

“十二五”高等院校规划教材

51 单片机 原理与实践

(C语言版)

高卫东 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

“十二五”高等院校规划教材

51 单片机原理与实践 (C 语言版)

高卫东 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

以 51 单片机为载体,以 C 语言为主线,以 Proteus 设计仿真平台为手段,介绍了单片机的内部结构、接口及其应用。以实例需求为知识切入点,充分发挥 C 语言特点,在讲清单片机基本结构的基础上,重点讲解系统扩展及新器件的使用,注重通过原理图设计、源程序编写、软硬件联调来降低学习难度和提高学习质量。

本书注重新技术、新手段、新器件的使用,既可以作为各高等院校单片机课程的教材、课程设计指导,也可作为工程技术人员的进修参考用书以及大学生电子设计竞赛的培训资料。

图书在版编目(CIP)数据

51 单片机原理与实践 : C 语言版 / 高卫东编著. --
北京 : 北京航空航天大学出版社, 2011. 1

ISBN 978 - 7 - 5124 - 0293 - 5

I. ①5… II. ①高… III. ①单片微型计算机—
C 语言—程序设计 IV. ①TP368.1②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 243287 号

版权所有,侵权必究。

51 单片机原理与实践(C 语言版)

高卫东 编著

责任编辑 冯颖

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: emsbook@gmail.com 邮购电话:(010)82316936

北京宏伟双华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1092 1/16 印张:17 字数:435 千字

2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 978 - 7 - 5124 - 0293 - 5 定价:29.00 元

前言

单片机技术在电子系统中的应用越来越广泛,已有融于其中之势。目前很多新型电子器件对控制信号要求很高,若不采用单片机或可编程器件则几乎无法使用。单片机技术的应用不仅可以简化电路设计,而且可以大大提高电路设计水平。

单片机知识大体上分为基本结构、编程语言、定时/中断、通信、系统扩展 5 部分。除了基本结构、定时/中断、通信这 3 部分变化不大,其他部分伴随相关技术的发展均有所变化。尤其是具有单片机系统仿真设计功能的 Proteus 软件的出现,使得我们可以在计算机纯软环境中完成单片机电子系统的设计与调试,Proteus 系统库不仅提供了 51、AVR、PIC 等单片机模型,以及大量模拟、数字、光电、机电类元器件模型,还提供了许多虚拟仪器。Keil 环境下开发的程序和 Proteus 设计的仿真电路进行交互式联调运行,解决了长期以来困扰单片机教学的软件和硬件无法很好结合的问题。学会 Proteus 和 Keil 软件的使用,可以极大地降低单片机学习难度,提高学习质量。本书在附录中给出了 Proteus 及 Keil 软件平台的使用方法。

第 3 章“C51 语言程序设计基础”介绍了在 51 单片机中使用的 C 语言。C 语言具有高级语言的功能和低级语言控制硬件的能力。传统的单片机编程采用汇编的居多,用汇编编程不仅需要专门学习汇编语言,而且易与微机原理中的汇编混淆,同时所学汇编语言在其他高档单片机及嵌入式系统中没有用武之地。与此相反,C 语言是电子信息类各专业的通识课程,51 单片机所用的 C 语言(即 C51)和标准 C 语言(即 ANSI C)基本相同,只要掌握其应用方法即可。更重要的是,C 语言是公认的高效简洁、贴近硬件的编程语言,程序可读性好且易于移植,其他高档单片机和嵌入式系统均用 C 语言编程,所以使用 C 语言学习单片机编程,不仅可以充分利用已有知识,而且为进一步学习奠定了基础。同时,Keil 集成环境中的 C51 编译器是 51 单片机最高效、最灵活的开发平台之一,为我们提供了:编译器、汇编器、实时操作系统、项目管理器以及调试器。

一个完整的单片机系统通常包括键盘输入、显示输出、打印输出、数据采集等许多功能模块。这些功能模块一般通过 I/O 端口实现与单片机的数据交换,但是单片机的 I/O 端口有限,且一般用来处理数字信号,从而产生了总线式传输模式。这样,系统扩展的方向也由原来单一的并口应用转到 SPI(Serial Peripheral Interface)、I²C(Inter IC Bus)、1-Wire 等器件的应用。新颖的外围电路、新器件与新技术为实现优化设计、系统集成提供了技术支持。本书把外部扩展技术的重点放在了以介绍 SPI、I²C 等串行接口的原理和应用方面,这不仅符合技术的发展方向,同时也更加贴近实际应用。第 7 章介绍了串行总线应用的知识。

