

数字电路与数字系统设计工具书

数字电路设计 实用手册

荀殿栋 徐志军 等编著

- **SSI、MSI、LSI**和**PLD**组件的性能和应用
- **CPLD**和**FPGA**器件、设计方法与设计实例
- 八大类实用数字电路设计的几百个实例



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

数字电路设计实用手册

荀殿栋 徐志军 等编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 提 要

本书以数字系统的设计方法为主线,以数字集成电路组件特性及其应用、可编程逻辑器件及其应用,以及实用数字电路设计为主要内容,全面地阐述了在数字系统设计领域中常用的 SSI、MSI、LSI 和 PLD 组件的性能,介绍了目前常用的大规模可编程逻辑器件 CPLD 和 FPGA 的基本原理及其设计方法。并提供了各种常用组件的选择资料 and 主要应用,系统地讨论了数字电路的设计方法,给出了数百种基本应用电路实例,详细地阐述了这些应用电路的基本原理。读者既可以直接应用,也可以这些电路为参考设计出自己需要的电路和系统。

本书理论与实际相结合,内容全面、系统和新颖,特别注重实用性。本书可供高等学校工科电子工程类、信息工程类、电子技术类、电气工程类及机电工程类专业作为教学参考书,有关工程技术人员作为学习数字系统设计的参考书,同时也可作为大学生电子设计竞赛的培训教材及参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数字电路设计实用手册 / 荀殿栋等编著. —北京: 电子工业出版社, 2003.7

ISBN 7-5053-8678-6

I. 数... II. 荀... III. 数字电路—电路设计—技术手册 IV. TN79-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 031233 号

责任编辑: 陆伯雄

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

出版发行: 电子工业出版社出版 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 51.5 字数: 1100 千字

版 次: 2003 年 7 月第 1 版 2003 年 7 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 82.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话: (010)68279077

前 言

进入21世纪以后,“数字”和“数码”等名词已经广泛地渗透到经济、社会和日常生活的方方面面。随着电子信息技术的飞速发展,各种类型的数字集成电路不断推出并广泛应用于各种技术领域,数字电路与数字系统的设计方法也发生了很大的变化。广大科技工作者迫切要求掌握数字系统设计这门设计艺术,并渴望得到一本关于数字电路与现代数字系统设计的工具书,编著本设计手册正是为了适应这种形势的需要。

数字系统设计经历了从单元电路到系统电路、从简单电路到复杂电路、从小规模集成电路到超大规模集成电路的发展过程。为了充分地利用已经开发出来的科技成果,人们把那些典型且通用的复杂功能电路,甚至小系统都集成在专用芯片中,为设计更新、更复杂的数字系统提供了物质基础,从而使广大电子设计工程师可以集中精力于新科技、新产品的开发。

随着时代的发展与进步,人们所面临的待开发的数字系统将越来越庞大、越来越复杂,要求越来越高。而设计这样的系统,不可能是用手工作坊式的设计方式,必须利用先进的设计工具和大规模可编程逻辑器件,采用电子设计自动化(EDA)的设计方式。电子设计自动化是现代数字系统设计的基本手段,是走向市场、走向社会、走向国际的基本技能,不会使用电子设计自动化工具就无法适应信息社会对设计人员的要求。但是,对于初学者来说,学习使用经典的的基本的设计方法与手段,了解一些常用数字集成电路的基本功能,设计较小规模的数字系统,仍然是一条重要的必经之路。

全面、系统、新颖、实用是本书的4大特点。在内容安排上分为3篇。第一篇为数字集成电路组件特性及其应用(1~4章);第二篇为可编程逻辑器件及其应用(5~7章);第三篇为实用数字电路设计(8~15章)。本书全面阐述了常用数字SSI、MSI和LSI组件的性能,提供了选择组件的资料和主要应用。系统地讨论了数字电路的设计方法,既包括了系统模型,也包括了适于复杂系统设计的算法模型设计方法,并且详细介绍了大规模可编程逻辑器件CPLD、FPGA(现场可编程门阵列)等20世纪90年代以后流行的新组件及其设计方法。本书给出了数百种应用电路实例,对其中的绝大多数电路不仅提供了典型的电路结构,而且较详细地阐述了工作原理。设计师既可直接应用,也可以这些电路为参考,设计出自己需要的电路和系统。

