

正弦波振荡电路组成

- 放大电路：实现能量的控制
运算放大器/三极管等
- 选频网络：产生单一频率振荡
RC/LC/石英晶振电路等
- 正反馈网络：使输入信号为反馈信号
通常与选频网络合二为一
- 稳幅电路：非线性环节，稳定输出
晶体管和运放的非线性

(1) 相位条件:

$$\varphi = \varphi_A + \varphi_F = 2n\pi$$

$$(n=0,1,2 \dots)$$

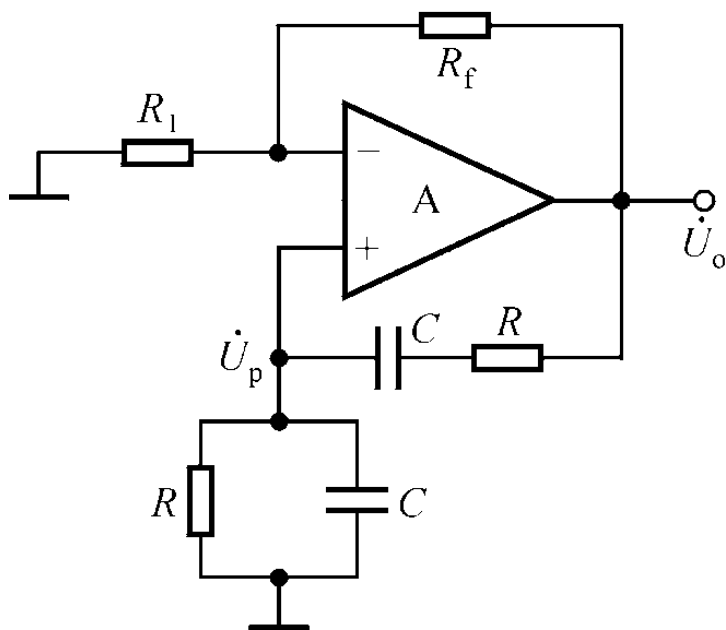
(2) 幅度条件:

$$|AF| = 1$$

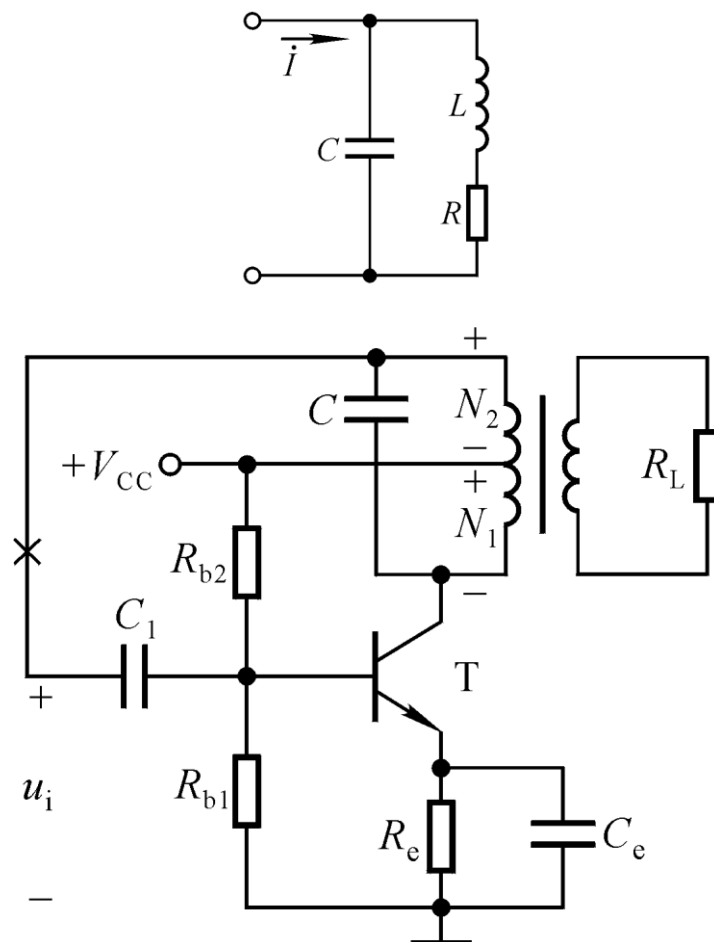
起振条件:

