

电子信息
工学结合模式
系列教材

21世纪高职高专规划教材

高职高专电子信息类计算机教育“十二五”规划教材

单片机技术与应用教程

王文海 朱国军 主 编

周欢喜 谢伟华 副主编

王文杰 主审

电子信息
工学结合模式
系列教材

21世纪高职高专规划教材

单片机技术与应用教程

常州大学图书馆
藏书章

王文海 朱国军 主 编
周欢喜 谢伟华 副主编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以“项目为载体,采用任务驱动方式”编写。以 AT89C51 为单片机对象,结合 Keil μ Vision 2、Proteus 等单片机系统开发软件,从实用的角度出发,以项目实施为主线,系统介绍 51 单片机的 C 语言程序设计和接口应用技术。由简单到复杂,以设计制作交通灯、计数器、频率计、篮球记分牌、数字电压表、信号发生器、密码锁、数字钟、数字温度计及远程报警器 10 个项目,涵盖 51 单片机资源与结构、中断与定时计数器、键盘与显示、A/D 与 D/A、I²C 存储器、串行通信、单总线器件等接口应用技术,注重开发工具及软件使用技能的学习与实践,是一本工学结合的特色教材。

本书采用项目化的结构编写,适合案例教学与任务驱动法教学,是高职高专电类专业单片机技术课程的良好教材,也可作为广大单片机爱好者的自学用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

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

单片机技术与应用教程/王文海,朱国军主编. --北京:清华大学出版社,2014
21 世纪高职高专规划教材. 电子信息工学结合模式系列教材
ISBN 978-7-302-35739-1

I. ①单… II. ①王… ②朱… III. ①单片微型计算机—高等职业教育—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 060818 号

责任编辑:王剑乔

封面设计:傅瑞学

责任校对:袁 芳

责任印制:刘海龙

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 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

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795764

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:18.25 字 数:413 千字

版 次:2014 年 5 月第 1 版 印 次:2014 年 5 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:38.00 元

产品编号:054051-01

前言

在高职高专教学中,采用任务驱动、项目教学等模式,做到学以致用,有利于发挥学生学习的主动性,提高学习效率。项目与工作过程紧密结合,有利于学生适应将来的工作岗位。这也是本教材的特色所在。

与同类教材相比,本书具有以下特点。

(1) 采用项目驱动式的编写方法。本着“精讲、实用、易懂”的教学原则,以项目的完成过程作为教材编写的主线。

针对 51 单片机应用和 C51 中的难点,采用案例的方式进行讲解。

教材以项目为牵引,覆盖课程标准的知识点、能力点,通过项目的完成带动对单片机应用知识点的学习及应用能力的培养。

每个项目都给出了启发性的案例与实现步骤,通过努力可实现功能与指标,激发学生的学习兴趣。

项目提出了发挥部分,为学生的应用、创新留出发挥空间。

(2) 注重技术应用能力的培养。本教材中没有一个理论性的例题和练习,全部是设计、制作形式的拓展项目。

(3) 教材注重学习方法的培养。书中提供案例与学习资料,举一反三地设计、制作单片机小产品,起到巩固、应用和补充的作用。

(4) 重点、难点突出。将接口应用作为重点内容。针对编程难点,采用分解、案例示范的方式突破。

(5) 注重新知识、新器件的应用,书中介绍了 LCD1602、AT24C02、DS18B20、DS1302 等器件的应用。

本书由王文海、朱国军任主编,由周欢喜和长期从事单片机应用系统开发的中航集团 5712 飞机工业有限公司副总工程师谢伟华任副主编,中航集团 5712 飞机工业有限公司谭咏梅、王承文、周彩霞、戴俨炯、黄荻等教师参与了编写,由工程实践和教学经验丰富的王文杰教授主审。书中的教学实例既有较强的理论性,又有鲜明的实用性。