单片机的学习不能宥于单片机本身,必须将单片机置于实际系统之中。全书以夯实基础、面向应用,理论与实践、方法与实现紧密结合为主线展开,通过实例来切入知识点,通过具体实际需求的实现来体现单片机技术硬软协同工作的问题。只有让单片机在外围电路环境下工作,让单片机在电子系统中工作,才能真正体会单片机和外围扩展硬件、控制硬件协同工作的

设计思想及实现方法。

考虑到有些读者是从汇编语言转到 C 语言以及深入研究的需要,本书在附录中给出了相关例题的汇编实现程序。

参加本书编写工作的还有吴祖国、张兴胜、汪小会、毕大庆、王津、海磊等同志,在此一并表示感谢。

本书强调实用性和先进性,目标是将一些新趋势、新技术、新思想融于单片机具体知识的传递过程中,但由于编者水平有限,难免存在不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者
2011 年 1 月

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 嵌入式系统简介	1
1.1.1 嵌入式系统概念	1
1.1.2 嵌入式处理器	2
1.2 单片机的基本概念	3
1.2.1 CPU、微型计算机及微型计算机系统	3
1.2.2 单片机	4
1.2.3 单片机应用系统	5
1.2.4 单片机的发展和应用	5
1.3 51 系列单片机简介	7
1.3.1 8 位单片机是嵌入式系统低端应用的主流	7
1.3.2 51 系列 8 位单片机基本情况介绍	8
1.3.3 两种主流的 51 单片机芯片	9
1.4 单片机应用系统的开发过程	9
1.4.1 开发系统的作用	9
1.4.2 开发系统的组成	10
1.4.3 仿 真	10
1.4.4 单片机应用系统的开发过程	11
1.5 任务 1：信号灯控制实战	11
1.5.1 实现功能要求	12
1.5.2 硬件电路连接	12
1.5.3 任务分析与实现	14
1.5.4 小 结	16
1.6 任务 2：信号灯控制实战之 Proteus 仿真	17
1.6.1 Proteus 和 Keil 软件	17
1.6.2 绘制 Proteus 电原理图	17
1.6.3 编写、汇编、运行程序	18
1.6.4 改变闪烁速度	20
第 2 章 MCS-51 单片机的组成和结构分析	21
2.1 MCS-51 单片机的存储器结构	21
2.1.1 MCS-51 单片机的存储器空间	21
2.1.2 程序存储器	23

2.1.3	数据存储器	24
2.1.4	内部数据存储器	24
2.1.5	几个特殊功能寄存器简介	29
2.2	MCS-51 单片机的引脚信号	31
2.2.1	MCS-51 单片机引脚的基本功能	32
2.2.2	MCS-51 单片机引脚信号的第二功能	33
2.2.3	AT89C2051 单片机简介	35
2.3	MCS-51 单片机的振荡电路和复位电路	35
2.3.1	振荡电路	35
2.3.2	时序定时单位	36
2.3.3	延时程序分析	37
2.3.4	复位电路	38
2.4	MCS-51 单片机的并行 I/O 口	40
2.4.1	并行 I/O 口的基本结构	40
2.4.2	P0 口的结构	40
2.4.3	P1 口的结构	41
2.4.4	P2 口的结构	42
2.4.5	P3 口的结构	42
第 3 章	C51 语言程序设计基础	44
3.1	C 语言和 MCS-51 单片机	44
3.1.1	计算机程序设计语言	44
3.1.2	单片机 C 语言与汇编语言的对比	46
3.1.3	C51 与标准 C 语言的比较	50
3.2	C51 语言的数据类型和存储模式	51
3.2.1	数据类型	51
3.2.2	存储类型及存储区	51
3.2.3	存储模式	54
3.3	C51 语言对 51 单片机内部资源的控制	54
3.3.1	特殊功能寄存器(SFR)	54
3.3.2	绝对地址的访问	56
3.3.3	位变量的 C51 语言定义	57
3.4	C51 语言的基本运算与控制语句	58
3.4.1	C51 基本运算	58
3.4.2	C51 分支结构控制语句	60
3.4.3	C51 循环结构控制语句	61
3.5	C51 语言的构造数据类型	63
3.5.1	C51 的数组	63
3.5.2	C51 的指针	63
3.6	C51 语言的函数	64

