

浙江大学实验报告

专业：电气工程及其自动化

姓名：潘谷雨

学号：3220102382

日期：2024.3.12

地点：紫金港东三 406

课程名称：模拟电子技术实验 指导老师：张伟 成绩：_____

实验名称：电压比较器及其应用实验 同组学生姓名：杨骥恺

一. 实验目的

1. 了解电压比较器与运算放大器的性能区别；
2. 掌握电压比较器的结构及特点；
3. 掌握电压比较器电压传输特性的测试方法；
4. 学习比较器在电路设计中的应用。

二. 实验仪器

模拟电路实验箱（内含±12V 直流电源和 GND）、DG1022 信号发生器、GPD-4303S 直流稳压源、DSOX1102G 示波器、LM393 芯片、LM358 芯片。

三. 实验内容

1. 基本比较器

（1）过零电压比较器电路如图 1.1 所示，采用 LM393 做比较器，设计过零电压比较器电路，反相输入端接地，同相输入端接 1kHz、1V 正弦波信号，测量并绘制输出波形和电压传输特性曲线，并测量输出方波的上升时间与下降时间。

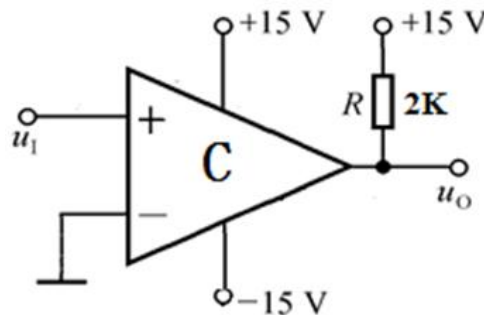


图 1.1 过零电压比较器电路示意图

（2）采用 LM358 做比较器，设计过零电压比较器电路，反相输入端接地，同相输入端接 1kHz、1V 正弦波信号，测量并绘制输出波形和电压传输特性曲线；测量输出方波的上升时间与下降时间并与 LM358 的 SR 比较。（输出不需要上拉电阻）。

（3）采用 LM393 做比较器，设计单门限比较器电路，反相输入端接一可调输入电压 U_{in} ，同相输入端接 1kHz、5V 三角波信号，测量并绘制输出方波占空比与输入电压 U_{in} 的关系，理解 PWM 的生成原理。

2. 迟滞比较器

迟滞比较器电路如图 2.1 所示，设计反相输入（下行）滞回电压比较器，反相输入端接 1kHz、5V 正弦波信号，要求回差电压为 0.5V。测量并绘制输出波形和电压传输特性曲线。

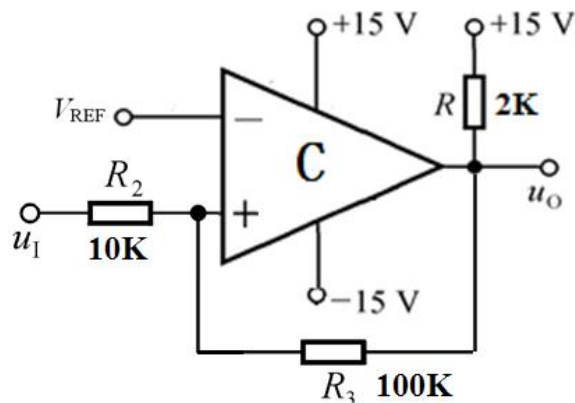


图 2.1 迟滞比较器电路示意图

3. 窗口电压比较器

设计窗口电压比较器电路，输入为 1kHz、5V 三角波信号，设置参考电压 V_{ref1} 为 1V 直流电压，参考电压 V_{ref2} 为 4V 直流电压，测量并绘制输出波形和电压传输特性曲线。

4. 三态电压比较器

设计三态电压比较器电路：输入电压信号 V_{in} 为 1kHz、幅值为 5V 三角波信号；当输入 $V_{in} < V_{ref1}$ 时，输出 $V_{out} = VOL$ ；当输入 $V_{ref2} > V_{in} > V_{ref1}$ 时，输出 $V_{out} = 0V$ ；当输入 $V_{in} > V_{ref2}$ 时，输出 $V_{out} = VOH$ 。其中： $V_{ref1} = -2.5V$ ， $V_{ref2} = +2.5V$ 。

四. 实验步骤、数据记录及结果分析

1. 基本比较器

1.1 LM393 过零电压比较器

(1) 搭建电路

根据实验原理确定电路各参数如图 1.2。

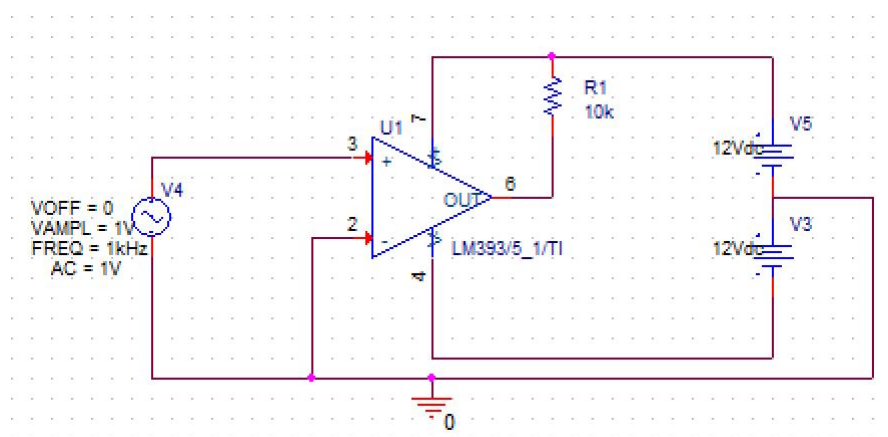


图 1.2 LM393 过零电压比较器电路

(2) 显示结果

接通 $\pm 12V$ 电源，信号源输出 1kHz、 $V_{pp}=1V$ 的正弦波，示波器 CH1 测量输入电压 $v(i)$ ，CH2 测量输出电压 $v(o)$ ，显示波形如图 1.3 所示，电压传输特性曲线如图 1.4 所示。

