

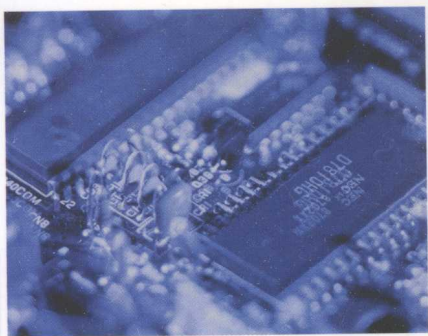
21世纪高等院校实验教学改革与创新系列教材 02

Principle and Application of Single-chip Microcomputer
and Courses of Experiment

单片机原理及应用 实验教程

胡洪波

◎ 主编



湘潭大学 出版社

TP368
60

TP368.1/604

2009

21 世纪高等院校实验教学改革与创新系列教材

单片机原理及应用 实验教程

主 编 胡洪波

0002000001

湘潭大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用实验教程 / 胡洪波主编. —湘潭:湘潭大学出版社, 2009. 9

(21 世纪高等院校实验教学改革与创新系列教材)

ISBN 978-7-81128-125-5

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 132296 号

单片机原理及应用实验教程

胡洪波 主编

责任编辑: 王亚兰

封面设计: 胡 瑶

出版发行: 湘潭大学出版社

社 址: 湖南省湘潭市 湘潭大学出版大楼

电话(传真): 0731-58298966 邮编: 411105

网 址: <http://xtup.xtu.edu.cn>

印 刷: 湖南天闻新华印务邵阳有限公司

经 销: 湖南省新华书店

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 12.5

版 次: 2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷

字 数: 306 千字

书 号: ISBN 978-7-81128-125-5

定 价: 24.00 元

(版权所有 严禁翻印)

21 世纪高等院校实验教学改革与创新系列教材

编委会

顾 问:罗和安

主 任:陈小明

副主任:夏智伦 高协平

编委会成员(按姓氏笔画为序):

朱卫国	刘任任	刘跃进	苏旭平	张 平
张海良	郑金华	钟建新	舒 适	谭援强

总 序

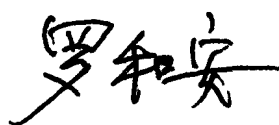
为了提高国家的持续发展能力、综合实力和国际竞争力,党中央、国务院提出构建创新型国家体系、增强自主创新能力的战略,鼓励创造,鼓励创新,特别是鼓励原始创新。创新的关键在人才,人才的成长靠教育。推动教育事业特别是高等教育事业的发展,培养和造就一大批基础扎实、具有创新精神和创新能力的高素质拔尖人才,是构建国家创新体系、建设创新型国家的基础。

正是在这样的背景下,湘潭大学出版社经过精心策划,组织实验教学一线的专家和教师编写了这套“21 世纪高等院校实验教学改革与创新系列教材”。实验教学是培养学生创新能力的基本途径,是培养高素质创新人才教学体系的重要组成部分。目前,对作为连接理论与实践的纽带和激发学生发现问题、研究问题、独立解决问题能力的重要环节——实践教学的研究,还显得相对不足;对如何进一步深化实验教学改革,创新实验教学方法、途径,以更好地发挥实验教学对培养学生创新思维与创造技能的平台作用方面的研究与探讨,尚待深入;已出版的实验教材还比较零散,不成体系和规模,高质量、高水平的实验教材建设与实验教学之间还存在一定的差距。随着科技的发展,各种实验手段、实验仪器不断更新,传统实验教学中的许多范例、方法,既不能体现与学科发展相适应的前沿性,也不能体现与产业相衔接的应用性,使许多实验教材严重滞后于实验教学的现实需要和教学改革的进程。要实现创新人才培养的重要目标,必须重视实验教学;而要实现教学目标,达到好的教学效果,则必须以实验教材为基础,必须有好的实验教材作支撑。因此,湘潭大学出版社出版的这套实验教学改革与创新系列教材就非常有意义。

这套教材最大的特点是融入了许多新的实验教学理念和教学方法,引入了新的实验手段与实验方法,尤其是增加了计算机技术在实验中的应用,有利于激发学生的学习兴趣,增强学生对现代高新技术的了解,具有一定的新颖性和前瞻性。教材范围涵盖了物理、化学、计算机、机械等几大传统学科专业,并注意区分了理科和工科教学过程中各自的侧重,做到

