

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



SHUZI DIANLU SHIYAN JI
KECHENG SHEJI ZHIDAOSHU

数字电路实验及 课程设计指导书

郁汉琪 主 编
吴京秋 陈 巍 副主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



SHUZI DIANLU SHIYAN JI
KECHENG SHEJI ZHIDAOSHU

数字电路实验及 课程设计指导书

主 编 郁汉琪
副主编 吴京秋 陈 巍
编 写 许其清 胡胜辉 龚克西
陈惠琴 王 刚 狄俊贤
主 审 胡仁杰



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”规划教材。全书共分三章，主要包括：第一章为数字电子技术基本实验；第二章数字电子技术应用课题设计；第三章数字电子技术 EDA 实验。本书所列的基本实验，从数字电路的数制、门电路到 A/D、D/A 转换和 CPLD 编程实验等，其编排顺序由简到繁，按教学进程，循序渐进。而设计性课题，既有实用性和通用性，又有趣味性和先进性。课题都进行过实验论证。实验所用的元器件以 TTL 74LS 系列大、中、小规模集成电路为主，兼顾 CMOS 电路。

本书主要作为高等学校电气工程及其自动化、自动化、电子等专业教材，也可作为电子工程设计的技术人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

数字电路实验及课程设计指导书/郁汉琪主编. —北京：中国电力出版社，2007

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-5083-5232-9

I. 数... II. 郁... III. 数字电路—实验—高等学校—教学参考资料 IV. TN79-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 024126 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2007 年 6 月第一版 2007 年 6 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15 印张 363 千字

印数 0001—3000 册 定价 24.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的通知精神,加强教材建设,确保教材质量,中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”规划教材。该规划强调适应不同层次、不同类型院校,满足学科发展和人才培养的需求,坚持专业基础课教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本书为新编教材。

随着科学技术的迅速发展,理工科大、中专学生不仅需要掌握基本理论知识,而且还需要掌握基本实验技能和具有一定的科研能力。通过实验不仅可以巩固、加深对基础理论知识的理解,而且可以培养学生独立分析问题、解决问题的能力和严谨的工作作风,为适应日后工作打下良好的基础。

本书的第一章为数字电子技术基本实验,共 17 个。实验内容的顺序编排是参考最新出版的有关数字电子技术方面的教材而编排的。它包括:数制及半导体器件的基本知识,门电路,TTL/CMOS 门电路参数测试,译码器和编码器,半加器、全加器及数据选择器、分配器,触发器,计数器,寄存器及移位寄存器,顺序脉冲发生器,计数、译码、显示、存贮器,脉冲的产生与整形,555 定时电路及其应用,模数、数模转换,可编程逻辑器件的应用等。第二章为数字电子技术应用设计课题共 19 个。它包括十翻二运算电路,数字电子钟,交通灯控制,转速测量显示,数字频率计,智力竞赛抢答器,复印机控制电路,定时控制器,脉冲按键电话显示,乒乓、足球比赛游戏机,家用电风扇,步进电机脉冲分配器,多种波形发生器,鉴向倍频,脉冲调相器,出租车计价器,一位机最小系统,数控逐点比较法插补器等逻辑电路设计课题。课题具有通用性、趣味性和实用性,每个课题均提供参考电路及其简要说明。第三章为 EDA 实验,它包括 ALTERA 开发环境使用入门及其 FPGA/EPLD 实验等。本书是在作者编写的《数字电子技术实验及应用指导书》和多年来从事电工电子教学和教学仪器研究、实验项目开发的经验基础上编著而成的。

本书可作为数字电子技术课程单独开课。

本书由南京工程学院郁汉琪担任主编,吴京秋、陈巍为副主编,许其清、胡胜辉、龚克西、陈惠琴、王刚、狄俊贤也参加了编写。本书由东南大学胡仁杰教授担任主审,在审阅过程中提出了许多宝贵意见。在本书的编写过程中,承蒙许多兄弟院校老师的热心帮助、出版社的大力支持、学校各级领导的关心,才使得本书顺利出版发行,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,缺点和错误在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2006 年 8 月

目 录

前言

第一章 数字电子技术基本实验	1
实验一 数制及半导体器件的基本知识	1
实验二 门电路	5
实验三 TTL/CMOS 门电路参数测试	8
实验四 OC 门和三态门的应用	13
实验五 译码器和编码器	17
实验六 半加器、全加器及数据选择器、分配器	22
实验七 触发器	25
实验八 计数器	32
实验九 寄存器、移位寄存器及其应用	41
实验十 顺序脉冲发生器	48
实验十一 计数、译码与显示	51
实验十二 读/写存储器	57
实验十三 脉冲的产生与整形	60
实验十四 555 定时电路及其应用	68
实验十五 数模转换器	71
实验十六 模数转换器	75
实验十七 可编程逻辑器件的应用	78
第二章 数字电子技术应用课题设计	85
课题一 十翻二运算电路设计	85
课题二 数字电子钟逻辑电路设计	88
课题三 交通灯控制逻辑电路设计	92
课题四 转速测量显示逻辑电路设计	97
课题五 数字频率计逻辑电路设计	103
课题六 智力竞赛抢答器逻辑电路设计	108
课题七 复印机逻辑控制电路设计	111
课题八 定时控制器逻辑电路设计	115
课题九 脉冲按键电话显示逻辑电路设计	118
课题十 乒乓游戏机逻辑电路设计	122
课题十一 足球比赛游戏机逻辑电路设计	127
课题十二 家用电风扇控制逻辑电路设计	130
课题十三 用 GAL 实现步进电机脉冲分配器的电路设计	134
课题十四 多种波形发生器电路设计	138

