

# 数电实验二：门电路电特性测量

---

## 一、实验目的

- 在理解CMOS门电路的工作原理和特性基础上，学习并掌握其电特性主要参数的测试方法；
- 以CMOS与非门CD4011为例，进行电特性参数的测量和研究；
- 学习正确使用面包板和数字集成电路芯片。

## 二、实验内容

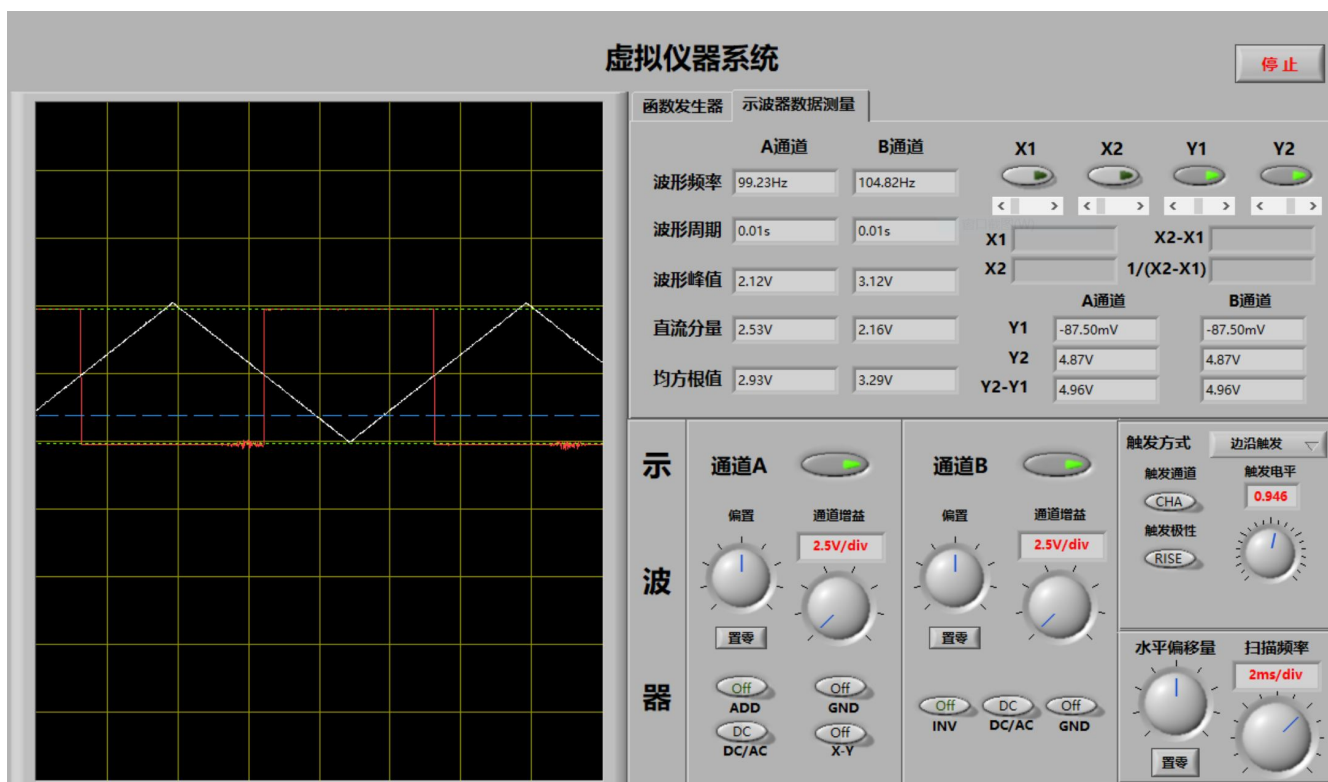
- 电压传输特性的测量。
- 传输延迟时间的测量。
- 瞬时导通功耗的观察。

## 三、测试方法和步骤

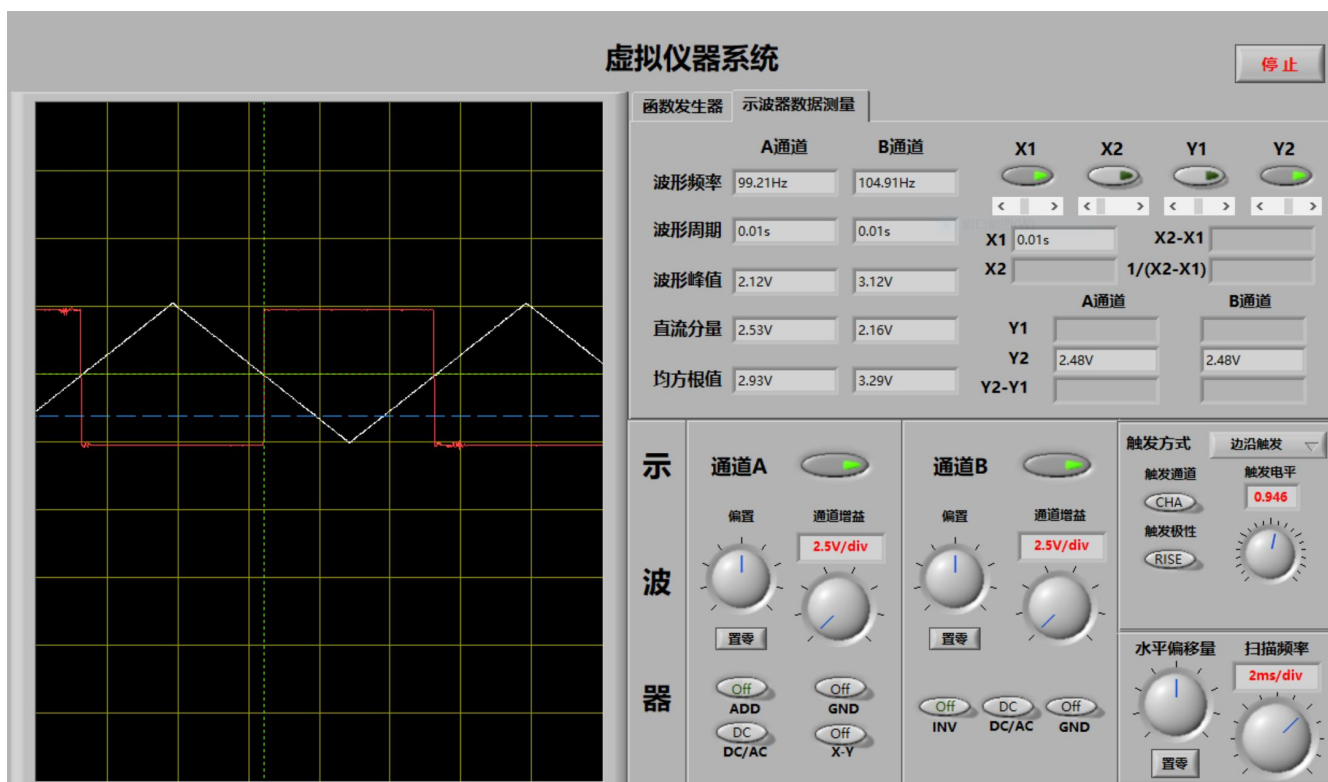
- 电压传输特性的测量。
  - 正确连接芯片(对芯片CD4011,  $v_{DD}$ 接5V,  $v_{SS}$ 接地);
  - 运行 MyLab 应用程序, 利用 MyLab 的信号发生器, 产生要求的信号 $v_1$ , 100Hz、0~5V 的三角波;
  - 信号 $v_1$ 和5V过与非门, 输出过 $20k\Omega$ 的电阻接地, 测量输出端电压信号 $v_0$ ;
  - 通过示波器观测输入、输出波形;
  - 对波形进行测量。
- 传输延迟时间的测量。
  - 正确连接芯片(对芯片CD4011,  $v_{DD}$ 接5V,  $v_{SS}$ 接地);
  - 运行 MyLab 应用程序, 利用 MyLab 的信号发生器, 产生要求的信号 $v_1$ , 200kHz的TTL波;
  - 信号 $v_1$ 和 $v_1$ 连过3个与非门, 测量输出端电压信号 $v_0$ ;
  - 通过示波器观测输入、输出波形;
  - 对波形进行测量。
- 瞬时导通功耗的观察。
  - 正确连接芯片(对芯片CD4011,  $v_{DD}$ 接5V,  $v_{SS}$ 先过 $1k\Omega$ 电阻再接地);
  - 运行 MyLab 应用程序, 利用 MyLab 的信号发生器, 产生要求的信号 $v_1$ , 10kHz、0~5V 的方波;
  - 信号 $v_1$ 和5V过与非门, 将 $v_{SS}$ 端口电压信号接示波器;
  - 通过示波器观测输入、输出波形;
  - 对波形进行测量。

