

沙占友 等编著

新编

实用数字化

测量技术



国防工业出版社

新编实用数字化测量技术

沙占友 等编著

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

新编实用数字化测量技术/沙占友等编著. —北京:国防工业出版社,1998.1

ISBN 7-118-01829-5

I. 实… II. 沙… III. 数字测量法 IV. TM932

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 21392 号

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 21 $\frac{3}{4}$ 498 千字

1998 年 1 月第 1 版 1998 年 1 月北京第 1 次印刷

印数:1—3000 册 定价:29.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

前 言

数字化测量技术是面向 21 世纪的一项高、新科学技术。其基本内容是将连续变化的被测模拟量转换成离散的数字量,再经过数据采集、计数、编码、数据传输与存储,最后完成数据处理、图像处理、显示及打印工作。它所涉及的内容广泛,既有传感器、检测电路,又有数字化仪表、智能仪器、数据采集系统和测控系统。目前,数字化测量技术已被广泛用于工业、交通、通信、军事、金融、文教、家庭等各个领域,已成为高准确度、高速率、高抗扰、实时测量及自动控制的最佳选择和可靠保证。

目前,国内介绍数字化测量基本原理的书籍较多,但专门介绍其应用技术的书并不多见,而广大读者迫切需要系统地掌握该领域的新技术。为此,我们曾编著《实用数字化测量技术》一书,1991 年由国防工业出版社出版后,受到国内专家与许多读者的好评,并作为我校(河北科技大学)教材,还被兄弟院校选作本科生及研究生教材。鉴于近年来在数字化测量领域又获得了飞速发展,新技术与新产品大量涌现,亟待推广应用。我们又将近年来从事科研、检测和教学工作中所积累的经验及部分科研成果加以系统总结,并参考国内外厂家提供的最新资料后撰成此书。该书与前一书的主要区别为:新增加了第二章集成信号源、第十章数字仪表中的新颖检测电路、第十一章数字仪表及测试系统的电路设计、第十二章智能仪表专用集成电路、第十三章数字多用表和智能仪器。此外,对于其余各章原有内容也作了大量删减与补充。新增内容约占全书的 2/3。

本书融科学性、先进性、系统性、实用性于一体,主要有以下特点:

第一,全面、系统、深入、多方位地阐述了国内外在该领域的新技术与新成果。例如,第一章所介绍的 VXI 总线仪器系统是一项被公认为跨世纪的高、新技术,电磁兼容性则是一门独立的新兴学科,新型数字仪表和集成电路反映了国际 90 年代的最新成果。第八章和第十三章阐述的可编程精密数据采集系统、带 μP 的单片 $5\frac{1}{2}$ 位 A/D 转换器、单片 $4\frac{3}{4}$ 位智能数字多用表、单片双显示数字多用表等,均代表着国际 90 年代中期的先进水平,具有良好的应用前景。此外,第四章、第八章和第十一章分别介绍的大屏幕智能显示系统、CCD 视频信号数据采集以及电视监控报警系统也具有国内先进水平。

第二,结构严谨,条理清楚,内容由浅入深,循序渐近。以第二章为例,先介绍较简单的方波、矩形波发生器,再介绍复杂的精密函数波形发生器,且从中、低频到高频。全书贯穿着由器件到整机,从检测电路到测试系统、由原理到应用的体系,以硬件电路为主,做到软、硬件结合。所选用的集成电路、整机或系统,均有代表性。既便于读者阅读,又能给读者以完整、清晰的概念。

第三,具有很高的实用价值。本书以基本原理和设计思想为基础,而把集成电路应用和新型数字仪表、智能仪器和测试系统的设计作为全书重点。在阐述大规模或超大规模 CMOS 集成电路时,还详细介绍电路设计要点、应用技巧及注意事项。本书内容对于研制高性价比的通用及专用数字仪表、开发智能仪器和测控系统的新产品,具有重要的参考价

值,可帮助读者解决在科研、生产、教学实验中遇到的一些数字化测量领域的新课题。

第四,信息量大,知识面宽。本书反映了数字化测量中的多项新技术、新器件和新产品。在介绍新型集成电路典型产品的同时,对其他同类产品也作了简介,所涉及的集成电路有近千种,便于读者触类旁通,灵活运用。