$$|AF| > 1$$

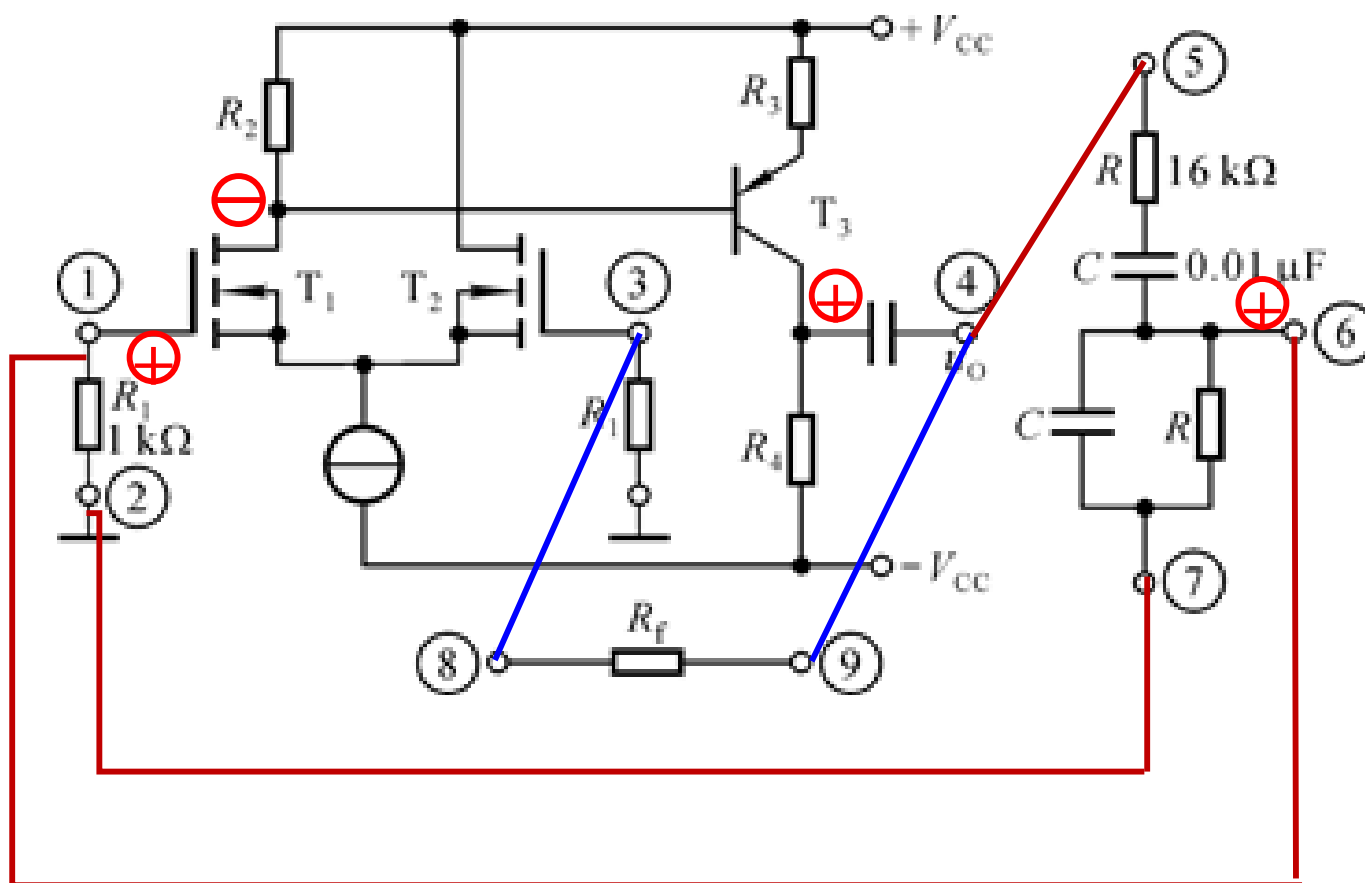
RC 正弦波振荡电路



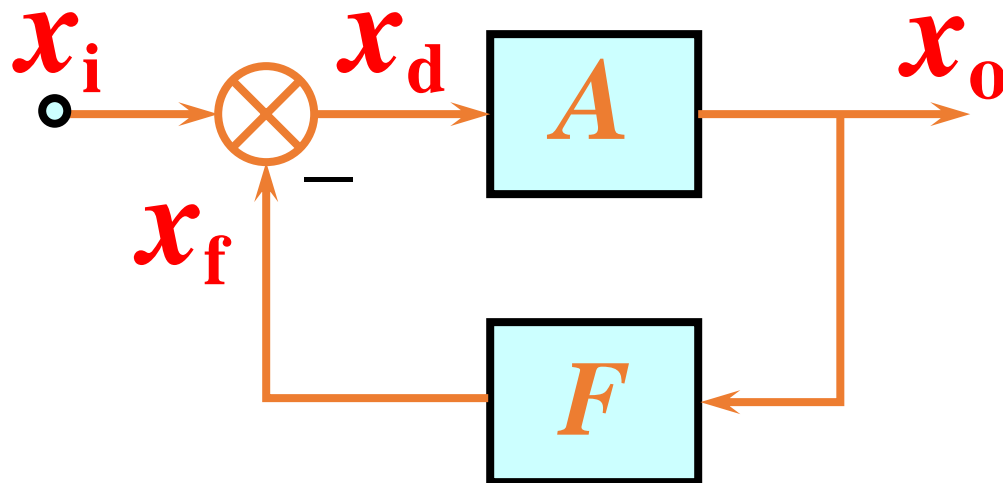
LC 正弦波振荡电路



例：将下图所示电路合理连线，组成RC桥式正弦波振荡电路



5.6 负反馈放大电路的自激振荡



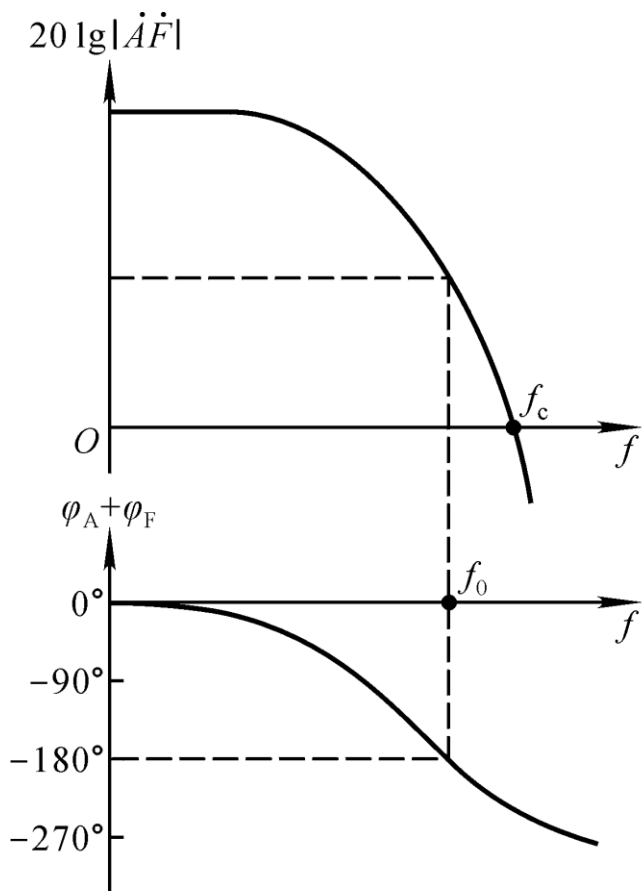
负反馈放大电路
自激振荡条件

$$\begin{cases} |AF| = 1 \\ \phi_A + \phi_F = (2n+1)\pi, \quad n \in \mathbf{Z} \end{cases}$$

