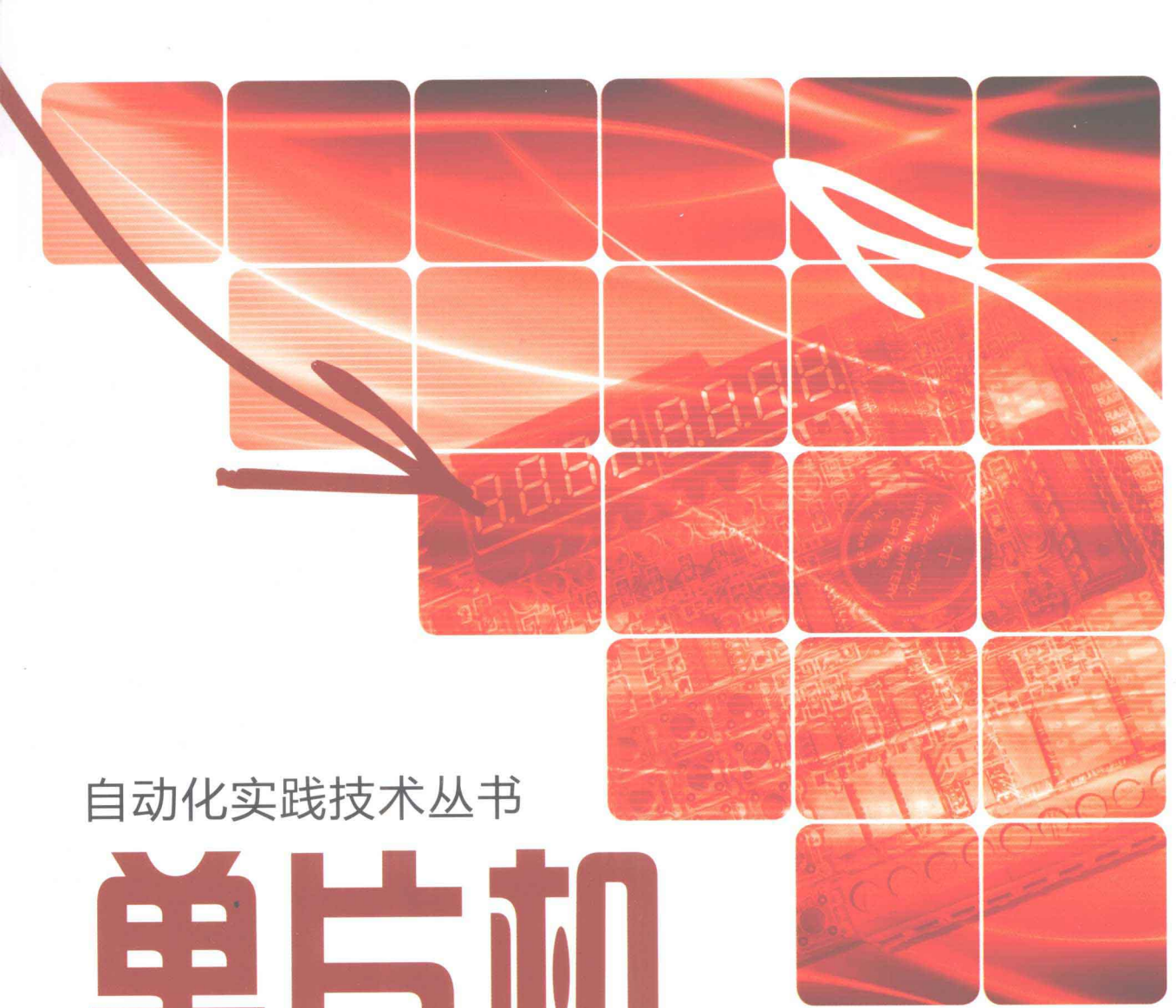




自动化实践技术丛书

单片机 控制技术实践

齐向东 刘立群 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

自动化实践技术丛书

单片机 控制技术实践

齐向东 刘立群 编著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书可作为《MCS-51 单片机应用技术》课程的教材配套使用,全书共 4 章,分为 MCS-51 单片机入门及概述、MCS-51 单片机基本汇编应用编程与调试实验、MCS-51 单片机基本 C51 应用编程与调试实验和综合实例四部分。以介绍 MCS-51 应用技术的实践训练为主线,内容丰富,特点鲜明,在介绍 MCS-51 单片机开发技术方面的基本知识的基础上,书中还编写了大量的程序,对提高学生单片机应用技术的工程实践能力有重要的指导作用。

本书适合电类专业学生使用,也可用于机电、仪表、自动化等专业相关课程的教学,还可作为相关工程技术人员的培训教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机控制技术实践 / 齐向东, 刘立群编著. —北京: 中国电力出版社, 2009

(自动化实践技术丛书)

