

# 第四章 运算放大器

## 4.1 理想运算放大器

# 理想运算放大器

- 运放类型
- 运放特性及其模型

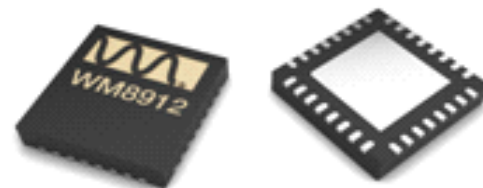
# 运算放大器——模拟电路的“万金油模块”

Operational Amplifier, OPA

基于运放这个“万金油模块”，只要配上简单的反馈网络，即可实现各种模拟运算：比例放大，加、减、乘、除，微分、积分，对数与指数等

也是更复杂模拟电路(如数据转换电路)的核心

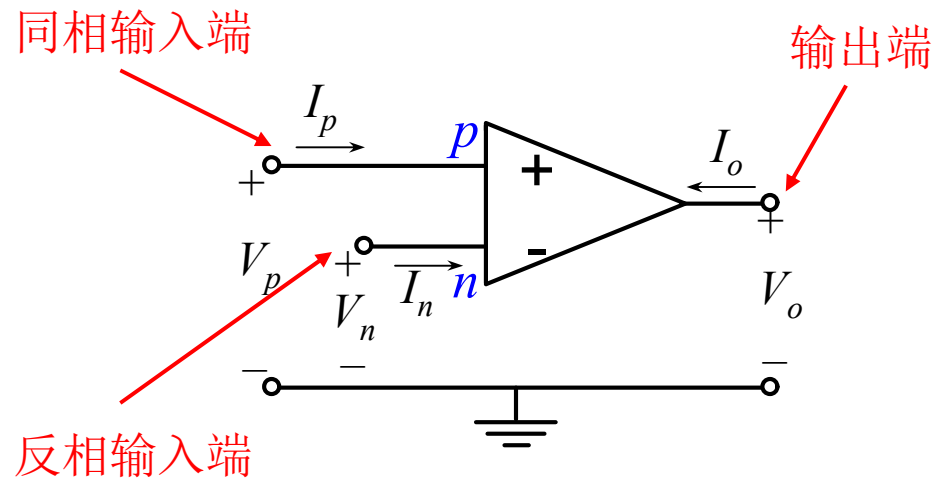
理想运算放大器本质上是受控电源，要用受控电源模型表示



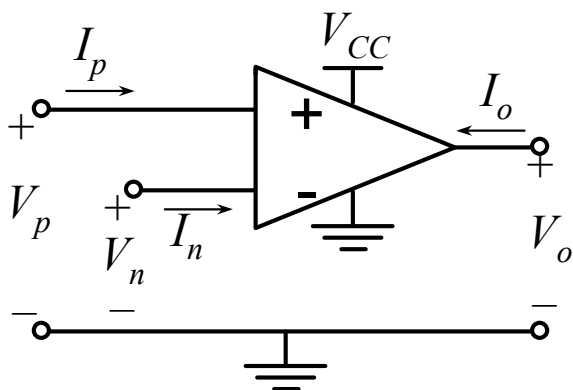
# 运放类型

- 按照输入输出信号的形式
  - 电压型：输入电压、输出电压
  - 电流型：输入电流、输出电流
  - 跨导型：输入电压，输出电流
  - 跨阻型：输入电流，输出电压
- 通常所说的“运放”都是指电压型运放
- 理想运放本质上是受控电源，要用受控源表示

