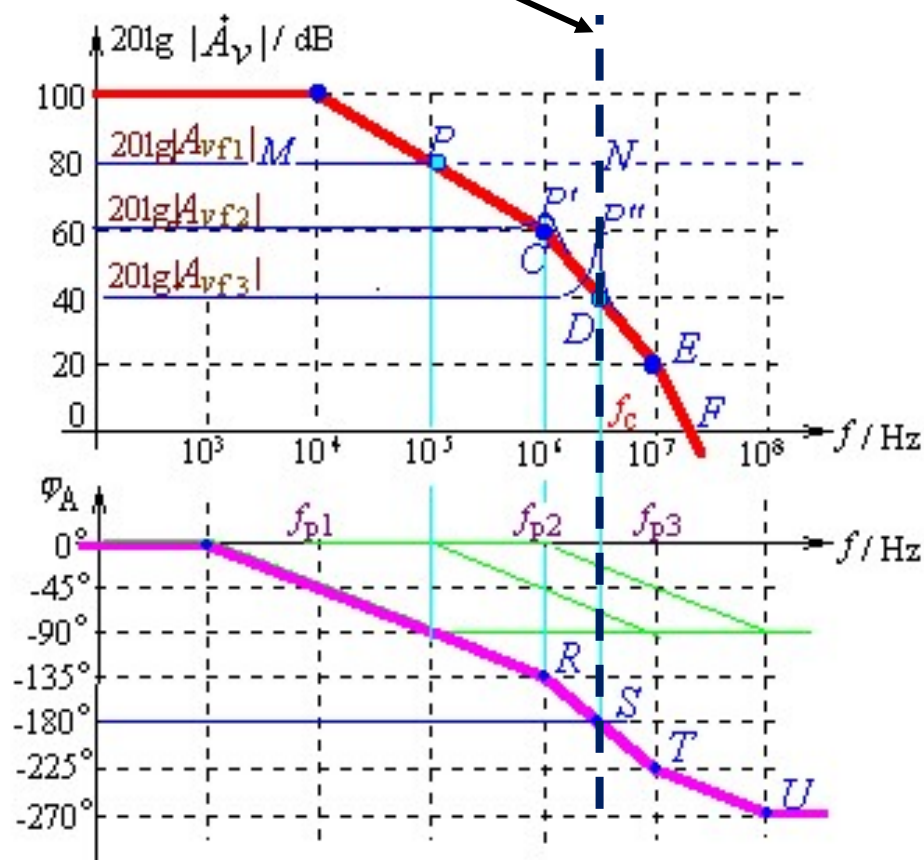


7.6 负反馈放大器的稳定性

稳定性的判断（以三极点放大器为例）：

当 $\varphi_A = -180^\circ$, A 反相！ 若 $|1+AF|=0$, 即 $AF = -1$, $|AF|=1$

将出现自激振荡！ 不稳定！

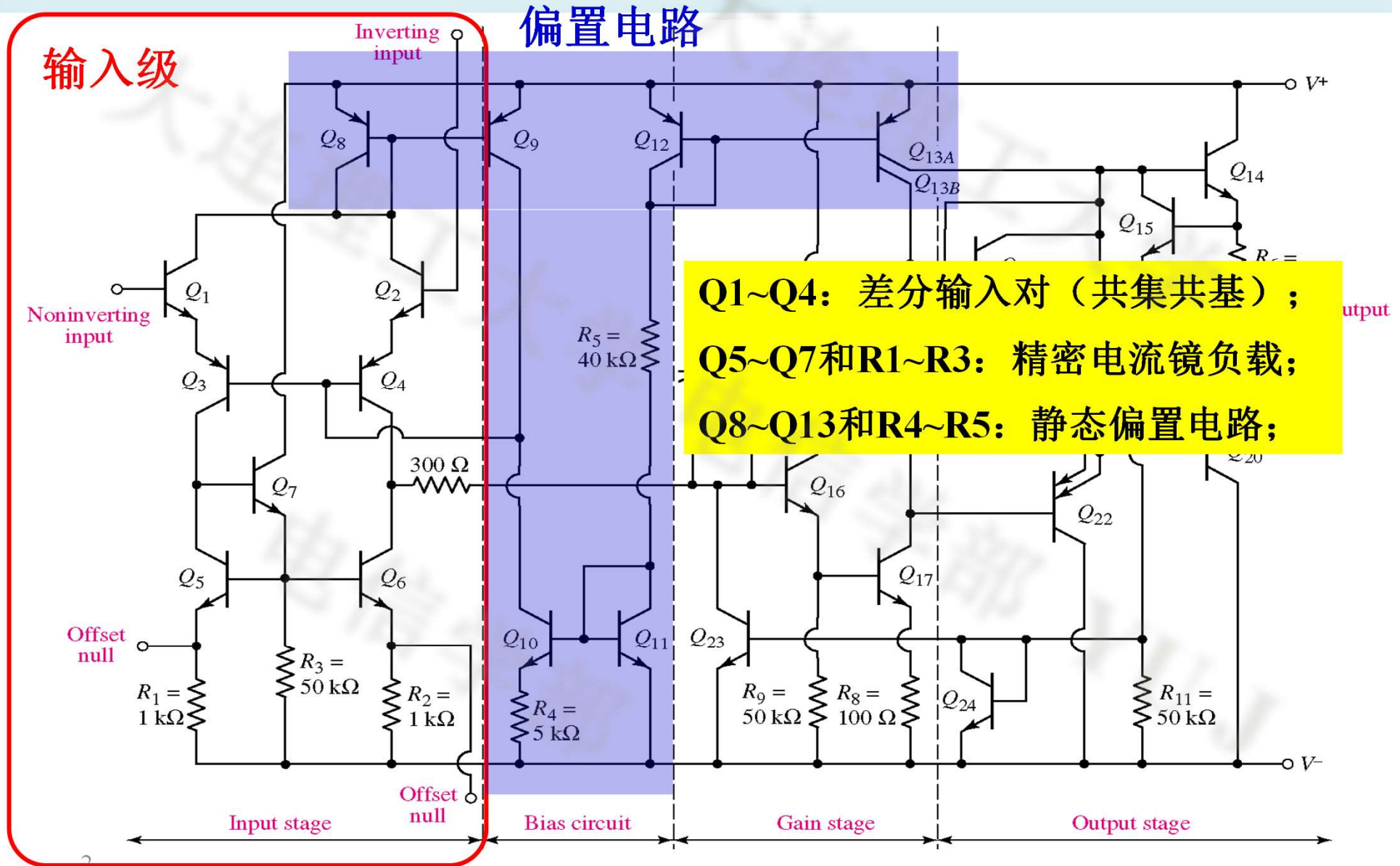


通用运放应该在任何负反馈情况下都能稳定工作；

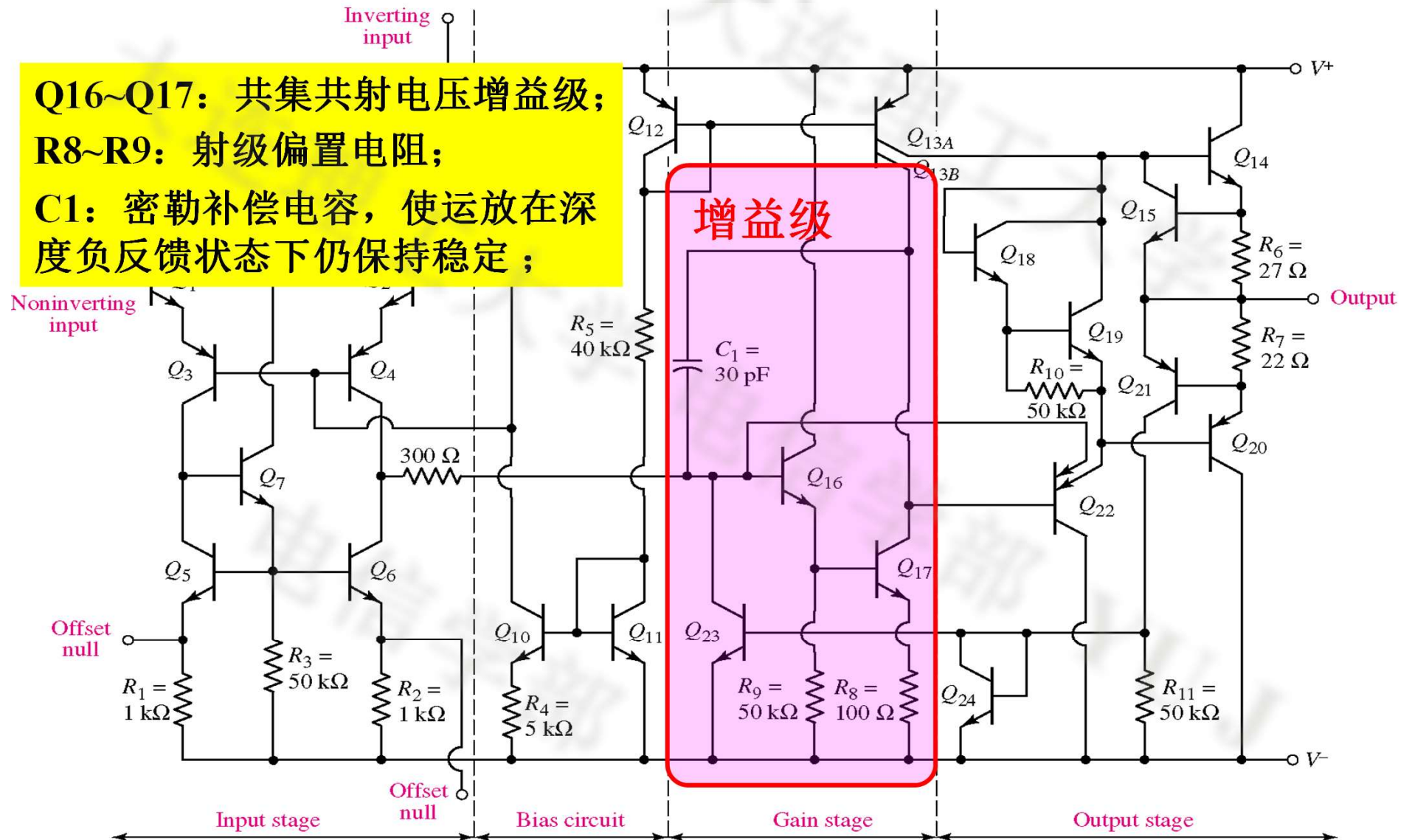
$F=1$ 时，反馈深度最深，此时 $|AF|=|A|$ ；

