



国家示范性高职院校建设项目成果
中国电子教育学会推荐教材
全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列

省级精品课
配套教材

微控制器的选择与应用

◎ 曹昕鹭 等编著

- 单片机的软硬件系统组成
- 单片机的选择
- 单片机开发工具
- 单片机最小系统的设计与制作
- 单片机内部存储器的读写与调试
- 并行输入/输出接口
- 中断控制系统
- 单片机控制系统软件开发知识
- 定时器/计数器
- A/D与D/A转换器应用
- 串行通信与键盘接口技术
- 单片机系统设计
 - ◆ 跑马灯
 - ◆ 调频脉冲发生器
 - ◆ 音乐发生器
 - ◆ 交通灯控制
 - ◆ 温度实时检测
 - ◆ 直流电机调速驱动
 - ◆ 智能空调控制等

- ◆ 依据行业企业职业岗位能力要求, 结合全国各级电子制作与设计大赛经验设置课程内容
- ◆ 围绕常见智能电子产品不同功能模块的设计与调试, 由浅入深、由局部到系统展开教学
- ◆ 提供10个项目、59个实例, 培养以单片机为代表的微控制器系统构建与设计制作能力
- ◆ 配有免费的电子教学课件、习题参考答案, 以方便教师教学



电子工业出版社

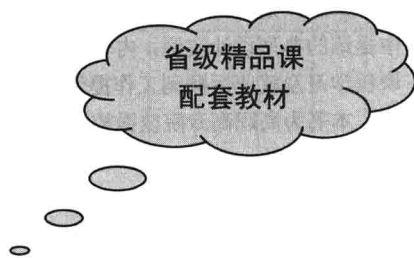
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

国家示范性高职院校建设项目成果

中国电子教育学会推荐教材

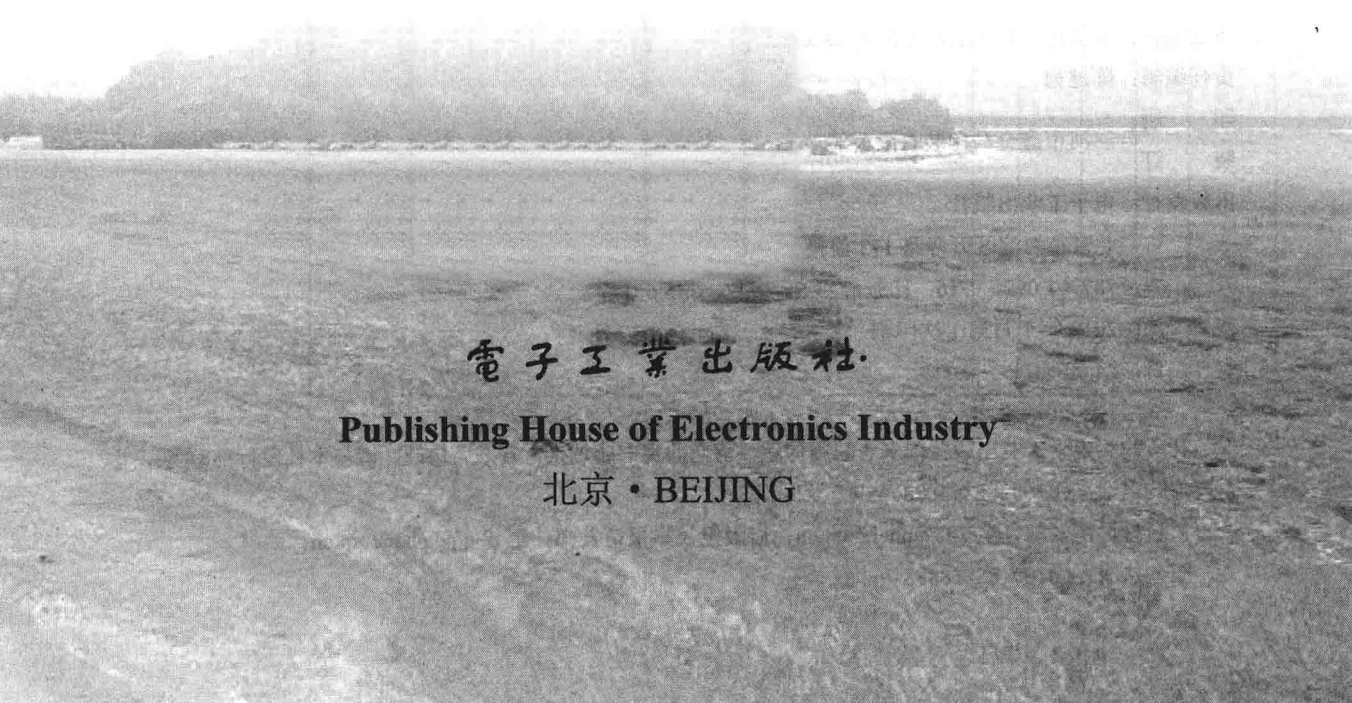
全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列



