

高等院校光电专业实验系列教材

Optoelectronics and Electronics

光电及电子技术 实验

主 编 张 准 钟丽云
副主编 刘宏展 韦中超



暨南大学出版社
JINAN UNIVERSITY PRESS

高等院校光电专业实验系列教材

Optoelectronics and Electronics

光电及电子技术 实验

主 编 张 准 钟丽云
副主编 刘宏展 韦中超



 暨南大学出版社
JINAN UNIVERSITY PRESS

中国·广州

图书在版编目 (CIP) 数据

光电及电子技术实验/张准, 钟丽云主编; 刘宏展, 韦中超副主编. —广州: 暨南大学出版社, 2017. 6

(高等院校光电专业实验系列教材)

ISBN 978 - 7 - 5668 - 2084 - 6

I. ①光… II. ①张…②钟…③刘…④韦… III. ①光电子技术—实验—高等学校—教材 IV. ①TN2 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 067841 号

光电及电子技术实验

GUANGDIAN JI DIANZI JISHU SHIYAN

主 编: 张 准 钟丽云 副主编: 刘宏展 韦中超

出 版 人: 徐义雄

责任编辑: 潘雅琴 崔思远

责任校对: 刘雨婷

责任印制: 汤慧君 周一丹

出版发行: 暨南大学出版社 (510630)

电 话: 总编室 (8620) 85221601

营销部 (8620) 85225284 85228291 85228292 (邮购)

传 真: (8620) 85221583 (办公室) 85223774 (营销部)

网 址: <http://www.jnupress.com>

排 版: 广州良弓广告有限公司

印 刷: 佛山市浩文彩色印刷有限公司

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 11.75

字 数: 268 千

版 次: 2017 年 6 月第 1 版

印 次: 2017 年 6 月第 1 次

定 价: 35.00 元

(暨大版图书如有印装质量问题, 请与出版社总编室联系调换)

序

光电信息产业是 21 世纪国家重点支持的战略性产业。为适应光电信息产业发展对人才培养的需求,许多高校都设置了与光电信息产业密切相关的光电信息科学与工程、信息工程、电子信息工程、通信工程、电子科学与技术等本科专业,建立了光电信息实验教学平台,正因如此,对相应实验教材的需求也在不断扩大。

广东省光电信息实验教学示范中心(以下简称“中心”)依托华南师范大学光学国家重点学科和信息光电子科技学院,采用“光电信息学科大类”和“光电子辛勤卓越创新人才”培养模式,旨在培养科学研究型、研发应用型和工程应用型光电信息创新人才。

经过十几年的艰苦创业和稳步发展,中心已经成为一个学科依托厚实、教学理念明确、课程体系完善、仪器设备齐全、实验内容丰富、教学方法有效、教学团队精干、管理机制科学、专业特色突出、创新人才培养效果显著的光电信息创新人才实验能力培养基地,并编写出这套“高等院校光电专业实验系列教材”。

该套光电专业实验系列教材的内容以基础性实验项目为主,将综合性和设计性实验项目融会贯通。教材实验内容层次分明,以满足不同层次学生的实验教学需求;教材实验内容丰富,许多项目设计来自现实中的工程,以满足新兴光电信息产业发展对人才培养的实验教学需求。全套教材共有三个分册,每个分册都包含基础性实验、综合性实验和设计性实验三个部分,供光电信息科学与工程、信息工程、电子信息工程、通信工程、电子科学与技术等专业的本科学生使用,难易程度以及对实验设备的需求与现阶段光电产业的发展相适应。第一分册是《光学实验》,主要围绕工程光学、信息光学、激光原理等课程的基础实验和创新设计等内容编写;第二分册是《光电及电子技术实验》,主要围绕数字电路、模拟电子技术和光电技术等课程的基础实验和光电系统设计等内容编写;第三分册是《光通信与自动控制实验》,主要围绕通信原理、光纤通信、嵌入式系统、计算机网络等课程的基础实验和光通信系统设计等内容编写。

本教材是光电专业实验系列教材的第二分册。全书由钟丽云老师统稿,其中数字电路实验部分由张准老师编写,模拟电子技术实验部分由刘宏展老师编写,光电技术实验部分由韦中超老师编写。