在教材编写过程中,我们虽然力求完美,但由于水平有限,书中难免有疏漏之处,敬请广大读者批评、指正。

编者

2014 年 3 月

目 录

项目 1 设计制作交通灯	1
1.1 学习目标	1
1.2 项目描述	1
1.3 相关知识	2
1.3.1 单片机简介	2
1.3.2 数制与编码	2
1.3.3 MCS-51 单片机常用开发工具及应用	5
1.3.4 MCS-51 单片机	15
1.3.5 单片机汇编程序设计	29
1.3.6 Keil C51 程序设计	46
1.4 项目实施	76
1.4.1 交通灯总体设计思路	76
1.4.2 设计交通灯硬件电路	77
1.4.3 设计交通灯程序	77
1.4.4 仿真交通灯	80
1.4.5 调试交通灯	80
1.5 拓展项目	81
项目 2 设计制作楼道计数器	82
2.1 学习目标	82
2.2 项目描述	82
2.3 相关知识	83
2.3.1 数组	83
2.3.2 LED 数码管显示	86
2.3.3 中断系统	93
2.3.4 外部中断源	98
2.4 项目实施	100
2.4.1 楼道人数计数器总体设计思路	100
2.4.2 设计楼道人数计数器硬件电路	100

2.4.3	设计楼道人数计数器程序	102
2.4.4	仿真楼道人数计数器	104
2.4.5	调试楼道人数计数器	104
2.5	拓展项目	105
项目 3	设计制作数字频率计	106
3.1	学习目标	106
3.2	项目描述	106
3.3	相关知识	107
3.3.1	指针	107
3.3.2	定时器/计数器	112
3.4	项目实施	121
3.4.1	数字频率计总体设计思路	121
3.4.2	设计数字频率计硬件电路	121
3.4.3	设计数字频率计程序	122
3.4.4	仿真数字频率计	126
3.4.5	调试数字频率计	126
3.5	拓展项目	127
项目 4	设计制作篮球记分牌	128
4.1	学习目标	128
4.2	项目描述	128
4.3	相关知识	129
4.3.1	键盘与消除键盘抖动	129
4.3.2	独立键盘	129
4.4	项目实施	133
4.4.1	篮球记分牌总体设计思路	133
4.4.2	设计篮球记分牌硬件电路	133
4.4.3	设计篮球记分牌程序	134
4.4.4	仿真篮球记分牌	142
4.4.5	调试篮球记分牌	143
4.5	拓展项目	143
项目 5	设计制作数字电压表	144
5.1	学习目标	144
5.2	项目描述	144
5.3	相关知识	145
5.3.1	液晶 LCD1602 应用	145

5.3.2	A/D 转换器主要性能指标及选型	151
5.3.3	ADC0809 A/D 转换器	152
5.4	项目实施	157
5.4.1	数字电压表总体设计思路	157
5.4.2	设计数字电压表硬件电路	157
5.4.3	设计电压表程序	157
5.4.4	仿真数字电压表	163
5.4.5	调试数字电压表	164
5.5	拓展项目	164
项目 6	设计制作信号发生器	165
6.1	学习目标	165
6.2	项目描述	165
6.3	相关知识	166
6.3.1	D/A 转换器的主要性能指标	166
6.3.2	DAC0832 D/A 转换器	167
6.4	项目实施	171
6.4.1	信号发生器总体设计思路	171
6.4.2	设计信号发生器硬件电路	173
6.4.3	设计信号发生器程序	173
6.4.4	仿真调试信号发生器	176
6.4.5	调试信号发生器	176
6.5	拓展项目	176
项目 7	设计制作密码锁	177
7.1	学习目标	177
7.2	项目描述	177
7.3	相关知识	178
7.3.1	矩阵键盘	178
7.3.2	AT24C02 应用	182
7.4	项目实施	192
7.4.1	密码锁总体设计思路	192
7.4.2	设计密码锁硬件电路	192
7.4.3	设计密码锁程序	194
7.4.4	仿真密码锁	198
7.4.5	调试密码锁	199
7.5	拓展项目	199

