

数字电子技术

从电路分析到技能实践

〔美〕 William Kleitz 著

陶国彬 赵玉峰 译



数字电子技术

从电路分析到技能实践

〔美〕 William Kleitz^克 著
陶国彬 赵玉峰 译



科学出版社

北京

图字: 01-2006-5452 号

内 容 简 介

本书系统地介绍了数字电子技术的基本原理和分析方法,通过大量实例阐述了数字电子器件的工作原理、数字电子线路的设计方法以及集成数字电路的应用等方面的问题。全书共分为两大部分,第1部分重点讨论了基本数字逻辑和组合逻辑,第2部分详细阐述了时序逻辑和数字系统。具体内容包括:数制转换,信号和开关量,基本逻辑电路的时序分析方法和故障排查技术、CPLD设计方法、组合逻辑电路、布尔代数和逻辑表达式化简、组合逻辑电路应用(如奇偶检验、算术运算和码制转换等),TTL和CMOS逻辑电路,触发器和时序逻辑分析,各种常规数字集成芯片参数和应用,计数器和移位寄存器,555定时器,模拟量与数字量转换的基本原理以及ADC和DAC集成转换器,半导体、磁介质和光学存储器及其应用,微处理器的软硬件结构,微控制器8051的相关知识等。

本书可供工程技术类和计算机科学类专业的学生及教师使用,也可作为工程技术人员的参考用书。

Simplified Chinese edition copyright © 2007 by SCIENCE PRESS and PEARSON EDUCATION NORTH ASIA LIMITED.

Original English language title: **Digital Electronics: A Practical Approach, 7th ed.** by William Kleitz, Copyright © 2005

ISBN: 0-13-114165-1

All Rights Reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall, Inc.

This edition is authorized for sale only in the People's Republic of China (excluding the Special Administrative Region of Hong Kong and Macau).

本书封面印有 Pearson Education 出版集团激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

数字电子技术/(美)William Kleitz 著;陶国彬,赵玉峰译.--北京:科学出版社,2007
ISBN 978-7-03-020279-6

I. 数… II. ①W…②陶…③赵… III. 数字电路-电子技术 IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 161452 号

责任编辑:刘红梅 刘晓融/责任制作:魏 谨

责任印制:赵德静/封面设计:郝晓燕

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008年1月第一版 开本:A4(890×1240)

2008年1月第一次印刷 印张:34 1/4

印数:1—4 000 字数:1 123 000

定 价:79.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

译者序

美国纽约州立大学 Tompkins Cortland Community College 学院 William Kleitz 教授编著的理论教材 *Digital Electronics: A Practical Approach* (中文译名:《数字电子技术》)(第 7 版)及其前几版已经被美国 120 多所大学所采用。

本书系统地介绍了数字电子技术的基本原理和分析方法,通过大量实例阐述了数字电子器件的工作原理、数字电子线路的设计方法以及集成数字电路的应用等方面的问题。全书共分为两大部分,第 1 部分重点讨论了基本数字逻辑和组合逻辑,第 2 部分详细阐述了时序逻辑和数字系统。具体内容包括:数制转换,信号和开关量,基本逻辑电路的时序分析方法和故障排查技术、CPLD 设计方法、组合逻辑电路、布尔代数和逻辑表达式化简、组合逻辑电路应用(如奇偶检验、算术运算和码制转换等),TTL 和 CMOS 逻辑电路,触发器和时序逻辑分析,各种常规数字集成芯片参数和应用,计数器和移位寄存器,555 定时器,模拟量与数字量转换的基本原理以及 ADC 和 DAC 集成转换器,半导体、磁介质和光学存储器及其应用,微处理器的软硬件结构,微控制器 8051 的相关知识等。

本书重视对读者分析能力和实践技能的培养,强调读者独立思考,要求读者能够根据所学知识不断拓展知识领域,具备随着技术进步不断获得新知识的能力。

本书的突出特点是“实践性”(practical),具体体现在以下几个方面:

(1) 各种集成电路“应用实例”遍布全书。各应用电路皆由“实际”芯片搭建,电路分析的基础源于“实际”芯片制造厂商的数据手册。

(2) 要求读者积极参与,主动思考基本理论、典型电路和分析方法的“实用性”。书中提供了四类注释信息:疑难点、分组讨论、提示和计算机应用,供读者思考、讨论书中相关知识点的“实际”应用价值,提示读者在学习过程中可能遇到的“实际”问题。

(3) 理论介绍、典型电路分析和仿真实验并举。本书语言浅显易懂,理论阐述清晰透彻,结合“实际”的电路分析思路清晰、层次分明,充分利用现代电子技术 CAD 手段,引入 MultiSIM 和 CPLD 软件,为读者理解数字电子技术理论、分析数字电子线路、进行数字系统的研究与“实现”提供必要的条件,使读者“实际”接触电子工程师的工作领域,为进一步“实践”奠定基础。

(4) 通过大量“应用型”习题提高读者的应用能力。书中各章安排了各种类型“实践性”很强的习题供读者练习,具体包括:MultiSIM 练习、CPLD 设计、电路原理图读图训练、故障排查练习以及电路综合设计等。通过这些习题的练习,可以大大地提高读者面向“实际”电路的分析能力,基本理论和设计方法的“实际”应用能力,电子技术 CAD 软件的操作能力以及“实际”数字系统的认识与故障排查能力。

