



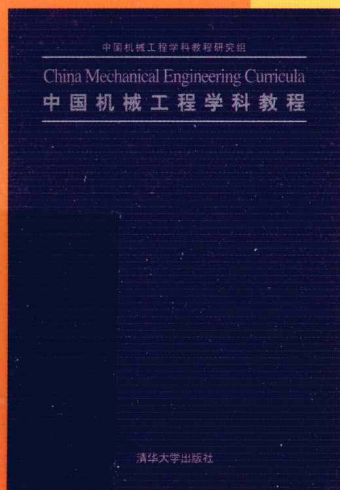
普通高等教育“十二五”规划教材

中国机械工程学科教程配套系列教材

教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会推荐教材

单片机原理及应用教程

张元良 主编



清华大学出版社



普通高等教育“十二五”规划教材

中国机械工程学科教程配套系列教材

教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会推荐教材

单片机原理及应用教程

张元良 主编

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书系统地介绍了 MCS-51 系列单片机的结构、指令系统、程序设计、中断系统、定时器/计数器、串行口、系统扩展及实用 I/O 接口技术等基本原理及初步应用;还介绍了几种常用单片机开发应用软件(Keil、Protel 99SE、Proteus),以利于读者边学习边实践;并且介绍了单片机开发流程及典型应用实例。书中配有丰富的实例详解及习题。

本书可作为大中专院校单片机原理及应用课程的教材,或作为单片机爱好者的自学用书,也可作为单片机应用开发技术人员、智能仪表开发技术人员及研究生的设计参考用书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用教程/张元良主编. —北京:清华大学出版社, 2011.2

(中国机械工程学科教程配套系列教材 教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会推荐教材)

ISBN 978-7-302-24555-1

I. ①单… II. ①张… III. ①单片微型计算机—高等学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 009266 号

责任编辑:庄红权 洪 英

责任校对:赵丽敏

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印 张:15.5

字 数:370 千字

版 次:2011 年 2 月第 1 版

印 次:2011 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:25.00 元

产品编号:037017-01

中国机械工程学科教程配套系列教材暨教育部高等学校
机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会推荐教材

编 委 会

顾 问
李培根院士

主任委员
陈关龙 吴昌林

副主任委员
许明恒 于晓红 李郝林 李 旦 郭钟宁

编 委(按姓氏首字母排列)
韩建海 李理光 李尚平 潘柏松 芮执元
许映秋 袁军堂 张 慧 张有忱 左健民

秘 书
庄红权

丛书序言

PREFACE

我曾提出过高等工程教育边界再设计的想法,这个想法源于社会的反应。常听到工业界人士提出这样的话题:大学能否为他们进行人才的订单式培养。这种要求看似简单、直白,却反映了当前学校人才培养工作的一种尴尬:大学培养的人才还不是很适应企业的需求,或者说毕业生的知识结构还难以很快适应企业的工作。

当今世界,科技发展日新月异,业界需求千变万化。为了适应工业界和人才市场的这种需求,也即是适应科技发展的需求,工程教学应该适时地进行某些调整或变化。一个专业的知识体系、一门课程的教学内容都需要不断变化,此乃客观规律。我所主张的边界再设计即是这种调整或变化的体现。边界再设计的内涵之一即是课程体系及课程内容边界的再设计。

技术的快速进步,使得企业的工作内容有了很大变化。如从 20 世纪 90 年代以来,信息技术相继成为很多企业进一步发展的瓶颈,因此不少企业纷纷把信息化作为一项具有战略意义的工作。但是业界人士很快发现,在毕业生中很难找到这样的专门人才。计算机专业的学生并不熟悉企业信息化的内容、流程等,管理专业的学生不熟悉信息技术,工程专业的学生可能既不熟悉管理,也不熟悉信息技术。我们不难发现,制造业信息化其实就处在某些专业的边缘地带。那么对那些专业而言,其课程体系的边界是否要变?某些课程内容的边界是否有可能变?目前不少课程的内容不仅未跟上科学研究的发展,也未跟上技术的实际应用。极端情况甚至存在有些地方个别课程还在讲授已多年弃之不用的技术。若课程内容滞后于新技术的实际应用好多年,则是高等工程教育的落后甚至是悲哀。

