

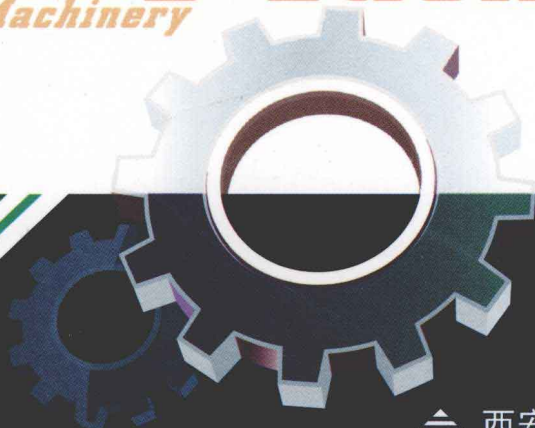


高等学校机械设计制造
及其自动化专业“十二五”规划教材

单片机原理与应用技术 (第二版)

黄惟公 邓成中 王 燕 编著

Machinery
Machinery
Machinery



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校机械设计制造及其自动化专业“十二五”规划教材

单片机原理与应用技术

(第二版)

黄惟公 邓成中 王燕 编 著

(四川省精品课程配套教材)

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书从计算机基础知识开始,介绍了 MCS-51 系列单片机的基本结构、指令系统、汇编语言程序设计、I/O 接口及简单应用、中断系统、定时/计数器、串行通信接口、存储器和并行口的扩展、单片机测控接口等基本内容及应用实例。同时,增加了 C51 程序设计, SPI、I²C 总线扩展技术等作为选修内容,对学生快速入门使用 C51 语言编程进行了初步尝试。本书将模块化编程方法引入到教学中,书中例题大多数采用 Proteus 软件进行了仿真。另外,在本书附录中给出了一个特别实用的硬件实验装置和与之对应的虚拟实验方案,同时列出了相应的实验内容,介绍了 Keil μ Vision 编译软件和仿真软件 Proteus 的使用方法。

本书适合非电类专业的学生和自学者使用,同时也可供电类专业学生作参考。

本书为四川省精品课程“单片机原理与应用”的配套教材。

★ 本书配有电子教案、习题集、录像等资料,选用本书作为教材的老师可与作者联系,免费提供。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与应用技术 / 黄惟公, 邓成中, 王燕编著. 2 版. —西安: 西安电子科技大学出版社, 2012.5

高等学校机械设计及自动化专业“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2756 - 4

I. ① 单… II. ① 黄… ② 邓… ③ 王… III. ① 单片微型计算机—高等学校—教材
IV. ① TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 017082 号

策 划 马乐惠

责任编辑 马乐惠 徐卫江

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 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西光大印务有限责任公司

版 次 2012 年 5 月第 2 版 2012 年 5 月第 3 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 21

字 数 493 千字

印 数 6001~9000 册

定 价 36.00 元

ISBN 978 - 7 - 5606 - 2756 - 4/TP · 1332

XDUP 3048002-3

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜, 谨防盗版。

第二版前言

本书第二版保持了第一版深入浅出、编排合理、易于自学的特点，修订了存在的错误，重新对部分文字进行了梳理，还根据读者的意见和建议在内容上做了以下修改：

(1) 将模块化编程方法引入到程序设计的教学中。模块化编程是指将一个大的程序按功能分割成一些小模块，各模块相对独立，功能单一，结构清晰，程序接口简单，大大降低了程序设计的复杂性。第二版有意识地提供了键盘、显示、A/D 转换、D/A 转换等驱动程序模块，让学生能较快地学会编写较为复杂的程序。

(2) 增加了 LCM1602 的内容。尽早进入实验是学习单片机最重要的经验之一。一个让学生有成就感的实验，需要有键盘、显示器等最基本的部件。第二版保持了在介绍中断、定时/计数器之前就引入 I/O 接口及其简单应用的内容，介绍了 LED 和键盘的程序设计，让学生尽快进入单片机的应用学习和实验。第二版特别增加了 LCM1602 的内容，并由此引入了模块化编程，提供了 LCD 的基本显示程序模块，从而让学生在键盘、中断、定时/计数器、串口、A/D、D/A 等实验中能充分显示实验结果，提高编程水平和学习兴趣。

