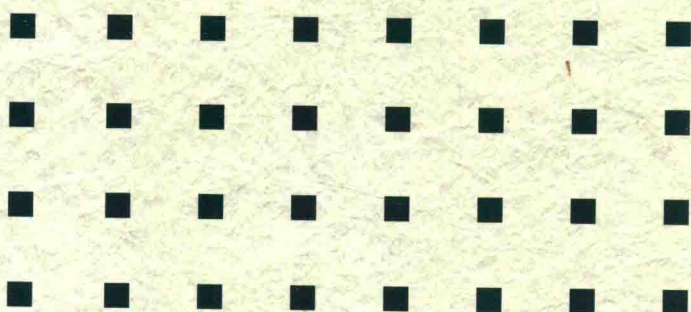


高等学校电子信息类“十三五”规划教材



单片机原理 ② 接口技术

——基于C51+Proteus仿真

主编 屈 霞 郑剑锋 余世刚 韩学超

主审 张 屹



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校电子信息类“十三五”规划教材

单片机原理及接口技术

——基于 C51+Proteus 仿真

主 编 屈 霞 郑剑锋 余世刚 韩学超

副主编 李云峰 万 军 张晓花

主 审 张 屹

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书以单片机实践和创新应用为目标,基于 C51 编程语言,以 Proteus 为虚拟仿真平台,结合趣味实际案例,系统介绍了 MCS-51 单片机片内功能部件及其应用、系统扩展和接口技术,其中包括以总线形式扩展存储器、各种并行接口、DAC 和 ADC 等,并介绍了串口通信、各种异步串行扩展及通信协议设计案例,单总线、I²C 总线、SPI 总线等扩展案例,以及 SPI 人机接口、SPI 传感器、SPI Flash、SPI 无线射频通信芯片、电磁继电器、光耦输入/输出、可控硅、固态继电器、各种电机等工程设计案例,同时对案例进行了软、硬件设计和仿真实验验证。

本书可作为各类工科、专科院校的自动化、电气工程、通信工程、电子工程、计算机、机电一体化、机械设计制造及自动化等专业单片机技术课程的教材或参考书,也可供从事单片机工程设计工作的技术人员参考。

★本书配有电子教案,需要者可在出版社网站下载。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及接口技术:基于 C51+Proteus 仿真 / 屈霞等主编. —西安:西安电子科技大学出版社, 2019.3(2019.4 重印)

ISBN 978-7-5606-5264-1

I. ① 单… II. ① 屈… 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. ① TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 034781 号

策划编辑 陆 滨

责任编辑 买永莲

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2019 年 3 月第 1 版 2019 年 4 月第 2 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 23

字 数 548 千字

印 数 601~2600 册

定 价 54.00 元

ISBN 978-7-5606-5264-1 / TP

XDUP 5566001-2

如有印装问题可调换

前 言

自从 Intel 公司以专利转让或技术交换形式把 8051 内核技术转让给 Atmel、Philips、Maxim、DALLAS、ANALOG、宏晶科技公司等众多公司，以 8051 内核技术为主导的单片机取得了巨大的成功，在工业自动化、智能仪器仪表、家用电器、医用设备、武器装备、汽车电子设备、计算机网络和通信、终端及外部设备控制等领域得到了广泛的应用，占据了单片机市场的主导地位。

51 系列单片机一直是我国多数高校及职业技术学院讲授的机型。目前，以汇编语言为编程语言的教材占多数，这有利于学生对单片机微控制器底层硬件资源的深层次学习，但由于汇编语言不是一种结构化的程序设计语言，学生理解和掌握起来都比较困难，编程效率也较低。

以“新工科”理念为先导，新的工科专业和工科的新要求对单片机原理与应用课程使用的教材提出了更高的要求。本书基于 C51 编程语言，以 Proteus 为虚拟仿真平台，结合具有一定趣味性的实用案例编写而成。书中优化与凝练了单片机片内资源的应用案例，增加了资源整合与功能集成的接口扩展实际案例，内容设计上致力于最大限度地启迪学生创新思维，激发学习兴趣，使教学情景化和动态化，体现了“学中做，做中学”的工程教育理念。

本书在编写中着重强调了如下几点：

(1) 基于 MCS-51，从单片机实践和创新应用出发，探索新工科背景下单片机原理与应用课程的新形态教材建设和教学内容创新；采用 C51 编程设计和 Proteus 虚拟仿真工具，理论与实践结合，趣味和实用结合，并对所有案例进行软、硬件设计与仿真验证。

(2) 以专业跨界学生的融汇应用为目的，重点讲述 80C51 单片机片内功能部件的应用、总线扩展和接口技术，给出了当前工程技术中典型的电磁继电器、光耦输入与输出、双向可控硅、固态继电器、各种电机、SPI 人机接口、SPI 传感器、SPI Flash、SPI 无线射频通信接口、单片机与 PC 间异步串行通信设计以及通信协议设计等实际案例。

