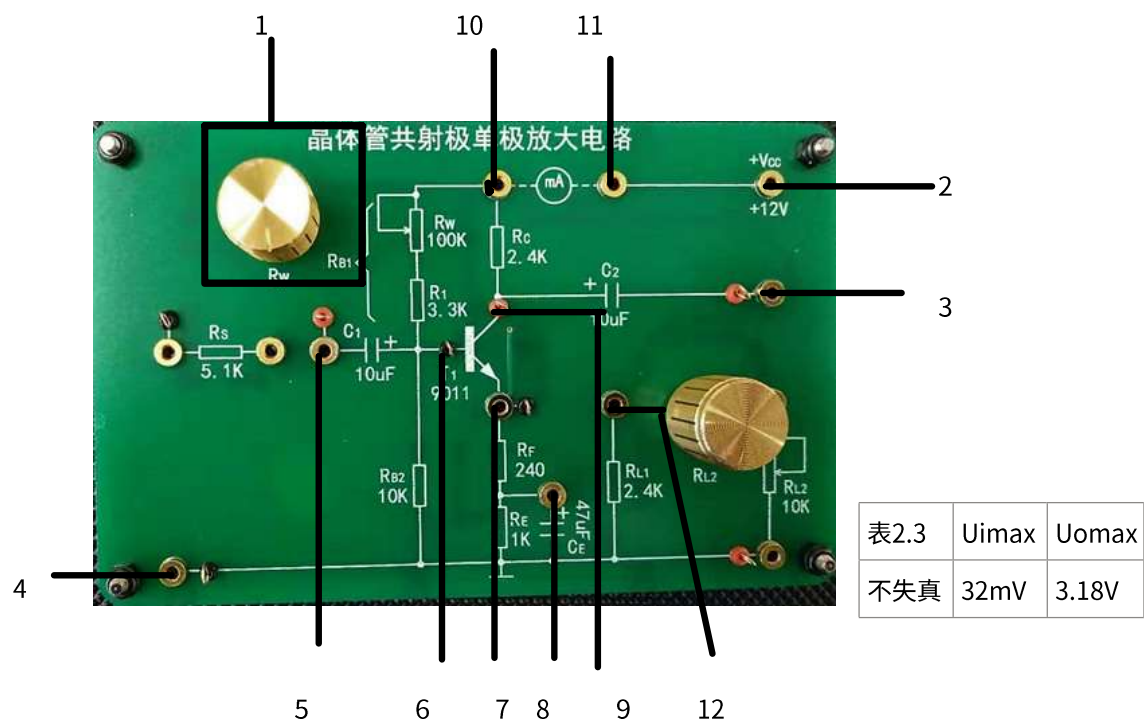


晶体管共射放大级



1：将2接12V，4接地，5接波形发生器，正弦波，频率为1kHz，幅度有效值为10mV，连接（10，11）（7，8）。

2：将万用表拨到直流电压挡，红接7，黑接4，调整旋钮1，使万用表显示1.8V。

表2.1：静态工作点电压的测量：万用表黑线接4，红接6测Ub，红接9测Uc，红接7测Ue，Ubeq=Ub-Ue，Uceq=Uc-Ue，Icq=Ue/Re（1kΩ）。

3：将示波器和毫伏表CH1接5，CH2接3，地线均接4，连接（3，12）。

表2.2：RL=2.4K行：U0值为毫伏表CH2读数，Ui值为毫伏表CH1读数。

4：断开（3，12）之间连接。

表2.2：RL为无穷行：同上上行方法。

表2.3：调大波形发生器幅度有效值，观察示波器CH2，当波形底下发生失真（变形）时，看示波器CH1为Uimax，CH2为Uomax。

5：将波形发生器的幅度有效值调回10mV，将万用表拨到直流电压挡，红线接7，黑线接4。调整1，使万用表显示2.8V，记录示波器CH2波形；再调整1，使万用表显示0.3V，记录CH2。

表2.1						
条件	Ub	Uc	Ue	Ubeq=Ub-Ue	Uceq=Uc-Ue	Icq=Ue/Re
1.8V	2.535V	7.82V	1.803V	0.732V	6.017V	1.803*10-3A