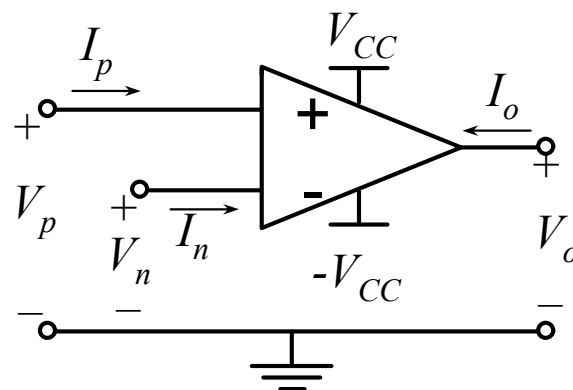
# 电压型运放：电路符号



# 电压型运放：电路符号

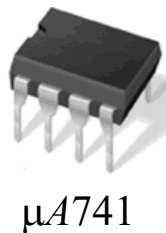


单电源供电

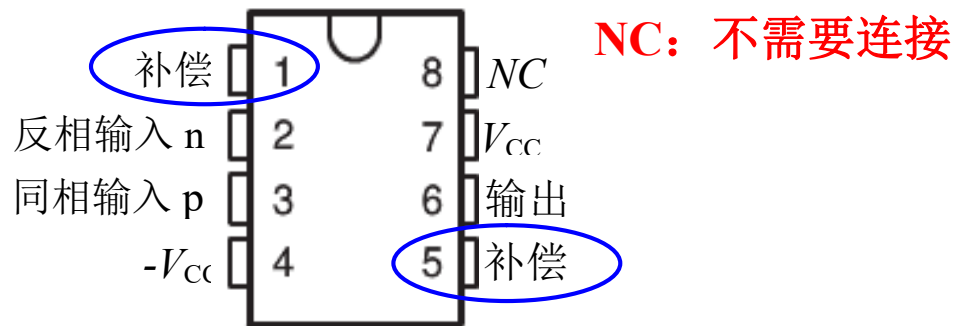


双电源供电

# 741运放芯片



μA741(顶视图)



补偿引脚:

连接辅助电路, 补偿因老化和缺陷引起的电路性能退化

**芯片引脚的详细说明, 需要查阅datasheet**

# 理想电压型运放特性

- 运放有效输入:  $V_d = V_p - V_n$

$$(1) \quad V_o = A_v V_d \quad A_v \rightarrow \infty$$

$$-V_{CC} \leq V_o \leq V_{CC} \quad -\frac{V_{CC}}{A_v} \leq V_d \leq \frac{V_{CC}}{A_v}$$

$V_p \approx V_n$   
“虚短”

- 轨到轨 (rail to rail) 运放: 输出能够达到电源电压

$$(2) \quad I_p = 0, \quad I_n = 0$$

“虚断”