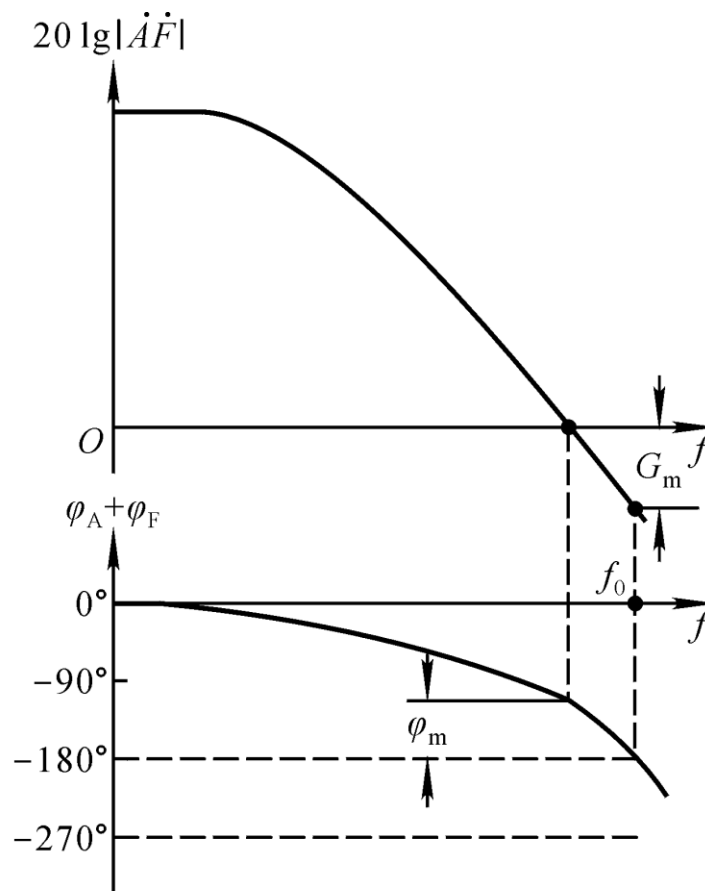
5.6 负反馈放大电路的自激振荡

负反馈放大电路
自激振荡条件

$$\begin{cases} |AF| = 1 \\ \phi_A + \phi_F = (2n+1)\pi, \quad n \in \mathbf{Z} \end{cases}$$



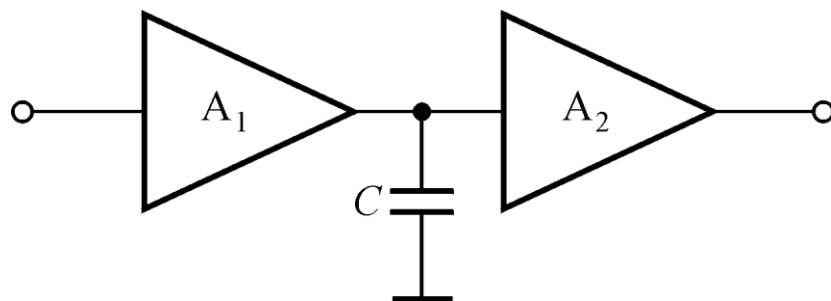
(a)



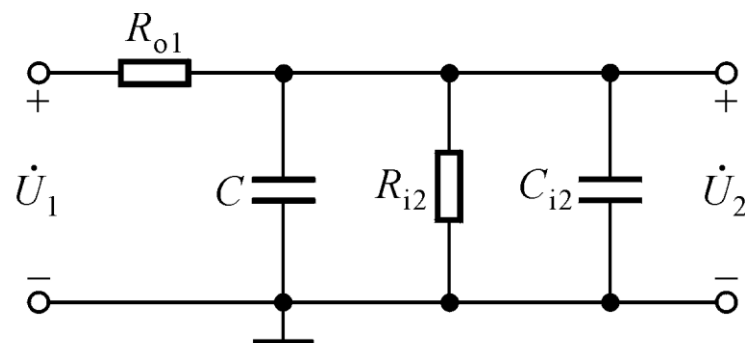
(b)

5.6 负反馈放大电路的自激振荡

自激振荡的消除



(a)

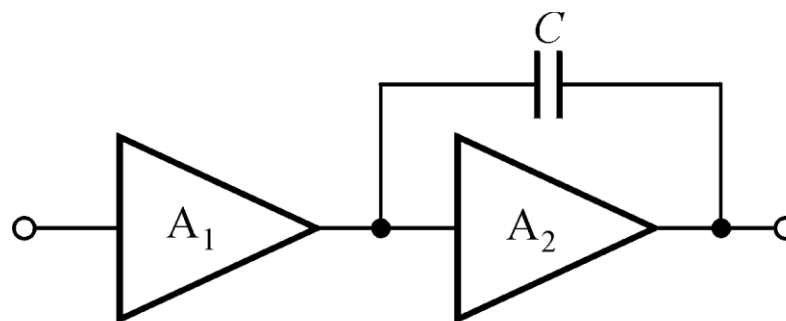


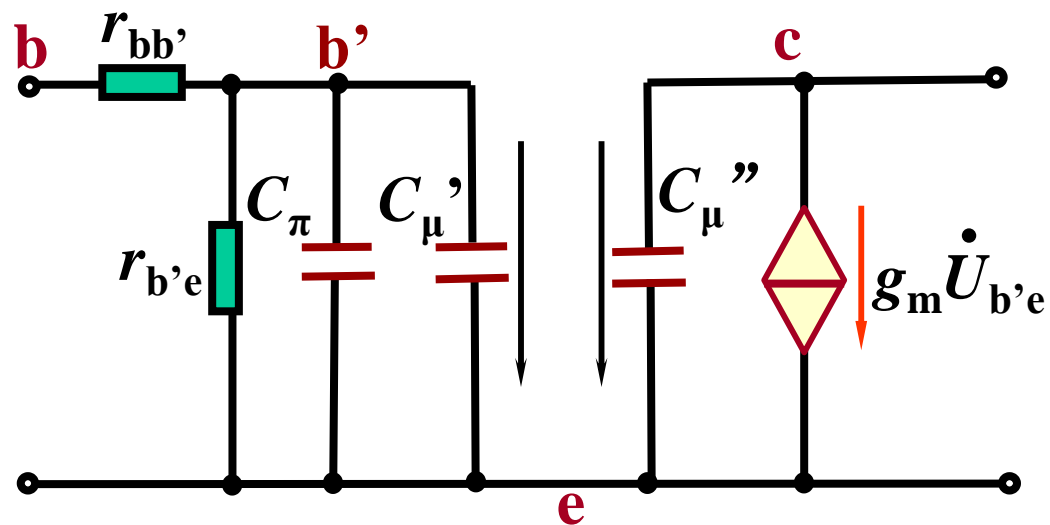
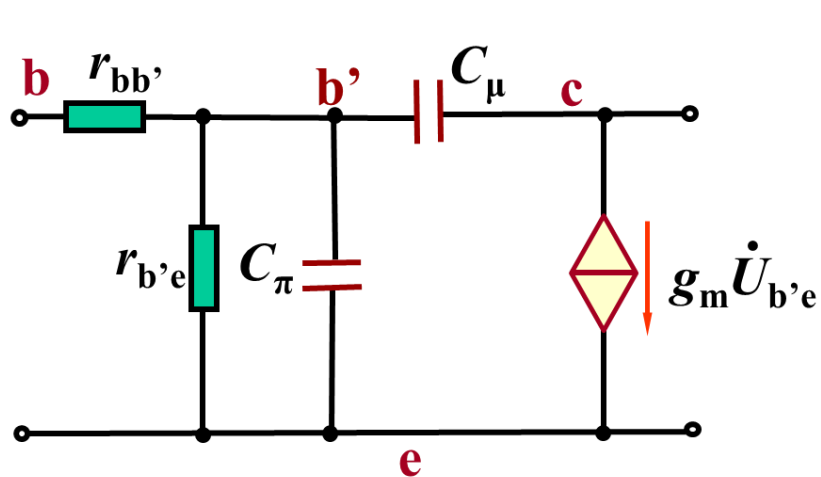
(b)

