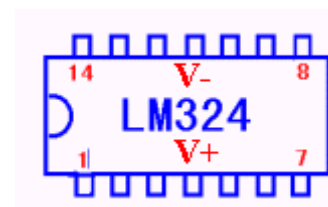
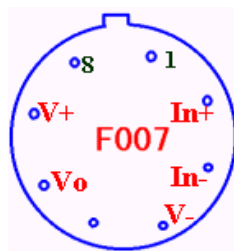
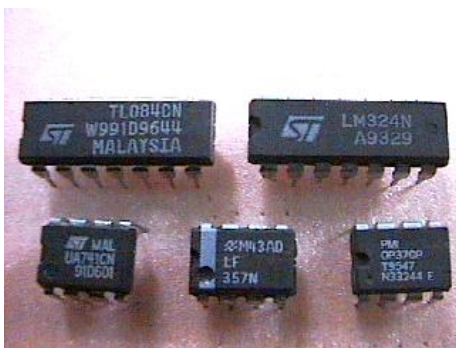
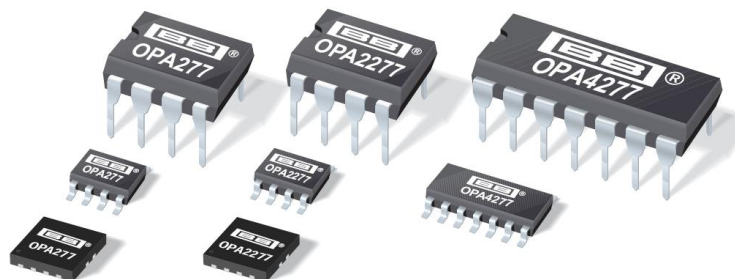
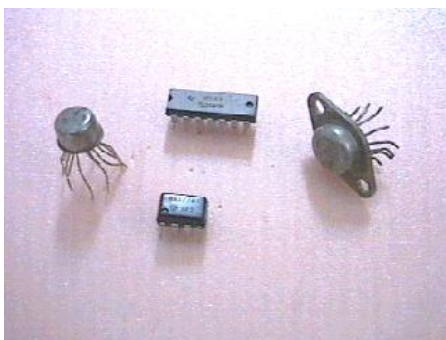


