

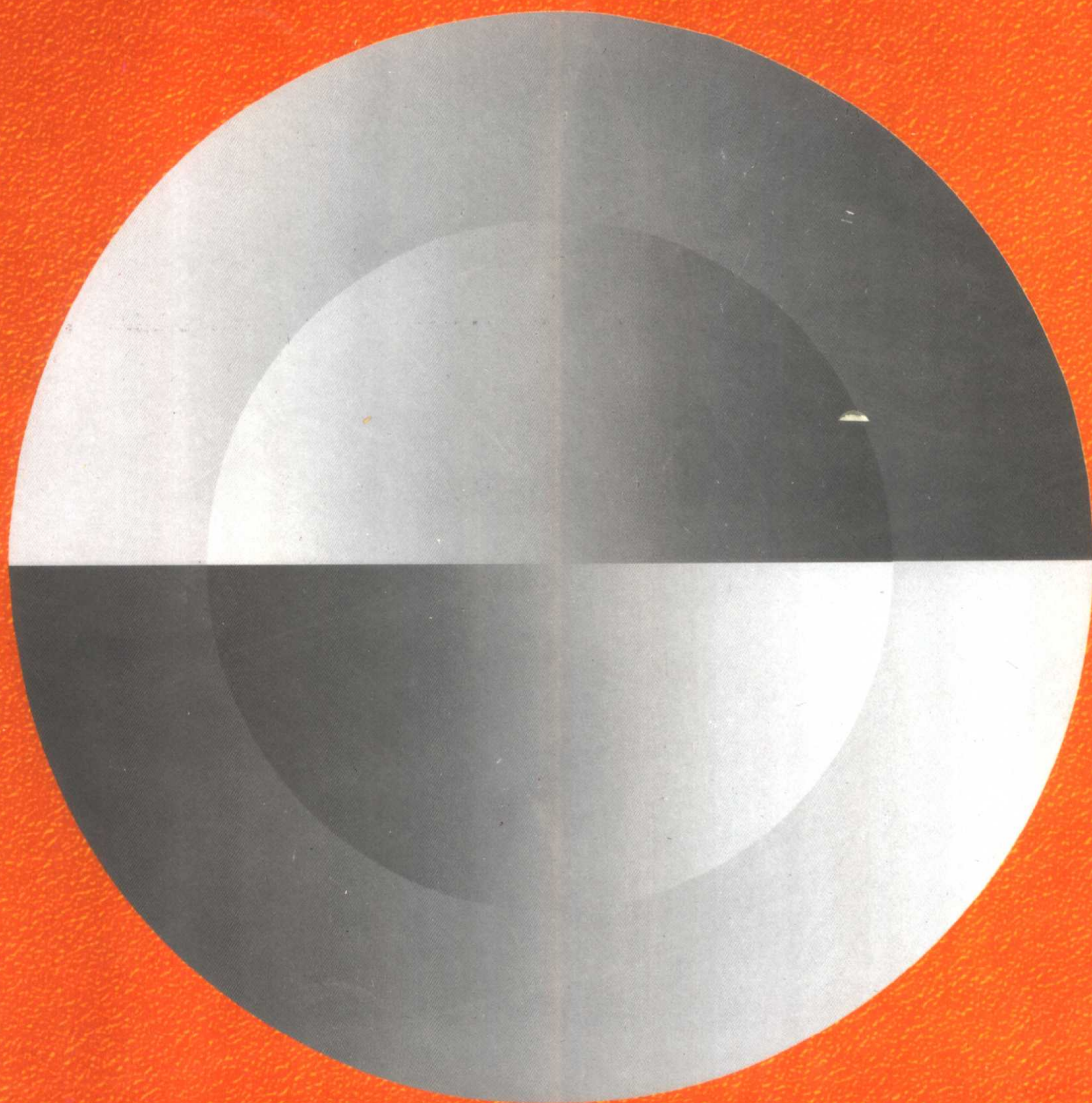
单片微型计算机

原理、应用及接口技术

(第2版)

张迎新 等 编著

国防工业出版社 <http://www.ndip.cn>



内 容 简 介

本书根据《单片微型计算机原理、应用及接口技术》近 10 年教学实践的反馈信息,及单片机技术与产品的最新发展修订而成,既保持了原书的风貌,又以新型单片机和技术更换了一些陈旧内容,同时增加了目前比较流行和实用的较丰富的应用实例。

本书介绍了单片机的硬件结构、工作原理、指令系统、汇编语言程序设计、接口技术、中断系统及单片机应用等内容。在各章中对关键性内容都结合实例予以说明,同时还安排了大量思考题和习题,以利于读者检查和巩固所学内容。

本书语言简洁,讲解深入浅出,编排合理,例题丰富,适于自学和教学,既可作为大专院校单片机课程教材,也可作为科技人员学习开发单片机的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

单片微型计算机原理、应用及接口技术/张迎新等编
著. —2 版. —北京:国防工业出版社,2004.1
ISBN 7-118-03254-9

I. 单... II. 张... III. 单片微型计算机—基本知识
IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 081445 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)

北京奥隆印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 23 3/4 544 千字

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月北京第 1 次印刷

印数:1—5000 册 定价:30.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

前 言

《单片微型计算机原理、应用及接口技术》是国防工业出版社于 1993 年 12 月出版的,本书自出版以来受到了广大读者的欢迎,至今已印刷 7 次。由于本书出版已近 10 年时间,在此期间单片机技术有了很大的发展,原书有些内容已经过时,例如书中所选用的 MCS-51 等系列芯片,Intel 公司多年前就已经不生产了。同时本书在使用过程中也得到不少读者的宝贵意见和建议。为此,作者对原书又进行了仔细审查,参考了读者的反馈意见,并结合单片机的最新发展对其进行了修订。在修订时,对原书内容作了多处改进,同时还增加了目前比较流行和实用的单片机应用系统实例,例如,PC 机与单片机的通信、数字温度计的测量系统、图形液晶显示器的应用、语音芯片的应用等。