因此只要 $|A|=1$ （即0dB）时， $\varphi_A > -180^\circ$ 即可满足稳定性条件。

集成运放分析 (P282, 741芯片)



集成运放分析 (P282, 741芯片)



集成运放分析 (P282, 741芯片)

Q14和Q20: 甲乙类互补对称功放;

Q18~Q19和R10: 为Q14和Q20基极之间偏置电压, 消除交越失真;

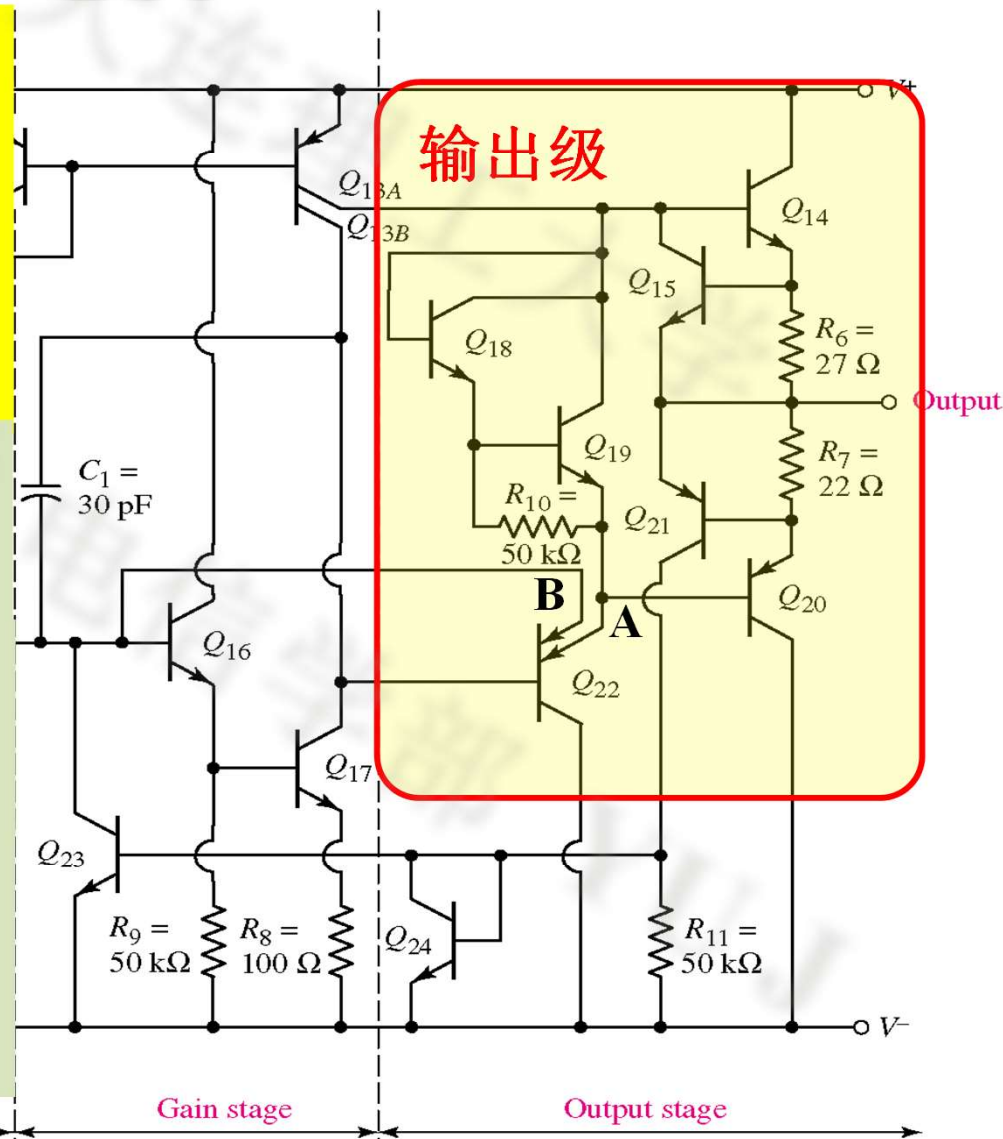
Q22A: 预放大级, 共集组态, 在增益级和输出级之间做阻抗变换, 减小输出级对增益级的负载影响;

