

电路与电子技术课程设计报告

姓名：

学号：

班级：

2024-1-17

目录

目录

目录	1
1 实验任务及目的	2
1.1 实验目的	2
1.2 实验任务	2
2 直流稳压电源的设计	2
2.1 电源变压器	2
2.2 整流电路	3
2.3 滤波电路	4
2.4 稳压电路	5
2.5 对称±12V直流稳压电路	6
3 信号发生器的设计	7
3.1 正弦波信号发生器	7
3.1.1 原理说明	7
3.1.2 实验电路	11
3.2 方波-三角波信号发生器	11
3.2.1 原理说明	11
3.2.2 实验电路	13
3.3 可调矩形波发生器	14
3.3.1 原理说明	14
3.3.2 实验电路	16
3.4 可调锯齿波发生器	17
3.4.1 原理说明	17
3.4.2 实验电路	21
4 课程设计总结	21
5 参考文献	22

1 实验任务及目的

1.1 实验目的

1. 掌握三端集成稳压器组成的直流稳压电源的设计和调测。
2. 掌握由运算放大器组成的信号发生器的设计方法。
3. 熟悉信号发生器的一些主要性能指标

1.2 实验任务

需要完成的实验任务有：

任务 1：设计由三端集成稳压器 7812 和 7912 组成的能输出+12V 和 -12V 的直流稳压电源电路，并完成该电路的仿真调测。

任务 2：完成由集成运放组成的信号发生器的仿真设计。所需的直流电源由任务 1 完成的电路提供。

2 直流稳压电源的设计

2.1 电源变压器

我采用 220V、50Hz 的交流电源，作为交流电的模拟来源。为实现+12V 和 -12V 的电压电路，我设计了两台变压器，生成对称的输出电压。这些变压器的主副线圈匝数比均为 13:1。主线圈连接到交流电源，副线圈则用于连接外部电路。

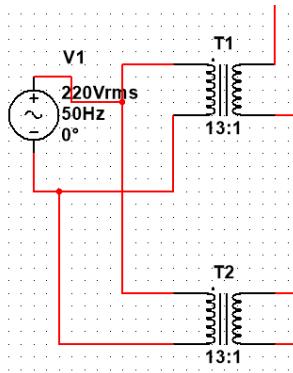


图 1 电源变压器示例图

2.2 整流电路

为将交流电转化为直流电，我采用了桥式整流电路。这是一种常见的电路结构，专用于将交流电转换为直流电。该电路由四个二极管组成，呈桥状排列。其工作原理基于二极管的单向导电特性，使交流电信号通过整流电路时，仅允许单一方向的电流通过，而相反方向的电流被阻断。

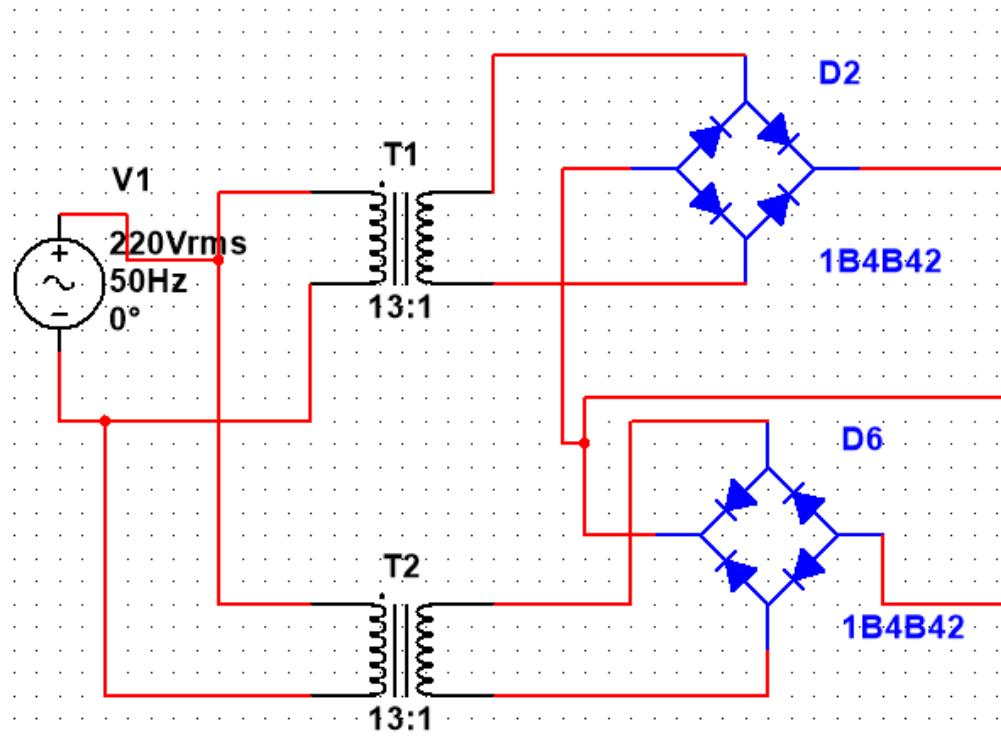


图 2 桥式整流电路

桥式整流电路由四个二极管构成，通过其单向导通特性，将输入的正弦波信号转化为同一方向的信号，且保留原有的波形特征。为实现幅值相等但方向相反的输出信号，我设计了一种对称电路，将两个桥式整流电路组合在一起。变压器的副线圈分别接入上下两个接口，这样可以高效地整流变压器输出的电压，从而获得幅值相等且方向相反的信号输出。

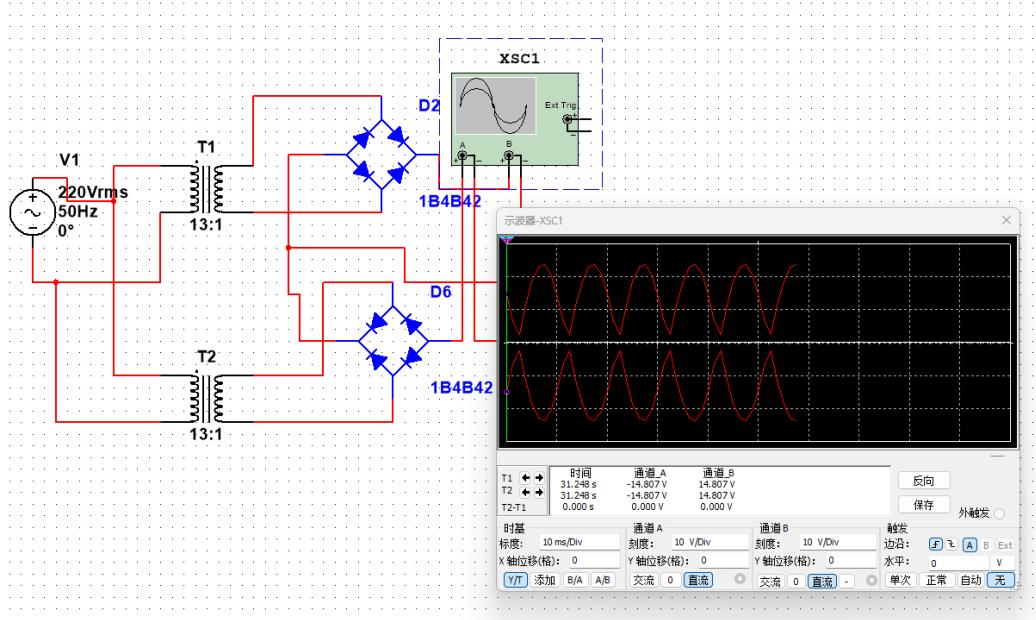


图 3 桥式整流电路波形图

图 3 所示即为经过桥式整流后的波形图，两者大小相等，方向相反。图像证明桥式整流成功。

2.3 滤波电路

滤波器的设计采用了电容滤波的方式。在电路中，我在两个输入端对称并联了两个电容，容量分别为 3.1mF 和 330nF 。借助电容的充放电特性，能够有效地将负载电压逐步平滑化。为实现这一效果，我选择了电解电容作为滤波器的主要组件。

