

第九章 功率放大电路

Updated: Nov 27, 2019

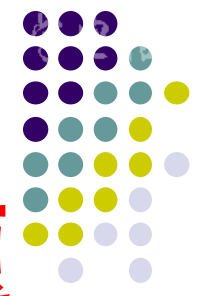
姚恒

hyao@usst.edu.cn



9 功率放大电路

- 9.1 功率放大电路的一般问题
- 9.2 射极输出器——甲类放大的实例
- 9.3 乙类双电源互补对称功率放大电路
- 9.4 甲乙类互补对称功率放大电路
- 9.5 集成功率放大器



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
2. 功率放大电路提高效率的主要途径

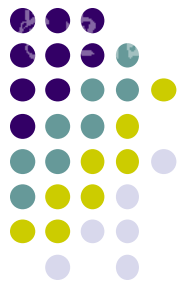
1. 功率放大电路的特点及主要研究对象

(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。

功率放大电路处于大信号下工作，通常采用图解法分析电路，不采用小信号模型分析

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

对比之前学习电路：电压放大电路

1 电压放大电路以电压放大为目的。对叠加在直流偏置上的微弱电压信号进行不失真放大

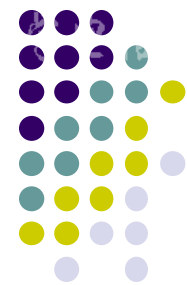
2 电压放大电路中待放大信号为**微弱信号**

功率放大电路中待放大信号为**较大交流信号**

3 电压放大电路中直流偏置作用是使三极管始终处于**放大状态**

功率放大电路中三极管经常处于**极限运用状态**

1. 功率放大电路的特点及主要研究对象



(2) 要解决的问题

- **提高效率**
- **减小失真**
- **管子的保护**
- **降低静态功耗，即减小静态电流。**

2. 功率放大电路提高效率的主要途径



四种工作状态

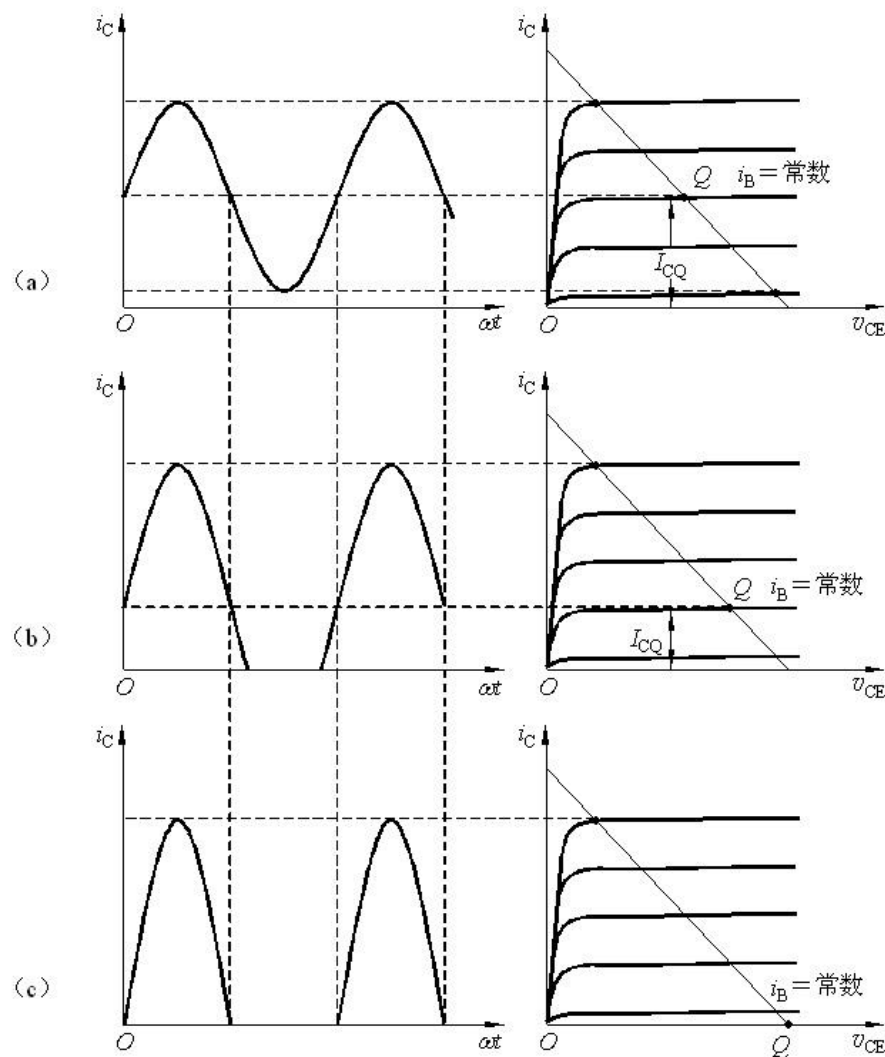
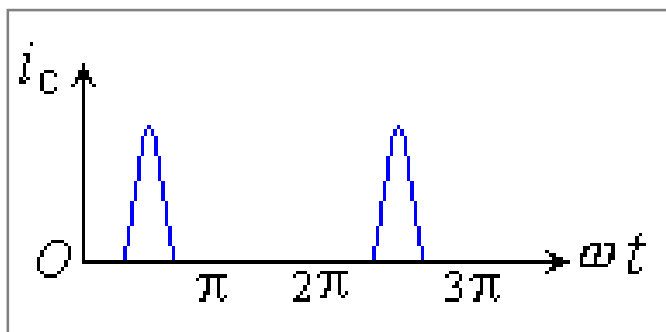
根据正弦信号整个周期内
三极管的导通情况划分

