



核心专业课
B3I493220

微电子器件实验

彭守仲

北京航空航天大学 集成电路学院

第一馆203办公室 shouzhong.peng@buaa.edu.cn

2020年12月21日

回顾：指数运算和对数运算电路

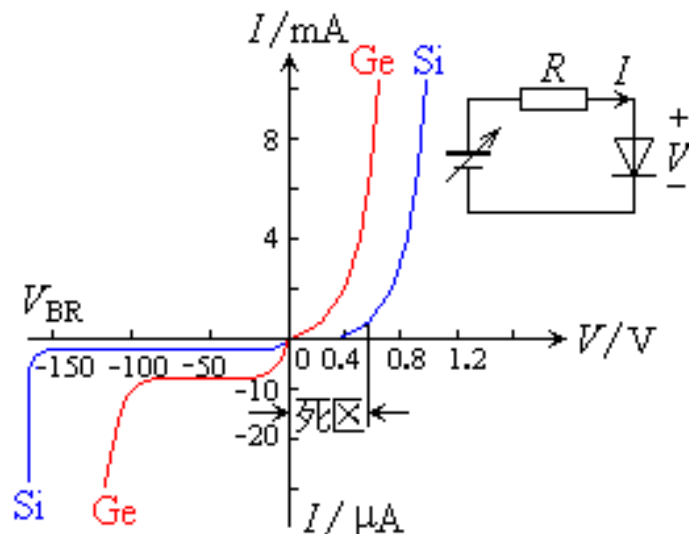


■ 二极管的直流特性

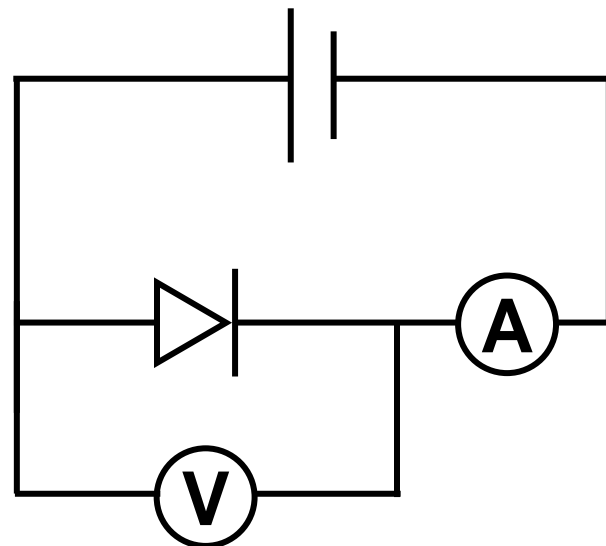
$$i_D \approx I_S e^{\frac{u_D}{U_T}}$$

$I_S < 0.1 \mu\text{A}$: 反向饱和电流

