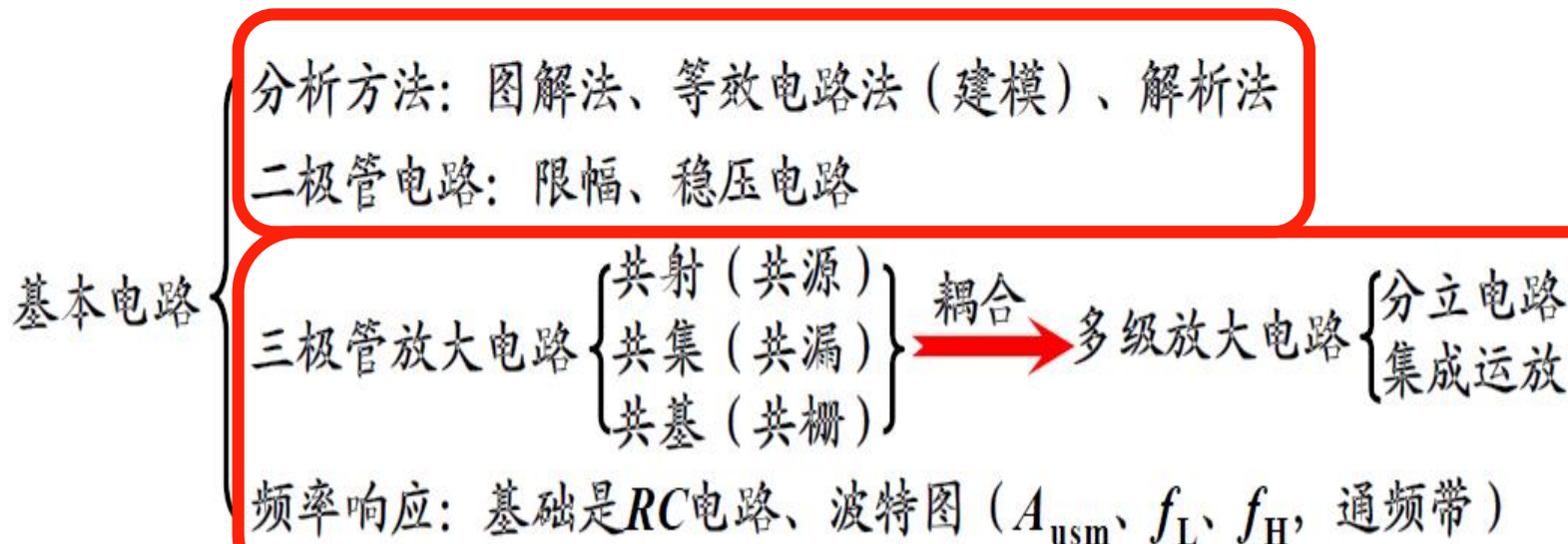
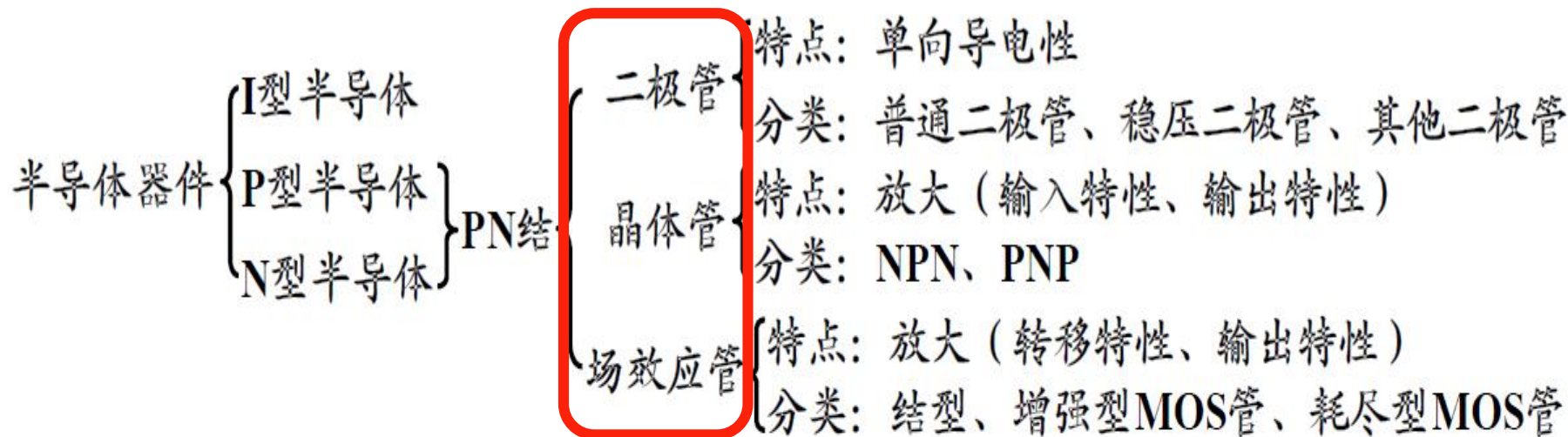
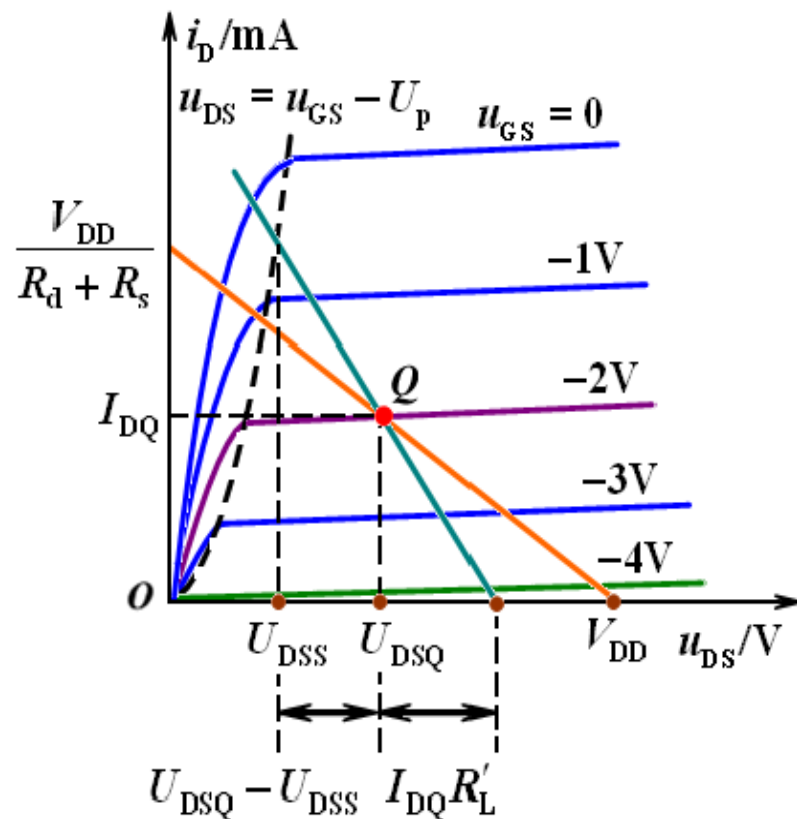
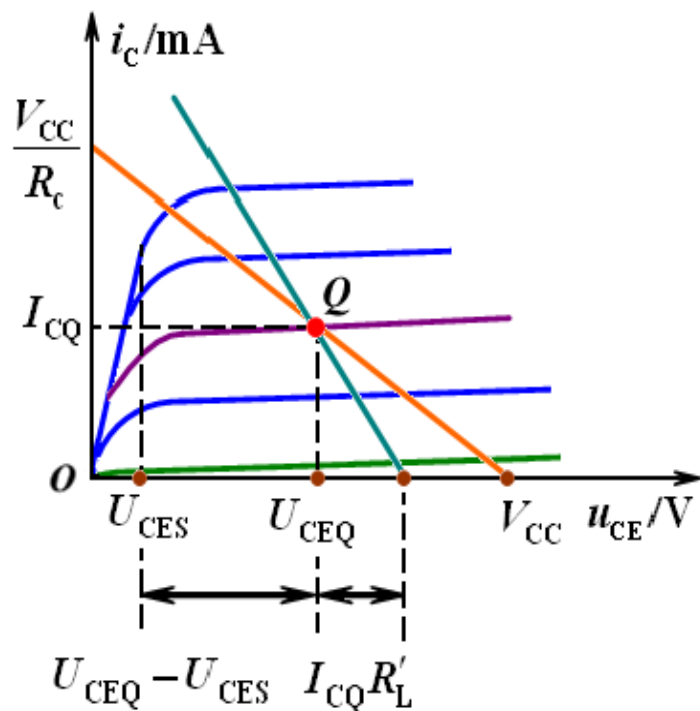