密勒效应补偿

$$C_{\mu}' = (1 - K)C_{\mu}$$

密勒效应





$$K = \frac{\dot{U}_{ce}}{\dot{U}_{b'e}}$$

$$C_{\mu}' = (1 - K)C_{\mu}$$

密勒效应

$$C_{\mu}'' = \frac{K - 1}{K}C_{\mu}$$

电容小，容抗大
可忽略

5.6 负反馈放大电路的自激振荡

例：如图（a）所示放大电路环路增益的对数幅频特性如图（b）所示

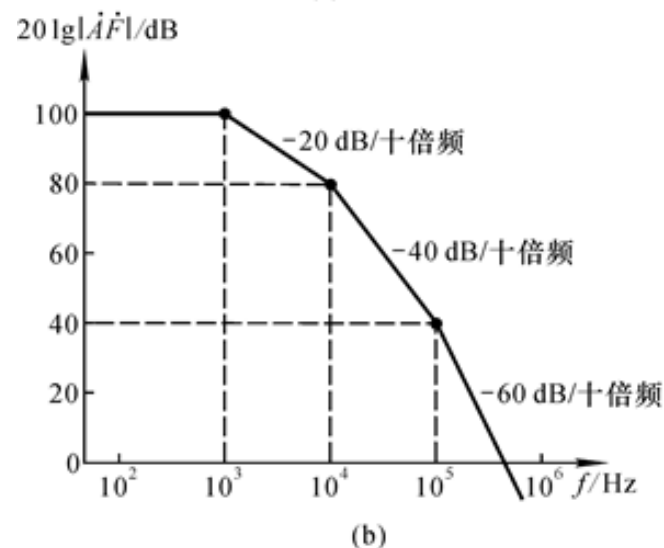
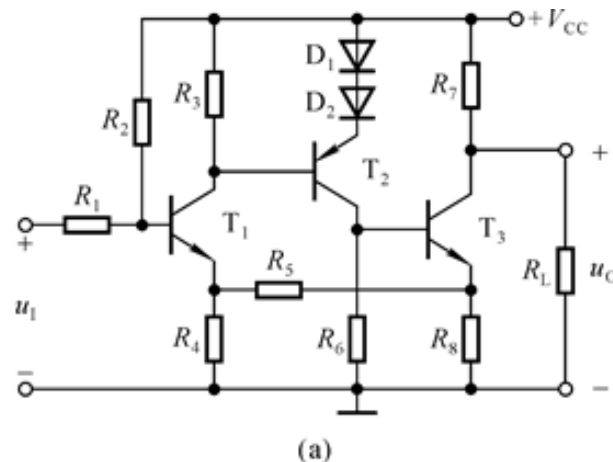
（1）判断该电路是否会产生自激振荡？简述理由。

（2）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？

解：（1）电路会产生自激振荡。

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 $|AF| > 0$

（2）可在晶体管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。



7.2.1 电压比较器概述

电压比较器

对输入信号进行鉴幅与比较的电路，是组成非正弦波发生电路的基本单元；在测量和控制系统中有着广泛的应用，如报警电路。

电压传输特性：输出电压 u_o 与输入电压 u_i 的函数关系 $u_o = f(u_i)$ 用曲线来描述，其中 u_i 是模拟信号； u_o 是比较结果，是高电平和低电平表示的二值信号。

