



院(系):智能工程学院

学号: 20354027

姓名: 方桂安

日期: 12.23

实验名称: 射极跟随电路

一、实验目的

1. 掌握射极跟随电路的特性及测量方法。
2. 进一步学习放大电路各项参数测量方法。

二、实验原理

射极跟随器的原理图如图 1 所示。它是一个电压串联负反馈放大电路，它具有输入电阻高，输出电阻低，电压放大倍数接近于 1，输出电压能够在较大范围内跟随输入电压作线性变化以及输入、输出信号同相等特点。

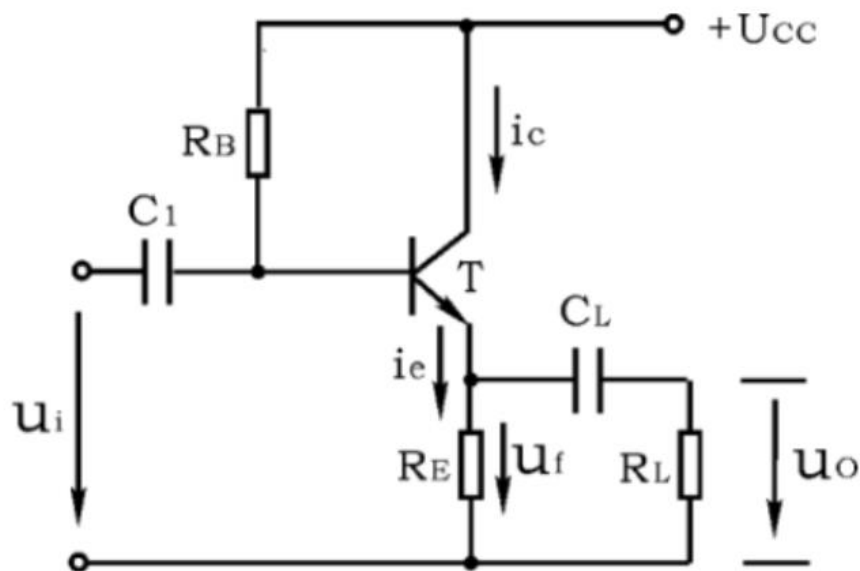


图 1 射极跟随器

射极跟随器的输出取自发射极，故称其为射极输出器。

1、输入电阻 R_i

$$R_i = r_{be} + (1 + \beta) R_E$$

如考虑偏置电阻 R_B 和负载 R_L 的影响，则

$$R_i = R_B // [r_{be} + (1 + \beta) (R_E // R_L)]$$

由上式可知射极跟随器的输入电阻 R_i 比共射极单管放大器的输入电阻 $R_i = R_B // r_{be}$ 要高得多，但由于偏置电阻 R_B 的分流作用，输入电阻难以进一步提高。输入电阻的测试方法同单管放大器，实验线路如图 4.1 所示。

$$R_i = \frac{U_i}{I_i} = \frac{U_i}{U_s - U_i} R$$

即只要测得 A、B 两点的对地电位即可计算出 R_i 。

2、输出电阻 R_o

$$R_o = \frac{r_{be}}{\beta} // R_E \approx \frac{r_{be}}{\beta}$$

如考虑信号源内阻 R_s ，则

$$R_o = \frac{r_{be} + (R_s // R_B)}{\beta} // R_E \approx \frac{r_{be} + (R_s // R_B)}{\beta}$$

由上式可知射极跟随器的输出电阻 R_o 比共射极单管放大器的输出电阻 $R_o \approx R_c$ 低得多。三极管的 β 愈高，输出电阻愈小。

输出电阻 R_o 的测试方法亦同单管放大器，即先测出空载输出电压 U_o ，再测接入负载 R_L 后的输出电压 U_L ，根据

$$U_L = \frac{R_L}{R_o + R_L} U_o$$

即可求出 R_o

$$R_o = \left(\frac{U_o}{U_L} - 1 \right) R_L$$

3、电压放大倍数

$$A_v = \frac{(1 + \beta)(R_E // R_L)}{r_{be} + (1 + \beta)(R_E // R_L)} \leq 1$$

