

电子技术基础实验

实验二 三极管放大电路

祝尔乐
未央-电 01

2021 年 10 月 27 日

一. 实验目的

- 1、掌握三极管放大电路静态工作点的测量方法。
- 2、掌握放大电路主要性能参数的测量方法。
- 3、熟悉用 LTspice 仿真电路。

二. 实验内容

1. 测量三极管 2N3904 的输入输出特性

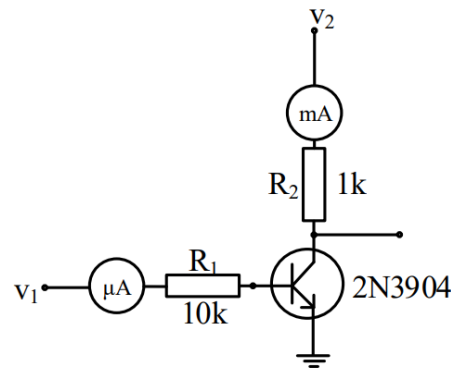
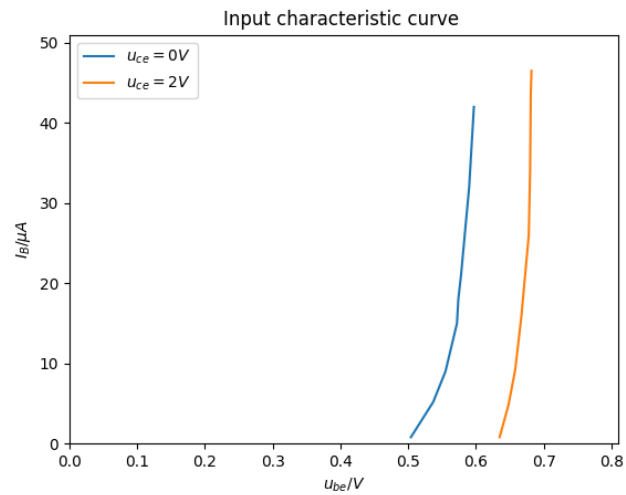


图 1

采用图 1 的电路测量三极管 2N3904 的输入输出特性。通过调整 V1, V2 的值, 使三极管的 U_{BE} 和 U_{CE} 不断发生变化, 测量 U_{BE} , U_{CE} , I_C , I_B 的值就可以得到三极管的输入输出特性。
输入特性测量结果见下表:

表 1: 三极管的输入特性测量									
$U_{CE} = 0.0V$	U_{BE}/V	0.504	0.537	0.555	0.572	0.574	0.578	0.590	0.597
	$I_B/\mu A$	0.8	5.2	9.0	15.0	18.0	21.0	32.0	42.0
$U_{CE} = 2.0V$	U_{BE}/V	0.635	0.648	0.658	0.667	0.678	0.680	0.681	0.682
	$I_B/\mu A$	0.8	4.8	9.2	15.8	26.0	34.2	43.8	46.5