(3) 本书内容力求体现系统性和完整性。首先系统介绍了单片机片内资源的开发应用；在片外各类并行接口设计中，采用了并行总线扩展原则，以总线形式扩展了存储器、各种并行接口、DAC 和 ADC 等；在串口扩展中，介绍了各种异步串行扩展及协议编写，并设计了当前应用越来越广泛的单总线、I²C 总线、SPI 总线等扩展案例。

本书共 13 章，第 1 章介绍了单片机的发展趋势和典型的单片机产品；第 2 章介绍了 80C51 单片机的内部总体结构、引脚功能和存储器结构；第 3 章介绍了 C51 语言编程基础；第 4 章介绍了 80C51 单片机 I/O 端口，并从工程应用的角度，介绍了单片机 I/O 口对简单输入/输出、电磁继电器、光耦、双向可控硅、固态继电器等的控制与仿真案例；

第5章介绍了80C51单片机的中断系统和中断服务函数的应用设计;第6章介绍了80C51单片机定时器/计数器的工作原理及应用设计;第7章从MCS-51单片机并行总线扩展的角度,系统介绍了片外存储器、并行I/O接口和82C55等接口扩展技术;第8章介绍了人机交互接口设计;第9章详细介绍了80C51单片机以并行总线形式扩展并行DAC、并行ADC接口,以及串行ADC接口的扩展应用;第10章介绍了80C51单片机串口设计,包括单片机串口各种工作方式的应用方案、单片机间多机通信设计、单片机与PC异步串行通信以及通信协议的设计及仿真案例;第11章介绍了80C51单片机串行总线接口扩展,包括单总线串行扩展、I²C总线串行扩展、SPI总线串行扩展等扩展技术及仿真案例;第12章介绍了单片机对直流电机、交流电机、无线通信设备等的控制与仿真案例;第13章介绍了Keil C51和Proteus虚拟仿真平台的设计、仿真以及联调。

本书由常州大学的屈霞担任主编,完成了全书的整体架构及第4、5、6、7、9、10、11、12章的编写及全书的统稿工作;常州大学的郑剑锋、余世刚、韩学超担任副主编,其中,郑剑锋参与完成了本书的整体架构、目录的确定,第3章的编写以及第12章程序的仿真工作;余世刚编写了第2章;韩学超编写了第1章、第8章和第13章。同时,常州大学的李云峰、万军、张晓花也参加了编写工作,其中,李云峰完成了第6章和第9章的程序调试与案例仿真,万军完成了第5章和第10章的程序调试与案例仿真,张晓花完成了第7章和第11章的程序调试与案例仿真。此外,硕士研究生贡启明和赵佳怡完成了课件的制作工作。

本书由河海大学张屹教授担任主审。张教授对本书细心审核,提出了宝贵的意见和建议。在此,我们表示衷心的感谢。

本书参考学时为48~64学时,任课教师可根据实际情况对内容进行取舍或者补充。由于编者学识有限,书中疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评和指正。

主编邮箱: quxia@cczu.edu.cn。

编 者
2018年10月于常州大学

目 录

第 1 章 概述.....	1	3.4 C51 的运算量.....	29
1.1 单片机的概念.....	1	3.4.1 常量.....	29
1.2 单片机的发展历程及趋势.....	1	3.4.2 变量.....	30
1.2.1 单片机的发展历程.....	1	3.5 数据存储模式.....	32
1.2.2 单片机的发展趋势.....	2	3.6 C51 语言绝对地址的访问.....	33
1.3 单片机的特点及分类.....	3	3.7 C51 语言的函数.....	35
1.3.1 单片机的特点.....	3	3.7.1 函数的分类.....	35
1.3.2 单片机的分类.....	3	3.7.2 函数的调用与声明.....	37
1.4 单片机的应用.....	4	3.7.3 函数的嵌套与递归.....	39
1.5 典型的单片机产品.....	5	3.7.4 宏定义、文件包含及库函数.....	39
1.5.1 MCS-51 系列单片机.....	5	3.8 C51 语言的运算符.....	40
1.5.2 8051 内核的单片机.....	6	3.9 C51 语言语句及程序结构.....	43
1.5.3 PIC 内核的单片机.....	6	3.9.1 表达式语句.....	44
习题 1.....	7	3.9.2 复合语句.....	44
第 2 章 51 单片机的硬件结构.....	8	3.9.3 C51 语言程序基本结构.....	45
2.1 MCS-51 系列单片机简介.....	8	3.10 C51 语言构造数据类型.....	50
2.2 80C51 的内部总体结构.....	8	3.10.1 C51 语言的数组.....	50
2.3 80C51 的引脚功能.....	10	3.10.2 C51 语言的指针.....	51
2.4 80C51 单片机存储器结构.....	12	3.10.3 C51 语言结构.....	52
2.5 单片机的时钟和复位电路.....	18	3.10.4 联合.....	53
2.5.1 时钟电路.....	18	3.10.5 枚举.....	54
2.5.2 指令时序.....	20	习题 3.....	55
2.5.3 复位电路.....	20	第 4 章 80C51 单片机 I/O 端口及应用.....	56
2.6 单片机的低功耗节电方式.....	22	4.1 P0 口.....	56
2.6.1 空闲模式设计.....	23	4.2 P1 口.....	57
2.6.2 掉电模式设计.....	23	4.3 P2 口.....	58
习题 2.....	23	4.4 P3 口.....	59
第 3 章 C51 语言编程基础.....	25	4.5 I/O 口简单输入/输出设计.....	60
3.1 C51 编程语言简介.....	25	4.6 单片机 I/O 口控制电磁继电器.....	62
3.2 C51 语言的数据类型.....	26	4.7 单片机 I/O 口控制光耦.....	64
3.3 数据存储类型.....	28	4.8 单片机 I/O 口控制双向可控硅.....	66
		4.8.1 晶闸管工作原理.....	66