ISBN 978-7-5083-8545-7

I. 单… II. ①齐…②刘… III. 单片微型计算机, MCS-51 - 教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字 (2009) 第029396号

中国电力出版社出版、发行

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

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 6 月第一版 2009 年 6 月北京第一次印刷

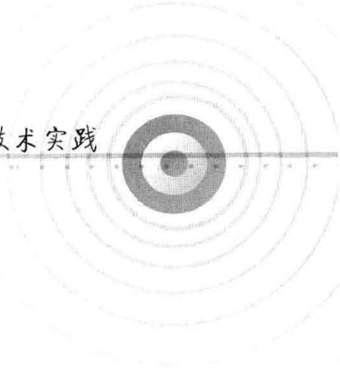
787 毫米 × 1092 毫米 16 开本 22 印张 545 千字

印数 0001—3000 册 定价 38.00 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



Preface

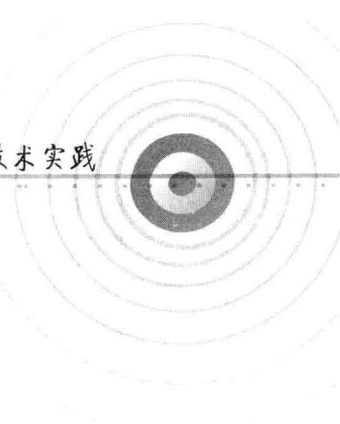
单片机自 1976 年问世以来,便得到了广泛的应用。美国 Intel 公司生产的 MCS-51 系列单片机在我国各行各业中应用广泛,而且已经取得了令人瞩目的成绩。在许多高校单片机课程已被列入必修课程,并得到了广大教师的重视。同时单片机课程的工程实践性很强,如果仅有理论教学而没有系统的实践训练,很难真正达到掌握其技术应用的目的,为此,作者根据多年从事 MCS-51 单片机应用技术课程教学及科研工作的经验,精心编写了这本 51 单片机实训教材。

该教材可满足电气及自动化、机电一体化和应用电子技术等相关专业教学基本建设的需要,并立足本科人才培养,突出应用性和针对性、加强实践能力培养的原则,通过大量程序和实例提高学生的设计和使用 51 单片机的能力,并将知识点与能力点紧密结合,注重培养学生的工程应用能力和解决现场实际问题的能力。

本书由齐向东任主编,并编写第一章、第四章,并对全书进行了统稿;刘立群编写第二章和第三章。在编写过程中,得到了焦凤娇等同志的大力支持,在此深表感谢。同时由于时间仓促,书中难免有错误,恳请读者批评指正。

编 者

2009 年 1 月于 太原科技大学



目 录

Contents

前言

第一章 MCS-51 单片机入门及实训概述	1
第一节 单片机内部结构及特点	1
第二节 单片机的发展与分类	3
第三节 单片机技术的发展趋势	4
第四节 单片机的应用领域	5
第五节 MCS-51 系列的单片机	6
第六节 51 系列单片机的基本开发	7
第七节 单片机软件开发系统 μ Vision2 简介	9
第二章 MCS-51 单片机基本汇编应用编程与调试实验	25
第一节 程序设计方法与实例	25
实验 1 顺序程序调试实验	25
实验 2 普通分支程序调试实验	26
实验 3 分支程序调试实验——比较两个数的大小	26
实验 4 普通分支程序实例——ASCII 码与十六进制的转换调试实验	27
实验 5 双分支程序调试实验	28
实验 6 循环程序调试实验 1	29
实验 7 循环程序调试实验 2	30
实验 8 无循环次数调试实验	30
实验 9 循环程序实例——小灯重复点亮调试实验	31
实验 10 子程序调试实验	32
实验 11 查表子程序调试实验	33
第二节 指令的运用	35
实验 12 传送指令 MOVX 调试实验 1	35
实验 13 传送指令 MOVX 调试实验 2	35
实验 14 传送指令 MOVX 调试实验 3	36
实验 15 堆栈操作栈指令调试实验	37
实验 16 累加器 A 清零与取反指令调试实验 1	37
实验 17 累加器 A 清零与取反指令调试实验 2	38
实验 18 散转指令（间接长转移指令）调试实验	38
实验 19 条件转移指令调试实验	39

实验 20	位操作指令调试实验 1	40
实验 21	位操作指令调试实验 2	41
第三节	基本运算符程序	42
实验 22	二进制定点数求补 (单字节)	42
实验 23	双字节数取补子程序 (CMPT) 调试实验	42
实验 24	双字节原码左移一位子程序 (DRL) 调试实验	43
实验 25	双字节原码右移一位子程序 (DRR) 调试实验	43
实验 26	双字节补码右移一位子程序 (CRR)	44
实验 27	双字节补码加法子程序 (NADD)	45
实验 28	多字节有符号二进制定点数加法子程序	45
实验 29	多字节无符号二进制定点数减法子程序	46
实验 30	多字节有符号二进制定点数减法子程序	47
实验 31	双字节补码减法子程序	48
实验 32	多字节无符号整数加法子程序	48
实验 33	原码有符号双字节小数乘法子程序	50
实验 34	单字节有符号二进制定点数乘法子程序	51
实验 35	双字节有符号二进制定点数乘法子程序	52
实验 36	多字节有符号二进制定点数乘法子程序	53
实验 37	单字节有符号二进制定点数除法子程序	55
实验 38	双字节有符号二进制定点数除法子程序	56
实验 39	多字节有符号二进制定点数除法子程序	57
实验 40	采用比较法的无符号双字节数除法子程序	59
实验 41	原码有符号双字节整数除法子程序	60
实验 42	多字节数取补子程序	61
实验 43	两个半字节数合并成一个一字节数子程序	61
实验 44	双字节无符号快速乘法子程序	62
实验 45	多字节数乘 10 子程序	63
实验 46	三字节乘二字节乘法子程序	64
实验 47	三字节除双字节商为三字节除法子程序	65
实验 48	五字节除五字节除法子程序	67
实验 49	多字节十进制减法子程序	68
实验 50	四字节十进制除法子程序	69
实验 51	多字节无符号 BCD 码除法子程序	71
实验 52	单字节 BCD 码平方根子程序	73
实验 53	双字节 BCD 码平方根子程序	74
实验 54	十进制数求补运算符子程序	75
第四节	代码转换	76
实验 55	十六进制数到 ASCII 码的转换	76
实验 56	ASCII 码到十六进制数的转换	77