# 第5章 含运算放大器的电阻电路

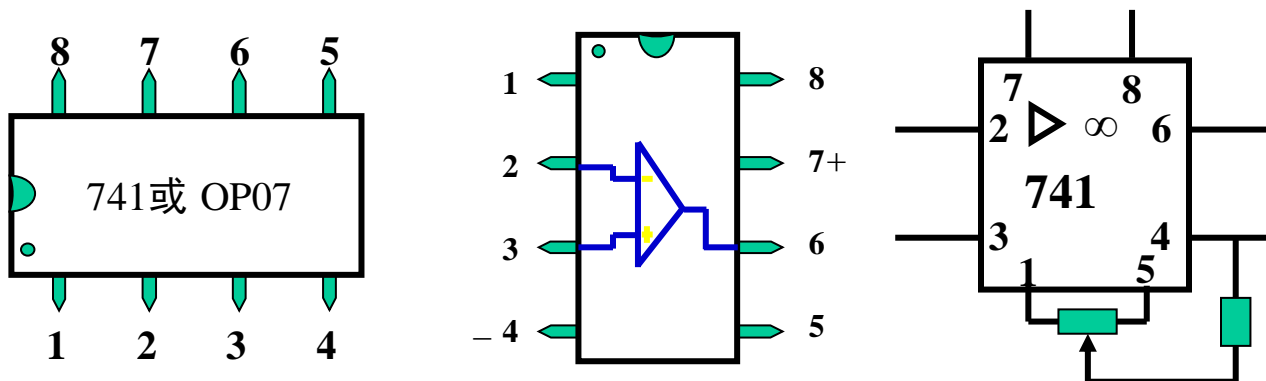
## 本章重点

1. 运算放大器
2. 端子上的电压电流关系
3. 理想运放的“两条规则”
4. 运算电路分析

# 5.1 运算放大器



# 5.1 运算放大器



以典型的 741或 OP07为例：

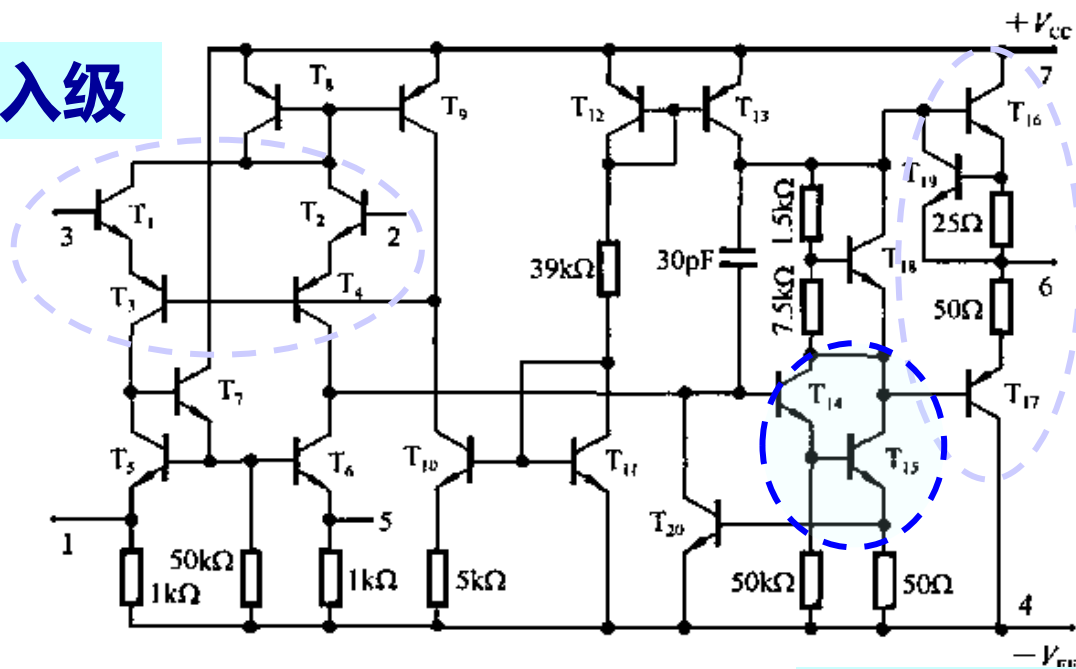
- 2—反相输入端    3—同相输入端
- 6—输出端
- 7—正电源端    4—负电源端
- 1、5—接调零电位器
- 8—闲置端 (NC)

# 5.1 运算放大器

内部结构

输入级

输出级

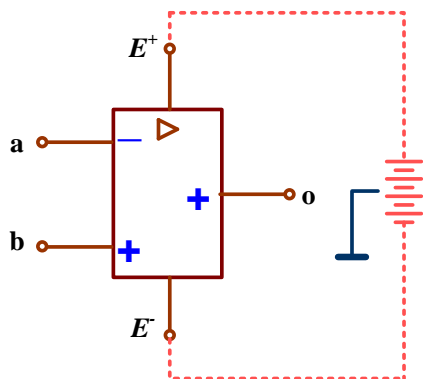


μA741 的内部电路图

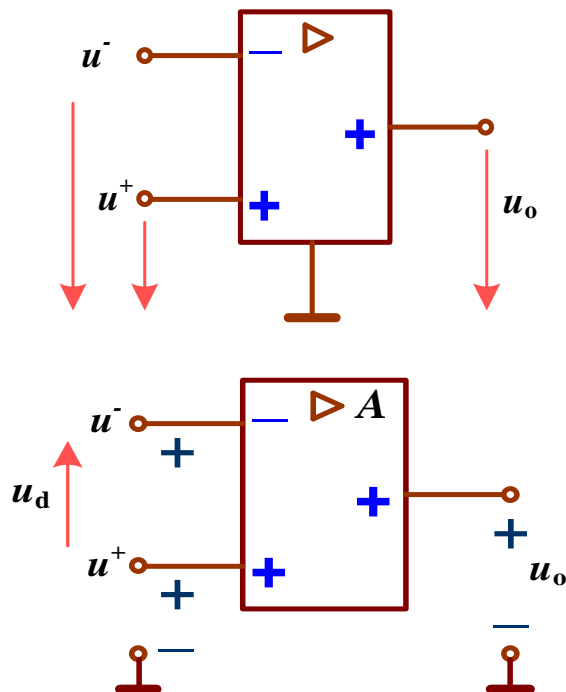
放大级

## 5.2 运算放大器的电路模型

### 1、电路符号



 : 单方向



## 5.2 运算放大器的电路模型

### 2. 运算放大器的外特性

在a,b 端分别加输入电压 $u^-$ 和 $u^+$ ，  
则差动输入电压 $u_d = u^+ - u^-$ ，  
则输出 $u_o$ 和输入 $u_d$ 之间有：

