

高等院校计算机系列教材

单片机原理与嵌入式应用系统设计

主 编 刘连浩

副主编 冯介一 睦仁武 肖 杰

E m a i



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

TP368.1/385

2007

高等院校计算机系列教材

单片机原理与嵌入式应用系统设计

主 编 刘连浩
副主编 冯介一 眭仁武 肖 杰



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与嵌入式应用系统设计/刘连浩主编;冯介一,眭仁武,肖杰副主编. —武汉:武汉大学出版社,2007.10

高等院校计算机系列教材

ISBN 978-7-307-05812-5

I. 单… I. ①刘… ②冯… ③眭… ④肖… III. ①单片微型计算机—高等学校—教材 ②微型计算机—系统设计—高等学校—教材
N. TP368.1 TP360.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 143099 号

责任编辑:黄金文 史敏 责任校对:王建 版式设计:支笛

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:wdp4@whu.edu.cn 网址:www.wdp.whu.edu.cn)

印刷:湖北新华印务有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:16.25 字数:386千字

版次:2007年10月第1版 2007年10月第1次印刷

ISBN 978-7-307-05812-5/TP·273 定价:25.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

高等院校计算机系列教材

编委会

主任：刘宏，湖南师范大学数学与计算机科学学院计算机系主任，教授

编委：（以姓氏笔画为序）

王毅，湘潭大学信息工程学院副院长，副教授

乐晓波，长沙理工大学计算机与通信工程学院计算机科学与技术系主任，教授

许又泉，邵阳学院信息电气工程系

羊四清，湖南人文科技学院计算机系主任，副教授

刘先锋，湖南师范大学数学与计算机科学学院，教授

刘连浩，中南大学信息工程学院计算机系教授

全惠云，湖南师范大学数学与计算机科学学院信息与计算科学系主任，教授

沈岳，湖南农业大学信息科学技术学院院长，副教授

张小梅，凯里学院数学与计算机科学系副主任，副教授

杨克昌，湖南理工学院计算机与信息工程系教授

何迎生，吉首大学数学与计算机科学学院信息与计算科学系副主任

邱建雄，长沙学院计算机科学与技术系副教授

李勇帆，湖南第一师范学院信息技术系主任，教授

周昱，吉首大学师范学院数学与计算机科学系副主任

罗新密，湖南商学院计算机与电子工程系副教授

徐雨明，衡阳师范学院计算机科学系副主任，副教授

郭国强，湖南文理学院计算机科学与技术系主任，教授

晏峻峰，湖南中医药大学计算机系副教授

龚德良，湘南学院计算机科学系副主任，副教授

蒋伟进，湖南工业大学计算机科学与技术系副主任，副教授

熊江，重庆三峡学院数学与计算机科学学院副教授

谭敏生，南华大学计算机学院院长，副教授

戴祖雄，湖南科技大学计算机科学与工程学院

执行编委：黄金文，武汉大学出版社计算机图书事业部主任，副编审



内 容 简 介



本书系统地论述了单片机的组成原理和单片机的程序设计、系统扩展与接口、串行 SPI、I²C、CAN、USB、单线总线技术和嵌入式系统设计，内容反映了单片机发展的新技术、新成果和新器件，介绍了典型的单片机程序设计应用例子和设计思想以及嵌入式 USB 驱动程序设计。各章都附有一定数量的习题和思考题。

本书可作为大专院校、研究生的单片机教材和科技人员的单片机应用参考书。各学校可根据实际情况对第 6、7 章内容进行部分选讲。



前 言

单片机是 20 世纪 70 年代中期发展起来的一种面向控制的大规模集成电路模块, 具有功能强、体积小、可靠性高、价格低廉等特点, 在国防、工业控制、数据采集、通信、智能仪表、机电一体化、家电等领域得到了广泛的应用。单片机在我国应用已有 20 多年的历史, 单片机技术的研究和应用正在朝着功能更齐全、专业性更强、性能更好、集成度更高等方向发展。