第1章和第2章从设计、使用的角度简要地阐述了SSI和MSI组件的特性,给出了器件选择表。第1章通过实例介绍了用SSI组件设计简单数字电路的基本方法;第2章扼要地探讨了各种MSI组件的主要应用实例,叙述了一般设计准则和用MSI组件采用试探法设计系统的方法。

第3章扼要地介绍了ROM和RAM的基本知识,以及应用它们实现随机逻辑的设计方法。通过典型实例,阐述用这些LSI组件以试探法进行系统设计的基本方法。

第4章详细阐述了通用型、专用型单循环定时器和定时器/计数器型定时器组件的基本工作原理和特性,给出了器件选择表,介绍了将近20种定时器的实用电路。

第5章主要介绍了可编程逻辑器件的基础知识,包括可编程逻辑器件的分类与基本结

构、可编程逻辑器件的基本资源和编程原理及可编程逻辑器件的设计方法与开发环境等。

第6章介绍了大规模可编程逻辑器件CPLD/FPGA的特性与设计方法,给出了目前比较有影响的3家半导体器件公司所提供的一些典型的大规模可编程逻辑器件,如:Lattice公司的ispLSI1000系列和5000系列、Altera公司的FLEX10K系列和MAX7000系列及Xilinx公司的XC9500系列和Spartan等系列芯片的性能特点与设计方法。

第7章主要从设计和应用的角度介绍了可编程逻辑器件设计实例,讨论了可编程逻辑器件在数字系统、通信系统、数字信号处理,以及微机系统中的应用实例。

第8章讨论了利用3种扫描技术实现比较复杂的键盘编码器,以及接口电路的实例,包括10~64个键的小型键盘编码及与微处理器的接口。同时简要地介绍了键盘编码器组件的特性。

第9章首先简要地介绍了算法模型设计复杂数字系统的原理,为设计控制器打下基础,然后通过实例系统地阐述了控制器设计。

第10章比较详细地阐述了显示器的驱动和控制电路的工作原理、基本设计思想和多种实用电路。本章最后几节介绍了泰勒达因半导体公司提供的复杂显示驱动组件的多种实用电路。

第11章介绍了单脉冲发生器、脉冲序列发生器、用于定时控制的时序发生器、多种波形发生器和函数发生器等。

第12章介绍了时序检测电路、脉冲信号检测电路、脉冲边沿检出电路、脉冲相位检测电路和工作状态检测电路等。

第13章介绍了由数字集成电路构成的自激多谐振荡器、多相时钟电路和计时电路等。

第14章通过单片A/D、D/A变换器工作原理的阐述,介绍了各种典型A/D、D/A芯片的电路连接、使用方法,与微机的接口等。同时也以大量的篇幅讨论了A/D、D/A变换器在接口电路、放大器和滤波器等方面的实用电路。对每一个电路,尽可能给出了数学推导和工作过程的说明。

第15章介绍了各种实用码变换电路,包括各种代码、码型的相互交换。对其中的大多数电路,尽可能给出了逻辑变换的数学推导或详细的工作过程分析。

本书由荀殿栋教授、徐志军副教授主编。第1章~第4章和第8章~第10章等7章以及附录A、附录B由荀殿栋编著,第5章~第6章由徐志军编著,第7章由尹廷辉编著,第11章~第13章由关宇编著,第14章~第15章由邓元庆编著。另外,程宗汇、徐光辉、王金明、李建中和程东旭等为编写提供了大量的素材。

