

单片机与ARM微处理器 的原理及应用

于忠得 编著



NLIC2970800829



国防工业出版社
National Defense Industry Press

内容简介

单片机与 ARM 微处理器的原理及应用

于忠得 编著



NLIC2970800829

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书介绍了目前应用比较广泛的两种嵌入式处理器:8 位的 MCS-51 系列单片机和 32 位的 ARM 微处理器。第 1~3 章介绍了 MCS-51 单片机的硬件结构与指令系统;第 4~6 章介绍了 MCS-51 单片机内部 3 种功能部件(定时器/计数器、串行接口、中断系统)的原理与应用;第 7 章介绍了 ARM 微处理器的硬件架构;第 8 章介绍了 ARM 微处理器的指令系统;第 9 章介绍了 ARM 微处理器的编程知识;第 10 章介绍了一款具体的 ARM7TDMI 微处理器——S3C44B0X,对嵌入到微处理器内部的存储器控制器、时钟与电源管理部件做了详尽的介绍;第 11 章详尽介绍了嵌入到微处理器内部的 I/O 端口与串行接口。各章后给出了较多的思考题与习题,便于加深对各章内容的掌握。

本书可作为普通高校电类、计算机类本科生或研究生嵌入式处理器课程教材,也可作为工程技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

单片机与 ARM 微处理器的原理及应用/于忠得编著.

—北京:国防工业出版社,2012.6

ISBN 978-7-118-07975-3

I. ①单… II. ①于… III. ①单片微型计算机②微处理器,ARM IV. ①TP368.1②TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 048361 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 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 16 $\frac{1}{4}$ 字数 373 千字

2012 年 6 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 33.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前言

单片机原理课程在国内电类专业作为一门专业必修课已有 20 年左右的历史,很多学生毕业后从事单片机系统应用研发工作,校内开展的科技创新活动大多与单片机应用有关,是一门地位重要、受学生欢迎的课程。近几年来,在一些高端的嵌入式系统中,由于复杂的人机界面需求和网络通信需求,传统的 8 位单片机已不能满足需要,必须转向高端的嵌入式微处理器,ARM 处理器是高端嵌入式系统的主流微处理器。开设 ARM 微处理器与嵌入式系统课程,培养嵌入式系统研发人员以满足社会日益增长的需求,是一项十分紧迫的任务。由于目前国内高校电类专业的课程一般安排较满,短时间内难于做出大的教学计划修改,单独开出学时足够的有关 ARM 微处理器和嵌入式系统基础的课程,因此,很多高校近期的做法是,将单片机和 ARM 微处理器合二而一,作为一门课来上,承前继后,相互兼顾。鉴于这种情况,编写囊括 MCS-51 系列单片机与 ARM 微处理器原理应用的教材,以满足当前课程教学的需要和学生选书的需要。

全书分两部分:第 1~6 章为 MCS-51 系列单片机部分;第 7~11 章为 ARM 微处理器部分。在单片机部分,特别介绍了 T2 定时器/计数器,T2 的功能远比 T0、T1 强大,在应用系统中有着广泛的使用,应当作为单片机原理的重点内容。在第 7~11 章中,以三星公司生产的 S3C44B0X 为例,介绍了 ARM7TDMI 微处理器的硬件架构、指令系统、编程基础以及微处理器内部嵌入的部分功能部件的原理;第 7 章,详尽地介绍了 ARM 微处理器的硬件架构,通过本章学习,可以掌握 ARM 微处理器的内核、硬件架构;第 8 章,详尽介绍了 ARM 微处理器的指令系统,给出了指令系统的全部知识细节。通过第 7、8 章的学习,可以掌握 ARM 微处理器的全部知识。第 9 章,介绍了编程的基础知识,通过本章的学习和先期 C 语言的学习,可以初步掌握基于 ARM 系统的软件编程。第 10、11 章,详尽地介绍了典型的 ARM7TDMI 处理器——三星公司的 S3C44B0X,对嵌入在微处理器内部的部分功能电路,即存储器控制器、时钟与电源管理器、I/O 端口与串行接口做了详尽的介绍,给出了所有的技术参数和应用实例;这两章的内容,可以支持基于 S3C44B0X 的工程设计。为了便于组织教学和测试学生的掌握情况,各章均给出较多的思考题与习题。

