

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7班 学号: 220320726 姓名: 彭尚品

实验日期: 2024 年 5 月 22 日 评分: _____

教师评语:

助教签字: _____

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)

注意：所有的波形都必须拍照保存，用于课堂检查和课后分析。

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	$R_B/k\Omega$	$R_E/k\Omega$	V_{BE}/V	V_{CE}/V	I_E/mA	I_B/mA
5.990	6.778	12.006	335.04	1.9880	0.788	6.016		

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/V	U_s/V	$U_o/V (R_L=1k\Omega)$	A_u	A_{us}
A 点	1.510	1.784	1.473	0.975	0.826
B 点	1.490	1.482	1.462	0.981	0.987

表 3-4 射极跟随器跟随特性测量数据表

U_i/V	0.2970	0.501	0.693	0.891	1.090	1.287	1.385	1.486
U_L/V	0.2934	0.486	0.679	0.873	1.068	1.261	1.357	1.451

表 3-5 射极跟随器输出电阻测量数据表

	U_s/mV	U_i/mV	$R_i/k\Omega$	
			测量值	理论值
空载	984	898	208.84	112.2
$R_L=1k\Omega$	984	840	116.67	49.33

表 3-6 射极跟随器输出电阻测量数据表

	U_L/V	U_o/V	$R_o/k\Omega$	
			测量值	理论值
A 点接入	0.826	0.895	0.084	0.248
B 点接入	1.026	1.035	0.009	0.024

表 3-7 射极跟随器幅频特性测量数据表

		f_L			f_0			f_H	
f	10Hz	50Hz	100Hz	1kHz	10kHz	100kHz	1MHz	2MHz	3MHz
U_i/V	0.696	0.696	0.696	0.691	0.680	0.680	0.693	0.698	0.700
U_o/V	0.451	0.659	0.685	0.690	0.677	0.680	0.692	0.697	0.695
$A_u = U_o / U_i$	0.6672	0.9468	0.9842	0.9986	0.9956	1	0.9986	0.9986	0.993

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

表 3-1 实验仪器与器件列表

	名称	数量	型号
1	直流稳压电源	1 台	DP832A
2	手持万用表	1 台	Fluke287C
3	信号发生器	1 台	Tek AFG1062 或 DG4062
4	示波器	1 台	Tek MSO2012B
5	电阻	若干	1kΩ×1, 2kΩ×1, 20kΩ×1, 100kΩ×1, 滑变 100kΩ×1
6	三极管	1 个	9013
7	电容	若干	10μF×2
8	短接桥和连接导线	若干	P8-1 和 50148
9	实验用 9 孔插件方板	1 块	300mm×298mm

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射极跟随器，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。

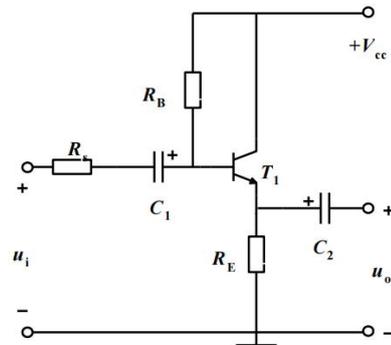


图 3-1 射极跟随器

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：

$$U_{BE} = V_B - V_E$$

$$I_C \approx I_E = (1 + \beta)I_B$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_B}{R_B} \quad \text{或} \quad I_B = \frac{I_C}{\beta}$$

$$U_{CE} = V_{CC} - V_E$$

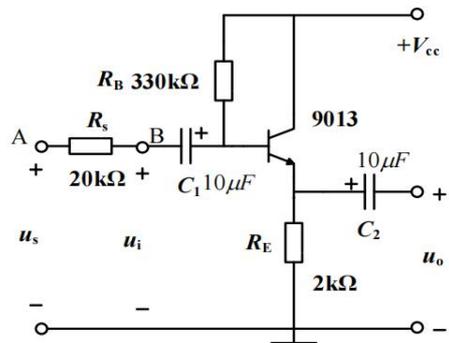


图 3-2 射极跟随器的实验线路图

2、放大电路动态性能指标

输入电阻 R_i : 图 3-2 为射极跟随器的实验线路图。

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。在本次实验中, $r_{be} = 2k\Omega$ 。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 :** 根据理论教材,

