



功率放大电路

主讲教师：徐瑞东





功率放大电路

主要内容:

功率放大电路的基本要求；互补对称功率放大电路；放大电路的工作状态；交越失真。

重点难点:

放大器的工作状态；交越失真。





功率放大电路

功率放大电路的作用：是放大电路的**输出级**，去推动负载工作。
例如使扬声器发声、继电器动作、仪表指针偏转、电动机旋转等。

1. 对功率放大电路的基本要求

- (1) 在不失真的情况下能输出尽可能大的功率。
- (2) 由于功率较大，要求提高效率。

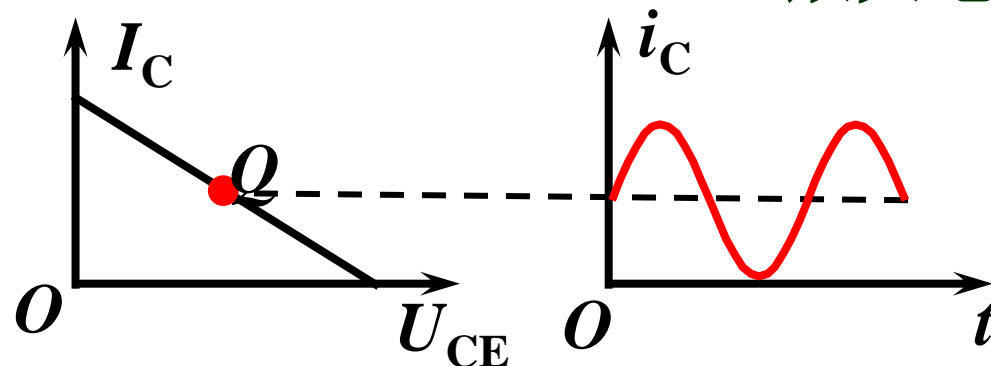
$$\eta \uparrow = \frac{\text{负载得到的交流信号功率}}{\text{电源供给的直流功率} \downarrow}$$



