

# 第8章 输出级电路及功率放大 电路

# 内容

- 功率放大器概述
- 互补功率放大电路
- 其他功放电路

# 一、概述

## 1、功率放大电路的主要指标

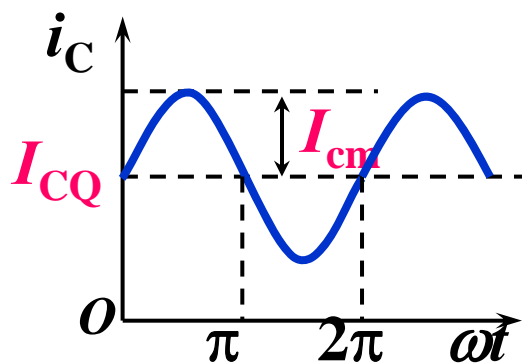
- 1) 输出功率 $P_o$ ，最大输出功率 $P_{omax}$
- 2) 效率 $\eta$
- 3) 非线性失真

## 功率放大的特殊要求

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{\text{omax}} \text{ 大, 三极管尽限工作} \\ \eta = P_{\text{omax}} / P_{\text{DC}} \text{ 要高} \\ \text{失真要小} \end{array} \right.$$

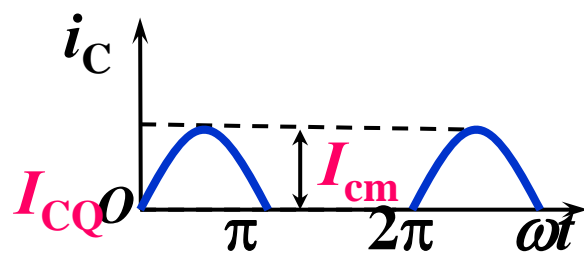
## 2、功率放大电路的分类

A  
类



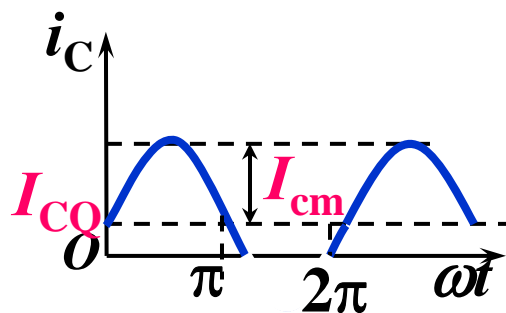
甲类 ( $\theta = 2\pi$ )

B  
类



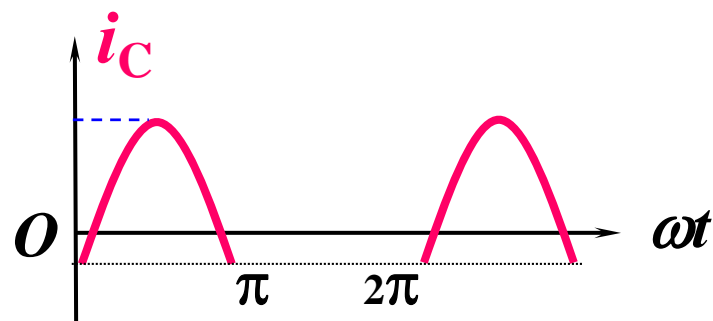
乙类 ( $\theta = \pi$ )

AB  
类

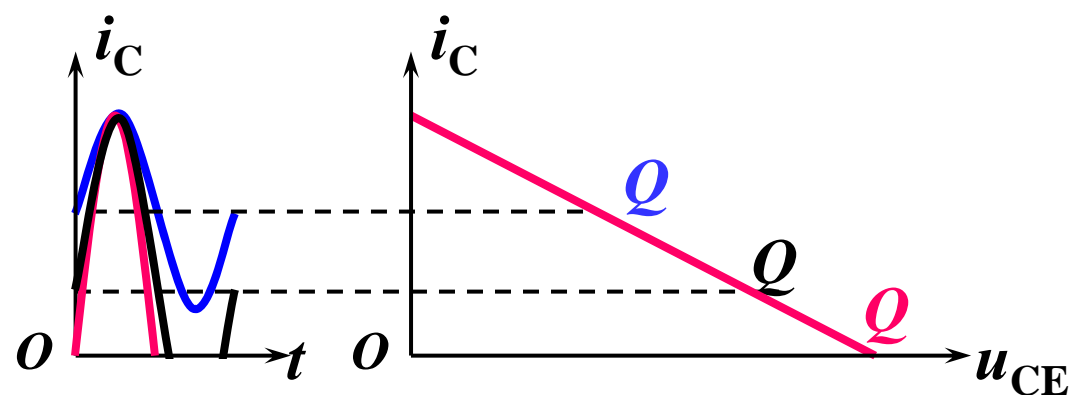


甲乙类 ( $\pi < \theta < 2\pi$ )