需要说明的是,书中某些电路图的有些符号不符合现行标准,这是由于采用了厂家提供的原电路图,而为了与器件手册一致,本书没有改动,请读者谅解。

当读者较深入地理解了本书中的基础理论,且较熟练地掌握了基本设计方法和有关的组件知识时,相信一定会有足够的信心,认为自己已进入了现代数字技术的激动人心的世界。而那些神秘的微小器件,将会为读者实现各种复杂的电路功能。

数字系统设计是一门正在发展的技术,涉及面广,技术更新快,新器件不断涌现。由于编者水平有限,加之时间仓促,因此错漏之处在所难免,敬请读者指正。

编者

2003年4月

目 录

第一篇 数字集成电路组件特性及其应用

第 1 章 SSI 逻辑电路.....	3
1.1 逻辑系列的类型.....	3
1.1.1 TTL 工艺.....	3
1.1.2 CMOS 工艺.....	4
1.1.3 ECL 工艺.....	4
1.2 逻辑系列的特性.....	5
1.2.1 典型门结构.....	5
1.2.2 电压传输特性.....	5
1.2.3 速度或传输延迟.....	6
1.2.4 功耗.....	8
1.2.5 抗扰度.....	9
1.2.6 加载.....	9
1.3 手册的查阅.....	11
1.3.1 绝对最大额定值.....	11
1.3.2 电特性.....	11
1.4 逻辑门.....	11
1.4.1 与门.....	11
1.4.2 与非门.....	14
1.4.3 或门.....	14
1.4.4 或非门.....	14
1.4.5 异或门.....	14
1.4.6 同门.....	14
1.4.7 非门.....	15
1.4.8 与或门.....	15
1.4.9 与或非门.....	15
1.5 SSI 门.....	16
1.5.1 三态门与 OC 门.....	16
1.5.2 SSI 门综述.....	17

1.6	锁存器和触发器.....	18
1.6.1	D 触发器.....	20
1.6.2	JK 触发器.....	20
1.6.3	SSI 触发器综述.....	21
1.7	单稳态触发器.....	22
1.7.1	非重复触发器.....	22
1.7.2	重复触发器.....	23
1.8	专用电路.....	23
1.8.1	施密特触发器.....	23
1.8.2	传输线驱动器.....	24
1.8.3	电平移位器.....	24
1.9	定时关系、扇入和扇出.....	25
1.9.1	定时关系研究.....	26
1.9.2	扇入、扇出限制.....	28
1.10	利用 SSI 组件的设计.....	30
1.10.1	设计过程.....	30
1.10.2	组合电路设计举例.....	32
1.10.3	时序电路设计举例.....	34
1.11	器件选择表.....	38
第 2 章	MSI 逻辑电路.....	45
2.1	引言.....	45
2.1.1	MSI 的历史.....	45
2.1.2	MSI 工艺.....	45
2.1.3	命名和符号.....	46
2.1.4	MSI 特点.....	48
2.2	组合器件.....	48
2.2.1	数据选择器.....	48
2.2.2	译码器.....	55
2.2.3	编码器.....	60
2.2.4	运算器.....	70
2.3	时序电路.....	92
2.3.1	锁存器.....	92
2.3.2	寄存器.....	95
2.3.3	计数器.....	101
2.4	用 MSI 组件的设计.....	107
2.4.1	一般系统设计准则.....	108
2.4.2	简单可编程逻辑控制器的设计.....	108

