

实验报告

课程名称: 模拟电子技术实验 实验名称: 实验三: 射极跟随器

专业-班级: 自动化 2 班 学号: 180320207 姓名: 雷轩昂

实验日期: 2020 年 5 月 30 日 评分: _____

教师评语:

教师签字: _____

日 期: _____

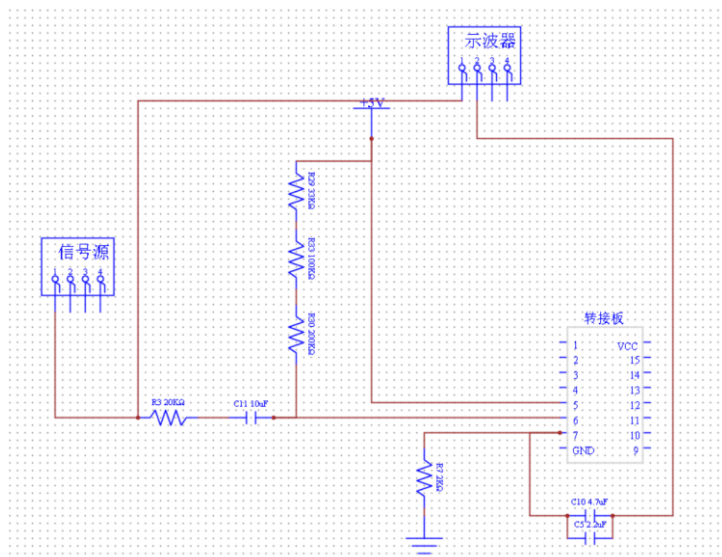
实验预习

实验预习和实验过程原始数据记录

预习结果审核：_____ 原始数据审核：_____

（包括预习时，计算的理论数据）

易星标画布电路图：



1.示波器输入电压和输出电压波形（示波器测量界面，使偏移都为0，垂直档位设置成一致）：

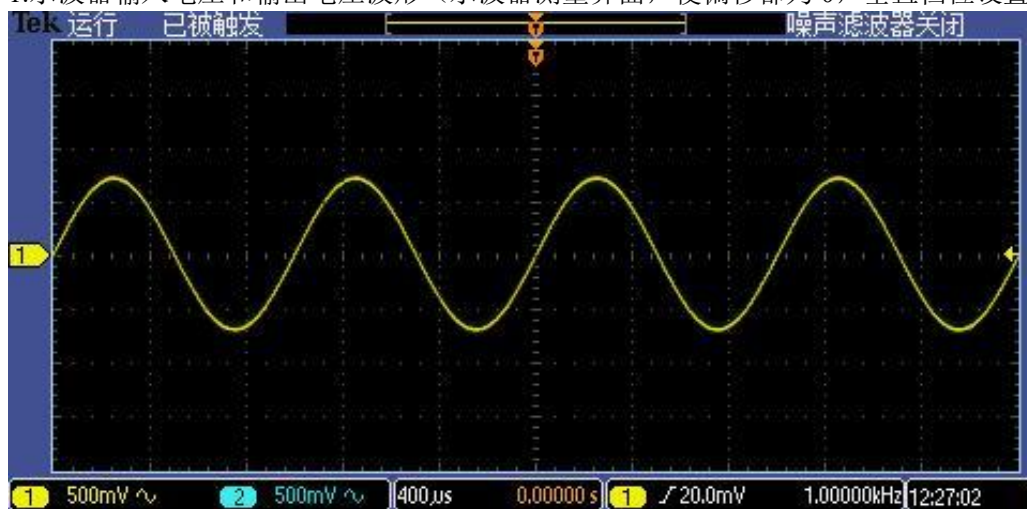


表 3-2 射极跟随器静态工作点数据表

测量值			计算值			
V_E/V	V_B/V	V_C/V	V_{BE}/V	V_{CE}/V	I_E/mA	I_B/mA
2.329	2.95	4.909	0.621	2.58	1.1645	0.00616

