

实验报告

课程名称: 模拟电子技术实验 实验名称: 实验七: 波形发生电路

专业-班级: 自动化1班 学号: 210320111 姓名: 吕家昊

实验日期: 2023 年 6 月 2 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

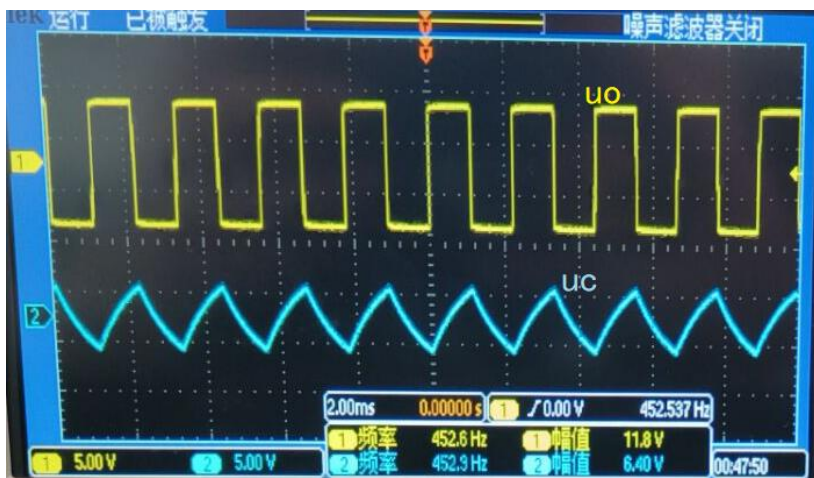
预习结果审核：_____ 原始数据审核：_____

（包括预习时，计算的理论数据；需要完成预习报告中的仿真部分，可另附一预习仿真报告作为预习报告）

1、方波发生电路

分别求出 $R_f=10k\Omega$ ，以及 $R_f=100k\Omega$ 的 u_o 的周期时间。 $T_1=2.2ms$ $T_2=22.0ms$

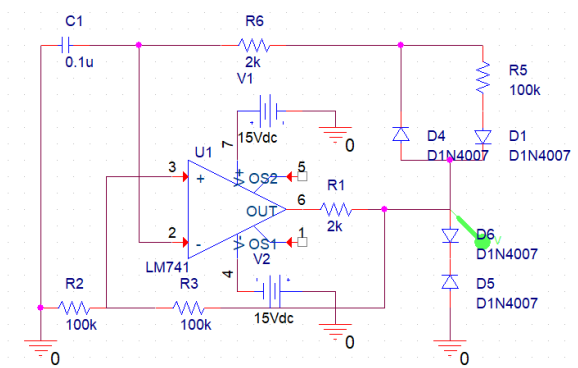
用示波器观测反相端 u_c 和输出电压 u_o 的波形，分别测出 $R_f=10k\Omega$ ，以及 $R_f=100k\Omega$ 的 u_o 的频率、周期时间、幅值、占空比，并记录 $R_f=10k\Omega$ 时的输出波形。

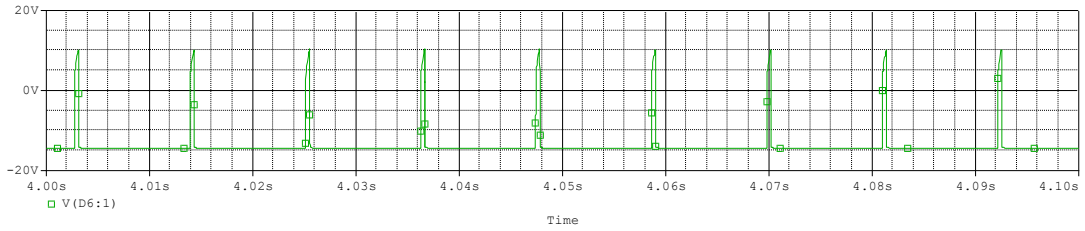


R_f	频率 f	周期 T	幅值 U_m	占空比 d
$10k\Omega$	456.3Hz	2.191ms	11.8V	50.00%
$100k\Omega$	45.97Hz	21.76ms	12.0V	49.98%