单片机的发展很快, 作者根据多年的教学和科研工作经验编写了这本教材, 该教材以 MCS-51 为典型机型进行介绍, 适合高等院校自动化、测控技术与仪器、电子信息工程、计算机应用、电气工程等相关专业的本科生、研究生和工程技术人员作为单片机技术类教材和参考书, 其主要特点有:

教材反映了近几年软件与硬件发展的新技术、新知识点, 如 SPI 总线、I²C 总线、一线总线、CAN 总线、USB 总线、嵌入式应用系统设计等; 将电类专业的专业课和专业基础课在单片机教材中进行贯通, 如电路基本理论、数字电路、汇编语言、C 语言、计算机组成原理、计算机接口、操作系统等课程能在该教材中找到相应的应用; 教材注重对学生的动手能力、分析问题与解决问题的能力培养, 做到原理与应用并重, 如教材中的键盘、显示接口等除进行原理性介绍外, 还以工程中实用的设计方法进行讲述; 教材中的应用性程序例子来自工程应用, 并重新进行优化设计, 程序精练。如频率测量程序很短、很实用, 字符 LCD 的显示程序, 体现了显示界面与程序无关的思想。

本书共分 7 章, 第 1 章介绍了单片机的概念及相关基础知识; 第 2 章为 MCS-51 单片机硬件结构; 第 3 章为 MCS-51 系列单片机指令系统; 第 4 章为中断系统、定时器/计数器与串行口; 第 5 章为单片机系统扩展与接口技术; 第 6 章为串行总线技术; 第 7 章为嵌入式系统设计。

本教材由刘连浩主编。第 1 章和第 4 章由冯介一编写; 第 2 章由肖杰编写; 第 3 章由睦仁武编写; 第 5 章、第 6 章和第 7 章由刘连浩编写。在本书的编写过程中对提供过帮助的老师 and 王玲等同学表示衷心的感谢!

由于时间和水平所限, 书中错误和不妥之处在所难免, 恳请读者批评指正。

作 者

2007 年 9 月

高等院校计算机系列教材书目

计算机网络	李勇帆等
数据库系统原理与应用	刘先锋等
C++程序设计教程	刘 宏等
计算机组成与系统结构	陈书开等
计算机操作系统	王志刚等
Delphi 2005 数据库基础教程	徐长梅等
网页制作与网站设计	阳西述等
C 语言程序设计（公共课）	杨克昌等
汇编语言程序设计	李 浪等
数据结构(C++版)	王艳华等
数据结构(C++版)复习题要与实验指导	王艳华等
数值分析与应用程序	全惠云等
微机系统与接口技术	熊 江等
Visual Basic 程序设计	李康满等
Visual FoxPro 程序设计教程	何昭青等
数字电子技术基础	杨建良等
单片机原理与嵌入式应用系统设计	刘连浩等

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 单片机的概念及其应用特点.....	1
1.1.1 单片机及其特点.....	1
1.1.2 单片机的一般结构.....	2
1.1.3 单片机的应用领域.....	2
1.2 单片机的发展概况及种类.....	3
1.2.1 单片机的发展概况.....	3
1.2.2 单片机的种类.....	4
1.3 单片机编程语言与开发环境.....	5
1.3.1 单片机的编程语言.....	5
1.3.2 单片机的开发环境.....	6
思考题.....	7
第 2 章 MCS-51 系列单片机硬件结构	8
2.1 MCS-51 单片机概述.....	8
2.2 MCS-51 单片机内部结构.....	8
2.3 MCS-51 系列单片机引脚及其功能.....	10
2.4 时钟电路与时序.....	12
2.5 存储器组织.....	15
2.6 并行输入/输出接口.....	23
2.6.1 P0 口.....	23
2.6.2 P1 口.....	24
2.6.3 P2 口.....	25
2.6.4 P3 口.....	25
思考题.....	26
第 3 章 MCS-51 系列单片机指令系统	27
3.1 指令格式.....	27
3.1.1 汇编指令.....	27
3.1.2 MCS-51 单片机指令系统的分类.....	27
3.1.3 指令中常用符号的说明.....	29
3.1.4 伪指令.....	30
3.2 寻址方式.....	31