上式说明射极跟随器的电压放大倍数小于近于 1，且为正值。这是深度电压负反馈的结果。但它的射极电流仍比基流大 $(1 + \beta)$ 倍，所以它具有一定的电流和功率放大作用。

4、电压跟随范围

电压跟随范围是指射极跟随器输出电压 u_o 跟随输入电压 u_i 作线性变化的区域。当 u_i 超过一定范围时， u_o 便不能跟随 u_i 作线性变化，即 u_o 波形产生了失真。为了使输出电压 u_o 正、负半周对称，并充分利用电压跟随范围，静态工作点应选在交流负载线中点，测量时可直接用示波器读取 u_o 的峰峰值，即电压跟随范围；或用交流毫伏表读取 u_o 的有效值，则电压跟随范围：

$$U_{OP-P} = 2\sqrt{2} U_o$$

三、实验仪器

- 1. TPE-A5 IIL 电路分析试验箱 一台
- 2. SDM3065 数字万用表 一只
- 3. SDS5054 数字示波器 一台
- 4. SDG6032X 函数信号发生器 一台

四、预习要求

- 1. 参照教材有关章节内容，熟悉射极跟随电路原理及特点，
- 2. 根据图 4.1 元器件参数，估算静态工作点。画交直流负载线。

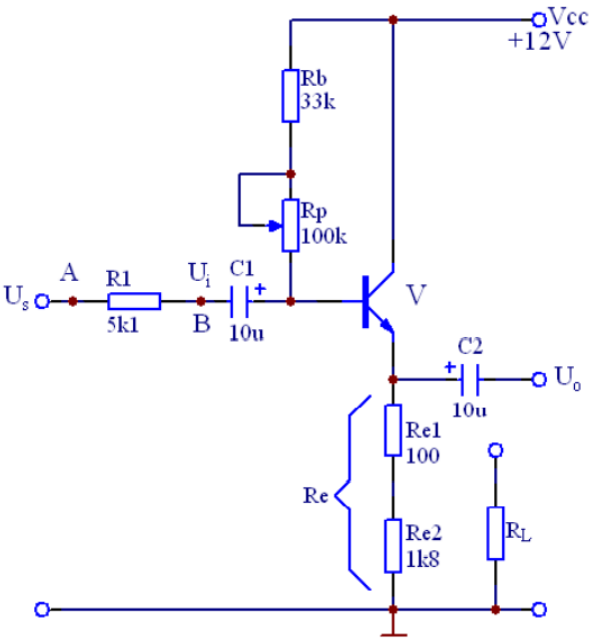


图 4.1 射极跟随电路

五、实验内容与步骤

- 1. 按图 4.1 电路接线。
- 2. 直流工作点的调整。
将电源+12V 接上，调整 R_P 使 $U_E=6V$ 。在 B 点加 $f=1kHz$ 正弦波信号，输出端用示波器监视，反复调整 R_P 及信号源输出幅度，使输出幅度在示波器屏幕上得到一个最大不失真波形，然后断开输入信号，用万用表测量晶体管各级对地的电位，即为该放大器静态工作点，将所测数据填入表 4.1。

表 4.1

$U_E(V)$	$U_B(V)$	$U_C(V)$	$I_E = \frac{U_E}{R_e}(mA)$

- 3. 测量电压放大倍数 A_u 和输出电阻 R_o

在 B 点加入 $f=1\text{kHz}$ 幅度 3V 正弦波信号，记录输出波形。接入负载 $R_L=1\text{k}$ ，记录此时波形并与无负载时比较，分析原因。调整输入信号幅度(此时偏置电位器 R_p 不能再旋动)使输出无失真，用示波器观察，在带载输出最大不失真情况下测 U_i 、 U_o 和 U_L 值，将所测数据填入表 4.2 中。

