



8 功率放大电路

授课内容

- 8.1 功率放大电路的一般问题
- 8.2 射极输出器——甲类放大的实例
- 8.3 乙类双电源互补对称功率放大电路
- 8.4 甲乙类互补对称功率放大电路
- 8.5 集成功率放大器



8 功率放大电路

教学目的、要求：

- 1.了解功率放大电路研究的一般问题
- 2.掌握乙类互补对称功率放大电路参数计算
- 3.掌握甲乙类互补对称功率放大电路的工作原理
- 4.了解集成功率放大器、功率器件的工作原理



8 功率放大电路

教学重点:

1. 熟练掌握乙类互补对称功率放大电路的组成、分析计算和功率BJT的选择
2. 正确理解甲乙类互补对称功率放大电路的组成、工作原理及分析计算



8 功率放大电路

教学难点:

1. 功放电路的分析和计算;
2. 最大管耗和最大输出功率的关系



8.1 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
2. 功率放大电路提高效率的主要途径



1. 功率放大电路的特点及主要研究对象

(1) 功率放大电路的主要特点

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。

(2) 要解决的问题

- 提高效率
- 减小失真
- 管子的保护

2. 功率放大电路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

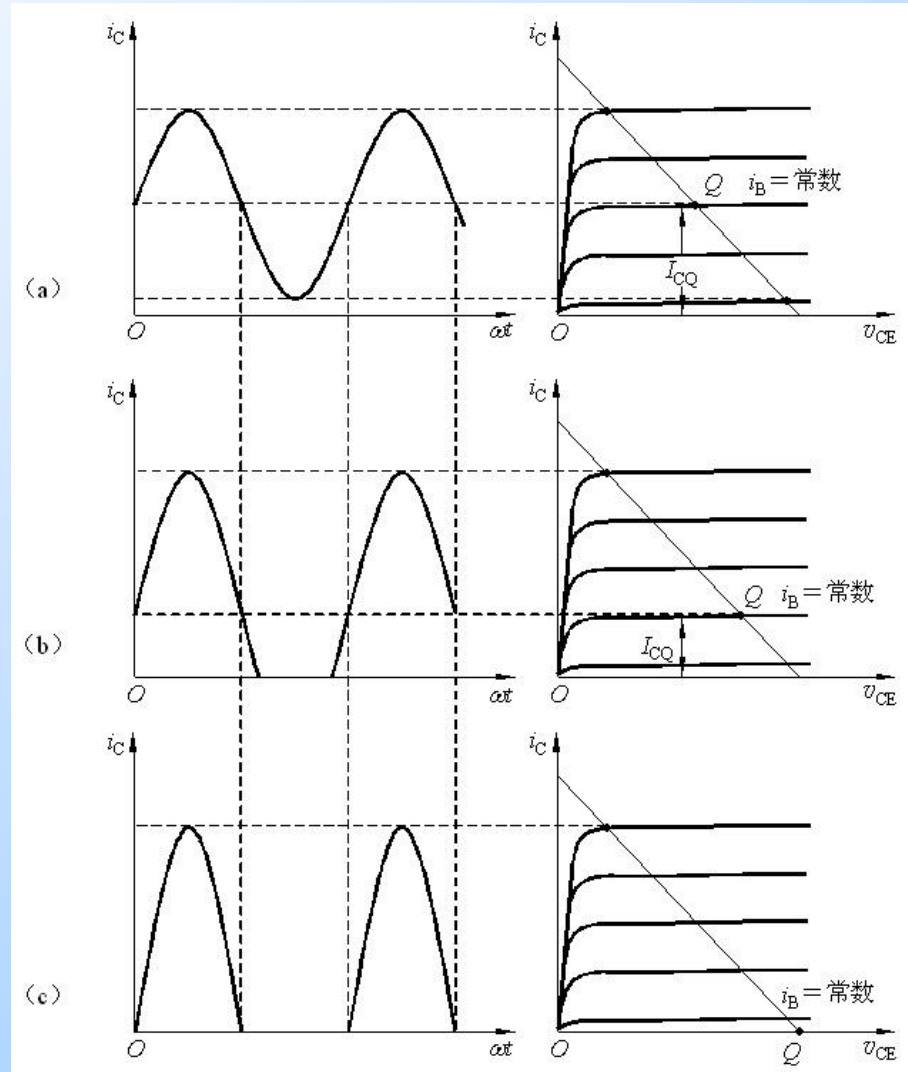
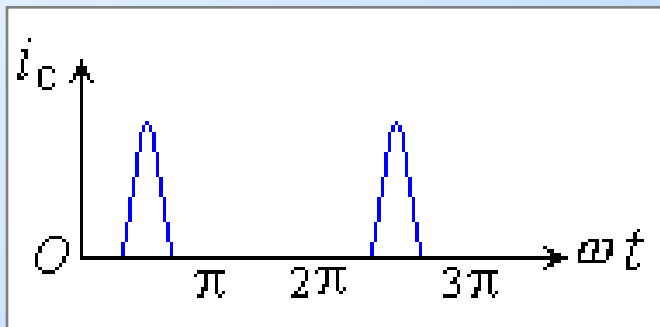
根据正弦信号整个周期内三极管的导通情况划分