表 3-3 射极跟随器放大倍数测量数据表

	测量值			计算值	
	U_i/mV	U_s/mV	U_o/mV	A_u	A_{us}
A 点	449.1	507	空载, $U_o=442.1$	0.984	0.872
A 点	448.6	507.1	$R_L=10k\Omega$, $U_o=428.9$	0.956	0.846

表 3-4 射极跟随器跟随特性测量数据表

信号源给定值 (有效值/V)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	最大不失真点 对应的输入电 压
U_i/V	0.101	0.201	0.301	0.406	0.507	0.610	0.625
U_o/V	0.098	0.194	0.293	0.392	0.489	0.580	0.590

表 3-5 射极跟随器幅频特性测量数据表

	低频			f_0			高频
f	50Hz	100Hz	1kHz	10kHz	100kHz	200kHz	500kHz
U_i/V	0.500	0.505	0.507	0.507	0.500	0.498	0.441
U_o/V	0.484	0.487	0.489	0.492	0.479	0.419	0.209
$A_u=U_o/U_i$	0.968	0.964	0.964	0.970	0.958	0.841	0.474

一、实验目的

- 1. 掌握射极跟随器的特性及测试方法。
- 2. 进一步学习放大器各项参数测试方法。

二、实验设备及元器件

	名称	数量	型号
1	信号发生器	1 台	Tek AFG1062 或 DG4062
2	示波器	1 台	Tek MS02012B
3	三极管 (NPN)	1 只	9013x1
4	电阻	若干	$2k\Omega, 20k\Omega, 33k\Omega, 100k\Omega, 200k\Omega$
5	电容	2 只	$2.2\mu F, 4.7\mu F, 10\mu F$
6	数字电位器	1 个	-----
7	转接板	1 块	-----

三、实验原理（重点简述实验原理，画出原理图）

图 3-1 是一个共集组态的单管放大电路，输入信号和输出信号的公共端是晶体管的集电极，所以属于共集组态。又由于输出信号从发射极引出，因此这种电路也称为射极输出器或设计跟随器，它是一个电压串联负反馈放大电路，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做线性变化以及输入、输出信号同相等特点

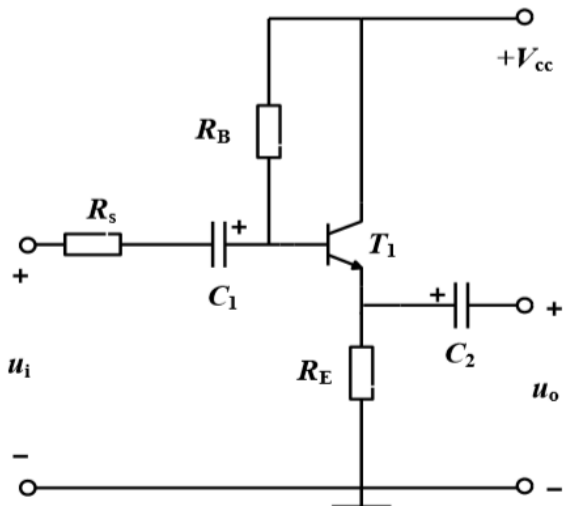


图 3-1 射极跟随器

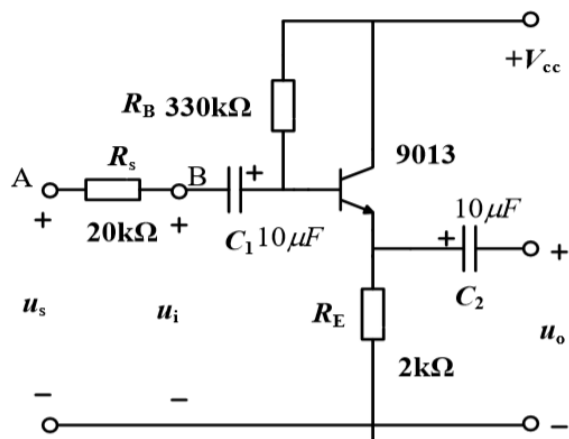


图 3-2 射极跟随器的实验线路图

1. 静态工作点

实验中，可在静态 $U_i = 0$ ，测得晶体管的各电极电位 V_B 、 V_C 、 V_E ，然后由下列公式计算出静态工作点的各个参数：

$$\begin{aligned} U_{BE} &= V_B - V_E \\ I_C &\approx I_E = (1 + \beta)I_B \\ I_B &= \frac{V_{CC} - V_B}{R_B} \text{ 或 } I_B = \frac{I_C}{\beta} \\ U_{CE} &= V_{CC} - V_E \end{aligned}$$