3.6.1	函数声明	64
3.6.2	中断函数	65
3.6.3	库函数	65
3.7	C51 语言程序设计的其他问题	66
3.7.1	使用 C51 的一些技巧	66
3.7.2	C51 使用规范	67
3.8	并行口的 C51 编程举例	69
第 4 章	MCS-51 单片机的中断系统	72
4.1	任务 3: 用中断方法控制信号灯	72
4.1.1	要 求	72
4.1.2	任务分析	72
4.1.3	编写、编译、运行程序	73
4.1.4	汇编语言程序分析	74
4.1.5	问题的提出	74
4.2	中断的概念	74
4.2.1	什么是中断	74
4.2.2	中断的基本术语	75
4.2.3	中断服务程序和子程序的区别	76
4.2.4	中断技术的优势	77
4.3	MCS-51 单片机的中断系统	77
4.3.1	中断源	77
4.3.2	与中断有关的特殊功能寄存器	78
4.3.3	中断优先级结构	80
4.4	单片机中断处理过程	80
4.4.1	中断响应条件	80
4.4.2	中断处理过程	81
4.4.3	中断请求的撤消	82
4.4.4	中断响应的时间	82
4.5	单片机中断系统的程序编制	83
4.5.1	建立主程序和中断服务程序的连接	83
4.5.2	中断处理程序的编写	84
第 5 章	MCS-51 单片机的定时/计数器	90
5.1	任务 4: 用定时器控制信号灯	90
5.1.1	要 求	90
5.1.2	任务分析	90
5.1.3	编写、汇编、运行程序	91
5.1.4	程序分析	92
5.1.5	问题的提出	92
5.2	定时/计数器的结构和工作原理	92

5.2.1 定时/计数器的逻辑框图	92
5.2.2 定时/计数器的工作原理	93
5.3 定时/计数器的控制寄存器	95
5.3.1 定时器方式寄存器 TMOD	95
5.3.2 定时器控制寄存器 TCON	96
5.4 定时/计数器的工作方式	96
5.4.1 工作方式 0	97
5.4.2 工作方式 1	97
5.4.3 工作方式 2	98
5.4.4 工作方式 3	98
5.5 定时/计数器的 C51 编程	99
5.5.1 初始化和编程注意事项	99
5.5.2 时间常数(计数初值)的计算	100
5.5.3 定时器的 C51 编程举例	100
第 6 章 MCS-51 单片机的串行通信及其接口	108
6.1 任务 5: 用串行口控制信号灯	108
6.1.1 要 求	108
6.1.2 任务分析	108
6.1.3 编写、汇编、运行程序	109
6.1.4 问题的提出	110
6.2 串行通信的一般概念	111
6.2.1 两种基本的通信方式	111
6.2.2 串行通信的两种基本方式	111
6.2.3 串行通信的类型	113
6.2.4 串行通信的接口电路	114
6.3 MCS-51 的串行口结构	114
6.3.1 串行接口的内部结构	114
6.3.2 串行接口的控制寄存器	115
6.4 串行接口的工作方式	117
6.4.1 方式 0	117
6.4.2 UART 方式	117
6.5 MCS-51 串行通信接口应用编程	119
6.5.1 定时器 1 计数初值的计算	119
6.5.2 双机通信	120
6.5.3 多机通信	123
6.5.4 PC 机和单片机之间的通信	125
第 7 章 MCS-51 单片机接口技术	129
7.1 任务 6: 采用单只 LED 数码管显示模拟生产线计件	129
7.1.1 要 求	129

