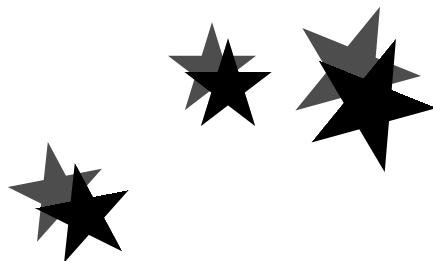




第七章 集成运算放大电路

北京邮电大学电子工程学院



退出

开始

第七章 集成运算放大电路

本章主要内容：

- 介绍了集成运算放大器的组成、特点及传输特性；
- 运放的性能指标及低频电路；
- 基本运算电路；
- 有源滤波电路；
- 电子系统中的放大电路；

本章重点：

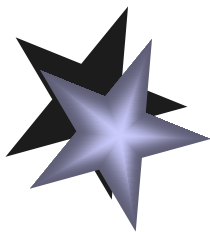
- 掌握运放的性能指标和低频等效电路；
- 掌握基本运算电路的分析方法，会通过基本运算电路构造较复杂的电路。

第七章 集成运算放大电路

- §7-1 集成运算放大电路概述◇
- §7-2 集成运放的性能指标及低频等效电路◇
- §7-3 集成运放的基本运算电路◇
- §7-4 有源滤波电路◇
- §7-5 电子系统中的放大电路◇
- §7-6 集成运放的选择与使用注意事项◇



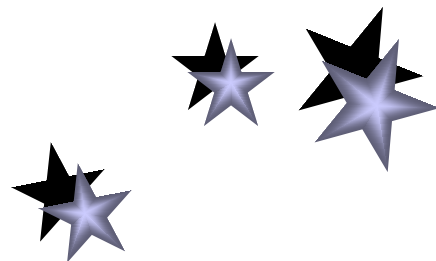
第七章 集成运算放大器简介



7-1 集成运放概述

电路与电子学基础

BUPT
EE



退出 开始

集成电路概述



分立元件电路：是由各种单独元件连接而成的分立元件电路。

集成电路 (integrated circuit, IC) :

是相对分立电路而言，采用半导体工艺，将大量的晶体管、电阻、电容等电路元件及其导线制作在一小块半导体材料上，形成具有特定功能的单元电路。

集成电路的特点：

密度大、体积小、成本低、性能好、功耗低、可靠性高。

集成运算放大电路概述

集成放大运算器：

将各种不同的电子管元件，如晶体管、场效应管、二极管、电阻、电容等，与电路导线集成在一小块硅片上作为一个整体，形成具有特定功能的单元，通过外部电路的设计能完成特定功能与运算的器件。

集成放大运算电路：

集成运算放大器与外部电路的总称，最初多用于各种模拟信号的运算（如比例、求和、求差、积分、微分等），因此也称为运算放大电路，简称集成运放。

集成运放的种类

按照集成运放的制造工艺分：

- 双极型
- 单极型
- 单双混合极型

按照集成运放的供电方式分：

- 双电源供电
- 单电源供电

- 正负电源对称型供电
- 正负电源不对称型供电

按照一个集成芯片上运放个数分：

- 单运放
- 双运放
- 四运放
- ...

集成运放的种类

按照集成运放的工作原理分：

- 电压放大型
- 电流放大型
- 转移电导型
- 转移电阻型

按照集成运放的控制类型分：

- 可变增益运放
- 选通控制运放

- 外加电压控制开环差模增益的放大电路
- 数字编码信号控制开环差模增益的放大电路

按照集成运放的性能指标分：

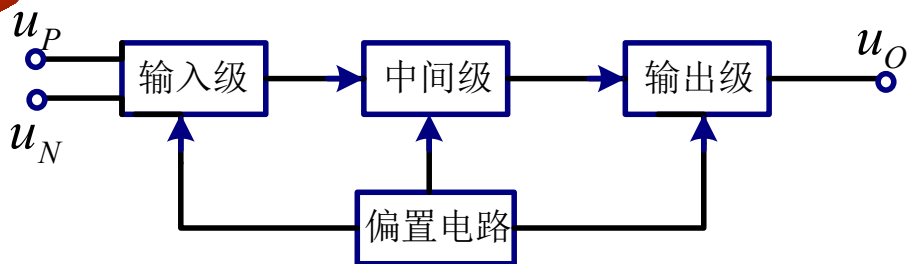
- 通用型
- 特殊型

- 高阻型
- 高速型
- 高精度型
- 低功耗与微功耗型

集成运放的特点

1. 硅片不能制作大电容，故集成运放多采用**直接耦合方式**；
2. **采用相同的放大元件进行组合**，这样相邻元器件的参数具有良好的一致性，可以减少环境温度和干扰的影响；
3. 因为制作不同形式的集成电路，只是所用掩模不同，增加元器件并不增加制造工序，所以集成运放允许采用复杂电路形式，以得到各方面性能俱佳的效果；
4. 集成运放中常用**有源元件来替代电阻**。