了理工交融,也较好地实现了实践性与理论性、基础性与先进性、基本技能与学术视野、传统教学与开放教学的相互结合。好的实验教材既是实验教学成果的直接反映,也是先进的实验教学理念传播的重要载体。相信湘潭大学社出版的这套系列教材,能够为我们提供有益的借鉴,也相信广大教育理论研究和教师,在不断推进实验教学改革与创新过程中,一定能够探索出新的经验,推出新的成果,编写出更多的精品教材,进一步推广先进的实验教学理念和教学方法,提升实验教学质量与水平,为培养高素质的创新人才,建设创新型国家作出新的贡献。

是为序。

A stylized handwritten signature in black ink, reading '罗和安' (Luo He'an). The characters are fluid and connected, with a long horizontal stroke extending from the end of the last character.

2009 年 3 月

前 言

单片微型计算机简称单片机,又称微控制器,是微型计算机的一个重要分支。随着应用的需要与集成电路技术的发展,单片机由 4 位、8 位、16 位发展到 32 位甚至 64 位,功能与性能有了极大的提高与扩展。虽然,目前应用最多的仍是 MCS-51 系列的 8 位机,但随着手机、数字电视、PDA 等应用的迅速普及,32 位等高档单片机也取得了快速发展。

由于 MCS-51 系列单片机的模块化结构比较典型,应用灵活,目前在国内外单片机应用中有着重要的地位,因此本书仍以 MCS-51 系列单片机为主设计,但所论述的原理方法,同样适用于其他类型的单片机。

本书的特点主要体现在以下三个方面。

1. 本书将当今最前沿的嵌入式系统开发工具 Keil μ Vision 2 和嵌入式虚拟开发系统 Proteus 7.2 结合,详尽讲解了单片机应用系统的开发设计过程。

2. 本书对单片机的基本软硬件实验的开发和调试过程进行了详细的介绍,使得学生通过这些实验掌握单片机技术最基本的应用方法和技巧,对单片机原理有更加深入的理解。

3. 本书介绍的全部是综合设计性实验,为提高学生综合设计能力,了解单片机在各个领域的应用,提供了一个广大的平台。

本书共 4 章,第 1 章为单片机概述,简要地介绍了单片机的发展过程及应用领域;第 2 章为单片机开发环境,介绍了 Keil C51 和 Proteus 单片机系统仿真软件的使用方法;第 3 章为单片机实验,精选了 20 个较为常见的 MCS-51 系列单片机实验;第 4 章为单片机综合应用设计,通过实例讲述单片机应用设计具体的实现方法;附录 1、2 简要地介绍了 DVCC 和周立功单片机仿真实验箱。本书的实验采用的是江苏启东计算机厂生产的 DVCC-52JH+单片机实验系统。大部分实验只要稍加修改便可应用到其他实验系统中。

本书可作为高等院校信息工程、通信工程、电子工程、电气工程、自动化、计算机应用、微电子、机电等专业单片机教学的课程设计与实验教材。同时,本书也适用于广大电子技术爱好者、在校电类工科大学生以及单片机系统开发人员。

实验教材的编写不可能脱离实验室的建设和发展。本书在编写过程中得到湘潭大学电工与电子技术实验中心教师和实验技术人员的大力支持和鼓励,也得到了湘潭大学教务处、湘潭大学出版社、信息工程学院领导的关怀与支持,并参考了其他兄弟院校的理论 and 实验教

材及许多学者的论著,编者在此一并表示感谢。

本书由胡洪波编写,湘潭大学段斌教授、何凤庭副教授、黄辉先教授、戴永教授、刘奇能副教授、肖业伟老师对本书作了全面审阅,并提出了修改意见。在此,编者谨向他们以及在本书编写过程中提出过宝贵意见的同志一并致以衷心的感谢。

由于时间仓促和编者水平有限,书中难免存在一些错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

胡洪波

2009年7月于湘潭大学

目 录

第 1 章 单片机概述

- 1.1 单片机简介 (1)
- 1.2 单片机编程语言概述 (4)

第 2 章 单片机开发环境

- 2.1 Keil C51 软件使用 (6)
- 2.2 Proteus 7.2 软件使用 (18)