课题十五 鉴向倍频逻辑电路设计	145
课题十六 脉冲调相器控制电路设计	149
课题十七 出租车计价器控制电路设计	153
课题十八 一位机最小系统逻辑电路设计	158
课题十九 数控逐点比较法直线插补逻辑电路设计	165
第三章 数字电子技术 EDA 实验	173
第一节 概述	173
第二节 ALTERA 开发环境使用入门	173
第三节 数字电子技术 EDA 实验	180
附录	227
附录一 实验注意事项及常见故障的检查与排除	227
附录二 实验用集成电路明细表	229
参考文献	232

第一章 数字电子技术基本实验

实验一 数制及半导体器件的基本知识

一、实验目的

- (1) 熟悉二进制、十进制、十六进制的表示方法。
- (2) 掌握二极管、三极管的开关特性。
- (3) 学会分立元件门电路逻辑功能的测试方法。

二、实验原理和电路

1. 数制

十进制是人们在日常生活及生产中最熟悉、应用最广泛的计数方法。它由 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9 十个不同的数字符号组成，是以 10 为基数的计数体制。

二进制是数字电路和计算机中采用的一种数制，它由 0、1 两个符号组成，是以 2 为基数的计数体制。二进制由于只有两个数字符号 0 和 1，因此很容易用电路元件的状态来表示。例如，三极管的截止和饱和，继电器的接通和断开，灯泡的亮和灭，电平的高和低等，都可以将其中一个状态定为 0，另一个状态定为 1。此外，二进制数字运算比较简单，存贮和传送也十分可靠。

同样表示一个数，二进制数所表示的数与十进制所表示的数位数不一样。例如十进制数 25 表示为二进制数为 11001，需 5 位。在计算机中进行的各种操作，通常先进行“十翻二”运算，待结果出来后，再进行“二翻十”操作。

由于二进制数比十进制位数多，不便于书写和记忆，因此在计算机应用中，经常用十六进制数来表示。

十六进制是以 16 为基数的计数体制，共有 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A (10)、B (11)、C (12)、D (13)、E (14)、F (15) 16 个数字符号。

十进制、二进制、十六进制数制对照表如表 1.1.1 所示。

表 1.1.1 数制对照表

对照内容	十进制	二进制	十六进制
数字符号	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	0, 1	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F
进位规律	逢十进一 (借一当十)	逢二进一 (借一当二)	逢十六进一 (借一当十六)
基数 R	10	2	16
权	10^i	2^i	16^i
任意整数、 小数表达式	$(N)_{10} = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} K_i \times 10^i$	$(N)_2 = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} K_i \times 2^i$	$(N)_{16} = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} K_i \times 16^i$

表 1.1.2 0~15 数制对照表

二进制	十进制	十六进制
0 0 0 0	0	0
0 0 0 1	1	1
0 0 1 0	2	2
0 0 1 1	3	3
0 1 0 0	4	4
0 1 0 1	5	5
0 1 1 0	6	6
0 1 1 1	7	7
1 0 0 0	8	8
1 0 0 1	9	9
1 0 1 0	10	A
1 0 1 1	11	B
1 1 0 0	12	C
1 1 0 1	13	D
1 1 1 0	14	E
1 1 1 1	15	F

数制之间是可以相互转换的，具体方法参考有关教材。这里我们列出 16 以内应熟记的二进制、十进制、十六进制数制的表示，如表 1.1.2 所示。

2. 二极管的开关特性

二极管的主要特点是单向导电性。

图 1.1.1 是数字电路中常用的硅二极管伏安特性曲线。由图可见，当加在二极管上 VD 的正向电压 V_D 大于死区电压 V_0 时，管子开始导通，此后电流 I_D 随着 V_D 的增加而急剧增加。当 V_D 小于 V_0 时， I_D 已经很小，而且基本不变。因此，我们常在实际应用时，把二极管当作