放大电路的工作状态

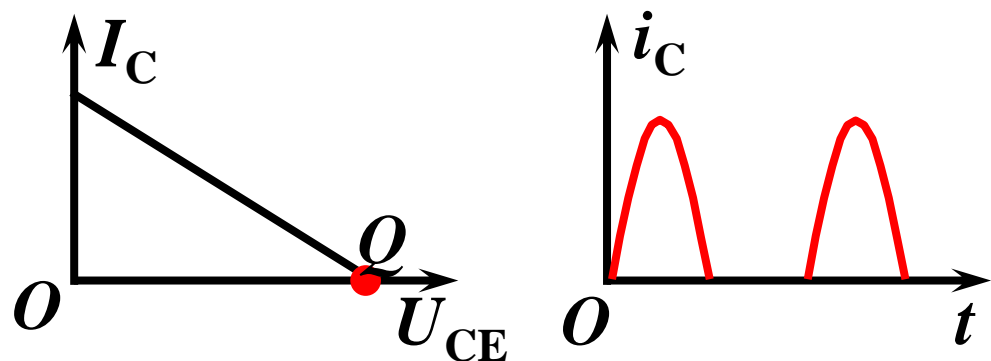
甲类工作状态

晶体管在输入信号的整个周期都导通，静态 I_C 较大，波形好，管耗大效率低。



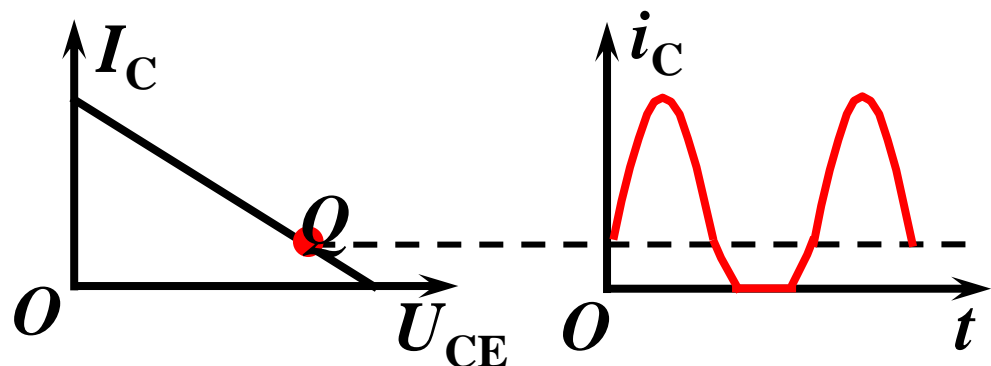
乙类工作状态

晶体管只在输入信号的半个周期内导通，静态 $I_C=0$ ，波形严重失真，管耗小效率高。



甲乙类工作状态

晶体管导通的时间大于半个周期，静态 $I_C \approx 0$ ，一般功放常采用。





2. 互补对称放大电路

互补对称电路是集成功率放大电路输出级的基本形式。当它通过容量较大的电容与负载耦合时，由于省去了变压器而被称为无输出变压器(**Output Transformerless**)电路，简称OTL电路。若互补对称电路直接与负载相连，输出电容也省去，就成为无输出电容(**Output Capacitorless**)电路，简称OCL电路。

OTL电路采用单电源供电， OCL电路采用双电源供电。



(1) OTL电路

(a) 特点

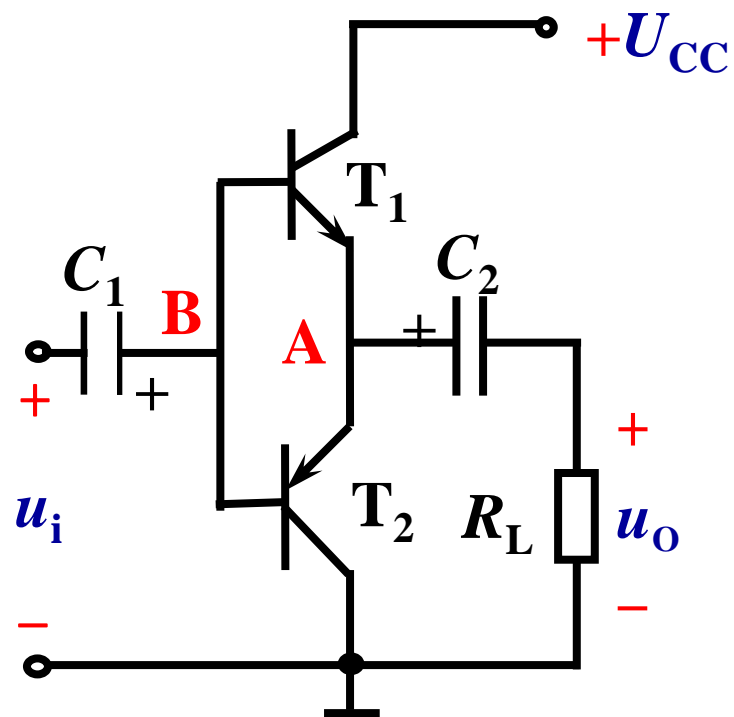
T_1 、 T_2 的特性一致；
一个NPN型、一个PNP型两管均接成射极输出器；输出端有大电容；
单电源供电。

(b) 静态时 ($u_i = 0$)