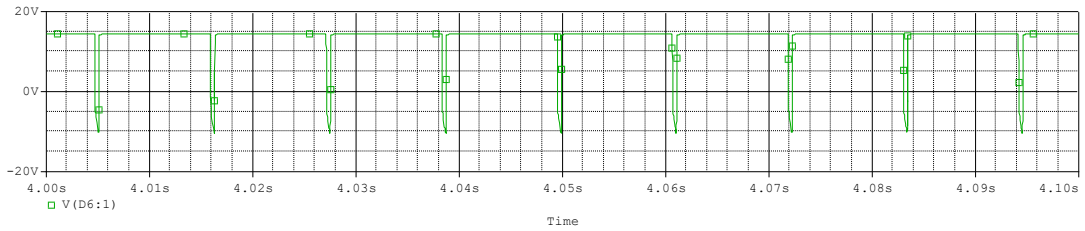
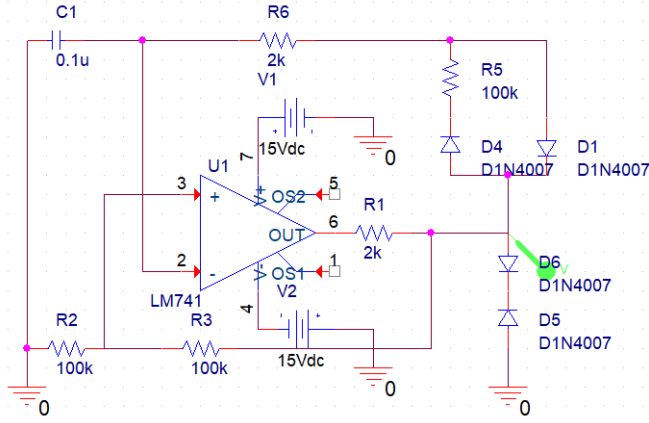
2、占空比可调的矩形波发生电路。

