

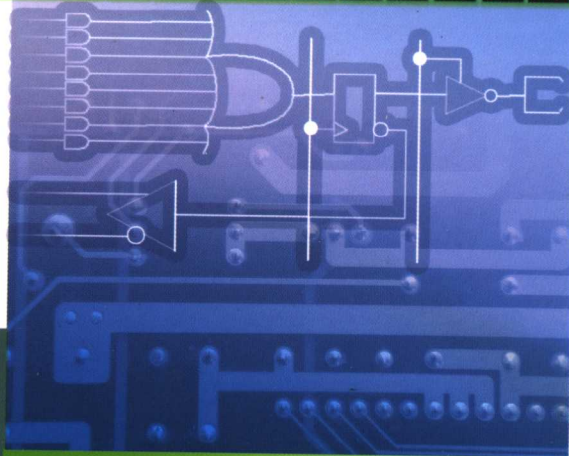


国家精品课程 数字逻辑与系统 配套教材

北京市高等教育精品教材立项项目



国家电工电子教学基地系列教材



数字电路实验 一体化教程

◎ 侯建军 主编
◎ 佟 毅 崔爱娇 曾 涛 编著
◎ 张有根 主审



清华大学出版社
<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



北京交通大学出版社
<http://press.bjtu.edu.cn>

国家精品课程数字逻辑与系统配套教材

北京市高等教育精品教材立项项目

国家电工电子教学基地系列教材

数字电路实验一体化教程

侯建军 主编

佟 毅 崔爱娇 曾 涛 编著

张有根 主审

清华大学出版社

北京交通大学出版社

• 北京 •

内 容 简 介

数字电子技术实验是电气和信息类专业重要的实践课程,本教材于2003年被列为北京市高等教育精品教材立项项目,同年又被列为高等教育百门精品课程教材建设立项研究项目。本教材第1章介绍数字电子技术实验的基本训练;第2章介绍数字电子技术设计性综合实验,覆盖面广,可操作性强;第3章介绍电子设计自动化(EDA)实验,包括可编程器件原理、软硬件平台的操作指南和实验内容。

本书力求注重学生综合素质和创新意识的培养,通过3个方面的转移,即从验证性实验转移到加强基本技能的训练,从小单元局部电路为主的实验转移到多模块、综合系统实验,从单一的实验室内实验形式转移到课上课下、实验室内外的多元化实验形式,培养学生自主学习的能力和分析问题、解决问题的能力。

本书可作为高等学校工科电子信息工程、通信工程、自动化、电子科学技术、测控技术与仪器等专业的“数字电子技术实验”课程教材使用,也可供有关领域的科技工作者自学参考。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

数字电路实验一体化教程 / 侯建军主编; 佟毅, 崔爱娇, 曾涛编著. — 北京: 清华大学出版社; 北京交通大学出版社, 2005.5

(国家电工电子教学基地系列教材)

北京市高等教育精品教材立项项目

ISBN 7-81082-512-7

I. 数… II. ①侯… ②佟… ③崔… ④曾… III. 数字电路-实验-高等学校-教材 IV. TN79-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第027777号

责任编辑: 韩 乐

出版者: 清华大学出版社 邮编: 100084 电话: 010-62776969

北京交通大学出版社 邮编: 100044 电话: 010-51686414

印刷者: 北京东光印刷厂

发行者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×230 印张: 13.25 字数: 297千字

版 次: 2005年5月第1版 2005年5月第1次印刷

书 号: ISBN 7-81082-512-7/TN·32

印 数: 1~5 000册 定价: 19.00元

本书如有质量问题, 请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评, 我们表示欢迎和感谢。

投诉电话: 010-51686043, 51686008; 传真: 010-62225406; E-mail: press@center.bjtu.edu.cn。

国家电工电子教学基地系列教材

编审委员会成员名单

主 任 谈振辉

副主任 张思东 赵乐沅 孙雨耕

委 员 (以姓氏笔画为序)

王化深	卢先河	刘京南	朱定华	沈嗣昌
严国萍	杜普选	李金平	李国国	李哲英
张有根	张传生	张晓冬	陈后金	邹家驷
郑光信	屈 波	侯建军	贾怀义	徐国治
徐佩霞	廖桂生	薛 质	戴瑜兴	