表 4.2

R_L	$U_i(\text{V})$	$U_o(\text{mV})$	$U_L(\text{mV})$	$A_u = \frac{U_o}{U_i}$	R_o

接入负载 $R_L=2\text{k}$ 、 100Ω ，重复以上步骤，并讨论不同负载时对波形失真产生影响不同的原因。使用以上数据计算输出电阻 R_o

$$R_o = \left(\frac{U_o}{U_L} - 1 \right) R_L$$

4. 测量放大电路输入电阻 R_i （采用换算法）

在 A 点加入 $f=1\text{kHz}$ 的正弦波信号，用示波器观察输出波形，分别测 A、B 点对地电位 U_s 、 U_i 。

则
$$R_i = \frac{U_i}{U_s - U_i} \cdot R = \frac{R}{\frac{U_s}{U_i} - 1}$$

将测量数据填入表 4.3。

表 4.3

$U_s(\text{V})$	$U_i(\text{V})$	$R_i = \frac{R}{U_s/U_i - 1}$

5. 测射极跟随电路的跟随特性并测量输出电压峰峰值 U_{oP-P}

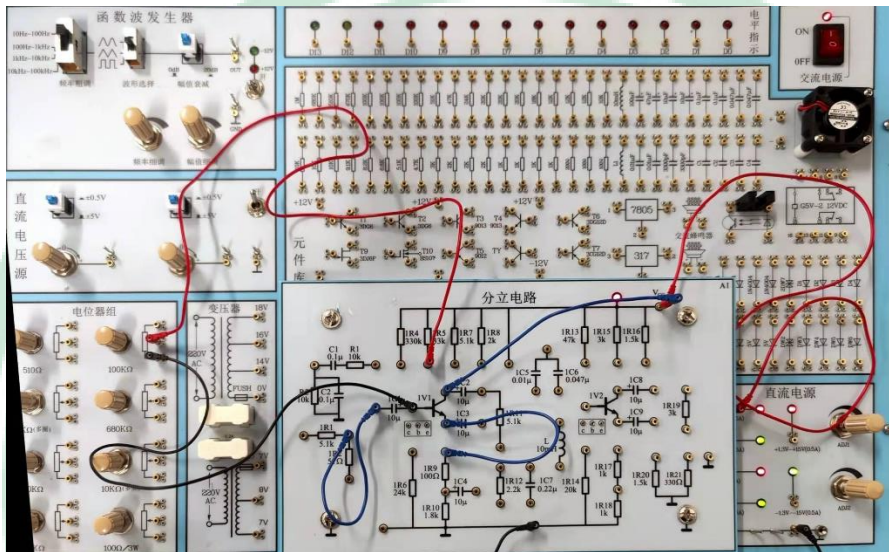
接入负载 $R_L=2\text{k}$ ，在 B 点加入 $f=1\text{kHz}$ 的正弦波信号，逐点增大输入信号幅度 U_i ，用示波器监视输出端，在波形不失真时，测对应的 U_L 值，计算出 A_u ，并用示波器测量输出电压的峰峰值 U_{oP-P} ，与电压表（读）测的对应输出电压有效值比较。将所测数据填入表 4.4。