Q22B: 限流保护作用。仅在Q16基极电压过高时导通, 旁路Q16基极电流, 防止过流烧毁;

Q15和R6: 限流保护作用。当正向输出电流过大时Q15导通, 降低Q14基极电压, 限制其电流;

Q21和R7、Q23~Q24和R11: 限流保护作用。当负向输出电流过大时Q21、Q23~Q24导通, 提高Q20基极电压, 限制其电流;

保护电路都是负反馈电路



集成功放分析 (P403, LM380)

T1~T4: 差分输入对
(共集共射组态/复合管);

T5~T6: 镜像电流源负载;

T7~T8和R1~R4: 静态偏置电路;

T12: 电压增益级 (共射);

C_C: 密勒补偿电容;

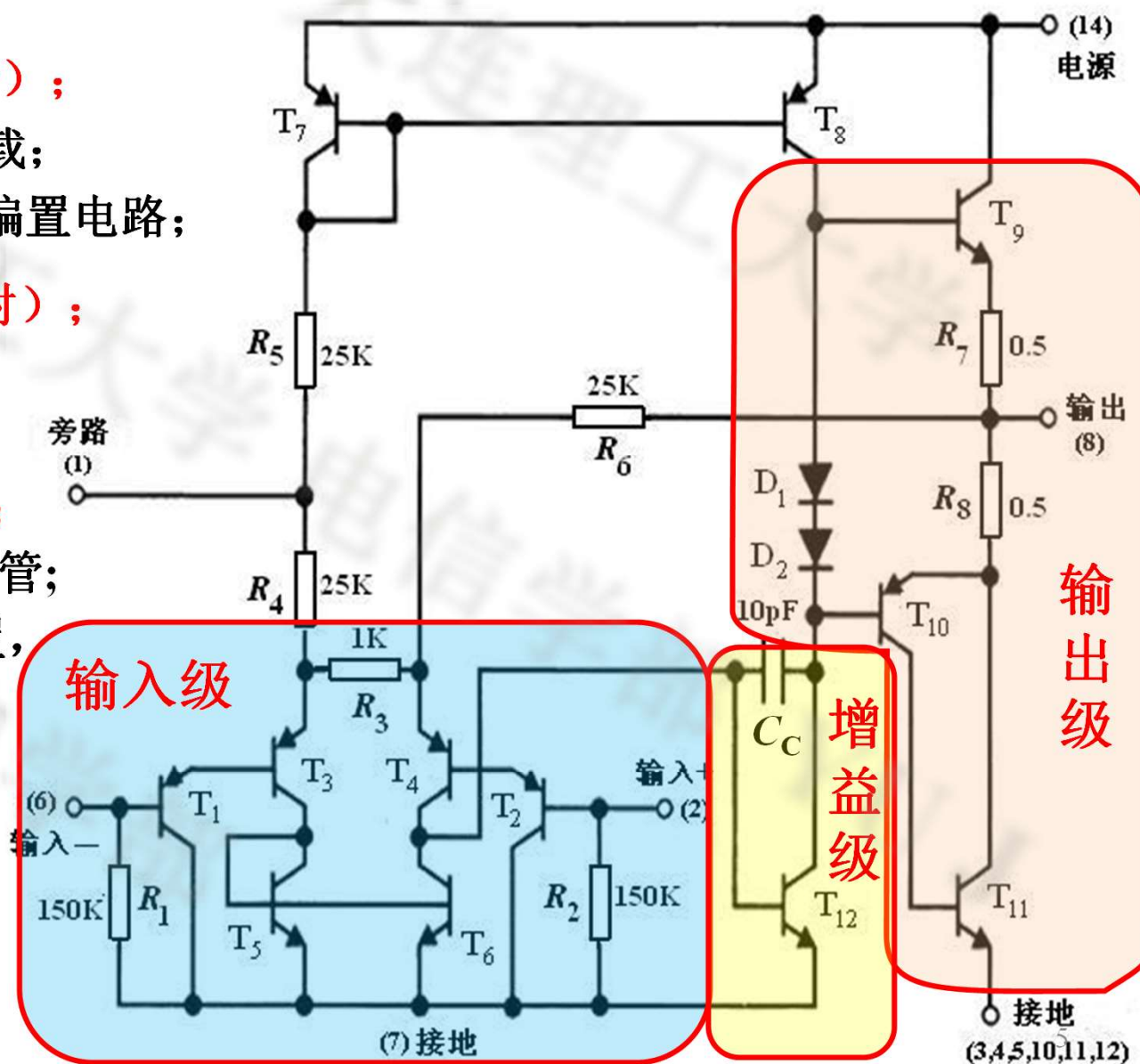
T9-T11&D1D2:

甲乙类互补对称输出级;

T10和T11: PNP型复合管;

D1和D2: 提供基极偏置,
消除交越失真;

R7和R8: 电流串联负
反馈, 小电阻, 过流
保护作用。



集成功放分析 (P403, LM380)

R_6 反馈电路的类型和作用:

交直流 级间 电压 串联 负反馈

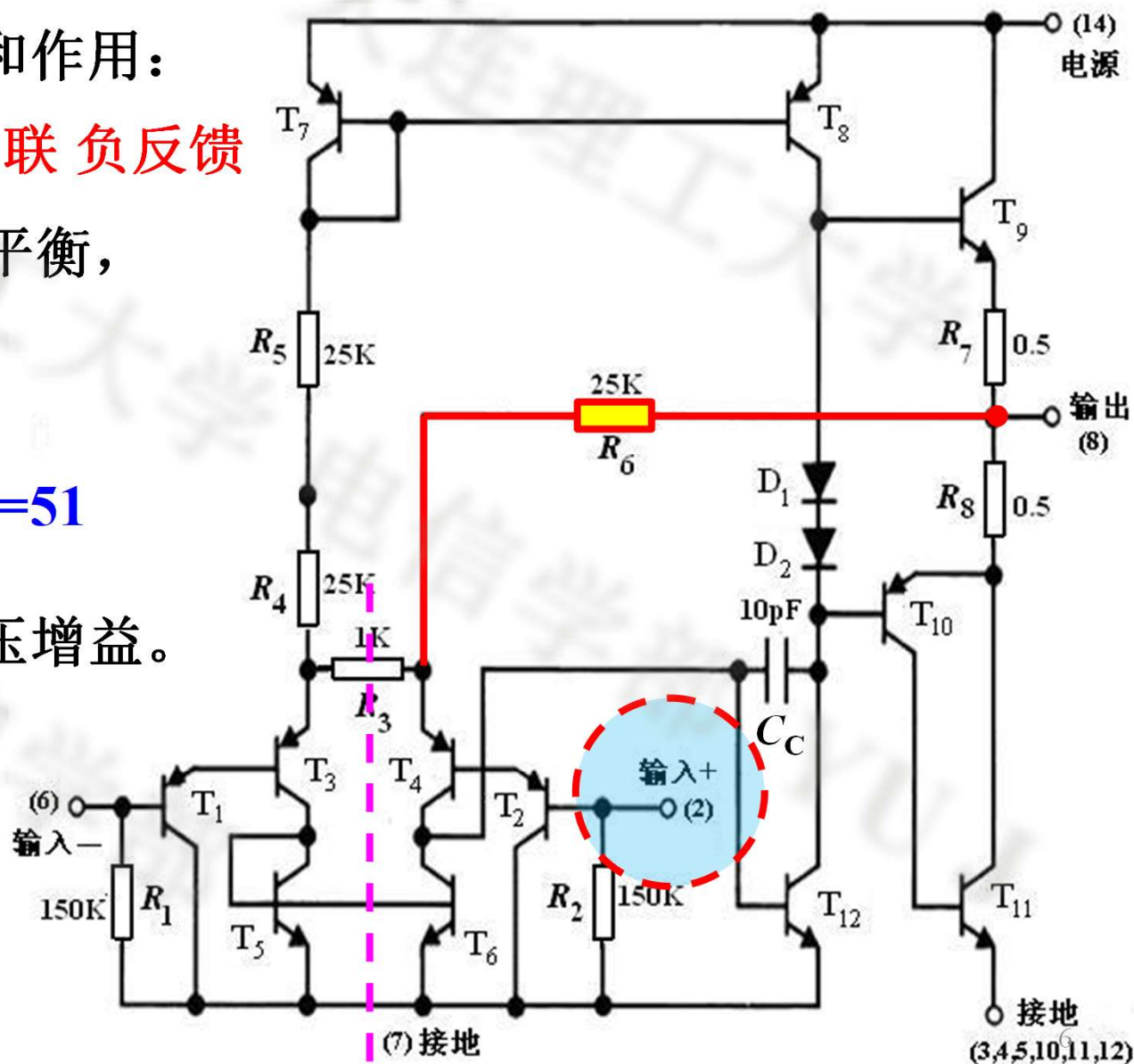
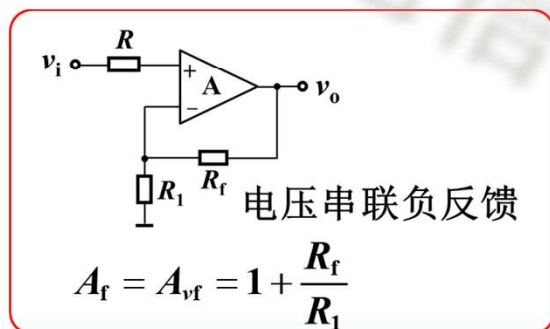
静态时, 差放左右平衡,

输出 $V_O = V_{CC}/2$;

R_3 中心等效交流地;