甲类：一个周期内均导通

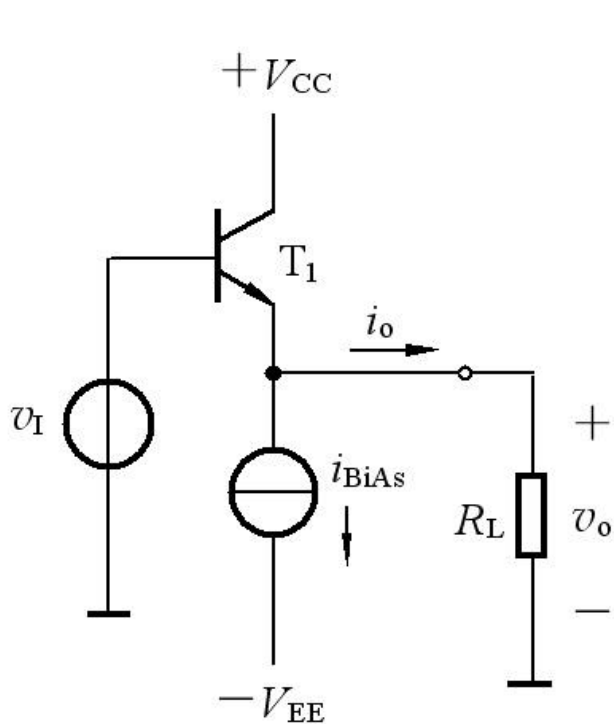
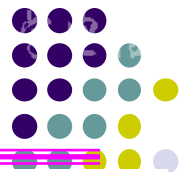
乙类：导通角等于 180°

