

数电实验二：门电路实验

软件 92 茅向文 2018010115

一、 实验目的

- 在理解 CMOS 门电路的工作原理和特性基础上, 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

1. 电压传输特性的测量

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} 。

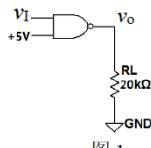


图 1

2. 传输延迟时间的测量

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200kHz~300kHz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

3. 瞬时导通功耗的研究

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。

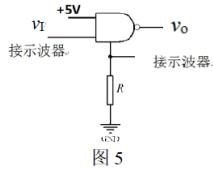


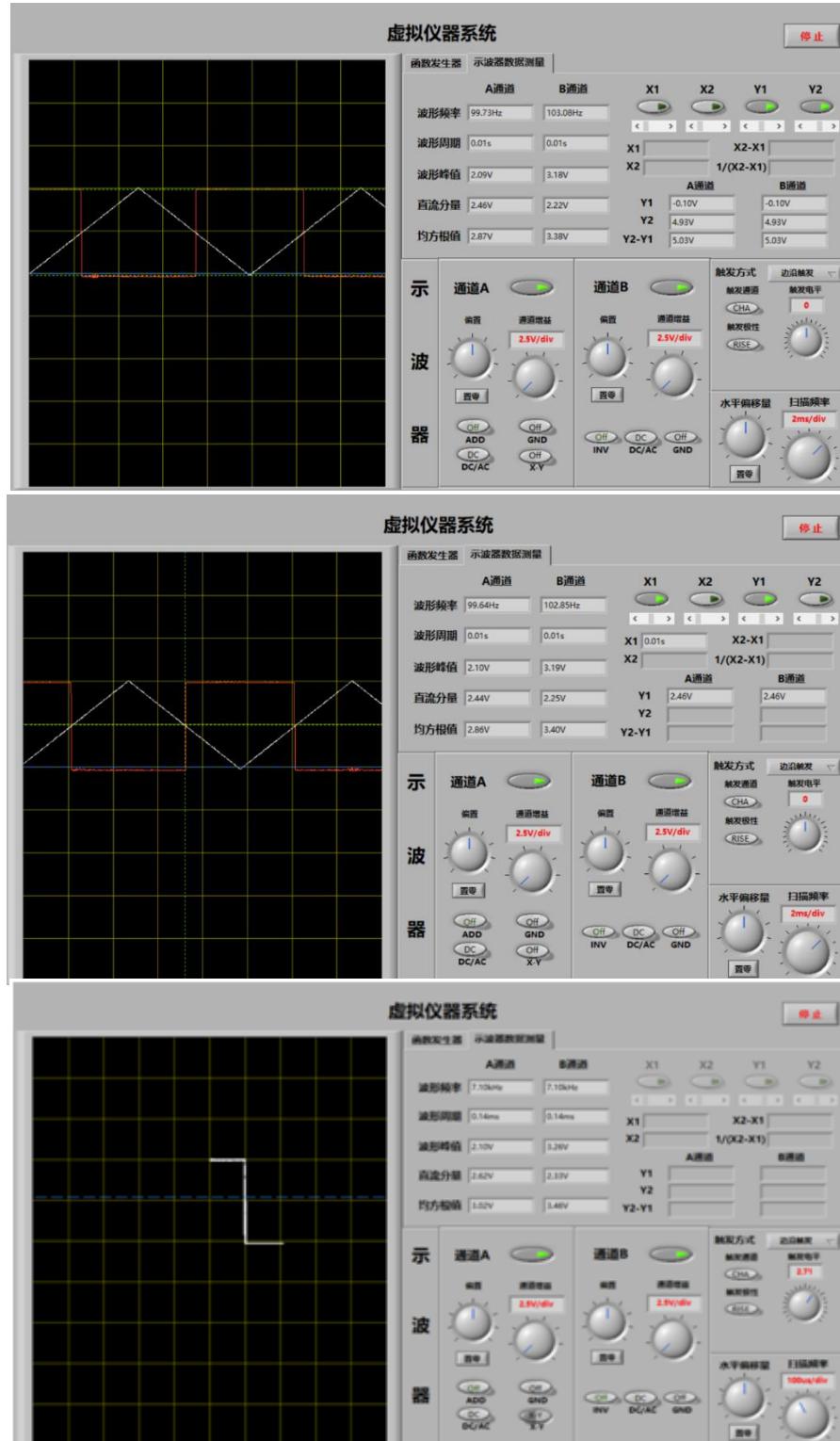
图 5

4. 选做实验

- 1) 在电压传输特性的测量中, CD4011 改用12V 电源供电, 设计合适的输入信号, 观察噪声容限的变化并分析原因。
- 2) 在瞬时导通功耗的观察实验中, 将不用的输入端悬空, 观察示波器上的波形变化并分析原因。