2.4.3 用 MSI 组件的探试法设计.....	110
2.5 MSI 选择表.....	118
第 3 章 LSI 逻辑电路	121
3.1 引言.....	121
3.2 以 ROM 为基础的逻辑电路设计.....	122
3.2.1 多位二进制加法器的实现.....	123
3.2.2 时标序列发生器.....	125
3.2.3 字符发生器.....	127
3.2.4 8 位乘法器.....	128
3.2.5 ROM 的主要应用及其优点.....	129
3.3 以 RAM 为基础的逻辑电路设计.....	130
3.3.1 RAM 组件介绍.....	130
3.3.2 以 RAM 为基础的设计.....	132
3.4 可编程逻辑器件.....	135
第 4 章 定时器电路.....	137
4.1 引言.....	137
4.2 集成电路定时器的基本工作原理.....	139
4.2.1 指数上升型定时器电路.....	140
4.2.2 线性上升型定时器电路.....	141
4.2.3 单循环定时器的性能极限.....	141
4.2.4 定时器/计数器电路.....	142
4.3 555 定时器组件.....	143
4.3.1 内部结构和分析.....	143
4.3.2 单稳态工作方式.....	144
4.3.3 无稳态工作方式.....	145
4.4 其他单循环定时器.....	146
4.4.1 320 线性上升型定时器.....	147
4.4.2 通用 322/3905 精确单稳态定时器.....	149
4.4.3 556 双定时器.....	152
4.4.4 四定时器(NE558/NE559)	153
4.4.5 355 工业定时器.....	154
4.5 微功耗定时器组件.....	155
4.5.1 7555/7556CMOS 定时器	157
4.5.2 L555/L556 低功耗定时器.....	158
4.6 定时器/计数器组件.....	159
4.6.1 2240 二进制可编程定时器/计数器组件.....	160

4.6.2	另外一些可编程定时器/计数器组件.....	162
4.6.3	2242 固定定时器/计数器组件.....	164
4.7	定时器的应用.....	165
4.7.1	事件定时、延时.....	167
4.7.2	单稳态定时器的设计.....	167
4.7.3	抗噪声强的单稳态定时器.....	168
4.7.4	低功耗单稳态定时器.....	168
4.7.5	长延时定时器.....	169
4.7.6	时序定时器设计.....	170
4.7.7	可编程定时器.....	171
4.8	脉冲产生和整形应用.....	172
4.8.1	脉冲分频与展宽.....	172
4.8.2	脉宽调制.....	174
4.9	振荡器或时钟发生器.....	175
4.9.1	555 型振荡器.....	175
4.9.2	低功耗时钟振荡器.....	176
4.9.3	10 kHz 方波振荡器.....	176
4.9.4	超低频时钟振荡器、二进制数据伪随机模式产生器.....	177
4.10	扫描信号发生器.....	178
4.11	阶梯波信号发生器.....	178

第二篇 可编程逻辑器件及其应用

第 5 章	可编程逻辑器件基础.....	181
5.1	可编程逻辑器件的基本分类.....	181
5.1.1	可编程逻辑器件的集成度分类.....	181
5.1.2	可编程逻辑器件的其他分类.....	183
5.2	可编程逻辑器件的基本结构.....	184
5.2.1	PLD 电路的表示方法及有关符号.....	184
5.2.2	与-或阵列.....	185
5.2.3	宏单元.....	187
5.3	可编程逻辑器件的基本资源.....	188
5.3.1	功能单元.....	188
5.3.2	输入-输出焊盘.....	190
5.3.3	布线资源.....	191
5.3.4	片内 RAM.....	192
5.4	可编程逻辑器件的编程元件.....	194