由于以 80C51 为内核的单片机系列目前在世界上生产量最大,派生产品最多,可以满足大多数用户的需要,而且有些 16 位机,如 80C251 和 80C51XA 等系列也是以 80C51 向上兼容的;另外,随着硬件的发展,80C51 软件工具也取得很大发展,80C51 系列已形成从低到高的不同档次、价格合理的开发装置。因此,80C51 系列单片机成为单片机教学的首选机型。基于这种情况,本书在介绍单片机时,是以 80C51 系列为例进行讲述的。而在介绍具体型号时又选用了美国 Atmel 公司的 AT89 系列产品。该系列由于其显著的特点(详见第 1 章),很快在单片机市场脱颖而出,占据了较大份额。AT89 系列单片机的成功使得几个著名的半导体厂家也相继生产了类似的产品,例如,Philips 的 P89 系列、美国 SST 公司的 SST89 系列等,后来人们就简称这一类产品为 89 系列单片机,它实际上还是属于 80C51 系列。因而本书的单片机芯片实例将采用 Atmel 公司的产品,在作一般共性介绍时还是用 80C51 作代表。

本书除了第 4 章~第 8 章变化不大,其余章节都有不同程度的改进。在第 3 章以 AT89 系列单片机代替 MCS-51 系列进行介绍,增加了对定时器 2 等的介绍。在第 9 章增加了串行总线接口的扩展方法,并增加了详细的应用实例。对第 11 章进行的改动最大,几乎所有的例题都是新加的。为了能给读者较多的应用实例和方法,同时又不至于使篇幅过长,在举例时对于最关键和核心的内容尽量讲透,其它内容点到为止。所增加的应用例题中对典型芯片例如 X5043/45、DS1302、AT24XX、DS1820 等都作了较详细的介绍,使读者能较快地把它应用于实际。

由于目前用 16 位单片机的人较少,为压缩篇幅删掉了原版中的第 12 章。

本书是作者多年教学和科研的积累,同时为了使本书的内容更加丰富和完整,书中也参考了其它图书的材料(主要来源见参考文献),引用了部分公司(如 Philips Semiconductors and Electronics North America Corporation, Atmel Corporation, Dallas Semiconductor Corporation, ISD Company, Xicor Inc., 中青世纪公司等)的手册、资料及网页内容。在此,对有关作者与公司表示衷心感谢。

本书由张迎新担任主编,雷道振编写了第1、第2、第3章,陈胜编写了第7章和11.8节,杨遂来编写了第5章,刘石明编写了第11章的11.7,11.11节,迟明华编写了第11章的11.10节,其余由张迎新编写。

刘石明、姚静波、樊桂花、王盛军、迟明华等对本书的编写提出了很好的修改意见,并对部分章节进行了审查。迟明华还参加了部分程序的调试并画了部分插图,在此一并表示衷心感谢。

由于作者水平有限,书中的错误与不妥之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 概述	1	3.3.2 数据存储器	31
1.1 计算机的发展	1	3.3.3 专用寄存器 SFR	32
1.2 单片机的发展概况	2	3.4 输入/输出端口结构	37
1.2.1 单片机的发展历史	3	3.4.1 P0 口	37
1.2.2 单片机的发展趋势	4	3.4.2 P1 口	38
1.3 单片机的特点及应用	5	3.4.3 P2 口	39
1.3.1 单片机的组成及特点	5	3.4.4 P3 口	39
1.3.2 单片机的分类	6	3.4.5 端口负载能力和接口要求	40
1.3.3 单片机的应用	6	3.5 CPU 时序及时钟电路	41
第2章 计算机基础知识	8	3.5.1 CPU 时序及有关概念	41
2.1 数制与编码	8	3.5.2 80C51 的指令时序	42
2.1.1 数制	8	3.5.3 振荡器和时钟电路	43
2.1.2 计算机中有符号数的表示及运算	9	3.6 复位和复位电路	44
2.1.3 二进制编码	11	3.6.1 内部复位信号的产生	44
2.2 计算机的基本组成电路	12	3.6.2 复位状态	45
2.2.1 常用逻辑电路	12	3.6.3 外部复位电路设计	45
2.2.2 触发器	13	3.7 89 系列单片机的低功耗方式	46
2.2.3 寄存器	14	3.7.1 电源控制寄存器 PCON	46
2.3 存储器	17	3.7.2 待机方式	47
2.3.1 名词介绍	17	3.7.3 掉电方式	47
2.3.2 存储器的分类	18	思考与练习	48
2.3.3 存储器的寻址原理	20	第4章 指令系统	49
思考与练习	21	4.1 指令系统简介	49
第3章 单片机结构及原理	22	4.2 寻址方式	50
3.1 单片机结构	22	4.2.1 符号注释	50
3.1.1 单片机组成及结构	22	4.2.2 寻址方式	51
3.1.2 引脚定义及功能	24	4.3 数据传送类指令	56
3.2 单片机的工作原理	26	4.3.1 内部 RAM 数据传送指令	56
3.2.1 指令与程序概述	27	4.3.2 外部数据传送指令	57
3.2.2 CPU 的工作原理	27	4.3.3 查表指令	58
3.2.3 单片机执行程序过程	28	4.3.4 栈操作指令	59
3.3 存储器	30	4.3.5 交换指令	60
3.3.1 程序存储器	30		