课程体系的边界在哪里?某一门课程内容的边界又在哪里?这些实际上是业界或人才市场对高等工程教育提出的我们必须面对的问题。因此可以说,真正驱动工程教育边界再设计的是业界或人才市场,当然更重要的是大学如何主动响应业界的驱动。

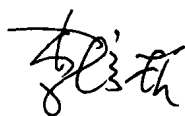
当然,教育理想和社会需求是有矛盾的,对通才和专才的需求是有矛盾的。高等学校既不能丧失教育理想、丧失自己应有的价值观,又不能无视社会需求。明智的学校或教师都应该而且能够通过合适的边界再设计找到适合自己的平衡点。

我认为,长期以来,我们的高等教育其实是“以教师为中心”的。几乎所有的教育活动都是由教师设计或制定的。然而,更好的教育应该是“以学生

为中心”的,即充分挖掘、启发学生的潜能。尽管教材的编写完全是由教师完成的,但是真正好的教材需要教师在编写时常怀“以学生为中心”的教育理念。如此,方得以产生真正的“精品教材”。

教育部高等学校机械设计制造及其自动化专业教学指导分委员会、中国机械工程学会与清华大学出版社合作编写、出版了《中国机械工程学科教程》,规划机械专业乃至相关课程的内容。但是“教程”绝不应该成为教师们编写教材的束缚。从适应科技和教育发展的需求而言,这项工作应该不是一时的,而是长期的,不是静止的,而是动态的。《中国机械工程学科教程》只是提供一个平台。我很高兴地看到,已经有多位教授努力地进行了探索,推出了新的、有创新思维的教材。希望有志于此的人们更多地利用这个平台,持续、有效地展开专业的、课程的边界再设计,使得我们的教学内容总能跟上技术的发展,使得我们培养的人才更能为社会所认可,为业界所欢迎。

是以为序。



2009年7月

前言

FOREWORD

由于单片机具有体积小、功能强、集成度高、可靠性高、性价比高等优点,广泛应用于工业测控、家用电器、智能仪表、机器人、办公设备以及各种现代通信设备和产品中。尽管 16 位和 32 位单片机功能更加强大,但 8 位单片机仍是主流产品,这主要是因为 8 位单片机技术成熟,性能得到很大的改良,具有更多的外围器件,并且成本极具竞争性。同时 8 位单片机可以作为学习 16 位单片机和 32 位单片机的基础,掌握了 8 位单片机的原理及应用技术,再学习 16 位和 32 位单片机会更容易。

单片机的典型代表是 Intel 公司生产的 MCS-51 系列单片机。本书以 MCS-51 系列单片机为基础,系统介绍单片机的基本结构、组成原理、指令系统、接口技术及应用。

全书共 12 章。第 1 章概述了单片机的基础知识以后,介绍了 3 种实用软件:Keil、Protel 99SE 及 Proteus;第 2 章介绍 MCS-51 系列单片机的内部结构、时序及单片机的最小系统;第 3 章介绍 MCS-51 系列单片机的指令系统,每一类型指令系统后都有实例解析,帮助学生加深对 51 系列单片机程序指令的理解;第 4 章通过实例介绍单片机汇编语言程序设计的流程和方法;第 5~7 章分别介绍单片机中断系统、定时器/计数器及串行口的结构与工作原理,每章都有非常简单、实用、完整的实例解析,详细解析电路原理图的设计、程序的编写以及仿真软件的应用,学生可以实际操作一遍,就相当于完成了一个完整的工程实际设计的仿真调试,从而了解单片机实际开发流程;第 8 章通过实例介绍单片机系统扩展及实用接口技术;第 9 章系统地介绍单片机开发流程;第 10~12 章介绍了 3 个完整的工程实例。

