

电工电子基础课实验系列教材

MAICHONG YU SHUZI

DIANLU SHIYAN

脉冲与数字电路实验

龚之春 主审
任 兵 张亚君 盛庆华 编著



浙江大学出版社

电工电子基础课实验系列教材

脉冲与数字电路实验

龚之春 主审

任 兵 张亚君 盛庆华 编著

浙江大學出版社

内容提要

本书为“电工电子基础课实验系列教材”之一。

本书的 10 个基本实验,是按照教学大纲编排的,由简到繁,按教学进程,循序渐进,旨在培养基本实验技能。另外的 4 个综合实验,既具有实用性和通用性,又具有趣味性和先进性,重点放在应用能力的培养上。实验所用的元器件以 TTL74LS 系列大、中、小规模集成电路为主,兼顾 CMOS 电路。书后的两个附录简要地介绍了相应实验所需软件的使用方法,以方便完成有关实验。

本书可作为高等院校电子、通信、计算机、自动化、机电一体化等专业的实验指导书,也可作为相关专业技术人员的参考书。

责任编辑 樊晓燕

出版发行 浙江大学出版社

(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

(E-mail: zupress@mail.hz.zj.cn)

排版 浙江大学出版社电脑排版中心

印刷 浙江大学印刷厂

开本 787mm×1092mm 1/16

印张 5

字数 128 千

版印次 2004 年 3 月第 1 版 2004 年 7 月第 2 次印刷

印数 3001—6000

书号 ISBN 7-900666-14-1/G·100

定价 8.00 元

序

杭州电子工业学院的电工电子类学科实验室,自上世纪 80 年代创建以来,已经历了多次扩展和改造。尤其是本世纪初迁入下沙新校区后,这些实验室又经大力充实和整合,已提升为电工电子实验中心,并被列入省教育厅认证的首批省高校重点实验教学示范中心之一。这是几代实验工作者努力的结果,也是浙江省教育事业发展的标志之一。

为了真正适应时代的发展,作为省重点实验基地的电工电子实验中心应当具有鲜明的开放性和示范性。为此,该中心在不断改善硬环境的同时,还特别重视实验内容、过程和手段的革新。如在保留经典实验过程的同时,适时增添了计算机辅助分析的内容;在运用传统设计方法之后,及时引入编程开发软件,使电子系统设计(综合)实现得更为快捷有效;在常规实验取得一定经验的基础上,及时掌握虚拟实验技术这一现代工程训练必备的手段;还有实验过程中注重培养故障检测和诊断等实验师应有的基本技能,等等。所有这类实验改革的理念,随着实验课程的进展,都恰如其分地安排在相应的实验过程中。

这套实验指导书,大体上是按电工学、电路基础、模拟电子技术、脉冲与数字电路和通信电路等课程分册编写出版的,它既适用于电工电子信息类等工程专业本科使用,如经适当选择和安排,也完全适用于非电类工科专业使用,如机电一体化、自动化、交通、能源勘探或轻工制造类专业。它还可根据不同层次的学生提供有针对性的实验内容和环境,如可安排单片机至嵌入式系统的综合实验等,以便供研究生或高职生等进行实验学习。

本实验系列教材的各分册的编者都是长期从事相应课程教学和实验的教师,他们有着丰厚的理论基础和专业知识。更可贵的是他们具有熟练的实验技能。他们在编写中都注意到实验内容的由浅入深,逐渐加大实验难度和复杂性;实验目的也逐渐从感性到理性,符合认知规律,进而达到自主开发和创新境界;实验手段也是从传统到智能化的渐进式训练。这些理念无不透现出编者多年教学心得和工程经验的运用。学生如能充分利用中心的实验资源,并深刻领会实验教材的编写意图,经过亲身实践,定能使个人的实验技能大有长进,成为当今企业界十分欢迎的工程专业人材。

实验改革是教学改革中的一个重要方面,需要有经验的指导教师的远见卓识,更需要有锐意改革从事实验研究者的亲身体验。相信实践出真知,实验中心在不断改革开放的进程中,将会变得更具开放性和示范性,将会为杭州电子工业学院,以至全省电工电子类实验教学创造出更多的经验。

龚之春 教授

2003 年冬于杭州翠苑

前 言

实验是电子类专业基础课程中不可缺少的重要环节。实验教学旨在帮助学生更好地学习基本理论知识,掌握分析问题的基本技能,培养解决问题的能力。各个大专院校都非常重视学生的实践环节,尤其是工科院校,对实验室的仪器设备、师资力量等方面投入很大,以便满足当前的教学需要。