表2.2	U0	Av=-U0/Ui
RL=∞	1.17V	-117
RL=2.4K	0.64V	-64

负反馈放大器

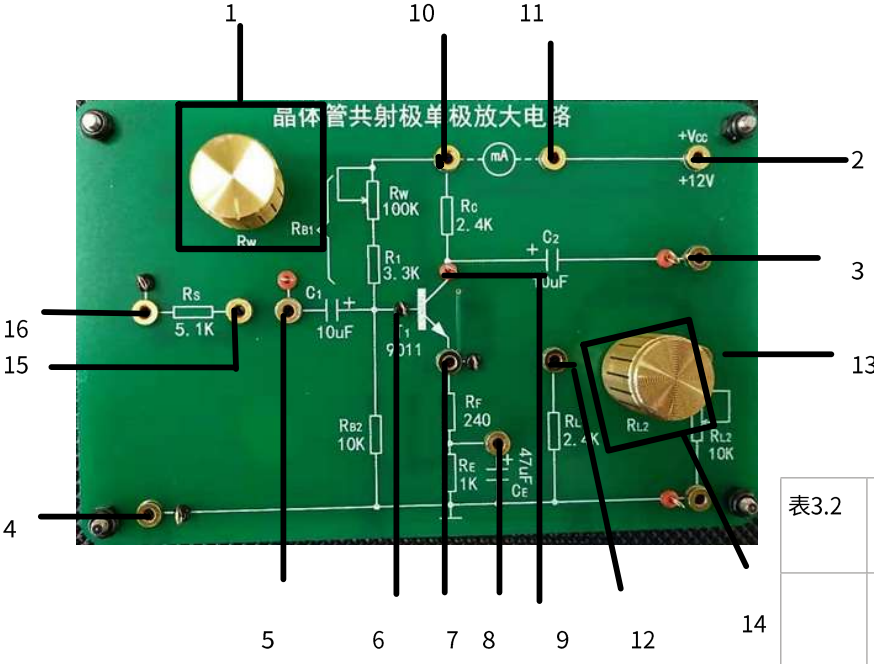


表3.2	$U_{OL}=0.5U_o$	$R_{L2}(R_o)$	$U_{of}=0.5U_{of}$	$R_{L2}(R_{of})$
	0.53V	1.807kΩ	48.62mv	2.578kΩ

1: 将2接12V，4接地，5接波形发生器，正弦波，频率为1kHz，幅度有效值为10mV，连接（10，11）（7，8）。

2: 将万用表拨到直流电压挡，红接7，黑接4，调整旋钮1，使万用表显示1.8V。

表3.1: 静态工作点电压的测量：万用表黑线接4，红接9测 U_c ，红接7测 U_e ，红接3测 U_o ， $U_{ceq}=U_c-U_e$ ， $I_{cq}=U_e/R_e$ （1kΩ）。断开（7，8），红接3测 U_{of} 。

表3.2: 连接（3，13），将万用表红接3，黑接4，调节旋钮14，使得电压表数值为前测得 U_o 的一半。断开（3，13），将万用表调到电阻挡，红接13，黑接4，测得数值为 $R_{L2}(R_o)$ ；断开（7，8），连接（3，13），将万用表调到直流电压挡，红接3，黑接4，调节旋钮14，使得电压表数值为前测得 U_{of} 的一半。断开（3，13），将万用表调到电阻挡，红接13，黑接4，测得数值为 $R_{L2}(R_{of})$ 。