项目 8 设计制作数字钟	200
8.1 学习目标	200
8.2 项目描述	200
8.3 相关知识	201
8.3.1 结构体、联合体与枚举	201
8.3.2 DS1302 简介	209
8.4 项目实施	215
8.4.1 数字钟总体设计思路	215
8.4.2 设计数字钟硬件电路	215
8.4.3 设计数字钟程序	215
8.4.4 仿真数字钟	223
8.4.5 调试数字钟	223
8.5 拓展项目	224
项目 9 设计制作数字温度计	225
9.1 学习目标	225
9.2 项目描述	225
9.3 相关知识	226
9.3.1 单总线简介	226
9.3.2 DS18B20 应用	228
9.4 项目实施	235
9.4.1 数字温度计总体设计思路	235
9.4.2 设计数字温度计硬件电路	236
9.4.3 设计数字温度计程序	237
9.4.4 仿真数字温度计	239
9.4.5 调试数字温度计	240
9.5 拓展项目	240
项目 10 设计制作远程报警器	241
10.1 学习目标	241
10.2 项目描述	241
10.3 相关知识	242
10.3.1 串行通信	242
10.3.2 串行通信总线标准	244
10.3.3 MCS-51 的串行口	246
10.3.4 MCS-51 单片机之间的通信	251

10.4 项目实施	257
10.4.1 远程报警器总体设计思路	257
10.4.2 设计远程报警器硬件电路	257
10.4.3 设计远程报警器程序	260
10.4.4 仿真远程报警器	264
10.4.5 调试远程报警器	266
10.5 拓展项目	266
附录	267
附录 A 标准 ASCII 表	267
附录 B 指令表	270
附录 C Keil C51 常用库函数	274
附录 D Proteus 常用元件名称	276
附录 E LCD1602 常用字符对照表	277
附录 F 项目报告与项目评分标准	277
附录 G 所用设备、工具、器材表	278
参考文献	279

设计制作交通灯

1.1 学习目标

- (1) 掌握 MCS-51 的内部资源及最小系统。
- (2) 了解 MCS-51 的寻址方式及指令系统。
- (3) 掌握 C51 程序设计语言。
- (4) 了解 MCS-51 程序的基本结构及简单汇编程序设计。
- (5) 掌握 C51 的简单程序设计。
- (6) 掌握程序设计软件 Keil μ Vision 2、仿真软件 Proteus 及程序下载工具的使用。
- (7) 学会简单单片机控制系统的设计、制作与调试。

1.2 项目描述

1. 项目名称

设计制作交通灯。

2. 项目要求

- (1) 用 Keil C51、Proteus、EASY 下载软件作为开发工具。
- (2) AT89C51 单片机用作控制。
- (3) 6 只发光二极管用作交通状态显示。通行时绿灯亮,禁止时红灯亮,状态转换时黄灯亮。
- (4) 南北方向为主道,通行时间为 30s;东西方向为从道,通行时间为 20s;道路通行状态转换时间为 2s。
- (5) 发挥扩充功能,如用闪烁提示状态即将转换等。

3. 设计制作任务

- (1) 拟定总体设计制作方案。
- (2) 设计硬件电路。
- (3) 编制软件流程图及设计源程序。

- (4) 仿真调试交通灯。
- (5) 安装元件,制作交通灯,并调试功能指标。
- (6) 完成项目报告。

1.3 相关知识

1.3.1 单片机简介

计算机系统正向着巨型化、单片化、网络化方向发展。为了提高系统的可靠性,实现微型化,人们把计算机系统集成在一块半导体芯片上,这种单片计算机简称单片机。它的内部硬件结构和指令系统是针对自动控制应用而设计的,所以单片机又称为微控制器 MCU(Microcontroller Unit)。经历了由 4 位机到 8 位机再到 16 位机的发展过程,近年来 32 位机已进入实用阶段,但是 8 位机的性价比占优势,仍是主流机型。

单片机的制造商很多,主要有美国的 Intel、Motorola、Zilog 等公司。Intel 公司推出的 MCS-51 系列单片机使用最广泛,拥有多种芯片,分为 51 和 52 两个子系列,如表 1-1 所示。其中,51 子系列是基本型,52 子系列是增强型。在众多的 51 系列单片机中,Atmel 公司的 At89XX 系列更实用,其片内存储器是 Flash 工艺,可以在线擦除、改写,且对开发设备的要求低,开发时间大大缩短。