一个理想的开关元件，即 $V_D \geq 0.7V$ 时，二极管导通； $V_D < 0.7V$ 时，二极管截止。

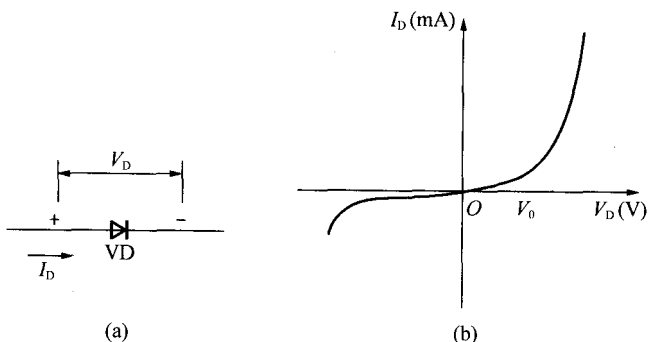


图 1.1.1 二极管特性

(a) 电压、电流方向；(b) 伏安特性曲线

3. 三极管的开关特性

三极管是数字电路中最基本的开关元件，多数工作在饱和导通或截止这两种工作状态下，并在这两种工作状态之间进行快速转换。在图 1.1.2 所示电路中，当输入端加电压 $V_I = 0V$ 时，三极管截止；当 V_I 变化到 $+3V$ 时，三极管饱和导通。

通常把三极管的基极电流 I_B 大于临界饱和时的数值 I_{BS} 称为饱和导通条件。而把基极电压 V_{BE} 小于 $0.5V$ 作为三极管截止的条件。

4. MOS 场效应管的开关特性

MOS 场效应管也是一种具有 PN 结的半导体器件，它是利用电场的效应来控制电流的，是属于电压控制类型的器件。它有 N 型和 P 型两种导电沟道，并且还有结型和绝缘栅型两种结构。

由 N、P 沟道增强型 MOS 管构成的简单电路如图 1.1.3 所示。对于 N 沟道增强型

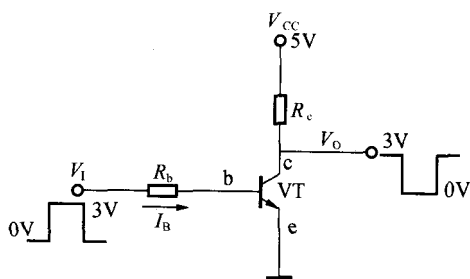


图 1.1.2 三极管工作状态的转化

MOS管来说,其开启电压 V_T 典型值为4V左右。当 $V_{GS} > V_T$ 时,MOS管导通; $V_{GS} < V_T$ 时,MOS管截止。对P沟道增强型MOS管来说, V_T 典型值为-4V左右。当 $V_{GS} > V_T$ 时,MOS管截止; $V_{GS} < V_T$ 时,MOS管导通。

5. 分立元件门电路

在数字电路中,门电路大多是集成的,只有少量的(或大功率电路中)用到分立元件门电路。这些分立元件门电路就是由二极管、三极管及电阻等组成的。有关门电路见下节实验电路。

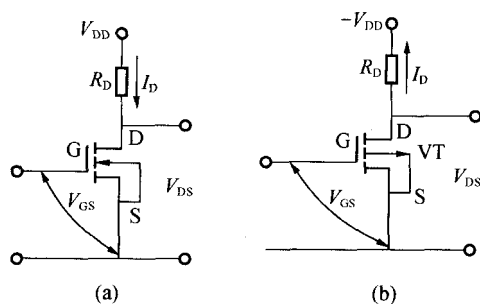


图 1.1.3 MOS管构成的简单电路

(a) N沟道增强型; (b) P沟道增强型

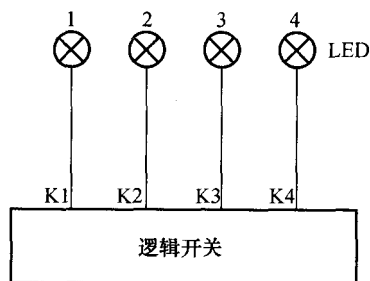


图 1.1.4 二进制数制实验接线图

三、实验内容和步骤

1. 二进制的认识实验

将数字电子技术实验系统上的四只逻辑开关分别接四只发光二极管,如图 1.1.4 所示。

分别拨动逻辑开关K1、K2、K3、K4为表 1.1.2 十六种二进制状态,通过LED显示,熟记它所对应的十进制、十六进制所表示的数。

2. 二极管开关特性测试

(1) 按图 1.1.5 (a) 接线,输入 V_I 接逻辑开关K,输出 V_O 接LED发光二极管,电阻一端接二极管VD的负极,一端接实验系统地。

(2) 接通实验系统电源(5V),拨动逻辑开关,使之输入逻辑1($>3V$)或逻辑0(0V)电平,用万用表测量电压 V_D 和 V_O ,并分别将结果填入表 1.1.3 中。