7.1.2	任务分析	129
7.1.3	编写、汇编、运行程序	130
7.1.4	问题的提出	131
7.2	系统扩展概述	132
7.2.1	单片机的最小系统	132
7.2.2	系统扩展时的三总线结构	132
7.2.3	系统扩展的主要方面	133
7.3	并行 I/O 口的扩展	134
7.3.1	扩展 I/O 口时应注意的几个问题	134
7.3.2	采用单片机的串行口来扩展并行 I/O 口	136
7.3.3	采用 8255 芯片扩展 I/O 接口	138
7.3.4	采用 8155 芯片扩展 I/O 接口	145
7.4	MCS-51 单片机与 LED 数码管的接口技术	148
7.4.1	LED 数码管显示器的结构	148
7.4.2	LED 显示器接口	149
7.5	MCS-51 单片机与 LCD 的接口技术	155
7.5.1	1602 字符型 LCD 显示器简介	155
7.5.2	1602 型 LCD 显示字符的过程	156
7.6	MCS-51 单片机与按键的接口技术	159
7.6.1	按键开关状态的可靠输入	159
7.6.2	按键处理的软件结构	161
7.6.3	独立式按键接口电路	162
7.6.4	矩阵式键盘	164
7.7	MCS-51 单片机与 A/D 转换器的接口技术	167
7.7.1	A/D 转换器主要技术指标	167
7.7.2	A/D 转换器的选择原则	168
7.7.3	A/D 转换器 ADC0809	168
7.8	MCS-51 单片机与 D/A 转换器的接口技术	172
7.8.1	D/A 转换器的选择原则	172
7.8.2	DAC0832 接口芯片	173
7.8.3	DAC0832 和 51 单片机的连接	175
7.9	新型串行接口芯片及其接口技术	180
7.9.1	I ² C 总线器件及其接口技术	180
7.9.2	I ² C 总线接口器件 AT24C02	183
7.9.3	单总线器件及其接口技术	188
7.9.4	DS18B20 温度检测及显示应用举例	190
7.9.5	编写、编译、运行程序	191
附录 A	MCS-51 指令系统	200
A.1	寻址方式	200

A. 1. 1	立即寻址	200
A. 1. 2	直接寻址	200
A. 1. 3	寄存器寻址	200
A. 1. 4	寄存器间接寻址	201
A. 1. 5	变址寻址	201
A. 1. 6	相对寻址	201
A. 1. 7	位寻址	201
A. 2	指令功能简介	201
A. 2. 1	数据传送类指令	202
A. 2. 2	算术运算类指令	203
A. 2. 3	逻辑操作类指令	204
A. 2. 4	程序转移类指令	205
A. 2. 5	位操作类指令	206
A. 2. 6	伪指令	207
附录 B	仿真软件	208
B. 1	Proteus 仿真软件简介	208
B. 1. 1	Proteus ISIS 和 Proteus VSM 简介	208
B. 1. 2	Proteus ISIS 功能简介	210
B. 1. 3	绘制原理图	219
B. 1. 4	给 CPU 载入程序	227
B. 1. 5	在 Proteus 中调试程序	228
B. 2	Keil 仿真软件简介	230
B. 2. 1	在 Keil 中编写程序	230
B. 2. 2	在 Keil 中对程序进行汇编	232
B. 2. 3	在 Keil 中对程序进行调试	233
B. 2. 4	实现 Keil 与 Proteus 协同仿真	234
附录 C	汇编源程序	236
参考文献		259

第 1 章

绪 论

本章首先介绍嵌入式系统、单片机(MCU)及其应用系统的基本概念,然后介绍 51 单片机的基本情况和单片机应用系统的开发过程。

通过一个能使 LED(发光二极管)闪烁的应用系统的具体实现过程,使读者对单片机及其应用系统有一个感性认识,并大致了解单片机的基本工作过程,知道单片机应用系统中同时起作用又相辅相成的两个方面:硬件和软件。

1.1 嵌入式系统简介

嵌入式系统是目前电子系统设计最活跃的领域之一,具有广阔的市场前景。经过几十年的发展,嵌入式系统已经在很大程度上改变了人们的生活、工作和娱乐方式。在日常生活中,人们使用各种嵌入式系统(虽然人们未必知道这个名词),如 MP3、DVD、DV、PDA、ADSL、手机、打印机等。几乎所有带有一点“智能”的家用电器(如全自动洗衣机、温控冰箱等)都是嵌入式系统。