表 1-1 MCS-51 单片机系列

子系列	片内 ROM 形式			ROM 容量/KB	RAM 容量/B	寻址范围 /KB	I/O 端口			中断源
	无	ROM	EPROM				计数器	并行口	串行口	
51 系列	8031	8051	8751	4	128	2×64	2×16	4×8	1	5
	80C31	80C51	87C51	4	128	2×64	2×16	4×8	1	5
52 系列	8032	8052	8752	8	256	2×64	3×16	4×8	1	6
	80C32	80C52	87C52	8	256	2×64	3×16	4×8	1	6

单片机各个方面的性能不断提高,它不仅应用于通信、网络、金融、交通、医疗、消费电子、仪器仪表、制造业控制等领域,而且应用在航天、航空、军事装备领域。

1.3.2 数制与编码

1. 数制

(1) 十进制

十进制以 10 为基数,共有 0~9 十个数码,计数规律为低位向高位逢十进一。各数码在不同位的权不一样,故值也不同。例如 444,3 个数码虽然都是 4,但百位的 4 表示 400,即 4×10^2 ;十位的 4 表示 40,即 4×10^1 ;个位的 4 表示 4,即 4×10^0 。其中, 10^2 、 10^1 、 10^0 称为十进制数各位的权。例如,十进制数 585.5 按每一位数展开,表示为

$$(585.5)_{10} = 5 \times 10^2 + 8 \times 10^1 + 5 \times 10^0 + 5 \times 10^{-1}$$

(2) 二进制

计算机中经常采用二进制。二进制的基数为 2,共有 0 和 1 两个数码,计数规律为低

位向高位逢二进一。各数码在不同位的权不一样,故值也不同。二进制数用下标“B”或“2”表示。其权值为“ $\dots, 2^2, 2^1, 2^0, 2^{-1}, \dots$ ”。例如,二进制数 101.101 按每一位数展开,表示为

$$(101.101)_2 = 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 1 \times 2^{-1} + 0 \times 2^{-2} + 1 \times 2^{-3}$$

(3) 八进制

在八进制中,基数为 8。因此,在八进制中出现的数字字符有 8 个,即 0、1、2、3、4、5、6、7。每一位计数的原则为逢八进一,用下标“O”或“8”表示。其权值为“ $\dots, 8^2, 8^1, 8^0, 8^{-1}, \dots$ ”。例如,一个八进制数 61.3 按每一位数展开,表示为

$$(61.3)_8 = 6 \times 8^1 + 1 \times 8^0 + 3 \times 8^{-1}$$

(4) 十六进制

在十六进制中,基数为 16。因此,在十六进制中出现的数字字符有 16 个,即 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、B、C、D、E、F,其中 A、B、C、D、E、F 分别表示值 10、11、12、13、14、15。十六进制数中每一位的计数原则为逢十六进一,用下标“H”表示。其权值为“ $\dots, 16^2, 16^1, 16^0, 16^{-1}, \dots$ ”。例如,一个十六进制数 -A0.8 按每一位数展开,表示为

$$(-A0.8)_{16} = -(10 \times 16^1 + 0 \times 16^0 + 8 \times 16^{-1})$$

2. 各数制之间的转换

(1) R (R 表示任何数制的基数)进制数转换为十进制数

将二进制数、八进制数和十六进制数转换为等值的十进制数,采用按权相加法,用多项式表示,并在十进制下计算,所得的结果就是十进制数。

例如,将二进制数 1011101 转换为十进制数,

$$\begin{aligned} (1011101)_2 &= (1 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0)_{10} \\ &= (64 + 0 + 16 + 8 + 4 + 0 + 1)_{10} \\ &= (93)_{10} \end{aligned}$$

(2) 十进制数转换为 R 进制数

将十进制数转换为等值的二进制数、八进制数和十六进制数,需要对整数部分和小数部分分别转换。整数部分用连续除以基数 R 取余数倒排法来获得,小数部分用连续乘以基数 R 取整顺排法来获得。