2. 放大电路动态性能指标

① 输入电阻 R_i ：图 3-2 为射极跟随器的实验线路图

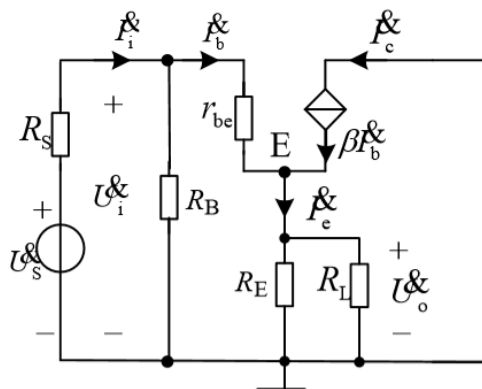


图 3-3 射极跟随器的微变等效电路

如果不考虑负载 R_L 的影响， $R_i = R_B // [r_{be} + (1 + \beta)R_E]$

如果负载 R_L 的影响，则： $R_i = R_B // [r_{be} + (1 + \beta)(R_E // R_L)]$

由上式知，射极跟随器的输入电阻 R_i 比共射极基本放大电路的输入电阻 R_i ($R_i =$

$R_B//r_{be}$)要高很多。

射极跟随器的实验电路如图 3-2 所示。输入电阻的测试方法：只要测得 A、B 两点的对地电位，按照下面公式即可计算出 R_i 。

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

② 输出电阻 R_o ：

信号源内阻很小时：

$$R_o = R_E // \frac{r_{be}}{1 + \beta} \approx \frac{r_{be}}{1 + \beta}$$

信号源内阻很小时：

$$R_o = R_E // \frac{r_{be} + R_B // R_s}{1 + \beta} \approx \frac{r_{be} + R_B // R_s}{1 + \beta}$$

由上式可知，射极跟随器的输出电阻 R_o 比共射极基本放大电路的输出电阻 R_o ($R_o \approx R_c$) 低很多。晶体管的 β 越高，输出电阻越小。

输出电阻 R_o 的测试方法：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

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

可推导出：

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

③ 电压放大倍数 A_u ：

射极跟随器的电压放大倍数 A_u 为

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

上式说明射极跟随器的电压放大倍数 A_u 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极电流大 $(1 + \beta)$ 倍，所以它具有一定的电流和功率放大作用。