表 4.4

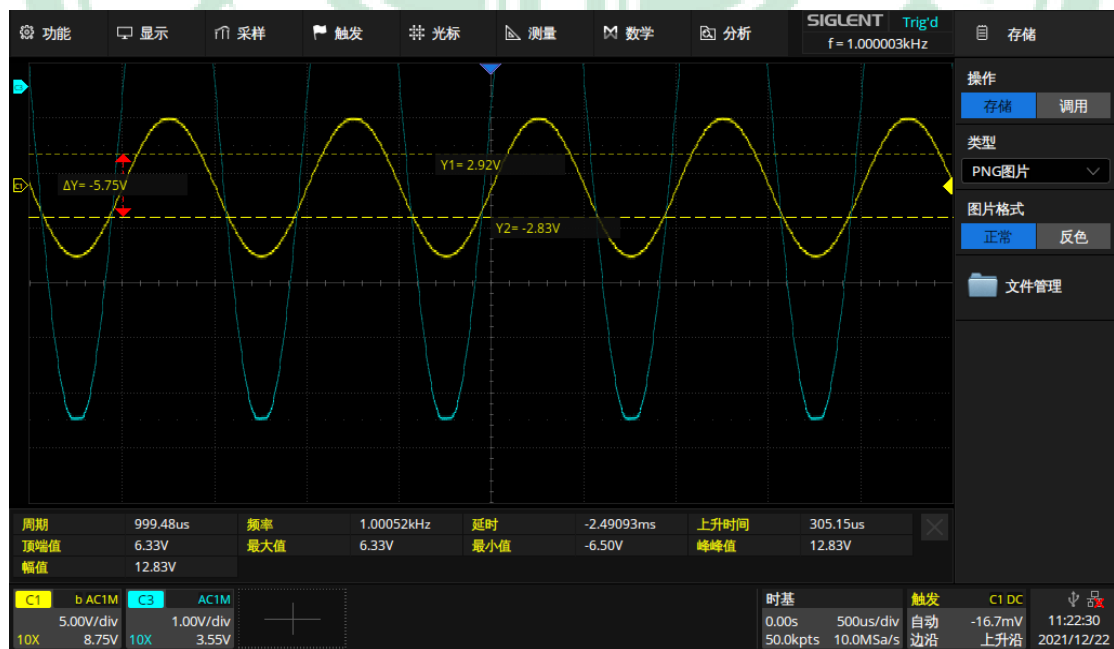
U_i
U_L
U_{OP-P}
A_u

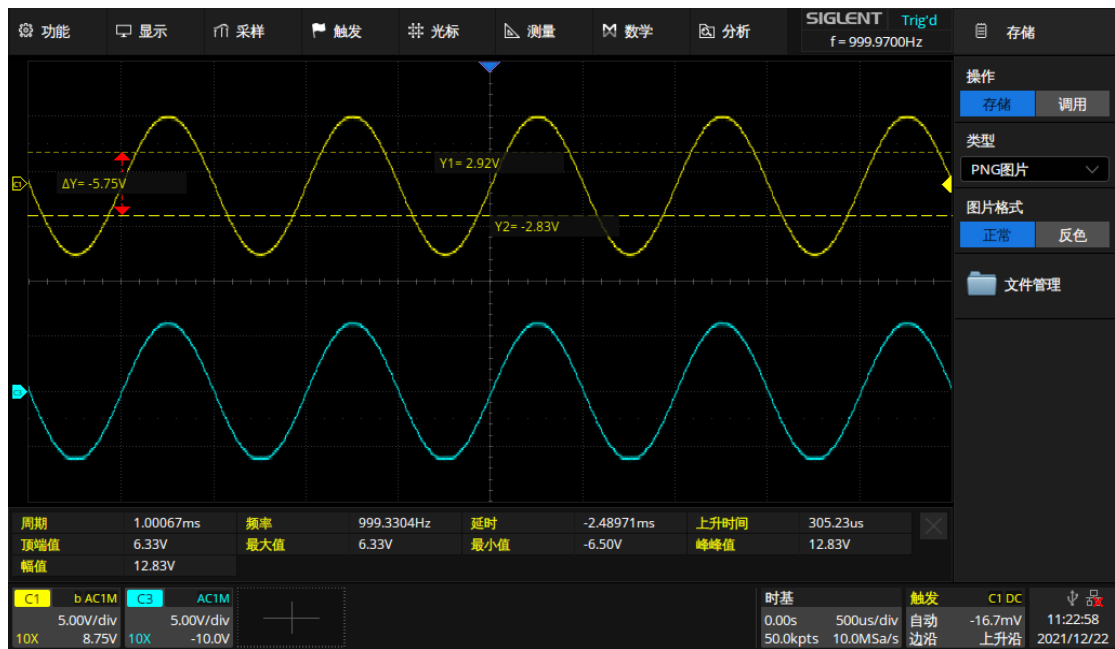
六、实验结果描述与分析

1. 按图 4.1 电路接线，并检测三极管是否损坏。