$$A_f = A_{vf} = 1 + \frac{R_6}{0.5R_3} = 51$$

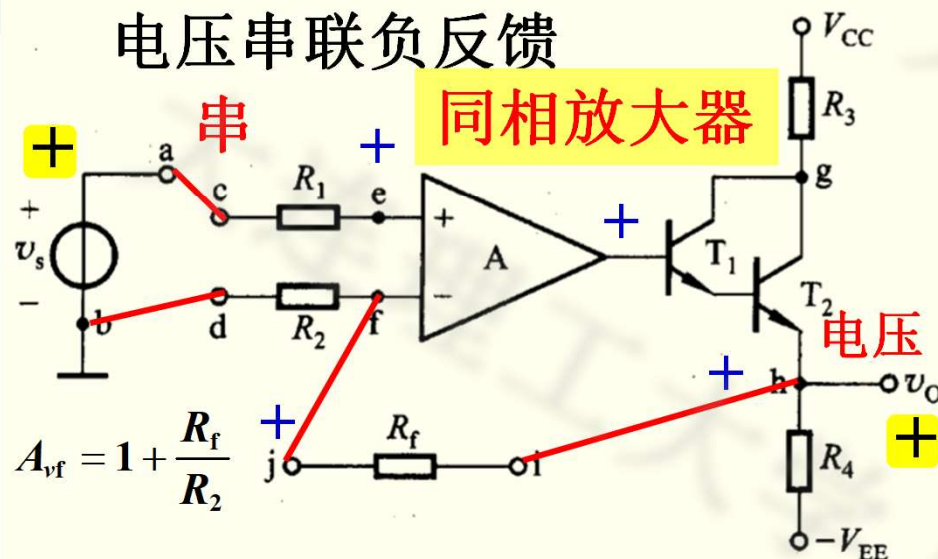
此功放有稳定的电压增益。



按要求设计反馈放大电路（习题7.2.4）

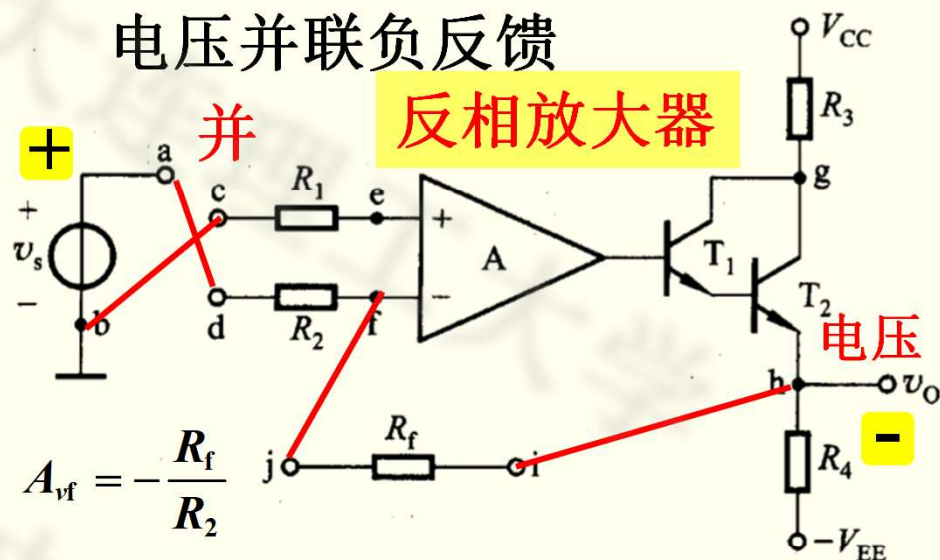
电压串联负反馈

同相放大器



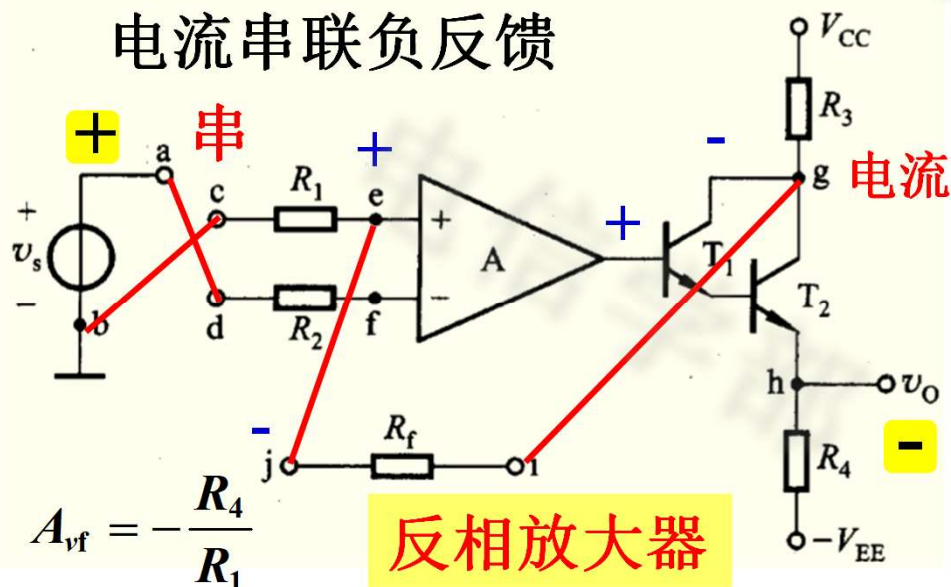
电压并联负反馈

反相放大器



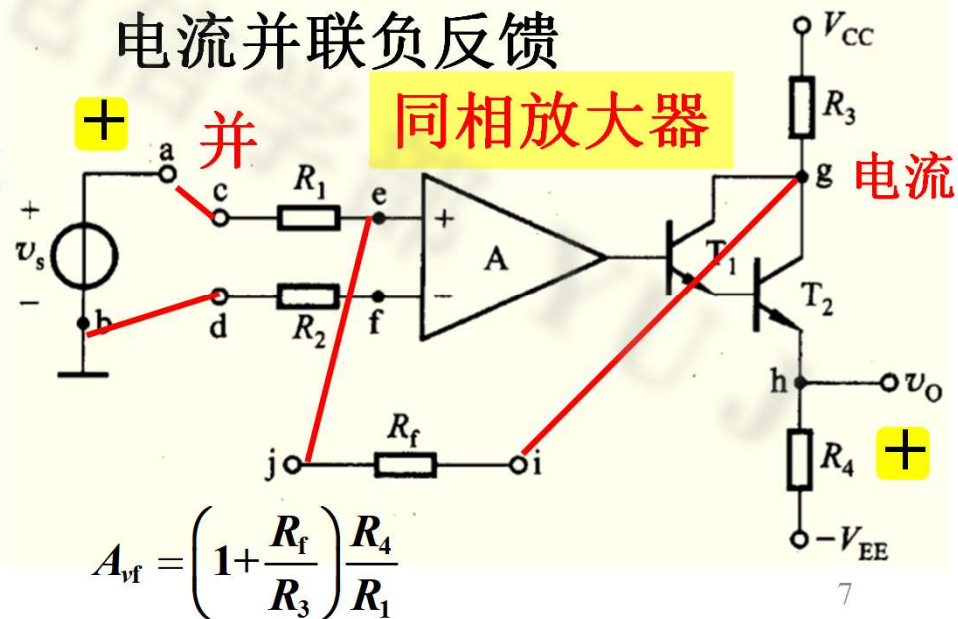
电流串联负反馈

反相放大器

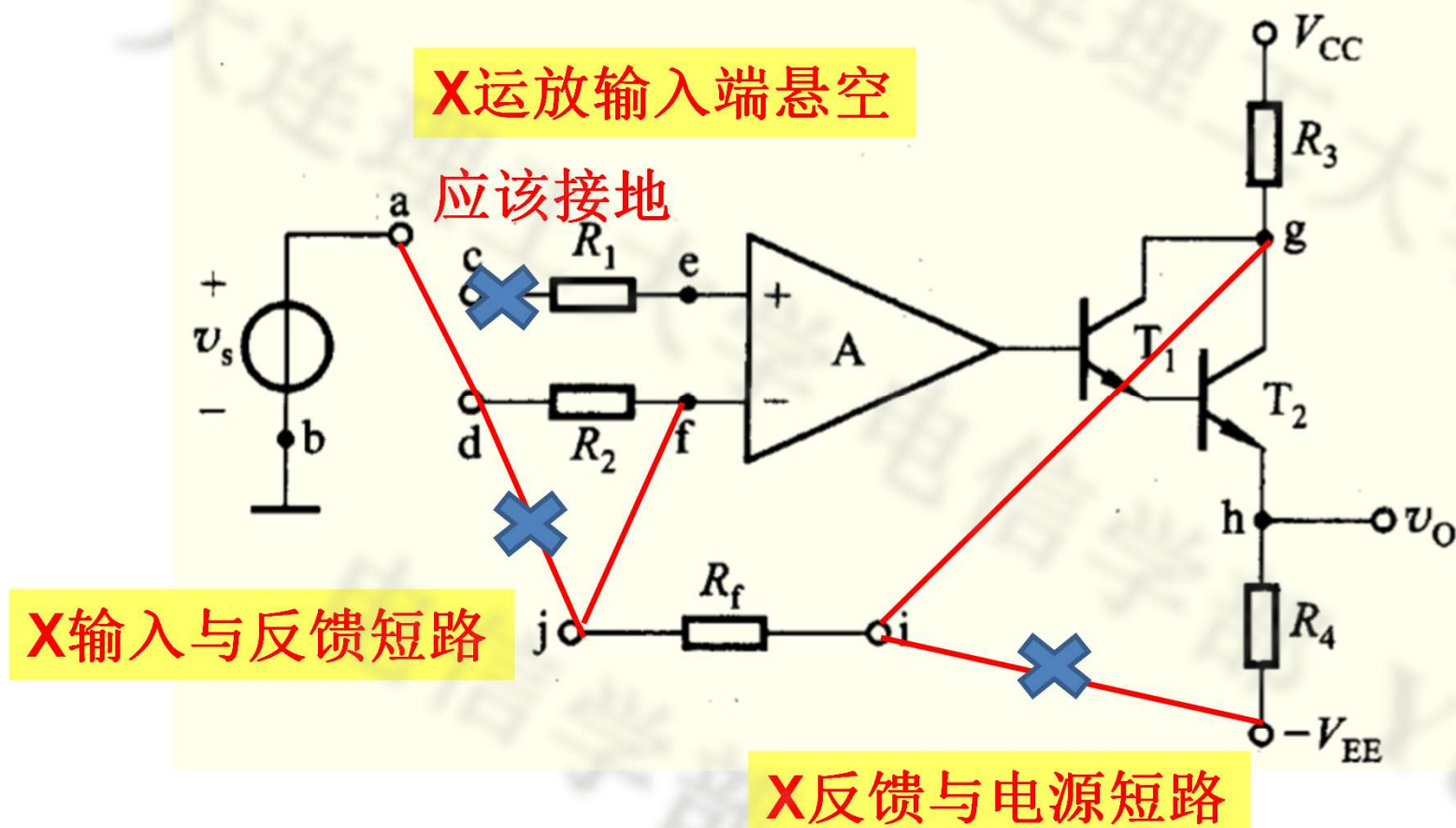


电流并联负反馈

同相放大器



典型错误：以电流并联反馈为例



7 反馈放大电路

小结

掌握：判断反馈放大电路的类型

掌握：深度负反馈条件下的闭环增益计算

掌握：根据要求设计反馈放大电路

下一部分：模拟运算电路（第2章）



群名称:模电2018_生医和计算机
群 号:561745191

运放的应用—模拟运算电路

第2章

前提：深度负反馈！
虚短，虚断

2.3 基本线性运放电路

同相放大电路、反向放大电路

2.4 基本运算电路

2.4.1.加法和减法 (Summing and Subtracting)