全书由大连工业大学于忠得撰写。由于作者的水平有限,书中难免有不当之处,恳请各位专家与读者批评指正。

作者

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 单片机的定义	1
1.2 单片机的产生及发展趋势	2
1.3 单片机的应用	4
1.4 MCS - 51 系列单片机	5
思考题与习题	6
第 2 章 MCS - 51 单片机的硬件结构	7
2.1 MCS - 51 单片机的硬件结构	7
2.2 MCS - 51 单片机的引脚描述	9
2.3 MCS - 51 单片机的微处理器	11
2.4 存储器的组织	14
2.4.1 程序存储器的组织	14
2.4.2 数据存储器的组织	15
2.5 时钟电路与时序	17
2.5.1 时钟电路	17
2.5.2 时序	18
2.6 复位电路与 WDT 技术	21
2.6.1 复位	21
2.6.2 WDT 技术	22
2.7 I/O 接口与片外总线建立	25
2.7.1 I/O 接口	25
2.7.2 片外总线建立	29
思考题与习题	31
第 3 章 MCS - 51 单片机的指令系统	33
3.1 概述	33
3.2 寻址方式	33
3.3 指令集	34
3.3.1 一般说明	34
3.3.2 数据传送指令	35
3.3.3 算术运算指令	38

3.3.4	逻辑运算指令	42
3.3.5	控制转移指令	44
3.3.6	位操作指令	49
3.4	常用伪指令	51
3.5	编程举例	52
	思考题与习题	54
第4章	MCS-51 单片机的定时器/计数器	58
4.1	定时器/计数器 T0、T1 的结构	58
4.1.1	工作方式控制寄存器 TMOD	59
4.1.2	控制寄存器 TCON	60
4.2	T0、T1 的工作方式	60
4.2.1	方式 0	60
4.2.2	方式 1	61
4.2.3	方式 2	62
4.2.4	方式 3	64
4.2.5	T0 工作于方式 3 下的 T1 的工作方式	65
4.3	应用中注意的问题	66
4.4	定时器/计数器 T2	67
4.4.1	管理 T2 的特殊功能寄存器	67
4.4.2	T2 的工作方式	69
	思考题与习题	75
第5章	MCS-51 单片机的串行接口	76
5.1	通信的基本知识	76
5.2	串行口的结构	78
5.3	串行口的工作方式	79
5.3.1	方式 0	79
5.3.2	方式 1	82
5.3.3	方式 3	84
5.3.4	方式 2	91
	思考题与习题	91
第6章	MCS-51 单片机的中断系统	93
6.1	中断的概念	93
6.2	中断系统的结构	94
6.3	中断源	95
6.4	中断开放与禁止控制	97
6.5	中断优先级控制	98
6.6	中断响应	99

6.7	中断系统设计	101
	思考题与习题	110
第7章	ARM 微处理器的硬件架构	111
7.1	嵌入式系统的基本概念	111
7.2	ARM 微处理器的工作状态与工作模式	112
7.2.1	工作状态	112
7.2.2	工作模式	113
7.3	存储器组织	113
7.4	寄存器组织	114
7.4.1	ARM 状态下的寄存器组织	114
7.4.2	THUMB 状态下的寄存器组织	116
7.4.3	程序状态寄存器	117
7.5	异常	119
7.5.1	异常类型	119
7.5.2	进入异常与退出异常	121
7.5.3	异常向量与异常优先级	122
7.5.4	复位	122
	思考题及习题	122
第8章	ARM 微处理器的指令系统	124
8.1	概述	124
8.1.1	指令概述	124
8.1.2	指令的条件域	126
8.2	指令的寻址方式	127
8.2.1	立即寻址	127
8.2.2	寄存器寻址	127
8.2.3	寄存器间接寻址	127
8.2.4	基址变址寻址	127
8.2.5	多寄存器寻址	128
8.2.6	堆栈寻址	128
8.3	ARM 指令集	129
8.3.1	转移指令	129
8.3.2	数据处理指令	131
8.3.3	乘法指令与乘加指令	139
8.3.4	加载 32 位操作数的“伪指令”	142
8.3.5	加载与存储指令	143
8.3.6	批量数据加载与存储指令	150
8.3.7	数据交换指令	153
8.3.8	程序状态寄存器访问指令	154