# 半导体器件、基本电路知识结构



# 从图解法看三极管放大电路的记识技巧



失真	产生原因	固定偏置共射放大电路	自偏压共源放大电路
截止	$Q$ 点偏低	$U_{om} = I_{CQ} R'_L$	$U_{om} = I_{DQ} R'_L$
饱和	$Q$ 点偏高	$U_{om} = U_{CEQ} - U_{CES}$	$U_{om} = U_{DSQ} - U_{DSS}$

# 从动态指标看三极管放大电路的记识技巧

技巧:  $\beta, (1+\beta) \rightarrow g_m$   $r_{be} \rightarrow 1$ ;  $R_c \rightarrow R_d$ ;  $R_e \rightarrow R_s$

晶体管放大电路		场效应管放大电路	
共射	$\dot{A}_u = -\frac{\beta(R_c // R_L)}{r_{be} + (1+\beta)R_e}$	共源	$\dot{A}_u = -\frac{g_m(R_d // R_L)}{1 + g_m R_s}$
	$R_o \approx R_c$		$R_o \approx R_d$
共集	$\dot{A}_u = \frac{(1+\beta)(R_e // R_L)}{r_{be} + (1+\beta)(R_e // R_L)}$	共漏	$\dot{A}_u = \frac{g_m(R_s // R_L)}{1 + g_m(R_s // R_L)}$
	$R_o = R_e // \frac{r_{be} + R_{sb}}{1+\beta}$		$R_o = R_s // \frac{1}{g_m}$

[注] ① 共基  $\rightarrow$  共栅; ② 场效应管  $R_i = R_g + R_{g1} // R_{g2}$  或  $R_i = R_g$

# 差分放大、负反馈、功率放大知识结构

放大电路中的反馈 { 反馈组态 { 组态的判断  
反馈对放大电路的影响  
深度负反馈放大电路的估算  
反馈放大电路的稳定性

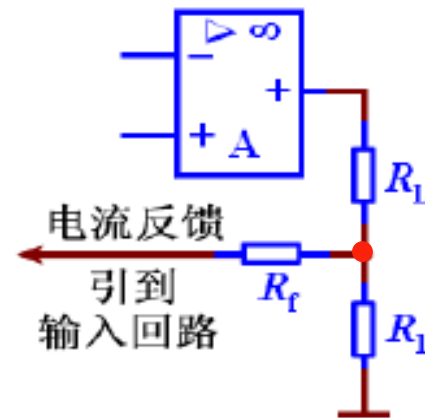
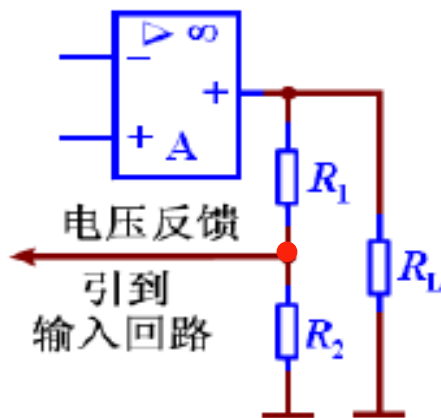
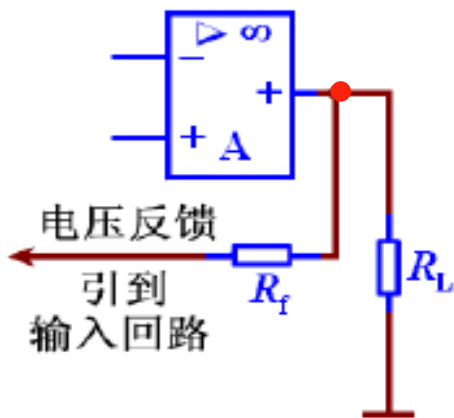
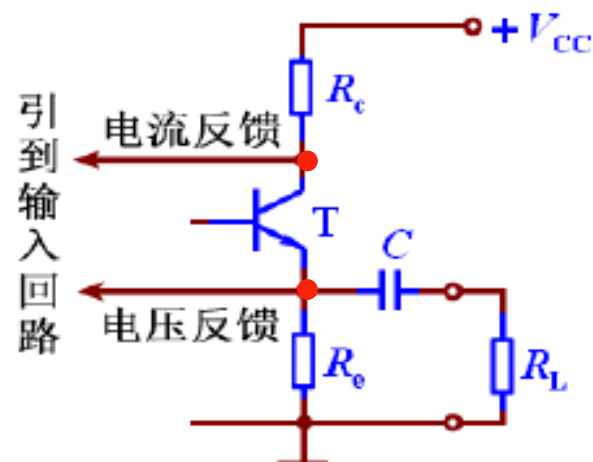
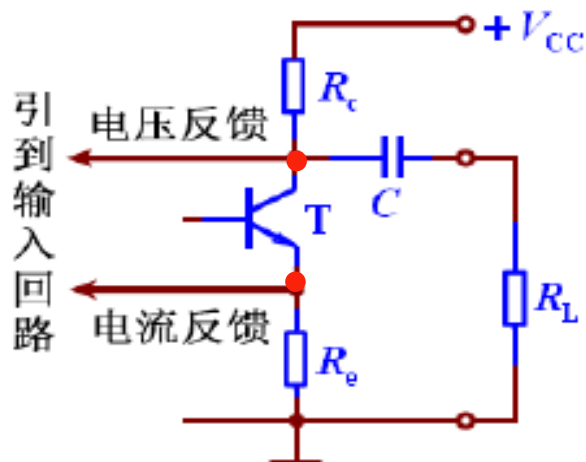
功率放大电路 { 电路的形式  
指标的估算

集成运算放大电路 { 电流源电路  
差放电路 { 电路的形成  
指标的估算

# 放大电路中的反馈

(1) 会看: 反馈组态的判断  $\xrightarrow{\text{取样对象}}$  局部电路

从输出端看

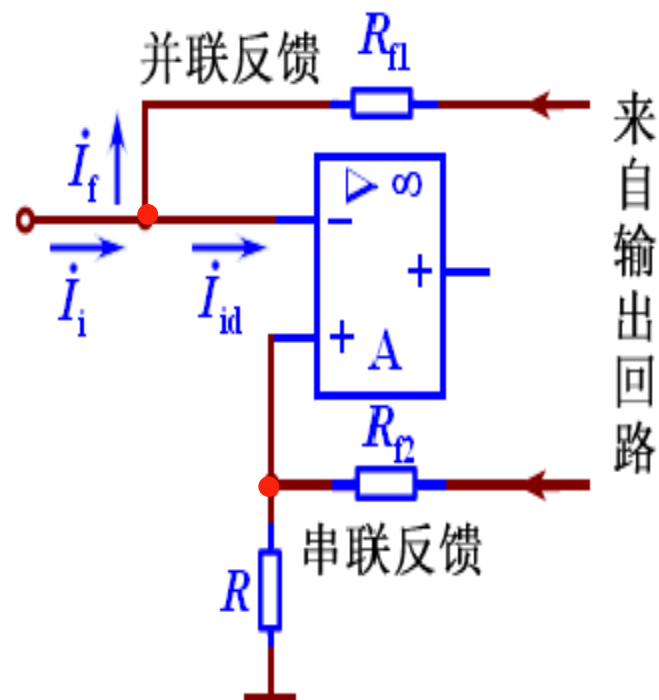
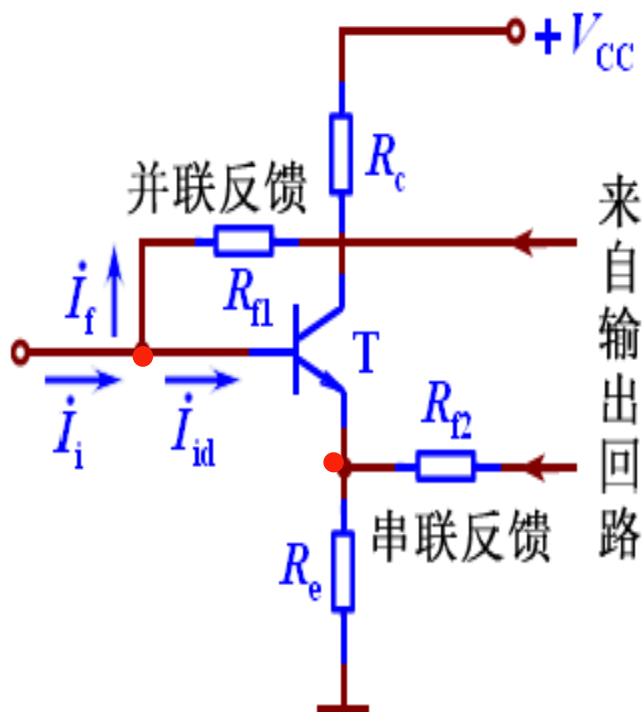