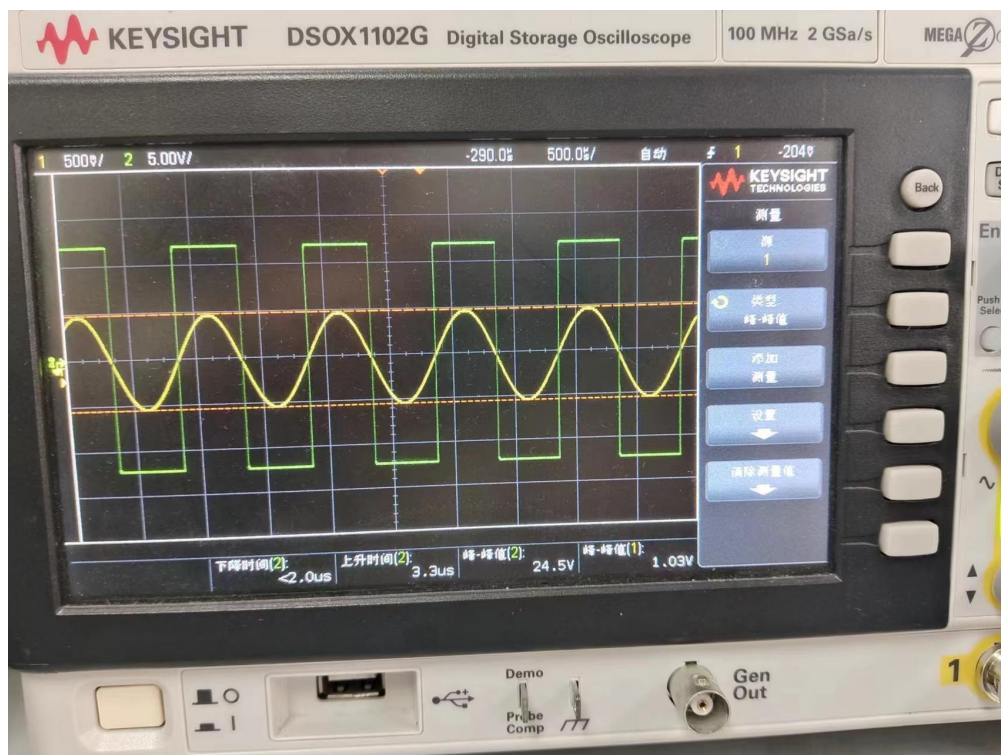


图 1.3 输入电压 $v(i)$ 与输出电压 $v(o)$ 波形图

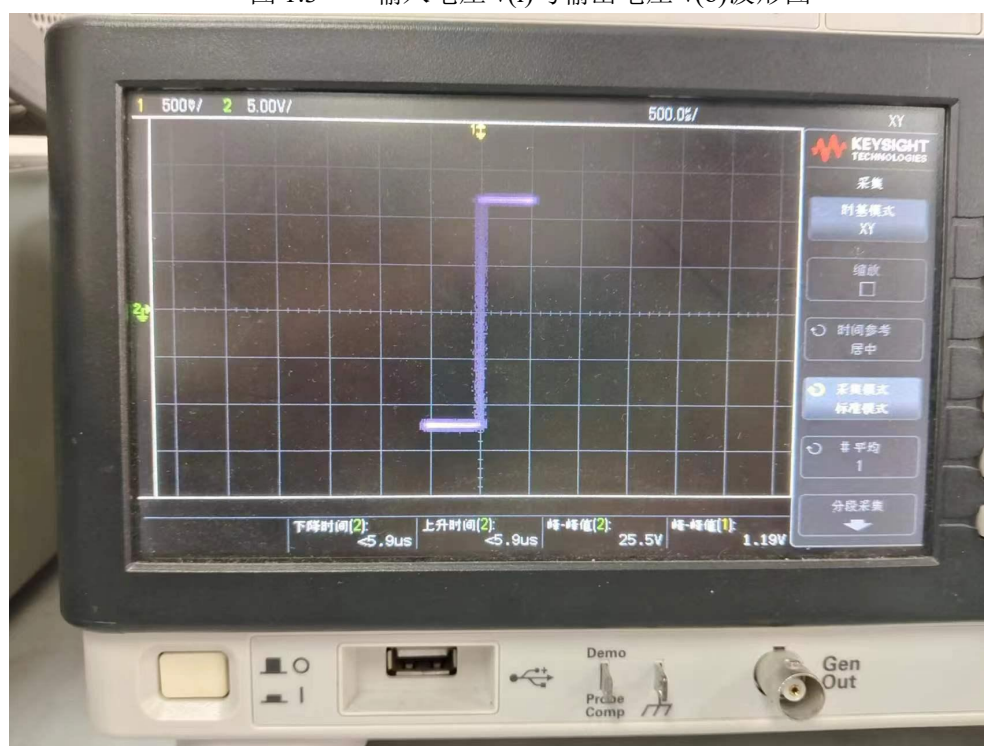


图 1.4 电压传输特性曲线

示波器读出输入电压峰峰值 1.03V，输出电压峰峰值 24.5V，输出方波电压与正弦波同频率同相位，上升时间 3.3us，下降时间小于 2us，取电压变化时间 2us， $SR=24.5V/2us=12.25V/us$ 。从图 1.4 电压传输特性曲线看出，当输入电压 V_{in} 大于 0 时，输出电压 $V_{out}=V_{OH}$ ；反之，当输入电压 $V_{in}<0$ 时，输出 $V_{out}=V_{OL}$ ，如图 1.5 所示。

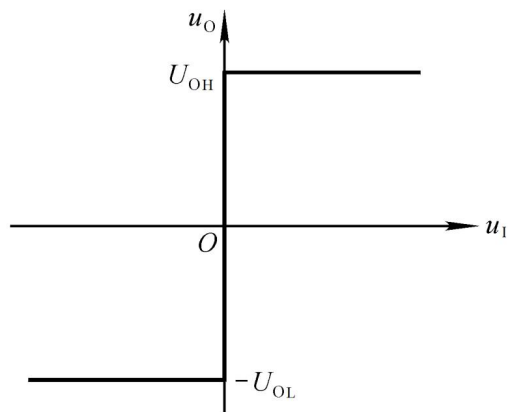


图 1.5 过零电压比较器电压传输特性曲线示意图

1.2 LM358 过零电压比较器

(1) 搭建电路

将图 1.2 中 LM393 芯片替换为 LM358 芯片，并去除上拉电阻 R1。

(2) 显示结果

接通 $\pm 12\text{V}$ 电源，信号源输出 1kHz 、 $V_{pp}=1\text{V}$ 的正弦波，示波器 CH1 测量输入电压 $v(i)$ ，CH2 测量输出电压 $v(o)$ ，显示波形如图 1.6 所示，电压传输特性曲线如图 1.7 所示。