仿真电路图和仿真输出波形图（电位器 R_w 动端 b 点与 a 点电阻为 0）





仿真电路图和仿真输出波形图（电位器 R_w 动端 b 点与 c 点电阻为 0）



3、三角波发生电路。

① 分析图 5 的电路工作原理，回答下面问题：

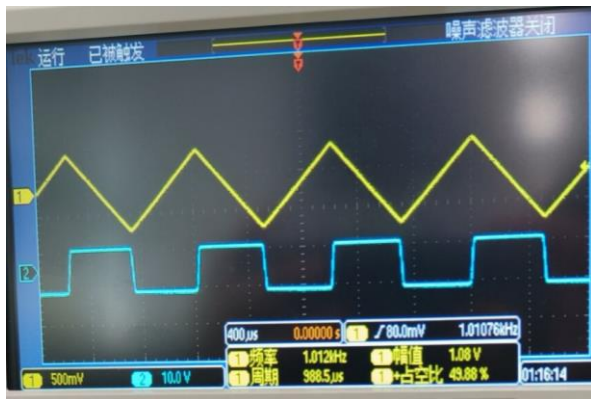
(1) 运放 A_1 和 A_2 是否工作在线性范围内？

A_1 电路为方波发生电路（正反馈）， A_2 为积分电路（负反馈），因此 A_1 不在线性范围，而 A_2 在线性范围。

(2) 要求 V_o 的幅值为 $\pm 1V$ ，周期时间为 $1ms$ ，理论计算出 R_1 和 R_4 的电阻值各为多少？

$R_1 = \underline{16.13k\Omega}$ $R_4 = \underline{155k\Omega}$

(3) 用示波器观测 u_{o1} 和 u_o 的波形，并在同一个时序下，画出两电压波形。要求测出 u_{o1} 的频率、占空比以及 u_o 的周期、幅值。



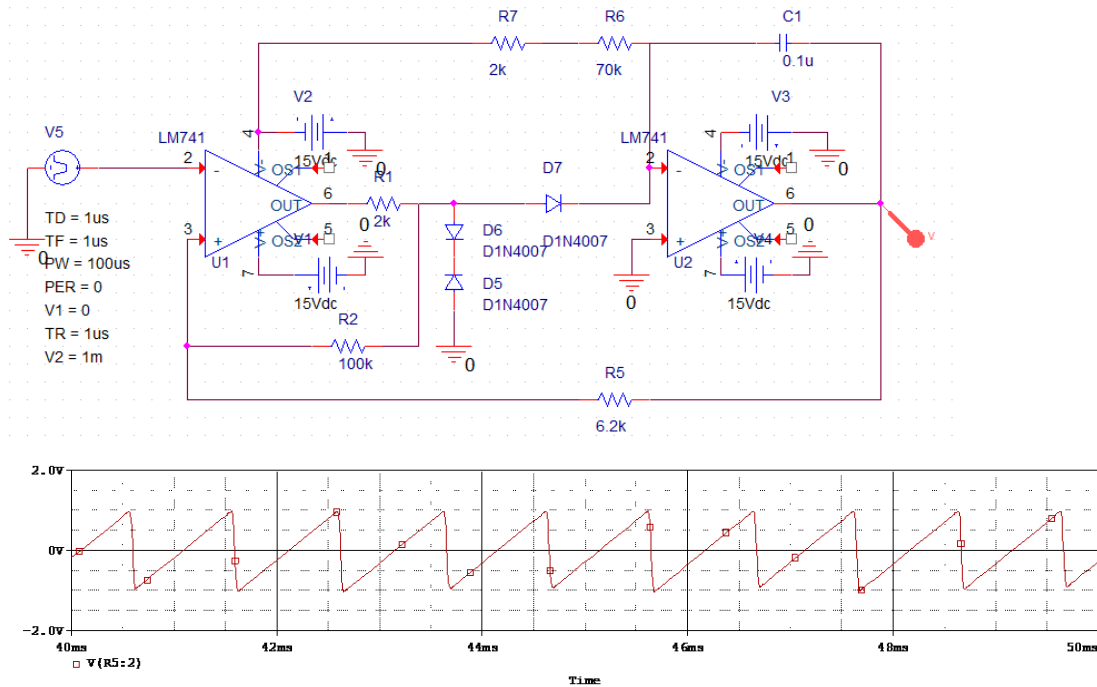
$f_{o1} = 1.001kHz$, $d_{o1} = 49.54\%$

$T_o = 998.3\mu s$, $U_{mo} = 1.00V$

4、锯齿波发生电路

① 分析图 6 的锯齿波发生电路的工作原理，回答下面问题：

- (1) 电容 C 的充电回路和放电回路各是什么？充电和放电的时间常数是否相同？
充电回路为 D, C, 放电回路为 R₅, R₄, C, 时间常数不相同
- (2) 将电阻 R₄ 所接的电源为 -15V, 为获得 u_o 的峰峰值为 2V (即 ±1V), 周期时间为 1ms 的锯齿波, 仿真估算出 R₄ 和 R₁ 的大小: R₁= 6.2kΩ R₄= 70kΩ
- (3) 取上述估算的 R₄ 和 R₁ 的电阻, 仿真电路图和仿真输出波形图如下:

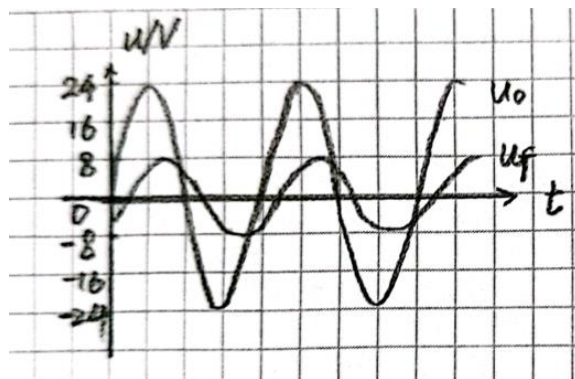


(V₅ 用于产生微小扰动, 使电路起振)

5、RC 桥式正弦波振荡电路

用示波器测出 u_o 和 u_f 的波形, 画在同一坐标系中, 要求体现两个波形之间的相位关系

(R₁=R₂=R=10kΩ)