甲类：一个周期内均导通

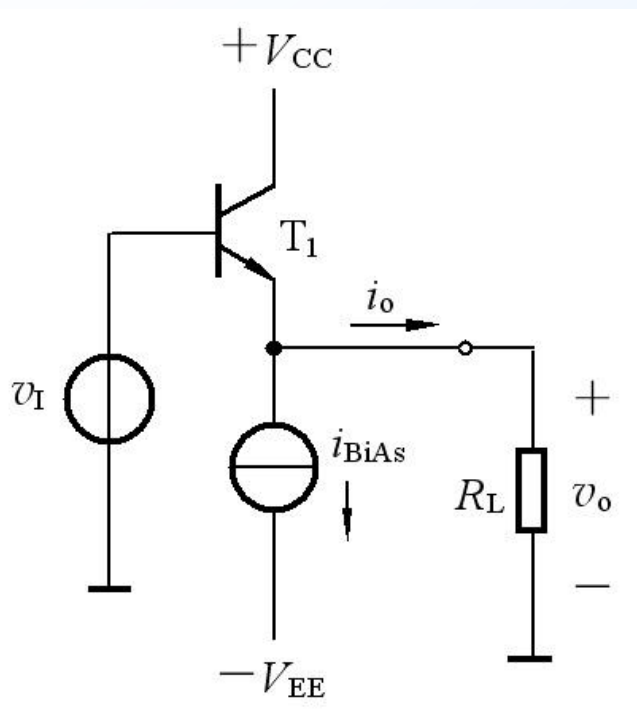
乙类：导通角等于 180°

甲乙类：导通角大于 180°

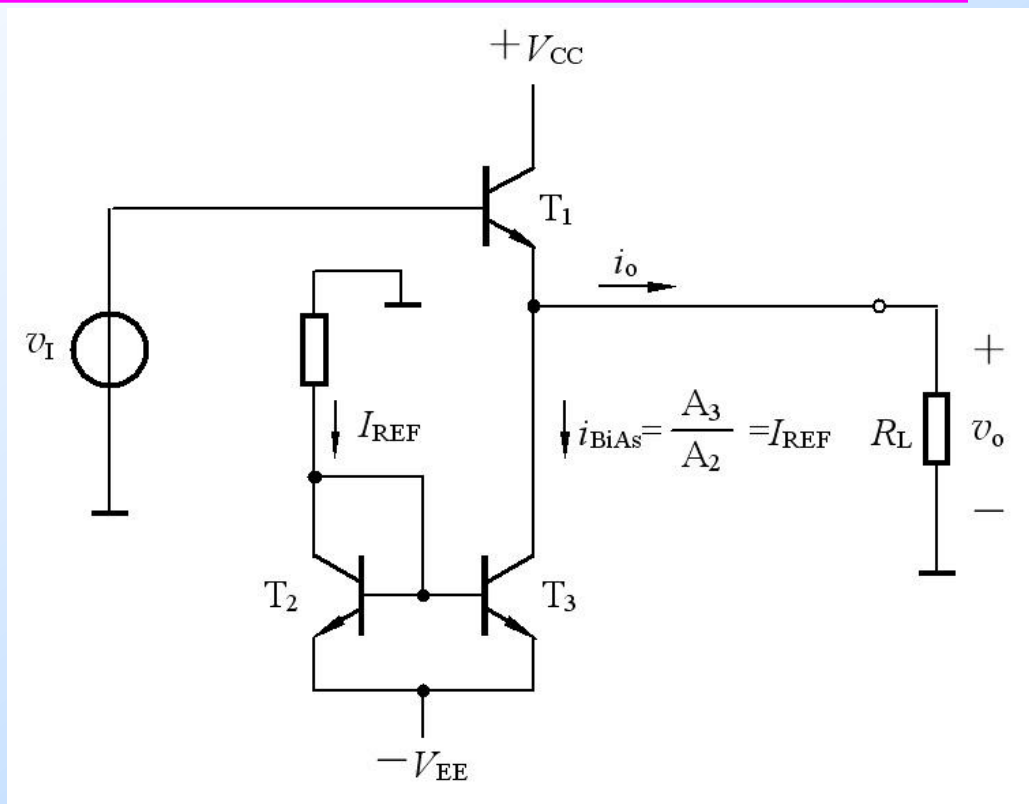
丙类：导通角小于 180°



8.2 射极输出器——甲类放大的实例



简化电路



带电流源详图的电路图

特点： 电压增益近似为1，电流增益很大，可获得较大的功率增益，输出电阻小，带负载能力强。

8.2 射极输出器——甲类放大的实例

电压与输入电压的关系

$$v_o \approx (v_i - 0.6)V$$

设 T_1 的饱和压 $V_{CES} \approx 0.2V$

v_o 正向振幅最大值

$$V_{om+} \approx V_{CC} - 0.2V$$

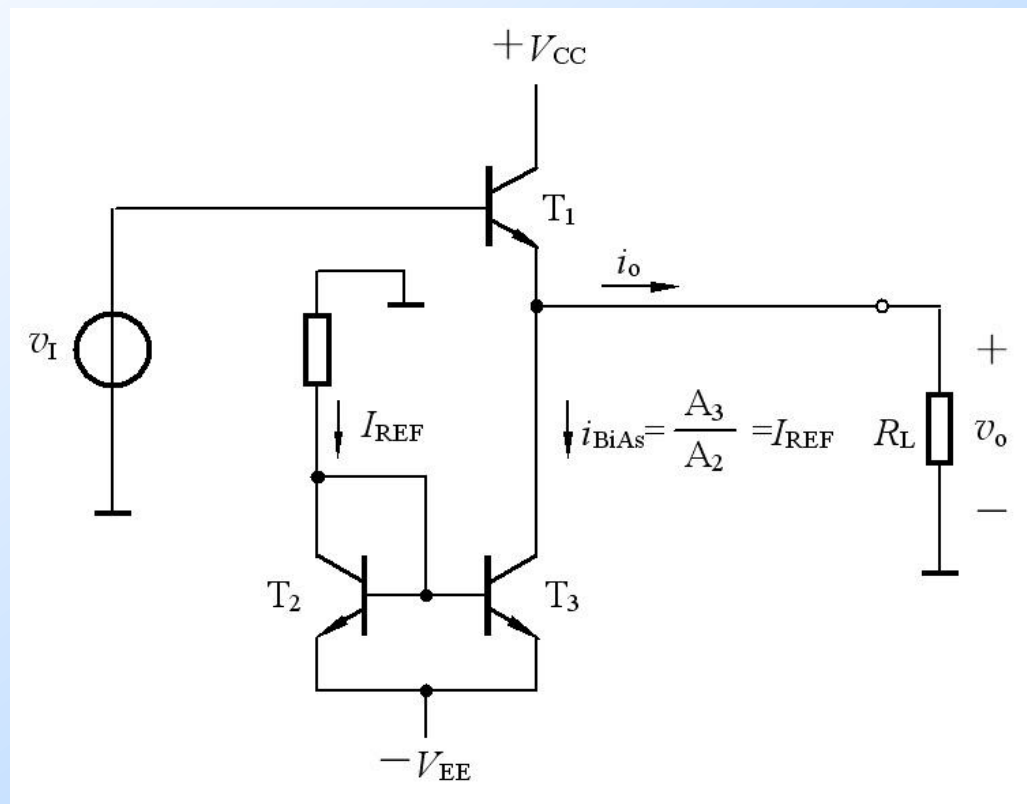