脉冲与数字电路技术的发展是迅速和广泛的,教学改革就要适应这种发展。本实验系列教材中的《脉冲与数字电路实验》分册是按照教学大纲编写的,与“脉冲与数字电路”理论课配套使用。全书包括10个普通实验和4个综合实验,共14个实验内容。普通实验包括基础性、设计性、综合性的实验,重点放在基本技能训练上;综合实验属于设计性、开放性实验,重点放在应用能力的培养上。通过脉冲与数字电路实验,要求学生熟悉脉冲与数字电路的测量方法,掌握测量仪器的操作,学习常用数字集成电路的使用,与“脉冲与数字电路”理论课配套学习,进一步学会数字电路的设计和调试,巩固和拓宽理论知识。为了适应电子设计自动化(EDA)的不断发展,本书还适时介绍了新技术、新器件,以提高学生的工程应用能力。

本书是在杭州电子工业学院编著的《脉冲与数字电路实验指导书》的基础上改编并增补而成的,适宜作为各大专院校的电子工程、通信工程、工业自动化、计算机等专业的本专科学学生的实验指导。龚之春教授对书稿进行了审阅,提出了许多宝贵的修改意见,对此编者谨表示衷心感谢。由于编者水平有限,书中难免有缺点和错误,恳请广大读者提出批评和改进意见。

编 者

2004年3月

目 录

第一篇 实验的基本知识.....	1
第二篇 实验内容.....	5
实验一 TTL 逻辑门参数测试	7
实验二 全加器的应用	12
实验三 数据选择器的应用	17
实验四 通用阵列逻辑 GAL 的应用	21
实验五 组合逻辑电路的设计	23
实验六 触发器和计数器的应用	25
实验七 移位寄存器的应用	30
实验八 同步时序电路的逻辑设计	35
实验九 555 定时器的应用	38
实验十 A/D 和 D/A 变换器的应用	42
实验十一 交通灯控制	47
实验十二 六人抢答器	48
实验十三 打乒乓游戏	49
实验十四 路灯控制器	50
第三篇 附 录	51
附录一 ABEL 语言与 ispLEVER 开发软件	53
附录二 计算机仿真软件 EWB 使用简介	62
参考书目	73

第一篇 实验的基本知识

实验的基本知识

实验是一项认识事物、检验理论的基础实践工作,一个高质量的实验来自于充分的预习、认真的操作和全面的总结。

预 习

预习就是实验前必须做的准备工作。准备得越充分,实验的效果就越好。准备工作包括了解实验目的、明确实验要求、理解实验内容、掌握相关理论。对于普通实验,因为实验现象、电路原理、逻辑功能应属已知的范围,所以对实验结果和可能出现的各种现象可以预先做出分析和判断。对于综合实验,准备工作要花费更多的时间。要尽可能地运用自己掌握的知识,圆满地完成实验。

预习要求每一个实验者写出预习报告,内容为实验目的、实验原理、实验所用器件和可替代器件的型号及管脚图、实验内容、实验电路逻辑图或连线图。预习报告的格式应与实验报告一致,这样可以保持整个报告的完美。对于设计性实验,还必须写出设计过程。

操 作

脉冲与数字电路实验主要在数字逻辑实验箱上进行,另外配有常用仪器如双踪示波器、500型指针式万用表等。实验箱的主体部分是用于器件布局 and 连接线路用,实验箱上配有适合不同管脚数的锁紧式集成电路插座,在插座周围有固定的插孔,插孔与插座的相应管脚连接。实验箱提供长短不一、颜色各异的连线若干根,连线两端具有与插孔配套的插头,将其插入相应的插孔就能可靠地连接电路。实验箱上表示电路输出的是数码管和指示灯,表示电路静态输入的有两种开关,其中拨动开关有开关抖动,按动开关是单脉冲发生器。动态输入也可采用脉冲信号源。