4.8.2 单片机 I/O 口控制双向 可控硅接口设计	67	7.6 通用可编程 I/O 接口芯片 82C55 的 扩展	117
4.9 单片机 I/O 口控制固态继电器	69	7.6.1 并行 I/O 接口芯片 82C55	117
习题 4	70	7.6.2 并行 I/O 接口 82C55 的 三种工作方式	121
第 5 章 80C51 单片机的中断系统	71	7.6.3 80C51 单片机与 82C55 的 接口设计	124
5.1 中断的概念	71	习题 7	126
5.2 80C51 中断系统的结构	71	第 8 章 人机交互接口设计	128
5.2.1 中断源及中断标志位	72	8.1 键盘接口	128
5.2.2 中断控制寄存器	72	8.1.1 键盘的工作原理	128
5.3 中断响应过程	75	8.1.2 键盘的接口电路	129
5.4 中断服务函数及应用	77	8.1.3 键盘的工作方式	136
5.4.1 中断服务函数	77	8.2 LED 数码管显示器接口	137
5.4.2 外部中断服务函数应用设计	78	8.2.1 LED 数码管的结构	137
习题 5	84	8.2.2 LED 数码管的工作原理	139
第 6 章 80C51 单片机定时器/计数器	85	8.3 键盘与 LED 数码管显示器接口 综合设计实例	143
6.1 定时器/计数器 T0 和 T1 的 结构及工作原理	85	8.3.1 利用并行 I/O 芯片 82C55 实现的 键盘/显示器接口	143
6.1.1 定时器/计数器 T0 和 T1 的结构	85	8.3.2 利用单片机串行口实现的 键盘/显示器接口	146
6.1.2 80C51 单片机定时器/计数器的 工作原理	86	8.3.3 基于专用芯片 HD7279A 实现的 键盘/显示器接口	148
6.2 定时器/计数器 T0 和 T1 的控制寄存器	87	8.4 LCD 1602 液晶显示器接口	162
6.3 定时器/计数器 T0 和 T1 的工作方式	88	8.4.1 LCD1602 液晶显示模块介绍	162
6.4 定时器/计数器 T0 和 T1 的应用	91	8.4.2 单片机控制 LCD1602 显示举例	169
习题 6	100	习题 8	172
第 7 章 单片机系统的并行扩展	102	第 9 章 80C51 单片机与 DAC、ADC 接口 芯片的设计	173
7.1 MCS-51 单片机的最小系统	102	9.1 单片机与 DAC0832 的接口	173
7.2 MCS-51 单片机系统并行扩展技术	103	9.1.1 D/A 转换器概述	173
7.2.1 并行扩展总线原理	103	9.1.2 80C51 与 8 位 DAC0832 的 接口设计	174
7.2.2 I/O 接口扩展概述	104	9.1.3 单片机与 DAC0832 接口的 应用设计	178
7.2.3 并行扩展地址译码技术	105	9.2 80C51 单片机与 ADC0809 的接口	185
7.3 存储器扩展技术	109		
7.3.1 存储器概述	109		
7.3.2 程序存储器的扩展	111		
7.3.3 数据存储器的扩展	113		
7.4 I/O 接口扩展概述	115		
7.5 简单 74 系列并行 I/O 接口的扩展	116		