画出输入特性的图：



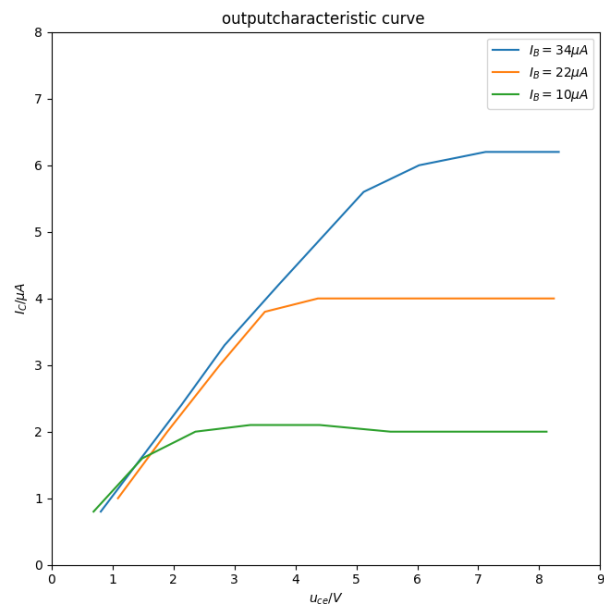
输出特性曲线见下表：

表 2: 三极管的输出特性测量

$I_B = 34\mu A$	U_{CE}/V	0.808	2.13	2.84	3.72	5.12	6.03	7.12	8.32
	I_C/mA	0.8	2.4	3.3	4.2	5.6	6.0	6.2	6.2
$I_B = 22\mu A$	U_{CE}/V	1.09	1.90	2.76	3.50	4.37	5.80	7.20	8.24
	I_C/mA	1.0	2.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
$I_B = 10\mu A$	U_{CE}/V	0.69	1.49	2.36	3.26	4.40	5.56	7.20	8.12
	I_C/mA	0.8	1.6	2.0	2.1	2.1	2.0	2.0	2.0

可以估算出该三极管的 β 的值约为 200。

画出输出特性的图：



2. 共射级放大电路分析

搭建图 2 所示电路。 $V_{CC} = 15V, R_L = 10k\Omega$ 。

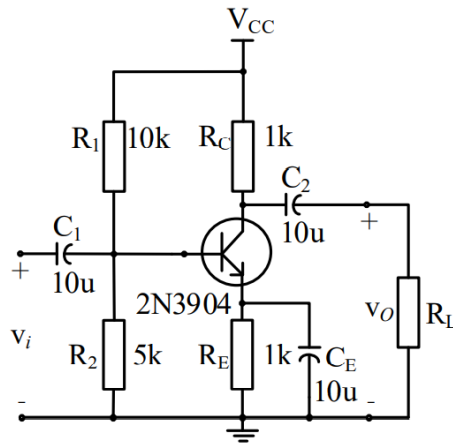


图 2

(1) 测量电路的静态工作点

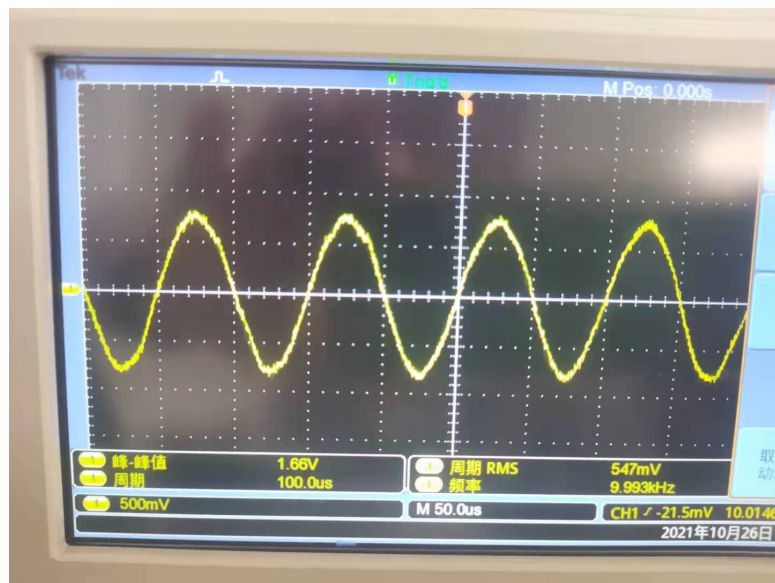
测量结果如下表：

表 3: 静态工作点测量

U_E/V	U_B/V	U_C/V
4.258	4.91	10.36

(2) 测量电压放大倍数、输入电阻 R_i 、输出电阻 R_o ；设置正弦波输入信号，有效值 $V_{RMS} \approx 5mV$ ，频率为 $10kHz$

得到的波形为：



电压放大倍数为：

$$A_u = \frac{U_o}{U_i} = \frac{1.66}{10\sqrt{2}m} \approx 117.4 \quad (1)$$

采用附件中的方法测量输入电阻， $R_1 = 10K\Omega$, $U_S = 50mVrms$ ，使得 $U'_i = 56.6mV$, $U_i = 9.62mV$ ，

$$R_i = \frac{U_i}{U'_i - U_i} R_1 \approx 2k\Omega \quad (2)$$

采用附件中的方法测量输出电阻， $U_S = 10mVrms$, $R_L = 10k\Omega$ ，测出 $U'_o = 1.2mv$, $U_{OL} = 1.1mv$ ，