2.4.2.仪用放大器(Instrumentation Amplifier)

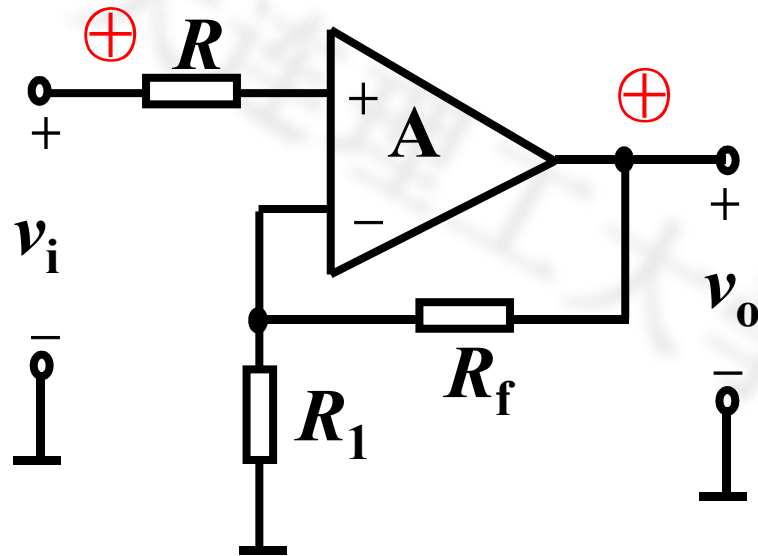
2.4.2.积分和微分 (Integrator and Differentiator)

2.4.3.对数和指数 (Log and Antilog Amplifier)