沙占友撰写了第一章、第四章、第五章、第六章和第七章,还撰写了第十一章至第十三章主要内容以及其他章节部分内容,并完成了全书的审阅和统稿工作。李学芝绘制并审阅了全部插图。沙占为撰写了 § 10.2~§ 10.8。高俊岭撰写了 § 3.1~§ 3.4、§ 8.5、§ 11.6 和 § 11.7。庞志锋撰写了 § 2.4、§ 2.7 和 § 13.4。石桂菊撰写了 § 9.5 和 § 9.6。马洪涛撰写了 § 2.3、§ 2.5 和 § 8.3。睢丙东撰写了 § 2.2、§ 8.4 和 § 10.9。魏泽鼎撰写了 § 10.1、§ 10.12 和 § 11.2。唱春来撰写了 § 2.1、§ 9.4 和 § 13.3。王彦朋撰写了 § 7.6、§ 10.11。王晓君撰写了 § 9.1~§ 9.3。周慧艳撰写了 § 3.6 和 § 3.7。参加本书编著工作的还有邱凯、王晋元、张宏斌、宋怀文、陈志鹏、张文清、林延琪同志。

由于作者水平有限,书中的缺点和不妥之处在所难免,敬请广大读者指正。

作 者

目 录

第一章 数字化测量概述	1
§ 1.1 集成电路发展的新趋势	1
一、集成电路发展概况	1
二、集成电路发展的新趋势	1
§ 1.2 数字集成电路的分类	4
一、我国集成电路型号命名方法	4
二、数字集成电路的分类	5
§ 1.3 数字 IC 的接口电路	7
一、TTL 与 CMOS 接口	7
二、CMOS 与晶体管接口	7
三、利用驱动器阵列作接口	8
四、利用施密特触发器作接口	8
五、利用固态继电器作接口	10
六、串行通信接口	11
七、网络通信接口	11
§ 1.4 新型数字仪表的发展趋向	12
一、广泛采用新技术,不断开发新产品	12
二、广泛采用新工艺	13
三、多重显示仪表	13
四、安全性	14
五、操作简单化	14
§ 1.5 VXI 总线仪器系统	14
一、VXI——跨世纪的仪器总线	15
二、VXI 总线系统的发展史	15
三、VXI 总线仪器系统集成	16
§ 1.6 标准源与电子测量仪器的标准条件	17
一、标准源与量值传递	17
二、电子测量仪表的标准测试条件	18
§ 1.7 电磁兼容性的设计与测量	19
一、电磁兼容性的研究领域	19
二、电磁兼容性的设计与测量	21
第二章 集成信号源	24
§ 2.1 方波发生器	24
一、两级反相式阻容振荡器	24
二、三级反相频率可调式阻容振荡器	25

三、方波信号发生器的特殊应用	26
§ 2.2 占空比可调的矩形波发生器	27
一、由门电路构成的矩形波发生器	27
二、由定时器构成的矩形波发生器	28
§ 2.3 精密函数波形发生器	29
一、ICL8038 简介	29
二、由 ICL8038 构成的精密函数波形发生器	30
§ 2.4 高频精密函数波形发生器	31
一、MAX038 的性能特点	31
二、MAX038 的工作原理	32
三、由 MAX038 构成的高频精密函数波形发生器	34
§ 2.5 石英晶体振荡器及秒基准信号发生器	36
一、石英晶体振荡器	36
二、几种秒基准信号发生器	38
§ 2.6 单片 V/f 、 f/V 转换器	40
一、TC9401 的性能特点	40
二、TC9401 的管脚功能	40
三、 V/f 转换器的原理与应用	41
四、 f/V 转换器的原理与应用	43
§ 2.7 实时日历时钟集成电路的应用	44
一、MC146818 的性能特点	44
二、MC146818 的工作原理	45
三、实时日历时钟电路	47
第三章 一位及多位计数/锁存/译码/驱动器	48
§ 3.1 典型产品分类	48
一、CMOS 计数器的分类	48
二、CMOS 译码驱动器的分类	48
§ 3.2 双 BCD 同步加法计数器	49
一、CD4518 的工作原理	49
二、CD4518 的应用	50
§ 3.3 可编程计数器	51
一、MC14522 的工作原理	51
二、可编程分频器电路设计	52
§ 3.4 锁存/译码/驱动器与无效零自动消隐技术	54
一、BCD 码锁存/译码/驱动器	55
二、无效零消隐电路的设计	57
§ 3.5 带 10MHz 串行 μP 接口的 8 位 LED 显示译码/驱动器	58
一、MAX7219 的性能特点	58
二、MAX7219 的工作原理	59
三、典型应用及多片级联方法	61
§ 3.6 4 位可编程可逆计数/锁存/译码/驱动器	62
一、ICM7217A 的性能特点	63