在编写该套实验教材的过程中,我们参考了许多院校相关专业教材的编写经验,同时,教材的编写得到了广东省教育厅和华南师范大学的大力支持,在此一并感谢。另外,本实验教材来自教学多年的实验讲义,难免存在缺漏和不足之处,敬请使用本教材的师生批评指正。

“高等院校光电专业实验系列教材”编委会
2017 年春于广州

目 录

序	1
---------	---

第一编 数字电路实验

第1章 数字电路实验概述	3
1.1 数字集成电路的分类、特点及其他基本知识	3
1.2 常见的数字电路实验箱简介	6
1.3 数字电路实验教学要求（供参考）	6
第2章 数字电路基础实验	8
2.1 基本门电路与组合逻辑	8
2.2 译码器的逻辑功能及应用	14
2.3 数据选择器和数值比较器的逻辑功能及应用	19
2.4 触发器的逻辑功能及应用	23
2.5 计数器的逻辑功能及设计	29
2.6 移位寄存器的逻辑功能及设计	34
2.7 555 时基电路的设计	37
2.8 ADC0809 模数转换器的使用	42
第3章 数字电路综合实验	47
3.1 Quartus II 软件使用及门电路实验	47
3.2 用 FPGA 实现基本组合逻辑电路	58
3.3 基于 FPGA 的数码管显示控制与 LED 点阵控制	61
3.4 基于 FPGA 的 LED 流水灯与按键消抖实验	67
第4章 数字电路综合设计	74
4.1 数字电路综合设计简介	74
4.2 电路仿真及 PCB 制作初级教程	76
4.3 参考选题及要求	89

第二编 模拟电子技术实验

第5章 模拟电子技术实验	99
5.1 模拟电子技术实验课须知	99

5.2	单级共射放大电路实验	101
5.3	阻容耦合两级放大电路实验	108
5.4	差分放大电路实验	112
5.5	负反馈放大电路实验	115
5.6	比例求和运算电路实验	118
5.7	积分与微分电路实验	123
5.8	有源滤波器实验	125
5.9	集成电路 RC 正弦波振荡器实验	128
5.10	互补对称低频功率放大器实验	132
5.11	串联稳压电路实验	136
附录	实验箱简介	139

第三编 光电技术实验

第 6 章	光电技术基础实验	145
6.1	光电实验基础知识	145
6.2	光敏电阻实验	148
6.3	光电二极管的特性实验	153
6.4	光电三极管的特性实验	158
6.5	光电开关实验（透射式）	163
6.6	红外线反射式光电开关（光耦开关）	165
6.7	光电池实验	168
6.8	热释电红外传感器实验	172
6.9	光源及光调制解调实验	176
6.10	PSD 位置传感器实验	179
参考文献		182

第一编 数字电路实验

第 1 章 数字电路实验概述

随着光电子学的发展，数字电子技术在光电子技术领域得到广泛的应用，有很多深入的后续课程为光电子技术的应用及设计服务。本章的主要目的是为光电子学后续课程设计有针对性的实验项目。数字电子技术课程是一门实践性很强的专业技术类基础课，实验教学是数字逻辑电路课程教学的重要环节，通过实验，学生不仅能巩固和加深对数字电子技术理论知识的理解，更能习得构建知识体系的科学方法。具体的学习过程：首先掌握基本的测试手段和方法，其次掌握电平检测、波形测绘和数据处理的方法，再次掌握对核心逻辑器件的个别应用设计，最终能够应用多个逻辑器件进行综合设计，这个过程能切实有效地培养学生理论联系实际和解决实际问题的能力。

1.1 数字集成电路的分类、特点及其他基本知识

在数字电路几乎已完全集成化了的今天，大规模逻辑电路已经成为应用的主流，不过在基础技术课程中，仍然需要通过分块的中规模逻辑电路学习更具体的逻辑电路理论和实验操作，这样才能充分掌握使用数字集成电路的正确方法，以构建数字逻辑系统，这是数字电路课程的核心内容之一。

1.1.1 数字集成电路的分类

数字电路基本都是集成电路，现阶段实验用的大多为中小规模芯片，典型的器件包括译码器、数据选择器、计数器、寄存器和触发器等，超大规模器件以可编程器件 CPLD 和 FPGA 两类为主。因此，在数字电路课程的学习中，以中小规模的 IC 学习为基础，奠定硬件设计的基本理念，再进行大规模可编程电路的学习，可达到能应用相关知识进行电路设计的目的。