9.2.1 A/D 转换器概述	185	11.3 I ² C 总线串行扩展	264
9.2.2 80C51 与 ADC0809 的接口	186	11.3.1 I ² C 总线系统的结构	264
9.2.3 单片机控制 ADC0809 的 输入采集设计	189	11.3.2 I ² C 总线的数据传输规则	265
9.3 80C51 单片机与串行 ADC0832 的 接口	196	11.3.3 80C51 单片机模拟 I ² C 串行 总线传送数据	267
习题 9	199	11.3.4 具有 I ² C 串行总线的 EEPROM AT24C02 的设计	270
第 10 章 80C51 单片机串口设计	201	11.4 SPI 总线串行扩展	277
10.1 串口通信基础	201	11.4.1 SPI 串行外设接口总线	277
10.2 单片机串口的结构	203	11.4.2 SPI 接口 Flash AT25F1024 设计	279
10.2.1 80C51 串口结构	203	习题 11	285
10.2.2 串口相关的特殊功能寄存器	204	第 12 章 单片机应用实例	286
10.3 串口工作方式	205	12.1 直流电动机的控制设计	286
10.4 串口波特率设计	206	12.2 单片机控制步进电机	290
10.5 多机通信	208	12.3 单片机电子音乐设计	293
10.6 串口应用设计	208	12.4 单片机频率计设计	297
10.6.1 串口方式 0 的应用设计	209	12.5 SPI 射频收发芯片 nRF24L01 接口设计	301
10.6.2 串口方式 1 的应用设计	213	习题 12	325
10.6.3 串口方式 2 和 3 的多机通信 应用设计	216	第 13 章 Keil C51 和 Proteus 虚拟 仿真平台的使用	326
10.6.4 单片机与 PC 异步串行通信设计 ...	219	13.1 集成开发环境 Keil C51 简介	326
10.6.5 单片机与异步串口 RS-232C 的 接口电路设计	220	13.1.1 Keil μ Vision5 运行环境介绍	326
10.6.6 单片机与异步串口 RS-422A 接口 电路设计	223	13.1.2 Keil C51 的安装	326
10.6.7 单片机与异步串口 RS-485 接口 电路设计	225	13.1.3 Keil C51 的使用	329
习题 10	250	13.2 Proteus 虚拟仿真平台的使用	340
第 11 章 80C51 单片机串行扩展技术	252	13.2.1 Proteus 的功能与应用软件	340
11.1 芯片级串行总线接口扩展	252	13.2.2 Proteus ISIS 编辑环境	341
11.2 单总线串行扩展	253	13.2.3 Proteus 的虚拟仿真调试工具	347
11.2.1 单总线温度数据采集芯片 DS18B20	253	13.2.4 仿真工具栏	351
11.2.2 单总线温度数据采集元件的 接口电路	257	13.2.5 Proteus 虚拟设计与仿真	351
		13.2.6 Proteus 与 Keil 的联调	358
		习题 13	359
		参考文献	360

第1章 概 述

1.1 单片机的概念

随着社会的发展和需求的提高,计算机技术在不断地更新与发展。起初,计算机主要用于数值计算,直到20世纪70年代,电子计算机方在数字逻辑运算、自动控制等方面显露出非凡的功能,随后,各种控制领域开始对计算机技术发展提出了与传统的大量高速计算完全不同的要求。这些要求包括面向控制对象、面向各种传感器信号、面向人机交互操作控制、能方便地嵌入工控应用系统中等。

为了实现上述要求,单片机应运而生。那么单片机到底是什么呢?

一台可以工作的计算机至少需要以下几个部件:CPU(中央处理器)、RAM(随机存取存储器)、ROM(只读存储器)、I/O接口(输入/输出接口)。这些部件在物理上对应若干个芯片,这些芯片被安装在一块印制线路板上,便组成了计算机的主板。如果将计算机主板的一部分功能部件进行裁剪,把余下的功能部件集成到一块芯片上,那么这个芯片就具有了计算机的基本属性,它就被称为单片微型计算机,简称单片机。

由此可见,单片机就是在一片半导体硅片上集成了中央处理单元(CPU)、存储器(RAM/ROM)和各种I/O接口的微型计算机。就其组成和功能而言,一块单片机芯片就是一台计算机。

单片机一词的英文最初是Single Chip Microcomputer,简称SCM。在单片机诞生时,SCM是一个准确、流行的称谓。随着在技术上、体系结构上不断扩展其控制功能,单片机已不能用“单片微型计算机”来准确表达其内涵,国际上逐渐采用微控制器(Micro Controller Unit, MCU)来代替“单片机”这一名称。又由于单片机在使用时,通常是处于测控系统的核心地位并嵌入其中的,因此国际上又把单片机称为嵌入式微控制器(Embedded Micro Controller Unit, EMCU)。在国内因为“单片机”一词已约定俗成,故而继续沿用。

1.2 单片机的发展历程及趋势

单片机诞生于20世纪70年代,如今已发展为上百种系列的近千个机种。

1.2.1 单片机的发展历程

单片机的发展历程大致可以分为4个阶段。

(1) 第一阶段(1974—1978年):单片机的探索阶段,以Intel公司的MCS-48系列单片

机为典型代表。MCS-48 的推出是单片机在工控领域的探索。此阶段的单片机片内含有 CPU、并行口、定时器、RAM 和 ROM 存储器等。因受集成电路技术的限制, CPU 指令系统功能相对较弱, 存储器容量较小, I/O 部件种类和数量少, 只能提供简单应用。