调整输入的直流电位使 $V_B = \frac{U_{CC}}{2}$

由于 T_1 、 T_2 对称使 $V_A = \frac{U_{CC}}{2}$

于是电容量端电压 $u_c = \frac{U_{CC}}{2}$, $I_{C1} \approx 0$, $I_{C2} \approx 0$



OTL原理电路

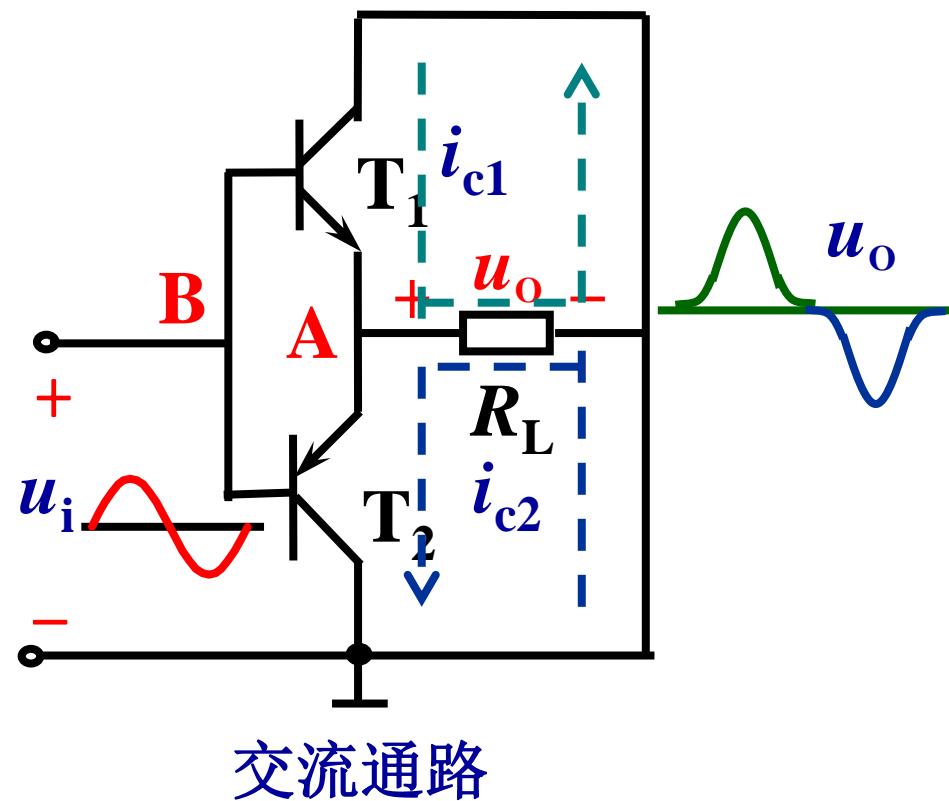
(c) 动态时

输入交流信号 u_i 正半周

T_1 导通、 T_2 截止；

输入交流信号 u_i 负半周

T_2 导通、 T_1 截止。



若输出电容足够大，其上电压基本保持不变，则负载上得到的交流信号正负半周对称。

(d) 交越失真

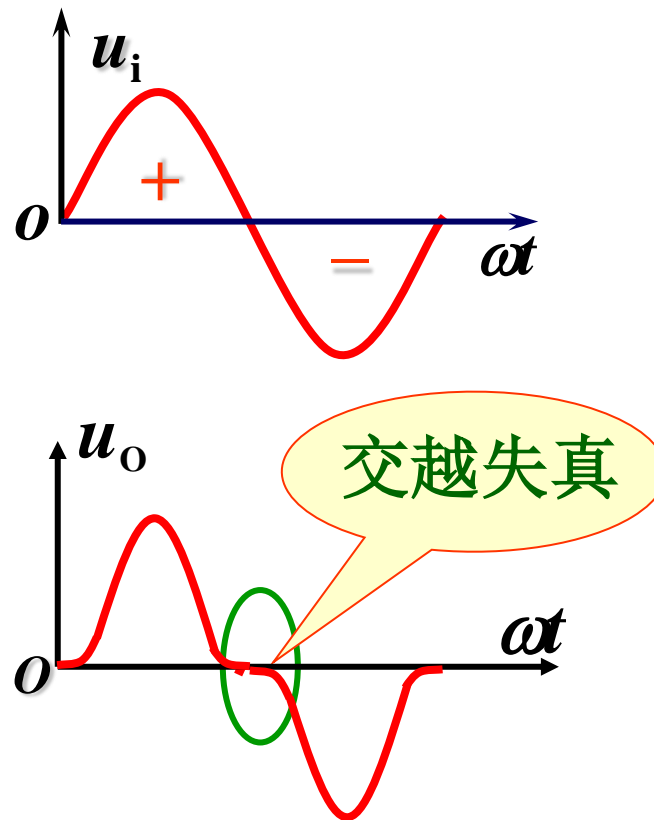