8.3.9	协处理器指令	157
8.3.10	异常产生指令	159
	思考题及习题	160
第9章 编程基础		161
9.1	汇编语言的伪指令	161
9.1.1	符号定义伪指令	161
9.1.2	数据定义伪指令	162
9.1.3	汇编控制及其他常用伪指令	165
9.2	ARM 汇编程序设计	169
9.2.1	汇编语言程序中的文件格式	169
9.2.2	汇编语言的语句格式	170
9.2.3	汇编语言程序中常用的符号	170
9.2.4	ARM 汇编程序中的表达式	171
9.2.5	汇编语言的程序结构	173
9.2.6	C/C++ 与汇编语言的混合编程	174
9.3	汇编程序设计举例	176
9.3.1	汇编程序实例	176
9.3.2	基于 S3C44B0X 汇编程序实例	177
	思考题与习题	179
第10章 ARM7 微处理器——S3C44B0X		181
10.1	S3C44B0X 微处理器简介	181
10.1.1	微处理器特性	181
10.1.2	微处理器的引脚布置与描述	183
10.2	存储器控制器	187
10.2.1	存储空间分布	187
10.2.2	BANK 0 的配置	188
10.2.3	存储器的硬件接口	189
10.2.4	存储器控制器专用寄存器	192
10.2.5	配置 SDRAM 型存储器实例	201
10.3	时钟与电源管理	206
10.3.1	时钟产生器	207
10.3.2	电源管理	211
10.3.3	应用举例	218
	思考题与习题	219
第11章 ARM7 微处理器的并行接口与串行接口		220
11.1	并行接口	220
11.1.1	I/O 口的功能	220

11.1.2	I/O 口控制寄存器	222
11.1.3	外部中断触发方式的配置	227
11.1.4	I/O 口的应用	229
11.2	串行接口	234
11.2.1	概述	234
11.2.2	UART 工作原理	234
11.2.3	UART 专用寄存器	239
11.2.4	应用举例	247
思考题与习题		250
参考文献		252

第1章 概 述

单片机自 20 世纪 70 年代问世以来,以其性价比高、体积小、抗干扰能力强、应用方便等优点,受到人们的重视和关注,已被广泛地应用在工业检测、控制、智能仪器仪表、家用电器等各个方面,几乎在所有用到测量控制的场合都有单片机的存在。

1.1 单片机的定义

单片机是计算机技术、集成电路(IC)制造技术发展的产物。所谓单片机,就是在一片 IC 芯片上集成了中央处理单元(CPU)、数据存储器(RAM)、程序存储器(ROM、EPROM、FLASH)、并行 I/O 接口、定时器/计数器、串行接口、中断系统等组成一台计算机必须具有的一些部件,由此,这样一片 IC 芯片具有一台计算机的属性,因而被称为单片微型计算机,简称单片机。

单片机最早由国外一些大的集成电路生产厂家推出,它的原名叫做微型控制器(Microcontroller),主要应用于测控领域,实现各种测量和控制功能。早年的计算机由电子管组成,后来发展到由晶体管组成,体积庞大,当时的人们习惯地认为计算机应当是体积庞大的设备,随着 IC 技术的发展,在 20 世纪 80 年代,开始出现将 8 位微处理器 Z80 CPU 加上有限的外围电路,在 30cm×30cm 左右的一块印制电路板上,制造成一台 8 位计算机,人们惊羨其体积的小巧,称之为“单板机”或“Z80 单板机”。稍后又出现了 16 位的“8086 单板机”。当微型控制器出现后,按照这种思维惯性,大家又称之为“单片机”,甚至又为单片机起了英文名称“Single Chip Computer”。这种称谓强调了微型控制器体积的小巧,在国内普遍为大家接受。由于单片机处于核心地位并嵌入到整个系统中,为了强调其“嵌入”的特点,也常常把单片机称为嵌入式微控制器(Embedded Microcontroller Unit, EMCU)。

单片机按照其用途可分为通用型和专用型两大类。通用型单片机具有比较丰富的内部资源,性能全面且适应性强,能覆盖多种应用需求。用户可以根据需要,设计成各种不同用途的测控设备。通用型单片机在具体的应用场合,需要和不同的传感器、变送器、执行单元配合,需要设计不同的接口电路,才能组建成一个以通用单片机为核心的应用系统。本书所介绍的单片机是指通用型单片机。

然而在单片机的测控应用中,有时是专门针对某个特定产品的,例如,打印机控制器、各种通信设备及家用电器中的单片机等。这种“专用”单片机针对性强且用量大,为此,厂家常与芯片制造商合作,设计和生产专用的单片机芯片。由于专用型单片机是针对一种产品或一种控制应用而专门设计的,设计时已经对系统结构的最简化、软硬件资源利用的最优化、可靠性和成本的最佳化等方面都作了通盘的考虑和设计,所以专用型单片机具有十分明显的综合优势。