C  
类



丙类 ( $0 < \theta < \pi$ )



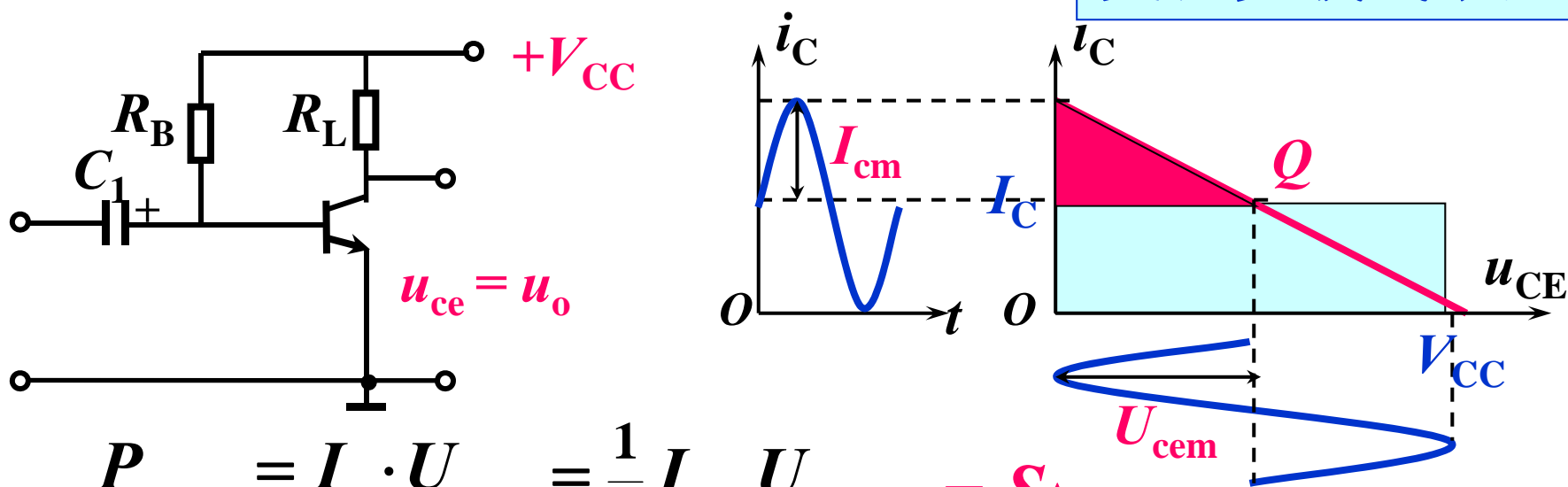
甲类工作状态失真小，静态电流大，管耗大，效率低。

乙类工作状态失真大，静态电流为零，管耗小，效率高。

甲乙类工作状态失真大，静态电流小，管耗小，效率较高。

### 3、共发射极放大电路的效率问题

设“Q”设置在交流负载线中点



$$P_{omax} = I_c \cdot U_{ce} = \frac{1}{2} I_{cm} U_{cem} = S_{\Delta}$$

$$P_{DC} = \overline{i_c} \cdot V_{CC} = I_C \cdot V_{CC} = 4S_{\Delta}$$

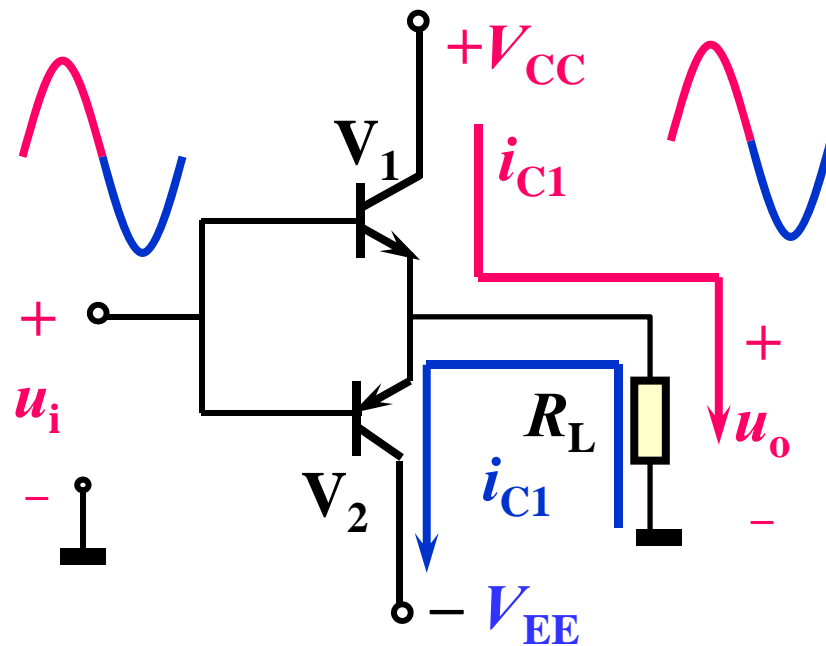
$$\therefore \eta_{max} = P_{omax} / P_{DC} = 25\%$$

## 4、功率放大电路的近似分析



## 二、互补推挽功率放大

### 电路组成及工作原理



$u_i = 0$   $V_1$ 、 $V_2$  截止