甲乙类：导通角大于 180°

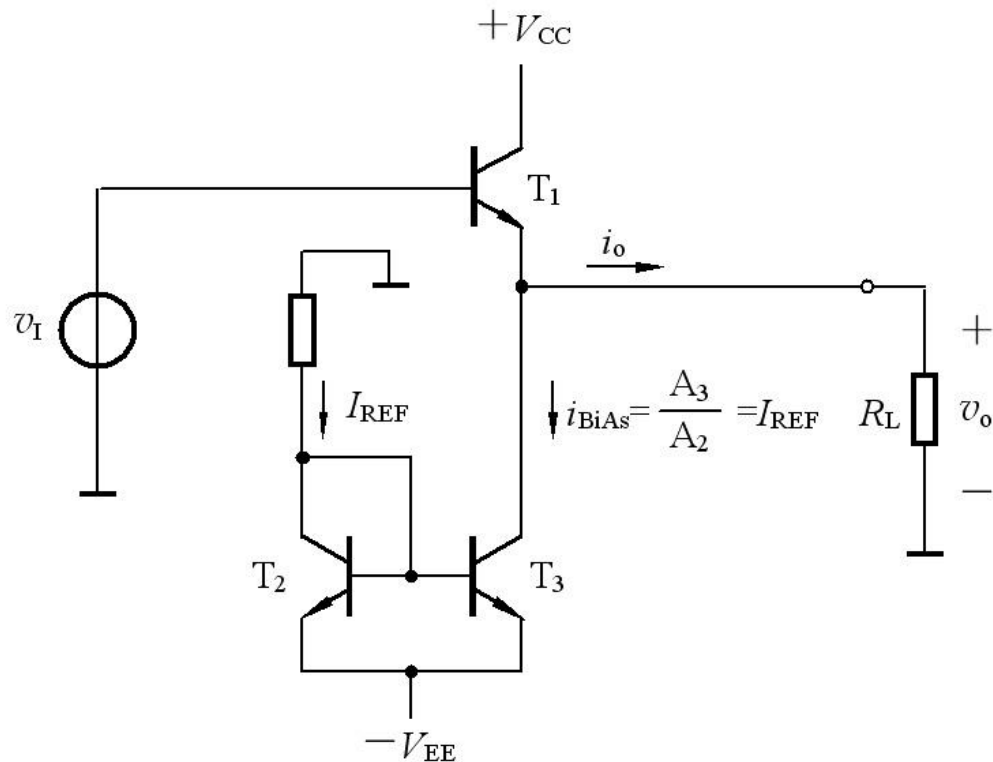
丙类：导通角小于 180°



9.2 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。

9.2 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

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

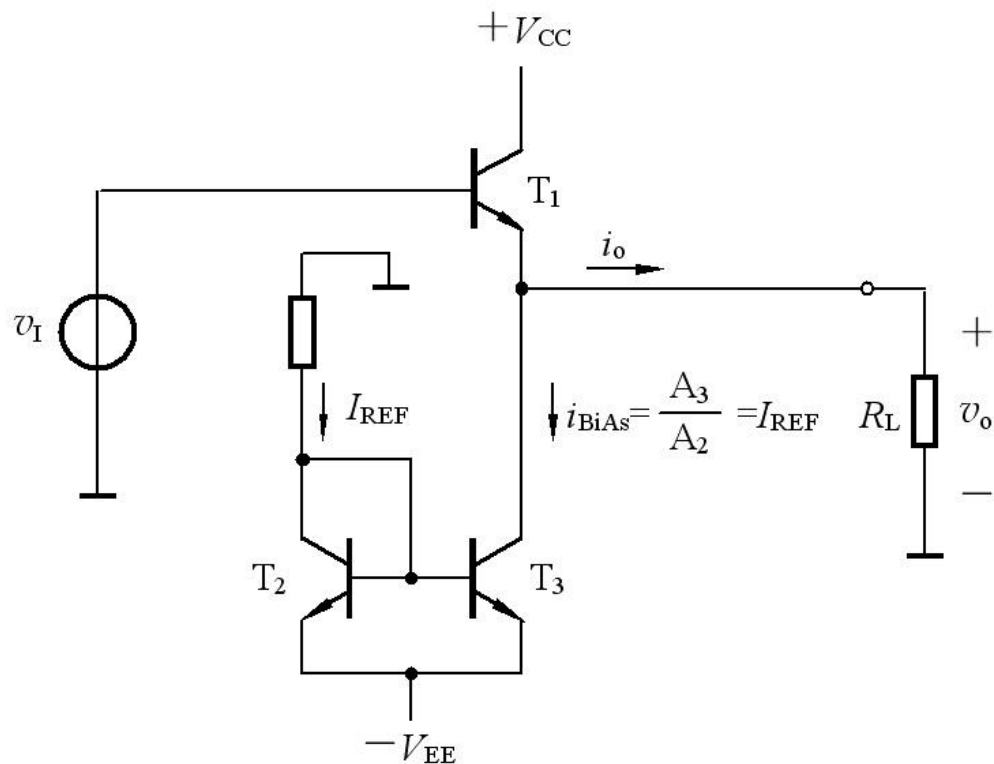
v_o 负向振幅最大值

若 T_1 首先截止

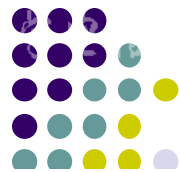
$$V_{om-} = |-I_{BiAS}R_L|$$

若 T_3 首先出现饱和

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



9.2 射极输出器——甲类放大的实例



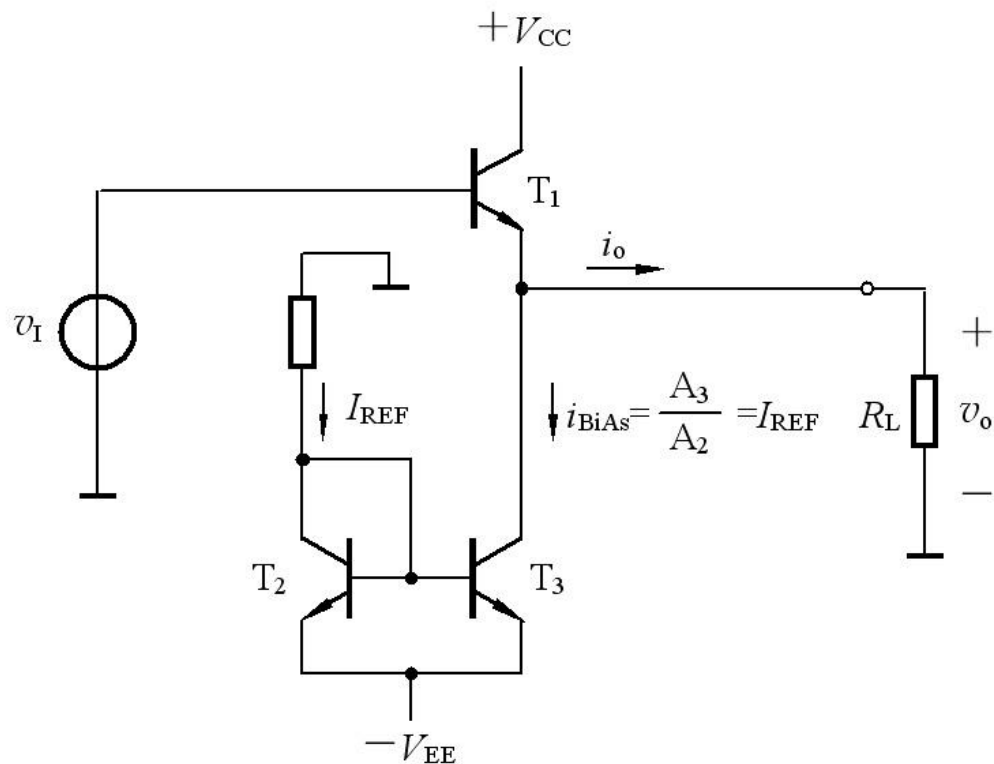
当 $V_{CC} = V_{EE} = 15V$