$U_T \approx 26\text{mV}$: 温度的电压当量

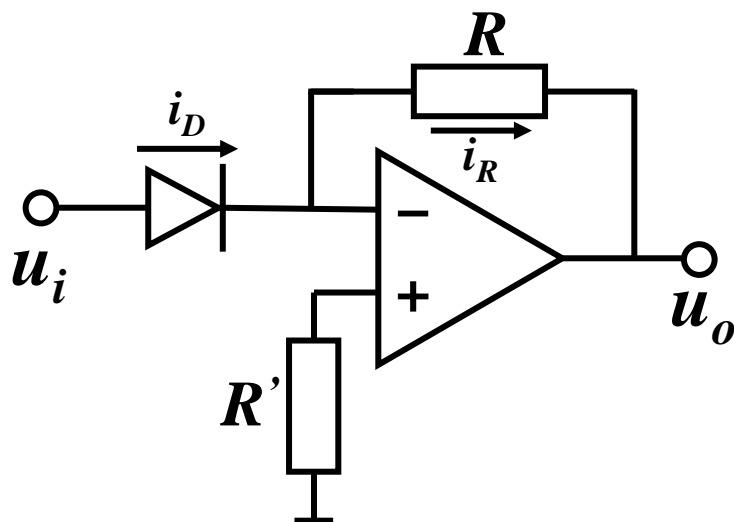


PN节伏安特性曲线图

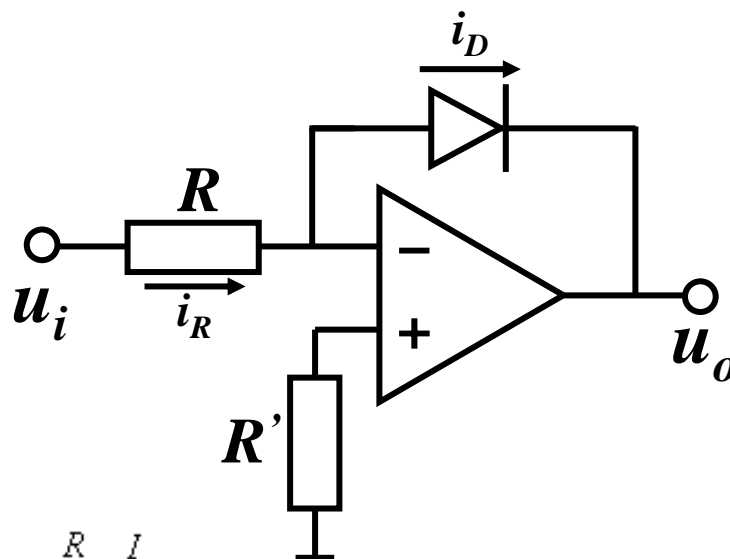


回顾：指数运算和对数运算电路

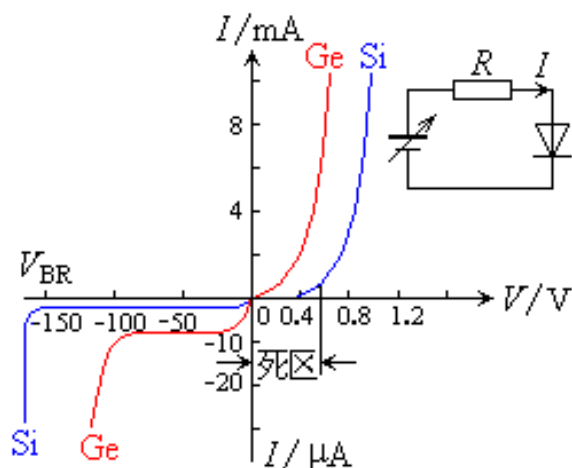
指数运算电路



对数运算电路



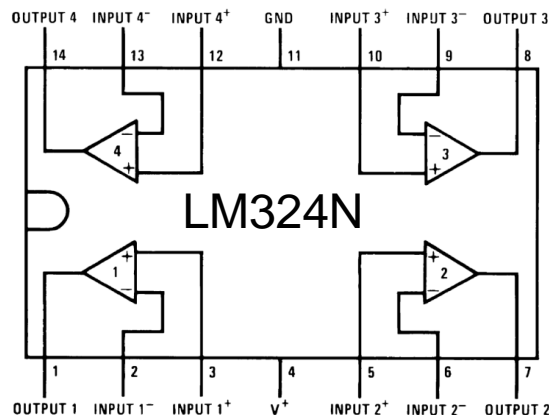
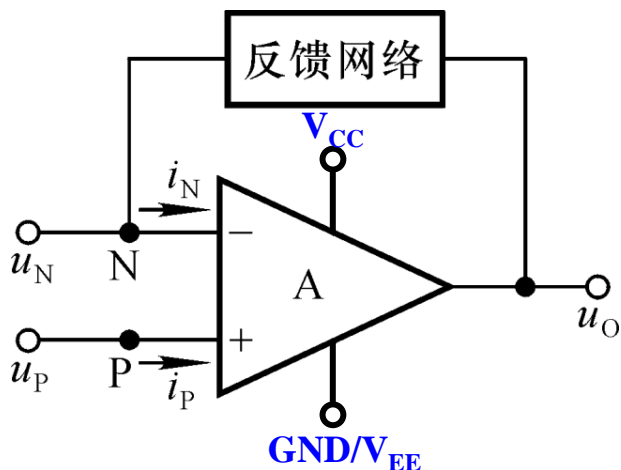
问题：拟合得到的参数
 I_S 和 U_T 误差大