从集成电路内部看，数字电路主要包括 TTL 和 CMOS 两种典型的双极型和单极型电路，其中最常见的是 74LS 和 74HC 两个系列，因此在实验中经常可看到这两种系列的 IC 应用设计。从逻辑运算角度来看，这两个系列的 IC 是一致的，但在电气特性上有较大的不同，在应用和实验中都要特别注意这两种 IC 各自的特点，在遇到不可预知的问题时尝试换一个角度，从电路器件的电气特性方面进行考虑。

所有电路器件都有使用说明手册，学会查看电路器件手册，尤其是手册提供的参数、极限情况、典型电路等，是电子设计必不可少的技能。因此，每次实验和设计前深入研究可能用到的器件和电路原理，可以事半功倍，研究理解各器件的使用条件也能有效地保护器件。

1.1.2 数字集成电路的特点

1. TTL 器件的特点

- (1) 输入端有钳位二极管,可以减少反射干扰的影响。
- (2) 输出电阻低,增强了带容性负载的能力。
- (3) 具有较大的噪声容限。
- (4) 采用 +5V 的电源供电。

2. TTL 器件使用注意事项

(1) 电源电压应严格保持在 $5V \pm 10\%$ 的范围内,使用时,应特别注意电源与地线不能接错。另外,实验器材可能同时接有正负电源,正负电源接错也会导致电流过大而造成器件损坏。

(2) 多余输入端最好不要悬空, TTL 器件悬空相当于高电平,悬空必须考虑其对电路逻辑态的影响,而且悬空容易受到干扰,应对其进行处理。与门、与非门多余输入端可直接接到高电平上,或通过一个几千欧姆的电阻连接到电源上。若前级驱动能力强,还可以将多余输入端与使用端并接;不用的或门、或非门输入端直接接地,与或非门中不用的与门输入端至少有一个要直接接地;带有扩展端的门电路,其扩展端不允许直接接电源。若输入端通过电阻接地,那么电阻值 R 的大小将直接影响电路所处的状态。当 $R \leq 680\Omega$ 时,输入端相当于逻辑“0”;当 $R \geq 4.7k\Omega$ 时,输入端相当于逻辑“1”。不同系列的器件要求的阻值不同。

(3) 输出端不允许直接接电源或接地,有时为了使后级电路获得较高的输出电平,允许输出端通过电阻 R 接电源,一般取 $R = 3 \sim 5k\Omega$;除集电极开路门和三态门外,不允许直接并联使用。

(4) 应考虑电路的负载能力(即扇出系数),要留有余地,以免影响电路的正常工作。扇出系数可通过查阅同系列的器件手册或计算获得。

(5) 在高频工作时,应采取缩短引线、屏蔽干扰源等措施,抑制电流的尖峰干扰。

3. CMOS 器件的特点

(1) 静态功耗非常低。电源电压 $V_{DD} = +5V$ 的中规模电路的静态功耗小于 $100\mu W$,有利于提高集成度和封装密度,降低成本,减小电源功耗。

(2) 电源电压范围比较宽。电压范围是 $+3 \sim +18V$ (不同型号有所不同),从而使电源的选择余地大,电源设计要求低。

(3) 输入阻抗很高。正常工作的 CMOS 器件,直流输入阻抗可大于 $100M\Omega$,在工作频率较高时,要注意考虑输入电容的影响。

(4) 扇出能力较强。在低频工作时,一个输出端可驱动超过 50 个的 CMOS 器件的输入端,原因是 CMOS 器件的输入电阻高。

(5) 抗干扰能力比较强。CMOS 器件的电压噪声容限可达电源电压的 45%,而且高电平和低电平的噪声容限值基本相等。

(6) 与 TTL 器件相比,一般 CMOS 器件的工作速度比 TTL 器件低,功率随工作频率的升高而显著增大。

4. CMOS 器件使用注意事项

(1) 电源连接和选择： V_{DD} 端接电源正极， V_{SS} 端接电源负极（地）。绝对不可接错，否则器件会因电流过大而损坏。对于电源电压范围为 $3 \sim 18V$ 的器件，如 CC4000 系列，实验中 V_{DD} 端通常接 $+5V$ 电源。 V_{DD} 电压选在电源变化范围的中间值，例如电源电压在 $+8 \sim +12V$ 之间变化，则选择 $V_{DD} = +10V$ 较恰当。CMOS 器件在不同的 V_{DD} 值下工作时，其输出阻抗、工作速度和功耗等参数都有所变化。

