

“十二五”普通高等教育电气信息类实验规划教材

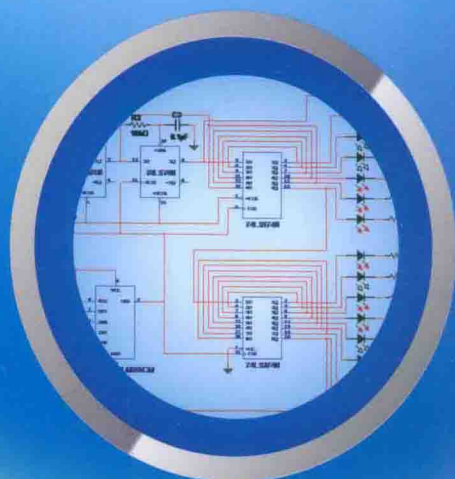
数字电子技术实验教程

第二版

周敏 主编

朱湘临 蒋彦 副主编

● 高平主审



化学工业出版社

“十二五”普通高等教育电气信息类实验规划教材

数字电子技术实验教程

第 二 版

	周 敏	主 编
朱湘临	蒋 彦	副主编
	高 平	主 审



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是数字电子技术的配套实验教程,可作为高等学校电气信息类、电子信息类的本科生实验教程,其他相近专业也可以参考使用。

全书的内容分上、下两篇。上篇是数字电子技术实验部分,在内容的选择上侧重基础实验,以培养学生的基本实验技能。同时辅以少量的综合实验,用来提高学生综合解决问题的能力。下篇是数字电子技术仿真实验部分,目的是使学生能够熟练掌握仿真软件 Multisim 在数字电路中的应用,书中所用的仿真实例均在 Multisim 11 中调试运行过。

图书在版编目 (CIP) 数据

数字电子技术实验教程/周敏主编. —2 版. —北京:化学工业出版社,2014.1

“十二五”普通高等教育电气信息类实验规划教材
ISBN 978-7-122-19324-7

I. ①数… II. ①周… III. ①数字电路-电子技术-实验-高等学校-教材 IV. ①TN79-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 305331 号

责任编辑:郝英华

装帧设计:刘丽华

责任校对:吴 静

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 7 $\frac{3}{4}$ 字数 176 千字 2014 年 3 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:18.00 元

版权所有 违者必究

本书是为数字电子技术课程编写的配套实验教程。数字电子技术是高等工科院校的重要专业基础课之一，实验则是该课程的一个重要环节。通过这一实践性教学环节，不仅可以巩固和加深对理论知识的理解，更重要的是训练学生的实验技能，培养学生独立思考和勇于创新的精神。

本书的内容分上、下两篇。上篇是数字电子技术实验部分，介绍了数字电路实验的基本知识、基础实验和综合设计性实验。基础实验包括集成逻辑门电路参数的测试、集电极开路门及三态门电路的应用、组合逻辑电路的设计、时序逻辑电路的设计等。实验的要求与理论教学内容一致，每个实验还安排了思考题，进一步拓展学生的思维。综合设计实验包括彩灯循环控制电路设计、多路智力抢答器的设计等。需要学生将所学知识融会贯通，可全面提升学生分析问题、解决问题的能力。下篇是数字电子技术仿真实验部分。考虑到计算机仿真在电子电路的分析与设计中日渐重要，本书引入了常用的仿真工具 Multisim 软件，介绍了 Multisim 11 在数字电子技术中的应用，给出了数字电路的仿真实例，使学生能快速掌握用 Multisim 仿真分析数字电路的一般方法和步骤。

本书由江苏大学周敏担任主编，朱湘临、蒋彦担任副主编。周晓霞、严雪萍、刘叶飞、朱爱国参与了编写工作。高平担任本书的主审，提出了很多宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

