



“十三五”国家重点图书出版规划项目
电子与信息工程系列

Microcontroller Principle, Interface and Applications
—Based on C51 and Proteus Simulation Platform

单片机原理、接口及应用 ——基于C51及Proteus仿真平台

● 主 编 王艳春
● 副主编 秦 月 房汉雄



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

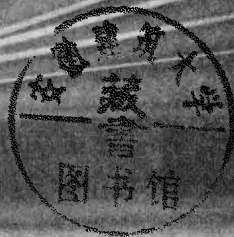


“十三五”国家重点图书出版规划项目
电子与信息工程系列

Microcontroller Principle, Interface and Applications
—Based on C51 and Proteus Simulation Platform

单片机原理、接口及应用
——基于C51及Proteus仿真平台

● 主 编 王艳春
● 副主编 秦 月 房汉雄



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

国家重点图书出版项目“十三五”

内容简介



本书共分为 11 章,第 1~6 章介绍 AT89S51 单片机的硬件结构、单片机 C 语言程序设计以及片内各功能部件的工作原理和应用设计;第 7~10 章介绍 AT89S51 单片机与外部存储器、I/O 接口、键盘/显示器、A/D 转换器、D/A 转换器等各种接口电路设计;第 11 章介绍目前流行的 I²C 和 SPI 总线串行扩展技术。书中所有案例都给出基于 Proteus 的仿真图和源程序。本书内容从最基本的知识开始,由浅入深,结合案例,注重应用,始终遵循理论和实践相结合的教学理念,引领读者步入单片机系统开发的大门。

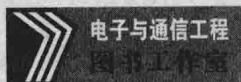
本书不仅适合刚接触单片机的初学者,还可作为大、中专院校电子、通信、计算机等相关专业本科生、研究生的教材,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理、接口及应用:基于 C51 及 Proteus 仿真
平台/王艳春主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2018. 8
ISBN 978-7-5603-7440-6

I. ①单… II. ①王… III. ①单片微型计算机-基础
理论 ②单片微型计算机-接口技术 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 137662 号



策划编辑 许雅莹 杨 桦 张秀华

责任编辑 李长波 张艳丽

封面设计 高永利

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 黑龙江艺德印刷有限责任公司

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 18 字数 450 千字

版 次 2018 年 8 月第 1 版 2018 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-7440-6

定 价 38.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

前 言

PREFACE

单片机自 20 世纪 70 年代问世以来,因其具有小巧灵活、成本低、易于产品化等优点,被广泛地应用于智能仪器、工业控制、家用电器、网络与通信、汽车电子等领域,对人类社会的影响越来越大。尤其是美国 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机,因其系统结构简单、集成度高、处理能力强、价格低廉、可靠性高、易于使用,而被国际上著名的各大半导体公司所青睐,其内核技术一直被沿用。并且这些公司结合自身的优势,针对不同的测控对象,研究出了上百种功能各异的单片机。其中,AT89S51 单片机是具有 8051 内核的各种型号单片机的基础,最具典型性和代表性,同时也是各种增强型、扩展型等衍生单片机的基础。因此,本书以 AT89S51 单片机作为 51 单片机的代表性机型来介绍单片机原理及其应用系统设计。

AT89S51 单片机是 Atmel 公司生产的具有 Flash ROM 的增强型 51 系列 8 位单片机,片内含 4 KB ISP (In-System Programmable) Flash 存储器,器件采用 Atmel 公司的高密度、非易失性存储技术制造,兼容标准 MCS-51 指令系统及 80C51 引脚结构,芯片内集成了通用 8 位中央处理器和 ISP Flash 存储单元,可为许多嵌入式控制应用系统提供高性价比的解决方案。

本书在编写时注重原理与应用相结合,书中列举了大量实例,采用系统仿真软件(Proteus 软件)和 C 语言编译软件(Keil 软件),对各实例进行了相应的仿真,不仅增加了学生的学习兴趣,还可以使学生很快掌握接口电路设计及系统设计的基本方法。实例包括单片机 I/O 口的应用、LED 外设的驱动、定时器/计数器的应用、LCD 显示器的应用、存储器的使用、串行通信系统的应用等。针对这些实例的分析,有利于提高学生对单片机应用系统的设计能力。

本书共 11 章,第 1~6 章介绍 AT89S51 单片机的硬件结构、C 语言程序设计以及片内各功能部件的工作原理和应用设计,包括中断系统、定时器/计数器和串行口等;第 7~10 章介绍 AT89S51 单片机与外部存储器、I/O 接口、键盘/显示器、A/D 转换器、D/A 转换器等各种硬件接口电路设计,并给出了仿真电路和源程序;第 11 章介绍目前流行的串行扩展技术,如 I²C 总线扩展、SPI 总线串行扩展等,重点介绍 I²C 总线扩展技术。本书由齐齐哈尔大学王艳春、秦月、房汉雄编写,编写分工如下:第 1~4 章、10 章、11 章由王艳春编写,第 5~7 章由秦月编写,第 8~9 章由房汉雄编写。

