

# 模电实验报告 2：单级放大电路实验 (EWB 仿真)

xy 学号 匡亚明学院

2019 年 2 月 29 日

## 1 实验目的

1. 学习使用 EWB 仿真软件。
2. 使用 EWB 仿真软件对单级放大电路进行仿真。

## 2 实验仪器

EWB 仿真软件。

## 3 实验内容

1. 按图 (1) 在 EWB 软件中搭建好电路图。
2. 调整静态  
取仿真电路集电极静态电压为 6V。万用表选择直流电压挡，开启 EWB 主窗口右上角的开关，调整基极偏置电位器  $R_P$ ，发现  $680\text{k}\Omega$  过大，改用  $22\text{k}\Omega$  电位器，直至  $V_c \approx 6\text{V}$  为止。
3. 测量交流放大倍数  
双击示波器，出现示波器窗口。开启 EWB 主窗口右上角的开关。调整示波器 A、B 通道的位置，使两个通道的波形在示波器屏幕上分开，以利于观察。调整示波器的 X 轴时间刻度、Y 轴电压刻度。按下 EWB 主窗口右上角的“Pause”键（暂停键），移动示波器屏幕下方的滚动条，将波形移入示波器的屏幕。再移动游标。
4. 测量放大器的幅频响应特性  
双击波特仪，打开波特仪显示窗口。去掉负载，点击开始模拟，一段时间后暂停。记录波特仪的幅频响应曲线。记录峰值和峰值-3dB 对应的频率。
5. 测量放大器的输入输出电阻  
按书中要求调整相应电阻，进行模拟。

## 4 实验数据

1. 调整静态  
 $R_P = 21.6\text{k}\Omega$ ，即  $R_b = 72.6\text{k}\Omega$ 。

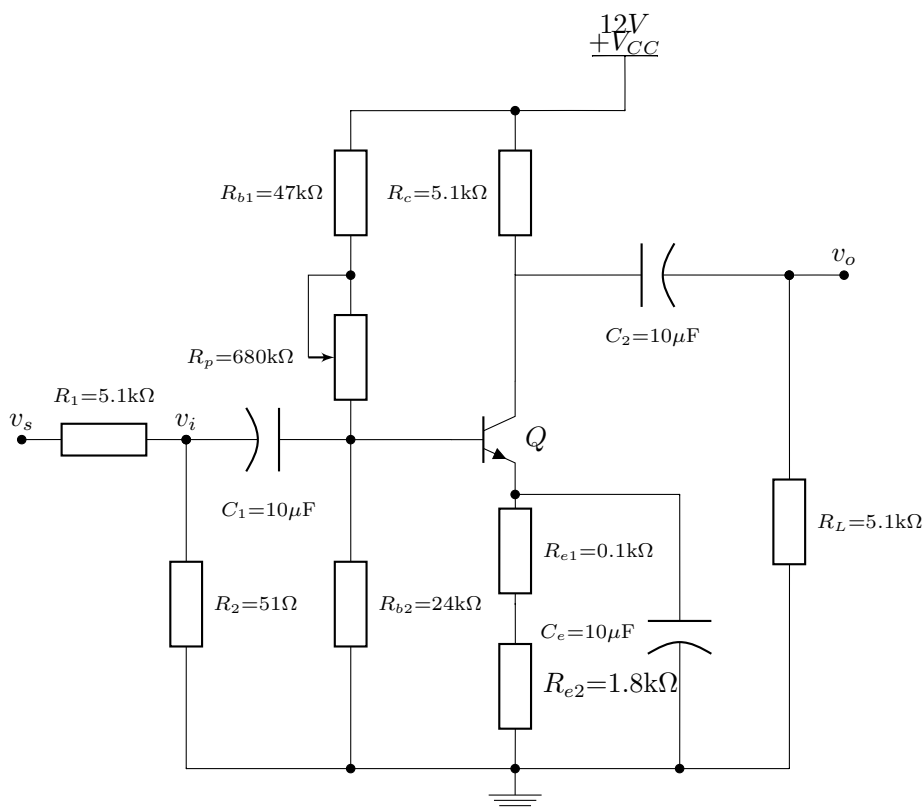


图 1: 共射放大电路

表 1: 调整静态

测量值				测量计算值		
$V_c$	$R_P$	$V_b$	$V_e$	$I_b$	$I_c$	$\beta$
5.99V	21.6kΩ	2.881V	2.249V	5.564μA	1.178mA	211.796

## 2. 交流放大倍数

理论值计算:

根据教材<sup>[1]</sup>的式 (5.3.7b):

$$r_{be} = r_{bb'} + (1 + \beta) \frac{26mV}{I_{EQ}} \quad (1)$$

及例 (5.3.2) 中的:

$$I_{EQ} \approx \beta I_{BQ} = 211.796 \times 5.564 = 1178.43\mu A \quad (2)$$

结合实际情况, 取  $r_{bb'} = 800\Omega$ , 可得:

$$r_{be} = 800\Omega + (1 + 211.796) \frac{26mV}{1178.43\mu A} = 5.495k\Omega \quad (3)$$

再根据式 (5.3.8) 并进行适当修正, 有 (下文计算中略去负号):

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = -\frac{\beta(R_L || R_c)}{R_b || r_{be}} \quad (4)$$

(a) 空载

空载即  $R_L = 0$ , 将各数据代入式 (4) 即得理论放大倍数:

$$A_v = -\frac{211.796 \times 5.1\text{k}\Omega}{72.6\text{k}\Omega \parallel 5.495\text{k}\Omega} \approx 211.45 \quad (5)$$

将理论值与实验测量值填入表 (2):

表 2: 测量交流放大电路 (空载)			
测量值		由测量值计算	理论估算值
$v_i(\text{mV})$	$v_o(\text{V})$	$A_V$	$A_V$
2.932	0.632	215.64	211.45
5.864	1.257	214.36	211.45
8.797	1.865	212.00	211.45

误差为:

$$\text{Error}(v_i = 3\text{mV}) = \frac{215.64 - 211.45}{211.45} \times 100\% = -1.98\% \quad (6)$$

$$\text{Error}(v_i = 6\text{mV}) = \frac{214.36 - 211.45}{211.45} \times 100\% = -1.38\% \quad (7)$$

$$\text{Error}(v_i = 9\text{mV}) = \frac{212.00 - 211.45}{211.45} \times 100\% = -0.26\% \quad (8)$$

(b) 有载

有载即  $R_L = 5.1\text{k}\Omega$  和  $R_L = 2.2\text{k}\Omega$ , 将各数据代入式 (4) 即得理论放大倍数:

$$A_v(R_L = 5.1\text{k}\Omega) = -\frac{211.796 \times (5.1\text{k}\Omega \parallel 5.1\text{k}\Omega)}{72.6\text{k}\Omega \parallel 5.495\text{k}\Omega} \approx 105.69 \quad (9)$$

$$A_v(R_L = 2.2\text{k}\Omega) = -\frac{211.796 \times (5.1\text{k}\Omega \parallel 2.2\text{k}\Omega)}{72.6\text{k}\Omega \parallel 5.495\text{k}\Omega} \approx 63.70 \quad (10)$$

表 3: 测量交流放大倍数 (有载)				
负载	测量值		由测量值计算	理论估算值
$R_L$	$v_i(\text{mV})$	$v_o(\text{mV})$	$A_V$	$A_V$
$5.1\text{k}\Omega$	2.931	324.78	110.81	105.69
$2.2\text{k}\Omega$	2.931	197.909	67.52	63.70

误差为:

$$\text{Error}(R_L = 5.1\text{k}\Omega) = \frac{110.81 - 105.69}{105.69} \times 100\% = 4.84\% \quad (11)$$

$$\text{Error}(R_L = 2.2\text{k}\Omega) = \frac{67.52 - 63.70}{63.70} \times 100\% = 6.00\% \quad (12)$$

### 3. 幅频响应特性

取中频为  $10\text{kHz}$ , 测得对应的通频带为:

$$f_L = 701.704\text{Hz}, f_H = 7.764\text{MHz}.$$

如图 (2)

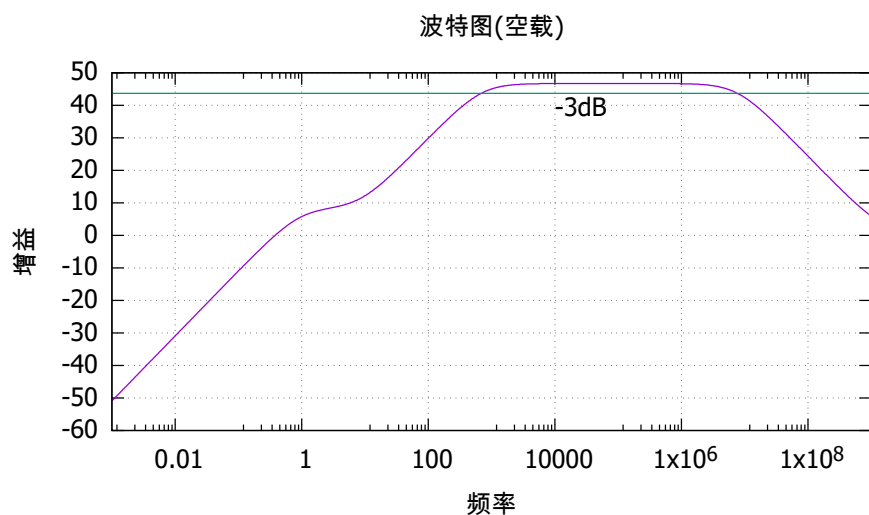


图 2: 波特图 (空载)