4.3.6 传送指令举例	61	5.3.1 分支程序设计综述	89
4.4 算术运算类指令	61	5.3.2 无条件/条件转移程序	89
4.4.1 加法指令	62	5.3.3 散转程序设计	90
4.4.2 带进位加法指令	62	5.4 查表程序设计	93
4.4.3 带借位减法指令	63	5.4.1 查表程序综述	94
4.4.4 乘法指令	63	5.4.2 规则变量的查表程序 设计	94
4.4.5 除法指令	64	5.4.3 非规则变量的查表程序 设计	96
4.4.6 加1指令	64	5.5 子程序设计	97
4.4.7 减1指令	64	5.5.1 子程序结构与设计注意 事项	97
4.4.8 十进制调整指令	64	5.5.2 子程序的调用与返回	98
4.4.9 算术运算指令举例	66	5.5.3 子程序嵌套	98
4.5 逻辑操作类指令	66	5.5.4 子程序设计	99
4.5.1 逻辑与指令	67	5.6 综合编程举例	101
4.5.2 逻辑或指令	67	5.6.1 代码转换类程序	101
4.5.3 逻辑异或指令	67	5.6.2 运算类程序	102
4.5.4 循环移位指令	68	5.6.3 常用 I/O 端口程序	107
4.5.5 取反指令	68	思考与练习	109
4.5.6 清0指令	68	第6章 定时/计数器	111
4.5.7 逻辑运算指令举例	69	6.1 定时/计数器概述	111
4.6 控制转移类指令	69	6.1.1 定时/计数器的结构	111
4.6.1 无条件转移指令	69	6.1.2 定时/计数器的原理	112
4.6.2 条件转移指令	70	6.2 定时/计数器的控制方法	112
4.6.3 间接转移指令	71	6.2.1 定时/计数器方式寄存器 TMOD	112
4.6.4 调用子程序及返回指令	71	6.2.2 定时/计数器控制寄存器 TCON	113
4.6.5 空操作指令	72	6.2.3 定时/计数器的初始化	114
4.6.6 程序控制类指令举例	72	6.3 定时/计数器 T0、T1 的工作 方式	114
4.7 位操作类指令	73	6.3.1 方式0	115
4.7.1 位数据传送指令	73	6.3.2 方式1	115
4.7.2 位修正指令	74	6.3.3 方式2	115
4.7.3 位逻辑运算指令	74	6.3.4 方式3	116
4.7.4 判位转移指令	74	6.4 定时器 T0、T1 应用举例	117
4.7.5 位操作类指令举例	75	6.4.1 方式0、方式1的应用	117
思考与练习	76	6.4.2 方式2的应用	119
第5章 汇编语言程序设计	80	6.4.3 门控位的应用	120
5.1 概述	80	6.5 定时/计数器 T2	121
5.1.1 程序设计语言	80	6.5.1 T2 的控制寄存器	
5.1.2 汇编语言的规范	81		
5.1.3 汇编语言程序设计步骤	84		
5.2 顺序与循环程序设计	84		
5.2.1 顺序程序设计	84		
5.2.2 循环程序设计	86		
5.3 分支程序设计	89		

T2CON	122	8.1.2 引进中断技术的优点	144
6.5.2 T2 的方式控制寄存器		8.1.3 中断源	145
T2MOD	122	8.1.4 中断系统的功能	145
6.5.3 T2 的工作方式	123	8.2 中断系统	146
6.5.4 应用例题	125	8.2.1 中断源及中断入口	147
6.6 定时器 T3——WDT 监视定		8.2.2 中断请求标志	148
时器	126	8.2.3 中断允许控制	149
思考与练习	126	8.2.4 中断优先级设定	150
第 7 章 串行接口	128	8.3 中断处理过程	151
7.1 串行通信概述	128	8.3.1 中断响应	151
7.1.1 同步通信和异步通信		8.3.2 中断处理	152
方式	128	8.3.3 中断返回	152
7.1.2 串行通信的数据传送		8.3.4 中断请求的撤除	153
速率	129	8.3.5 中断响应时间	154
7.1.3 串行通信的制式	129	8.4 扩充外中断源	154
7.1.4 信号的调制与解调	130	8.4.1 利用定时器扩展外中断	
7.1.5 通信协议	130	源法	154
7.2 80C51 串行口简介	130	8.4.2 中断和查询结合法	155
7.2.1 串行口结构与工作		8.5 中断系统的应用	156
原理	130	思考与练习	168
7.2.2 80C51 的帧格式	131	第 9 章 单片机系统扩展	169
7.2.3 串行口控制寄存器		9.1 系统扩展概述	169
SCON	131	9.1.1 单片机的外部扩展	
7.3 波特率设计	132	总线	169
7.3.1 方式 0 和方式 2 的波		9.1.2 系统扩展常用芯片	170
特率	133	9.1.3 系统扩展的寻址方法	173
7.3.2 方式 1 和方式 3 的波		9.2 存储器的扩展	174
特率	133	9.2.1 程序存储器扩展概述	175
7.4 串行通信工作方式	134	9.2.2 数据存储器扩展概述	175
7.4.1 方式 0	134	9.2.3 存储器扩展举例	176
7.4.2 方式 1	135	9.2.4 超大容量存储器的	
7.4.3 方式 2	135	扩展	177
7.4.4 方式 3	136	9.3 并行 I/O 接口的扩展	178
7.4.5 多机通信	136	9.3.1 简单的 I/O 扩展	178
7.5 串行口应用举例	137	9.3.2 可编程 I/O 接口电路的	
7.5.1 用串行口扩展 I/O 口	137	扩展	179
7.5.2 用串行口进行异步		9.4 串行总线扩展	189
通信	139	9.4.1 I ² C 总线	190
思考与练习	143	9.4.2 SPI 串行总线	191
第 8 章 中断系统	144	9.5 串行 EEPROM 应用	
8.1 概述	144	实例	193
8.1.1 中断的概念	144	9.5.1 AT24CXX 系列 EEPROM	

