

班级：软件 91 姓名：李金鹏 学号：2019013254

## 一、电压传输特性的测量

### 1、实验内容

测试电路如图 1 所示， $v_i$  为 100Hz、0~5V 的三角波。利用示波器的 X-Y 模式观测电压传输特性曲线，记录曲线，根据曲线测量  $V_{OH}$ 、 $V_{OL}$ 、 $V_{TH}$ 。图 2 为 CD4011 的引脚图。

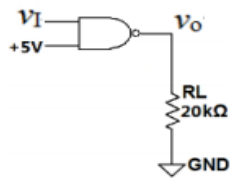


图 1

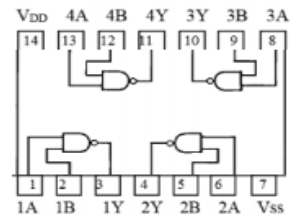


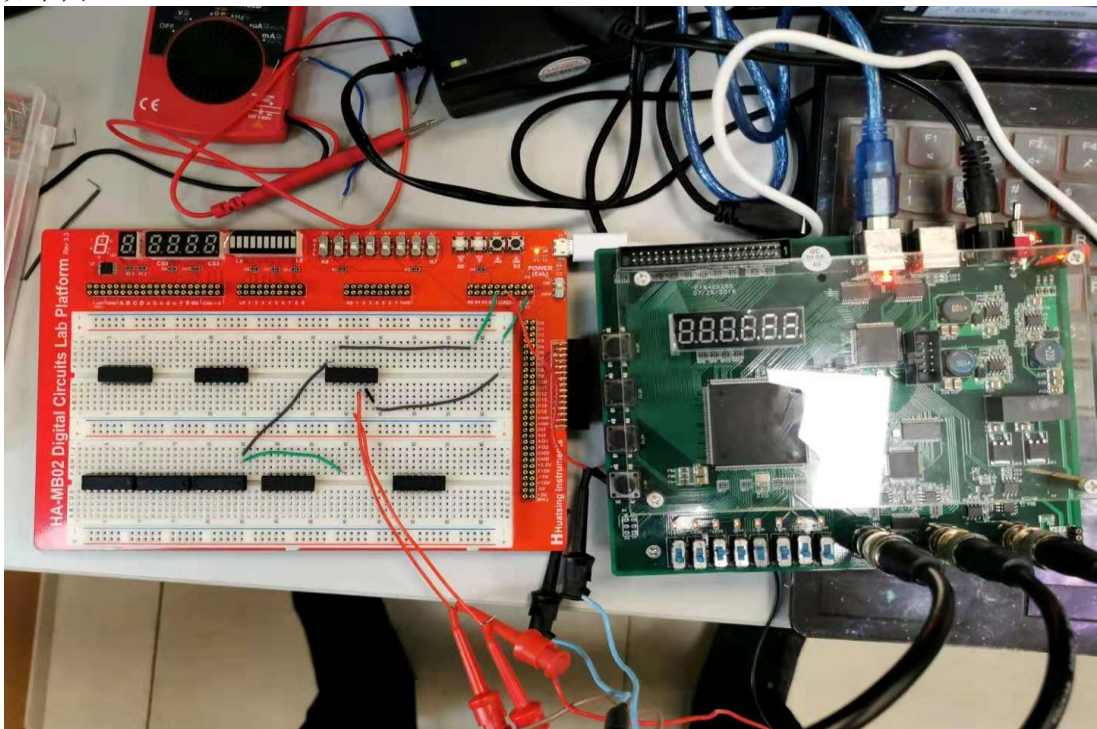
图 2

### 2、实验步骤

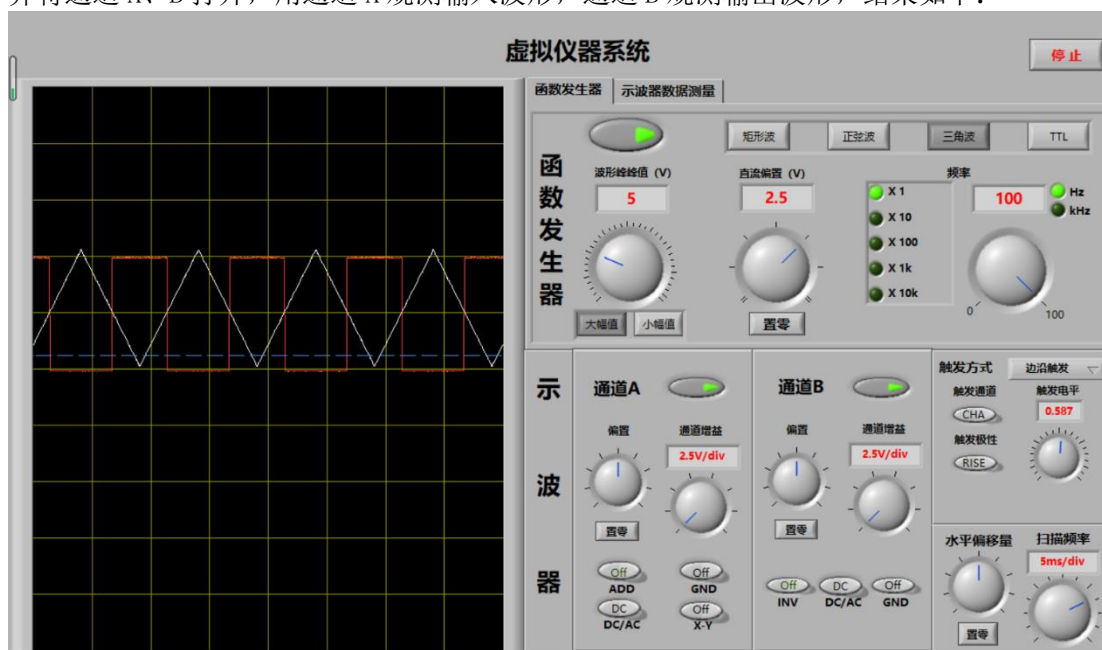
连接好 FPGA，打开函数发生器开关，选择三角波，调节幅度为 5V，直流偏置 2.5V（保证不出现负电平，以保护芯片），调节频率为 100Hz，打开通道 A，先将输出信号发送到通道 A 中，调节触发电平和扫描频率，观察相应波形，确保波形为需要的三角波；