限于编者的水平，书中难免出现不足之处，恳请各位读者予以批评指正。

编 者
2013 年 12 月

上篇 数字电子技术实验

1

第1章

实验基础知识

- 1.1 实验目的与意义 / 1
- 1.2 实验要求 / 1
- 1.3 数字集成电路概述 / 2

2

第2章

数字电子技术基础实验

- 2.1 实验一 集成逻辑门电路参数的测试 / 7
- 2.2 实验二 集电极开路门及三态门电路的应用 / 12
- 2.3 实验三 门电路及组合逻辑电路的设计 / 19
- 2.4 实验四 全加器及其应用 / 22
- 2.5 实验五 数据选择器及其应用 / 27
- 2.6 实验六 触发器及其应用 / 32
- 2.7 实验七 计数器及其应用 / 37
- 2.8 实验八 移位寄存器及其应用设计 / 44
- 2.9 实验九 集成 555 定时器及其应用 / 48
- 2.10 实验十 A/D 和 D/A 转换器 / 54
- 2.11 实验十一 随机存储器及其应用 / 58

3

第3章

数字电子技术综合实验

- 3.1 实验一 彩灯循环控制电路设计 / 63

3.2 实验二 数字频率计的设计 / 65

3.3 实验三 多路智力抢答器设计 / 67

下篇 数字电子技术仿真实验

4

第 4 章

Multisim 在数字电子技术中的应用

4.1 逻辑函数的化简及其相互转换 / 69

4.2 常用数字逻辑器件性能的仿真测试 / 71

5

第 5 章

Multisim 11 综合仿真实例

5.1 8421BCD 码加法器 / 81

5.2 二十五进制减计数器 / 82

5.3 流水灯电路 / 83

5.4 智力竞赛抢答器 / 84

5.5 程序计数分频器 / 85

5.6 序列信号产生电路 / 87

5.7 模拟声响电路 / 88

5.8 随机灯发生器 / 89

附录 A Multisim 11 的元器件库简介 / 91

附录 B Multisim 11 的虚拟仪器简介 / 98

附录 C YB02-8 电工电子综合实验箱 / 115

参考文献

上篇

数字电子技术实验

第1章 实验基础知识

1.1 实验目的与意义

数字电子技术实验是实践性很强的课程，它的任务是使学生获得数字电子技术基本理论和基本实验技能，培养学生分析问题和解决问题的能力，养成认真严谨、实事求是的工作态度，为今后的综合设计奠定扎实的基础。

1.2 实验要求

为了保证实验的顺利完成，对学生有如下的要求。

(1) 实验前

认真复习有关的理论知识，阅读实验教材，了解实验目的、实验原理及实验内容，预习实验中所用仪器的性能和使用方法，初步估算实验结果并写出预习报告。

(2) 实验过程中

- ① 进入实验室要遵守实验室各项规章制度。
- ② 按实验步骤认真接线，合理布局。按操作规程正确使用仪器设备。
- ③ 在实验过程中如果发生问题，或仪器设备发生故障，应该立即切断电源，然后冷静分析问题所在，在指导老师的帮助下解决问题，排除故障。

④ 实验中要认真记录实验数据和结果,实验结束时将实验记录送交指导老师审阅签字。

⑤ 离开实验室时要将实验台整理好,切断所有仪器设备的电源。

(3) 实验后

根据实验中测得的数据,认真撰写实验报告。实验报告的具体要求如下。

① 实验报告要用规定的实验报告纸书写。

② 实验报告要书写工整、布局合理。

③ 实验内容要齐全,应包括实验目的、实验原理、实验电路、实验所需仪器设备及器件、测试数据、实验结果、问题分析及体会。

1.3 数字集成电路概述



1.3.1 数字集成电路的分类及特点

数字集成电路诞生于 20 世纪 60 年代,经过几十年的发展,数字集成电路几经更新换代,已经形成了多种系列产品并存发展的局面。数字集成电路分为两大类。第一类是双极型 TTL,一条是沿着 74→74LS→74ALS 系列向低功耗、高速度发展,另一条是沿着 74H→74S→74AS 的高速化发展,还有 ECL 沿着 10K→100K 系列向超高速化发展。第二类属于单极型,即 CMOS 类型为主,沿着 4000A→4000B/4500B→74HC 系列向高速化发展,同时又保持了低功耗的优点。