$u_i > 0$   $V_1$  导通  $V_2$  截止

$i_o = i_{E1} = i_{C1}$ ,  $u_o = i_{C1}R_L$

$u_i < 0$   $V_2$  导通  $V_1$  截止

$i_o = i_{E2} = i_{C2}$ ,  $u_o = i_{C2}R_L$

问题：

当输入电压小于死区电压时，  
三极管截止，引起 **交越失真**。

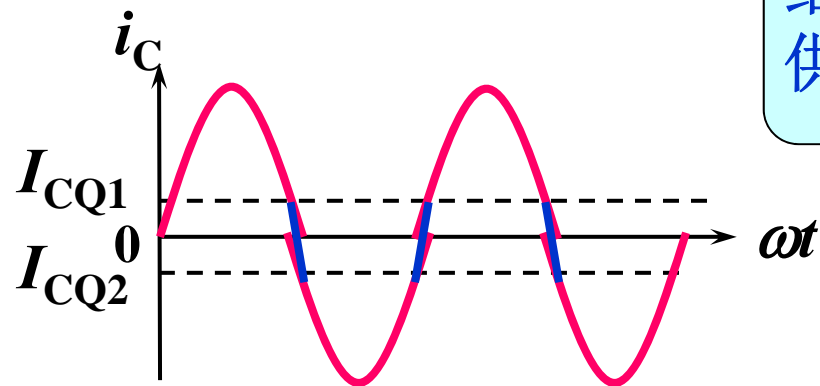


输入信号幅度越小失真越明显。

# 互补对称功率放大电路

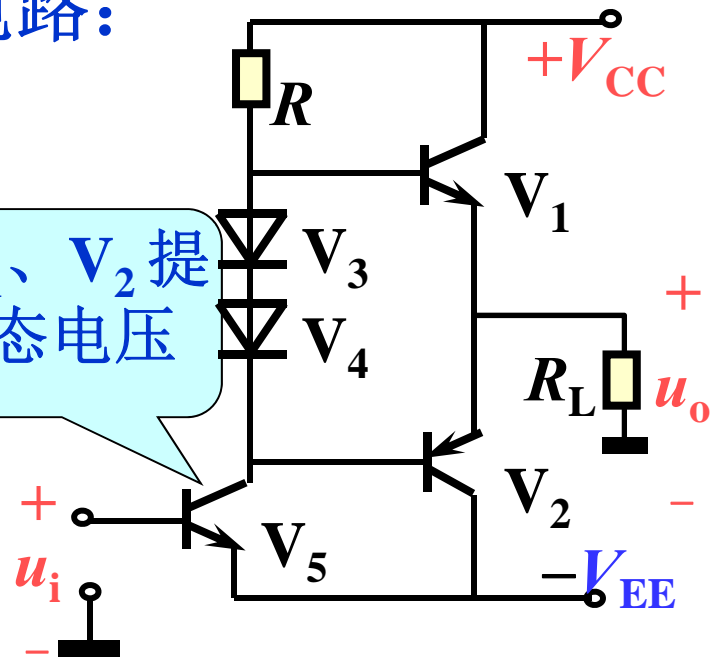
## 一、双电源互补对称功率放大电路

克服交越失真思路：



电路：

给  $V_1$ 、 $V_2$  提供静态电压



## 互补对称功率放大电路

当  $u_i = 0$  时,  $V_1$ 、 $V_2$  微导通。

当  $u_i < 0$  ( $\downarrow$  至  $\uparrow$ ),

$V_1$  微导通  $\rightarrow$  充分导通  $\rightarrow$  微导通;

