

# 与非门电路的测试

2017011620 计 73 李家昊

2019 年 3 月 23 日

## 1 实验目的

加深对与非门基本特性和主要参数的理解，掌握主要参数的测试方法。

## 2 实验内容

P81 4.1.4

必做：测量 CMOS 与非门 CD4011 的平均延迟时间（1）

选做一：测量 CMOS 与非门 CD4011 的电压传输特性（2）

选做二：测量 TTL 与非门 74LS00 的电压传输特性（3）

选做三：测量 TTL 与非门 74LS00 的平均延迟时间（4）

注意：（2）和（3）只要求测出电压传输特性曲线， $V_{ON}$ 、 $V_{OFF}$  等等具体值不要求测量。

### 2.1 CMOS 与非门平均延迟时间的测量



Figure 1: CMOS 与非门平均延迟时间的测量电路

1. 调出 1MHz 的 TTL 方波（调好后接到实验电路中）
2. 示波器和被测电路共地
3. 探头用“x10”档（注意：同时在示波器上要设置探头衰减常数为 10:1）
4. 按下 Auto Scale（自动调整）键
5. 按测量 Meas 按键 -> 在测量菜单里，按类型软键 -> 选延迟时间；按设置软键，在测量设置菜单里，源 1 选 1，选上升沿；源 2 选 2，选下降沿 -> 按

Back 按钮返回上一级测量菜单，按添加测量软键，即可得到  $t_{pHL}$ ；再按设置软键，在测量设置菜单里，源 1 选 1，选下降沿；源 2 选 2，选上升沿 -> 按 Back 按钮返回上一级测量菜单，按添加测量软键，即可得到  $t_{pLH}$

6. 平均延迟时间  $t_{pd} = \frac{1}{2}(t_{pHL} + t_{pLH})$

## 2.2 TTL 与非门平均延迟时间的测量

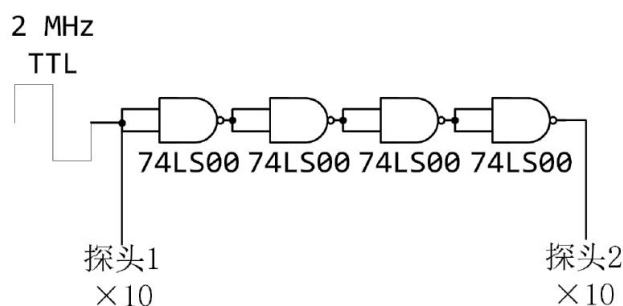


Figure 2: TTL 与非门平均延迟时间测量电路

1. 输入  $V_i$  为 2MHz TTL 方波
2. 测量方法略有不同

## 2.3 电压传输特性的测量

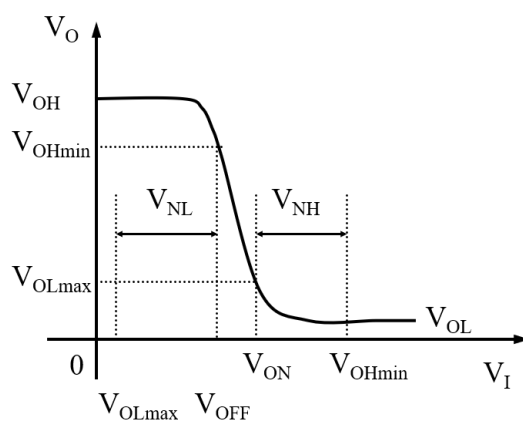


Figure 3: 电压传输特性

高电平噪声容限电压  $V_{NH} = V_{OHmin} - V_{ON}$

低电平噪声容限电压  $V_{NL} = V_{OFF} - V_{OLmax}$

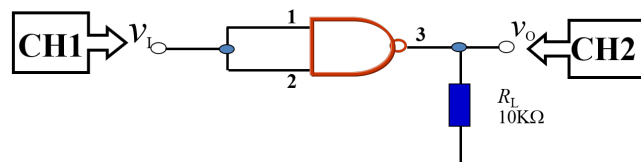


Figure 4: 电压传输特性的测量电路

1. 100Hz, 0-5V 的三角波
2. 探头用“X1”档
3. 先用示波器监测输入信号，保证输入没有负电压
4. 三角波信号未调好前，不能接入芯片
5. 示波器和被测电路共地
6. 通道 CH1 接  $V_i$ ，通道 CH2 接  $V_o$
7. 时基模式：YT 模式切换到 XY 模式

### 3 注意事项

1. 不管是 CMOS 电路还是 TTL 电路，在使用前必须注意工作电压，不能过压或欠压工作。
2. 要注意门电路输入信号的高、低电平要符合规范要求。高电平不能高于电源电压，低电平不能低于地电压。
3. 要熟悉芯片的引脚排列，不能接错。
4. 数字电路的输出端不可以直接接电源或直接接地。
5. CMOS 集成电路的输入端不允许悬空，必须接高电平或低电平。对于 TTL 电路，最好按电路要求接高电平或接低电平。