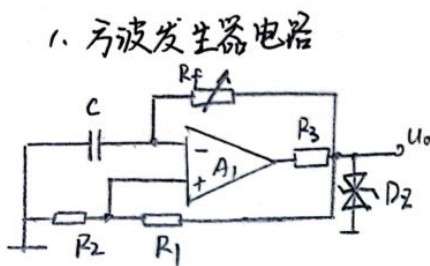
一、实验目的

1. 掌握利用运算放大器设计方波发生器、矩形波发生器、三角波发生器、锯齿波发生器的方法；
2. 掌握利用运算放大器的正反馈原理设计各种波形发生电路的方法。

二、实验设备及元器件

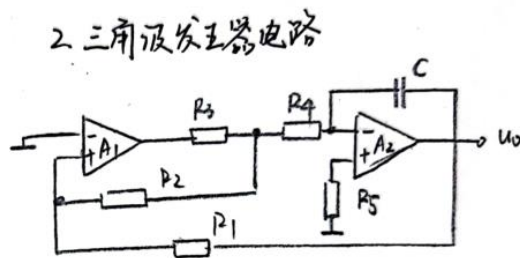
名称	数量	型号
线性直流稳压电源	1 台	DP832A
手持万用表	1 台	Fluke 287C
示波器	1 台	Tek MSO2012B
信号发生器	1 台	Tek AFG1062 或 DG4062
二极管	2 只	1N4007×2
电阻	6 只	2kΩ×2 4.7kΩ×2 100kΩ×2
电位器	6 只	10kΩ×2 100kΩ×2 220kΩ×2
电容	2 只	0.01μF×1 0.1μF×1
集成运放	2 只	LM741×2 或 μA741×2
双向稳压管	1 只	2DW231 (6.2V×1)
短接桥和连接导线	若干	P8-1 和 50148
实验用 9 孔插件方板	1 块	300mm*298mm

三、实验原理（重点简述实验原理，画出原理图）



$$U_R = \pm \frac{U_Z R_2}{R_1 + R_2}$$

$$T = 2R_f C \ln\left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right)$$



$$U_{om} = \pm \frac{R_1}{R_2} U_Z$$

$$T = \frac{4R_4 R_1 C}{R_2}$$

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”）

1.方波发生电路

按下图接线，构成方波发生电路，使用示波器测出 $R_f=10k\Omega, 100k\Omega$ 的 u_o , u_c 波形，并测量 u_o 频率、周期、幅值、占空比。

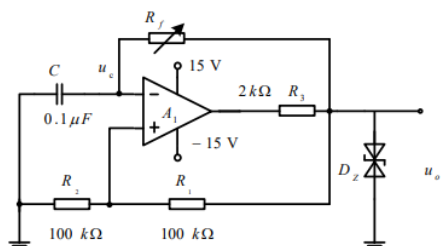


图 7-3 方波发生器实验电路图

2.占空比可调的矩形波发生电路

按下图接线，其中 R_w 为 $100k\Omega$ 电位器。使用示波器测出 R_w 动端 b 分别与 a, c 端电阻为 0 时的 u_o, u_c 波形，并测量 u_o 频率、周期、幅值、占空比。

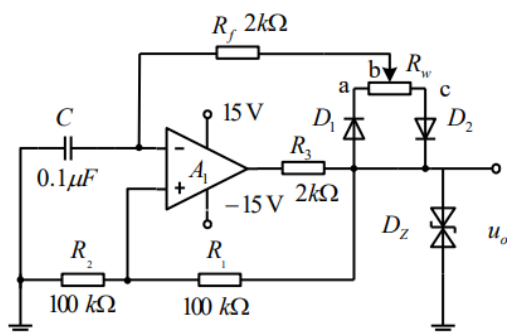


图 7-4 可调占空比矩形波发生器电路图 ($d = \frac{T_H}{T}$)

3.三角波发生电路

按下图接线，调节 R_1, R_4 使 u_o 幅值为 $\pm 1V$ ，周期为 $1ms$ 。测量 R_1, R_4 ，并使用示波器测量 u_{o1} 频率、占空比与 u_o 周期、幅值。