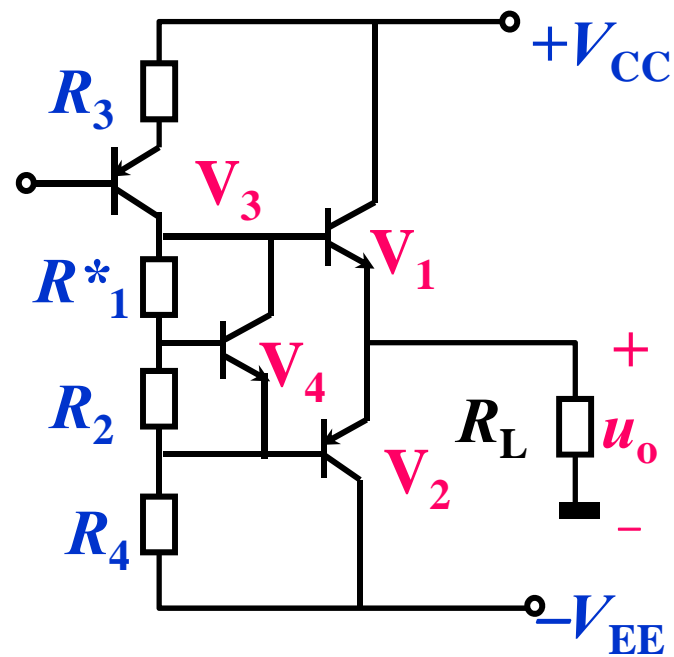
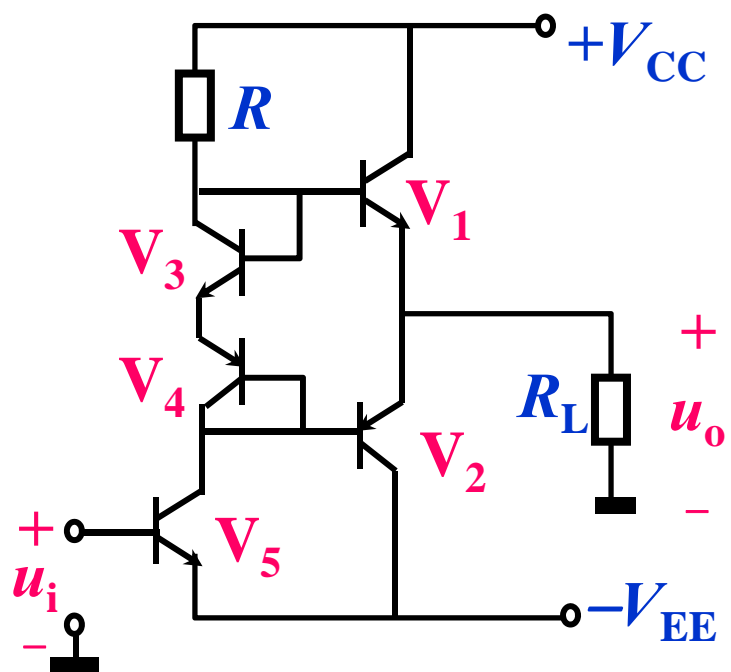
$V_2$  微导通  $\rightarrow$  截止  $\rightarrow$  微导通。

当  $u_i > 0$  ( $\uparrow$  至  $\downarrow$ ),

$V_2$  微导通  $\rightarrow$  充分导通  $\rightarrow$  微导通;

$V_1$  微导通  $\rightarrow$  截止  $\rightarrow$  微导通。

## 实际电路



## 二、功率和效率

### 1. 输出功率

$$\begin{aligned} P_o &= U_o I_c = \frac{1}{\sqrt{2}} U_{om} \frac{1}{\sqrt{2}} I_{cm} = \frac{1}{2} U_{om} I_{cm} \\ &= \frac{1}{2} U_{om}^2 / R_L = \frac{1}{2} I_{om}^2 R_L \end{aligned}$$

