

高等职业教育创新实践教材

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

理论联系实际 科学主导工程



C51单片机应用与 C语言程序设计

—— 基于机器人工程对象的项目实践

秦志强 等编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

高等职业教育创新实践教材

C51 单片机应用与 C 语言程序设计

——基于机器人工程对象的项目实践

秦志强 等编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以两轮智能移动机器人工程项目为主线,通过循序渐进的构建智能机器人的智能控制器和传感器电路,将单片机外围接口特性、内部结构原理、应用设计方法和 C 语言程序设计等知识通过先项目实践、后总结归纳的方式传授给学生,彻底打破了传统的教学方法和教学体系结构,解决了单片机原理与应用,以及 C 语言程序设计等核心专业基础课程抽象与难学的老大难问题。

本书可作为职业教育的“单片机技术与应用”及“嵌入式 C 语言程序设计”两门课程的学习教材和教学参考书,也可以作为本科院校工程训练、电子制作的实践教材和相应专业课程的实验配套教材,同时还可以供广大希望从事嵌入式系统开发和 C 语言程序设计的学生或者个人自学使用。

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

C51 单片机应用与 C 语言程序设计 / 秦志强等编著. —北京: 电子工业出版社, 2007.12

ISBN 978-7-121-05406-8

I. C… II. 秦… III. ①单片微型计算机—程序设计 ②C 语言—程序设计 IV. TP368.1 TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 178572 号

责任编辑: 田领红

印 刷: 北京市顺义兴华印刷厂

装 订: 三河市双峰印刷装订有限公司

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: 787×980 1/16 印张: 12.25 字数: 273 千字

印 次: 2007 年 12 月第 1 次印刷

印 数: 6 000 册 定价: 20.00 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 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

本书可作为高职高专院校工程类专业二年级及以上学生学习单片机原理与应用的主导教材和辅助教材，还可以供其他机器人爱好者使用。使用者只需要有初级的编程基础，熟悉的计算机操作，并具备基础的英语知识，不需要专业的 C 语言基础。

本书的任务是要让每一个学习单片机原理与应用的学生或者个人都能够以教育机器人作为工程对象，使他们在开发教育机器人的过程中学习和掌握单片机的基本原理并获得系统的开发技能，包括：

- C51 系列单片机的 C 语言编程环境和使用方法；
- 单片机的输入接口、使用方法和 C 程序设计；
- 单片机的输出接口、使用方法和 C 程序设计；
- 单片机的接口电气特性和外围电路；
- 单片机的串口通信、应用与 C 程序设计；
- 单片机与 LCD 的连接与 C 语言编程；
- 基础传感器原理和用 C51 编程实现机器人基本智能的实现方法等。

本书在编写过程中非常注意的一点，就是寓教于乐，兴趣为先，将传统的学习单片机原理与应用（即先理论讲解，然后实验验证）的模式，改变为先实验和实践如何应用，然后再归纳单片机原理（即先实践，后归纳）的模式，并以机器人作为贯穿实践过程的典型工程对象，使整个教学和学习过程充满挑战和乐趣，大大提高学习效率。同时在学习和实践的过程中，还可以培养学生的系统世界观和方法论。

熟练掌握本教材的学生或者个人，可以继续“高级机器人制作”的课程。

通过本课程的学习和实践，可以引领学生或者个人进入神奇的信息技术世界和机器人世界。

本书的完成，编者首先要感谢东南大学的张文锦教授，是他的建议促成了本书的成文；其次要感谢深圳市德普施科技有限公司的邓莹和阮科，邓莹对本书的最后完成付出了巨大的努力，阮科一一验证了本书的所有项目；还要感谢德普施科技的前员工刘庆秋，是他最早帮助起草了本书的初稿。