(3) 引入 Proteus 软件进行仿真。本书中的例题绝大多数都配备了仿真效果，作者还做了大量的工作，使提供的例题程序在实际应用和虚拟仿真中都可以通过。本书每章都有适量的思考题与习题，打破应试教育习题的特点，从第 5 章开始布置了一些用 Proteus 仿真软件设计的思考题与习题，有利于提高学生设计软、硬件的能力和学习兴趣。

(4) 修改了实验内容。在原实验装置中增加了 LCM1602 显示器，使实验更直观，并在同样的实物实验中增加了与之对应的 Proteus 虚拟实验内容，便于学生自学。

(5) 用 C 语言进行单片机程序设计是单片机开发与应用的必然趋势。本书从实用角度出发，对学生快速入门使用 C51 语言编程进行了初步尝试。本书同样将 C51 的模块化编程方法贯穿始终，对单片机中较复杂、常用的外部接口器件采用了直接使用驱动程序的方法，让学生能初步学会用 C51 编写程序。

(6) 对第一版的第 11、12 章全部进行了改写。本书突出了模块化编程和 Proteus 的仿真，在附录中增加介绍了 μ Vision 编译软件的使用。

本书由西华大学机械工程与自动化学院黄惟公教授担任主编，邓成中副教授担任副主编，西安科技大学机械学院王燕参编。

本书在编写过程中，得到了许多同仁的关心，特别是西安电子科技大学出版社马乐惠和徐卫江编辑对本书的出版做了很多辛勤的工作，在此谨致谢意。限于篇幅及作者的水平，书中难免存在欠妥之处，竭诚希望同行和读者赐予宝贵的意见。如有需要，读者可通过电子邮箱 hwg@mail.xhu.edu.cn 联系作者。

作 者
2012 年 2 月

第一版前言

多年来,“单片机原理与应用”这门课程一直被学生视为难学的课程之一。“难”的原因是多方面的,如涉及的知识面广,概念难于理解,等等,但是一个不可忽略的原因是此课程难以自学,且没有足够的实验设备和实践机会,而这些不能不说与教材的编写有关。

本书是针对非电类专业(主要是机械工程)学时少、电知识相对较弱的特点,精简教学内容,合理安排教学顺序,精心攻克难点编写而成的。针对单片机初学者的特点,本书在章或节的引论中给出了学习的建议,每章都有适量的思考题与习题。书中引入了 Proteus 进行虚拟仿真,从第 5 章开始布置了一些用 Proteus 仿真设计的习题,有利于同时提高学生软、硬件方面的能力和学习兴趣。

附录 A 中的实验指导极具特色。实验指导中采用的“单片机实验板”是西华大学机械工程与自动化学院的老师在长期教学实践中设计的,是非常适合教学的实验装置。它不需要其他附件,可以在任何一台 PC 上使用,价格便宜,解决了许多地方院校经费不足的问题,而且可以开设 8 种接口实验(不含纯编程类软件实验),足以满足教学需要。

对大多数学生来说,学习单片机并不是完全为了学习单片机本身,而是为了通过单片机的学习掌握计算机用于测控方面的接口技术,提高实践动手能力。

在有一本便于自学的教材、有价格便宜的实验装置、有方便的虚拟仿真平台的条件下,我们相信学生一定能学好单片机。

本书主要以 89C51 芯片为基础进行讲述,具体内容如下:

第 1 章是单片机基础知识概述,主要介绍了单片机的概念、发展历史、应用领域等;还介绍了单片机的基本知识和术语,如数制转换、各种常用的数码等;也解释了一些初学者经常遇到的问题,如为什么要用十六进制等,以及单片机学习中应注意的事项等。

第 2 章是 MCS-51 单片机基本结构,主要介绍了芯片的引脚、存储器组织形式,特别是内部 RAM 的组织形式,为指令系统的学习打好基础。本章未讲解并行接口的特性等内容,主要是为了避免学生因入门难而影响学习兴趣。

第 3 章是 MCS-51 单片机指令系统,精简扼要地讲述了 MCS-51 单片机的指令,指出了指令的要点(每条指令都引用了英文缩写以帮助记忆)。对在实际使用中并不需要深入了解的内容,如相对跳转指令中 rel 的计算、DA 指令的使用等作了简化处理。