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

$$R_L = 8\Omega$$

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

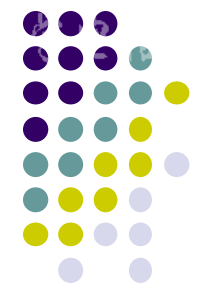
$$V_{\text{BIAS}} = 0.6V$$



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



9.3 乙类双电源互补对称 功率放大电路

9.3.1 电路组成

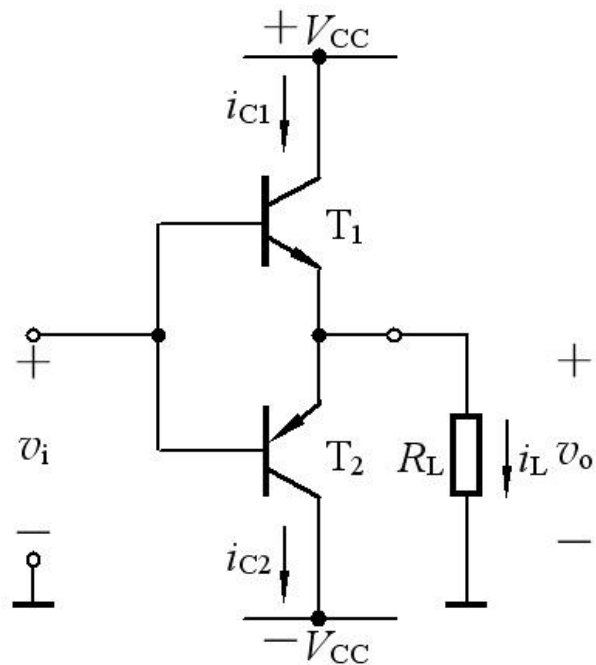
9.3.2 分析计算

9.3.3 功率BJT的选择

9.3.1 电路组成

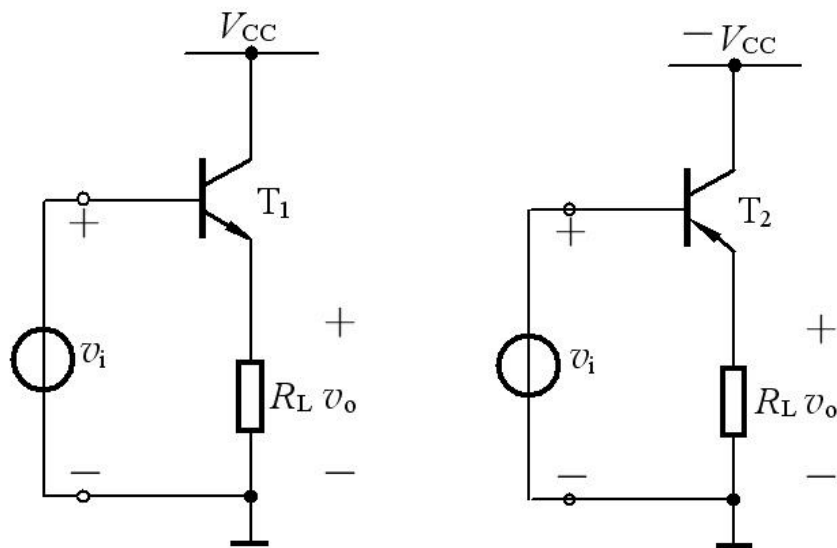
1. 电路组成

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。这种电路也称为互补推挽功率放大电路。

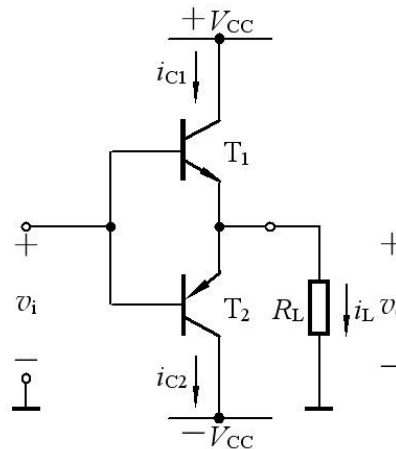
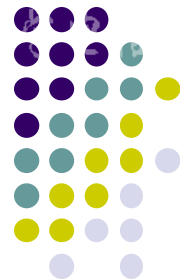