总 序

当今信息科学技术日新月异，以通信技术为代表的电子信息类专业知识更新尤为迅猛。培养具有国际竞争能力的高水平的信息技术人才，促进我国信息产业发展和国家信息化水平的提高，都对电子信息类专业创新人才的培养、课程体系的改革、课程内容的更新提出了富有时代特色的要求。近年来，国家电工电子教学基地对电子信息类专业的技术基础课程群进行了改革与实践，探索了各课程的认知规律，确定了科学的教育思想，理顺了课程体系，更新了课程内容，融合了现代教学方法，取得了良好的效果。为总结和推广这些改革成果，在借鉴国内外同类有影响教材的基础上，决定出版一套以电子信息类专业的技术基础课程为基础的“国家电工电子教学基地系列教材”。

本系列教材具有以下特色：

- 在教育思想上，符合学生的认知规律，使教材不仅是教学内容的载体，也是思维方法和认知过程的载体。
- 在体系上，建立了较完整的课程体系，突出了各课程内在联系及课程群内各课程的相互关系，体现微观与宏观、局部与整体的辩证统一。
- 在内容上，体现现代与经典、数字与模拟、软件与硬件的辩证关系，反映当今信息科学与技术的新概念和新理论，内容阐述深入浅出，详略得当。增加工程性习题、设计性习题和综合性习题，培养学生分析问题和解决问题的素质与能力。
- 在辅助工具上，注重计算机软件工具的运用，使学生从单纯的习题计算转移到基本概念、基本原理和基本方法的理解和应用，提高了学习效率和效果。

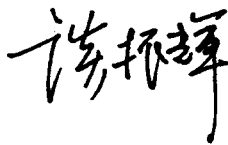
本系列教材包括：

《基础电路分析》、《现代电路分析》、《电路分析学习指导及习题精解》、《模拟集成电路基础》、《模拟电子技术》、《信号与系统》、《信号与系统学习指导及习题精解》、《电子测量技术》、《微机原理与接口技术》、《电路基础实验》、《电子电路实验及仿真》、《数字电路实验一体化教程》、《电路基本理论》、《现代电子线路》（上册）、《现代电子线路》（下册）、《电工技术》、《单片机原理与应用》。

本系列教材的编写和出版得到了教育部高等教育司的指导、北京交通

大学教务处及电子与信息工程学院的支持，在教育思想、课程体系、教学内容、教学方法等方面获得了国内同行们的帮助，在此表示衷心的感谢。

北京交通大学
“国家电工电子教学基地系列教材”
编审委员会主任

A handwritten signature in black ink, appearing to read '谈振' (Tan Zhen), written in a cursive style.

2005 年 5 月

前 言

数字电子技术实验是电气、信息类专业重要的实践课程,侯建军教授主持建设的数字逻辑与系统课程于 2003 年首批被评为国家精品课程(网址: <http://col.njtu.edu.cn/jingpinke/szlj>)。本教材于 2003 年被列为北京市高等教育精品教材立项项目,同年又被列为高等教育百门精品课程教材建设立项研究项目。

本教材在实践教学方面,力求注重学生综合素质、创新意识的培养,对数字电子技术实验体系、内容及方式进行了较大力度的改革。主要体现在 3 个方面的转移,即从验证性实验转移到加强基本技能的训练,从小单元局部电路为主的实验转移到多模块、综合系统实验,从单一的实验室内实验形式转移到课上课下、实验室内外的多元化实验形式。通过 3 年的实验教学的实践,体现 3 个转移的实验教学内容与方式取得了很好的教学效果。学生通过在市场购买电子器件锻炼了市场素质;通过在通用板上焊接元器件锻炼了工艺素质;通过设计性的综合实验培养了学生自主学习的能力和分析问题、解决问题的能力。

本教材在编写时,充分吸收新概念、新理论和新技术;力求处理好先进性和适用性的关系,处理好教材内容变化和基础内容相对稳定的关系。教材内容力求重点突出,基本概念明确清晰,教材贯穿少而精和理论联系实际的精神。