实验 57	二进制数到 BCD 码的转换 (单字节整数)	77
实验 58	二进制数到 BCD 码的转换 (双字节整数)	78
实验 59	二进制数到 BCD 码的转换 (多字节整数)	79
实验 60	二进制数到 BCD 码转换	80
实验 61	BCD 码到 ASCII 码的转换	81
实验 62	ASCII 码到 BCD 码的转换	82
实验 63	单字节 BCD 码转换成压缩 BCD 码子程序	82
第五节	数据变换	83
实验 64	二进制定点数移位 (双字节循环左移一位)	83
实验 65	二进制定点数移位 (多字节循环右移一位)	83
实验 66	BCD 码移位 (多字节循环左移一位)	84
实验 67	多字节 BCD 码求补	85
实验 68	双字节二进制定点数求补	86
实验 69	双字节无符号二进制浮点数左规	86
实验 70	多字节无符号二进制浮点数左规	87
实验 71	双字节有符号二进制浮点数左规	88
实验 72	多字节有符号二进制浮点数左规	89
实验 73	双字节无符号二进制浮点数对阶	90
实验 74	多字节有符号二进制浮点数对阶	91
实验 75	单字节二进制定点数开方子程序	92
实验 76	双字节二进制定点数开方子程序	93
第六节	BCD 码运算	94
实验 77	单字节加法子程序	94
实验 78	双字节加法子程序	95
实验 79	多字节加法子程序	95
实验 80	半字节乘法子程序	96
实验 81	单字节乘法子程序	97
实验 82	双字节乘法子程序	98
实验 83	单字节除法子程序	100
实验 84	单字节开方子程序	101
实验 85	双字节开方子程序	102
实验 86	多字节开方子程序	103
第七节	排序、查找与表格处理子程序	105
实验 87	插入排序子程序	105
实验 88	快速排序子程序	107
实验 89	单字节无符号数排序子程序	109
实验 90	单字节有符号数排序子程序	110
实验 91	外部 RAM 中无符号数排序子程序	111
实验 92	双字节顺序查找子程序	112

实验 93	单字节顺序查找子程序.....	113
实验 94	检查数据出现次数子程序.....	114
实验 95	字符串长度测试子程序.....	115
实验 96	查找字符串子程序	116
实验 97	根据 i 查找 a_i 的查表子程序.....	118
实验 98	找出输入字符串在表中的位置序号子程序.....	119
第八节	数字滤波及数据处理	121
实验 99	程序判断滤波子程序	121
实验 100	中值数字滤波子程序 1.....	122
实验 101	中值数字滤波子程序 2.....	123
实验 102	算术平均值滤波子程序.....	124
实验 103	去极值平均滤波子程序.....	125
实验 104	滑动平均滤波子程序.....	127
实验 105	循环冗余检测 (CRC) 子程序.....	129
实验 106	带纠错的串行通信子程序.....	130
第九节	硬件子程序	133
实验 107	定时器方式 0 子程序.....	133
实验 108	定时器方式 1 子程序.....	135
实验 109	定时器方式 2 子程序.....	135
实验 110	定时器方式 3 子程序	136
实验 111	定时器门控制位 GATE 的功能子程序	137
实验 112	串行口方式 1 应用 (双机通信) 子程序	138
实验 113	串行口方式 2 应用子程序	141
实验 114	串行口方式 3 应用 (双机通信) 子程序	142
实验 115	单片机外扩存储器子程序.....	143
实验 116	单片机外扩存储器子程序.....	145
实验 117	单片机配接打印机子程序.....	146
实验 118	单片机键盘/显示器子程序 1.....	148
实验 119	单片机键盘/显示器子程序 2.....	151
实验 120	单片机与液晶显示器 (LCD) 的接口子程序.....	153
实验 121	单片机与 BCD 码拨盘的接口子程序.....	156

第三章 MCS-51 单片机基本 C51 应用编程与调试实验 159

第一节	C51 开发中应该掌握的原则	159
第二节	C51 应用基础实例调试实验	159
实验 122	8051 bit I/O 程序	160
实验 123	8051 I/O 口程序	160
实验 124	8051 计数器 0 程序.....	161
实验 125	8051 中断 0 程序	161