3.2.1	立即寻址 (Immediate Addressing)	32
3.2.2	直接寻址 (Direct Addressing)	32
3.2.3	寄存器寻址 (Register Addressing)	33
3.2.4	寄存器间接寻址 (Register Indirect Addressing)	33
3.2.5	变址寻址 (基址加变址寄存器间接寻址 Based Register & Index Register Addressing)	34
3.2.6	相对寻址 (Relative Addressing)	35
3.2.7	位寻址 (Bit Addressing)	35
3.3	指令系统	36
3.3.1	数据传送类指令	36
3.3.2	算术运算指令	41
3.3.3	逻辑运算指令	46
3.3.4	控制转移指令	50
3.3.5	位操作指令	56
3.4	单片机程序设计基础	58
3.4.1	汇编语言程序设计步骤	58
3.4.2	汇编语言程序设计应用举例	59
	思考题	62
第4章 MCS-51 片内功能模块		64
4.1	MCS-51 中断控制系统	64
4.1.1	中断的一般概念	64
4.1.2	中断源	66
4.1.3	中断控制	67
4.1.4	中断响应及中断处理过程	69
4.1.5	中断举例	71
4.2	MCS-51 定时器/计数器 (Timer/Counter)	73
4.2.1	定时方法概述	73
4.2.2	定时器/计数器的定时和计数功能	73
4.2.3	定时器/计数器的控制寄存器	74
4.2.4	定时器工作方式	76
4.2.5	定时器/计数器应用举例	79
4.3	串行接口	86
4.3.1	串行接口的功能与结构	86
4.3.2	串行接口的工作方式	88
4.3.3	串行接口应用举例	100
	思考题	107
第5章 单片机系统扩展与接口技术		109
5.1	程序存储器与数据存储器的扩展	109
5.1.1	MCS-51 扩展原理	109

5.1.2 地址译码方法	111
5.2 并行 I/O 口扩展	113
5.3 显示器接口技术	117
5.3.1 八段 LED 显示和接口	118
5.3.2 LED 大屏幕显示	123
5.3.3 LCD 液晶显示和接口	126
5.4 键盘接口技术	136
5.4.1 键盘工作原理	136
5.4.2 独立式按键	136
5.4.3 矩阵式按键	139
5.5 D/A 转换器接口	143
5.5.1 串行输入 D/A 芯片 TLC 5615 及接口技术	143
5.5.2 并行输入 D/A 芯片 DAC0832 及接口技术	146
5.6 A/D 转换器接口	148
5.6.1 单通道串行输出 A/D 芯片 TLC1549 及接口	149
5.6.2 逐次逼近型并行输出 A/D 转换器及接口	151
5.6.3 $3\frac{1}{2}$ 位双积分 A/D 转换器及接口技术	155
思考题	158
第 6 章 串行总线技术	160
6.1 串行通信概述	160
6.2 串行通信 RS 系列总线标准及其接口	163
6.2.1 RS-232C 标准接口总线	163
6.2.2 RS-449/423/422/485 接口标准及相互关系	164
6.2.3 单片机与 PC 机之间的通信	165
6.2.4 PC 机与多个单片机间的通信	168
6.3 SPI 总线及接口程序设计	171
6.3.1 SPI 总线简介	171
6.3.2 SPI 总线接口 (X5045/43) 及程序设计	172
6.4 I ² C 总线原理及接口程序设计	179
6.4.1 I ² C 总线的通信时序与技术规范	179
6.4.2 I ² C 总线应用实例	180
6.5 单总线及接口程序设计	192
6.5.1 单总线通信协议	192
6.5.2 DS1822 基本原理和操作过程	194
6.5.3 DS1822 中的存储器	197
6.5.4 DS18B20/1822 单总线通信接口程序	198
6.6 CAN 总线	200
6.6.1 CAN 总线通信原理	201

