减小放大电路从信号源索取的电流并增强带负载能力

（2） 将输入电流转换成与之成稳定线性关系的输出电流

（3） 将输入电流转换成稳定的输出电压

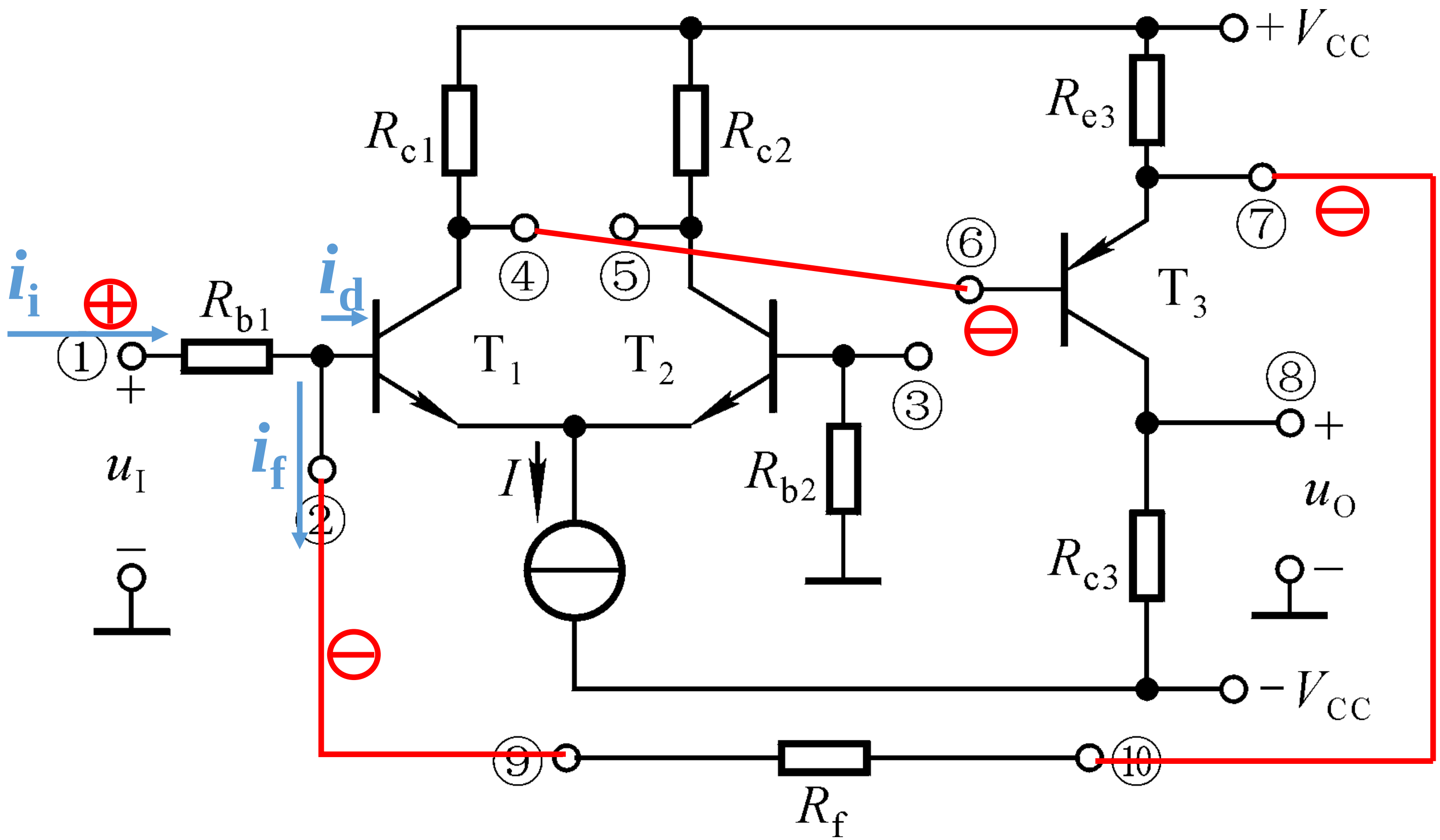


（1）减小放大电路从信号源索取的电流并增强带负载能力

输入电阻大，输出电阻小

电压串联负反馈

5.5 负反馈对放大电路性能的影响

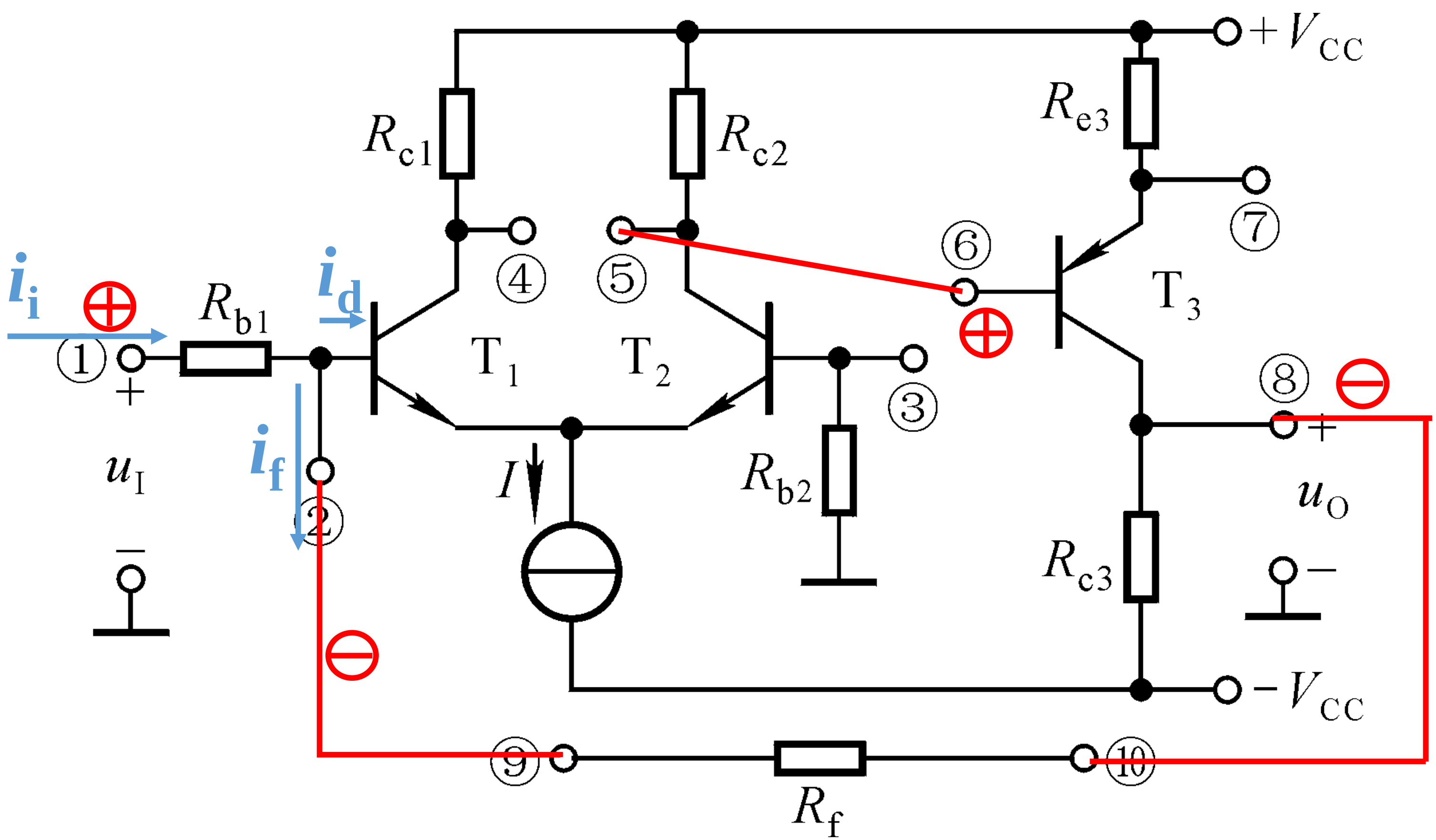


（2） 将输入电流转换成与之成稳定线性关系的输出电流

输入电阻小，输出电阻大

电流并联负反馈

5.5 负反馈对放大电路性能的影响