省级精品课
配套教材

微控制器的选择与应用

曹昕鸢 等编著



電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书按照最新的职业教育教学改革要求,结合国家示范院校建设项目成果,以及作者多年的校企合作经验编写。以目前应用广泛的 MCS-51 系列单片机为例,系统介绍了微控制器的相关概念、内部结构、功能、指令系统、定时器/计数器、中断系统等知识与技能。本书采用理实一体化教学方式,选择 10 个从生产实践中提炼的典型设计实例,内容由易到难,循序渐进,着重培养学生综合开发单片机产品的能力,为后续专业课程学习及就业后顺利工作提供技能训练。

本书为高职高专院校微控制器应用或单片机技术课程的教材,也可作为应用型本科、成人教育、自学考试、电视大学、中职学校、培训班等的教材,同时也是电子工程技术人员和参加电子类竞赛大学生的一本实用的参考书。

本书配有免费的电子教学课件和练习题参考答案,详见前言。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

微控制器的选择与应用/曹昕鸢等编著. —北京:电子工业出版社,2012.1

全国高职高专院校规划教材.精品与示范系列

ISBN 978-7-121-15280-1

I. ①微… II. ①曹… III. ①微控制器—高等职业教育—教材 IV. ①TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 242755 号

策划编辑:陈健德(E-mail:chenjd@phei.com.cn)

责任编辑:陈健德

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:13.5 字数:345.6 千字

印 次:2012 年 1 月第 1 次印刷

定 价:24.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

职业教育 继往开来 (序)

自我国实行对内搞活、对外开放的经济政策以来,各行各业都获得了前所未有的发展。随着我国工业生产规模的扩大和经济发展水平的提高,教育行业受到了各方面的重视。尤其对高等职业教育来说,近几年在教育部和财政部实施的国家示范性院校建设政策鼓舞下,高职院校以服务为宗旨、以就业为导向,开展工学结合与校企合作,进行了较大范围的专业建设和课程改革,涌现出一批示范专业和精品课程。高职教育在为区域经济建设服务的前提下,逐步加大校内生产性实训比例,引入企业参与教学过程和质量评价。在这种开放式人才培养模式下,教学以育人为目标,以掌握知识和技能为根本,克服了以学科体系进行教学的缺点和不足,为学生的顶岗实习和顺利就业创造了条件。

在高职教育新的教学模式下,各院校不断对专业建设和课程设置进行改革,教学改革的成果最终要反映在教学过程中,其中主要的体现形式为教材创新。电子工业出版社作为职业教育教材出版大社,具有优秀的编辑人才队伍和丰富的职业教育教材出版经验,有义务、有能力与广大的高职院校密切合作,参与创新职业教育的新方法,共同出版反映最新教学改革成果的新教材,为培养符合当今社会需要的、合格的职业技能人才而努力。

近期由我们组织策划和编辑出版的“全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列”,主要具有以下几个特点。

(1) 本系列教材的课程研究专家和作者主要来自于教育部和各省市评审通过的多所示范院校。他们对教育部倡导的职业教育教学改革精神理解得透彻准确,并且具有多年的职业教育教学经验以及工学结合、校企合作经验,能够准确地对职业教育相关专业的知识点和技能点进行横向与纵向设计,能够把握创新型教材的出版方向。

(2) 本系列教材的编写以多所示范院校的课程改革成果为基础,体现重点突出、实用为主、够用为度的原则,采用项目驱动的教学方式。学习任务主要以本行业工作岗位群中的典型实例经提炼后进行设置,项目实例较多,应用范围较广,图片数量较大,还引入了一些经验性的公式、表格等,文字叙述浅显易懂。增强了教学过程的互动性与趣味性,对全国许多职业教育院校具有较大的适用性,同时对企业技术人员具有可参考性。

(3) 根据职业教育的特点,本系列教材在全国独创性地提出“职业导航、教学导航、知识分布网络、知识梳理与总结”及“封面重点知识”等内容,有利于老师选择合适的教材并有重点地开展教学过程,也有利于学生了解该教材相关的职业特点和对教材内容进行高效率的学习与总结。

(4) 根据每门课程的内容特点,为方便教学过程我们为教材配备相应的电子教学课件、习题答案与指导、教学素材资源、程序源代码、教学网站支持等立体化教学资源,各位老师在华信教育资源网(www.huaxin.edu.cn或www.hxedu.com.cn)注册后可直接下载。

这套新型教材得到了许多高职院校老师的支持和欢迎,为了使职业教育能够更好地为区域经济和企业服务,我们热忱欢迎各位职教专家和老师提出意见或建议,如果您有新教材的编写思路请与我们联系(邮箱:chenjd@phei.com.cn,电话:010-88254585),共同为我国的职业教育发展尽自己的责任与义务!