今后,随着单片机应用的广泛和深入,各种专用型单片机将会越来越多,并且必将成为今后单片机发展的一个重要方向。但是,无论专用型单片机在应用上有多么“专”,其原理和结构都是以通用型单片机为基础的。

1.2 单片机的产生及发展趋势

单片机根据其数据总线的宽度可分为1位单片机、4位单片机、8位单片机、16位单片机和32位单片机。

最早出现的单片机是4位单片机,紧接着是1位单片机、8位单片机、16位单片机和32位单片机。

单片机的发展历史可分为4个阶段:

第一阶段(1974—1976):单片机初级阶段。因工艺限制,单片机采用双片的形式而且功能比较简单。例如仙童公司生产的F8单片机,实际上只包括了8位CPU、64B RAM和2个并行口。因此,还需加一块集成电路3851(由1KB ROM、定时器/计数器和2个并行I/O口构成)才能组成一台完整的计算机。

第二阶段(1976—1978):低性能单片机阶段。以Intel公司制造的MCS-48系列单片机为代表,这种单片机片内集成有8位CPU、并行I/O口、8位定时器/计数器、RAM和ROM等。运算功能较差,没有串行接口,中断处理比较简单,片内RAM和ROM容量较小且寻址范围不大于4KB。

第三阶段(1978—1982):高性能单片机阶段。这个阶段推出的单片机普遍带有串行接口,多级中断系统,16位定时器/计数器,片内ROM、RAM容量加大,且寻址范围可达64KB,有的片内还带有A/D转换器,这类单片机的典型代表是Intel公司的MCS-51系列。由于MCS-51系列单片机的性能价格比高,所以仍被广泛应用,是目前应用数量较多的单片机。

第四阶段(1982年至现在):8位单片机巩固发展及16位单片机、32位单片机推出阶段。此阶段的主要特征是一方面发展16位单片机、32位单片机及专用型单片机;另一方面不断完善高档8位单片机,改善其结构,以满足不同的用户需要。16位单片机的典型产品如Intel公司生产的MCS-96系列单片机,其集成度已达120000个管子/片。主振频率为12MHz,片内RAM为232B,ROM为8KB,中断处理为8级,而且片内带有多通道10位A/D转换器和高速I/O部件(HSI/HSO),实时处理能力很强。32位单片机除了具有更高的集成度外,其主振频率已达20MHz,使得32位单片机的数据处理速度比16位单片机增快许多,性能比8位、16位单片机更加优越。

单片机的发展趋势是向大内存容量、高性能化,外围电路内装化等方面发展。为满足不同的用户要求,各公司竞相推出能满足不同需要的产品。

1. CPU的改进

- (1) 采用双CPU结构,以提高处理能力。
- (2) 增加数据总线宽度,单片机内部采用16位数据总线,其数据处理能力明显优于一般8位单片机。
- (3) 采用流水线结构。指令以队列形式出现在CPU中,且具有很快的运算速度。尤其适合于作数字信号处理用,例如TMS320系列数字信号处理器。

(4) 串行总线结构。飞利浦公司开发了一种新型总线——IIC 总线(Inter-Ic bus, 也称 I²C 总线)。该总线是用 3 条数据线代替现行的 8 位数据总线, 从而大大地减少了单片机引线, 降低了单片机的成本。目前许多公司都在积极地开发此类产品。

2. 存储器的发展

(1) 加大存储容量。新型单片机片内 ROM 一般可达 20KB ~ 32KB, RAM 为 256B。有的单片机片内 ROM 容量可达 128KB。

(2) 片内 EPROM 采用 E²PROM 或闪烁(FLASH)存储器。8751 系列的单片机片内 EPROM 由于需要高压编程写入, 紫外线擦抹给用户带来不便。而采用 E²PROM 或闪烁存储器后, 能在 +5V 电压下读写, 不需紫外线擦抹, 既有静态 RAM 读写操作简便, 又有掉电时数据不丢失的优点。片内 E²PROM 或闪烁存储器的使用不仅会对单片机结构产生影响, 而且会大大简化应用系统结构。

由于闪烁存储器中数据写入后能永久保持, 因此, 有的单片机将它们作为片内 RAM 使用, 甚至有的单片机将闪烁存储器用作片内通用寄存器。

(3) 程序保密化。一般 EPROM 中的程序很容易被复制。为防止复制, 某些公司开始采用 KEPROM(Keyed access EPROM)编程写入, 有的则对片内 EPROM 或 E²PROM 采用加锁方式。加锁后, 无法读取其中的程序。若要去读, 必须抹去 E²PROM 中的信息, 这就达到了程序保密的目的。