编著者

2007 年 10 月

目 录

第 1 章 C51 单片机编程环境与机器人智能	1
单片机与 C51 系列单片机	1
什么是单片机	1
学习单片机有必要吗	1
C51 系列单片机	1
机器人与 C51 单片机	4
任务 1 获得软件	4
任务 2 安装软件	5
安装 Keil uVision2	5
任务 3 硬件连接	6
串口的连接	6
ISP 下载线的连接	6
电池的安装	6
任务 4 你的第一个程序	7
创建与编辑你的第一个程序	7
下载可执行文件到单片机	11
用串口调试软件查看单片机输出信息	12
HelloRoBot.c 是如何工作的	13
printf 函数	14
C 语言数据类型	15
常量	16
变量	16
运算符	16
表达式	17
任务 5 做完实验关断电源	18
第 2 章 单片机输出接口与伺服电机控制	19
C51 单片机的输入/输出接口	19
任务 1 单灯闪烁控制	20

while 语句	22
任务 2 机器人伺服电机控制信号	24
任务 3 计数并控制循环次数	28
for 语句	28
任务 4 用你的计算机来控制机器人的运动	32
scanf 函数	34
第 3 章 C 语言函数与机器人巡航控制	36
任务 1 基本巡航动作	36
任务 2 匀加速/减速运动	42
任务 3 用函数调用简化运动程序	46
任务 4 高级主题——用数组建立复杂运动	52
字符型数据	52
数组	53
switch 语句	57
第 4 章 单片机输入接口与机器人触觉导航	61
触觉导航与单片机输入接口	61
任务 1 安装并测试机器人胡须	62
位操作符	64
if 语句	65
? 操作符	65
任务 2 通过胡须导航	68
关系与逻辑运算符	69
任务 3 机器人进入死区后的人工智能决策	73
第 5 章 C51 输入/输出接口与红外线导航	80
使用红外线发射和接收器件探测道路	80
任务 1 搭建并测试 IR 发射和探测器对	81
任务 2 探测和避开障碍物	86
任务 3 高性能的 IR 导航	91
任务 4 俯视的探测器	96
第 6 章 机器人的距离检测	103
用同样的 IR LED/探测电路检测距离	103
任务 1 定时/计数器的运用	103

任务 2 测试扫描频率	108
任务 3 尾随小车	113
任务 4 跟踪条纹带	120
第 7 章 机器人中 UART 的应用	125
RS232 电平与 TTL 电平转换	127
任务 1 编写串口通信程序	127
串口工作流程	132
第 8 章 LCD 应用编程及与机器人的集成技术	134
任务 1 认识 LCD 显示器	134
任务 2 编写 LCD 模块驱动程序	138
指针	143
任务 3 用 LCD 显示机器人运动状态	144
C 语言的编译预处理	144
第 9 章 多传感器智能机器人	152
多传感器智能机器人的设计目标	152
任务 1 多传感器信息与 C 语言结构体的使用和编程	152
结构体	152
任务 2 智能机器人的行为控制策略和编程	161
附录 A C 语言概要归纳	167
C 语言概述	167
数据类型、运算符与表达式	167
分支结构程序	169
循环控制	171
数组	172
函数	174
预处理命令	174
指针	176
结构体	177
位运算	178
附录 B 微控制器原理归纳	180
引言	180
一些概念	180

中央处理器 (CPU)	181
RAM 和 ROM	182
地址总线、数据总线和控制总线	182
微处理器和微控制器	183
附录 C 无焊锡面包板	184
附录 D LCD 模块电路	187
附录 E 本书所使用的机器人零配件清单	188



第1章 C51 单片机编程环境 与机器人智能

单片机与 C51 系列单片机

什么是单片机

一台能够工作的计算机包括 CPU (Central Processing Unit, 中央处理单元: 进行运算、控制)、RAM (Random Access Memory, 随机存储器: 数据存储)、ROM (Read Only Memory, 只读存储器: 程序存储)、输入/输出设备 (串行口、并行口等)。在个人计算机上这些部分被分成若干块芯片或者插卡, 安装在一个称之为主板印制电路板上。而在单片机中, 这些部分全部被做在一块集成电路芯片中, 因此被称为单片机。

学习单片机有必要吗

与个人计算机、笔记本电脑相比, 单片机的功能是很小的, 那学它做什么呢? 实际生活中并不是任何需要计算机的场合都要求计算机有很高的性能, 比如空调温度的控制、冰箱温度的控制等都不需要很复杂很高级的计算机。关键是看是否够用, 是否有很好的性能价格比。

单片机凭借体积小、质量轻、价格便宜等优势, 已经渗透到我们生活的各个领域: 导弹的导航装置、飞机上各种仪表的控制、工业自动化过程的实时控制和数据处理、广泛使用的各种智能 IC 卡、民用豪华轿车的安全保障系统、录像机、摄像机、全自动洗衣机、程控玩具、电子宠物等, 更不用说自动控制领域的机器人、智能仪表、医疗器械了。