本书前几章的实例是非常简单的 LED 或数码管驱动电路和程序,后几章的实例是为学有余力的学生准备的。学生可以用仿真软件 Keil 检查自己的作业,也可以对书中介绍的实例进行仿真调试。Proteus 软件可以对书中介绍的实例或学生自己的小设计进行软、硬件综合仿真。书中的实例多选用 AT89C51 或 AT89S51,这两种单片机都是 MCS-51 系列兼容机,引脚和指令系统完全兼容,因内部有 flash 存储器而得到广泛应用。

本书具有如下特点:①工程实例多。本书的实例基本都是从工程实例中简化出来的,使学生能够把学到的知识和单片机实际应用技术联系起来,

增加感性认识。②实例的完整性。本书设置了很多简单而完整的实例,旨在使学生建立整体的概念,加深对单片机原理的理解。③渐进性。本书从最简单的发光管闪亮控制实例开始,逐渐增加难度,由浅入深地引导学生学习软、硬件开发技术。④新颖性。本书在实例中尽量避免采用过时的接口芯片,而采用在市场上容易买到的、没有被淘汰的芯片。

本书内容丰富,深入浅出,适合作为单片机原理及应用课程的教材,也可以帮助自学者解决在设计 and 应用单片机时所遇到的实际问题。

本书主要由张元良编写,参加编写工作的还有崔世界、冯旭、张野、高艳、徐海洋、夏召辉、董健、朱江、周笛、周志民、李松、闫广鹏、丁兴国等,王建军对本书进行了全面的校审,在此表示感谢!

限于作者的水平和经验,书中难免存在错误和不足之处,欢迎广大读者给予指正。

作 者

2010 年 12 月

目 录

CONTENTS

第 1 章 单片机与开发环境	1
1.1 单片机概述	1
1.1.1 微型计算机	1
1.1.2 单片机	1
1.1.3 单片机应用系统	2
1.1.4 单片机的发展和应用	3
1.2 Keil 仿真软件	4
1.3 Protel 99 SE 软件	8
1.3.1 Protel 99 SE 软件安装	9
1.3.2 Protel 99 SE 软件使用	11
1.4 Proteus 仿真软件	15
1.4.1 Proteus ISIS 功能简介	16
1.4.2 绘制原理图	19
1.4.3 给 CPU 载入程序	22
1.4.4 在 Proteus 中调试程序	22
习题	23
第 2 章 MCS-51 系列单片机的硬件结构	25
2.1 单片机的内部结构	25
2.1.1 内部结构框图	25
2.1.2 引脚与功能	27
2.2 单片机的存储器结构	28
2.2.1 程序存储器	28
2.2.2 数据存储器	29
2.2.3 特殊功能寄存器	31
2.3 单片机的并行 I/O 口	35
2.3.1 I/O 口的特点	35
2.3.2 I/O 口的内部结构	35
2.3.3 I/O 口的功能	36
2.3.4 I/O 口的负载能力	37

2.4 单片机的时钟与时序	37
2.4.1 时钟电路	38
2.4.2 CPU 时序	38
2.5 单片机的复位	40
2.6 单片机最小系统	41
习题	42
第3章 MCS-51 系列单片机的指令系统	43
3.1 指令系统简介	43
3.1.1 指令格式	43
3.1.2 指令分类	44
3.2 单片机寻址方式及实例解析	45
3.3 单片机指令系统及实例解析	48
3.3.1 数据传送指令	48
3.3.2 算术指令	54
3.3.3 逻辑指令	60
3.3.4 转移指令	65
3.3.5 位操作指令	74
3.3.6 伪指令	77
习题	82
第4章 汇编语言程序设计	84
4.1 汇编语言源程序汇编	84
4.2 汇编语言的程序举例	85
4.2.1 基本程序设计	85
4.2.2 子程序设计和调用	93
4.2.3 应用控制流程设计	95
习题	97
第5章 MCS-51 系列单片机的中断系统	98
5.1 中断的概念	98
5.2 中断源	99
5.3 中断控制寄存器	99
5.4 中断的优先级	102
5.5 中断的响应	103
5.6 由中断模块程序认知中断处理过程	105
5.6.1 外部中断模块代码	105
5.6.2 定时器中断模块代码	105
5.7 通过实例掌握外部中断	106