四、实验数据记录及分析

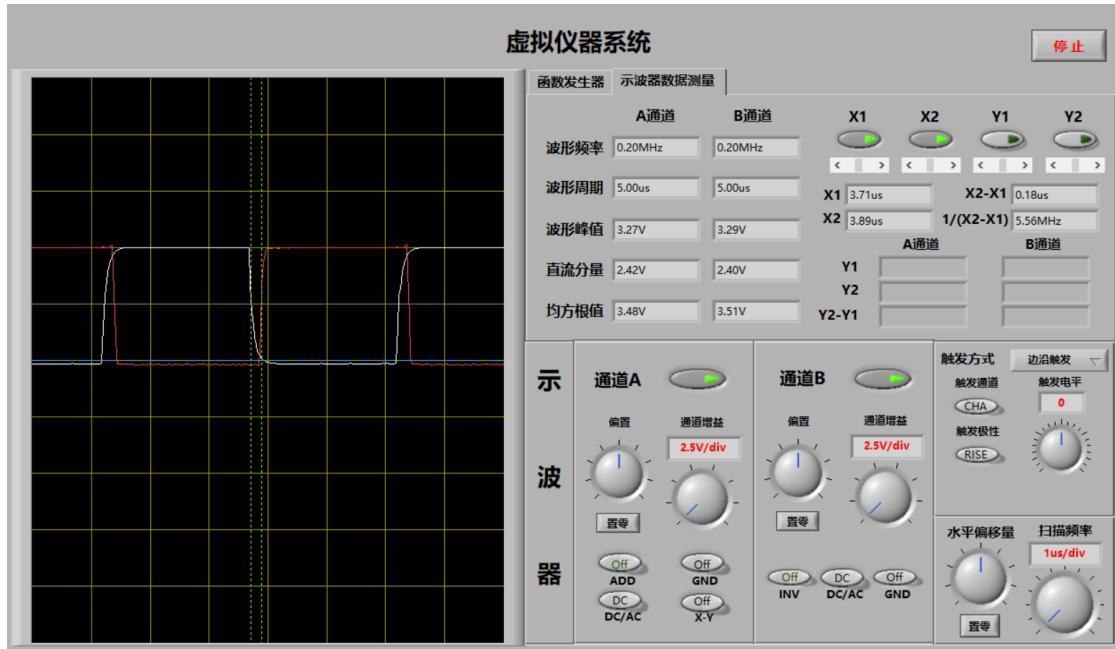
1. 电压传输特性的测量



通过虚拟仪器系统，我们观测得到： $V_{OH} = 4.93V$, $V_{OL} = -0.10V$, $V_{TH} = 2.46V$ 。

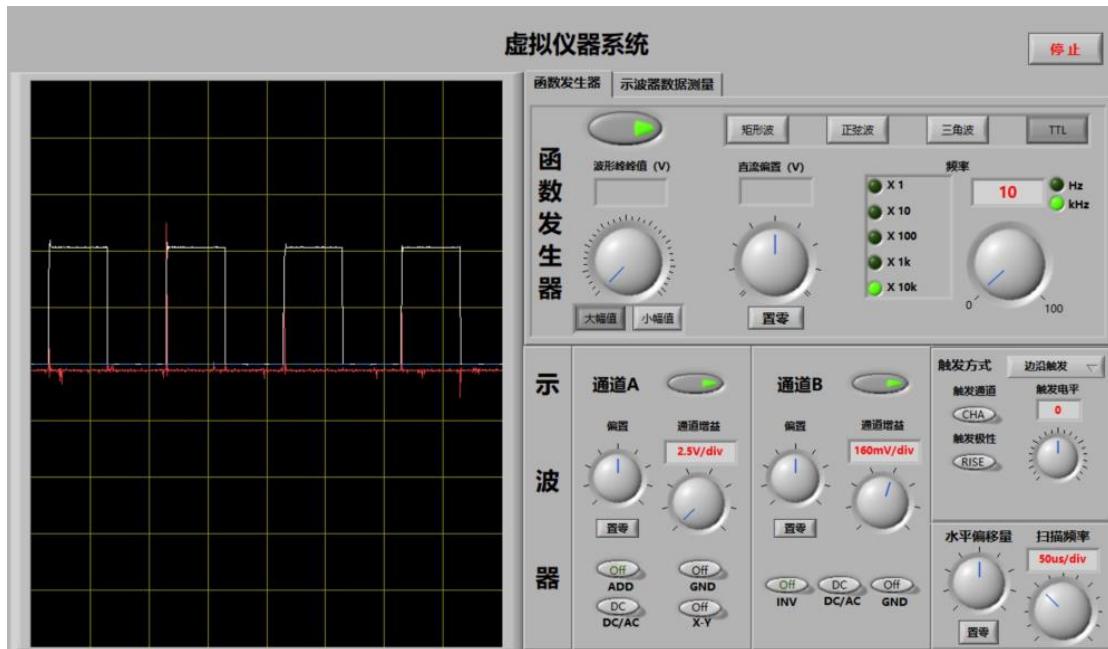
噪声容限： $V_{NH} = V_{OH(\min)} - V_{IH(\min)} = 2.47V$, $V_{NL} = V_{IL(\max)} - V_{OL(\max)} = 2.56V$ 。