简介	194	10.5.2 D/A 转换器的主要技术 指标	240
9.5.2 存储器结构及引脚功能 说明	194	10.5.3 典型 D/A 转换器及 接口	240
9.5.3 传输时序	195	10.6 模/数转换接口	244
9.5.4 芯片及存储单元寻址	196	10.6.1 模/数转换的主要技术 指标	245
9.5.5 写操作过程	197	10.6.2 逐次逼近式 A/D 转 换器	246
9.5.6 读操作过程	198	10.6.3 双积分 ADC 电路	253
9.5.7 EEPROM 的接口实例	200	10.7 打印机接口	261
思考与练习	205	10.7.1 TP μ P-40A 主要技术性能及 接口要求	261
第 10 章 接口技术	206	10.7.2 字符代码及打印命令	262
10.1 键盘接口	206	10.7.3 TP μ P-40A/16A 与单片机 接口	264
10.1.1 键盘工作原理	206	10.7.4 打印程序实例	264
10.1.2 独立式按键	207	思考与练习	265
10.1.3 行列式键盘	209	第 11 章 单片机应用系统的设计与 开发	267
10.2 显示器接口	213	11.1 应用系统研制过程	267
10.2.1 LED 显示器的结构与 原理	213	11.1.1 总体设计	267
10.2.2 LED 静态显示接口	215	11.1.2 硬件设计	268
10.2.3 LED 动态显示接口	216	11.1.3 软件设计	271
10.2.4 液晶显示器 LCD 的应用 技术	219	11.2 开发工具和开发方法	274
10.3 单片机应用系统中的键盘、 显示接口电路	224	11.2.1 单片机仿真开发系统的 功能	275
10.3.1 并行口扩展的键盘、显示接口 电路	224	11.2.2 单片机应用系统的 调试	278
10.3.2 串行口扩展的键盘、显示接口 电路	225	11.3 单片机管理的水位控制 系统	280
10.4 可编程键盘、显示器接口—— Intel 8279	228	11.3.1 题目分析	280
10.4.1 8279 电路工作原理	228	11.3.2 硬件设计	280
10.4.2 管脚与引线功能	230	11.3.3 软件设计	281
10.4.3 8279 的工作方式	231	11.4 压力数据采集监测系统	282
10.4.4 命令格式与命令字	232	11.4.1 题目分析	282
10.4.5 状态格式与状态字	236	11.4.2 硬件设计电路	282
10.4.6 8279 的数据输入/ 输出	236	11.4.3 软件设计	283
10.4.7 8279 的内部译码与外部 译码	236	11.5 单片机用于步进电机的 控制	288
10.4.8 8279 与 80C51、键盘/显示器的 接口及编程方法	237	11.5.1 步进电机的工作原理	288
10.5 数/模转换接口	238	11.5.2 步进电机的控制方法	288
10.5.1 DAC 电路原理	239		

11.5.3 步进电机应用举例	289	11.9.1 时钟/日历芯片 DS12887 及其应用	326
11.6 图形点阵液晶显示器与单片机的接口与应用	293	11.9.2 串行实时时钟芯片 DS1302 及应用	334
11.6.1 LM-12232 图形点阵液晶显示器简介	294	11.10 语音芯片与单片机的接口与应用	341
11.6.2 SED1520 功能介绍	295	11.10.1 ISD 系列语音产品简介	341
11.6.3 图形点阵液晶显示模块与单片机的接口	297	11.10.2 引脚功能	342
11.6.4 图形点阵液晶显示模块与单片机接口的软件	298	11.10.3 寻址方法	343
11.7 数字温度传感器与单片机的接口及编程	307	11.10.4 操作模式及应用	344
11.7.1 DS1820 简介	308	11.10.5 ISD 器件应用举例	345
11.7.2 DS1820 的引脚名称及作用	308	11.10.6 ISD1420T 语音开发录放实验板	348
11.7.3 DS1820 的操作命令	308	11.11 复位监测芯片 X5043/45 及其应用	349
11.7.4 DS1820 的工作时序	310	11.11.1 X5043/45 简介	349
11.7.5 温度测量结果的换算	311	11.11.2 引脚介绍	349
11.7.6 DS1820 与单片机的硬件接口及编程	311	11.11.3 操作指令	350
11.8 PC 机与单片机间的串行通信设计	314	11.11.4 操作时序	351
11.8.1 RS-232C 标准接口	315	11.11.5 应用实例	352
11.8.2 单片机与 PC 机之间的电平转换芯片	315	思考与练习	357
11.8.3 PC 机与单片机串行通信应用实例	316	附录 1 80C51 指令表	358
11.8.4 采用 RS-422A 标准的通信系统	324	附录 2 89 系列单片机部分产品选型指南	362
11.9 日历/时钟与单片机的接口与应用	326	附录 3 常用芯片引脚图	364
		附录 4 二进制逻辑单元图形符号对照表	366
		参考文献	367

