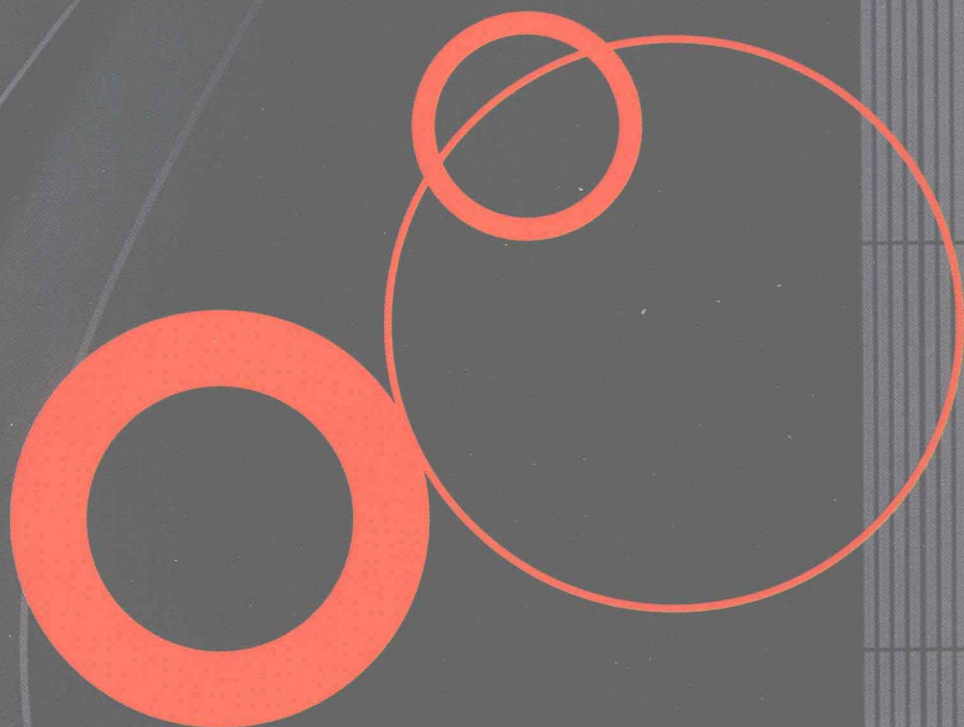




全国职业院校技能大赛系列丛书



# 单片机控制 项目训练教程

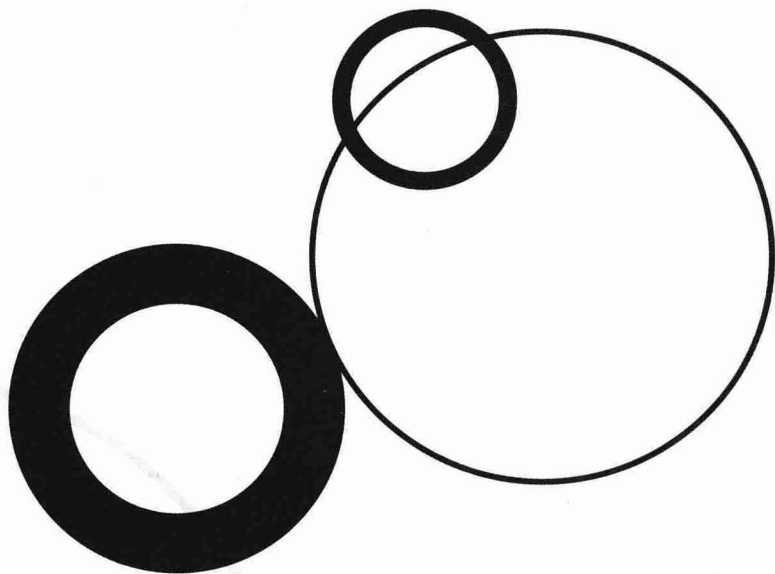
葛金印 商联红 主编



高等教育出版社



全国职业院校技能大赛系列丛书



# 单片机控制 项目训练教程

Danpianji Kongzhi Xiangmu Xunlian Jiaocheng



高等教育出版社·北京  
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

## 内容简介

本书是全国职业院校技能大赛系列丛书之一。本书以实践为主线,从典型应用、实用的角度出发,通过丰富的 C 语言项目实例,由浅入深地介绍了 51 系列单片机的各种应用开发技术。

本书所选项目覆盖了单片机的主要应用技术,包括输入/输出,定时器、中断的使用,数码管和液晶显示,直流电机、步进电机控制系统,串行口通信,A/D 转换、D/A 转换,EEPROM 等。所有的项目都具有很强的实用性,所有的程序代码都使用 C 语言编程实现,简单易学。每个项目都在 YL-236 型单片机实训考核装置上调试成功,读者也可以通过 Proteus 仿真软件进行模拟调试。

本书可作为参加全国职业院校技能大赛的备赛指导用书,也可作为职业院校相关专业的教学用书和培训教材。

## 图书在版编目(CIP)数据

单片机控制项目训练教程/葛金印,商联红主编.—北京:  
高等教育出版社,2010.3

ISBN 978-7-04-028742-4

I. ①单… II. ①葛… ②商… III. ①单片微型计算机-计算机控制-职业教育-教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 028031 号

策划编辑 陈大力

责任编辑 李葛平

封面设计 于涛

版式设计 于涛 王莹

责任校对 王效珍

责任印制 朱学忠

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街 4 号  
邮政编码 100120  
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司  
印 刷 河北新华印刷一厂

开 本 787×1092 1/16  
印 张 21.25  
字 数 520 000

购书热线 010-58581118  
咨询电话 400-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2010 年 3 月第 1 版  
印 次 2010 年 3 月第 1 次印刷  
定 价 27.30 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 28742-00