2. 直流工作点的调整。





将所测数据填入表 4.1，计算得到：

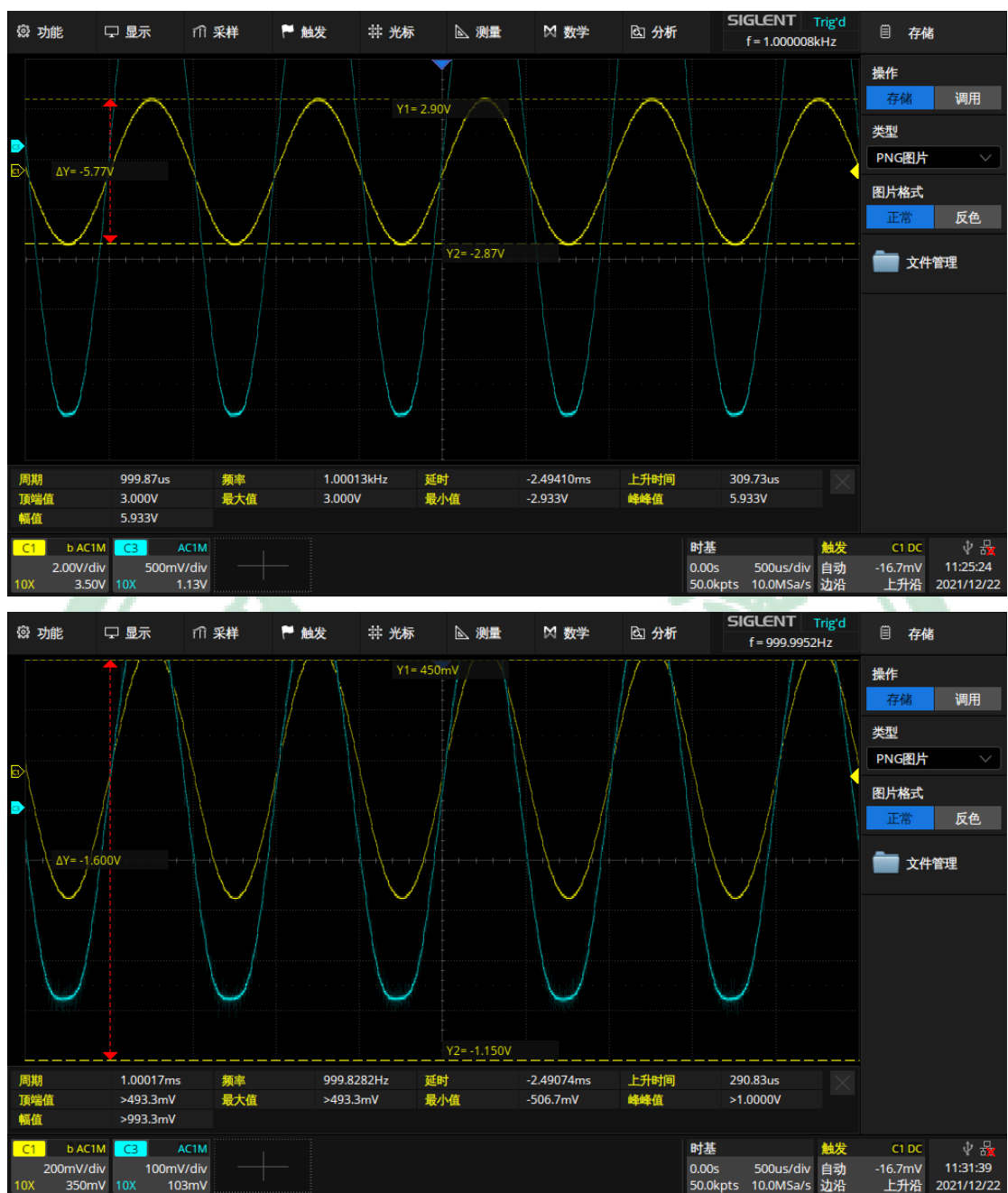
$$I_E = \frac{U_E}{R_e} = \frac{7.74}{1900} = 3.29739mA$$