本书在编写过程中参考了其他同类文献及资料,在此对相关文献作者表示感谢。

由于编者水平和经验所限,书中难免存在不足之处,敬请广大读者谅解,并真诚欢迎广大读者提出宝贵的意见和建议。

编 者

2018 年 4 月

目 录

CONTENTS

第 1 章 单片机概述	1
1.1 单片机的概念	1
1.2 单片机的发展进程	1
1.3 单片机的应用领域及特点	2
1.4 常用单片机简介	4
思考题及习题	9
第 2 章 AT89S51 单片机的硬件结构	10
2.1 AT89S51 单片机内部结构及功能	10
2.2 AT89S51 单片机外部引脚说明	12
2.3 中央处理单元(CPU)	14
2.4 AT89S51 单片机的存储器组织	17
2.5 AT89S51 单片机的并行 I/O 口	22
2.6 AT89S51 单片机的时钟电路与时序	27
2.7 复位操作和复位电路	29
2.8 AT89S51 单片机的低功耗节电模式	31
思考题及习题	33
第 3 章 单片机应用系统 C 语言程序设计	34
3.1 C 语言的特点及 C51 程序结构	34
3.2 C51 的标识符和关键字	36
3.3 C51 的运算量	37
3.4 C51 的数据类型	38
3.5 C51 程序基本结构及控制语句	44
3.6 函数定义	50
思考题及习题	54
第 4 章 AT89S51 单片机的中断系统	55
4.1 中断系统的基本概念	55

4.2	中断的主要功能	56
4.3	AT89S51 单片机中断系统的结构	56
4.4	AT89S51 单片机的中断控制	59
4.5	中断处理过程	62
4.6	AT89S51 单片机中断系统的应用	64
4.7	多外部中断源系统设计	68
	思考题及习题	72
第 5 章	AT89S51 单片机的定时器/计数器	74
5.1	定时器/计数器概述	74
5.2	定时器/计数器的控制	76
5.3	定时器/计数器的工作方式	77
5.4	定时/计数器对输入的计数信号的要求	81
5.5	定时器/计数器的编程和应用	81
	思考题及习题	89
第 6 章	AT89S51 单片机的串行口	90
6.1	串行通信基础	90
6.2	串行口的结构	92
6.3	串行口的工作方式	94
6.4	多机通信	102
6.5	波特率的设置	103
6.6	串行口的使用	106
	思考题及习题	118
第 7 章	AT89S51 单片机外部存储器的扩展	119
7.1	AT89S51 单片机系统扩展结构	119
7.2	存储器编址技术和外部地址锁存器	121
7.3	程序存储器的扩展	126
7.4	静态数据存储器 RAM 的扩展	134
7.5	EPROM 和 RAM 的综合扩展	138
7.6	EEPROM 的扩展	142
7.7	片内 Flash 存储器的编程	147
	思考题及习题	150
第 8 章	AT89S51 单片机 I/O 接口的扩展	151
8.1	I/O 接口扩展的基本知识	151
8.2	用 AT89S51 单片机的串行口扩展并行口	152
8.3	用 82C55 扩展并行接口	157

8.4	用 81C55 扩展并行接口	168
8.5	利用 74LS TTL 电路扩展并行 I/O 口	175
8.6	I/O 口的简单应用	176
	思考题及习题	185
第 9 章	AT89S51 单片机的外部设备的 I/O 接口	186
9.1	键盘接口原理	186
9.2	LED 数码管显示器的显示原理	195
9.3	键盘/显示器接口设计实例	199
9.4	液晶显示器(LCD)接口	212
	思考题及习题	222
第 10 章	AT89S51 单片机与数据转换器的接口	224
10.1	A/D 转换器的接口	224
10.2	D/A 转换器的接口	237
	思考题及习题	252
第 11 章	AT89S51 单片机的串行扩展技术	254
11.1	I ² C 总线扩展技术	254
11.2	AT89S51 单片机的 I ² C 总线串行扩展设计	259
11.3	SPI 总线串行扩展	267
11.4	Microwire 总线简介	268
11.5	AT24CXX 系列 EEPROM	268
	思考题及习题	278
参考文献	279

1.2 单片机的发展进程

单片机根据其基本操作处理的二进制位数主要分为: 4 位单片机、8 位单片机、16 位单片机和 32 位单片机。单片机的发展进程可大致分为以下 4 个阶段。

1.4 位单片机

1971 年, Intel 公司的霍夫研制成功了世界上第一块 4 位微处理器芯片 Intel 4004。



第 1 章

单片机概述

单片机是微型计算机发展的一个分支,具有体积小、结构简单、抗干扰能力强、可靠性高、性价比高、便于实现嵌入式应用、易于实现产品化等特点。自 20 世纪 70 年代问世以来,单片机已被广泛地应用于工业自动化、自动检测与控制、智能仪器仪表、航空航天、汽车电子、通信产品、家用电器、机电一体化等各个领域。