当输入信号 u_i 为正弦波时，输出信号在过零前后出现的失真称为交越失真。

交越失真产生的原因

由于晶体管特性存在非线性， $u_i < \text{死区电压}$ 晶体管导通不好。

克服交越失真的措施

采用各种电路以产生有不大的偏流，使静态工作点稍高于截止点，即工作于甲乙类状态。



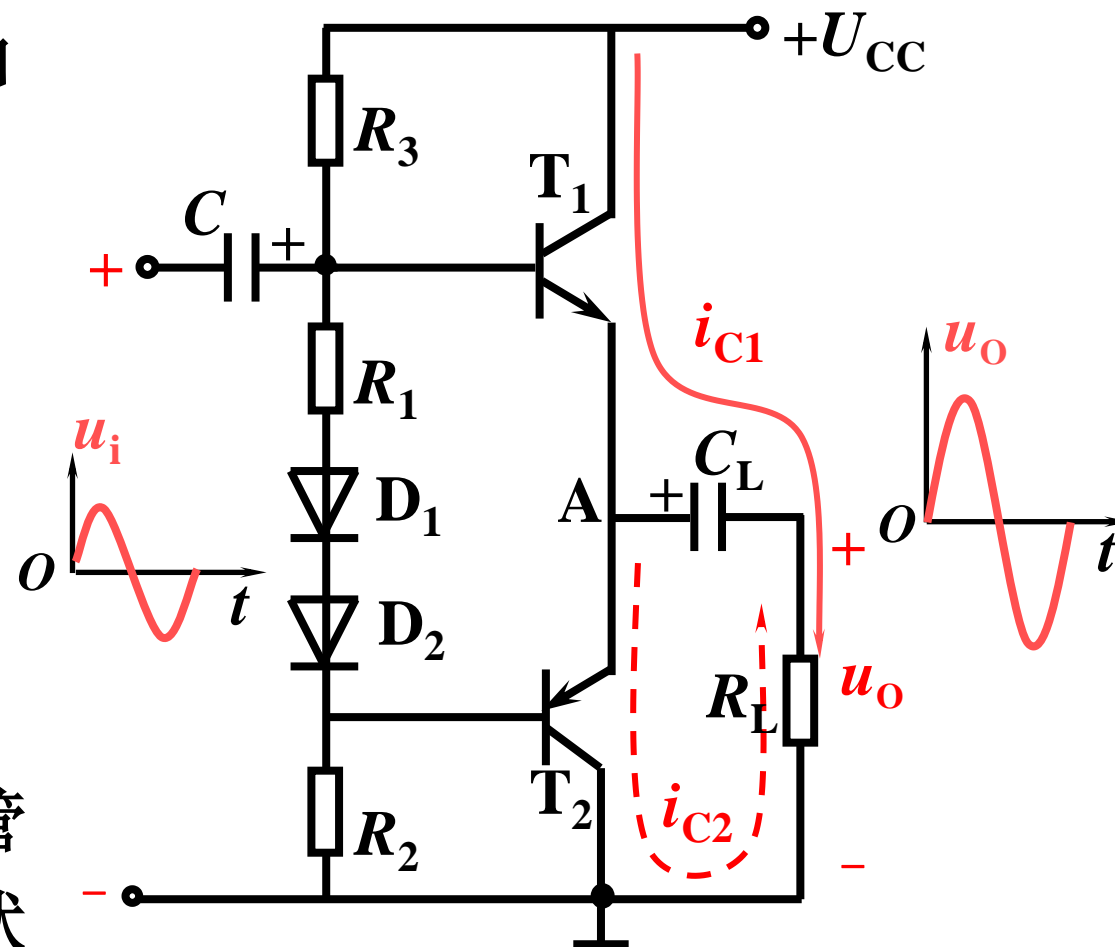
(e) 克服交越失真的OTL互补对称放大电路

两个晶体管 T_1 (NPN型) 和 T_2 (PNP型) 的特性基本相同。

静态时, 调节 R_3 , 使 A 点的电位为 $\frac{1}{2}U_{CC}$;

输出电容 C_L 上的电压也等于 $\frac{1}{2}U_{CC}$;