按照上述图 1 电路正确连接数电实验板，

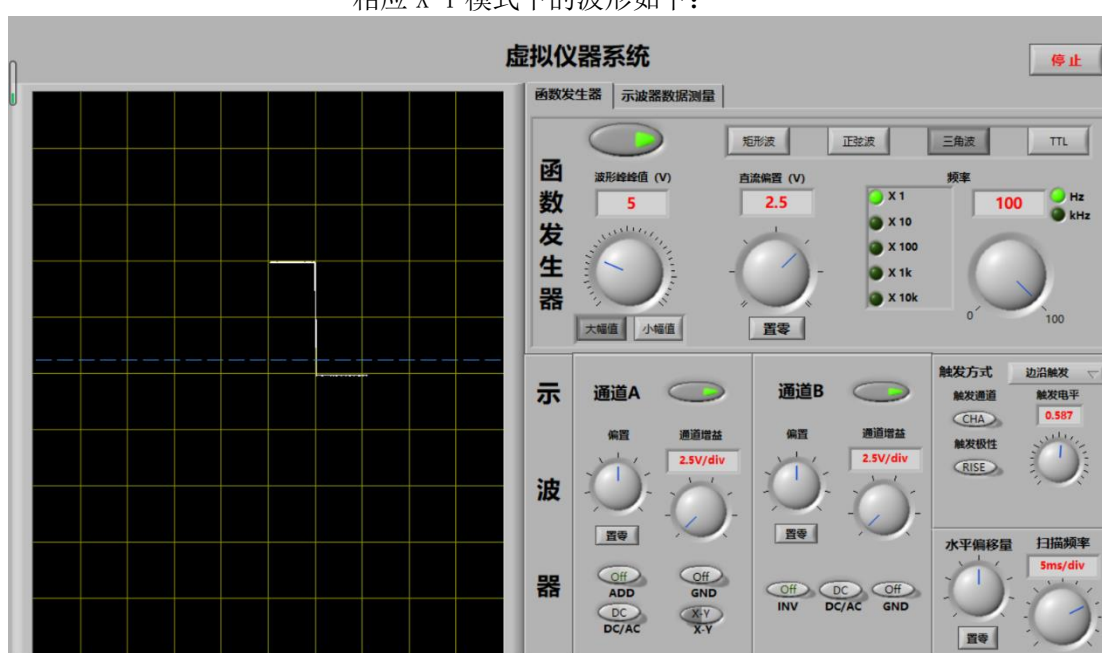
如下图：



并将通道 A、B 打开，用通道 A 观测输入波形，通道 B 观测输出波形，结果如下：



相应 X-Y 模式下的波形如下：



### 3、实验数据

测得相应的  $V_{OH}=5V$ ,  $V_{OL}=0V$ ,  $V_{TH}=(V_{IL}+V_{IH})/2=2.5V$ ; 由此可得出其电压传输特性为：当输入电压低于 2.5V 时，输出高电平；当输入电压高于 2.5V 时，输出低电平；在  $V=2.5V$  时，输出电平急剧变化。

### 4、实验中遇到的问题

问题：实验过程中将芯片的高低电平接触端接反了，导致芯片持续发热。

解决：及时关闭数电实验班电源，等芯片冷却后再正确连接。

## 5、体会

在做实验过程中要时不时触摸芯片，在感觉到芯片发热的时候及时关闭电路，以免危险发生。

## 二、传输延迟时间的测量

### 1、实验内容

测试电路如图 3 所示，将 3 个与非门进行级联。 $v_i$  为频率为  $200\text{k}\sim 300\text{kHz}$  的 TTL 方波。记录输入、输出波形，并测得传输延迟时间  $t_{pd}$ 。



图 3

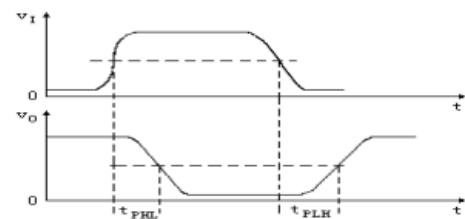
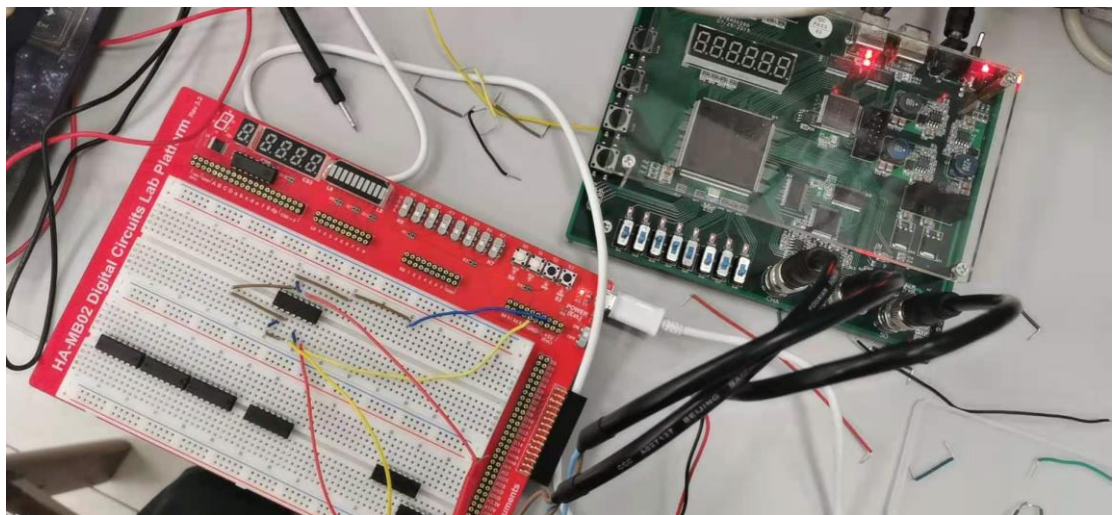