# 放大电路中的反馈

(1) 会看：反馈组态的判断  $\xrightarrow{\text{反馈方式}}$  局部电路

从输入端看



# 放大电路中的反馈

(1) 会看：反馈组态的判断

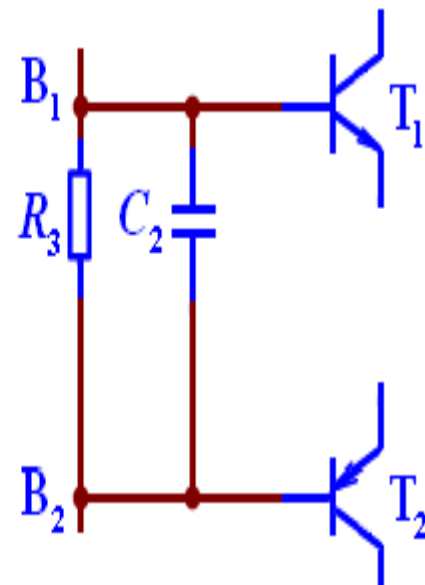
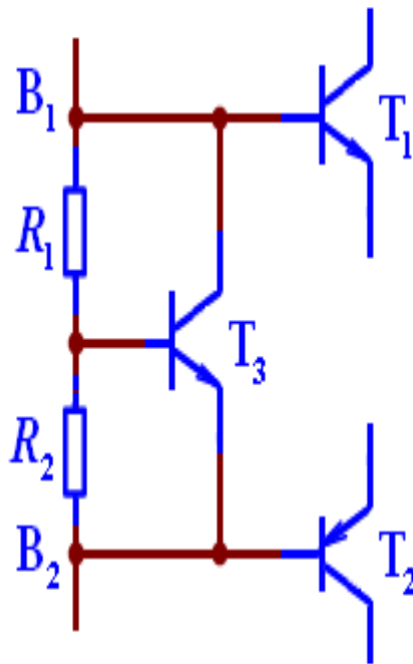
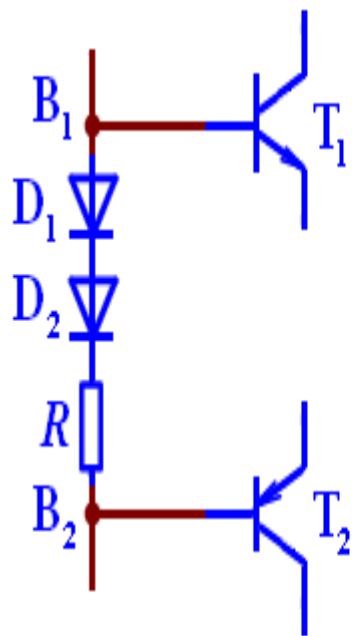
(2) 会引：直流负反馈稳定静态工作点，交流负反馈改善放大电路的性能

(3) 会算：深度负反馈条件下  $\begin{cases} \text{串联 } \dot{U}_i \approx \dot{U}_f \longrightarrow \dot{A}_{uf} \\ \text{并联 } \dot{I}_i \approx \dot{I}_f \longrightarrow \dot{A}_{usf} \end{cases}$

(4) 稳定  $\begin{cases} \text{产生原因（附加相移）和条件 } |\dot{A}\dot{F}|=1, \varphi_{AF}=(2n+1)\pi \\ \text{消除自激（减少级数、相位补偿）} \end{cases}$

# 功率放大电路

(1) 电路形式: OCL、OTL 甲乙类 → 局部电路





# 功率放大电路

(1) 电路形式: OCL、OTL 甲乙类 → 局部电路

(2) 性能指标:  $P_o$ 、 $P_{VCC}$ 、 $P_T$ 、 $\eta$  牢记  $I_{C(AV)} = \frac{2}{\pi} I_{om}$ ,  $U_{om} = \frac{2}{\pi} V_{CC}$ ,  $P_{Tlm} = 0.2 P_{om}$

$$P_o = U_o I_o = \frac{U_{om} I_{om}}{2} = \frac{U_{om}^2}{2R_L}$$

$$P_{VCC} = V_{CC} \cdot I_{C(AV)} = V_{CC} \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \frac{U_{om}}{R_L}$$

$$P_T = P_{VCC} - P_o$$

$$\eta = \frac{P_o}{P_{VCC}}$$

$$I_{CM} > \frac{V_{CC}}{R_L}, U_{(BR)CEO} > 2V_{CC}, P_{CM} > 0.2 P_{om}$$

任意:  $U_{om} \approx U_{im}$

极限:  $U_{om} = V_{CC} - U_{CES}$

理想:  $U_{om} \approx V_{CC}$

最大功耗:  $U_{om} = \frac{2}{\pi} V_{CC}$

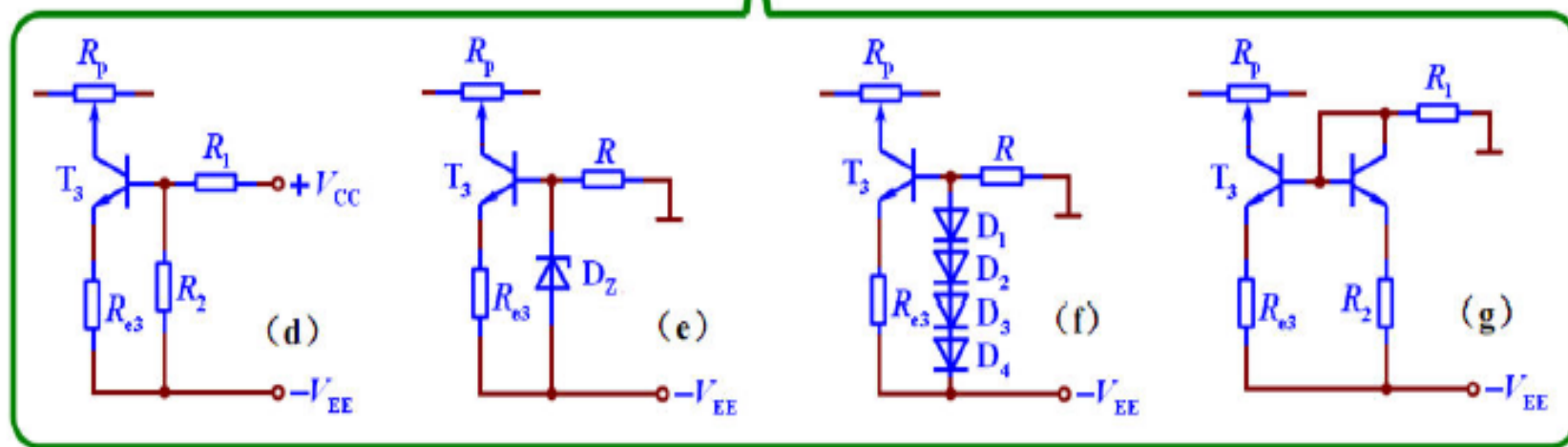
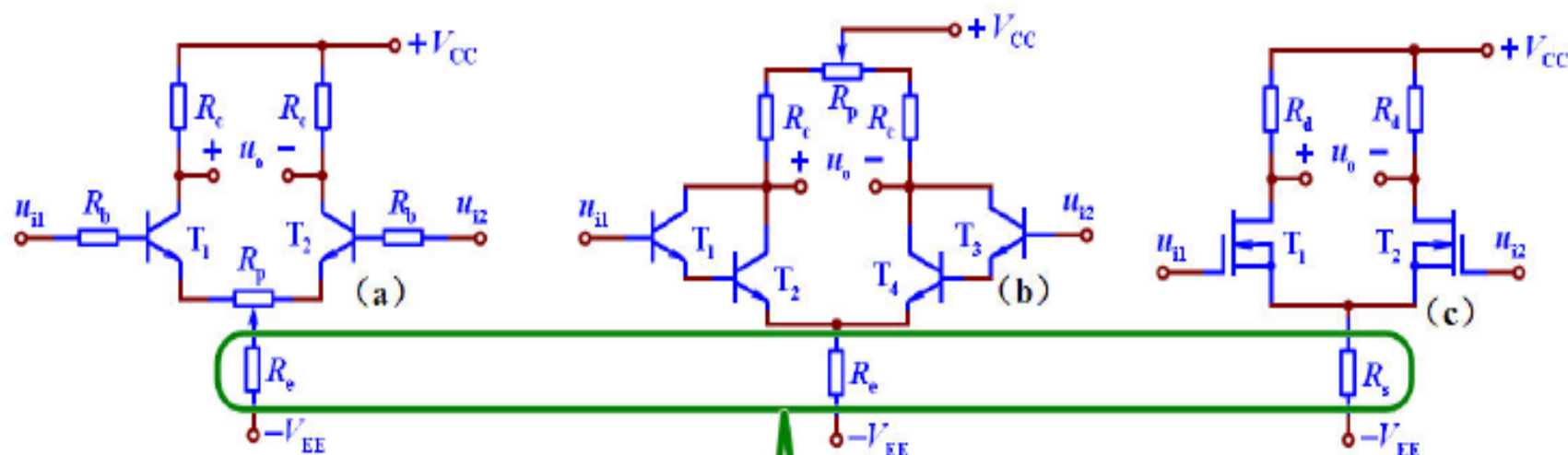
带射极电阻:  $U_{RLm} = \frac{R_L}{R_e + R_L} U_{om}$