3: 将波形发生器从5改为16，连接（15，5），将交流毫伏表、示波器CH1红接16，CH2红接15，两黑接4。

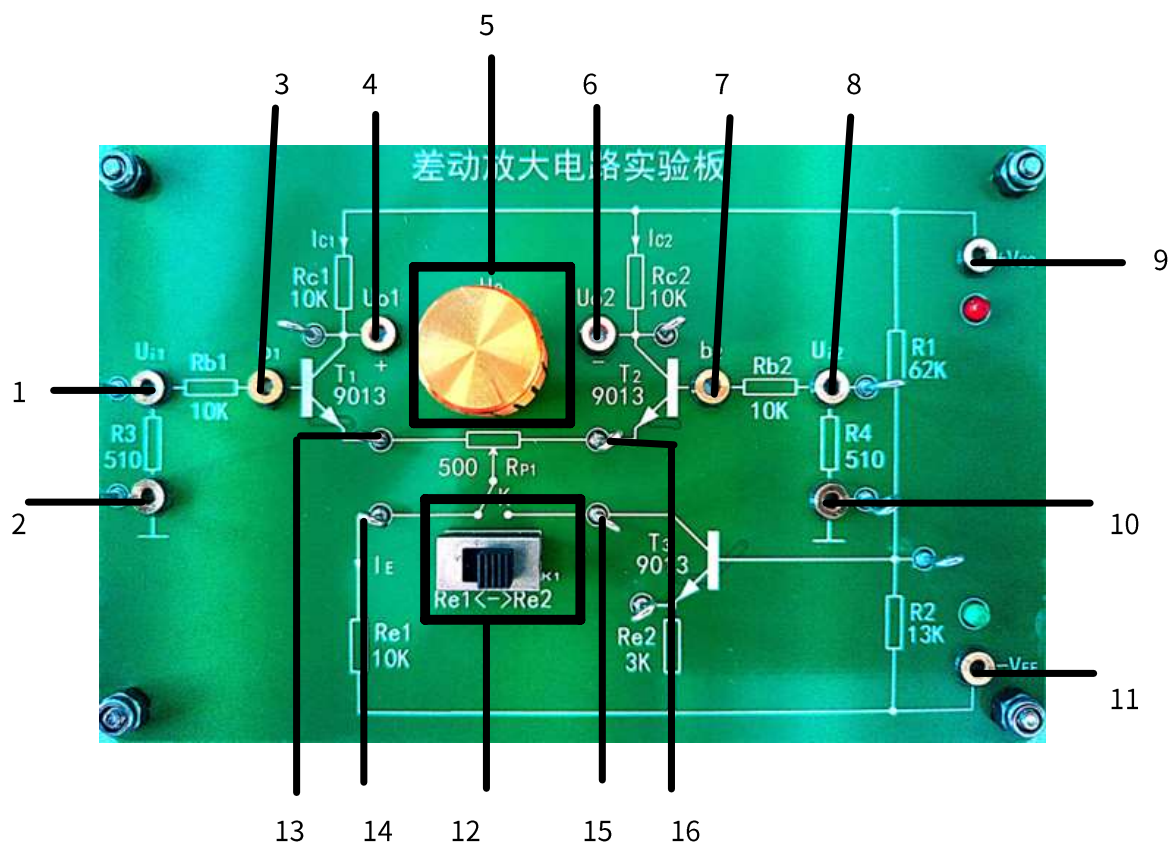
表3.4: U_s 为交流毫伏表CH1值， U_i 为交流毫伏表CH2值， $R_i=U_i/(U_s-U_i)$ ；断开（7，8）， U_s 为交流毫伏表CH1值， U_i 为交流毫伏表CH2值， $R_{if}=U_i/(U_s-U_i)$ 。

4: 将波形发生器接回5，断开（5，15），连接（7，8），将交流毫伏表、示波器CH1红接5，CH2红接3，两黑接4。

表3.5: 调大波形发生器幅度有效值，直到示波器CH2输出失真，记下数据，断开（7，8），再次记下数据；将波形发生器幅度有效值调回10mV，连接（7，8），将万用表调制直流挡，红接7，黑接4，旋转旋钮1，使得万用表值为2.8V，记录示波器CH2数据，断开（7，8），再次记录数据；连接（7，8），旋转旋钮1，使得万用表值为0.3V，记录示波器CH2数据，断开（7，8），再次记录数据。

表3.1	U_{ceq}	I_{cq}	U_o	U_{of}	U_i	$A_v=-U_o/U_i$	$A_{vf}=-U_{of}/U_i$	表3.4	U_s	U_i	R_i	U_s	U_i	R_{if}
	5.962V	1.8288*10-3mA	1.06V	97.24mV	10mV	-106	-9.724		10mV	1.025mV	0.58kΩ	10mV	4.29mV	8.93kΩ