全国职业院校技能大赛系列丛书  
编辑委员会名单

主任委员 葛道凯 靳润成

副主任委员 刘 桔 刘建同 何秀超 刘 欣 岳腾仑 陈燕丽

委 员 (以姓氏笔画为序)

王扬南 叶 庆 刘 杰 刘宝民

刘培俊 李 刚 张志坤 张建敏

狄建明 范 唯 林 宇 孟志咸

郭春明 葛维威 谢 俐

顾 问 黄 尧 何致瑜

## 前言

单片机控制技术已广泛应用于国民经济的各个领域及日常工作和生活中的方方面面。科技的进步和经济的发展需要大量能熟练运用单片机控制技术的高素质技能型人才。

2009年全国职业院校技能大赛中新增“单片机控制装置安装与调试”项目的成功实施，充分展示了职业院校专业建设、课程改革的成果及职校学生的聪明才智和优良职业能力。职业院校单片机课程教学质量的有效提高首先得益于职业院校不断地更新教学理念，矢志改革和创新，努力贯彻“以就业为导向”、“工学结合、校企合作”的人才培养模式和坚持“做中教、做中学”的人才培养过程与方法；其次是要感谢中国亚龙科技集团研发出了集科学性、先进性、实用性、开放性于一体的YL-236型单片机实训考核装置，引领了单片机课程教学的改革，使课程教学更具针对性、有效性；再则是各地各校领导和教师们辛勤耕耘、共同努力的结果。

教材应该是体现先进理念、培养模式、教学方法的载体。为扩大优质资源的示范辐射作用，让全体职校学生受益，达到共同提高的目的，我们组织编写了本教材，其特征为：

一、本书由“单片机控制装置安装与调试”竞赛项目首席裁判领衔，技能大赛国家级裁判、金牌教练、师资培训导师共同执笔编写，面向职业院校全体学生，针对性、实用性强。

二、遵循职教原则和职校学生的认知及技能形成规律，由浅入深、由单一到综合、由简单到复杂，循序渐进，语言通俗易懂，图例清楚直观，便于学生自主学习。

三、从实际应用项目出发，理论与实践一体、教学做合一，紧密结合教学装备编写教材，便于实施，且教学目标达成率高。

四、理论与实际相结合，工作过程与学习相结合，模仿与创新相结合，职业素养与专门技能训练相结合，阶段性学习与终身学习能力培养相结合，面向全体学生和培养竞赛选手相结合。

五、融入新技术、新方法，拓展新知识，体现教材的时代性、先进性。

六、本书共设置了23个训练项目，其中：项目一~项目十为基础应用项目，项目十一~项目十九为扩展应用项目，项目二十~项目二十三为综合训练项目。每个项目都有经过验证的参考控制程序，各校可根据当地社会企业对相关从业人员的具体要求及学校教学安排自主选择教学项目，以体现差异性。

本书由全国技能大赛单片机项目首席裁判葛金印和全国技能大赛单片机项目裁判商联红任主编，商联红老师编写了项目三、六、十一、十三并负责全书统稿；无锡机电高等职业技术学校徐自远老师编写了项目一、二、八、九、十五、十七、二十二；毛新刚老师编写了项目五、十、十六、十八、十九、二十；时振伟老师编写了项目四、七、十二、十四、二十一、二十三。葛金印审阅了全书。

由于编写时间仓促，编者水平有限，教材中难免存在各种差错，敬请使用者提出宝贵意见和建议。

编者

2010年2月

# 目录

绪论	1	项目十三 数字电压表	173
0.1 单片机应用概述	1	项目十四 调光台灯	186
0.2 51 系列单片机与 Keil C51 的使用	5	项目十五 电葫芦控制器	197
模块一 51 系列单片机基础应用项目	14	项目十六 单轴移动平台	203
项目一 LED 闪烁灯	14	项目十七 音乐盒	214
项目二 流水灯	26	项目十八 I <sup>2</sup> C 总线 EEPROM	224
项目三 交通灯	32	项目十九 电子温度计	232
项目四 LED 数码管数字显示	39	模块三 综合训练项目	244
项目五 按键控制计数器	58	项目二十 加热炉	244
项目六 电子计时秒表	67	项目二十一 模拟机械手	261
项目七 电话按键键盘	78	项目二十二 电梯控制装置	284
项目八 串行口调时时钟	98	项目二十三 2009 年单片机 全国大赛试题	305
项目九 电子密码锁	111	附录	324
项目十 点阵显示屏	121	附录 A C51 关键字、数据类型及 运算符	324
模块二 51 系列单片机扩展应用项目	132	附录 B C51 程序的基本语句	327
项目十一 1602 液晶显示计数器	132		
项目十二 小广告牌	149		

# 绪 论

## 0.1 单片机应用概述

### 【认识单片机】

单片机全称为单片微型计算机，它是一种将中央处理器（CPU）、存储器（RAM 和 ROM）、输入/输出接口（I/O 口）以及其他特殊功能的部件集成在一起的集成芯片，即单片机就是一块具有计算机功能的集成芯片。当然它不是我们通常所说的计算机（PC 机），而是简化了的 PC 机。单片机最初应用于实时控制领域，由于其体积小，常作为其他系统的组成部分，所以又称为嵌入式控制器。单片机由于体积小、功能强、价格低，在各个领域得到了广泛应用。许多产品在应用单片机技术之后不仅简化了硬件电路、降低了成本，而且增强了功能。目前，以单片机为核心的智能控制产品正以前所未有的速度取代传统的电子线路产品，可以毫不夸张地说，单片机的应用已经进入到现代社会生活的方方面面，是“无处不在”的。因此熟悉并掌握单片机技术，对现代社会工程技术人员是非常必要的。