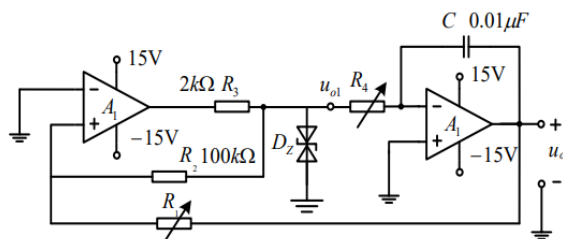


图 7-5 三角波发生器实验电路图

4.锯齿波发生电路

按下图接线，调节 R_1, R_4 使 u_o 幅值为 $\pm 1V$ ，周期为 $1ms$ 。测量 R_1, R_4 ，并使用示波器测量 u_{o1} 频率、占空比与 u_o 周期、幅值。

反接二极管 D ，测量 u_{o1} 频率、占空比与 u_o 周期、幅值。

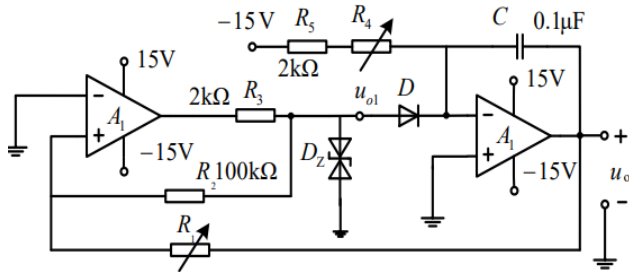
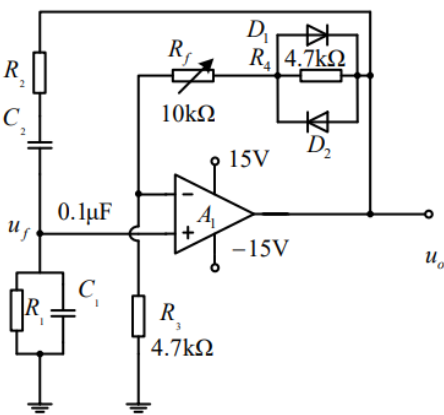


图 7-6 锯齿波发生器实验电路图

5.RC 桥式正弦波振荡电路

开启直流电源给 A_1 供电，调节 R_f ，得到基本不失真的 u_o 波形。

示波器分别接 u_o, u_f ，不失真前提下尽量增大幅值，测量 U_{opp}, U_{fpp} 与振荡频率 f_o 。保持 R, C 不变，使用 X-Y 显示方式，示波器一端接 u_o ，另一端接信号发生器引出正弦信号（幅值接近 u_o ）。调整信号源频率，屏幕上显示稳定椭圆，信号源频率即 u_o 频率。




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，如需绘制曲线请在坐标纸中进行）

1、方波发生器电路

输出电压参数	计算周期	频率	周期	幅值	占空比	$R_f=10k\Omega$ 的输出电压波形
$R_f=10k\Omega$	2.2ms	456.3Hz	2.191ms	11.8V	50.00%	

$R_f=100k\Omega$	22.0ms	45.97Hz	21.76ms	12.0V	49.98%	
------------------	--------	---------	---------	-------	--------	--