因此, 单片机的学习、开发与应用将造就一批计算机应用、嵌入式系统设计与智能化控制的科学家和工程师, 同时, 学习使用单片机也是了解通用计算机原理与结构的最佳选择。

C51 系列单片机

一提到单片机, 就会经常听到这样一些名词: MCS51、8051、C51 等, 它们之间究竟是



什么关系呢？

MCS51 是指由美国 INTEL 公司生产的一系列单片机的总称。这一系列单片机包括很多品种，如 8031、8051、8751 等，其中 8051 是最典型的产品。该系列单片机都是在 8051 的基础上进行功能的增减和改变而来的，所以人们习惯于用 8051 来称呼 MCS51 系列单片机。

INTEL 公司将 MCS51 的核心技术授权给了很多公司，所以许多公司都在做以 8051 为核心的单片机，当然，功能或多或少有些改变，以满足不同的需求。其中较典型的一款单片机 AT89C51（简称 C51）是由美国 ATMEL 公司以 8051 为内核开发生产的。本书使用的 AT89S52 单片机就是在此基础上改进而来的。

AT89S52 是一种高性能、低功耗的 8 位单片机，内含 8K 字节 ISP（In-system Programmable，系统在线编程）可反复擦写 1000 次的 FLASH 只读程序存储器，器件采用 ATMEL 公司的高密度、非易失性存储技术制造，兼容标准 MCS51 指令系统及其引脚结构。在实际工程应用中，功能强大的 AT89S52 已成为许多高性价比嵌入式控制应用系统的解决方案。

➤ 什么是单片机的位数

现在市场上闹得沸沸扬扬的微软新推出的系统 Vista 是 64 位操作系统；大家常用的系统，如 Windows XP、Windows 2003 等，是 32 位操作系统；这里将用到的单片机 AT89S52 是 8 位的，而有些厂家生产的单片机则是 16 位的。那么，这些位数：64、32、16、8 代表什么意义呢？

简单地说，这些位数指的是 CPU 能一次处理的数据的最大长度。当然，这里的位是指二进制的位，而非十进制的位。AT89S52 是 8 位的单片机，意味着如果要处理 16 位数据就应分两次处理。

➤ 嵌入式系统

嵌入式系统是指嵌入到工程对象中能够完成某些相对简单或者某些特定功能的计算机系统。与从 8 位机迅速向 16 位、32 位、64 位过渡的通用计算机系统相比，嵌入式系统有其功能的特殊要求和成本的特殊考虑，从而决定了嵌入式系统在高、中、低端系统三个层次共存的局面。在低端嵌入式系统中，8 位单片机从 20 世纪 70 年代初期诞生至今还一直在工业生产和日常生活中广泛使用。

嵌入式系统嵌入到对象系统中，并在对象环境下运行。与对象领域相关的操作主要是对外界物理参数进行采集、处理，对对象实现控制，并与操作者进行人机交互等。

鉴于嵌入式低端应用对象的有限响应要求、嵌入式系统低端应用的巨大市场，以及 8 位机具有的计算能力，可以预测在未来相当长的时间内，8 位机仍然是嵌入式应用中的主流机型。



早期的单片机应用程序开发通常需要仿真机、编程机等配套工具，要配置这些工具需要一笔不小的投资。本书采用的 AT89S52 不需要仿真机和编程机，只需运用 ISP 电缆就可以对单片机的 FLASH 反复擦写 1000 次以上，因此使用起来特别方便简单，尤其适合初学者使用，而且配置十分灵活，可扩展性特别强。

➕ In-system Programmable (ISP, 系统在线编程)

In-system Programmable 是指用户可把已编译好的程序代码通过一条“下载线”直接写入到器件的编程（烧录）方法，已经编程的器件也可以用 ISP 方式擦除或再编程。ISP 所用的“下载线”并非不需要成本，但相对于传统的“编程器”成本已经大大降低了。通常 FLASH 型芯片会具备 ISP 下载能力。

本书将引导你如何运用 AT89S52 作为机器人的大脑制作一款教育机器人，并采用 C 语言对 AT89S52 进行编程，使机器人实现下述 4 个基本智能任务：

- (1) 安装传感器以探测周边环境；
- (2) 基于传感器信息做出决策；
- (3) 控制机器人运动（通过操作带动轮子旋转的电机）；
- (4) 与用户交换信息。