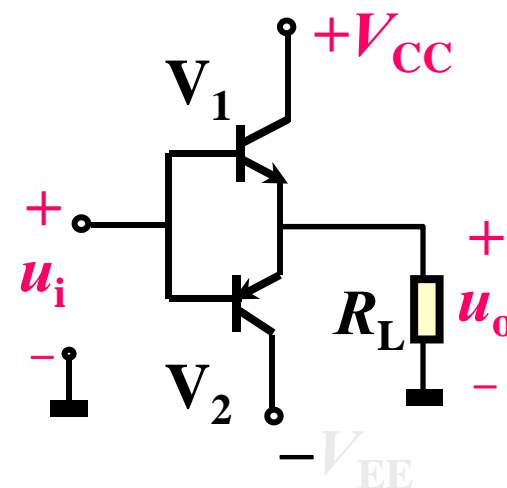
最大不失真输出电压、电流幅度：

$$U_{omm} = V_{CC} - U_{CE(sat)}$$

$$I_{cmm} = U_{omm} / R_L \approx V_{CC} / R_L$$

最大输出功率

$$P_{om} = \frac{(V_{CC} - U_{CE(sat)})^2}{2R_L} \approx \frac{1}{2} \frac{(V_{CC})^2}{R_L}$$



## 2. 电源功率

$$I_{C1} = \overline{i_{C1}} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} I_{cm} \sin \omega t \, d(\omega t) = \frac{I_{cm}}{\pi}$$

$$P_{DC} = I_{C1}V_{CC} + I_{C2}V_{EE} = 2I_{C1}V_{CC} = 2V_{CC}U_{om}/\pi R_L$$

最大输出功率时:

$$P_{DC} = 2V_{CC}^2 / \pi R_L$$

### 3. 效率

$$\eta = \frac{P_o}{P_{DC}}$$

$$P_o = \frac{1}{2} U_{om}^2 / R_L, \quad P_{DC} = 2V_{CC}I_{cm} / \pi$$

$$\eta = \frac{P_o}{P_{DC}} = \frac{\pi}{4} \frac{U_{om}^2}{V_{CC} I_{cm} R_L} = \frac{\pi}{4} \frac{U_{om}}{V_{CC}}$$

$$\eta_{\max} \approx \frac{\pi}{4} = 78.5\%$$

实际约为 60%



## 4. 管耗

$$\begin{aligned} P_{C1} = P_{C2} &= \frac{1}{2}(P_{DC} - P_o) = \frac{1}{2}\left(\frac{2U_{om}V_{CC}}{\pi R_L} - \frac{U_{om}^2}{2R_L}\right) \\ &= \frac{U_{om}}{R_L}\left(\frac{V_{CC}}{\pi} - \frac{U_{om}}{4}\right) \end{aligned}$$

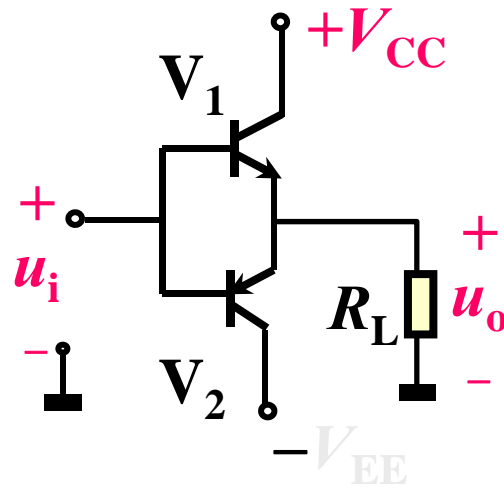
$$\text{令 } \frac{dP_{C1}}{dU_{om}} = \frac{V_{CC}}{\pi R_L} - \frac{U_{om}}{2R_L} = 0$$

$$\text{则: } U_{om} = \frac{2V_{CC}}{\pi} \text{ 时管耗最大, 即: } P_{C1m} = \frac{V_{CC}^2}{\pi^2 R_L}$$

$$\because P_{om} = \frac{1}{2} \frac{V_{CC}^2}{R_L} \quad \therefore P_{C1m} = \frac{2}{\pi^2} P_{om} \approx 0.2P_{om}$$

每只管子最大管耗为  $0.2P_{om}$

## 5. 选管原则



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

## 三、其他功率放大电路

变压器耦合功放电路

**OTL**功放电路

单电源供电的互补推挽功放电路

复合管构成的准互补推挽功放

桥式平衡功放电路（**BTL**电路）

场效应管功放电路

集成功放电路