信号源内阻很小的情况下, 射极跟随器的输出电阻 R_o 为 $R_o = \frac{r_{be}}{1 + \beta} // R_E \approx \frac{r_{be}}{1 + \beta}$

信号源内阻较大的情况下, 射极跟随器的输出电阻 R_o 为 $R_o = \frac{R_B // R_s + r_{be}}{1 + \beta} // R_E \approx \frac{R_B // R_s + r_{be}}{1 + \beta}$

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 ($R_o \approx R_c$) 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 $U_L = \frac{R_L}{R_o + R_L} U_o$, 即可推导出输出电阻 R_o 的计算公式如下: $R_o = (\frac{U_o}{U_L} - 1) R_L$

3) **电压放大倍数 A_u**

射极跟随器的电压放大倍数 A_u 为 $A_u = \frac{(1 + \beta)(R_E // R_L)}{r_{be} + (1 + \beta)(R_E // R_L)} \leq 1$

上式说明射极跟随器的电压放大倍数 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. 测定静态工作点

按图 3-2 所示连接射极跟随器实验电路。接通 +12V 直流电源, 在 B 点加入频率为 1kHz 的正弦交流信号 u_i , (参考值: u_i 调至 1V 左右), 用示波器观察输入电压和输出电压波形, 保证输出无失真波形, 然后置关闭信号源 $u_i = 0$, 用万用表直流电压档, 测量晶体管各级对地电位, 将测得数据计入表 3-2 中。

2. 测量电压放大倍数 A_u

接入负载 R_L 为 $1k\Omega$ ，在 B 点加入频率为 $1kHz$ 的正弦交流信号 u_i ，调节输入信号幅度，用示波器观察输出波形 u_o ，在输出最大不失真情况下，用交流毫伏表测 U_i 、 U_o 值。计入表 3-3 中。计算放大倍数。

在 A 点加入频率 $1kHz$ 的正弦交流信号 u_s ，调节输入信号幅度，用示波器观察输出波形 u_o ，在输出最大不失真情况下，用交流毫伏表测 U_s 、 U_o 值。计入表 3-3 中。计算放大倍数。

3. 测试跟随特性

接入负载 R_L 为 $1k\Omega$ ，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 ，在输出不失真情况下，测量对应的输出电压 U_i ，计入表 3-4 中（需选择较宽范围的 U_i ）。

4. 测量输入电阻 R_i

负载为空载，在 A 点加入频率 $1kHz$ 的正弦交流信号 u_s （参考： u_s 调至 $1V$ 左右），用示波器观察输入电压和输出波形，保证输出无失真，用交流毫伏表分别测量 A、B 点对地的电位 U_s 、 U_i ，计入表 3-5 中，然后接入负载 R_L 为 $1k\Omega$ ，重复上述操作，计入表 3-5 中。计算输入电阻测量值，与理论计算值比较，分析误差产生的原因，并分析空载和带载两组数据的差异。

5. 测量输出电阻 R_o

接入负载 R_L 为 $1k\Omega$ ，在 A 点接入频率为 $1kHz$ 的正弦交流信号 u_s （参考： u_s 调至 $1V$ 左右），用示波器观察输入电压 u_s 和输出波形 u_o ，保证输出无失真，测量空载时输出电压 U_o 和有负载时输出电压 U_L ，计入表 3-6 中。在 B 点接入频率为 $1kHz$ 的正弦交流信号，重复上述操作，计入表 3-6 中。计算输出电阻测量值，与理论计算值比较，分析误差产生的原因，并分析 A 点接入和 B 点接入两组数据的差异。

测量的输入电阻和输出电阻，与理论计算值比较，分析误差产生的原因。

6. 测试频率响应特性

接入负载 R_L 为 $1k\Omega$ ，保持输入信号 u_i 的幅度不变为有效值 $0.7V$ ，以 $f = 10kHz$ 为基本频率，分别向上和向下调节频率，用示波器测量不同频率下的输入电压 U_i 及输出电压 U_o 有效值，填入表 3-7 中。并在坐标纸中，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和处理，并对实验结果做出判断，如需绘制曲线可以用软件）

