

实验一 晶体管共射极单管放大电路

一、实验目的

1. 掌握放大器静态工作点的调试方法，分析静态工作点对放大器性能的影响；
2. 学习放大器电压放大倍数、输入电阻、输出电阻等动态参数的测量方法；
3. 熟悉常用电子仪器及模拟电路实验设备的使用。

二、实验仪器设备

序号	设备名称	型号与规格	数量
1	双踪示波器	GDS-1102B	1 台
2	函数信号发生器	AFG-2225	1 台
3	数字交流毫伏表	SM2030A	1 个
4	模拟电路实验箱	THM-6A	1 台
5	数字万用表	MY65	1 块
6	单管放大器实验板板		1 块

三、实验预习要点

1. 阅读教材中有关单管放大电路的内容并估算实验电路的性能指标。假设：3DG6 的 $\beta=100$ ， $R_{B1}=20K\Omega$ ， $R_{B2}=60K\Omega$ ， $R_C=2.4K\Omega$ ， $R_L=2.4K\Omega$ ，估算放大器的静态工作点，电压放大倍数 A_u ，输入电阻 R_i 和输出电阻 R_o 。
2. 调节偏置电阻 R_{B2} ，放大器输出波形出现饱和或截止失真时，晶体管的管压降 U_{CE} 怎样变化？

四、实验原理

阻容耦合共射极放大器如图 2-3-1 所示，采用分压式电流负反馈工作点稳定电路。

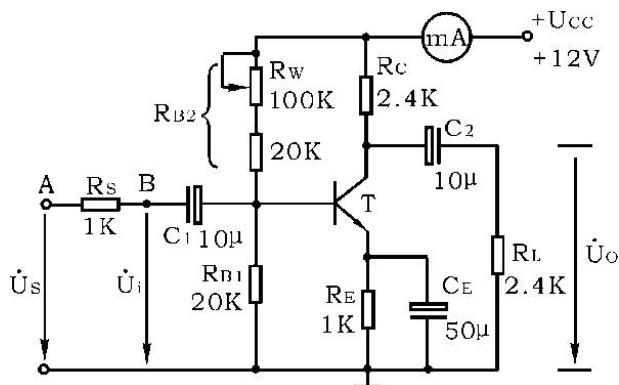


图 1 共射极单管放大器实验电路

静态工作点是否合适，对放大器的性能和输出波形都有很大影响。如 Q 点偏高，放大器在加入交流信号以后易产生饱和失真，此时 U_o 的负半周将被削底，如图 2-3-2 (a) 所示；如 Q 点偏低则易产生截止失真，即 U_o 的正半周被缩顶（一般截止失真不如饱和

失真明显），如图 2-3-2（b）所示。为了得到最大不失真输出幅度，其静态工作点最好靠近交流负载线的中间位置。另外，放大器静态工作点的选择还影响放大器的增益，工作点不同放大器的放大倍数也将不同。

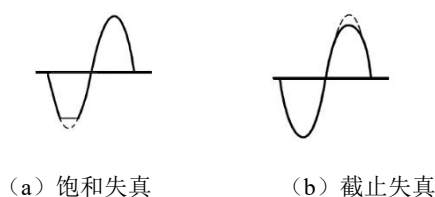


图 2 静态工作点对 U_o 波形失真的影响

电子器件性能的分散性比较大，因此在设计和制作晶体管放大电路时，必须进行测量和调试。放大器的测量和调试一般包括：放大器静态工作点的测量与调试，消除干扰与自激振荡及放大器各项动态参数的测量与调试等。

1. 放大器静态工作点的测量与调试

(1) 静态工作点的测量

静态工作点是由各级电流和电压来确定的。即 I_B 、 U_{BE} （从输入特性上看，忽略 U_{CE} 的影响）、 I_C 、 U_{CE} 、 I_E （从输出特性上看）。测量静态工作点只要把以上数值测量出来即可，但在测量时应注意以下几点。第一，为了避免断开电路，应采用测量电压 U_E 或 U_C ，然后算出电流的方法，例如，只要测出 U_E 就可通过已知 R_E 把 I_C 求出。即：

$$I_C \approx I_E = \frac{U_E}{R_E} \text{ 算出 } I_C \text{（也可根据 } I_C = \frac{U_{CC} - U_C}{R_C} \text{，由 } U_C \text{ 确定 } I_C \text{）}。$$