3. 片内 I/O 的改进

一般单片机都有较多的并行口, 以满足外围设备、芯片扩展的需要, 并配有串行口, 以满足多机通信功能的要求。

(1) 增加并行口的驱动能力, 这样可减少外部驱动电路设计。有的单片机能直接输出大电流和高电压, 以便能直接驱动现场的大功率设备。

(2) 增加 I/O 口的逻辑控制功能。大部分单片机的 I/O 口都能进行逻辑操作。中、高档单片机的位处理系统能够对 I/O 口进行位寻址及位操作, 大大地加强了 I/O 口线控制的灵活性。

(3) 有些单片机设置了一些总线接口控制器, 方便并入局域测控网络。

4. 外围电路内装化

随着集成度的不断提高, 有可能把较多的外围功能器件集成在片内, 这也是单片机发展的重要趋势。除了一般必须具有的 ROM、RAM、定时器/计数器、中断系统外, 随着单片机档次的提高, 为适应检测、控制功能更高的要求, 片内集成的部件还有 A/D 转换器、D/A 转换器、DMA 控制器、中断控制器、锁相环、频率合成器、字符发生器、声音发生器、CRT 控制器、译码驱动器等。系统的单片化是目前单片机发展趋势之一。

5. 低功耗化

8 位单片机中有 1/2 的产品已 CMOS 化, CMOS 芯片的单片机具有功耗小的优点, 而且为了充分发挥低功耗的特点, 这类单片机普遍配置有 Wait 和 Stop 两种工作方式。例如采用 CHMOS 工艺的 MCS-51 系列单片机 80C31/80C51/87C51 在正常运行(5V, 12MHz)时, 工作电流为 16mA, 同样条件下 Wait 方式工作时, 工作电流则为 3.7mA, 而在 Stop(2V)方式工作时, 工作电流仅为 50nA。

综观单片机几十年的发展历程, 单片机的今后将向多功能、高性能、高速度、低电压、低功耗、低价格、外围电路内装化以及片内存储器容量增加和 FLASH 存储器化方向发展。

但其位数不一定会继续增加,尽管现在已经有了 32 位单片机,但使用的并不多。可以预言,今后的单片机将会功能更强、集成度和可靠性更高而功耗更低,以及使用更方便。

此外,专用化也是单片机的一个发展方向,针对单一用途的专用单片机将会越来越多。

1.3 单片机的应用

单片机以其卓越的性能,得到了广泛的应用,已深入到各个领域。单片机应用在检测、控制领域中,具有如下特点:

(1) 外围电路设计简单,电路规模小,方便设计以单片机为核心的智能仪器仪表及各种测控设备。

(2) 可靠性好,适应温度范围宽。单片机本身是按工业测控环境要求设计的,能适应各种恶劣的环境。MCS-51 系列单片机的温度使用范围比一般的微处理器范围宽,其温度范围如下:

民品 $0^{\circ}\text{C} \sim 70^{\circ}\text{C}$

工业品 $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$

军品 $-65^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$

(3) 易扩展,很容易构成各种规模的应用系统,控制功能强。单片机的逻辑控制功能很强,有各种控制功能的指令。

(4) 可以很方便地实现分布式控制系统。

单片机的应用范围很广,在下述的各个领域中得到了广泛的应用。

(1) 工业自动化。在自动化领域,无论是过程控制,还是运动控制、数据采集、控制输出、机电一体化等都离不开单片机,单片机应用技术发挥愈来愈重要的作用。

(2) 智能仪器仪表。目前对仪器仪表的自动化和智能化要求越来越高,单片机的使用大大提高了仪器仪表的精度、稳定性、可靠性,同时简化了结构,减小了体积,易于携带和使用,加速了仪器仪表向智能化、多功能化方向发展。

(3) 消费类电子产品。该应用主要反映在家电领域。目前家电产品的一个重要发展趋势是不断提高其智能化程度。例如,洗衣机、电冰箱、空调机、电视机、微波炉、手机、汽车电子设备等。在这些设备中使用了单片机后,其功能和性能大大提高,并实现了智能化、最优化控制。