图 4

### 2、实验步骤

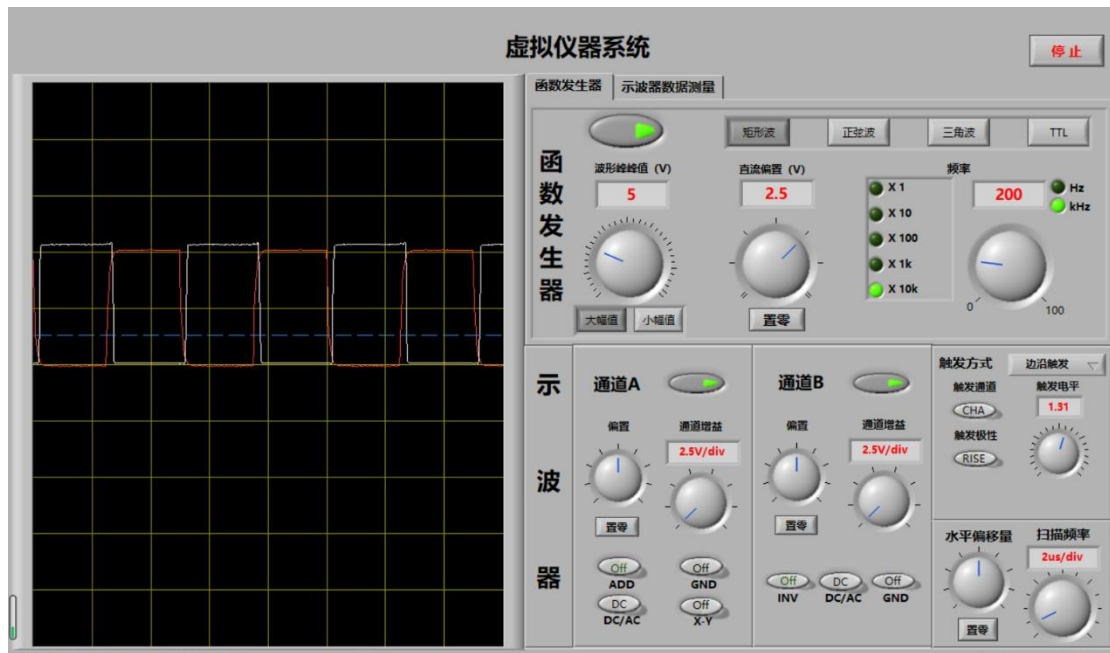
连接好 FPGA，打开函数发生器开关，选择 TTL 波，调节幅度为 5V，直流偏置 2.5V（保证不出现负电平，以保护芯片），调节频率为 200kHz，打开通道 A，先将输出信号发送到通道 A 中，调节触发电平和扫描频率，观察相应波形，确保波形为需要的 TTL 波；