(2) 输入端处理：多余输入端不能悬空。应按逻辑要求接 V_{DD} 或 V_{SS} 。对于安装在印刷电路板上的 CMOS 器件，为了避免输入端悬空，应在电路板的输入端接入限流电阻 R_p 和保护电阻 R 。当 $V_{DD} = +5V$ 时， R_p 取 $5.1k\Omega$ ， R 一般取 $100k \sim 1M\Omega$ 。

(3) 输出端处理：输出端不允许直接接 V_{DD} 或 V_{SS} ，否则器件会损坏。除三态器件可与输出端并联使用外，不允许两个不同芯片输出端并联使用，同一芯片上的输出端可以并联。

(4) 当器件 V_{DD} 端未接通电源时，不允许信号输入，否则会使输入端保护电路中的二极管损坏。

(5) CMOS 器件的输入端和 V_{SS} 端之间接有保护二极管，除了电平变换器等一些接口电路外，输入端和正电源 V_{DD} 端之间也接有保护二极管。因此，在正常运转和焊接 CMOS 器件时，一般不会因感应电荷而损坏器件。但是，在使用 CMOS 器件时，输入信号的低电平不能低于 $(V_{SS} - 0.5V)$ ，除某些接口电路外，输入信号的高电平不得高于 $(V_{DD} + 0.5V)$ ，否则可能引起保护二极管导通甚至损坏，进而可能导致输入级损坏。

1.1.3 数字集成电路的一些基本知识

1. 集成电路管脚的识别

(1) 圆形集成电路。识别时，面向管脚俯视，管脚序号从定位销开始，按顺时针方向数依次为 1、2、3…以此类推。

(2) 扁平型和双列直插型集成电路。识别时，将文字、符号标记向左，面向芯片俯视，从左下管脚数起，按逆时针方向数，依次为 1、2、3…以此类推。标准的 TTL 器件，电源端 V_{CC} 一般排列在左上方，接地端 GND 一般排在右下方。

例如，74LS00 是一个 14 脚的芯片，它的 14 脚为电源，7 脚为地。集成电路芯片管脚上的功能标号 NC，表示该管脚为空脚，与内部电路不连接。

2. 数字逻辑电路的测试

(1) 组合逻辑电路的测试。

① 静态测试。输入端分别接到逻辑电平的开关上，用 LED 灯分别显示各输入端和输出端的状态；按真值表将输入信号一组一组依次送入被测电路，测出相应的输出状态，与真值表相比较，判断此组合逻辑电路静态工作的状态是否正确。

② 动态测试。在输入端加上周期性信号，用示波器观察输入、输出波形。测出与真值表相符的最高输入脉冲频率。

(2) 时序逻辑电路的测试。

① 时序逻辑电路测试状态转换的顺序。

② 可用 LED 灯、数码管或示波器来观察输出状态的变化。

③常用的测试方法有两种：一种是单脉冲源测试，逐个判断输出状态的变化与状态转换图是否一样；另一种是加入连续的脉冲源，根据用示波器观察到的波形来判断输出波形是否与时序图相符。

1.2 常见的数字电路实验箱简介

在基础实验中通常通过数字电路实验箱进行实验教学，数字电路实验箱是一种集面包板、电源、信号源、脉冲源、输入输出信号指示、各种 IC 插槽、扩展模块为一体的实验系统，非常方便同学们在实验箱中搭设电路。

数字电路实验箱的左部通常是电路的电源，根据实验的需求通常提供两组电源，包括 $\pm 5\text{V}$ 和 GND、 $\pm 15\text{V}$ （或 $\pm 12\text{V}$ ）和 GND。在使用时要特别注意按照芯片的要求进行供电，为了安全起见，必须在搭设完电路并复查后才能给电路供电，特别容易出现的问题是电源正极和地反接、电源正极和负极反接、电源地和负极连接，这些问题都会导致芯片瞬间烧坏。