#### 4. 输入输出电阻

理论值计算:

根据教材 (5.3.9) 和 (5.3.10) 两式, 可以得出输入输出电阻的理论值:

$$r_i = R_b || r_{be} = 72.6\text{k}\Omega || 5.495\text{k}\Omega = 5.11\text{k}\Omega \quad (13)$$

$$r_o \approx R_c = 5.1\text{k}\Omega \quad (14)$$

测得的相关数据为:

(a) 输入

$$V_s = 36\text{mV}$$

$$V_i = 16.121\text{mV}$$

$$r_i = \frac{R_s}{\frac{V_s}{V_i} - 1} = 5.59\text{k}\Omega$$

(b) 输出

$$V_o(\text{空载}) = 632.249\text{mV}$$

$$V_o(\text{有载}) = 324.783\text{mV}$$

$$r_o = \left( \frac{V_o(\text{空载})}{V_o(\text{有载})} - 1 \right) R_L = 4.83\text{k}\Omega$$

表 4: 测量输入输出电阻

测输入电阻 $r_i$ $R_s = 5.1\text{k}\Omega$				测输出电阻 $r_o$			
测量值		测量计算值	理论估算值	测量值		测量计算值	理论估算值
$V_s(\text{mV})$	$V_i(\text{mV})$	$r_i$	$r_i$	$V_o, R_L \rightarrow \infty$	$V_o, R_L = 5.1\text{k}\Omega$	$r - o$	$r_o$
36	16.121	5.59 k $\Omega$	5.11k $\Omega$	632.249mV	324.783mV	4.83k $\Omega$	5.1k $\Omega$

则输入输出电阻的误差为：

$$Error(r_i) = \frac{5.59\text{k}\Omega - 5.11\text{k}\Omega}{5.11\text{k}\Omega} \times 100\% = 9.39\% \quad (15)$$

$$Error(r_o) = \frac{4.83\text{k}\Omega - 5.1\text{k}\Omega}{5.1\text{k}\Omega} \times 100\% = -5.29\% \quad (16)$$

## 5 思考题

1. 将  $C_e$  改为  $100\mu\text{F}$ ，进行仿真。所得通频带为：

$f_L = 76.206\text{Hz}$ ,  $f_H = 7.512\text{MHz}$ 。

低频截止频率  $f_L$  明显降低。如图 (3)

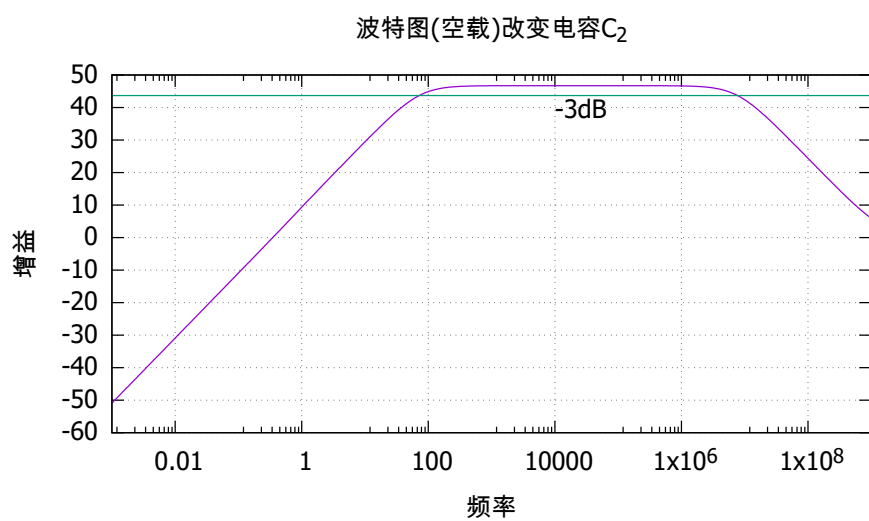


图 3: 改变  $C_2$  后的波特图

## 参考文献

- [1] 康华光. 电子技术基础 (模拟部分). 高等教育出版社, 2006.