

# 电子技术基础实验

## 实验三 三极管放大电路 2

祝尔乐  
未央-电 01

2021 年 11 月 8 日

### 一. 实验目的

- 1、了解差分放大电路的特性和工作原理。
- 2、熟悉差分放大电路的设计和调试方法。
- 3、熟悉用 LTspice 仿真电路。

### 二. 实验内容

1. 测量差分放大电路的参数

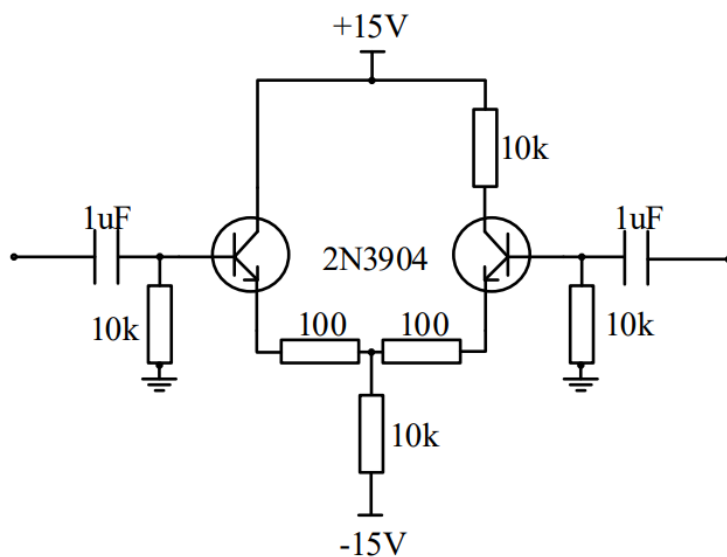


图 1: 电路图 1

按照电路图 1 所示电路连接电路。

- (1) 测量放大电路中三极管的静态集电极电流及电压，并与理论及仿真结果比较

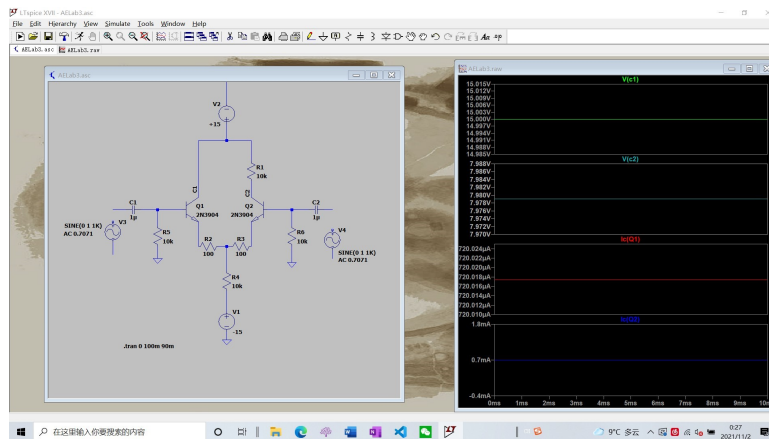
记左右两端的三极管分别为  $T1$ ,  $T2$ 。先求解理论值。由三极管特性,  $\beta$  取 200, 有

$$\begin{aligned}
 U_{B1} &= -I_{B1} \cdot 10k \\
 U_{B2} &= -I_{B2} \cdot 10k \\
 U_{E1} &= I_{E1} \cdot 100 + (I_{E1} + I_{E2}) \cdot 10k - 15 \\
 U_{E2} &= I_{E2} \cdot 100 + (I_{E1} + I_{E2}) \cdot 10k - 15 \\
 I_{E1} &= (\beta + 1)I_{B1} \approx \beta I_{B1} \\
 I_{E2} &= (\beta + 1)I_{B2} \approx \beta I_{B2} \\
 U_{B1} &\approx U_{E1} + 0.7 \\
 U_{B2} &\approx U_{E2} + 0.7
 \end{aligned}$$

解得

$$\begin{aligned}
 I_{B1} &= I_{B2} \approx 3.57\mu A \\
 I_{C1} &= I_{C2} \approx I_{E1} = I_{E2} \approx 0.71mA \\
 U_{C1} &= 15V \\
 U_{C2} &= 15 - I_{C1} \cdot 10k \approx 7.9V
 \end{aligned}$$