对于OTL功放:  $V_{CC} \rightarrow \frac{V_{CC}}{2}$

# 集成运算放大电路

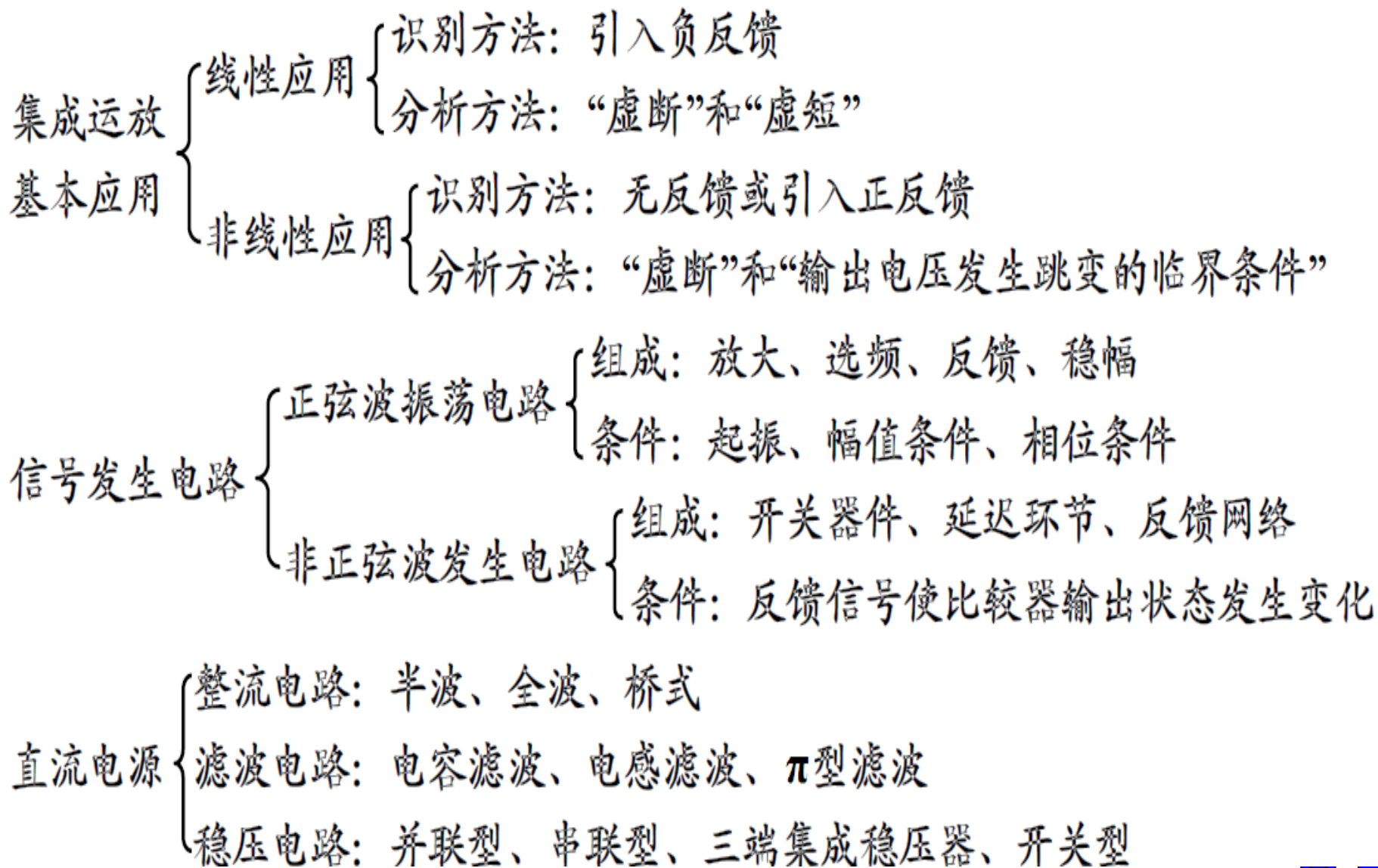
(1) 电流源电路：镜像电流源、微电流源、多路电流源

(2) 差动放大电路



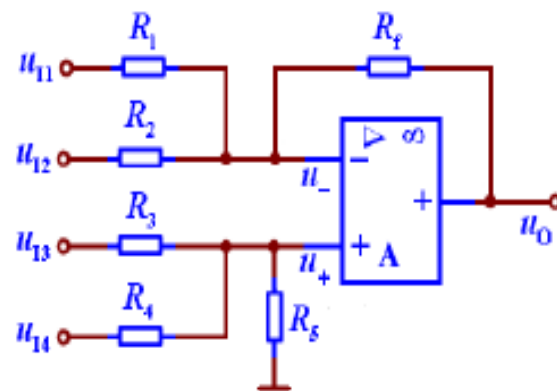
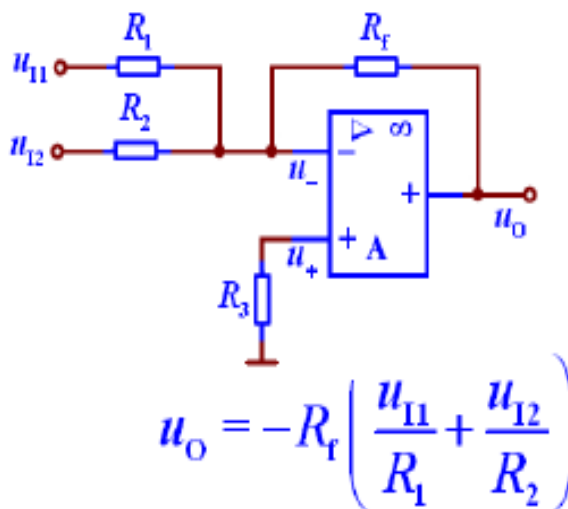
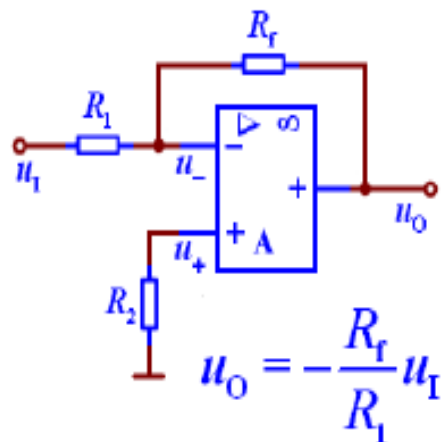
局部电路