通过这些任务的完成，使你在无限的乐趣之中，不知不觉地掌握 C51 单片机原理与应用开发技术，以及 C 语言程序设计技术，轻松走上嵌入式系统开发之路。

为了方便单片机微控制器与电源、ISP 下载电缆、串口线，以及各种传感器和电机的连接，需要制作一个电路板，并将单片机插在该电路板上，本书将此电路板叫做教学板如图 1-1 所示。

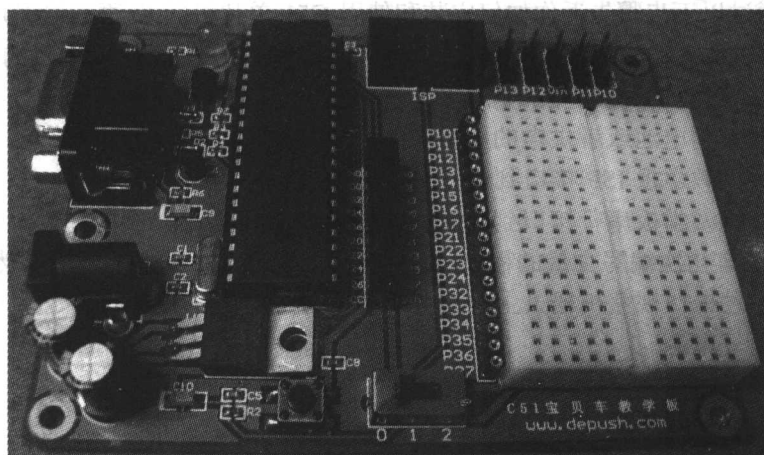


图 1-1 C51 单片机教学板



机器人与 C51 单片机

如图 1-2 所示是本书使用的机器人工程对象，它采用 AT89S52 单片机作为大脑，通过教学板安装在机器人底盘上。本书将以此机器人作为典型工程对象，完成上节提到的机器人所需具备的 4 种基本能力，使机器人具有基本的智能。本书假设你已经学习过《基础机器人制作与编程》这本书，并已经组装好该机器人的机械套件和伺服电机，且已经调试好了机器人伺服电机的零点。如果没有学习过《基础机器人制作与编程》，也不要紧，可以在边学习该课程的同时，参考《基础机器人制作与编程》的相关章节。在后面的任务中，如果需要，会给出相关指引。

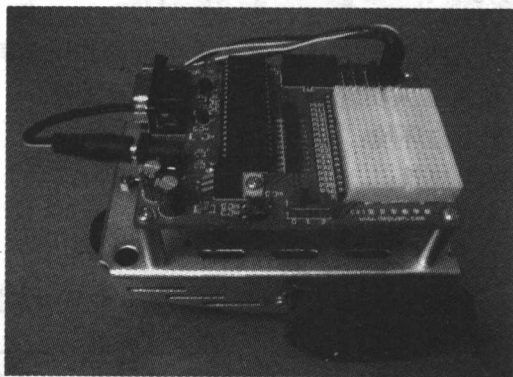


图 1-2 采用 C51 单片机的机器人

本章首先通过以下步骤告诉你如何安装和使用 C51 单片机的 C 语言编程开发环境，如何开发第一个简单机器人程序，并在机器人上如何运行你编写的这个程序。本章的具体任务包括：

- 寻找并安装开发编程软件；
- 连接机器人到电池或者供电的电源；
- 连接单片机教学板 ISP 接口到计算机，以便编程；
- 连接单片机教学板串行接口到计算机，以便调试和交互；
- 运用 C 语言初次编写少量的程序，运用编译器编译生成可执行文件，然后下载到单片机上，通过串口观察机器人上的单片机教学板的执行结果；
- 完成后断开电源。

任务 1 获得软件

在本课程的学习中，你将反复用到 3 款软件：Keil uVision2 IDE 集成开发环境、SL ISP



下载软件、串口调试软件。

1. Keil uVision2 IDE 集成开发环境

该软件是德国 KEIL 公司出品的 51 系列单片机 C 语言集成开发系统。如果已经学习过《基础机器人制作与编程》，并掌握了 PBASIC 语言编程思想和基本技能，你将会发现，C 语言在语法结构上更加灵活，功能更加强大，但同时学习和理解起来也稍困难些。