按照图 3 在数电实验板上连接好电路，如下图所示：

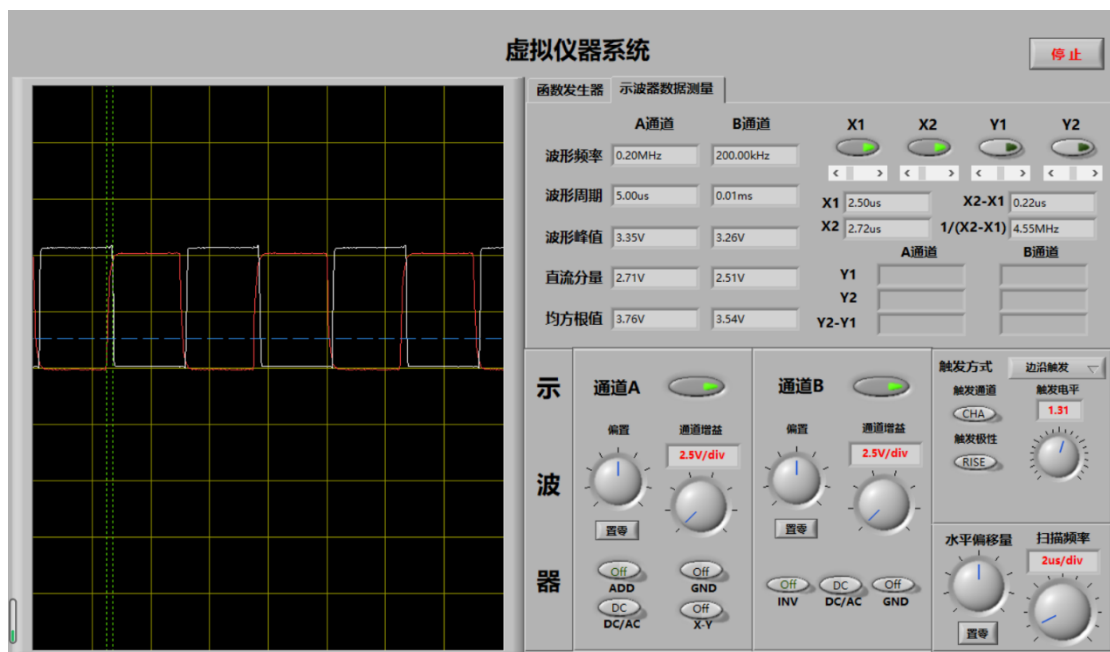


用到了一个芯片上的 3 个与非门。

用通道 A 接收输入端信号，通道 B 接收输出端信号，如下图：



再测量相应的  $t_{PHL}$  和  $t_{PLH}$ :