1.1.1 嵌入式系统概念

根据 IEEE(国际电气和电子工程师协会)的定义,嵌入式系统是“控制、监视或者辅助设备、机器和车间运行的设备”(英文为: devices used to control,monitor or assist the operation of equipment,machinery)。这主要是从应用加以定义的,由此可以看出嵌入式系统是软件和硬件的结合体。

国内也有一个普遍的定义:以应用为中心,以计算机技术为基础,软件和硬件可裁剪,适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗等严格要求的“专用计算机系统”。还有一种定义是:嵌入式系统是设计完成复杂功能的硬件和软件并使其紧密耦合在一起的计算机系统。以上两种定义的出发点不一样,前者是从技术的角度来定义的,后者是从系统的角度来定义的。事实上在大多数情况下,嵌入式系统被真正地嵌入,是“系统中的系统”,不能没有自己的功能。某些情况下,嵌入式系统在功能上是独立的。例如,网络路由器就是独立的嵌入式系统,它由

特殊的通信处理器、内存、网络端口以及实现路由算法的特殊软件组成。

总之,嵌入式系统是一个外延很广的名词,凡是与产品结合在一起、具有嵌入式特点的控制系統都可以称为嵌入式系统。目前通常把嵌入式系统概念的重点放在“系统”上,把嵌入式系统看作硬件和软件的综合体。硬件一般由高性能的微处理器及其外围的接口电路组成,软件一般由实时操作系统和运行在其上的应用软件构成。

一般而言,嵌入式系统在结构上可以分成 4 部分:处理器、存储器、输入/输出系统和软件(与计算机的结构相同)。

1.1.2 嵌入式处理器

早期,嵌入式系统通常用“通用目的处理器”建造。普通的个人计算机(PC)中的处理器就是通用目的处理器。因其“通用”,功能丰富,所以其结构设计要能满足各方面的要求,导致结构非常复杂,制造成本高昂。

近年来,随着先进的微处理器制造技术的发展,越来越多的嵌入式系统用嵌入式处理器建造,而不再用通用目的处理器。这些嵌入式处理器是为完成特殊应用而设计的“特殊目的”处理器。从硬件上讲,嵌入式系统的核心就是嵌入式处理器。

嵌入式处理器有很多的品种、数量、体系结构。有的嵌入式处理器注重尺寸、能耗和价格,有的更关注性能,还有的嵌入式处理器关注上述全部 4 类需求。

一般来说,嵌入式处理器可以分成以下 4 类。

1. 嵌入式处理器(Micro Processor Unit, MPU)

嵌入式微处理器的基础是通用计算机的 CPU。在应用中,将微处理器装配在专门的电路板上,只保留与嵌入式应用有关的母板功能,以大幅减小系统体积并降低功耗。为了满足嵌入式应用的特殊要求,虽然其功能与标准微处理器基本相同,但在工作温度范围、抗干扰及可靠性等方面作了各种增强。

与前期的工控计算机相比,嵌入式微处理器具有体积小、质量轻、成本低、可靠性高的优点。但是在电路板上必须包括 ROM、RAM、总线接口及各种外设等部件,从而降低了系统的可靠性,技术保密性也较差。

嵌入式微处理器目前主要有 Am186/88、386EX、SC-400、Power PC、6800、MIPS 以及 ARM 系列等。

2. 嵌入式微控制器(Micro Controller Unit, MCU)

嵌入式微控制器一般又称为单片机,顾名思义就是将整个计算机系统集成到一块芯片中。嵌入式微控制器一般以某一种微处理器内核为核心,芯片内部集成了 ROM、RAM、总线、定时/计数器、看门狗、I/O、串行口、PWM(脉宽调制)输出、A/D、D/A、Flash、E² PROM 等各种嵌入式系统必要的功能和外设。

为适应不同的应用需求,一般一个系列的单片机具有多个衍生产品,每种衍生产品的处理器内核都是一样的,不同的是存储器和外设的配置及封装形式。这样可以使单片机最大限度地与应用需求相匹配,功能不多不少,从而降低功耗和成本。

