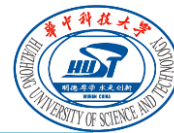


# 9 输出级与集成功率放大器



## 9.1 功率放大电路的一般问题

## 9.2 乙类双电源互补对称功率放大电路

## 9.3 甲乙类互补对称功率放大电路

## 9.4 集成功率放大器举例

## 1. 功率放大电路的特点及主要研究对象

- ◆ 放大电路实质上都是能量转换电路。
- ◆ 从能量控制的观点来看，功率放大电路和电压放大电路没有本质的区别。
- ◆ 但是，功率放大电路和电压放大电路所要完成的任务是不同的。
- ◆ 对电压放大电路的主要要求是使其输出端得到不失真的电压信号，讨论的主要指标是电压增益、输入和输出阻抗等，输出的功率并不一定大。
- ◆ 而功率放大电路则不同，它主要要求获得一定的不失真（或失真较小）的输出功率，因此功率放大电路包含着一系列在电压放大电路中没有出现过的特殊问题。

# 9.1 功率放大电路的一般问题

## 1. 功率放大电路的特点及主要研究对象

### 主要特点

功率放大电路是一种以输出较大功率为目的的放大电路。因此，要求同时输出较大的电压和电流。管子工作在接近极限状态。

一般直接驱动负载，带载能力要强。

### 要解决的问题

- 提高效率
- 减小失真
- 管子的保护

# 9.1 功率放大电路的一般问题

## 2. 输出级工作状态分类及提高效率的主要途径

➤提高效率的主要途径：降低静态功耗，即减小静态电流。

➤四种工作状态：

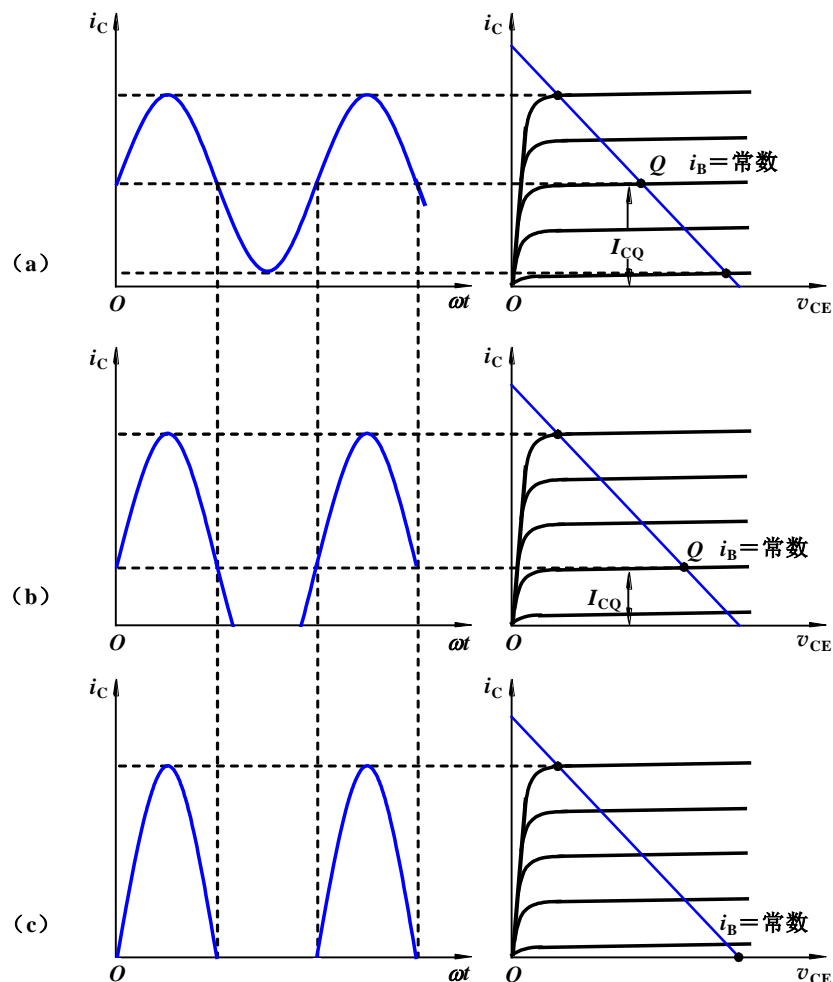
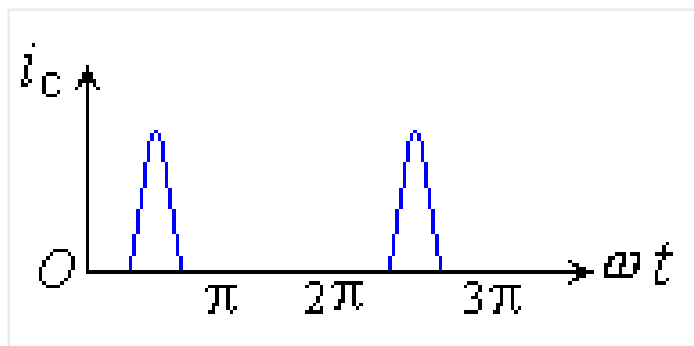
根据正弦信号整个周期内三极管的导通情况划分