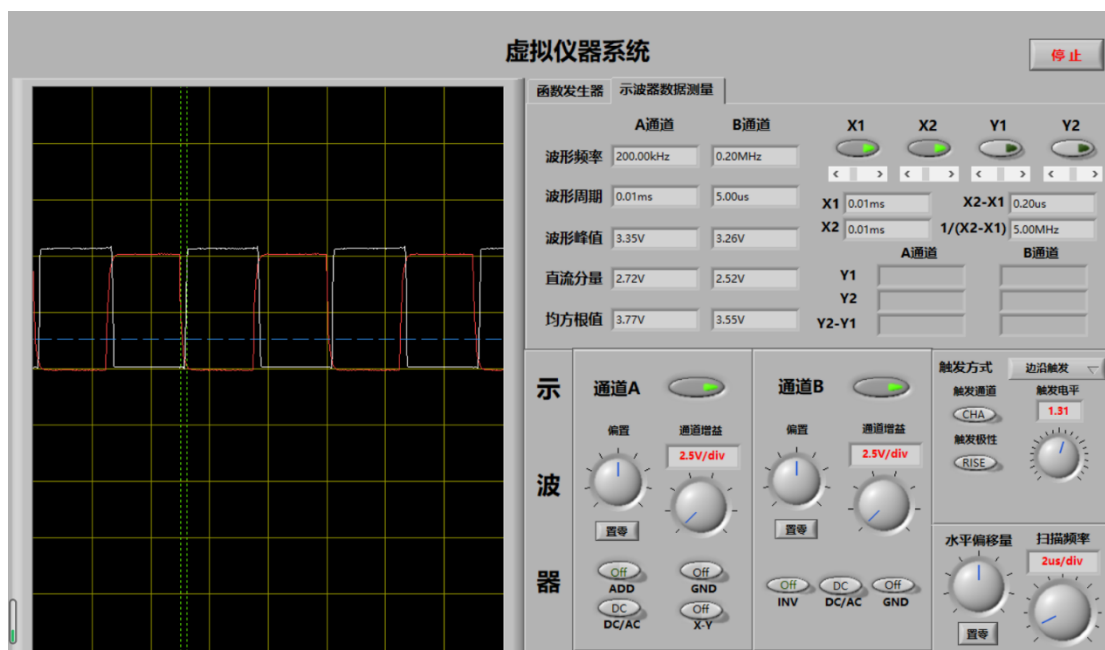


可以看到红线为输入，白线为输出，白线相对于红线有一定的延迟，经测量

$t_{PHL} = 0.22$  微秒

$t_{PLH}$  的测量如下图:





$t_{PLH} = 0.20$  微秒;

### 3、实验数据

$t_{PHL} = 0.22$  微秒;

$t_{PLH} = 0.20$  微秒;

$t_{pd}$  (平均延迟) =  $(0.22 + 0.20) / 2 = 0.21$  微秒。

$t_{pd}$  (平均每一个门的延迟) =  $(0.22 + 0.20) / (2 * 3) = 0.21 / 3 = 0.07$  微秒。

### 4、实验中遇到的问题

问题：最初使用了 3 个芯片，但曲线效果不好，原因是其中有一个芯片出了故障。

解决方法：最终使用了一个好的芯片的 3 个门解决了这个问题。

## 三、瞬间导通功率的观察

### 1、实验内容：

测试电路如图 5 所示， $v_I$  为 10kHz、0~5V 的方波。在芯片的 VSS 引脚和测试电路的 GND 之间接入一个 1k $\Omega$  的电流取样电阻，电阻上的电压波形就反映了在输出状态转换的过程中瞬时导通电流的变化。记录输入、输出波形。

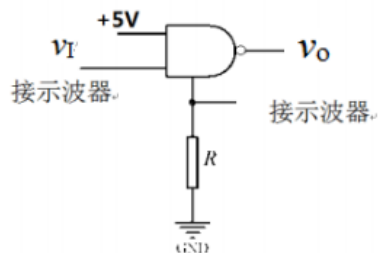
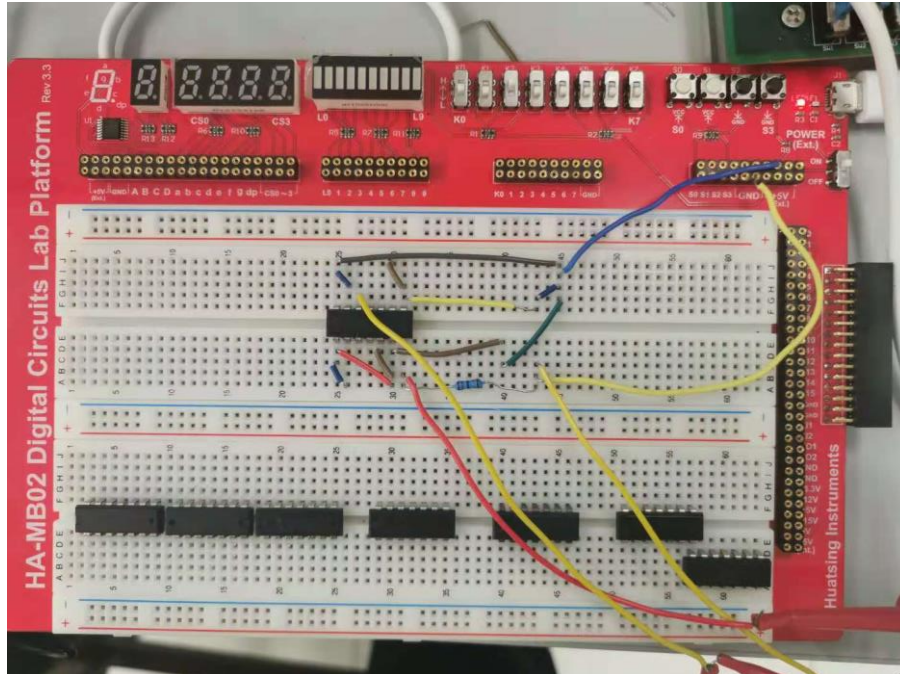