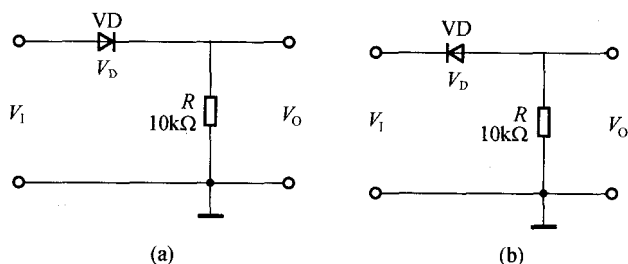


图 1.1.5 二极管开关特性测试电路

(a) D正偏; (b) D反偏

(3) 改变VD的方向,按图 1.1.5 (b) 接线,重复第(2)步。

3. 三极管开关特性测试

(1) 按图 1.1.6 所示在实验系统上接好线,其中 $R_c = 3k\Omega$, $R_b = 2k\Omega$, $V_{CC} = 5V$,VT为3DG6(或9011)。输入端 V_I 接逻辑开关(若自选参数,则要求输入分别为高、低电平时,VT分别能可靠地饱和、截止)。

(2) 接通实验系统电源,拨动逻辑开关,在输入端分别加入高(逻辑1)或低(逻辑0)电平时,按表 1.1.4 要求测量和记录有关电压、电流值。测量电流时,断开电路,将万用表

串入电路中。

表 1.1.3 二极管特性记录表

D 的状态	V_I (V)	V_D (V)	V_O (V)
正偏	逻辑 1		
	逻辑 0		
反偏	逻辑 1		
	逻辑 0		

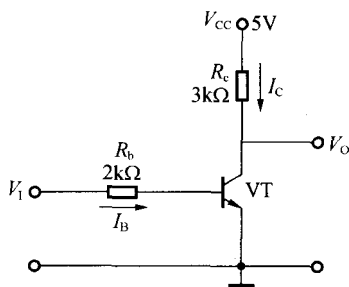


图 1.1.6 三极管开关特性测试实验电路

(3) 将 V_O 接实验箱上 LED 发光二极管，拨动逻辑开关，观察输入与输出的逻辑关系。

表 1.1.4 三极管开关特性记录表

V_I (V)	I_B (mA)	I_C (mA)	V_B	V_O	VT 的状态

(4) 用双踪示波器观察输入、输出信号的相位关系。

按图 1.1.6，把输入端 V_I 改接到实验系统连续脉冲输出端（频率调至 1kHz 左右），同时接双踪示波器 Y_A ；电路输出端 V_O 接示波器 Y_B 输入，示波器显示方式置交替，适当调节“电平”和“扫描速度”旋钮，观察输入、输出信号的相位关系。

4. MOS 管的开关特性测试

(1) 按图 1.1.3 (a) 接线，其中 $R_D=100k\Omega$ ， $V_{DD}=10V$ ，MOS 管为 3D06。

(2) 接通电源。 V_{GS} 加 $V_{DD}=10V$ ，用表测量 V_{DS} 、 I_D 的值并记录。 V_{GS} 为 0V，用表测量 V_{DS} 、 I_D 的值，并记录，填入表 1.1.5 中。

表 1.1.5 MOS 管开关特性记录表

V_I (V)	I_D (mA)	V_{DS} (V)	VT 的状态

5. 分立元件门电路逻辑功能测试

(1) 与门逻辑功能测试。

1) 在实验系统上，按图 1.1.7 所示电路连线。

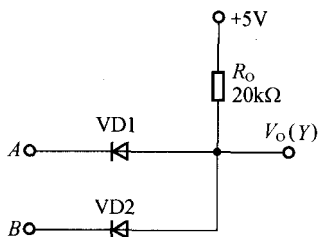


图 1.1.7 二极管“与”逻辑电路

表 1.1.6 “与”逻辑功能状态表

A	B	V_O (V)	Y 状态
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

2) 输入端 A、B 接逻辑开关, 输出接发光二极管和万用表, 按表 1.1.6 要求测试并记录输出端逻辑状态, 写出 Y 逻辑表达式。

(2) 或门逻辑功能测试。按图 1.1.8 在实验系统上接线。其余测试方法同上, 结果填入表 1.1.7 中。

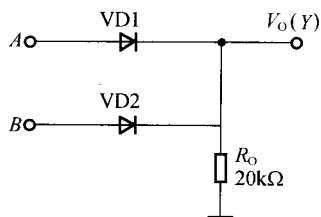


图 1.1.8 二极管“或”逻辑功能

表 1.1.7 “或”逻辑功能状态表

A	B	V_O (V)	Y 状态
0	0		
0	1		
1	0		
1	1		

四、实验器材

- | | |
|----------------------------|-------|
| (1) 数字电子技术实验系统箱 | 1 台 |
| (2) 直流稳压电源 | 1 台 |
| (3) 双踪示波器 | 1 台 |
| (4) 万用表 | 2 只 |
| (5) 元器件: | |
| 3DG6(9011)、3DO6 | 各 1 只 |
| 1N4001 | 2 只 |
| 2kΩ、3kΩ、10kΩ、20kΩ、100kΩ 电阻 | 各 1 只 |

五、预习要求

- (1) 复习数制的基本概念。
- (2) 复习二极管、三极管、MOS 管的开关特性。
- (3) 复习“与”、“或”、“非”等逻辑功能的意义。
- (4) 阅读数字电子技术实验系统结构和使用说明。
- (5) 了解双踪示波器面板各旋钮的作用和使用方法 (见各校所用示波器说明书)。

六、实验报告要求

- (1) 按要求填写各实验表格。
- (2) 说明半导体二极管导通和截止, 三极管、MOS 管导通、饱和与截止的各自条件与特点。
- (3) 在分立元件与、或门中, 若输入有一个分别接高电平或地, 对输出有何影响?