正确测得实验数据后,填入预习报告并经实验指导教师签字认可。

总 结

实验完成后必须总结实验过程,对实验数据进行处理,再作实验分析及思考题解答,写出实验结论或心得体会,完成实验报告。

实验报告的内容即在预习报告的基础上附加总结。

注:本书的实验中前面加“*”号的为选做内容。

第二篇 实验内容

实验一 TTL 逻辑门参数测试

一、实验目的

1. 了解 TTL 逻辑门电路的主要参数及测量方法。
2. 熟悉 TTL 逻辑门电路的参数意义。
3. 掌握 TTL 逻辑门电路的逻辑功能及使用规则。

二、实验仪器

序 号	仪器或器件名称	型号或规格	数 量
1	数字逻辑实验箱		1
2	指针式万用表		1
3	2 输入四与非门		1

三、实验原理

早期的逻辑门电路由分立元件构成,它体积大、性能差。随着半导体工艺的不断发展,电路设计也随之改进,使所有元器件连同布线都集成在一小块硅芯片上,形成集成逻辑门。集成逻辑门是最基本的数字集成元件。目前使用较普遍的双极型数字集成电路是 TTL 逻辑门电路,它的品种已超过千种。近年来出现的高速型系列已成为新一代数字设备的支撑器件。通过这次实验,希望同学们初步掌握数字电路实验的基本方法,学会查阅器件手册,学会逻辑箱的使用,正确掌握操作规范。

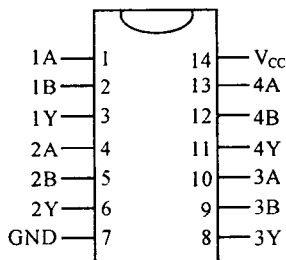


图 1-1

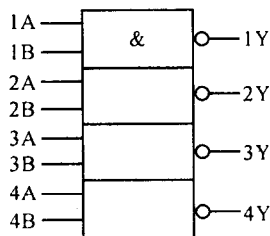


图 1-2

(一) TTL 与非门的参数

本实验采用的逻辑门为 TTL 双极型数字集成逻辑门电路 74LS00, 它有 4 个两输入与非门, 外形为双列直插式, 引脚排列如图 1-1 所示, 逻辑符号如图 1-2 所示。输入为 A, B 端, 输出为 Y 端, $Y = \overline{AB}$ 。参数分别有:

1. I_{CCL}, I_{CCH}

I_{CCL} 为输出低电平电源电流, 是指当实验门的输入端全部悬空, 该门输出端空载时电源提供器件的电流; I_{CCH} 为输出高电平电源电流, 是指当输入端至少一个接地, 输出端空载时电源提供器件的电流。注意: 图 1-2 所示器件的四个门的电源 V_{CC} 引线是连在一起的。

2. I_{IL}, I_{IH}

I_{IL} 为输入低电平电流, 是指当一个输入端接地, 其他输入端悬空时, 这个输入端流向接地端的电流; I_{IH} 为输入高电平电流, 是指当一个输入端接高电平 V_{CC} , 其他输入端接地时, 高电平 V_{CC} 流向高电平输入端的电流。

3. 电压传输特性

电压传输特性是直观反映输出电压 V_O 随输入电压 V_I 变化而变化的关系曲线, 如图 1-3 所示。

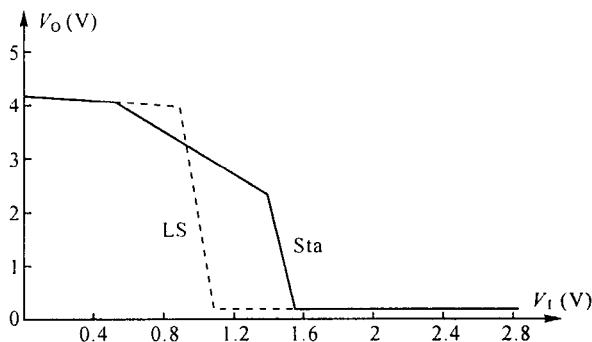


图 1-3 TTL 电压传输特性曲线图

从特性曲线图中可以得到以下重要参数:

(1) 输出低电平 V_{OL} , 指当与非门输入端均接高电平或悬空时的输出电压值。当输出空载时 $V_{OL} \leq 0.3V$, 当输出接有灌电流负载时, V_{OL} 将上升, 其允许最大值 V_{OLmax} 为 $0.4V$ 。

(2) 输出高电平 V_{OH} , 指当与非门有一个或一个以上的输入端接地或接低电平时的输出电压值。当输出空载时, $V_{OH} \approx 4.2V$, 当输出接有拉电流负载时, V_{OH} 将下降, 其允许最小值 V_{OHmin} 为 $2.4V$ 。

(3) 开门电平 $V_{ON} (V_{IHmin})$, 指保持输出为低电平时的最小输入高电平。一般 $V_{ON} \leq 1.8V$, LS 系列约 $1.2V$ 左右。