与嵌入式微处理器相比,微控制器的最大特点是单片化,体积大大减小,功耗和成本下降,

可靠性提高。微控制器是嵌入式系统工业的主流。其片上资源比较丰富,适合于控制,因此称为微控制器。

嵌入式微控制器目前的品种和数量最多,比较有代表性的系列有 MCS-51/96、PIC、MC68 和数目众多的 ARM 芯片等。目前 MCU 占嵌入式系统约 70% 的市场份额。

3. 嵌入式 DSP 处理器(Digital Signal Processor, DSP)

在数字滤波、FFT、频谱分析等方面,DSP 算法正在大规模进入嵌入式领域。DSP 应用正在从通用单片机以普通指令实现 DSP 功能,过渡到采用嵌入式 DSP 处理器来实现。DSP 处理器在系统结构和指令方面进行了特殊设计,使其适合于执行 DSP 算法,并专门用于信号处理方面,具有很高的编译效率和指令执行速度。

嵌入式 DSP 处理器比较有代表性的产品是 TI 公司的 TMS320 系列和 Freescale 公司的 DSP56000 系列。

4. 嵌入式片上系统(System on Chip, SoC)

SoC 就是在一个硅片上实现一个更为复杂的系统,其最大特点是实现了软/硬件的无缝结合。各种通用微处理器内核都成为了 SoC 设计公司的标准库,和其他许多嵌入式系统外设一样,成为 VLSI 设计中一种标准的器件,用标准的 VHDL 语言描述。用户只要定义出其整个应用系统,仿真通过后就可将设计图纸交给半导体公司制作样品。除个别无法集成的器件之外,系统大部分均可集成到一块或几块芯片中,应用系统电路板将非常简洁,对减小体积、降低功耗、提高可靠性等都非常有利。

SoC 可以分成通用和专用两类。通用系列包括 Infineon 公司的 TriCore、Freescale 公司的 M-Core、某些 ARM 系列器件以及 Echelon 公司和 Freescale 公司联合研制的 Neuron 芯片等。专用 SoC 一般不为用户所知。

1.2 单片机的基本概念

单片机作为嵌入式系统最典型的代表,其在嵌入式系统产品中占有最大的市场份额,也是广大高校学生学习嵌入式系统的主流。

1.2.1 CPU、微型计算机及微型计算机系统

想要明白什么是单片机,就要从微型计算机的概念入手。

通过“微机原理”相关课程的学习,我们已经了解到一台能够工作的计算机必须具备以下几个基本部分:运算器、存储器、控制器和 I/O 接口。

在微型计算机中,为减小计算机的体积,将运算器和控制器放在一起以一块芯片的形式出现,称为中央处理器 CPU(Central Processing Unit),也称为微处理器。它是微型计算机最重要的组成部分。

但是,CPU 也仅仅是微型计算机的运算及控制部件,它本身并不能独立工作,不能独立地执行程序。只有将 CPU 和存储器、I/O 接口通过“总线”联系起来,才能构成微型计算机。总线根据传送对象的不同,又可以分成数据总线(DB, Data Bus)、地址总线(AB, Address Bus)以

及控制总线(CB,Control Bus)。

图 1.1 为微型计算机结构示意图。图中 C 表示控制信号, A 表示地址信号, D 表示数据信号。

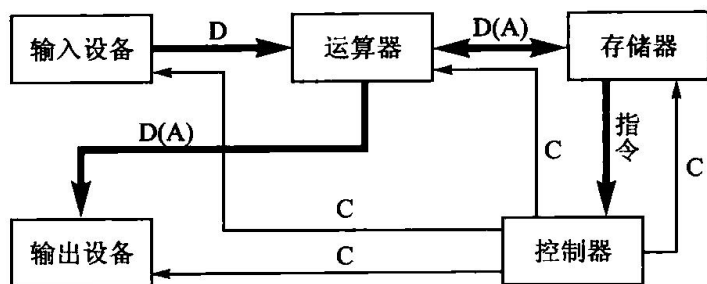


图 1.1 微型计算机结构示意图

有了上面的基本组成部分,微型计算机还不能应用于实际,必须加上输入设备、输出设备等计算机外设和一些计算机的系统软件(如操作系统)及应用软件,才能实现相应的功能。

1.2.2 单片机

在了解了一般计算机的基础知识之后,我们再来看看什么是单片机。

“单片机”是在很多外文资料中提到的 Single Chip MicroComputer 较准确的译法。在早期,Single Chip MicroComputer 准确地体现了单片机的形态和结构。在一般计算机中,它的几个基本组成部分被做成若干块芯片和电路板,通过“主板”相连,是一个“多板、多片”系统。单片机也是一种微型计算机,不同的是单片机将计算机的几个基本组成部分全部做到一块集成电路芯片中,使得这样一块集成电路芯片成为了一台简单的微型计算机,具备了一般计算机的功能,可进行简单的运算和控制。