二、ICM7217A 的工作原理	63
三、应用技巧	65
§ 3.7 单片 10MHz 频率计数器	67
一、产品分类及性能特点	67
二、ICM7216D 的工作原理	68
三、由 ICM7216D 构成的 10MHz 数字频率计	70
四、由 ICM7226B 构成的通用频率计数器	72
第四章 数字显示与大屏幕智能显示技术	74
§ 4.1 显示器简介	74
§ 4.2 LED 数字及点阵显示器	75
一、LED 数码管及字符管	75
二、LED 点阵显示器	77
§ 4.3 LCD 数字及点阵显示器	80
一、液晶显示器的性能特点与工作原理	80
二、液晶点阵显示器	81
§ 4.4 CMOS-LED 组合器件	82
一、CL 组件	83
二、多位 CL 组件	84
§ 4.5 数字仪器的动态扫描显示技术	85
一、能消隐无效零的动态扫描显示电路	85
二、CL 组合器件的动态扫描显示电路	86
三、多位 LED 显示组件的动态扫描显示电路	87
§ 4.6 大屏幕智能显示技术	88
一、大屏幕智能显示屏	88
二、扫描方式与显示方式的设计	89
三、灰度屏与彩色屏	90
四、汉字点阵芯片	90
§ 4.7 大屏幕 LED 智能显示系统的设计	91
一、主机电路设计	91
二、主机程序及计算机控制程序的设计	95
§ 4.8 像元管及磁翻板智能显示屏	96
一、像元管智能显示屏	96
二、磁翻板智能显示屏	97
第五章 集成锁相环	101
§ 5.1 锁相环简介	101
§ 5.2 集成锁相环的工作原理	102
一、CD4046 的管脚功能	102
二、CD4046 的工作原理	103
§ 5.3 集成锁相环的典型应用	107
一、电压/频率(V/f)转换器	107
二、频率/电压(f/V)转换器	107
三、电机自动稳速电路	109

§ 5.4 频率合成器	109
§ 5.5 利用锁相时钟提高数字多用表抑制电网串模干扰的能力	111
第六章 通用集成电源	114
§ 6.1 集成稳压器的分类	114
§ 6.2 三端固定式集成稳压器的原理与应用	116
一、三端固定式集成稳压器的产品分类	116
二、三端固定式集成稳压器的基本原理	116
三、三端固定式集成稳压器的应用技巧	118
§ 6.3 三端可调式集成稳压器的原理与应用	122
一、三端可调式集成稳压器的产品分类	122
二、三端可调式集成稳压器的基本原理	122
三、三端可调式集成稳压器的应用技巧	124
§ 6.4 低压差集成稳压器的应用	126
一、低压差集成稳压器的性能特点	126
二、低压差集成稳压器的应用	127
§ 6.5 由脉宽调制器构成的开关电源	129
一、脉宽调制器的产品分类	129
二、脉宽调制器的基本工作原理	130
三、由 UC3842 构成的开关电源	131
四、由 SG3524 构成的开关电源	133
五、复合式开关电源	135
§ 6.6 由脉冲频率调制器构成的开关电源	136
一、UC1864 的性能特点	136
二、UC1864 的工作原理	137
三、由 UC1864 构成的开关电源	139
§ 6.7 大功率单片开关电源	140
一、单片开关式集成稳压器的产品分类	140
二、由 L4960/4962 构成的单片开关电源	141
三、由 L4970A 构成的大电流单片开关电源	145
§ 6.8 散热器的设计	149
一、散热器的设计原理	149
二、散热器的设计方法	150
三、注意事项	152
§ 6.9 电源噪声滤波器	152
一、电源噪声滤波器的原理及应用	152
二、特种电源噪声滤波器的应用	154
第七章 特种集成电源	156
§ 7.1 基准电压源的原理与应用	156
一、基准电压源的特点与产品分类	156
二、带隙基准电压源的基本原理	157
三、基准电压源的应用技巧	158
§ 7.2 集成恒流源的原理与应用	160