2.5 模拟乘法器 (Analog Multiplier) （书6.6节）

2.3 基本线性运放电路

同相放大电路



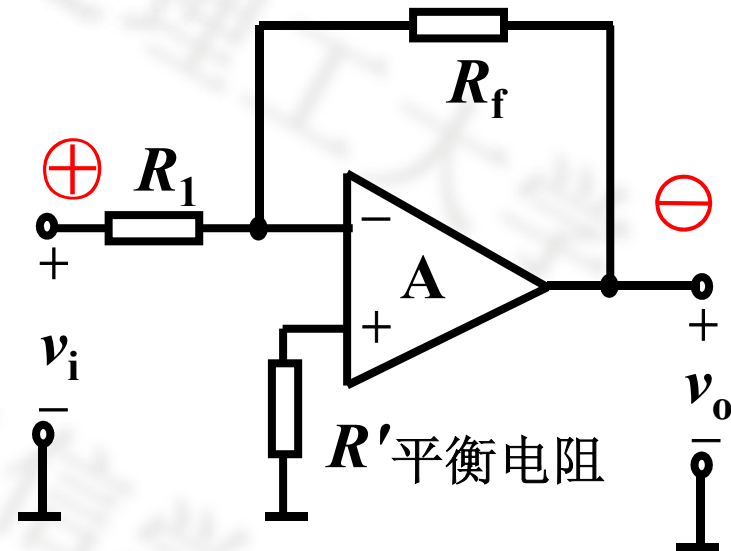
信号从同相端输入

虚短 虚断

$$v_n \approx v_p = v_i$$

$$A_{vf} = \frac{v_o}{v_i} = 1 + \frac{R_f}{R_1}$$

反相放大电路



信号从反相端输入

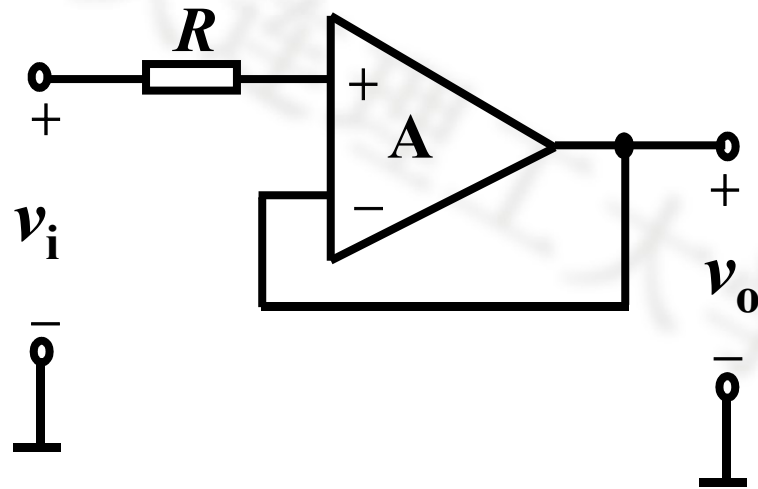
虚短 虚断

$$v_n \approx v_p = 0$$

$$A_{vf} = \frac{v_o}{v_i} = -\frac{R_f}{R_1}$$

2.3 基本线性运放电路

同相放大电路

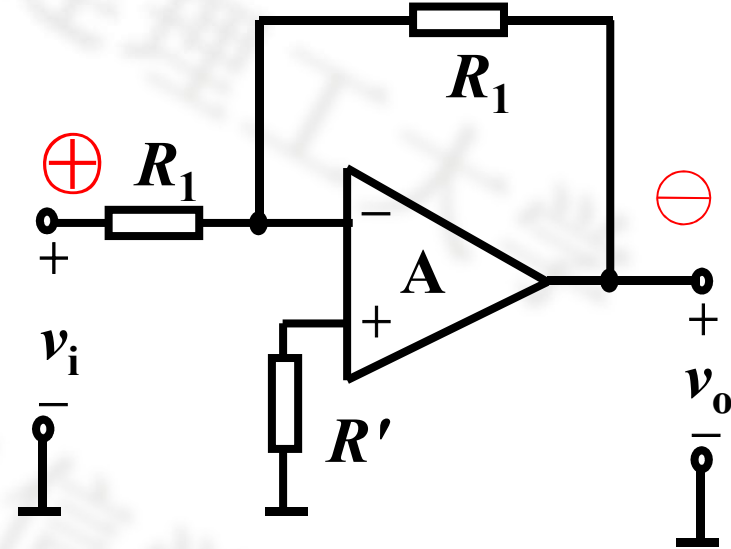


同号器（电压跟随器）

特例： $R_f = 0, R_1 = \infty$

$$A_{vf} = \frac{v_o}{v_i} = 1$$

反相放大电路



反号器（反相器）

特例： $R_f = R_1$

$$A_{vf} = \frac{v_o}{v_i} = -1$$

任务：①已知电路分析运算功能；②根据运算功能设计电路。

2.3 基本线性运放电路

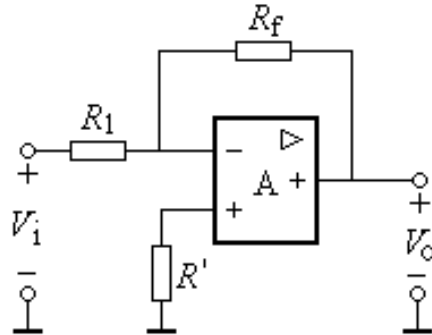
分析要求：确定 v_o 与 v_i （可能多个输入）之间的关系式

分析方法：

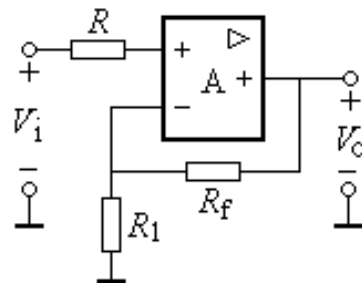
1) “virtual short circuit”+ “virtual open circuit”
仅用虚短、虚断

2) Superposition Theorem (叠加定理)
+ 虚短/虚断（如果需要）

应用基本模块的入出关系：



反相放大器 $v_o = - (R_f / R_1) v_i$



同相放大器 $v_o = (1 + R_f / R_1) v_i$

2.4 基本运算电路

1 加法和减法电路

(1) 加法器--反相加法器

方法一：“虚短” + “虚断”

$$i_f = i_1 + i_2$$

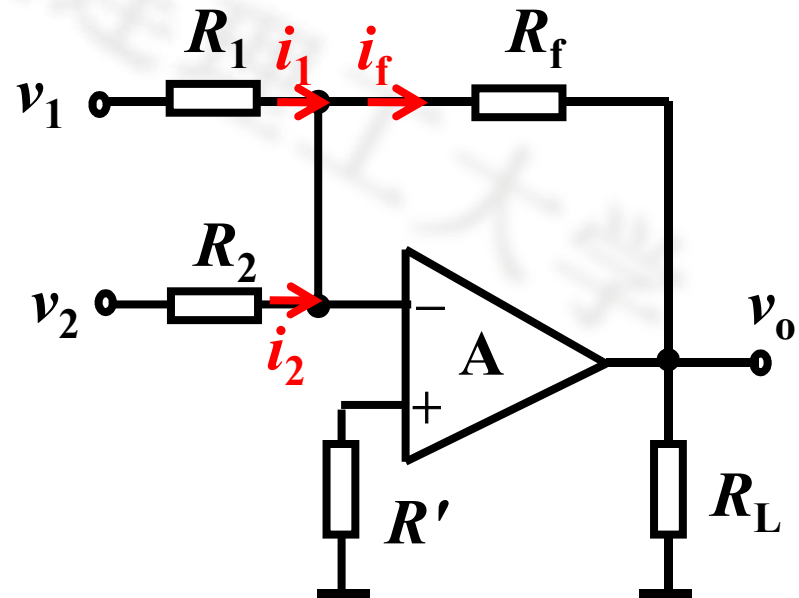
$$-\frac{v_o}{R_f} = \frac{v_1}{R_1} + \frac{v_2}{R_2}$$

$$v_o = -\left(\frac{R_f v_1}{R_1} + \frac{R_f v_2}{R_2}\right)$$

方法二：叠加定理

$$v_o = -\frac{R_f}{R_1} v_1 - \frac{R_f}{R_2} v_2$$

优点：可单独调节各路信号的放大比例，调节方便。



2.4 基本运算电路

1 加法和减法电路

(2) 加法器——同相加法器

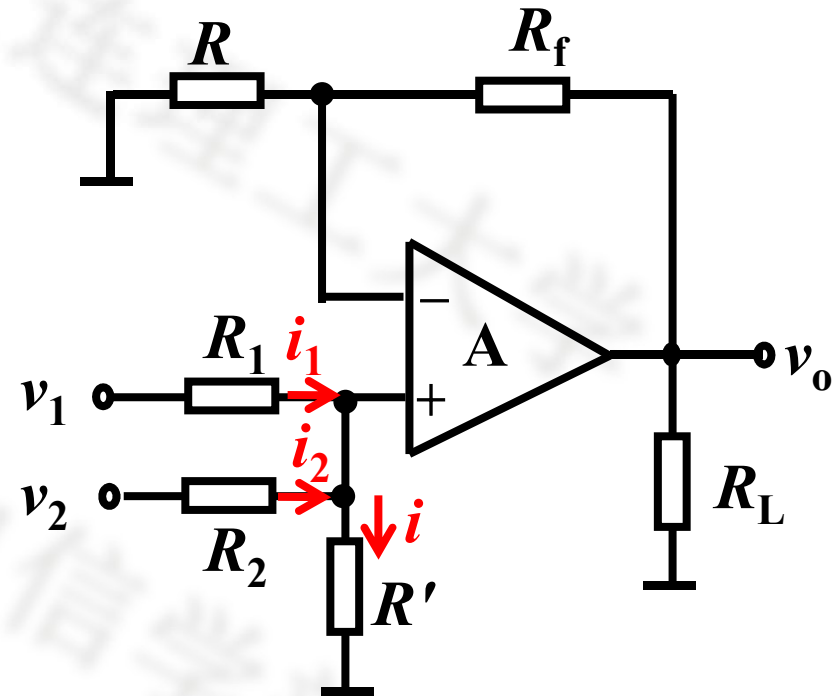
虚断: $i = i_1 + i_2$

$$\frac{v_p}{R'} = \frac{v_1 - v_p}{R_1} + \frac{v_2 - v_p}{R_2}$$

$$v_p = \frac{v_1/R_1 + v_2/R_2}{1/R' + 1/R_1 + 1/R_2}$$

虚短: $v_p = v_n = \left(\frac{R}{R + R_f} \right) v_o$

$$v_o = \left(1 + \frac{R_f}{R} \right) v_p = \left(1 + \frac{R_f}{R} \right) \frac{v_1/R_1 + v_2/R_2}{1/R' + 1/R_1 + 1/R_2}$$