5.4.1	熔丝型开关.....	195
5.4.2	反熔丝型开关.....	195
5.4.3	浮栅编程元件.....	196
5.4.4	基于 SRAM 的编程元件.....	199
5.5	可编程逻辑器件的测试技术.....	200
5.5.1	边界扫描测试法概述.....	200
5.5.2	JTAG 边界扫描寄存器.....	201
5.5.3	JTAG BST 的操作控制.....	203
5.6	可编程逻辑器件的设计开发.....	206
5.6.1	可编程逻辑器件的设计流程.....	206
5.6.2	可编程逻辑器件的开发环境.....	208
5.7	可编程逻辑器件的硬件描述语言.....	210
5.7.1	ABEL-HDL.....	211
5.7.2	Verilog HDL.....	215
5.7.3	VHDL.....	217
5.7.4	Verilog HDL 和 VHDL 的比较.....	221
第 6 章	大规模可编程逻辑器件 CPLD/FPGA.....	223
6.1	Lattice 公司的可编程逻辑器件.....	223
6.1.1	ispLSI 系列器件简介.....	224
6.1.2	ispLSI 1000 系列器件.....	226
6.1.3	ispLSI 5000 V 系列器件.....	237
6.1.4	Lattice 在系统可编程器件的设计与编程.....	242
6.2	Altera 公司的可编程逻辑器件.....	248
6.2.1	Altera 公司的产品简介.....	248
6.2.2	MAX7000 系列的结构特点.....	252
6.2.3	FLEX 10K 系列的结构特点.....	259
6.2.4	Altera 公司芯片的设计流程.....	269
6.3	Xilinx 公司的可编程逻辑器件.....	278
6.3.1	Xilinx 公司产品简介.....	278
6.3.2	XC9500 系列 CPLD 器件.....	283
6.3.3	Spartan 系列 FPGA 器件.....	295
6.3.4	Xilinx 可编程逻辑器件的设计.....	309
第 7 章	可编程逻辑器件的设计实例.....	317
7.1	可编程逻辑器件在数字系统中的应用.....	317
7.1.1	2 位十进制数字频率计设计.....	317
7.1.2	正负脉宽数控调制信号发生器.....	321

7.1.3	数字跑表.....	325
7.1.4	乐曲演奏电路.....	333
7.1.5	8位移位相加硬件乘法器.....	337
7.1.6	十字路口红绿灯交通信号系统.....	339
7.1.7	乒乓球游戏电路.....	345
7.2	可编程逻辑器件在通信中的应用.....	349
7.2.1	循环冗余编解码器.....	349
7.2.2	4DPSK 信号产生系统.....	353
7.2.3	高速数字相关器.....	358
7.3	可编程逻辑器件在数字信号处理中的应用.....	360
7.3.1	快速加法器.....	361
7.3.2	快速乘法器.....	365
7.3.3	图像解码中 IDCT 变换的实现.....	367
7.4	可编程逻辑器件在微机系统中的应用.....	379
7.4.1	先进先出队列(FIFO).....	379
7.4.2	MCS-51 单片机与 CPLD 接口逻辑.....	381
7.4.3	高速 A/D 采样控制.....	384

第三篇 实用数字电路设计

第 8 章	键盘电路.....	391
8.1	16 个键的键盘与 8080/8085 微处理器的接口.....	391
8.1.1	8212 入/出接口介绍.....	391
8.1.2	接口电路.....	392
8.1.3	软件.....	393
8.2	X-Y 开关阵列.....	394
8.3	BCD 拇指旋转开关与微处理器的接口.....	395
8.4	标准十六个按钮键盘编码器.....	400
8.5	消抖动的键盘编码器.....	400
8.6	十六个键 7 位键盘编码器.....	401
8.7	ASCII 编码器的扫描编码电路.....	402
8.8	通用键盘编码器.....	403
8.9	90 个键四种方式的键盘编码器.....	405
8.10	简单的十六键扫描编码器.....	406
8.11	2×8 键阵列编码器.....	408
8.12	8×8 键阵列编码器.....	409
8.13	键盘编码器组件.....	410

第9章 控制器 415

9.1 算法模型设计方法.....	415
9.1.1 算法模型综述.....	415
9.1.2 语言.....	417
9.1.3 数据子系统和控制器.....	420
9.2 消息显示系统控制器.....	422
9.2.1 引言.....	422
9.2.2 控制器的硬件实现.....	425
9.2.3 ROM 实现.....	428
9.3 堆栈处理器控制器的微程序实现.....	431
9.3.1 引言.....	431
9.3.2 数据处理子系统.....	434
9.3.3 控制子系统的微程序实现.....	436
9.4 先入先出的(FIFO)存储器.....	443
9.4.1 引言.....	443
9.4.2 数据子系统.....	445
9.4.3 控制子系统.....	447