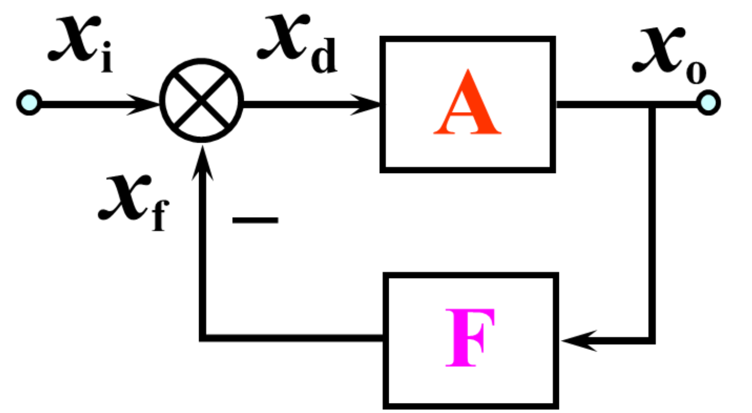


（3） 将输入电流转换成稳定的输出电压

输入电阻小，输出电阻小

电压并联负反馈

深度负反馈的实质



$$A = \frac{A}{1+AF}$$

当 $1+AF >> 1$ 时， $A_f \approx 1/F$

根据定义：$A_f = x_o / x_i$ ， $F = x_f / x_o$

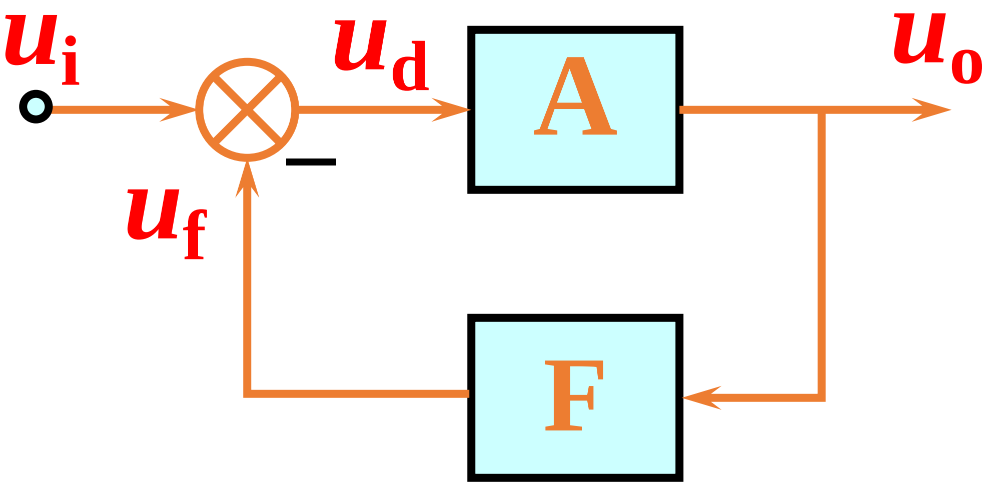
$$A_f \approx 1/F = x_o / x_f$$

深度负反馈的实质： 反馈量几乎完全抵消了输入量，近似分析中可以忽略净输入量