本书主要由大庆石油学院电气工程系陶国彬和赵玉峰翻译。姚建红、张秀艳、王力霞等同志也参与了书中部分章节的翻译工作。在翻译的过程中,得到了陈红梅、甄东芳等人的帮助和支持,在此表示感谢。同时感谢科学出版社的编辑刘红梅、孙力维以及为本书出版提供帮助的全体工作人员,是他们所做的大量艰苦细致的工作使本书得以顺利出版发行。

由于全书篇幅巨大,时间仓促,加上译者水平有限,译文中难免有错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

陶国彬

2007 年 8 月 大庆

前言

数字电子技术长期以来一直被看作是一门理论科学,而如今它已经成为一项面向实践的应用技术,因此数字电子技术课程的教学方法必须从实践角度重新定位。

本书重点阐述如何采用当今工业上广泛应用的集成电路(IC)进行基本数字设计和分析论证,并且各种集成电路应用实例贯穿全书。通过对本书的学习,学生能够深入了解工艺生产中的数据手册和工业参数设置中的术语及流程图,为日后的应用提供良好的基础。

在本书的编写过程中,我力求使文字表达得浅显易懂,以方便读者阅读和理解,部分学生也可以在没有教师指导下自学相关章节。本书中包括多个数字系统设计实例和大量故障排查练习。同时,为使学生能够独立完成各章习题,书中给出了大量的图表、例题和思考题。总之,本书的主要目的是培养学生独立分析问题和解决问题的能力。

本书适合作为工程技术类专业和计算机科学类专业第1学期或第2学期的数字电子技术课程的教材。实验环节对进一步加深读者对内容的理解很有帮助,可以通过对书中所列例题或系统设计实例进行创建、测试、调试和分析,以达到实践的目的。

“在现代数字电子技术领域,学生到底需要学习什么?”每当讲授数字电子技术课程或参观电子制造厂时,我都会产生这样的疑问。答案就是,学生必须掌握在未来工作中将遇到的实际数字电子线路的设计与故障排查等方面的实践技能。“实践(practical)”就意味着所研究的电路必须由“实际的”集成电路搭建,所学习的规范必须源于“实际的”集成电路制造厂商的数据手册。同时,这也意味着学生必须学会独立思考,学会根据所学知识推导新的概念,必须具备随着技术进步不断获得新知识的能力。

为满足上述要求,本书在例题中尽量引用实际集成电路及其数据参数。书中详尽阐述了各种数字电路设计的基本原理,学生在了解基本原理之后,可以自学相关知识,以满足工作需要。同时,为帮助学生适应工作需要,应对大系统电路原理图分析所带来的挑战,书中引入了4个含有多个集成电路模块和电路的“真实”系统的电路原理图供学生分析。各章配有各种读图练习,19.7节中还有典型电路原理图参考,学生可以完全沉浸在各种复杂电路分析之中。在读完本书后,学生将会全面了解到各个“真实”系统电路的每一个环节。

预备知识

虽然学习本书并不要求学生具备任何专业基础,但如果学生先修过某些基本的电类课程,或在学习本课程的同时修读相关电类课程是很有帮助的。另外,19.6节中给出了完成本书所需的电类主要基本概念。

章节安排

本书大致可分为两个部分:第1~8章讨论基本数字逻辑和组合逻辑,第9~18章讨论时序逻辑和数字系统。第1、2章介绍数制转换和数字电子线路中常用信号及开关量;第3章包括基本逻辑门电路和时序分析方法以及故障排查技术介绍;第4章说明实现CPLD设计的方法;第5章展示如何利用基本门电路构建组合逻辑电路,以及如何利用布尔代数、摩根定律和卡诺图法进行逻辑式化简;第6~8章讨论组合逻辑的高级功能,如奇偶检验、算术运算和码制转换等。

第2部分首先讨论了TTL和CMOS逻辑电路的工作特性和分类方法(第9章);第10章介绍触发器和时序逻辑分析的概念;第11章讨论各种常规数字集成电路的限定参数和物理极限;第12、13章介绍几种常规的中等规模集成电路在实现计数器和移位寄存器方面的应用;第14章讨论数字集成电路和555定时器集成电路构建的振荡器和定时电路;第15章阐述模拟量与数字量转换机制的基本原理以及ADC和DAC集成转换器的物理实现方法,第16章介绍半导体、磁介质和光学存储器及其在个人计算机和微处理器中的应用;第17章介绍微处理器的软硬件结构,为后续微处理器课程奠定基础;第18章阐述当今最流行的微控制器之一——8051的相关知识。书中还包括了多个附录以补充各章节内容。

特色

(1) 注释图标

在书中给出了几种注释,这些注释用来重点强调本页讨论的知识点,它们可以起到拉近师生距离和引发学生分组讨论的作用。这里用4种不同的图标来区分这些注释。



疑难点:用来标注数字电子技术中的典型疑难问题和值得注意的知识点。该注释可以有效帮助学生避免犯错误。



分组讨论:用来引发某特定专题的讨论。教师可以通过组织学生分组讨论,鼓励学生互动,增强协作精神。



提示:为电路分析提供可行性建议,对书中提出的关键性问题进行重点标注。学生可通过提示加深对重要概念的认识。



计算机应用:该注释通常用来举例说明相应章节理论的实际应用,尤其是在个人计算机中的应用。这有助于学生理解个人计算机中决定性能的各功能部件的专业术语。

(2) MultiSIM 应用

MultiSIM 是一种用于电路原理图绘制、电路仿真和可编程逻辑器件仿真的工具,它广泛应用于本专科电子工程和电气工程课程的教学。书中附带的光盘中包括了使用 MultiSIM 软件创建的部分电路原理图。