v_o 负向振幅最大值

若 T_1 首先截止

$$V_{om-} = |-I_{BiAS}R_L|$$

若 T_3 首先出现饱和

$$V_{om-} = |-V_{EE} + 0.2|V$$



8.2 射极输出器——甲类放大的实例

当 $V_{CC} = V_{EE} = 15V$

$$I_{\text{BiAS}} = 1.85A$$

$$R_L = 8\Omega$$

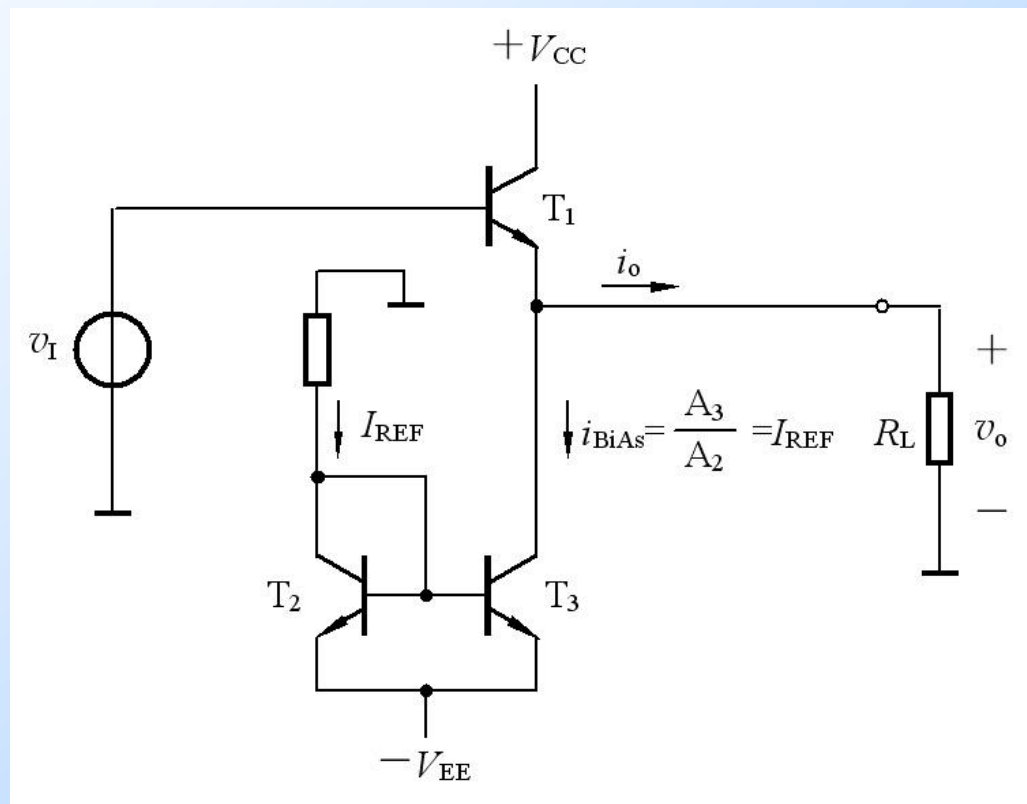
$$v_I = V_{\text{BiAS}} + v_i$$

$$V_{\text{BIAS}} = 0.6V$$

放大器的效率

$$\eta = \frac{P_{\text{om}}}{(P_{\text{VC}} + P_{\text{VE}})} \times 100\% \approx 24.7\%$$