实验 126	8051 定时器 0 模式 1 程序	162
实验 127	8051 定时器 0 脉冲程序	163
实验 128	8051 定时器模式 2 程序	164
实验 129	8051 定时器 2 程序	165
实验 130	8051 内存读写程序	166
实验 131	ADUC831 的 A/D 转换	167
实验 132	C509 的 A/D 转换	167
实验 133	C515 的 A/D 转换	168
实验 134	80C537A/D 转换	169
实验 135	打印实例程序	170
实验 136	看门狗定时器实例程序	171
实验 137	sine 波实例程序	172
实验 138	T89C51 CC01_A/D 转换程序	174
实验 139	DS80C320、DS80C323 看门狗程序	175
实验 140	P89LPC935 DTMF 的 DAC 程序	176
实验 141	LPC_ADC 实例程序	178
第三节	C51 应用技巧	179
实验 142	浮点运算程序	179
实验 143	比较赋值程序	179
实验 144	嵌套 for 语句程序	180
实验 145	开关语句程序	181
实验 146	数组程序	182
实验 147	结构程序	182
实验 148	联合程序	183
实验 149	共用体程序	184
实验 150	指针程序	185
实验 151	子函数调用程序	185
实验 152	指向指针的指针程序	186
实验 153	指针变量函数程序	187
实验 154	交换指针程序	188
实验 155	二维指针数组函数调用程序	188
实验 156	函数调用指针数组程序	189
实验 157	动态分配程序	190
实验 158	表程序	191
实验 159	比较程序	193
实验 160	查找程序	195
实验 161	冒泡程序	196
第四节	C51 接口应用程序	197
实验 162	中断应用程序	197

实验 163	串行口应用程序	199
实验 164	菜单程序	206
实验 165	A/D 转换应用程序 1	208
实验 166	AT2051 的 A/D 转换程序	214
实验 167	LCD 液晶显示应用程序	216
实验 168	键盘输入法应用程序	219
实验 169	在 PC 上用并行口模拟 I ² C 总线的 C 程序	222
实验 170	与 PCF8563 接口程序	224
实验 171	8051 内存读写程序	226
实验 172	软件看门狗程序	227
实验 173	软件 A/D	228
实验 174	码制转换 1	229
实验 175	码制转换 2	230
实验 176	通信程序	231
实验 177	DS1820 单芯片温度测量	232
实验 178	液晶程序	234
第五节	C51 数据结构	237
实验 179	结构程序	237
实验 180	数组程序 1	240
实验 181	数组程序 2	241
实验 182	数组程序 3	243
实验 183	数组程序 4	244
实验 184	数组程序 5	245
实验 185	数组程序 6	247
实验 186	联合程序	248
第四章	MCS-51 单片机综合实例	251
实验 187	单片机实现电子密码锁	251
实验 188	单片机实现语音录放	263
实验 189	单片机实现数字温度计设计	268
实验 190	单片机实现 GPS 定位设计	273
实验 191	单片机控制步进电机系统	278
实验 192	单相电子式预付费电度表的设计与实现	283
实验 193	篮球赛计时计分器的设计与实现	330
参考文献		340

第一章

MCS-51 单片机入门及实训概述

单片机是在一块硅片上集成了各种部件的微型计算机。随着大规模集成电路技术的发展,可以将具有数据处理能力(如算术运算、逻辑运算、数据传送、中断处理等)的微处理器(CPU)、随机存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、输入/输出(I/O)等电路集成到一块芯片上,构成一个小而完善的计算机系统。有的还包括定时器/计数器、串行通信口、显示驱动电路(LCD或LED驱动电路)、脉宽调制电路(PWM)、模拟多路转换器及A/D转换器等电路,这些电路能在软件的控制下准确、迅速、高效地完成程序设计者事先规定的任务。它能够单独地完成现代工业控制系统所要求的智能化控制功能。虽然单片机只是一个芯片,但从组成和功能上,它已具有微机系统的含义。由于单片机能独立执行内部程序,所以又称它为微型控制器。

不同的单片机有着不同的硬件结构和指令系统,即它们的技术特征不尽相同,硬件特征取决于单片机芯片的内部结构,设计人员必须了解其性能是否满足需要的功能和应用系统所要求的特性指标。这里的技术特征包括功能特性、控制特性和电气特性等,这些信息可以从生产厂商的技术手册中得到。指令特性即我们熟悉的单片机的寻址方式、数据处理和逻辑处理方法、输入/输出特性等。开发环境包括指令的兼容性及可移植性,软、硬件资源等。要利用单片机开发实际应用系统,就必须掌握其硬件结构特征、指令系统和开发环境。

单片机控制系统能够取代以前利用复杂电子线路或数字电路构成的控制系统,可以用软件来实现产品智能化。现在单片机控制范畴不断扩大,如通信产品、家用电器、智能仪器仪表、过程控制和专用控制装置等,其应用领域越来越广泛。单片机的应用意义远不限于它的应用范畴或由此带来的经济效益,更重要的是它已从根本上改变了传统的控制方法和设计思想。