电子工业出版社高等职业教育分社

前 言



以单片机为主的微控制器相关课程是电子信息类专业学生的重要专业核心课程，也是工科专业的必修课程之一。通过学习本课程，学生可以掌握以单片机为代表的微控制器的芯片选择、硬件系统构建及软件应用程序编制与调试的相关知识与技能，提高学生的相关职业能力和创新能力，培养学生的团队协作精神，提升学生针对实际问题进行电子设计制作的能力。本课程也是进一步学习小型智能电子产品开发、嵌入式产品分析调试等课程的基础，同时也是学生参加全国各级电子制作大赛或电子设计大赛的专业基础课。

作者在多年从事单片机教学与校企合作实践过程中，深感单片机技术对高职高专相关专业学生的重要性。尤其是在当前新的职业教育教学改革形势下，编写一本通俗易懂、深入浅出，符合高职高专院校教学规律和初学者认识规律的单片机教材已成为当务之急。

本书内容按照电子信息类专业学生的就业核心竞争能力要求，依据电子产品生产企业工作岗位及职业能力分析，并结合全国各级电子制作大赛和电子设计大赛的培训经验进行设置。其总体设计思路是：打破原有课程体系的束缚，根据相应岗位所要培养学生的职业素质和技能，根据理论和实践相统一的特点，把整个课程分为 10 个项目任务，每个项目任务涵盖微控制器相关的知识与技能，其内容和难度各不同。并根据不同的项目任务采取多种教学方法和教学手段，提高学生学习的主动性和积极性。

在项目任务内容设计过程中，首先通过一个项目任务认识了解单片机的基本概念、分类、发展以及软硬件系统等基本情况，为后续的学习搭建一个基础知识平台；后续的各项任务则在此基础上，围绕常见智能电子产品的不同功能模块的设计与调试进行展开。内容的选择上体现由浅入深、由简单到复杂、由局部到系统的递进式提升，按照工作任务所涉及的知识、技能安排教学，通过教、学、练一体化的教学模式，使学生系统地掌握单片机原理与开发应用的相关知识和职业技能。做到学有所用、理论学习与实践技能训练密切配合，避免了学习的盲目性，又可锻炼学生的团队合作能力，提高学生学习的积极性，有助于增强学生的综合素质。

本教材由浙江机电职业技术学院曹昕鹭老师编著，编写项目 4、项目 5、项目 7、项目 9 和项目 10，参加编写的还有：倪勇副教授编写项目 1，王芳副教授编写项目 2、项目 3，浙江理工大学韩珏老师编写项目 6、项目 8，杭州海格通信科技有限公司周明政工程师在本书的编写中提供了大量的企业设计开发案例，全书由浙江机电职业技术学院鲍小南副教授进行了详

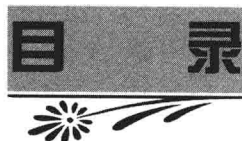
细审阅，并提出很多宝贵意见和建议，在此深表感谢！

由于时间紧张和作者水平有限，缺点错误在所难免，恳请读者批评指正！

为了方便教师教学及学生学习，本书配有免费的电子教学课件、习题参考答案，请有需要的教师及学生登录华信教育资源网 (<http://www.hxedu.com.cn>) 免费注册后再进行下载，有问题时请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系 (E-mail:hxedu@phei.com.cn)。

编者





项目 1 初识微控制器	1
教学导航	1
1.1 微控制器的概念、特点与发展	2
1.2 单片机的硬软件系统及种类	3
1.2.1 单片机的硬件系统	3
1.2.2 单片机的软件系统	4
1.2.3 单片机的分类与选择	5
1.3 单片机开发工具	6
1.3.1 编程器	6
1.3.2 仿真器	7
1.3.3 单片机学习板	7
1.4 计算机数的运算基础	8
1.4.1 进位计数制及相互转换	8
1.4.2 计算机中数和字符的表示	11
项目实施 1: 认识单片机	14
思考与练习 1	15
项目 2 MCS-51 单片机最小系统的设计与制作	16
教学导航	16
2.1 MCS-51 单片机的内部组成	17
2.2 MCS-51 系列单片机典型芯片的外部引脚功能	18
2.3 CPU 的时钟电路和时序定时单位	21
2.3.1 时钟电路	21
2.3.2 时序定时单位	22
项目实施 2: 搭建一个单片机最小应用系统	23
思考与练习 2	24
项目 3 8051 单片机内部存储器的读写与调试	25
教学导航	25
3.1 8051 单片机的存储器结构	26
3.1.1 存储器的概念和分类	26
3.1.2 8051 单片机存储器的组织结构	27
3.1.3 8051 内部数据存储器——内部 RAM	29
3.1.4 8051 内部程序存储器——内部 ROM	32