你可以在 KEIL 公司的网站 www.keil.com 上获得该软件的安装包（本书使用 2.38a 版）。

2. SL ISP 软件下载工具

该软件是广州天河双龙电子有限公司推出的一款 ISP 下载软件，使用该软件可以将可执行文件下载到你的机器人单片机上。该软件的使用需要计算机有并行接口。

你可以在双龙公司的网站 www.sl.com.cn 获得该软件。

3. 串口调试软件

此软件用来显示单片机与计算机的交互信息。在硬件上，你的计算机至少要有串行接口或 USB 接口来与单片机教学板的串口连接。

➤ 教你一招，如何从互联网上获得你想要的东西？

当今互联网如此发达，以至我们可以“万事”不求人。熟练运用互联网的搜索引擎，你也可以做个“百事通”。

如今有两大著名的搜索引擎，国内的 www.baidu.com，全球的 www.google.com，只要你输入关键字，就可以找到相关的任何东西。比如你想找 Keil 软件，可以先打开 google 网，然后输入关键字“Keil 下载”，你就可以找到很多相关的网站。如：

<http://bbs.mcu123.net/bbs/dispbbs.asp?boardID=7&ID=6352&page=1>

任务 2 安装软件

到目前为止，你已从网站上获得了软件安装包。软件的安装很简单，与安装其他软件过程一样。

安装 Keil uVision2

(1) 执行 Keil uVision2 安装程序，选择安装 Eval Version 版进行安装；

(2) 在后续出现的窗口中全部选择 Next 按钮，将程序默认安装在 C:\Program Files\Keil 文件目录下；



(3) 将光盘“头文件”文件夹中的文件复制到 C:\Program Files\Keil\C51\INC 文件夹里。Keil uVision IDE 软件安装到计算机上的同时，会在计算机桌面建立一个快捷方式。安装 ISP 下载软件与此类似。

任务 3 硬件连接

C51 教学板（或者说机器人脑）需要连接电源来运行，同时也需要连接到 PC（或笔记本电脑）以便编程和交互。以上接线完成后，就可以用编辑器软件来对系统进行测试。下面将告诉你如何完成上述硬件连接任务。

串口的连接

机器人教学板通过串口电缆连接到 PC（或笔记本电脑）上以便与用户交互。如果计算机有串行接口，直接使用串口连接电缆。如果没有，此时需要使用 USB 转串口适配器，如图 1-3 所示。你需要将该串口线一端的串口连接到你的机器人教学板上，另一端连接到计算机的 USB 口上，并安装对应的 USB 驱动程序。

ISP 下载线的连接

机器人程序通过连接到 PC 或者笔记本电脑的并口上的 ISP 下载线来下载到教学板上的单片机内。如图 1-4 所示为 ISP 下载线。下载线一端连接到 PC 或者笔记本电脑的并行接口上，另一端（小端）连接到教学板上的程序下载口上。

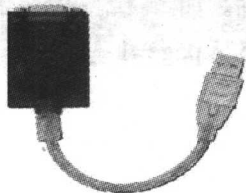


图 1-3 USB 转串口适配器

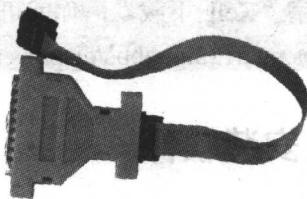


图 1-4 ISP 下载线

电池的安装

本书使用的机器人采用五号碱性电池给机器人的电机和教学板供电，在继续下面的任务前，请先检查机器人底部电池盒内是否已经装好电池，并是否有正常的电压输出。如果没有，请更换新的电池。更换过程中，确保每颗电池都按照塑料盒子里面标记的电池极性（“+”和“-”）方向装入。



给教学板和单片机进行通电检查

教学底板上有一个三位开关（如图 1-5 所示），当开关拨到“0”位时断开教学底板电源。无论是否将电池组或者其他电源连接到教学底板上，只要三位开关位于“0”位，那么设备就处于关闭状态。

现在将三位开关由“0”位拨至“1”位，打开教学板电源，如图 1-6 所示。检查教学底板上绿色 LED 电源指示灯是否变亮。如果没有，检查电池盒里的电池和电池盒的接头是否已经插到教学板的电源插座上。

开关“2”将会在后续章节中用到。将开关拨至“2”后，电源不仅要给教学板供电，同时还会给机器人的执行机构——伺服电机供电，同样，此时绿色 LED 电源指示灯仍然会变亮。