效率低





8.3 乙类双电源互补对称 功率放大电路

8.3.1 电路组成

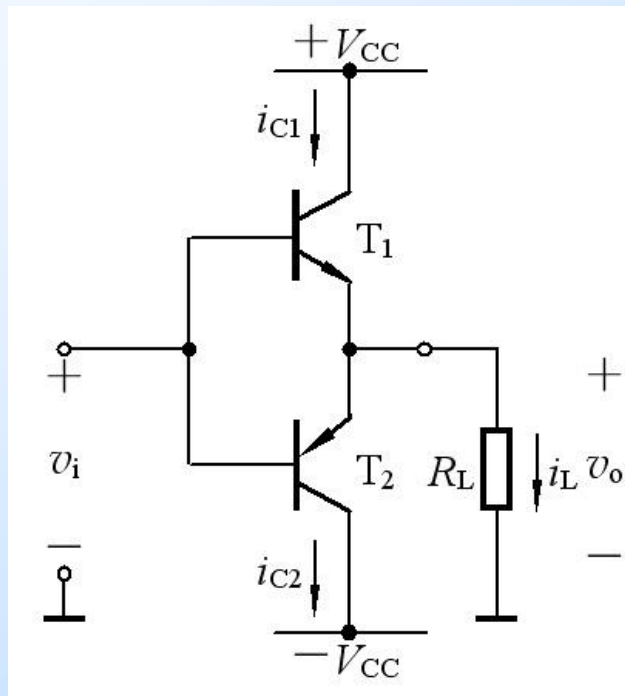
8.3.2 分析计算

8.3.3 功率BJT的选择

8.3.1 电路组成

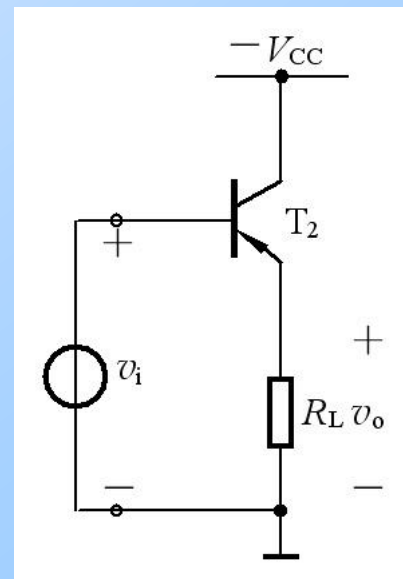
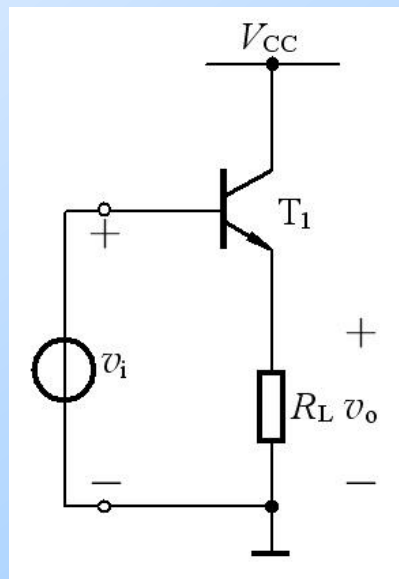
1. 电路组成

由一对NPN、PNP特性相同的互补三极管组成，采用正、负双电源供电。这种电路也称为OCL互补功率放大电路。

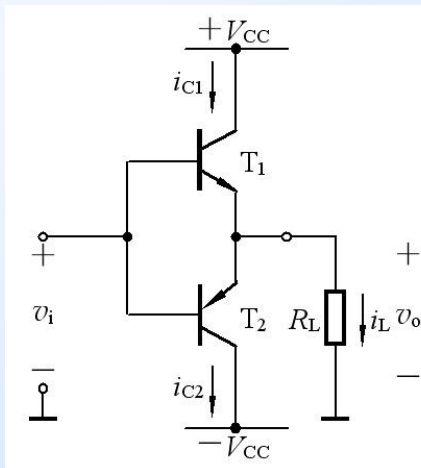


2. 工作原理

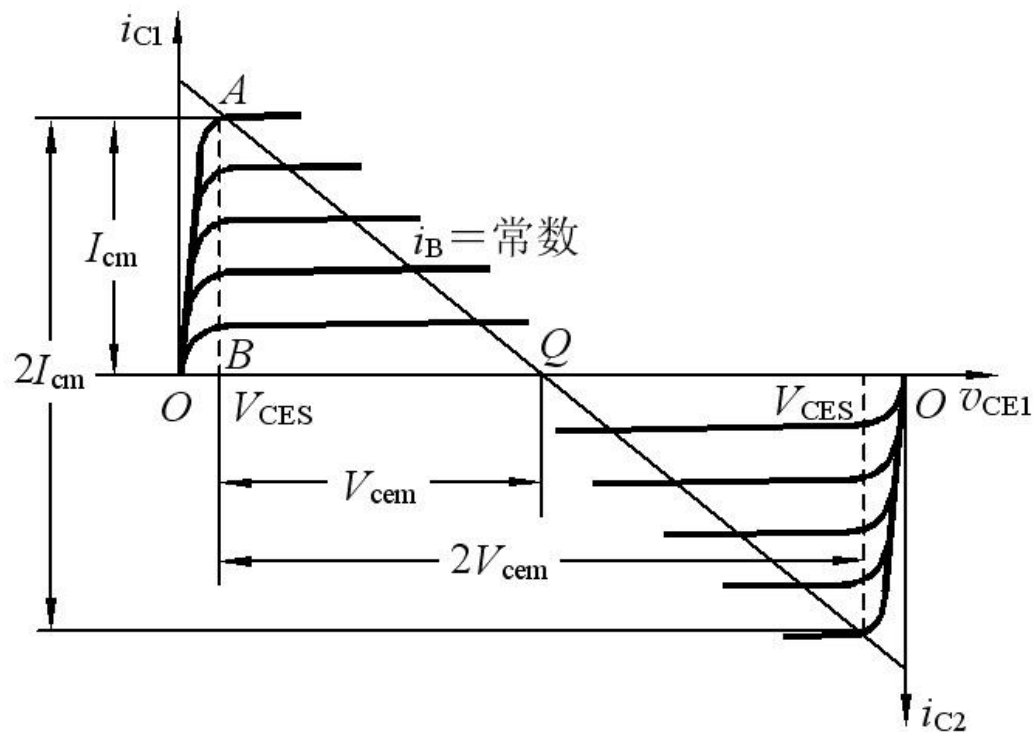
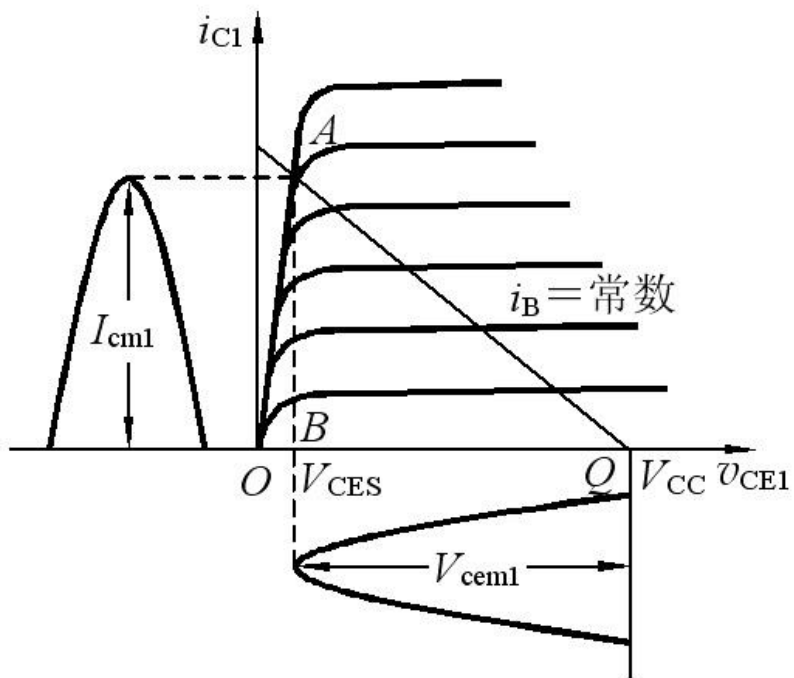
两个三极管在信号正、负半周轮流导通，使负载得到一个完整的波形。