习题	108
第 6 章 MCS-51 系列单片机的定时器/计数器	109
6.1 定时器/计数器的结构	109
6.1.1 计数功能	110
6.1.2 定时功能	110
6.2 定时器/计数器的相关寄存器	110
6.2.1 定时器/计数器的方式寄存器 TMOD	111
6.2.2 定时器/计数器的控制寄存器 TCON	112
6.2.3 中断允许寄存器 IE	113
6.2.4 中断优先级寄存器 IP	113
6.3 定时器/计数器的工作方式	113
6.4 定时器/计数器的知识扩展	117
6.4.1 定时器的溢出同步问题	117
6.4.2 运行中读取定时器/计数器	118
6.5 由定时器/计数器模块程序认知定时器/计数器处理过程	119
6.6 通过实例掌握定时器	121
6.7 通过实例掌握计数器	124
习题	125
第 7 章 MCS-51 系列单片机的串行口	126
7.1 串行通信的概念	126
7.2 MCS-51 系列单片机串行口的结构	129
7.2.1 串行口的结构	129
7.2.2 串行口控制寄存器	130
7.2.3 串行口的工作方式	131
7.2.4 串行通信的波特率	135
7.3 串行口通信	136
7.3.1 双机通信	136
7.3.2 多机通信	136
7.4 通过实例掌握串行口通信	137
7.4.1 硬件设计	137
7.4.2 软件设计	140
7.4.3 PC 机与单片机串行通信的实现	142
习题	143
第 8 章 MCS-51 系列单片机系统扩展及实用 I/O 接口技术	144
8.1 存储器的扩展	144
8.1.1 程序存储器扩展	144

8.1.2	数据存储器的扩展	145
8.1.3	存储器综合扩展	146
8.1.4	数据存储器扩展实例	148
8.2	开关量输入接口设计	151
8.2.1	键盘接口	151
8.2.2	4×4 矩阵键盘扫描实例	152
8.2.3	继电器输入接口	156
8.2.4	行程开关输入接口	156
8.2.5	光电编码器输入接口	157
8.3	开关量输出接口设计	157
8.3.1	蜂鸣器输出接口	157
8.3.2	继电器输出接口	158
8.3.3	固态继电器输出接口	158
8.3.4	LCD 接口	158
8.4	常用 A/D 转换接口设计	160
8.4.1	TLC2543 与单片机接口实例	160
8.4.2	ADC0832 与单片机接口实例	164
8.4.3	A/D 转换器应用实例	167
8.5	常用 D/A 转换接口设计	172
8.5.1	TLC5618 与单片机接口实例	172
8.5.2	MAX518 与单片机接口实例	175
	习题	178
第 9 章	MCS-51 系列单片机开发流程	179
9.1	总体方案设计	179
9.1.1	系统功能要求	179
9.1.2	硬件总体方案	179
9.1.3	软件总体方案	181
9.2	硬件和软件细分设计	181
9.2.1	硬件设计	181
9.2.2	软件设计及调试	182
9.3	系统的 Proteus 仿真和调试	183
9.3.1	利用 Proteus 绘制电路图	183
9.3.2	利用 Proteus 软件仿真	184
9.4	系统调试	186
9.4.1	单片机应用系统的一般调试方法	186
9.4.2	数码管显示系统调试	187
第 10 章	数字电子钟设计实例	189
10.1	设计要求	189