一、恒流源的特点与产品分类	160
二、恒流二极管的原理与应用	161
三、恒流三极管的原理与应用	162
四、可调式精密集成恒流源的原理与应用	163
§ 7.3 单片 AC/DC 电源变换器的原理与应用	166
一、产品分类及性能特点	166
二、工作原理与应用技巧	167
§ 7.4 单片 DC/DC 电源变换器的原理与应用	171
一、单片 DC/DC 电源变换器的产品分类	171
二、ICL7660 型极性反转式 DC/DC 电源变换器	171
三、MAX770 型升压式 DC/DC 电源变换器	173
四、MAX639 型降压式 DC/DC 电源变换器	174
§ 7.5 PC 机开关电源	175
一、电路框图	175
二、工作原理	175
§ 7.6 笔记本电脑开关电源	178
一、MAX786 的性能特点	178
二、MAX786 的工作原理	178
三、笔记本电脑开关电源的电路设计	180
§ 7.7 微机多路电源监视器	183
一、MAX8215 的性能特点	183
二、MAX8215 的工作原理	183
三、微机多路电源监视器电路设计	185
§ 7.8 可编程镍镉电池快速充电器	186
一、MAX712 的性能特点	187
二、MAX712 的管脚功能	187
三、可编程快速充电器的原理与应用	189
第八章 数据采集系统	192
§ 8.1 多路模拟开关的原理与应用	192
一、CMOS 集成模拟开关的原理	192
二、多路模拟开关的应用技巧	193
§ 8.2 TC530/534 型可编程精密数据采集系统	197
一、TC530 和 TC534 的性能特点	197
二、TC534 的工作原理	197
三、编程方法	200
四、TC534 的典型应用	201
§ 8.3 由 TC534 和 8031 单片机构成的数据采集系统	202
一、四通道数据采集系统的构成	202
二、TC534 的参数调整	203
§ 8.4 编译码器的原理及其在数据采集系统中的应用	204
一、编译码器的性能特点	204
二、MC145026 编码器的工作原理	205

三、MC145027 译码器的工作原理	206
四、编译码器在数据采集系统中的应用	207
§ 8.5 CCD 视频信号处理与数据采集系统	209
一、CCD 像传感器的结构与工作原理	209
二、CCD 视频信号处理与数据采集系统的设计	210
§ 8.6 语音处理技术及其应用	213
一、语音处理技术	213
二、语音处理器典型产品及语音电路开发系统	215
三、语音处理器的应用实例	216
第九章 数字电压表	218
§ 9.1 数字电压表的特点	218
§ 9.2 单片 A/D 转换器产品分类	220
§ 9.3 3½位 LCD 显示数字电压表	222
一、ICL7106 的性能特点	222
二、ICL7106 的管脚功能	222
三、由 ICL7106 构成的 3½位数字电压表	222
四、ICL7106 的功能检查	227
§ 9.4 3½位 LED 显示数字电压表	227
一、MC14433 的性能特点	227
二、MC14433 的管脚功能	228
三、MC14433 的工作原理	228
四、由 MC14433 构成的 3½位数字电压表	230
§ 9.5 4½位 LCD 显示数字电压表	233
一、ICL7129 的性能特点	233
二、ICL7129 的管脚功能	233
三、ICL7129 的工作原理	235
四、由 ICL7129 构成的 4½位数字电压表	237
§ 9.6 3¾位 LED/LCD 显示数字电压表	238
一、TC831 的性能特点	238
二、TC831 的工作原理	238
三、由 TC831 构成的 3¾位 LED/LCD 显示数字电压表	240
第十章 数字仪表中的新颖检测电路	244
§ 10.1 平均值 AC/DC 转换电路	244
一、平均值 AC/DC 转换器	244
二、简易平均值 AC/DC 转换器	245
§ 10.2 真有效值电压及电平转换电路	246
一、真有效值数字仪表的基本原理	246
二、单片真有效值/直流转换器的分类	247
三、多量程真有效值数字电压表	248
四、多量程真有效值数字电压/电平表	249
§ 10.3 测量电阻的电路	250
一、用比例法测量常规电阻	250