与书中例题相关的 MultiSIM 电路原理图可以在评估版的 MultiSIM7 中使用,评估版软件允许用户进行如下操作:

- 使用交互元件并调整各元件的参数值;
- 对激活电路进行交互仿真和使用各种结构模块;
- 运行分析;
- 运行/打印/保存仿真结果;
- 创建仿真电路,最大元件数不超过 15 个。

科学出版社网站(www.sciencep.com)提供说明文件,读者可参考说明文件来完成相关软件的安装和使用。

另外,本书中各章习题的 MultiSIM 解,即每道习题的电路原理图文件和相关说明可从科学出版社网站下载(文中带“”处)。但要注意,这些电路原理图文件需要 MultiSIM6 或 MultiSIM7 软件的支持(至少为评估版或学习版)。

本书中包含 3 种类型习题:

- (1) 电路互动题,要求学生通过调整输入信号和观测输出结果来确定电路工作状态;
- (2) 设计题,要求学生设计或修改电路以实现某一特定任务;
- (3) 纠错题,要求学生发现并修改给定电路中存在的错误。

MultiSIM 被普遍认为是用于教学和实验的优秀仿真工具,但本书中的章节并不依赖 MultiSIM 软件及其提供的文件。科学出版社网站所提供的文件对于读者而言是免费的,任何人都可在 MultiSIM 软件上使用。

如果你需要技术咨询或者询问 MultiSIM 软件相关方面的问题,请登陆 www.electronicworkbench.com EWB 官方网站获取 Electronics Workbench 的技术支持。

(3) 基础题

对于学生而言,学好任何一门技术课程的关键一环在于练习求解不同难度的习题。本书中各章结尾部分都给出了按小节排序的习题,每小节中都设计了几道与本章知识点相关的基础题。除了基础题外,还设有其他 3 种类型题:

D (设计)题,以字母 D 为标志。该类型题要求学生对现有电路进行改进或设计相应电路以实现特定任务。这种练习可以激发学生的创造性思维,培养成功实现电路设计的成就感。

T (纠错)题,以字母 T 为标志。该类型题给出一个错误电路让学生进行故障诊断或要求其给出具体的调试步骤。这种练习可以提高学生的分析能力,为在实际工作中将面临的故障排查工作做好准备。

C (扩展)题,以字母 C 为标志。该类型题不同于书中例题,难度较高,具有挑战性,要求学生根据自己的思路来解决问题。该类习题同样能扩展学生的分析能力和判断能力。

(4) 读图题

该类习题用于训练学生对一张完整的电路原理图的读图能力,要求学生识别电路元器件,描述元器件功能,修改电路元器件,设计电路接口。该类练习以学生工作中将会遇到的实际大型电路原理图为素材。

(5) CPLD 设计题

在个别章节的结尾部分设有复杂可编程逻辑器件(CPLD:complex programmable logic device)设计题。在

对复杂度和可编程性要求较高的应用场合,运用 CPLD 实现数字逻辑设计已经十分普遍。CPLD 设计题使用集成电路制造商提供的软件取代 7400 系列集成电路来实现数字电路设计,书中各章中提供了相应的设计例题,附录 E 中给出了相应软件的应用指南。

书中涉及的例题和习题皆基于 Altera 和 Xilinx 公司的产品设计。CPLD 设计软件可以从相应公司网站下载(详见 19.1 节)。

(6) 微处理器基础知识

高级数字系统的进一步发展就是微处理器。了解微处理器软硬件结构原理,对于设计和调试数字系统的技术人员而言是非常必要的。第 17 章介绍了微处理器软硬件的基础知识,第 18 章讨论了当今应用最为广泛的微处理器之一——8051,具体介绍了 8051 的内部结构、硬件接口技术和软件编程等,最后通过实例讲解了其在数据采集方面的应用。

写给教师的话

数字电子技术的教与学:我很乐于与您分享我在过去 28 年的数字电子技术的教学中所总结的经验和方法。毋庸置疑,由于数字计算机的快速普及和数字技术人员及工程师的就业机会的增多,学生学习数字电子技术的兴趣空前高涨。随着廉价的数字集成电路模块和 CPLD 的市场推广,学生只需花很少的钱就可在实验室或家里搭建实用的数字电路,使得学生对本课程的学习兴趣更加浓厚。

实验:对于数字电子技术课程而言,让学生自己动手实验是十分必要的,本书的主要特点就是提供了书中涉及电路的足够信息,读者可以在实验室重现书中电路的实验结果。

CPLD 开发板:CPLD 设计过程的最后一步就是应用所提供的软件进行编程,实现一个实际 CPLD 的逻辑设计。在实验中,可以将编译好的程序下载到 CPLD 开发板的 CPLD 中,程序设计可由 Altera 公司的 MAX+PLUS II 软件或 Xilinx 公司的 Foundation 软件完成。Altera CPLD 开发板推荐选用 Altera 公司 UP2(或 UP1) 大学设计实验室开发包套件或 Electronics Express 公司的 RSR PLDT-2 系列开发板;Xilinx CPLD 开发板推荐选用 XESS 公司(www.xess.com)的 XS95 系列开发板或 Electronix Express 公司(www.elexp.com)的 PLDT-3 系列开发板。各种开发板都需要配备相应的实验台。