3.2 单片机控制系统软件开发知识(1)	33
3.2.1 指令系统的概念与分类	33
3.2.2 指令格式及指令符号	34
3.2.3 寻址方式	36
3.2.4 数据传送类指令	39
3.2.5 算法与结构化程序设计	44
3.3 WAVE 仿真开发软件的应用	45
项目实施 3: 使用仿真开发软件对内部 RAM 和 ROM 进行读写检测	46
思考与练习 3	47
项目 4 跑马灯的设计与调试	48
教学导航	48
4.1 发光二极管基础	49
4.2 单片机并行输入/输出口	49
4.2.1 P0 口	49
4.2.2 P1 口	51
4.2.3 P2 口	51
4.2.4 P3 口	51
4.3 单片机控制系统软件开发知识(2)	52
4.3.1 程序状态字专用寄存器——PSW	52
4.3.2 寻址方式	53
4.3.3 位操作指令——SETB、CLR、CPL	54
4.3.4 逻辑运算及循环移位指令	55
4.3.5 条件转移指令——减 1 循环指令 DJNZ	59
4.3.6 程序基本结构——循环结构	59
4.3.7 延时子程序设计	60
项目实施 4: 分步实现 LED 跑马灯	61
思考与练习 4	62
项目 5 调频脉冲发生器的设计与调试	64
教学导航	64
5.1 单片机中断系统	65
5.1.1 中断基本概念	65
5.1.2 8051 单片机中断系统	67
5.1.3 8051 单片机的中断控制专用寄存器——IE、IP、SP	70
5.1.4 8051 单片机的中断响应过程	72
5.2 单片机控制系统软件开发知识(3)	76
5.2.1 无条件转移指令——LJMP、AJMP、SJMP	76
5.2.2 调用和返回指令——LCALL、ACALL、RET、RETI	77
5.2.3 堆栈操作指令——PUSH、POP	79
5.2.4 算术运算指令	81

5.2.5 外部中断子程序的编写	89
项目实施 5: 简单调频脉冲发生器的硬件与软件设计	94
思考与练习 5	96
项目 6 音乐发生器的设计与调试	98
教学导航	98
6.1 定时器/计数器	99
6.1.1 单片机的计数与定时功能	99
6.1.2 定时器/计数器基本结构	99
6.1.3 定时器/计数器寄存器——TMOD、TCON	100
6.1.4 定时器/计数器寄存器工作方式	101
6.2 基于单片机的音频脉冲和音乐节拍的实现	105
6.2.1 音频脉冲的产生	105
6.2.2 音乐节拍的产生	106
6.3 单片机控制系统软件开发知识 (4)	106
6.3.1 位条件转移指令——JB、JNB、JBC	106
6.3.2 定时器/计数器应用举例	107
项目实施 6: 简单音乐发生器的硬件与软件设计	109
思考与练习 6	110
项目 7 交通灯控制系统的设计与调试	112
教学导航	112
7.1 8051 单片机系统扩展	113
7.1.1 系统扩展的原因及一般方法	113
7.1.2 8051 单片机系统扩展的实现	114
7.2 单片机并行 I/O 口扩展	115
7.2.1 51 单片机内部并行 I/O 口及其作用	115
7.2.2 简单 I/O 口扩展	116
7.2.3 8155 可编程 I/O 扩展	118
7.3 单片机控制系统软件开发知识 (5)	124
7.3.1 片外 RAM 数据传送指令——MOVX	124
7.3.2 8155 应用举例	125
项目实施 7: 十字路口交通灯控制系统的硬件与软件设计	126
思考与练习 7	131
项目 8 温度检测系统的设计与调试	132
教学导航	132
8.1 温度测量方法和温度传感器	133
8.1.1 温度测量方法	133
8.1.2 温度传感器	133
8.2 单片机外部存储器扩展	135
8.2.1 单片机访问外部程序存储器基本时序	135

8.2.2	单片机访问外部数据存储器时序	135
8.2.3	程序存储器的扩展	136
8.2.4	数据存储器的扩展	138
8.3	单片机与模数(A/D)转换器的接口与应用	139
8.3.1	A/D转换器的常用类型	139
8.3.2	典型A/D转换芯片ADC0809	140
8.4	LED显示器接口电路及显示程序	143
8.4.1	LED显示器工作原理	143
8.4.2	LED显示器与单片机的接口电路	144
8.4.3	显示程序的设计	145
8.5	单片机控制系统软件开发知识(6)	146
8.5.1	条件转移指令——CJNE、JC、JNC	146
8.5.2	程序基本结构——分支结构	147
项目实施 8:	温度实时检测显示系统的硬件与软件设计	149
思考与练习 8		150
项目 9	直流电机调速驱动系统的设计与调试	151
教学导航		151
9.1	直流电机的控制与驱动电路	152
9.2	单片机与数模(D/A)转换器的接口与应用	152
项目实施 9:	直流电机调速驱动系统的硬件与软件设计	157
思考与练习 9		159
项目 10	智能空调控制系统的设计与调试	160
教学导航		160
10.1	8051单片机的异步串行通信技术	161
10.1.1	串行通信的概念	161
10.1.2	8051串行通信控制专用寄存器——SBUF、SCON	162
10.1.3	8051单片机串行通信工作方式及应用	164
10.1.4	多机通信原理	171
10.2	单片机键盘接口技术	172
10.2.1	键盘工作原理	172
10.2.2	独立式按键	173
10.2.3	行列式键盘	176
项目实施 10:	智能空调控制系统的硬件与软件设计	179
思考与练习 10		183
附录 A	单片机编程开发仿真软件 WAVE6000 的使用	184
附录 B	C51语言与集成开发系统软件的使用	192
附录 C	MCS-51指令表	202
参考文献		206