R_1 和 D_1 、 D_2 上的压降使两管获得合适的偏压, 工作在甲乙类状态。

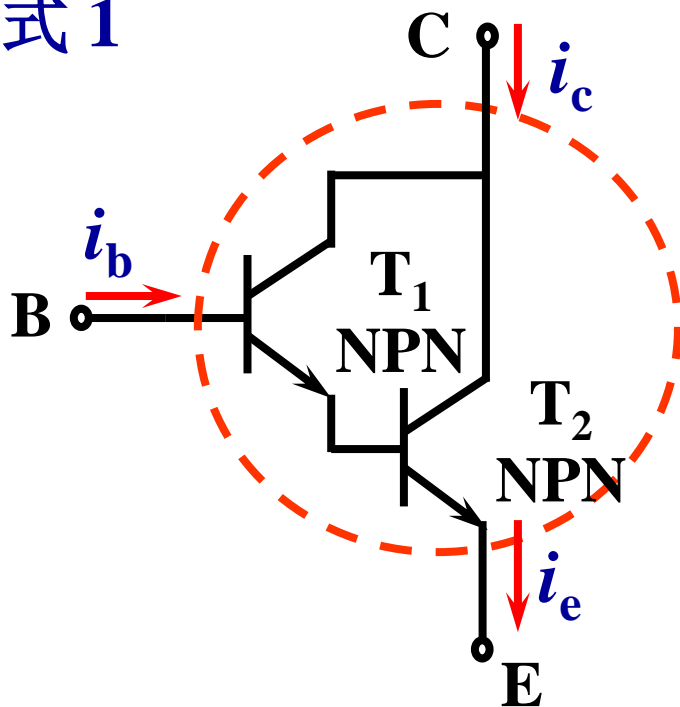


OTL互补对称放大电路

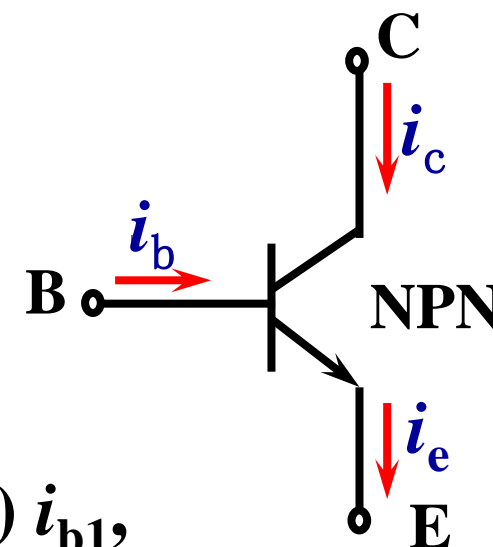
在输出功率较大时常采用复合管

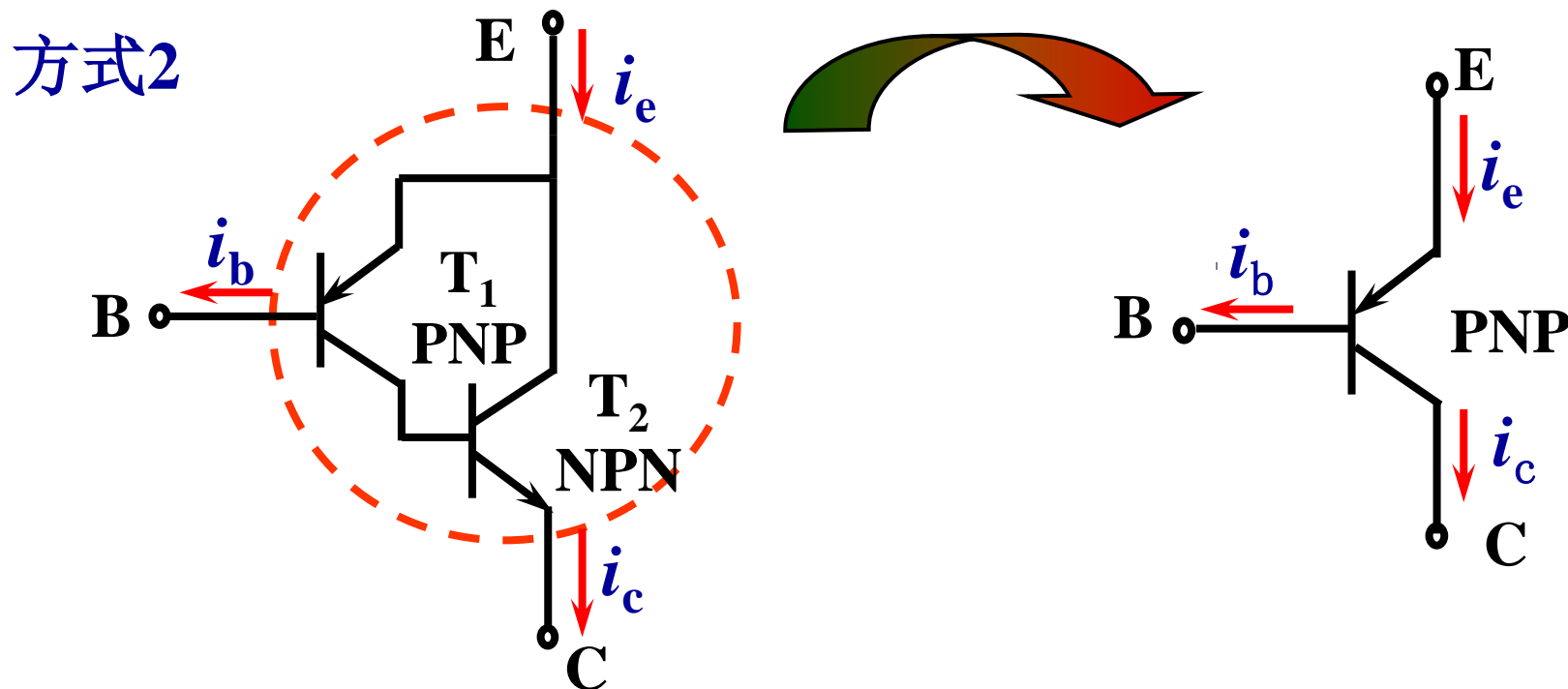
复合管的构成

方式 1



$$\begin{aligned} i_b &= i_{b1}, \\ i_{b2} &= i_{e1} = (1 + \beta_1) i_{b1}, \\ i_{c1} &= \beta_1 i_{b1}, \\ i_{c2} &= \beta_2 i_{b2} = \beta_2 (1 + \beta_1) i_{b1}, \\ i_c &= i_{c1} + i_{c2} \\ &= [\beta_1 + \beta_2 (1 + \beta_1)] i_{b1} \\ &\approx \beta_1 \beta_2 i_{b1} \end{aligned}$$