2. 延迟时间的测量



$$\text{延迟时间 } t_{pd} = \frac{0.18\mu s}{3} = 0.06\mu s.$$

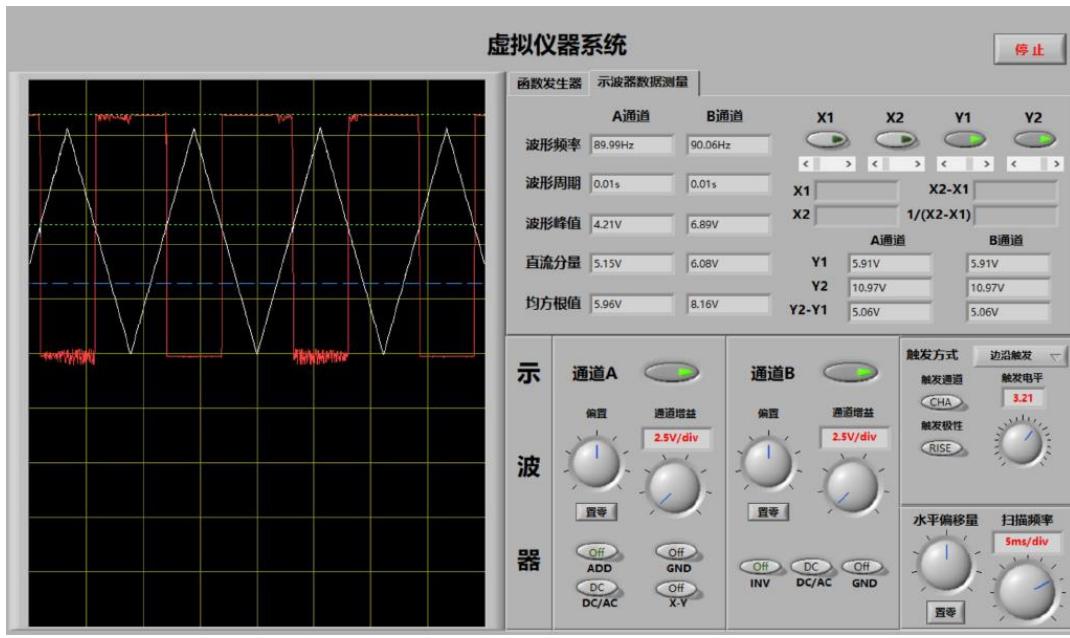
3. 瞬时导通功耗的观察。



如图，红线即为瞬时的电流。

值得一提的是，如果输入端悬空则波形非常不稳定，手在仪器上挥舞会对波形产生影响；如果输入端接入5V则波形稳定。

4. 选做实验



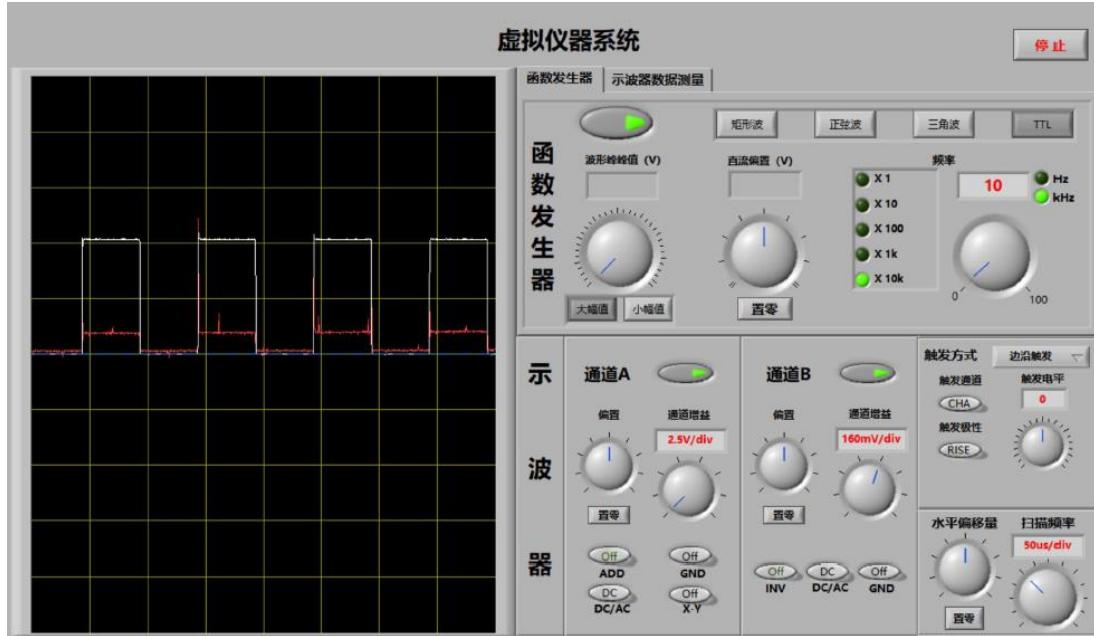
此时输入为0-10V三角波。观察得到：

$$V_{OH} = 10.97V \quad V_{TH} = 5.91V.$$

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

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

显然噪声容限变大，其原因为 V_{DD} 变高的原因。



将输入端悬空后波形不稳定。原因为输入端悬空后易受到其他信号的干扰，产生错误的输出。

五、遇到的问题及解决方法

问题：

实验2（传输延迟时间的测量）中出现了输出端波形不稳定的情况。

原因查找过程：

逐个观察单个与非门的波形，发现经过第一个与非门后输出即出现偏差。

原因分析：

可能是采用了3个芯片的3个与非门，其中某个芯片的与非门（第一个）有些故障。

解决方法：

换用一个芯片的三个与非门。实验结果符合预期。

六、 实验体会

纸上得来终觉浅，绝知此事要躬行。将理论的知识转为实际的操作仍然需要努力。