项目 1

初识微控制器

教学导航

项目目标 教学任务	通过此项目的学习,引导学生对以单片机为代表的微控制器的基本概念、发展历史、现状与趋势有所了解,了解单片机硬软件系统及种类,了解单片机开发工具及应用领域,掌握计算机数的运算基础,能认识并运用各种单片机开发工具
活动设计	1. 介绍单片机概念和应用,引导学生查阅书籍或上网搜集单片机的相关信息,并可分组互相介绍 2. 讲解计算机数的运算基础相关知识 3. 介绍单片机开发工具、开发软件,指导学生尝试使用各种开发工具 4. 检查与评价
建议学时	2~4 学时
关键理论知识	1. 单片机相关概念 2. 单片机硬软件系统及种类 3. 计算机数的运算基础
关键技能	1. 熟悉并识别常用单片机开发工具 2. 识别常用的 51 系列单片机芯片型号



项目资讯

以单片机为代表的微控制器发展迅速,在我们的生活当中应用广泛。在本项目的任务要求中,我们要应用单片机进行相关的实验操作。这就要求我们了解单片机的内部结构,认识硬件系统的组成部分,掌握功能芯片的外观、型号等信息,学会单片机开发工具的使用方法,能够进行计算机数之间的运算和转换。

1.1 微控制器的概念、特点与发展

随着微电子技术的不断发展,计算机技术也得到迅速发展,并且由于芯片的集成度的提高而使计算机微型化,出现了单片微型计算机(Single Chip Microcomputer),简称单片机,也可称为微控制器 MCU(Micro Controller Unit)。单片机,即集成在一块芯片上的计算机,集成了中央处理器 CPU(Central Processing Unit)、随机存储器 RAM(Random Access Memory)、只读存储器(Read Only Memory)、定时器/计数器以及 I/O 接口电路等主要计算机部件。

单片机具有功能强、体积小、成本低、功耗小、配置灵活等特点,使其在工业控制、智能仪表、技术改造、通信系统、信号处理等领域以及家用电器、高级玩具、办公自动化设备等方面均得到应用。

随着大规模、超大规模集成电路技术的发展,单片机内还可以包含模/数(A/D)转换器、数/模(D/A)转换器、高速输入/输出部件、直接存储器访问通道(DMA 通道)、脉宽调制电路(PWM)、看门狗定时器(WDT)、浮点运算等新的特殊功能部件,从而构成一个小而完善的计算机系统。

由于单片机的结构和指令功能都是按照工业控制要求设计的,特别适合于工业控制及与控制有关的数据处理场合,国际上已经将其正式命名为微控制器(Micro Controller Unit, MCU),单片机是其习惯称呼。

从 1976 年 9 月 Intel 公司推出 MCS-48 系列单片机以来,世界上的一些著名的器件公司都

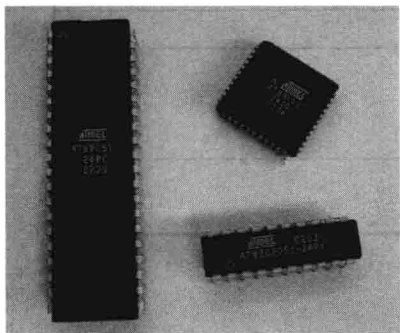


图 1.1 AT89 系列单片机芯片实物

纷纷推出各自系列的单片机产品。主要有 Intel 公司的 MCS-48、51、96 系列单片机;Motorola 公司的 MC6801、6805 系列单片机;ZiLOG 公司的 Z8 系列单片机;近年有 Atmel 公司的 AT89 系列单片机和 Microchip 公司的 PIC 系列单片机等。各种系列的单片机由于其内部功能、单元组成及指令系统的不尽相同,形成了各具特色的系列产品。其中 Intel 公司生产的 MCS 系列单片机目前仍占市场主导地位。如图 1.1 所示为 Atmel 公司生产的 AT89 系列单片机的实物图。

单片机作为微型计算机的一个分支,同样具有快速、精确、记忆功能和逻辑判断能力强等特点,而且在硬件结构和指令设置上也具有其独到之处,主要特点有:



(1) 体积小, 重量轻; 价格低, 功能强; 电源单一, 功耗低; 可靠性高, 抗干扰能力强。这是单片机得到迅速普及和发展的主要原因。同时由于它的功耗低, 后期投入成本也大大降低。

(2) 使用方便灵活、通用性强。由于单片机本身就构成一个最小系统, 只要根据不同的控制对象进行相应的改变即可, 因而它具有很强的通用性。

(3) 目前大多数单片机采用哈佛(Harvard)结构体系。单片机的数据存储器空间和程序存储器空间相互独立。单片机主要面向测控对象, 通常有大量的控制程序和比较少的随机数据。为了将程序和数据分开, 单片机使用较大容量的程序存储器来固化程序代码, 使用较小容量的数据存储器来存取随机数据。程序在只读存储器 ROM 中运行, 不易受外界侵害, 可靠性高。