第 1 章 概 述

1.1 计算机的发展

近年来,计算机技术的迅猛发展,使得计算机在工业、农业、国防科研及日常生活的各个领域均显示了日益旺盛的生命力。它已成为各国工业发展水平的主要标志之一,是发展新技术、改造老技术的强有力的武器。计算机使人类面临着新的科学技术和工业革命,它的作用远远超过了蒸汽机和电的出现而产生的工业革命。计算机的生产、推广和应用已成为我国四个现代化的战略产业。

世界上公认的第 1 台电子计算机是 1946 年由美国宾夕法尼亚大学研制出来的,这台计算机字长为 12 位,运算速度为 5 000 次/s,使用 18 800 个电子管,1 500 个继电器,占地面积为 150m²,重量达 30 000kg,耗电 140kW,其造价为 100 多万美元。在今天看来,这台计算机既昂贵又笨重,功能也不强,但它却是引起 20 世纪工业革命的先驱。此后的 50 多年,计算机的发展日新月异,至今已经历了 4 代的发展。

第 1 代是电子管计算机,其发展年代大约为 1946 年—1958 年。此时计算机的逻辑元件采用电子管;主存储器采用磁鼓、磁心;外存储器已开始采用磁带;软件主要用机器语言编制程序,后期逐步发展了汇编语言。当时计算机主要用于科学计算。

第 2 代是晶体管计算机,其发展年代大约为 1958 年—1964 年。计算机的逻辑元件为晶体管。主存储器仍用磁心,外存储器已开始使用磁盘。软件开始有很大发展,出现了各种高级语言及编译程序。此时计算机的应用已发展至各种事务的数据处理,并开始用于工业控制。

第 3 代是集成电路计算机,其发展年代大约为 1964 年—1971 年。此时的计算机,逻辑元件已开始采用小规模和中规模的集成电路(即所谓的 SSI 和 MSI)。主存储器仍以磁心为主。软件方面已出现了分时操作系统,会话式的高级语言也有相当的发展。计算机的应用范围也日益扩大,小型计算机已开始用于企事业管理与工业控制。

第 4 代是大规模集成电路计算机,是从 1971 年后发展起来的,所谓大规模集成电路 LSI(Large Scale Integration),是指在单片硅片上可以集成 1 千个以上晶体管的集成电路。目前一般可集成 10 万个左右,最多可集成 1 亿个。此时开始采用半导体存储器。由于 LSI 和 VLSI 的体积小、耗能少、可靠性高,因而促使计算机以更快的速度发展。

从计算机的发展历史可以看出,每一次逻辑元件的变更都使计算机的性能得到一次飞跃,再加上硬件结构和软件技术的不断改进,使得 50 年来,计算机的性能价格比提高了千万倍,这主要体现在速度、存储容量大幅提高,而体积急剧缩小,软件性能也大大提高但价格却一再下降。目前,在世界各行业中,发展速度最快的要首推计算机行业,这和社会对它的需求是分不开的。

正是由于社会的需求和发展,计算机也在不断革新和发展着,它促使每一代又派生出大小不一、花样繁多的各种类型的计算机。如果按计算机的规模、性能、用途和价格来分类,可分为巨、大、中、小、微型计算机。近年来,计算机的发展趋势是:一方面向着高速、智能化的超级巨型机的方向发展;另一方面向着微型机的方向发展。

巨型计算机主要用于大型科学研究和实验以及超高速数学计算。它的研制水平标志着一个国家的科学技术和工业发展的程度,象征一个国家的实力。

巨型计算机的作用是世所公认的,但在微型计算机(Micro Computer,简称微机,即大家所熟知的 PC 机,也称为通用计算机)问世之前,计算机还只限于少数科技人员用于进行数学计算。微型机的诞生揭开了计算机神秘的面纱。微型计算机与巨、大、中、小型机的区别,主要是其中央处理器 CPU(Central Processing Unit)是集成在一个小硅片上,而巨、大、中、小型计算机的 CPU 则是由相当多的电路组成的。为了与巨、大、中、小型计算机的 CPU 相区别,也可称微型机的 CPU 为微处理器 MPU(Micro Processing Unit 和 Micro Processor)。除此之外,因为微型机充分利用了大规模和超大规模集成电路工艺,所以体积小、成本低、容易掌握,加之其适用面广,除了可用于一般的计算、管理之外,还适用于工业控制等领域。因此,自 20 世纪 70 年代微型计算机诞生之后,就把计算机的应用推向了全社会。PC 机的普及已渗透到各个领域,它对于社会生产力的发展和人类生活的改变已经、正在、将要起到极大的促进作用。

为适应社会发展的需要,20 多年来,微型机不断地更新换代,新产品层出不穷。在微机的大家族中,近年来单片微型计算机(以下简称单片机)异军突起,发展极为迅速。从 1976 年开始至今不到 30 年的时间里,单片机的数量、功能扶摇直上。据统计,20 世纪 90 年代全世界每 6 人就有一片单片机,预计现在世界范围内人均单片机的数量早就超过一块。

单片机也被称作“单片微型计算机”、“微控制器”、“嵌入式微控制器”,单片机一词最初源于“Single Chip Microcomputer”,简称 SCM。在单片机诞生时,SCM 是一个准确的、流行的称谓,“单片机”一词准确地表达了这一概念。随着 SCM 在技术上、体系结构上不断扩展其控制功能,已不能用单片微型计算机来准确表达其内涵。国际上逐渐采用“MCU”(Micro Controller Unit)来代替,形成了单片机界公认的、最终统一的名词。为了与国际接轨,以后应将中文“单片机”一词和“MCU”惟一对应翻译。在国内因为单片机一词已约定俗成,故而可继续沿用。

