

TTL 与非门参数测量

1 实验目的

- (1) 了解 TTL 与非门参数的意义和使用注意事项；
- (2) 学习 TTL 与非门参数的测量方法。

2 实验器材

直流稳压电源、示波器、信号发生器、万用表、面包板、电阻、电位器、TTL 芯片。

3 实验原理

3.1 电压传输特性及干扰能力

与非门的输出电压 V_o 随输入电压 V_i 的变化关系，称为电压传输特性如图所示：

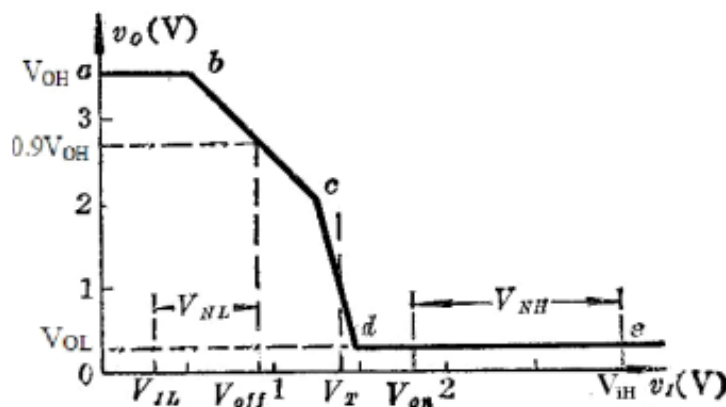


图 1: 电压传输特性曲线

其中， V_{iL} 为输入低电压， V_{iH} 为输入高电压， V_{oL} 为输出低电压， V_{oH} 为输出高电压， V_{off} 为关门电压， V_{on} 为开门电压， V_T 为门限电压， V_{NL} 为低电平容限， V_{NH} 为高电平容限。电平传输特性描述了与非门的静态特性， V_{off} 和 V_{on} 的差值愈小，则表明与非门的电压传输特性愈陡直，静态开关性能愈好，其抗干扰能力愈强。

3.2 空载功耗

空载功耗是与非门不接外部负载时，电源电流 I_o 与电源电压 E_c 的乘积，它是估算电路内耗的参量。通常只测定静态功耗，即在输入端全开路时的功耗 P_{on} 和短路时的功耗 P_{off} ，前者为空载导通功率，后者为空载截止功率，测试电路如下图所示：

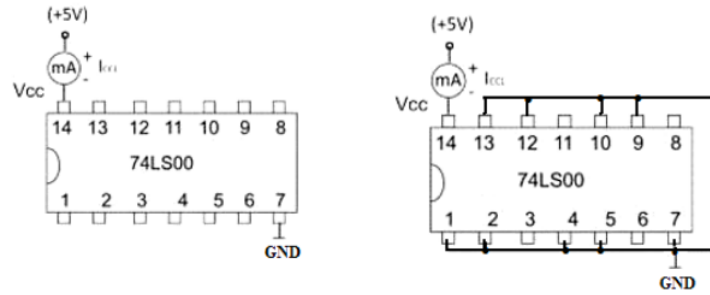


图 2: P_{on}, P_{off} 的测试电路

3.3 输入短路电流

I_{is} 是指与非门的一个输入端接地，其余输入端接高电平或开路时，流向接地端的电流， I_{is} 称为输入短路电流，测试电路如下图所示：

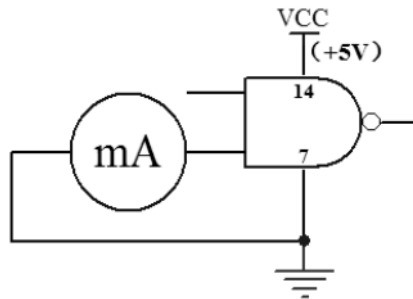


图 3: I_{is} 的测试电路

3.4 输入交叉漏电流

I_{iH} 是指与非门的一个输入端接高电平，其余输入端接地时，流入高电平输入端的电流，测试电路如下图所示：

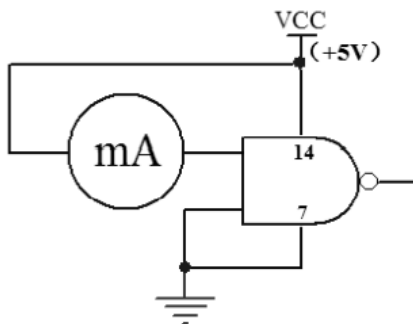


图 4: I_{iH} 的测试电路

3.5 输出低电平 V_{oL} 和输出高电平 V_{oH}

V_{oL} 是指当输入为高电平，输出端接额定灌电流负载时（相当于八个与非门的 I_{is} ），与非门的输出电压值。 V_{oH} 是指当输入为低电平、输出端接额定拉电流负载时（相当于八个与非门的 I_{iH} ），与非门的输出电压值。