甲类：一个周期内均导通

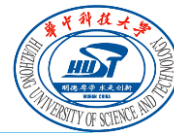
乙类：导通角等于 $180^\circ$

甲乙类：导通角大于 $180^\circ$

丙类：导通角小于 $180^\circ$



# 9 输出级与集成功率放大器



## 9.1 功率放大电路的一般问题

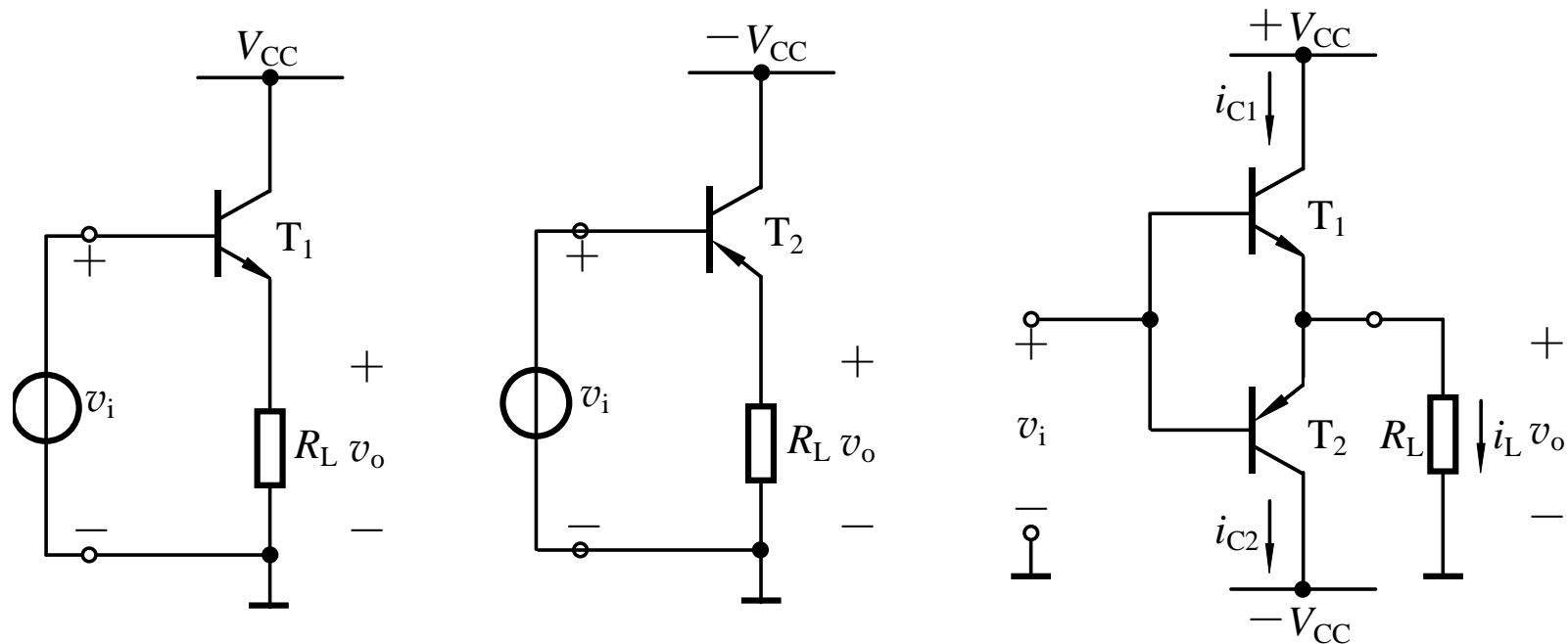
## 9.2 乙类双电源互补对称功率放大电路

## 9.3 甲乙类互补对称功率放大电路

## 9.4 集成功率放大器举例

## 9.2 乙类双电源互补对称功率放大电路

### 1. 电路组成

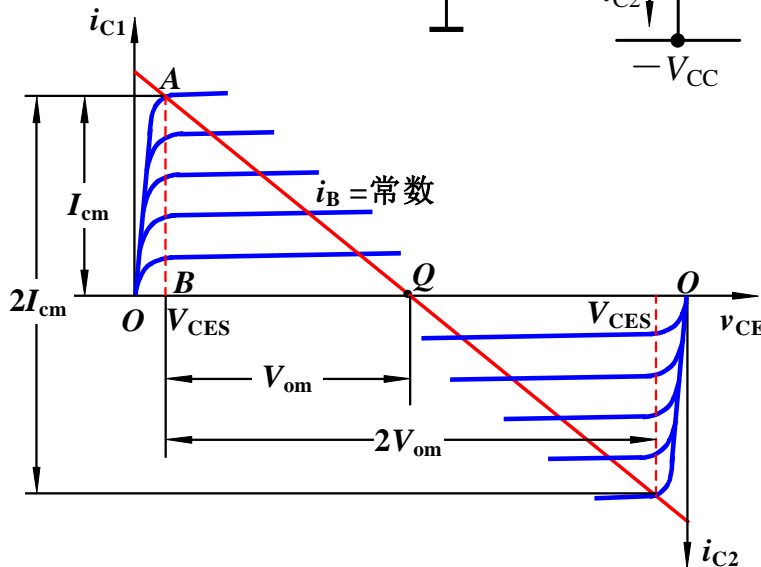
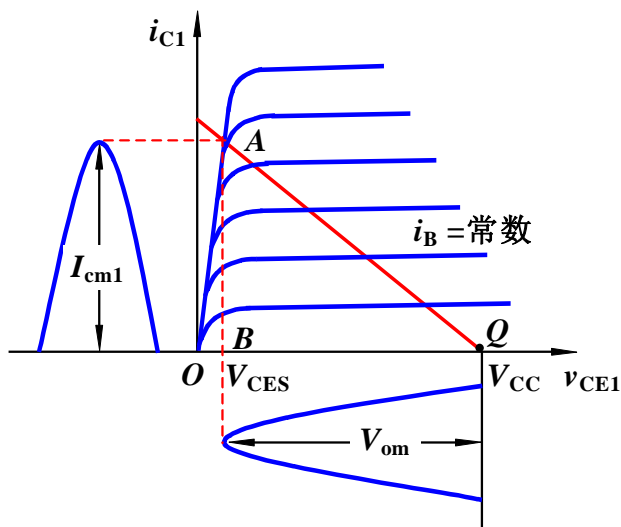
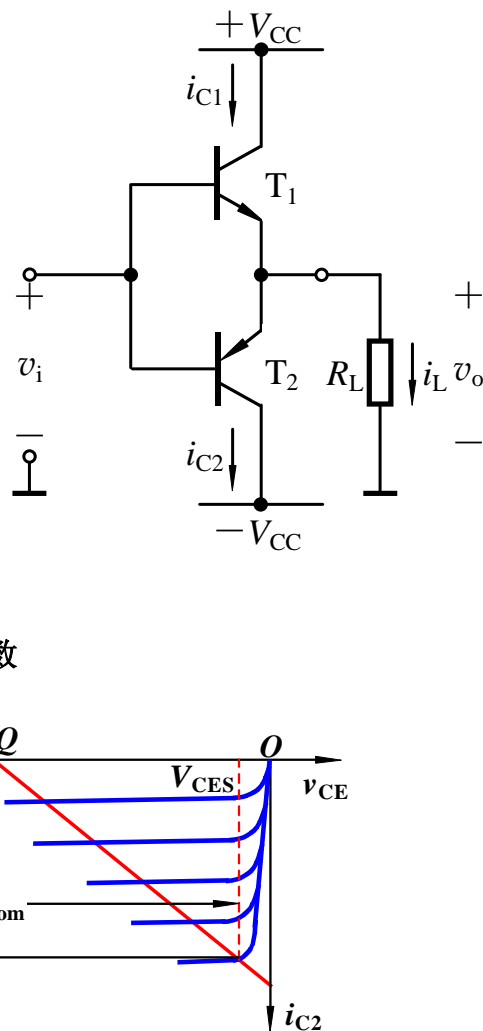


基本互补对称电路实现了静态时两管不导电，而在有信号时， $T_1$ 和 $T_2$ 轮流导电，组成推挽式电路。

# 9.2 乙类双电源互补对称功率放大电路

## 2. 分析计算

由于三极管处于大信号下工作，  
需要同时考虑直流和交流对管子工作  
状态的影响，故通常采用图解法。



## 9.2 乙类双电源互补对称功率放大电路

### 2. 分析计算

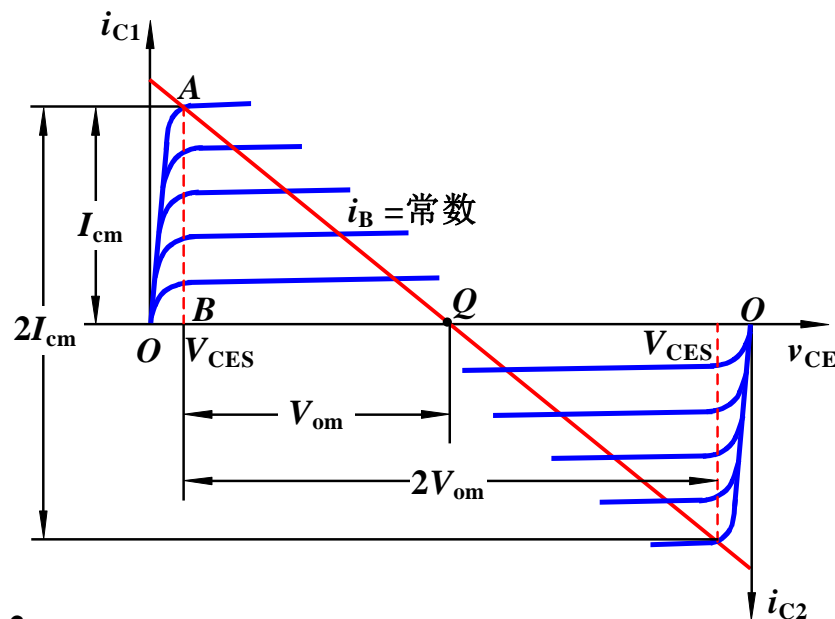
#### 1) 输出功率

$$P_o = \frac{\left(\frac{V_{om}}{\sqrt{2}}\right)^2}{R_L} = \frac{V_{om}^2}{2R_L}$$