随着嵌入式系统的快速发展及其在各个领域的广泛应用,人们对电子设备小型化、功能化要求越来越高,作为高新技术之一的单片机以其体积小、功能强、价格低、使用灵活等特点,显示出其明显的优势和广泛的应用前景。在航空航天、机械加工、智能仪器仪表、家用电器、通信系统、智能玩具等领域,单片机都正在发挥着巨大的作用。可以认为,单片机应用技术已成为现代电子技术应用领域十分重要的技术之一,是工程技术人员必备的知识和技能,它能够使您设计的产品更具智能化和先进性。

第一节 单片机内部结构及特点

所谓单片机(Single Chip Microcomputer),是指在一块芯片中,集成有中央处理器(CPU)、存储器(RAM和ROM)、基本I/O端口以及定时器/计数器等部件并具有独立指令系统的智能器件,即在一块芯片上实现一台微型计算机的基本功能。

（一）中央处理器 CPU

CPU 是单片机的核心部件，由运算器和控制器组成，完成算术运算和逻辑操作，单片机的字长有 4 位、8 位、16 位和 32 位之分，字长越长运算速度越快，数据处理能力也越强。

（二）存储器

通常单片机存储器采用哈佛结构，即 ROM 和 RAM 存储器是分开编址的。ROM 存储器容量较大，RAM 存储器的容量较小。

1. ROM 存储器

ROM 存储器一般有 1~32KB，用于存放应用程序，故又称为程序存储器。由于单片机主要应用于控制系统，通常嵌入到被控对象中，为了提高系统的可靠性，应用程序通常固化在片内 ROM 中。根据片内 ROM 的结构，单片机又可分为无 ROM 型、ROM 型、EPROM 型和 E²PROM 型。近年来，又出现了 FLASH 型 ROM 存储器。

无 ROM 型的单片机片内不集成 ROM 存储器，故应用程序必须固化到外部 ROM 存储器芯片中，才能构成有完整功能的单片机应用系统。ROM 型单片机内部程序存储器是采用掩膜工艺制成的，程序一旦固化进去便不能修改。EPROM 型单片机内部程序存储器是采用特殊 FAMOS 管构成的，程序写入后，可通过紫外线擦除，重新写入，而 E²PROM 型单片机内部程序存储器可以直接用电信号编程和擦除，使用起来十分方便，深受开发设计人员欢迎。

2. RAM 存储器

通常，单片机片内 RAM 存储器容量为 64~256B，有的可达 48KB。RAM 存储器主要用来存放实时数据或作为通用寄存器、堆栈和数据缓冲器之用。

3. I/O 接口和特殊功能部件

I/O 接口电路有串行和并行两种。串行 I/O 用于串行数据传输，它可以把单片机内部的并行数据变成串行数据向外传送，也可以串行接收外部送来的数据，并把它们变成并行数据送给 CPU 处理。并行 I/O 端口可以使单片机和存储器或外设之间实现并行数据传送。

通常，特殊功能部件包括定时器/计数器、A/D、D/A、DMA 通道、系统时钟、中断系统和串行通信接口等模块。定时器/计数器用于产生定时脉冲，以实现单片机的定时控制；A/D 和 D/A 转换器用于模拟量和数字量之间的相互转换，以完成实时数据的采集和控制；DMA 通道可以使单片机和外设之间实现数据的快速传送；串行通信接口可以很方便地实现单片机系统与其他系统的数据通信。总之，某一单片机内部究竟包括哪些特殊功能部件，以及特殊功能部件的数量，便确定了其应用领域。

在单片机应用系统中，如果是简单的控制对象，只需利用单片机作为控制核心构成最小系统，不需另外增加外部电路就能完成。对于较复杂的系统，需要对单片机进行某些扩展，也十分方便。单片机及应用系统归纳起来有以下特点：

（1）单片机具有独立的指令系统，可以将我们的设计思想充分体现出来，使产品智能化。

（2）系统配置以满足控制对象的要求为出发点，使得系统具有较高的性能价格比。

（3）应用系统通常将程序驻留在片内（外）ROM 中，抗干扰能力强，可靠性高，使用方便。

（4）单片机本身不具有自我开发能力、一般需借助专用的开发工具进行系统开发和调试，但最终形成的产品简单实用，成本低，效益高。

（5）应用系统所用存储器芯片可选用 EPROM、E²PROM、OTP 芯片或利用掩膜形式生产，便于批量生产和应用。大多数单片机如 51 系列，开发芯片和扩展应用芯片相互配套，降

低了系统成本。

(6) 由于系统小巧玲珑, 控制功能强、体积小, 便于嵌入到被控设备内, 大大推动了产品的智能化。如数控机床、机器人、智能仪器仪表、洗衣机、电冰箱、电视机等都是典型的机电一体化设备和产品。

第二节 单片机的发展与分类

一、单片机的发展

单片机是随着微型计算机、单板机的发展及其在智能测控系统中的应用而发展起来的。以 8 位单片机芯片出现开始, 大致可分为 4 个阶段。

第 1 阶段: 低性能单片机阶段 (1976~1980 年)。该阶段是以较简单的 8 位低档单片机为主, 将原有的单板机功能集成在一块芯片上, 使该芯片具有原来单板机的功能。其主要代表芯片为 Intel 公司的 MCS-48 系列, 该芯片内集成了 8 位 CPU、并行 I/O 接口、8 位定时器/计数器, 寻址范围为 4KB, 没有串行通信接口。