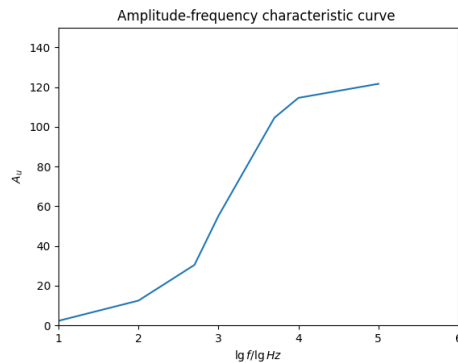
$$R_o = \left(\frac{U'_o}{U_{OL}} - 1 \right) R_L \approx 1k\Omega \quad (3)$$

(3) 改变输入信号频率（100Hz、1kHz……），测量输出信号幅值，画出幅频特性曲线

改变输入信号频率，测量输出信号的幅值，测量结果如下表：

表 4: 静态工作点测量

f/Hz	$U_O/V(-)$	A_u
10	0.0328	2.32
100	0.22	15.56
500	0.43	30.46
1k	0.78	55.15
5k	1.48	104.56
10k	1.62	114.55
100k	1.72	121.62

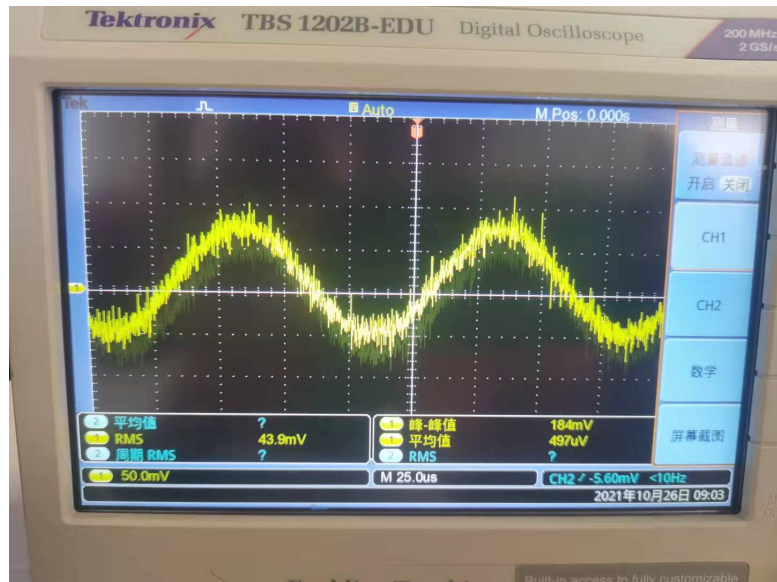


(4) 在发射极与 R_E 之间串联一个 100Ω 电阻（保持 C_E 与 R_E 并联），测量输出波形及电压放大倍数，与上面结果比较，分析发射极电阻对放大电路的影响

串联 100Ω 电阻，输入电压仍采用 $5mVrms$, $10kHz$ ，得到输出电压的波形
计算放大倍数：

$$A_u = \frac{184m}{10\sqrt{2}m} \approx 13.0 \quad (4)$$

可以看出在串联 100Ω 后电路引入了交流负反馈，使得放大倍数减小。



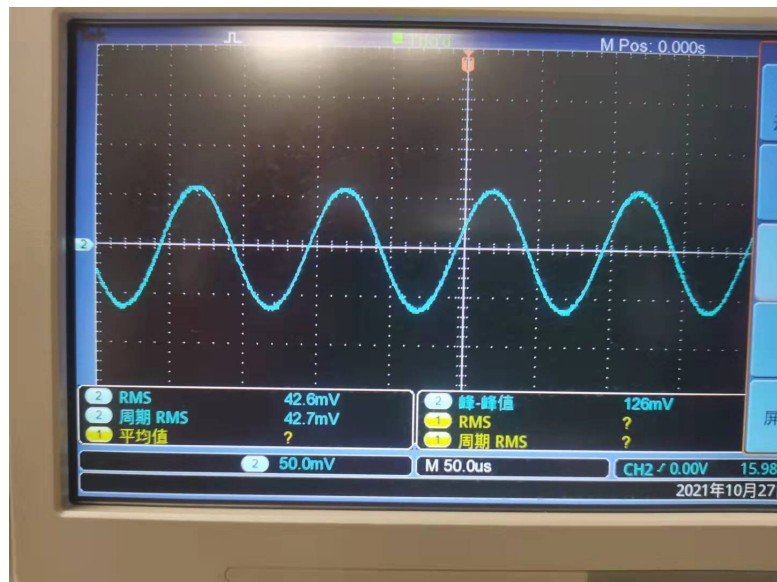
(5) 将 R_1 更换为 $5k\Omega$ 电阻, 测量静态工作点、输出波形及电压放大倍数等参数