1. 测定静态工作点

根据表 3-2 的测量数据，和理论计算值比较，分析误差产生的原因。

答：

- 1、电路中电阻的阻值有一定差值
- 2、仪器测量有误差
- 3、三极管使用过久温度上升导致参数变化

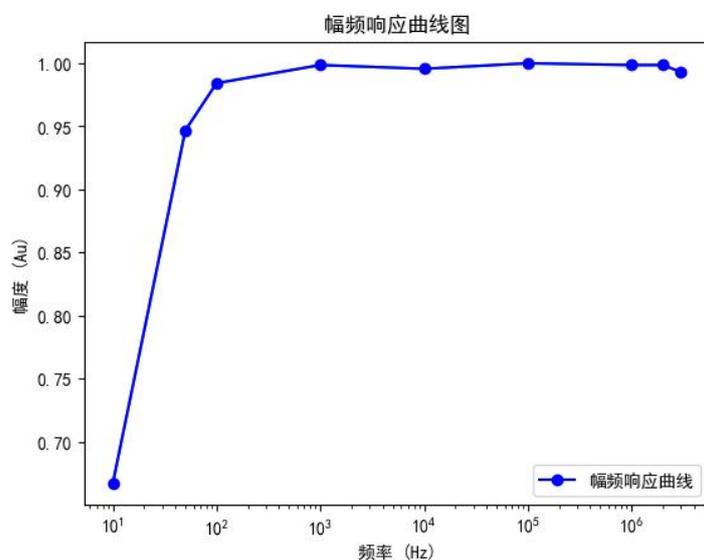
2. 测量输出电阻 R_o 和输入电阻 R_i

根据表 3-4 和 3-5，测量的输入电阻和输出电阻，与理论计算值比较，分析误差产生的原因。

答：

- 1、电路中电阻的阻值有一定差值
- 2、仪器测量有误差
- 3、三极管使用过久温度上升导致参数变化

3. 根据表 3-7，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. 测量放大器静态工作点时，如果测得 $U_{CE} < 0.5V$ ，说明晶体管处于什么工作状态？如果测得 $U_{CE} \approx U_{CC}$ ，晶体管又处于什么工作状态？

答：饱和状态，截止状态

2. 在图 3-2 所示的实验电路中，偏置电阻 R_B 起什么作用？

答：偏置电阻 R_B 的主要作用是设置晶体管基极的直流偏置电流 I_B 。通过 R_B 与电源 V_{CC} 分压得到的电压 V_B 施加在晶体管的基极，与发射极之间的电压差 U_{BE} 共同决定了基极电流 I_B

的大小。合适的 I_B 是保证晶体管工作在放大区的关键， R_B 的选择直接影响到静态工作点的设置，从而影响整个放大电路的性能，包括稳定性、失真程度及增益等。

3. 在测试表 3-7 时，当频率达到 100kHz 以上时，为什么不能使用 F287C 测量，而需要使用示波器，试说明选择示波器进行测量的原因。

答：

当频率达到 100kHz 以上时，使用万用表会遇到以下问题：

- 1、响应速度限制：万用表的显示更新速率通常较慢，对于高频信号的瞬时值捕捉能力有限，可能导致测量结果不准确或者根本无法正确显示快速变化的信号。
- 2、带宽限制：大多数万用表的交流测量带宽有限，通常在几 kHz 到几百 kHz 之间，超过这个频率范围，其测量精度会大幅下降，甚至无法正确反映信号的真实幅度和形状。

选择示波器进行测量的原因包括：

- 1、宽带宽：示波器设计用于观察高速信号，具有更高的带宽，高采样率确保了即使在高速信号下也能获得足够的样本点来重构信号波形，保持测量的准确度，能够准确显示高频信号的波形。
- 2、实时显示：示波器提供实时或接近实时的信号显示，能够直接观察信号的瞬时变化，适合分析高频信号的细节。

七、实验体会与建议

不错