8.3.2 分析计算



图解分析



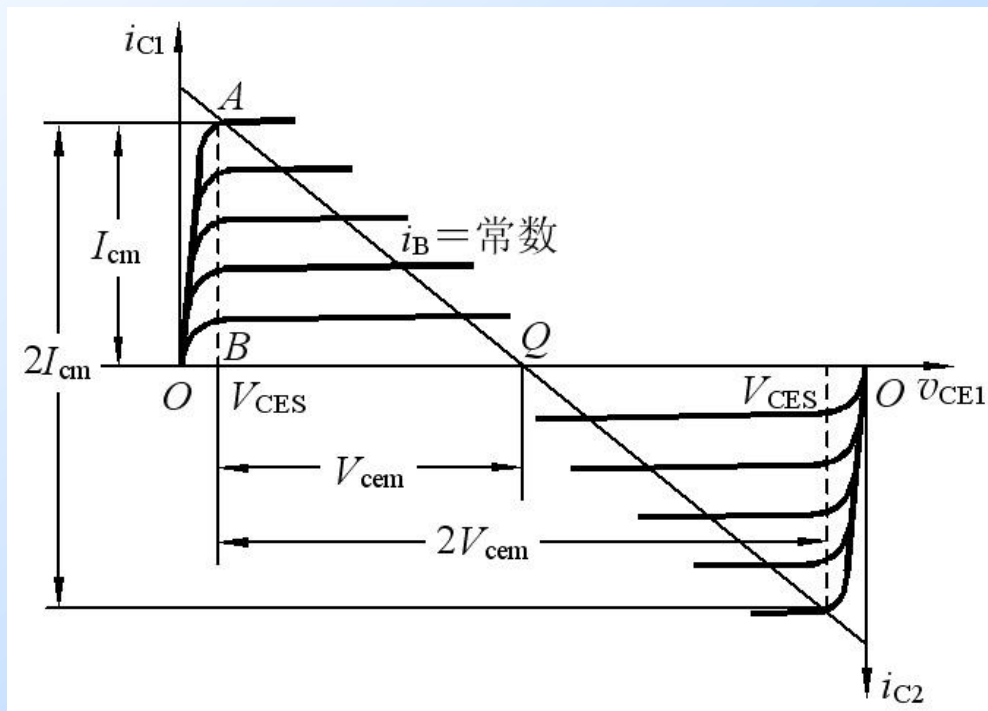
8.3.2 分析计算

1. 最大不失真输出功率 P_{omax}

$$P_{\text{omax}} = \frac{\left(\frac{V_{\text{CC}} - V_{\text{CES}}}{\sqrt{2}}\right)^2}{R_{\text{L}}}$$
$$= \frac{(V_{\text{CC}} - V_{\text{CES}})^2}{2R_{\text{L}}}$$

忽略 V_{CES} 时 $P_{\text{omax}} \approx \frac{V_{\text{CC}}^2}{2R_{\text{L}}}$

实际输出功率 $P_{\text{o}} = V_{\text{o}} I_{\text{o}} = \frac{V_{\text{om}}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{V_{\text{om}}}{\sqrt{2} \cdot R_{\text{L}}} = \frac{V_{\text{om}}^2}{2R_{\text{L}}}$

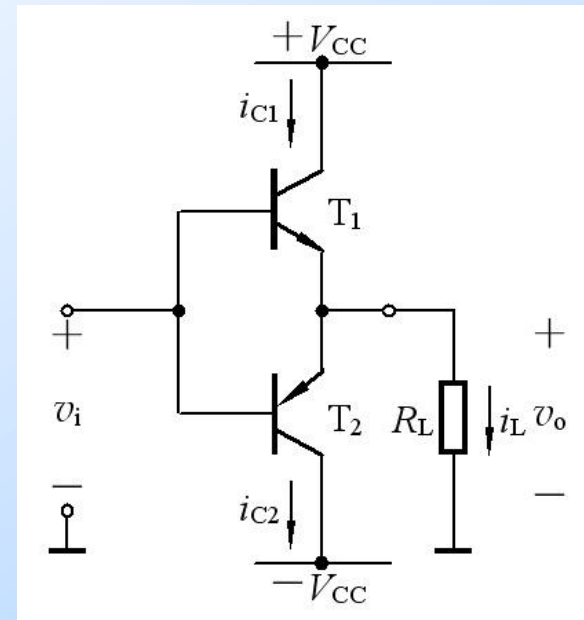


8.3.2 分析计算

2. 管耗 P_T 单个管子在半周期内的管耗

$$\begin{aligned}P_{T1} &= \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} (V_{CC} - v_o) \frac{v_o}{R_L} d(\omega t) \\&= \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} (V_{CC} - V_{om} \sin \omega t) \frac{V_{om} \sin \omega t}{R_L} d(\omega t) \\&= \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} \left(\frac{V_{CC} V_{om}}{R_L} \sin \omega t - \frac{V_{om}^2}{R_L} \sin^2 \omega t \right) d(\omega t) \\&= \frac{1}{R_L} \left(\frac{V_{CC} V_{om}}{\pi} - \frac{V_{om}^2}{4} \right)\end{aligned}$$