第 3 章 单片机应用实验

- 实验 1 P1 口实验(一) (41)
- 实验 2 P1 口实验(二) (45)
- 实验 3 I/O 扩展实验 (48)
- 实验 4 外部中断实验 (52)
- 实验 5 定时/计数器实验 (56)
- 实验 6 可编程并行接口 8255 实验 (61)
- 实验 7 数码显示实验 (65)
- 实验 8 键盘实验 (74)
- 实验 9 8253 定时/计数器应用实验 (80)
- 实验 10 串行口实验 (84)
- 实验 11 D/A 转换实验 (89)
- 实验 12 A/D 转换实验 (94)
- 实验 13 步进电机控制实验 (98)
- 实验 14 直流电机控制实验 (102)
- 实验 15 串行口与 PC 机通信实验 (105)
- 实验 16 交通灯实验 (108)
- 实验 17 语音控制实验 (114)
- 实验 18 LED 点阵显示接口实验 (120)
- 实验 19 LCD 液晶显示接口实验 (128)
- 实验 20 存储 IC 卡读写实验 (139)

第4章 单片机综合设计

4.1 单片机控制系统设计的研制过程	(149)
4.2 单片机控制系统的安装与调试	(152)
4.3 设计举例——基于单片机控制的数字温度计	(154)
4.4 单片机设计课题	(173)
4.5 单片机设计课题评分标准	(176)
附录	(178)
参考文献	(191)

第 1 章 单片机概述

1946 年美国宾夕法尼亚大学研制了世界上第一台电子计算机 ENIAC(Electronic Numerical Integrator and Computer)后,经过五十多年的发展,已经历了电子管计算机、晶体管计算机、集成电路计算机、大规模集成电路计算机和超大规模集成电路计算机五代的发展历程。微型计算机是第四代计算机的重要代表,它将运算器、控制器和寄存器集成在一块芯片上,构成微处理器,然后配以存储器、输入/输出接口电路,组成微型计算机。

1.1 单片机简介

单片机是微机的一种,是将微机的 CPU、存储器、I/O 口接口和总线制作在一块芯片上的大规模集成电路。由于单片机具有体积小、功能全、价格低、开发应用方便等优点,且又可将其嵌入产品内部,因此得到了极其广泛的应用。

1.1.1 单片机的发展历史

单片机的发展可以分为 4 个阶段。

1. 单片机初级阶段

由于工艺的限制,此阶段的单片机采用双片的形式而且功能比较简单。在应用过程中,由于内部资源太少,需要外接其他功能芯片才能实现应用功能。如仙童公司生产的 F8 单片机,只含 8 位 CPU、64 个字节 RAM 和 2 个并行口。

2. 低性能单片机阶段

此阶段的单片机功能有了进一步发展,相关的接口电路、定时器、计数器等都集成到一个芯片,但内部资源仍然不够丰富。以 Intel 公司生产的 MCS-48 系列为代表,片内集成了 6 位 CPU、6 位定时器/计数器、RAM 和 ROM 等,但无串行口,中断系统也比较简单,片内 RAM 和 ROM 容量较小且寻址范围不大于 4 KB。

3. 高性能单片机阶段

在这个阶段,单片机的品种逐渐增加,功能不断完善,其内部的 RAM、ROM 都有所增大,寻址范围也变大,并且增加了串行口和多级中断处理。以 Intel 公司生产的 MCS-51 为代表,片内集成了 8 位 CPU、16 位定时器/计数器、串行 I/O 口、多级中断系统、RAM 和 ROM 等,寻址范围可达 64 KB。

4. 8 位单片机的巩固发展及 16 位、32 位单片机推出阶段

由于电子元件、系统结构和软件技术的不断发展进步,单片机的制造工艺和集成度都得到迅速发展,其内部资源得到了较大的扩展,实时处理能力大大加强。以 Intel 公司生产的 MCS-96 系列为代表,在片内带有多通道 A/D 转换器和高速输入/输出(HIS/HSO)部件,

中断处理和实时处理能力很强。

目前单片机的品种众多,其中性能优良的 8 位单片机在今后若干年内仍将是工业检测、控制应用领域的主角。

1.1.2 单片机的内部结构

单片机经过几十年的不断发展,其功能和组成结构已基本固定,内部结构如图 1-1 所示。

1. 中央处理器(CPU)

CPU 是单片机的核心部件,根据 CPU 字长可分为 1 位机、4 位机、8 位机、16 位机以及 32 位机,CPU 的运算速度、处理数据能力、实时控制功能等都与 CPU 的字长有关。因此,字长是衡量 CPU 功能的主要指标。