差动放大器



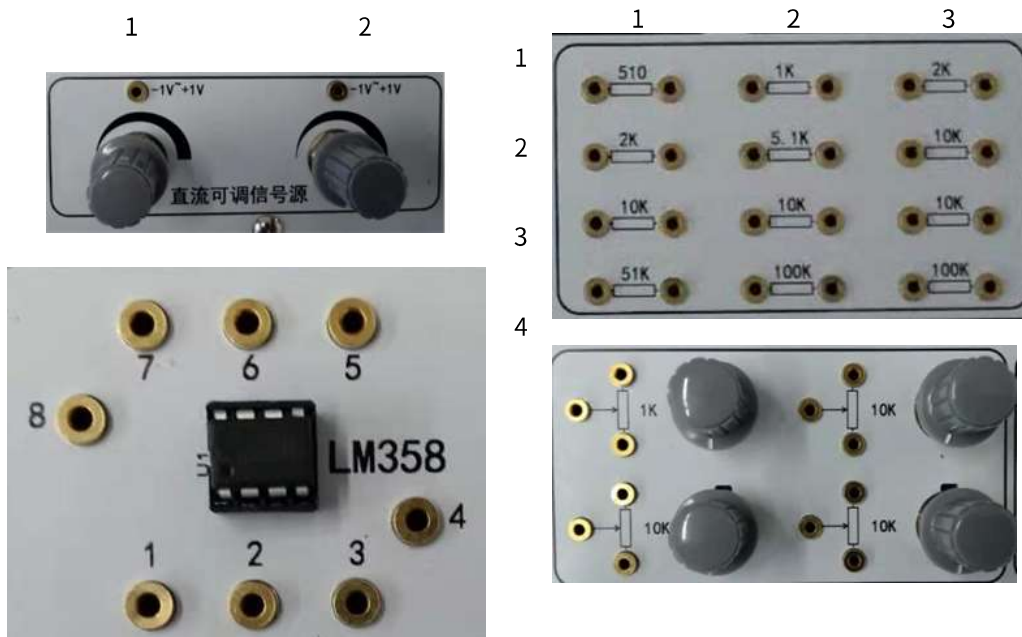
1: 将9接+12V, 11接-12V。连接 (1, 2) (8, 10) , 并将2, 10接地。将开关12拨向左边 (Re1) , 将万用表调至直流电压档, 红接4, 黑接6, 调整旋钮5使得万用表数值为0。

表4.1: 万用表调至直流电压档, 黑接地, 红接4, 值为 U_{c1} , 红接3, 值为 U_{b1} , 红接13, 值为 U_{e1} , 红接6, 值为 U_{c2} , 红接7, 值为 U_{b2} , 红接16, 值为 U_{e2} 。

2: 关闭工具箱电源, 断开 (1, 2) (8, 10) , 将波形发生器CH1红接1, 黑接2, 调整为正弦波, 幅度有效值为100mV, 频率为1kHz。将示波器黑接地, CH1红接4, CH2红接6。打开工具箱电源。

表4.2: 通过示波器CH1观察 U_{c1} , CH2观察 U_{c2} , 使用示波器math (按“math”键→选操作符 (-) →选择信源→改变math的垂直档位) 观察 U_o , 填写第一列, 连接 (1, 8) , 填写第三列; 将开关12拨向右 (Re2) , 填写第四列, 断开 (1, 8) , 填写第三列。

集成运放的线性应用



1: +12V接8, -12V接4, 直流可调信号源 (1) 接10k (1, 3) 左侧, 10k (1, 3) 右侧接100k (2, 4) 左侧, 10k (1, 3) 右侧接2, 100k (2, 4) 右侧接1, 10k (3, 3) 左侧接100k (3, 4) 左侧, 10k (3, 3) 右侧接100k (3, 4) 右侧, 10k (3, 3) 左侧接3, 100k (3, 4) 右侧接地。

表5.1: 万用表黑接地, 红接直流可调信号源 (1), 其值为 U_i , 调整直流可调信号源 (1), 使得输出值匹配表中 U_i 值, 将万用表红接1, 记录 U_o 值。验证 $U_o = -R_f \cdot U_i / R_1$