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



8.3.2 分析计算

3. 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 η

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

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

8.3.3 功率BJT的选择

1. 最大管耗和最大输出功率的关系

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

当 $V_{om} = \frac{2}{\pi} V_{CC} \approx 0.6 V_{CC}$ 时具有最大管耗

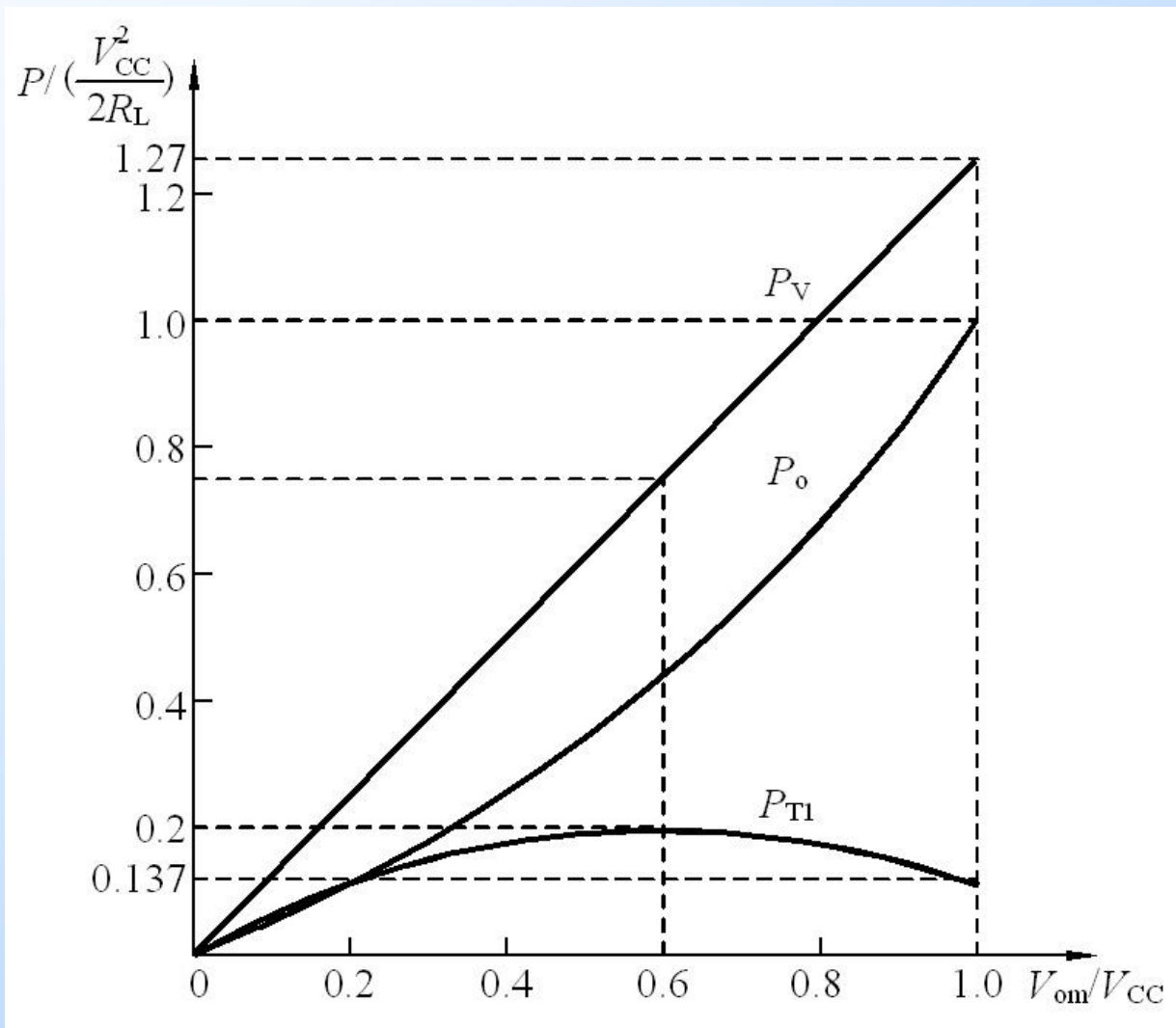
$$P_{T1m} = \frac{1}{\pi^2} \cdot \frac{V_{CC}^2}{R_L} \approx 0.2 P_{om}$$

选管依据之一

8.3.3 功率BJT的选择

功率与输出幅度的关系

2. 功率BJT的选择 (自学)





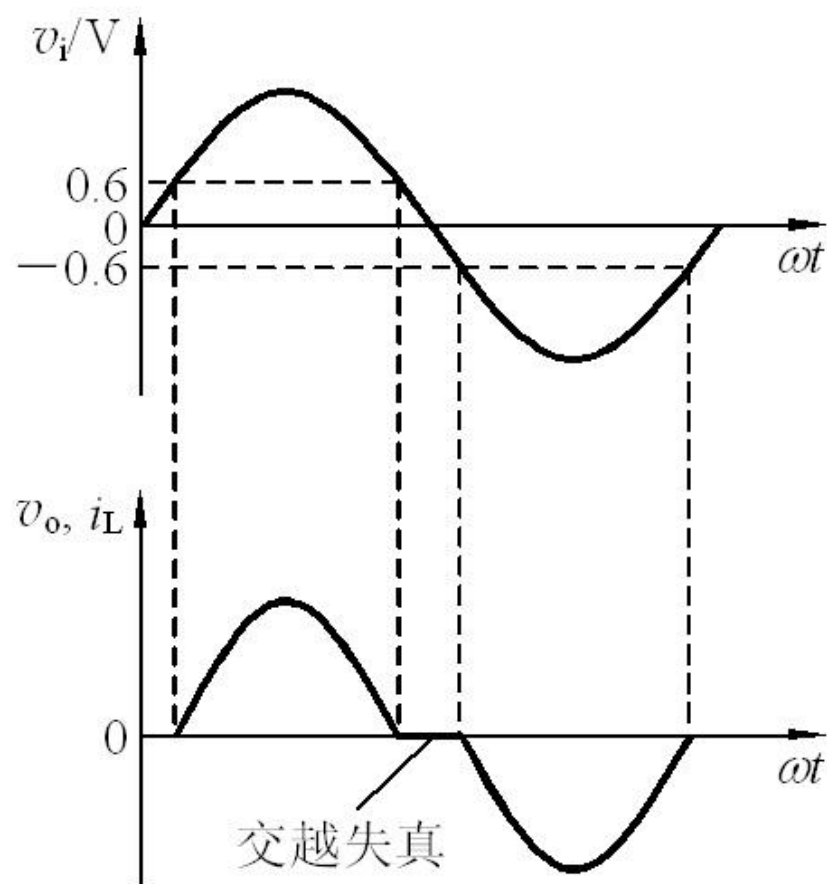
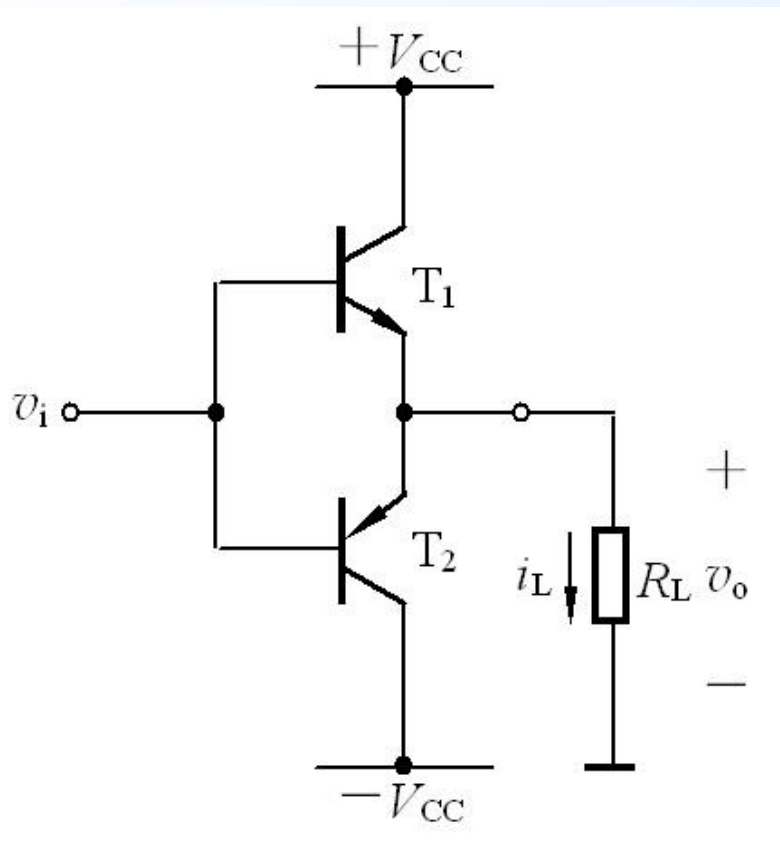
8.4 甲乙类互补对称功率 放大电路