1.1 单片机的概念

单片微型计算机简称单片机,是由中央处理单元(Central Processing Unit, CPU)、存储器(包括 Random Access Memory, RAM; Read Only Memory, ROM)、并行输入/输出(I/O)口、串行 I/O 口、定时器/计数器、中断系统、系统时钟电路及系统总线等组成的一个大规模或超大规模集成电路芯片。由于单片机在使用时通常处于测控系统的核心,国际上通常把单片机称为微控制器(Micro Controller Unit, MCU),鉴于它完全做嵌入式应用,故又称为嵌入式微控制器(Embedded Micro Controller Unit, EMCU)。而在我国,大部分工程技术人员还是习惯使用“单片机”这一名称。

单片机按适用范围可分成专用型单片机和通用型单片机两大类。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,如机顶盒、数码摄像机等各种家用电器中的控制器。由于特定功能需求,单片机芯片制造商常与产品厂家合作,设计和生产专用型单片机芯片。在用量不大的情况下,设计和制造这样的专用芯片成本很高,而且设计和制造的周期也很长,因此专用型单片机的应用受到一定的限制。我们通常所用的都是通用型单片机,在通用型单片机中,其内部可开发的资源(如存储器、I/O 口等各种外围功能部件等)可以全部提供给用户使用。用户可根据实际需要,设计一个以通用单片机芯片为核心,配以外围接口电路及其他外围设备,并通过相应的软件控制程序来满足各种不同需要的测控系统。通用型单片机把 ROM、I/O 口等所有资源全部提供给用户使用。

1.2 单片机的发展进程

单片机根据其基本操作处理的二进制位数主要分为:4 位单片机、8 位单片机、16 位单片机和 32 位单片机。单片机的发展进程可大致分为以下 4 个阶段。

1.4 位单片机

1971 年,Intel 公司的霍夫研制成功了世界上第一块 4 位微处理器芯片 Intel 4004,标志



着第一代微处理器问世,微处理器和微机时代从此开始。1971年11月,Intel推出MCS-4微型计算机系统(包括4001 ROM芯片、4002 RAM芯片、4003 移位寄存器芯片和4004微处理器),其中4004包含2300个晶体管,尺寸规格为3 mm×4 mm,计算性能远远超过了电子数字积分计算机(Electronic Numerical Integrator And Computer, ENIAC)。随后,各发达国家在4位单片机市场上都占有了一定市场,如日本Sharp公司的SM系列和Toshiba公司的TLCS系列、美国TI公司的TMS1000和NS公司的COP400系列等。4位单片机虽然价格低,但性能并不弱,主要用于家用电器(洗衣机、微波炉等)及高档的电子玩具。

2.8 位单片机

8位单片机已经成为单片机中的主要机型。在8位单片机中,一般把无串行I/O口和只提供小范围的寻址空间(小于8KB)的单片机称为低档8位单片机,如Intel公司推出的MCS-48系列单片机、Fairchild公司推出的F8单片机等,它们极大地促进了单片机的变革和发展;把带有串行I/O口或A/D转换器,以及可以进行64KB以上寻址的单片机称为高档单片机,如Zilog公司推出的Z8单片机、Motorola公司推出的6801单片机、Intel公司推出的MCS-51系列单片机等,这些产品使单片机的性能上了一个新的台阶。由于这类单片机的功能强、品种齐全、性价比高,因此被广泛应用于各个领域,已成为目前单片机的主要机型。

3.16 位单片机

从20世纪80年代开始,各个公司开始推出16位单片机,如Thomson公司推出的68200单片机、NS公司推出的HPC16040单片机、Intel公司推出的8096单片机等。由于性价比等问题,在实际应用中得到应用的16位单片机主要是Intel公司的MCS-96系列单片机。

4.32 位单片机

近年来,各个单片机生产厂家开始研制更高性能的32位单片机。32位单片机除了具有更高的集成度外,其数据处理速度比16位单片机提高许多,性能比8位、16位单片机更加优越。此外,还研制出不少新型的高集成度单片机产品,出现了单片机产品多种多样的局面,得到了广大用户的青睐。

单片机的发展虽然先后经历了4位、8位、16位到32位的阶段,但从实际使用情况看,并没有出现高性能单片机一家独大的局面,4位、8位、16位单片机在各个领域中仍被广泛应用,特别是8位单片机在中、小规模电子设计等应用场合仍占主导地位。