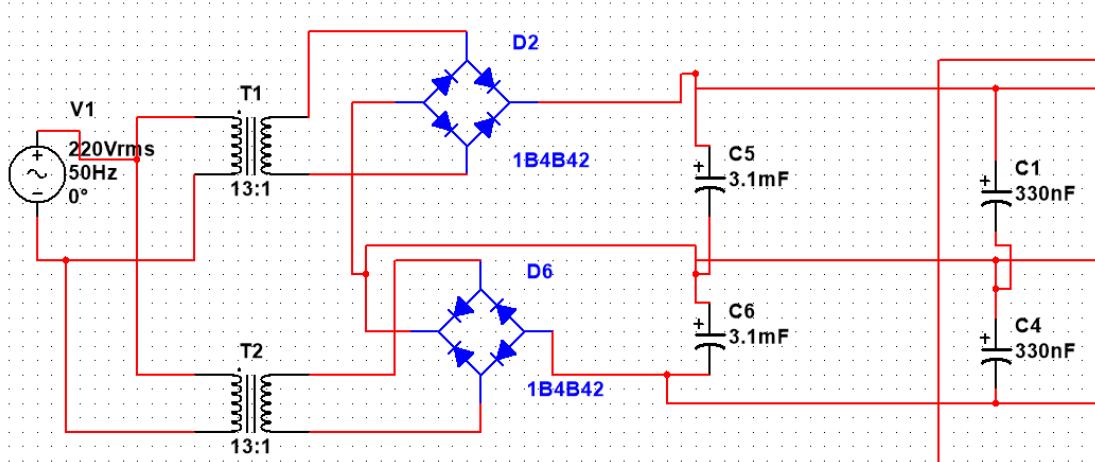


图 4 电容滤波电路

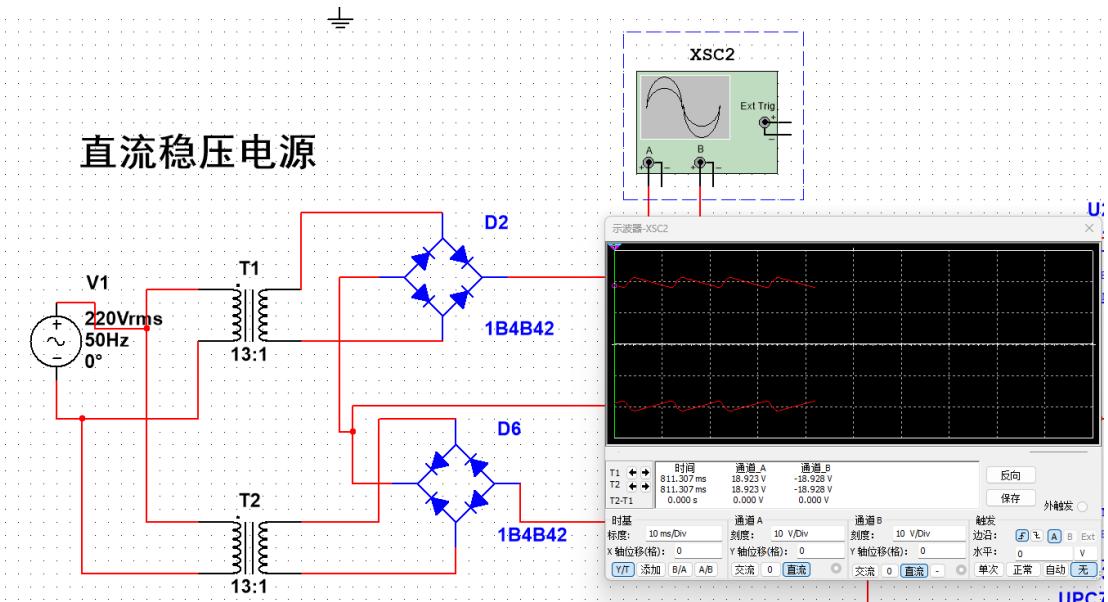


图 5 电容滤波后的波形图

图 5 所示为经过电容滤波作用后两个输出端的信号。它们满足大小相等、方向相反，并且浮动的幅度较窄，证明电容滤波成功。

2.4 稳压电路

为对滤波电路进行稳压处理，我采用了 7812 和 7912 两种三端集成稳压器，以满足题目要求。这两个稳压器被对称配置，以确保输出电压方向相反。稳压电路除了两枚稳压器外，还包含两个 $1\mu F$ 电容和一对对称的 10Ω 电阻。通过这些元件的协同作用，上下输出端可获得稳定的直流电压。这样的设计能够高效地对滤波电路实现稳压功能。

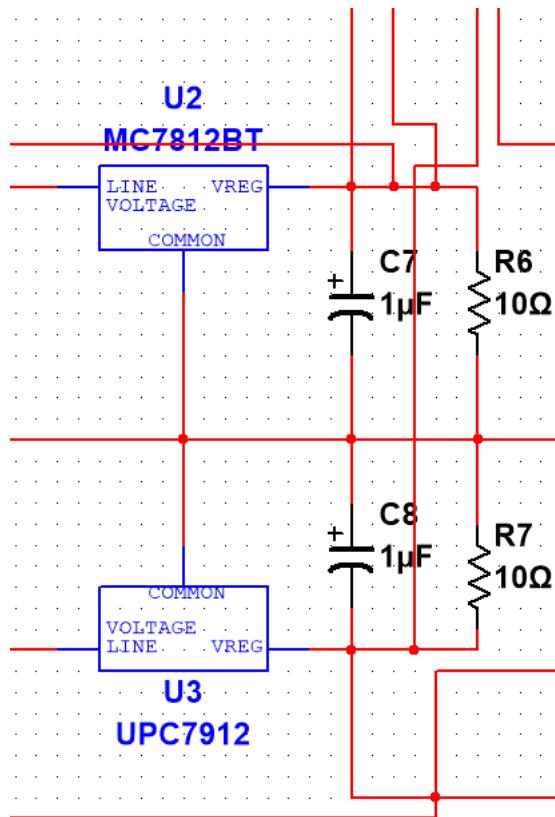


图 6 稳压电路

2.5 对称 $\pm 12V$ 直流稳压电路

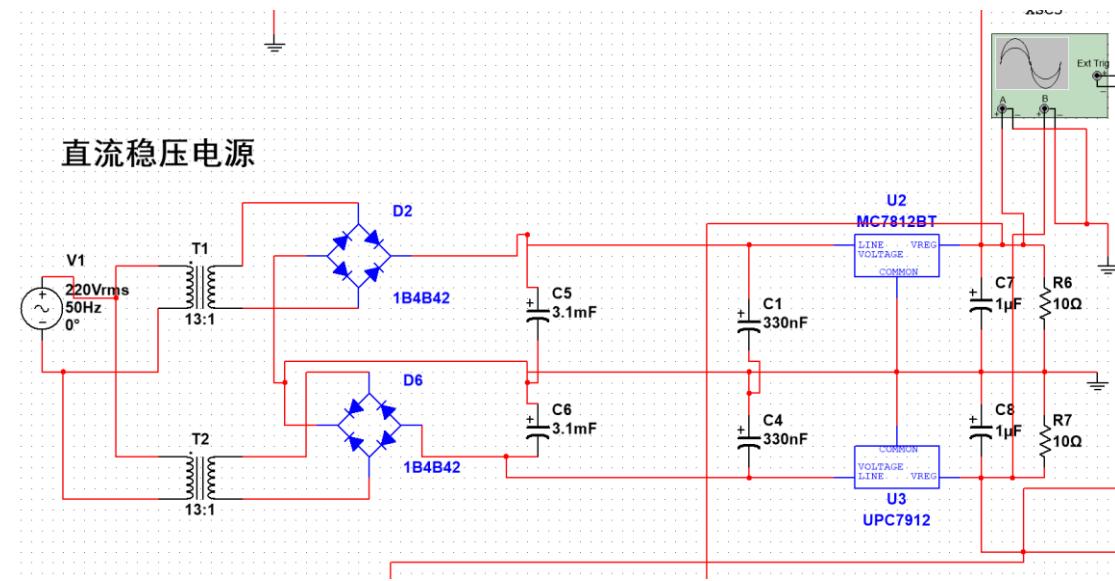


图 7 对称直流稳压电路

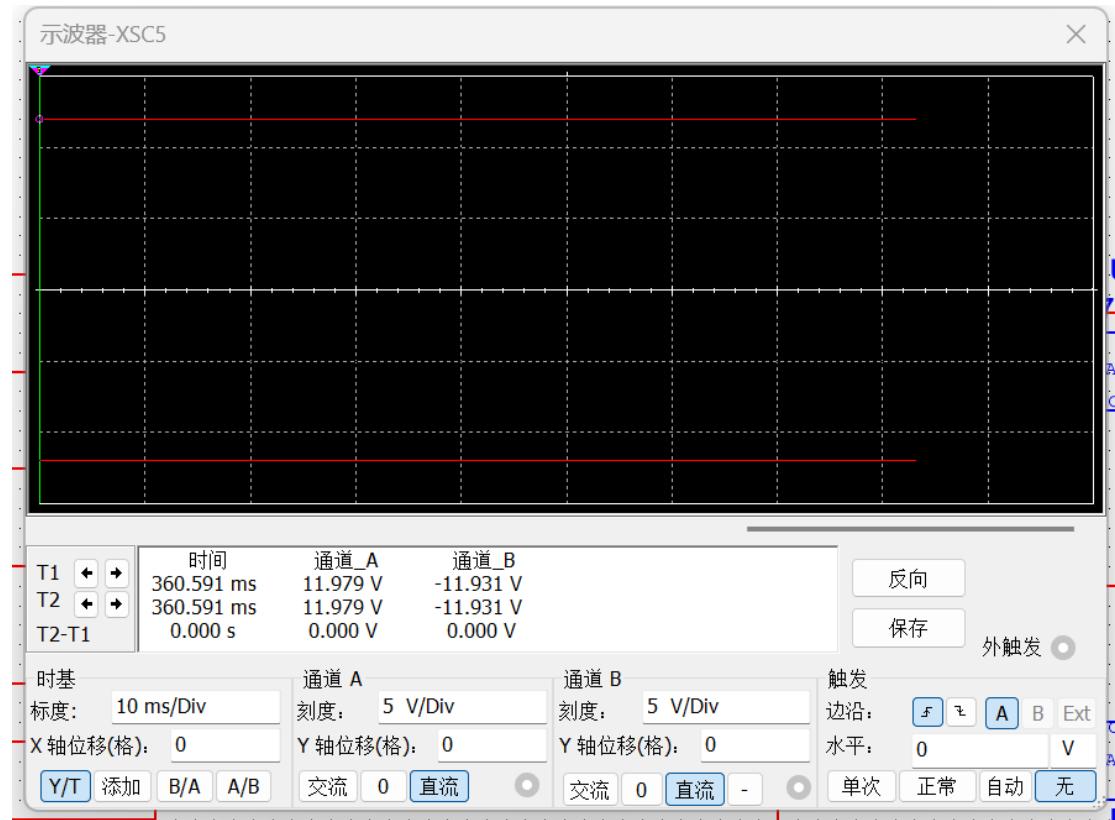


图 8 对称直流稳压波形图

如图所示，当示波器分别接入稳压电路的两个输出端时，观察到电压-时间图呈直线，输出电压分别为 11.979V 和 -11.931V。稳压效果表现良好，因此该电路可以作为直流电源，为其他电路提供稳定的电能。