## 4 数据处理

### 4.1 CMOS 与非门平均延迟时间

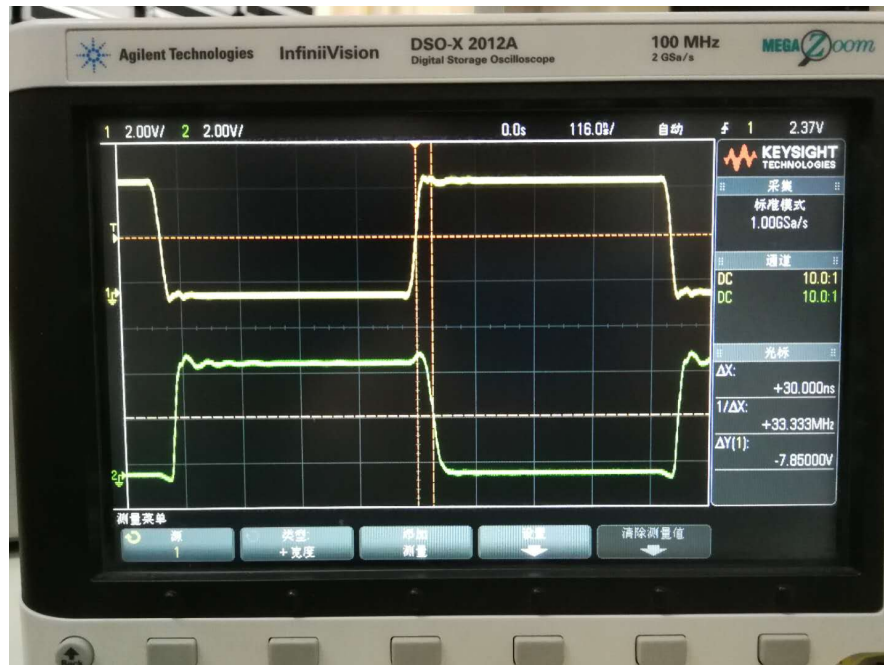


Figure 5: CMOS 与非门  $t_{pHL}$  测量结果



Figure 6: CMOS 与非门  $t_{pLH}$  测量结果

结果如图 5、6 所示，其中  $t_{pHL} = 30 \text{ ns}$  且  $t_{pLH} = 18 \text{ ns}$ ，得

$$t_{pd} = \frac{1}{2}(t_{pHL} + t_{pLH}) = 24 \text{ ns}$$

## 4.2 CMOS 与非门电压传输特性

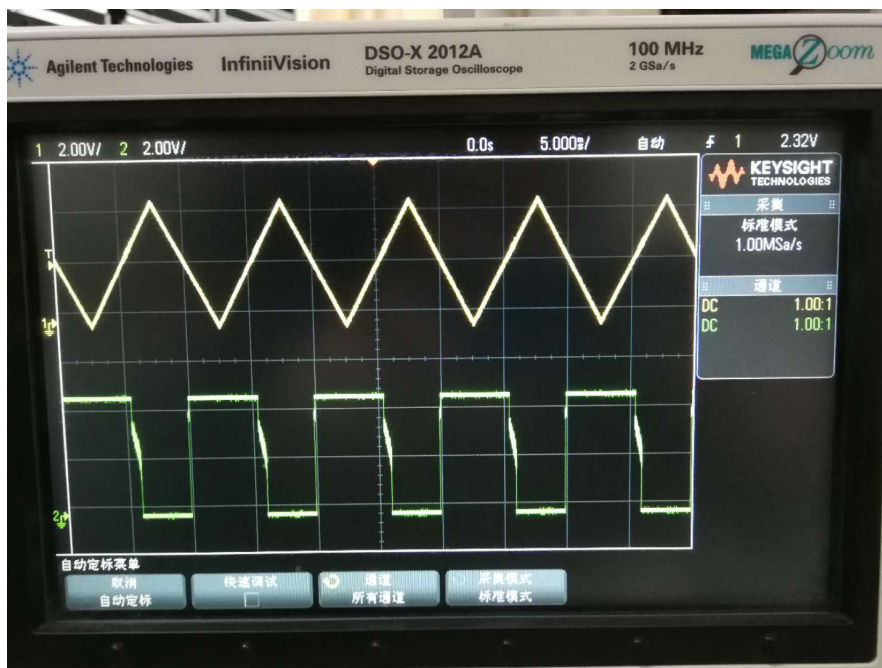


Figure 7: CMOS 与非门电压传输特性



Figure 8: CMOS 与非门电压传输特性 (XY 模式)