#### 一、单片机的发展现状

自 Intel 公司于 1971 年推出 4 位的单片机之后，经历了以 Intel 公司 MCS-48 为代表的单片机发展的第一阶段，以 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机为代表的第二个阶段，到目前的 8 位单片机改良型及 16 位、32 位单片机发展阶段。

如今世界很多厂商已研制了多个系列、多个品种的单片机。随着单片机制造工艺水平的提高，单片机产品正朝着高性能、大容量存储器和功能高度集成化等多功能方向发展。在提高单片机的性能方面，主要是通过增加 CPU 的字长、提高时钟频率提高 CPU 的数据处理能力，采用多流水线结构和双 CPU 的结构提高单片机的性能。以往单片机应用时存储器不够只有通过外部扩展来实现，现在许多单片机内部集成了 EEPROM 或 FlashROM，不仅存储容量大，而且具有掉电信息不丢失的特点，大大方便了系统的设计和调试。在功能集成化方面，为了拓展单片机的功能，往往根据实际应用的需要，将更多的外围功能器件集成在单片机的内部，这不仅大大拓展了单片机的功能，使单片机的外围电路简化，而且提高了单片机系统的可靠性，降低了系统的成本。例如：某些单片机的并行 I/O 口驱动能力很强，可直接驱动七段数码管等大电流负载；某些单片机片内集成有 A/D 转换器，在设计需要 A/D 转换系统的电路中就可以省掉外部 A/D 转换器。许多单片机内部带有软件狗、锁相环（PLL）控制等特殊功能。在具体应用时，应根据需求，参考对应的单片机的功能资料进行选型。

#### 二、常用的单片机

单片机种类繁多，产品性能各异，针对实际应用，首先要了解最常用的几种类型的单片机。

##### 1. Atmel 8051 单片机

8051 系列单片机是以 Intel 公司生产的 8051 单片机为核心的一系列单片机的总称，属于集中指令集（CISC）单片机。这种类型的单片机采用冯·诺伊曼结构，指令丰富，功能较强。

由于 8051 单片机最早由 Intel 公司推出，而且市场上 8051 单片机的硬件支持和软件应用程序十分方便，所以多家公司（如 Philips、Atmel、Winbond 等）购买了 8051 的内核推出了与 8051 兼容的单片机。新一代 8051 单片机集成度更高，在其内部集成了更多的功能部件，如 A/D、PWM、WDT 及高速 I/O 口等，在工业测控领域得到了广泛的应用。虽然不同厂家生产的不同型号的 8051 单片机各有特点，但其内核相同，指令系统也完全相同，是应用较广泛的一类单片机。其中 Atmel 公司生产的 AT89 系列单片机如 AT89C2051、AT89S51、AT89S52 等型号是市场上较常见的品种，图 1 所示为常见 AT89S 系列单片机的外形。

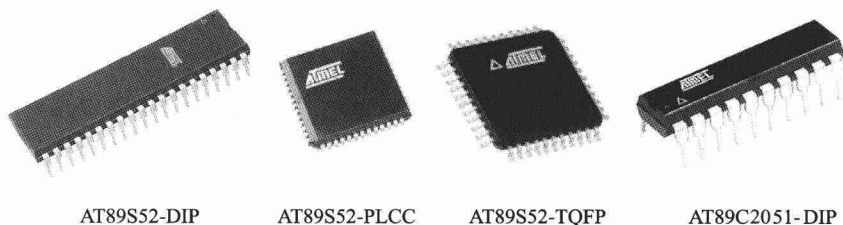


图 1 常见 AT89S 系列单片机外形

## 2. Atmel AVR 单片机

Atmel 公司的 AVR 单片机是基于增强精简指令集（RISC）的单片机，芯片内部集成高速 Flash 存储器。该系列单片机在吸收了 8051 单片机优点的基础上进行了大量的改进，采用了哈佛结构，不仅具有运行速度快、存储容量大、片内资源丰富（包含模拟比较器、带内部晶振的可编程看门狗定时器、为下载程序而设计的 SPI 串行口、10 位 A/D 转换器等多项功能）、I/O 口功能强、保密性能高、电源电压范围宽（2.7 ~ 6.0 V）、抗干扰能力强等一系列优点，而且使用 ISP 下载编程方式编程，开发费用低廉；广泛应用在要求有高度灵活性和低成本的情况。典型应用产品为 AT90S 系列、ATmega 系列，ATmega 系列型号如 ATmega16、ATmega64 等。

## 3. Microchip PIC 单片机

PIC 系列单片机也是采用精简指令集的单片机，CPU 采用哈佛的双总线结构，指令运行速度快，效率高。此外，该系列单片机具有体积小、功耗低、价格低、驱动能力强、保密性高、一次性编程等优点，适用于用量大、档次低、价格敏感的产品，在消费电子产品、智能仪器仪表、汽车电子、工业控制等领域都有着广泛的应用。常用的产品型号如 PIC16C74。

## 4. TI MSP430 系列单片机

MSP430 系列单片机是 TI 公司生产的功能强大的 16 位单片机，具有超低功耗、外设丰富、处理能力强、运行速度快等优点。特别是采用了 Flash 型程序存储器和 JTAG 技术，只需要一台 PC 机和一个 JTAG 调试器，而不需要编程器，开发和调试十分方便，而且价格也相对低廉。因其具有超低功耗的特点，所以非常适合应用于便携设备中。





### 小知识点：如何得到单片机的资料和帮助

在学习使用单片机的过程中，为了得到单片机的相关资料，除了可以向熟悉单片机的技术人员了解之外，更多是可以通过互联网查找得到相关资料，那么需要查什么呢？

(1) 查找对应芯片的数据手册 (Datasheet)，即对应芯片的 PDF 文件。几乎所有芯片的数据资料都有 PDF 格式的文件。PDF 文件可以通过安装 PDF 文件阅读器 (如 AdobeReader) 来打开。例如：要得到 AT89S52 的数据文件，则可以在搜索引擎 Google 中输入 AT89S52 PDF，从搜索结果中找到对应的链接，下载或打开与之对应的 PDF 文件就可以看到 AT89S52 的数据资料了。