(2) 第二阶段(1978—1983 年): 单片机的完善阶段, 典型代表是 Intel 公司在 MCS-48 单片机基础上推出的 MCS-51 系列单片机。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, 包括 8 位数据总线、16 位地址总线、控制总线及具有多机通信功能的串行通信接口; 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及位操作方式; 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。

(3) 第三阶段(1983—1990 年): 单片机向微控制器发展的阶段, 以 Intel 公司推出的 MCS-96 系列单片机为典型代表。此阶段的单片机将一些用于测控系统的模/数转换器(ADC)、程序运行监视器(WDT)、脉宽调制器(PWM)等纳入片中, 增强了外围电路功能, 体现了单片机的微控制器特征。微控制器 MCU 一词源于这一阶段。

(4) 第四阶段(1990 年至今): 微控制器的全面发展阶段。随着单片机在各个领域的全面深入发展和应用, 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。

1.2.2 单片机的发展趋势

自 20 世纪 90 年代以来, 单片机进入了全面发展的时期, 百花齐放, 百家争鸣, 世界上各大芯片制造公司都推出了自己的单片机, 从 8 位、16 位到 32 位, 数不胜数, 应有尽有; 有与主流 C51 系列兼容的, 也有不兼容的, 但都各具特色, 为单片机的应用提供了广阔的天地。

纵观单片机的发展过程, 可以预见单片机将会向着高性能化、大容量、外围电路内装化等方面发展。

1. CPU 的改进

(1) 增加 CPU 数据总线宽度。例如, 各种 16 位单片机和 32 位单片机, 数据处理能力要优于 8 位单片机。

(2) 采用双 CPU 结构, 以提高数据处理能力。

2. 存储器的发展

(1) 加大存储容量。目前已有的单片机片内程序存储器容量可达 128 KB 甚至更多, 片内数据存储器容量可达 1 KB 以上。

(2) 片内程序存储器采用闪烁(Flash)存储器, 可不用外扩程序存储器, 简化系统结构。闪烁存储器能在 +5 V 下读/写, 既有静态 RAM 读/写操作简单的优点, 又兼具 ROM 在掉电时数据不会丢失的优点。片内闪烁存储器的使用大大简化了应用系统结构。

3. 片内 I/O 的改进

增加并行口驱动能力, 以减少外部驱动芯片。有的单片机可以直接输出大电流和高电压, 以便能直接驱动 LED 和 VFD(荧光显示器)。

4. 低功耗化

现在的各单片机制造商基本都采用了 CMOS 工艺(互补金属氧化物半导体工艺)。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。但由于 CMOS 的物理特征决定了其工作速度不够高,而 CHMOS(互补高密度金属氧化物半导体)工艺则具备了高速和低功耗的特点,更适合于要求低功耗的应用场合。所以这种工艺将是今后一段时期内单片机发展的主要途径。

5. 微型单片化

随着集成电路技术及工艺的不断发展,把所需的众多外围电路全部装入单片机内,即系统的单片化是目前单片机的发展趋势之一。除了最基本的 CPU、ROM、RAM 外,还可把 A/D 转换器、D/A 转换器、DMA 控制器、声音发生器、监视定时器、液晶驱动电路、锁相电路等一并集成在单片机芯片内。另外,单片机厂商还可以根据用户的要求量身定做,制造出别具特色的单片机芯片。

此外,鉴于现在的产品普遍要求体积小、重量轻,单片机除了功能强和功耗低外,还要具备体积小特点。现有的众多单片机都具有多种封装形式,而其中的 SMD(表面封装)越来越受欢迎,因此单片机构成的系统正朝着微型化的方向发展。

1.3 单片机的特点及分类

1.3.1 单片机的特点

由于单片机是把微型计算机的主要部件集成在一块芯片上,即一块芯片就是一个微型计算机,因此,单片机具有以下特点:

- (1) 优异的性能价格比。目前国内市场上有些单片机的芯片价格只有几元人民币,加上少量外围元件,就能构成一台功能相当丰富的智能化控制装置。
- (2) 集成度高,体积小,可靠性好。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。而且,由于单片机体积小,易于采取电磁屏蔽或密封措施,适合在恶劣环境下工作。
- (3) 控制能力强。单片机指令丰富,能充分满足工业控制的各种要求。
- (4) 低功耗,低电压,便于生产便携式产品。
- (5) 易扩展。可根据需要并行或串行扩展,构成各种不同应用规模的控制系統。