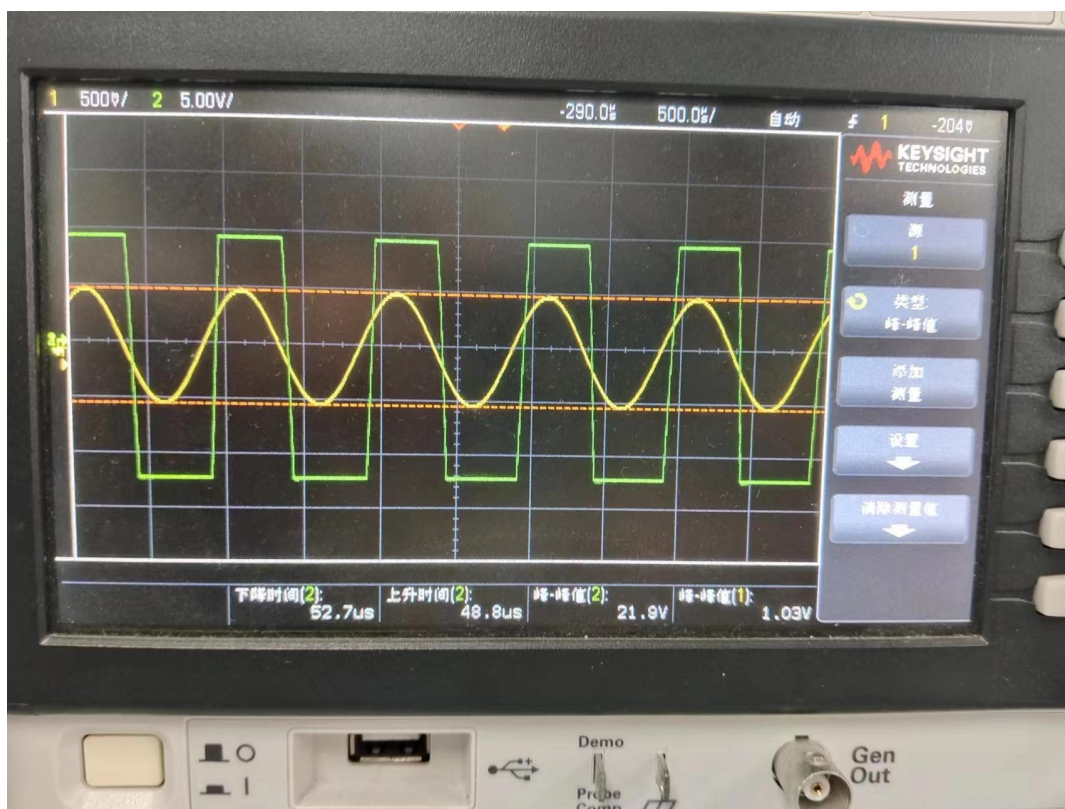


图 1.6 输入电压 $v(i)$ 与输出电压 $v(o)$ 波形图

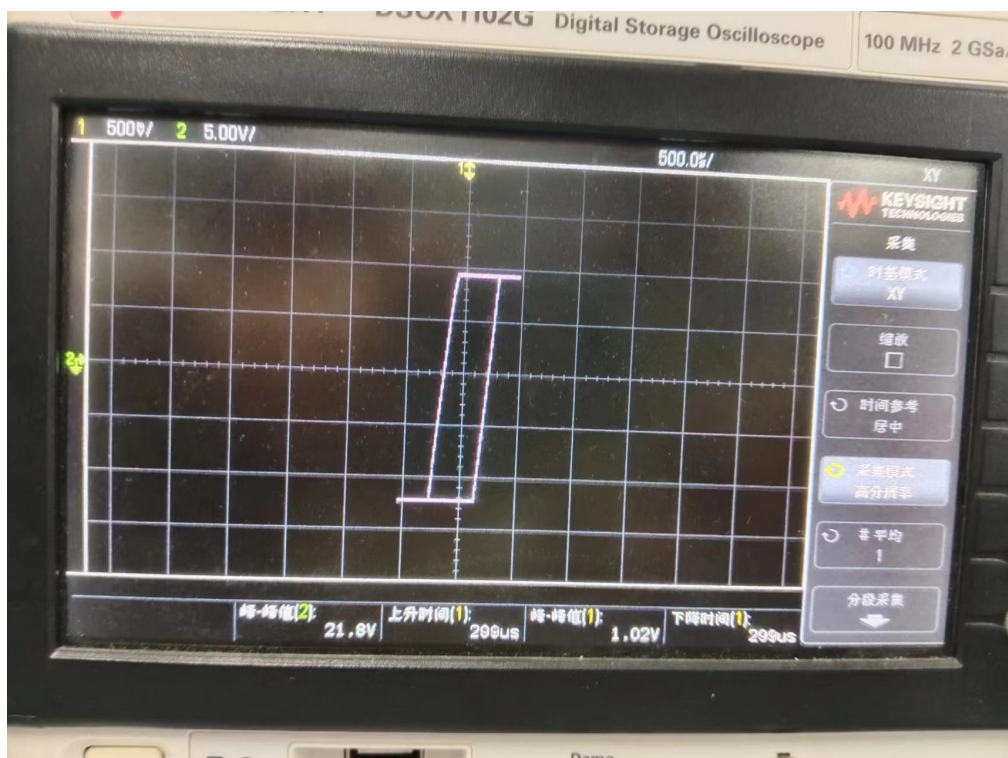


图 1.7 电压传输特性曲线

示波器读出输入电压峰峰值 1.03V，输出电压峰峰值 21.9V，上升时间 48.8us，下降时间 52.7us，取电压变化时间 48.8us， $SR=21.9V/48.8\mu s=0.45V/\mu s$ ，远小于 LM393 过零电压比较器的 SR 指标，输出方波电压与正弦波同频率，相位落后，电压传输特性曲线呈现类似回滞现象。这是因为当输入电压下降（上升）至 0，输出方波电压才开始下降（上升），而 LM358 的下降沿（上升沿）较大，导致输出电压零点滞后，电压传输特性曲线无法达到理想情况。

1.3 单门限比较器

(1) 搭建电路

以图 1.2 参数搭建电路，同相输入端（3 脚）接信号源输出端 CH1，输入 1kHz、 $V_{pp}=5V$ 三角波，反相输入端（2 脚）接信号源输出端 CH2，记反相输入端电压为 U_{in} 。