实验二 门 电 路

一、实验目的

- (1) 验证常用 TTL、CMOS 集成门电路逻辑功能。
- (2) 掌握各种门电路的逻辑符号。
- (3) 了解集成电路的外引线排列及其使用方法。

二、实验原理和电路

集成逻辑门电路是最简单、最基本的数字集成元件。任何复杂的组合电路和时序电路都可用逻辑门通过适当的组合连接而成。目前已有门类齐全的集成门电路，例如“与门”、“或门”、“非门”、“与非门”等。虽然，中、大规模集成电路相继问世，但组成某一系统时，仍少不了各种门电路。因此，掌握逻辑门的工作原理，熟练、灵活地使用逻辑门是数字技术工作者所必备的基本功之一。

1. TTL 门电路

TTL 集成电路由于工作速度高、输出幅度较大、种类多、不易损坏而使用较广，特别对学生进行实验论证，选用 TTL 电路比较合适。因此，本书大多采用 74LS（或 74）系列 TTL 集成电路。它的工作电源电压为 $5V \pm 0.5V$ ，逻辑高电平 1 时 $\geq 2.4V$ ，低电平 0 时 $\leq 0.4V$ 。

图 1.2.1 为 2 输入“与门”，2 输入“或门”，2 输入 4 输入“与非门”和反相器的逻辑符号图。它们的型号分别是 74LS08 2 输入端四“与门”，74LS32 2 输入端四“或门”，74LS00 2 输入端四“与非门”，74LS20 4 输入端二“与非门”和 74LS04 六反相器（“反相器”即“非门”）。各自的逻辑表达式分别为与门 $Q = A \cdot B$ ，或门 $Q = A + B$ ，与非门 $Q = \overline{A \cdot B}$ ， $Q = \overline{A \cdot B \cdot C \cdot D}$ ，反相器 $Q = \overline{A}$ 。

TTL 集成门电路外引脚分别对应逻辑符号图中的输入、输出端。电源和地一般为集成块的两端，如 14 脚集成电路，则 7 脚为电源地（GND），14 脚为电源正（ V_{CC} ），其余引脚为输入和输出，如图 1.2.2 所示。

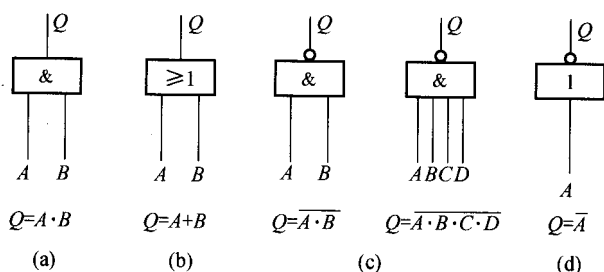


图 1.2.1 TTL 基本逻辑门电路

(a) 与门；(b) 或门；(c) 与非门；(d) 反相器

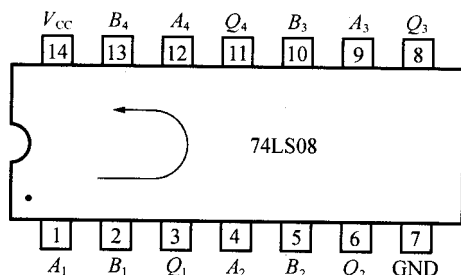


图 1.2.2 集成电路管脚排列

外引脚的识别方法是：将集成块正面对准使用者，以凹口左边或小标志点“·”为起始脚 1，逆时针方向向前数 1, 2, 3, ..., n 脚。使用时，查找 IC 手册即可知各管脚功能。

2. CMOS 门电路

CMOS 集成电路功耗极低，输出幅度大，噪声容限大，扇出能力强，电源范围较宽，应用很广。但 CMOS 电路应用时，必须注意以下几个方面：① 不用的输入端不能悬空；② 电源电压使用正确，不得接反；③ 焊接或测量仪器必须可靠接地；④ 不得在通电情况下，随意拔插输入接线；⑤ 输入信号电平应在 CMOS 标准逻辑电平之内。

CMOS 集成门电路逻辑符号、逻辑关系及外引脚排列方法均同 TTL，所不同的是型号和电源电压范围。

选用 CC4000 (CD4000) 系列的 CMOS 集成电路，电源电压范围为 $+3V \sim +18V$ 。而选用 C000 系列的 CMOS 集成电路，电源电压范围为 $+7V \sim 15V$ 。因此，设计 CMOS 电路时应