2. 工作原理

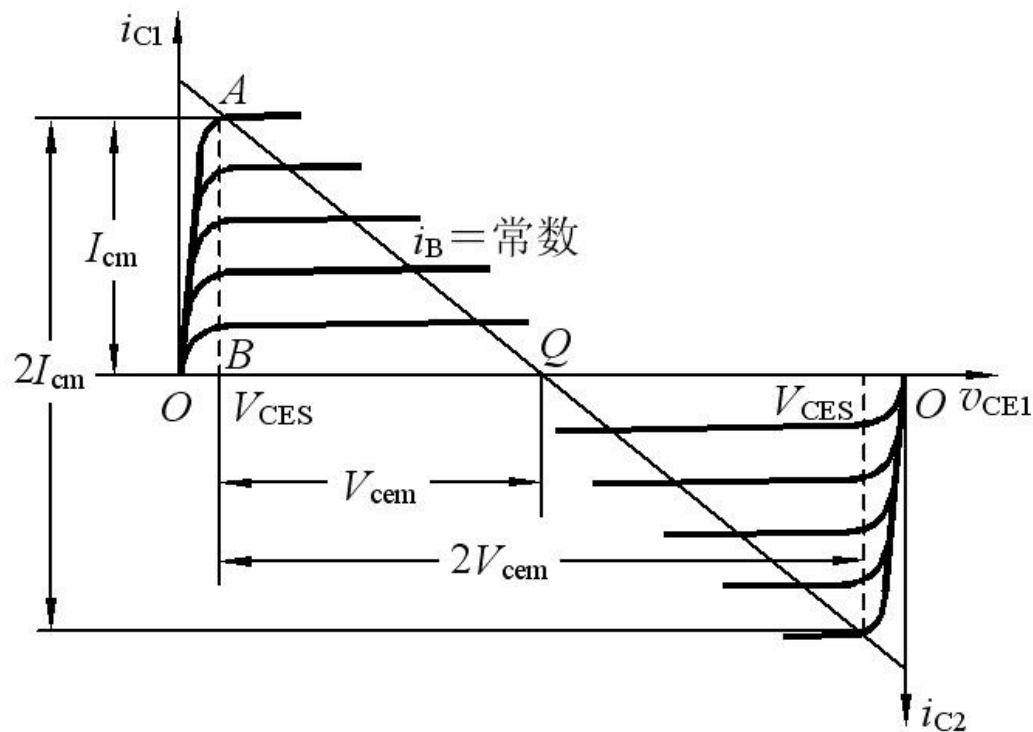
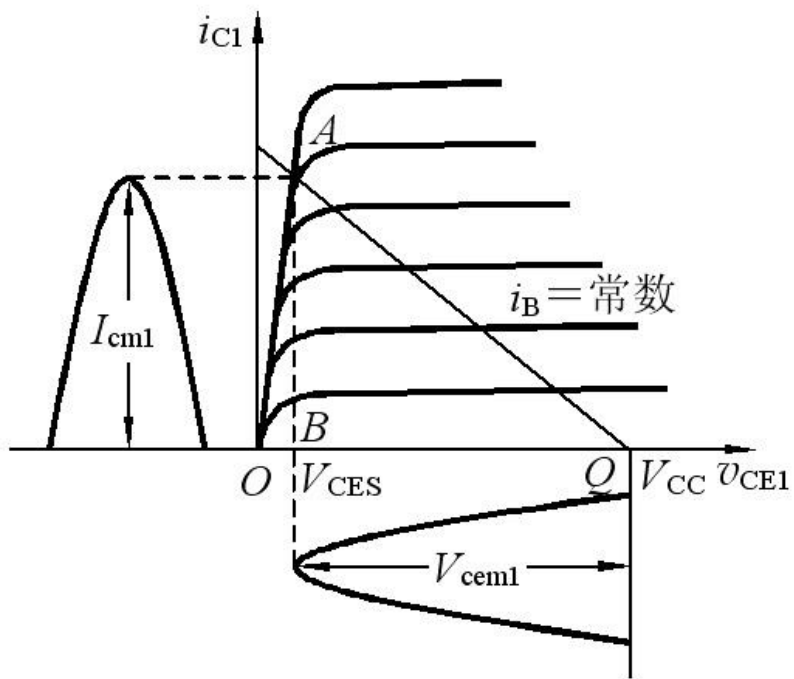
两个三极管在信号正、负半周轮流导通，使负载得到一个完整的波形。