(2) 调节输入电压

调节信号源使得 CH2 输出 1kHz、 $V_{pp}=4V$ 的正弦波。

(3) 显示结果

接通 ±12V 电源，示波器 CH1 测量同相输入端电压 $v(i)$ （三角波），CH2 测量输出电压 $v(o)$ ，显示波形如图 1.8 所示。

(4) 多次实验改变输入电压 U_{in}

①继续调节信号源，使得 CH2 输出 1kHz、 $V_{pp}=1V$ 的正弦波，重复步骤（3），示波器显示波形如图 1.9 所示。

②调节信号源，使得 CH2 输出 1kHz、 $V_{pp}=2V$ 的正弦波，重复步骤（3），示波器显示波形如图 1.10 所示。

②调节信号源，使得 CH2 输出 2kHz、 $V_{pp}=6V$ 的正弦波，重复步骤（3），示波器显示波形如图 1.11 所示。

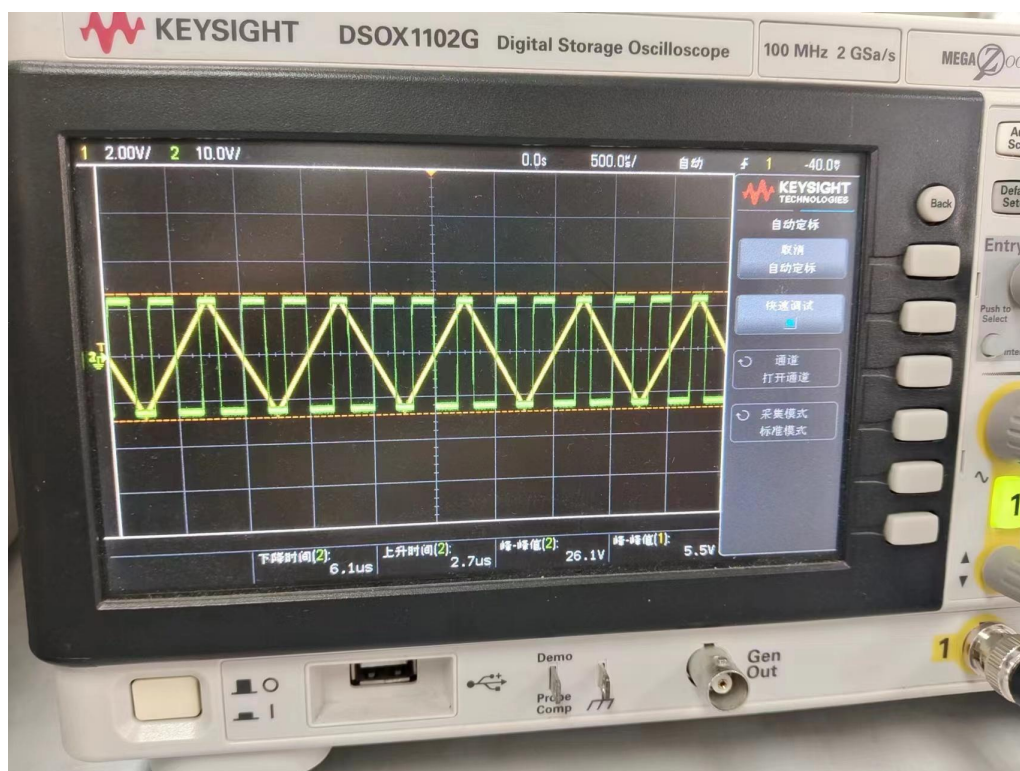


图 1.8 输入电压 $v(i)$ 与输出电压 $v(o)$ 波形图 (U_{in} : 1kHz、 $V_{pp}=4V$)

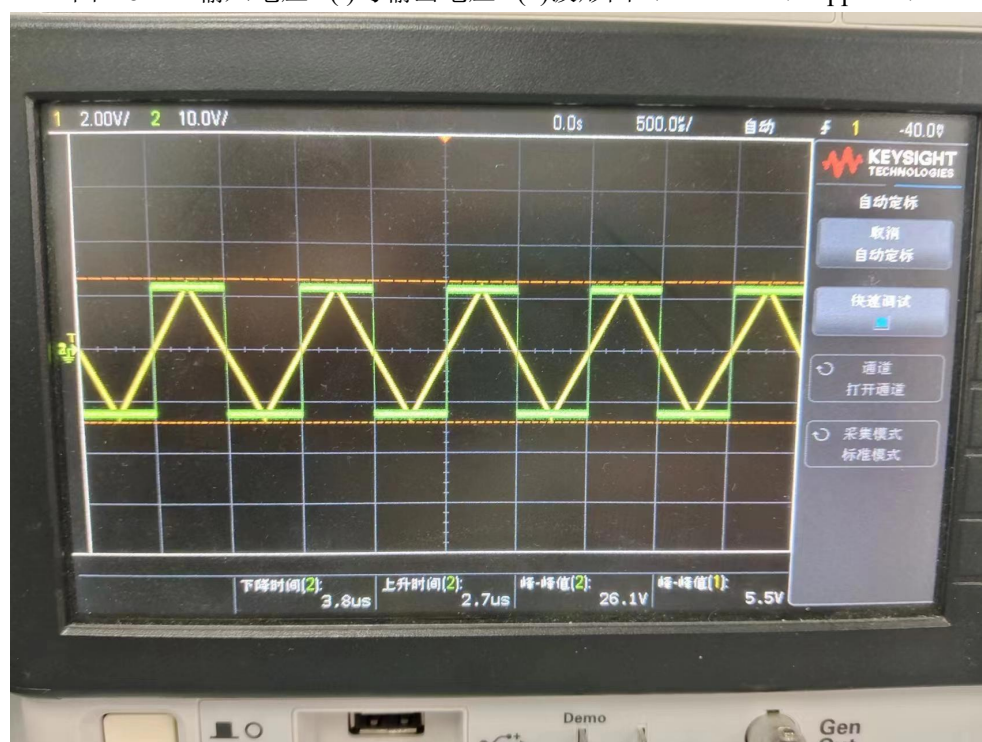


图 1.9 输入电压 $v(i)$ 与输出电压 $v(o)$ 波形图 (U_{in} : 1kHz、 $V_{pp}=1V$)

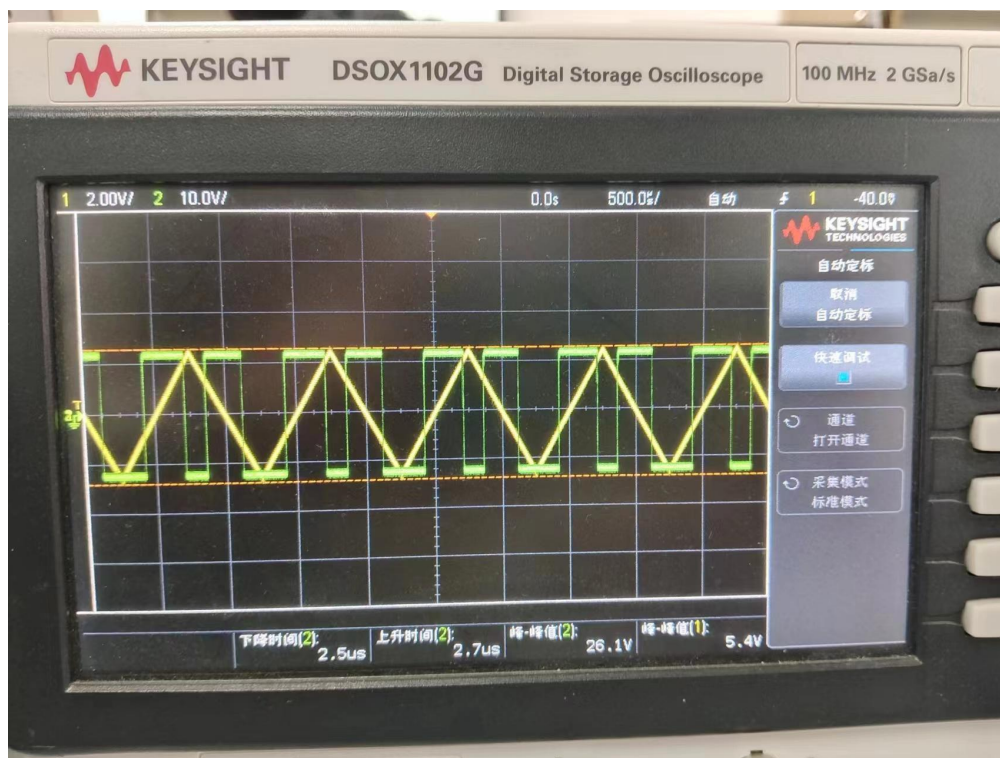


图 1.10 输入电压 $v(i)$ 与输出电压 $v(o)$ 波形图 (U_{in} : 1kHz、 $V_{pp}=2V$)