最大输出功率

$$P_{omax} = \frac{V_{om}^2}{2R_L} = \frac{(V_{CC} - V_{CES})^2}{2R_L}$$

忽略  $V_{CES}$  时  $P_{omax} \approx \frac{V_{CC}^2}{2R_L}$





## 9.2 乙类双电源互补对称功率放大电路

### 2. 分析计算

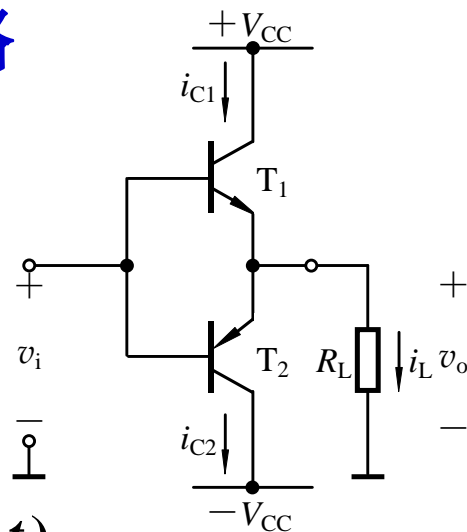
2) 管耗 $P_T$  设输出电压为 $v_o = V_{om} \sin \omega t$

单个管子在半个周期内的管耗

$$P_{T1} = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi v_{CE} i_{E1} d(\omega t) = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi (V_{CC} - v_o) \frac{v_o}{R_L} d(\omega t)$$
$$= \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi (V_{CC} - V_{om} \sin \omega t) \frac{V_{om} \sin \omega t}{R_L} d(\omega t)$$

$$= \frac{1}{R_L} \left( \frac{V_{CC} V_{om}}{\pi} - \frac{V_{om}^2}{4} \right)$$

两管管耗  $P_T = P_{T1} + P_{T2} = \frac{2}{R_L} \left( \frac{V_{CC} V_{om}}{\pi} - \frac{V_{om}^2}{4} \right)$



## 9.2 乙类双电源互补对称功率放大电路

### 2. 分析计算

#### 3) 直流电源供给的功率 $P_V$

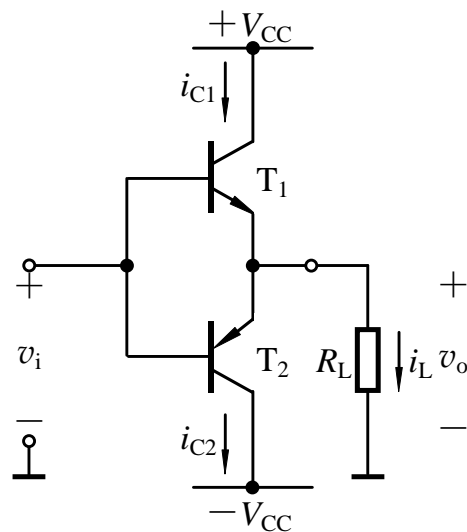
$$P_V = P_o + P_T = \frac{2V_{CC}V_{om}}{\pi R_L}$$

$$\text{当 } V_{om} \approx V_{CC} \text{ 时, } P_{Vm} = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{V_{CC}^2}{R_L}$$

#### 4) 效率 $\eta$

$$\eta = \frac{P_o}{P_V} = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{V_{om}}{V_{CC}}$$

$$\text{当 } V_{om} \approx V_{CC} \text{ 时, } \eta = \frac{\pi}{4} \approx 78.5\%$$



## 9.2 乙类双电源互补对称功率放大电路

### 3. 功率BJT的选择

#### 1) 最大管耗和最大输出功率的关系

$$P_{T1} = \frac{1}{R_L} \left( \frac{V_{CC} V_{om}}{\pi} - \frac{V_{om}^2}{4} \right) \quad \frac{dP_{T1}}{dV_{om}} = \frac{1}{R_L} \left( \frac{V_{CC}}{\pi} - \frac{V_{om}}{2} \right)$$

$$\text{令 } dP_{T1} / dV_{om} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{V_{CC}}{\pi} - \frac{V_{om}}{2} = 0 \quad \Rightarrow V_{om} = \frac{2V_{CC}}{\pi}$$

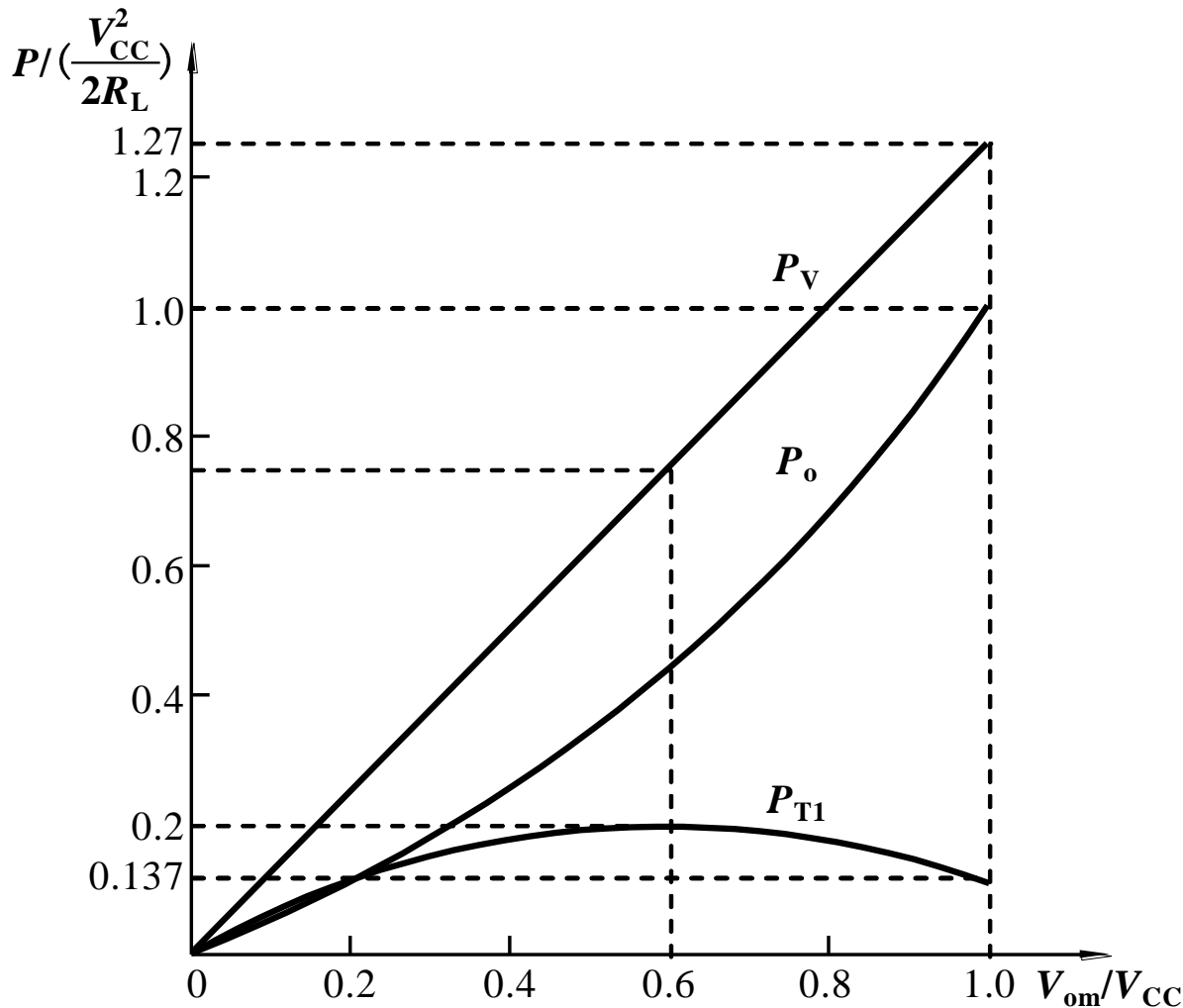
$$P_{T1\max} = \frac{1}{R_L} \left[ \frac{2}{\pi} V_{CC}^2 - \frac{\left( \frac{2V_{CC}}{\pi} \right)^2}{4} \right] = \frac{1}{\pi^2} \cdot \frac{V_{CC}^2}{R_L} = \frac{V_{CC}^2}{\pi^2 R_L} \approx 0.2 P_{om}$$