1.3.2 单片机的分类

根据目前单片机的发展情况,可从通用性、总线结构、应用领域三个不同角度对其进行分类。

- (1) 单片机按通用性可分为通用型和专用型。

通用型单片机的内部资源比较丰富,性能全面,而且通用性强,可覆盖多种应用要求。其用途很广,使用不同的接口电路及编制不同的应用程序就可完成不同的功能。

专用型单片机是针对某一种产品或某一种控制应用而专门设计的，设计时已使结构最简，软硬件应用最优，可靠性及应用成本最佳。专用型单片机用途比较专一，例如电子表里的单片机就是其中的一种。

(2) 单片机按总线结构可分为总线型和非总线型。

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。近年来许多单片机已把所需要的外围器件及外设接口集成到片内，而许多外围器件都可通过串行口与单片机连接，因此在许多情况下不需要并行扩展总线，可大大降低封装成本，减少芯片体积，这类单片机称为非总线型单片机。

(3) 单片机按应用领域可分为工控型和家电型。

一般而言，工控型单片机寻址范围大，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。

1.4 单片机的应用

单片机具有体积小、功耗低、控制功能强、扩展灵活、微型化和使用方便等优点，在下述的各个领域得到了广泛的应用。

1. 工业自动化

工业自动化控制是最早采用单片机控制的领域之一，在测控系统、过程控制、机电一体化设备中主要利用单片机实现逻辑控制、数据采集、运算处理、数据通信等。单片机在单独使用时可以实现一些小规模的控制功能，而作为底层测控单元与上位计算机结合时可以组成大规模工业自动化控制系统。特别在集机械、微电子和计算机技术于一体的机电一体化技术中，单片机将更容易发挥其优势。

2. 智能仪器仪表

单片机结合不同类型的传感器，可实现电压、功率、频率、湿度、温度、流量、速度、厚度、角度、长度、元素、压力等物理量的测量。单片机的使用，使得仪器仪表实现了数字化、智能化、微型化。以单片机为核心构成智能仪器仪表已经成为自动化仪器仪表发展的一种趋势。

3. 家用电器

单片机功能完善、体积小、价格低廉、易于嵌入，非常适合对家用电器的控制，现已广泛应用于洗衣机、空调、电视机、微波炉、电冰箱、电饭煲以及各种视听设备等。嵌入单片机的家用电器实现了智能化，是对传统家用电器的更新换代。

4. 计算机网络和通信领域

新型单片机普遍具备通信接口，可以方便地和计算机进行数据通信，为计算机和网络设备之间的连接服务创造了条件。现在的通信设备基本上都实现了单片机智能控制，从小型程控交换机到楼宇自动通信呼叫系统、列车无线通信，再到日常工作中随处可见的移动电话、集群移动通信、无线对讲机等。

5. 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、复印机、传真机、绘图机等)中都使用了单片机。

6. 医用设备

单片机在医疗设施及医用设备中的用途亦相当广泛,例如在医用呼吸机、各种分析仪、医疗监护仪、超声波诊断设备及病床呼叫系统中的普遍使用。

7. 武器装备

在现代化的武器装备,如飞机、坦克、军舰、导弹、航天飞机导航系统等中,都嵌入了单片机。

8. 汽车电子设备

单片机已经广泛应用于各种汽车电子设备中,如汽车的集中显示系统、动力监测控制系统、自动驾驶系统、通信系统和运行监视器等装置都离不开单片机;特别是采用现场总线的汽车控制系统中,以单片机为核心的节点通过协调、高效的数据传送,不仅完成了复杂的控制功能,而且简化了系统结构。

1.5 典型的单片机产品

本节将介绍当今世界上一些著名的半导体厂商的典型的单片机产品,以使读者对目前的单片机产品有个大概的了解。

1.5.1 MCS-51 系列单片机

Intel 公司是最早推出单片机的大公司之一,MCS 是其生产的单片机的系列型号。Intel 公司的单片机产品有 MCS-48、MCS-51 和 MCS-96 三大系列几十个型号。MCS-51 系列单片机是 Intel 公司在 MCS-48 系列的基础上于 20 世纪 80 年代初发展起来的,是最早进入我国并在我国使用最为广泛的单片机主流品种。

MCS-51 系列单片机品种丰富,但经常使用的是基本型和增强型。

1. 基本型

其典型产品为 8031/8051/8751。8031 内部包括 1 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, 5 个中断源, 片内无程序存储器, 需外扩程序存储器芯片。

8051 在 8031 的基础上, 片内集成了 4 KB ROM 的程序存储器。ROM 内的程序是公司制作芯片时, 代为用户烧制的, 一旦烧制完成, 不能再擦写修改。