集成运放的组成



输入级（前置级）

一般要求其输入电阻高，抑制共模信号的能力强，所以输入级常是一个双端输入的高性能差分放大电路，差模放大倍数大，静态电流小。

中间级

要求具有较强的放大能力，多采用共射(或共源)放大电路。而且为了提高电压放大倍数，经常采用复合管作放大管，以恒流源作集电极负载。其电压放大倍数可达千倍以上。

输出级

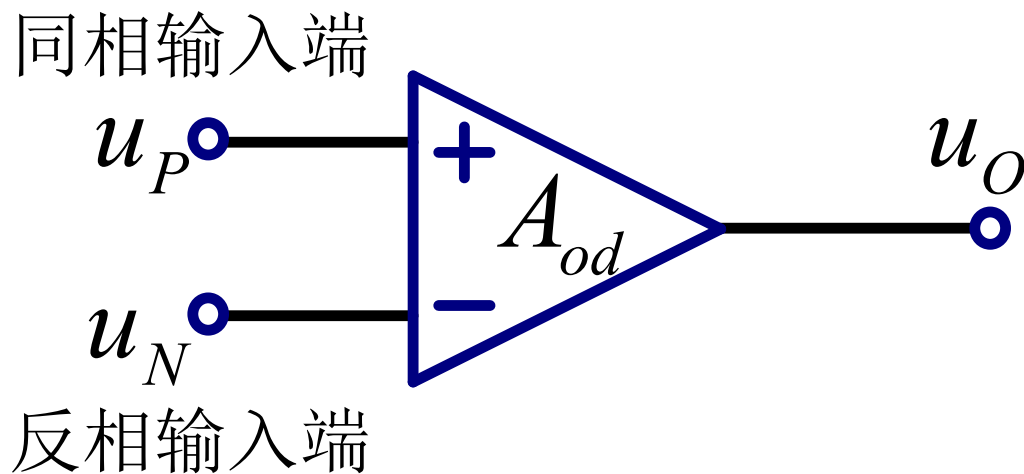
输出级具有输出电压线性范围宽、输出电阻小(即带负载能力强)、非线性失真小等特点。集成运放的输出级多采用互补输出电路。

偏置电路

偏置电路用于设置集成运放各级放大电路的静态工作点。与分立元件不同，集成运放采用电流源电路为各级提供合适的集电极(或发射极、漏极)静态工作电流，从而确定了合适的静态工作点。

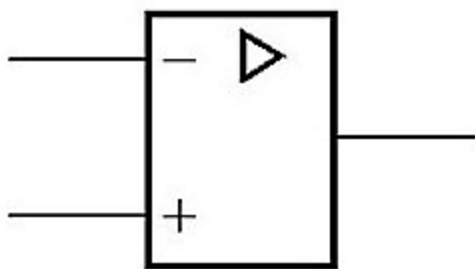
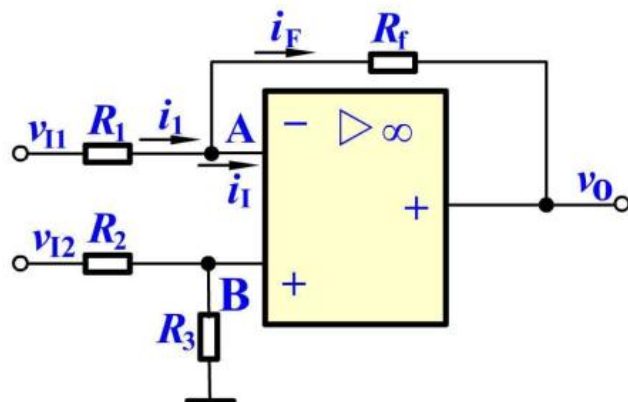
集成运放的符号