## 四、实验数据记录及相应分析

- 实验1：电压传输特性的测量。

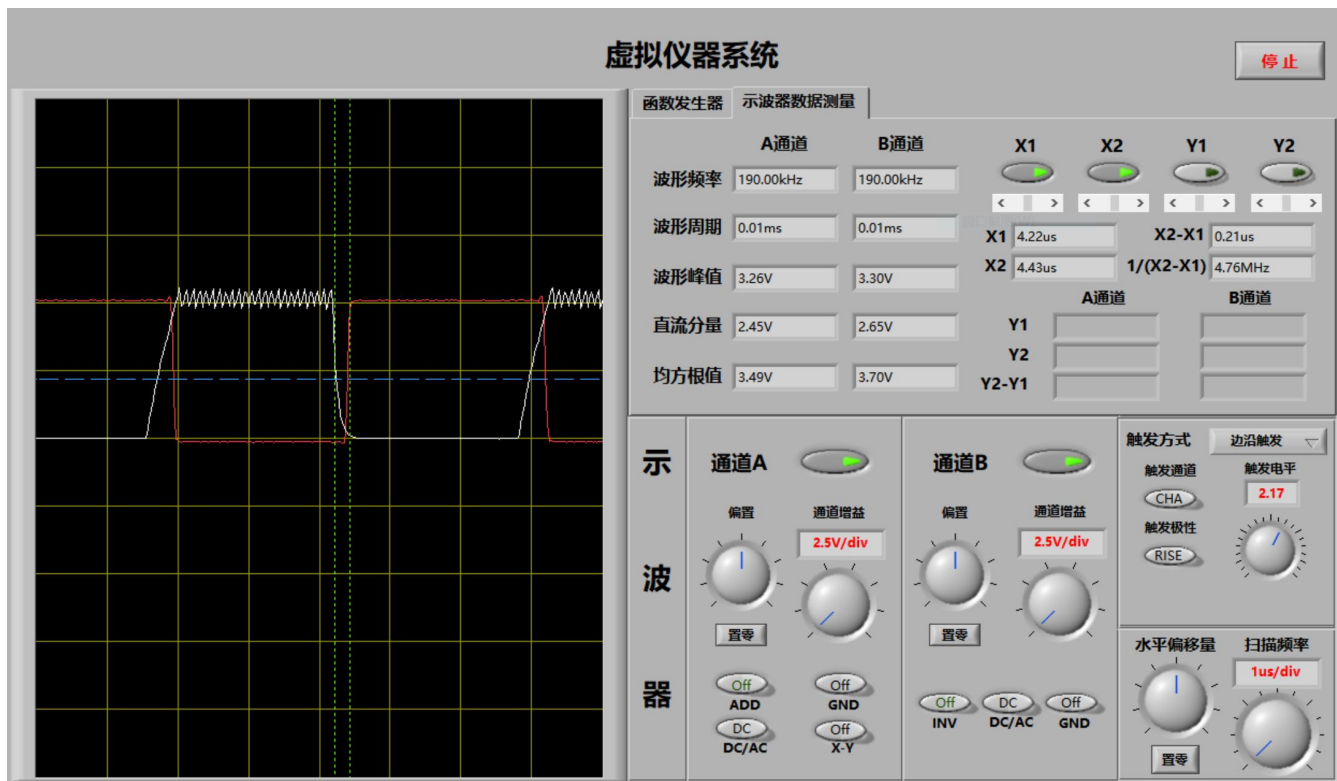


可以看到  $v_{OH} = 4.87V$   