随着科学技术的发展,单片机正在向高性能和多品种方向发展,其发展趋势是进一步向着低功耗、低价格、小体积、大容量、高性能、高速度和外围电路内装化等方面发展。

1.3 单片机的应用领域及特点

1.3.1 单片机的应用领域

单片机具有体积小、价格低、应用方便、性能稳定且可靠等优点,其发展和普及给工业自动化等领域带来了重大变革。由于单片机体积小,很容易嵌入到系统中,因此可以实现各种方式的检测、计算或控制,而一般的微型计算机无法做到。由于单片机本身就是一个微型计



算机,因此只要在单片机的外部适当增加一些必要的外围扩展电路,就可以灵活地构成各种应用系统,如数据采集系统、自动控制系统等。

单片机的应用范围很广,在下述的各领域中得到了广泛的应用。

1. 工业控制领域

在工业控制领域中,单片机主要用于工业过程控制、数据采集系统、信号检测系统、无线感知系统、测控系统、机电一体化控制系统、工业机器人等应用控制系统。例如,工厂流水线的智能化监测、电梯智能化控制、各种报警系统等。

2. 智能仪器仪表领域

单片机的使用有助于提高仪器仪表的精度和准确度,目前单片机在智能仪器仪表中应用十分广泛,主要通过各种变送器、电气测量仪表替代传统的测量系统,使测量系统具有数据存储、数据处理、查找、判断、联网和语音播放等各种智能化功能。

3. 家用电器领域

单片机在家用电器中的应用已经非常普及,如电饭煲、洗衣机、电冰箱、空调、电视、微波炉、加湿器、消毒柜等,在这些设备中嵌入单片机后,其功能和性能可大大提高,并可实现智能化、最优化控制。

4. 网络与通信领域

单片机普遍具备通信接口,可以很方便地与计算机进行数据通信,在调制解调器、手机、传真机、小型程控交换机、无线对讲机、楼宇自动通信呼叫系统、列车无线通信网络以及各种通信设备中,单片机也已经得到了广泛应用。

5. 医疗仪器领域

现代新型的医疗仪器中大量地使用了单片机,如超声诊断设备、病床呼叫系统、医用呼吸机及各种分析仪、监护仪等,为现代医务工作高效、准确地诊断和治疗病人提供了极大的方便。

6. 汽车电子与航空航天领域

单片机已经广泛地应用在各种汽车电子及航空航天设备中,如自动驾驶系统、动力检测控制系统、信息通信系统、运行监视器(黑匣子)、卫星导航系统、自动诊断系统等。

7. 武器装备

在现代化的武器装备中,如飞机、军舰、坦克、导弹、鱼雷制导、智能武器装备等都有单片机嵌入其中。

1.3.2 单片机的特点

单片机的发展历史虽然短暂,但是目前在军事、工业、医疗等领域都得到了广泛的应用,这主要是由于以单片机为核心构成的应用系统具有以下特点:

(1)体积小、可靠性高、抗干扰能力强。单片机将各种功能部件都集成在一块芯片上,集成度高、体积小;而且单片机内部采用总线结构,减少了各芯片之间的连线,不易受到外部的干扰,增强了抗干扰能力,大大提高了单片机的可靠性。

(2)控制能力强。单片机虽然结构简单,但已经具备了足够的控制功能。单片机具有



较多的 I/O 口, CPU 可以直接对 I/O 进行操作(算术操作、逻辑操作和位操作), 指令简单而且丰富, 非常适用于专门的控制功能。

(3) 低电压, 低功耗。为了满足广泛使用于便携式系统的需求, 许多单片机内的工作电压仅为 1.8 ~ 3.6 V, 功耗降至微安(μA)级, 一颗纽扣电池就可长期使用。

(4) 易于扩展。单片机片内具有计算机正常运行所必需的部件。芯片外部有许多可供扩展的三总线及并行 I/O 口、串行 I/O 口, 很容易构成各种规模的计算机应用系统。

(5) 性价比高。单片机的功能强、价格低。为了提高速度和运行效率, 单片机已开始使用精简指令集(Reduced Instruction Set Computing, RISC)、流水线和数字信号处理器(Digital Signal Processor, DSP)等技术。由于单片机的广泛使用, 其销量极大, 各大公司的商业竞争更使其价格十分低廉, 性价比高于一般的微机系统。

1.4 常用单片机简介

1.4.1 MCS-51 系列单片机

20 世纪 80 年代以来, 单片机的发展非常迅速, 世界上一些著名厂商投放到市场的产品就有几十个系列, 数百个品种。其中 Intel 公司推出的 MCS-51 系列单片机在世界范围内得到了广泛应用。MCS-51 系列单片机属于高档的 8 位单片机, 是 Intel 公司于 1980 年推出的产品。由于 MCS-51 系列单片机具有很强的片内功能和指令系统, 因此使单片机的应用发生了一个飞跃。