数字电路实验箱的上部和下部通常是逻辑信号的输入输出指示，下部的一排按钮及其对应的指示灯是逻辑电路的输入逻辑信号的来源，按下和弹开分别表示高电平和低电平。但是器件容易因老化而损坏，导致出现指示灯显示高电平但输出低电平的现象，因此需要经常用万用表测量实际的逻辑输出信号，保证逻辑输出信号正确，然后才能输入逻辑电路的输入端口。实验箱上部同样有一排指示灯，将电路的输出端口与指示灯相连，观察其随着电路运行变化的情况是组合电路和时序电路常见的测试方法。

数字电路实验箱的中部通常是搭设电路的部分，包括各种插槽及对应的外接管脚端口。在实验过程中要根据实验电路的设计配备对应的实验 IC，根据需求搭设出对应的电路。

数字电路实验箱的右边为扩展部分，可以根据实验设计的需求自行插入需要的电路器件，如施密特电路、单稳态电路、多谐振荡器需求的电路器件等。

数字电路实验箱的最下部通常为各种源，包括频率和波形可调的信号源、连续的固定脉冲信号源、连续的可调脉冲信号源、单次的脉冲信号源（通常设计成可输入边沿形式）。同学们可以利用这些辅助信号，完成实验要求的电路设计和课外的电路设计。

通常实验箱均设置有两路保险，包括面板上的保险和箱体内部电源部分的保险，数字电路实验为弱电实验，在面板上操作时不会产生触电现象。当设备烧坏时，根据教师指导进行简单的维修也是电子设计的学习内容。

1.3 数字电路实验教学要求（供参考）

1. 实验教学

(1) 上课前认真阅读实验指导书，了解实验内容，明确实验目的，掌握实验原理。

教师对实验预习情况进行检查, 签字后方可进行实验。

(2) 课前完成预习要求的内容, 并按实验指导书要求, 在草稿纸上设计记录表格, 以备实验时记录和课后整理。否则不准做实验。

(3) 实验结束, 经教师检查实验数据并签字、登记后方可离开。

(4) 按时交实验报告, 教师对实验报告进行批改, 并根据实验记录和实验报告情况决定是否通过。

(5) 缺做两次或两次以上实验或者有两次以上实验未通过者, 将得不到本门课程的成绩。

2. 实验报告的要求

(1) 统一用实验报告纸认真书写实验报告, 并整齐装订成一份。

(2) 实验报告的具体内容要求如下:

①实验目的、实验仪器、实验原理。

②课前完成的预习内容包括实验指导书所要求的理论计算、回答问题、设计记录表格等。

③运用实验原理和掌握的理论知识对实验结果进行必要的分析和说明, 从而得出正确的结论。

④对实验中存在的一些问题进行讨论, 并回答思考题。

⑤对实验方法、实验电路的选择, 以及老师的教学方法等提出独特的意见。

3. 实验考核办法

(1) 平时成绩考核办法。

①预习报告成绩评定。实验前必须预习, 明确实验目的、实验原理和步骤, 掌握实验仪器的使用方法, 写好预习报告, 没有预习不得进行实验。预习报告得分占 20%。

②实验操作成绩评定。在掌握实验仪器的使用方法及熟悉实验内容的前提下, 操作过程规范, 接线无误; 通电前经老师检查后, 认真细致观测, 做好原始数据记录, 并经教师签字确认后, 整理好仪器设备, 方可离开实验室。实验操作得分占 50%。

③实验报告成绩评定。学生对原始数据进行分析, 发现数据有误差或不符时, 不得涂改数据, 应回实验室重新取得数据, 方可写入实验报告中。实验报告得分占 30%。

(2) 期末成绩考核办法。

①期末成绩采用实操考试方式。

②实操考试的方法: 考试内容为平时做实验应掌握的实验方法、理论知识和实验仪器的使用方法, 考试方法为上机实操。实验教师即时评定。

(3) 凡单门实验无故缺做 $1/4$ 者, 视为该门实验成绩不合格, 应重修该门实验课程。

第2章 数字电路基础实验

2.1 基本门电路与组合逻辑

1. 实验目的

- (1) 熟悉常用的 TTL、CMOS 门电路的逻辑功能及外形和管脚分布。
- (2) 学习基本组合逻辑电路的搭设及检测。

2. 实验仪器设备

- (1) 数字电路实验箱。
- (2) 数字万用表。
- (3) 数字集成电路：

74LS(HC)00	4 与非门
74LS(HC)02	4 或非门
74LS(HC)04	6 非门
74LS(HC)86	4 异或门

3. 预习要求

- (1) 复习实验所用芯片的逻辑功能及逻辑函数表达式。
- (2) 复习实验所用芯片的结构图、管脚图和逻辑功能表。
- (3) 复习实验所依据的相关原理。
- (4) 按要求设计实验中的电路。