集成运放有同相输入端和反相输入端，“同相”和“反相”是指运放的输入电压与输出电压之间的相位关系。

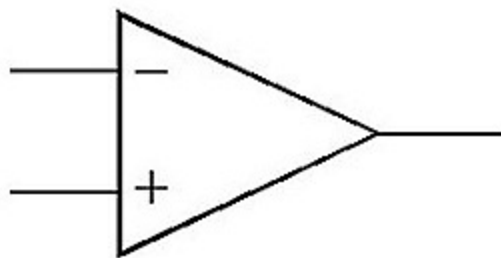


由于集成运放放大的是差模信号，且没有通过外电路引入反馈，故称其电压放大倍数为差模开环放大倍数，记作 A_{od} 。

集成运放的符号



(a)



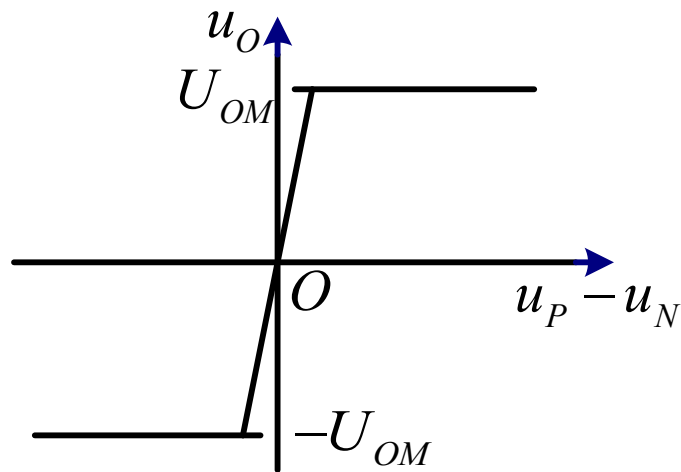
(b)

图2.1.2 运算放大器的代表符号

(a) 国家标准规定的符号 (b) 国内外常用符号

集成运放的电压传输特性

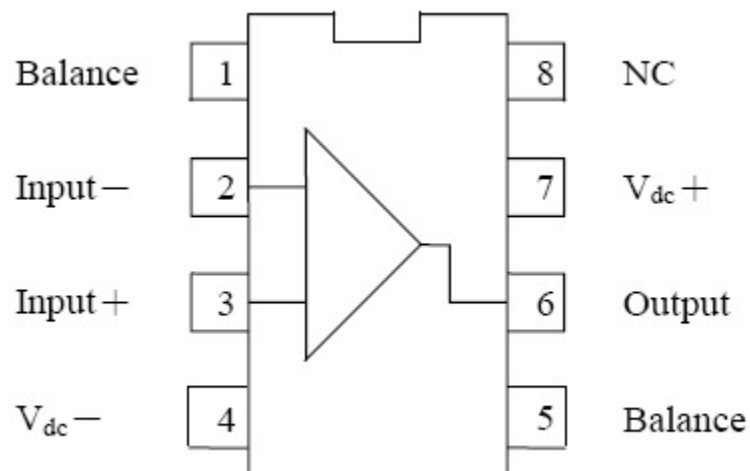
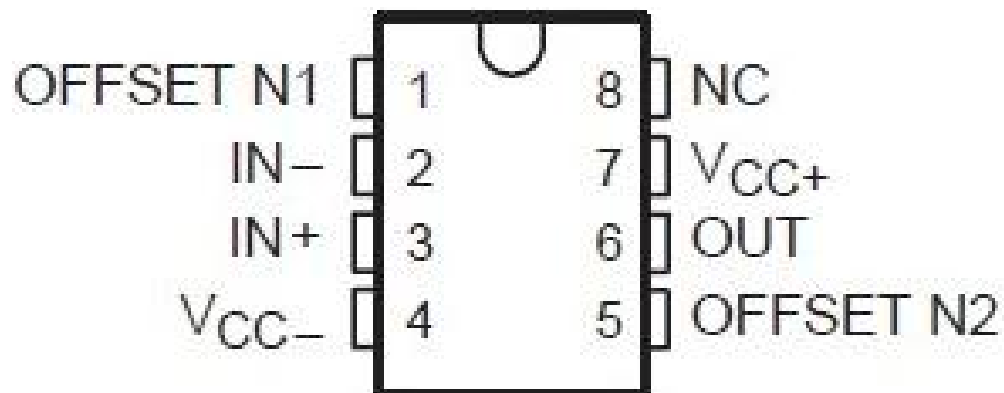
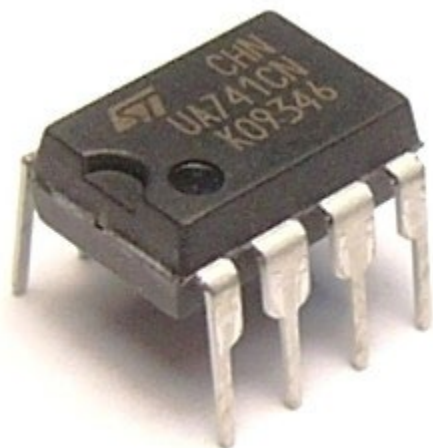
集成运放的输出电压 u_O 与输入电压(即同相输入端与反相输入端之间的电位差)($u_P - u_N$)之间的关系曲线称为**电压传输特性曲线**: $u_O = f(u_P - u_N)$ 。对于正、负两路电源供电的集成运放, 电压传输特性如图所示。