$$P_{T1\max} \approx 0.2 P_{om}$$

选管依据之一

## 9.2 乙类双电源互补对称功率放大电路

乙类互补对称电路 $P_o$ 、 $P_V$ 和 $P_{T1}$ 与 $V_{om}/V_{CC}$ 变化的关系曲线



## 9.2 乙类双电源互补对称功率放大电路

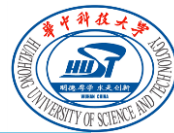
### 3. 功率BJT的选择

#### 2) 功率BJT的选择

- 每只BJT的最大允许管耗 $P_{CM}$ 必须大于 $0.2P_{om}$ ;
- 考虑到当 $T_2$ 导通时,  $v_{CE2} \approx 0$ , 此时 $v_{CE1}$ 具有最大值, 且等于 $2V_{CC}$ 。因此, 应选用 $|V_{(BR)CEO}| > 2V_{CC}$ 的功率管;
- 通过功率BJT的最大集电极电流为 $V_{CC}/R_L$ , 所选功率BJT的 $I_{CM}$ 一般不宜低于此值。

$$\begin{cases} P_{CM} > 0.2 P_{om} \\ V_{(BR)CEO} > 2V_{CC} \\ I_{CM} > V_{CC} / R_L \end{cases}$$

# 9 输出级与集成功率放大器



## 9.1 功率放大电路的一般问题

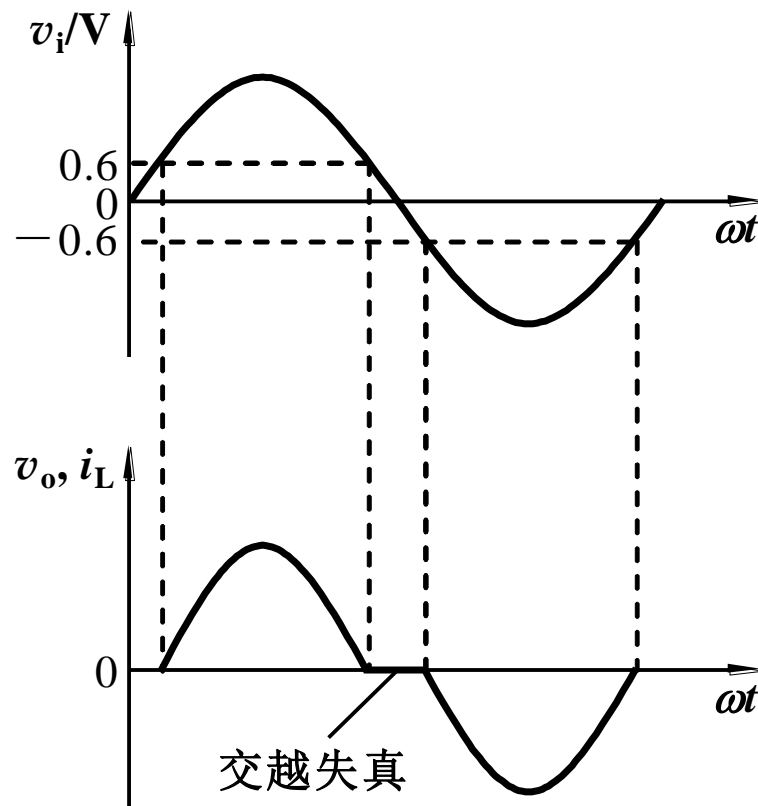
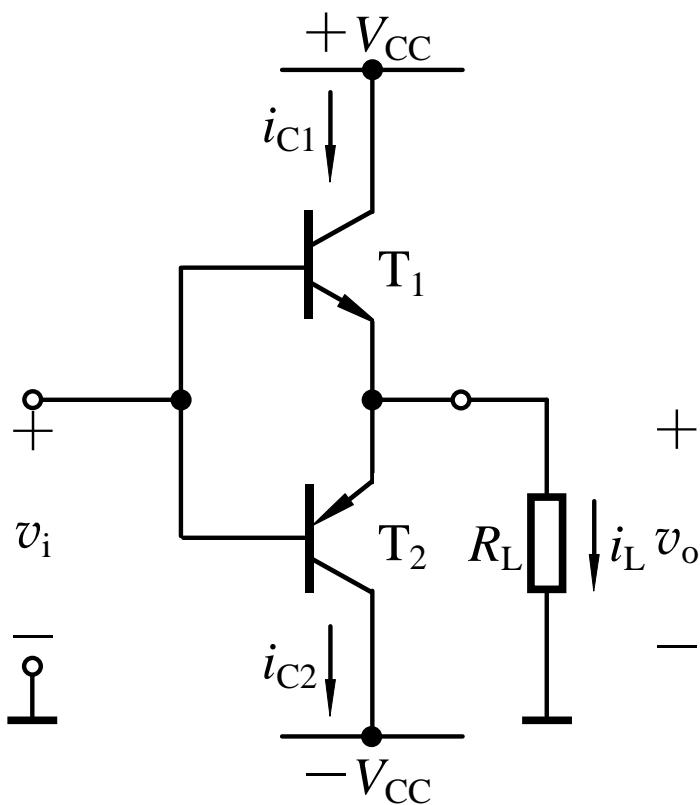
## 9.2 乙类双电源互补对称功率放大电路