 $v_{OL} = -87.50mV$



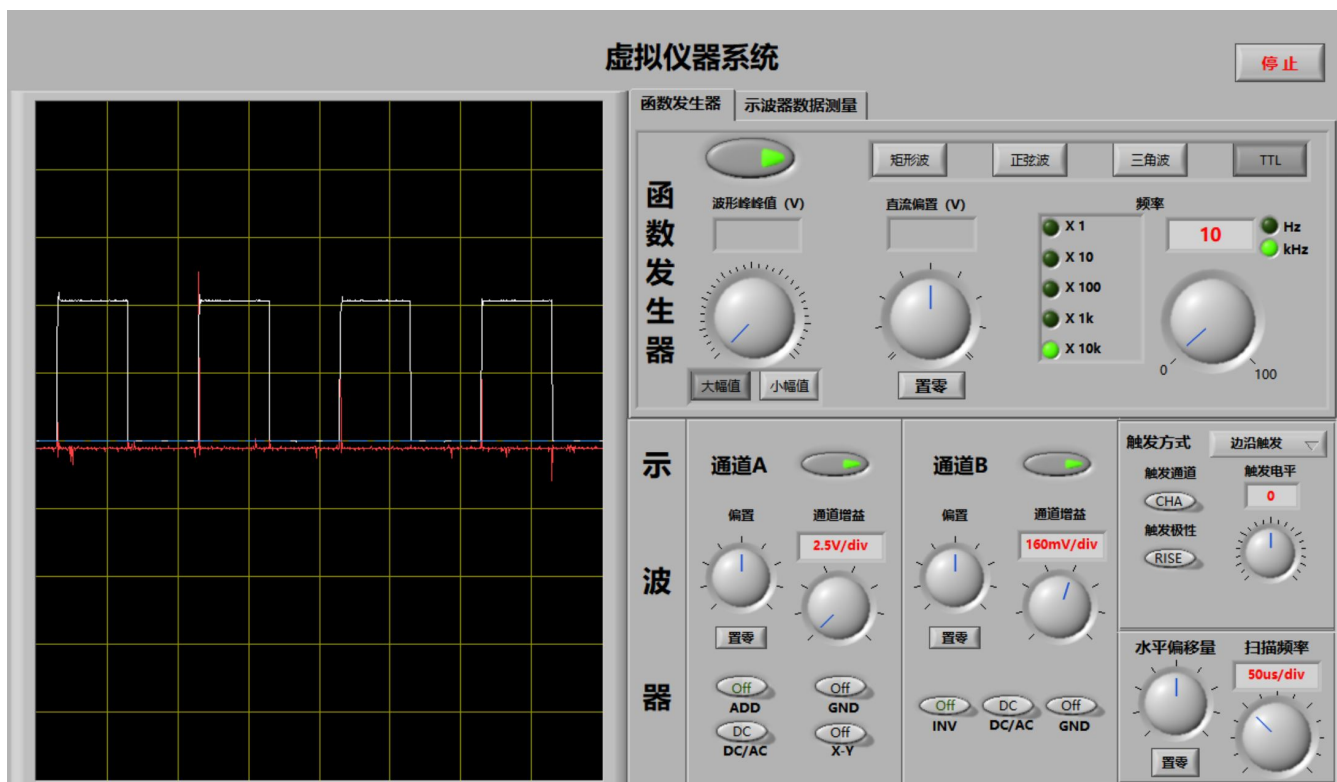
可以看到  $v_{TH} = 2.48V$

- 实验2: 传输延迟时间的测量。