线性区（放大区）：曲线的斜率为电压放大倍数, 即输出电压 $u_O = A_{od}(u_P - u_N)$ 。通常 A_{od} 非常高, 可达几十万倍, 因此线性区非常窄。

非线性区（饱和区）：输出电压只有两种可能的情况: $+U_{OM}$ 或 $-U_{OM}$ 。

741 集成运放



通用型集成运放LM741

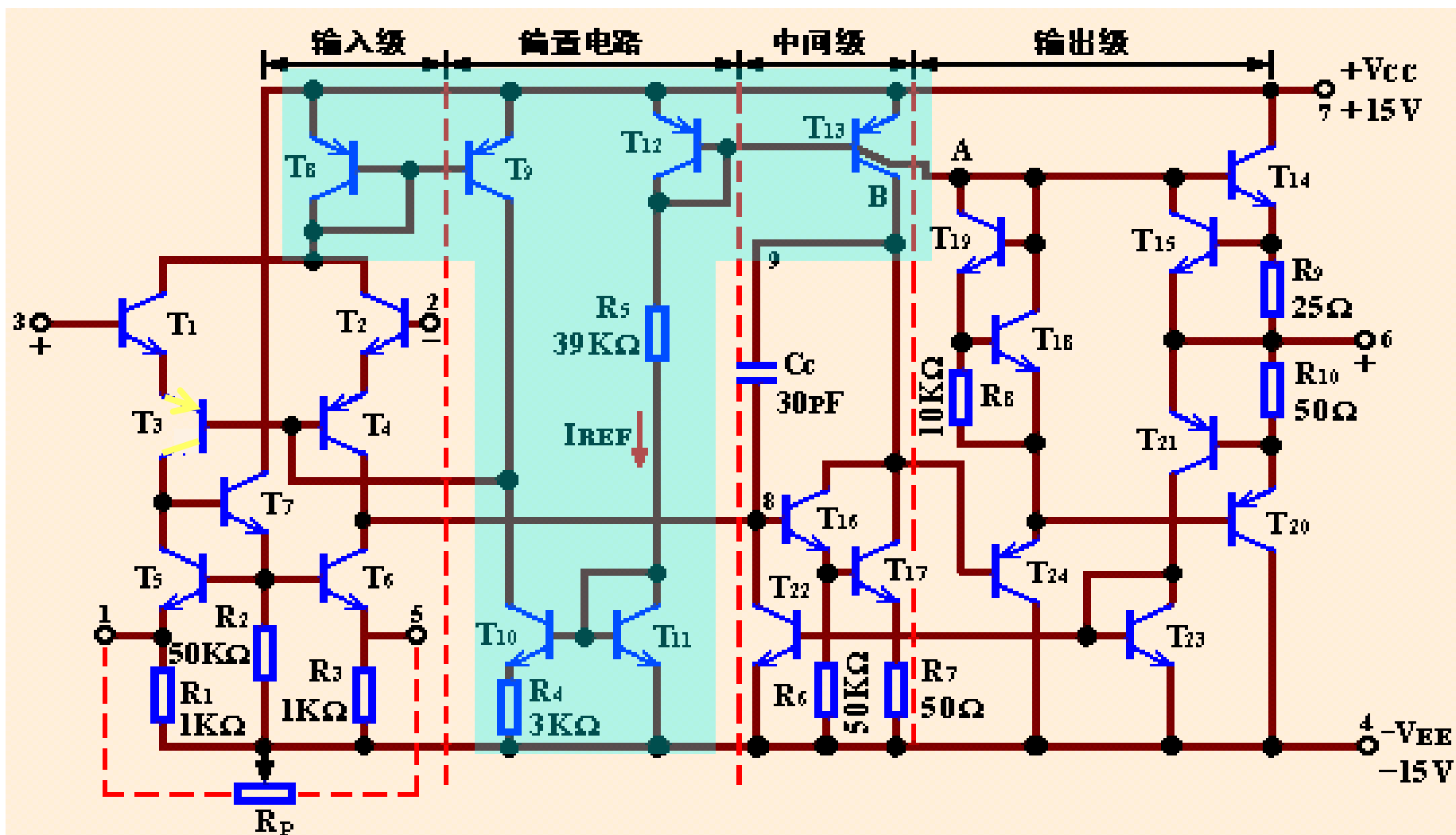
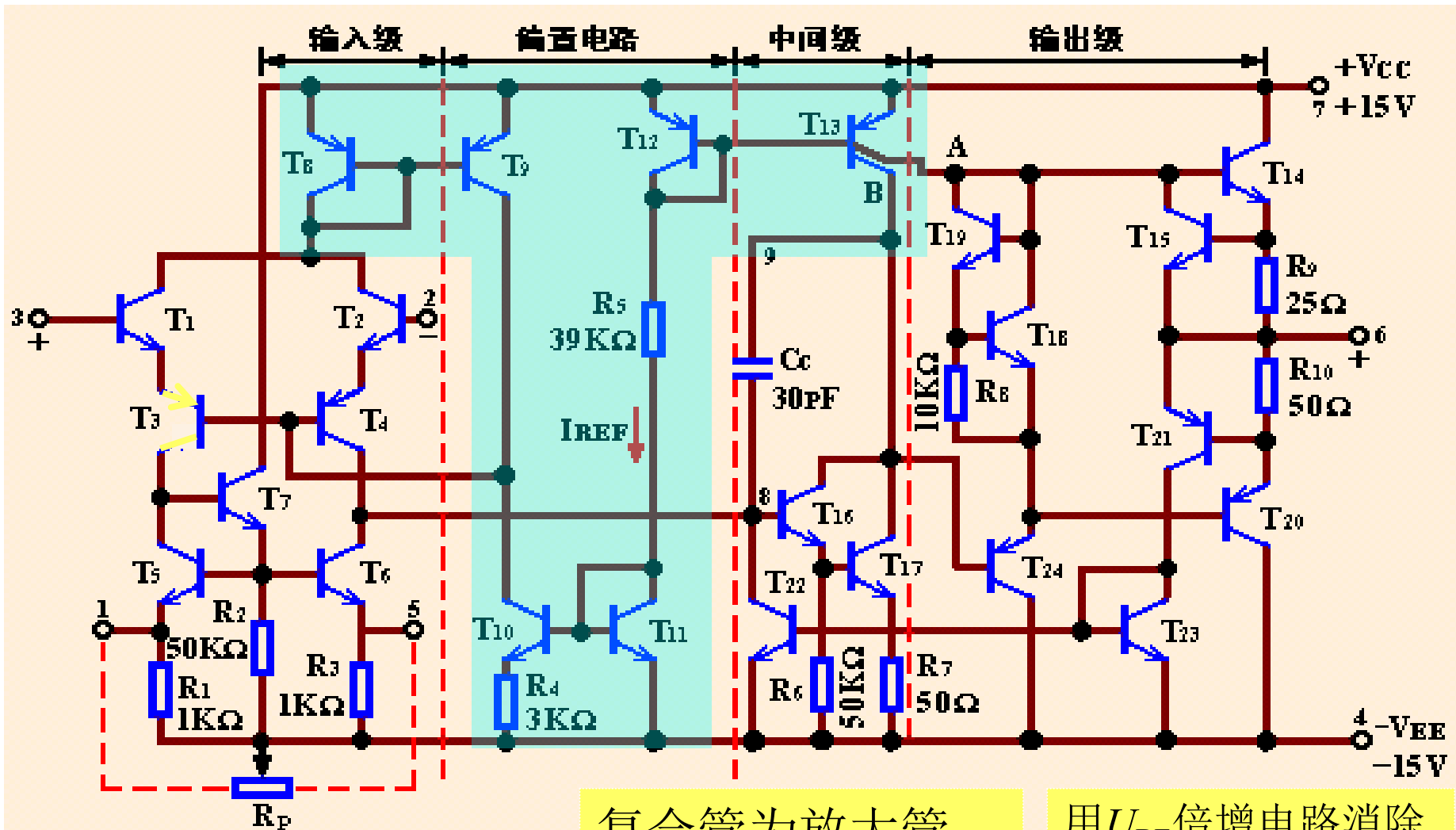