8.4.1 甲乙类双电源互补对称电路

8.4.2 甲乙类单电源互补对称电路

8.4.1 甲乙类双电源互补对称电路

乙类互补对称电路存在的问题



8.4.1 甲乙类双电源互补对称电路

1. 静态偏置

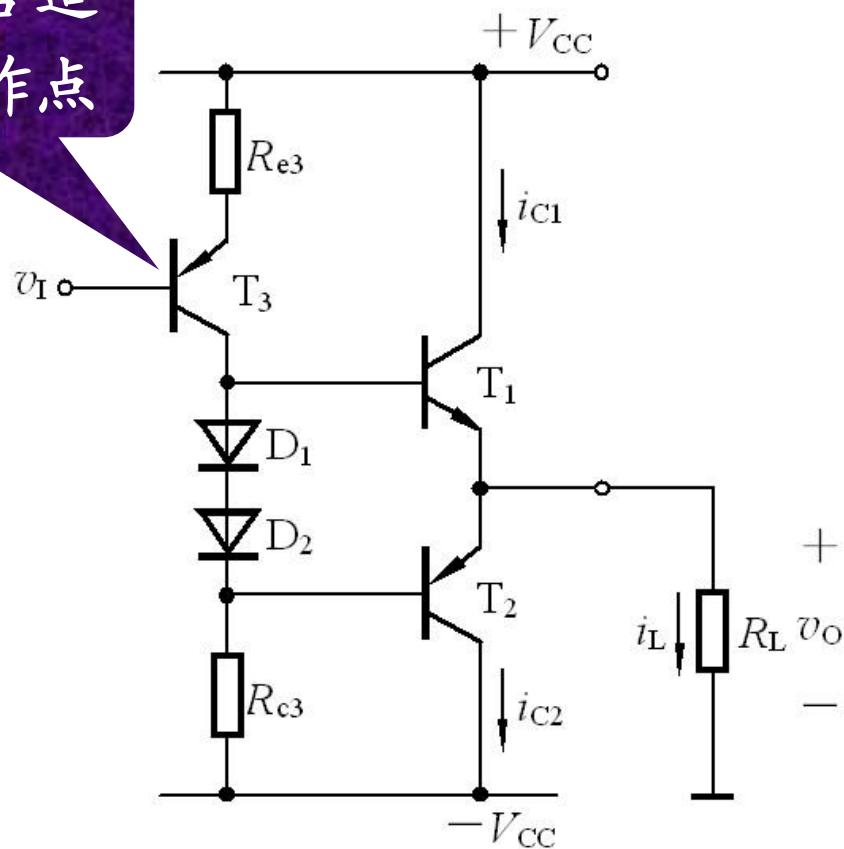
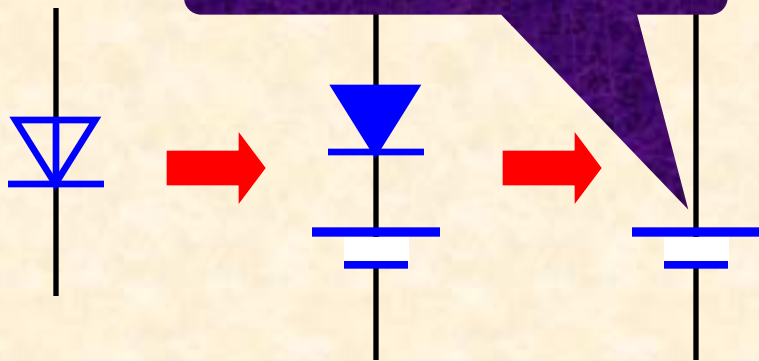
可克服交越失真