8751 与 8051 相比, 片内集成了 4 KB 的 EPROM 作为程序存储器。用户可将程序固化在 EPROM 中, EPROM 中的内容可反复擦写修改。

2. 增强型

Intel 公司在 MCS-51 系列的三种基本型产品的基础上, 又推出了增强型系列产品, 即

52 子系列，其典型产品为 8032/8052/8752。它们的内部 RAM 增加到 256 B，内部程序存储器(8052/8752)扩展到 8 KB，16 位定时器/计数器增至 3 个，6 个中断源。

表 1-1 列出了基本型和增强型 MCS-51 系列单片机内部的硬件资源。

表 1-1 MCS-51 系列单片机的内部硬件资源

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

1.5.2 8051 内核的单片机

20 世纪 80 年代中期以后，Intel 将精力集中在高档 CPU 芯片的开发、研制上，淡出了单片机芯片的开发和生产。Intel 公司以专利转让或技术交换形式把 8051 内核技术转让给许多半导体芯片生产厂家，如 Atmel、Philips、Maxim、Winbond、ADI 等公司。这些厂家生产的兼容机与 8051 的内核结构、指令系统相同，采用 CMOS 工艺或 CHMOS 工艺，因此常用 80C51 系列来称呼所有具有 8051 指令系统的单片机，人们也习惯把这些兼容机的各种衍生品种统称为 51 系列单片机，或者简称为 51 单片机。

近年来，世界上单片机芯片生产厂商推出的与 80C51 兼容的主要产品如表 1-2 所示。

表 1-2 与 80C51 兼容的主要产品

生 产 厂 家	单 片 机 型 号
Atmel 公司	AT89C5x 系列(89C51/89S51、89C52/89S52 等)
Philips 公司	80C51/8xC552 系列
Cygnal 公司	C80C51F 系列高速 SOC 单片机
LG 公司	GMS90/97 系列低价高速单片机
ADI 公司	ADμC8xx 系列高精度单片机
Maxim 公司	DS89C420 高速(50MIPS)单片机系列
台湾华邦(Winbond)公司	W78C51、W77C51 系列高速低价单片机
宏晶科技公司	STC89C51 RC/RD+系列低价单片机
AMD 公司	8-515/535 单片机
Siemens 公司	SAB80512 单片机

1.5.3 PIC 内核的单片机

PIC 系列单片机是由美国 Microchip(微芯)公司推出的单片机产品。PIC 系列单片机型

号众多,分为低档、中档和高档型产品,可满足各种需要。PIC 系列单片机 CPU 采用了 RISC 结构,属精简指令集,3 个级别的单片机分别有 33、35、58 条指令。同时, PIC 系列单片机采用了 Harvard(哈佛)双总线结构,这种结构有两种总线,即数据总线和指令总线。这两种总线可以采用不同的字长,如 8 位 PIC 系列单片机是 8 位机,所以其数据总线当然是 8 位。但基本级、中级和高级的 PIC 系列单片机分别有 12 位、14 位和 16 位的指令总线。这样,取指令时则经指令总线,取数据时则经数据总线,互不冲突。因此,它能使程序存储器的访问和数据存储器的访问并行处理。这种指令流水线结构的引入允许执行指令、取指令同步进行,使得指令可在一个周期内执行。此外, PIC 系列单片机功耗低(在 5 V、4 MHz 振荡频率时工作电流小于 2 mA),可采用降低工作频率的方法降低功耗,睡眠方式下电流小于 15 μ A,工作电压为 2.5~6 V,带负载能力强,每个 I/O 接口可提供 20 mA 上拉电流或 25 mA 灌电流。

PIC 系列单片机凭借其高速度、低电压、低功耗、大电流 LED 驱动能力和低价位 OTP 技术等优势,已被广泛应用在工业控制、智能仪器、家电控制、通信、汽车电子以及金融电子等各个领域,是当前市场份额增长最快的单片机之一。

习 题 1

一、填空题

1. 单片机还可称为_____或_____。
2. 单片机与通用计算机的不同之处在于将_____,_____和_____三部分,通过内部_____连接在一起,集成在一块芯片上。
3. 8031 与 8051 单片机的区别是_____。

二、简答题

1. 8051 单片机内部提供了哪些资源?
2. 单片机有哪些应用特点? 主要应用在哪些领域?
3. 简述单片机的发展趋势。

第2章 51 单片机的硬件结构

单片机的应用设计是建立在熟悉硬件结构的基础上的,因此应首先掌握单片机硬件的基本结构和特点。本章讲述 80C51 单片机的内部结构、引脚功能、存储器、时序、低功耗设计等。

2.1 MCS-51 系列单片机简介

MCS-51 系列单片机是美国 Intel 公司于 1980 年推出的 8 位单片机,由 51 和 52 两个子系列组成。

51 子系列主要包含 8031、8051、8751 三个品种,有相同的指令系统与芯片引脚,只是片内 ROM 不同,其中 8031 芯片不带片内 ROM,8051 芯片带 4 KB ROM,8751 芯片带 4 KB EPROM。