第10章 显示电路 449

10.1 直接驱动液晶显示电路.....	449
10.2 5 位数荧光二极管显示.....	451
10.3 $3\frac{1}{2}$ 位数多路场效应液晶显示电路.....	451
10.4 6 位数荧光三极管显示.....	454
10.5 5 位数发光二极管显示.....	454
10.6 多路发光二极管驱动器.....	457
10.7 8 位多路发光二极管驱动电路.....	457
10.8 8 位数多路发光二极管显示.....	460
10.9 计算器用 6 位数多路发光二极管显示.....	461
10.10 6 位数四功能计算器显示.....	461
10.11 6 位数计算器显示.....	461
10.12 4 位多路发光二极管显示电路.....	464
10.13 64 个字母、数字符号显示的驱动电路.....	465
10.14 12 位数 TTL 多路气体放电显示.....	466
10.15 12 位数多路气体放电显示.....	468
10.16 7 位数多路气体放电显示.....	469
10.17 4 位数白炽灯显示.....	470

10.18	阴极射线示波器四通道转接器.....	470
10.19	TSC7211AM/TSC7212AM 显示驱动器与微处理器的接口	470
10.19.1	与微处理器的接口输入.....	473
10.19.2	微处理器总线接口	473
10.20	TSC7211AM 与液晶显示器的接口	475
10.21	$3\frac{1}{2}$ 位数多路 BCD 输出的模拟数字转换器与发光二极管点阵的接口	476
10.22	利用 TSC9404 实现两位数串入的发光二极管显示	478
10.23	TSC700A 与 TSC14433 ADC 接口, 驱动 $3\frac{1}{2}$ 位发光二极管显示	481
10.24	随机数产生及其显示	483
10.25	时、分显示电路	485
10.26	微处理器与显示电路的接口	486
10.27	显示驱动器及显示电路设计实例	490
10.27.1	VLED 显示	490
10.27.2	真空荧光显示(VF)	494
10.27.3	AC 等离子显示	495
10.27.4	DC 等离子显示	500
10.28	器件选择表	502

第 11 章 信号产生电路 507

11.1	由门电路组成的单脉冲发生器.....	507
11.2	由触发器组成的单脉冲发生器.....	508
11.3	由专用芯片构成的单脉冲发生器.....	508
11.4	选通脉冲串发生器.....	511
11.5	短脉冲序列发生器.....	511
11.6	两种基本类型的序列发生器.....	513
11.7	8/16 位串行码发生器.....	514
11.8	串行数据的偶校验码发生器.....	517
11.9	伪随机序列发生器.....	518
11.10	通用伪随机序列发生器.....	519
11.11	串行 BCD 码发生器.....	521
11.12	巴克码序列发生器.....	522
11.13	ROM 控制的时序发生器.....	523
11.14	可编程脉冲串发生器.....	525
11.15	可数控脉宽的脉冲发生器.....	527
11.16	采用频率合成法的脉冲信号源.....	528
11.17	用 555 定时器构成的多种波形发生器.....	529

11.18	由 8038 构成的多种波形发生器	530
第 12 章 信号检测电路		531
12.1	时序鉴别器	531
12.2	用中规模组件实现的序列检测器	532
12.3	8 路逻辑检测电路	533
12.4	典型的 8 位奇偶校验系统	534
12.5	汉明校验系统	536
12.6	第一信号鉴别电路	537
12.7	数字最大值检出电路	538
12.8	CMOS 逻辑探头电路	539
12.9	TTL 逻辑探头电路	540
12.10	音响式逻辑探头电路	540
12.11	尖脉冲检测器	541
12.12	高频脉冲检测器	542
12.13	漏时钟检测电路	544
12.14	低速率噪声检测器	544
12.15	脉冲边沿检出电路	545
12.16	简单的脉冲宽度鉴别器	545
12.17	频率检测电路	547
12.18	频率检出电路	547
12.19	宽频带频率/相位比较器	549
12.20	相位同步检测器	550
12.21	相序检测器	552
12.22	交流电源掉电检测器	553
12.23	物体运动方向检测电路	553
第 13 章 振荡器与时钟电路		555
13.1	带 RC 延迟的 TTL 环形振荡器	555
13.2	由 TTL 非门组成的简单振荡器	556
13.3	由 TTL 门电路组成的晶体振荡器	557
13.4	由 CMOS 非门构成的简单振荡器	559
13.5	CMOS 门电路组成的晶体振荡器	560
13.6	ECL 或/或非门组成的 RC 振荡器	561
13.7	ECL 门电路组成的高频晶体振荡器	561
13.8	采用施密特触发器的多谐振荡器	563
13.9	D 触发器组成的 RC 振荡器	565
13.10	单稳态触发器级联组成的振荡器	566