第 4 章是 MCS-51 汇编语言程序设计,介绍了几种常用典型程序的设计方法和实用的编程实例。此处没有涉及有关算术运算,如多位字节的加、减、乘、除等编程的设计,因为这些算法在短学时内学生很难理解,所以只是向学生说明如何调用这些子程序。

第 5 章是 I/O 接口及简单应用,主要讲述了 I/O 口的特性、LED 显示和键盘的管理程序设计。本章的作用是使学习者尽快进入单片机的应用学习,便于进行单片机的实验,提高学习兴趣。

第 6 章是中断系统,以深入浅出的方式说明中断的概念,提高学生对中断应用的认识。

第 7 章是定时/计数器,指出了计数器、定时器的实质是计数器,结合中断给出了经典的例子。

第 8 章是串行通信接口，增加了串口的基本知识及 PC 与单片机通信的硬件电路及 VB 对串口的编程。

第 9 章是存储器和并行口的扩展，强调了数据、地址、控制总线在扩展中的作用。同时，以图形和文字解释了地址锁存器的作用；详细叙述了片选地址的方法；讲述了 RAM、ROM、8255A 的扩展方法；详细介绍了用 TTL 扩展简单 I/O 口的方法和程序。

第 10 章是单片机测控接口，主要采用 ADC0809 和 DAC0832 作为经典例题程序讲述 A/D、D/A 转换器。开关量的输入/输出及功率接口在机电一体化设备中应用较多，本章也作了介绍。读者可从本章中进一步学到基本的接口知识。

*第 11 章是 C51 程序设计入门。C 语言的使用已经是单片机开发中必然的趋势，本章从实用角度介绍了快速学会使用 C51 语言编程的方法。实践证明，如果要作单片机方面的毕业设计，掌握 C 语言会得到更实际的锻炼。

*第 12 章是串行总线扩展技术，主要介绍了 I²C、SPI 总线的概念和使用，并介绍了几种常用串行芯片的使用。

附录 A 是 MCS-51 单片机实验，提供的 8 个实验都与硬件和实际应用有关，没有纯粹的汇编语言编程实验。

附录 B 是 Proteus 使用入门，介绍了用 Proteus 仿真 51 单片机的方法。

附录 C 给出了 MCS-51 单片机的指令表。

本书全部内容的推荐学时为 48 学时，可以在 40~48 学时之间酌情删减。学时安排推荐如下：

章 节	学时数	章 节	学时数
第 1 章 单片机基础知识概述	2	第 8 章 串行通信接口	4
第 2 章 MCS-51 单片机基本结构	2	第 9 章 存储器和并行口的扩展	4
第 3 章 MCS-51 单片机指令系统	6	第 10 章 单片机测控接口	4
第 4 章 MCS-51 汇编语言程序设计	4	*第 11 章 C51 程序设计入门	*4
第 5 章 I/O 接口及简单应用	2	*第 12 章 串行总线扩展技术	*4
第 6 章 中断系统	2	单片机实验	6~8
第 7 章 定时/计数器	2		

注：带*号部分为选学内容。也可以把第 8 章放在第 10 章之后讲。

本书由西华大学机械工程与自动化学院黄惟公教授担任主编，邓成中副教授担任副主编，西安科技大学机械学院王燕老师参编。此书将作为四川省精品课程“单片机原理与应用”的配套教材。教材的编写者均长期从事单片机应用项目的实际开发和单片机的教学工作，主编黄惟公教授担任过专科、本科、研究生的单片机课程主讲工作，是四川省精品课程“单片机原理与应用”的项目负责人。