学生项目:我经常鼓励学生动手搭建书中所提及的基本电路模块,推荐电路如下:图 11.39 所示的 5V 电源,图 11.40 所示的 60Hz 脉冲发生器,图 11.37 所示的阵列式“与非”开关去抖动电路,图 12.41 所示的七段 LED 显示电路。这些电路可以作为学生利用业余时间自主进行电路测试的起点。

分组讨论:在授课过程中,我习惯尽早使用注释所提供的分组讨论。通过合作学习与练习,鼓励学生组建学习小组,共同讨论问题,向全班提交讨论结果。这些活动可以培养学生的团队协作意识,为后续的学习创建互助学习网络。

电路插图:书中几乎每一个专题都附有相应的插图。出于授课技巧的考虑,我通常在讲课时由一个插图跳到另一个插图。为实现这一点,我还曾制作了一个包含书中全部插图的幻灯片。

考试:与其让两次考试之间的大段时间白白浪费,我更愿意每周进行半小时的测验。除每天的家庭作业外,测验可以使每周至少多学习一次。我认为在测验和考试时可以允许学生携带公式表(包括 TTL 或 CMOS 说明书),在表上可以写任何资料。制作公式表是使学生从大量无用的规则记忆中解脱出来,提高学习效率的好方法。

学习过程:通过理论学习、特定专题所需工具的使用、例题推导、思考题回答和课后习题求解等环节,学生的知识水平不断得到提高。我经常鼓励学生在不看求解过程的前提下重做书中例题,一方面可以使他们获得额外的训练,另一方面使他们体会到解题过程中对细节问题的正确把握。

独特的学习工具

本书在提高学生学习和领悟能力方面的特色如下:

(1) 科学出版社网站(www.sciencep.com)提供的下载内容如下:

- 精选的书中相应习题的 MultiSIM 和 MultiSIM 设计的电路原理图;
- MultiSIM 仿真例题;
- 书中 Xilinx CPLD 例题;
- 书中 Altera CPLD 例题;
- Texas Instruments(德州仪器)的专用功能芯片的数据手册。

(2) 常规数字电路的 MultiSIM 求解方法的完整说明和注释;

(3) CPLD 设计编程软件 MAX+PLUS II 和 Foundation 的详尽指南;

(4) 旨在提高学生基本概念、故障排查方法和电路设计流程理解的 100 余道 MultiSIM 习题;

- (5) 针对知识要点而设的逐步推演的 200 余道例题；
- (6) 1000 余个作为所有讨论基础的注释详细的插图；
- (7) 层次结构清晰；
- (8) 用于提高学生解题技巧的 1000 余道练习和习题。习题覆盖面广，从基础到复杂，题型俱全；
- (9) 故障排查应用与习题贯穿全书，讲解测试和调试流程；
- (10) 制造商数据手册中的参考数据遍布全书，为解决问题提供有价值的经验；
- (11) 应用时序波形图说明时序分析技术，并给出了数字集成电路和 CPLD 的时序操作图解；
- (12) 多种商用集成电路列表，工艺级电路设计资源；
- (13) 多张展示书中所讨论的专用设备和电路的图片；
- (14) 每章开始前的概要介绍了本章要实现的目标；
- (15) 思考题概括全节，答案体现学习目标要求；
- (16) 各章结尾总结回顾相应各章的知识要点；
- (17) 各章结尾的词汇表概括本章出现的专业术语；
- (18) 集成电路模块的增补目录提供通过编号快速查找特定模块的方法。

第 7 版所作的修订

前 6 版的内容源于作者本人 21 年来授课笔记的收集和整理。第 6 版使用三年来，我有机会回顾来自学生和其他院所提出的各类建议，比如说，改进电路图、注释尽量详尽、重新设计应用实例以方便实验实现等。

第 6 版已经被 120 多所学校采用。在编写第 7 版过程中，我结合了各学校提出的意见和我个人的教学经历以及市场调研结果，力求使本书更加实用，更易于学生学习。除了依据课堂经验重新编写了部分例题和应用实例外，还增加了以下内容：

- 多个数字电路应用实例的 MultiSIM 仿真，带注释的求解方法说明了各电路的设计与作用；
- 重新编写了 Altera 公司 MAX+PLUS II 软件指南；
- 重新编写了第 4 章中关于 CPLD 的介绍；
- 布尔逻辑化简的计算机方法；
- 新的关于利用光开关和霍尔效应开关实现事件计数的一节；
- 新的关于多路 I/O 与 CPLD 连接的一节；
- 扩展了步进电机与控制器芯片一节；
- 新的关于应用 VHDL 实现状态机的一节；
- ADC 与 DAC 仿真；
- 新的关于 8051 微控制器的一章。

写给学生的话：如何更好地利用本书

数字电子技术是计算机和广泛应用于汽车、工业控制系统、家庭娱乐系统中的微处理器的基础。现在是学习数字电子技术的最佳时机，过去 25 年的技术进步为我们提供了大量集成电路模块。有了这些电路模块的支持，我们就可以尽量避开抽象的理论和繁琐的电子线路来实现复杂的设计任务。在完成本书的学习之前，你就可以做出令人振奋的设计，这些设计是你以前可望而不可及的。

数字电子技术的学习也将为你未来学习微处理器和微型计算机接口技术提供必要的知识背景。它也将为你成为一名计算机维护人员、产品测试人员或数字电路设计人员以及从事计算机与微处理器系统相关的其他岗位提供工作技能。

本书是一本工具书，而非参考书。针对各个专题，首先给出相关概念和理论，然后对概念和理论进行解释。接着给出多个计算例题，而且，在部分章节中，还给出了系统设计应用实例。各章结尾的思考题要求你深入研究本书内容，以达到各章开始所提出的学习目标。各章习题需要深入分析推导，但求解过程已经在各例题中给出。完成课后作业和测试的最好方法就是盖上书中例题的求解过程，自己试着推导结果，即便做错，也有正确的答案和相应的答案讲解可以参照。

同时，我建议读者多多利用 MultiSIM 和 CPLD 软件，实践越多，课程学习越轻松。祝愿读者学习和未来工作好运。

致 谢

谨向对本书原稿进行评审并提出宝贵建议的教授们致以诚挚的谢意,尤其感谢参与第7版评审的William Routt, Wake Technical Community College; Brent Stoudt, Spencerian College; Murray Teitell, DeVry University; and Bob Yerkes, DeVry University.

