

模电作业

2021251124 古翱翔

2023 年 6 月 20 日

目 录

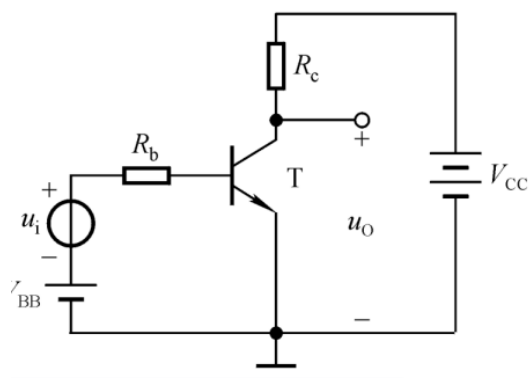
1 基本放大电路

- 第一讲 放大电路的组成及工作原理
- 第二讲 放大电路的分析方法
- 第三讲 工作点稳定电路
- 第四讲 放大电路的三种组态及其性能比较
- 第五讲 场效应管基本放大电路
- 第六讲 差动放大电路

是功率放大，本质上还是能量控制和放大，必要条件是要有有源元件，前提是不失真，用正弦波测试。

1.1 怎样构建（基本放大电路）

我们只有一个小功率信号，元件，电源。让晶体管工作在放大区，小信号需要控制 i_B ，实际上是控制 U_{BE} 。



首先是正反偏，然后输入加入电阻保护，加上输出电阻输出电压。

V_{BB} 抬高小信号电压，使三极管发射结正偏。

V_C 使得三极管集电结反偏。

R_b 保护。

R_c 使得输出电压。

u_i 输入电压

静态工作点 Q

$u_i = 0$ 的时候, 此时各个参数的表示为

$$I_{BQ}, I_{CQ}, U_{BEQ}, U_{CEQ}。$$

静态工作点的必要性

因为要解决失真问题, 使三极管工作在线性区, 使信号不失真。

对于共射放大电路, 负载上无直流份量, 也可以在输入或者输出加上耦合电容来隔离直流, 通过交流, 叫做阻容耦合电路。我们按照过程(电容耦合下), 有如下

$$u_{BE} = u_i \quad (3.1.a)$$

$$i_B = \frac{u_{CC} - u_{BE}}{R_B} \quad (3.1.b)$$

$$i_C = \beta i_B \quad (3.1.c)$$

$$u_{CE} + R_C i_C = u_{CC} \quad (3.1.d)$$

1.1.2 直流通路和交流通路

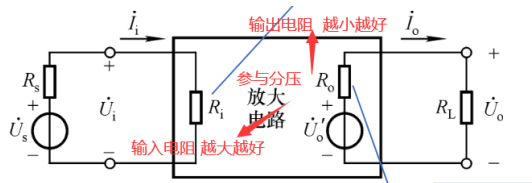
直流通路 $U_S = 0$, 电容开路, 电感短路。用于研究静态工作点

交流通路 直流电源短路, 大容量电容短路。用于动态参数研究

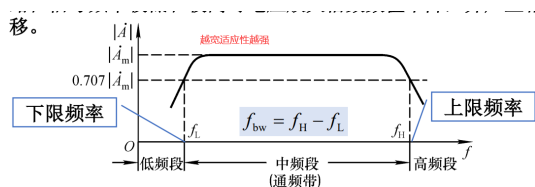
先静后动。静态有计算和图解, 动态有图解和微变等效。

1.2 静态分析方法

1.1.1 性能参数



任何一个放大电路都可以看作是一个二端口网路, 定义放大倍数为输入和输出量之比, 但是电压放大倍数 A_{um} 是最常被研究的通频带



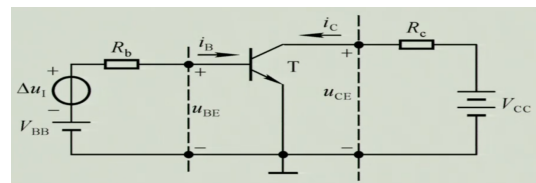
定义 1.1 (非线性失真系数).