3 信号发生器的设计

3.1 正弦波信号发生器

3.1.1 原理说明

正弦波信号发生器采用文氏电桥振荡电路，其结构如图 9 所示。该电路包含两部分桥臂：负反馈桥臂由两个电阻组成，正反馈桥臂由并联的 RC 网络与串联的 RC 网络构成并与主电路相连。换句话说，文氏电桥振荡器同时具备正反馈和负反馈特性。

在放大电路中， R_2 、 R_3 将输出的负反馈引入运算放大器的反相输入端，其放大倍数可以表示为：

$$A_u = 1 + \frac{R_2}{R_3}$$

通过调节反馈电阻 R，可以使电路达到起振状态并减小波形失真。如果电路无法起振，通常是因为负反馈过强，此时需要适当增大 R；若波形失真较为明显，则应减小 R。改变选频网络中电容或电阻的参数，可以调整振荡频率以满足需求。

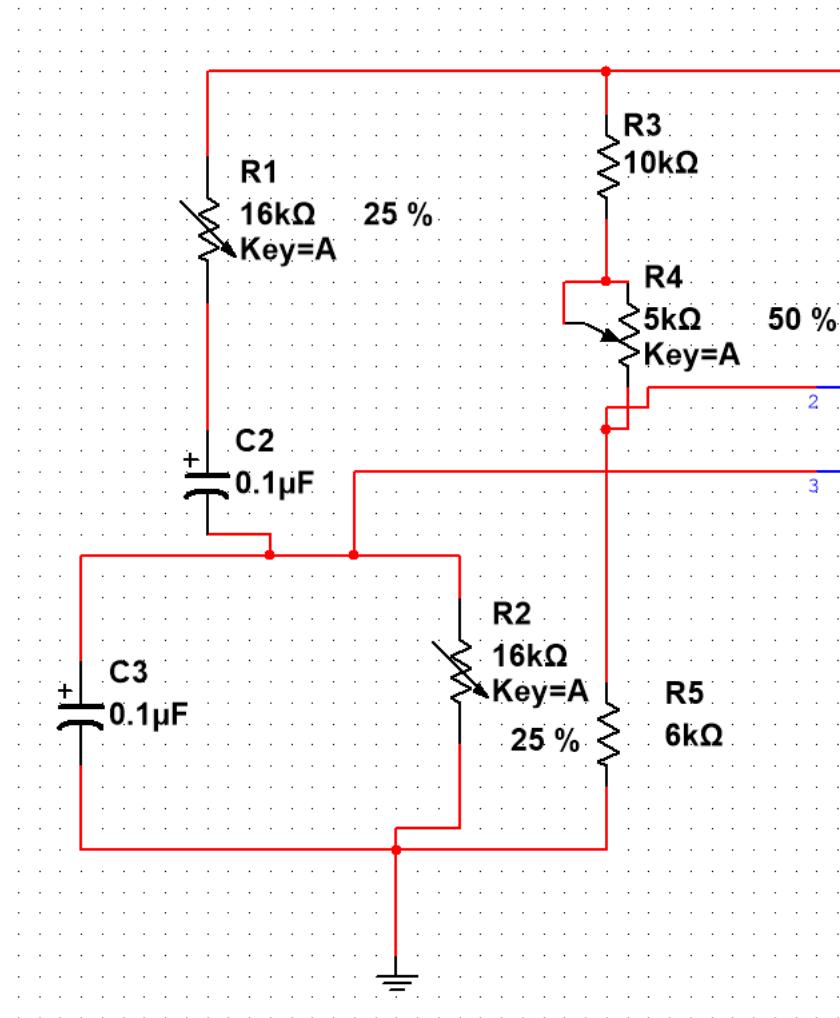


图 9 文氏电桥振荡电路

RC 文氏桥信号发生器的振荡频率由以下公式给出：

$$\text{频率: } f_0 = \frac{1}{2\pi RC}$$

起振条件为： $R_3 + R_4 > 2R_1$

并要求满足以下关系： $R_1=R_2, C_2=C_3$

将具体参数代入计算，可以得出振荡频率的范围：

$$f_{\min} = 96\text{Hz}, \quad f_{\max} = 1.89\text{kHz}$$

如图所示，在起振初期，振幅会逐步波动并增大，最终稳定为正弦波形，振幅为 1.5V。此时，运放输出电压为 3V，振荡频率为 192 Hz。通过分压调节电路，可确保电压峰值稳定在 1.5V。具体电路结构如图所示。