图 5

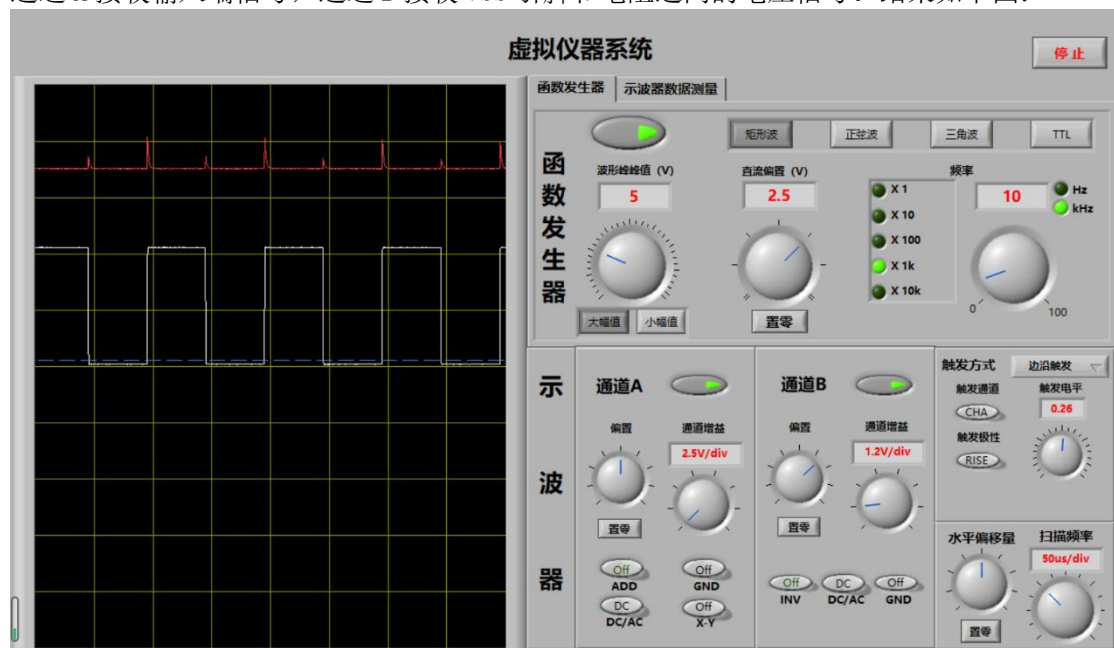
## 2、实验步骤：

连接好 FPGA，打开函数发生器开关，选择方波，调节幅度为 5V，直流偏置 2.5V（保证不出现负电平，以保护芯片），调节频率为 10kHz，打开通道 A，先将输出信号发送到通道 A 中，调节触发电平和扫描频率，观察相应波形，确保波形为需要的方波；

按照图 3 在数电实验板上连接好电路，如下图所示：



通道 A 接收输入端信号，通道 B 接收 VSS 引脚和电阻之间的电压信号。结果如下图：



调节通道 B 的偏置，使得 A、B 曲线分开，便于观察。

## 3、实验结果

有欧姆定律  $I=U/R$  可知，B 通道信号波可以反映导通电流的变化。

由波形图可知，输入电平突变时，导通电流也突变，为非零值，说明此时有导通功率的消耗；同时，可以观察到，当输入电压越升时，产生的导通电流要大于输入电压骤降时的导通电流。

#### 4、实验中遇到的问题

问题：起初，我未调节 B 通道的偏置，导致两曲线相交，观察困难。

解决：调节 B 通道偏置，使得两曲线分开。