$$D = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{\infty} U_{i+1}^2}}{U_1}$$

最大输出功率 p_{om} , 电源效率为 $\eta = \frac{p_{om}}{P_V}$

1.2.1 图解法

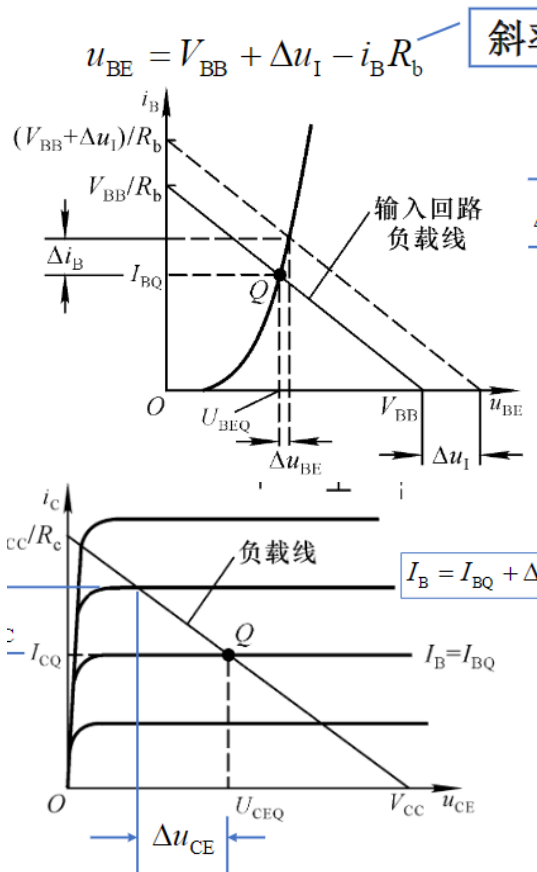
在三极管的输入和输出曲线上, 画出外部的工作线。



$$i_b = \frac{V_{BB} - U_{BE}}{R_b} \quad (3.1.a)$$

$$i_c = \frac{V_{CC} - U_{CE}}{R_c} \quad (3.1.b)$$

(3.1.a) 是对于输入曲线, (3.1.b) 对于输出曲线。纵坐标是 $\frac{V_{CC}}{R_c}$, 横坐标是 V_{CC} , 对于放大倍数, 有如下:

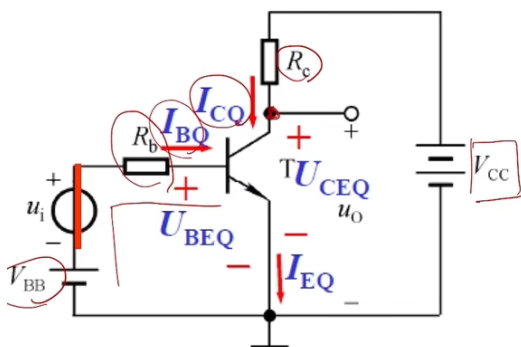


1.2.2 电位分析法

一个一个地写起来，使用基尔霍夫电压定律。

1.2.3 估算法

本质是两个直线相交。利用 $U_{BEQ} = 0.7V$



$$V_{BB} = R_b I_{BQ} + 0.7 \quad (3.2.a)$$

$$I_{BQ} : I_{CQ} : I_{EQ} = 1 : \beta : 1 + \beta \quad (3.2.b)$$

1.2.4 等效电路

先找 Q 点，再找 $r_{be} = r_{bb} + (H\beta) \frac{U_T}{I_{EQ}}$

1.2.5 静态分析法列写方程

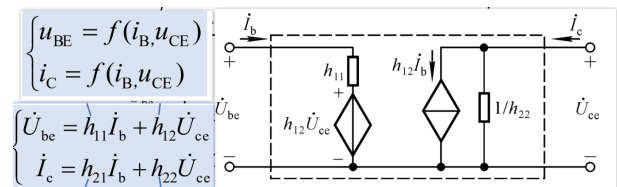
1.3 动态分析

1.4 h 参数等效电路

中低频，小信号。

1.4.1 三极管的等效模型

三极管可以简化成一个 h 参数微变等效模型



并且一般的来说有如下

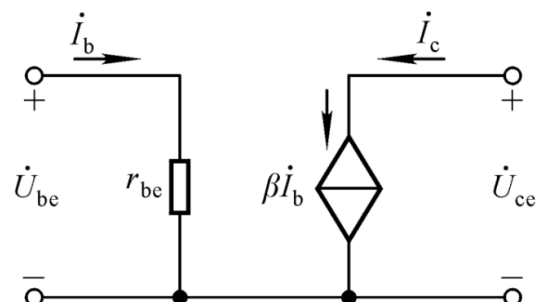
$$h_{11} = r_{be} \approx 0 \quad (3.3.a)$$

$$h_{12} = \frac{\Delta_{BE}}{\Delta_{CE}} \quad (3.3.b)$$

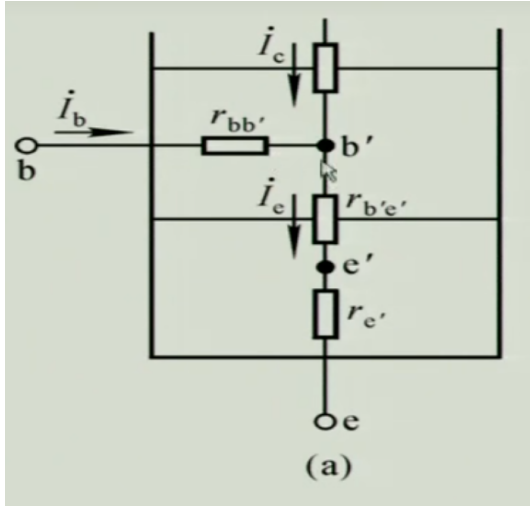
$$h_{21} = \beta \approx \infty \quad (3.3.c)$$

$$h_{22} = \frac{1}{r_{ce}} \quad (3.3.d)$$

继续简化就可以得到



并且有 $r_{bb'}$ 为基区体电阻, $r_{b'e}$ 为发射结微分电阻, r_{ce} 为集电结微分电阻, $U_T = 26(mV)$ 。



下面计算一些常用参数

$$A_u = \frac{U_o}{U_i} = \frac{-i_c R_o}{i_b r_{be}} = -\frac{\beta R_o}{r_{be}} \quad (3.4.a)$$

$$R_i = \frac{U_i}{I_i} = R_b // r_{be} \quad (3.4.b)$$

$$R_o = \frac{U_o}{I_o} = R_c // R_L \approx R_c \quad (3.4.c)$$

$$r_{be} = r_{bb'} + \frac{U_T}{I_{BQ}} \quad (3.4.d)$$

$$A_I \approx \beta \frac{R'_L}{R_L} \quad (1)$$

1.4.3 最大不失真电压

1.4.4 失真分析

1.5 放大电路 Q 点的稳定性

温度, 电源波动, 元器件老化都会引起 Q 点波动。会失真, 截至失真, 饱和失真。

1.5.1 如何稳定

所谓 Q 点稳定, 是指 I_{CQ} 和 U_{CEQ} 在温度变化时基本不变, 这是靠 I_{BQ} 的变化得来的 (加了反馈电阻 R_e)。

$$\begin{aligned} U_{be} &= I_b(r_{bb'}) + I_e(r_{b'e}) \\ r_{be} &= \frac{U_{be}}{I_b} = r_{bb'} + r_{b'e} \\ &= r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{U_T}{I_{EQ}(mA)} \\ &= r_{bb'} + \frac{U_T}{I_{BQ}} \end{aligned}$$

1.4.2 直接接法

之前等效的左 b 右 c 下 e。VCC 对交流短路, 所以可直接当接地。具体如下图