2: 将直流可调信号源 (1) 上线拔下接地, 将原接地线拔下接直流可调信号源 (1)。

表5.2: 万用表黑接地, 红接直流可调信号源 (1), 其值为 U_i , 调整直流可调信号源 (1), 使得输出值匹配表中 U_i 值, 将万用表红接1, 记录 U_o 值。验证 $U_o = (1 + R_f / R_1) \cdot U_i$

3: 将直流可调信号源 (1) 上线拔下接地, 将原接地线拔下接直流可调信号源 (1)。此时应和步骤1中接线相同。将连接到3的线全部拔出 (10k (3, 3), 100k (3, 4) 左右侧)。10k (3, 3) 左侧接直流可调信号源 (2), 10k (3, 3) 右侧接10k (1, 3) 右侧, 将滑动变阻器调至4.7k欧, 并将该变阻器一侧接地, 一侧接3。

反向加法器: 调整直流可调信号源 (1) 为0.2V, 直流可调信号源 (2) 为0.4V, 使用万用表红接1, 黑接地, 测得 U_o , 验证 $U_o = -(R_f \cdot U_{i1} / R_1 + R_f \cdot U_{i2} / R_2)$

4: 断开3, 将10k (3, 3) 右侧线拔出后接到3, 将100k (3, 4) 左侧接到10k (3, 3) 右侧, 100k (3, 4) 右侧接地。
减法器: 调整直流可调信号源 (1) 为0.2V, 直流可调信号源 (2) 为0.4V, 使用万用表红接1, 黑接地, 测得 U_o , 验证 $U_o = R_f \cdot (U_{i2} - U_{i1}) / R_1$

5: 断开除所有线, +12V接8, -12V接4。将100k (2, 4) 左侧接直流可调信号源 (1), 100k (2, 4) 右侧接3, 将100k (3, 4) 左侧接2, 100k (3, 4) 右侧接1

电压跟随器: 万用表黑接地, 红接直流可调信号源 (1), 其值为 U_i , 调整直流可调信号源 (1), 使得输出值匹配表中 U_i 值, 将万用表红接1, 记录 U_o 值。验证 $U_o = U_i$

集成运放的非线性应用

实验六 集成运放的非线性应用

一、实验目的

掌握集成电路运算放大器构成正弦波发生器、方波发生器、三角波发生器的方法。

二、预习要求

1. 复习教科书有关章节，仔细阅读实验指导书。
2. 写好预习报告。

三、实验原理

正弦波发生器、非正弦波发生器常作为信号源被广泛地应用于无线电通讯、自动检测和自动控制系统中。下面着重介绍正弦波发生器，矩形波、三角波发生器的产生方法。

1. RC 桥式正弦波振荡器（文氏桥振荡器）。

图 6-1 为 IC 运放构成的 RC 桥式振荡器，用以产生低频正弦信号。图中 RC 串、并联网络构成正反馈支路网络，并兼做选频网络， R_F 、 R_w 和 R' 组成负反馈支路，作为稳幅环节。图中 RC 串、并联网络与负反馈网络 (R_F+R_{w1}) 、 (R_F+R_{w2}) 转换正好组成电桥的四个臂，电桥的顶点接到 IC 运放的两个输入端，构成了 RC 桥式正弦波振荡器。