# 集成运放、信号发生、直流电源（知识结构）



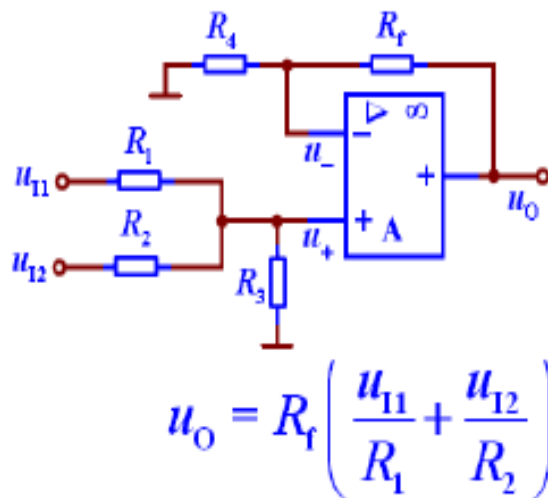
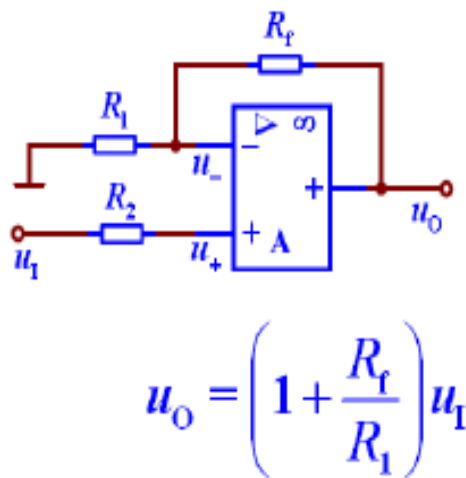
# 集成运放基本应用

(1) 信号运算电路——引入深度负反馈，列三个方程求解运算关系



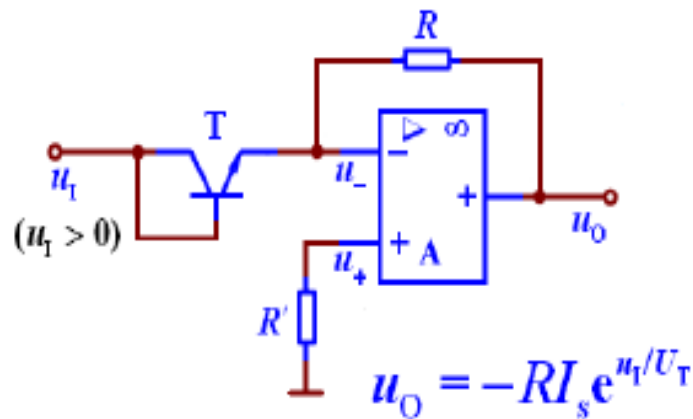
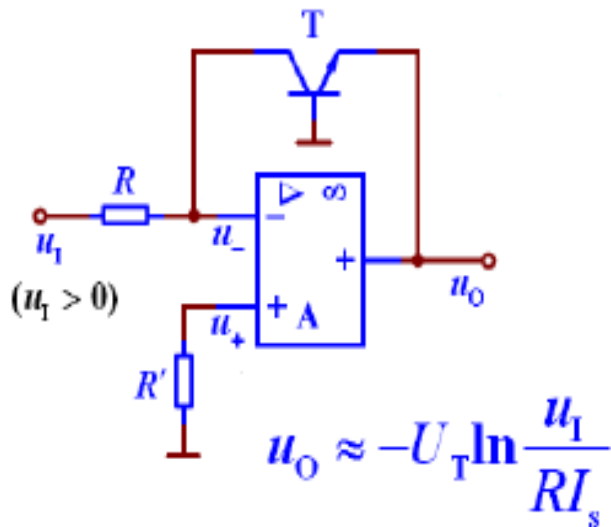
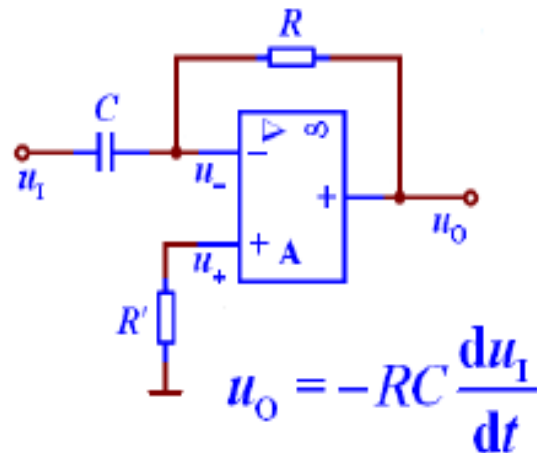
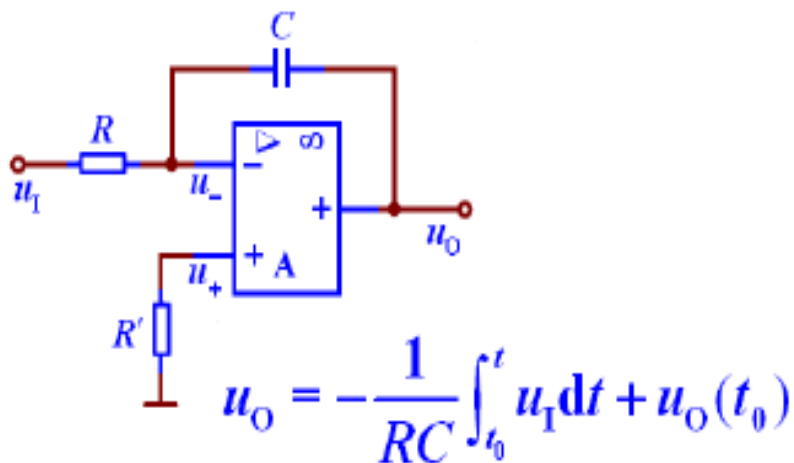
$$u_O = R_f \left( \frac{u_{I3}}{R_3} + \frac{u_{I4}}{R_4} - \frac{u_{I1}}{R_1} - \frac{u_{I2}}{R_2} \right)$$

(条件:  $R_+ = R_-$ )



# 集成运放基本应用

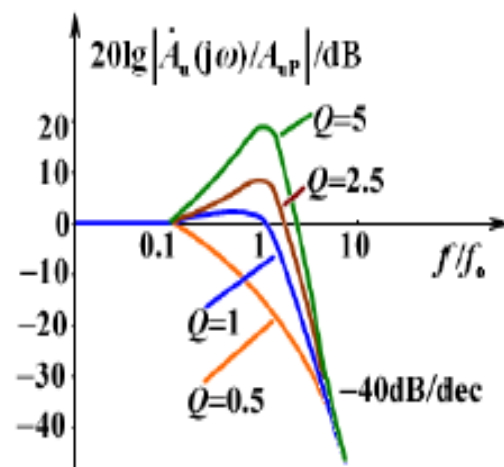
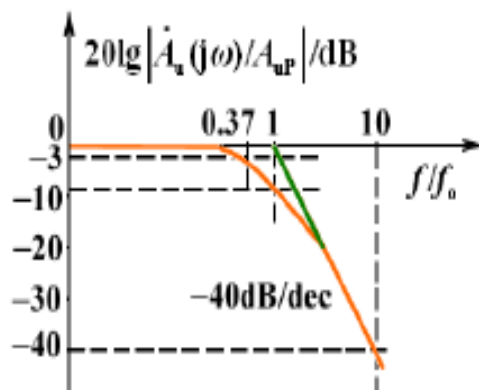
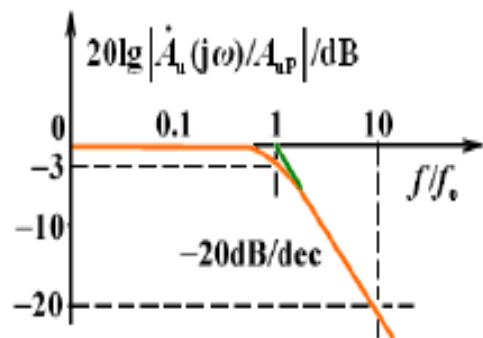
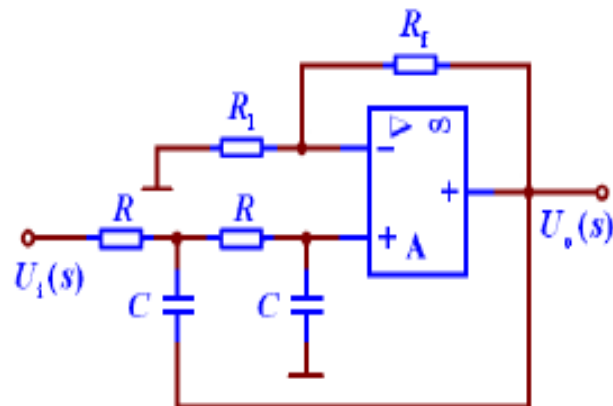
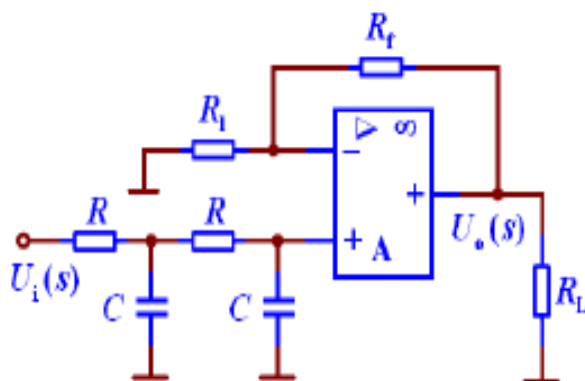
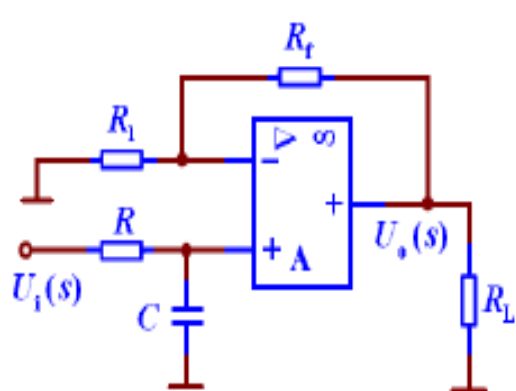
(1) 信号运算电路——引入深度负反馈，列三个方程求解运算关系