第二，为防止测量仪器引入干扰，产生测量误差，应使测量仪器与放大器“共地”连接。例如要测 U_{CE} ，可测出 C、E 两点电位 U_C 、 U_E ，而 $U_{CE} = U_C - U_E$ 。

第三，为了减小误差，提高测量精度，注意使用仪表的内阻（选大内阻的量程但也要考虑选择合适的量程）。另外，为了在测量静态工作点时减少外界的干扰，原则上应使输入端交流短路。

(2) 静态工作点的调试

放大器静态工作点的调试是指对管子集电极电流 I_C （或 U_{CE} ）的调整与测试。改变电路参数 U_{CC} 、 R_C 、 R_B （ R_{B1} 、 R_{B2} ）都会引起静态工作点的变化，如图 2-3-3 所示。但通常多采用调节偏置电阻 R_{B2} 的方法来改变静态工作点，如减小 R_{B2} ，则可使静态工作点提高等。

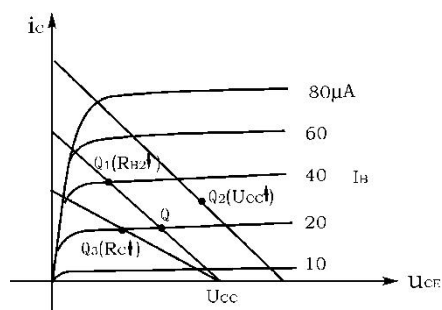


图 3 电路参数对静态工作点的影响

注意，前面所说的工作点“偏高”或“偏低”不是绝对的，应该是相对信号的幅度而言，如输入信号幅度很小，即使工作点较高或较低也不一定会出现失真。所以确切地

说，产生波形失真是信号幅度与静态工作点设置配合不当所致。

2. 放大器动态指标测试

放大器动态性能指标包括电压放大倍数、输入电阻、输出电阻、最大不失真输出电压、通频带等。

(1) 电压放大倍数 A_u 的测量

调整放大器到合适的静态工作点，然后加入输入电压 U_i ，在输出电压 U_o 不失真的情况下，用交流毫伏表测出 U_i 和 U_o 的有效值，则

$$A_u = \frac{U_o}{U_i}$$

(2) 输入电阻 R_i 的测量

为了测量放大器的输入电阻，按图 2-2-4 电路在被测放大器的输入端与信号源之间串入一已知电阻 R ，在放大器正常工作的情况下，用交流毫伏表测出 U_s 和 U_i ，则根据输入电阻的定义可得

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

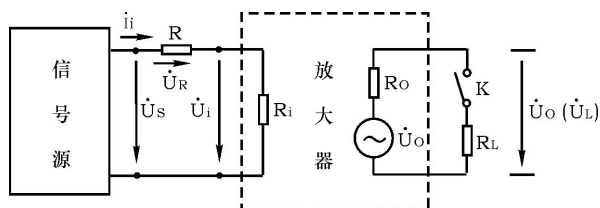


图 4 输入、输出电阻测量电路

测量时应注意下列几点：

- ① 由于电阻 R 两端没有电路公共接地点，所以测量 R 两端电压 U_R 时必须分别测出 U_s 和 U_i ，然后按 $U_R = U_s - U_i$ 求出 U_R 值。
- ② 电阻 R 的值不宜取得过大或过小，以免产生较大的测量误差，通常取 R 与 R_i 为同一数量级为好，本实验可取 $R = 1k\Omega$ 。