第 2 阶段: 高性能单片机阶段 (1980~1983 年)。该阶段仍以 8 位机为主, 主要增加了串行口、多级中断处理系统、16 位定时器/计数器, 除片内 RAM、ROM 容量加大外, 片外寻址范围达 64KB, 有的片内还集成有 A/D、D/A 转换器。这一阶段单片机以 Intel 公司的 MCS-51 系列、Motorola 公司的 6801 系列和 Zilog 公司的 Z8 系列为代表。上述机型由于功能强, 使用方便, 目前仍被广泛应用。

第 3 阶段: 20 世纪 80 年, 推出了高性能的 16 位单片机。性能更加完善, 主频速率提高, 运算速度加快, 具有很强的实时处理能力, 更加适用于速度快、精度高、响应及时的应用场合。其主要代表为 Intel 公司的 MCS-96 系列等。

第 4 阶段: 20 世纪 90 年代, 单片机在集成度、速率、功能、可靠性、应用领域等全方位地向更高水平发展。CPU 数据线有 8 位、16 位、32 位, 采用双 CPU 结构及内部流水线结构, 以提高数据处理能力和运算速度; 采用内部锁相环技术, 时钟频率已高达 50MHz, 指令执行速率提高; 提供了运算能力较强的乘法指令和内积运算指令, 具有较强的数据处理能力; 设置了新型的串行总线结构, 系统扩展更加方便; 增加了常用的特殊功能部件, 如系统看门狗 (Watchdog)、通信控制器、调制解调器、脉宽调制输出 PWM 等。

随着微电子技术的发展和半导体工艺的不断改进, 芯片正向着高集成度、低功耗的方向发展。随着应用范围的不断扩大, 专用单片机也得到了迅速发展。

二、单片机的分类

20 世纪 80 年代以来, 单片机有了新的发展, 各半导体器件厂商也纷纷推出各自的系列产品。迄今为止, 单片机产品已达近百种系列, 数千个品种。按照 CPU 对数据处理位数来分, 单片机通常可以分为以下 4 类。

(一) 4 位单片机

4 位单片机的控制功能较弱, CPU 一次只能处理 4 位二进制数。这类单片机常用于计算机、各种形态的智能单元以及作为家用电器的控制器等。典型产品有美国 NS (National semiconductor) 公司的 COP4XX 系列、Toshiba 公司的 TMP47XXX 系列以及 Panasonic 公司的 MN1400 系列等单片机。

（二）8 位单片机

8 位单片机的控制功能较强，品种最为齐全。和 4 位单片机相比，8 位单片机不仅有较大的存储容量和寻址范围，按字节处理十分方便，而且具有丰富的中断源、并行 I/O 接口、定时器/计数器、全双工串行通信接口等。在指令系统方面，普遍增设了乘除指令和比较指令。特别是 8 位机中的高性能增强型单片机，除片内增加了 A/D 和 D/A 转换器以外，还集成有定时器捕捉/比较寄存器、监视定时器（watchdog）、总线控制部件和晶体振荡电路等。这类单片机由于其片内资源丰富和功能强大，主要应用于工业控制、智能仪器仪表、家用电器和办公自动化系统等领域。代表产品有 Intel 公司的 MCS-51 系列机、荷兰 Philips 公司的 80C51 系列机、Motorola 公司的 M6805 系列机、Microchip 公司的 PIC 系列和 ATMEL 公司的 AT89 系列机等。

由于 8 位机应用十分广泛，也是广大工程技术人员学习和应用单片机技术的基本机型。

（三）16 位单片机

16 位单片机是在 1983 年以后发展起来的。这类单片机的特点是：CPU 为 16 位，运算速度普遍高于 8 位机，有的单片机的寻址能力高达 1MB，片内含有 A/D 和 D/A 转换电路，支持高级语言等。16 位单片机主要用于过程控制、智能仪器仪表、家用电器、智能控制器以及 8 位单片机不能满足技术要求的场合。典型产品有 Intel 公司的 MCS-96/98 系列机、Motorola 公司的 M68HC16 系列机、NS 公司的 HPC 系列机等。

（四）32 位单片机

32 位单片机的字长为 32 位，是目前单片机的顶级产品，具有极高的运算速度。近年来，随着微电子技术的快速发展，32 位单片机的市场前景看好。这类单片机的代表产品有 Motorola 公司的 M68300 系列机、英国 Inmos 公司的 IM-ST414 和日立公司的 SH 系列机等。

第三节 单片机技术的发展趋势

随着微电子技术的迅速发展，目前各个公司研制出了能够适用各种应用领域的单片机，高性能单片机芯片市场也异常活跃。由于采用新技术，使单片机的种类、性能不断提高，应用领域迅速扩大。如 ATMEL 公司开发的 AT89 C51 芯片，片内含有 4KB Flash 存储器；AT89C51FA 芯片，片内有 8KB Flash 存储器；AT89C51FB 片内含 16KB Flash 存储器。凌阳公司推出的 SPCE061A 芯片，片内有 32KB Flash 存储器，2KB RAM。使得片内可储存的程序量增加，控制能力增强。单片机性能的提高和改进归纳起来有以下几个方面。