难点：选择合适的电阻及输入电压，使得 $0.1\text{mA} < i_D < 20\text{mA}$

回顾：指数运算和对数运算电路

- 注意：运放正负电源不能接反，否则会烧坏芯片



最大电源电压:32V
最小电源电压:3V

- 注意：电流表量程变化导致内阻变化，从而导致测量结果跳变

内阻 = Burden charge/Range

1mA量程： 内阻 $<(0.17\text{V}/1\text{mA}=)$ 170 Ω

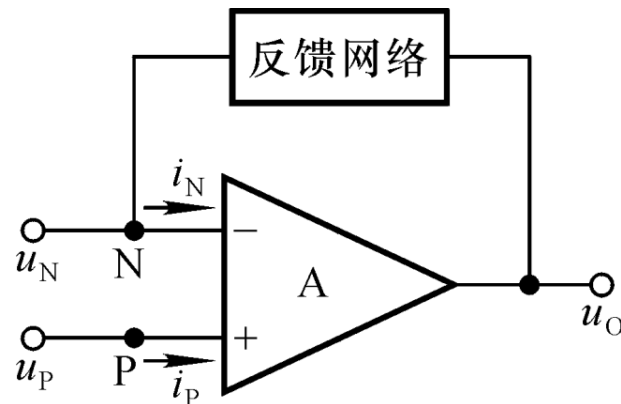
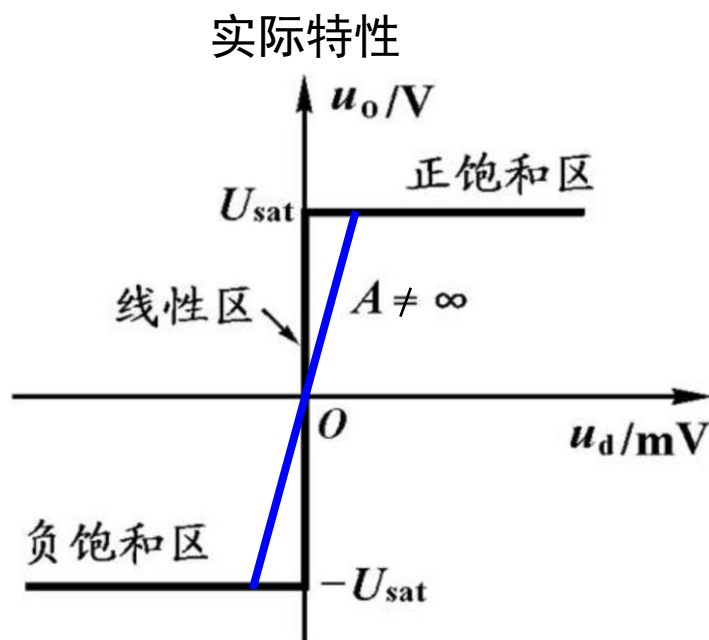
10mA量程： 内阻 $<(0.17\text{V}/10\text{mA}=)$ 17 Ω

Range	Resolution	Burden Voltage	24 Hours $T_{\text{CAL}} \pm 1^\circ\text{C}$
10 μA	10 pA	$<0.13\text{ V}$	$0.007 + 0.002$
100 μA	100 pA	$<0.14\text{ V}$	$0.010 + 0.020$
1 mA	1 nA	$<0.17\text{ V}$	$0.007 + 0.006$
10 mA	10 nA	$<0.17\text{ V}$	$0.006 + 0.003$
100 mA	100 nA	$<0.20\text{ V}^{11}$	$0.010 + 0.030$
1 A	1 μA	$<0.55\text{ V}^{11}$	$0.020 + 0.004$
3 A	1 μA	$<1.70\text{ V}^{11}$	$0.030 + 0.004$
10 A ¹²	10 μA	$<0.50\text{ V}$	$0.140 + 0.025$