6.6.2 CAN 控制器 SJA1000.....	202
6.6.3 CAN 通信总线接口设计实例	203
6.7 USB 总线	207
6.7.1 USB 总线原理	207
6.7.2 USB 总线通信实例.....	210
思考题.....	212
第 7 章 嵌入式系统设计.....	214
7.1 系统软件设计	214
7.1.1 嵌入式系统引导程序设计	219
7.1.2 嵌入式系统的定制和裁减	221
7.2 应用程序的开发	222
7.2.1 用户程序设计	222
7.2.2 USB 摄像头驱动程序原理	223
7.2.3 USB 摄像头视频采集程序开发.....	226
7.3 系统可靠性设计	228
7.3.1 硬件可靠性设计.....	228
7.3.2 软件可靠性设计.....	231
7.4 系统调试	239
思考题.....	240
附录.....	241
A. MCS-51 指令表.....	241
B. MCS-51 指令矩阵.....	245
参考文献.....	246



第1章 概述



1.1 单片机的概念及其应用特点

1.1.1 单片机及其特点

将计算机的 CPU、RAM、ROM、定时 / 计数器和多种 I / O 接口集成在一块芯片上, 形成所谓单片微型计算机(Single Chip Microcomputer), 简称为单片机。一块单片机芯片就是一台完整的计算机。

由于单片机的这种特殊的结构形式, 在某些应用领域中, 它承担了大中型计算机和通用的微型计算机无法完成的一些工作。使其具有很多显著的优点和特点, 因此在各个领域中都得到了迅猛的发展。

单片机的特点可归纳为以下几个方面:

1. 性能价格比高

高性能, 低价格是单片机最显著的一个特点。

单片机尽可能把应用所需要的存储器、定时器、串行口等功能部件和 I / O 口都集成在一块芯片内。有的单片机为了提高速度和执行效率, 甚至采用了 RISC (Reduced Instruction Set Computer) 流水线和 DSP (Digital Signal Processor) 的设计技术。这使得单片机的性能明显优于同类型的微处理器。

由于单片机功能完善, 因而应用面广, 社会需求量大。世界上各大公司市场竞争策略除了进一步完善单片机功能外, 主要是薄利多销, 不断降低价格, 这使得单片机价格非常便宜。

2. 控制功能强

单片机的硬件结构十分特殊: 体积虽小, 但“五脏俱全”。同时它的指令系统中有大量控制转移指令和位操作指令, 其逻辑控制功能及运行速度均高于同一档次的微型计算机, 非常适合构建专用计算机系统, 满足工业控制的要求。

3. 可靠性高

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, 减少片外的连线, 大大提高了单片机的可靠性与抗干扰能力。另外, 由于其体积小, 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。

4. 低电压、低功耗

由于单片机大量应用于便携式产品和家用消费类产品, 低电压和低功耗的特性尤为重要。许多单片机可在 2.2V 的电压下运行, 有的已能在 1.2V 或 0.9V 下工作; 功耗降至为 μA 级, 一粒纽扣电池就可以供其长期使用。

1.1.2 单片机的一般结构

单片机通常由 CPU、存储器(包括 RAM 和 ROM)、I/O 接口、定时/计数器、中断控制机构等集成在一块芯片上,片内各功能部件通过内部总线相互连接起来。图 1-1 为单片机的典型结构框图。