在编写本书的过程中，曾参考了兄弟院校的资料及其他相关教材，并得到了许多同仁的关心和帮助，在此谨致谢意。

限于篇幅及编者的业务水平，本书在内容上可能还有局限和欠妥之处，竭诚希望同行和读者赐予宝贵的意见。

编 者
2007 年 4 月于成都

目 录

第 1 章 单片机基础知识概述	1
1.1 单片机概述	1
1.1.1 什么是单片机	1
1.1.2 单片机的发展历史	1
1.2 单片机的特点及应用领域	2
1.2.1 单片机的特点	2
1.2.2 单片机的应用领域	2
1.2.3 单片机的发展趋势	3
1.2.4 MCS-51 单片机的学习	5
1.3 单片机学习的预备知识	6
1.3.1 数制及其转换	6
1.3.2 有符号数的表示方法	7
1.3.3 位、字节和字	9
1.3.4 BCD 码	9
1.3.5 ASCII 码	9
1.4 电平	10
思考题与习题	11
第 2 章 MCS-51 单片机基本结构	13
2.1 MCS-51 单片机的基本结构与类型	13
2.1.1 MCS-51 单片机的基本结构	13
2.1.2 MCS-51 单片机的基本类型	14
2.2 引脚及封装	15
2.2.1 引脚	15
2.2.2 封装	16
2.3 MCS-51 存储器组织	17
2.3.1 MCS-51 存储器组织简介	18
2.3.2 程序存储器地址空间	18
2.3.3 内部数据存储器空间	19
2.3.4 特殊功能寄存器	21
2.3.5 外部数据存储器	23
2.4 复位及时钟电路	23
2.4.1 复位后各寄存器的状态	23
2.4.2 复位电路	24
2.4.3 晶振电路	24

2.4.4 单片机的时序单位	24
思考题与习题	25
第3章 MCS-51 单片机指令系统	26
3.1 基本概念	26
3.1.1 汇编语言格式	26
3.1.2 指令中的常用符号	27
3.1.3 寻址方式	27
3.2 MCS-51 指令系统	29
3.2.1 数据传送与交换指令	29
3.2.2 算术运算指令	35
3.2.3 逻辑运算与移位指令	37
3.2.4 控制转移指令	40
3.2.5 位操作指令	42
思考题与习题	44
第4章 MCS-51 汇编语言程序设计	46
4.1 汇编语言程序格式及伪指令	47
4.1.1 汇编指令格式	47
4.1.2 伪指令	47
4.2 基本程序设计方法	49
4.2.1 顺序程序设计	50
4.2.2 分支程序设计	50
4.2.3 循环程序设计	54
4.2.4 查表程序设计	56
4.2.5 子程序设计	58
思考题与习题	58
第5章 I/O 接口及简单应用	60
5.1 I/O 端口的输入/输出特性	60
5.1.1 P1 口	61
5.1.2 P3 口	62
5.1.3 P0 口	63
5.1.4 P2 口	64
5.2 I/O 端口的应用	65
5.2.1 I/O 的简单控制	65
5.2.2 LED 数码管显示	66
5.2.3 键盘	71
5.3 LCM1602 字符型液晶显示模块	75
5.3.1 字符型 LCM1602 介绍	75
5.3.2 LCM1602 与单片机的接口	81
5.3.3 LCM1602 显示模块的应用	81

5.4 双LED数码管动态显示模块的设计	89
思考题与习题	90
第6章 中断系统	91
6.1 中断的概念	91
6.2 中断系统的结构	92
6.3 中断控制系统	93
6.3.1 中断请求标志寄存器(TCON、SCON)	93
6.3.2 中断允许寄存器(IE)	94
6.3.3 中断优先级寄存器(IP)及中断嵌套	95
6.4 中断处理过程	97
6.4.1 中断响应条件	97
6.4.2 中断响应过程	97
6.4.3 中断的撤销	98
6.4.4 外部中断响应的的时间	99
6.5 外部中断触发方式的选择	100
6.6 中断程序设计	100
思考题与习题	101
第7章 定时/计数器	103
7.1 定时/计数器的结构及其工作原理	103
7.1.1 定时/计数器的实质	103
7.1.2 定时/计数器的结构及其工作原理	104
7.2 定时/计数器的控制	104
7.2.1 方式控制寄存器(TMOD)	105
7.2.2 控制寄存器(TCON)	105
7.3 定时/计数器的工作方式	106
7.3.1 方式0	106
7.3.2 方式1	106
7.3.3 方式2	107
7.3.4 方式3	108
7.4 计数器对输入脉冲频率的要求	109
7.5 定时/计数器的编程和应用举例	109
7.5.1 定时/计数器初值的计算	109
7.5.2 定时/计数器应用举例	110
思考题与习题	114
第8章 串行通信接口	116
8.1 串行通信基本知识	116
8.2 MCS-51 串口控制器	118
8.2.1 串口控制寄存器(SCON)	118
8.2.2 特殊功能寄存器(PCON)	119