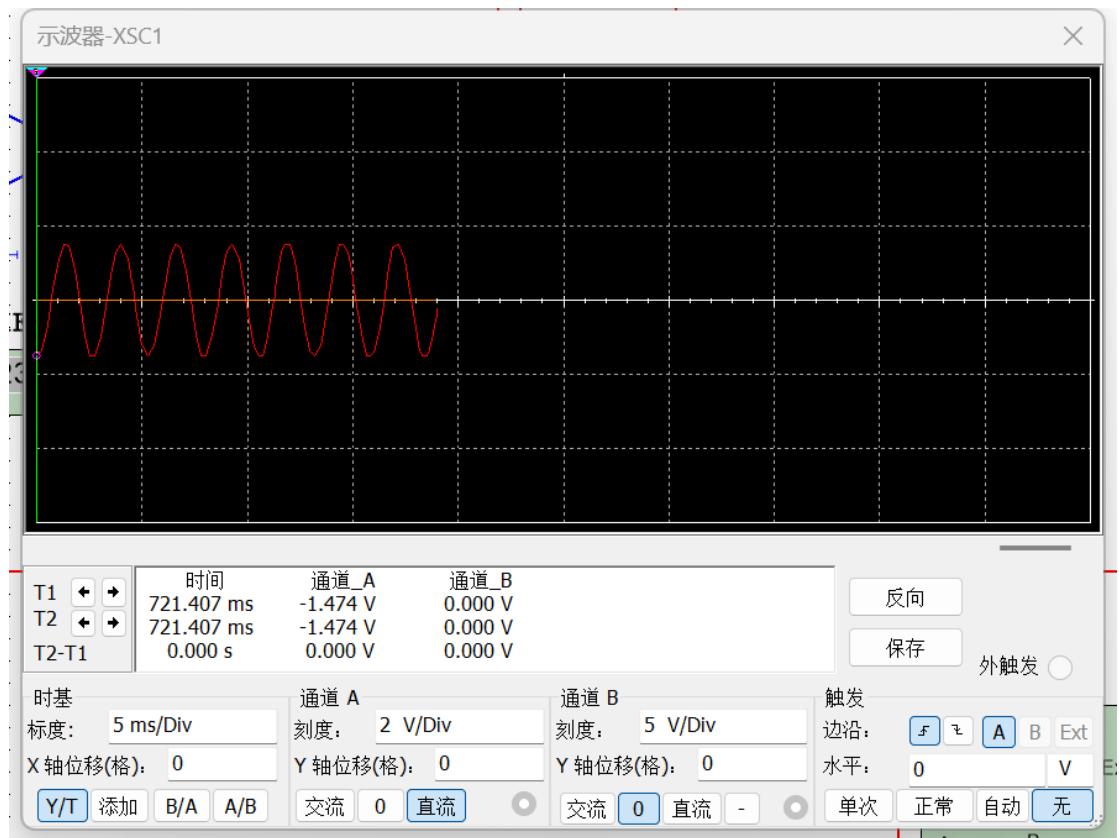


图 10 正弦波信号发生器波形图

经过调节 R_1 和 R_2 ，可以得到不同频率的正弦波信号，如下图所示：



图 11 正弦波信号发生器频率变化图

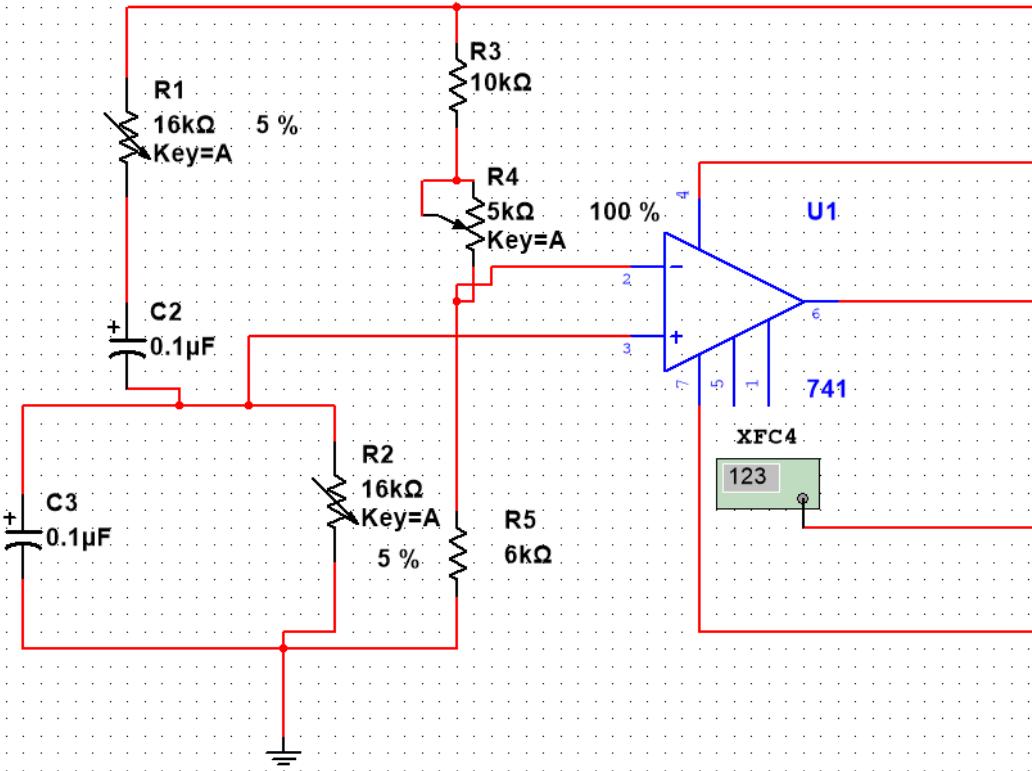


图 12 最大频率正弦波发生器电路图

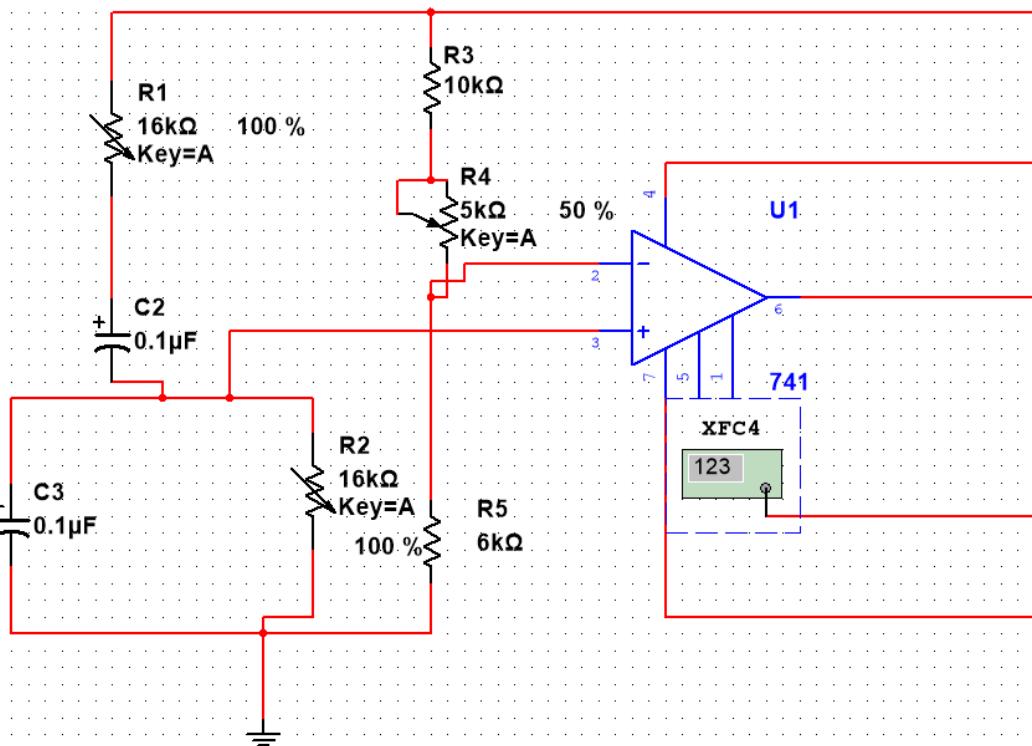


图 13 最小频率正弦波发生器电路图

3.1.2 实验电路

正弦波信号发生器

可调正弦波

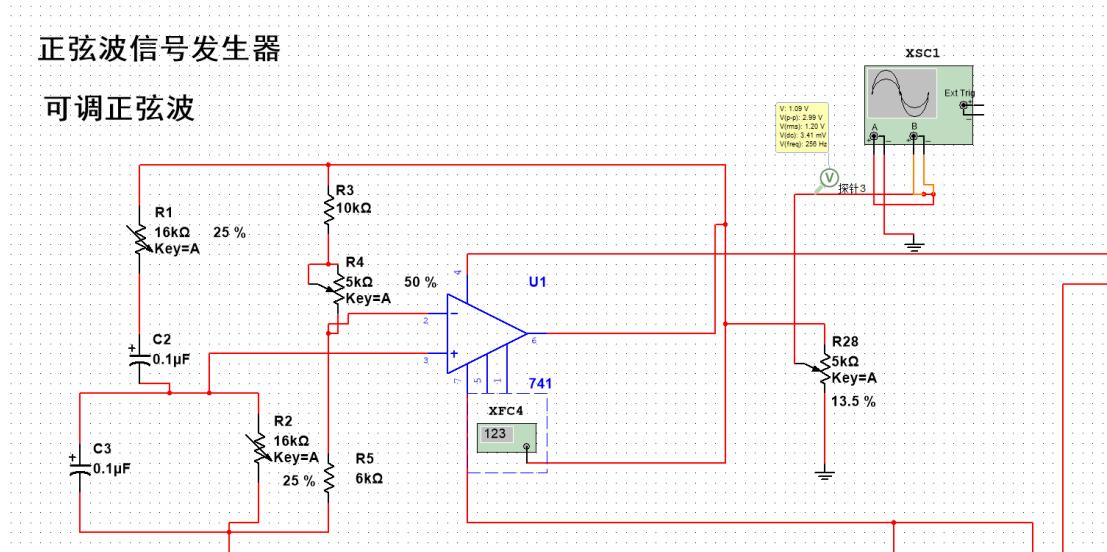


图 14 正弦波信号发生器实验电路图

3.2 方波-三角波信号发生器

3.2.1 原理说明

方波产生电路的原理是一种多谐振荡电路，其核心是基于迟滞比较器的设计。通过将输出电压经由电阻和电容反馈到运算放大器的反相输入端，实现振荡。为了限制输出电压的幅值，电路中加入了两个限流电阻和两个稳压管，使输出电压幅度不会过大。

利用积分电路的原理，方波可进一步转换为三角波。假设输入信号为 U_i ，输出信号为 U_o ，经电阻 R_1 的电流为 I_1 ，经电容 C_F 的电流为 I_F ，电容两端的电压为 u_c 。

根据运放反相输入的特点，可得：

$$u^- = 0 \quad i_1 = i_F = \frac{u_i}{R_1} \quad u_o = u_c = -\frac{1}{C} \int iF dt = -\frac{1}{R_1 C_F} \int u_i dt$$