MCS-51 系列单片机有许多品种, 主要包括基本型产品 8031 / 8051 / 8751 (对应的低功耗型 80C31 / 80C51 / 87C51) 和增强型产品 8032 / 8052 / 8752。由于 MCS-51 系列单片机品种全、兼容性强、性价比高, 且软硬件应用设计资料丰富、齐全, 在 20 世纪 80 年代到 90 年代, 成为我国应用最为广泛的单片机机型之一。

1. 基本型(典型产品: 8031 / 8051 / 8751)

(1) 8031 内部包括一个 8 位 CPU、128 B 的 RAM、21 个特殊功能寄存器(Special Function Register, SFR)、4 个 8 位并行 I/O 口、一个全双工串行口、两个 16 位定时器/计数器、5 个中断源, 但片内无程序存储器, 需外扩程序存储器芯片。

(2) 8051 是在 8031 的基础上研制的, 片内集成了 4 KB 的 ROM 程序存储器, ROM 内的程序是由单片机的生产厂家固化的, 主要应用在程序已定且需大批量生产的产品中。

(3) 8751 也是在 8031 的基础上研制的, 片内集成了 4 KB 的可擦除可编程只读存储器(Erasable Programmable Read Only Memory, EPROM)。单片机应用开发人员可以把写好的程序通过开发机或编程器写入 EPROM 中, 需要修改时, 可以采用紫外线擦除器擦除后再重新写入。

这 3 种芯片只是在程序存储器的形式上存在不同, 其他结构和功能都一样。

2. 增强型(典型产品: 8032 / 8052 / 8752)

Intel 公司在上述 3 种基本型产品的基础上, 又推出了增强型产品, 即 52 子系列, 典型产品有 8032 / 8052 / 8752。它们的内部 RAM 为 256 B, 8052、8752 的片内程序存储器扩展到



8 KB,16 位定时器/计数器增至 3 个,具有 6 个中断源,串行口通信速率提高了 5 倍。

表 1.1 列出了基本型和增强型的 MCS-51 系列单片机的片内硬件资源。

表 1.1 基本型和增强型的 MCS-51 系列单片机的片内硬件资源

品种	型号	片内程序存储器	片内数据存储器 /B	I/O 口线 /位	定时器/计数器 /个	中断源个数 /个
基本型	8031	无	128	32	2	5
	8051	4 KB 的 ROM	128	32	2	5
	8751	4 KB 的 EPROM	128	32	2	5
增强型	8032	无	256	32	3	6
	8052	8 KB 的 ROM	256	32	3	6
	8752	8 KB 的 EPROM	256	32	3	6

1.4.2 AT89 系列单片机

20 世纪 80 年代中期以后,Intel 公司把精力主要集中在高档 CPU 芯片的开发、研制上,逐渐淡出单片机的开发和生产。MCS-51 系列单片机设计上的成功,以及较高的市场占有率,使以 MCS-51 技术核心为主导的单片机成为许多厂家、电气公司竞相选用的对象。Intel 公司以专利转让或技术交换的形式把 8051 的内核技术转让给了 Atmel、Philips、LG、ADI、Dallas 等公司。这些公司生产的兼容机与 8051 的内核结构、指令系统相同,采用互补金属氧化物半导体(Complementary Metal Oxide Semiconductor, CMOS)工艺,通常把这种具有 8051 指令系统的单片机称为 80C51 系列单片机,这些兼容机的各种衍生品种统称为 51 系列单片机(简称为 51 单片机),是在 8051 的基础上又增加一些功能模块(称其为增强型、扩展型子系列单片机)。

在众多与 MCS-51 系列单片机兼容的各种基本型、增强型、扩展型等衍生机型中,美国 Atmel 公司推出的 AT89 系列单片机属于 8 位 Flash 单片机,以 MCS-51 为内核,与 MCS-51 系列单片机的软硬件完全兼容。此外,AT89 系列单片机的某些品种又增加了一些新的功能,如看门狗定时器(Watch Dog Timer, WDT)、在线系统编程(也称在线可编程, In-System Programming, ISP)及串行外部设备接口(Serial Peripheral Interface, SPI)技术等。其中 AT89 系列单片机中的 AT89C51/ AT89S51 单片机用片内 4 KB 的 Flash 存储器取代了 87C51 片内 4 KB 的 EPROM。AT89S51 单片机片内 4 KB 的 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,AT89C51/ AT89S51 单片机作为 AT89C5X/AT89S5X 系列单片机的代表性产品受到了应用设计者的欢迎,AT89C5X/AT89S5X 系列单片机成为目前取代 MCS-51 系列单片机的主流芯片。目前 AT89C51 单片机已不再生产,可用 AT89S51 直接替代。

由于 AT89S51 单片机是具有 8051 内核的各种型号单片机的基础,最具典型性和代表性,同时也是各种增强型、扩展型等衍生品种的基础。因此,本书将 AT89S51 作为 51 单片机的代表性机型来介绍单片机原理及其应用系统设计。