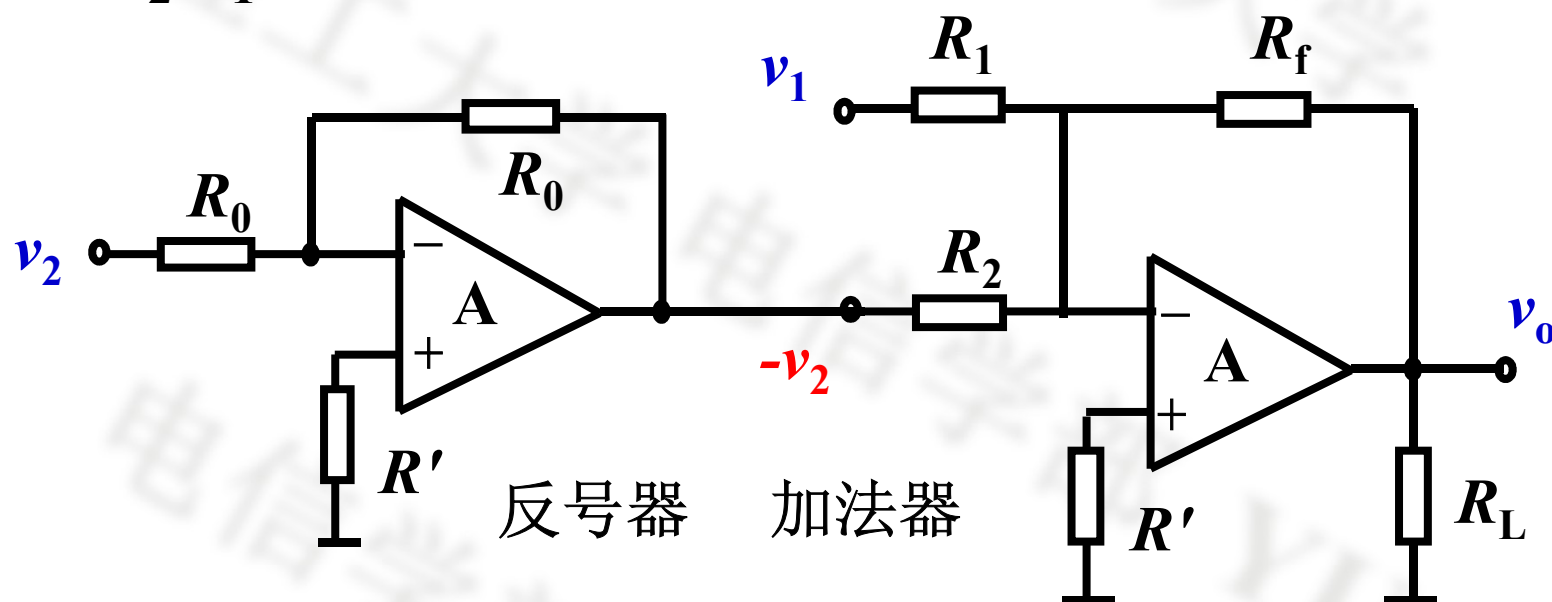
参数选择较难

2.4 基本运算电路

1 加法和减法电路

(3) 减法器—利用反相加法器和反号器

$$v_2 - v_1 = -(-v_2 + v_1)$$



$$v_o = -\left[\frac{R_f}{R_1} v_1 + \frac{R_f}{R_2} (-v_2) \right] = \frac{R_f}{R_2} v_2 - \frac{R_f}{R_1} v_1$$

2.4 基本运算电路

1 加法和减法电路

(4) 差动减法器 Difference Amp

方法1: 叠加原理

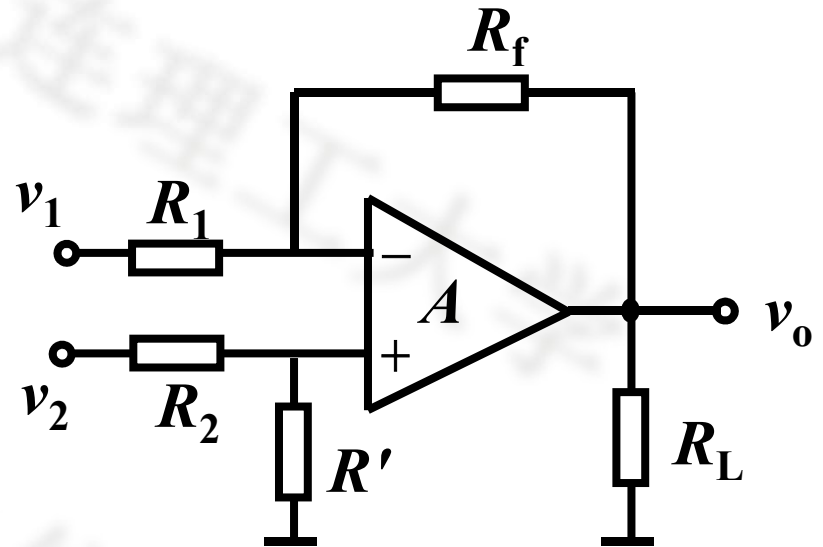
- 反相放大器 v_1 单独作用 ($v_2=0$):

$$v_{o1} = -\frac{R_f}{R_1} v_1$$

- 同相放大器 v_2 单独作用 ($v_1=0$):

$$v_{o2} = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) \frac{R' v_2}{R_2 + R'}$$

$$v_o = v_{o1} + v_{o2} = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) \frac{R' v_2}{R_2 + R'} - \frac{R_f}{R_1} v_1$$



若设计 $\frac{R_f}{R_1} = \frac{R'}{R_2}$

$$\text{则 } v_o = \frac{R_f}{R_1} (v_2 - v_1)$$

2.4 基本运算电路

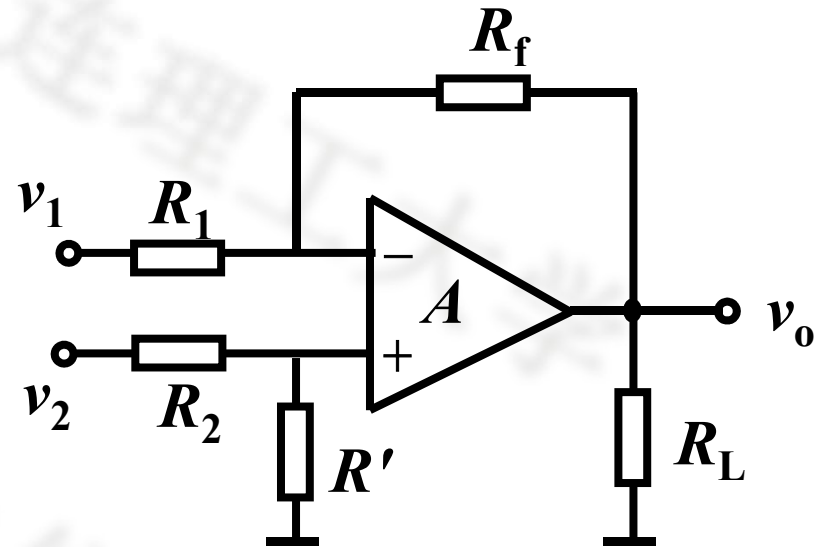
1 加法和减法电路

(4) 差动减法器 Difference Amp

方法2: 虚短、虚断

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{v_1 - v_n}{R_1} = \frac{v_n - v_o}{R_f} \\ v_n = v_p \\ v_p = \frac{R'v_2}{R_2 + R'} \end{array} \right.$$

$$v_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_1} \right) \frac{R'v_2}{R_2 + R'} - \frac{R_f}{R_1} v_1$$



2.3-2.4 模拟加减法电路

小结

掌握：反相放大器、同相放大器

掌握：反相加法器

掌握：差动减法器、仪用放大器

预习：仪用放大器、其它运算电路

作业

P47: 2.3.5, 2.4.2

P49: 2.4.6, 2.4.7

