

单管交流放大电路

一. 实验目的

1. 掌握单管放大器静态工作点的调整及电压放大倍数的测量方法。
2. 研究静态工作点和负载电阻对电压放大倍数的影响，进一步理解静态工作点对放大器工作的意义。
3. 观察放大器输出波形的非线性失真。
4. 熟悉低频信号发生器、示波器及晶体管毫伏表的使用方法。

二. 电路原理简述

单管放大器是放大器中最基本的一类，本实验采用固定偏置式放大电路，如图 3-1 所示。其中 $R_{B1}=100\text{k}\Omega$ ， $R_{C1}=2\text{k}\Omega$ ， $R_{L1}=100\Omega$ ， $R_{W1}=1\text{M}\Omega$ ， $R_{W3}=2.2\text{k}\Omega$ ， $C1=C2=10\mu\text{F}/15\text{V}$ ， T_1 为 9013 ($\beta=160\sim 200$)。

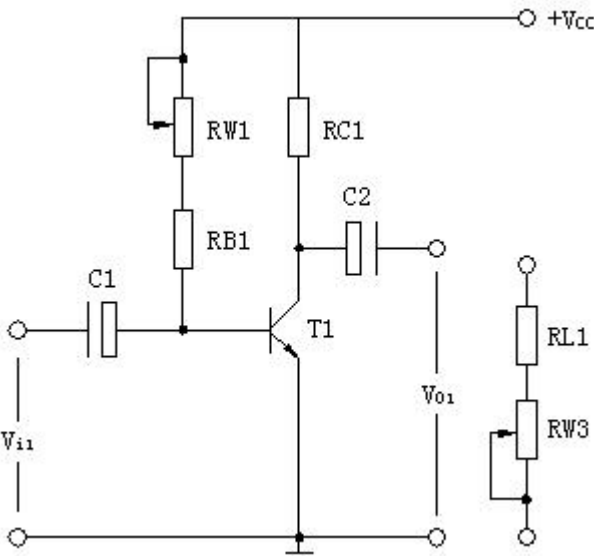


图 3-1

为保证放大器正常工作，即不失真地放大信号，首先必须适当取代静态工作点。工作点太高将使输出信号产生饱和和失真；太低则产生截止失真，因而工作点的选取，直接影响在不失真前提下的输出电压的大小，也就影响电压放大倍数 ($A_v=V_o/V_i$) 的大小。当晶体管和电源电压 $V_{cc}=12\text{V}$ 选定之后，电压放大倍数还与集电极总负载电阻 R_L' ($R_L'=R_c//R_L$) 有关，改变 R_c 或 R_L ，则电压放大倍数将改变。

在晶体管、电源电压 V_{cc} 及电路其他参数 (如 R_c 等) 确定之后，静态工作点主要取决于 I_B 的选择。因此，调整工作点主要是调节偏置电阻的数值 (本实验通过调节 R_{W1} 电位器来实现)，进而可以观察工作点对输出电压波形的影响。

三. 实验设备

名称	数量	型号
1. 直流稳压电源	1 台	MC1095
2. 函数信号发生器	1 台	学校自备
3. 示波器	1 台	学校自备
4. 晶体管毫伏表	1 只	学校自备
5. 万用表	1 只	学校自备
6. 电阻	3 只	$100\Omega * 1$ $2\text{k}\Omega * 1$

		100 k Ω *1
7. 电位器	2 只	2.2 k Ω *1 1M Ω *1
8. 电容	2 只	10 μ F/15V*2
9. 三极管	1 只	9013*1
10. 短接桥和连接导线	若干	P8-1 和 50148
11. 实验用 9 孔插件方板		297mm \times 300mm

四. 实验内容与步骤

1. 调整静态工作点

实验电路见 9 孔插件方板上的“单管交流放大电路”单元，如下图 3-2 所示。

方板上的直流稳压电源的输入电压为+12V，用导线将电源输出分别接入方板上的“单管交流放大电路”的+12V 和地端，将图 3-2 中 J₁、J₂用一短线相连，J₃、J₄相连（即 R_{C1}=2k Ω ），J₅、J₆相连，并将 R_{W3}放在最大位置（即负载电阻 R_L=R_{L1}+R_{W3}=2.7k Ω 左右），检查无误后接通电源。