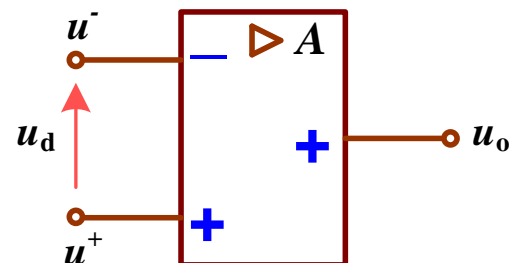
$$u_o = A(u^+ - u^-) = Au_d$$

当： $u^+ = 0$ ，则 $u_o = -Au^-$

$$u_d = -u^-$$

当： $u^- = 0$ ，则 $u_o = Au^+$

$$u_d = u^+$$



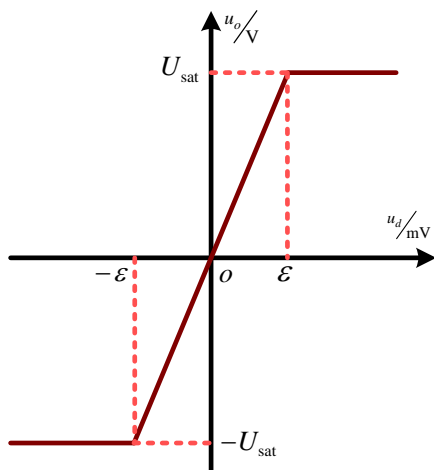
差动输入

倒向输入

非倒向输入

## 5.2 运算放大器的电路模型

输出 $u_o$ 和输入 $u_d$ 之间的转移特性曲线如下：

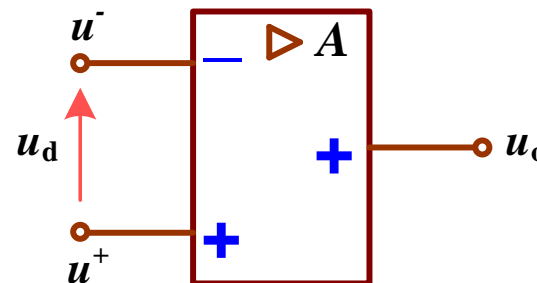


分三个区域：

- ①线性工作区：  $|u_d| < \varepsilon = U_{\text{sat}}/A$ , 则  $u_o = Au_d$
- ②正向饱和区：  $u_d > \varepsilon$  则  $u_o = U_{\text{sat}}$
- ③反向饱和区：  $u_d < -\varepsilon$  则  $u_o = -U_{\text{sat}}$