(3) 输出电阻 R_o 的测量

按图 2-7-4 连接电路，在放大器正常工作条件下，测出输出端不接负载 R_L 的输出电压 U_o 和接入负载后的输出电压 U_L ，根据

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

即可求出

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

在测试中应注意，必须保持 R_L 接入前后输入信号的大小不变。

(4) 最大不失真输出电压 U_{opp} 的测量（最大动态范围）

如上所述，为了得到最大动态范围，应将静态工作点调在交流负载线的中点。为此

在放大器正常工作情况下，逐步增大输入信号的幅度，并同时调节 R_W （改变静态工作点），用示波器观察 U_o ，当输出波形同时出现削底和缩顶现象（如图 2-3-5 所示）时，说明静态工作点已调在交流负载线的中点。然后反复调整输入信号，使波形输出幅度最大，且无明显失真时，用交流毫伏表测出 U_o （有效值），则动态范围等于 $2\sqrt{2}U_o$ ，或用示波器直接读出 U_{opp} 来。

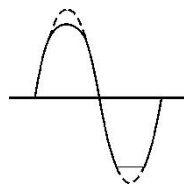


图 5 静态工作点正常，输入信号太大引起的失真

五、实验内容与步骤

1. 调试静态工作点

实验电路如图 2-3-1 所示。为防止干扰，各电子仪器的公共端和实验电路的“地”端必须连接在一起。

（1）静态工作点的静态测试

模拟电路实验箱接通电源前，将+12V 直流电源连接到放大器实验板的+ U_{cc} 与“地”之间，接通直流电源，放大电路不加输入信号，用万用表测量晶体管 C 和 E 之间的电压 U_{CE} （俗称管压降）。正常情况下， U_{CE} 应为正几伏，说明晶体管工作在放大状态。若 $U_{CE} \approx U_{cc}$ ，说明晶体管工作在截止状态；若 $U_{CE} < 0.5V$ ，说明晶体管已进入饱和状态。上述两种情况说明，所设置的静态工作点偏离较大，应调节 R_W 使 U_{CE} 为几伏。

（2）静态工作点的动态测试

给放大器输入频率为 1kHz、峰-峰值 $U_{pp}=28mV$ （有效值 $U_i=10mV$ ）的正弦信号。在放大器不加负载时，用示波器观察输出电压 U_o 的波形，调节 R_W ，使输出电压波形幅值最大且不失真，便获得最佳静态工作点。然后拆掉放大器的输入信号，用数字万用表直流电压 20V 档按表 2-3-1 要求测量并计算。

表 1（晶体管 β 取 100）

测量值			计算值			
U_C (V)	U_B (V)	U_E (V)	U_{BE} (V)	U_{CE} (V)	I_C (mA)	I_B (mA)

2. 测量电压放大倍数

保持上述静态工作点不变，把调好的频率为 1kHz、峰-峰值 $U_{pp}=28mV$ （有效值 $U_i=10mV$ ）的正弦信号加到放大器的输入端，用交流毫伏表和示波器分别测量下述三种情况下的 U_o 值（示波器上为均方根值），记入表 2-3-2 中并计算 A_u 值。


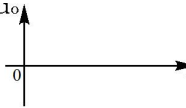
表 2

R_C (k Ω)	R_L (k Ω)	示波器测量值 U_o (V)	毫伏表测量值 U_o (V)	A_u
2.4	∞			
1.2	∞			
2.4	2.4			

3. 观察静态工作点对输出波形失真的影响

置 $R_C=2.4\text{k}\Omega$, $R_L=\infty$, 再逐步加大输入信号 U_i , 使输出电压 U_o 足够大但不失真。然后保持输入信号不变, 分别减小和增大 R_W , 使波形出现失真, 绘出 U_o 的波形, 并测出失真情况下 U_{CE} 值, 记入表 2-3-3 中。

表 3

工作点设置	U_{CE} (V)	U_o 波形	失真情况	管子工作状态
R_W 值减少				
R_W 值增大				

六、实验注意事项

1. 直流电源的“地”应与实验板的“地”接在一起。
2. 观察放大电路的失真情况时, 应缓慢调节 R_W 值。

七、实验研究与思考

1. 试说明分压式偏置电路能稳定静态工作点的原理。
2. 分析静态工作点变化对放大器输出波形的影响。

八、实验报告要求

1. 试说明分压式电流负反馈电路静态工作点稳定的原理。
2. 总结 R_C , R_L 对放大器电压放大倍数的影响。
3. 查找相关资料, 分析比较共射极、共基极、共集电极放大电路的性能特点。
4. 分析实验过程中出现的问题及解决办法。