结果如图 7、8 所示。

### 4.3 TTL 与非门平均延迟时间

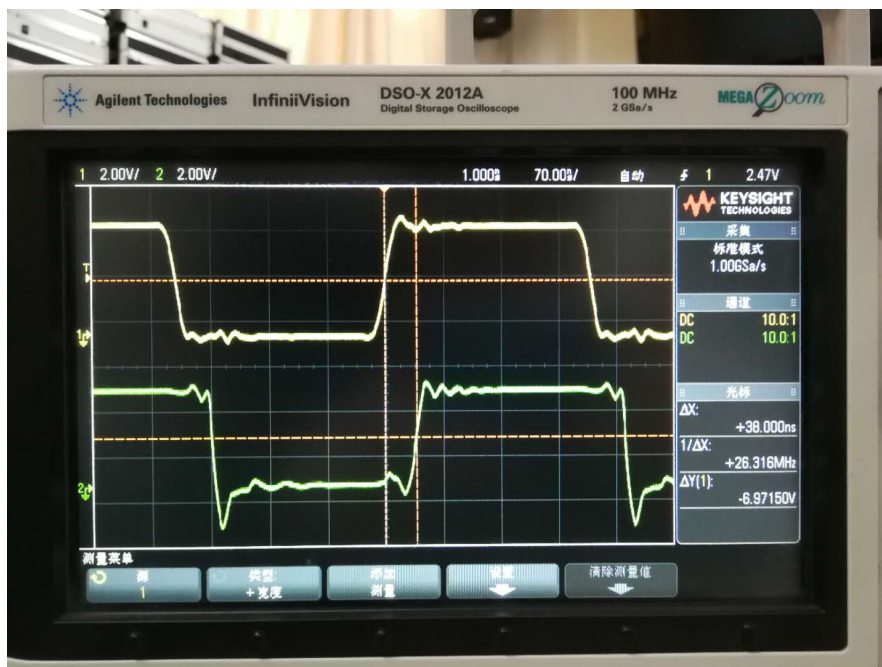


Figure 9: TTL 与非门  $t_{pHL}$  测量结果

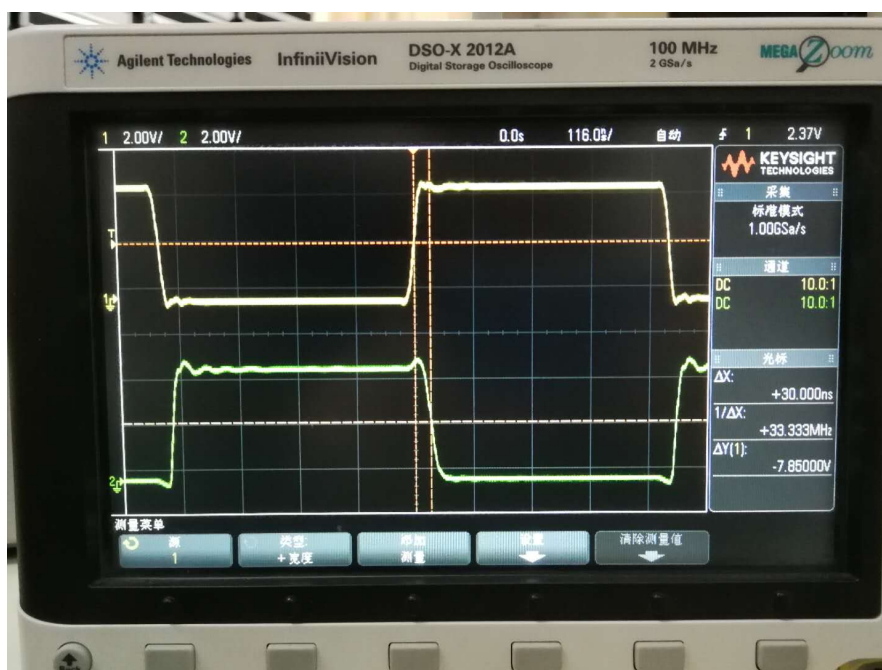


Figure 10: TTL 与非门  $t_{pLH}$  测量结果



结果如图 9、10 所示，其中  $t_{pHL} = 38 \text{ ns}$  且  $t_{pLH} = 30 \text{ ns}$ ，得

$$t_{pd} = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2} (t_{pHL} + t_{pLH}) = 8.5 \text{ ns}$$