4. 实验原理

(1) 基本逻辑门电路的逻辑功能，包括与非门、或非门、非门和异或门，通过数字万用表检测这些门电路的逻辑功能和高低电平，直观地认识逻辑运算的物理含义，深刻地理解逻辑高电平和逻辑 1 的关系。

(2) 通过学习四种基本逻辑门，搭设一个简单的组合逻辑电路，初步认识组合逻辑电路的构成、输入与输出的对应关系，学会用数字万用表检测组合逻辑电路、用 LED 灯观察逻辑状态变化的方法，为后续的实验打下基础。

(3) 逻辑函数表达式中，与或表达式是最常见的表达式，但是将与或表达式用逻辑门电路实现的时候，要用的逻辑门电路类型比较多。为了简化逻辑门电路，将与或表达式变换成与非—与非表达式，从而减少所需要的逻辑门类型，达到进一步简化电路结构的目的。本次实验用与非门简单地实现了其他门电路的逻辑功能，初步验证了与非—与非表达式的实现方法。

(4) 与非门常用作电控电开关，当 2 输入与非门的一个输入管脚输入信号、与非

门的输出端输出信号的时候，另外一个输入管脚的逻辑状态就控制着这一路信号的正常传输，实现了电控电开关的效果。实验给出了逻辑 1 控和逻辑 0 控两种实现方法。

5. 实验 IC 结构图和管脚图

(1) 74LS(HC)00 四 2 输入与非门。