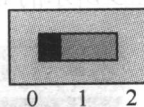


图 1-5 处于关闭状态的三位开关

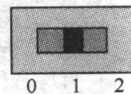


图 1-6 处于 1 位状态的三位开关

任务 4 你的第一个程序

你编写和测试的第一个 C 语言程序将告诉 AT89S52 单片机控制器，让它在执行程序时发送一条信息给 PC（或笔记本电脑）。

创建与编辑你的第一个程序

双击 Keil uVision IDE 的图标，启动 Keil uVision IDE 程序，你会得到如图 1-7 所示的 Keil uVision2 IDE 的主界面。通过用 Project 菜单中的 New Project 命令建立项目文件，过程如下。

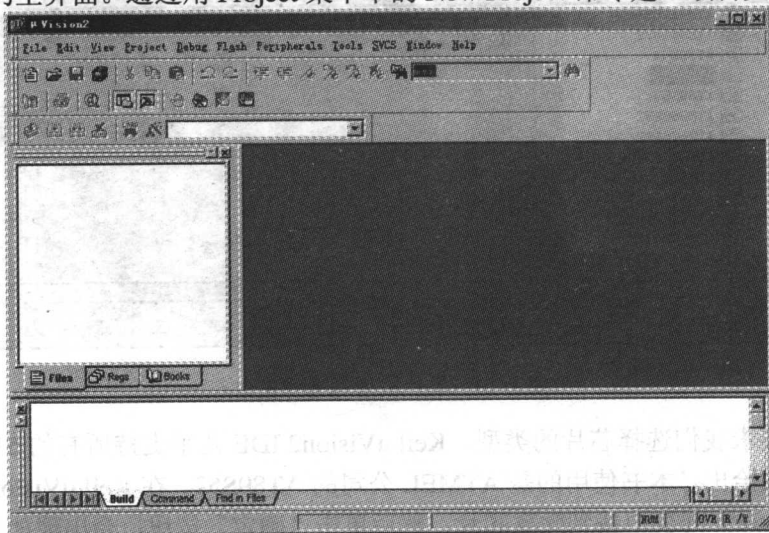


图 1-7 Keil uVision2 IDE 的主界面



(1) 单击 Project, 会出现如图 1-8 所示的菜单画面, 然后选择 “New Project”, 将出现如图 1-9 所示的对话框。

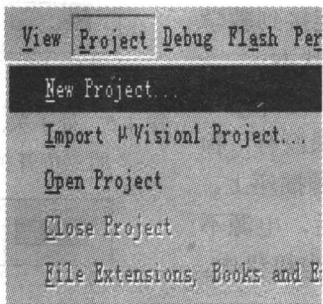


图 1-8 Project 菜单

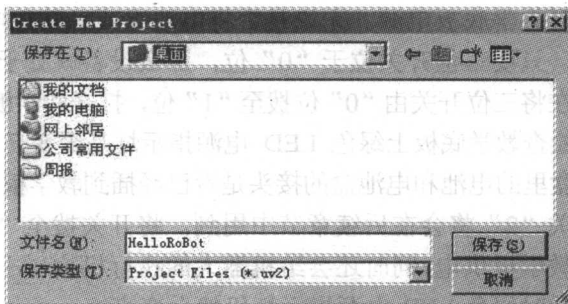


图 1-9 Create New Project 对话框

(2) 在文件名中输入 “HelloRoBot”, 保存在你想保存的位置 (如 D:\C51 单片机应用与 C 语言程序设计\程序\Chapter 1), 可不用加后缀名, 单击 “保存” 按钮, 会出现如图 1-10 所示的窗口。