二、测量高阻	252
§ 10.4 测量电导的电路	254
一、测量电导的基本原理	254
二、由 ICL7129 构成的数字电导表	255
§ 10.5 测量电容及电感的电路	256
一、用容抗法测量电容	256
二、测量电感	257
§ 10.6 测量频率的电路	258
一、测量频率的原理	258
二、电路设计要点	259
§ 10.7 测量温度的电路	260
一、测温电桥的工作原理	260
二、设计要点	262
§ 10.8 测量占空比的电路	262
§ 10.9 检测二极管和晶体管的电路	264
一、测量二极管正向压降的电路	264
二、测量晶体管 h_{FE} 的电路	264
§ 10.10 读数保持及开机自动复位电路	265
一、读数保持电路	266
二、开机自动复位电路	267
§ 10.11 自动关机和声光报警电路	268
一、自动关机电路	268
二、声光报警电路	269
§ 10.12 由门电路构成的负电源发生器	270
第十一章 数字仪表及测试系统的电路设计	272
§ 11.1 可编程定时器	272
§ 11.2 电脑日历时钟	274
一、功能简介	274
二、由 MC146818 构成的电脑日历时钟	274
三、DS12887 型日历时钟简介	278
§ 11.3 数字显示报警仪	278
一、性能特点	278
二、电路原理	278
§ 11.4 能源自动检测系统	280
一、性能简介	280
二、电路设计	281
§ 11.5 智能化粉针药品自动分装系统	284
一、性能简介	284
二、整机电路设计原理	285
三、红外光电检测电路	288
四、语音自动报警电路及程序框图	289

§ 11.6 CCD 彩色摄像机在高速公路收费站电视监控系统中的应用	290
一、CCD 彩色摄像机简介	290
二、高速公路收费站电视监控系统的设计	291
§ 11.7 银行保安电视监控系统	295
一、保安报警器的分类	295
二、保安报警系统的设计	295
第十二章 智能仪表专用集成电路	298
§ 12.1 带微处理器的单片 $5\frac{1}{2}$ 位 A/D 转换器	298
一、HI7159 的性能特点	298
二、HI7159 的管脚功能	298
三、HI7159 的工作原理	299
四、由 HI7159 构成的 $5\frac{1}{2}$ 位智能数字电压表	303
§ 12.2 专配微处理器的 $4\frac{3}{4}$ 位数字多用表集成电路	305
一、MAX134 的性能特点	305
二、MAX134 的管脚功能	305
三、MAX134 的工作原理	306
四、由 MAX134 构成数字多用表的基本电路	310
§ 12.3 单片 $3\frac{3}{4}$ 位/42 段条图双显示智能数字多用表集成电路	312
一、NJU9210 的性能特点	312
二、NJU9210 的工作原理	312
三、由 NJU9210 构成的 $3\frac{3}{4}$ 位/42 段条图双显示数字多用表	315
§ 12.4 多重显示数字仪表集成电路	317
一、ICL7182 型高分辨率液晶条图 A/D 转换器	317
二、LM3914 型 LED 条图驱动器和 CH261 型 LED 条图显示扫描器	317
三、由 TSC827 和 TSC828 构成的四重数字/液晶条图显示仪表	318
第十三章 数字多用表和智能仪器	322
§ 13.1 DT890D 型 $3\frac{1}{2}$ 位数字多用表	322
一、DT890D 型数字多用表的性能特点	322
二、DT890D 型数字多用表的整机电路原理	322
§ 13.2 DT930F ₊ 型 $4\frac{1}{2}$ 位数字多用表	327
一、DT930F ₊ 型数字多用表的性能特点	327
二、DT930F ₊ 型数字多用表的整机电路原理	327
§ 13.3 $4\frac{3}{4}$ 位智能数字多用表	330
一、系统的构成	330
二、整机电路工作原理	330
三、程序设计	332
§ 13.4 8840A 型 $5\frac{1}{2}$ 位智能数字多用表	333
一、8840A 的性能特点	333
二、8840A 型 $5\frac{1}{2}$ 位数字多用表的工作原理	334
参考文献	335

第一章 数字化测量概述

本章重点介绍集成电路和新型数字仪表的发展趋势,并阐述 VXI 总线仪器系统集成、标准源、电磁兼容性等多项新技术。此外,还对目前生产的各种数字集成电路作了分类介绍。

§ 1.1 集成电路发展的新趋势

一、集成电路发展概况

电子技术经历了四个发展阶段:①1906 年电子管的问世和 1947 年晶体管的发明,揭开了电子电路的设计阶段;②1958 年集成电路(IC)的诞生,跨入了新一代电路的逻辑设计阶段;③1975 年以后超大规模集成电路(VLSI)的推出,将电子技术引向 IC 的系统设计与相关的软件设计阶段;④面向 21 世纪的以微电子为基础、以计算机和通信为媒体的新阶段。