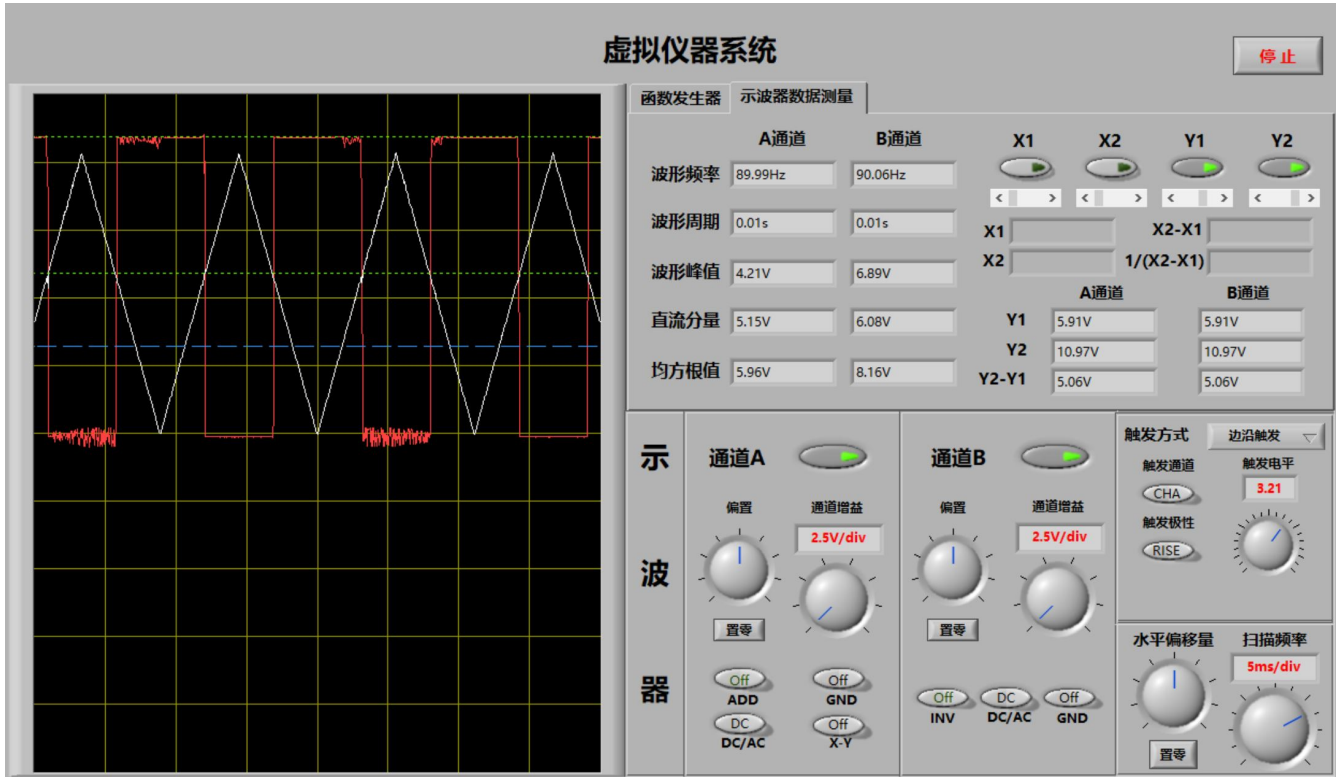
传输延迟时间  $t_{pd} = \frac{0.21\mu s}{3} = 0.07\mu s$