注意对电源电压的选择。

三、实验内容和步骤

1. TTL 门电路逻辑功能验证

(1) 按图 1.2.1 在实验系统(箱)上找到相应的门电路。并把输入端接实验箱的逻辑开关,输出端接发光二极管,如图 1.2.3 (a) 所示 TTL 与门电路逻辑功能验证接线图。若实验系统上无门电路集成元件,可把相应型号的集成电路插入实验箱集成块空插座上,再接上电源正、负极,输入端接逻辑开关,输出端接 LED 发光二极管,即可进行验证实验,如图 1.2.3 (b) 所示。

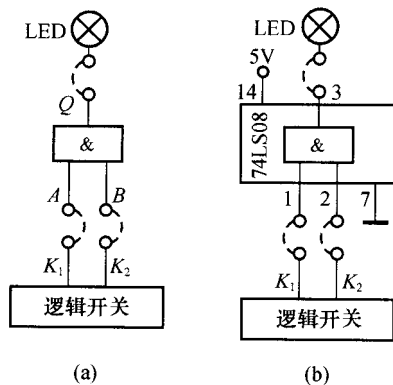


图 1.2.3 TTL 门电路实验接线图

(2) 按状态表 1.2.1 中“与门”一栏输入 A 、 B (0,1) 信号,观察输出结果(看 LED 备用发光二极管,如灯亮为 1,灯灭为 0)填入表 1.2.1 中,并用万用表测量 0、1 电平值。

表 1.2.1 门电路逻辑功能表

输 入				输 出				
				与门	或门	与非门		反相器
$D(K_4)$	$C(K_3)$	$B(K_2)$	$A(K_1)$	$Q=AB$	$Q=A+B$	$Q=\overline{AB}$	$Q=\overline{ABCD}$	$Q=\overline{A}$
0	0	0	0					
0	1	0	1					
1	0	1	0					
1	1	1	1					

(3) 按同样方法,验证“或门”74LS32,“与非门”74LS00、74LS20,“反相器”74LS04 的逻辑功能,并把结果填入表 1.2.1 中。

要注意: TTL 门电路的输入端若不接信号,则视为 1 电平。在拔插集成块时,必须切断电源。

2. CMOS 门电路逻辑功能验证

CMOS 门电路的逻辑功能验证方法同 TTL 门电路。为简单起见,这里仅以 CMOS “或非门”逻辑功能验证为例,选用 CD4002 4 输入端二或非门集成块进行验证。

(1) 实验验证线路图如图 1.2.4 所示。图 1.2.4 (a) 为或非门逻辑符号,图 1.2.4 (b) 为接线图。不用的多余输入端应可靠接地。

(2) 按图 1.2.4 (b) 接线,输入端接 $K_1 \sim K_3$ 逻辑开关,输出端接 LED 发光二极管。电源电压选用 5V, 14 脚接 +5V, 7 脚接地。

(3) 接通电源,拨动逻辑开关,输入相应的信号,验证其功能是否满足“或非门”逻辑表达式 $Q=\overline{A+B+C}$ (表格自拟)。

(4) CMOS 集成电路与 TTL 集成电路不同,多余不用的门电路或触发器等,其输入端都必须进行处理,在工程技术中也如此。此外,在实验时,当输入端需改接连线时,不得在通电情况下进行操作;均需先切断电源,改接连线完成后,再通电进行实验。输出一般不需作保护处理。

(2) 掌握 CMOS “或非门” 电路参数的意义及其测试方法。

二、实验原理和电路

在系统电路设计时, 往往要用到一些门电路, 而门电路的一些特性参数的好坏, 在很大程度上影响整机工作的可靠性。

本实验中我们仅选用 TTL 74LS00 2 输入端四与非门和 CD4001 2 输入端四或非门进行参数的实验测试, 以帮助我们掌握门电路主要参数的意义和测试方法。