当然,单片机芯片内部不仅仅只有上面所讲到几个基本部件。单片机主要面向控制,除了进行一些简单运算外,主要完成各种控制功能。在很多控制场合,“计数”和“定时”是少不了的。因此,在单片机这一块芯片中就设置有若干个定时/计数器,免去了用户外接定时芯片的麻烦。

单片机芯片内部还有一个“时钟电路”,使得单片机在外接振荡源的作用下,能产生相应频率的时钟信号,使其运算和控制都能有节奏地进行。

另外,单片机芯片内部还有起着“传达室”作用的“中断系统”。当单片机所控制对象的参数到达需要 CPU 加以干预的状态时,就可经此中断系统“通报”给 CPU,使 CPU 根据外部事态的轻重缓急采取适当的应对措施。

单片机芯片内部也有将这些部分连接起来的“总线”。CPU、ROM、RAM、I/O 口、定时/计数器、中断系统等都通过总线连通,一切指令、数据、控制信号都可经内部总线传送。

图 1.2 为 MCS-51 单片机的基本组成示意图。

由此可以看出,单片机虽然只是一个芯片,但一般计算机中的基本部件它都有,因此单片机实际上就是一台简单的微型计算机。

随着单片机的发展,现在的单片机芯片中都着重扩展了各种控制功能。除了集成了定时/计数器外,有的单片机中还集成了如 A/D、D/A 等功能部件(为了加强模拟信号的采集、处

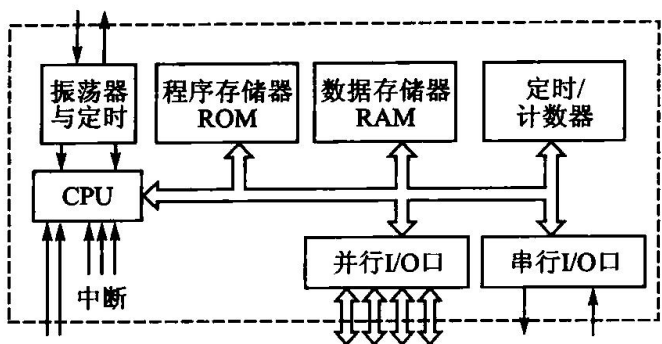


图 1.2 MCS-51 单片机组成示意图

理);有的单片机芯片内部集成了 PWM、PCA(计数器捕获比较逻辑)、高速 I/O 口、WDT(看门狗定时器)等功能部件。现在的单片机在结构上已突破了原来“Single Chip MicroComputer”的传统内涵,最能准确反映其设计思想、具有长远技术眼光的名称应该是“Micro—Controller”,即前面所提到的“嵌入式微控制器 MCU”。国外已逐渐统一为“MCU”,国内现在仍然保留了“单片机”这个叫法。

1.2.3 单片机应用系统

虽然单片机已经具备一个微型计算机的基本结构和功能,但实质上它也仅仅是一个芯片,而仅有单片机一个芯片还不能完成任何工作。在实际应用中,要让单片机去实现相应的功能,就必须将单片机与被控对象进行电气连接,必须根据需要增加各种扩展接口电路、外部设备和相应软件,从而构成一个“单片机应用系统”。

图 1.3 为单片机应用系统的示意图。

单片机应用系统是以单片机为核心,配以输入、输出、显示、控制等外围电路和相应的控制、驱动软件,能完成一种或多种功能的实用系统。同微型计算机系统一样,单片机应用系统也是由硬件和软件组成的,二者相互依赖,缺一不可。