1.4.3 其他单片机简介

1. AVR 单片机

AVR 单片机是美国 Atmel 公司于 1997 年推出的增强型高速 8 位单片机,具有 RISC 结



构和内置的 Flash,其显著的特点为高性能、高速度、低功耗,共有 118 条指令,使得 AVR 单片机具有高达 1 MIPS/MHz 的运行处理能力。

AVR 单片机产品有低档 Tiny 系列、中档 AT90S 系列、高档 ATmega 系列 3 个档次。常用的 AVR 单片机有 Atmega8、Atmega16 等,广泛应用于计算机外部设备、工业实时控制、通信设备和家用电器等各个领域。

— 2. PIC 系列单片机

PIC 系列单片机是美国 Microchip 公司的产品,已经开发出从低到高几十个型号,可以满足各种不同层次的应用需要。PIC 系列单片机的 CPU 采用 RISC 结构,分别有 33 条、35 条、58 条指令(视单片机的级别而定)。由于 PIC 系列单片机具有速度高、实时性好、价格低、保密性好以及大电流液晶显示器(Liquid Crystal display, LCD)驱动的特点,因此在家电控制、电子通信系统和智能仪器仪表等领域得到了广泛应用。

PIC 系列单片机的型号繁多,分为低档型、中档型和高档型。

(1) 低档型 PIC12C5XX/PIC16C5X 系列。PIC12C5XX 是世界上第一个具有 8 个引脚的单片机,价位低,可用于如摩托车点火器等简单的智能控制场合,应用前景十分广阔。PIC16C5X 系列是最早在市场上得到发展的系列,由于其价格较低,且有较完善的开发手段,因此在国内应用最为广泛。

(2) 中档型 PIC12C6XX/PIC16CXXX 系列。PIC 中档产品是 Microchip 公司近年来重点发展的系列产品,品种最为丰富,其性能在低档型产品基础上增加了中断功能,指令周期可达到 200 ns,内置模/数转换器(Analog to Digital Converter, ADC),内部为电可擦可编程只读存储器(Electrically Erasable Programmable Read Only Memory, EEPROM 或 E²PROM)、数据存储器,双时钟工作,实现输出比较和输入捕捉,脉冲宽度调制(Pulse Width Modulation, PWM)输出,具有 I²C(Inter-Integrated Circuit)接口、SPI 接口、异步串行接口(Universal Asynchronous Receiver and Transmitter, UART)、模拟电压比较器及 LCD 驱动等,其封装从 8 个引脚到 68 个引脚,可用于高、中、低档的电子产品设计中,且价格适中。

(3) 高档型 PIC17CXX 系列。PIC17CXX 适合于开发高级、复杂的系统,其性能在中档型基础上得以优化,增加了硬件乘法器,指令周期达到 160 ns,是目前世界上 8 位单片机中性性价比最高的机型,可用于如电机控制等高、中档产品的开发。

3. MSP430 系列单片机

MSP430 系列单片机是由美国 TI 公司开发的超低功耗、具有 RISC 结构的 16 位单片机,又称为混合信号处理器(Mixed Signal Processor)。由于其针对实际应用需求,将多个不同功能的模拟电路、数字电路模块和微处理器集成在一个芯片上,以提供“单片机”解决方案,因此非常适合于便携式仪器仪表等功率要求低的场合。

4. Motorola 单片机

Motorola 公司是世界上最大的单片机厂商,开发的产品品种全、选择余地大、新产品多。在 8 位单片机方面有 68HC05 和升级产品 68HC08。16 位单片机的 68HC16 和 32 位单片机的 MC683XX 系列也有几十个品种。Motorola 单片机的特点是高频噪声低,抗干扰能力强,更适用于工控领域及恶劣的环境,现在改名为“飞思卡尔”单片机。



5. 华邦单片机

台湾华邦公司(Winbond)生产的W78系列单片机与AT89C5X系列单片机完全兼容,W77系列为增强型。W77系列对8051的时序做了改进:每个指令周期只需要4个时钟周期,速度提高了3倍,工作频率最高可达40 MHz,增加了看门狗(Watch Dog)、两组UART、两组数据指针(Data Pointer, DPTR)、ISP等功能,片内集成了通用串行总线(Universal Serial Bus, USB)接口、语音处理等模块,具有6组外部中断源。

6. ADuC812 单片机

ADuC812单片机是美国ADI(Analog Device Inc.)公司生产的高性能单片机,是全集成的12位数据采集系统。它在芯片内集成了高性能的自校准8通道12位ADC、2通道12位数/模转换器(Digital to Analog Converter, DAC)以及可编程的8位与8051兼容的MCU。指令系统与MCS-51系列单片机兼容。片内有8 KB的Flash程序存储器、640 B的Flash数据存储器、256 B的片内数据存储器。ADuC812片内还集成了WDT、电源监视器以及ADCDMA功能,同时为多处理器接口和I/O口扩展提供了32条可编程的I/O口线、与I²C兼容的串行接口、SPI串行接口和标准UART串行接口。