目前单片机已成为工业控制、尖端武器、日常生活中最广泛使用的计算机,因而对广大理工科高等院校的学生和科技人员来说,学习和掌握单片机原理及应用已是刻不容缓的事情了。

1.2 单片机的发展概况

单片机作为微型计算机的一个重要分支,应用面很广,发展很快。自单片机诞生至今的近 30 年中,其已发展为上百种系列的近千个机种。

1.2.1 单片机的发展历史

如果将 8 位单片机的推出作为起点,那么,单片机的发展历史大致可分为以下几个阶段:

第 1 阶段(1976—1978):单片机的探索阶段,以 Intel 公司的 MCS-48 为代表。MCS-48 的推出是在工控领域的探索,参与这一探索的公司还有 Motorola, Zilog 等,都取得了满意的效果。这就是 SCM 的诞生年代,单片机一词即由此而来。

第 2 阶段(1978—1982):单片机完善阶段。Intel 公司在 MCS-48 基础上推出了完善的、典型的 MCS-51 单片机系列。它在以下几个方面奠定了典型的通用总线型单片机体系结构。

- (1) 完善的外部总线。设置了经典的 8 位单片机的总线结构。
- (2) CPU 外围功能单元的集中管理模式。
- (3) 体现工控特性的位地址空间、位操作方式。
- (4) 指令系统趋于丰富和完善,并且增加了许多突出控制功能的指令。

第 3 阶段(1982—1990):8 位单片机巩固发展及 16 位单片机推出阶段,也是向微控制器发展的阶段。Intel 公司推出的 MCS-96 系列单片机中,将一些用于测控系统的模数转换器、程序运行监视器、脉宽调制器等纳入片中,体现了单片机的微控制器特征。

第 4 阶段(1990—1995):微控制器的全面发展阶段。随着单片机在各个领域全面深入地发展和应用,出现了高速、大寻址范围、强运算能力的 8 位、16 位、32 位通用型单片机,以及小型廉价的专用型单片机。

第 5 阶段(1995—):单片机的首创公司 Intel 将其 MCS-51 系列中的 80C51 内核使用权以专利互换或出售形式转让给世界许多著名 IC 制造厂商,如 Atmel、Philips、NEC、SST、华邦等,这些公司都在保持与 80C51 单片机兼容的基础上增强和提高了 80C51 的许多特性。这样 80C51 就变成有众多制造厂商支持的发展出上百种品种的大家族,现统称为 80C51 系列,也有人简称为 51 系列。从此作为单片机领军代表的 Intel 公司停止了单片机生产,光荣地退出了这个市场。在本书中提到的 80C51 已经不是 MCS-51 系列中的 80C51 型号单片机,而是 80C51 系列的一个统称。专家认为虽然世界上的 MCU 品种繁多,功能各异,开发装置也互不兼容,但是客观发展表明:80C51 系列单片机已成为单片机发展的主流。在单片机家族中,80C51 系列是其中的佼佼者。

1998 年以后 80C51 系列单片机又出现了一个新的分支,称为 89 系列单片机。这种单片机是由美国 Atmel 公司率先推出的,它的最突出优点是把快擦写存储器(详见 2.3 节)应用于单片机中。这使得在系统开发过程中修改程序十分容易,大大缩短了系统的开发周期。同时,在系统工作过程中,能有效地保存数据信息,即使断电也不会丢失信息。除此,AT89 系列单片机的引脚和 80C51 是一样的,所以,当用 89 系列单片机取代 80C51 时,可以直接进行代换,并且也可以不更换仿真机。

由于上述明显优点,AT89 系列单片机很快在单片机市场脱颖而出。AT89 系列单片机的成功使得几个著名的半导体厂家也相继生产了类似的产品,例如,Philips 的 P89 系列、美国 SST 公司的 SST89 系列、华邦公司的 W78 系列等。在附录 2 中有部分 89 系列产品的选型指南表。这些产品主要功能类似,但又各具特色。

后来人们就简称这一类产品为 89 系列单片机,它实际上还是属于 80C51 系列。本书在介绍具体单片机结构时选用 AT89C/S51 单片机,但在作一般共性介绍时还是用 80C51。

在此还要提醒读者注意的是很多半导体厂家并没有因为 80C51 系列的主流地位而放弃对新产品的开发和追求,上述厂家除有 80C51 系列产品之外,也有其它型号产品。此外近年刚打入我国市场的美国 TI 公司的 MSP430 系列产品,和刚引进我国的意法半导体公司的 ST 系列产品等都具有一定特色。总之单片机世界不是一枝独秀,而是百花齐放。

1.2.2 单片机的发展趋势

目前,单片机正朝着高性能和多品种方向发展,今后单片机的发展趋势将是进一步向着 CMOS 化、低功耗、小体积、大容量、高性能、低价格和外围电路内装化等几个方面发展。

下面是单片机的几种主要发展趋势:

(1) CMOS 化:近年,CMOS 技术的进步大大地促进了单片机的 CMOS 化。CMOS 芯片除了低功耗特性之外,还具有功耗的可控性,使单片机可以工作在功耗精细管理状态。CMOS 电路已达到 LSTTL 的速度,传输延迟时间小于 2ns,它的综合优势已大于 TTL 电路,因而在单片机领域 CMOS 正在逐渐取代 TTL 电路。这也是今后标准 MCU 芯片以 80C51 取代 8051 的原因。