电压放大倍数 A_u 和 A_{us} 可通过测量 U_s 、 U_i 、 U_o 的有效值计算求出。

四、实验过程

（叙述具体实验过程的步骤和方法，记录实验数据在原始数据表格，如需要引用原始数据表格，请标注出表头，如“实验数据见表 1-*”）

1. 调整静态工作点

按图 3-4 所示连接射极跟随器实验电路（原理图见图 3-2，电容电阻以图 3-4 为准）。截取易星标画布电路图。

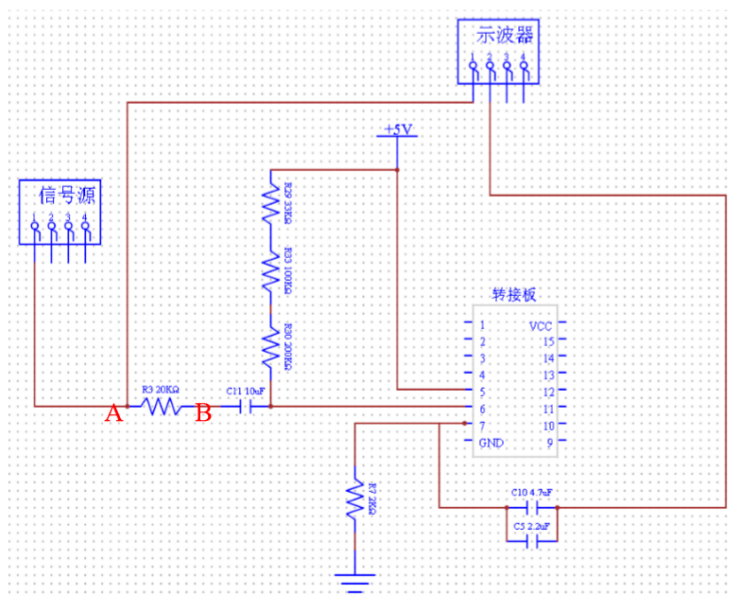


图 3-4 易星标画布电路图

接通+5V 直流电源，在 B 点加入频率为 1kHz 的正弦交流信号 U_i ，（ U_i 有效值调至 0~1V 左右，参考值 0.5V），用示波器观察并截取输入电压和输出电压波形（示波器测量界面，使偏移都为 0，垂直档位设置成一致），保证输出无失真波形，然后关闭信号源 $U_i = 0$ ，断开信号源的连线，重新下发，用示波器 DC 耦合平均值测量晶体管各极对地电位，将测得数据计入表 3-2 中。

2. 测量电压放大倍数 A_u

空载情况下，在 A 点加入有效值为 0.5V，频率为 1kHz 的正弦交流信号 U_s ，用示波器观察输入电压 U_i 和输出波形 U_o ，（输出须不失真，否则降低输入电压），用示波器 AC 耦合有效值测 U_i 、 U_s 、 U_o 值。计入表 3-3 中。计算放大倍数。

接入负载 R_L 为 10k Ω ，在 A 点加入有效值为 0.5V 频率 1kHz 的正弦交流信号 U_s ，用示波器观察输入电压 U_i 和输出波形 U_o ，（输出须不失真，否则降低输入电压），用示波器 AC 耦合有效值测 U_s 、 U_i 、 U_o 值。计入表 3-3 中。计算放大倍数。

3. 测试跟随特性

空载情况下，在 B 点加入频率为 1kHz 的正弦交流信号 U_i ，逐渐加大信号幅度，用示波器观察输入电压 U_i 和输出波形 U_o ，输入信号幅度增加至输出出现失真情况，停止后续数据测量。对于相应的输入，用示波器 AC 耦合有效值，测量对应的输出电压 U_L ，计入表 3-4 中。