3.6 扇出系数 N_c

扇出系数 N_c 定义为前级门低电平最大输出电流（灌电流）和后级门低电平最大输入电流的比值。 N_c 是说明与非门输出端负载能力的参数，它表示能驱动同类门的数目，测试电路如下图所示：

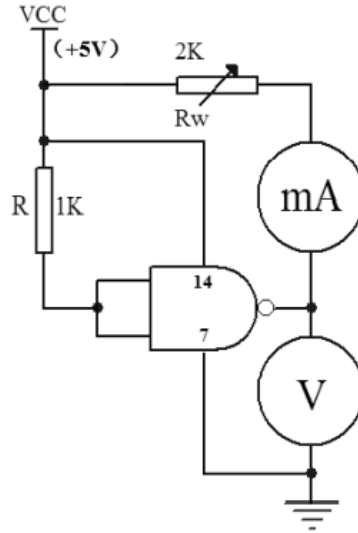


图 5: V_{OL} 和 N_c 的测试电路

3.7 平均传输延迟时间 t_{pd}

传输延迟时间是指与非门的输出信号的延时， t_{pd} 是门电路的重要参量，由于存在延迟时间，一方面可能产生“冒险”等有害的伪信号，另一方面也可利用延时的效应，组成某些电路（如环形振荡器）。

4 实验内容

4.1 验证与非门的逻辑功能

各门输入端悬浮，测得各输出端的电压为： $U_1 = 0.1700V$, $U_2 = 0.1670V$, $U_3 = 0.1528V$, $U_4 = 0.1672V$ ，与非门输出全为低电平。

各门输入端接地，测得各输出端的电压为： $U_1 = 4.4857V$, $U_2 = 4.4897V$, $U_3 = 4.4917V$, $U_4 = 4.4872V$ ，与非门输出全为高电平。

4.2 空载功耗 P_{ON} 和 P_{OFF}

测量电路如图 2，我们可以测得 $I_{ON} = 2.1768mA$, $I_{OFF} = 0.2124mA$, $U = 5V$

所以 $P_{ON} = UI_{ON} = 10.884mW$, $P_{OFF} = UI_{OFF} = 1.062mW$

4.3 输入短路电流 I_{is}

测量电路如图 3，我们可以测得 $I_{is} = 0.2340mA$

4.4 交叉漏电流 I_{iH}

测量电路如图 4，由于测量精度的原因，我们未能测得交叉漏电流 I_{iH} ，即 $I_{iH} \leq 10^{-4}mA$ 。

4.5 扇出系数 N_c

测量电路如图 5，我们可以测得 $I_L = 7.2683mA$ ，因此我们可得 $N_c = \frac{I_L}{I_{is}} \approx 31.06$