10.2	硬件设计	189
10.2.1	按键电路设计	190
10.2.2	时钟芯片 DS1302 的性能特点和工作原理	190
10.2.3	时钟芯片 DS1302 与单片机的连接	192
10.2.4	电路原理图	193
10.3	软件设计	194
10.3.1	显示子程序软件流程图	194
10.3.2	显示子程序的代码	194
10.3.3	主函数软件流程图	195
10.3.4	总的汇编语言源程序代码	195
第 11 章	LED 阵列动态显示设计实例	209
11.1	设计要求	209
11.2	硬件设计	209
11.2.1	74HC595 简介	209
11.2.2	点阵 LED 简介	212
11.2.3	Protel 电路原理图	212
11.3	软件设计	214
11.3.1	程序流程图	214
11.3.2	源程序代码	214
第 12 章	数字温度计设计实例	218
12.1	设计要求	218
12.2	硬件设计	218
12.2.1	温度芯片 DS18B20 的介绍	218
12.2.2	一线式总线的概念	220
12.2.3	硬件总体设计电路图	220
12.3	软件设计	222
12.3.1	DS18B20 子程序流程图	222
12.3.2	DS18B20 子程序代码	222
12.3.3	数码管串行方式显示子程序流程图	224
12.3.4	数码管串行方式显示子程序代码	224
12.3.5	主函数软件流程图	225
12.3.6	整体源程序代码	225
附录 A	MCS-51 系列单片机汇编指令表	229
参考文献		234

单片机与开发环境

本章主要介绍单片机的概念和组成,对单片机设计中的 Keil 软件和 Proteus 软件的使用方法进行详细的介绍,为读者在以后的设计中奠定基础。在本章中,读者主要了解单片机的概念,学习单片机设计软件的使用方法。

1.1 单片机概述

1.1.1 微型计算机

要明白什么是单片机,首先要从微型计算机的概念入手。

一般来说,微型计算机包括中央处理器(CPU)、存储器(Memory)及输入输出单元(I/O)三大部分,如图 1-1 所示。

CPU 就像是人的大脑,控制整个系统的运行。存储器存放系统运行所需要的程序及数据,包括只读存储器(ROM)和随机访问存储器(RAM)。通常 ROM 用来存储程序或永久性的数据,称为程序存储器;RAM 则用来存储程序执行时的临时数据,称为数据存储器。I/O 是微型计算机与外部沟通的通道,包括输出端口与输入端口。这三部分分别由不同的部件组成,把它们组装在电路板上即可形成一个微型计算机系统。

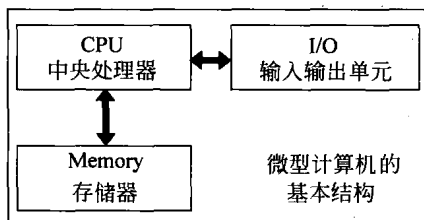


图 1-1 微型计算机的基本结构

1.1.2 单片机

单片机就是把中央处理器、存储器、输入输出端口等基本部件微型化并集成到一块芯片上的微型计算机,只要再配置几个小器件,如电阻、电容、石英晶体、连接器等,即成为完整的微型计算机系统。

图 1-2 所示为 MCS-51 系列单片机的基本组成示意图。从图 1-2 中可以看出,单片机虽然只是一个芯片,但一般计算机的基本部件它都有,因此单片机实际上就是一个简单的微型计算机。

随着单片机的发展,现在的单片机芯片中都着力扩展了各种控制功能。除集成了定时器/计数器外,有的单片机中还集成了诸如 A/D、D/A 等功能部件;有的单片机芯片内部集

成了 PWM(脉宽调制模块)、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。单片机系统的体积小、成本低、可靠度高,是目前微型计算机控制系统的主流产品。