将 R_1 改为 $5k\Omega$, 测量静态工作点如下表:

表 5: 更换 R_1 后静态工作点测量

U_E/V	U_B/V	U_C/V
6.79	7.43	8.64

输入电压为 $5mV_{rms}$, 频率为 $10kHz$, 测量输出波形:



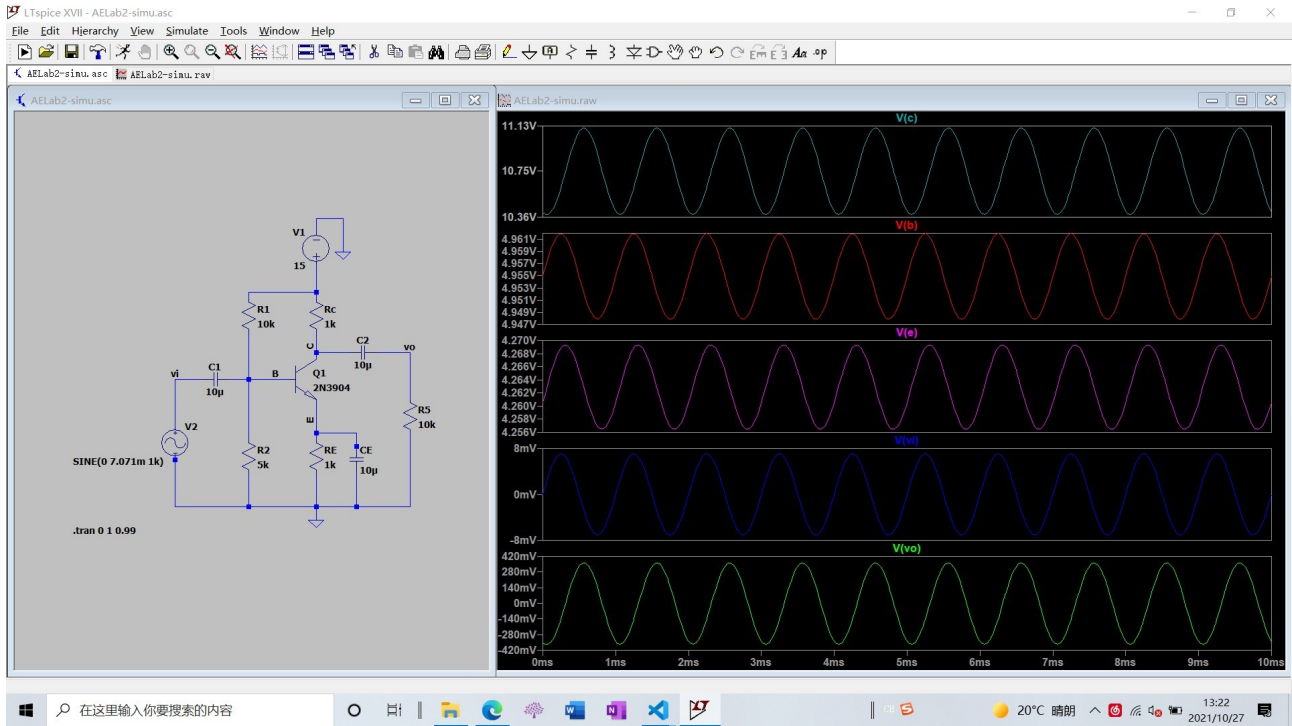
由此可以计算出放大倍数:

$$A_u = \frac{U_o}{U_i} = \frac{126m}{10\sqrt{2}m} \approx 8.91 \quad (5)$$

可以看出电路参数改变, 输出电压的值也会改变。

3. 用 LTspice 软件仿真图 2 所示电路。

仿真结果如下：



仿真结果与实验测量结果相近。