图 6.3.3 741 型集成运算放大器 (a) 原理电路

通用型集成运放LM741



双入单出的共集-共基差分放大电路

复合管为放大管、恒流源作负载的共射放大电路

用 U_{BE} 倍增电路消除交越失真的互补推挽输出级

通用型集成运放LM741

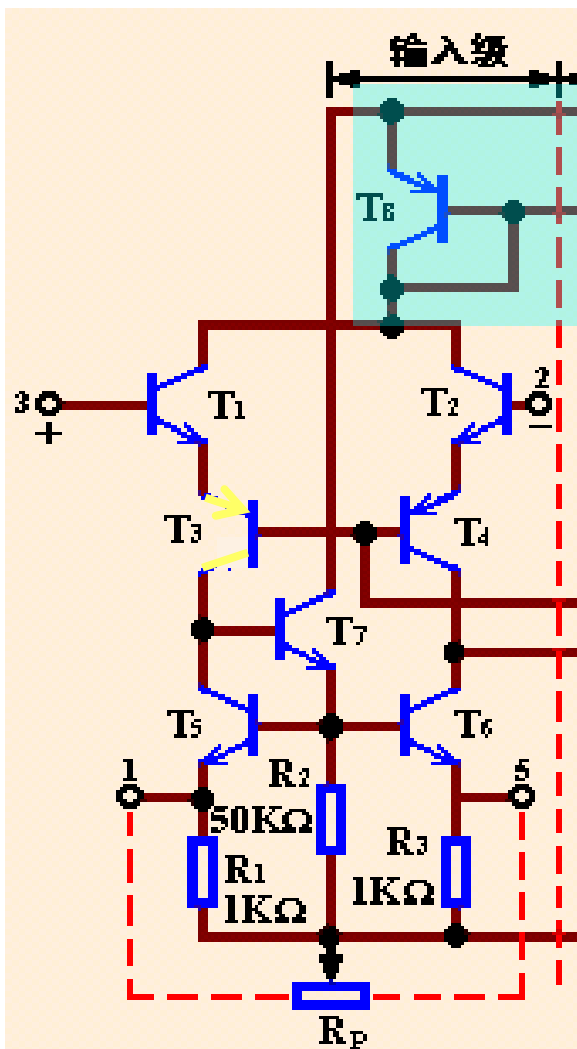


图 6.3.3

T1~T6组成差分式放大电路;

T1、T3和T2、T4组成复合差分电路;

①采用共集形式可以提高输入阻抗，共基形式频带宽；

②T3、T4为横向PNP管，耐压高，因此允许的共模输入电压大；

③T5、T6、T7组成精密镜像电流源作为T3、T4的有源负载，能有效地提高共模抑制比；

④ R_p 为外接的调零电位器，通过调节 R_p 可以保证静态时输出为零。

通用型集成运放LM741

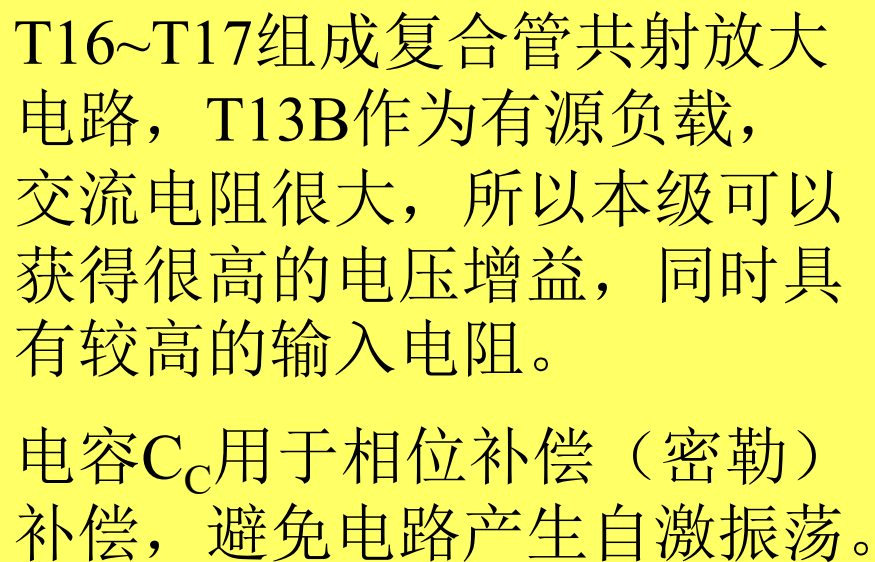


图 6.3.3 741 型集成运算放大器 (a) 原理电路

四、通用型集成运放LM741

- ① T14~T20组成互补推挽输出电路。
- ② T19作二极管用，与T14、R8组成 U_{BE} 倍增电路，使电路工作在甲乙类状态，消除交越失真。
- ③ T24为射极跟随器，起隔离作用，减小输出级对中间级的负载影响。