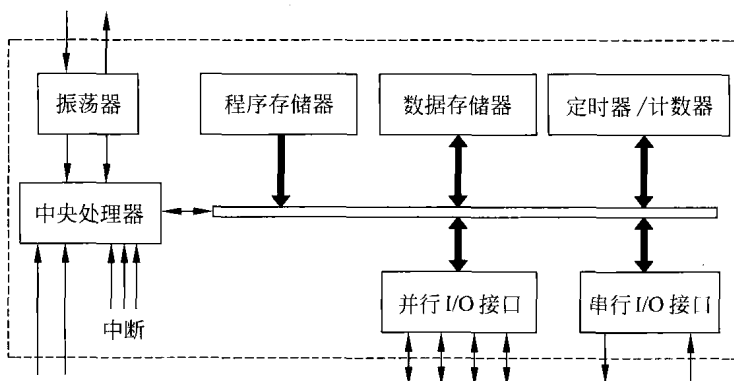


图 1-2 MCS-51 系列单片机组成示意图

1.1.3 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,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,必须根据需要外加各种扩展接口电路、外部设备和相应软件,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。

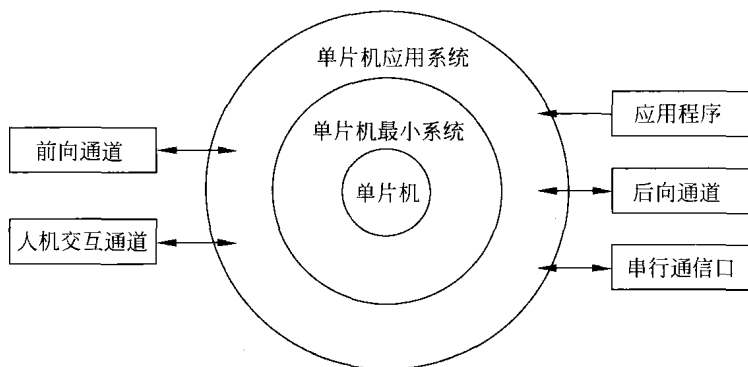


图 1-3 单片机应用系统示意图

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。

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结合起来,才能设计特定功能的应用系统或整机产品。

1.1.4 单片机的发展和应用

自单片机出现至今,单片机技术已走过了30多年的发展路程。纵观这30多年的历程,单片机技术的发展以微处理器(MPU)技术及超大规模集成电路技术的发展为先导,以广泛的应用领域为依托,呈现出较微处理器更具个性的发展趋势。

单片机的体积相对较小,很好地满足了对控制系统体积的要求;很多控制场合并不需要单片机去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,降低了成本;单片机将所有的电路都集成于一个芯片上,减少了因为线路连接导致系统失效的可能性,使其可靠性很高;在工艺和设计上采取的措施又使单片机的功耗比一般微型计算机的功耗要小得多,满足了对控制系统功耗的要求。

单片机的上述特点都很好地满足了工业控制应用的诸多特殊需求,因此很快进入工业计算机控制的诸多领域,充分显示了强大的生命力和广阔的应用前景。

单片机的应用范围十分广泛。目前,单片机的应用领域主要包括:在办公自动化设备中的应用;在机电一体化中的应用;在实时过程控制中的应用;在日常生活及家用电器领域的应用;在各类仪器仪表中引入单片机,使仪器仪表智能化,提高测试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;在计算机网络和通信领域中的应用;在医用设备领域中的应用;在汽车电子产品中的应用;此外,在航空航天系统和国防军事、尖端武器等领域,单片机的应用更是不言而喻。

自从第一台单片机诞生以来,单片机已经历了4位→8位→16位→32位的发展过程。单片机还将进一步向着CMOS化、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。

在低端应用方面,8位单片机是满足绝大多数对象控制要求的最佳选择。尽管8位单片机种类很多,但无论是从世界范围还是从全国范围来看,51系列都是使用最广泛、影响最深远的,许多公司都推出了兼容系列单片机。

近年来,Intel公司将MCS-51的核心技术授权给了Atmel、Philips等其他公司,现在很多公司都能开发、生产51核心的单片机,当然功能或多或少都有些改变,以满足不同场合的需求。下面介绍两种目前比较流行的51系列单片机芯片。