最终得到输入方波时，输出三角波。

将两者结合后，通过示波器可以观测到一组方波和三角波信号。其中，方波的幅值约为 5.2V，三角波的幅值约为 9V。两种波形的频率相同，均为 71Hz。

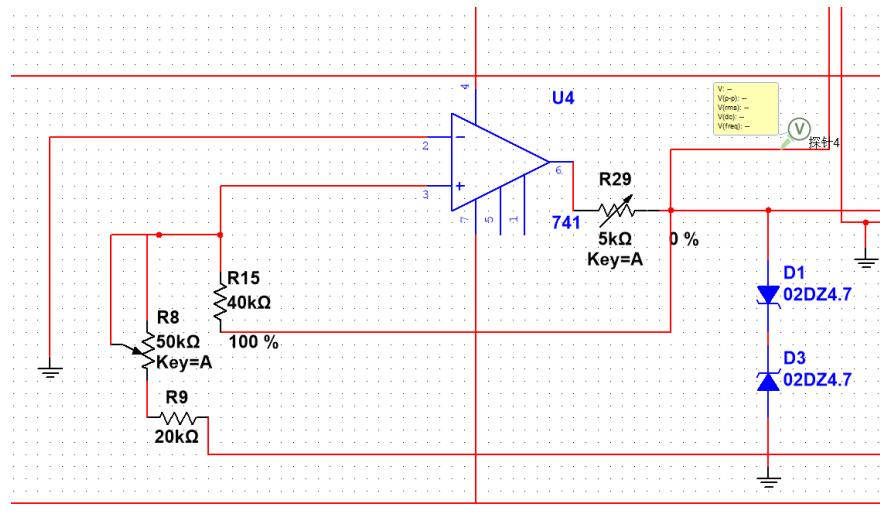


图 15 方波产生原理图

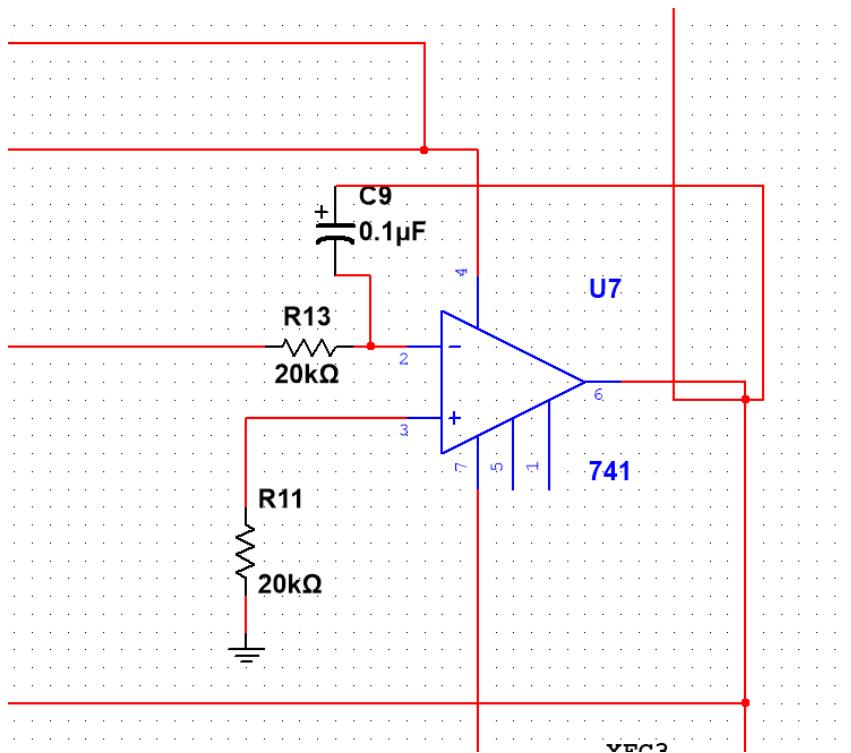


图 16 方波三角波转换原理图

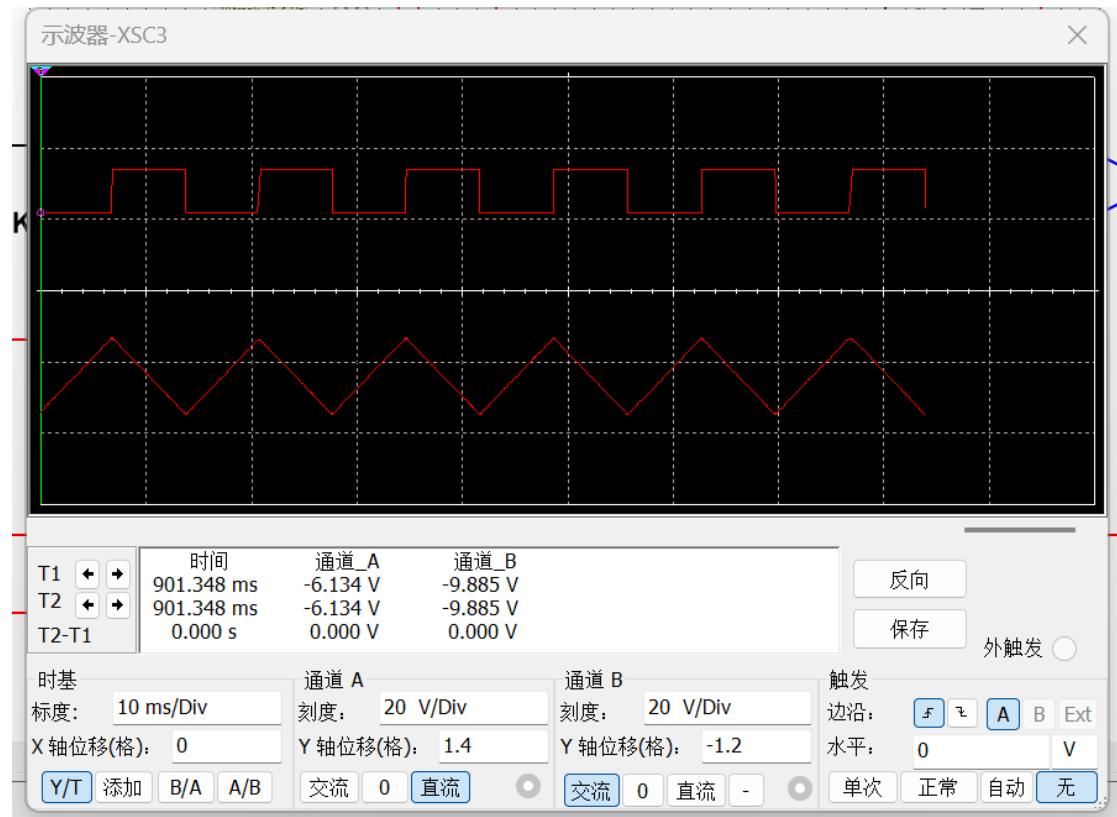


图 17 方波三角波信号发生器波形图

通过调节 R_8 ，结合频率计数器测得实际电路输出波形的频率范围约为 1.7Hz 至 228Hz，与理论值存在一定误差。这种偏差可能是由于电容采用标称值而非精确值，导致理论计算与实际结果之间出现差异。同时，通过调节 R_{29} ，探针测得的输出电压峰峰值可在约 5.2V 至 6.8V 之间进行调节。

3.2.2 实验电路

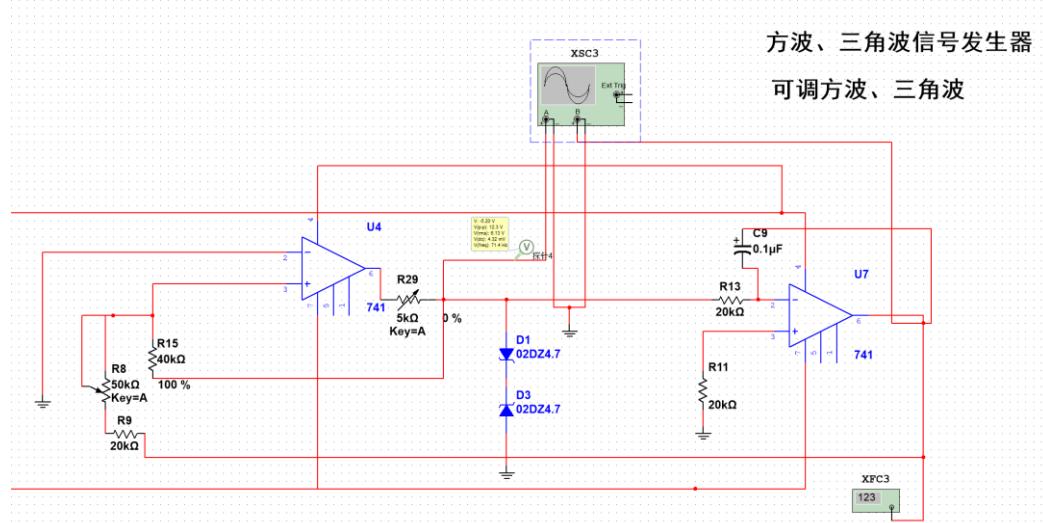


图 18 方波三角波实验电路图

3.3 可调矩形波发生器

3.3.1 原理说明

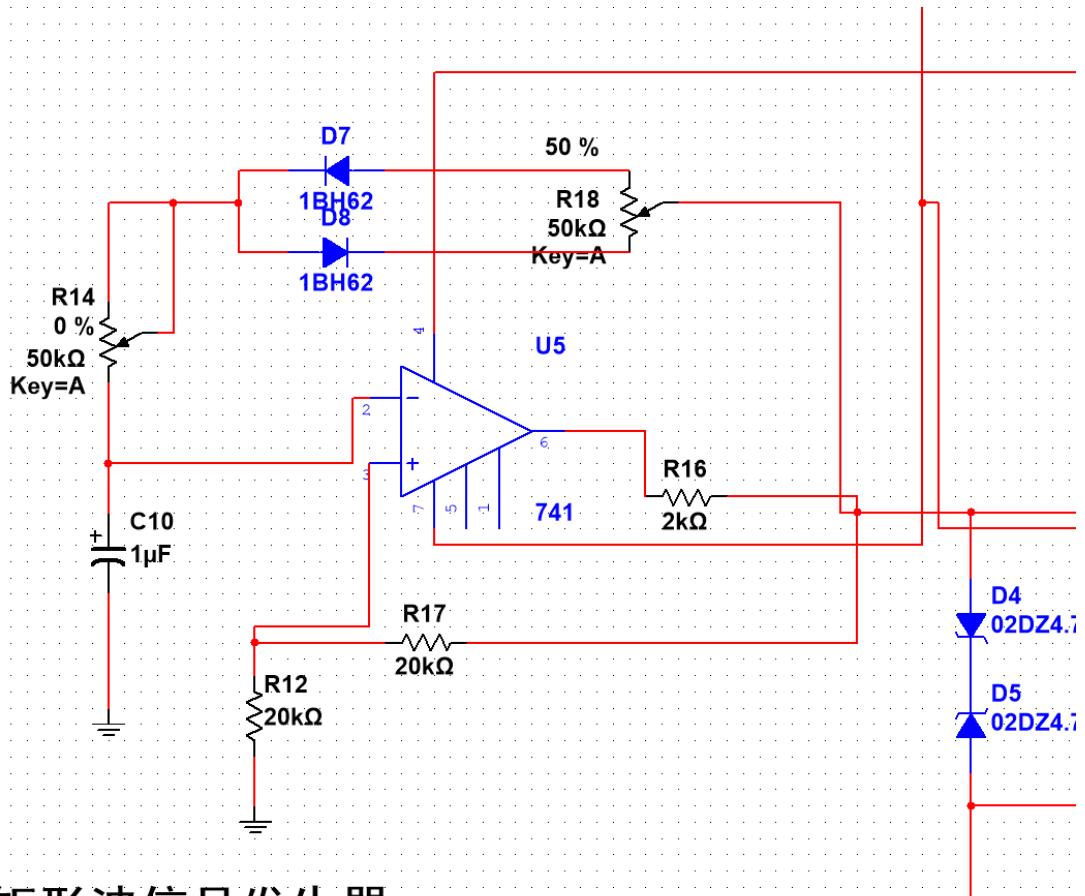
矩形波发生电路由反相输入的滞回比较器和 RC 积分电路组成，其频率和占空比可通过调节电阻和电容参数进行调整。通过改变 R_{12}, R_{14}, R_{17} 和电容 C ，可以改变矩形波的振荡频率；而占空比可通过调节 R_{18} 实现，占空比定义为矩形波一个周期内高电平持续时间与低电平持续时间的比值。

$$\text{振荡周期的计算公式为: } T = 2R_{14}C * \ln\left(1 + \frac{2R_{12}}{R_{17}}\right)$$