## 9.3 甲乙类互补对称功率放大电路

## 9.4 集成功率放大器举例

# 9.3 甲乙类互补对称功率放大电路

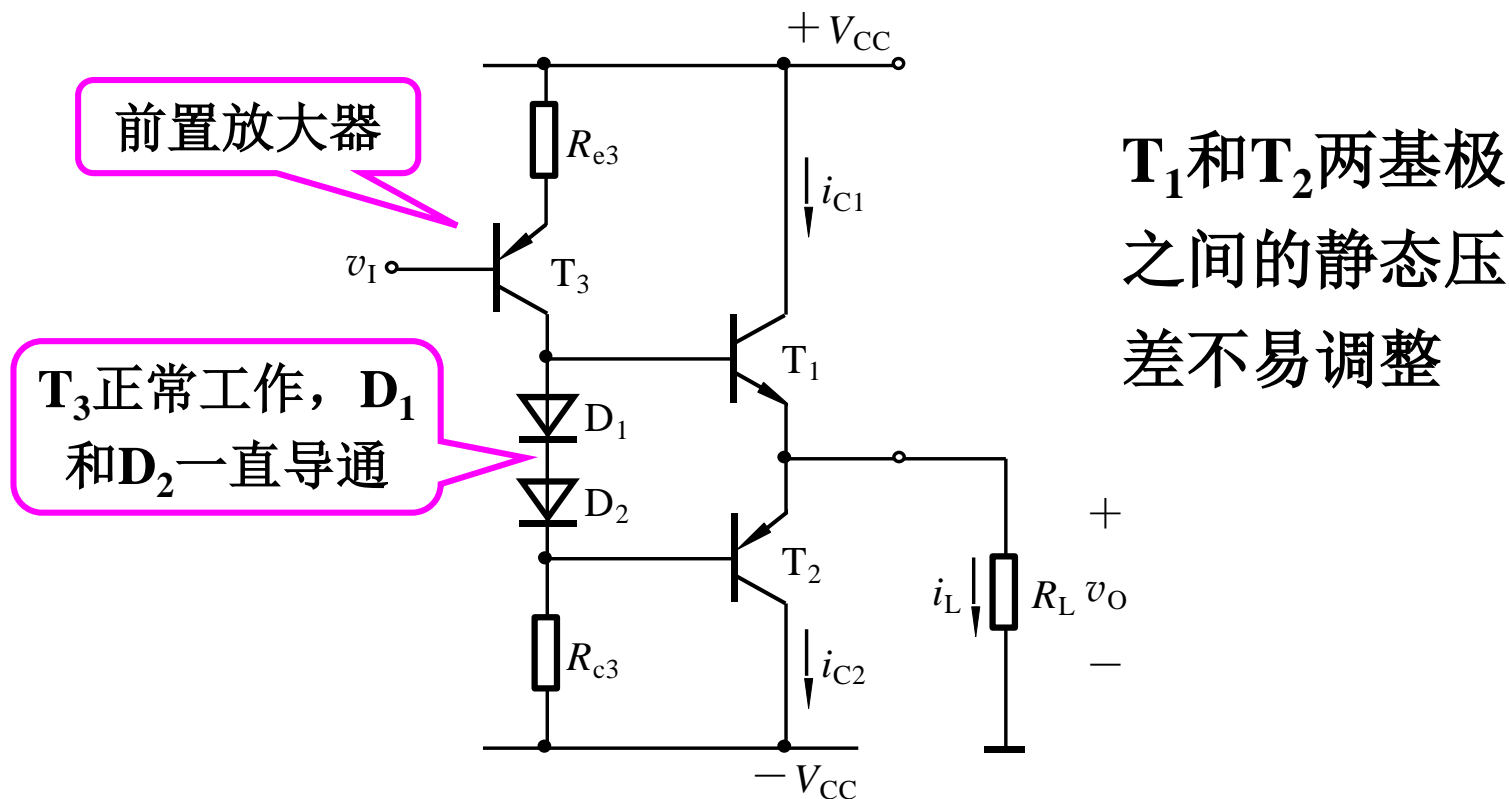
## 乙类互补对称电路存在的问题



## 9.3 甲乙类互补对称功率放大电路

### 1. 甲乙类双电源互补对称电路

利用二极管进行偏置克服交越失真



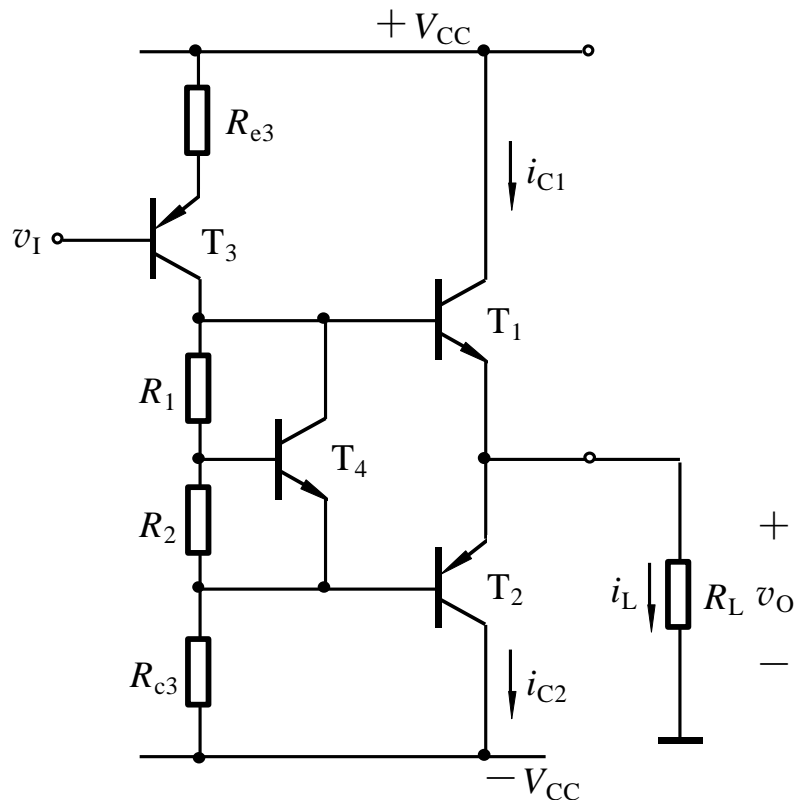
$D_1$ 、 $D_2$ 上的压降为 $T_1$ 、 $T_2$ 提供了一个适当的偏压, 使 $T_1$ 和 $T_2$ 处于微导通状态。



# 9.3 甲乙类互补对称功率放大电路

## 1. 甲乙类双电源互补对称电路

利用 $V_{BE}$ 扩大电路进行偏置克服交越失真



$$V_{CE4} \approx \frac{R_1 + R_2}{R_2} \cdot V_{BE4}$$

利用 $T_4$ 管的 $V_{BE4}$ 基本为一固定值（硅管约为 $0.6 \sim 0.7V$ ），只要适当调节 $R_1$ 、 $R_2$ 的比值，就可改变 $T_1$ 、 $T_2$ 的偏压值。