74LS00 和 CD4001 集成电路外引线排列图如图 1.3.1 所示。

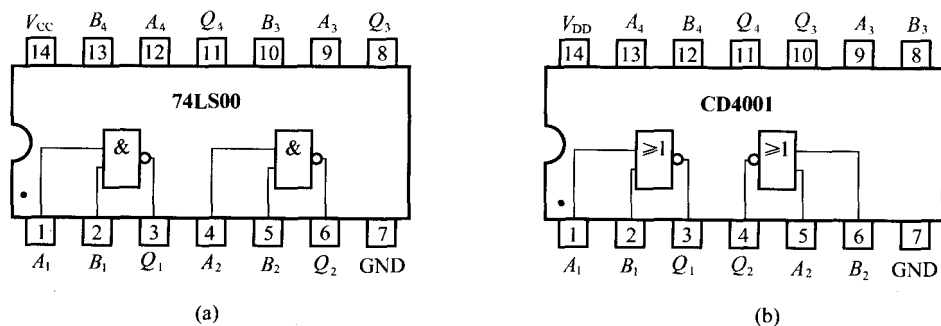


图 1.3.1 74LS00 和 CD4001 集成电路外引线排列图

(a) 74LS00; (b) CD4001

通常参数按时间特性分为两种: 静态参数和动态参数。静态参数指电路处于稳定的逻辑状态下测得的参数; 而动态参数则指逻辑状态转换过程中与时间有关的参数。

TTL 与非门的主要参数有以下几个。

(1) 扇入系数 N_i 和扇出系数 N_o : 能使电路正常工作的输入端数目称为扇入系数 N_i 。电路正常工作时, 能带动的同型号门的数目称为扇出系数 N_o 。

(2) 输出高电平 V_{OH} : 一般 $V_{OH} \geq 2.4V$ 。

(3) 输出低电平 V_{OL} : 一般 $V_{OL} \leq 0.4V$ 。

(4) 电压传输特性曲线、开门电平 V_{on} 和关门电平 V_{off} : 图 1.3.2 所示 V_i-V_o 关系曲线称为电压传输特性曲线。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 V_i 称为关门电平 V_{off} 。

(5) 输入短路电流 I_{IS} : 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为输入短路电流 I_{IS} 。

(6) 空载导通功耗 P_{on} : 指输入全部为高电平, 输出为低电平且不带负载时的功率损耗。

(7) 空载截止功耗 P_{off} : 指输入为低电平、输出为高电平且不带负载时的功率损耗。

(8) 抗干扰噪声容限: 电路能够保持正确的逻辑关系所允许的最大干扰电压值, 称为噪声电压容限。其中输入低电平时的噪声容限为 $\Delta 0 = V_{off} - V_{IL}$ (V_{IL} 就是前级的 V_{OL}), 而输入高电平时的噪声容限为 $\Delta 1 = V_{IH} - V_{on}$ (V_{IH} 就是前级的 V_{OH})。

(9) 平均传输延迟时间 t_{pd} 。

如图 1.3.3 所示 $t_{pd} = (t_{pdl} + t_{pdh}) / 2$, 它是衡量升关电路速度的重要指标。一般情况下, 低速组件 t_{pd} 约 40~160ns, 中速组件 t_{pd} 约 15~40ns, 高速组件约 8~15ns, 超高速组件 t_{pd} 小于 8ns。 t_{pd} 的近似计算方法: $t_{pd} = T/6$, T 为用三个门电路组成振荡器的周期。

(10) 输入漏电流 I_{ro} : 指一个输入端接高电平, 另一输入端接地时, 流过高电平输入端的电流。

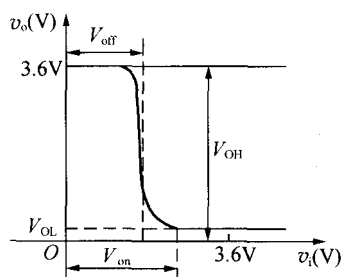


图 1.3.2 电压传输特性曲线

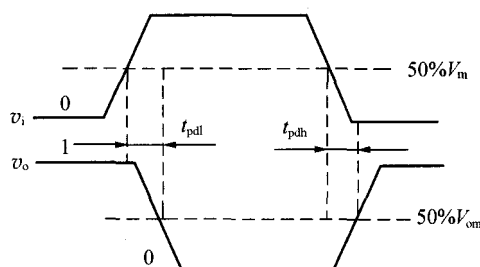


图 1.3.3 平均传输延迟时间 t_{pd}

CMOS 电路的参数是对它本身特性的一种定量描述。这些参数应包括逻辑功能的正确与否, 性能优劣及可靠性水平等。各参数的意义和测试方法大体与 TTL 差不多, 详细请参阅 CMOS 集成电路手册。

三、实验内容及步骤

TTL 选用 74LS00 集成门电路。首先验证其逻辑功能 (验证方法参考实验二)。正确后, 再进行下面参数测试:

1. TTL 与非门参数测试

(1) 空载导通功耗 P_{on} 。

空载导通功耗 P_{on} 是指输入全为高电平、输出为低电平且不接负载时的功率损耗。

$$P_{on} = V_{CC} \cdot I_{CCI}$$

式中 V_{CC} ——电源电压;

I_{CCI} ——导通电源电流。

测试电路见图 1.3.4 (a), 电流表、电压表用万用表即可。按图 1.3.4 (a) 接线, 合上 K_1 和 K_2 , 再合上电源开关, 读出电流值 I_{CCI} 和电压值 V_{CC} 。

(2) 空载截止功耗 P_{off} 。

空载截止功耗 P_{off} 是指输入端至少有一个为低电平、输出为高电平且不接负载时的功率损耗。

$$P_{off} = V_{CC} \cdot I_{CCH}$$

式中 I_{CCH} ——截止电源电流;