2、占空比可调的矩形波发生电路(需要测试出 u_o 的频率、周期、幅值、占空比) 分别记录 $R_{ab}=0$ 与 $R_{bc}=0$ 的 u_o 波形。

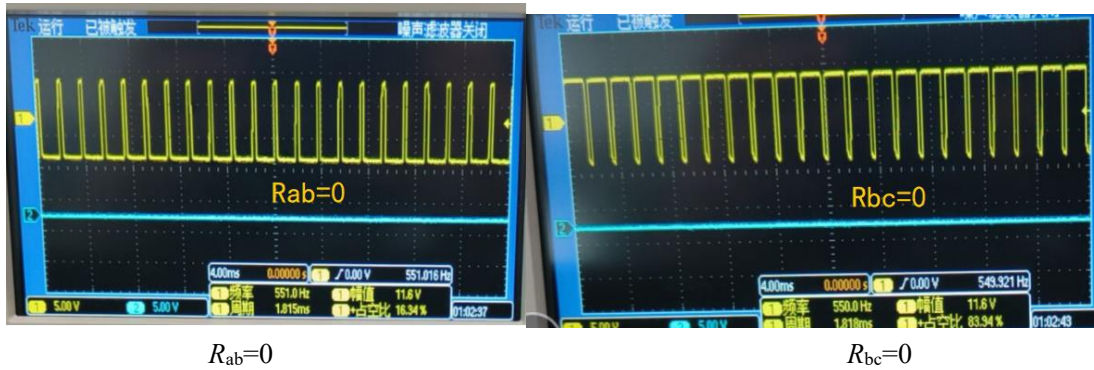



表 7-3 占空比可调矩形波发生电路测试表格

幅值 U_{om}/V	周期 T	调整电位器 R_w 时,周期时间 T 是否变化	一个周期内, u_o 大于 0 的占空比 d 的可调范围:
11.6V	551.0Hz	否	$16.34\% \leq d \leq 83.94\%$

3、三角波发生电路



表 7-4 三角波发生电路测试表格

①	运放 A_1 和 A_2 是否工作在线性范围内? 为什么?	答: A_1 不在线性范围, A_2 在线性范围。 A_1 电路为方波发生电路(正反馈), A_2 为积分电路(负反馈)。
②	$R_1=6.58k\Omega$ $R_4=30.887k\Omega$	
③	记录同一时序下的 u_{o1} 和 u_o 波形 	u_{o1} 测量: 频率= <u>1.001kHz</u> 占空比= <u>49.54%</u> u_o 的测量: 周期= <u>998.3μs</u> 有效值= <u>0.624V</u>

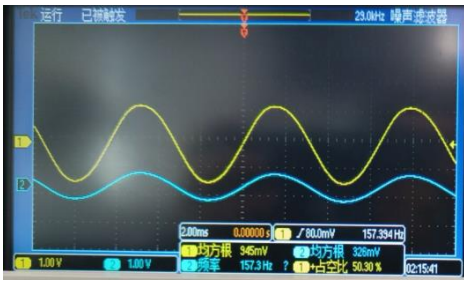
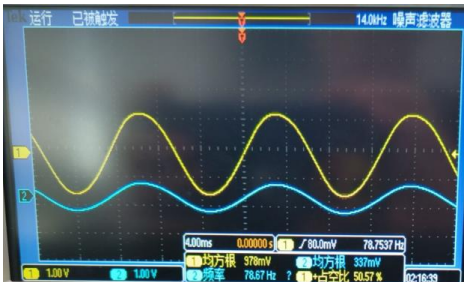
4、锯齿波发生电路

表 7-5 锯齿波发生电路测试表格

①	分析图 6-6 的锯齿波发生电路的工作原理, 电容 C 的充电回路和放电回路各是什么?	答: 充电回路为 D, C , 放电回路为 R_5, R_4, C , 时间常数不相同
---	---	---

	充电和放电的时间常数是否相同?	
②	$R_1 = 6.137k\Omega$ $R_4 = 150.82k\Omega$	
③	记录同一时序下的 u_{o1} 和 u_o 波形 	u_{o1} 测量: 频率= <u>1.001kHz</u> 占空比= <u>5.256%</u> u_o 的测量: 周期= <u>1.001ms</u> 有效值= <u>265mV</u>
④	将电阻 R_4 所接的电源更改为+15V, 并将二极管 D 反接 记录同一时序下的 u_{o1} 和 u_o 波形 	u_{o1} 测量: 频率= <u>1.002kHz</u> 占空比= <u>94.80%</u> u_o 的测量: 周期= <u>998\mu s</u> 有效值= <u>269mV</u>

5、RC 桥式正弦波振荡电路。

	U_{opp}	U_{fpp}	$ F $	f_o	u_o 和 u_f 的波形
$R=10k\Omega$	24.0V	8.00V	0.333	157.4Hz	记录同一时序下的 u_{o1} 和 u_f 波形 
$R=20k\Omega$	24.0V	8.20V	0.342	78.72Hz	记录同一时序下的 u_{o1} 和 u_o 波形 