表 4.1

$U_E(V)$	$U_B(V)$	$U_C(V)$	$I_E = \frac{U_E}{R_e}(mA)$
6.26504	6.94856	12.16197	3.29739

3. 测量电压放大倍数 A_u 和输出电阻 R_o





将所测数据填入表 4.2 中。

表 4.2

R_L	$U_i(\text{V})$	$U_o(\text{mV})$	$U_L(\text{mV})$	$A_u = \frac{U_o}{U_i}$	R_o
1k	4.933	4.833	4.4	0.979728	98.40909091
2k2	7.133	7	6.8	0.981354	64.70588235
100	1.467	1.4	0.5867	0.954329	138.6228055

使用以上数据计算输出电阻 R_o 。

$$R_o = \left(\frac{U_o}{U_L} - 1 \right) R_L$$

4. 测量放大电路输入电阻 R_i （采用换算法）

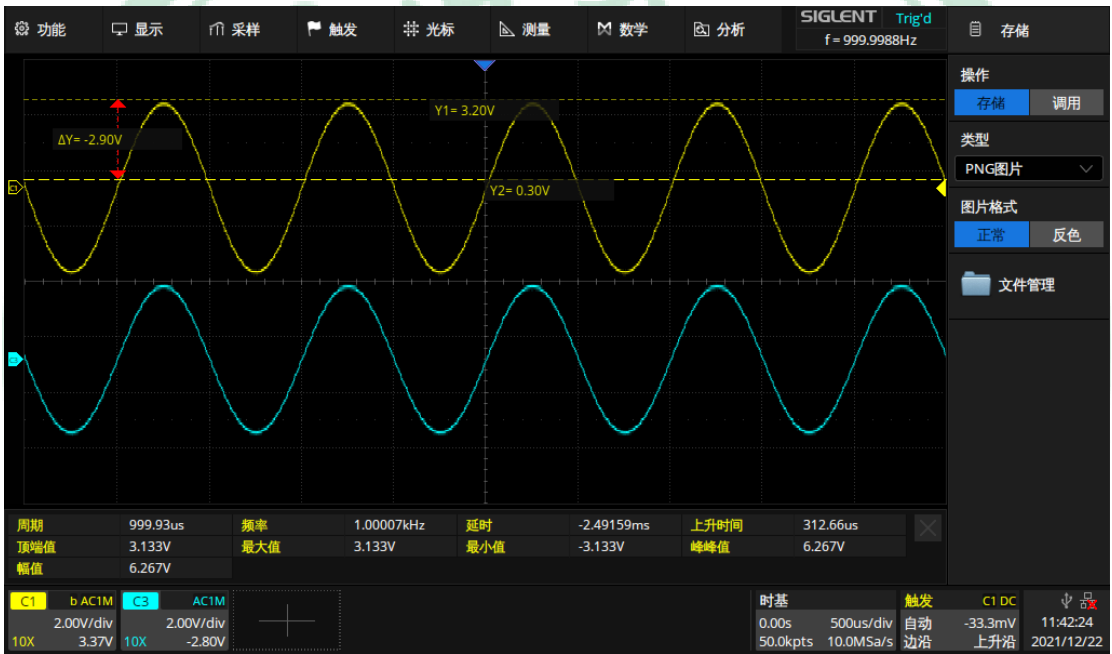
由公式计算

$$R_i = \frac{U_i}{U_s - U_i} \cdot R = \frac{R}{\frac{U_s}{U_i} - 1}$$