集成电路问世 40 年以来,其发展速度惊人。目前,全世界每年可生产 2000 多亿块、4 万余种集成电路。1996 年世界半导体(主要是 IC)销售额为 1320 亿美元,预计 2000 年将超过 3000 亿美元。在发展电子信息产业的过程中,无论是增加产量、扩大应用,还是开发新产品、提高性价比,无不依赖 IC 产业的发展。从电子测量仪器、计算机系统到通信设备,从国防尖端到工业及民用领域,都与 IC 密切相关。据报道,在发达国家中一个家庭的家用电器内所用微控制器数量,1990 年平均为 69 个,2000 年可达 226 个。目前,世界国民生产总值的增值部分的 65%与 IC 有关。而电子设备中 IC 价值比已从 80 年代的 7%,发展到现在的 20%,而在某些军事装备中已超过 70%。IC 被誉为工业“粮食”和“朝阳”产品,现已成为衡量综合国力的重要标志,发展电子信息技术的核心。

我国于 1965 年研制成功 IC,但由于种种因素,拉大了我国 IC 产业与世界先进水平的差距。改革开放以来,我国 IC 也取得长足的进步,国家还制定了“重点发展集成电路、新型元器件、计算机和通信设备”、“发展新一代数字化消费类产品”的战略方针。1995 年我国 IC 产量就从 1990 年的 1.1 亿块增加到 4.7 亿块,1996 年达到 6 亿块,预计到 2000 年可年产 25 亿块。继 1995 年我国批准建设 VLSI 工程之后,1996 年又开始了总投资为几百亿元、工艺达到 0.5~0.3 μm 的 ULSI(甚大规模集成电路)工程。此外还积极开发供“三金(金桥、金卡、金关)”工程、通信工程使用的专用 IC。电子部规划 2000 年形成年开发 500 种 IC 的能力。当然,我国 IC 产业与国际先进水平尚有不少差距。例如,我国 IC 年产量只能满足需求量的约 30%,而 IC 总产量和总产值都只占世界 IC 的 0.3%左右。但随着我国现代化建设事业的发展,电子信息技术和 IC 产业的腾飞目标定能实现。

二、集成电路发展的新趋势

目前,集成电路正进入一个蓬勃发展的新时期。主要表现为新技术不断涌现,新工艺

被普遍采用,新产品层出不穷。人们对集成电路的认识也不断深化,从设计思想到使用观念都在更新。下面从四个方面综述集成电路发展的新趋势。

(一)CMOS 电路的迅速崛起

CMOS 电路是集成电路大家族中的后起之秀。国外于 1963 年研制成功,1968 年才实现商品化。但它一经问世便显示出强大的生命力,以其独具的优点迅速占领国际电子市场。目前,CMOS 电路已成为 LSI(大规模集成电路)、VLSI、ULSI 的主流产品。例如,我国 1996 年研制的 LC47811 型 32 位微处理器、美国英特尔公司的 80486(集成度为 100 万个元器件)、集成度达 200 万门的 ASIC 电路等,均采用 CMOS 工艺。正如日本《半导体世界杂志》在 80 年代初曾预言的:“CMOS 在半导体界起着火车头的作用,给半导体界带来了新的光明。”

近年来,CMOS 电路的产量及销售额大幅度上升,而 TTL 电路却以抛物线规律迅速下降。CMOS 电路中的标准系列(4000 系列和 14500 系列)以及高速系列(74HC 系列),以其输入阻抗高、抗干扰性强和低功耗等优点,正在许多领域取代传统的 74-TTL 和 LS-TTL、S-TTL 电路。对此,美国《EEI》杂志最近作过精辟论述:“74-TTL 已进入衰退期,LS-TTL 正被 74HC 所取代。目前 LS-TTL 和 S-TTL 继续被人们使用,其很大原因在于人们缺少更新型数字电路的信息。所以,光说 LS-TTL 能满足工作的要求是不够的,新型号的电路可在低得多的功耗下完成同样的工作。今后几年中,74HC 电路会像今天的 LS-TTL 那样得到广泛的应用。到那时,仪器上将不用再装散热风扇,打开 PC 机盖也不会感到一股热气流涌出。”国外已将采用 CMOS 电路和再生塑料机箱制成的低电压(3.3V)、低功耗(休眠状态下功耗小于 30W)的计算机,称之为“绿色”计算机。

需要指出的是,CMOS 电路已迅速扩展到模拟器件领域。用 CMOS 工艺技术取代双极型晶体管技术,现已研制出许多性能优良的模拟 IC 和 MOS 功率器件,展示了良好的发展前景。