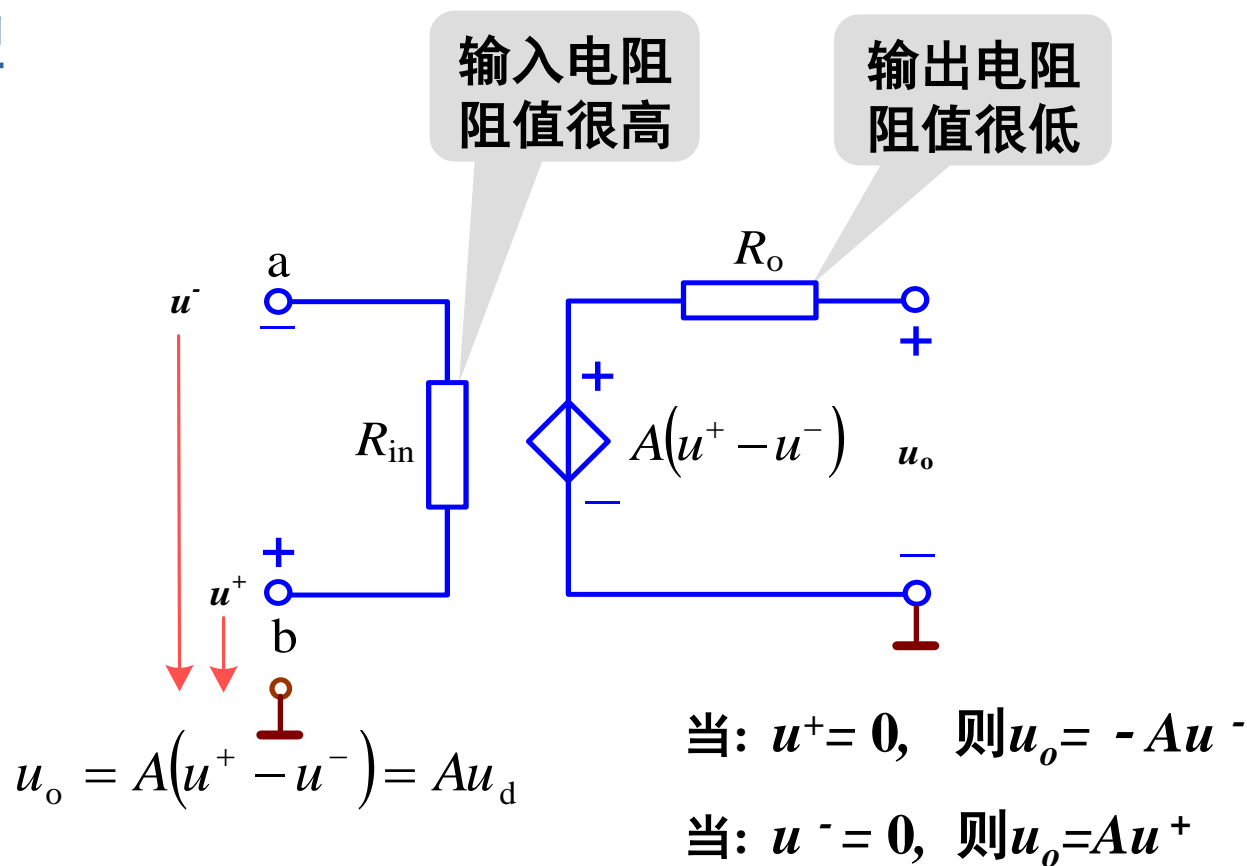
$\varepsilon$  是一个数值很小的电压，例如  
 $U_{\text{sat}} = 13\text{V}$ ,  $A = 10^5$ , 则  $\varepsilon = 0.13\text{mV}$

。



## 5.2 运算放大器的电路模型

### 3. 电路模型





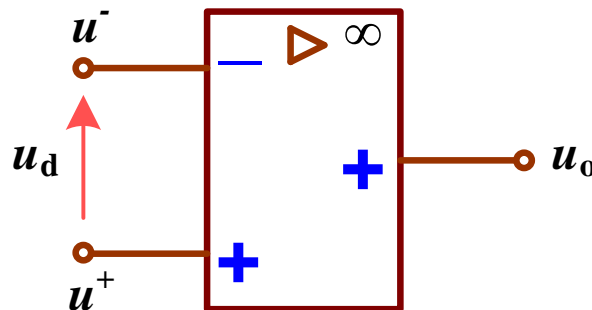
## 5.2 运算放大器的电路模型

在**线性放大区**，理想运算放大器的条件：

①  $R_{in} \rightarrow \infty$

②  $R_o \rightarrow 0$

③  $A \rightarrow \infty$



理想运放的两条规则：

①  $R_{in} \rightarrow \infty$   
“虚断”

→  $i^+ = 0, i^- = 0$ 。即从输入端看进去，**流入每一输入端的电流为零**，元件相当于开路(虚断路)。

②  $A \rightarrow \infty$   
“虚短”

→  $u_o = A(u^+ - u^-) = Au_d \quad u_d = u^+ - u^- = 0$

$u_o$ 为有限值，则 $u_d = 0$ ，即 $u^+ = u^-$ ，同相输入端与反相输入端等电位，两个输入端之间相当于短路(虚短路)。