2. 存储器

存储器按功能可分为程序存储器和数据存储器,由于单片机主要面向控制,因此一般需要大容量的程序存储器和较少的数据存储器,同时存储器类型也不一样。

1) 程序存储器

单片机内部程序存储器容量一般为 1~64 KB,通常采用只读存储器(ROM)方式。采用只读存储器作为程序存储器,不仅提高了系统可靠性,而且由于只读存储器的集成度较高、价格较低,降低了单片机成本。

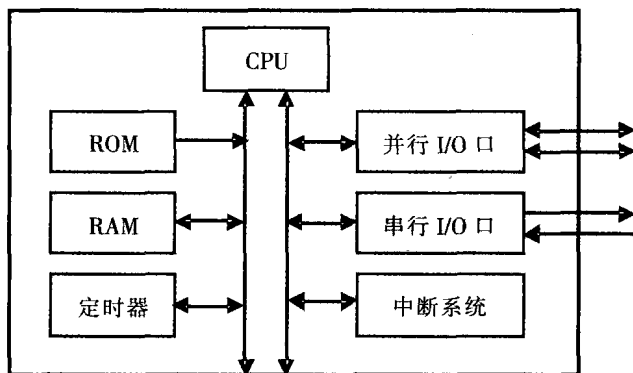


图 1-1 单片机内部结构示意图

2) 数据存储器

单片机内部的数据存储器容量一般为 64~256 B,通常采用静态随机存储器(RAM),还有少数单片机采用 EEPROM 作为数据存储器。数据存储器可作为工作寄存器、堆栈、位标志和数据缓冲器使用。

3. I/O 接口及特殊功能部件

单片机内部有数量不等的并行接口,可以作为外接输入/输出设备,通常也包含 1~2 个串行口,用于实现异步通信。特殊功能部件通常包括定时/计数器,其他部件例如 A/D、PWM、DMA 等根据不同类型,其配置不同。

1.1.3 单片机应用系统

根据应用场合及系统控制的要求不同,单片机在规模、结构上存在很大不同,根据使用功能器件的种类和数量,可分为基本系统和扩展系统。

1. 基本系统

在此系统中,包括一片单片机,在该单片机中含有程序存储器和数据存储器,仅在外部配置了维持系统运行的基本部件,例如电源、输入/输出。除了这些,还包括扩充程序存储器、数据存储器、I/O 接口以及其他功能部件,因此也被称为最小系统,其结构如图 1-2 所示。

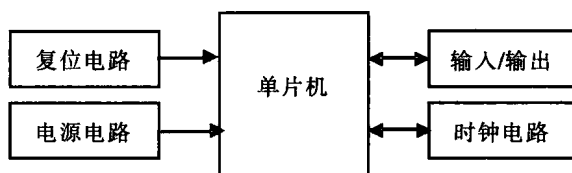


图 1-2 单片机最小系统结构示意图

2. 扩展系统

在大多数系统中,由于需要实现一些特殊的功能,采用最小系统无法满足系统的控制要求,所以要扩展特殊功能部件,弥补单片机内部资源的不足。单片机扩展系统通过并行 I/O 口或串行口做总线,在外部扩展了程序存储器、数据存储器、A/D 转换等特殊部件,以满足控制系统的特殊要求,其结构如图 1-3 所示。