(1) AT89C51

Atmel公司的AT89C51是一种自带4KB Flash存储器的低电压、高性能CMOS 8位微处理器。该器件采用Atmel高密度非易失存储器制造技术制造,与工业标准的MCS-51指令集和输出引脚相兼容。AT89C51将多功能8位CPU和闪存集成在单个芯片中,是一种高效的微控制器,使用也更方便,寿命更长,可以反复擦除1000次。这种单片机为很多嵌入式控制系统提供了一种灵活性高且价廉的方案。

(2) AT89S51

AT89C51最致命的缺陷在于不支持ISP(在线更新程序)功能。因此现在Atmel公司已经停产AT89C51,市场上见到的实际都是Atmel公司前期生产的库存芯片。AT89S51就是在这样的背景下取代AT89C51的。

AT89S51单片机向下完全兼容51系列的所有产品。相对于AT89C51,AT89S51单片

机在结构和功能上有了一些新变化。最典型的就支持 ISP 在线编程功能,支持串行程序存储器写入方式,写入电压更低,反复烧写次数更多,工作频率更高,电源适应范围更宽,抗干扰性更强,加密功能更强,支持低功耗模式。

1.2 Keil 仿真软件

Keil 是一款用于单片机汇编语言和 C 语言编程的软件平台,是通用的单片机软件编写、调试的软件环境。

Keil 的安装很简单,执行安装包内的 setup.exe,按照提示安装即可。安装完成后,运行进入如图 1-4 所示的界面。

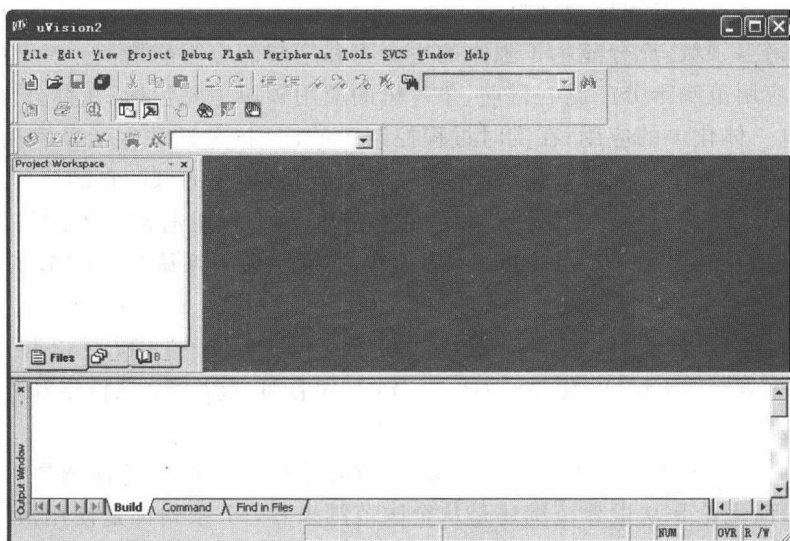


图 1-4 Keil 主界面

首先创建一个项目,运行 Project 菜单下的 New Project 命令,屏幕上出现如图 1-5 所示的对话框。

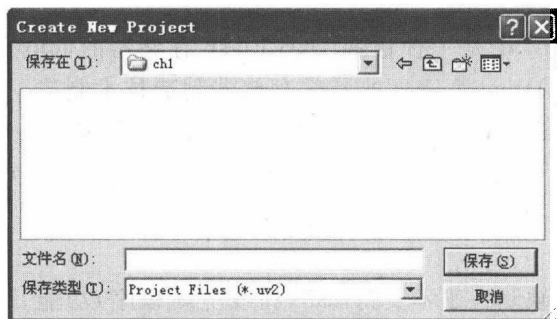


图 1-5 创建新项目对话框

在“文件名”文本框中指定所要新增的项目名称,再单击“保存”按钮,屏幕上出现如