



7.2 集成运算放大器

集成电路：体积小、重量轻、功耗低、可靠性高和价格便宜等特点。

集成电路的分类

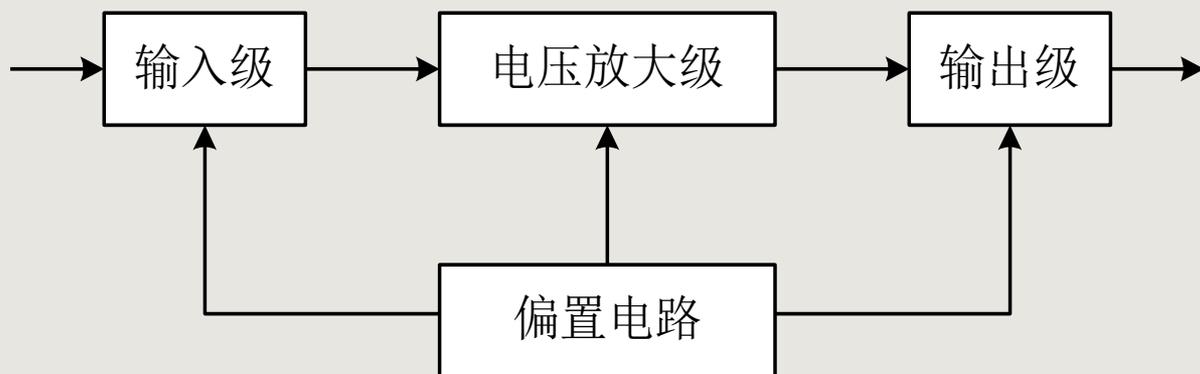
- 按**集成度**分：小规模（SSI）、中规模（MSI）、大规模（LSI）和超大规模（VLSI）。
- 按**导电类型**分：双极型（普通三极管）、单极型（场效应管）及二者兼容型。
- 按**功能**分，模拟集成电路、数字集成电路及模数混合电路。



§ 7.2.1 集成运放的电路模型

集成运算放大电路（集成运放），是一种高电压放大倍数、高输入阻抗、低输出阻抗的直接耦合的多级放大电路。

集成运算放大电路由输入级、电压放大级、输出级和偏置电路四部分组成



CF741由24个三极管、10个电阻和一个电容组成



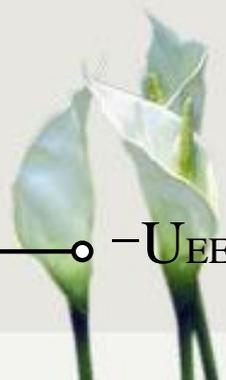
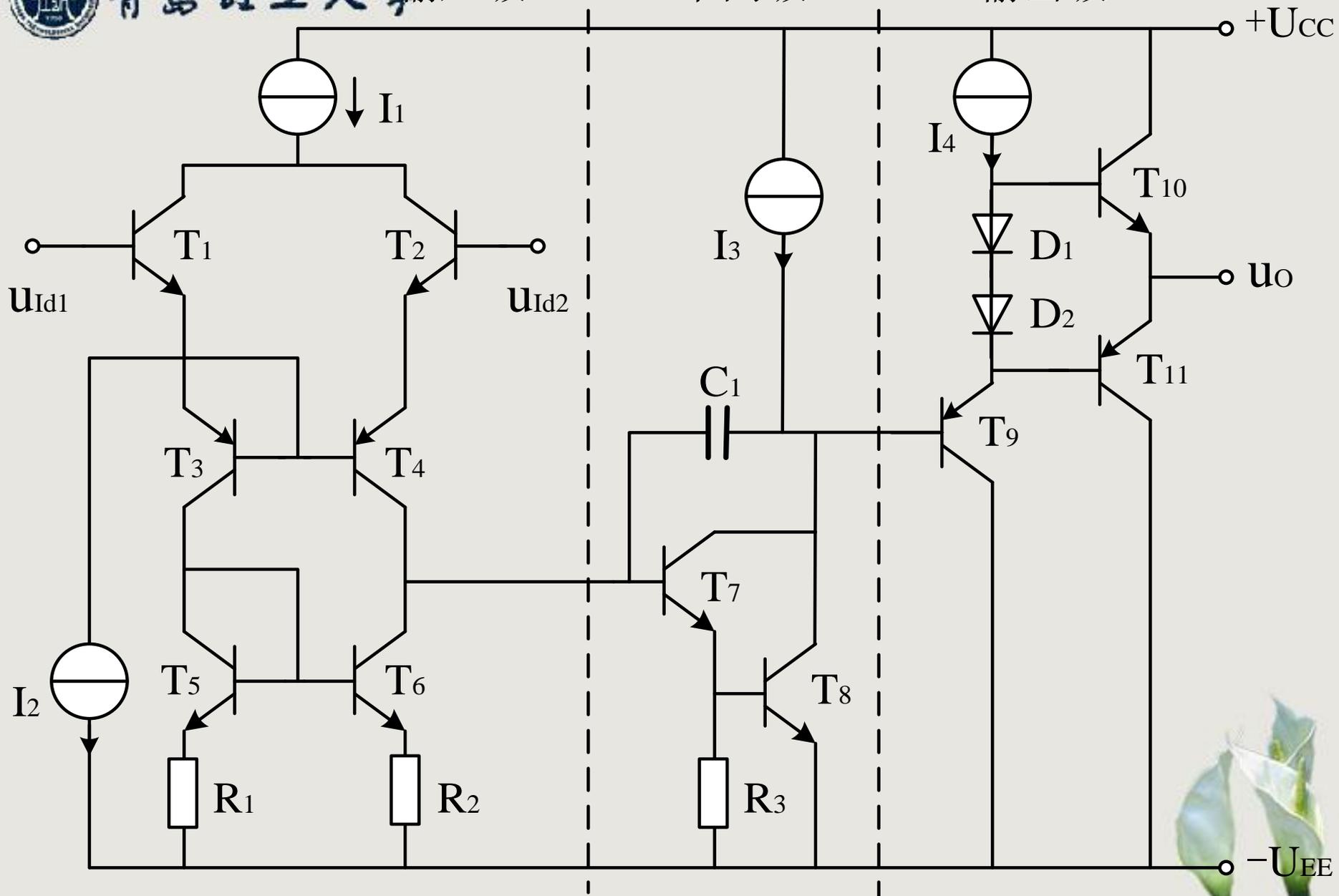