V_{CC} ——电源电压。

测试电路见图 1.3.4 (a)。按图 1.3.4 (a) 接线, 接上万用表, K_1 或 K_2 断开, 合上电源开关, 读出电流值 I_{CCH} 和电压值 V_{CC} 。

(3) 低电平输入电流 I_{IL} (I_{IS})。

低电平输入电流 I_{IL} 又称输入短路电流 I_{IS} , 是指有一个输入端接地, 其余端开路, 输出空载时, 接地输入端流出的电流。

测试电路见图 1.3.4 (b)。按图 1.3.4 (b) 接线, 读出电流即可。

(4) 高电平输入电流 I_{IH} (I_{Ia})。

高电平输入电流 I_{IH} 又称输入漏电流 I_{Ia} 、输入反向电流; 它是指输入端一端接高电平、

其余输入端接地时流过那个接高电平输入端的电流。

测试电路见图 1.3.4 (c)。读出电流值即可。

(5) 输出高电平 V_{OH} 。

输出高电平 V_{OH} 是指输出不接负载、当有一输入端为低电平时的电路输出电压值。

测试电路见图 1.3.4 (d)。按图 1.3.4 (d) 接线, K_1 合上, K_2 断开, 接通电源, 读出电压值。

(6) 输出低电平 V_{OL} 。

输出低电平 V_{OL} 是指所有输入端均接高电平时的输出电压值。

测试电路同图 1.3.4 (d)。按图 1.3.4 (d) 接线, K_1 、 K_2 均合上, 接通电源, 读出电压值。

(7) 电压传输特性曲线。

电压传输特性是反映输出电压 v_o 与输入电压 v_i 之间关系的特性曲线。

测试电路见图 1.3.4 (e)。

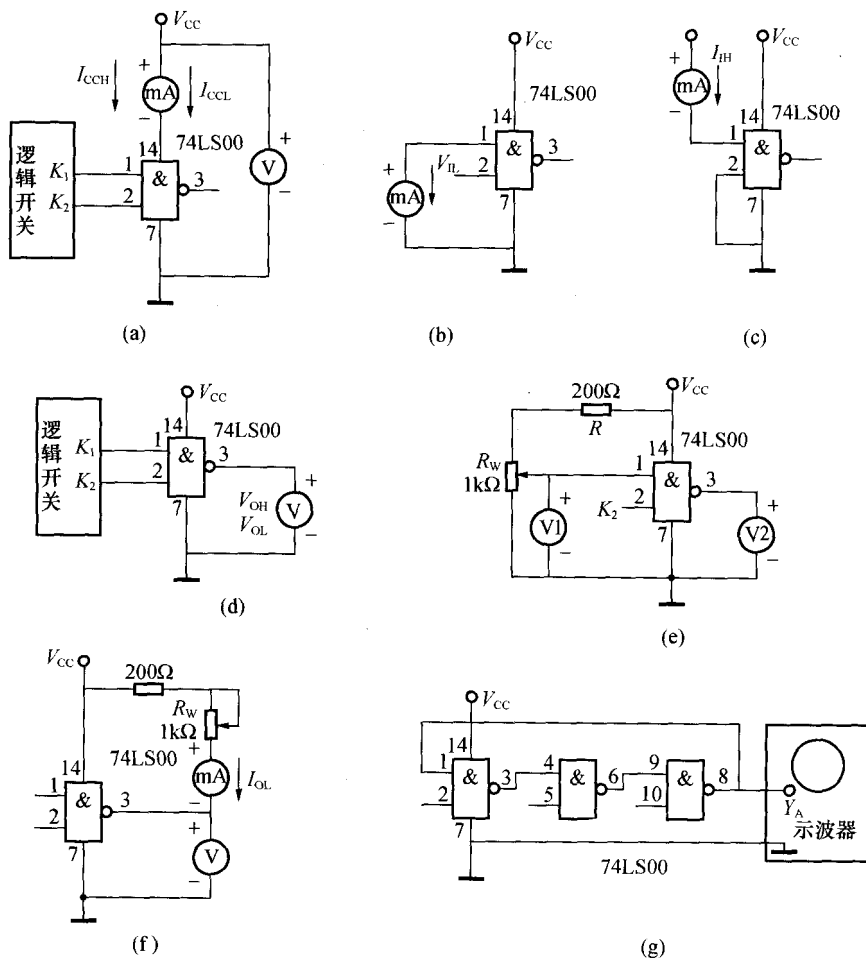


图 1.3.4 TTL 与非门参数测试图

- (a) 空载通功耗 P_{om} , 空载截止功耗 P_{off} 测试电路; (b) 低电平输入电流 I_{IL} 测试电路;
 (c) 高电平输入电流 I_{IH} 测试电路; (d) 输出高电平 V_{OH} , 输出低电平 V_{OL} 测试电路;
 (e) 电压传输特性测试电路; (f) 扇出系数 N_O 测试电路; (g) 平均传输延迟时间 t_{pd} 测试电路