三要素：

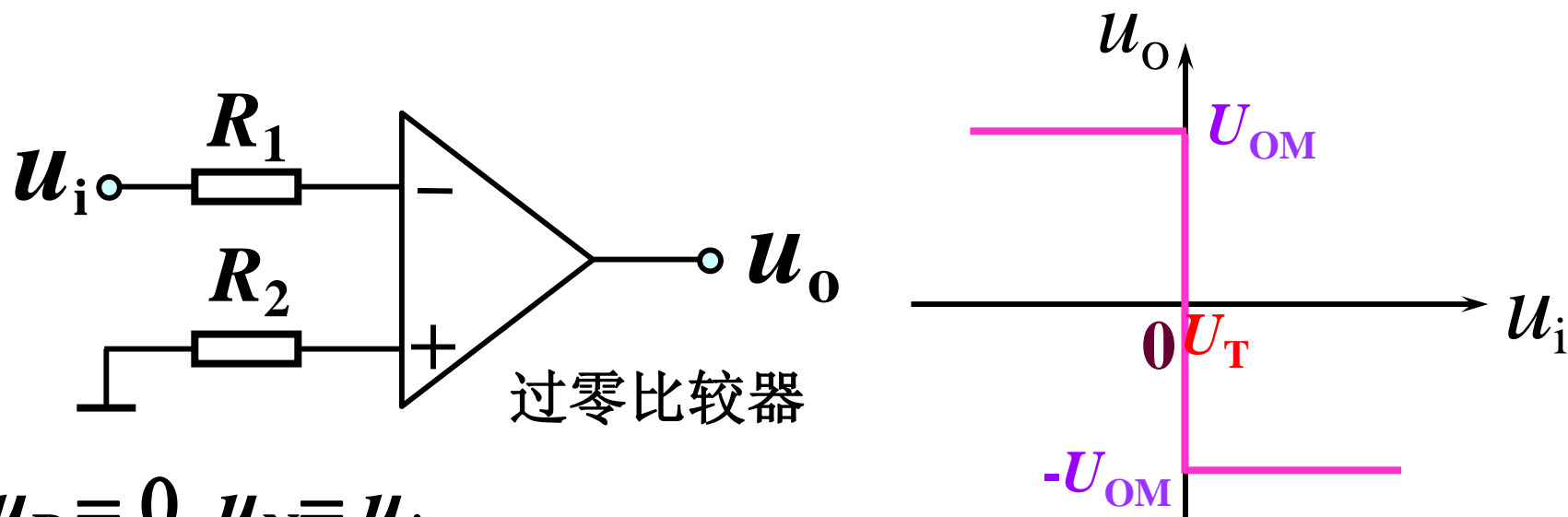
输出电压的高低电平 U_{OH} 和 U_{OL} ；

阈值电压 U_T （使输出电压发生跃变的输入电压）

u_i 变化经过 U_T 时 u_o 的跃变方向。

集成运放处于开环状态或仅引入正反馈

7.2.2 单限比较器



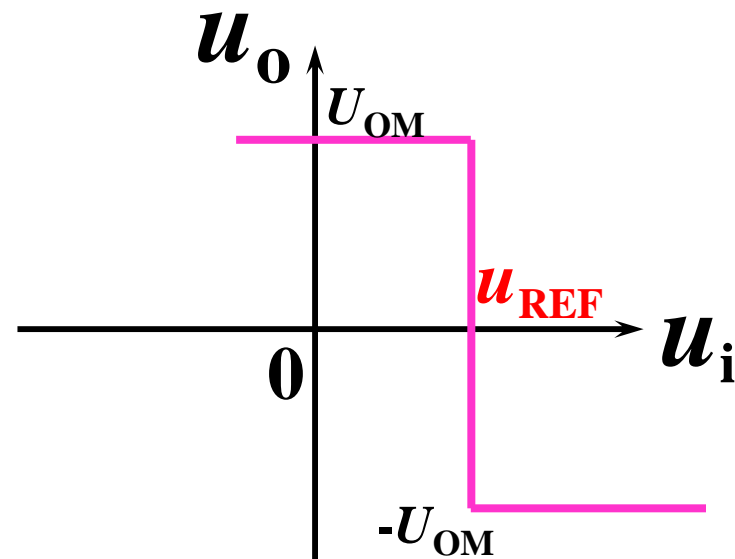
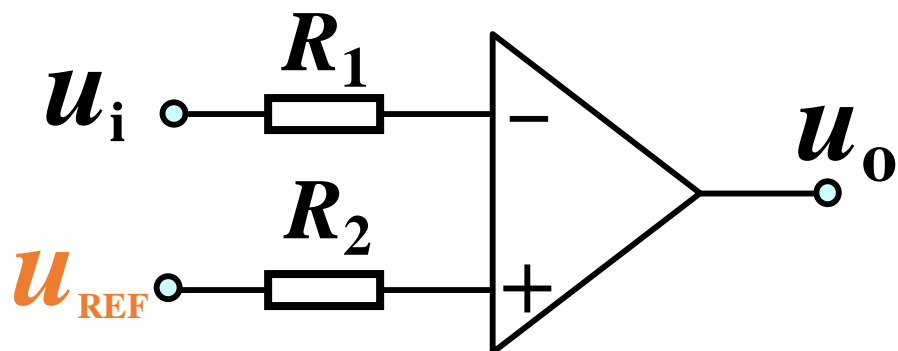
$$u_P = 0, u_N = u_i$$

当 $u_i < 0$ 时, $u_N < u_P$, $u_O = +U_{OM}$

当 $u_i > 0$ 时, $u_N > u_P$, $u_O = -U_{OM}$

u_o 翻转时所对应的 u_i 称门限电压或阈值电压, 记为 U_T

7.2.2 单限电压比较器



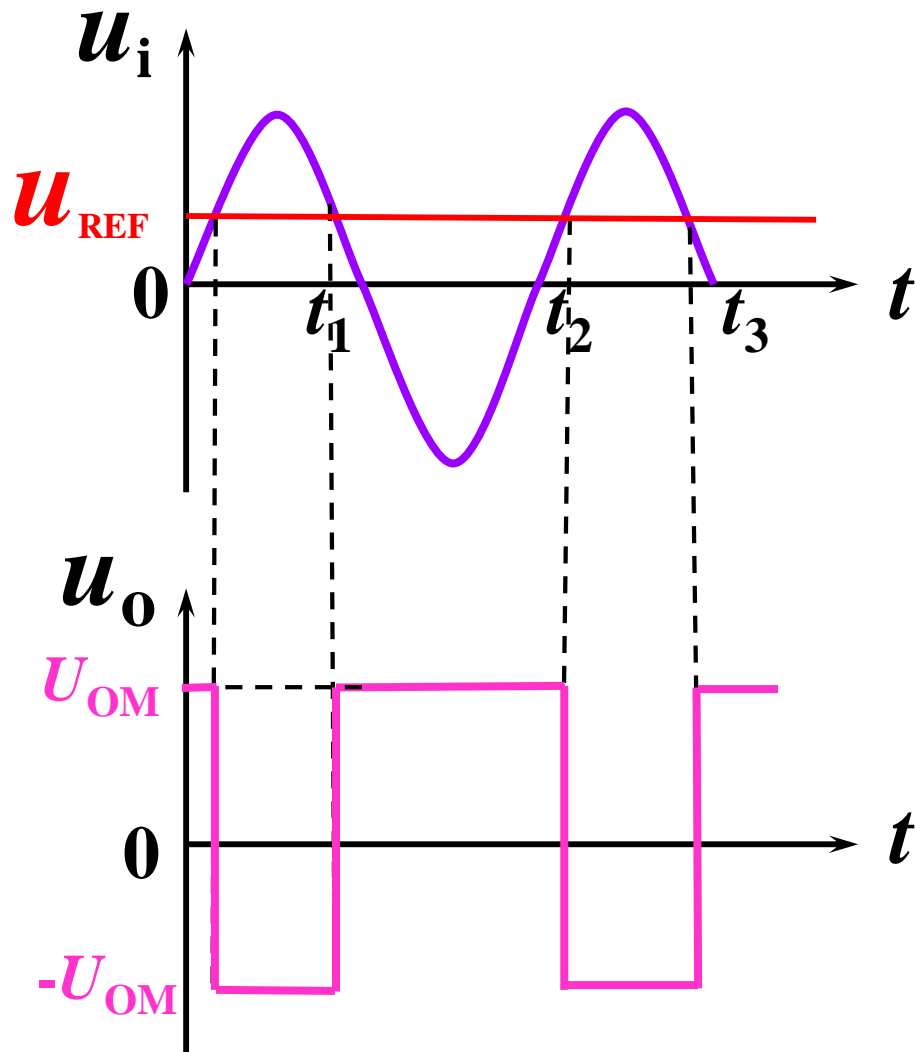
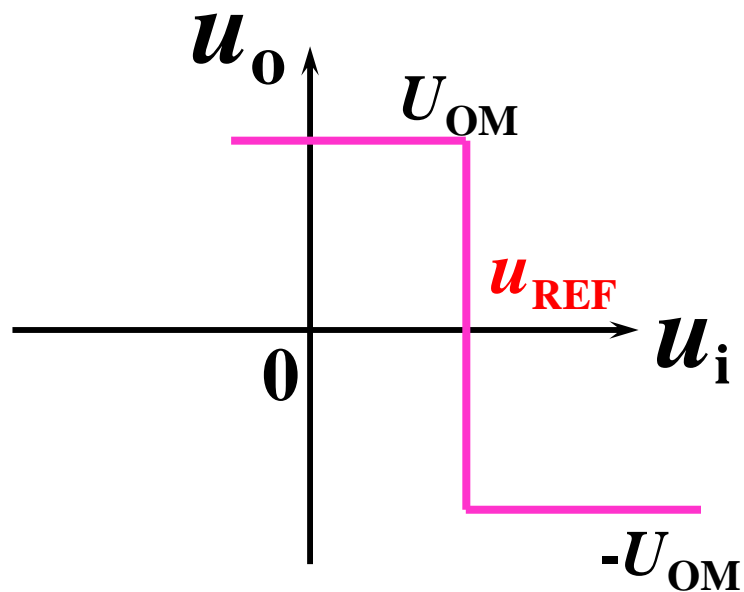
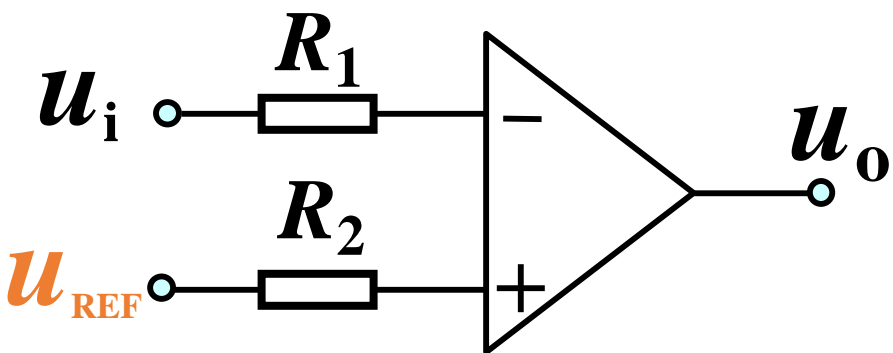
$$u_P = u_{REF}, u_N = u_i$$