在实验中，设定 $R_{18} = 25k\Omega$, $R_{17} = 20k\Omega$, $C = 1\mu F$ ，为了简化计算和操作，仅考虑通过调节 R_{14} 改变频率的情况。经过计算，该电路的频率范围为：6.28Hz 至 17.69Hz。

积分电路的时间常数对矩形波形的上升和下降斜率产生影响。当正向积分时间常数远大于反向积分时间常数，或反向积分时间常数远大于正向积分时间常数时，输出电压的上升和下降斜率会有较大差异，从而实现占空比可调的矩形波输出。

如图所示，通过调节 R_{14} 改变频率，频率变化波形图展示了从最低到最高频率的变化范围。此外，通过调节电位器 R_{18} 实现占空比调整后，可观测到不同占空比的矩形波形图。



矩形波信号发生器

图 19 可调矩形波发生器原理图

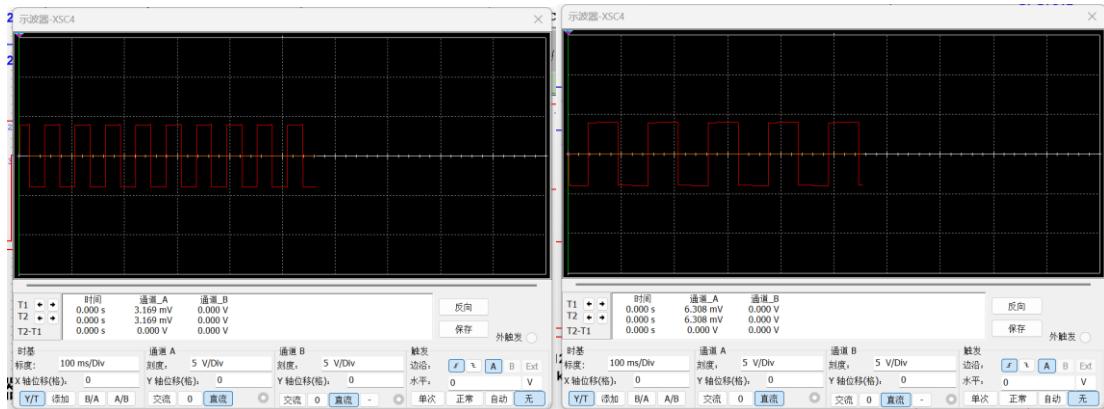


图 20 频率变化波形图

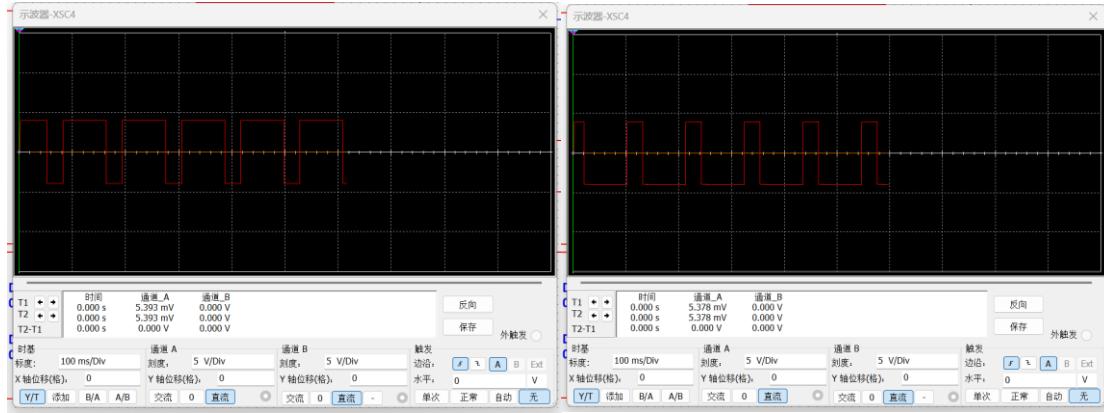


图 21 占空比变化波形图

3.3.2 实验电路

调节 R_{14} 至 0%，可以得到最大频率电路，频率为 17.35Hz。

调节 R_{14} 至 100%，得到最小频率电路，频率为 5.95Hz。

矩形波的调幅原理基于简单的分压电路设计。为了防止输出幅值降为零，在电路下方串联了一个 $2\text{k}\Omega$ 的电阻用于分压。通过调节可变电阻 R_{24} ，可以实现幅值的灵活调整，使输出幅值范围在 220mV 到 5.5V 之间变化，从而满足不同的信号幅值需求。