# 集成运放基本应用

(1) 信号运算电路——引入深度负反馈，列三个方程求解运算关系

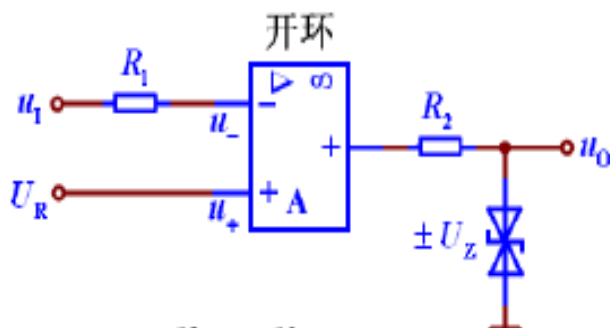
(2) 有源滤波电路——以负反馈为主，列三个方程和KCL方程求解传递函数





# 集成运放基本应用

- (1) 信号运算电路——引入深度负反馈，列三个方程求解运算关系
- (2) 有源滤波电路——以负反馈为主，列三个方程和KCL方程求解传递函数
- (3) 电压比较器——开环或引入正反馈，列三个方程求解阈值电压

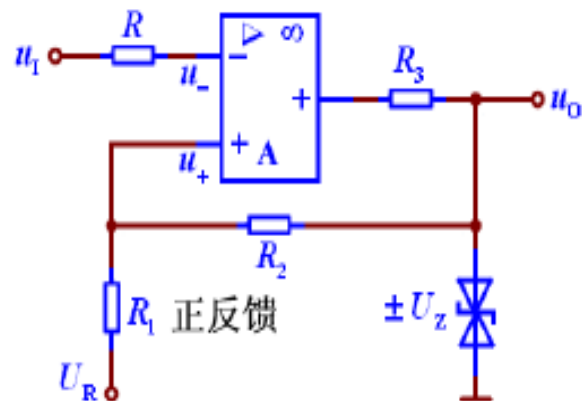


开环

虚断  $u_- = u_1$   
 $u_+ = U_R$

跳变条件  $u_- = u_+$

$U_{TH} = u_I = U_R$



正反馈

$$U_{TH} = u_1 = \frac{1}{R_1 + R_2} (R_2 U_R + R_1 u_O)$$

# 信号发生电路

## (1) 正弦波振荡电路

### ① RC正弦波振荡电路

文氏电桥振荡电路:

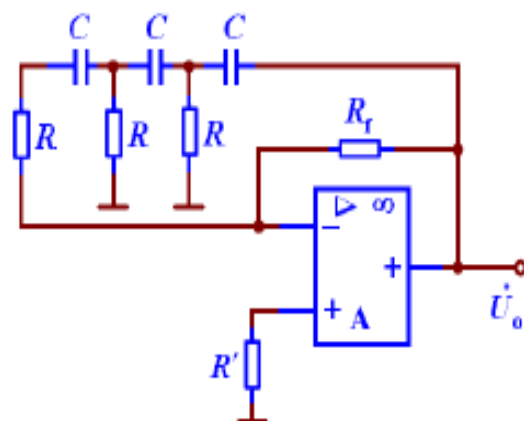
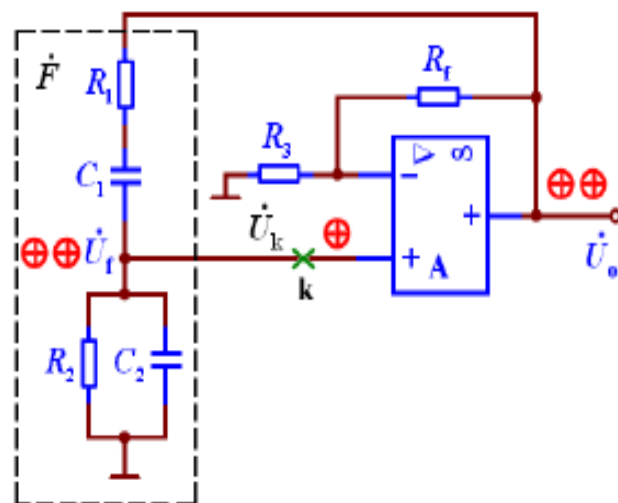
取  $R_1 = R_2 = R$ ,  $C_1 = C_2 = C$

$$\text{当 } \omega = \omega_0 \text{ 时 } \begin{cases} \varphi_F = 0^\circ, \varphi_A = 0^\circ, \varphi_{AF} = 0^\circ \\ |\dot{F}| = \frac{1}{3}, \text{ 由 } |\dot{A}\dot{F}| > 1 \text{ 得 } 1 + \frac{R_1}{R_3} > 3 \end{cases}$$

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi RC}$$

RC移相式正弦波振荡电路:

$$\left. \begin{array}{l} \varphi_A = -180^\circ \\ \varphi_F = 0 \sim 270^\circ \end{array} \right\} \varphi_{AF} = -180^\circ \sim 90^\circ. f_0 \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{6}RC}$$

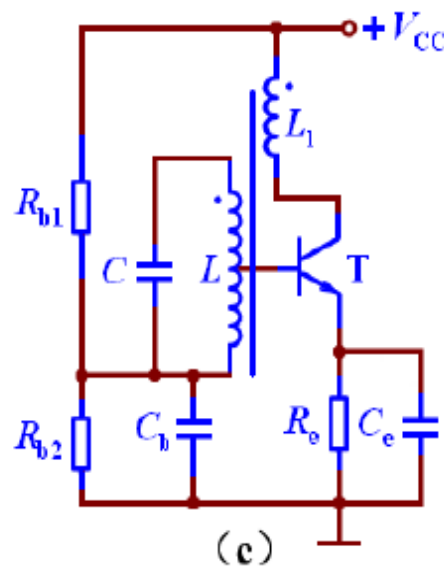
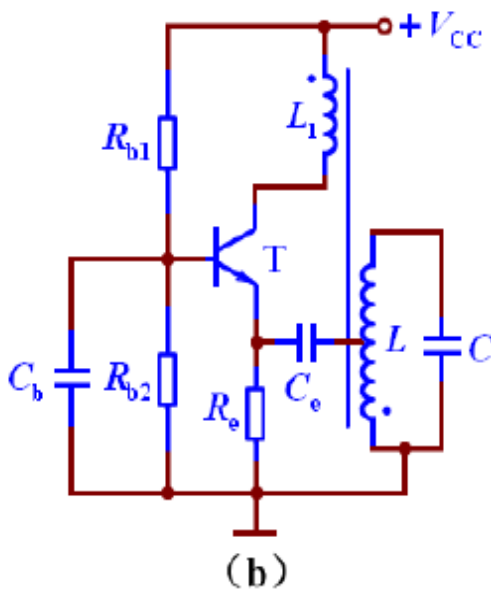
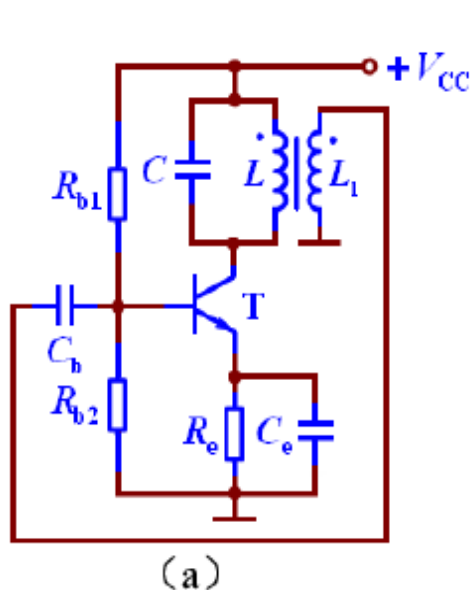