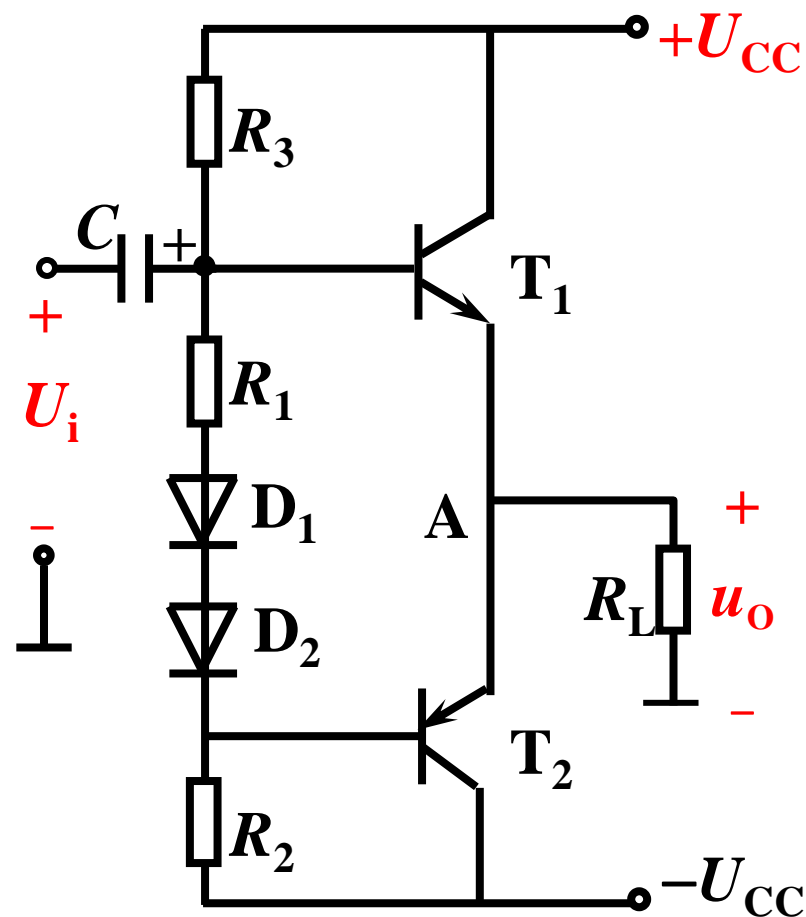
- 复合管的类型与复合管中第一只管子的类型相同
- 复合管的电流放大系数 $\beta \approx \beta_1 \beta_2$

产品手册中常把复合管称为“达林顿”晶体管

用复合管组成的互补对称放大电路常称为**准互补对称放大电路**

(2) 无输出电容(OCL)的互补对称放大电路

OCL电路需用正负两路电源。其工作原理与OTL电路基本相同。



OCL互补对称放大电路



3. 集成功率放大器

目前集成功放电路获得了广泛的应用,其内部电路一般均为OTL或OCL电路,集成功放除了具有分立元件OTL或OCL电路的优点外,还具有体积小、工作稳定可靠、使用方便等优点。