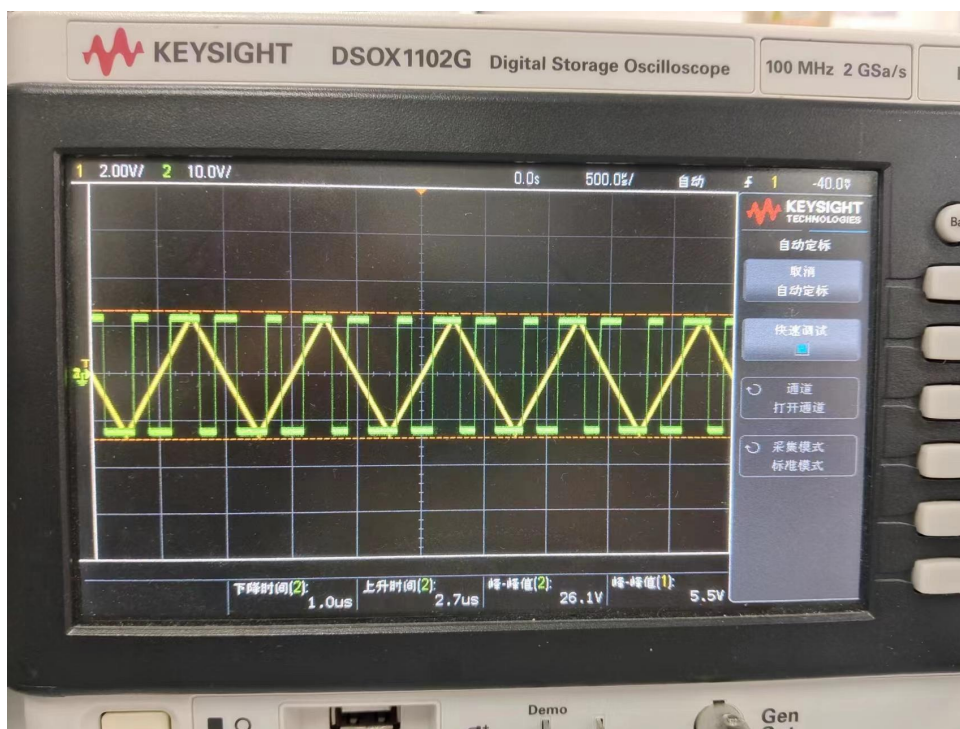


图 1.11 输入电压 $v(i)$ 与输出电压 $v(o)$ 波形图 (U_{in} : 2kHz、 $V_{pp}=6V$)

从图中看出 PWM 波占空比和反相输入端 U_{in} 的电压和频率有关。三角波接入比较器的同相输入端作为参考电压，正弦波接入比较器的反相输入端，当正弦波大于三角波时，比较器输出高电平，当正弦波小于三角波时，比较器输出低电平。占空比可调的 PWM 波主要原理是正弦波和三角波通过比较器比较，输出端输出 PWM 波。

2.迟滞比较器

(1) 搭建电路

根据实验原理确定电路各参数如图 2.2。

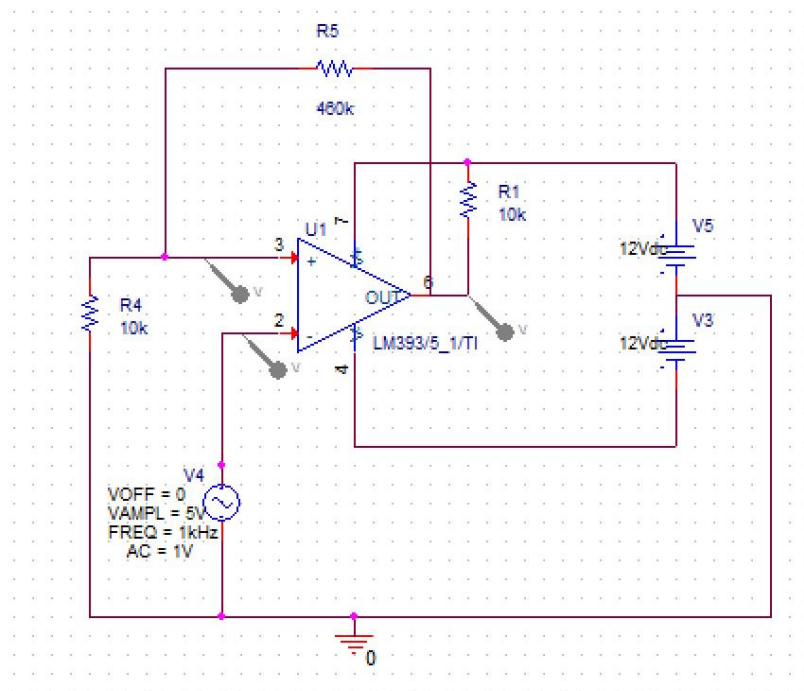


图 2.2 迟滞比较器电路

(2) 显示结果

①接通 $\pm 12\text{V}$ 电源，信号源输出 1kHz 、 $V_{pp}=5\text{V}$ 的正弦波，示波器 CH1 测量反相输入端（2 脚）输入电压 $v(i)$ ，CH2 测量输出电压 $v(o)$ ，显示波形如图 2.3 所示，电压传输特性曲线如图 2.4 所示。