(4) 关门电平 $V_{OFF} (V_{ILmax})$, 指保持输出为额定高电平的 90% 时的最大输入低电平。一般 $V_{OFF} \geq 0.8V$ 。

(5) 阈值电平 V_{TH} , 指在电压传输特性曲线中输出电平急剧变化中点附近的输入电平值, 一般为 $1.4V$ (标准型) 或 $1.0V$ (LS 型)。当与非门输入电平为 V_{TH} 时, 输入的极小变化可引起输出状态迅速变化, 利用这个特性, 可以构成多谐振荡器。

(6) 直流噪声容限 V_N , 指在最坏的条件下, 输入端所允许的输入电压变化的极限范围。其中, 低电平直流噪声容限 V_{NL} 定义为 $V_{NL} = V_{OFF} - V_{OLmax}$; 高电平直流噪声容限 V_{NH} 定义为 $V_{NH} = V_{OHmin} - V_{ON}$ 。

4. N_O

N_O 为扇出系数, 指电路能驱动同类门电路的数目, 用以衡量电路带负载的能力。 N_O 的大小受输出低电平时输出端允许灌入的最大负载电流限制, 因此有等式 $N_O = I_{OLmax} / I_{IL}$ 。

5. t_{pd}

t_{pd} 为平均传输时间, 指实际器件输入与输出之间存在的传输迟延, 其值为两个边沿迟延的平均值, 即 $t_{pd} = (t_{pLH} + t_{pHL}) / 2$ 。

(二) TTL 与非门的逻辑功能

根据与非门的工作原理, 当输入端全为高电平时输出为低电平, 否则输出为高电平。实验时输入端的高低电平可由逻辑开关提供, 开关拨上为逻辑“1”, 拨下为逻辑“0”。输出可用指示灯显示, 输出高电平则指示灯亮, 低电平则灯灭, 这样就可观察指示灯的变化情况确定输入输出的逻辑关系。

四、实验内容

(一) TTL 与非门逻辑功能的测试

实验箱总开关处于 OFF 状态, 把一块 74LS00 固定在实验箱的插座上(可选中间合适的插座), 连接 14 脚电源 V_{CC} 至实验箱 +5V 端口, 连接 7 脚 GND 至实验箱接地端口。从 74LS00 中任选一个与非门, 它的两个输入端 A, B 分别接两个逻辑开关, 由开关提供输入的高、低电平。输出端接指示灯, 由指示灯的亮、灭表示输出的高、低电平。改变开关的状态, 观察指示灯的变化, 记录在表 1-1 中。

表 1-1

A	B	F
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

(二) TTL 与非门的参数测试

1. I_{CCL}, I_{CCH}

按图 1-4 连接, 电流表串接在电源和与非门之间, 注意电流表的量程和极性。当所有的输入端悬空时, 电流表读数即为 I_{CCL} ; 当所有的输入端接地时, 电流表读数即为 I_{CCH} (其值是整个集成块四个与非门电源电流之和, 单个门的电源电流仅为 1/4)。单个门的静态最大功耗 $P_{max} = V_{CC} \times I_{CCL} / 4$ 。记录:

单个门 $I_{CCL} =$

单个门 $I_{CCH} =$

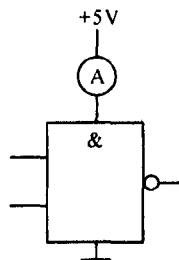


图 1-4

6. t_{pd}

按图 1-9 联接, 电路构成了一个环形振荡器, 其振荡周期 T 与门的平均传输时间有关, 现为 7 个门, 则 $t_{pd} = T/14$ 。

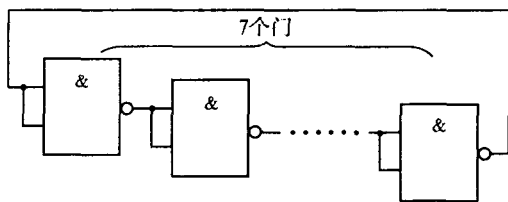


图 1-9

此小题也可以换成 CMOS 器件, 直接按照定义测试。

五、实验思考

1. TTL 集成电路电源电压的范围是多少?
2. 与非门输入端悬空为什么可以看成逻辑“1”?
3. 扇出系数 $N_O = I_{OL}/I_{IL}$ 中可以把 I_{IL} 用 I_{IH} 替代吗?
4. TTL 门的输出端可短接电源或接地吗? TTL 门的输出端能否并联使用? OC 门、TS 门呢?