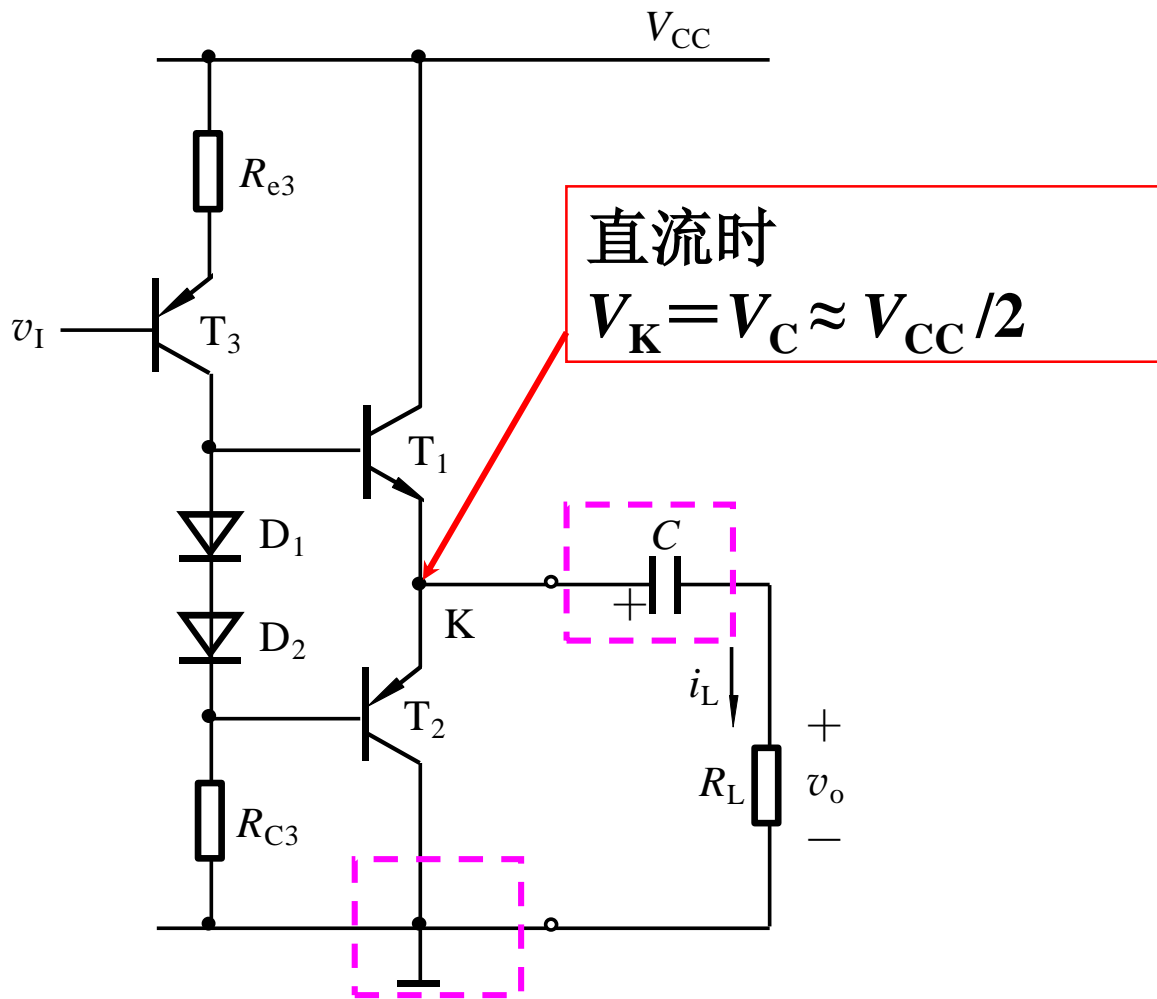
$R_1$ 、 $R_2$ 不变时， $V_{CE4}$ 也是定值，可看作是一个直流电源。