青島理工大學

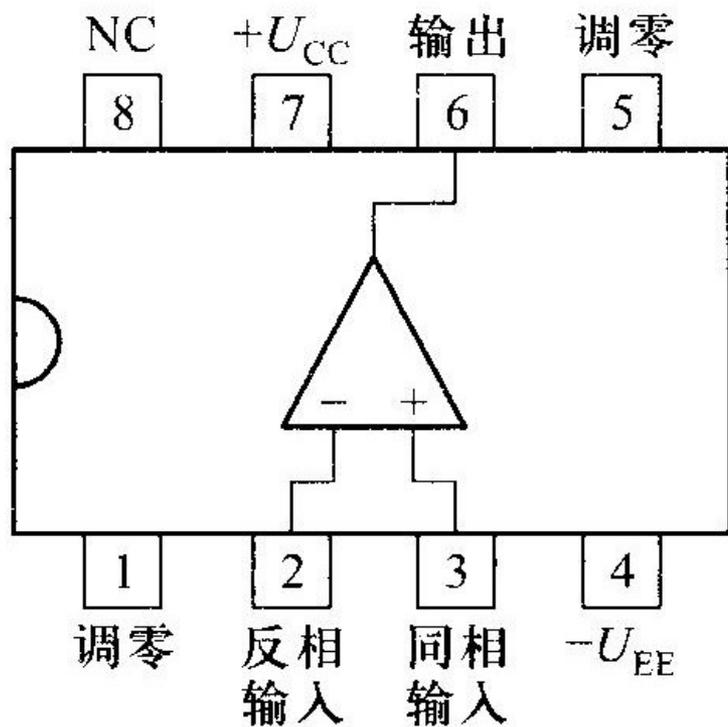
输入级

中间级

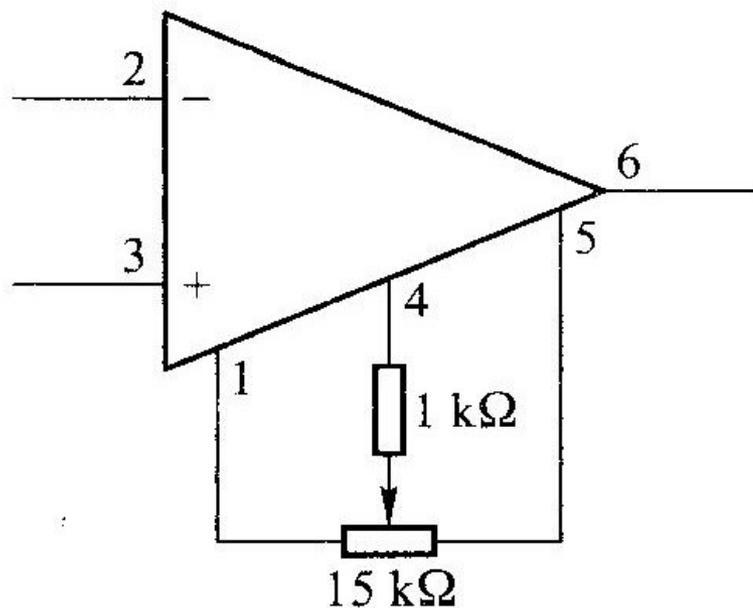
输出级



CF741是国产第二代集成运算放大器，采用双列直插式外形封装。它的管脚顺序是：管脚向下，标志于左，序号自下而上逆时针方向排列。



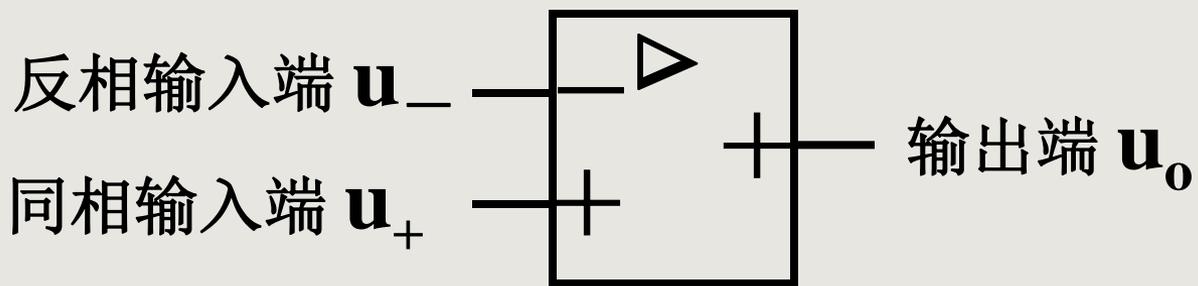
(a) 引脚图