②示波器 CH1 测量同相输入端（3 脚）输入电压，显示波形如图 2.5 所示，读出回差电压。

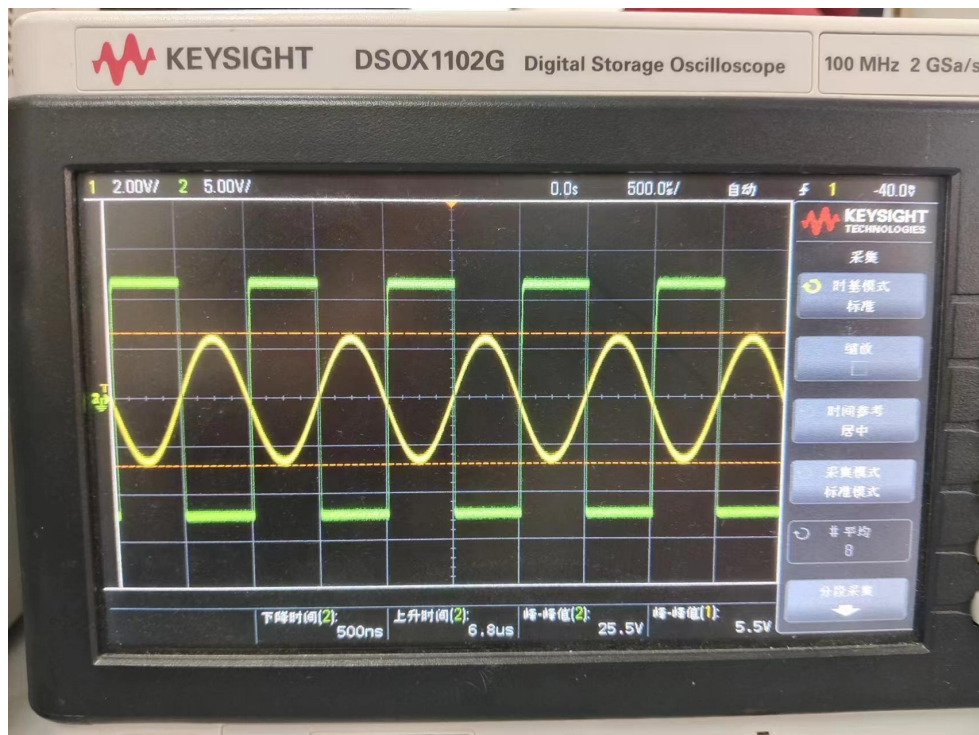


图 2.3 反相输入端输入电压 $v(i)$ 与输出电压 $v(o)$ 波形图

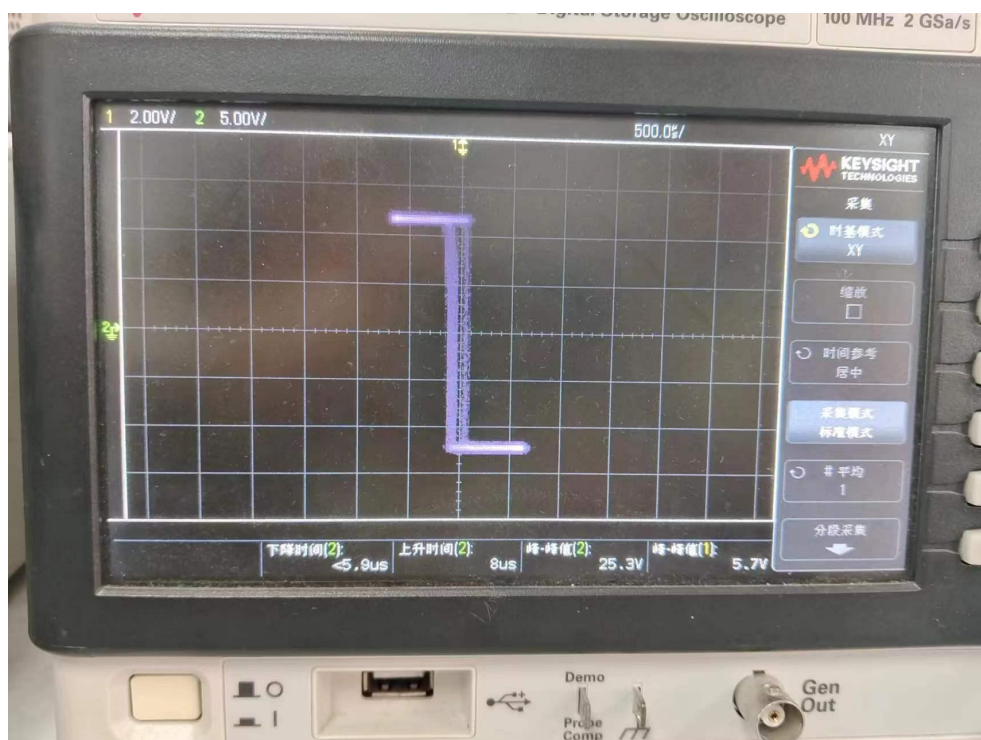


图 2.4 电压传输特性曲线

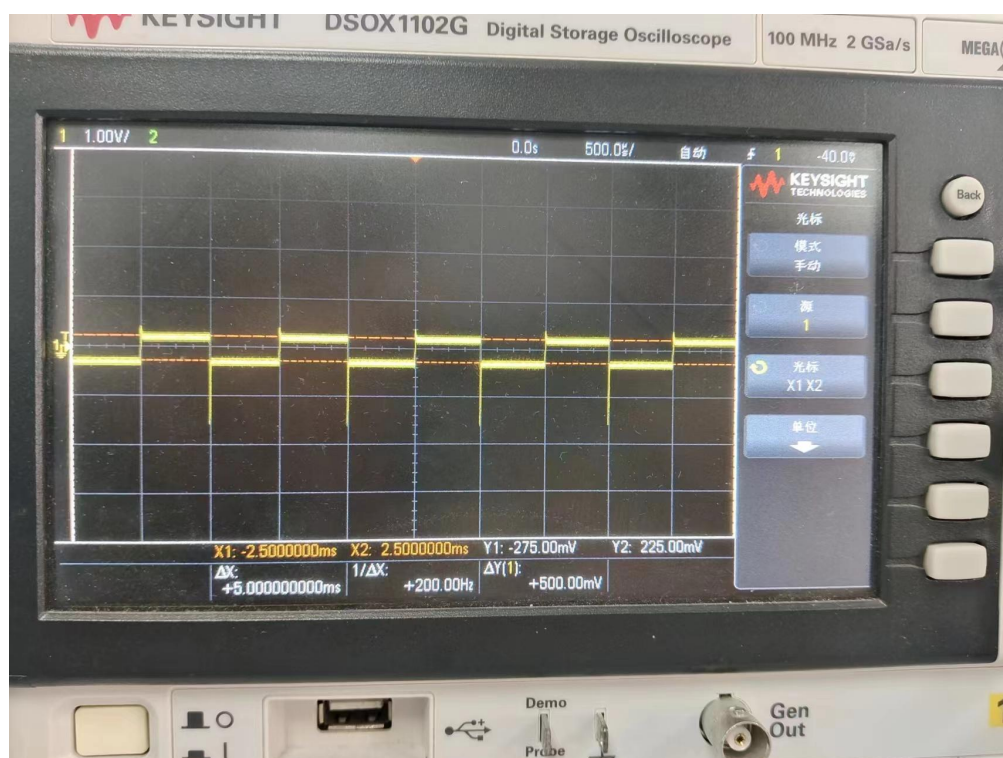


图 2.5 同相输入端输入电压波形图

由图 2.3 读出反相输入端输入电压峰峰值 5.5V，输出电压峰峰值 25.5V，输出方波电压与正弦波同频率。由图 2.5 利用 Cursor 功能读出回差电压为 500.00mV。从图 2.4 电压传输特性曲线看出，迟滞比较器的反相输入端接输入电压，同相输入端接参考电压，当输入电压从低值上升到超过上门限电压 V_{TH} 时，比较器输出从 V_{OH} 到 V_{OL} 的翻转，当输入电压从高值下降到低于下门限电压 V_{TL} 时，比较器输出从 V_{OL} 到 V_{OH} 的翻转。由此看出迟滞比较器能够使得单门限电压变双门限，提高抗干扰能力。