9.3.2 分析计算



图解分析



9.3.2 分析计算

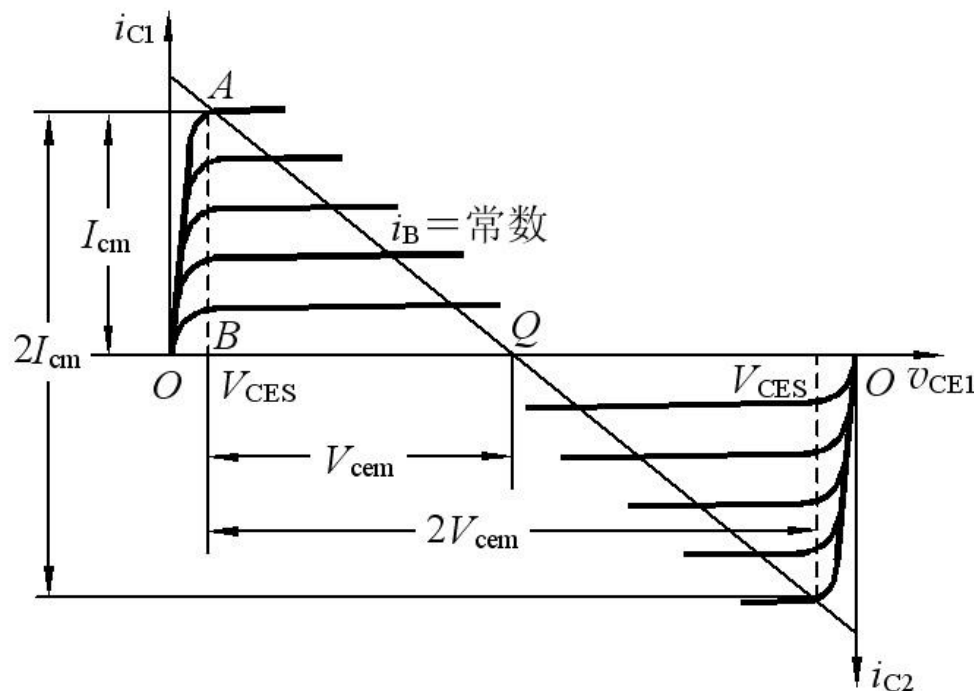


1. 最大不失真输出功率 P_{omax}

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

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

实际输出功率 $P_o = V_o I_o = \frac{V_{om}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{V_{om}}{\sqrt{2} \cdot R_L} = \frac{V_{om}^2}{2R_L}$

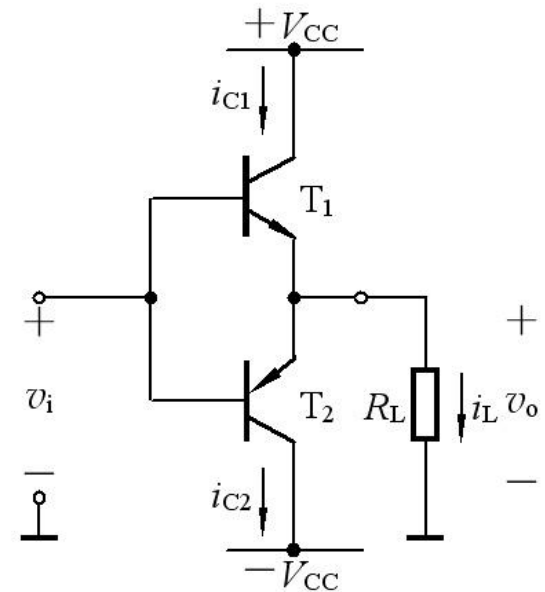


9.3.2 分析计算

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



9.3.2 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

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

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



9.3.3 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

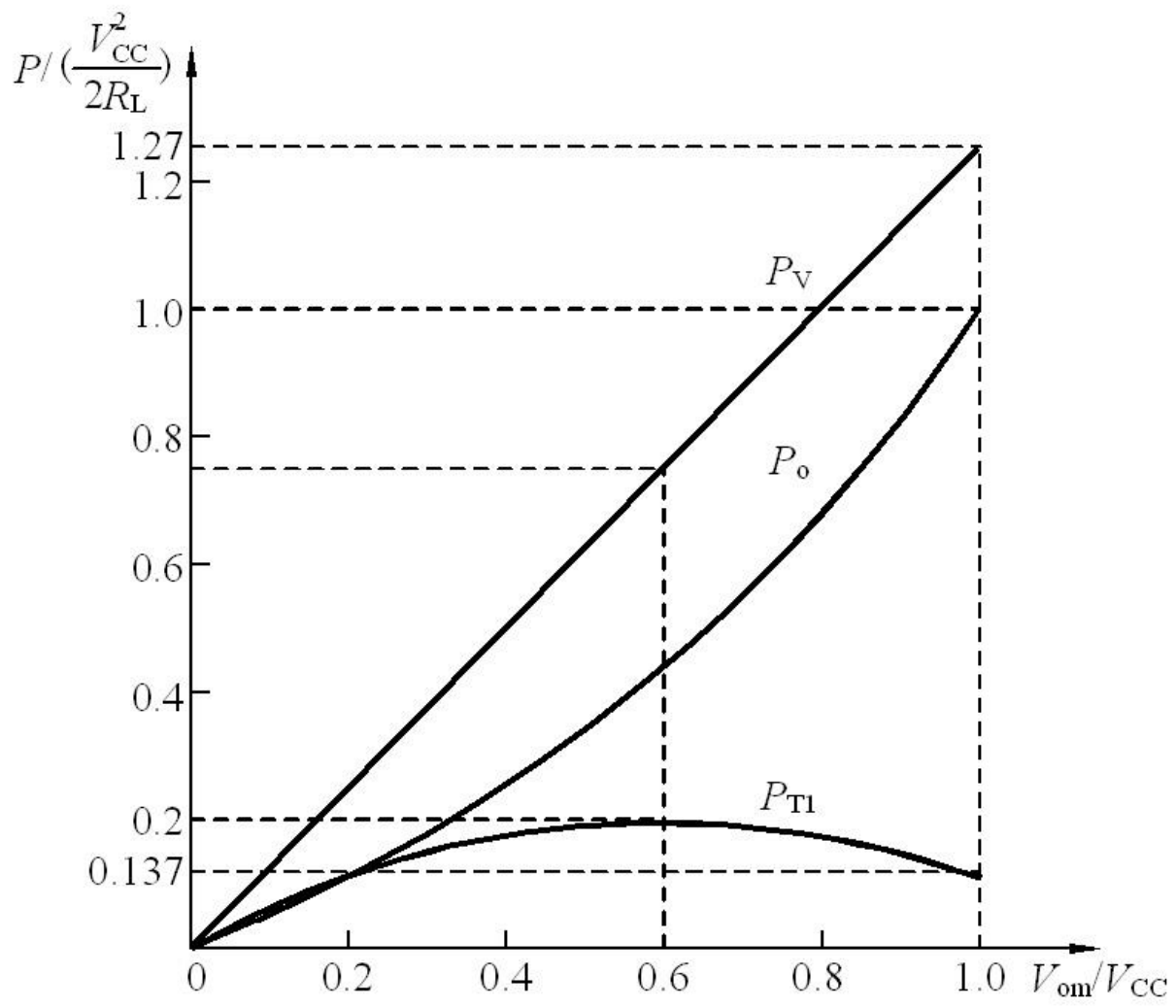
$$P_{T1m} = \frac{1}{\pi^2} \cdot \frac{V_{CC}^2}{R_L} \approx 0.2 P_{om}$$