电压比较器



■ 运放的线性/非线性工作区



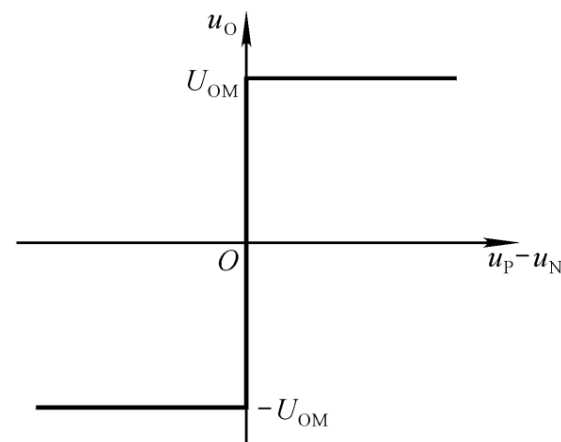
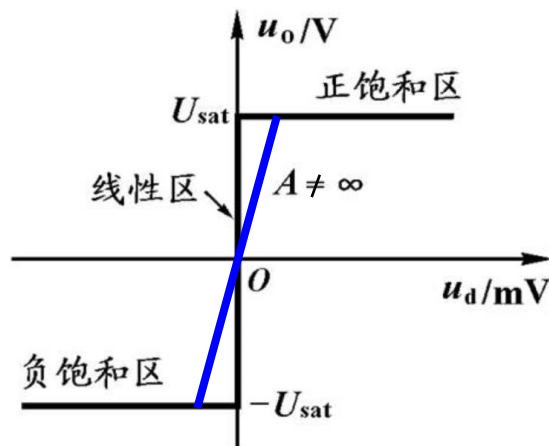
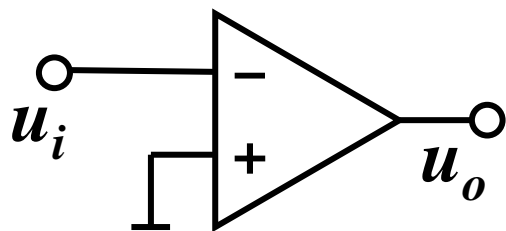
- 运放分为线性工作区和非线性工作区 (正向/负向饱和区)。
- 线性工作区: $u_o = A_{od} (u_P - u_N)$
- 用来设计运算电路时, 处于线性工作区。
- 用来设计比较器时, 处于非线性工作区。

电压比较器



■ 电压比较器

- 输入电压是模拟信号，输出电压为二值信号。
- 是最简单的模拟信号转数字信号电路。
- 要素：输出高低电平值 $\pm U_{OM}$ 、阈值电压 U_T 、跃变方向。
- 工作方式：非线性区、无反馈或者正反馈。

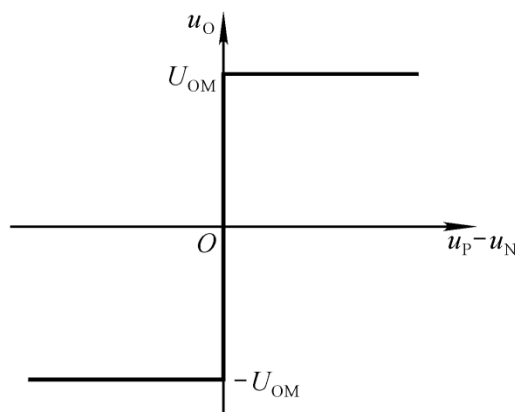
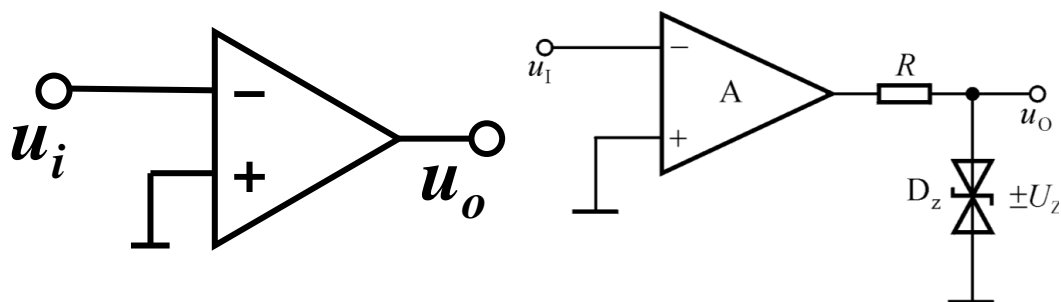


$$\begin{aligned} u_P > u_N \text{ 时, } & u_O = +U_{OM} \\ u_P < u_N \text{ 时, } & u_O = -U_{OM} \end{aligned}$$