(二)单片集成电路和单片系统的广泛应用

集成电路强大的生命力在于应用。目前集成电路正向单片集成化和单片系统化的方向发展,为其推广应用开辟了良好的前景。

1. 新型单片集成电路的分类

(1)集成传感器:例如美国哈里斯(Harris)公司生产的 AD590 集成温度传感器,摩托罗拉(Motorola)公司生产的 MC14462 烟雾检测器,专配 CCD 彩色摄像机的 CCD1728×1 电荷耦合器件(线阵 CCD),国产 SL3501C 霍耳线性传感器。此外还有各种新型传感器接口电路,例如国产 SG590003 型传感器接口电路(配 AD590 完成 I/V 转换)。

目前集成智能传感器已经问世,这种传感器亦称硅传感器,内部包含微处理器、存储器和接口电路,它使机械传感器相形见绌。典型产品有美国模拟器件公司(AD)生产的 AD22105 型可编程温度传感器(能设定温度,带控温开关)、美国国家半导体公司(NSC)生产的 LM75 型数字温度传感器(含带隙温度传感器、9 位 A/D 转换器、 1°C 接口)、摩托罗拉公司的 X 型四端压阻元件及由它构成的加速度计(有自检功能,用于起动汽车防撞气囊)、森辛(Sensym)公司生产的 19C 系列微压传感器(带温度补偿,准确度达 $\pm 0.01\%$)。

(2)智能仪器仪表专用 IC:典型产品有哈里斯公司的 HI7159、7159A 型单片 $5\frac{1}{2}$ 位 A/D 转换器、马克希姆(MAXIM)公司的 MAX133、134 型 $4\frac{3}{4}$ 位数字多用表集成电路、日本

无线电公司(JRC)的 NJU9210 型单片 3 $\frac{3}{4}$ 位/42 段条图双显示智能数字多用表集成电路。这些芯片的共同特点是集成度高、功能强、外围电路简单,适配微处理器或单片机,有的本身还带微处理器,为研制具有高性价比的智能仪器及测试系统创造了有利条件。

(3)通信用 IC:例如摩托罗拉公司生产的寻呼机专用 IC。

(4)工业控制和机电一体化专用 IC:例如 MC14566 工业时基发生器,MC14460 汽车速度控制处理器、国产 5G5511 直流电机稳速电路、5G88 游标卡尺专用电路。

(5)家电专用 IC:典型产品有飞利浦公司生产的 TDA8362 型单片彩电信号处理器,国产 5G208 单片电子琴电路,CH508 缝纫机 IC,SF69 心脏起搏器 IC,AS2533 通用单片智能电话 IC(内含增强型语音电路,适配各种电话机,即插即用)。

2. 单片系统

单片系统(System On Chip)是面向 21 世纪的一项高新科技,它要在 10mm² 数量级的芯片上集成一个系统或子系统,其集成度将高达 10⁸~10⁹ 元件/片,这将给 IC 产业及 IC 应用带来划时代的进步。半导体工业协会(SIA)最近对单片系统集成所作的发展预测详见表 1.1。

表 1.1 单片系统集成的发展预测

年 份	1995 年	1998 年	2001 年	2004 年	2007 年	2010 年
最小线宽/ μm	0.35	0.25	0.18	0.13	0.1	0.07
包含晶体管数量/片	4×10^7	7×10^7	1.3×10^8	2.5×10^8	5×10^8	9×10^8
成本/晶体管/毫美分	1	0.5	0.2	0.1	0.05	0.02
ASIC 芯片尺寸/ mm^2	450	660	750	900	1100	1400
台式机电源电压/V	3.3	2.5	1.8	1.5	1.2	0.9
芯片 I/O 数	900	1350	2000	2600	3600	4800
处理器工作频率/MHz	150	200	250	300	375	475

(三)电子模块的开发

众所周知,采用集成工艺是无法将大容量的电容器和电感器、整流桥、电位器、10A 以上的大功率器件集成到芯片内部的。因此,研制一台整机不仅要选用许多芯片,还必须设计各 IC 之间以及 IC 与外围电路之间的引线,最后要设计印制电路。这就给用户带来诸多不便。若选用电子模块,上述许多问题即可迎刃而解。

电子模块(Electronic Block)亦称微电子功能组件,简称模块。它是采用微电子技术,把集成电路与微型电子元器件(如片状电阻、超小型电解电容器)组装成一体,用来完成某一特殊功能的商品化部件。其结构特点是将全部元器件密集安装在印制板上,因此有人称之为“二次集成”。模块的外形大致分两种:一种是全密封式,不可拆卸;另一种为敞开式,用户需自己配外壳。