同时,感谢本书前几版的评审们: Dale A. Amick, High Tech Institute; Scott Boldwyn, Missouri Technical School; Henry Baskerville, Heald Institute; Darrell Boucher, Jr., High Plains Institute of Technology; Steven R. Coe, DeVry Institute of Technology; Terry Collett, Lake Michigan College; Mike Durren, Lake Michigan College; Doug Fuller, Humber College; Julio R. Garcia, San Jose State University; Norman Grossman, DeVry Institute of Technology; Anthony Hearn, Community College of Philadelphia; Donald P. Hill, RETS Electronic Institute; Nazar Karzay, Indiana Vocational Technical College; Charles L. Laye, United Electronics Institute; David Longobardi, Antelope Valley College; William Mack, Harrisburg Area Community College Robert E. Martin, Northern Virginia Community College; Lew D. Mathias, Indiana Vocational Technical College; Serge Mnatzakanian, Computer Learning Center; Chrys A. Panayiotou, Brevard Community College; Richard Parett, ITT Technical Institute; Bob Redler, Southeast Community College; Dr. Lee Rosenthal, Fairleigh Dickinson University; Ron Scott, Northeastern University; Edward Small, Southeast College of Technology; Ron L. Syth, ITT Technical Institute; Edward Troyan, LeHigh Carbon Community College; Vance Venable, Heald Institute of Technology; Donnie L. Williams, Murray State College; Ken Wilson, San Diego City College.

特别感谢 Patty Alessi 和我一道探索全新、高效的教学方法,这对我的写作风格产生了深远的影响。

还要感谢 Scott Wager, Mitch Wiedemann, and Bill Sundell of Tompkins Cortland Community College; Luis Alves of Electronics Workbench 公司; Russell Hunt of Simco Company; Kevin White 和 Scott Heffron of Bob Dean Corporation; Dick Quaif of DQ Systems; Alan Szary; Paul Constantini of Precision Filters, Inc.; Jim Delsignore of AT&T Corporation 提供的技术支持以及 Signetics(Philips) Corporation, Intel Corporation, Texas Instruments, Inc., Hewlett—Packard Company, Altera Corporation, Xilinx Corporation 为本书提供数据手册。感谢 Leeann Kleitz 为我打印原始手稿。感谢 25 年来我的学生们,是他们帮助我不断改进教学方法,并为本书中的若干问题的阐述提供合理建议。同时,感谢 Prentice Hall 出版社负责策划、编辑和排版事宜的 Dennis Williams, Kate Linsner, Steve Robb。

目 录

1

数制与码制

1.1 数字量与模拟量	1
1.2 模拟量的数字表示	1
1.3 十进制(基数 10)	3
1.4 二进制(基数 2)	3
1.5 十-二进制转换	5
1.6 八进制(基数 8)	6
1.7 八进制转换	6
1.8 十六进制(基数 16)	7
1.9 十六进制转换	7
1.10 BCD 码	9
1.11 数制比较	9
1.12 ASCII 码	10
1.13 数制的应用	11

2

数字信号与开关

2.1 数字信号	16
2.2 时钟波定时	16
2.3 串行表示	18
2.4 并行表示	18
2.5 电路开关	20
2.6 继电器开关	20
2.7 二极管开关	22
2.8 晶体管开关	24
2.9 TTL 集成电路	26
2.10 开关电路的 MultiSIM 仿真	27
2.11 CMOS 集成电路	28
2.12 表面安装器件	29

3

基本逻辑门

3.1 与 门	34
3.2 或 门	35
3.3 时序分析	36
3.4 允许和禁止功能	38
3.5 集成逻辑门的应用	39
3.6 故障排查技术简介	40
3.7 反相器	42
3.8 与非门	42
3.9 或非门	44
3.10 利用逻辑门产生波形	45
3.11 集成逻辑门的应用	49
3.12 基本逻辑门总结与 IEEE/IEC 标准逻辑符号	50

可编程逻辑器件:Altera 公司和 Xilinx 公司生产的 CPLD 与 FPGA

4.1	PLD 的设计流程	60
4.2	PLD 的结构	62
4.3	应用 PLD 实现基本逻辑电路设计 ¹⁾	64

布尔代数与化简

5.1	组合逻辑	72
5.2	布尔代数定律和运算规则	74
5.3	应用布尔代数进行组合逻辑电路化简	77
5.4	德·摩根定理	79
5.5	与非门和或非门的通用性	85
5.6	利用与-或-非门实现乘积和表达式	88
5.7	卡诺图	90
5.8	系统设计应用	94
5.9	CPLD 设计应用	95