电压比较器

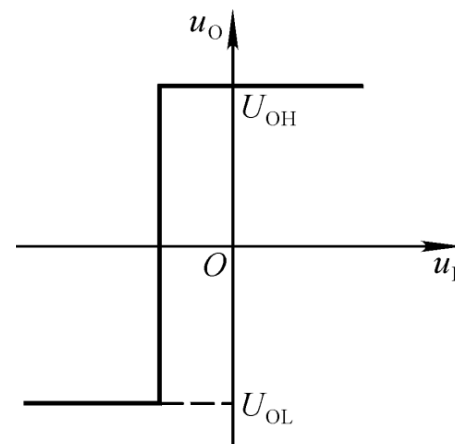
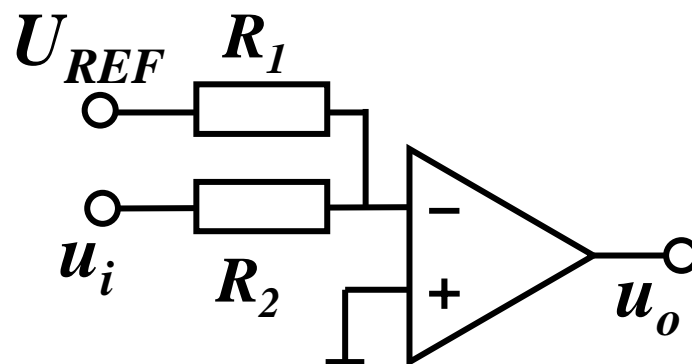


■ 常见的电压比较器



过零比较器

阈值电压 $U_T = 0V$



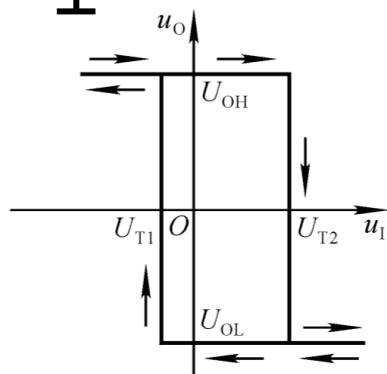
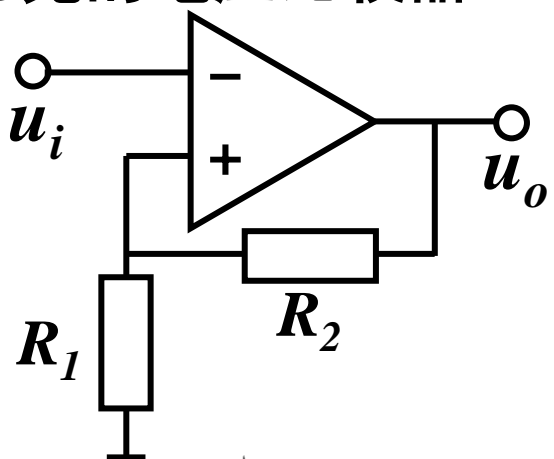
单限比较器

阈值电压 $U_T \neq 0V$

电压比较器

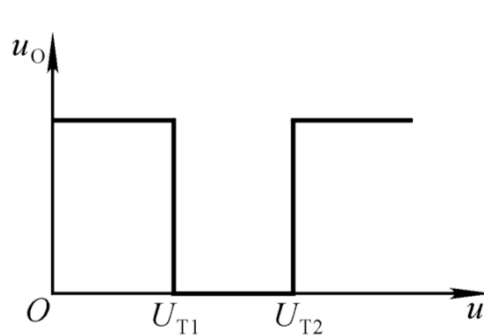
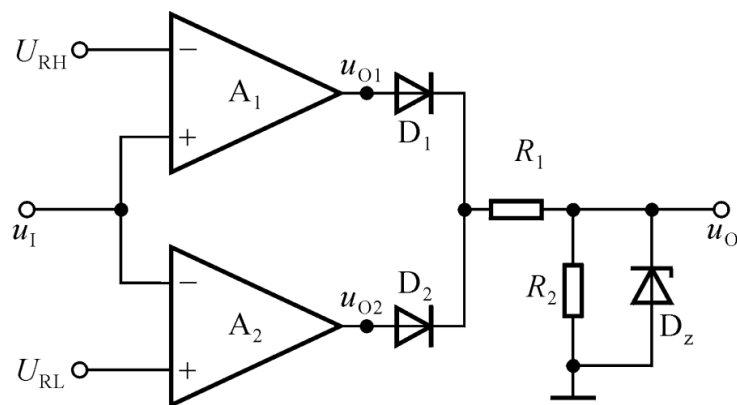