(4) 通信方面。在调制解调器、程控交换机、网络终端设备方面,单片机得到了广泛的应用。

(5) 武器装备。在现代化的武器装备中,如飞机、军舰、坦克、导弹、航天飞机导航系统,都有单片机嵌入其中。

(6) 终端及外部设备控制。计算机网络终端设备如银行终端以及计算机外部设备,如打印机、硬盘驱动器、绘图机、传真机、复印机等,都使用了单片机。

(7) 多机分布式系统。利用单片机系统作为下位机,PC 机作为上位机,通过某种现场总线组成分布式控制系统。将单片机系统的可靠性和 PC 机软、硬件资源丰富的特点组合起来,构成一个可靠性高、功能强的测控网络。

综上所述,从工业自动化、智能仪器仪表、家用电器等方面,到武器装备,单片机都发

挥着十分重要的作用。

1.4 MCS - 51 系列单片机

MCS 是 Intel 公司生产的单片机型号,例如 MCS - 48、MCS - 51、MCS - 96 系列单片机。MCS - 51 系列单片机既包括 3 个基本型 8031、8051、8751,也包括对应的低功耗型 80C31、80C51、87C51。

20 世纪 80 年代中期以后,Intel 公司以专利转让的形式把 8051 内核技术转让给许多半导体芯片生产厂家,如 ATMEL、PHILIPS、ANALOG DEVICES、DALLAS 等。这些厂家生产的芯片是 MCS - 51 系列的兼容产品。所谓兼容,是指其指令系统与 MCS - 51 系列单片机的指令系统完全一致,有些甚至在引脚布置上也完全一致,唯一不同的是芯片内部集成的功能电路的数量和性能有所差异。它们对 8051 单片机一般都做了扩充,更有特点,更具市场竞争力。

MCS - 51 系列单片机有多种品种。它们的引脚及指令系统相互兼容,主要在内部结构上有些区别。目前使用的 MCS - 51 系列单片机及其兼容产品通常分成以下几类。

1. 基本型(典型产品:8031/8051/8751)

8031 内部包括一个 8 位 CPU、128B RAM、21 个特殊功能寄存器(SFR)、4 个 8 位并行 I/O 口、1 个全双工串行口、2 个 16 位定时器/计数器,但片内无程序存储器,需要外扩 EPROM 芯片。

8051 在 8031 的基础上,片内又集成了 4KB 掩模 ROM,作为程序存储器。掩模 ROM 内的程序只能在制作芯片时,由生产厂家代为烧制,不支持用户自己烧制。适合于应用程序成熟,不需要改动,且批量很大的单片机产品。

8751 在 8031 基础上,增加了 4KB 的 EPROM,用户可以将程序固化在 EPROM 中(EPROM 支持多次擦除和写入,适合研制阶段使用),但其价格相对于 8031 较贵。8031 外扩一片 4KB EPROM 就相当于一个 8751,它的最大优点是价格低。

2. 增强型

Intel 公司在 MCS - 51 系列 3 种基本型产品基础上,又推出增强型系列产品,即 52 子系列,典型产品:8032/8052/8752。它们的内部 RAM 增加到 256B,8052、8752 的内部程序存储器扩展到 8KB,16 位定时器/计数器增至 3 个,6 个中断源,串行口通信速率提高 5 倍。

3. 低功耗型

代表性产品为 80C31BH/87C51/80C51。均采用 CHMOS 工艺,功耗很低。例如,8051 的功耗为 630mW,而 80C51 的功耗只有 120mW,适合低功耗的便携式产品或航天技术中。

此类单片机有两种省电工作方式:一种是 CPU 停止工作,其他部分仍继续工作;另一种是除片内 RAM 继续保持数据外,其他部分都停止工作。此类单片机的功耗低,非常适于电池供电或其他要求低功耗的场合。

4. 专用型

如 Intel 公司的 8044/8744,它们在 8051 的基础上,又增加一个串行接口,主要用于利用串行口进行通信的总线分布式控制系统。

再如美国 Cypress 公司推出的 EZU SR-2100 单片机,它是在 8051 单片机内核的基础上,又增加了 USB 接口电路,可专门用于 USB 串行接口通信。

5. 超 8 位型

在 8052 的基础上,采用 CHMOS 工艺,并将 MCS-96 系列(16 位单片机)中的一些 I/O 部件,如高速 I/O (HSI/HSO)、A/D 转换器、脉冲宽度调制器(PWM)、看门狗定时器(WDT)等移植进来,构成新一代 MCS-51 产品,介于 MCS-51 和 MCS-96 之间。PHILIPS 公司生产的 80C552/87C552/83C552 系列即为此类产品。目前此类单片机在我国已得到了较为广泛的使用。