(1) TTL 类型

TTL 集成电路是以双极型晶体管为元件,输入极采用多发射极晶体管形式,开关放大电路也都是由晶体管构成的。在速度和功耗方面,都处于现代数字集成电路的中等水平。

① 74LS 系列。74LS 系列是现代 TTL 类型中的主要应用产品,也是逻辑 IC 的重点产品之一,它的品种丰富,价格低廉,是目前使用较多的主流产品。

② 74S 系列。74S 系列是 TTL 的高速型,它的品种比 74LS 系列少,它的功耗比 74LS 型大得多,但其速度比较快。

③ 74ALS 系列。74ALS 系列集成电路的主要优点是速度快,功耗比 74LS 系列低,是 74LS 系列的后续产品。74ALS 系列的特性和 74LS 系列近似,单价较高,品种也比较少。

④ 74AS 系列。74AS 系列是 74S 系列的后继产品,其速度和功耗都有所改进。

(2) CMOS 类型

CMOS 器件是用 MOS-FET 作为开关元件,构成互补型电路,属于单极型 IC。主要产品系列有 4000A-4000B/4500B, 40H, 74HC, 74AC。CMOS 产品的主要特点如下。

① 静态功耗很低。一般中规模集成电路的静态功耗小于 100mW。

② 电源电压范围宽。一般工作电压在 3~18V 之间。

③ 输入阻抗非常高。正常工作时,输入阻抗可达 100MΩ 以上。

- ④ 品种多而齐全。
- ⑤ 扇出能力强。低频工作时，可驱动 50 个以上的 CMOS 器件输入端。
- ⑥ 抗干扰容限大。电压噪声容限可达电源电压的 45%。
- ⑦ CMOS 集成电路的速度比较低。

TTL 产品和 CMOS 产品应用非常广泛，具体性能指标可以查阅 TTL、CMOS 集成电路手册。

1.3.2 数字集成电路选择原则

TTL 型和 CMOS 型是常用数字集成电路器件，它们各有特点。TTL 电路的速度高，超高速 TTL 电路的平均传输时间约为 10 ns，中速 TTL 电路的传输时间也有 50 ns。CMOS 电路的速度慢于 TTL 电路的速度，但是 CMOS 电路的功耗低，输出电压幅度可调范围大，抗干扰能力也比 TTL 电路强。TTL 电路的输出电流比 CMOS 电路的大。一般情况下；当要求速度高时，多选用 TTL 器件；当要求低功耗时，多选用 CMOS 器件。集成电路常用的封装形式有 3 种，即双列直插式、扁平式和直立式，通常选用双列直插式。其他则根据特殊需要而选择器件，如表 1-3-1 所示。

表 1-3-1 CMOS、TTL 器件选用原则

器件性能要求			选用器件种类
工作频率 f / MHz	功耗 P	其 他	
≤ 5		使用方便、成本低、耐用	肖特基低功耗 TTL
≥ 30			高速 TTL
≤ 1	小	输入阻抗高、抗干扰能力强	普通 CMOS
1~30	小	输入阻抗高、抗干扰能力强	高速 CMOS