ADuC812单片机内核和ADC均有正常、空闲和掉电3种工作模式,在工业温度范围内器件可在3 V和5 V两种电压下工作,通过软件可以控制芯片从正常模式切换到空闲模式,也可以切换到更为省电的掉电模式。由于ADuC812单片机具有高速高精度的模/数(A/D)转换、灵活的电源管理方案以及可访问大容量外部数据存储器等性能,因此在存储测试系统设计中常作为首选。

7. 无线单片机

为满足无线传感器网络、蓝牙技术与无线局域网(Wireless Local Area Network, WLAN)等领域中无线收发系统低功耗、小型一体化、低成本和高可靠性的技术要求,将微控制器、存储器、ADC、需要的接口电路以及无线发射和接收部件集成到一个单独的芯片上,构成了一个独立工作的无线通信和无线网络节点的无线片上系统(System-on-a-Chip, SoC),也称为无线单片机。无线单片机是在单芯片上设计无线收发系统,使其最小化和一体化,为开发无线通信和无线网络,提供了新的选择,同时也使无线通信和无线网络的设计工作更加简化,更容易开发。目前国内使用较多的是美国TI公司生产的具有低功耗8051微控制器内核的CC2530。CC2530结合了领先的射频收发器的优良性能,系统具有可编程闪存、8 KB的RAM和许多其他强大的功能。CC2530具有不同的运行模式,使得它尤其适应超低功耗要求的系统。

除了上述几种类型的单片机,其他类型的单片机还有凌阳单片机、NEC单片机、Zilog单片机、三星单片机、富士通单片机、东芝单片机、SST单片机等,它们在不同的应用领域中发挥着重要的作用。

1.4.4 各类嵌入式处理器简介

随着集成电路技术及电子技术的飞速发展,以各类嵌入式处理器为核心的嵌入式系统的应用,已经成为当今电子信息技术应用的一大热点。具有各种不同体系结构的处理器构成了嵌入式处理器家族,它们是嵌入式系统的核心部件。按其体系结构主要分为:嵌入式微



控制器(单片机)、嵌入式微处理器、嵌入式数字信号处理器以及嵌入式片上系统等。

1. 嵌入式微控制器(单片机)

嵌入式微控制器(Embedded Micro Controller Unit, EMCU)又称为微控制器或单片机,是目前嵌入式系统的主流。前面已经详细介绍,在此不再赘述。

2. 嵌入式微处理器

嵌入式微处理器(Embedded Micro Processor Unit, EMPU)就是通用计算机的微处理器 CPU。单片机本身(或稍加扩展)就是一个小的计算机系统,可独立运行,具有完整的功能,而嵌入式微处理器仅仅相当于单片机中的 CPU。嵌入式微处理器在应用中,一般是将微处理器装配在专门设计的电路板上,在母板上只保留和嵌入式相关的功能即可,这样可以满足嵌入式系统体积小和功耗低的要求。

比较有代表性的嵌入式微处理器产品为 ARM(Advanced RISC Machines)微处理器。ARM 微处理器是由 ARM 公司设计的,是一种低功耗、高性能的 32 位精简指令集处理器。ARM 微处理器目前已遍及工业控制、消费类电子产品、通信系统、网络系统、无线系统、军事等各类产品市场,基于 ARM 技术的微处理器应用约占据了 32 位 RISC 微处理器 75% 以上的市场份额,ARM 技术正在逐步渗入到生产生活的各个方面。

需要注意的是,目前“嵌入式系统”还没有一个严格和权威的定义。广义上讲,凡是系统中嵌入了“嵌入式处理器”(如单片机、DSP、嵌入式微处理器等),都称其为“嵌入式系统”。但还有些仅把“嵌入”嵌入式微处理器的系统称为“嵌入式系统”。目前所说的“嵌入式系统”,多指后者。

3. 嵌入式数字信号处理器

嵌入式数字信号处理器是一种专门用来对数字信号进行高速处理计算的芯片,它的强大数据处理能力和高速运行能力,是最值得称道的两大特色。芯片内部采用程序和数据分开存储和传输的哈佛结构,具有专门的硬件乘法器,采用流水线操作,提供特殊的 DSP 指令,可用来快速地实现各种数字信号处理算法,使其处理速度比最快的 CPU 还快 10 ~ 50 倍。在语音处理、图形/图像处理、频谱分析、生物医学信号处理等领域应用广泛。