$P_o$ 、 $P_T$ 、 $P_V$ 和 $P_{Tm}$ 仍然按照乙类功放计算公式进行估算。

# 9.3 甲乙类互补对称功率放大电路

## 2. 甲乙类单电源互补对称电路（OTL电路）

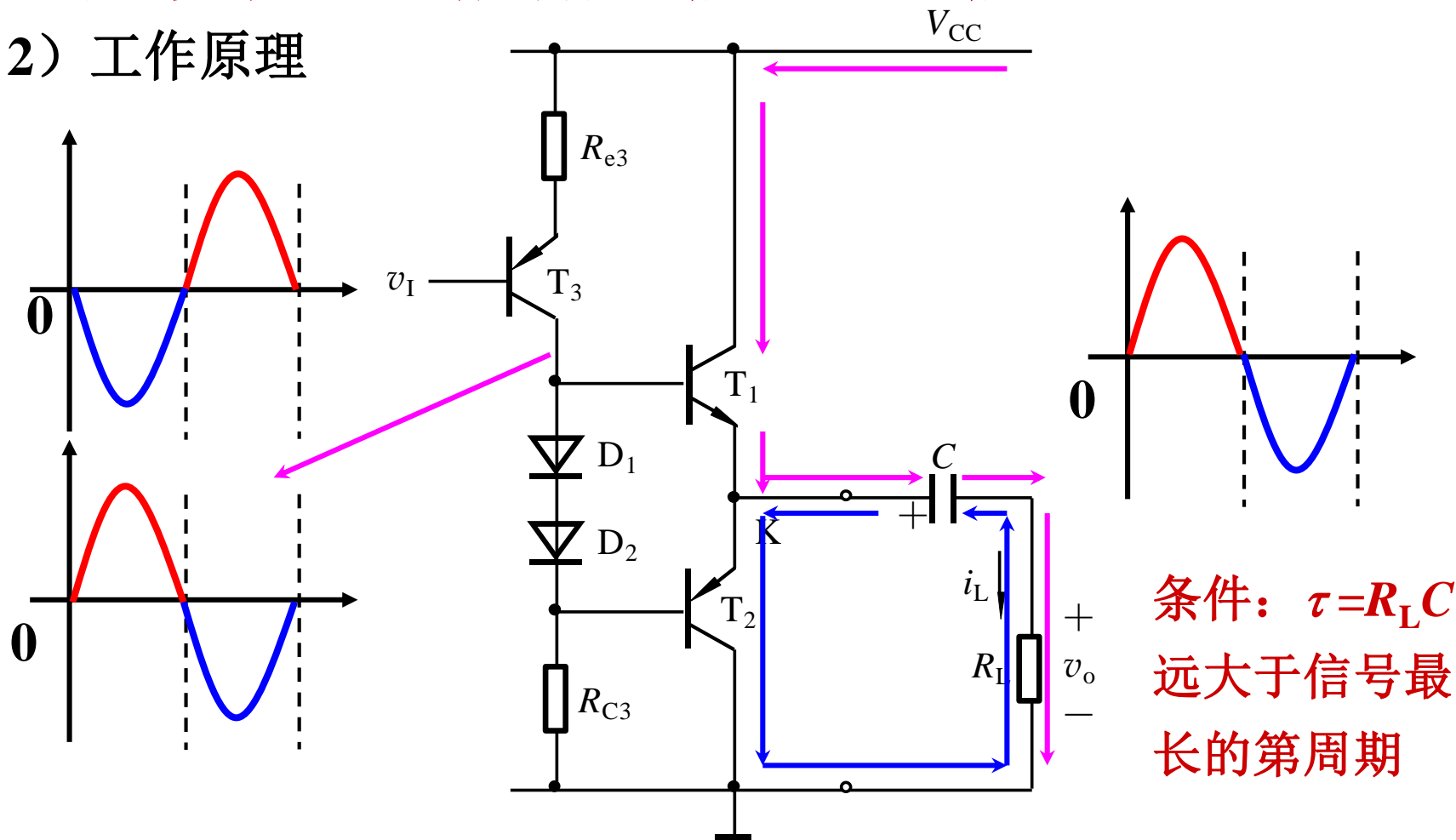
### 1) 基本电路



# 9.3 甲乙类互补对称功率放大电路

## 2. 甲乙类单电源互补对称电路（OTL电路）

### 2) 工作原理



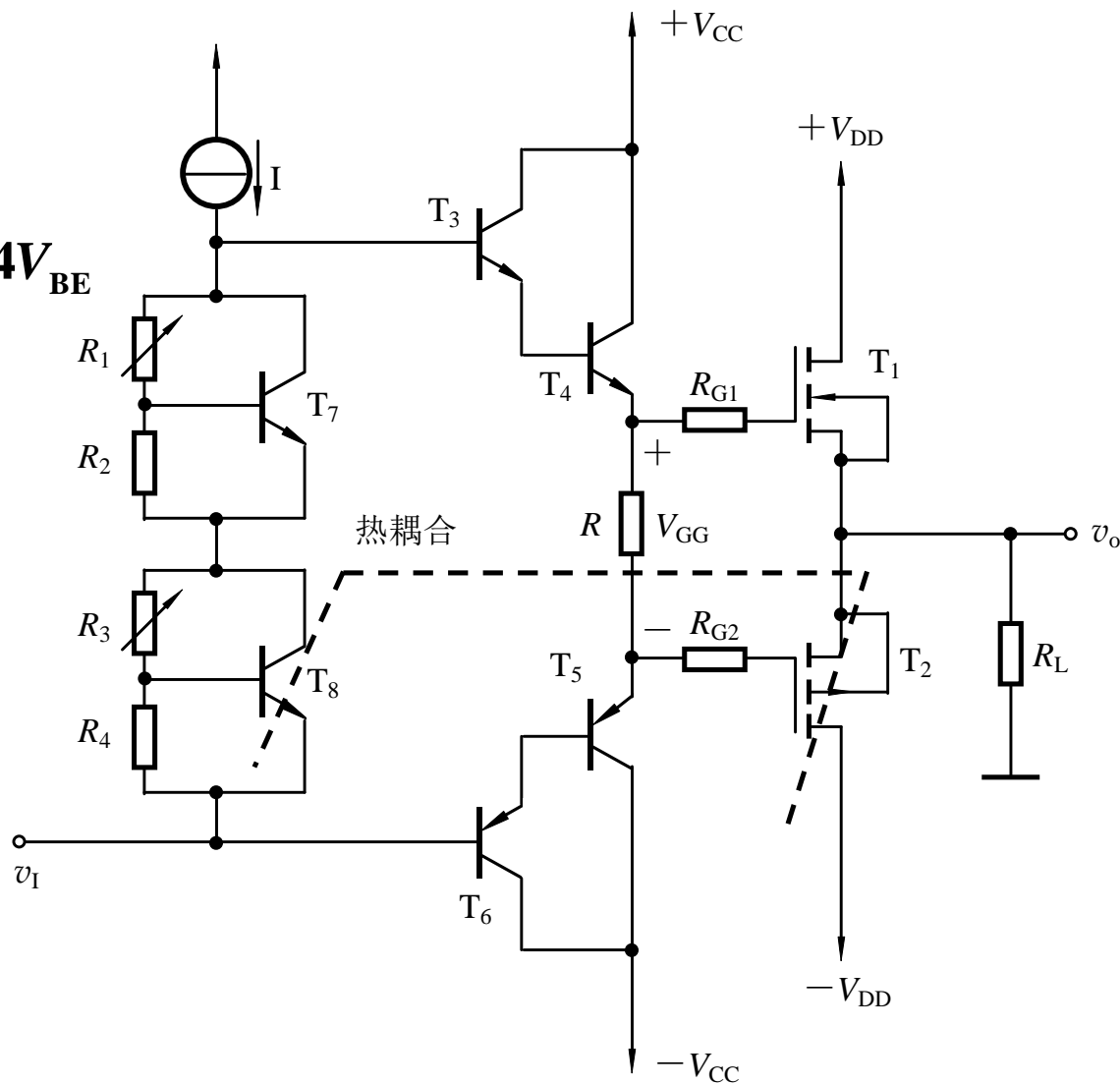
应用 OCL 电路有关公式时, 要用  $V_{CC}/2$  取代  $V_{CC}$