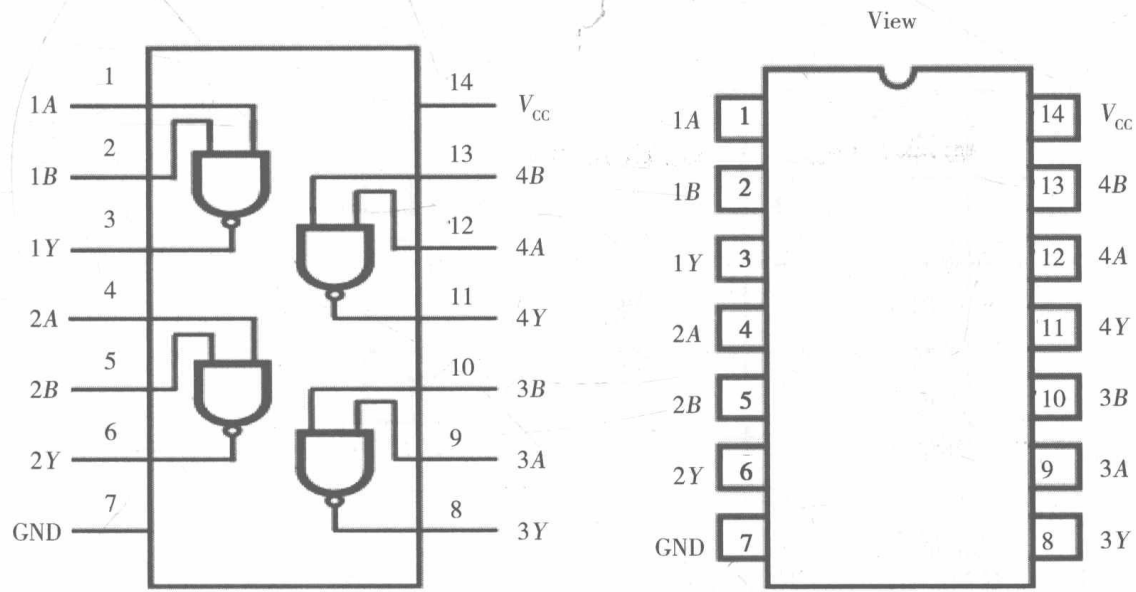


图 2.1.1 74LS(HC)00 的结构图与管脚图

(2) 74LS(HC)02 四 2 输入或非门。

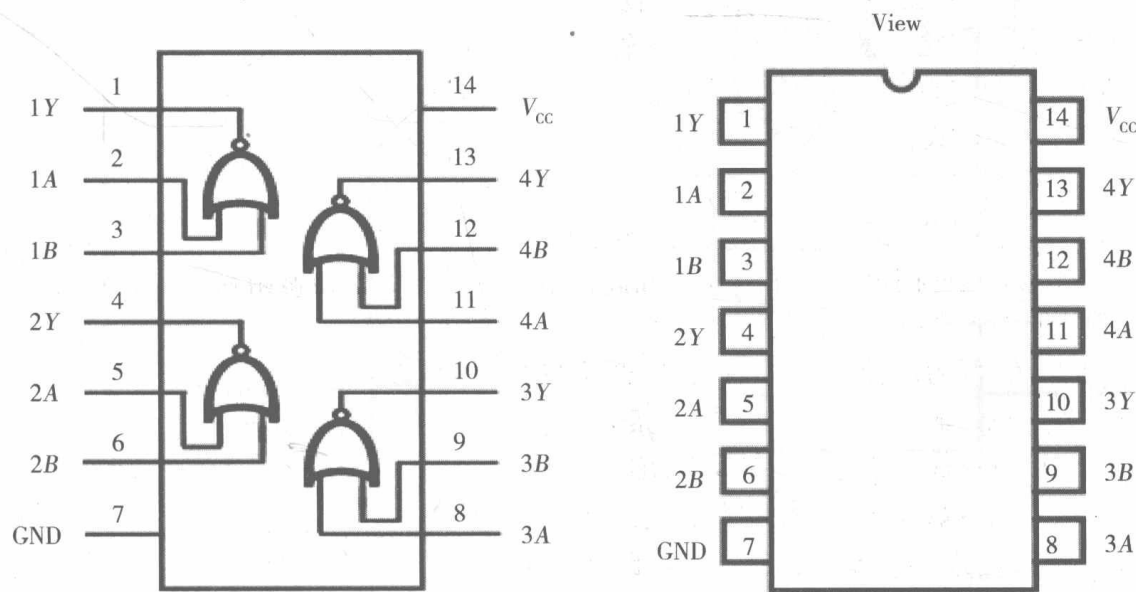


图 2.1.2 74LS(HC)02 的结构图与管脚图

(3) 74LS(HC)04 六输入非门。

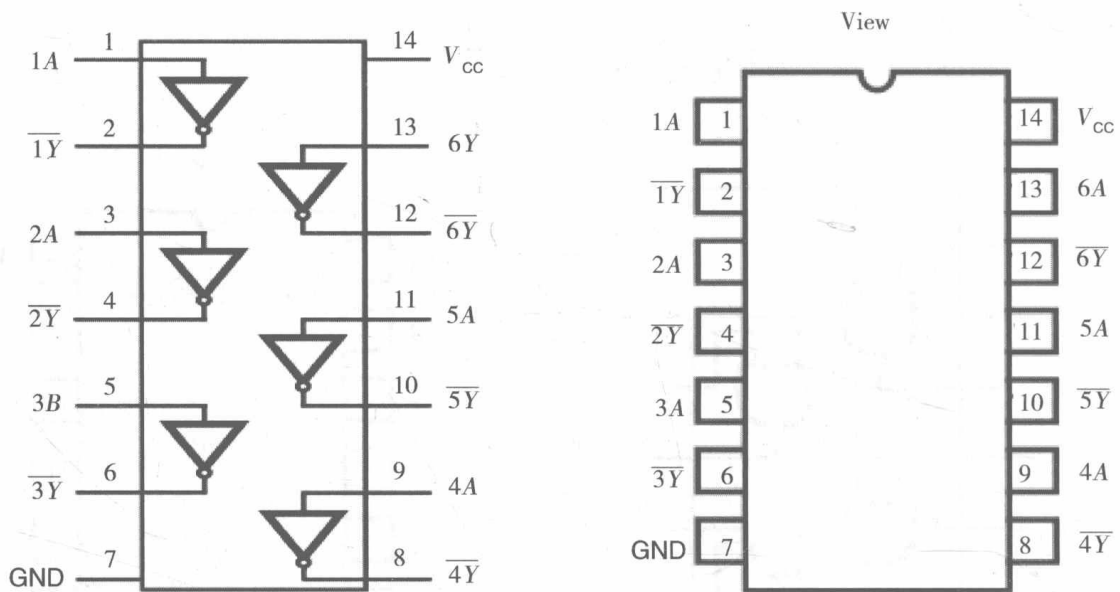


图 2.1.3 74LS(HC)04 的结构图与管脚图

(4) 74LS(HC)86 四 2 输入异或门。

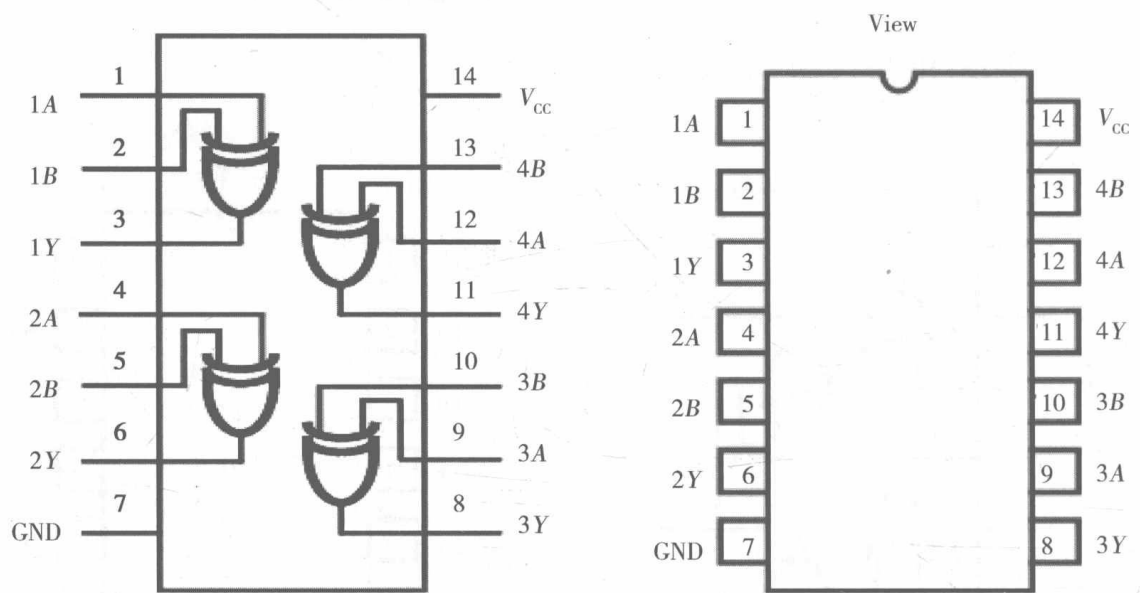


图 2.1.4 74LS(HC)86 的结构图与管脚图

6. 实验内容及步骤

(1) 门电路逻辑功能测试（正逻辑约定）。

①与非门逻辑功能测试，有 0 出 1，全 1 出 0。

在四 2 输入与非门 74LS(HC)00 中任选一与非门。在输入端 A、B 分别输入不同的

逻辑电平，测试输出端 F 相应的逻辑状态，并把结果记入表 2.1.1 中。

表 2.1.1 74LS(HC)00 的逻辑功能表