结合上面的实验结果, 根据理论知识, 分析 RC 不同取值对振荡频率 f_o 的影响。

$f_o = 1/2\pi CR$, 因此 f_o 分别与 C, R 成反比。

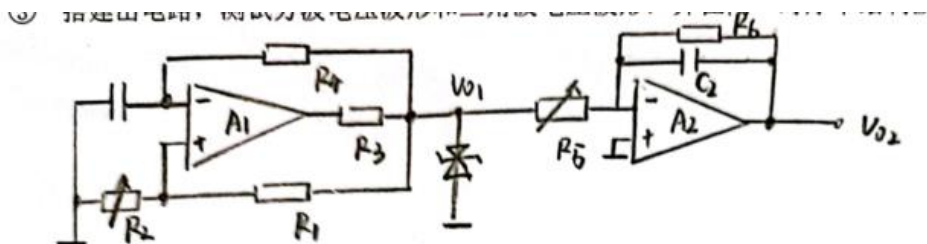
6、设计性实验

使用实验室现有的元器件 $\mu A741$ 等, 设计一个波形发生电路, 实现以下功能:

- 1) 独立产生幅值为 $\pm 6.2V$, 占空比为 50% 的方波电压, 频率设计在 700Hz~1kHz 之间。

2) 然后, 将此方波电压转换为一个三角波, 幅值为 $\pm 2V$ 左右
要求:

① 画出设计的电路图, 说明工作原理;



A_1 所在电路通过 R_1, R_2 引入正反馈, 产生方波信号。

A_2 所在电路为积分电路, 通过对方波信号积分得到三角波

② 写出电路参数的计算过程;

方波发生电路:

对为波发生电路.
取 $R_1=100k\Omega, R_3=2k\Omega, R_4=10k\Omega$
 $C_1=0.1\mu F$
由 $U_E = \frac{R_2}{R_1+R_2} = 6.2V$
 $2R_4 C_1 \ln(1 + \frac{2R_2}{R_1}) = 1.25ms$
得 $R_2 = 43.4k\Omega$

对积分电路. 取 $C_2=0.1\mu F, R_6=100k\Omega$
由 $V_{02} = \frac{1}{C_2 R_5} \int V_{01} dt$
在半周期内, V_{02} 变化 $4V$
则 $\frac{T U_E}{2 C_2 R_5} = 4V$
 $R_5 = 96.9k\Omega$

③ 搭建出电路, 测试方波电压波形和三角波电压波形, 并在同一时序下绘制波形图。



实际参数: $R_1=35.641k\Omega, R_5=94.23k\Omega$

六、问题思考

(回答指导书中的思考题)

1. 方波发生器电路中 C 的数值增大时, 频率 f 和占空比 d 是否变化? 改变 R_2 是否引起 f 和 d 的变化? 为什么?

当 C 增大时, 由于周期 $T = 2R_f C \ln(1 + \frac{2R_2}{R_1})$, 因此频率 f 会减小。类似地, 若增大 R_2 , 频率

f 减小。

方波发生电路在 C 充电和放电时的时间常数始终相等，因此占空比 d 不会因 C, R₂ 的变化而变化。

2. 分析比较三角波发生器和锯齿波发生器的共同特点和区别；

共同特点：

两者均使用 2 个运放，其中 A₁ 作为方波发生电路，A₂ 作为积分电路。

两者 u_o 均为三角波形。

区别：

三角波发生电路产生波形为等腰三角形（上升与下降时间相等），而锯齿波电路产生波形的其中一部分（上升或下降）近似为 0。

锯齿波电路利用二极管使电容 C 的充电与放电回路不同，使时间常数不同，达到上升与下降过程持续时间不同的效果。而三角波电路的充放电相同，时间常数不变。

3. 若仿真时稳压管选择了 3.3V 的稳压管，实验结果有什么不同？（选择一种类型电路说明）

方波发生器电路：

输出电压幅值为 ±3.3V，方波周期与占空比不变。