低频集成功放的种类很多,下面以LM386为例作一简单介绍。

LM386是一种低电压通用型低频集成功放。该电路功耗低、允许的电源电压范围宽、通频带宽、外接元件少,广泛用于收录机、对讲机、电视伴音等系统中。

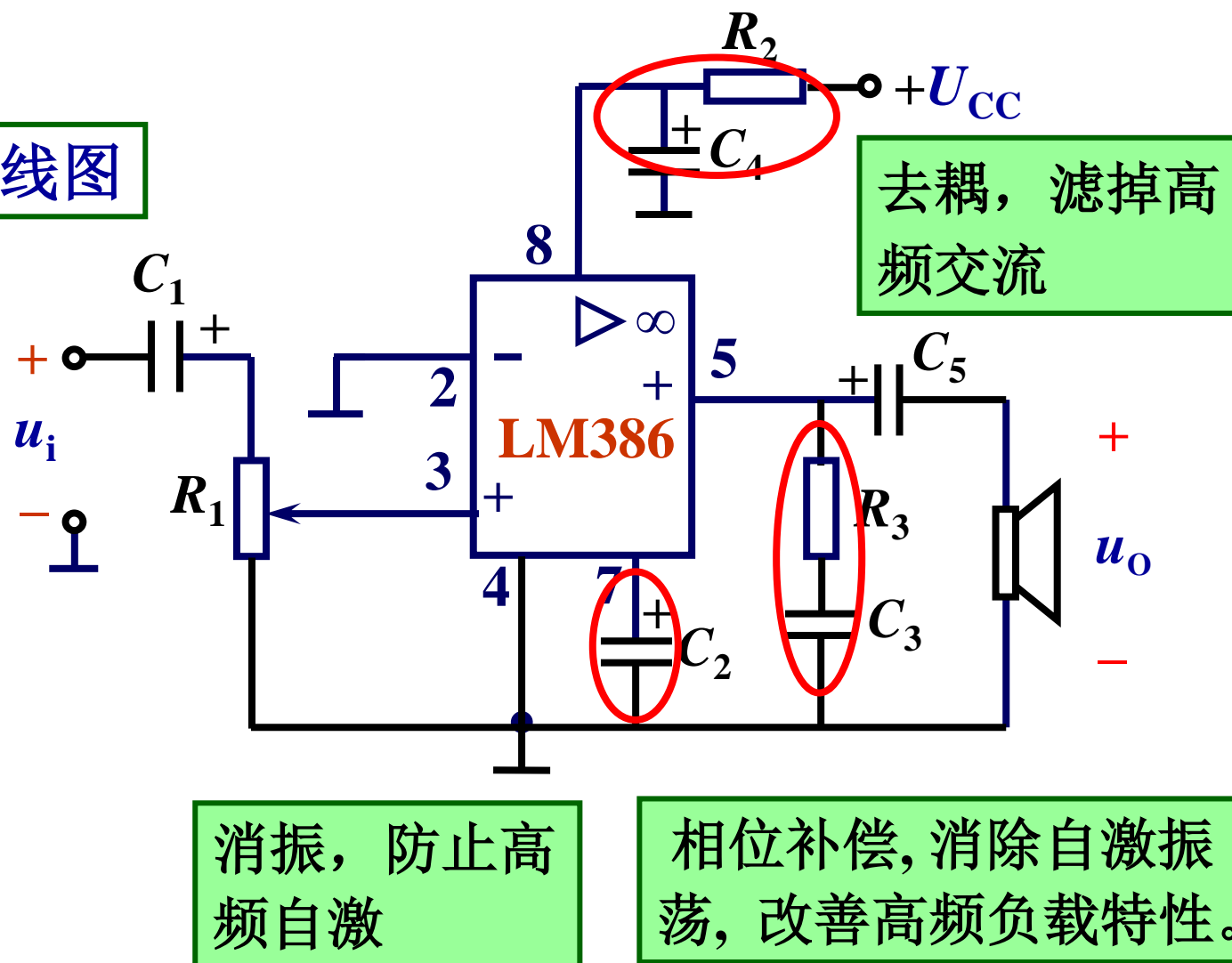


3. 集成功率放大器

集成功放LM386接线图

特点：

工作可靠、使用方便。只需在器件外部适当连线，即可向负载提供一定的功率。





小 结

1. 对功率放大电路的基本要求

- (1) 在不失真的情况下能输出尽可能大的功率。
- (2) 由于功率较大，要求提高效率。

2. 互补对称放大电路

- (1) OTL电路
- (2) OCL功率放大电路

3. 集成功率放大器