13.11	单稳电路组成的频率和占空比独立可调振荡器.....	567
13.12	占空比受启动脉宽控制的振荡器.....	568
13.13	555 定时器组成的基本振荡器.....	569
13.14	555 定时器组成的数控频率式振荡器.....	571
13.15	程控频率和占空比的 555 振荡器.....	573
13.16	由 CD4007 和 CD4046 构成的压控振荡器.....	574
13.17	用 CD4060 构成的多频输出振荡器.....	575
13.18	能与基准频率快速同步的压控振荡器.....	576
13.19	二相无重叠时钟电路.....	577
13.20	由基准时钟产生三相时钟的电路(一).....	579
13.21	由基准时钟产生三相时钟的电路(二).....	580
13.22	多路时序产生电路.....	581
13.23	由移位寄存器构成的时序脉冲发生器.....	583
13.24	占空比可变的多路时钟发生器.....	585
13.25	混合式多路时钟发生器.....	586
13.26	采用 CMOS 通用芯片的标准秒时钟电路.....	587
13.27	采用专用芯片的标准秒时钟电路.....	588
13.28	由 MC14440 构成的液晶显示手表电路.....	590
第 14 章 模/数和数/模变换电路		591
14.1	具有启停控制功能的 A/D 变换电路.....	592
14.2	用 MC14433 构成的 $3\frac{1}{2}$ 位数字电压表.....	594
14.3	使用 MC14433 构成的八通道数据采集系统.....	598
14.4	用 ADD3701 构成的 $3\frac{3}{4}$ 位 DVM/DPM 电路.....	599
14.5	用 $4\frac{1}{2}$ 位 A/D 变换器 ICL7135 构成的数字式电压表.....	604
14.6	$4\frac{1}{2}$ 位 A/D 变换器 ICL7135 与 8031 单片机的接口电路.....	605
14.7	用 ICL7135 构成的二进制浮点数 A/D 变换电路.....	608
14.8	8 位 A/D 变换器 ADC0809 与微机的接口.....	610
14.9	具有自适应功能的 A/D 电路.....	616
14.10	使用 ADC0820 构成的高速 A/D 变换电路.....	618
14.11	高速 A/D 变换器 AD7574 与微机的接口.....	622
14.12	波形存储器中的高速 A/D 电路.....	623
14.13	AD7571 与微机的接口电路.....	626
14.14	12 位高速 A/D 变换器 AD7572 与微机的接口电路.....	631