# 理想电压型运放电路模型

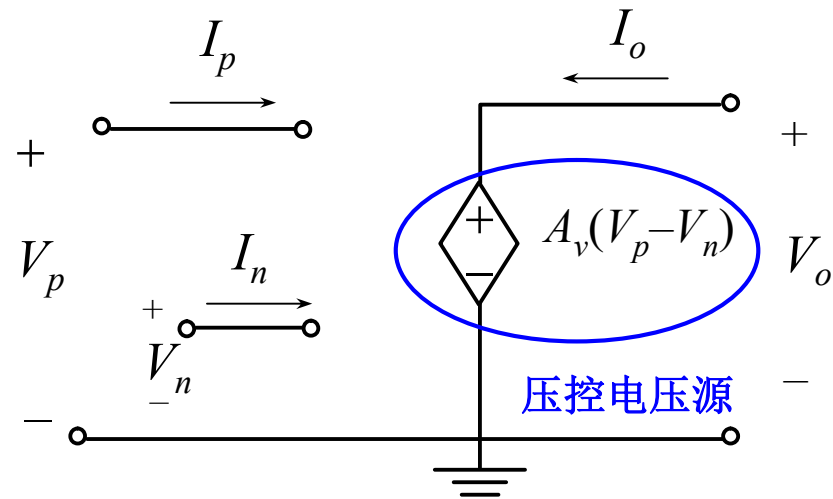
## 理想情况下

$$V_d = V_p - V_n, \quad V_o = A_v V_d, \quad A_v \rightarrow \infty$$

$$-\frac{V_{CC}}{A_v} \leq V_d \leq \frac{V_{CC}}{A_v}$$

**虚断特性**  $I_p = 0, \quad I_n = 0$

**虚短特性**  $V_p \approx V_n$



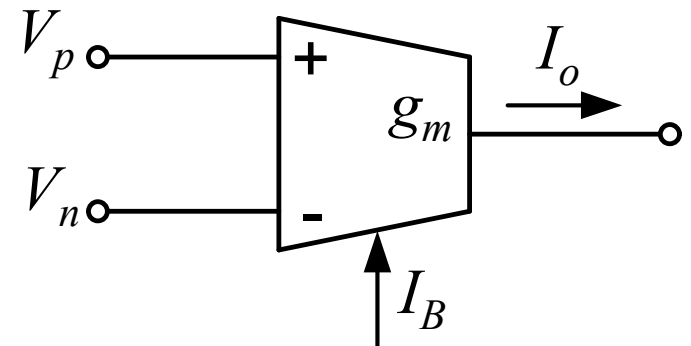
# 跨导型运放

- Operational Transconductance Amplifier , OTA
- 理想情况下

$$I_o = g_m V_d, \quad V_d = V_p - V_n$$

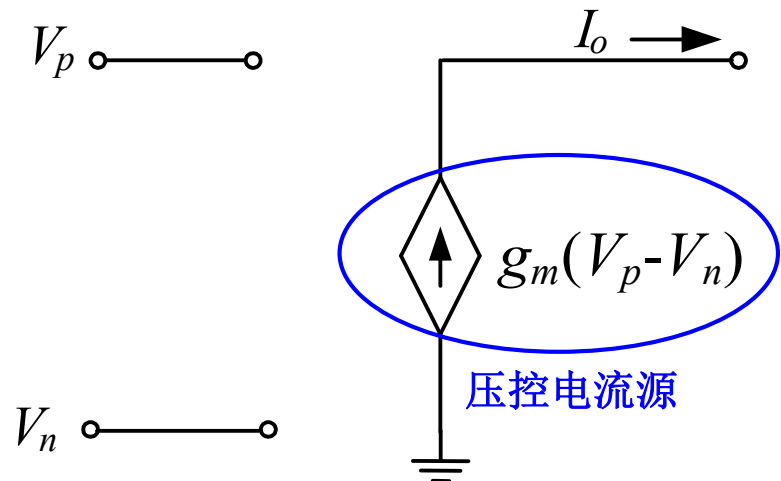
– “虚断” 特性

$$I_p = 0, \quad I_n = 0$$



可用于跨导调节

电路符号



压控电流源

电路模型

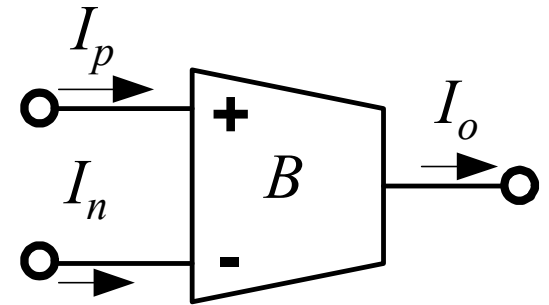
# 电流型运放

- 理想情况下

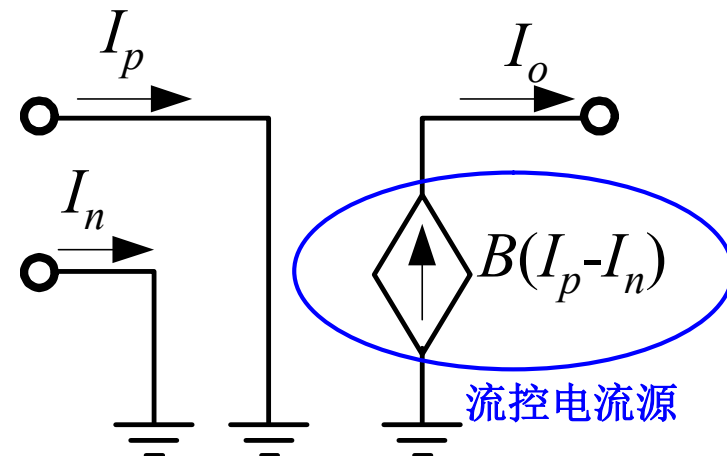
$$I_o = BI_d, \quad I_d = I_p - I_n, \quad B \rightarrow \infty$$

$$I_p \approx I_n$$

$$V_p = 0, \quad V_n = 0$$



电路符号



流控电流源

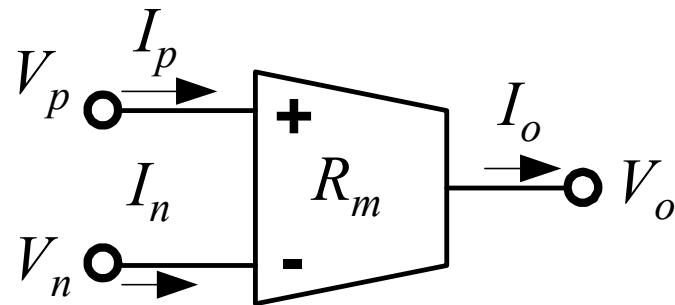
电路模型

# 跨阻型运放

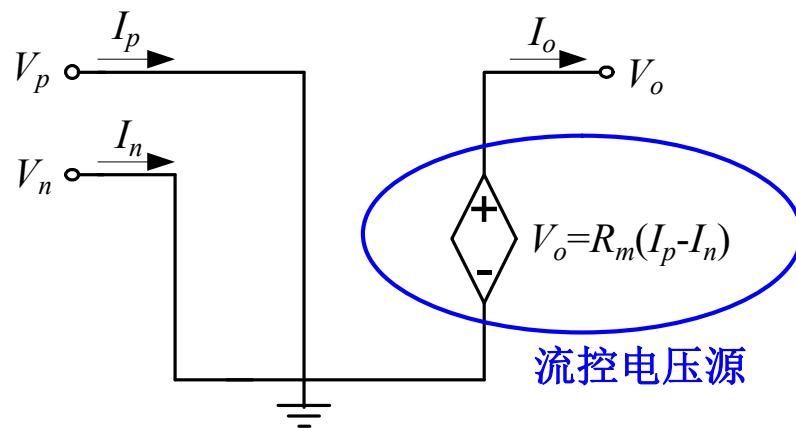
- 理想情况下

$$V_o = R_m I_d, \quad I_d = I_p - I_n$$

$$V_p = 0, \quad V_n = 0$$



电路符号



流控电压源

电路模型