6. 片内闪烁存储器型

随着半导体存储器制造技术和大规模集成电路制造技术的发展,片内带有 FLASH 存储器的单片机在我国已得到广泛的应用。上述各种型号的单片机中,最具代表性的产品是美国 Atmel 公司推出的 AT89C55,是一个低功耗、高性能的含有 20KB FLASH 存储器的 8 位 CMOS 单片机,时钟频率高达 33MHz。与 8031 的指令系统和引脚完全兼容。FLASH 存储器允许在线(+5V)电擦除、电写入或使用通用编程器对其重复编程。此外,AT89C55 还支持由软件选择的两种省电工作方式,非常适于电池供电或其他要求低功耗的场合。由于片内带 EPROM 的 87C51 价格偏高,而 89C55 芯片内的 20KB FLASH 存储器可在线编程或使用编程器重复编程,且价格较低,因此 89C55 芯片受到了普遍的欢迎。

尽管目前单片机的种类繁多,但是掌握好基本型(8031、8051、8751 或 80C31、80C51、87C51)是十分重要的,因为 MCS-51 系列是所有兼容、扩展型单片机的基础。

思考题与习题

1. 单片机的原名是什么?
2. 微处理器、微处理机、单片机之间有何区别?
3. 单片机与微处理器的不同之处是什么?
4. 单片机的发展大致分为哪几个阶段?
5. 单片机根据其数据总线宽度可分为哪几种类型?
6. MCS-51 系列单片机的典型产品分别为()、()和()。
7. 8031 与 8051 的区别在于()
(A) 内部数据存储容量不同 (B) 内部数据存储器的类型不同
(C) 内部程序存储器的类型不同 (D) 内部没有程序存储器
8. 8051 与 8751 的区别在于()
(A) 内部数据存储容量不同 (B) 内部数据存储器的类型不同
(C) 内部程序存储器的类型不同 (D) 内部没有程序存储器
9. 举例说明单片机在工业测控领域、家用电器领域的应用。

第2章 MCS-51 单片机的硬件结构

本章介绍 MCS-51 单片机的体系结构与片内硬件结构,通过本章的学习,全面了解其硬件系统。

2.1 MCS-51 单片机的硬件结构

MCS-51 单片机的片内硬件组成如图 2.1 所示,按功能划分,它由 8 个部件组成。

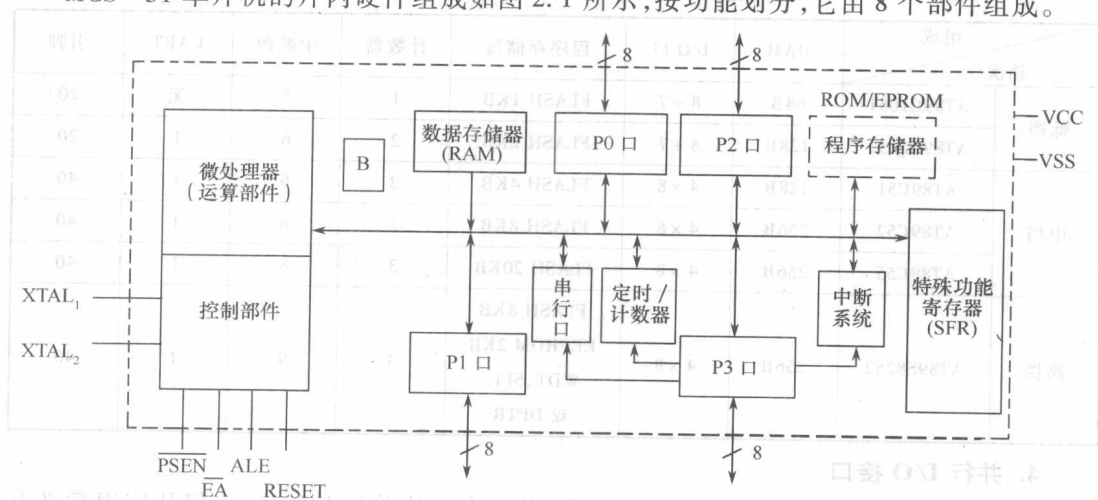


图 2.1 MCS-51 单片机的片内结构

1. 微处理器 (CPU)