(2) 通过公司网站得到芯片应用资源和支持。在对应芯片的公司网站上有许多相关芯片的资料，如典型应用电路、源代码、测试工具软件、开发应用笔记等，通过参考别人成功的经验，会使自己的学习突飞猛进。如 Atmel 公司的网站地址为 [www.atmel.com](http://www.atmel.com)，从该网站上可以找到相关的资料，通过该网站也可以与公司技术人员联系获得技术支持。

(3) 通过网站和论坛获得别人的成功经验和帮助。在互联网上有许多关于单片机的网站、技术论坛或单片机应用板块，从中可以得到很多想要的信息。

此外，在开发软件的环境中的帮助文件也许会有相关的知识。

### 【如何学习和使用单片机】

通过前面内容的学习，我们知道单片机功能强大，应用广泛。那么应如何学习和使用单片机呢？

首先必须熟悉单片机应用的开发模式。

#### 一、单片机应用开发模式

##### 1. 使用仿真器开发

仿真是采用可控的手段来模仿真实的情况，可以是软件仿真，也可以是硬件仿真。单片机开发中所连接的外设仿真器属于硬件仿真，应用时它代替了单片机的功能，通过它用户可以对程序的运行进行控制，如单步、设置断点、全速运行等。常用的硬件仿真器有万利仿真器、伟福仿真器、周立功仿真器等。软件仿真主要是通过计算机软件来模拟运行，用户不需要搭建硬件电路就可以对程序进行调试验证。在开发和调试项目时，可能会遇到很多问题，借助于仿真器能及时地查找问题的来源，方便地观察到存储器及寄存器的内容。但仿真器终究不是单片机，有时代码在仿真器上能通过，但在单片机中不能正常工作，反而增加了调试的难度，所以应尽量挑选好的仿真器。

##### 2. 使用编程器开发

编程器又称为程序烧写器，用于将调试生成的扩展名为 BIN 或 HEX 的文件固化到存储器中。由于芯片生产厂家多，型号也多，所以通用编程器应支持多种芯片程序的读写操作，好的编程器支持的芯片型号很多。常用的编程器有希尔特 SUPERPRO 通用编程器、周立功 EASYPRO 通用编程器等。使用编程器烧写程序的方法开发单片机，使得程序调试好后就可在实际的环境中正常运行，但调试程序要将芯片在目标板与编程器之间转移，大部分时间在做简

单的编译、编程重复操作工作，操作使用不便，也不容易得到程序运行过程中相关变量的数据，所以编程器往往用于仿真器不能正常调试的情况或用仿真器调试成功后对芯片程序的烧写。

### 3. 使用 ISP

ISP 即在系统可编程，类似于使用编程器开发模式。利用单片机芯片的在系统编程功能，不需要将单片机芯片从目标板上移出，而是通过专用的 ISP 下载线对单片机程序进行烧写，在程序设计编译好后，下载到芯片上运行，真正实现“所编即所得”。AT89S52 是支持这种开发模式的单片机。不同的单片机，ISP 固化软件也不同。

#### 二、学习单片机的硬件条件

单片机的设计和应用涉及到硬件电路和软件编程，实践表明，按照“做中学，学中做”的理念去动手做项目（或完成任务）是掌握单片机技术的有效方法之一。为了能动手做单片机的项目任务，必须具备下列硬件条件：

(1) PC 机及相关软件。单片机项目硬件电路的设计，软件的编程、调试，网上资料的收集，工具软件的使用都离不开 PC 机，所以必须配备 PC 机。对其硬件配置要求不很高，但最好要有串口，方便通信程序的调试。对于软件，主要是集成的开发环境和工具软件，如本书所使用的仿真器自带的 Medwin 集成开发环境，Keil C 编译器，Proteus 仿真调试软件，编程器软件，串口调试助手，PDF 文件阅读器，电路设计软件 Protel 等。

(2) 单片机实验电路板或实训装置。它们是单片机实现项目任务的载体。有了单片机实验电路板或实训装置，单片机的硬件电路可以通过搭积木式的方法进行连接，节省了调试硬件时间，节约了成本，我们可以集中精力学习单片机编程技术。另外，将写有程序的单片机放到目标电路板上去通电运行，能够直观地看到项目的实际效果，增强我们学习的信心。本书所选用的 YL-236 型单片机实训考核装置就是很好的实训装置。

(3) 编程器及单片机芯片。编程器可以是通用的编程器，也可以是 ISP 下载式编程器，它是将程序写入单片机的最常用的工具。单片机可选择与 8051 相兼容的市场主流芯片，如 AT89S 系列、STC89 系列、W77 或 W78 系列等。

#### 三、学习的内容

学习单片机究竟要学哪些内容呢？概括起来主要有以下几点：

(1) 学习单片机的外部引脚功能及内部结构。使用单片机首先必须熟悉单片机的外部引脚功能和内部结构，在此基础上才能正确理解单片机与目标电路的连接关系。学习时，可以把单片机内部当成一个黑匣子，不用知道其内部电路，只要熟悉内部功能框图、明确引脚的功能和外部应用特性即可。由于目前单片机市场上的种类及型号多达上千种，外部引脚和内部资源相差很大，本教材仍以 8051 为内核的 8 位 AT89S51/S2 芯片为讲述原型，因为其市场应用和兼容性仍占主流地位。