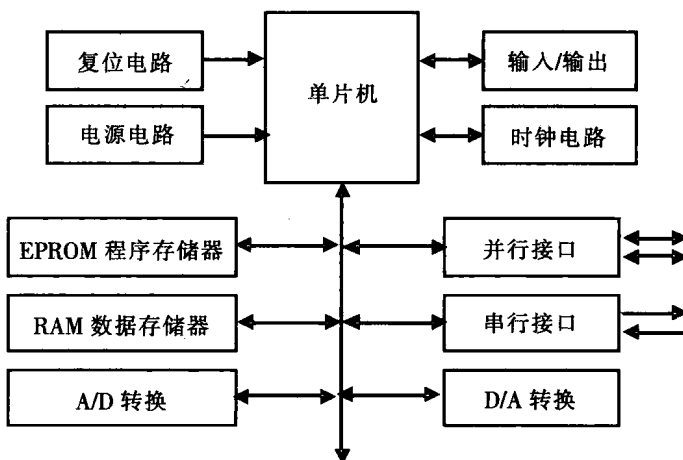


图 1-3 单片机扩展系统结构示意图

1.1.4 单片机发展趋势

随着科学技术的不断发展,单片机的工艺和集成度不断提高,其功能正朝着多功能、高性能的方向发展,主要体现在以下几个方面。

1. 各种等级的单片机性能提高

随着工艺技术和集成度技术的发展,许多低端单片机的性能有了较大的提高,甚至可以完成部分高端单片机才能实现的功能,其运算速度、功能和可靠性等方面也得到了快速的发展。

1) CPU 功能增强

CPU 的性能主要体现在数据处理的速度和精度上,通过增加 CPU 的字长、扩充硬件、提高总线速度和处理效率等手段,提高 CPU 的性能。

2) 内部资源增加

单片机除了 CPU 外还有其他部件,通过增强已有部件的性能和增加特殊功能的部件来提高单片机的性能。例如增大存储器的容量,现在一些高端单片机的程序存储器的 ROM、EPROM、EEPROM 或者 FLASH 都达到几十 KB,而数据存储器也已达到几 KB。一般的控制系统要求的功能较多,采用较低端的单片机,由于内部资源不够,无法实现控制要求,因此需要扩展部件,而扩展部件又会造成系统可靠性降低,所以要在工艺水平提高的基础上,尽量集成较多的部件在单片机内。单片机的特殊部件包括 I/O 口(并行口和串行口两种)、定时/计数器、A/D 和 D/A 转换器、PWM 输出等,通过在内部集成此类部件,可大大增强单片机的控制功能。

3) 寻址范围增加

寻址方式的多少直接反映了机器指令系统功能的强弱,寻址方式越多,其功能越强,灵活性越大,这也是衡量单片机性能的重要指标之一。现在已有部分单片机对外部存储器、I/O 的寻址范围增加到几 MB,甚至有单片机可以选择某些 I/O 口作为系统的扩展总线使用。

2. 小型化、低功耗

在一些智能控制系统中,其整体系统体积较小,功率不大,因此要求单片机的体积和功耗都在一定范围内,促使单片机向小型化、低功耗的方向发展。例如,1992 年美国推出的 i80860 超级单片机,运算速度为 1.2 亿次/秒,可进行 32 位整数运算、64 浮点运算,同时片内集成了一个三维图形处理器,可构成超级图形工作站。

1.2 单片机编程语言概述

单片机应用程序可以通过高级语言(如 C 语言等)来进行设计,也可以通过汇编语言来设计。

汇编语言是编写单片机应用程序较常用的语言之一,它是用助记符、符号和数字等来表示指令的程序语言,相对于机器语言更容易理解和记忆。它与机器语言指令是一一对应的,与计算机内部硬件结构有关。它具有以下特点:

- (1) 占用的内存单元和 CPU 资源少。
- (2) 生成代码效率高,程序执行速度快。
- (3) 可直接调动计算机的全部资源,并有效地利用计算机专有特性。
- (4) 能准确地掌握指令的执行时间,适用于实时控制系统。

汇编程序中包括以下几种结构:

1) 简单程序

这里的简单程序是指一种顺序执行程序,它既不包括分支程序,也不包括循环程序,但

能实现一定的功能,是构成复杂程序的基础。

2) 分支程序

在单片机的应用程序中,大多数程序不是按照顺序直线运行的,需要根据不同的情况作出某种判断,从而作出不同的处理决定。根据实际问题中给定的条件,判断条件是否满足,产生一个或多个分支,充分体现计算机的智能。

3) 循环程序

在一些实际应用程序中,需要对某一段程序重复执行多次,通常采用循环程序,可使程序减短,占用尽量少的内存,提高运行效率。

使用汇编语言编写程序,一般可分为以下几个步骤:

- ① 确定算法:根据系统实现的功能,解决采用何种算法和如何实现等问题。
- ② 制定程序流程图:把需要实现的功能,按照程序算法的具体步骤作出流程图。
- ③ 写出源程序:根据系统的功能要求和流程图,选出适当的指令和结构完成源程序的编制。
- ④ 上机调试:将编写好的源程序进行汇编后生成可执行代码,根据程序的运行情况,检查程序的错误,对运行结果进行分析,直到完全满足系统的功能要求。

由于汇编语言与 CPU 的硬件结构紧密相关,所以其通用性较差,无法实现移植,同时使用汇编语言必须对所使用的 CPU 结构和性能有所了解,因此对程序设计人员有较高的要求。近些年来,越来越多的人使用 C 语言来编写单片机应用程序,主要是因为 C 语言有较好的可移植性和硬件控制能力,并且其表达和运算能力也较强。