# 集成运放基本应用

## (1) 正弦波振荡电路

### ① $RC$ 正弦波振荡电路    ② $LC$ 正弦波振荡电路

#### 变压器反馈式振荡电路



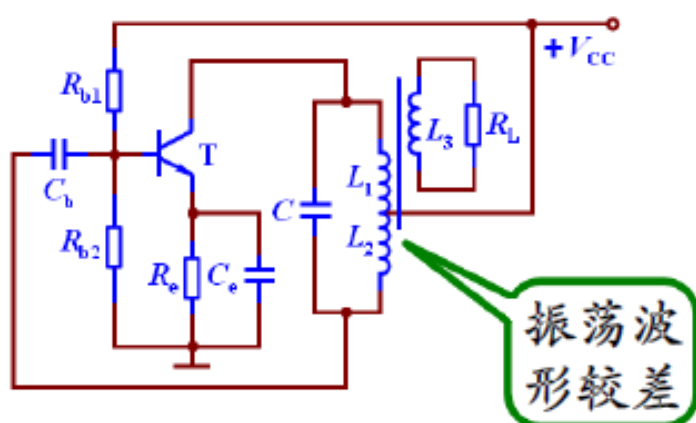
只有同名端接线正确，才能满足相位平衡条件。  $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

## 信号发生电路

### (1) 正弦波振荡电路

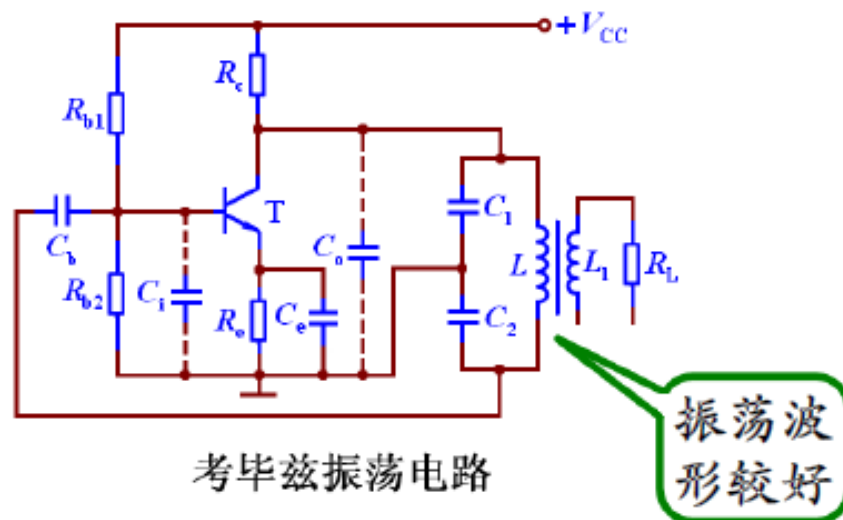
#### ① RC正弦波振荡电路 ② LC正弦波振荡电路

#### 三点式振荡电路



哈特莱振荡电路

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_1 + L_2 + 2M)C}}$$



考毕兹振荡电路

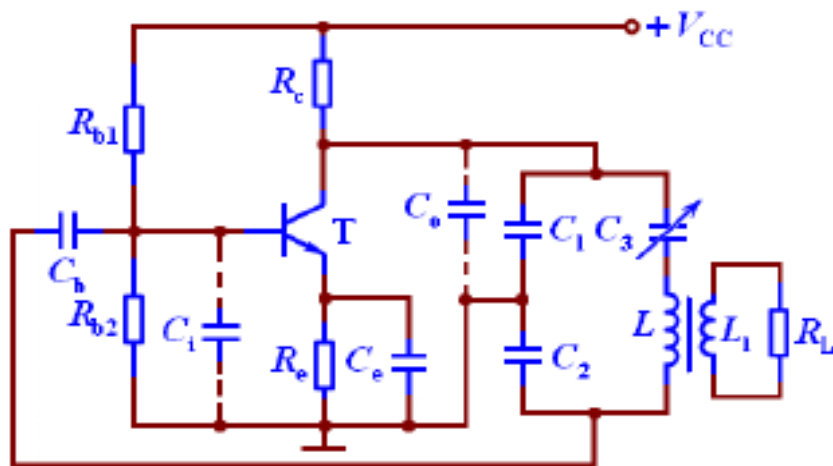
$$f_0 \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_1C_2/(C_1 + C_2)}}$$

# 集成运放基本应用

## (1) 正弦波振荡电路

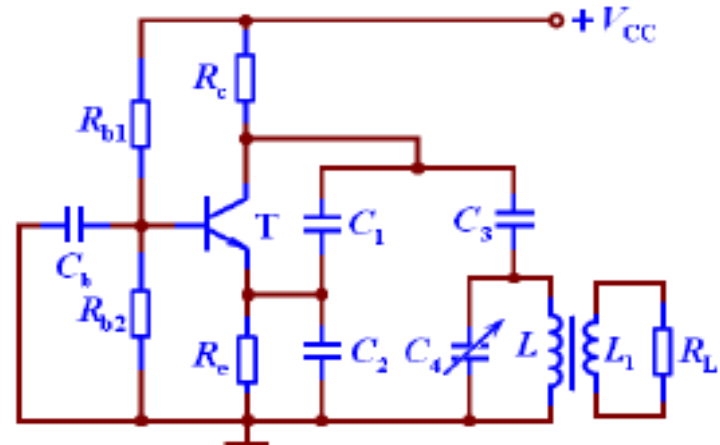
### ① RC正弦波振荡电路 ② LC正弦波振荡电路

#### 改进型三点式振荡电路



克拉泼振荡电路

$$f_o \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{LC_3}}$$



西勒振荡电路

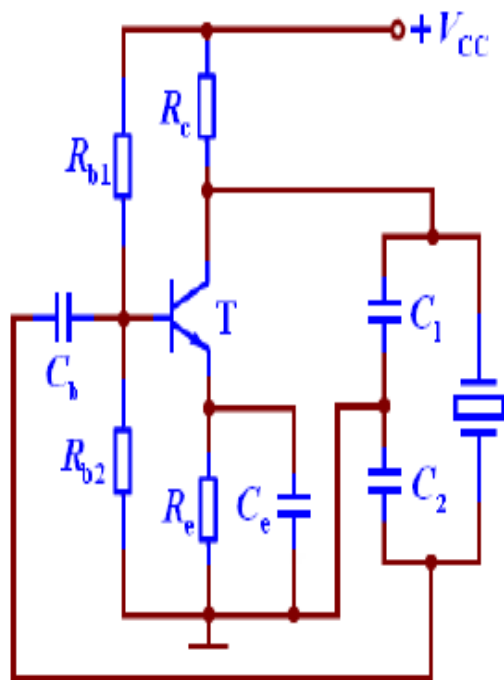
$$f_o \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{L(C_3 + C_4)}}$$