52 子系列主要包括 8032、8052、8752 三种机型,与 51 子系列相比,片内 RAM 增至 256 B;8032 不带 ROM,8052 带 8 KB ROM,8752 带 8 KB EPROM;片内定时器/计数器增加至 3 个 16 位;中断源增至 6 个。

本书将以 MCS-51 子系列的衍生机型 80C51 为例介绍单片机的硬件结构。

2.2 80C51 的内部总体结构

Intel 的 MCS-51 系列单片机采用的是程序存储器与数据存储器合二为一的哈佛结构的形式,其衍生品 80C51 单片机采用的也是哈佛结构,对程序存储器和数据存储器分开进行寻址访问。其主要特点如下:

- (1) 8 位 CPU。
- (2) 片内振荡器(频率为 1.2~12 MHz)。
- (3) 片内 RAM(128 B)。
- (4) 片内 ROM(4 KB)。
- (5) 程序存储器(64 KB)。
- (6) 片外 RAM(64 KB)。
- (7) 位寻址空间(128 bit)。
- (8) 特殊功能寄存器(51 子系列 21 个)。
- (9) 4 个 8 位可编程并口(P0、P1、P2、P3)。
- (10) 2 个可编程的 16 位定时器/计数器(T0、T1)。

- (11) 5 个中断源(2 个优先级)。
- (12) 1 个全双工的串行 I/O 接口。
- (13) 111 条指令(含乘法和除法指令)。
- (14) 片内单总线结构。
- (15) 较强位处理能力。
- (16) +5 V 电源供电。

80C51 与 8051 具有完全兼容的外形、引脚信号、总线、体系结构和指令系统等,80C51 在一块芯片上集成了 CPU、ROM、RAM、定时器/计数器和 I/O 接口等功能部件,某些型号内部集成了高速 I/O 口、ADC、PWM、WDT,具有低电压、低功耗、电磁兼容、串行扩展总线、控制网络总线等性能,改善了单片机的控制功能。80C52 单片机与 80C51 单片机的主要区别在于,其片内 ROM 和片内 RAM 的容量都扩大了一倍,分别为 8 KB 和 256 KB;此外还增加了一个 16 位定时计数器。

80C51 片内主要硬件结构如图 2-1 所示,由片内单一总线连接各功能部件,其 CPU 通过特殊功能寄存器(Special Function Register, SFR)对各功能部件进行集中控制。

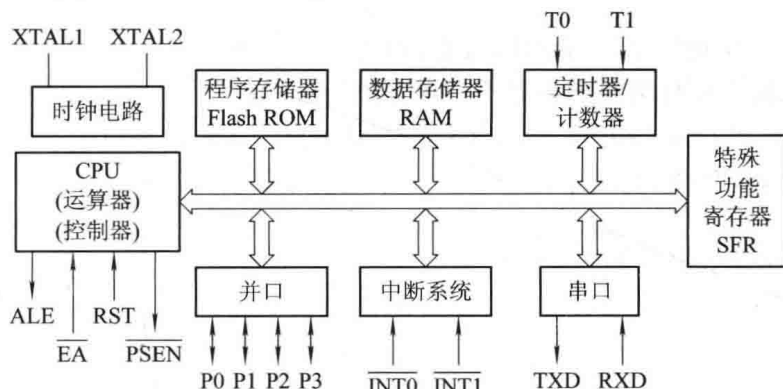


图 2-1 80C51 片内硬件结构

80C51 主要包含下列部件:

(1) 8 位 CPU。80C51 具有 8 位数据宽度的 CPU, CPU 由运算器和控制器两大部分构成,其中,运算器以算术逻辑运算单元 ALU 为核心,包含累加器 ACC(简称 A)、B 寄存器、暂存器、程序状态字寄存器 PSW、以进位标志位 C 为累加器的布尔处理器等,实现算术运算、逻辑运算、位运算(置 1、清 0、取反、转移、逻辑与、或以及位传送等)和数据传输等。控制器通过控制指令的读入、译码和执行,实现对各功能部件进行定时和逻辑控制。

(2) 片内振荡器及时钟电路。80C51(增强型)内置时钟电路可外接最高频率达 33 MHz 晶振,产生系统工作脉冲时序。

(3) 4 KB ROM 程序存储器。80C51 片内有 4 KB Flash ROM,用于存放用户程序、原始数据或表格。

(4) 128 B 片内 RAM 和 SFR。80C51 片内有 128 B RAM 和 128 B SFR。它们是统一编址的,用户能使用的 RAM 只有 128 个,用来存放读/写数据、中间结果等用户数据;SFR 则用来存放控制指令数据。

(5) 2 个 16 位定时器/计数器。80C51 有 2 个 16 位的可编程计数定时器/计数器,实现对内部定时或对外部脉冲计数功能,可控制程序中断转向。