当 $u_i < u_{REF}$ 时, $u_N < u_P$, $u_O = +U_{OM}$

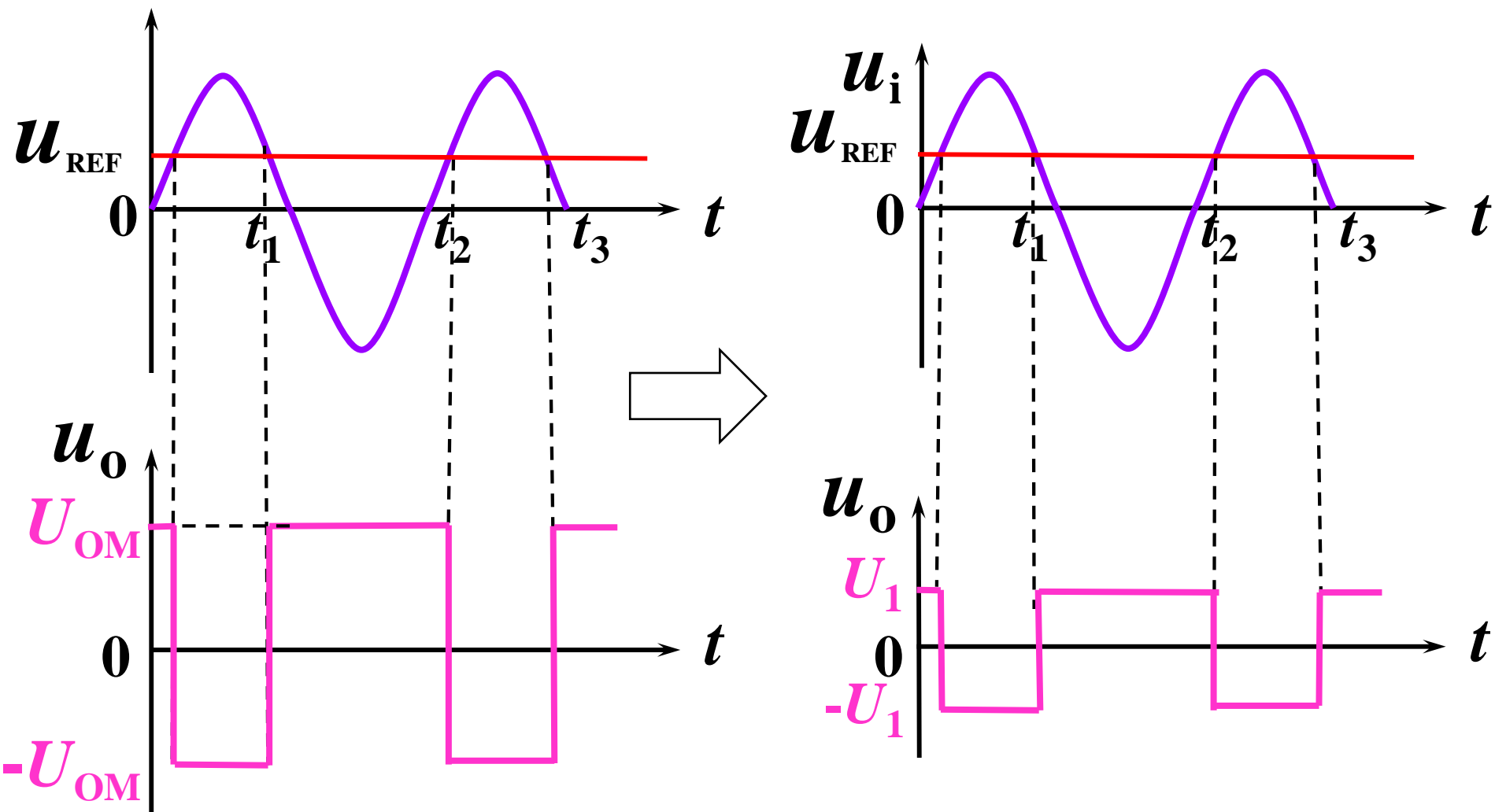
当 $u_i > u_{REF}$ 时, $u_N > u_P$, $u_O = -U_{OM}$