3.窗口电压比较器

(1) 搭建电路

如图 3.1 搭建电路，其中 VR1 输入 4V 直流电压，VR2 输入 1V 直流电压，输入电压 $v(i)$ 由信号源提供。

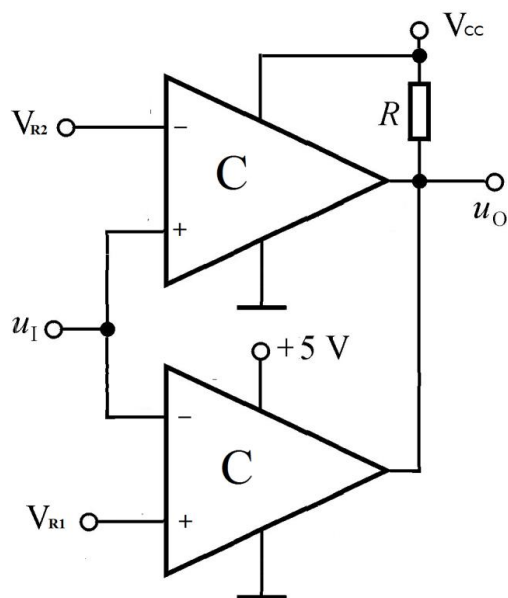


图 3.1 窗口电压比较器电路

(2) 显示结果

LM393 芯片正极接通 12V 电源，负极接地，信号源输出 1kHz、电压变化范围为 0-5V 的三角波，示波器 CH1 测量输入电压 $v(i)$ ，CH2 测量输出电压 $v(o)$ ，显示波形如图 3.2 所示，电压传输特性曲线如图 3.3 所示。

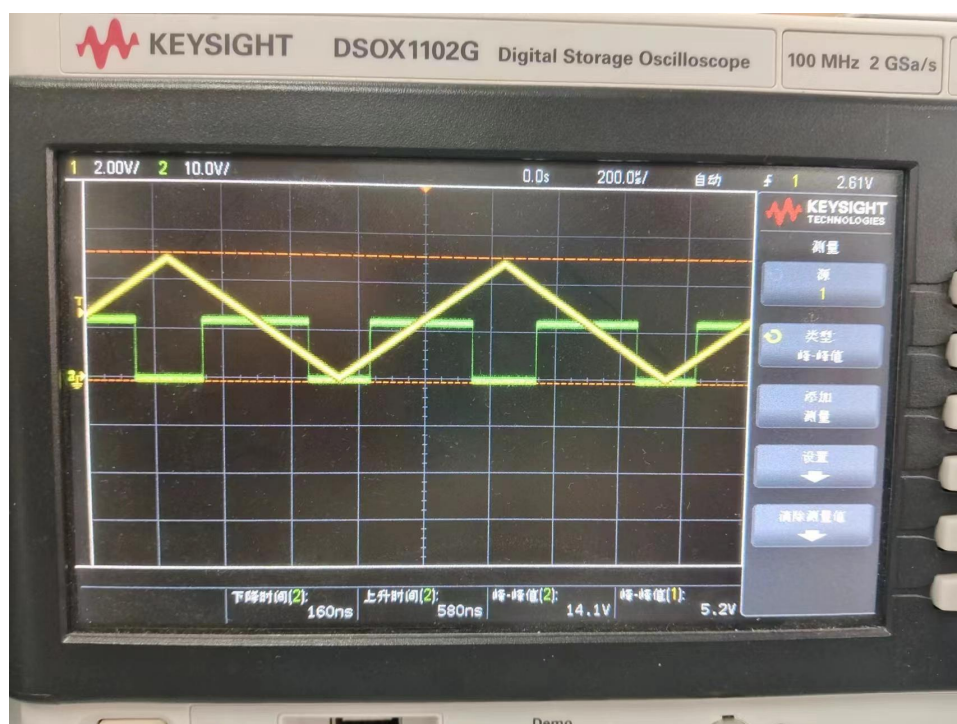


图 3.2 输入电压 $v(i)$ 与输出电压 $v(o)$ 波形图

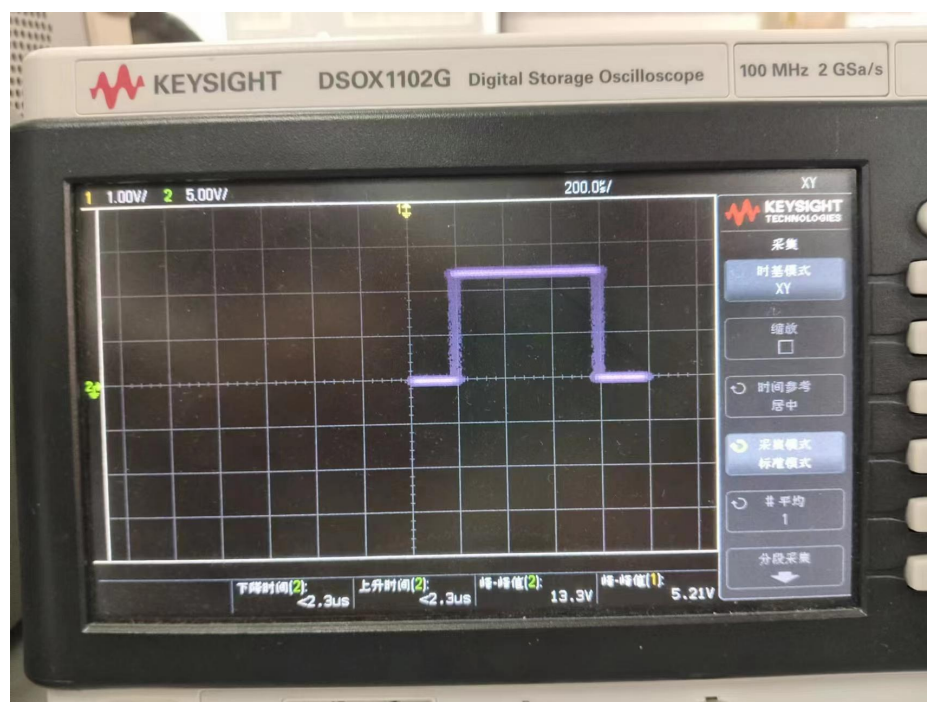


图 3.3 电压传输特性曲线

由图 3.2 读出输入电压峰峰值 5.2V，输出电压峰峰值 14.1V，可由图 3.3 电压传输特性曲线直观看出，当输入电压小于 1V 或大于 4V 时输出低电位，当输入电压在 1V 到 4V 之间时输出高电位。