正弦波的振荡频率为

$$f_o = \frac{1}{2\pi RC}$$

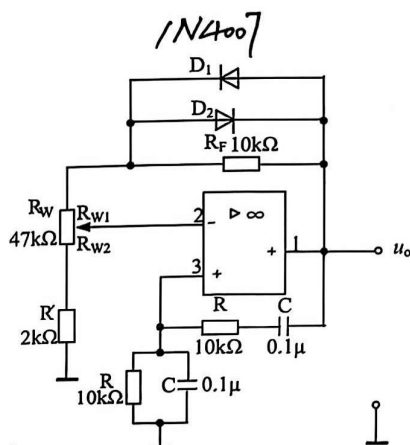


图 6-1 正弦波发生器电路图

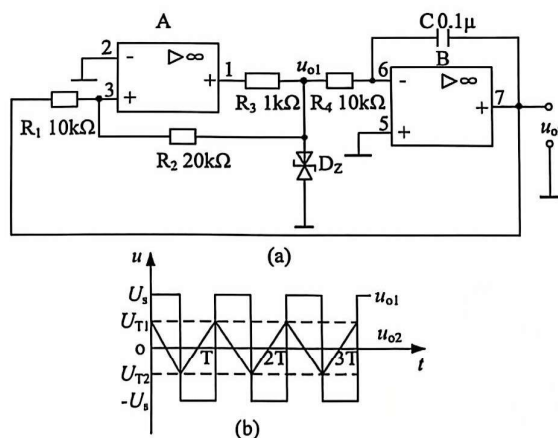


图 6-2 矩形波、三角波发生器
(a) 原理电路(b) 输出波形

2. 矩形波、三角波发生器

图示 6-2(a)为三角波发生器。运放 A 作为同相滞回比较器，运放 B 作为反相积分器，由运放 A、B 构成矩形波、三角波发生器。

当滞回比较器的输出电压经限流电阻 R_3 后被双向稳压管限幅在 $+U_Z$ 时，积分器反向积分，其输出 U_{o2} 下降，当滞回比较器的输入电压下降到下门限电压 U_{T2} 时， u_{o1} 翻转到 $-U_Z$ ，积分器正向积分，随着 U_{o2} 上升，当滞回比较器的输入电压上升到上门限电压 U_{T1} 时， u_{o1} 又翻转到 $+U_Z$ ，完成一个周期。如此周而复始，可以得到方波 u_{o1} 以及三角波 u_{o2} ，如图 6-2(b) 所示。

三、实验仪器

1. 万用表
2. 模电实验箱
3. 示波器

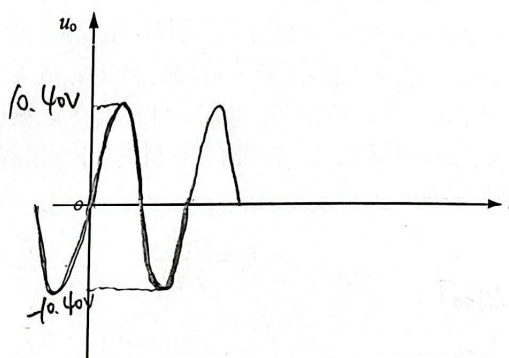
四、实验内容与步骤

1. 实验前的准备工作

- (1) 熟悉模电实验箱
- (2) 熟悉 LM358 的管脚排列图及各端子的功能。
- (3) 调整好示波器待用。

2. 正弦波发生器

- (1) 按图 6-1 接线，检查无误或后通电。
- (2) 调节负反馈支路电位器 R_w ，使电路输出正弦波信号，观察并绘制输出波形（要求标注波形正负半周的幅度）。



- (3) 在输出幅度最大且不失真的情况下，测量输出波形的频率 f_o 、输出电压 U_{op-p} 。

$$f_o = 149.54 \text{ Hz}$$

$$U_{op-p} = 20.80 \text{ V}$$

3. 矩形波、三角波发生器

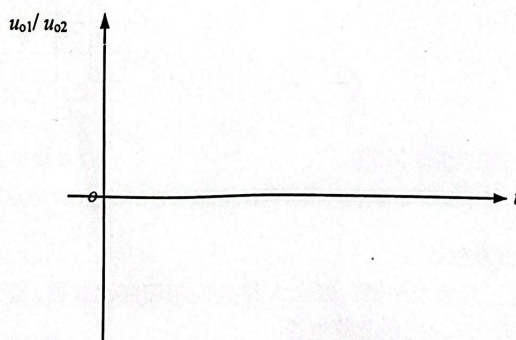
- (1) 按图 6-2 接线，核查无误后待用。
- (2) 观察并绘制 u_{o1} 、 u_{o2} 的波形（要求标注波形正负半周的幅度），测量其频率 f_o 、输出电压 U_{op-p} 。

$$f_o = 432.06 \text{ Hz}$$

$$f_o = \text{432.06 Hz}$$

$$U_{o1p-p} = 21.40 \text{ V}$$

$$U_{o2p-p} = 11.60 \text{ V}$$



五、实验报告要求

1. 认真绘制各波形图，标明是何种电路的波形，并将其幅值、频率（周期）一并标在坐标轴上。
2. 思考题：要使图示 6-1 产生正弦波的条件是什么？试述 D_1 、 D_2 在电路中的作用。