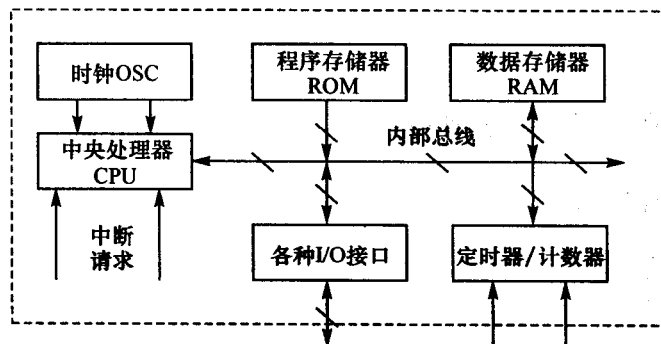


图 1-1 单片机的典型结构框图

1.1.3 单片机的应用领域

由于单片机具有上述显著的特点,其应用领域无所不至。现将单片机的应用大致归纳为以下几个方面:

1. 在控制技术中的应用

单片机广泛地用于各种工业控制系统中,例如温度控制、位置控制、速度控制、生产过程测控等各种工业控制系统,它们大都用单片机作为控制计算机。

单片机广泛地用于机电一体化技术。机电一体化技术是指集机械技术、微电子技术、计算机技术于一体的技术。单片机在此领域中的应用,促进了“机电一体化”技术的飞速发展。其典型事件是以单片机为核心的数控机械的大量涌现。

单片机广泛地用于实时过程控制。例如过程测控、航空航天、尖端武器、机器人系统等各种实时控制系统都是用单片机作为控制器。用单片机实时进行数据处理和控制,可使系统保持最佳工作状态,提高系统的工作效率和产品的质量。

2. 在智能电子产品中的应用

这是单片机应用最多、最活跃的领域之一。此类产品最典型的莫过于智能仪表。在各类仪器仪表中引入单片机,使仪器仪表智能化,提高了测试的自动化程度和精度,简化了仪器仪表的硬件结构,提高了其性能价格比。

同类产品还有银行业的自动取款机、零售业的收银机、医院的吸氧计费仪等,也大量采用了单片机技术。

3. 在家电中的应用

目前,智能家用电器正在逐步取代普通家用电器。智能家用电器普遍采用模糊控制技术,而单片机正是实施这一技术的最佳选择,从而形成众多的模糊控制家电产品,例如洗衣机、电冰箱、空调机、微波炉、电饭煲、收音机、音响、电风扇等。单片机将使人类生活更加方便舒适,丰富多彩。



4. 在其他方面的应用

单片机除了以上各方面的应用之外,还广泛应用于办公自动化领域、航空商业营销领域、汽车及通信系统、医疗器械、计算机外部设备、嵌入式系统研发等领域中。

1.2 单片机的发展概况及种类

1.2.1 单片机的发展概况

单片机的前身是单板机 (Single Board Computer)。单片机就是微机发展的一个重要分支,它应用面极其广泛,发展很快,主要分为四个阶段:

1. 单片机初级阶段 (1974~1976年)

此阶段单片机采用双片的形式,而且功能简单。例如 Fairchild(仙童)公司的 F8 单片机,只包括 8 位 CPU, 64 字节的 RAM 和两个并行 I/O 口,必须加上一片 3851 芯片(该芯片具有 1KB ROM、定时器/计数器和两个并行 I/O 口)才能构成一台完整的计算机。

2. 低性能单片机阶段 (1976~1978年)

此阶段单片机已成为一台完整的计算机,但内部资源不够丰富。以 Intel 公司的 MCS-48 系列为代表,片内集成了 8 位 CPU、并行 I/O 口、8 位定时计数器、RAM、ROM 等。无串行 I/O 口,中断处理较简单,片内 RAM, ROM 容量较小,且寻址范围不大于 4KB。

3. 高性能单片机阶段 (1978~1983年)

此阶段单片机内部资源丰富。以 Intel 公司的 MCS-51 系列为代表:片内集成了 8 位 CPU、16 位的定时/计数器、具有多机通信功能的串行 I/O 口、具有多级中断处理的中断机构、大容量的 RAM 和 ROM 等(有的单片机片内还带有 A/D 转换接口)。