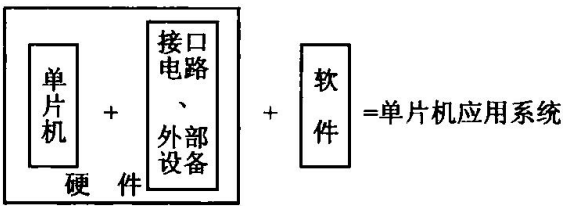


图 1.3 单片机应用系统

由此可见,单片机应用系统的设计人员必须从硬件和软件两个角度来深入了解单片机并将二者有机地结合起来,才能设计出具有特定功能的应用系统或整机产品。

1.2.4 单片机的发展和应用

1. 单片机的发展

在计算机应用控制领域(如工业控制、汽车、家电等),对控制系统的要求都比较苛刻。例如需要高智能、小体积、低成本、低功耗、强抗干扰能力和高可靠性。不仅传统电气设备无能为力(无智能或低智能),就是一般应用型 PC 机也不能胜任。在这样的背景下,关于单片机的设想才逐渐成形。

单片机就是将计算机的几个基本组成部分集成在单一的芯片上,体积相对较小(一般也就几厘米长,1 cm 左右宽),能很好地满足对控制系统体积的要求。

很多控制场合并不需要完成复杂的数学计算,因此单片机在生产工艺上进行了简化,降低了制造成本。同时采用大批量生产,成本进一步降低。从目前市场上来看,其价格一般都在几元到几十元之间。

单片机将所有电路都集成在一个芯片上,降低了因为线路连接导致系统失效的可能性,使可靠性提高。

在工艺和设计上采取的措施又使其功耗降低。单片机(尤其是低功耗单片机)功耗比一般的微型计算机的功耗要低得多(mW 级),满足了对控制系统功耗的要求。

单片机在设计上采用了很多有效的抗干扰措施,使其能够在各种恶劣的环境下都能可靠地工作,如适应温度范围广,在 $-50\sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内都能正常工作。

这些特点都很好地满足了工业控制应用的诸多特殊需求,因此单片机很快进入工业计算机控制的诸多领域,获得了广泛的应用,充分显示了其强大的生命力和广阔的应用前景。

自1975年美国德州仪器(TI)公司开发生产出第一台单片机 TMS-1000 以来,单片机已经历了4位 $\rightarrow$ 8位 $\rightarrow$ 16位 $\rightarrow$ 32位的发展过程。

最有代表性的是 Intel 公司先后推出了3个系列:1976年推出 MCS-48 系列8位单片机;1980年推出 MCS-51 系列高档增强8位单片机;1983年推出 MCS-96/98 系列16位单片机。

其中以 MCS-51 为主流的8位机,主要应用在传统电子系统智能化和对象系统的控制领域。目前8位单片机的功能还在不断增强,还在不断发展。与16位机相比,增强型的8位单片机性价比更高。

现在流行的32位 ARM 系列,主要应用在网络(如路由器)、通信(如手机)和多媒体技术等领域。

2. 单片机的应用

单片机的价值在于实现计算机的“在线控制”。所谓“在线控制”,就是以计算机代替控制系统中常规的模拟或数字电路,使计算机成为控制系统的一部分。由于计算机身处其中,因此对它体积小、功耗低、价格低、控制功能强等要求,单片机正好具备了这样的优点:

- 体积小,成本低,运用灵活,能方便地组成各种智能化的控制设备和仪器。
- 面向控制,能有针对性地解决各类控制任务,能获得最佳性价比。单片机是面向控制而设计的,在内部结构上采取了很多有利于控制的一些结构,如定时器、特殊功能寄存器、位处理器等,因此能非常有针对性地解决各类控制任务。
- 抗干扰能力强,适应温度范围广,在各种恶劣的环境下都能可靠地工作。
- 功耗低,在供电不方便的时候也能正常运行。

当然,一般计算机也能在控制领域发挥作用,比如单片机应用系统中的软件设计就要在计算机上进行。但这是计算机在控制系统中的“离线应用”,就是利用通用计算机完成控制系统的分析、设计、仿真、建模等工作。这对单片机来说,自然是无法胜任的。

单片机的应用范围十分广泛,目前单片机已成为航空航天、机械电子等工业测控领域中最理想的控制计算机。