(2) 实现低功耗管理:现在几乎所有的单片机都有待机、掉电等低功耗运行方式(详见 3.7 节)。除此,有些单片机采用了双时钟技术,即高速和低速两个时钟,在不需高速运行时,转入低速工作以减小功耗;有些单片机采用了高速时钟下的分频和低速时钟下的倍频控制运行速度,以降低功耗。低功耗化的效应不仅是功耗,而且带来了产品的高可靠性、高抗干扰能力以及产品的便携化。

(3) 大容量化:片内存储器大容量化。以往单片机内的 ROM 为 1KB~4KB, RAM 为 64B~128B,因此在需要复杂控制的场合,存储容量不够,不得不外接扩充。为了适应这种领域的要求,运用新的工艺,使片内存储器大容量化。目前,单片机内 ROM 最大可达 64KB, RAM 最大为 2KB。

(4) 高性能化:主要是指进一步改进 CPU 的性能,加快指令运算的速度和提高系统控制的可靠性。采用精简指令集(RISC)结构和流水线技术,可以大幅度提高运行速度。现指令速度最高者已达 100MIPS(Million Instruction Per Seconds,即兆指令/秒),并加强了位处理功能、中断和定时控制功能。这类单片机的运算速度比标准的单片机高出 10 倍以上。由于有极高的指令速度,就可以用软件的办法模拟其 I/O 功能,由此引入了虚拟外设的新概念。

(5) 外围电路内装化:这是单片机内部资源增加的发展方向。随着集成度的不断提高,有可能把众多的各种外围功能器件集成在片内。例如,片内集成的部件有模/数、数/模转换器、脉宽调制器 PWM、监视定时器 WDT、液晶显示驱动器电路等。

(6) 串行扩展技术:在很长一段时间里,通用型单片机通过三总线结构扩展外围器件成为单片机应用的主流结构。随着低价位 OTP(One Time Programable)及各种类型片内

程序存储器的发展,以及外围接口不断进入片内,推动了单片机“单片”应用结构的发展。特别是 I²C(Inter-Integrated Circuit)、SPI(Serial Peripheral Interface)等串行总线的引入,使单片机的引脚可以设计得更节省,使单片机系统结构更简化和规范化。

(7) 小容量、低价格:与上述相反,以 4 位、8 位机为中心的小容量、小体积、低价格也是发展动向之一。这类单片机一般是应用于简单的控制电路,例如家电和玩具产品。由于单片机的嵌入式特点,希望它的体积更小,价格更便宜,此时可通过减少它的内部资源来实现这一点,例如,减少内存,减少外部引脚,减少定时器等。有不少单片机系列具有 20 脚~28 脚封装的产品。为了减小体积有些单片机甚至把晶振、复位电路外围器件等也全部做到片内,使其成为只需加电即可工作的单片机。

随着半导体集成工艺的不断发展,单片机的集成度将更高,体积将更小,功能将更强。

1.3 单片机的特点及应用

1.3.1 单片机的组成及特点

单片机是微型机的一个主要分支,它在结构上的最大特点是把 CPU、存储器、定时器和多种输入/输出接口电路集成在一块超大规模集成电路芯片上。就其组成和功能而言,一块单片机芯片就是一台计算机。

1. 单片机的组成

图 1-1 为单片机的典型组成框图。由图可见它通过内部总线把计算机的各主要部件连接为一体,其内部总线包括地址总线、数据总线和控制总线。其中,地址总线的作用是在进行数据交换时提供地址,CPU 通过它们将地址输出到存储器或 I/O 接口;数据总线的作用是在 CPU 与存储器或 I/O 接口之间或存储器与外设之间交换数据;控制总线包括 CPU 发出的控制信号线和外部送入 CPU 的应答信号线等。

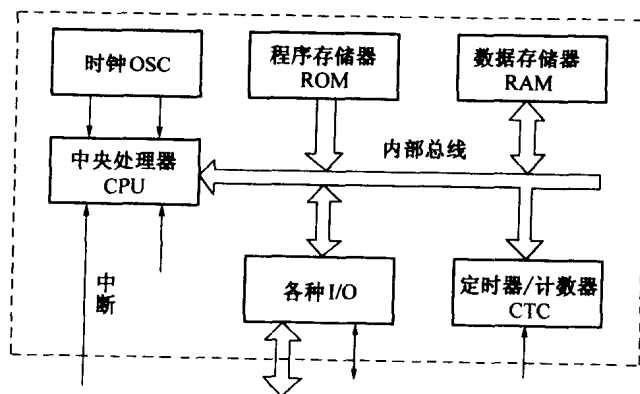


图 1-1 单片机结构框图

单片机中的 CPU、存储器等部件将在后面章节陆续介绍。

2. 单片机的特点

正是单片机的这种结构形式及它所采取的半导体工艺,使其具有很多显著的优点和

特点,因而能在各个领域都得到迅猛的发展。

单片机主要有如下特点:

(1) 有优异的性能价格比。

(2) 集成度高、体积小、有很高的可靠性。单片机把各功能部件集成在一块芯片上,内部采用总线结构,减少了各芯片之间的连线,大大提高了单片机的可靠性与抗干扰能力。另外,其体积小,对于强磁场环境易于采取屏蔽措施,适合于在恶劣环境下工作。

(3) 控制功能强。为了满足工业控制的要求,一般单片机的指令系统中均有极丰富的转移指令、I/O 口的逻辑操作以及位处理功能。单片机的逻辑控制功能及运行速度均高于同一档次的微机。