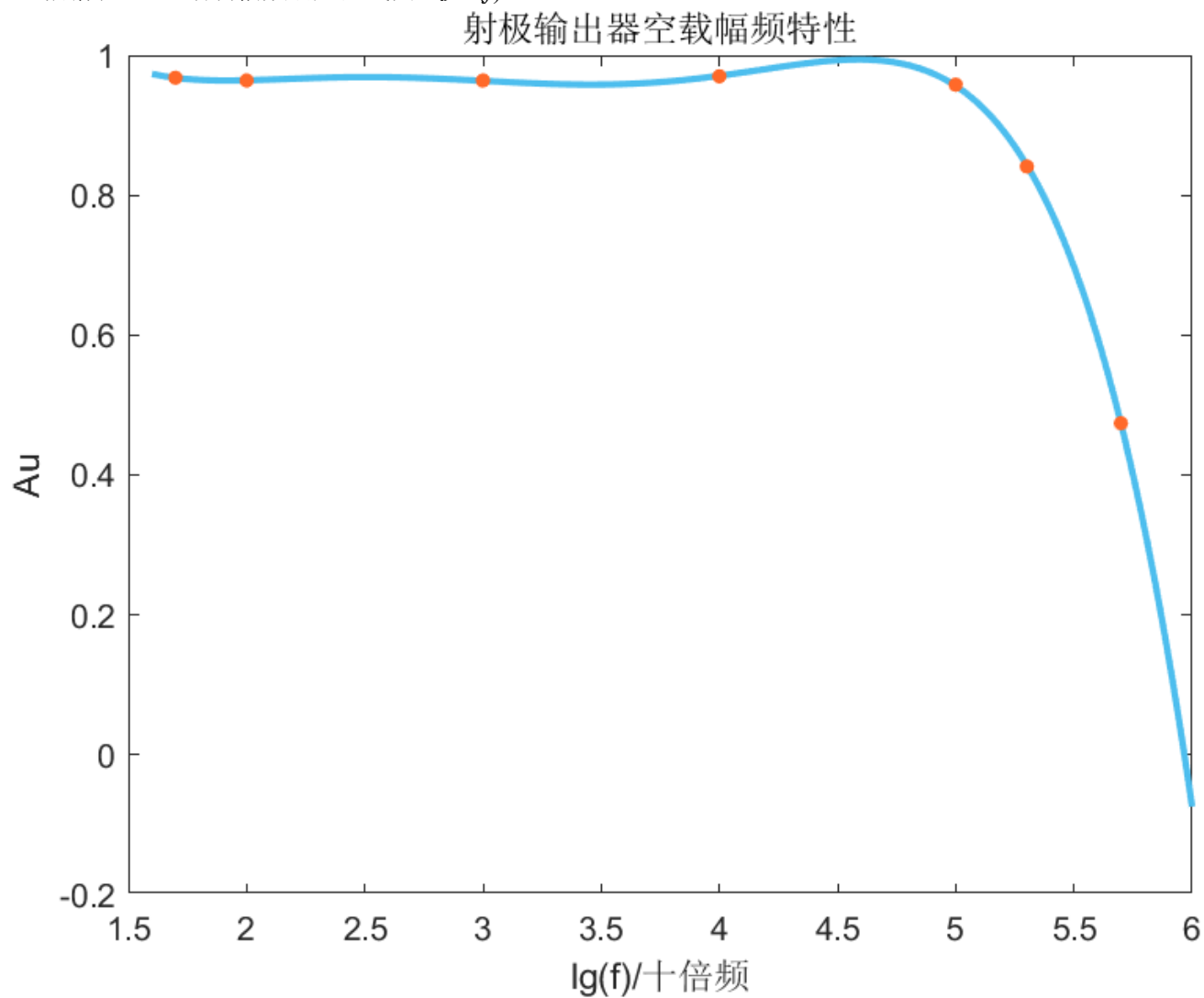
4. 测试频率响应特性

不接负载，在 B 点接入输入信号 U_i ，其有效值为 0.5V（如果受线路阻抗影响， U_i 变化超过 0.05V，须调整信号源电压，保持 U_i 的测量有效值为 0.5V 左右），以 $f = 10kHz$ 为基本频率，分别向上和向下调节频率，用示波器 AC 耦合有效值测量不同频率下的输出电压 U_o ，填入表 3-5 中。绘制幅频响应曲线图 $A_u = F(f)$ 。

五、实验数据分析

（按指导书中实验报告的要求用图表或曲线对实验数据进行分析 and 处理，并对实验结果做出判断）

1. 根据表 3-5，绘制幅频响应曲线图 $A_u=F(f)$ 。



六、问题思考

（回答指导书中的思考题）

1. 在图 3-2 所示的实验电路中，偏置电阻 R_B 起什么作用？

答：

1. 起到控制基级输入电流、调整合适静态工作点的作用。
2. 通过改变静态工作点，从而影响 r_{be} 。
3. 改善静态工作点可改善波形非线性失真。

七、实验体会与建议

我们通过这次实验，对于射极输出器最基本的特性有了详细的了解——输出电压和输入电压几乎一致。同时我们能观察到，空载与接负载的放大倍数、输出电压几乎没有差别，说明了输入电阻大、输出电阻小的射极输出器的完美的级联特性。另外我们还能通过幅频特性曲线，知道了射极输出器在一定的宽频带内有良好的工作特性，。