将测量数据填入表 4.3。

表 4.3

$U_s(V)$	$U_i(V)$	$R_i = \frac{R}{U_s/U_i - 1}$
2.11751	1.845586	34614.40917



5. 测射极跟随电路的跟随特性并测量输出电压峰峰值 U_{oP-P}

将所测数据填入表 4.4。

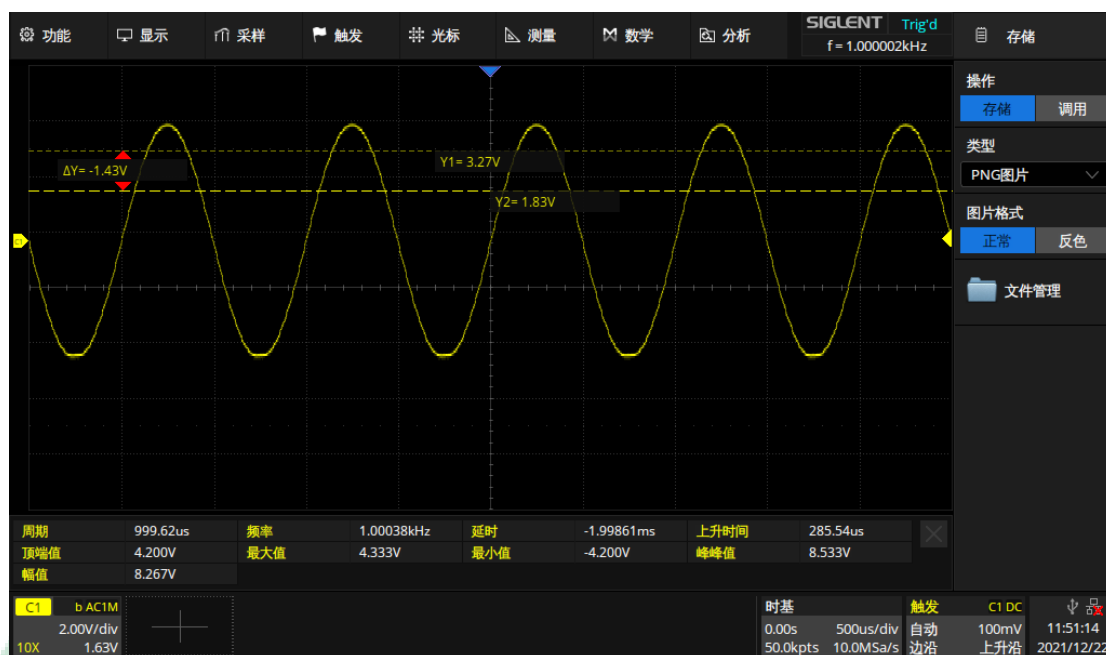


表 4.4

U_i	5.133	5.733	6.533	6.867
U_L	5	5.667	6.4	6.667
U_{oP-P}	5.267	5.867	6.6	7
A_u	0.974089227	0.988487703	0.979641818	0.970875

七、实验结论

- 1、射极跟随器理论上放大倍数是 1, 实际上是非常接近 1 而非完全等于 1;
- 2、三极管存在非线性, 当电流变化时, 三极管的放大倍数 β 也会有微小变化;
- 3、各个电阻都有误差, 造成静态工作点、输入输出电阻等与预期有偏差;
- 4、电源存在波动, 并不是绝对稳定;
- 5、三极管存在输入电容, 引脚也有结电容, 因而会对放大器的频率响应造成影响;
- 6、射极跟随器输入电阻高, 输出电阻低。