#### 4.4 TTL 与非门电压传输特性

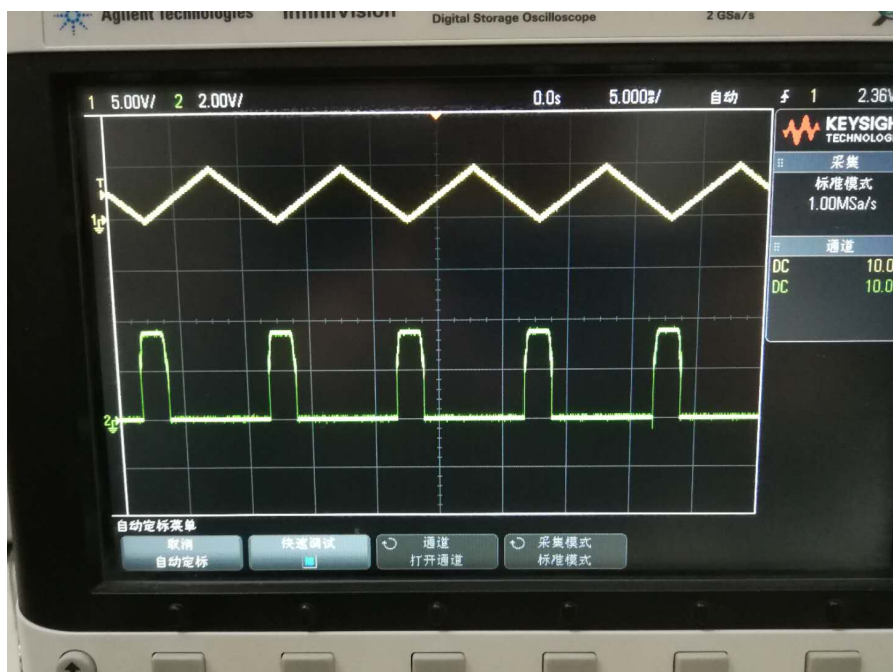


Figure 11: TTL 与非门电压传输特性测量结果

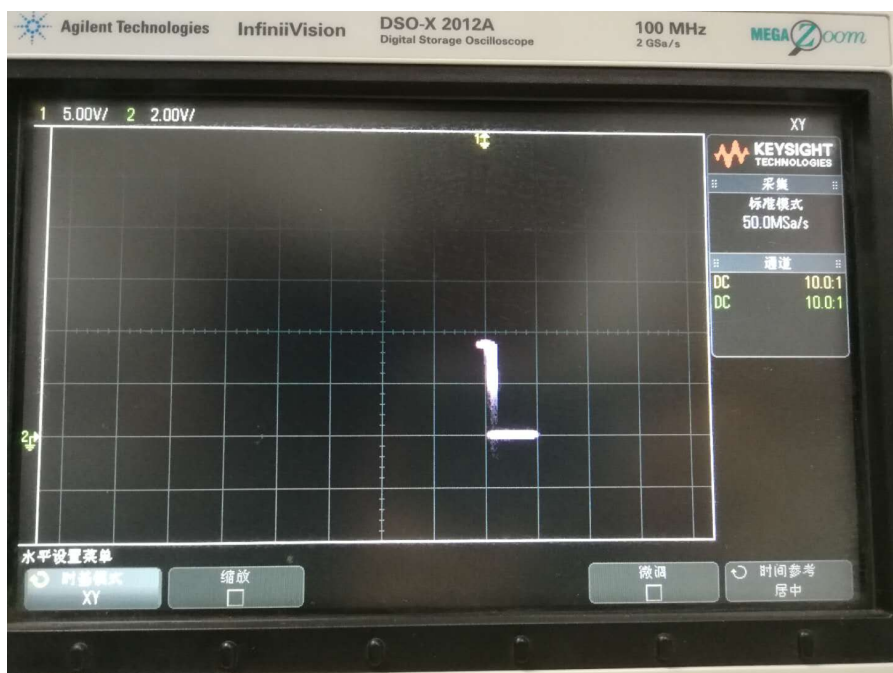


Figure 12: TTL 与非门电压传输特性测量结果 (XY 模式)

测量结果如图 11、12 所示。

## 5 思考题

Q: 应如何选择 TTL 与非门和 CMOS 与非门的多余输入端?

A: 对于 TTL 与非门, 多余的输入端悬空在逻辑上相当于接高电平, 但最好按电路要求接高电平或低电平。CMOS 与非门多余的输入端不允许悬空, 应接入正电源  $V_{DD}$  或接入低电平。

## 6 实验小结

1. 通过本次实验, 我对示波器的使用方法更加熟悉。掌握了与非门的延迟时间和电压传输特性的测量方法, 加深了对与非门电路性质的理解。
2. CMOS 与非门与 TTL 与非门相比, 延迟时间更长, 但集成度更高。
3. 最好使用不同颜色的线进行接线, 红线接输入, 黑线接地。
4. 无法输出波形时, 最好的方法是将线全部拔掉, 并重新接线。
5. 感谢老师和助教的详细讲解和耐心指导。