1.3.3 使用 TTL、CMOS 集成电路的注意事项

(1) 使用 TTL 电路的注意事项

① TTL 集成电路的标准电源电压为 5V，使用时电源电压不能高于 5.5V。不能将电源与地颠倒错接，否则将会因为电流过大而烧毁器件。

② 电路的各输入端不能直接与高于 5.5V 或低于 -0.5V 的低内阻电源相连，因为低内阻电源能提供较大的电流，从而导致器件过热而损坏。

③ 除三态门和集电极开路的电路外，输出端不允许并联使用。

④ 输出端不允许与电源和地短接，但可以通过电阻与电源相连，提高输出电平。

⑤ 在电源接通时，不要移动或插入集成电路。因为电流的冲击可能造成芯片损坏。

⑥ 多余的输入端最好不要悬空，因为悬空容易受干扰。有时会造成误操作，因此，多余输入端要根据需要处理。如与门、与非门的多余输入端可接到正电源，也可以将多余输入端和使用端并联使用。不用的或门、或非门的输入端可以直接接地或与使用端并联使用。触发器不使用的输入端也不能悬空，应该根据逻辑功能接入电平，输入端连线应该尽量短，这样可以缩短时序电路中时钟信号沿传输线传输的延迟时间。一般不允许触发器的输出端直接

驱动指示灯、电感负载和长线传输，需要时加缓冲器。

(2) 使用 CMOS 集成电路时的注意事项

CMOS 电路由于输入电阻很高，因此极易接受静电电荷，为了防止静电击穿，生产 CMOS 电路时输入端都加了标准保护电路。但这并不能保证绝对安全，因此，使用 CMOS 电路时必须注意以下内容。

① 存放 CMOS 集成电路时要采用金属屏蔽盒储存或金属纸包装，防止外来感应电压击穿器件。

② 焊接 CMOS 电路时，一般用 20 W 内热式电烙铁，而且电烙铁应该有良好的接地线。禁止在电路接通电时焊接。

③ COMS 电路的输入端不能短路，否则会造成 CMOS 管的损坏。

④ 为了防止输入端保护二极管因正向偏置而引起损坏，输入电压必须处于 V_{DD} 与 V_{SS} 之间。

⑤ 在调试 COMS 电路时，应该先接通电源，后加入输入信号，即在 CMOS 电路本身没有接通电源的情况下，不允许有信号输入。

⑥ 多余输入端绝对不能悬空，否则不但容易接受外界噪声干扰，破坏正常的逻辑关系，也消耗功率。因此，应该根据电路的逻辑功能需要，对输入悬空端加以处理。例如，与门和与非门的多余输入端应接到高电平或正电源，如果电路的工作速度不高，不需要特别考虑功率时，也可以将多余的输入端和使用端并联使用。

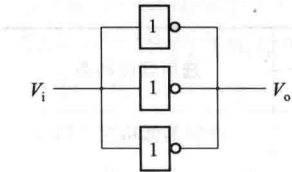


图 1-3-1 反向器的并联

⑦ 严禁带电插拔器件，以免瞬态电压损坏 CMOS 器件。

⑧ CMOS 电路的工作电流比较小，其输出端一般只能驱动一级晶体管，如果需要驱动比较大的负载时，最简单的方法是在输出端并联接入几个非门，而且必须在同一芯片上。如图 1-3-1 所示。

1.3.4 集成电路命名方法

(1) 国内命名方法

器件型号由五部分组成：第一部分由字母表示国家标准；第二部分由字母表示器件的类型；第三部分由阿拉伯数字表示器件的系列和品种代号；第四部分由字母表示器件的工作温度范围；第五部分由字母表示器件的封装形式。各部分符号及其意义如表 1-3-2 所示。

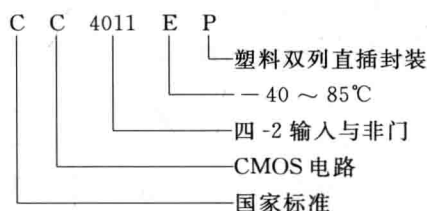
表 1-3-2 集成电路符号及其意义

第一部分		第二部分		第三部分	第四部分		第五部分	
符号	含义	符号	含义	阿拉伯数字	符号	含义	符号	含义
C	中国	T	TTL	阿拉伯数字	C	0~70℃	W	陶瓷扁平
		H	HTL		E	-40~85℃	B	塑料扁平
		E	ECL		R	-55~85℃	F	全密封扁平
		C	CMOS		M	-55~125℃	D	陶瓷直插