4.6 三级环形振荡器

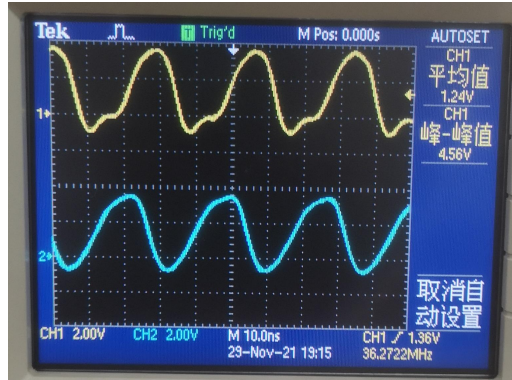


图 6: 三级环形振荡器波形图

由图中我们可以得到振荡频率 $f \approx 36.2722MHz$

4.7 利用计数器电路分频

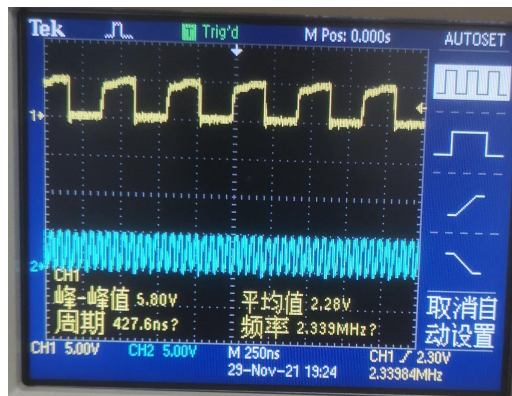


图 7: Q_A 和 Q_D 波形图

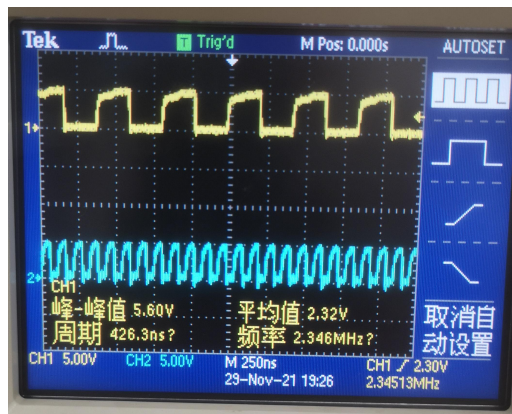


图 8: Q_B 和 Q_D 波形图

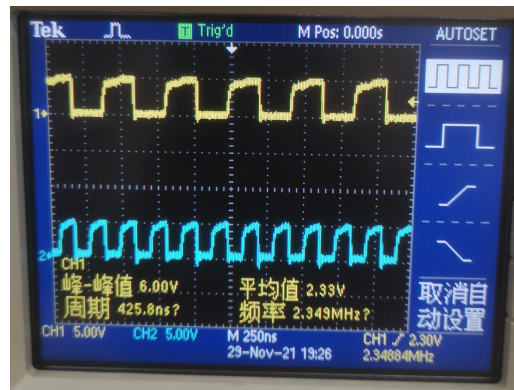


图 9: Q_B 和 Q_D 波形图

由 Q_A 和 Q_D 的波形图我们可得 $\tau_A = 52.0ns$, $\tau_D = 427.6ns$

因此我们由 Q_A 可得 $t_{pd} = \frac{\tau_A}{12} \approx 4.33ns$, 由 Q_D 可得 $t_{pd} = \frac{\tau_D}{96} \approx 4.45ns$

5 思考题

1. 测量与非门的空载功耗有何实际意义？为什么门电路的功耗与输入信号频率有关？

答：TTL 集成门电路工作时，器件本身要消耗一定的功率，功耗也是门电路的特性指标之一。由于功耗随负载的不同而变化，为了简便起见，通常以空载功耗来表征。空载功耗是与非门空载时的电源总电流与电源电压的乘积。当输出为低电平时的空载功耗称为导通功耗，用 P_{ON} 表示；当输出为高电平时的空载功耗称为截止功耗，用 P_{OFF} 表示。与非门的平均功耗与门电路的工作频率有关，工作频率越高，平均功耗就越大。这是由于与非门由低电平快速转变为高电平时， T_3 退出饱和状态之前 T_4 就导通了，会在很短的瞬间使电源和地之间出现一个低阻回路，形成一个尖峰电流，这个电流将增加与非门的平均功耗。

2. 与非门的噪声容限与哪些参量有关？

答：高电平噪声容限 = 最小输出高电平电压 - 最小输入高电平电压，低电平噪声容限 = 最大输入低电平电压 - 最大输出低电平电压，与非门的噪声容限 = min 高电平噪声容限，低电平噪声容限。与非门的噪声容限与环境温度，电路级联状态，电源电压，数字电路的反应速度，传输延迟时间，施加干扰波形，以及器件的阈值电压等因素有关。

3. 本实验的环形振荡器是由三级与非门组成的直耦反馈环路，如果由一级或偶数级与非门组成直耦反馈环路，能否产生振荡？为什么？

答：如果只有一级，可以产生振荡，但因为 $T = 2t_{pd}$ ，而 t_{pd} 很小，所以会导致振荡频率非常高；但是偶数级不能形成振荡，因为这样会形成一个稳定的状态而不会振荡。