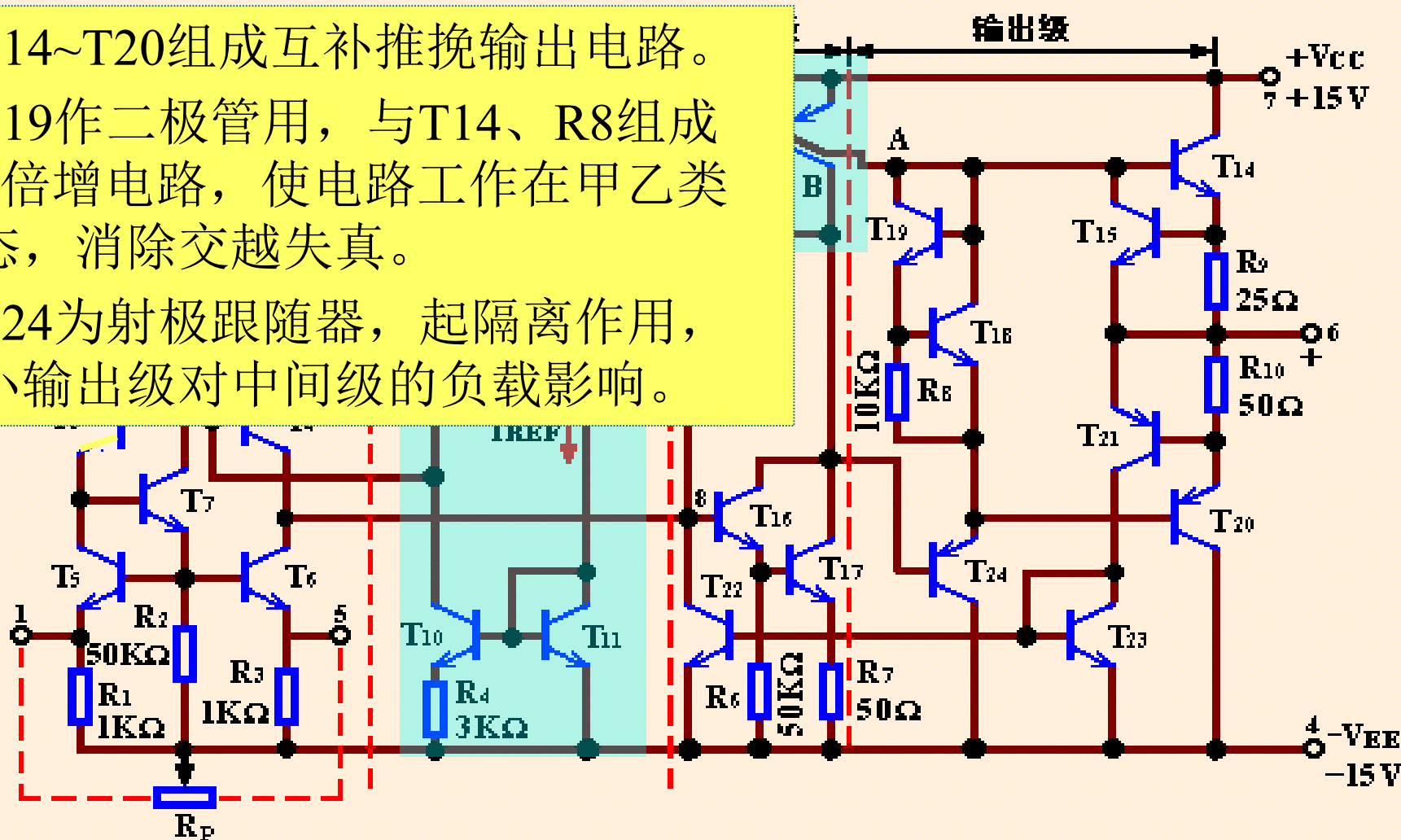
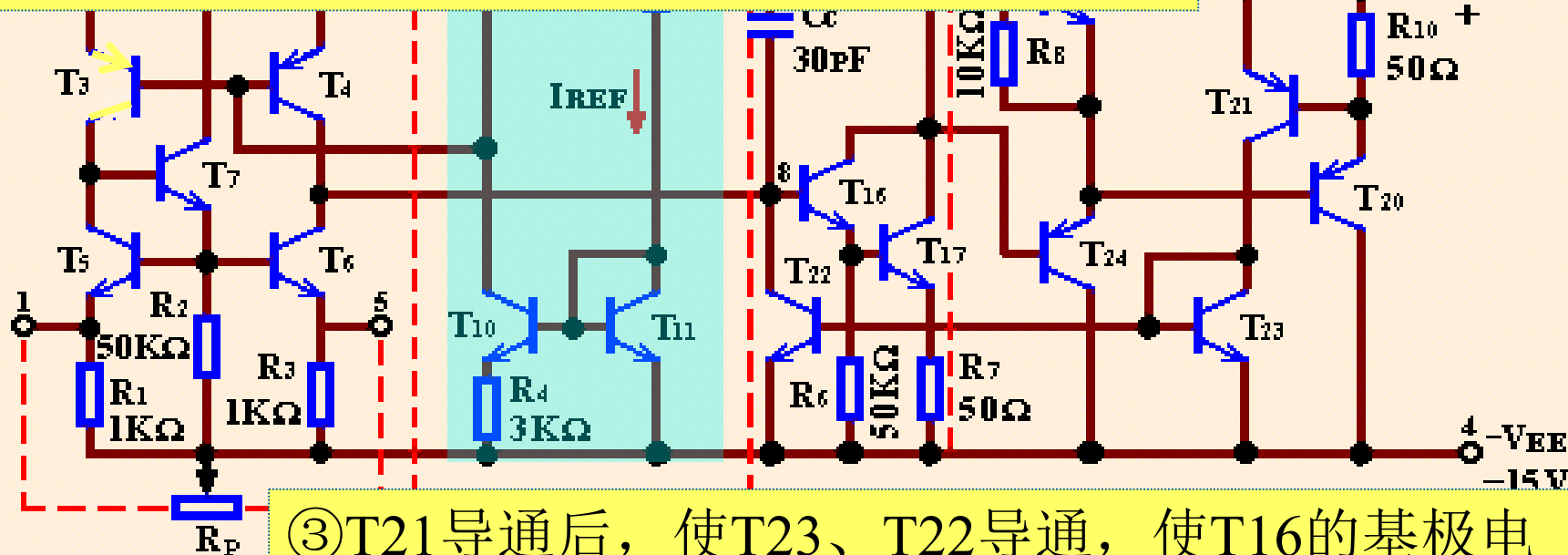
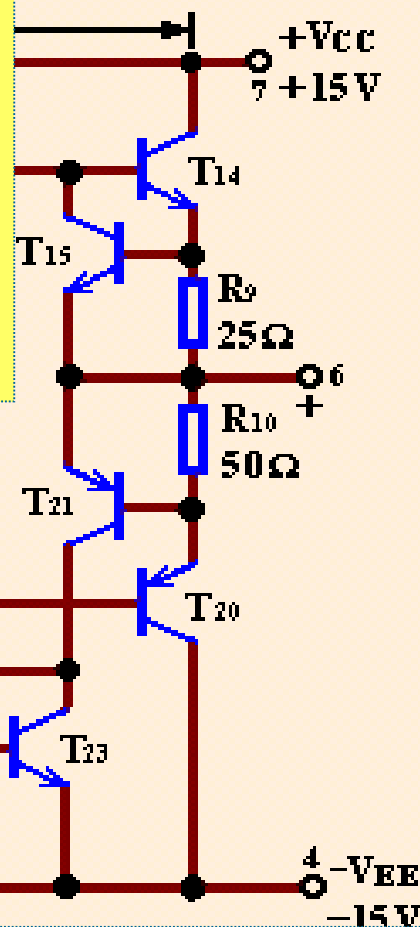


图 6.3.3 741 型集成运算放大器 (a) 原理电路

通用型集成运放LM741

①正常工作时，T15、T21处于截止状态。当电流过大时，R9、R10的压降增大，T15、T21导通。

②T15导通后，对T14的基极产生分流作用，限制T14的电流，保护T14。



③T21导通后，使T23、T22导通，使T16的基极电位降低，使T24的基极电位升高，导致T20趋于截止，因而限制T20的电流，保护T20。