续表

第一部分		第二部分		第三部分	第四部分		第五部分	
符号	含义	符号	含义	阿拉伯数字	符号	含义	符号	含义
		F	线性放大器				P	塑料直插
		D	电视电路				J	黑陶瓷直插
		W	稳压器				K	金属菱形
		J	接口电路				T	金属圆形
		B	非线性电路					
		M	存储器					

例如：



(2) 国外命名方法

美国德克萨斯公司

$\frac{SN}{①}$ $\frac{\times\times}{②}$ $\frac{\times\times}{③}$ $\frac{\times\times}{④}$ $\frac{\times}{⑤}$

其中，各部分的含义如下。

① 德克萨斯公司标准电路。

② 工作温度范围。54 系列———55~125℃；74 系列——0~70℃。

③ 系列。ALS——先进的低功耗肖特基系列；LS——低功耗肖特基系列；S——肖特基系列。

④ 品种代号。

⑤ 封装形式。J——陶瓷双列直插；N——塑料双列直插；T——金属扁平；W——陶瓷扁平。

美国摩托罗拉公司

$\frac{MC}{①}$ $\frac{\times\times}{②}$ $\frac{\times\times}{③}$ $\frac{\times}{④}$

其中，各部分的含义如下。

① 摩托罗拉公司标准电路。

② 工作温度范围。4，20，30，72，74，83——0~75℃。5，21，31，43，82，54，93———55~125℃。

③ 品种代号。

④ 封装形式。L——陶瓷双列直插；P——塑料双列直插；F——陶瓷扁平。

日本日立公司

HD	××	××	××	×
①	②	③	④	⑤

其中，各部分的含义如下。

- ① 日立公司标准电路。
- ② 工作温度范围。74—— -20~75℃。
- ③ 系列。空白——标准系列；LS——低功耗肖特基系列；S——肖特基系列。
- ④ 品种代号。
- ⑤ 封装形式。空白——玻璃-陶瓷双列直插；P——塑料双列直插。

第 2 章 数字电子技术基础实验

2.1 实验一 集成逻辑门电路参数的测试

2.1.1 实验目的

- ① 熟悉 TTL 与非门和 CMOS 与非门的引脚排列及引脚功能。
- ② 掌握 TTL 与非门和 CMOS 与非门参数的测量方法及物理意义。

2.1.2 实验原理

在实际应用电路中,经常用到门电路。而门电路参数会影响到整体电路工作的可靠性。

本实验选择经常用到的 TTL 与非门 74LS00 和 CMOS 与非门 CC4011。74LS00 和 CC4011 都是四 2 输入与非门,其引脚排列图如图 2-1-1 所示。