此阶段单片机完善了外部总线。外部并行总线规范化为 16 位地址总线,用以寻址外部 64KB 的程序存储器和数据存储器空间;8 位数据总线及相应的控制总线,形成完整的并行三总线结构。

此阶段确立了单片机的基本控制功能。在指令系统中设置大量的位操作指令,它和片内的位地址空间构成了单片机所独有的布尔操作系统,大大增强了单片机的位操作功能;指令系统中设置了大量的条件跳转、无条件跳转指令,增强了指令系统的控制功能;片内设置了特殊的功能寄存器(SFR),建立了计算机外围功能电路的 SFR 集中管理模式,这种集中管理模式在增添外围功能单元后给使用管理带来了极大方便。

4. 8 位单片机巩固发展及 16 位、32 位单片机推出阶段 (1983年~)

这一阶段一方面不断完善高档 8 位单片机,改善其结构,以满足不同用户的需要;另一方面发展了 16 位单片机和 32 位单片机。

16 位单片机除了 CPU 为 16 位外,片内 RAM 和 ROM 的容量进一步增大,片内 RAM 为 232B, ROM 为 8KB 以上,片内带有高速输入输出部件,多通道 10 位或 12 位 A/D、D/A 转换部件,8 级中断处理功能,实时处理能力更强。

近年来 32 位单片机已进入了实用阶段。

虽然单片机世界已出现了一片百花齐放的局面,但未来仍将是性能优良的 8 位单片机为主流机型。

1.2.2 单片机的种类

单片机的分类方法有如下几种:

1. 按单片机的位数分类

可以分为 8 位单片机、16 位单片机和 32 位单片机。以 Intel 公司为例,8 位机主要有 MCS-51 系列,16 位机主要有 MCS-96 系列,32 位机主要有 MCS-960 系列。有很多公司生产与 MCS-51 兼容的单片机。

2. 按生产单片机的公司分类

Intel 公司的单片机系列产品有 MCS-51、MCS-96、MCS-960 等系列。MCS-51 系列分为 51、52、151、152 四个子系列。Motorola(美国摩托罗拉)公司有 6801、6802、6803、6805、68HC11 系列产品。Zilog(美国齐洛格)公司有 Z8 系列及 SUPER8 系列产品。Atmel 公司有 AT89 系列、AT90 系列。其中 AT89 系列兼容 51 系列,AT90 系列在内核中使用了 RISC 技术,极大地提高了单片机性能,通常简称为 AVR 单片机。Atmel 公司生产的 At89 系列芯片中还含有 CAN 控制器等。NEC(日本电气)公司有 78K 系列和 ucom-87 系列产品。Fairchild(仙童)公司和 Mostek(美国莫斯特克)公司有 F8、3870 系列产品。Rockwell(美国洛克威尔)公司有 6500、6501 系列产品。

以上各类产品既有共性,又各具一定的特色,因此在国际市场上均占有一席之地。根据近年来的国外实地考察,Intel 公司的系列单片机产品占有量为 67%,其中 MCS-51 系列产品又占有 54%。因此本书主要介绍 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机。

3. 按单片机存储器配置分类

单片机按存储器配置的不同可以分为三类:片内 ROM 型、片内 EPROM 型、外接 EPROM 型等。

4. 按单片机功能模块分类

MCS-51 系列及其兼容单片机品种很多,若按其功能则可分为以下几种类型:

(1) 基本型

该类型的典型产品是 8051,其特性如下:有适用于控制的 8 位 CPU 和指令系统;片内有 128 字节的 RAM;21 个特殊功能寄存器;32 位并行 I/O 口线;2 个 16 位定时/计数器;一个完全双工的串口;5 个中断源分 2 个中断优先级;片内有 4K 字节 ROM;一个片内时钟振荡器和时钟电路;片外可扩展 64KB ROM 和 64KB RAM。它本身就是一个功能相当强的 8 位微型机。基本型的产品还有 8031、8031AH、8051、8051AH、8751AH、8751BH 等。8051AH 与 8051 不同点在于采用了 HMOS 工艺制造。