8.3 串行口的工作方式120

8.3.1 方式0120

8.3.2 方式1120

8.3.3 方式2121

8.3.4 方式3122

8.4 波特率的制定方法122

8.5 串行通信的接口电路124

8.5.1 RS-232C 接口124

8.5.2 RS-485 接口126

8.6 串口的编程与应用127

8.6.1 用串行口扩展并行 I/O 口127

8.6.2 单片机与单片机通信130

8.7 多机通信135

8.7.1 多机通信协议136

8.7.2 多机通信程序设计137

8.8 单片机与 PC 的串口通信142

思考题与习题148

第 9 章 存储器和并行口的扩展149

9.1 系统扩展概述149

9.1.1 单片机最小系统149

9.1.2 总线的概念150

9.2 数据存储器的扩展151

9.2.1 SRAM 芯片151

9.2.2 典型外部数据存储器的连接152

9.2.3 地址锁存器和外扩 RAM 的操作时序153

9.2.4 确定扩展芯片地址的方法155

9.3 程序存储器的扩展158

9.3.1 ROM 芯片158

9.3.2 程序存储器的扩展159

9.4 程序存储器和数据存储器的综合扩展160

9.5 并行接口的扩展161

9.5.1 总线驱动器161

9.5.2 用 74LS 系列 TTL 电路扩展并行 I/O 口163

9.5.3 并行可编程芯片 8255A164

思考题与习题168

第 10 章 单片机测控接口170

10.1 A/D 转换器概述170

10.2 ADC0809 模/数转换器174

10.2.1 ADC0809/ADC0808 简介174

制器特征。随着 MCS-51 系列单片机的广泛应用,许多厂商竞相以 8051 为内核,将许多测控系统中使用的电路、接口、多通道 A/D 转换部件、可靠性技术等应用到单片机中,增强了外围电路功能,强化了智能控制的特征。

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全面深入的发展和应用,出现了高速、大寻址范围、强运算能力的 8/16/32 位通用型单片机,以及小型廉价的专用型单片机。

1.2 单片机的特点及应用领域

1.2.1 单片机的特点

单片机是微型机的一个主要分支,在结构上的最大特点是把 CPU、存储器、定时器和多种输入/输出(I/O)接口电路集成在一块超大规模集成电路芯片上。就其组成和功能而言,一块单片机芯片就是一台计算机。

单片机主要有如下特点:

(1) 优异的性能价格比。

(2) 集成度高,体积小,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,减少了各芯片之间的连线,大大提高了计算机的可靠性与抗干扰能力。另外,其体积小,对于强磁场环境易于采取屏蔽措施,适合在恶劣环境下工作。

(3) 控制功能强。为了满足工业控制的要求,一般单片机的指令系统中均有极丰富的转移指令、I/O 口的逻辑操作以及位处理功能。单片机的逻辑控制功能及运行速度均高于同一档次的微机。

(4) 低功耗、低电压,便于生产便携式产品。

(5) 单片机的系统扩展和系统配置较典型、规范,容易构成各种规模的应用系统。

1.2.2 单片机的应用领域

由于单片机所具有的显著优点,因而它已成为科技领域的有力工具及人类生活的得力助手。它的应用遍及各个领域,主要表现在以下几个方面:

(1) 单片机在智能仪表中的应用。单片机广泛用于各种仪器仪表,使仪器仪表智能化,并可以提高测量的自动化程度和精度,简化仪器仪表的硬件结构,提高其性能价格比。

(2) 单片机在机电一体化中的应用。机电一体化是机械工业发展的方向。机电一体化产品是指集机械技术、微电子技术、计算机技术于一体,具有智能化特征的机电产品,例如微机控制的机床、机器人等。单片机作为产品中的控制器,能充分发挥它的体积小、可靠性高、功能强等优点,可大大提高机器的自动化、智能化程度。

(3) 单片机在实时控制中的应用。单片机广泛用于各种实时控制系统中。例如,在工业测控、航空航天、尖端武器、机器人等各种实时控制系统中,都可以用单片机作为控制器。单片机的实时数据处理能力和控制功能,可使系统保持在最佳工作状态,提高系统的工作效率和产品质量。