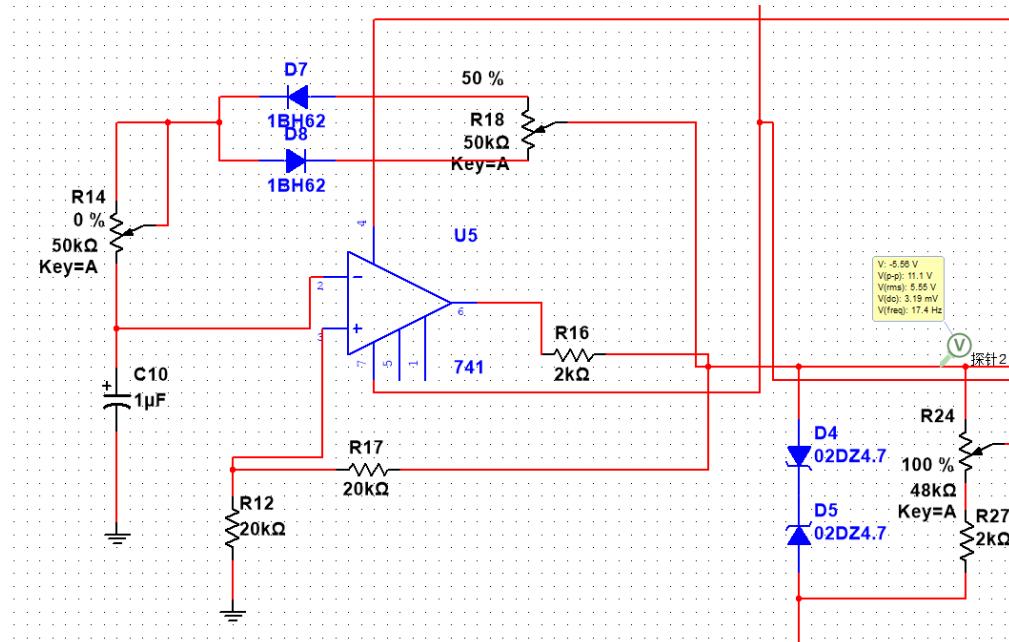


图 22 最大频率矩形波发生器电路图

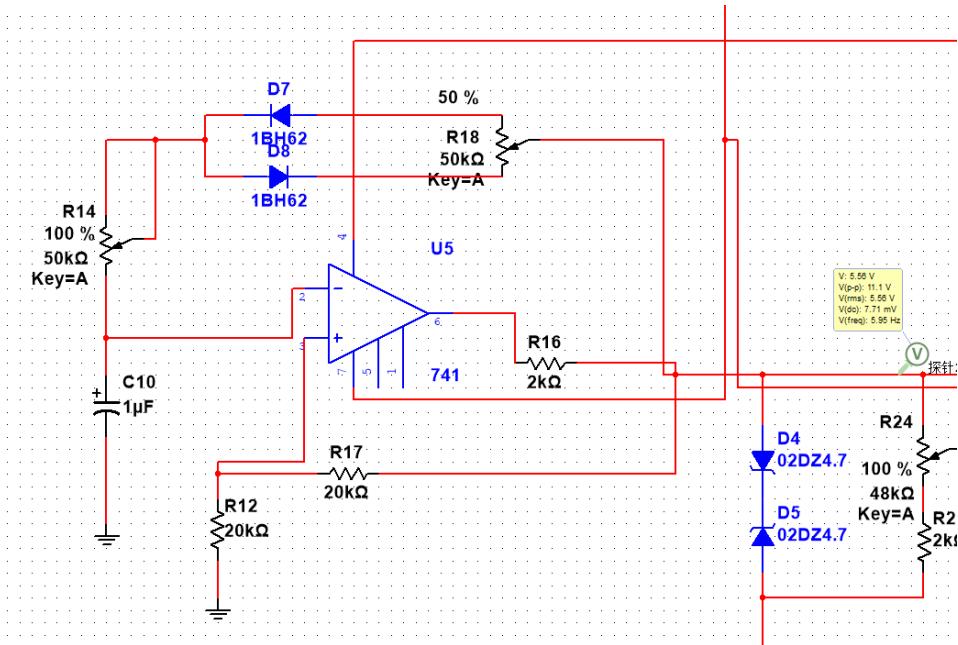


图 23 最小频率矩形波发生器电路图

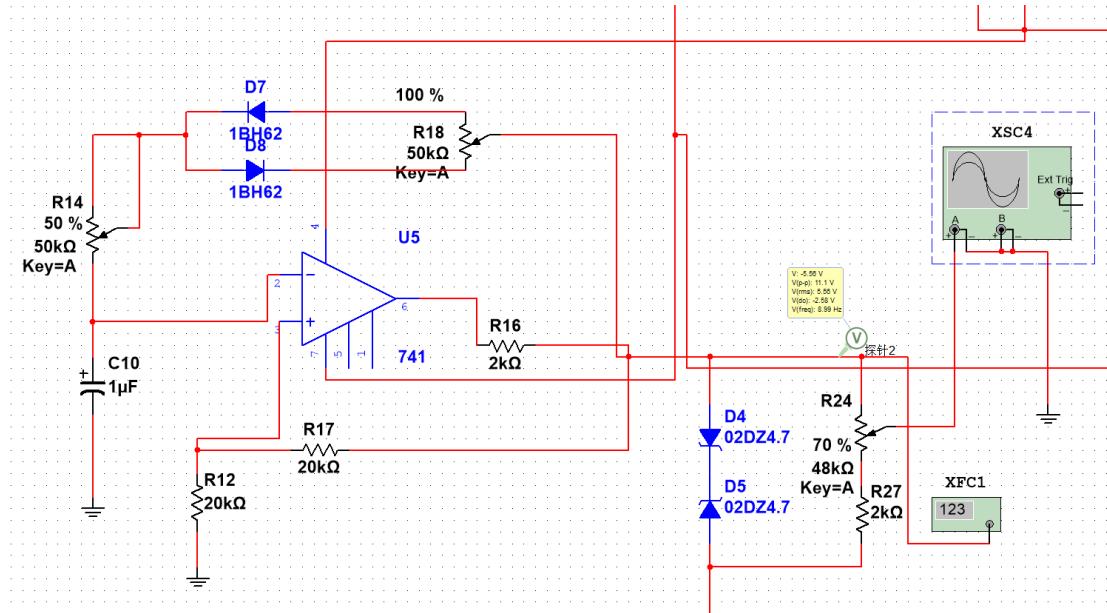


图 24 可调矩形波发生器实验电路图

3.4 可调锯齿波发生器

3.4.1 原理说明

可调锯齿波发生器利用比较器和积分器的协同作用生成锯齿波，并支持波形参数的灵活调节。比较器限制了波形的上下边界，而积分器通过将比较器输出的矩形波积分为锯齿波来完成信号转换。通过反馈机制，积分器输出被回送至比较

器，以实现波形幅度和频率的自动调节。

电路中，三个电位器分别用于调整频率、幅度及锯齿波的斜率。具体来说，电位器 R_{25} 控制上下坡的斜率， R_{21} 调节波形频率，而 R_{20} 主要用来改变幅度。但需要注意，调节 R_{20} 时可能会引起频率变化，这与电容充放电周期的改变有关。

在电路工作初始阶段，假设比较器输出为高电平，同时积分电容初始电压为零。此时，同相输入电压 U_+ 由反馈电路决定，根据叠加原理可表示为：

$$U_+ = \frac{R_1}{R_1 + R_2} * U_{ol} + \frac{R_2}{R_1 + R_2} * U_o$$

当 $U_{ol}=+U_z$ 时，积分器输出电压 U_o 会随时间线性下降，直到减小至 $U_+=U_- = 0$ 。此时，比较器输出发生跳变， U_{ol} 变为 $-U_z$ ，积分器输出开始线性上升。该过程反复进行，最终形成锯齿波输出 U_o 。

可知，当 U_{ol} 发生跳变时，锯齿波输出 U_o 达到最大值 U_{om} ，而 U_{ol} 发生跳变的条件是： $U_+=U_- = 0$ ，将条件 $U_{ol} = -U_z$, $U_+ = 0$ 代入可得：

$$0 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} * (-U_z) + \frac{R_2}{R_1 + R_2} * U_{om}$$

由此可得锯齿波输出的幅度为：

$$U_{om} = \frac{R_1}{R_2} U_z$$

这表明滑动变阻器的调节能够直接影响波形幅度及频率。

实验选用元器件后计算得信号频率可调范围约为 10Hz 至 2.35kHz，但实际测试中发现频率范围为 16.6Hz 至 2.14kHz。通过固定 $R_{20} = 26k\Omega$ ，得到了峰值为 10.1V 的稳定锯齿波。此外，虽然降低幅度会导致波形不稳定，但选取合适电位器参数后仍能获得清晰的波形。