由电子模块构成的整机与传统的集成化整机相比,具有以下显著特点:①能大大简化电路设计,缩短新产品的研制周期;②工艺先进,能提高整机合格率与可靠性,一次上机合格率可达 100%;③能减小体积与重量;④便于安装与维修;⑤采用全密封式模块还可防止伪造,维护厂家的权益。

电子模块这一产品形式最初由美国英特西尔(Intersil)公司于 70 年代推出。日本、荷兰、瑞士等国以及香港地区亦从 80 年代开始生产。国内则是在 80 年代中期才形成生产能

力,并建立了专业生产厂家。目前国内外许多半导体厂家竞相开发电子模块的系列化产品,其中包括数显模块、数字仪表模块、转换器模块、线性或开关式集成稳压电源模块、电源噪声滤波器模块。此外还有供电部门使用的整流桥模块、功率模块、巨型晶体管(GTR)模块、可关断晶闸管(GTO)模块、脉宽调制(PWM)模块。目前模块正向智能化方向发展。例如,采用微型计算机技术的可编程控制器(PC)模块,它代表着工业控制技术的发展方向,也是实现机电一体化的重要手段。智能化电源模块现已达到很高的技术指标(600A、600V、20kHz的PWM,具有各种保护功能及故障输出显示)。单个模块的平均故障间隔时间(MTBF)已达到 10^7 h,模块体积也逐渐缩小。随着表面安装器件(SMD)与表面安装技术(SMT)的发展,电子模块的体积还将进一步减小,而性能指标则显著提高。

(四)ASIC 的推广

ASIC 是“特制集成电路”(Application Specific Integrated Circuit)的英文缩写,亦称用户特制 IC。它是一种高科技产品,从设计思想、研制手段,直到测试方法,都与传统 IC 有着质的区别。过去集成电路的供需关系一直维持在“厂家→用户”的格局上,即芯片厂家向用户提供标准产品,用户则不能提出自己的特殊要求。现在上述局面发生重大变化,出现了全定制及半定制产品。即芯片厂家接受用户的委托,为满足用户特殊需要而专门研制的 IC 产品。它充分体现了“用户→厂家→用户”的新型关系。此外,为研制 ASIC 所采用的技术、手段均有重大突破。ASIC 产品是将超大规模集成电路(VLSI)的工艺技术、计算机辅助设计(CAD)、自动测试技术(ATE)三者结合的丰硕成果。目前国内外一些芯片厂家已建立起超大规模集成电路计算机辅助设计(简称 VLSI-CAD)中心,作为开发新产品的重要手段。现在智能化的 VLSI-CAD 系统已能将将有源器件缩小到亚微米,从而设计出包括上百万只晶体管的超大规模集成电路。利用这种系统不仅能完成芯片的逻辑电路设计、逻辑模拟、版图设计(包括布局、布线),还能对成品进行自动测试。1996 年初,清华大学就利用 VLSI-CAD 完成了“ $1\mu\text{m}$ VLSI 专用 IC 工艺技术研究”的课题,并向国内进行了技术转让。

ASIC 主要包括门阵列(GAL)、可编程门阵列、标准单元、宏单元、可编程逻辑器件。我国现已能生产门阵列等多种产品,用一片门阵列可代替上百片 CD4000 系列或 74LS 系列产品。此外,我国还研制成炮弹弹道跟踪系统专用 IC(全定制)等 ASIC 产品。北京四通公司在国内率先推出现场可编程门阵列 FPGA,由用户自行设计 IC,只需用计算机绘出电路原理图,就由设计工具箱完成芯片设计(目标芯片),将上百片数字 IC 集成在一片 FPGA 上,为电子设计工程师开辟了通往 ASIC 世界的一条捷径。

目前,ASIC 产品已占国际 IC 市场的 50%以上。国外已成功地将 CMOS 数字 IC、模拟 IC 和微机(含 CPU、ROM、RAM、接口电路)集成在一片超大规模集成电路中,只需配上传感器和少量外围元件,即可构成一台完整的智能仪器。综上所述,ASIC 的推广为优化设计、提高性价比和可靠性指标奠定了基础。今后在开发各种电子新产品(包括家电产品)的过程中,ASIC 必将发挥重要作用。

§ 1.2 数字集成电路的分类

一、我国集成电路型号命名方法

根据我国制定的国家标准,集成电路型号命名方法见表 1.2.1。举例说明:CC4518EP