(2) 学习单片机程序的编写，并能熟练运用开发环境进行程序的编译和调试。要让单片机按照编程者的意愿去工作，就必须由程序去控制它。因此，在硬件电路确立后，就必须根据项目任务的要求，将实现任务的方法用单片机能识别和执行的语言描述出来，这就是单片机应用程序。单片机应用程序的编写和调试是学习单片机的核心。

(3) 学习单片机接口技术和扩展技术。在单片机应用系统中，单片机总要通过 I/O 口与

其他外设相连。通常单片机的引脚与系统中其他器件在工作电压、逻辑电平、驱动能力、信号模式等方面存在着差异和不匹配问题，因此，在它们之间需要通过引入其他芯片或器件来消除这种不匹配，使其能正常工作，这就是单片机的接口技术。在很多复杂的系统中，单片机内的 RAM（数据存储器）、ROM（程序存储器）和 I/O 接口数量有限，无法满足系统的要求。在这种情况下，就需要通过外加芯片或器件来扩展单片机的存储器容量和 I/O 接口，这就是单片机的扩展技术。通过学习必须能够对接口和扩展的芯片进行硬件的设计和软件的编程。

#### 四、单片机应用的一般步骤

(1) 明确项目要求，确定实现的方案，设计硬件电路。根据项目要求，首先应查找资料，分析技术要点，借鉴可用的技术，确定初步方案；然后是选择典型电路，设计硬件电路原理图。如果采用实验电路板或实训装置，只要确定目标电路与单片机的连接关系即可。

(2) 根据任务要求进行软件编程。这一步骤往往是单片机学习和应用的核心，也是难点。通常的编程方法有汇编语言和 C 语言，本教材以 C 语言进行编程。在编程之前最好画出程序流程图，这样可以进一步提高编程的效率。程序设计尽量采用模块程序设计方法，即将一个较长的程序分成若干个子程序模块，对各子程序分别编程、调试，完成之后通过主程序调用或连接生成一个完整的程序。模块程序设计便于程序的移植和修改，也可提高编程的效率。

(3) 对源程序进行编译调试，将调试正确的扩展名为 .HEX 的目标文件写入单片机。将使用 Keil C 语言编写的扩展名为 C（汇编语言编写的扩展名为 ASM）的源程序通过开发环境自带的编译工具进行编译，得到扩展名为 HEX 的目标程序，使用编程器或 ISP 下载线写入单片机。观察是否能实现项目任务要求，如果不能，则通过仿真器或重新修改程序，检查软件，查看硬件电路的连接，重复进行本步骤进行调试，直到成功。

#### 【思考与练习】

1. 什么是单片机？它与一般微型计算机有什么区别？
2. 8051 单片机具有哪些独特的功能？
3. 单片机主要应用在哪些领域？
4. 单片机应用和开发的模式有哪几种？
5. 单片机应用的一般步骤是什么？

## 0.2 51 系列单片机与 Keil C51 的使用

51 系列单片机是以 Intel 公司推出的 MCS-51 为核心的一系列单片机，该系列单片机生产厂家有很多，它们的内部基本结构、基本性能和指令是相同的。本书以 Atmel 公司的 AT89S51/AT89S52 单片机为例进行应用项目的学习和实践，具有一定的代表性。

### 【AT89S51 单片机的引脚和内部结构】

#### 一、AT89S51 单片机的引脚

双列直插封装的 AT89S51 单片机的引脚如图 2 所示。

其引脚按功能可以分为以下几类：

#### (1) 电源 2 个引脚

$V_{CC}$ （40 脚）：单片机工作电源正极引脚，接 +5V。

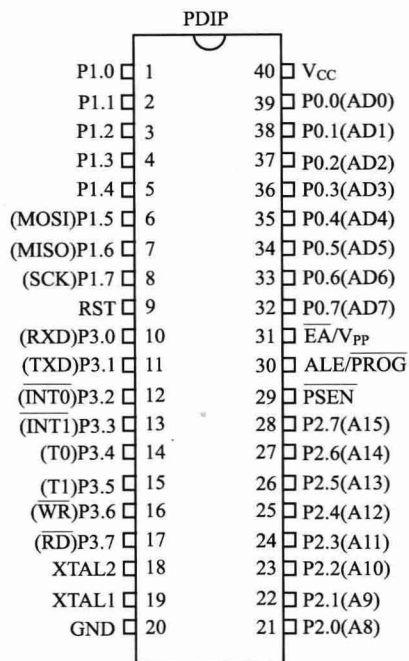


图2 AT89S51 单片机的引脚

GND (20 脚): 单片机接地引脚。

#### (2) 振荡时钟 2 个引脚

XTAL1 (19): 接外部晶振的一端。采用外部时钟时, 该引脚必须接地。

XTAL2 (18): 接外部晶振的另一端。采用外部时钟时, 该引脚输入外部时钟脉冲信号。

应用时, 在该两脚之间接入一只晶体振荡器, 通过内部放大电路产生振荡信号。也可以由外部提供时钟脉冲。

#### (3) 输入/输出 (I/O) 端口 P0、P1、P2、P3, 共 32 个引脚

单片机有四个 8 位的并行 I/O 端口, 分别是 P0 口 (P0.0 ~ P0.7, 39 ~ 32 脚), P1 口 (P1.0 ~ P1.7, 1 ~ 8 脚), P2 口 (P2.0 ~ P2.7, 21 ~ 28 脚), P3 口 (P3.0 ~ P3.7, 10 ~ 17 脚), 每个口都可以用作输入或输出口。其中 P0 口是一个漏极开路的 8 位准双向口, 除了可以作为通用的 I/O 口之外, 还可用作扩展外部存储器的数据总线和地址总线的低 8 位。P1 口是内部带上拉电阻的 8 位准双向 I/O 口。P2 口是内部带上拉电阻的 8 位准双向 I/O 口, 在扩展外部存储器时, 用作地址总线的高 8 位。P3 口也是内部带上拉电阻的 8 位准双向 I/O 口, 它还具有第二功能。