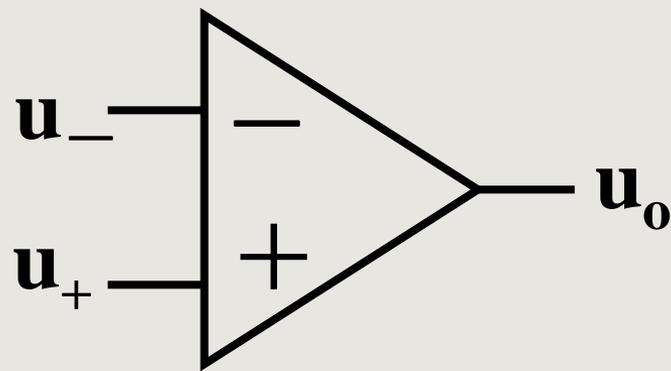
(b) 调零电位器连接图

集成运算放大器符号

国标符号:



通用符号:



$$u_o = A_{ud}(u_+ - u_-) + A_{uc}(u_+ + u_-)/2$$

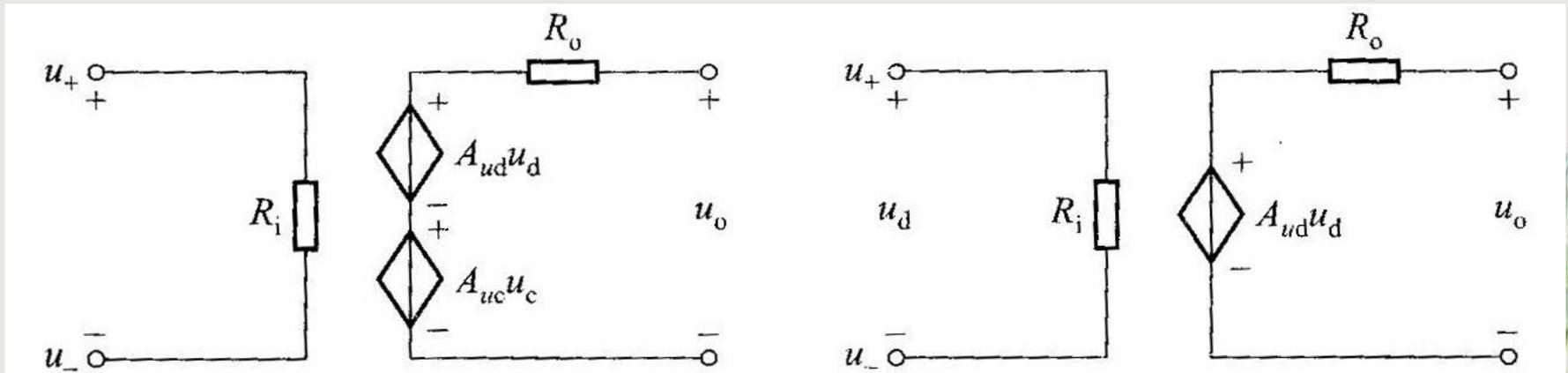
$u_d = u_+ - u_-$ 差模输入电压; A_{ud} 差模电压放大倍数