8 位微处理器,能同时处理字长为 8 位的二进制数信息,由运算器 (ALU)、控制器 (定时控制部件等) 和专用寄存器组 3 部分组成。值得一提的是,微处理器中还包含了一个位处理器,专门用于位变量的处理,在逻辑控制方面非常方便。

2. 数据存储器 (RAM)

8031、8051、8751 等以“1”缀尾的单片机,内含 128B RAM;8032、8052、8752 等以“2”缀尾的单片机,内含 256B RAM。包含在单片机内部的数据存储器通常称为片内数据存储器或片内 RAM,是单片机非常宝贵的硬件资源。因为 MCS-51 系列单片机指令系统中的大部分指令,包括数据传送、算术运算、逻辑运算指令中所处理的数据,仅支持内部 RAM 中的数据;另外,MCS-51 系列单片机的堆栈只能建立在内部 RAM 中,4 组共 32 个工作寄存器也占用内部 RAM 32B,在一般的应用场合,片内 RAM 资源比较紧张,所以在编程过程中要节省使用。

3. 程序存储器 (ROM)

8031 内部没有程序存储器,8051 内部有 4KB 的掩模型程序存储器,8751 内部有 4KB

的 EPROM 型程序存储器。掩模型程序存储器不支持用户编程使用,对于用户而言,等同于没有;EPROM 型程序存储器可以通过专用的编程器固化用户程序,可以通过一定波长的紫外线照射擦除固化在存储器中的内容,可以多次反复固化/擦除,能够满足单片机应用系统在设计过程不断修改和在使用过程中修改完善程序的要求。早年在单片机应用系统设计中,要么选择片内含有 EPROM 型程序存储器的 8751 单片机;要么选择片内不含有 EPROM 型程序存储器的 8031,而在片外扩展 EPROM 型程序存储器。

含有 EPROM 型程序存储器的 8751,需要专用的编程器固化程序,需要专用的紫外线擦抹器擦除程序,并且容量仅有 4KB,使用起来不是很方便。随着半导体存储器的发展,出现了支持在线编程/擦除的 FLASH 型程序存储器,目前在设计单片机应用系统中,基本上选用的是内部含有 FLASH 型程序存储器的单片机,应用较多的是美国 ATMEL 公司生产的 AT89 系列单片机,具体型号和内部 FLASH 型存储器容量如表 2.1 所列。

表 2.1 AT89 系列单片机的分类

组成 档次		RAM	I/O 口	程序存储器	计数器	中断源	UART	引脚
低档	AT89C1051	64B	8 + 7	FLASH 1KB	1	3	无	20
	AT89C2051	128B	8 + 7	FLASH 2KB	2	6	1	20
中档	AT89C51	128B	4 × 8	FLASH 4KB	2	6	1	40
	AT89C52	256B	4 × 8	FLASH 8KB	3	8	1	40
	AT89C55	256B	4 × 8	FLASH 20KB	3	8	1	40
高档	AT89S8252	256B	4 × 8	FLASH 8KB EEPROM 2KB WDT、SPI、 双 DPTR	3	9	1	40

4. 并行 I/O 接口

MCS - 51 系列单片机具有 P0、P1、P2、P3 共 4 个 8 位并行 I/O 接口,但从应用意义上讲,由于 8031、8051 内部没有可供用户使用的程序存储器,在应用过程中,必须占用 P0、P2 口作为地址总线 and 数据总线使用,因此,8031、8051 只有两个 8 位并行 I/O 接口。片内含有程序存储器的单片机有 4 个并行 8 位 I/O 接口。

5. 定时器/计数器

8031、8051、8751 等以“1”缀尾的单片机,片内具有 2 个 16 位定时器/计数器。8032、8052、8752 等以“2”缀尾的单片机,片内具有 3 个 16 位定时器/计数器。

6. 通用异步串行接口 (UART)

有 1 个通用异步串行接口,支持双工通信方式。有 4 种工作方式,可用于 I/O 扩展和串行通信,支持 8 位或 9 位通信,支持多机通信方式。

7. 中断源

8031、8051、8751 等以“1”缀尾的单片机,有 5 个中断源,2 级中断优先级。8032、8052、8752 等以“2”缀尾的单片机,有 6 个中断源,2 级中断优先级。

8. 特殊功能寄存器 (SFR)

8031、8051、8751 等以“1”缀尾的单片机,有 21 个特殊功能寄存器;8032、8052、8752 等以“2”缀尾的单片机,有 27 个特殊功能寄存器。特殊功能寄存器用于对片内各功能模