#### (4) 控制信号 4 个引脚

RST (9 脚): 复位引脚, 高电平有效。在此引脚加上高电平并维持一段时间 (两个机器周期), 就可以完成单片机的复位操作。

ALE/PROG (30 脚): 地址允许锁存信号端。当单片机访问外部存储器时, 用于把 P0 端口的低 8 位地址锁存到外部锁存器中, ALE 输出的频率为时钟振荡频率的 1/6; 在 EEPROM 编

程期间，此引脚用于输入编程脉冲信号。

$\overline{\text{PSEN}}$  (29 脚)：程序存储器允许输出信号端。输出的为读外部程序存储器的读选通信号。

$\overline{\text{EA/V}}_{\text{pp}}$  (31 脚)：外部程序存储器地址允许输入端/固化编程电压输入端。 $\overline{\text{EA}}$  为高电平时，单片机只访问内部程序存储器； $\overline{\text{EA}}$  为低电平时，单片机先访问内部程序存储器，当访问地址超过 4K 范围 (0FFFH) 时，单片机自动访问外部程序存储器。在对单片机编程期间，该引脚接入编程电压。

## 二、AT89S51 单片机的内部结构

AT89S51 单片机的内部基本结构如图 3 所示。

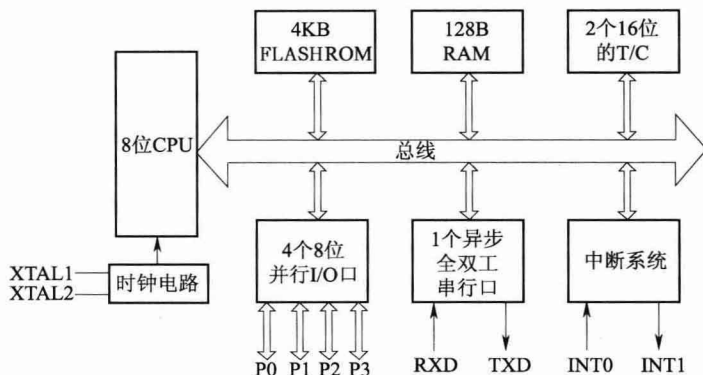


图 3 AT89S51 单片机的基本内部结构

其结构主要包括：一个 8 位的 CPU 用于执行各种指令和运算；内部带 128B 数据存储器，用于存放临时读写的数据；内部带有 4KB 程序存储器，用于存放程序和常数；4 个 8 位的并行 I/O 端口 P0 ~ P3 用于和外部相接实现输入或输出；内部具有 2 个 16 位可编程的定时器/计数器 T0 和 T1，用于对外部事件进行计数或实现定时功能；中断系统具有 5 个中断源，2 个中断优先级；1 个串行接口电路；内部时钟电路。以上各部分通过内部总线相连与 CPU 进行数据交换。

## 三、AT89S51 单片机的存储器结构

对于使用 Keil C 进行编译的用户而言，了解单片机内部存储器的组织结构可以在编程时合理地安排各种变量，最大限度实现代码优化。

### 1. 存储器的分类

存储器主要用来存放程序或数据。按照存储器的读写方式，可将存储器分为 ROM 和 RAM 两大类。ROM 中的信息只能读出，不能改写，系统断电时仍然能够保持，适合存放系统程序及表格常数等，目前应用较多的是 EEPROM 和 FlashROM。RAM 可随时进行读、写操作，但断电后数据会丢失，适合存放一些中间数据。

### 2. 存储器单元的常用单位

位 (bit, b)：它是计算机中能表示的最小数据单位。因为单片机使用二进制数，所以它只有 0, 1 两个数码。

字节 (byte, B)：连续的 8 位二进制数称为一个字节，即 1byte = 8bit。

字长，是指单片机能一次处理的二进制编码的位数。如 AT89S51 单片机为 8 位机，字长

就是 8 位。

存储器中用于存放数据的场所称为单元。每个单元都有一个特定的编号，称为地址，用若干位二进制数表示。存储器中数据的存放以字节为单位，一个单元可存放 1 个字节的数据，故常用存储器能存放的字节数来衡量存储器存储容量的大小。如 AT89S51 单片机程序存储器有 4096 存储单元，可存放 4096 字节的数据，称为 4KB 的存储空间，其存储容量就称为 4KB。

### 3. AT89S51 的程序存储器

AT89S51 程序存储器内部空间大小为 4KB，用于存放程序代码和表格常数，称为 CODE 空间。当单片机的引脚 EA 接高电平时，单片机使用片内的程序存储器，地址范围为 0000H ~ 0FFFH（H 表示为十六进制数，在 C 语言里在数字之前加入 0X）。需要注意的是程序存储器中的某些地址单元是留给系统用的，如 0003H ~ 0023H 为中断入口的地址段。

### 4. AT89S51 的数据存储器

AT89S51 的数据存储器空间最大为 256B，用于存放程序执行过程中的各种变量和临时数据。片内 RAM 的低 128 个字节可以用直接寻址的方式访问，称为 DATA 区。其中 00H ~ 1FH 地址范围平均分为四组，为工作寄存器区；20H ~ 2FH 地址范围内的每个存储单元的每一位都可以单独操作，称为位寻址区（BDATA 区）。51 系列单片机仅有上述低 128 个字节 RAM，52 子系列（如 AT89S52 单片机）增加了高 128 个字节的片内 RAM，整个片内 RAM 地址范围称为 IDATA 区。有些特殊功能寄存器是可以位寻址的，其可寻址的位称为 SBIT。而扩展的外部数据存储器空间大小为 64KB，称为 XDATA 区。