异或门与同或门

6.1	异或门	108
6.2	同或门	108
6.3	奇偶发生器/校验器	110
6.4	系统设计应用	112
6.5	CPLD 设计应用	114

算术运算与电路

7.1	二进制运算	119
7.2	二进制补码	123
7.3	二进制补码运算	125
7.4	十六进制运算	125
7.5	BCD 码运算	127
7.6	算术运算电路	128
7.7	4 位全加器集成电路	130
7.8	系统设计应用	132
7.9	算术/逻辑单元	135
7.10	CPLD 设计应用	136

代码转换器、多路转换器和多路分配器

8.1	比较器	143
8.2	译 码	145
8.3	编 码	150
8.4	代码转换器	153
8.5	多路转换器	158
8.6	多路分配器	162
8.7	系统设计应用	164
8.8	CPLD 设计应用	168

9 逻辑电路类型与工作特性

9.1	TTL 电路	177
9.2	TTL 电路电压与电流额定值	179
9.3	TTL 电路的其他参数	185
9.4	改进型 TTL 电路	188
9.5	CMOS 电路	189
9.6	发射极耦合逻辑电路	192
9.7	逻辑电路比较	193
9.8	逻辑电路连接	194

10 触发器和寄存器

10.1	RS 触发器	202
10.2	门控 RS 触发器	204
10.3	门控 D 触发器	206
10.4	集成 D 锁存器(7475)	206
10.5	集成 D 触发器(7474)	207
10.6	主从型 JK 触发器	211
10.7	边沿型 JK 触发器	212
10.8	集成 JK 触发器(7476, 74LS76)	213
10.9	8 位 D 触发器在微控制器中的应用	219

11 数字电路设计的考虑因素

11.1	触发器时间参数	226
11.2	自动复位	236
11.3	集成施密特触发器	237
11.4	开关去抖动	240
11.5	上拉电阻阻值的确定	242
11.6	实际输入、输出信号考虑	243

12 计数器和 VHDL 状态机

12.1	时序电路分析	253
12.2	纹波计数器	255
12.3	N 分频计数器设计	259
12.4	集成纹波计数器	265
12.5	系统设计应用	269
12.6	七段 LED 显示译码器	273
12.7	同步计数器	277
12.8	集成同步加/减计数器	279
12.9	同步计数器应用	284
12.10	CPLD 设计应用	286
12.11	VHDL 中状态机的实现	287

13 移位寄存器

13.1	移位寄存器基础	301
13.2	并行-串行转换	301
13.3	循环寄存器	303
13.4	串行-并行转换	304

13.5	环形移位计数器和 Johnson 移位计数器	305
13.6	集成移位寄存器	307
13.7	移位寄存器系统设计应用	313
13.8	用移位寄存器驱动步进电机	316
13.9	三态缓冲器、锁存器和收发器	318
13.10	CPLD 设计应用	320

14

多谐振荡器和 555 定时器

14.1	多谐振荡器	328
14.2	电容充放电速率	328
14.3	非稳态多谐振荡器	330
14.4	单稳态多谐振荡器	331
14.5	集成单稳态多谐振荡器	333
14.6	可重复触发单稳态多谐振荡器	336
14.7	555 定时器的非稳态运行	338
14.8	555 定时器的单稳态运行	341
14.9	晶体振荡器	342

15

数-模转换与模-数转换

15.1	数字量和模拟量表示	347
15.2	运算放大器基础	348
15.3	二进制权 D/A 转换器	348
15.4	R/2R 梯形 D/A 转换器	349
15.5	集成 D/A 转换器电路	351
15.6	集成数据转换器电路说明	353
15.7	并行编码 A/D 转换器	354
15.8	计数器斜坡 A/D 转换器	355
15.9	逐次近似 A/D 转换	355
15.10	集成 A/D 转换器电路	357
15.11	数据获取系统应用	361
15.12	传感器和信号调节	362

16

半导体存储器、磁存储器、光电存储器

16.1	存储器的概念	368
16.2	静态 RAM	370
16.3	动态 RAM	375
16.4	只读存储器	379
16.5	存储器的扩展和地址译码的应用	383
16.6	磁存储器和光存储器	386

17

微处理器基础

17.1	系统组成和总线介绍	392
17.2	微处理器系统的软件控制	394
17.3	微处理器的内部结构	395
17.4	微处理器的指令执行	396
17.5	基本 I/O 编程的硬件要求	398
17.6	编写汇编语言和机器语言程序	399
17.7	微处理器和制造商概况	400

8051 微控制器

18.1	8051 系列微控制器	405
18.2	8051 结构	406
18.3	外部存储器接口	409
18.4	8051 指令集	410
18.5	8051 应用	414
18.6	数据获取和控制系统应用	417
18.7	结 论	425

附 录

19.1	网 址	427
19.2	制造商数据手册	428
19.3	关于 IEEE/IEC 标准中逻辑符号(相关性记号)的解释	475
19.4	CPLD 软件指南	479
19.5	基本电学原理复习	501
19.6	原理图	506
19.7	8051 指令系统概要	511

部分习题答案	514
--------------	-----

学习目标

- 如何确定各数制(十进制、二进制、八进制和十六进制)中不同数位的权;
- 不同数制之间的转换;
- BCD 码的格式和使用;
- 利用 ASCII 码转换表来确定任意字符的 ASCII 码。

引言

数字电路是数字计算机和许多控制系统的基础。现代家居中的家用电器、报警系统和供热系统多是由数字电路进行控制的。在新型汽车中,引入数字电路和微处理器控制可以使汽车具有更高的安全性能、更低的能耗,更易于检修和维护。