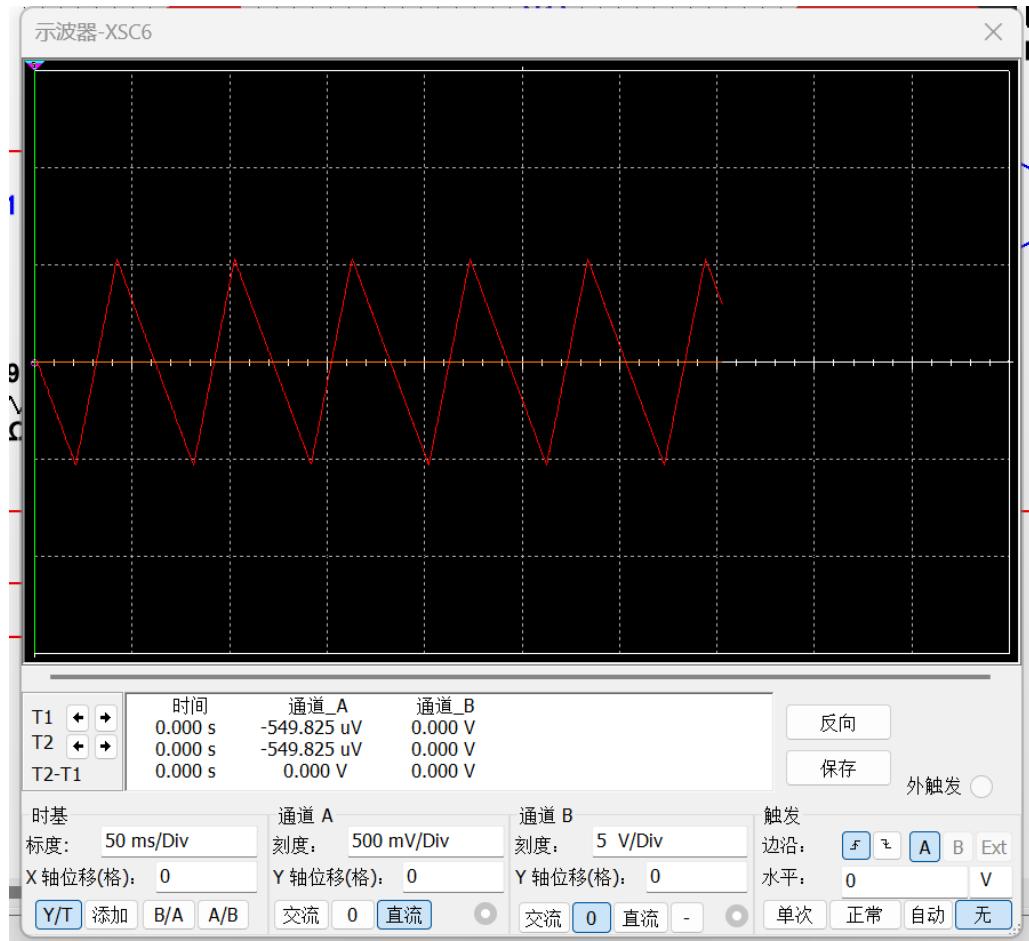


图 25 频率波形图

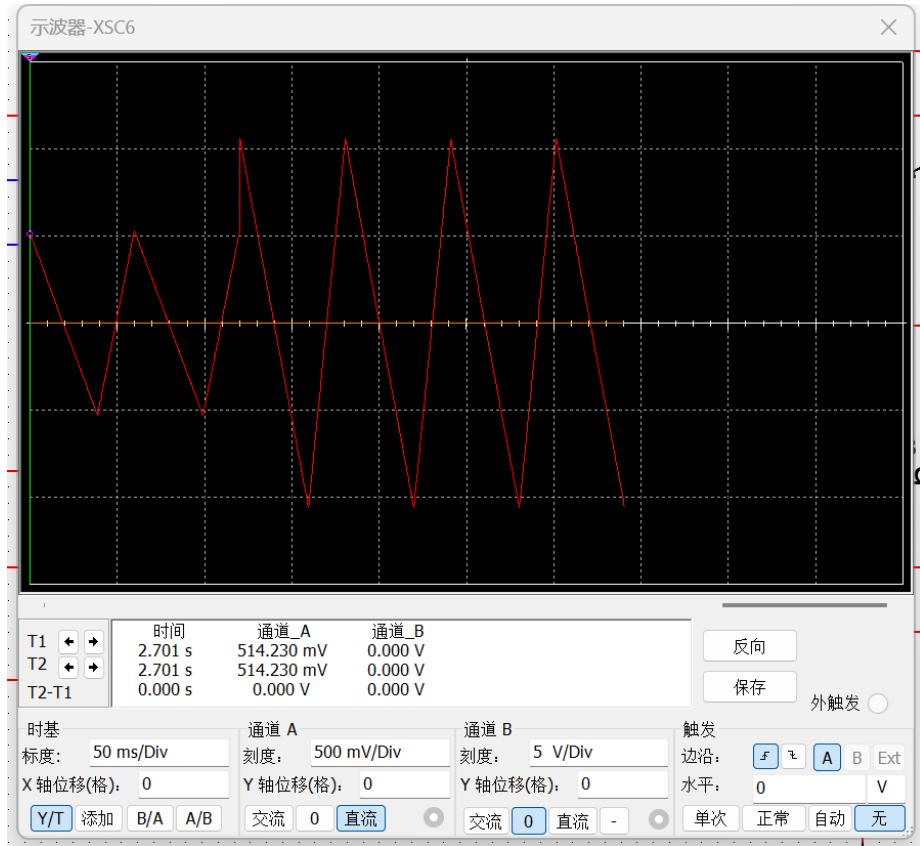


图 26 幅度变化波形图

调整 R_{25} 可以改变锯齿波的上下坡斜率。例如，当减小 R_{25} 时，上坡斜率降低，下坡斜率升高；反之亦然。

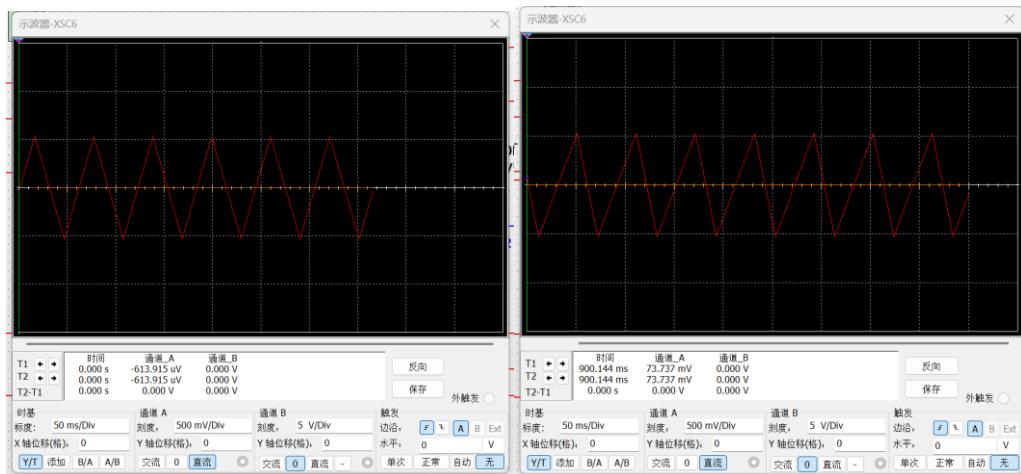


图 27 斜率变化的波形图

通过改变 R_{20} 和 R_{21} 的阻值，可以灵活调节频率。在实验中，最高频率为 2.14kHz，最低频率为 16.6Hz。频率变化时可能伴随波形失真，因此需平衡参数以优化输出。

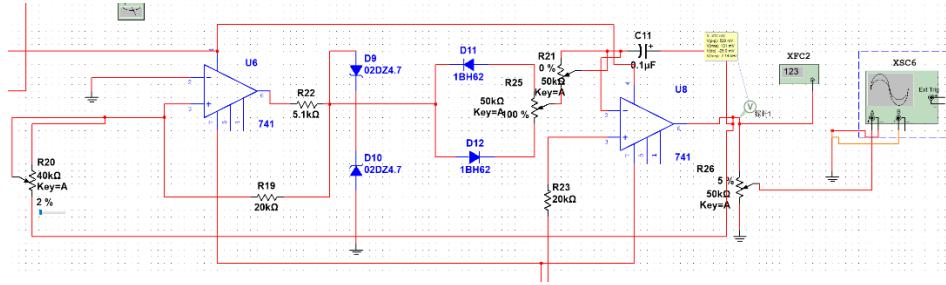


图 28 最大频率锯齿波实验图

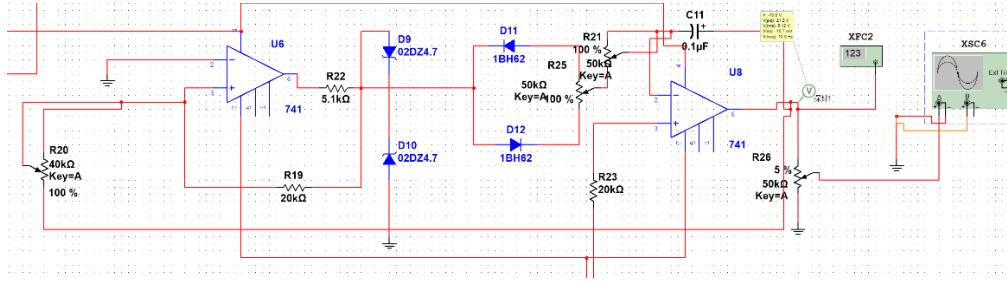


图 29 最小频率锯齿波实验图

3.4.2 实验电路

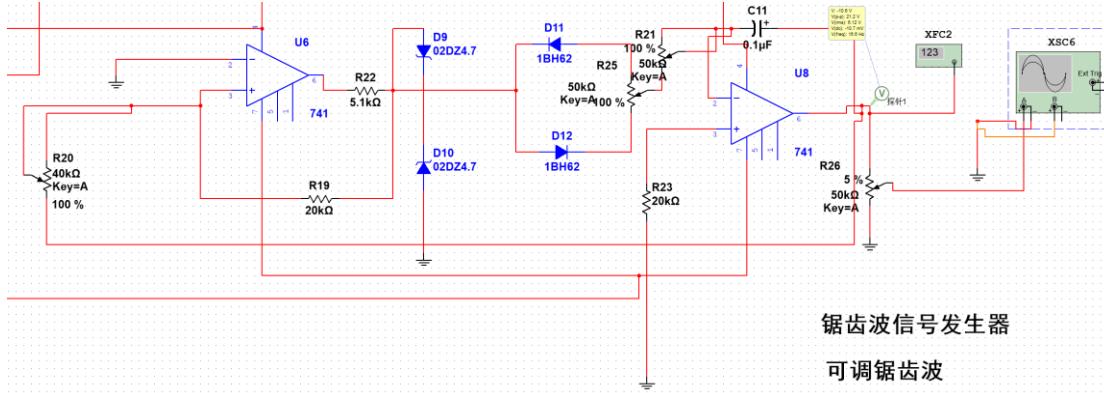


图 26 可调锯齿波发生器实验电路

4 课程设计总结

通过本次课程设计的实践，我系统地掌握了直流稳压电源和信号发生器的设计方法和调试过程，并对相关理论知识有了更深刻的理解。

课程设计将理论与实际结合，强化了对电子元器件工作原理和电路设计方法的理解。例如，通过对变压器、整流电路、滤波电路和稳压电路的逐步搭建和调试，我深入掌握了三端集成稳压器的特性及其在直流稳压电源中的作用。同时，在信号发生器的设计中，通过分析不同类型信号的生成原理，如正弦波、方波、三角波、矩形波和锯齿波等，进一步理解了运算放大器在信号处理中的关键作用。

通过此次实验，我对电路设计的完整流程有了系统化的认识。从理论分析到

电路设计、参数计算，再到仿真验证和结果分析，每一个环节都需要细致入微的处理。例如，在设计±12V 对称稳压电源时，变压器匝数比的计算、电容的选择及滤波效果的优化等均需要精确处理。在信号发生器部分，通过调整反馈电阻、电容等元件的参数，成功实现了输出频率和波形幅值的可调节性。这些实践锻炼了我的分析和解决问题的能力，同时让我体会到工程设计中参数选取和优化的重要性。

在课程设计中，我不仅通过仿真软件验证了电路设计的正确性，还将仿真结果与理论计算结果进行对比分析，验证了电路的性能指标。这种过程让我认识到仿真工具在电路设计中的重要作用，同时也让我意识到实验环境与实际应用中的偏差来源，例如元器件的非理想特性及环境因素的影响。

尽管设计任务顺利完成，但在实验过程中也发现了一些问题。例如，在滤波电路中，由于电容值选择的不够精确，导致输出波形的纹波较理论值略高；在信号发生器设计中，调节部分参数时出现了频率偏差，主要原因是实际元器件参数与标称值存在差异。这些问题提醒我，在今后的设计中需要更加关注元器件的实际性能，同时合理增加误差分析环节，以提高设计的可靠性和精度。

通过本次课程设计，我不仅巩固了电路与电子技术的理论基础，还锻炼了动手能力、工程设计能力以及分析与解决实际问题的能力。在未来的学习和研究中，我将以此为基础，不断提升自己在电子技术领域的综合能力。

5 参考文献

- [1] 龙胜春 电路与模拟电子技术基础教程 清华大学出版社 2018 年 9 月
- [2] 童诗白, 华成英 模拟电子技术基础(第四版). 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [3] 王红艳, 徐蕾韩, 春松 基于 Multisim10 的可调直流稳压电源设计与实验 齐齐哈尔大学学报(自然科学版). 2008 24(04)
- [4] 吴凌燕 基于 Multisim 10 的正弦波振荡电路仿真电子测量技术. 2011, 30(07)
- [5] 诸丽娜, 左先章, 王瑾. Multisim 软件在三角波发生电教学中的应用 [电气电子教学学报]
- [6] 王廷才 基于 Multisim 的电路仿真分析与设计[计算机工程与设计]. 2004, (4)
- [7] 吴海云, 左月明, 杨威 基于 Multisim 的整流滤波电路仿真分析[山西农业大学学报(自然科学版)]. 2012, (3)