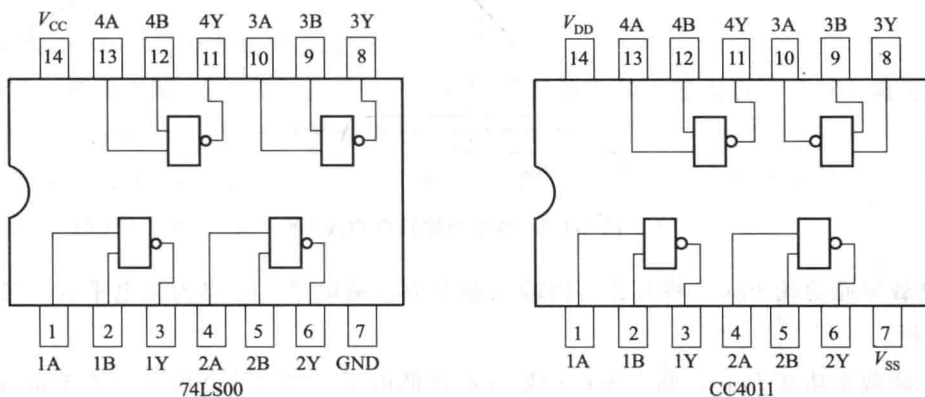


图 2-1-1 74LS00、CC4011 引脚排列

与非门的参数分为静态参数和动态参数两种。静态参数指电路处于稳定的逻辑状态下测得的参数,动态参数指逻辑状态转换过程中测得的与时间有关的参数。

TTL 与非门的主要参数如下。

- ① 输入短路电流 I_{IS} 。在 TTL 与非门的输入特性曲线上,当输入电压为 0 时,此时的输入电流就称为输入短路电流。
- ② 输入漏电流 I_{IH} 。在 TTL 与非门的输入特性曲线上,当输入电压上升到 1.5V 以后,

输入电流基本保持恒定值不变,称为输入高电平电流,又称为输入漏电流。

③ 输出高电平 V_{OH} 。一般情况 $V_{OH} \geq 2.4V$ 。

④ 输出低电平 V_{OL} 。一般情况 $V_{OL} \leq 0.4V$ 。

⑤ 扇出系数 N_O 。正常工作时,一个门电路能驱动与其同类门的个数。它标志着一个门电路的带负载能力。与非门带同类负载时,最大负载电流是发生在输出低电平时,因此扇出系数的表达式为:

$$N_O = \frac{I_{OL(max)}}{I_{IS}}$$

式中, $I_{OL(max)}$ 为保证输出低电平所允许的最大灌电流; I_{IS} 为一个负载门的输入短路电流。

⑥ 开门电平 V_{ON} 和关门电平 V_{OFF} 。使输出电压 V_O 刚刚达到低电平 V_{OL} 时的最低输入电压称为开门电平 V_{ON} 。使输出电压 V_O 刚刚达到高电平 V_{OH} 时的最高输入电压称为关门电平 V_{OFF} 。

⑦ 电压传输特性曲线。输出电压随输入电压变化的关系曲线如图 2-1-2 所示。它能够充分显示与非门的逻辑关系,当输入为低电平时,输出为高电平。当输入为高电平时,输出为低电平。在曲线上可以清楚地读出 V_{OH} , V_{OL} , V_{ON} , V_{OFF} 。

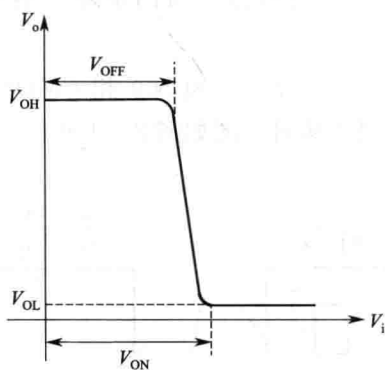


图 2-1-2 电压传输特性曲线

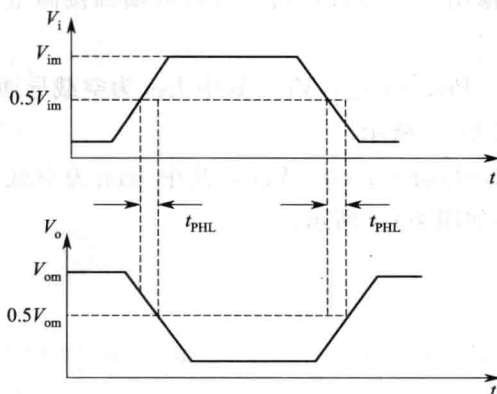
⑧ 空载导通功耗 P_{ON} 。将与非门的输入端全部接高电平,输出为低电平且不带负载时的功率损耗。

⑨ 空载截止功耗 P_{OFF} 。将与非门的输入端接低电平,输出为高电平且不带负载时的功率损耗。

⑩ 平均传输延迟时间 t_{pd} : 传输延迟时间是 TTL 与非门的动态特性。由于晶体管内部存储电荷的积累和消散都需要时间,而且二极管、晶体管等元器件都有寄生电容存在,从而使输出电压波形总比输入电压的波形滞后一定的时间,因此造成传输延迟。如图 2-1-3 所示。