$(u_+ + u_-)/2$ 共模输入电压; A_{uc} 共模电压放大倍数

R_i 输入电阻 (非常大), 典型值在 $10^9 \Omega$ 以上;

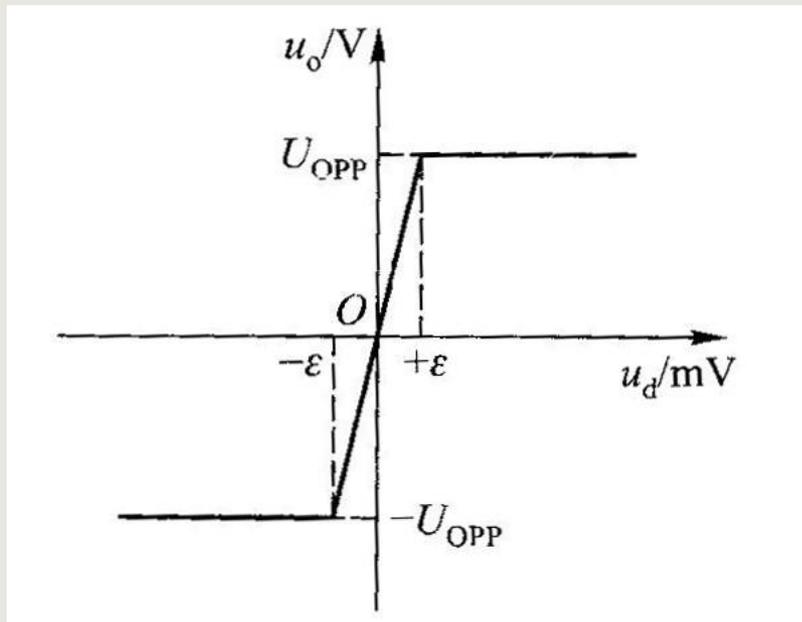
R_o 输出电阻 (非常小), 典型值在 100Ω 以下。

共模抑制比 $K_{CMR} = A_{ud}/A_{uc}$, 在数量级 10^4 以上。





1. 运放的输出电压不可能高出电源电压;
2. 在 $-\varepsilon \leq u_d \leq \varepsilon$ 的范围, 线性工作区
3. 当 $|u_d| > \varepsilon$ 时, 饱和工作区



§ 7.2.2 集成运算放大器的技术指标

(1) 开环差模电压放大倍数(开环增益)大

$$A_o (A_{od}) = u_o / (u_+ - u_-) = 10^5 - 10^7 \text{ 倍};$$

(2) 共模抑制比高

$$\text{CMRR} = 100 \text{ dB 以上};$$

(3) 输入电阻大

$$r_i > 1 \text{ M}\Omega, \text{ 有的可达 } 100 \text{ M}\Omega \text{ 以上};$$

(4) 输出电阻小

$$r_o = \text{几}\Omega - \text{几十}\Omega$$

理想运放:

$$A_{od} = \infty$$

$$K_{\text{CMRR}} = \infty$$

$$r_i = \infty$$

$$r_o = 0$$

集成运放的分析方法——按理想运放分析

理想集成运算放大器的分析方法

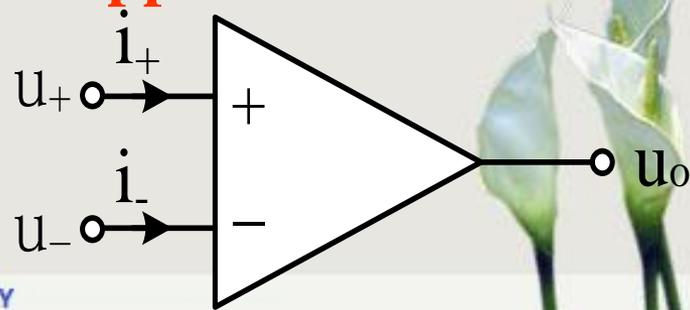
线性工作区：①因 $A_{od} = \frac{u_o}{u_i}$ u_o 为有限值：

$$u_i = \frac{u_o}{A_{od}} \rightarrow 0 \quad \text{即 } u_- - u_+ = 0 \quad \boxed{u_- = u_+} \quad \boxed{\text{虚短}}$$

②因 $r_i \rightarrow \infty$ 故： $i_- = i_+ = 0$ 虚断

非线性工作区：① $u_+ > u_-$ $u_o = U_{opp}$
 $u_+ < u_-$ $u_o = -U_{opp}$

② $i_- = i_+ = 0$





例：求图示电路的输出电压和输入电压之间的关系。
设运放工作在线性区。