第2章 单片机开发环境

2.1 Keil C51 软件使用

2.1.1 Keil C51 简介

Keil C51 μ Vision2 集成开发环境是 Keil Software, Inc/Keil Elektronik GmbH 开发的基于 80C51 内核的微处理器软件开发平台,内嵌多种符合当前工业标准的开发工具,可以完成从工程建立到管理、编译、链接、目标代码的生成、软件仿真、硬件仿真等完整的开发流程,尤其是 C 编译工具在产生代码的准确性和效率方面达到了较高的水平。而且可以附加灵活的控制选项,在开发大型项目时非常理想。Keil C51 集成开发环境的主要功能有以下几点:

(1) μ Vision2 for Windows:是一个集成开发环境,它将项目管理、源代码编辑和程序调试等组合在一个功能强大的软件环境中。

(2) C51 国际标准化 C 交叉编译器:从 C 源代码产生可重定位的目标模块。

(3) A51 宏汇编器:从 80C51 汇编源代码产生可重定位的目标模块。

(4) BL51 链接器/定位器:组合由 C51 和 A51 产生的可重定位的目标模块,生成绝对目标模块。

(5) LIB51 库管理器:从目标模块生成链接器可以使用的库文件。

(6) OH51 目标文件至 HEX 格式的转换器:从绝对目标模块生成 Intel Hex 文件。

(7) RTX-51 实时操作系统:简化了复杂的实时应用软件项目的设计。

这个工具套件是为专业软件开发人员设计的,但任何层次的编程人员都可以使用,并获得 80C51 单片机绝大部分应用。

Keil Software 提供了一流的 80C51 系列开发工具软件,下面描述每个套件及其内容:

(1) PK51 专业开发套件:PK51 专业开发套件提供了所有工具,适合专业开发人员建立和调试 80C51 系列微控制器的复杂嵌入式应用程序。专业开发套件可针对 80C51 及其所有派生系列进行配置使用。

(2) DK51 开发套件:DK51 开发套件是 PK51 精简版,它不包括 RTX51 Tiny 实时操作系统。开发套件可针对 80C51 及其所有派生系列进行配置使用。

(3) CA51 编译器套件:如果开发者只需要一个编译器而不需要调试系统,则 CA51 编译器套件就是最好的选择。CA51 编译器套件只包含 μ Vision2 IDE 集成开发环境,不提供 μ Vision2 调试器的功能。这个套件包括了要建立嵌入式应用的所有工具软件,可针对 80C51 及其派生系列进行配置使用。

(4) A51 汇编器套件: A51 汇编器套件包括一个汇编器和创建嵌入式应用所需要的所有工具。它可针对 80C51 及其所有派生系列进行配置使用。

(5) RTX51 实时操作系统(FR51): RTX51 实时操作系统是 80C51 系列微控制器的一个实时内核。RTX51 Full 提供 RTX51 Tiny 的所有功能和一些扩展功能, 并且包括 CAN 通信协议接口子程序。

表 2-1 列出了每个套件的功能, 表的顶上一栏为工具套件名称, 表的左边一列为软件组成部分, 使用这个对照表可以选择符合需要的套件。

表 2-1 μ Vision2 各个套件功能表

部 件	PK51	DK51	CA51	A51	FR51
μ Vision2 项目管理和编辑器	✓	✓	✓	✓	
A51 汇编器	✓	✓	✓	✓	
C51 编译器	✓	✓	✓		
BL51 链接器/定位器	✓	✓	✓	✓	
LIB51 库管理器	✓	✓	✓	✓	
μ Vision2 调试器/模拟器	✓	✓			
RTX51 Tiny	✓				
RTX51 Full					✓

2.1.2 Keil C51 安装

1. 系统要求

安装 Keil C51 集成开发软件, 必须满足最小的硬件和软件要求, 才能确保编译器以及其他程序功能正常, 因此必须具有:

- (1) Pentium、Pentium- II 或兼容处理器的 PC。
- (2) Windows 95、Windows 98、WindowsXP 等操作系统。
- (3) 至少 16 MB RAM。
- (4) 至少 20 MB 硬盘空间。

2. 软件的安装

下面以 Keil C51 V7.0 版为例, 介绍如何安装 Keil μ Vision2 集成开发环境。

(1) 进入安装文件夹 Setup 目录, 双击“SETUP.EXE”安装文件, 即可进行安装。

(2) 这时会出现如图 2-1 所示的安装初始化画面, 稍后弹出如图 2-2 所示的安装询问对话框, 提示用户是安装完全版还是评估版。如果购买了正版的 Keil C 软件则选择“Full Version”, 否则只能选择“Eval Version”选项。