14.15	12 位 A/D 变换器 ADC1210 与微机的接口电路	632
14.16	7109 型 12 位 A/D 变换器的应用电路	635
14.17	12 位变频式逐次逼近 A/D 变换电路	647
14.18	12 位高速 A/D 变换电路	652
14.19	14 位高速 A/D 变换器 ADC1130 的应用电路	653
14.20	14 位高速双极性 A/D 变换电路	656
14.21	MM5330 构成的 A/D 变换电路	658
14.22	16 位 A/D 变换器 ADC1143 与微机的接口电路	659
14.23	分辨率扩展型 A/D 变换电路	662
14.24	DAC0830 系列 8 位 D/A 变换器的应用电路	668
14.24.1	电压输出 D/A 变换电路	669
14.24.2	程控增益放大器	670
14.24.3	程控电流源	671
14.24.4	与微机的接口电路	672
14.24.5	8 路共享 D/A 变换电路	674
14.25	8 位 D/A 变换器 AD7523 的应用电路	675
14.25.1	电压输出 D/A 变换电路	676
14.25.2	程控增益放大器	677
14.25.3	程控幂函数产生器	678
14.25.4	与微机的接口电路	679
14.26	DAC1020 系列 10 位 D/A 变换器的应用电路	680
14.26.1	单极性电压输出 D/A 变换电路	680
14.26.2	乘法器电路	681
14.26.3	程控增益放大器	682
14.27	10 位双缓冲 D/A 变换器 AD7522 的应用电路	683
14.27.1	双极性 D/A 变换电路	684
14.27.2	AD7522 的并入数据控制电路	686
14.28	DAC1208 系列 12 位 D/A 变换器的应用电路	686
14.28.1	电压输出 D/A 变换电路	687
14.28.2	采用复合放大器的快速 D/A 变换电路	689
14.28.3	高压功率型 D/A 变换电路	689
14.28.4	程控阶梯波发生器	690
14.28.5	与微机的接口电路	691
14.29	12 位串入 D/A 变换器 AD7543 的应用电路	693
14.29.1	电压输出 D/A 变换电路	694
14.29.2	与微机的接口电路	695
14.30	12 位 CMOS D/A 变换器 AD7545 的应用电路	697
14.30.1	电压输出 D/A 变换电路	697
14.30.2	与微机的接口电路	699

14.31	12 位高速 D/A 变换器 AD565A 的应用电路	700
14.31.1	电压输出 D/A 变换电路	701
14.31.2	与微机的接口电路	702
14.32	12 位 D/A 变换器 DAC-12 的应用电路	703
14.32.1	单极性电压输出 D/A 变换电路	704
14.32.2	双极性电压输出 D/A 变换电路	705
14.33	$3\frac{1}{2}$ 位十进制数 BCD 码 D/A 变换器 AD7525 的应用电路	706
14.33.1	程控增益放大器	707
14.33.2	开关型电压分配器	707
14.33.3	精密电阻测量电路	708
14.34	16 位扩展型 D/A 变换电路	708
第 15 章 码变换电路		711
15.1	8421BCD 码/余 3 码变换电路	712
15.2	余 3 码/8421BCD 码变换电路	712
15.3	8421BCD 码/5421BCD 码变换电路	713
15.4	5421BCD 码/8421BCD 码变换电路	713
15.5	8421BCD 码/2421BCD 码变换电路	715
15.6	2421BCD 码/8421BCD 码变换电路	715
15.7	8421BCD 码/4221BCD 码变换电路	716
15.8	4221BCD 码/8421BCD 码变换电路	717
15.9	8421BCD 码/5121BCD 码变换电路	717
15.10	5121BCD 码/8421BCD 码变换电路	719
15.11	8421BCD 码/余 3 循环码变换电路	720
15.12	余 3 循环码/8421BCD 码变换电路	722
15.13	5421BCD 码/余 3 码变换电路	723
15.14	余 3 码/5421BCD 码变换电路	723
15.15	十六进制数/ASCII 码变换电路	724
15.16	ASCII 码/十六进制数变换电路	725
15.17	一片 74184 构成的 BCD 码/6 位二进制数变换电路	726
15.18	一片 7483 加法器构成的 BCD 码/6 位二进制数变换电路	728
15.19	2 位十进制数 BCD 码/7 位二进制数变换电路	729
15.20	3 位十进制数 BCD 码/10 位二进制数变换电路	732
15.21	4 位十进制数 BCD 码/14 位二进制数变换电路	739
15.22	4 位二进制数/BCD 码变换电路	743
15.23	6 位二进制数/BCD 码变换电路	744
15.24	8 位二进制数/BCD 码变换电路	745