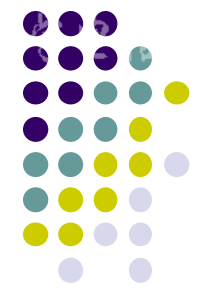
选管依据之一

9.3.3 功率BJT的选择



功率与输出幅度的关系



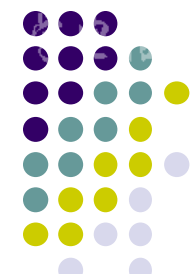


9.4 甲乙类互补对称功率放大电路

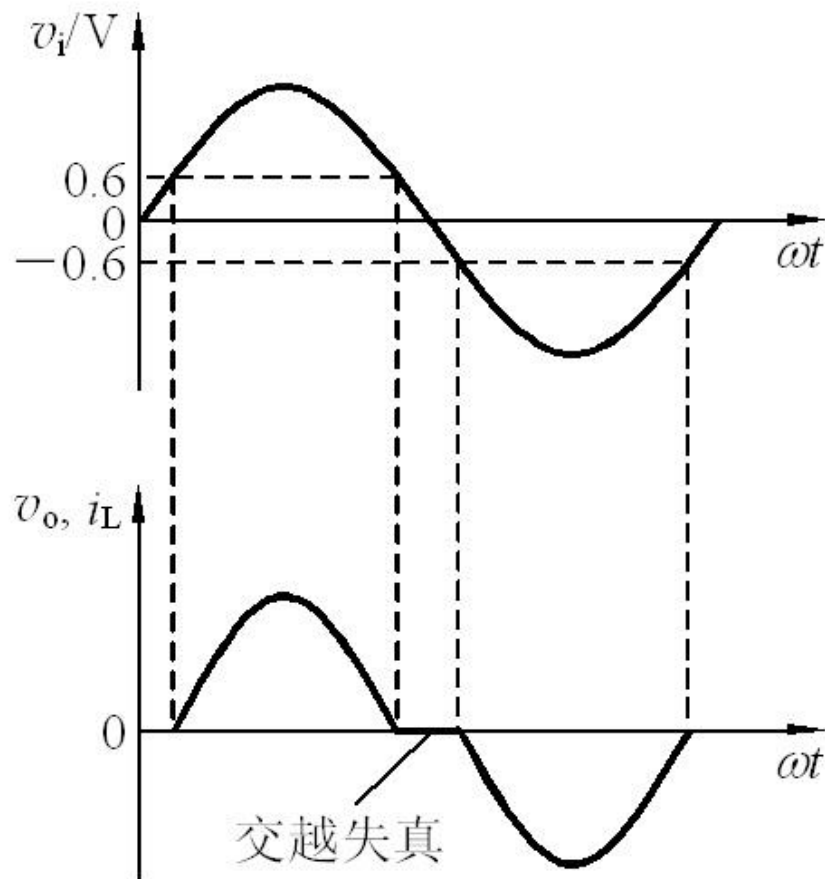
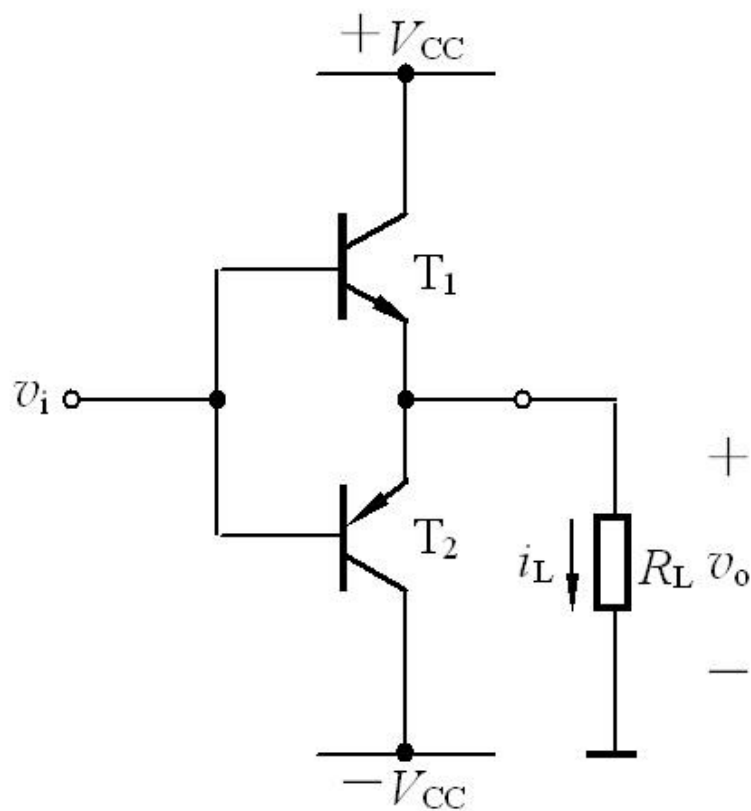
9.4.1 甲乙类双电源互补对称电路