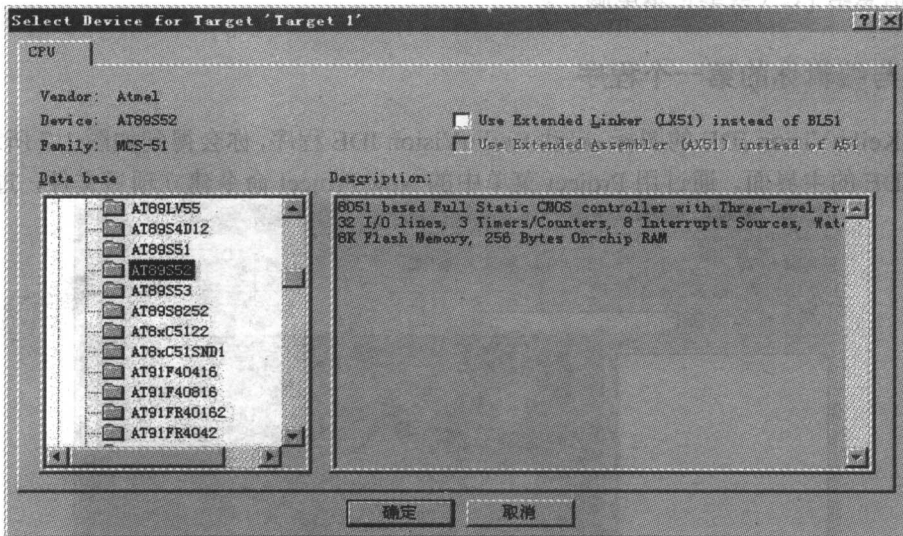


图 1-10 单片机型号选择窗口

(3) 这里要求我们选择芯片的类型, Keil uVision2 IDE 几乎支持所有的 51 核心单片机, 并以列表的形式给出。本书使用的是 ATMEL 公司的 AT89S52, 在 Keil uVision2 IDE 提供的数据库 (Data base) 列表中找到此款芯片, 然后单击 “确定” 按钮, 会出现如图 1-11 所示的窗口, 询问你是否加载 8051 启动代码, 在这里我们选择 “否”, 不加载。(如果选择 “是”,



对你的程序没有任何影响。若你感兴趣，可选择“是”，看看编译器加载了哪些代码。）之后会出现如图 1-12 所示画面，此时即得到了项目文件。

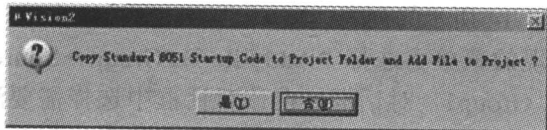


图 1-11 是否加载 8051 启动代码提示窗口

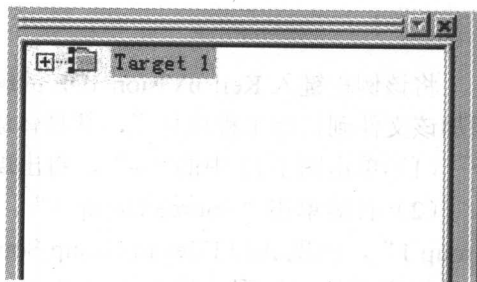



图 1-12 目标工程窗口

项目文件创建后，这时只有一个框架，紧接着需要向项目文件中添加程序文件内容。Keil uVision2 支持 C 语言程序。可以是已经建立好的程序文件，也可以是新建的程序文件。如果是建立好的程序文件，则直接用后面的方法添加；如果是新建立的程序文件，则先将程序文件.c 存盘后再添加。

单击  按钮（或通过“File→New”操作）为该项目新建一个 C 语言程序文件，保存后弹出如图 1-13 所示的对话框，将文件保存在项目文件夹中，在文件类型中填写.c（这里.c 为文件扩展名，表示此文件类型为 C 语言源文件），因为下面将采用 C 语言编写第一个程序。

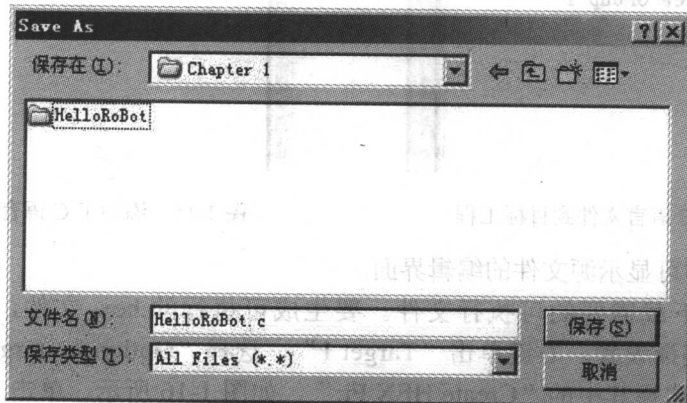


图 1-13 C 语言源文件保存对话框

例程：HelloRoBot.c

```
#include<uart.h>
int main(void)
{
```