仿真结果如下：



可见，与理论估算结果相近。

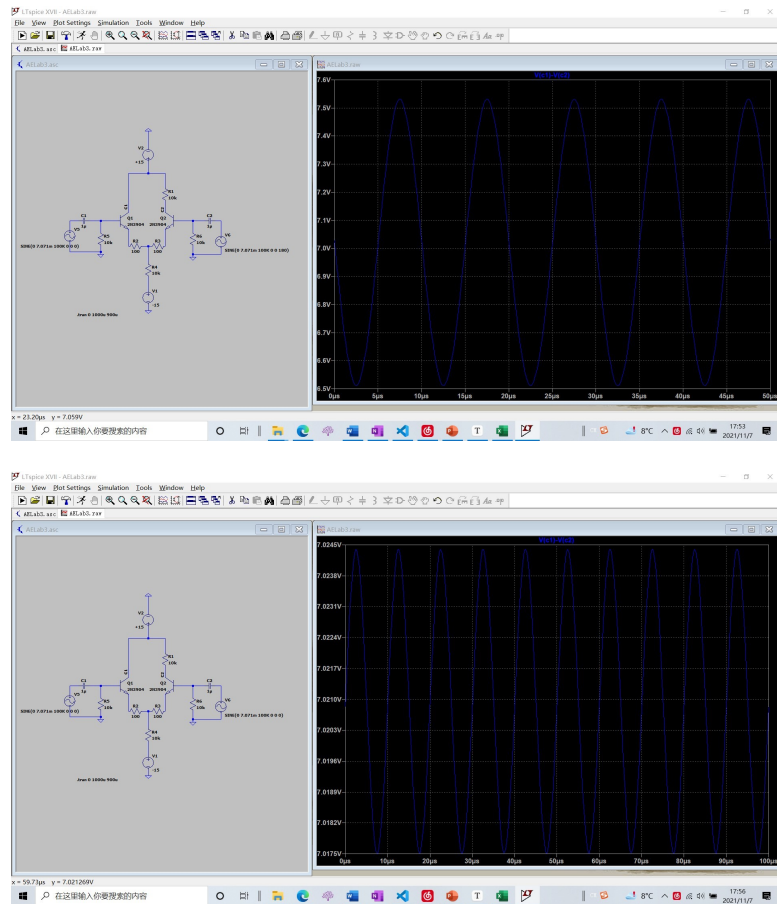
连接电路后进行测量，实际测量结果为：

表 1: 集电极电流与电压			
$U_{C1}/V$	$I_{C1}/mA$	$U_{C2}/V$	$I_{C2}/mA$
15.21	0.73	8.26	0.68

实际测量结果中，由于输出电压比设定电压偏大，所以电压测量值偏大。总体而言，测量值与理论值和仿真值相近。

## (2) 测量放大电路的差模和共模增益，并与仿真结果比较

设定信号频率为  $100Hz$ ，输入信号为两个大小为  $5mV_{rms}$  的正弦波，相位差分别设为  $0^\circ$ （共模）和  $180^\circ$ （差模）。仿真结果如下：



仿真得到的差模输出信号为  $1022mV$ ，共模输出信号约为  $6.9mV$ 。

测量输出电压的峰峰值  $U_{Od,pp}, U_{Oc,pp}$ ，使用  $A = \frac{U_{O,pp}}{2\sqrt{2} \cdot 5m}$  计算出放大倍数  $A_d, A_c$ 。

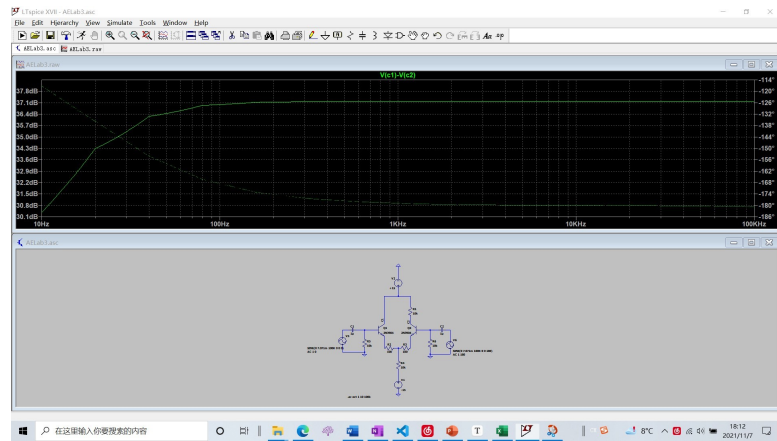
测量结果和计算结果如下表：

表 2: 共模和差模放大倍数			
$U_{Od}/mVPP$	$A_d$	$U_{Oc}/mVPP$	$A_c$
976	69.0	59.2	4.2

测量结果中共模信号放大倍数与仿真结果相差较大，可能是电路的实际特性与仿真参数的差异引起的。

### (3) 测量放大电路增益的幅频特性，并与仿真结果比较

输入电压依旧采用两个  $5mV_{rms}$ ，相角差为  $180^\circ$  的正弦交流电源。频率从  $10Hz$  变化到  $100kHz$ 。对幅频特性进行仿真：