深度串联负反馈， $u_i \approx u_f$, 净输入电压可忽略不计

深度并联负反馈， $i_i \approx i_f$, 净输入电流可忽略不计

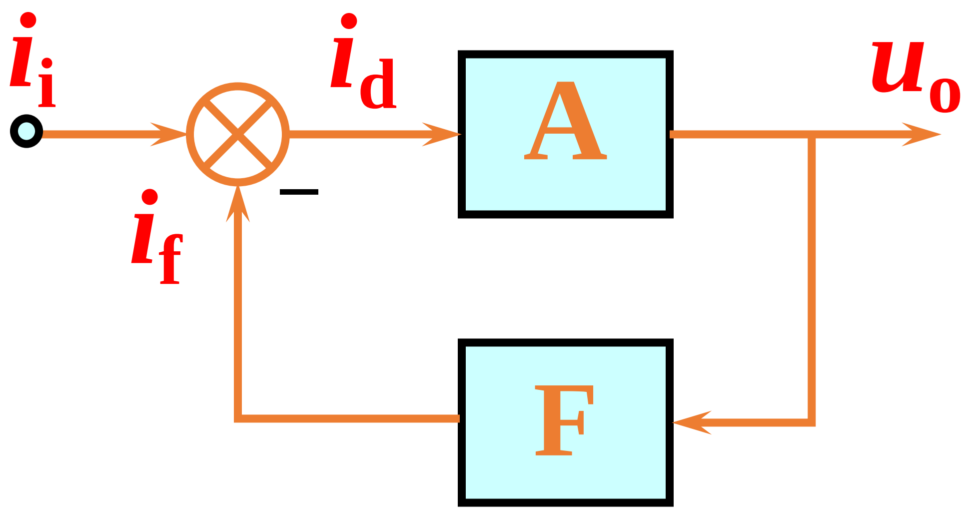
电压串联负反馈电路



$$F_{uu}=\frac{\dot{U}_f}{\dot{U}_o}$$

$$A_{uuf}=\frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_i}\approx\frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_f}=\frac{1}{F_{uu}}$$