$$U_T = u_{REF}$$

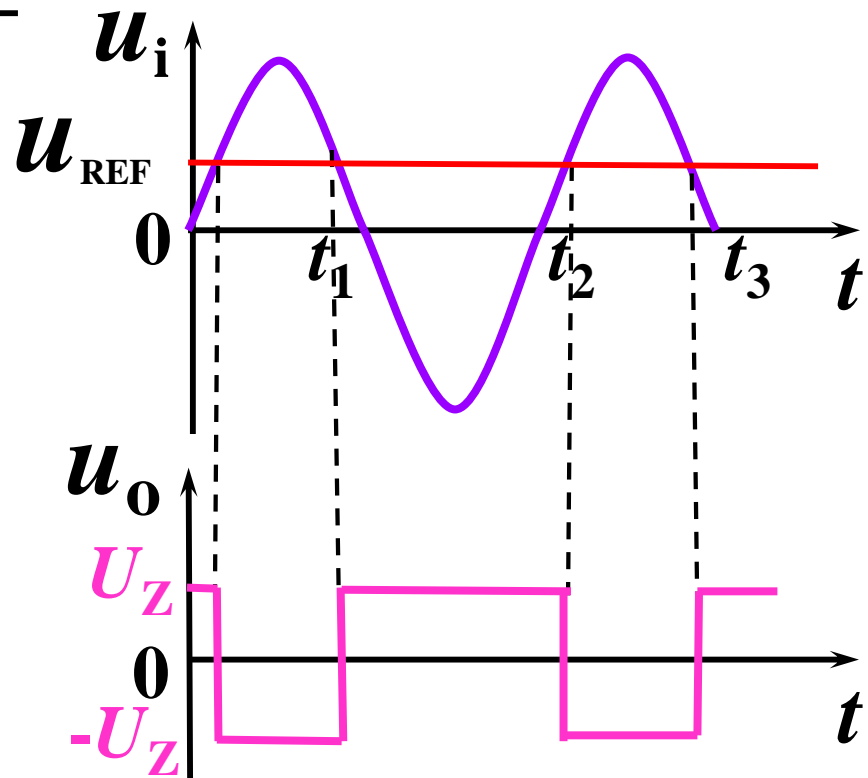
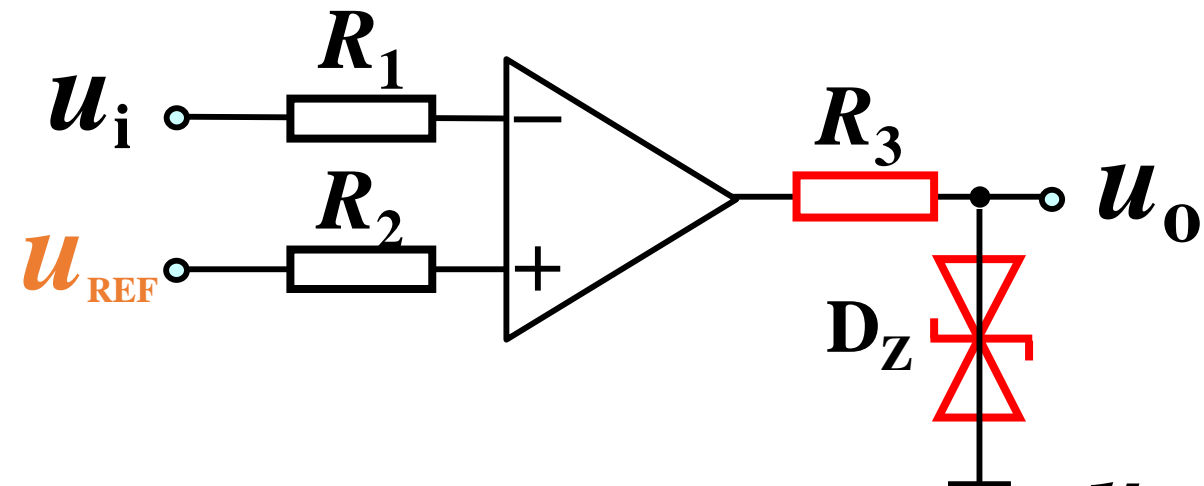
7.2.2 单限比较器