振荡频率不仅可调，而且稳定

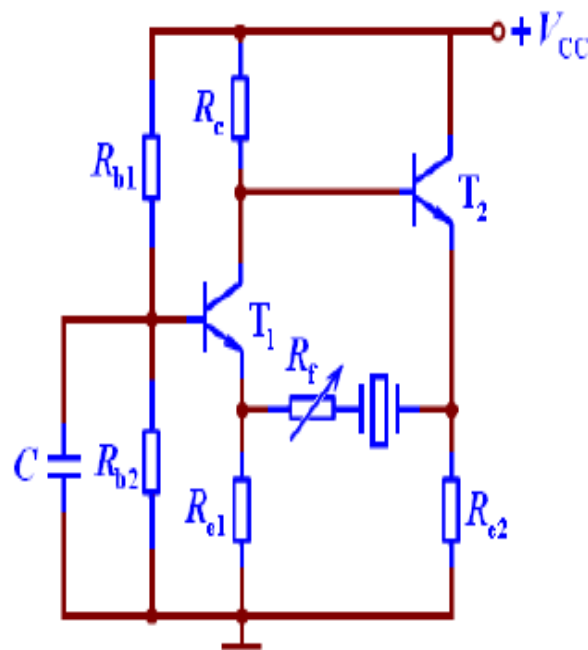
# 集成运放基本应用

## (1) 正弦波振荡电路

- ①  $RC$ 正弦波振荡电路    ②  $LC$ 正弦波振荡电路    ③ 石英晶体振荡电路



并联型晶体振荡电路



串联型晶体振荡电路



# 集成运放基本应用

(1) 正弦波振荡电路

(2) 非正弦波发生电路

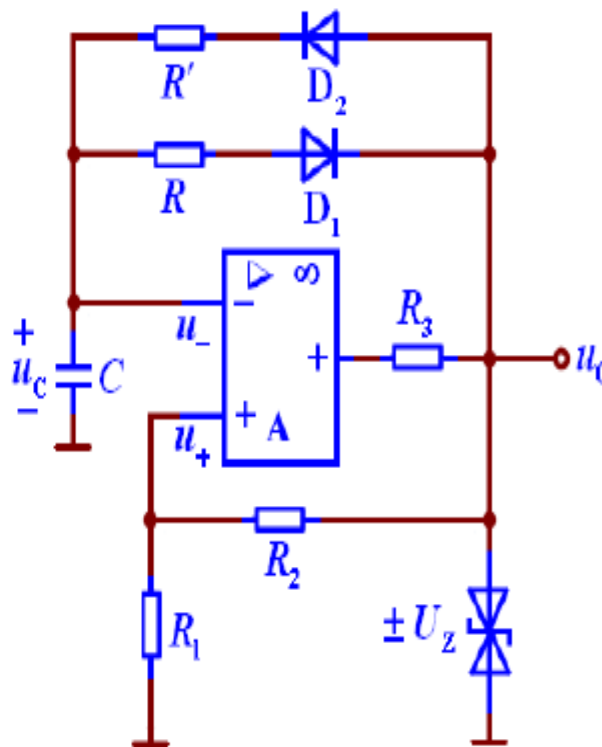
① 方波和矩形波发生电路

方波发生电路

$$\begin{cases} \text{峰峰值 } U_{Op-p} = 2U_Z \\ \text{振荡周期 } T = 2RC \ln \left( 1 + \frac{2R_1}{R_2} \right) \end{cases}$$

矩形波发生电路

$$\begin{cases} \text{峰峰值 } U_{Op-p} = 2U_Z \\ \text{振荡周期 } T = (R' + R)C \ln \left( 1 + \frac{2R_1}{R_2} \right), \text{ 占空比 } \frac{T_H}{T} = \frac{R}{R + R'} \end{cases}$$



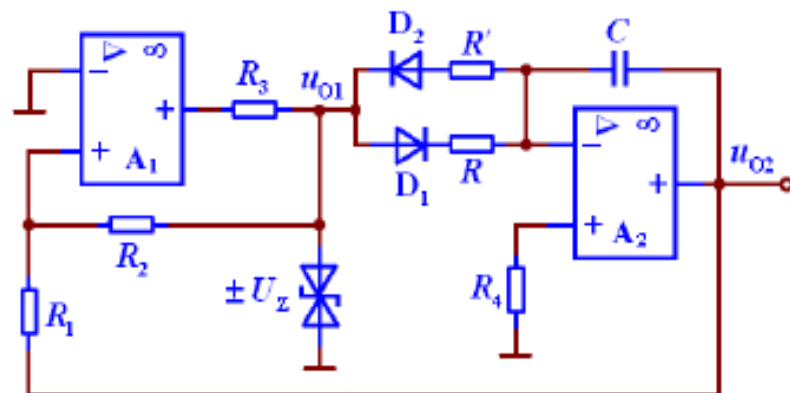
# 集成运放基本应用

(1) 正弦波振荡电路

(2) 非正弦波发生电路

① 方波和矩形波发生电路

② 三角波和锯齿波发生电路



$$\text{振荡周期} \begin{cases} \text{三角波 } T = 4RC \frac{R_1}{R_2} \\ \text{锯齿波 } T = 2(R + R')C \frac{R_1}{R_2} \end{cases}$$

$$\text{峰峰值 } U_{\text{op-p}} = 2 \frac{R_1}{R_2} U_Z$$

记忆 方法	方波 $T = 2RC \ln \left( 1 + \frac{2R_1}{R_2} \right)$	→	三角波 $T = 4RC \frac{R_1}{R_2}$
	矩形波 $T = (R' + R)C \ln \left( 1 + \frac{2R_1}{R_2} \right)$		锯齿波 $T = 2(R + R')C \frac{R_1}{R_2}$

# 直流电源

## (1) 单相整流与滤波电路

### 三种单相整流电容滤波电路的比较

电路名称	输出电压平均值 $U_{O(AV)}$		每个整流管的 最大反向电压 $U_{RM}$		每个整流管的 平均电流 $I_{D(AV)}$	
	整流 电路	电容滤波	整流电路	电容滤波		
		$R_L$ 开路				带有 $R_L$
半波	$0.45U_2$	$\sqrt{2}U_2$	$U_2$	$\sqrt{2}U_2$	$2\sqrt{2}U_2$	$I_{O(AV)}$
全波	$0.9U_2$	$\sqrt{2}U_2$	$1.2U_2$	$2\sqrt{2}U_2$	$2\sqrt{2}U_2$	$I_{O(AV)}/2$
桥式	$0.9U_2$	$\sqrt{2}U_2$	$1.2U_2$	$\sqrt{2}U_2$	$\sqrt{2}U_2$	$I_{O(AV)}/2$

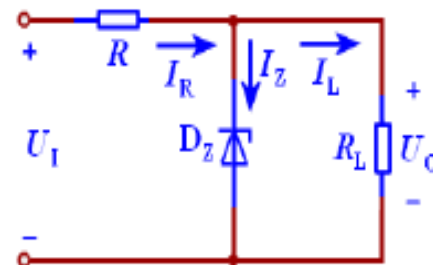
# 稳压管并联型、串联型稳压电路



## (1) 单相整流与滤波电路

## (2) 稳压电路

### ① 并联型稳压电路

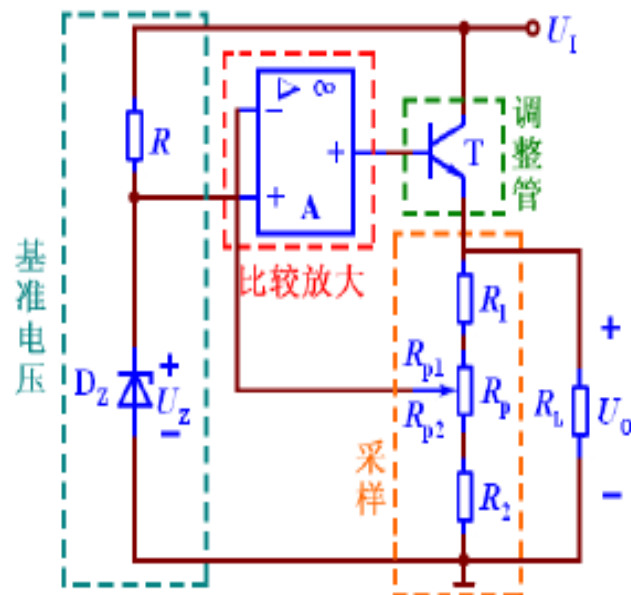


由稳压二极管和限流电阻组成。电路的

稳压是由 $I_Z$ 的调节作用和限流电阻电压 $U_R$ 的补偿作用实现的。

### ② 串联型稳压电路

仍由采样电路、基准电路、比较放大电路和调整环节组成，属于电压串联负反馈。输出电压的稳定是依靠调节调整管的管压降 $U_{CE}$ 来实现的。



# 三端稳压直流电源

(1) 单相整流与滤波电路

(2) 稳压电路

③ 三端集成稳压器

三端集成稳压器的对比

功能	输出正、负电压	特点
固定式	78系列输出正电压	$\pm 5V$ 、 $\pm 6V$ 、 $\pm 9V$ 、 $\pm 12V$ 、 $\pm 15V$ 、 $\pm 18V$ 、 $\pm 24V$
	79系列输出负电压	
可调式	W117、W217、W317输出正电压	输出端与可调端之间存在1.25V的电压
	W137、W237、W337输出负电压	

④ 串联开关型稳压电路

调整管工作在开关状态。它是通过控制调整管导通和截止的时间来稳压的。