（一）CPU 的改进

（1）采用双 CPU 结构，提高了芯片的处理能力，如 Rockwell 公司的 R6500-21 和 R65C29 单片机均采用双 CPU 结构，大大提高了系统的处理能力。

（2）增加数据总线宽度，提高数据处理能力，从 8 位、16 位到 32 位。

（3）采用流水线结构，类似于高性能的微处理器，提高了运行速度，能够实现简单的 DSP 功能，适合于作数字信号处理。

（4）串行总线结构，将外部数据总线改为串行传送方式，提高了系统的可靠性。

（二）存储器的发展

（1）增大片内存储器容量，有利于提高系统的可靠性。

(2) 片内采用 E²PROM 和 Flash, 可在线编程, 读/写更方便, 可对某些需要保留的数据和参数长期保存。提高了单片机的可靠性和实用性, 如 AT89C51、SPCE061A 等单片机。

(3) 采用编程加密技术, 可更好地保护知识产权。开发者希望软件不被复制、破译, 可以利用编程加密位或 ROM 加锁方式, 达到程序保密的目的。

(三) 内部资源增多

单片机内部资源通常由其片内功能体现出来。单片机片内资源越丰富, 用它构成的单片机控制系统的硬件开销就越少, 产品的体积就越小, 可靠性就越高。近年来, 世界各大半导体厂商热衷于开发增强型 8 位单片机, 这类增强型单片机不仅可以把 CPU、RAM、ROM、定时器/计数器、I/O 接口和中断系统等电路集成进片内, 而且片内新增了 A/D 转换器、D/A 转换器, 监视定时器、DMA 通道和总线接口等, 有些厂家还把晶振和 LCD 驱动电路也集成到芯片之中。所有这些都有力地拓宽了 8 位单片机的应用领域。

(四) I/O 接口形式增多、性能提高

(1) 增加驱动能力, 减少了外围驱动芯片的使用, 直接驱动 LED、LCD 显示器等, 简化了系统设计, 降低厂系统成本。

(2) 增加了异步串行通信 I²C, 提高了单片机系统的灵活性。

(3) 增加了逻辑操作功能, 具有位寻址操作, 增强了操作和控制的灵活性。

(4) 带有 A/D、D/A 转换器, 可直接对模拟量信号输入和输出。

(5) 并行 I/O 端口设置灵活, 可以利用指令将端口的任一位设置为输入、输出、上拉、下拉和悬浮等状态。

(6) 带有 PWM 输出, 直接驱动控制小型直流电机调速, 大大方便了使用。

(五) 引脚的多功能化

随着芯片内部功能的增强和资源的丰富, 单片机芯片所需引脚数也会相应增多, 这是难以避免的。例如, 一个能寻址 1MB 存储空间的 8 位单片机需要 20 条地址线和 8 条数据线。太多的引脚不仅会增加制造时的困难, 而且会使芯片的集成度大为减少, 为了减少引脚数量和提高应用灵活性, 单片机普遍采用了管脚复用的设计方案。

(六) 低电压和低功耗

在许多应用场合, 单片机不仅要体积小, 而且还需要低电压、低功耗。因此, 制造单片机时普遍采用 CMOS 工艺, 并设有空闲和掉电两种工作方式。例如, 美国 Microchip 公司的 PIC6C5X 系列单片机正常工作电流为 2mA, 空用方式 (3V32MHz 下为 15 μ A, 待命工作状态 (2.5V 电源电压) 下为 0.6 μ A, 采用干电池供电十分方便。

随着微电子技术的不断发展, 单片机正朝着高集成度、低能耗、低电压、多功能的方向发展。

第四节 单片机的应用领域

由于单片机体积小、价格低、可靠性高、适用面宽、有其本身的指令系统等诸多优势, 在各个领域、各个行业都得到了广泛应用。单片机的应用领域可归纳为以下几个方面。

(一) 机电一体化

机电一体化是机械设备发展的方向, 用单片机代替常规的逻辑顺序控制, 简化了机械结

构设计,提高了控制性能,更重要的是实现了产品智能化。当前的许多产品,如数控车床、机械手等都采用了这种方式。最典型的机电一体化产品是机器人,它的每个关节或动作部位都是由一个单片机系统控制的。

(二) 集散数据采集系统

在实时控制系统中,要求数据采集具有较好的同步性和实时性,若采用单个计算机顺序采集,则存在采集不同步、实时性差等缺点,以致造成计算、处理上的误差,引起分析统计困难。使用单片机作为系统的前端采集单元,由主控计算机发出同步采集命令,当采集完成后,将采集到的数据再逐一传送到主机中进行处理,保证了同步数据采集,如气象部门、供电系统、自来水管网、过程控制等均可采用集散数据采集与控制系统。

(三) 分布式控制系统

通常分布式控制系统采用模块化设计,而单片机正是某些模块的控制中心,如生产线、过程控制、遥测遥感控制系统。

(四) 智能仪器仪表

单片机的应用使仪器仪表的智能化程度越来越高,如自动计费电度表、燃气表等。许多工业仪表中的智能流量计、气体分析仪、成分分析仪等均采用了单片机作为控制单元。在各种检测仪器仪表中,单片机的应用更加广泛,如多功能信号发生器、智能电压电流测试仪、医疗器械、检测仪器等。