本教材第 1 章介绍数字电子技术实验的基本训练;第 2 章介绍数字电子技术的设计性综合实验,覆盖面广、可操作性强;第 3 章介绍电子设计自动化(EDA)实验,包括可编程器件原理、软硬件平台的操作指南和实验内容。

参加本教材编写的教师多年从事电子电路课程体系、课程内容的改革,具有丰富的实验教学经验。本书第 1 章由佟毅执笔,第 2 章由侯建军、曾涛执笔,第 3 章由侯建军、崔爱娇执笔。侯建军任主编,对全书进行了整理和统稿。

张有根、陈后金教授对本教材的实验体系、实验内容及实验管理进行了多方面的研究与讨论,并给予了肯定。张有根主审了本教材。北京革新科技有限公司提供了实验系统和多年研究的 EDA 实验内容。黄亮、张宇威等老师检验了书中的实验。在此,向他们表示衷心的感谢。

借此机会也向所有关心、支持和帮助过本书编写、修改、出版、发行工作的同志们致以诚挚的谢意。

限于水平，书中难免出现不妥之处及错误，恳请读者批评指正。

编 者
2005 年 5 月

目 录

第 1 章 数字电子技术基础实验	1
1.1 数字电子技术基础实验目的与意义	1
1.2 数字电子技术基础实验的一般要求	1
1.3 基本单元电路实验与测试	2
1.3.1 数字集成电路概述	2
1.3.2 集成逻辑门电路参数的测试与应用	7
实验 1.1 TTL 门电路与 CMOS 门电路基本参数测试	7
实验 1.2 集成逻辑门电路的基本应用	13
1.3.3 组合逻辑电路基本实验	15
实验 1.3 编码器、译码器及数码管的功能测试和应用	15
实验 1.4 比较器、全加器的功能测试及其应用	20
实验 1.5 组合电路的竞争与冒险	22
1.3.4 集成触发器的功能测试与应用	25
实验 1.6 触发器的功能测试	25
1.3.5 时序电路的基本实验	28
实验 1.7 集成同步计数器和集成异步计数器的应用	28
实验 1.8 集成移位寄存器的功能与应用	32
1.3.6 集成定时器 555 的功能与应用	35
实验 1.9 555 定时电路的基本应用	35
1.3.7 模数、数模转换电路基本实验	39
实验 1.10 D/A0832 数模转换器基本应用	39
实验 1.11 A/D0809 模数转换器基本应用	42
1.3.8 随机存储器基本实验	46
实验 1.12 RAM62256 存储器基本功能测试	46
1.4 数字逻辑电路的检查与测试方法	48
1.4.1 状态显示（逻辑笔）检测电路	48
1.4.2 示波器检测电路	50
第 2 章 数字电子技术综合设计实验	51
2.1 数字电子技术设计性综合实验的设计方法	51

2.2	TTL、HC 和 HCT 集成逻辑门的逻辑功能与参数测试—— 基础测试性实验	54
2.3	数字显示电路——组合电路综合设计	55
2.4	可编程彩灯电路——时序电路综合设计	58
2.5	通用示波器字符显示电路设计——D/A 转换和只读存储器 电路综合设计	62
2.6	可编程时钟控制器——综合设计性课程设计	63
2.7	数字电子技术综合设计性实验例题	66
2.7.1	可预置定时电路	66
2.7.2	加减法运算电路	72
2.7.3	多路抢答器	76
2.7.4	交通灯控制电路	77
2.7.5	多功能流水灯	79
2.7.6	数字式频率计	80
2.7.7	数字时钟	82
2.7.8	出租汽车里程计价表	84
2.7.9	洗衣机控制电路	86
第 3 章	数字电子设计自动化系统实验	89
3.1	数字可编程系统实验的意义与目的	89
3.2	可编程逻辑器件的结构与原理	90
3.2.1	可编程逻辑器件的基本结构	90
3.2.2	Altera 可编程逻辑器件	97
3.2.3	Altera 器件系列	98
3.2.4	FLEX10K 系列	99
3.2.5	ACEX1K 器件系列	114
3.3	MAX+Plus II 操作指南	115
3.3.1	安装指南	115
3.3.2	实验 3.1——2 位十六进制数转换成 2 位十进制数	115
3.3.3	实验 3.2——7 段共阳 BCD 码显示译码器	132
3.3.4	实验 3.3——4 位二进制加法器	137
3.3.5	EDAPRO/240H 综合实验系统简介	142
3.4	可编程器件数字系统设计方法	166
3.5	可编程器件综合数字系统实验	168
3.5.1	组合逻辑电路设计	168
	实验 3.4 简单组合逻辑设计——译码器的设计与实现	168