# 9.3 甲乙类互补对称功率放大电路

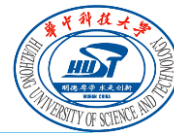
## 3. MOS管甲乙类双电源互补对称电路

$$V_{GG} = (1 + \frac{R_3}{R_4})V_{BE8}$$

$$+ (1 + \frac{R_1}{R_2})V_{BR7} - 4V_{BE}$$



# 9 输出级与集成功率放大器



## 9.1 功率放大电路的一般问题

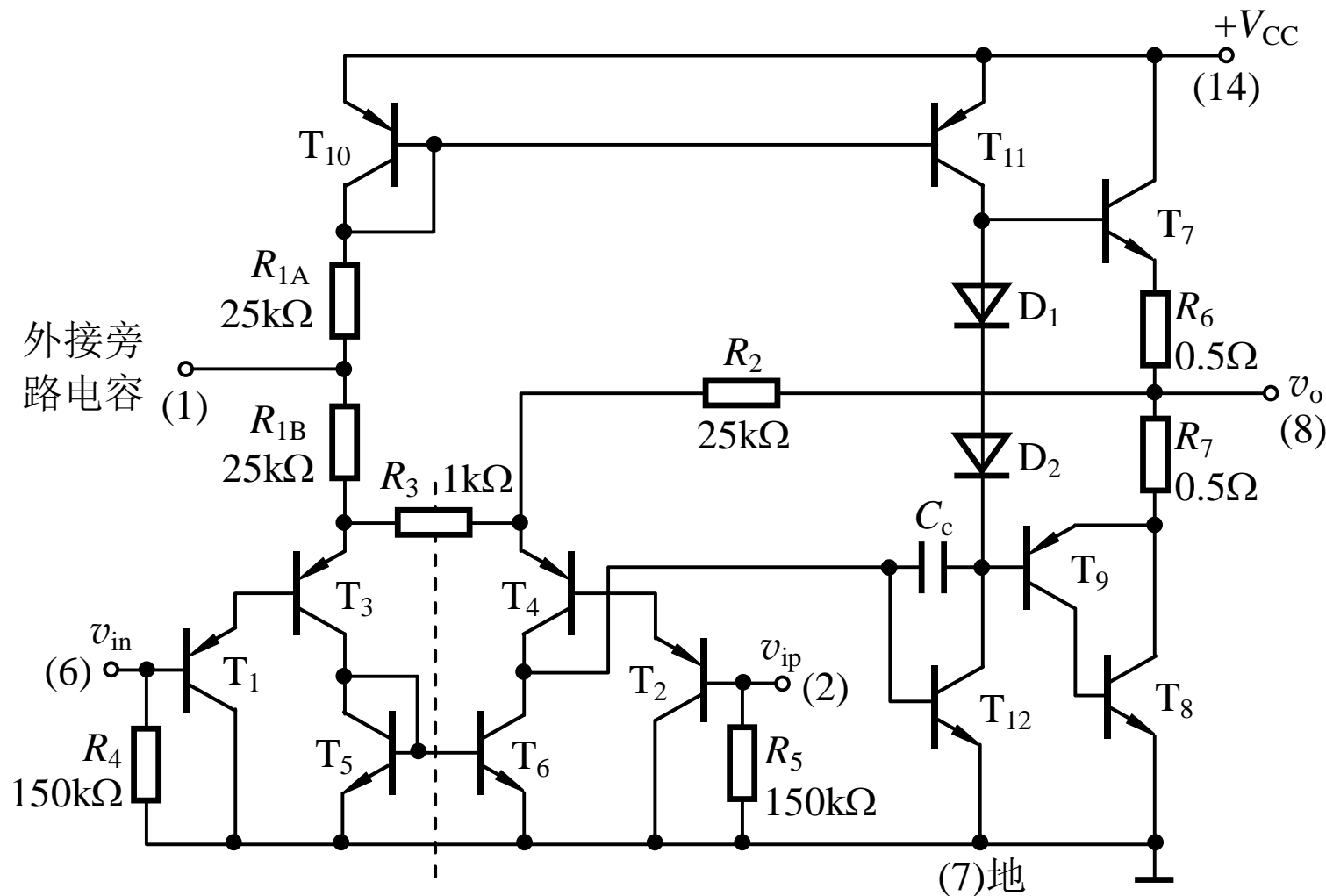
## 9.2 乙类双电源互补对称功率放大电路

## 9.3 甲乙类互补对称功率放大电路

## 9.4 集成功率放大器举例

# 9.4 集成功率放大器举例

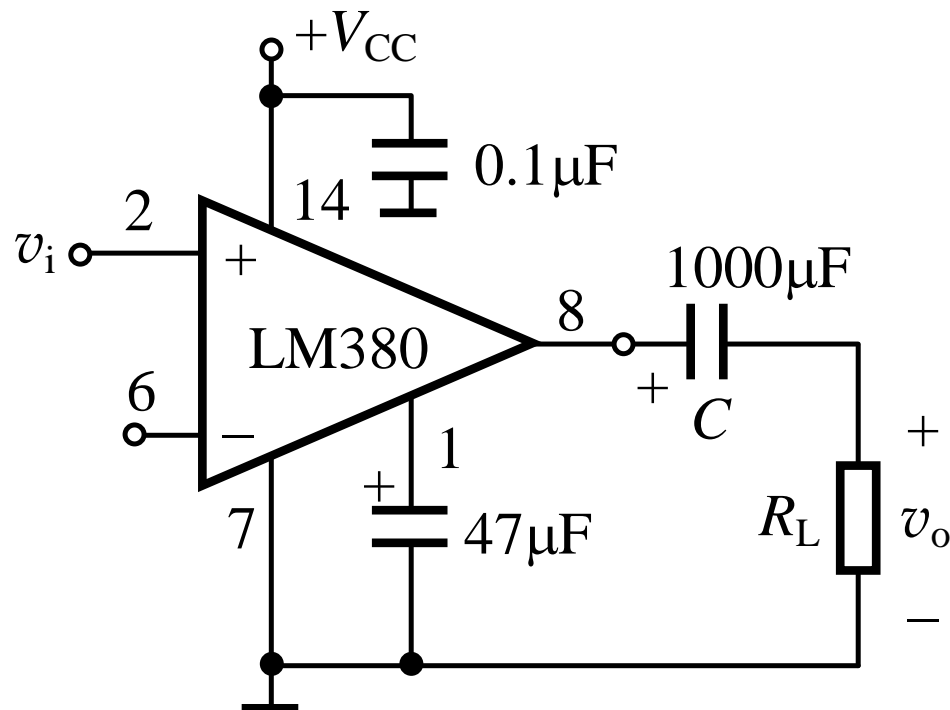
## BJT集成音频功率放大器LM380



## 9.4 集成功率放大器举例

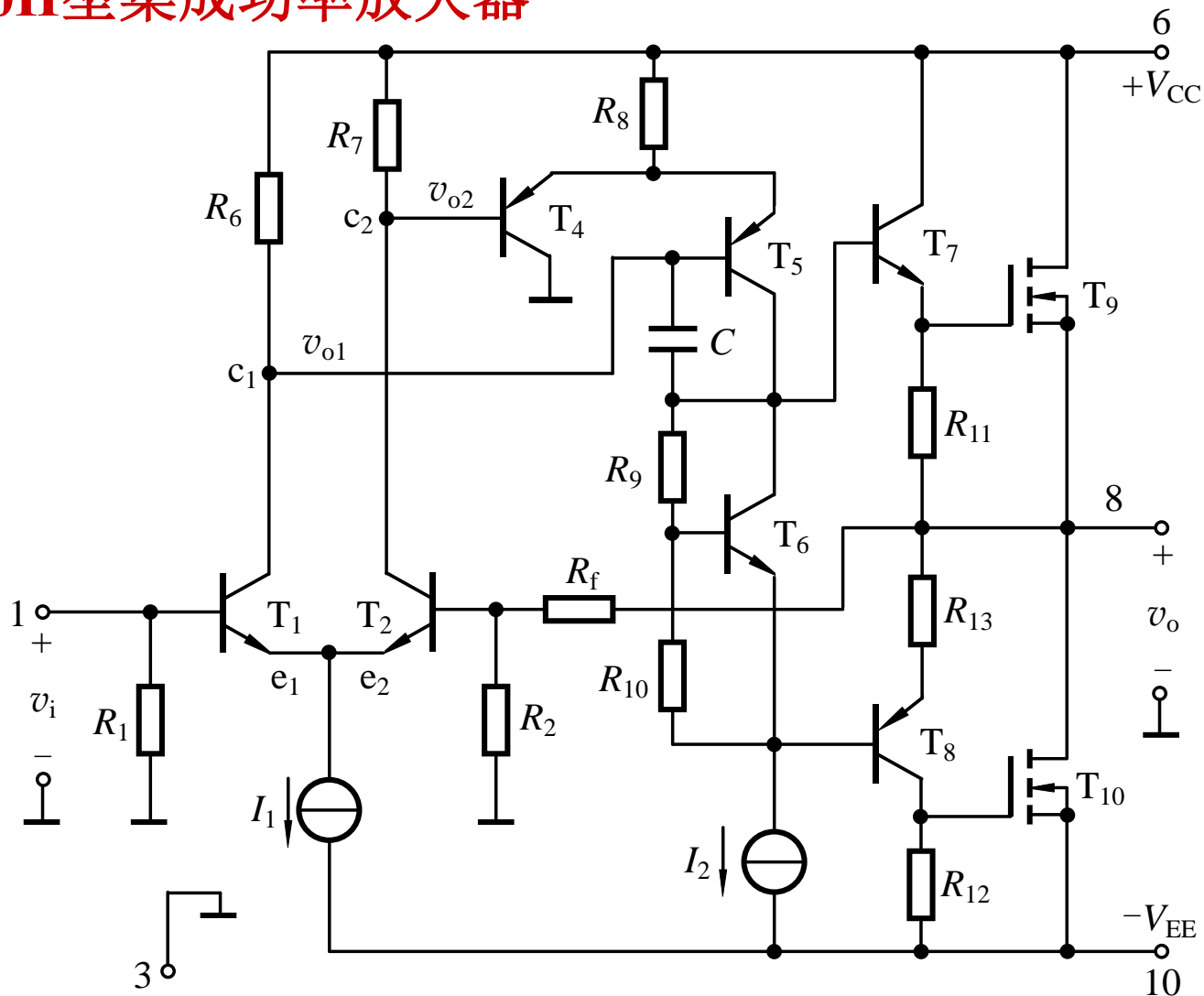
### BJT集成音频功率放大器LM380

#### 典型应用电路



# 9.4 集成功率放大器举例

## SHM1150II型集成功率放大器

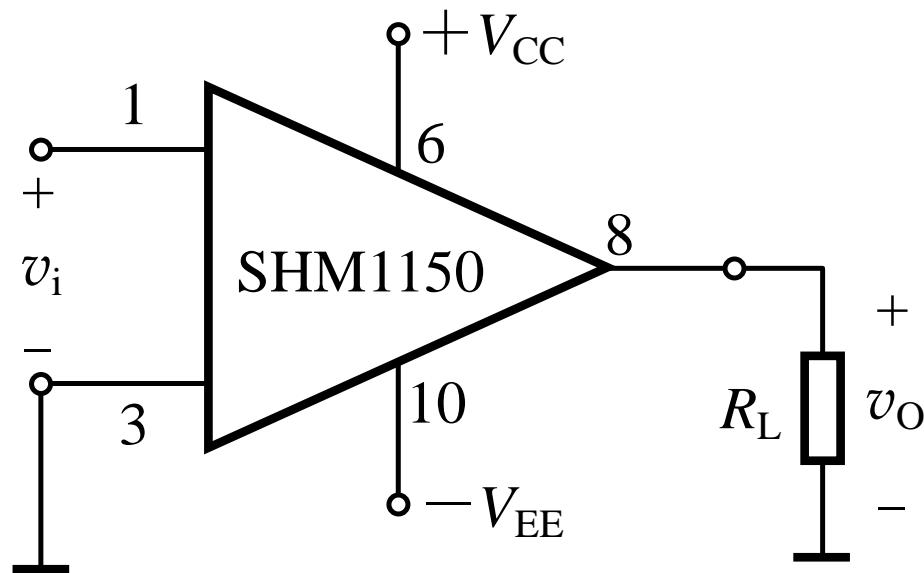




## 9.4 集成功率放大器举例

### SHM1150II型集成功率放大器

#### 典型应用电路



# Questions and Answers