设 T_3 已有合适的静态工作点

2. 动态工作情况

二极管等效为恒压模型

交流相当于短路

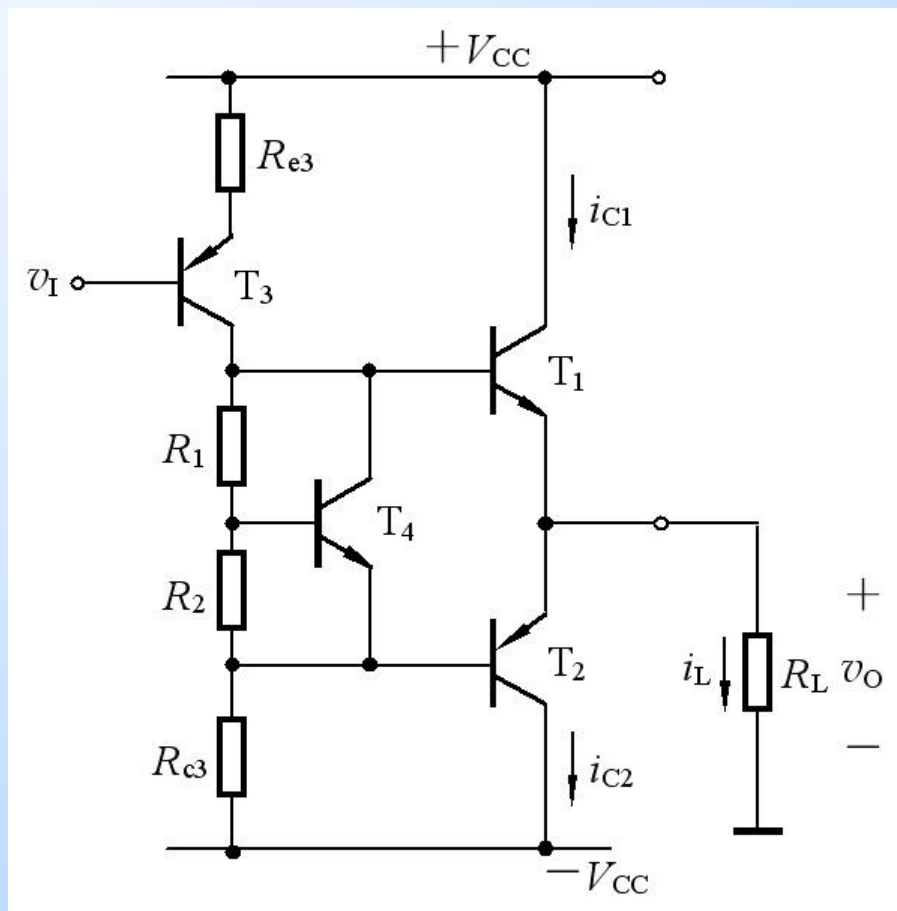


8.4.1 甲乙类双电源互补对称电路

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

V_{BE4} 可认为是定值

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



8.4.2 甲乙类单电源互补对称电路

静态时，偏置电路使

$V_K = V_C \approx V_{CC}/2$ (电容 C 充电达到稳态)。

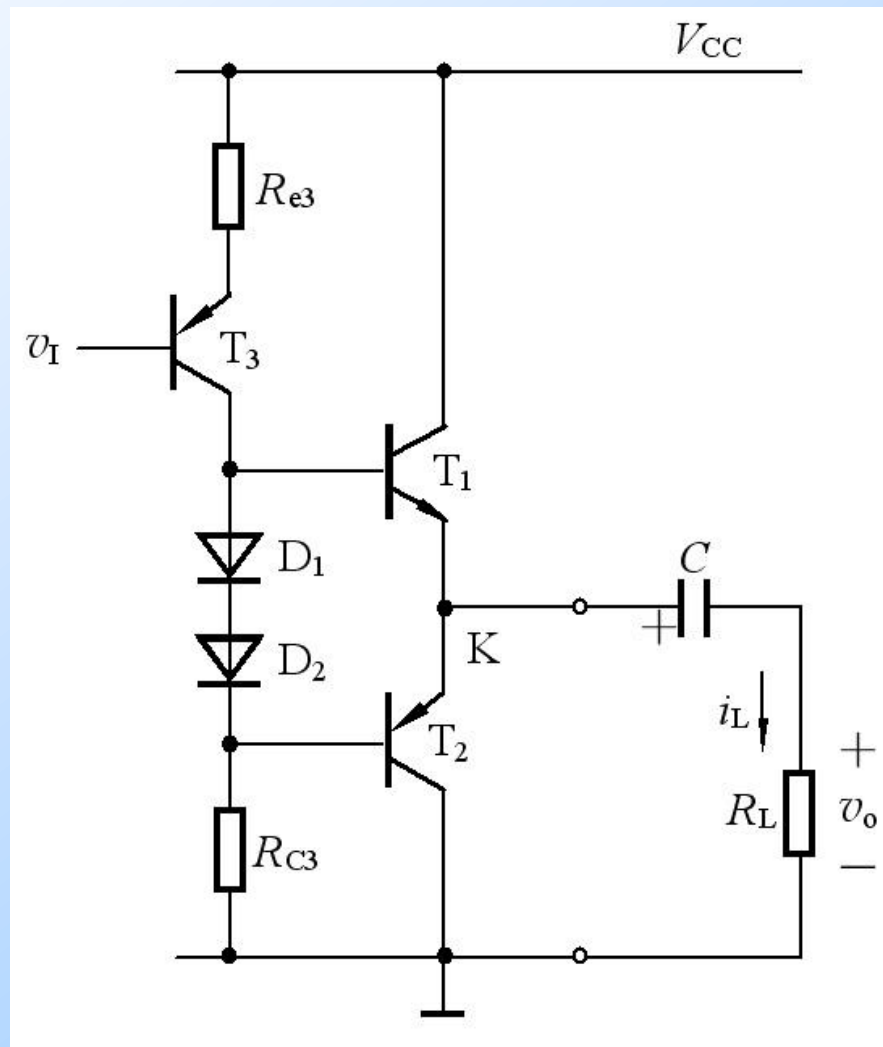
当有信号 v_i 时

负半周 T_1 导通，有电流通过负载 R_L ，同时向 C 充电

正半周 T_2 导通，则已充电的电容 C 通过负载 R_L 放电。

只要满足 $R_L C \gg T_{信}$ ，电容 C 就可充当原来的 $-V_{CC}$ 。

计算 P_o 、 P_T 、 P_V 和 P_{Tm} 的公式必须加以修正，以 $V_{CC}/2$ 代替原来公式中的 V_{CC} 。





8.5 集成功率放大器

不作要求