4.三态电压比较器

(1) 搭建电路

如图 4.1 搭建电路。电阻 R2、R3 处由导线代替，输入电压 $v(i)$ 由信号源提供。

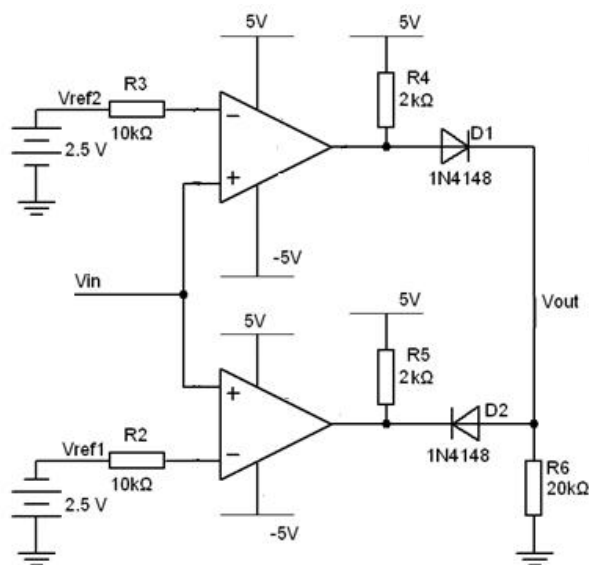


图 4.1 三态电压比较器电路

(2) 显示结果

接通±12V 电源，信号源输出 1kHz、 $V_{pp}=10V$ 的三角波，示波器 CH1 测量输入电压 $v(i)$ ，CH2 测量输出电压 $v(o)$ ，显示波形如图 4.2 所示，电压传输特性曲线如图 4.3 所示。

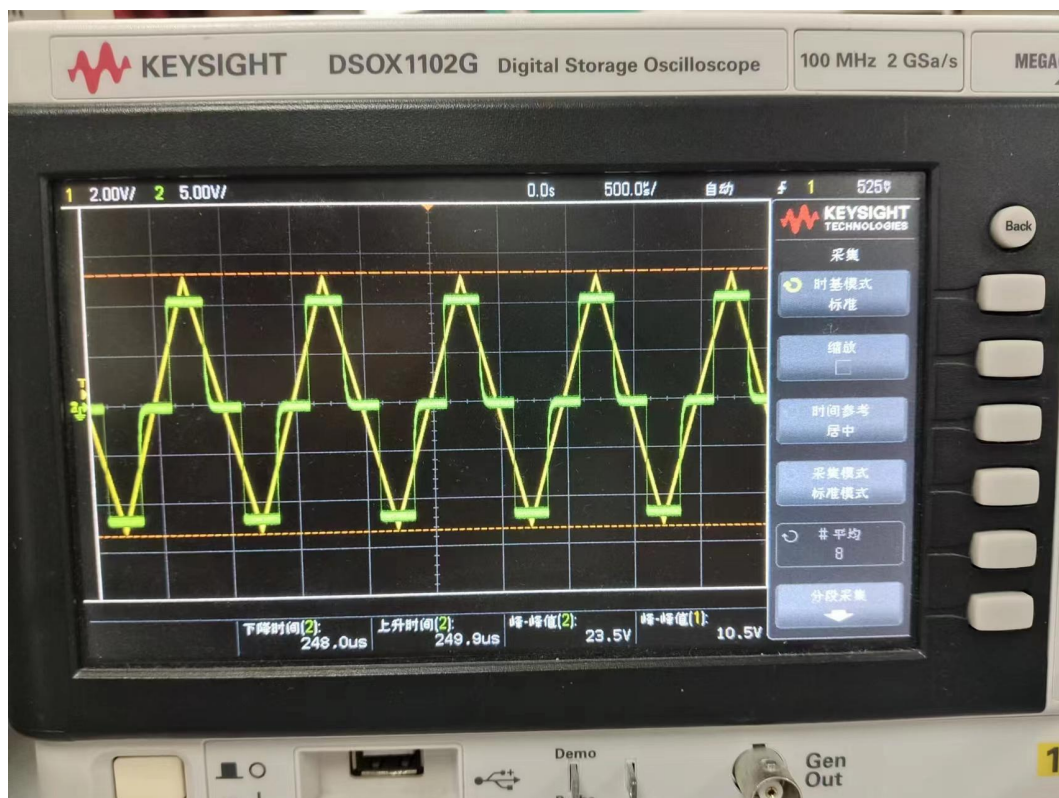


图 4.2 输入电压 $v(i)$ 与输出电压 $v(o)$ 波形图

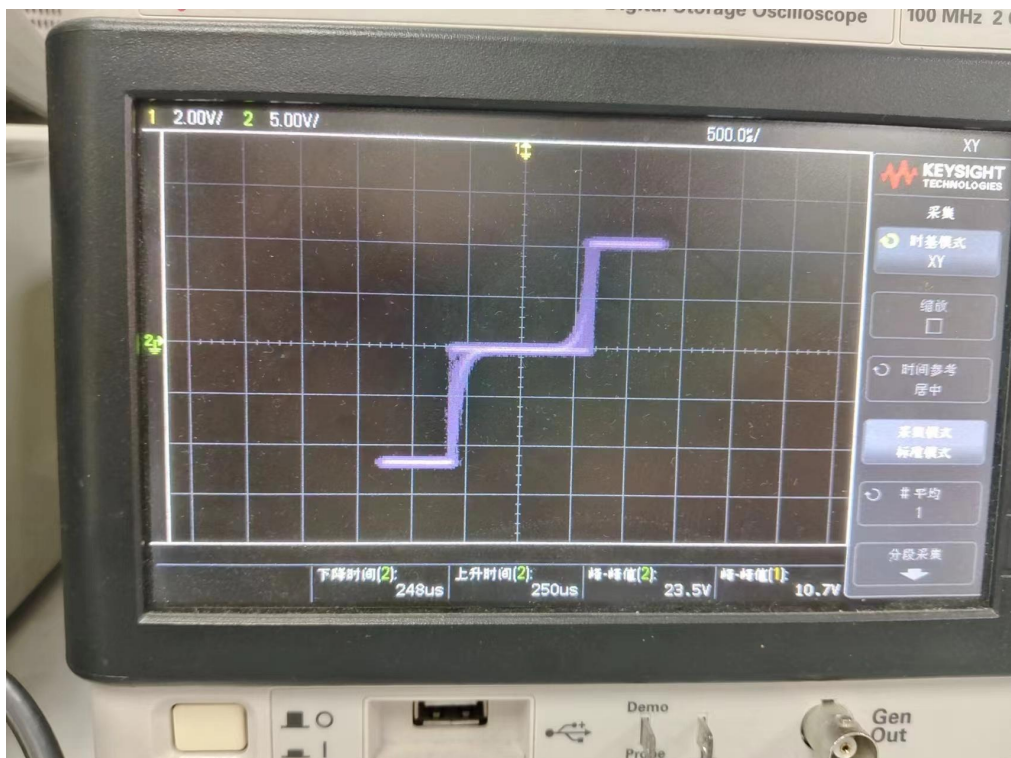


图 4.3 电压传输特性曲线

由图 4.2 读出输入电压峰峰值 10.5V，输出电压峰峰值 23.5V，可由图 4.3 电压传输特性曲线直观看出，当输入电压高于 2.5V 时输出 $V_{OH} \approx 12V$ ，当输入电压低于 -2.5V 时输出 $V_{OL} \approx -12V$ ，当输入电压在 -2.5V 与 2.5V 之间时输出 0V。