平均传输延迟时间为:

$$t_{pd} = \frac{t_{PHL} + t_{PLH}}{2}$$


 图 2-1-3 平均延迟时间 t_{pd}

由于 TTL 门电路的延迟时间较小，直接测量时对函数信号发生器和示波器的性能要求比较高，因此实验中采用环形振荡器来测量 t_{pd} ，即将奇数个与非门首尾相连组成图 2-1-12 所示的环形振荡器：

$$t_{pd} \approx \frac{T}{2N}$$

式中， N 为与非门电路的个数； T 为环形振荡器输出信号的振荡周期。

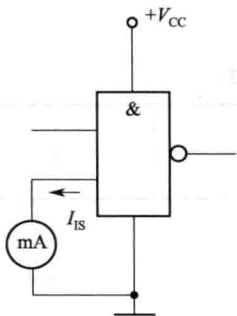
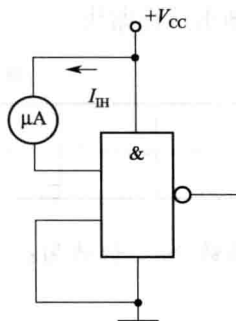
CMOS 电路参数的意义及测试方法与 TTL 电路参数的意义及测试方法基本相同，这里不再叙述。

2.1.3 实验内容

(1) TTL 与非门参数测试 (74LS00)

① 输入短路电流 I_{IS} 。将与非门的一个输入端接地，其他输入端悬空时，流过该接地输入端的电流就是输入短路电流。测试方法如图 2-1-4 所示。

② 输入漏电流 I_{IH} 。将与非门的一个输入端接高电平，另一个输入端接低电平时，流过高电平输入端的电流就是输入漏电流。测试方法如图 2-1-5 所示。


 图 2-1-4 输入短路电流 I_{IS} 测试电路

 图 2-1-5 输入漏电流 I_{IH} 测试电路

③ 输出高电平 V_{OH} 。输出不接负载，当有一输入端为低电平时电路的输出电压值。测量方法如图 2-1-6 所示。

④ 输出低电平 V_{OL} 。输出不接负载，当所有输入端都接高电平时电路的输出电压值。测量方法如图 2-1-7 所示。

⑤ 空载导通功耗 P_{ON} 。 $P_{ON}=I_{CCL}\times V_{CC}$ ，其中 I_{CCL} 为空载导通电源电流， V_{CC} 为电源电压（+5V）。测试方法如图 2-1-8 所示。

⑥ 空载截止功耗 P_{OFF} 。 $P_{OFF}=I_{CCH}\times V_{CC}$ ，其中 I_{CCH} 为空载截止电源电流， V_{CC} 为电源电压（+5V）。测试方法如图 2-1-9 所示。

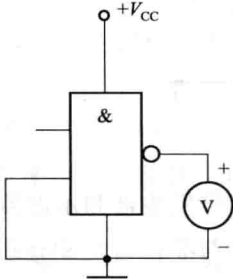


图 2-1-6 输出高电平 V_{OH} 测试方法

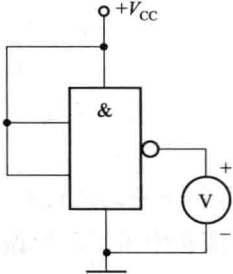


图 2-1-7 输出低电平 V_{OL} 测试方法

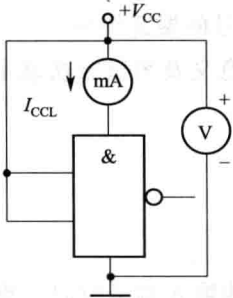


图 2-1-8 空载导通功耗 P_{ON} 测试方法

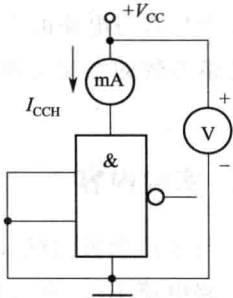


图 2-1-9 空载截止功耗 P_{OFF} 测试方法

⑦ 电压传输特性。与非门输出电压随输入电压的变化曲线即为电压传输特性 $V_O=f(V_i)$ ，电压传输特性反映了与非门的逻辑关系。测试方法如图 2-1-10 所示，自拟测量数据，填入表 2-1-1，并画出特性曲线。