注：AT89S52 与 AT89S51 相比，仅内部 RAM 增大为 256B，多了一个具有捕获功能的定时器，其他部分基本相同。由于价格相差很小，所以常使用 AT89S52 单片机。

## 【Keil C51 的使用】

51 单片机系统正常工作除了需要硬件支持之外，还需要软件程序的支持。在哪里编写单片机的源程序？在哪里将其调试并生成 .hex 文件呢？这些工作可用单片机的一些编译软件完成。单片机唯一能够识别和运行的是二进制的机器码，使用编译软件将编写的高级语言源程序变成二进制机器码的过程称为编译，这种编译软件称为编译器。Keil C51 是当前使用最广泛的基于 51 单片机内核的软件开发平台之一，各硬件仿真器都支持 Keil C51 的使用，对于单片机开发用户，Keil C51 已经成为必备的开发工具之一。

Keil C  $\mu$ Vision2 是德国 Keil Software 公司推出的 51 系列单片机集成开发环境，它基于 Windows 的软件开发平台，集编辑、编译、汇编、连接、仿真调试于一体。开发人员可以利用它编辑汇编语言或 C 语言源程序，然后通过 A51 或 C51 编译生成目标文件，目标文件可以由 LIB51 创建生成库文件，也可以与库文件一起经 BL51 连接生成绝对的目标文件，再转换成标准的 .hex 文件，以进行软件的仿真程序调试，也可以由硬件仿真器直接对目标板进行调试。此外，还可以使用仿真器自带的开发工具进行编译和调试，如万利仿真器自带的 MedWin 集成开发环境功能就很强大。

Keil C51 软件可以从相关网站下载并安装。安装好后，双击桌面上的快捷图标或在“开始/程序”菜单中选择 Keil  $\mu$ Vision2，启动 Keil  $\mu$ Vision2 集成开发环境，启动后的画面如图 4 所示。

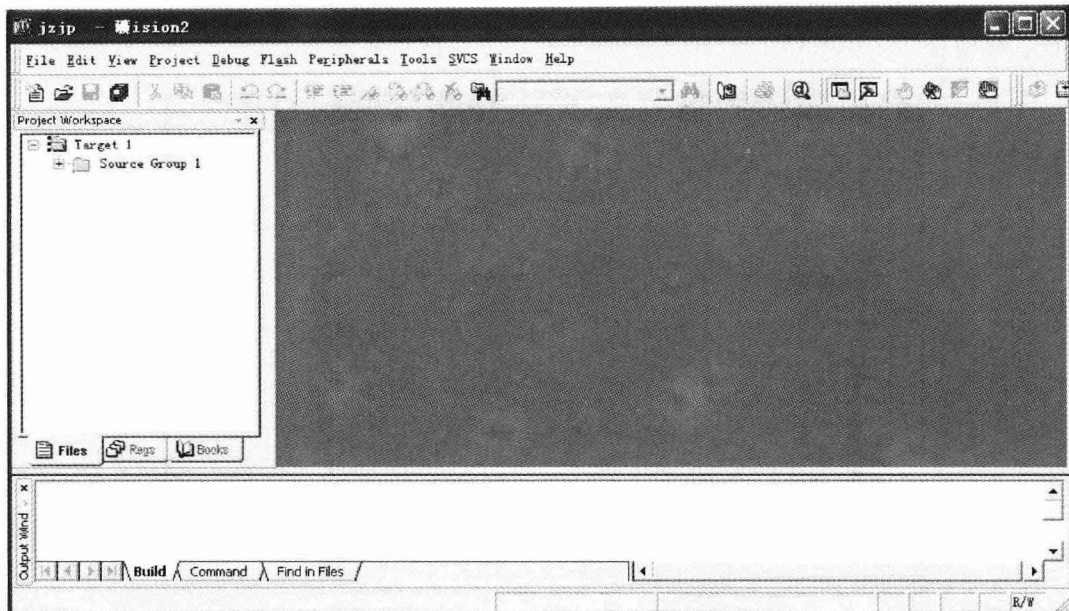



图 4 Keil  $\mu$ Vision2 启动后的界面

在项目开发过程中，并不是仅有源程序就可以的，还要为该项目选择 CPU，确定编译、连接的参数和调试的方式。而且有些项目由多个文件组成，所以 Keil 使用项目管理的方式将所有文件和参数集中在一个项目里。

下面详细介绍如何使用 Keil 进行应用软件的开发。

(1) 启动 Keil  $\mu$ Vision2，新建项目文件，从器件数据库中选择合适的 CPU。

Keil  $\mu$ Vision2 是一个标准的 Windows 应用程序，直接在桌面上双击  就可启动进入图 4 所示的启动界面。选择菜单中的“Project/ New Project”选项，在弹出的“Create New Project”对话框中要求输入项目名称。键入新建项目名称，不需要扩展名，单击“保存”按钮保存。接下来会弹出如图 5 所示的选择目标器件“Select Device for Target ‘Target 1’”对话框，在此对话框中，根据需要选择合适的单片机型号。选择时，单击所选厂家前面的“+”，展开之后选择所需的 CPU 型号即可。在“Project/Select Device for Target”下拉菜单中单击，会弹出如图 5 所示的对话框。注意：在 CPU 添加完成后会提示添加 Startup. a51 启动程序，启动程序用来清除数据存储器内容、初始化硬件及可重入堆栈指针等。一些 8051 派生的 CPU 需要初始化代码以使配置符合硬件上的设计。例如，Philips 的 8051RD + 片内 xdata RAM 需通过在启动程序中的设置才能使用。AT89S51 单片机不用添加。