第 12 章 串行总线扩展技术.....229

12.1 SPI 总线扩展技术.....229

12.1.1 ADC0832 模块的设计230

12.1.2 TLC1543 A/D 模块的设计236

12.1.3 LTC1456 D/A 模块的设计244

12.2 I²C 总线扩展技术246

12.2.1 I²C 总线的协议简介246

12.2.2 I²C 的寻址方式248

12.2.3 I²C 总线时序249

12.2.4 虚拟 I²C 总线汇编语言程序250

12.2.5 虚拟 I²C 总线 C51 程序257

12.2.6 I²C 总线在 E²PROM 中的应用264

思考题与习题266

附录 A MCS-51 单片机实验267

附录 B Proteus 使用入门290

附录 C MC-51 指令表.....302

附录 D Keil C51 使用简介306

参考文献.....324

第1章 单片机基础知识概述

本章主要对单片机的定义、发展历史、特点、发展趋势和应用领域等作了简单介绍，并对学习单片机时应具备的基础知识，如二进制、十六进制及各种编码等进行了复习。对初学者来说，这是学习单片机的基础。

1.1 单片机概述

1.1.1 什么是单片机

单片机是将计算机的基本部件微型化并集成到一块芯片上的微型计算机。通常在芯片内含有 CPU、ROM、RAM、并行 I/O 口、串行 I/O 口、定时/计数器、中断控制系统、系统时钟及系统总线等。单片机一词来源于“Single Chip Microcomputer”(SCM)。“SCM”一词目前国际上已基本不大采用。单片机的硬件结构和指令系统都是按工业控制和要求设计的，常用于工业检测、控制装置中，所以它又被称为微控制器(MCU, Micro Controller Unit)或嵌入式控制器(Embedded Controller)。

1.1.2 单片机的发展历史

单片机作为微型计算机的一个重要分支，应用很广，发展很快。如果将 8 位单片机的推出作为起点，那么单片机的发展历史大致可分为以下几个阶段。

第一阶段(1976—1978 年): 单片机的探索阶段，以 Intel 公司的 MCS-48 为代表。MCS-48 的推出是计算机在工控领域应用的探索，参与这一探索的公司还有 Motorola、Zilog 等，这些公司都取得了满意的效果。

第二阶段(1978—1982 年): 单片机的完善阶段。Intel 公司在 MCS-48 基础上推出了完善的、典型的单片机系列 MCS-51。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。MCS-51 设置了经典的 8 位单片机总线结构，包括 8 位数据总线、16 位地址总线、控制总线及具有多种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。

第三阶段(1982—1990 年): 8 位单片机的巩固发展及 16 位单片机的推出阶段，也是单片机向微控制器发展的阶段。Intel 公司推出的 MCS-96 系列单片机，将一些用于测控系统的 A/D(模/数)转换器、程序运行监视器、脉宽调制器等集成到芯片中，体现了单片机的微控

制器特征。随着 MCS-51 系列单片机的广泛应用,许多厂商竞相以 8051 为内核,将许多测控系统中使用的电路、接口、多通道 A/D 转换部件、可靠性技术等应用到单片机中,增强了外围电路功能,强化了智能控制的特征。

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全面深入的发展和应用,出现了高速、大寻址范围、强运算能力的 8/16/32 位通用型单片机,以及小型廉价的专用型单片机。

1.2 单片机的特点及应用领域

1.2.1 单片机的特点

单片机是微型机的一个主要分支,在结构上的最大特点是把 CPU、存储器、定时器和多种输入/输出(I/O)接口电路集成在一块超大规模集成电路芯片上。就其组成和功能而言,一块单片机芯片就是一台计算机。

单片机主要有如下特点:

(1) 优异的性能价格比。

(2) 集成度高,体积小,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,减少了各芯片之间的连线,大大提高了计算机的可靠性与抗干扰能力。另外,其体积小,对于强磁场环境易于采取屏蔽措施,适合在恶劣环境下工作。

(3) 控制功能强。为了满足工业控制的要求,一般单片机的指令系统中均有极丰富的转移指令、I/O 口的逻辑操作以及位处理功能。单片机的逻辑控制功能及运行速度均高于同一档次的微机。