- 实验3：瞬时导通功耗的观察。



如图，红线即为瞬时的电流。

- 选做实验：



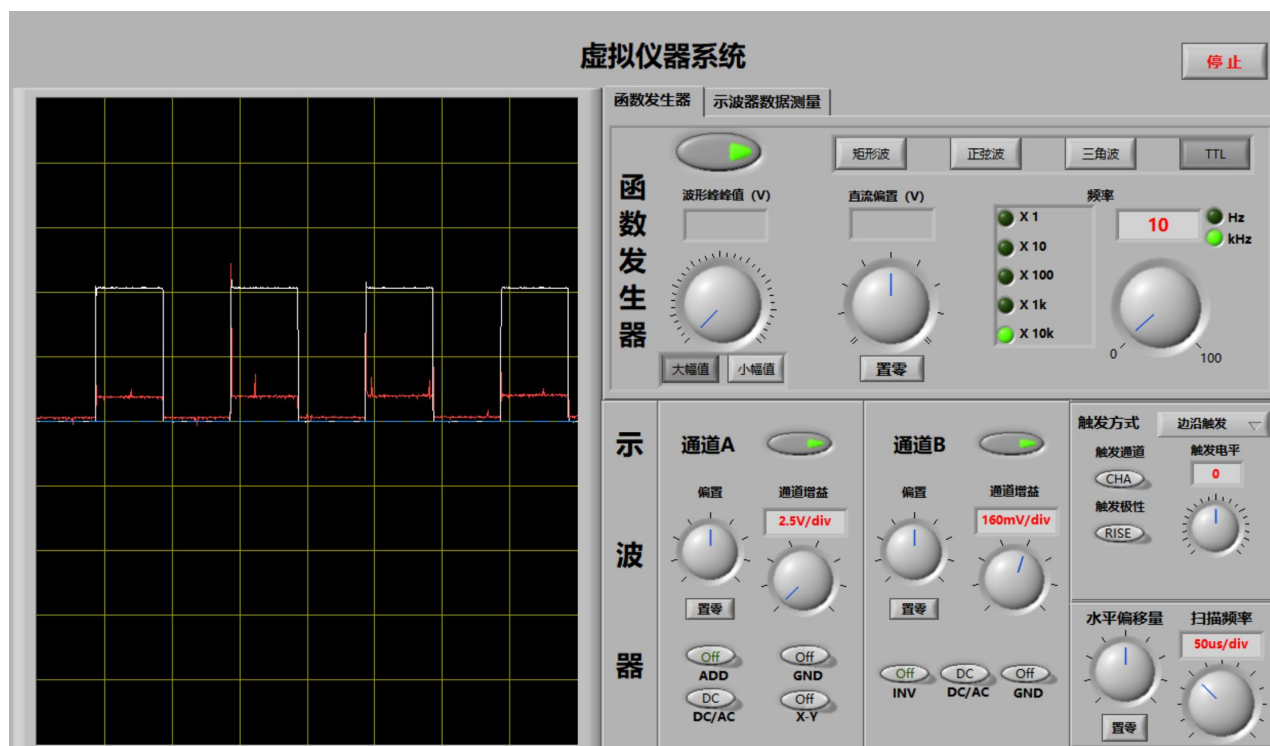
此时输入信号为0~10V的三角波，输出如图，可以看到  $v_{OH} = 10.97V$   $v_{TH} = 5.91V$

$$V_{NH} = V_{OH(min)} - V_{IH(min)} = 10.97 - 5.91 = 5.06V$$

$$V_{NL} = V_{IL(max)} - V_{OL(max)} = 5.91 - 0 = 5.91V$$

较之前偏大的实验偏大，这是因为  $v_{DD}$  变高的原因。（ $v_{DD}$  越高，噪声容限越大）

- 选做实验2：



将输入端悬空后，波形不稳定。这是因为输入端悬空，会受到感应信号干扰而误认为是有效输入信号，易出现错误的输出。

## 五、在实验中遇到的问题及解决方法

在实验2：传输延迟时间的测量中

- 出现问题：接通之后，输出端的对应波形呈现一条水平直线。
- 原因查找过程：
  - 将输出端接至过第一个与非门之后再测量，此时出现不稳定且不理想的输出信号；
  - 怀疑本芯片出现故障，使用另外的芯片，结果仍不变；
  - 在老师的帮助下，意识到可能是因为采用了同一芯片的三个与非门导致了其互相影响。
- 解决方法：换用三个芯片，每个芯片只用一个与非门。
- 最终结果：实验结果正常。

## 六、实验体会

实验过程中并不是按部就班的按照课件做的，在实际实验过程中，可能会出现各种各样的意料之外的问题，必须分析问题所在并且想办法解决。

通过本次实验，我进一步理解了CMOS门电路工作原理，同时也熟练了示波器的使用。