电压并联负反馈电路



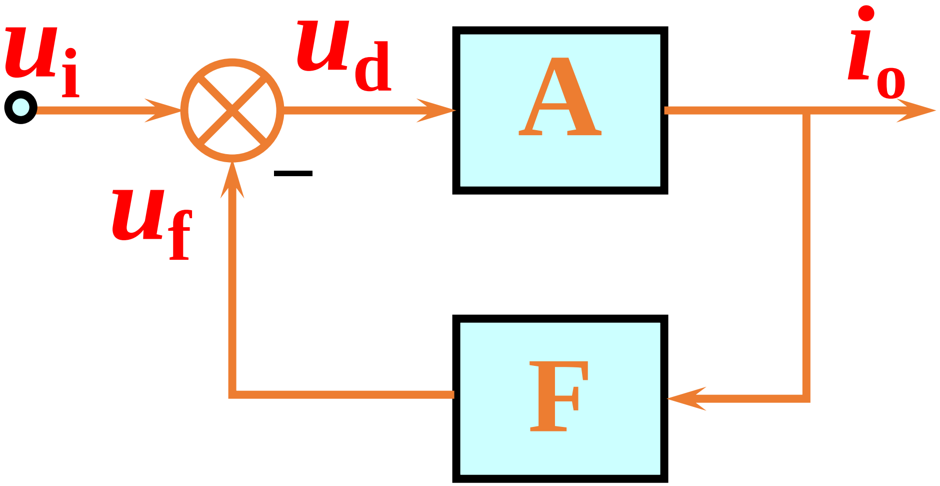
$$F_{iu}=\frac{\dot{I}_f}{\dot{U}_o}$$

$$A_{usf}=\frac{\dot{U}_o}{\dot{U}_s}\approx\frac{\dot{U}_o}{\dot{I}_s R_s}=\frac{\dot{U}_o}{\dot{I}_i R_s}$$

$$\approx\frac{\dot{U}_o}{\dot{I}_f R_s}=\frac{1}{\dot{F}_{ui}}\cdot\frac{1}{R_s}$$

5.4 深度负反馈放大电路放大倍数的分析

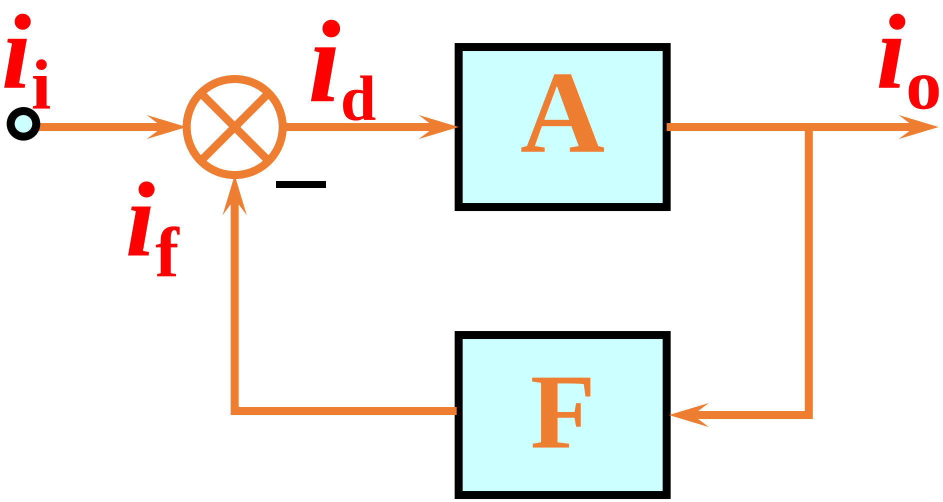
电流串联负反馈电路



$$F_{ui} = \frac{\dot{U}_{\mathrm{f}}}{\dot{I}_{\mathrm{o}}}$$

$$A_{uf} = \frac{\dot{U}_{\mathrm{o}}}{\dot{U}_{\mathrm{i}}} \approx \frac{\dot{I}_{\mathrm{o}} \cdot R_{\mathrm{L}}}{\dot{U}_{\mathrm{f}}} = \frac{1}{F_{ui}} \cdot R_{\mathrm{L}}$$

电流并联负反馈电路



$$F_{ii} = \frac{\dot{I}_{\mathrm{f}}}{\dot{I}_{\mathrm{o}}}$$

$$A_{usf} = \frac{\dot{U}_{\mathrm{o}}}{\dot{U}_{\mathrm{s}}} \approx \frac{\dot{I}_{\mathrm{o}} R_{\mathrm{L}}}{\dot{I}_{\mathrm{f}} R_{\mathrm{s}}} \approx \frac{1}{\dot{F}_{ii}} \cdot \frac{R_{\mathrm{L}}}{R_{\mathrm{s}}}$$