(4) 低功耗、低电压,便于生产便携式产品。

(5) 单片机的系统扩展和系统配置较典型、规范,容易构成各种规模的应用系统。

1.2.2 单片机的应用领域

由于单片机所具有的显著优点,因而它已成为科技领域的有力工具及人类生活的得力助手。它的应用遍及各个领域,主要表现在以下几个方面:

(1) 单片机在智能仪表中的应用。单片机广泛用于各种仪器仪表,使仪器仪表智能化,并可以提高测量的自动化程度和精度,简化仪器仪表的硬件结构,提高其性能价格比。

(2) 单片机在机电一体化中的应用。机电一体化是机械工业发展的方向。机电一体化产品是指集机械技术、微电子技术、计算机技术于一体,具有智能化特征的机电产品,例如微机控制的机床、机器人等。单片机作为产品中的控制器,能充分发挥它的体积小、可靠性高、功能强等优点,可大大提高机器的自动化、智能化程度。

(3) 单片机在实时控制中的应用。单片机广泛用于各种实时控制系统中。例如,在工业测控、航空航天、尖端武器、机器人等各种实时控制系统中,都可以用单片机作为控制器。单片机的实时数据处理能力和控制功能,可使系统保持在最佳工作状态,提高系统的工作效率和产品质量。

(4) 单片机在分布式多机系统中的应用。在比较复杂的系统中,常采用分布式系统。分布式系统一般由若干台功能各异的小型测控装置组成,这些装置基本都是以单片机为核心的,它们各自完成特定的任务,通过通信相互联系、协调工作。单片机在这种系统中作为一个下位机,安装在系统的节点上,对现场信息进行实时的测量和控制。单片机的高可靠性和强抗干扰能力,使它可以置于恶劣环境的前端工作。

(5) 单片机在日常生活中的应用。自从单片机诞生以后,它就进入了人类的日常生活,如洗衣机、电冰箱、电子玩具、收录机等家用电器配上单片机后,提高了智能化程度,增加了功能,备受人们喜爱。单片机使人类的生活更加方便、舒适,且丰富多彩。

综上所述,单片机已成为计算机发展和应用的一个重要方面。另外,单片机应用的重要意义还在于,它从根本上改变了传统的控制系统设计思想和设计方法。从前必须由模拟电路或数字电路实现的大部分功能,现在已能用单片机通过软件方法来实现了。

1.2.3 单片机的发展趋势

目前,单片机正朝着高性能和多品种方向发展,趋势是进一步向着 CMOS、低功耗、小体积、大容量、高性能、低价格和外围电路内装化等几个方向发展。下面从几个方面说明单片机的主要发展趋势。

1. CMOS 化

CMOS 电路具有许多优点,如极宽的工作电压范围,极佳的低功耗和功耗管理特性等。CMOS 化已成为目前单片机及其外围器件流行的半导体工艺。

2. 采用 RISC(Reduced Instruction Set Computer, 精简指令集计算机)体系结构

早期的单片机大多采用 CISC(Complex Instruction Set Computer, 复杂指令集计算机)体系结构,指令复杂,指令代码、周期数不统一,指令运行很难实现流水线操作,大大阻碍了运行速度的提高。对于 MCS-51 系列单片机,当外部时钟为 12 MHz 时,其单周期指令运行速度仅为 1 MIPS(Million Instructions Per Second, 每秒处理百万级的机器语言指令数。这是衡量 CPU 速度的一个指标)。而采用了 RISC 体系结构和精简指令后,单片机的指令绝大部分成为单周期指令,通过增加程序存储器的宽度(如从 8 位增加到 16 位),实现了一个地址单元存放一条指令。在这种体系结构中,很容易实现并行流水线操作,大大提高了指令运行速度。目前一些 RISC 结构的单片机,如美国 ATMEL 公司的 AVR 系列单片机已实现了一个时钟周期执行一条指令(一些公司也在 51 单片机上实现了同样功能),在相同的 12 MHz 外部时钟下,其单周期指令运行速度可达 12 MIPS。这样,一方面可获得很高的指令运行速度;另一方面,在相同的运行速度下,可大大降低时钟频率,有利于获得良好的电磁兼容效果。