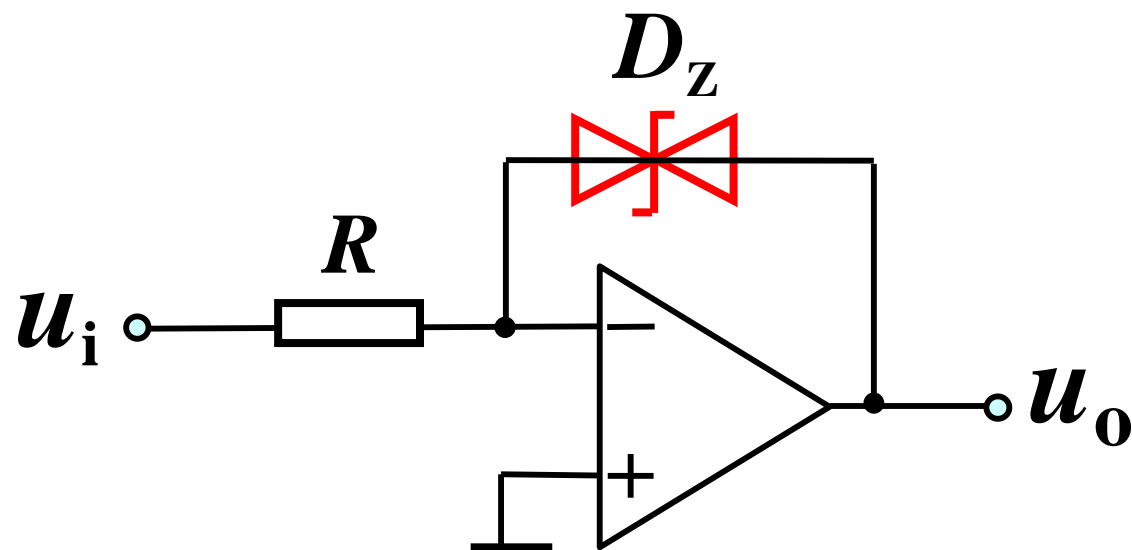
7.2.2 单限比较器



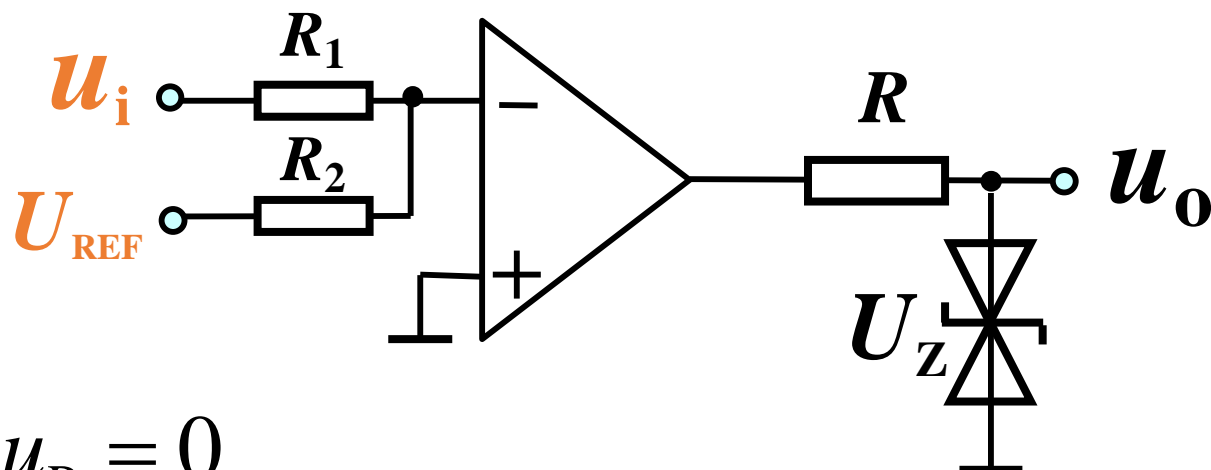
7.2.2 单限比较器



7.2.2 单限比较器



7.2.2 单限比较器

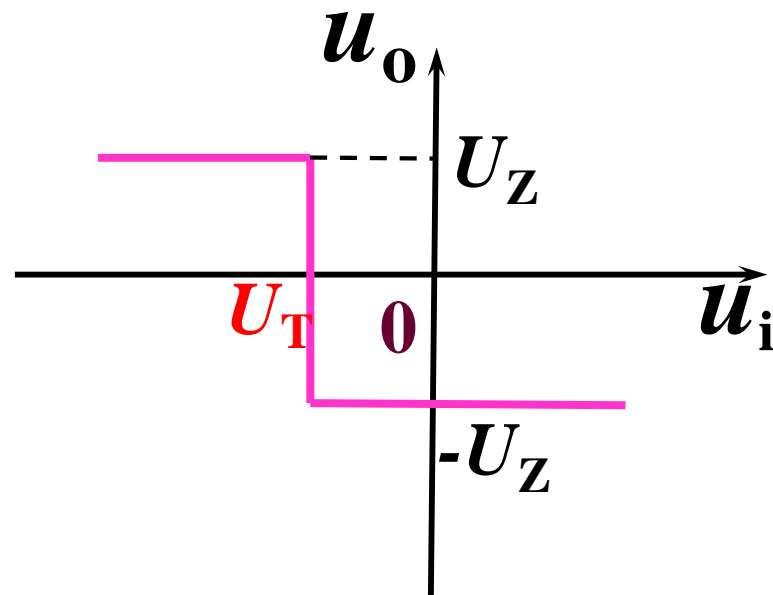


$$u_P = 0$$

$$u_N = u_i \frac{R_2}{R_F + R_2} + U_{\text{REF}} \frac{R_1}{R_F + R_2}$$

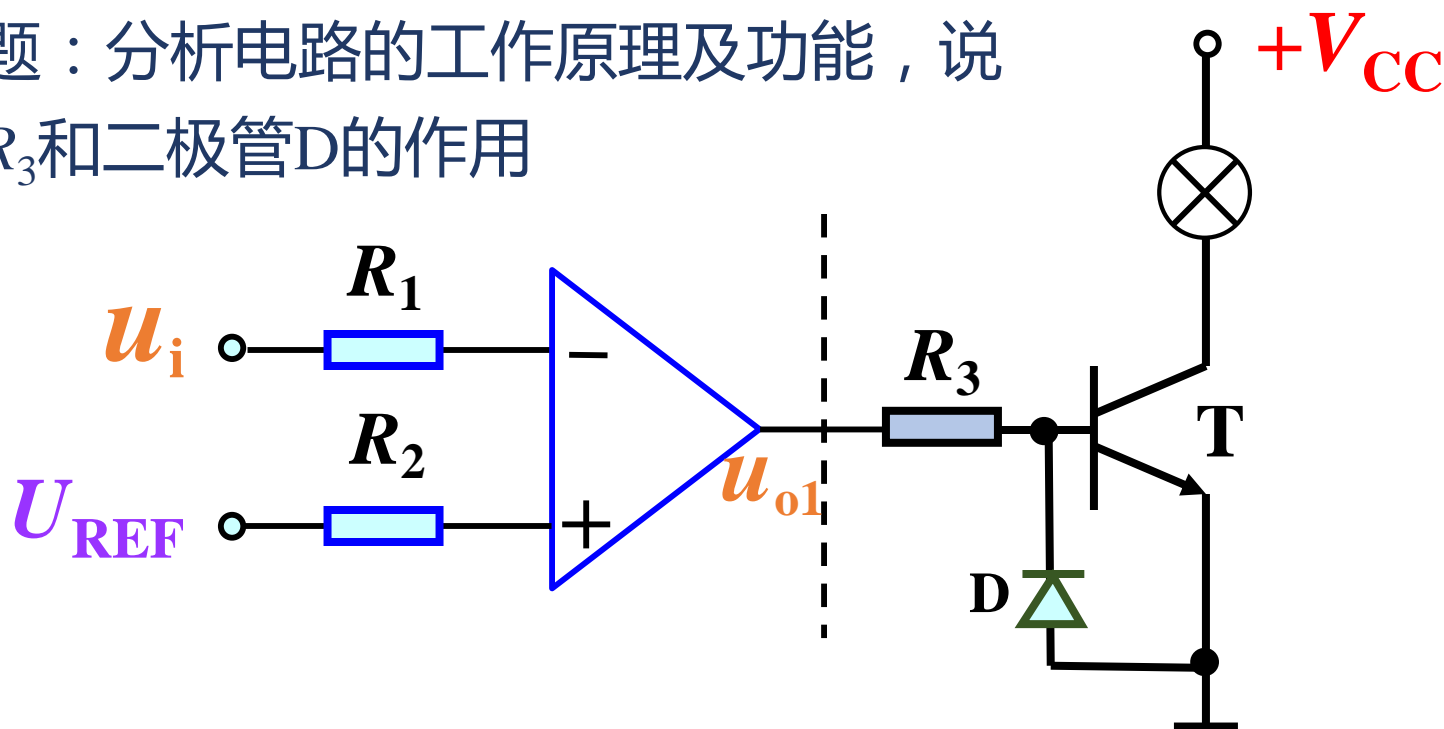
$$U_T = -U_{\text{REF}} \frac{R_1}{R_2}$$

当 $u_i > U_T$ 时, $u_O = -U_Z$;
当 $u_i < U_T$ 时, $u_O = +U_Z$ 。



7.2.2 单限比较器

例题：分析电路的工作原理及功能，说明 R_3 和二极管D的作用



$u_i < U_{REF}$ $u_{o1} = 0$ D导通，T截止，灯不亮

$u_i > U_{REF}$ $u_{o1} = 1$ D截止，T饱和，灯亮

报警电路