3.5.2 时序逻辑电路设计	169
实验 3.5 简单时序逻辑设计（一）——D 触发器的设计与实现	170
实验 3.6 简单时序逻辑设计（二）——移位寄存器的设计与实现	170
3.5.3 状态机设计	171
3.5.4 数字系统设计	175
实验 3.7 综合数字系统实验——自动打铃系统	175
附录 A 电路图形逻辑符号	180
A.1 基本逻辑门电路图形符号	180
A.2 常用组合电路图形符号	181
A.3 基本触发器电路逻辑符号	184
A.4 常用时序逻辑电路图形符号	185
附录 B VHDL 程序清单	188
B.1 译码器 VHDL 程序	188
B.2 D 触发器 VHDL 程序	189
B.3 移位寄存器程序	189
B.4 状态机程序	190
B.5 打铃系统模块 1（时间设置电路）程序	192
B.6 打铃系统模块 2（走时电路）程序	194
B.7 打铃系统模块 3（定时打铃控制电路）程序	196
B.8 打铃系统模块 4（display 显示电路）程序	197
参考文献	200

第1章 数字电子技术基础实验

本章将介绍数字电子技术的基础实验，通过基础实验的训练可以掌握中规模集成单元电路的功能、参数和基本应用，进一步掌握实验的基本技能和测试方法，逐步培养理论联系实际，分析问题、解决问题的能力。本章可作为学生学习数字电子技术基本知识的初级手册，查找基本元器件和单元电路的手册，并作为数字综合设计实验及课程设计的基本工具，为下一章综合设计实验奠定扎实的基础。

1.1 数字电子技术基础实验目的与意义

数字电子技术基础实验是实践性很强的课程，同时它又是综合实验的基础环节，它的任务是使学生获得数字电子技术基本理论和基本实践技能，培养学生分析问题和解决问题的能力，为下一步的学习打下良好的基础。

在电子技术飞速发展、广泛应用的今天，实验显得尤其重要。在实际工作中，电子技术人员需要分析电路的工作原理，验证器件电路的功能，对整机电路测试调试及排除各种故障，所有这些都离不开实验。另外实验的另一个重要任务是培养学生的勤奋、进取、严肃认真、理论联系实际的工作作风和为科学事业奋斗的精神。

新的实验教学思想将理论教学和实验教学有机结合，实验教学是理论教学的延伸。数字电子技术基础实验课程遵循以数字基本理论为基础，基本技能为桥梁，培养综合能力、创新素质为目的。因此，数字电子技术基础实验显得更加重要。

1.2 数字电子技术基础实验的一般要求

为了培养学生的好学风，充分发挥学生的主观能动性，培养学生的综合能力和创新意识，保证正常实验顺利完成，数字电子技术实验对学生有如下要求。

1. 实验前的要求

实验前要认真复习有关的理论知识，认真阅读实验教材，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，大量查阅参考资料，初步估算实验结果并写出预习报告。

2. 实验过程中的要求

(1) 进入实验室要遵守学生守则及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. 实验后的要求

实验后要求学生认真撰写实验报告。实验报告是实践教学过程中非常重要的一个环节。在工程实验和科研项目中, 最终的成果很大程度表现在总结报告中。因此写好实验报告非常重要。

基本技能性实验报告要求如下。

(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, 不应有涂改。

(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 基本单元电路实验与测试

1.3.1 数字集成电路概述

1. 简介

数字集成电路是采用集成工艺, 将晶体管、二极管及电阻器件制作在一块半导体基片上, 然后按电路要求连接各元器件, 最后将芯片封装在塑料或陶瓷管壳内。从管内引出管脚以便和其他元器件相连。集成电路的通用封装形式为双列直插式 (DIP), 如图 1-1 所示。