3. 多功能集成化

在单片机内部已集成了越来越多的部件,这些部件包括一般常用的电路,如定时/计数器、模拟比较器、A/D 转换器、D/A 转换器、串行通信接口、WDT 电路、LCD(Liquid Crystal Display, 液晶显示器)的控制器等。为了构成控制网络或形成局部网,有的单片机内部含有局部网络控制模块 CAN 总线等,可以方便地构成一个控制网络。为了能在变频控制中方便使用单片机,形成最具经济效益的嵌入式控制系统,有的单片机甚至在内部设置了专门用于变频控制的 PWM(Pulse Width Modulation, 脉冲宽度调制, 简称脉宽调制)电路。

4. 片内存储器的改进与发展

目前新型的单片机一般在片内集成两种类型的存储器：一种为随机读/写存储器，常用的为 SRAM(Static Random Access Memory, 静态 RAM)，作为临时数据存储器存放工作数据用；另一种为只读存储器(ROM, Read Only Memory)，作为程序存储器存放系统控制程序和固定不变的数据。片内存储器的改进与发展的方向是扩大容量、数据的易写和保密等。

(1) 片内程序存储器由 EPROM 型向 FlashROM 发展。早期的单片机在片内往往没有程序存储器或片内集成 EPROM 型的程序存储器。将程序存储器集成在单片机内可以大大提高单片机的抗干扰性能，提高程序的保密性，减少硬件设计的复杂性等，片内集成程序存储器已成为新型单片机的标准方式。但 EPROM 存在需要使用 12 V 高电压编程写入、紫外线光照擦除、重写次数有限等缺点。新型的单片机多采用 FlashROM 和 MaskROM、OTPROM 作为片内的程序存储器。FlashROM(闪存 ROM)在通常电压(如 5 V/3 V)下就可以实现编程写入和擦除操作，重写次数在 10 000 次以上，并可实现在线编程技术，给使用带来了极大的方便。采用 MaskROM 的微控制器称为掩膜芯片，它是在芯片制造过程中就将程序“写入”，并永远不能改写。采用 OTPROM(One Time Programmable ROM)的微控制器，其芯片在出厂时片内的程序存储器是“空的”，它允许用户将自己编写好的程序一次性地编程写入，之后便再也无法修改。后两种类型的单片机适合于产品大批量生产的使用，而前一种类型的微控制器则适合产品的设计开发、批量生产以及学习培训的应用。

(2) 程序保密化。一个单片嵌入式系统的程序是系统最重要的部分，是知识产权保护的核心。为了防止片内的程序被非法读出复制，新型的单片机往往采用对片内的程序存储器加锁保密。程序写入片内的程序存储器后，可以对加密单元芯片加锁。这样，从芯片的外部就无法读取片内的程序代码。若将加密单元擦除，则片内的程序也同时被擦除掉，以便达到程序保密的目的。

(3) 片内存储容量的增加。新型的单片机一般在片内集成的 SRAM 的容量为 128 B~1 KB，ROM 的容量为 4 KB~8 KB。为了适应网络、音视频等高端产品的需要，高档的单片机在片内集成了更大容量的 RAM 和 ROM 存储器。如 ATMEL 公司的 ATmega16 单片机，片内的 SRAM 为 1 KB，FlashROM 为 16 KB。而该系列的高端产品 ATmega256，片内集成了 8 KB 的 SRAM、256 KB 的 FlashROM 和 4 KB 的 E²PROM。

5. ISP、IAP 及基于 ISP、IAP 技术的开发和应用

ISP(In System Programmable)技术称为在系统可编程技术。随着微控制器在片内集成 FlashROM 的发展，促进了 ISP 技术在单片机中的应用。ISP 技术实现了程序的串行编程写入(下载)，不必将印刷电路板上的芯片取下，就可直接将程序下载到单片机的程序存储器中，淘汰了专用的程序下载写入设备。基于 ISP 技术的实现，使模拟仿真开发技术重新兴起，在单时钟、单指令运行的 RISC 结构的单片机中，可实现 PC 通过串行电缆对目标系统的在线仿真调试。在 ISP 技术应用的基础上，进一步发展的 IAP(In Application Programmable, 在应用可编程)技术实现了用户可随时根据需要对原有的系统方便地在线更新软件、修改软件，还能实现对系统软件的远程诊断、调试和更新。

6. 实现全面功耗管理

采用 CMOS 工艺后，单片机具有极佳的低功耗和功耗管理功能。它包括：