常见的电压比较器



滞回比较器

回差电压 $\Delta U = U_{T2} - U_{T1}$



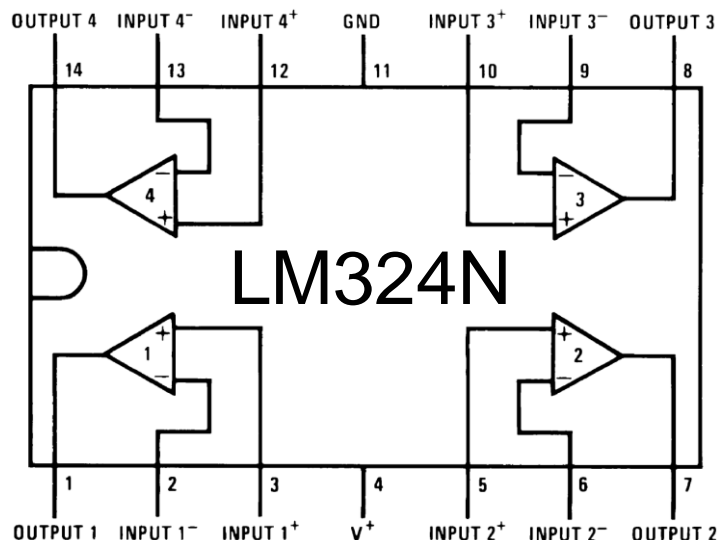
窗口比较器

步骤1：设计电压比较器

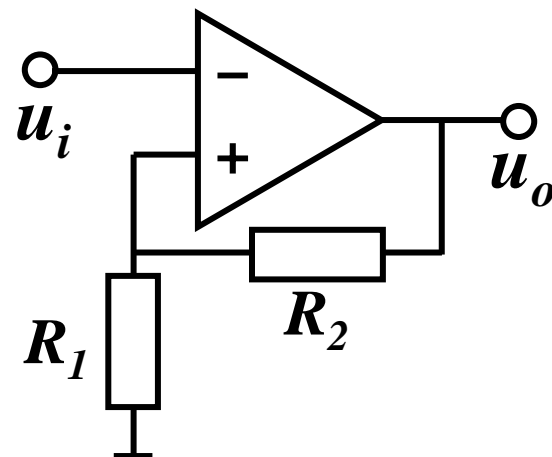
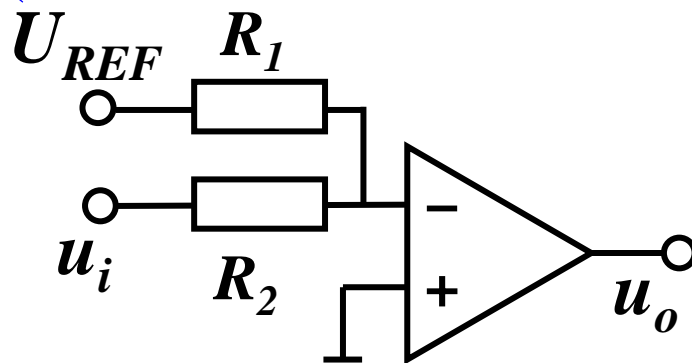
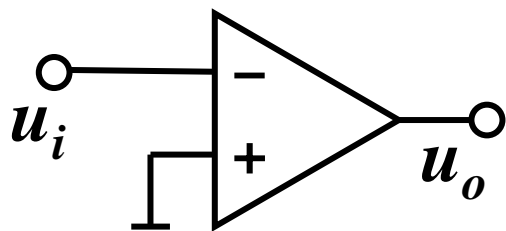


■ 设计电压比较器

- ①过零比较器($u_o = \pm 5V$)
- ②一般单限比较器($U_T = -2V$)
- ③滞回比较器(回差电压 $\Delta U = 5V$)
- ④加了参考电压的滞回比较器
($U_{T1} = -1.5V$, $U_{T2} = 3.5V$)