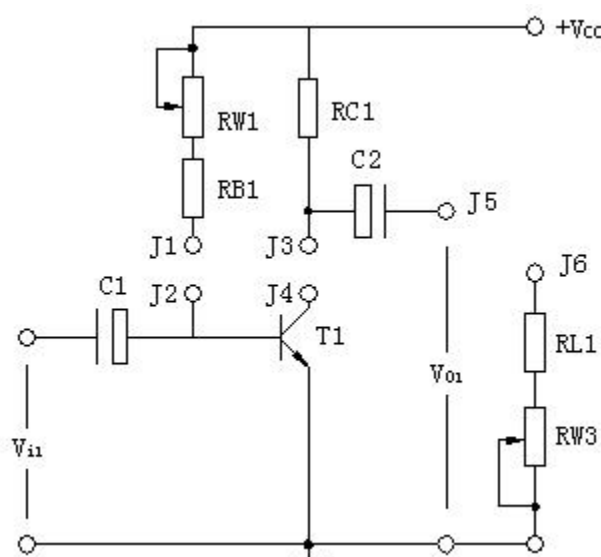


图 3-2

使用万用表测量晶体管电压 V_{CE} ，同时调节电位器 R_{W1} ，使 $V_{CE}=5V$ 左右，从而使静态工作点位于负载线的中点。

为了校验放大器的工作点是否合适，把信号发生器输出的 $f=1kHz$ 的信号加到放大器的输入端，从零逐渐增加信号 v_i 的幅值，用示波器观察放大器的输出电压 v_o 的波形。若放大器工作点调整合适，则放大器的截止失真和饱和失真应该同时出现，若不是同时出现，只要稍微改变 R_{W1} 的阻值便可得到合适的工作点。

此时把信号 V_i 移出，即使 $V_i=0$ ，使用万用表，分别测量晶体管各点对地电压 V_C 、 V_B 和 V_E ，填入表 3-1 中，然后按下式计算静态工作点。

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_C}{R_{C1}}$$

$$I_B \approx \frac{I_C}{\beta}, \quad \beta \text{ 值为给定的}$$

$$\text{*或者量出 } R_B \text{ (} R_B = R_{W1} + R_{B1} \text{), 再由 } I_B = \frac{V_{CC} - V_B}{R_B} \text{ 得出 } I_B, \text{ 式中 } V_B \approx 0.7V, V_{CE} = V_C.$$

注：测量 R_B 阻值时，务必断开电源。同时应断开 J₄、J₂ 间的连线。

表 3-1

测量值			计算值			
V_C	V_B	V_E	I_B	I_C	V_{CE}	β
3.33V	0.680V	0V	0.027mA	4.335mA	3.33V	160

2. 测量放大器的电压放大倍数，观察 R_{C1} 和 R_L 对放大倍数的影响。

在步骤 1 的基础上，将信号发生器调至 $f=1\text{kHz}$ 、输出为 5mV 。随后接入单级放大电路的输入端，即 $V_i=5\text{mV}$ ，观察输出端 v_o 的波形，并在不失真的情况下分两种情况用晶体管毫伏表测量输出电压 V_o' 值和 V_o 值：

$\left\{ \begin{array}{l} \text{带负载 } R_L, \text{ 即 } J_5、J_6 \text{ 相连, 测 } V_o' \text{ 值} \\ \text{不带负载 } R_L, \text{ 即 } J_5、J_6 \text{ 不连, 测 } V_o \text{ 值。} \end{array} \right.$

再将 R_{C1} 放在 $2\text{k}\Omega$ 位置，仍分以上两种情况测取输出电压 V_o' 和 V_o 值，并将所有测量结果填入表 3-2 中。

采用下式求取其电压放大倍数：

$$\text{带负载 } R_L \text{ 时, } A_v' = \frac{V_o'}{V_i}$$

$$\text{不带负载 } R_L \text{ 时, } A_v = \frac{V_o}{V_i}$$

表 3-2

$R_{C1}=2\text{k}\Omega$	测量值			计算值	
	V_i	V_o	V_o'	A_v	A_v'
$R_L=\infty$	5mV	0.707V	---	141.4	---
$R_L=2.36\text{k}\Omega$	5mV	---	395.9mV	---	79.18

五. 分析与讨论

1. 解释 A_v 随 R_L 变化的原因。

变化为 R_L 变大 A_v 变大。

原因： $A_v = -\beta R_L' / r_{be}$ ， $R_L' = R_C // R_L$ ，所以 R_L 越大， R_L' 也越大，在 β 和 r_{be} 不变的情况下， A_v 增大。

2. 静态工作点对放大器输出波形的影响如何？

静态工作点设置不当(太高或太低)可能会导致放大器进入饱和或截止状态，输出波形失真。