数字电路在自控机床、电能监控、仓储管理、医疗仪器和乐器领域也有广泛应用。比如,数控(NC)粉碎机可以由工程师事先编程设定物料的粉碎尺寸,精度可达到0.01%;在电能监控方面,随着电能成本的增加,对于大型工业用户和商业用户而言,电能的监测变得十分重要,高效的加热控制设备、通风设备、空调的经济运行可以极大的降低电能消耗、节约成本;在超市中,越来越多地利用通用产品码(UPC)来核对和汇总商品的销售量,同时也可以自动地进行仓储管理;在医疗仪器方面,大多应用数字电路来设计数字体温计、生命保障系统以及监视器等;在音乐拷贝方面,数字电子技术应用也十分广泛,数字拷贝受静电噪声的影响更小,可以实现音乐的高保真拷贝。

数字电子电路由晶体管电路发展而来,这种电路结构简单,其输出信号随输入信号变化呈现两种电平,高电平和低电平(+5V 和 0V),可以用“1”和“0”表示。

二进制数仅由“0”和“1”构成,在数字电子技术中应用广泛。其他数制和编码由于可以转化成相应的二进制字符串也被广泛采用。

1.1 数字量与模拟量

数字系统用来处理表示数字、字母或字符等的离散数字量,这些数字量与开关状态严格对应,用“0”和“1”来表示。模拟系统用来测量和响应连续变化的电信号或物理信号,由模拟设备构成的系统可以连续测量和控制温度、压力、速度和位置等物理量,并且可以根据上述物理量的大小进行自动控制。图 1.1 所示为数字量与模拟量的实例。

思考题¹⁾

- 1.1 列举 3 个模拟量。
- 1.2 为什么计算机系统处理的量是数字量而不是模拟量?

1.2 模拟量的数字表示

在自然界中,绝大多数物理量都是模拟量,模拟信号是连续变化的,以水银温度计为例,当温度上升时,水银以模拟方式膨胀,体现为刻度上的连续平滑变化。棒球运动员挥动球棒也是一种模拟运动,音乐家敲击钢琴键的力度和速度也是模拟量,甚至钢琴弦上发出的颤音也是一个模拟量——正弦振荡。

既然如此,我们为什么还要用数字量来表示自然界的模拟量呢?这是因为如果我们想要使用电子设备来表示、传递、处理和存储模拟信息就需要先将信息转化为更便于处理的数字量。数字量的值可以由一系列开关电平的组合来表示,而开关电平可以写成“0”、“1”。

1) 思考题答案详见各章结尾。

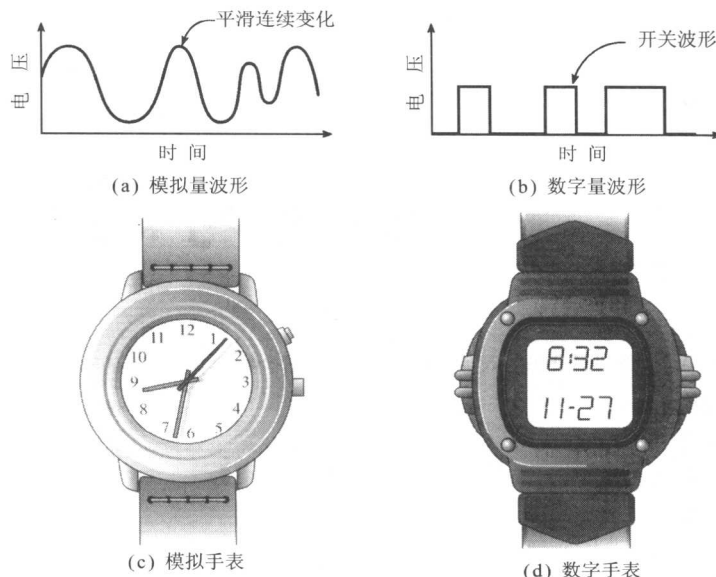


图 1.1 模拟量与数字量

例如,模拟温度计记录的 72°F 在数字电路中可以用一系列开关电平来表示(后面我们将学到数字 72 可以转化为数字电平 0100 1000),这样做的一个显著优点就是产生、处理和存储开关(ON/OFF)电平的电路十分简单。这里我们无需处理极大幅值和跨距的模拟电压,取而代之的是开关电平(一般情况下 $+5\text{V}=\text{ON}$ 和 $0\text{V}=\text{OFF}$)。

模拟量的数字表示的一个很好的应用实例就是音频的录制,CD 和 DVD 的应用十分普及,已经被证明是录制和回放音乐的极佳方式。乐器和人类所发出的声音都是模拟信号,并且人耳接收的也是模拟信号,那么数字信号将被安排在哪里?虽然看上去有些多余,但录制工厂还是将模拟信号转化成数字格式存储在 CD 或 DVD 中,用户可以利用 CD 或 DVD 播放机将数字电平转化为相应的模拟信号进行播放。

为了使用数字量(“1”和“0”组成的字符串)精确地记录一段复杂的音乐信号,必须对模拟音乐信号进行多次采样。如图 1.2(a)所示,第 1 次采样发生在模拟信号的上升部分的某一点,该点处模拟电压值为 2V , 2V 电压转化为数字量为 0000 0010,如图 1.2(b)所示。第 2 次采样仍然发生在图 1.2(a)所示的上升部分,第 3 次采样为模拟信号的峰值电平,这种采样过程贯穿于音乐录制的全过程。音乐回放为上述过程的逆过程,数-模转换重现原始模拟信号(图 1.3),如果在原始模拟信号中采样点足够多,那么原始音乐的重现精度就很高。