(4) 低功耗、低电压,便于生产便携式产品。

(5) 外部总线增加了 I²C、SPI 等串行总线方式,进一步缩小了体积,简化了结构。

(6) 单片机的系统扩展、系统配置较典型、规范,容易构成各种规模的应用系统。

1.3.2 单片机的分类

单片机作为计算机发展的一个重要领域,应有一个较科学的分类方法。根据目前单片机发展情况从不同角度大致可以分为通用型/专用型,总线型/非总线型,工控型/家电型。

1. 通用型/专用型

是按单片机适用范围区分,例如,80C51 是通用型单片机,它不是为某种专门用途设计的;而专用型单片机是针对某一类产品甚至某一个产品设计生产的。例如为了满足电子体温计的要求,在片内集成有 ADC 接口等功能的温度测量控制用电路。

2. 总线型/非总线型

是按单片机是否提供并行总线来区分。总线型单片机普遍设置有并行地址总线、数据总线、控制总线,这些引脚可以用来扩展并行外围器件。近年来许多外围器件都可通过串行口与单片机连接,另外许多单片机已把所需要的外围器件及外设接口集成到片内,因此在许多情况下可以不要并行扩展总线,可大大减少封装成本和芯片体积,这类单片机称为非总线型单片机。

3. 工控型/家电型

是按照单片机大致应用的领域区分,一般而言,工控型寻址范围大,运算能力强,而用于家电的单片机多为专用型,通常是小封装、低价格,外围器件、外设接口集成度高。

显然,上述分类并不是唯一和严格的,例如,80C51 系列单片机既是通用型又是总线型,还可以作工控用。

1.3.3 单片机的应用

正是由于单片机具有上述显著的优点,它已成为科技领域的有力工具,人类生活的得力助手。它的应用遍及各个领域,主要表现在以下几个方面:

1. 单片机在智能仪表中的应用

单片机广泛地用于各种仪器仪表,使仪器仪表智能化,并可以提高测量的自动化程度和精度,简化仪器仪表的硬件结构,提高其性能价格比。

2. 单片机在机电一体化中的应用

机电一体化是机械工业发展的方向。机电一体化产品是指集机械技术、微电子技术、计算机技术于一体,具有智能化特征的机电产品,例如微机控制的车床、钻床等。单片机作为产品中的控制器,能充分发挥它的体积小、可靠性高、功能强等优点,可大大提高机器的自动化、智能化程度。

3. 单片机在实时控制中的应用

单片机也广泛地用于各种实时控制系统中,例如在工业测控、航空航天、尖端武器、机器人等各种实时控制系统中,都可以用单片机作为控制器。单片机的实时数据处理能力和控制功能可使系统保持在最佳工作状态,提高系统的工作效率和产品质量。

4. 单片机在分布式多机系统中的应用

在比较复杂的系统中,常采用分布式多机系统。多机系统一般由若干台功能各异的单片机组成,各自完成特定的任务,它们通过串行通信相互联系、协调工作。单片机在这种系统中,往往作为一个终端机,安装在系统的某些节点上,对现场信息进行实时的测量和控制。由于单片机的高可靠性和强抗干扰能力,使它可以置于恶劣环境的前端工作。

5. 单片机在人类生活中的应用

自从单片机诞生以后,它就步入了人类生活,如手机、洗衣机、电冰箱、电子玩具、收录机等电器配上单片机后,提高了智能化程度,增加了功能,备受人们喜爱。单片机将使人类生活更加方便舒适、丰富多彩。

综上所述,单片机已成为计算机发展和应用的一个重要方面。此外,单片机应用的重要意义还在于,它从根本上改变了传统的控制系统设计思想和设计方法,从前必须由模拟电路或数字电路实现的大部分功能,现在已能用单片机通过软件方法来实现了。这种用软件代替硬件的控制技术,也称为微控制技术,是对传统控制技术的一次革命。

第2章 计算机基础知识

计算机是微电子学与计算数学相结合的产物。微电子学的基本元件及其集成电路形成计算机的硬件基础,而计算数学的计算方法与数据结构则构成计算机的软件基础。

本章简要地阐述计算机中最基本的单元电路及最主要的数学知识。本章的内容是必要的入门知识,是以后各章的基础。对于已有这些知识的读者,本章将起到复习和系统化的作用。

2.1 数制与编码

2.1.1 数制

数制是人们利用符号来计数的科学方法。数制有很多种,在计算机的设计与使用上常使用的有十进制、二进制和十六进制。

1. 数制的基与权

数制所使用的数码的个数称为基;数制每一位所对应的基数的幂称为权。

(1) 十进制

十进制的基为“十”,即它所使用的数码为0~9共10个数字。十进制各位的权是以10为底的幂,每个数所处的位置不同,它的值是不同的。每一位数是其右边相邻那位数的10倍,例如,数435就是下列多项式的缩写:

$$435D = 4 \times 10^2 + 3 \times 10^1 + 5 \times 10^0$$

可见在十进制中,每个(位)数字的值都是以该个(位)数字乘以基数的幂次来表示,通常将基数的幂次称为权位。例如上述的数435从右往左各位的权分别为个、十、百,即以10为底的0幂、1幂、2幂。通常简称为0权位、1权位、2权位等。上式中的后缀D表示十进制数(Decimal),通常对十进制可不加后缀。

(2) 二进制

二进制的基为“二”,即其使用的数码为0、1,共2个。二进制各位的权是以2为底的幂,例如数1011,它相当于十进制的数是:

$$1011B = 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 8 + 0 + 2 + 1 = 11$$

由此可知,4位二进制数中各位的权是:

2^3	2^2	2^1	2^0
8	4	2	1

二进制数只有两个数码,即0和1,在电子计算机中容易实现。例如高电平表示1,低电平表示0;或者晶体管截止时的输出表示1,导通时的输出表示0等。所以,采用二进