(4) 突出控制功能的指令系统。单片机的指令系统中有大量的单字节指令, 可以提高指令运行速度和操作效率; 有丰富的位操作指令, 满足了对开关量控制的要求; 有丰富的转移指令, 包括无条件转移指令和条件转移指令。

(5) 较低的处理速度和较小的存储容量。因为单片机是一种小而全的微型机系统, 它是牺牲运算速度和存储容量来换取其体积小、功耗低等特色的。

目前, 单片机正朝着高性能和多品种方向发展, 将进一步向着低功耗、小体积、大容量、高性能、低价格和外围电路内装化等几个方面发展。单片机的主要发展趋势如表 1.1 所示。

表 1.1 单片机主要发展趋势

发展趋势	特 点
低功耗化	单片机的功耗已从 mA 级降到 μA 级, 工作电压在 3~6V 之间, 完全适应电池工作。低功耗化使产品功耗更低、可靠性更高、抗干扰能力更强、便携性更好
低电压化	允许使用的电压范围越来越宽, 一般在 3~6V 范围内工作。低电压供电的单片机电源下限已可达 1~2V, 目前 0.8V 供电的单片机已经问世
高性能化	高性能化主要是指进一步改进 CPU 的性能, 加快指令运算的速度, 提高系统控制的可靠性。采用精简指令集(RISC)结构和流水线技术, 可以大幅度提高运行速度。现指令速度最高已达 100 MIPS (Million Instruction Per Second, 即兆指令每秒), 并加强了位处理功能、中断和定时控制功能。这类单片机的运算速度比标准的单片机高出 10 倍以上。由于这类单片机有极高的指令速度, 可以用软件模拟其 I/O 功能, 由此引入了虚拟外设的概念
低价格化	各单片机厂商除了不断提高单片机性能外, 也十分注意价格竞争。一些民用的单片机价格越来越低
多功能化	单片机正朝着片上系统(SoC)级方向发展。随着集成度的不断提高, 各种外围功能器件都集成在片内。除了必须具有的 CPU、ROM、RAM、定时器/计数器以外, 片内集成的部件还有模/数转换器、DMA 控制器、声音发生器、监视定时器 WDT、液晶显示驱动器、彩色电视机和录像机用的锁相电路等

1.2 单片机的硬软件系统及种类

1.2.1 单片机的硬件系统

单片机的硬件系统包含 5 个基本组成部分, 即运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备。其基本组成与通用微型计算机是一样的, 但在硬件结构上单片机也有着自己独特之处。



1) 存储器 ROM 和 RAM 是严格分工的

ROM 用做程序存储器，只存放应用程序和常数表格；而 RAM 用做数据存储器，存放临时的中间结果、数据和变量（这样的存储器结构称为哈佛结构）。这样的设计方案使单片机更适用于实时控制系统：配置几 KB 到几十 KB 的程序存储空间 ROM，将已调试好的程序固化其中，不仅掉电时程序不丢失，还可避免程序被修改和破坏，从而确保了程序的安全。实时控制场合一般仅需容量较小的 RAM，用于存放少量随机数据，这样有利于提高单片机的操作速度。

2) 输入/输出 (I/O) 端口引脚通常设计有多种功能

为了减小单片机的体积，芯片封装的引脚数受到限制。为了解决 I/O 引脚数量少而实际需要信号功能种类多的矛盾，可以将一个引脚分时复用。应用设计时，使用多功能引脚的哪一种功能，可由用户根据需要确定。

3) 单片机的硬件功能具有广泛的通用性

同一种单片机可以应用在不同的控制系统中，只是其中所配置的软件不同而已。也就是说，给单片机固化上不同的软件，便可形成用途不同的专用智能芯片，这种芯片称为固件。

1.2.2 单片机的软件系统

硬件系统作为实体为单片机工作提供了基础和条件，但要想使单片机有效地工作，还必须有软件的配合。所谓软件，是指完成各种功能的计算机程序的集合，如操作、监控、管理、控制、计算和自诊断程序等。

一般来说，计算机的软件系统包括系统软件、应用软件和程序设计语言 3 个部分。单片机由于硬件支持和需要所限，其软件系统比较简单。

1) 监控程序

单片机的系统管理不需要像微型计算机那样复杂的操作系统。8051 单片机的系统管理只使用简单的监控程序。

2) 集成开发系统

单片机集成开发系统软件是指用来在计算机上编写、汇编、仿真、调试单片机应用程序的软件。目前用得比较多的有 WAVE 公司的 WAVE6000、Keil 公司的 Keil C51 以及万利公司的 MedWin 等，本书选用 WAVE6000 作为集成开发环境。系统软件一般不需要用户自己设计，它只是开发应用软件的工具。