第五节 MCS-51 系列的单片机

Intel 公司在 20 世纪 80 年代初发布了 MCS-51 系列的单片机,用于取代先前功能简单的 8048 和 8049 微控制器,其代表的芯片包括 8051、8052、8751、8752 等,这些统称为 51 系列单片机。

其硬件结构有以下特点:

(1) 内部程序存储器 (ROM) 与内部数据存储器 (RAM) 容量较大。

MCS-51 的内部 ROM 大小为 4KB,其类型为掩模 ROM;内部 RAM 容量为 128B。此外,系统没有配置 EPROM 存储区。

(2) I/O 端口数量和种类较多且齐全。

MCS-51 单片机共有 32 个 I/O 端口,按 8 位分组定义为 P0、P1、P2 和 P3。

P0 端口由一个锁存器、两个三态输入缓冲器以及控制电路和驱动电路组成。它是一个真正双向端口。当 P0 端口输出地址/数据时,控制信号为“1”,当 P0 端口仅作为通用的 I/O 端口使用时,控制信号为“0”。

P1 端口是一个准双向端口。当它用作通用 I/O 端口时,内部利用上拉电阻与电源相连,不必单独外接上拉电阻;当它用作输入端口时,必须向对应的锁存器写入信号“1”。

P2 端口也是一个准双向端口。当系统中有片外存储器时,P2 端口输出高 8 位地址;当系统将 P2 端口作为通用 I/O 口使用时,必须向对应的锁存器写入信号“1”。

P3 端口是一个双功能端口。它既可以作通用 I/O 端口使用,又具有第二功能。若 P3 端口用作通用 I/O 端口,它类似于一个准双向端口;若 P3 端口工作在第二功能,相应的锁存器和选择输出功能端都应置“1”。

(3) 可寻址外部程序存储器和外部数据存储器。

MCS-51 单片机可寻址 64KB 的外部数据存储器, 且寻址能力不受芯片型号的影响, 但程序存储器的内部与外部总的空间限制在 64KB。

(4) 系统中断。

MCS-51 单片机定义了 5 个中断源, 并设定两个优先级, 中断源的优先级是可编程的, 此外, 服务于程序和系统中断的堆栈位置也是可编程的, 堆栈深度可达 128B。

(5) MCS-51 的指令集。

MCS-51 的指令集功能十分强大, 除了最基本的指令集外, 还包括了减法、乘法、除法、比较、堆栈操作(压栈与弹栈)和多种位操作指令。当振荡器频率达 12MHz 时, 大部分指令执行时间为 1 μ s, 少部分为 2 μ s, 乘除指令的执行时间只有 4 μ s。

第六节 51 系列单片机的基本开发

单片机应用系统是指以单片机为核心, 配以一定的外围电路和软件, 能实现某种或几种功能的应用系统。它由硬件部分和软件部分组成。一个单片机应用系统经过预研、总体设计、硬件设计、软件设计、制板、元器件安装后, 在系统的程序存储器中输入编制好的应用程序, 系统即可运行。但一次性成功几乎是不可能的, 多少会出现一些硬件、软件上的错误, 这就需要通过调试来发现并加以改正。由于单片机在执行程序时人工是无法控制的, 为了能调试程序, 检查硬件、软件运行状态, 就必须借助某种开发工具模拟用户实际使用的单片机, 并且能随时观察运行的中间过程而不受运行中原有的数据性能和结果的影响, 从而模仿现场的真实调试。

系统调试是开发过程中的一个重要环节。当完成了系统的软、硬件设计, 在硬件组装完成之后, 便可进入系统调试阶段。系统调试的目的是要查出用户系统中硬件设计与软件设计中存在的缺陷及可能出现的不协调问题, 以便进一步完善设计, 使系统正常工作。在方案设计阶段就要考虑系统调试问题, 如采取什么方法调试, 使用何种测试仪器等, 以便在方案设计时将必要的调试方法综合到软、硬件设计中, 提早做好调试准备工作。系统调试包括软件调试、硬件调试及系统联调。根据调试环境不同, 系统调试可分为模拟调试与现场调试。各种调试所起的作用不同, 所处的时段也不一样, 但目标是一致的, 都是为了查出系统中潜在的错误, 提高可靠性, 完善系统功能。

一、硬件系统开发

硬件系统的最终结果是推向市场的实际产品, 其开发包括器件选用、电路原理设计、电路制版和最终的产品外观设计。作为一名系统开发者, 主要关注的是电路原理设计和电路制版。器件选用一般需要依靠经验, 并依据具体产品的成本要求进行选择, 产品外观设计则由专门的负责人员完成。

需要准备的硬件如下: 可对 51 单片机芯片编程的编程器一个, 用于硬件实验的实验板一块。如果有条件, 还可以再准备一台仿真器, 它会给你的学习带来很大的方便。编程器和仿真器有很多种类可供选择。编程器的价格从数百元到数千元不等, 仿真器的品种也很多、从千元以下的入门级产品一直到数千元甚至上万元的高档产品均有销售, 可以根据自身的经济条件选择。