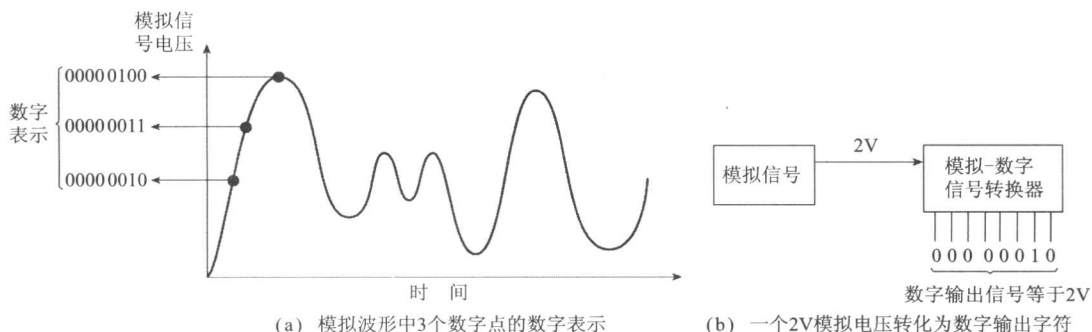


图 1.2

这种转换当然是额外工作,但是采用数字记录方式可以消除静电噪声和与早期音频记录方法有关的磁带嘶嘶声等问题。这种改进在于当数字信号中存在微小变化时,数字信号的开关状态并未发生改变,而对应模拟信号中微小的变化则很容易被人耳所察觉,详见图 1.4。

 **提示:**CD 音频设备是一种十分常用的模-数转换和数-模转换实例,在第 15 章中我们将介绍更多的例子。

 **计算机应用:**一首 4 分钟的歌曲需要用 300 兆 ON/OFF 数字电平(bit)来准确表示。为提高互联网的传输效率,可采用各种数据压缩方案,如 MP3 标准,来减少 bit 数。

 **计算机应用:**CD 播放器利用激光束来识别旋转 CD 光盘上的凹槽,这些凹槽是由 CD 刻录机刻录在

CD 光盘上的,用来表示原始音乐信号的“1”和“0”数字信息。一张 CD 光盘包括 650 兆字节(byte)“1”、“0”数字量(1 字节=8 位)。另一种光介质存储器是 DVD,DVD 的存储密度较 CD 大得多,可以容纳 17G(1G=10⁹) 字节数据。

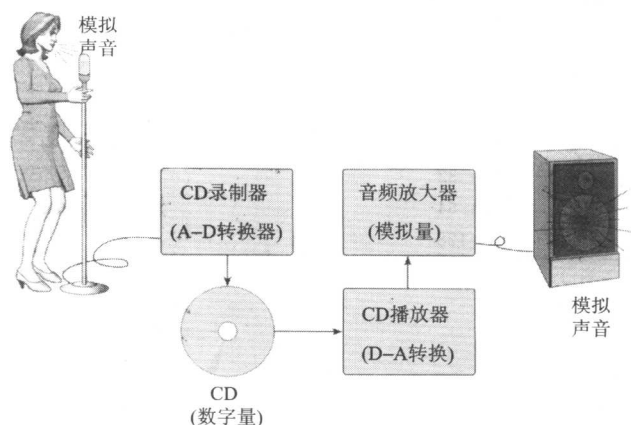


图 1.3 模拟声音到数字量的转化过程及其逆过程

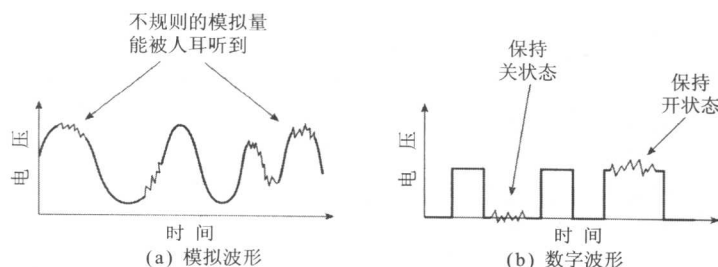


图 1.4 引入静电噪声

1.3 十进制(基数 10)

对于十进制数而言,每一位可能是 10 个不同的数,这些数分别是 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9。多位数中每一位的加权因子是以 10 为底的幂指数。

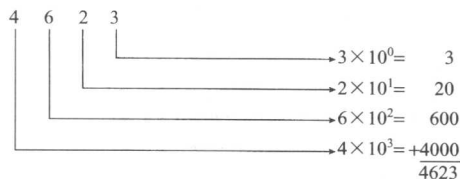
例题 1.1

在一个 4 位的十进制数中,最低有效位(最右)的加权因子是 10⁰;最高有效位(最左)的加权因子是 10³:



这里 $10^3 = 1000$
 $10^2 = 100$
 $10^1 = 10$
 $10^0 = 1$

将十进制数 4623 表示成每一位的数乘以对应的加权因子的形式:



表示结果是:

4623

例题 1.1 给出了从某一数制转换为与其等值的十进制数(基数 10)的过程(本例中我们将基数为 10 的数转换为基数 10 的结果)。下面让我们讨论二进制(基数 2)、八进制(基数 8)和十六进制(基数 16)。

1.4 二进制(基数 2)

在数字电子技术中,由于仅使用数字“0”和“1”来表示了两种不同的电平(比如,“1”表示 5V,“0”表示 0V),