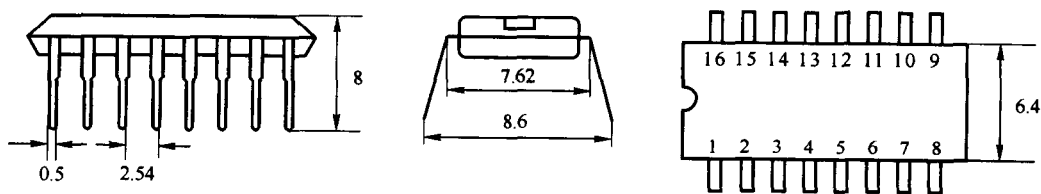


图 1-1 集成电路双列直插式封装形式 (单位: mm)

集成电路管脚排列是从豁口或标志处逆时针递增。DIP 管脚按电路需要有 8、14、16、20、24、28 和 40 脚等。数字集成电路主要分成以双极型晶体管做开关元件的 TTL 系列, 常见有 TTL、ECL、HTL 和 I²L 等。以 MOS 场效应管做开关元件的 CMOS 系列主要包括 PMOS、NMOS、CMOS 系列。集成电路的引线一般都有电源和地, TTL 系列集成电路电源脚为 V_{CC} (+5 V), CMOS 系列集成电路电源脚为 V_{DD} (+3 V~+18 V)。

2. 集成电路命名方法

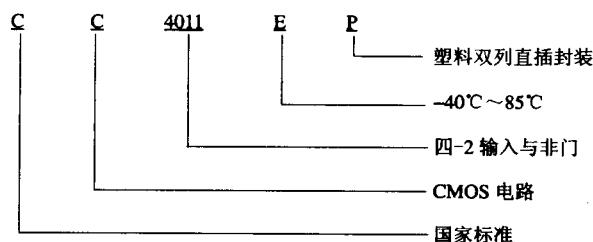
1) 国内命名方法

器件型号由 5 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 1-1 所示。

表 1-1 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
		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

美国得克萨斯公司

SN ×× ×× ×× ×

① ② ③ ④ ⑤

其中, 各部分的含义如下。

- ① 得克萨斯公司标准电路。
 - ② 工作温度范围。54: $-55^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$ 74: $0^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$ 。
 - 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

MC ×× ×× ×

① ② ③ 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: $0^{\circ}\text{C} \sim 75^{\circ}\text{C}$; 5, 21, 31, 43, 82, 54, 93: $-55^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$ 。
- 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: $-20^{\circ}\text{C} \sim 75^{\circ}\text{C}$ 。
- 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。

3. 数字集成电路选择原则

常用的器件是 TTL 和 CMOS 型, 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 1-2 所示。

表 1-2 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

4. 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 向高速化发展, 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。它的品种丰富, 一般以 74 (民用) 或 54 (军用) 为型号前缀。

(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, 正处于黄金时代, 它的品种丰富, 价格低廉, 将来会被 H-CMOS 和 ALS-TTL 取代。但目前还是主流产品。

(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, 但其速度比较高。

(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。

(5) 74F 系列

74F 系列是相似于 74ALS 和 74AS 的高速版 TTL 产品, 其性能价格位于 74ALS 和 74AS 之间。目前它的品种比较少, 将来有可能成为 TTL 的主流产品之一。

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 共 4 种。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 100 mW。
- (2) 电源电压范围宽, 一般工作电压在 3~18 V 之间。
- (3) 输入阻抗非常高。正常工作时, 输入阻抗可达 100 M Ω 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。

5. 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 5 V, 使用时电源电压不能高于 5.5 V。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 5.5 V 和低于 -0.5 V 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 集成电路时要屏蔽。

(2) CMOS 电路的电源电压范围是 3~18 V, 使用时电源电压的上限电压不得超过电路极限值 $V_{\max}$, 电源的下限电压不得低于系统速度所必须的电源电压最低值 $V_{\min}$, 更不能