表 2-1-1 TTL 与非门电压传输特性

V_1/V									
V_2/V									

⑧ 扇出系数 N_0 。公式为：

$$N_0=\frac{I_{OL(max)}}{I_{IS}}$$

式中， $I_{OL(max)}$ 为 $V_{OL}\leq 0.35V$ 时准许灌入的最大灌入负载电流； I_{IS} 为输入短路电流。

扇出系数 N_0 的测试方法如图 2-1-11 所示。输入端悬空，接通电源，调节 $1k\Omega$ 电位器，使电压表读数为 $0.35V$ ，读出此时电流的数值 $I_{OL(max)}$ ，按公式求出 N_0 。

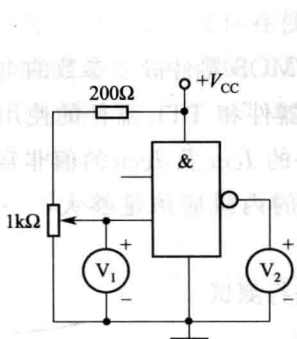


图 2-1-10 TTL 与非门电压传输特性测试电路

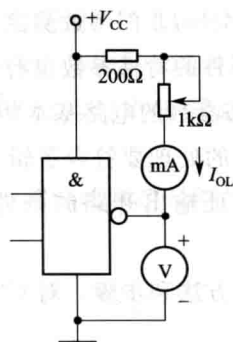


图 2-1-11 扇出系数 N_0 测试电路

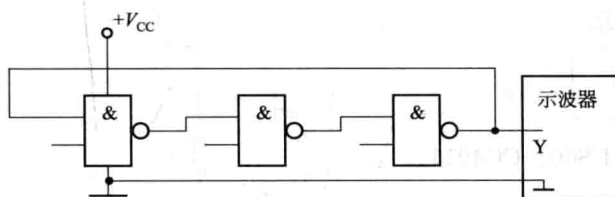


图 2-1-12 用环形振荡器测量 t_{pd}

⑨ 平均传输延迟时间 t_{pd} 。这里采用 3 个与非门构成环形振荡器，如图 2-1-12 所示，输出端可接示波器或频率计来测量周期。假设每一个与非门的延迟时间都相等，3 个与非门构成的环形振荡器的周期为 $T=6t_{pd}$ ，则 $t_{pd}=\frac{T}{6}$ 。

74LS00 的主要性能参数如表 2-1-2 所示。

表 2-1-2 74LS00 主要性能参数

参数名称	符号	单位	测试条件	规范值
输出高电平	V_{OH}	V	$V_i=0.8V, I_{OH}=0.4mA$	≥ 2.4
输出低电平	V_{OL}	V	$V_i=2.0V, I_{OL}=4.0mA$	≤ 0.4
输出高电平电流	I_{OH}	mA	$V_i=0.8V, I_{OH}=2.7mA$	≤ 0.4
输出低电平电流	I_{OL}	mA	$V_i=2.0V, I_{OL}=0.5mA$	≥ 8
输入短路电流	I_{IS}	mA	$V_i=0V$	≤ 0.4
输入漏电流	I_{IH}	μA	$V_i=5V$	≤ 20
输出高电平时电源电流	I_{CCH}	mA		≤ 1.6
输出低电平时电源电流	I_{CCL}	mA		≤ 4.4
开门电平	V_{ON}	V		≤ 1.8
关门电平	V_{OFF}	V		≥ 0.8
传输延迟时间	t_{pd}	ns		≤ 30
扇出系数	N_0			≥ 8