9.4.2 甲乙类单电源互补对称电路

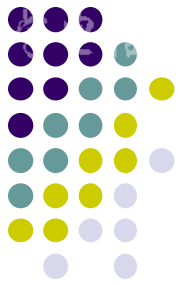
9.4.1 甲乙类双电源互补对称电路



乙类互补对称电路存在的问题



9.4.1 甲乙类双电源互补对称电路



1. 静态偏置

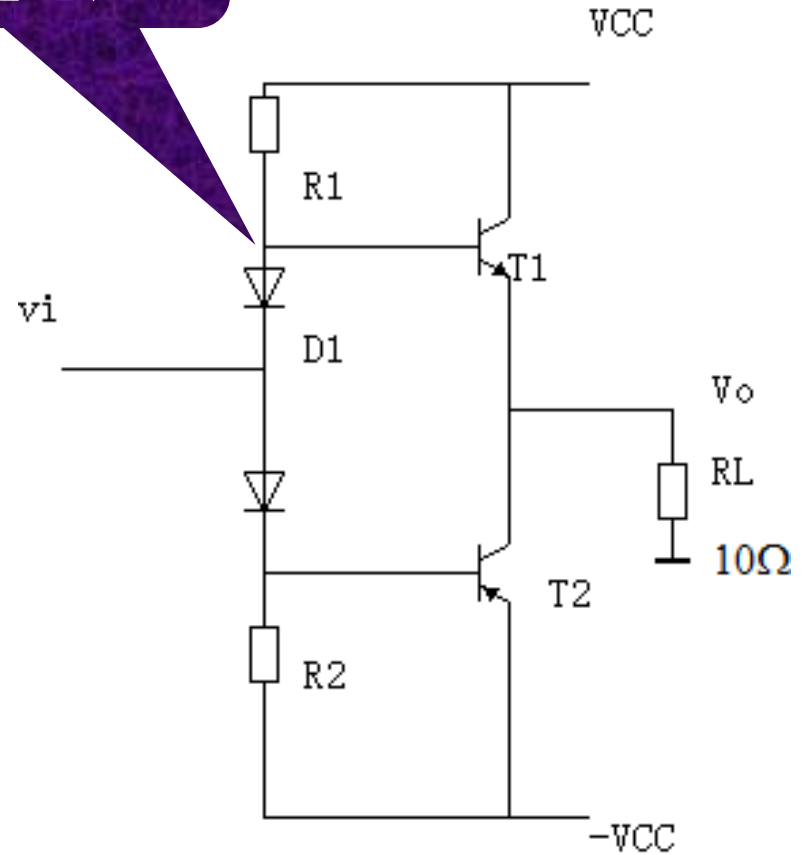
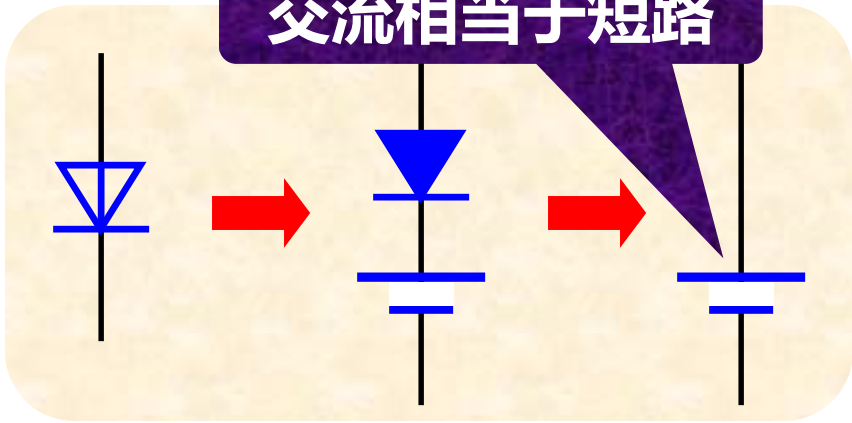
可克服交越失真

$V_i=0$ 时预先给 v_b
一个导通电压

2. 动态工作情况

二极管等效为恒压模型

交流相当于短路



9.4.1 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。