3) 应用软件

应用软件是面向生产过程的程序，大都由用户自己根据实际需要进行开发。如 A/D 转换程序、D/A 转换程序、数据采样程序、数据滤波程序、键盘处理程序、显示程序和过程控制程序等。



4) 程序设计语言

早期的单片机中通常使用汇编语言,单片机并没有自己专用的汇编程序,用户的应用程序是在其他微型计算机上通过交叉汇编的方法得到的二进制目标码。由于C语言使用的方便性和广泛性,在单片机的开发应用中,除了使用汇编语言外,也逐渐引入了C语言。早在1985年便出现了适用于8051单片机的C语言,简称C51。本书为使读者更加透彻地了解单片机的工作原理,以汇编语言为主来讲解单片机应用程序的开发。

1.2.3 单片机的分类与选择

本小节主要介绍目前主流的单片机厂商生产的几种使用比较广泛、有代表性的单片机芯片。

1) Motorola 单片机

Motorola 是世界上最大的单片机厂商。从M6800开始,开发了大量的品种,涉及4位、8位、16位、32位单片机。其中典型的产品有:M6805和M68HC05系列(8位)、M68HC11和M68HC12(8位增强型)、M68HC16(16位)、M683××(32位)。Motorola单片机在同样的速度下所用的时钟频率较Intel类单片机低得多,因而使得高频噪声低、抗干扰能力强,更适用于工控领域及恶劣的环境。

2) AVR 单片机

Atmel公司的AVR单片机是增强型RISC内载Flash(闪存)的单片机,芯片上的Flash存储器附在用户的产品中,可随时编程、再编程,使用户的产品设计容易,更新换代方便。AVR单片机采用增强的RISC结构,具有高速处理能力,在一个时钟周期内可执行复杂的指令,1MHz可达到1MIPS的处理能力。AVR单片机工作电压范围为2.7~6.0V,可以实现耗电最优化。AVR单片机广泛应用于计算机外部设备、工业实时控制、仪器仪表、通信设备、家用电器和宇航设备等领域。

另外,Atmel公司的AT89系列单片机(简称89系列单片机)是目前使用比较广泛的一种单片机。该系列单片机与51系列单片机完全兼容,内部含有大容量的Flash存储器,在便携式商品、手提式仪器等方面有着十分广泛的应用。

3) MicroChip 单片机

MicroChip单片机的主要产品是PIC16C系列和PIC17C系列8位单片机,采用RISC结构和Harvard双总线结构、运行速度快、工作电压低、功耗低、有较大的输入/输出直接驱动能力、价格低、一次性编程、体积小。适用于用量大、档次低、价格敏感的产品。在办公自动化设备、消费电子产品、智能仪器仪表、汽车电子、金融电子和工业控制等领域都有广泛的应用。PIC系列单片机在世界单片机市场份额排名中逐年提高,发展非常迅速。

4) Philips 单片机

Philips公司是国际上生产51兼容单片机种类最多的厂家之一。Philips公司的单片机都属于51系列兼容的单片机,型号有上百种。其8位机的主要产品型号有P80C××、P87C××和P89C××系列。16位机的主要产品型号有PXAC××、PXAG××和PXAS××等。常用



的 51 系列单片机如表 1.2 所示。

表 1.2 常用的 51 系列单片机

公司	品 名	配置情况
Intel	80/87C51BH	MCS-51 CMOS 单片 8 位微控制器, 32 条 I/O 引线, 2 个定时/计数器, 5 个中断源, 2 个优先级, 4KB ROM, 128B 片内 RAM
	8031	MCS-51 CMOS 单片 8 位微控制器, 32 条 I/O 引线, 2 个定时/计数器, 5 个中断源, 2 个优先级, 128B 片内 RAM
	8051AH	MCS-51 CMOS 单片 8 位微控制器, 32 条 I/O 引线, 2 个定时/计数器, 5 个中断源, 2 个优先级, 4KB ROM, 256B 片内 RAM
	8052AH	MCS-51 CMOS 单片 8 位微控制器, 32 条 I/O 引线, 3 个定时/计数器, 6 个中断源, 4 个优先级, 8KB ROM, 256B 片内 RAM
Philips	87C32	基于 8051 CMOS 控制器, 32 条 I/O 引线, 3 个定时/计数器, 7 个中断源, 4 个优先级, 无片内 ROM, 256B 片内 RAM
	80C562	基于 8051 CMOS 控制器, 8 位 A/D, PWM, 48 条 I/O 引线, 3 个定时/计数器, 14 个中断源, 4 个优先级, 无片内 ROM, 256B 片内 RAM
	80CE588	8 路 10 位 A/D, PWM, 高速 I/O, 双 DPTR, 40 条 I/O 引线, 3 个定时/计数器, 15 个中断源, 4 个优先级, PLL(32kHz), 片内 RAM: 256B 片内 RAM+ 1024B 附加的 AUX RAM
	87C91	基于 8051 CMOS 控制器, 片内 CAN (SJA1000 CAN), 10 位 ADC, WDT, 32 条 I/O 引线, 3 个定时/计数器, 15 个中断源, 4 个优先级, I ² C 总线, 16KB EPROM, 片内 RAM: 256B 片内 RAM+256B 附加的 AUX RAM
Atmel	89C51	基于 8051 全兼容 CMOS 控制器, 3 级程序存储器加密, 32 条 I/O 引线, 2 个定时/计数器, 6 个中断源, 4KB Flash 存储器, 256B 片内 RAM
	89C2051	基于 8051 全兼容 CMOS 控制器, 2 级程序存储器加密, 15 条 I/O 引线, 2 个定时/计数器, 6 个中断源, 2KB Flash 存储器, 128B 片内 RAM
	89C52	基于 8051 全兼容 CMOS 控制器, 3 级程序存储器加密, 32 条 I/O 引线, 3 个定时/计数器, 8 个中断源, 8KB Flash 存储器, 256B 片内 RAM
	89S51	基于 8051 全兼容 CMOS 控制器, 3 级程序存储器加密, 32 条 I/O 引线, 2 个定时/计数器, 6 个中断源, 4KB Flash 存储器, 256B 片内 RAM, 可编程看门狗定时器, 电源关断标志, SPI 串行口, ISP