(2) 创建新源程序文件，输入代码后保存，并把这个源文件添加到项目中。

项目创建完成后，还是一个空的项目，需要手动加入源程序文件。通过菜单“File/New”打开一个空的文本窗口，在打开的窗口中就可以输入源程序代码了，如图 6 所示。用汇编语言或 Keil C 语言键入源代码后，选择菜单“File/Save”或“File/Save as”命令保存源程序文件。在保存文件时，文件名可以是字符、字母或数字，并且一定要带扩展名（使用汇编语言编写

的源程序，扩展名为 .A51 或 .ASM；使用单片机 C 语言编写的源程序，扩展名为 .C)。注意：只有保存过的源程序，源程序窗口中的关键字才呈彩色高亮度显示。

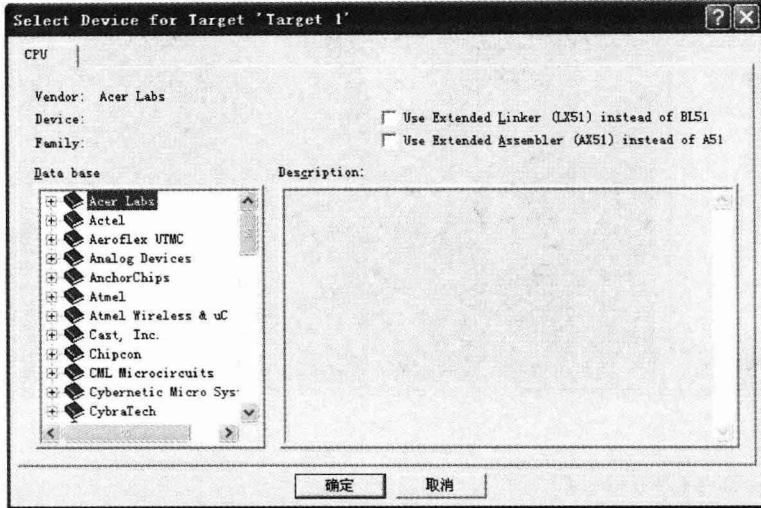


图 5 选择目标器件对话框

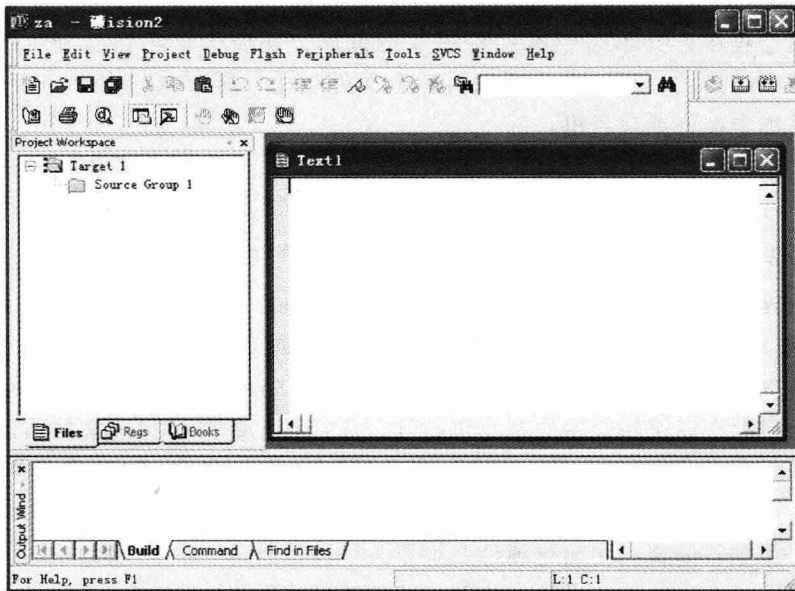


图 6 源程序文件输入窗口

在“Project Workspace”窗口中的“Source Group1”上右击，在弹出的下拉菜单中选择并单击“Add Files to Group ‘Source Group 1’”，出现如图 7 所示的添加源文件对话框。在该对话框中选择刚创建的源程序文件，单击“Add”即完成了源文件的添加。同样要注意，图 7 所示对话框下面的“文件类型”默认为 C 源文件，还可以添加其他类型的文件。





图7 添加源文件对话框

(3) 设置项目工具选项，使之适合目标硬件。

项目建立好后，还要对项目进行进一步的设置，以满足设计的要求。

在“Project”下拉菜单中选择“Options for Target”命令，将会出现“Options for Target ‘Target 1’”对话框，如图8所示。

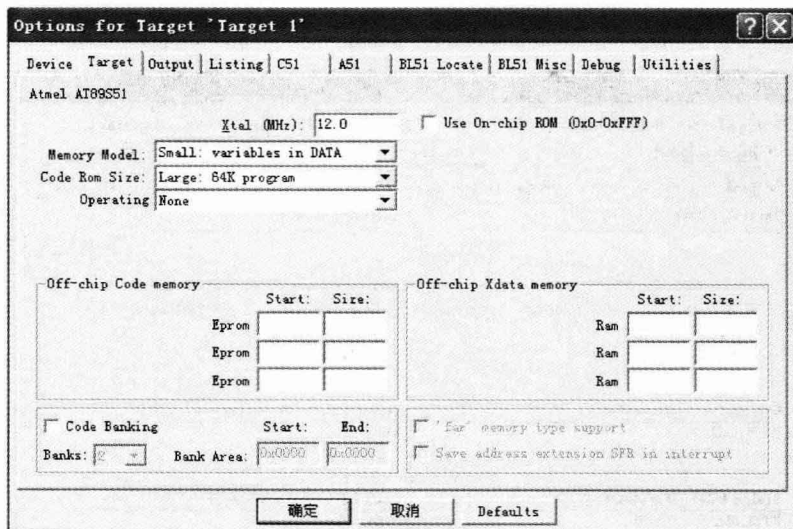


图8 项目设置中的 Target 页面