(2) 增大内部存储器的基本型

52 子系列,该类的主要产品有 8052AH、8032AH、8752BH,此种单片机的内部 ROM 和 RAM 容量比基本型的增大一倍。

(3) 低功耗型

该类的主要产品有 80C51BH、80C31BH、87C51,这类型号带有“C”字的单片机采用 CHMOS 工艺,其特点是功耗低。另外,87C51 还有两级程序存储器保密系统,可防止非法拷贝程序。

(4) 高级语言型

如 8052AH-BASIC 芯片内固化有 MCS BASIC52 解释程序,供 BASIC52 语言与汇编语言混合使用。



(5) 可编程计数阵列(PCA)型

该类的主要产品有 83C51FA、80C51FA、87C51FA、83C51FB 等, 这些产品都是 CHMOS 器件。它们具有两个特点: 一个是有 5 个比较 / 捕捉模块, 每个模块可执行 16 位捕捉正跳变触发、16 位捕捉负跳变触发、16 位软件定时器、16 位高速输出及 8 位脉冲宽度调制等六种功能。另外一个特点是有一个增强的多机通信接口。

(6) A/D 型

如 83C51GA、80C51GA、87C51GA 等系列单片机具有下述新功能: 带有 8 路 8 位 A/D; 半双工同步串行接口; 拥有 16 位监视定时器; 扩展了 A/D 中断和串行口中断, 使中断源达到 7 个; 具有振荡器失效检测功能。

(7) DMA 型

它又可分为两类。一类是 DMA、GSC 型, 如 83C152JA、80C152JA、80C152JB 等, 这类单片机由新的特殊功能寄存器支持, 具有 DMA 目的地址、DMA 源地址、DMA 字节计数共 58 个特殊功能寄存器。它们除了具有局部串行通道 LSC 外, 还有一个全局串行通道 GSC(多规程、高性能的串行接口)。另一类是 DMA、FIFO 型, 如 83C452、80CA52、87CA52P, 这类单片机新增加的功能是: 128 字节的双向先进先出(FIFO)RAM 阵列, 采用环形指针管理读和写; 有两个相同的 DMA 通道, 允许存储器到存储器的高速数据传送; 特殊功能寄存器增至 34 个; 增加了先进先出接口、DMA0 和 DMA1 等 3 个中断源。

(8) 多并行口型

如 83CA51、80CA51, 这类单片机在 80C51 的基础上, 新增加了与 P 口相同的 8 位准双向口 P4 口和 P5 口; 还增加了一个特殊的内部具上拉电阻的 8 位双向口 P6 口。它既可以作为标准的输入输出, 也可以进行选通方式操作(新增 4 位控制线)。

(9) 含特殊功能模块型

这类单片机新增了一些特殊功能模块, 比如 CAN、USB、网卡模块等。CAN 总线(Controller Area Network Bus)是一种支持分布式控制或实时控制的串行通信网络, 如 Atmel 公司的 89C51CC01 芯片内含 CAN 控制器, 只需要在片外接总线驱动器; USB 是支持主系统与不同外设间的数据传输的一种新型界面规范。CAN、USB 模块, 即支持 CAN 的模块和支持 USB 的模块。

5. 按结构分类

从单片机指令结构上分, 可将其分为 CISC 单片机和 RISC 单片机。

CISC (Complex Instruction Set Computer) 是“复杂指令集计算机”的意思。此类单片机指令丰富, 编写程序方便, 适合构建规模较大的系统。RISC (Reduced Instruction Set Computer) 是“精简指令集计算机”的意思。该类单片机指令精练, 程序的编写麻烦, 适合构建规模较小的系统。

1.3 单片机编程语言与开发环境

1.3.1 单片机的编程语言

目前单片机的程序语言有机器语言、汇编语言和高级语言。

用机器语言设计程序, 无论是编写、输入、修改和调试都很麻烦, 只能用来开发极其简