输入		输出		输入		输出	
A	B	电压/V	F	A	B	电压/V	F
0	0			1	0		
0	1			1	1		

②或非门功能测试，有 1 出 0，全 0 出 1。

在四 2 输入或非门 74LS(HC)02 中任选一或非门。在输入端 A 、 B 分别输入不同的逻辑电平，测试输出端 F 相应的逻辑状态，并把结果记入表 2.1.2 中。

表 2.1.2 74LS(HC)02 的逻辑功能表

输入		输出		输入		输出	
A	B	电压/V	F	A	B	电压/V	F
0	0			1	0		
0	1			1	1		

③非门逻辑功能测试，有 1 出 0，有 0 出 1。

在六输入非门 74LS(HC)04 中任选一非门。在输入端 A 分别输入不同的逻辑电平，测试输出端 F 相应的逻辑状态，并把结果记入表 2.1.3 中。

表 2.1.3 74LS(HC)04 的逻辑功能表

输入	输出	
A	电压/V	F
0		
1		

④异或门逻辑功能测试，相同出 0，相反出 1。

在四 2 输入异或门 74LS(HC)86 中任选一异或门。在输入端 A 、 B 分别输入不同的逻辑电平，测试输出端 F 相应的逻辑状态，并把结果记入表 2.1.4 中。