写明电压比较器的电阻阻值和
参考电压 U_{REF} 的大小(课堂测试)

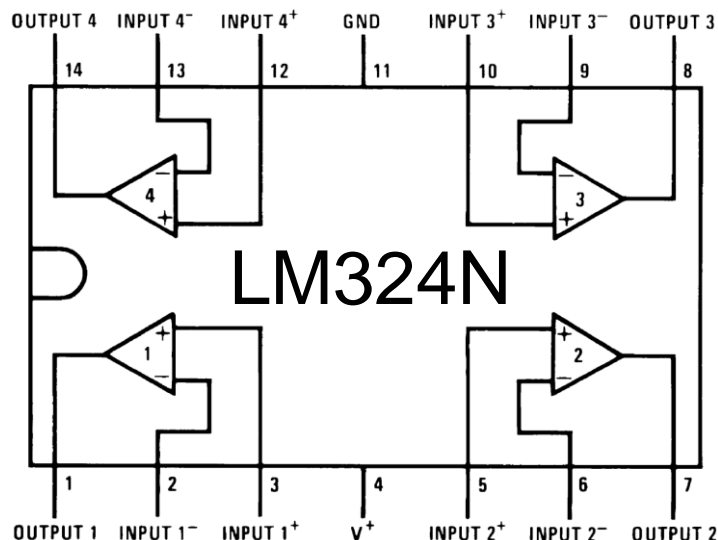


步骤2：测试电压比较器



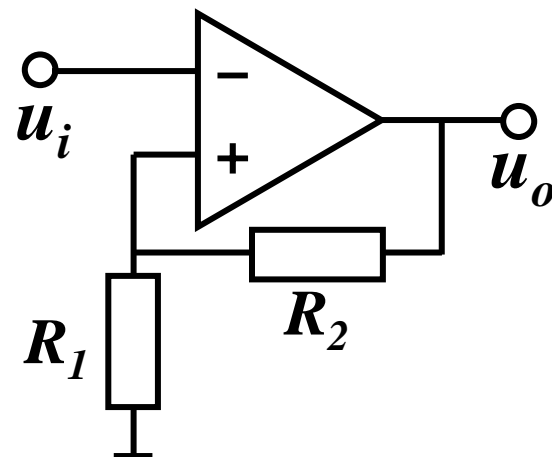
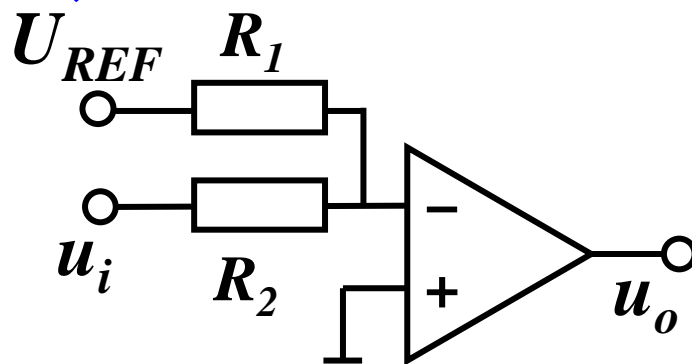
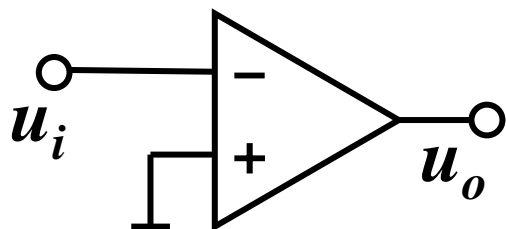
测试电压比较器

- ①过零比较器($u_o = \pm 5V$)
- ②一般单限比较器($U_T = -2V$)
- ③滞回比较器(回差电压 $\Delta U = 5V$)
- ④加了参考电压的滞回比较器
($U_{T1} = -1.5V$, $U_{T2} = 3.5V$)



输入三角波，用示波器的两个通道同时测量

输入和输出信号并拍照，检查电路④



课后思考



■ 课后思考

1. 回顾前几节课学到的内容，通过电压比较器得到方波后，如何得到三角波？
2. 设计一个简单的报警器，当输入电压超过3V时将LED灯点亮进行报警。

谢谢！