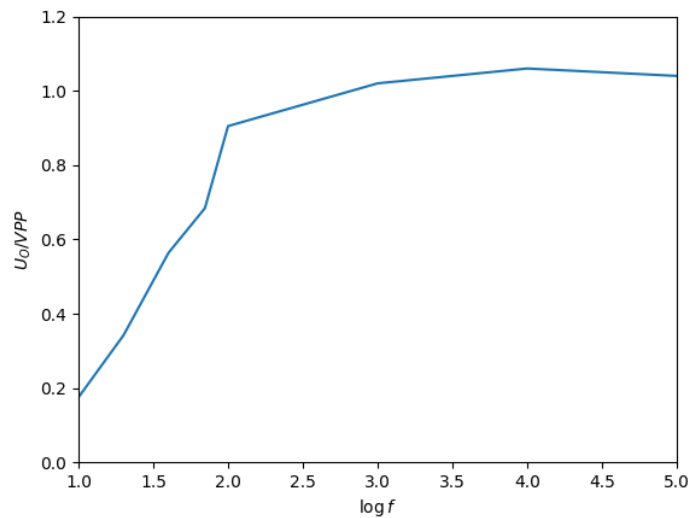


实验中的测量结果如下表：

表 3: 幅频特性

$f/\text{Hz}$	10	20	40	70	100	1k	10k	100k
$U_o/V_{PP}$	0.175	0.342	0.564	0.684	0.805	1.02	1.14	1.06

画出幅频特性：



由幅频特性曲线可以看出大概 100-1000Hz 过程输出电压的幅值达到饱和。

## 2. 自举电路

(1) 在 C2 加在电路中和去掉两种情况下，分别测量电路的输入电阻（加 10kHz 100kHz 之间的正弦信号，选 3 个频率点），并与仿真结果进行对比

测量输入电阻采用实验二的方法，选用 10kHz, 50kHz, 100kHz 三个点，输入电压为  $5\text{mV}_{rms}$ ，测量外接电阻  $R_1$  的电压，使用公式  $R_i = \frac{U_o - U_o'}{U_o'} R_1$  计算输出结果。

仿真结果如下：

仿真算出输入电阻在有 C2 时大小约为  $187\text{k}\Omega$ ，无 C2 时为  $9.5\text{k}\Omega$ 。

实验中按照仿真所示电路连接电路。

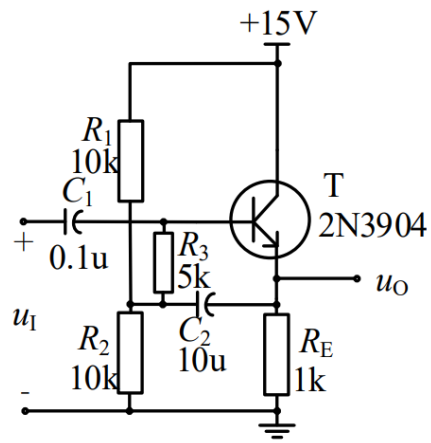
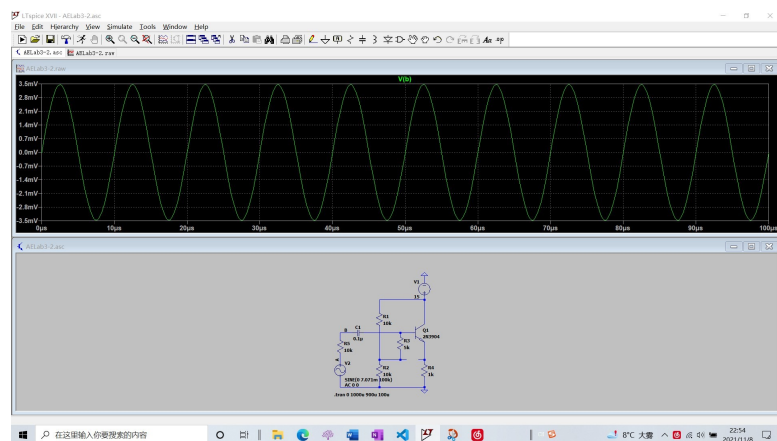
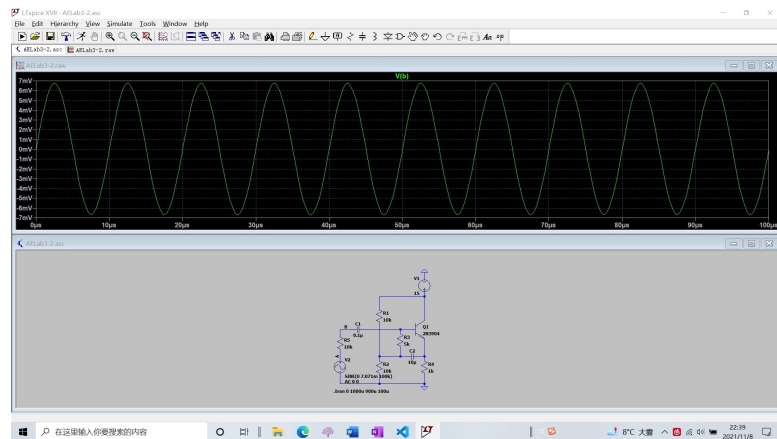


图 2: 电路图 2



测量结果如下：

表 4: 自举电路				
$f/kHz$		10	50	100
有 C2	$U_o/mVPP$	13.5	13.6	13.3
	$R_i/k\Omega$	210.9	251.85	158.33
无 C2	$U_o/mVPP$	6.9	6.9	6.8
	$R_i/k\Omega$	9.5	9.5	9.3

## (2) 根据结果分析 C2 的作用

$C_2$  的作用是自举电容，它增加了输入电阻，增大了输入电压。