数字信号处理器从 20 世纪 70 年代的专用信号处理器开始发展到今天的超大规模集成电路(Very Large Scale Integration, VLSI)阵列处理器,其应用领域已经从最初的语音、声呐等低频信号的处理发展到今天的雷达、图像等视频大数据量的信号处理。由于浮点运算和并行处理技术的利用,数字信号处理器的处理能力已得到极大提高,数字信号处理器将继续沿着提高处理速度和运算精度两个方向发展。从体系结构来讲,数据流结构、神经网络结构等将可能成为下一代数字信号处理器的基本结构模式。

与单片机相比,DSP 所具有的实现高速运算的硬件结构、指令、多总线以及 DSP 处理算法的复杂度和大的数据处理流量都是单片机不可企及的。

4. 嵌入式片上系统

随着设计与制造技术的发展,集成电路设计从晶体管的集成发展到逻辑门的集成,现在又发展到 SoC 设计技术。SoC 最大的特点是成功实现了软硬件无缝结合,直接在处理器片内嵌入操作系统的代码模块,而且具有极高的综合性,在一个芯片内部运用 VHDL(Very-high-speed integrated circuit Hardware Description Language)等硬件描述语言,即可实现一个



复杂的系统。

SoC 设计与传统的系统设计不同,设计者面对的不再是电路及芯片,不需要绘制庞大复杂的电路板,不用一点点地连接焊制,只需要使用标准的 VHDL 等硬件描述语言进行描述,综合时序设计直接在器件库中调用各种通用处理器的标准,仿真通过之后就可以直接交付半导体器件厂商制作样品,设计生产效率非常高。

在 SoC 中,除个别无法集成的器件以外,整个嵌入式系统绝大部分均可集成到一块或几块芯片中,应用系统电路板简洁,系统的体积和功耗小,可靠性高。SoC 芯片可以有效地降低电子/信息系统产品的开发成本,缩短开发周期,提高产品的竞争力,已在声音、图像、影视、网络及系统逻辑等应用领域中广泛应用,是未来工业界将采用的最主要的产品开发方式。

思考题及习题

- 1.1 什么是单片机? 其主要由哪几部分组成?
- 1.2 单片机有哪些应用特点? 主要应用在哪些领域?
- 1.3 MCS-51 系列单片机如何进行分类? 各类有哪些主要特征?
- 1.4 嵌入式处理器按体系结构可以分为哪几类? 它们的应用领域有何不同?
- 1.5 如何学好单片机课程?



第 2 章

AT89S51 单片机的硬件结构

通过第 1 章的学习,已经知道单片机就是将构成微型计算机的最基本功能部件集成到一块芯片上的集成芯片。本章主要介绍 AT89S51 单片机的硬件结构。单片机的硬件结构是单片机应用系统设计的基础,因此熟悉并掌握单片机的硬件结构对于应用系统设计者是十分重要的。只有掌握了单片机的硬件结构及各部分功能,才能合理地使用单片机。通过本章的学习,可以使读者对 AT89S51 单片机硬件结构有较为全面的了解,应主要了解和掌握 AT89S51 单片机的主要性能、引脚功能、存储器结构、特殊功能寄存器的功能以及并行 I/O 口的结构和特点。本章对复位电路和时钟电路的设计以及节电工作模式也进行了相应介绍。

2.1 AT89S51 单片机内部结构及功能

AT89S51 单片机是美国 Atmel 公司生产的一款低功耗、高性能的互补金属氧化物半导体(Complementary Metal Oxide Semiconductor, CMOS)8 位单片机,其内部结构图如图 2.1 所示,片内含 4 KB 的具有 ISP 功能且可反复擦写 1 000 次的 Flash ROM、128 B 的内部 RAM、32 条 I/O 口线、一个看门狗定时器(WDT)、两个数据指针、两个 16 位定时/计数器、一个 5 向量两级中断结构、一个全双工串行通信口、片内振荡器及时钟电路。同时,AT89S51 单片机可降至 0 Hz 的静态逻辑操作,并支持两种软件可选的节电工作模式。低功耗空闲方式时,CPU 停止工作,但允许 RAM、定时器/计数器、串行通信口及中断系统继续工作;掉电方式时,保存 RAM 中的内容,但振荡器停止工作并禁止其他所有部件工作直到下一个硬件复位。

另外,AT89S51 单片机采用 Atmel 公司高密度、非易失性存储技术生产,兼容标准 8051 指令系统和引脚。AT89S51 单片机还将多功能 8 位微处理器及 Flash 程序存储器集成在芯片内,是一种高效、低价位的微控制器,可灵活应用于各种嵌入式控制系统。

AT89S51 单片机具有如下功能特性:

- (1) 兼容 MCS-51 指令系统。
- (2) 8 位的 CPU。
- (3) 128×8 B 的内部 RAM。
- (4) 4 KB 可反复擦写(1 000 次)的具有 ISP 功能的 Flash ROM,灵活的字节和页编程,现场程序调试和修改更加方便灵活。
- (5) 双数据寄存器指针,方便对片外 RAM 的访问。