1.3 单片机开发工具

为了让单片机系统的开发更方便、更有效率, 人们研制出一系列的开发工具 (Development Tool), 主要有编程器、仿真器、可下载程序、具有仿真功能的单片机学习板以及具有实模式 (非仿真) 的单片机控制板等。

1.3.1 编程器

编程器是用来将用户编好的程序烧写到单片机内的一个设备。用集成开发系统软件 (如 Keil C51 或 WAVE6000) 编写并生成单片机目标代码后, 需要用编程器将目标代码 (即扩展



名为 HEX 的可执行文件) 烧写到单片机中。编程器是一个硬件设备, 上面有单片机插座及与计算机的连线等。如图 1.2 所示为 ISP 编程器的实物图。

编程器按功能可分为单一型和万能型两种。单一型编程器只能对单一系列的某些型号的单片机芯片进行写入操作; 万能型编程器能对多系列的多种型号的单片机芯片进行写入操作。前者结构简单、价格便宜, 适合初学者使用; 后者功能强大, 但价格较高。

1.3.2 仿真器

用户通过仿真器以及配套的计算机软件, 可以对编写好的程序进行调试。一般仿真器都具有设置断点运行、单步运行、查看 RAM 数据、查看各特殊功能寄存器状态等功能, 可方便用户查找程序中存在的问题, 加快开发的速度。如图 1.3 所示为 WAVE V8 系列在线实时仿真器实物图。

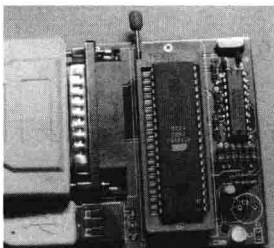


图 1.2 ISP 编程器

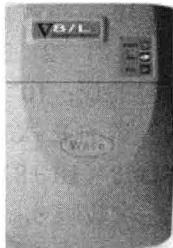


图 1.3 WAVE V8 仿真器

1.3.3 单片机学习板

市面上最常见的单片机学习板, 如图 1.4 所示, 一般会有一个监控程序(Monitor Program)。它平常执行系统的监控程序, 让用户可以很容易从 RS-232 (一种串行通信接口标准) 通信端口下载所设计的应用程序。当收到特别指令时, 再由监控程序切换到用户程序, 最后返回系统的监控程序。

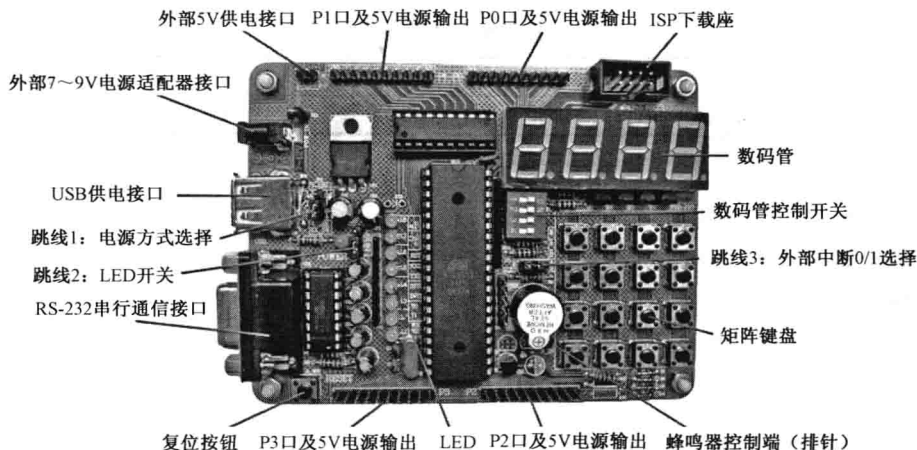


图 1.4 常用单片机学习板