例如,将十进制数 44.375 转换成二进制数(取小数点后 3 位)。根据转换规则,整数部分 44 用除 2 取余倒排法,即

2	44	余数	低位	0.375	整数	高位
2	22	... 0= K_0		$\times 2$	0.750 ... 0= K_{-1}	
2	11	... 0= K_1		0.750		
2	5	... 1= K_2		$\times 2$	1.500 ... 1= K_{-2}	
2	2	... 1= K_3		0.500		
2	1	... 0= K_4		$\times 2$	1.000 ... 1= K_{-3}	
2	0	... 1= K_5	高位	1.000		低位

$$(44)_{10} = (101100)_2$$

小数部分 0.375 采用乘 2 取整顺排法,即

$$(0.375)_{10} = (0.011)_2$$

所以

$$(44.375)_{10} = (101100.011)_2$$

(3) 二进制数与八进制数、十六进制数的转换

二进制数与八进制数的转换应以“3 位二进制数对应 1 位八进制数”的原则进行。二进制数与十六进制数的转换应以“4 位二进制数对应 1 位十六进制数”的原则进行。

例如,将 $(101100)_2$ 转换成十六进制数,有

$$(101100)_2 = (2C)_H$$

(4) 二进制数的运算原则

二进制数的运算原则是:对于加法,逢二进一;对于减法,借一当二;对于乘法,与算术乘法形式相同;对于除法,与算术除法形式相同。

3. 数据类型及数据单位

(1) 数据的两种类型

计算机中的数据分为两大类:数值型数据和字符型数据。所有的非数值型数据都要经过数字化后才能在计算机中存储和处理。

(2) 数据单位

在计算机中,通常使用 3 个数据单位:位、字节和字。位是最小的存储单位,英文名称是 bit,常用 b 或 bit 表示。用 8 位二进制数作为表示字符和数字的基本单元。

byte 称为字节,通常用 B 表示。

$$1B(\text{字节}) = 8\text{bit}(\text{位})$$

$$1KB(\text{千字节}) = 1024B(\text{字节})$$

$$1MB(\text{兆字节}) = 1024KB(\text{千字节})$$

字长也称为字或计算机字,它是计算机能并行处理的二进制数的位数。

4. 编码

(1) 8421BCD 码

用 4 位二进制数码表示 1 位十进制数,简称二—十进制码,又叫 BCD 码。其中,8421 BCD 码是最常用的 BCD 码,它和 4 位自然二进制码相似,各位的权值为 8、4、2、1;不同的是它只选用了 4 位二进制码中的前 10 组代码,即用 0000~1001 分别代表它所对应的十进制数 0~9,余下的 6 组代码不用,如表 1-2 所示。

表 1-2 8421BCD 码表

十进制数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
8421 码	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001

(2) ASCII 码

ASCII 码使用指定的 7 位或 8 位二进制数组合来表示 128 或 256 种可能的字符。标准 ASCII 码也叫基础 ASCII 码,使用 7 位二进制数来表示所有的大写和小写字母、数字

0~9、标点符号,以及在美式英语中使用的特殊控制字符。

0~31 及 127(共 33 个)是控制字符或通信专用字符(其余为可显示字符),如控制符 LF(换行)、CR(回车)、FF(换页)、DEL(删除)、BS(退格)、BEL(响铃);通信专用字符 SOH(文头)、EOT(文尾)、ACK(确认)等。ASCII 值为 8、9、10 和 13 分别转换为退格、制表、换行和回车字符。它们没有特定的图形显示,但依不同的应用程序,对文本显示有不同的影响。

32~126(共 95 个)是字符(32 是空格)。其中,48~57 为 0~9 十个阿拉伯数字,65~90 为 26 个大写英文字母,97~122 为 26 个小写英文字母,其余为标点符号、运算符号等。

在标准 ASCII 中,其最高位(b7)用作奇偶校验位。后 128 个称为扩展 ASCII 码,目前许多基于 x86 的系统都支持扩展(或“高”)ASCII。扩展 ASCII 码允许将每个字符的第 8 位用于确定附加的 128 个特殊符号字符、外来语字母和图形符号。

1.3.3 MCS-51 单片机常用开发工具及应用

Keil 公司开发的编译器、调试器、实时操作系统及集成开发环境全面支持 8051 单片机。Keil C51 开发平台 Keil μ Vision 2 软件功能齐全,能实现对 51 单片机的编辑、编译和调试。下面通过一个案例介绍其应用。

1. 应用 Keil μ Vision 2 开发软件编译、调试 LED 闪烁程序

1) 启动

用鼠标左键双击  图标,进入图 1-1 所示界面。

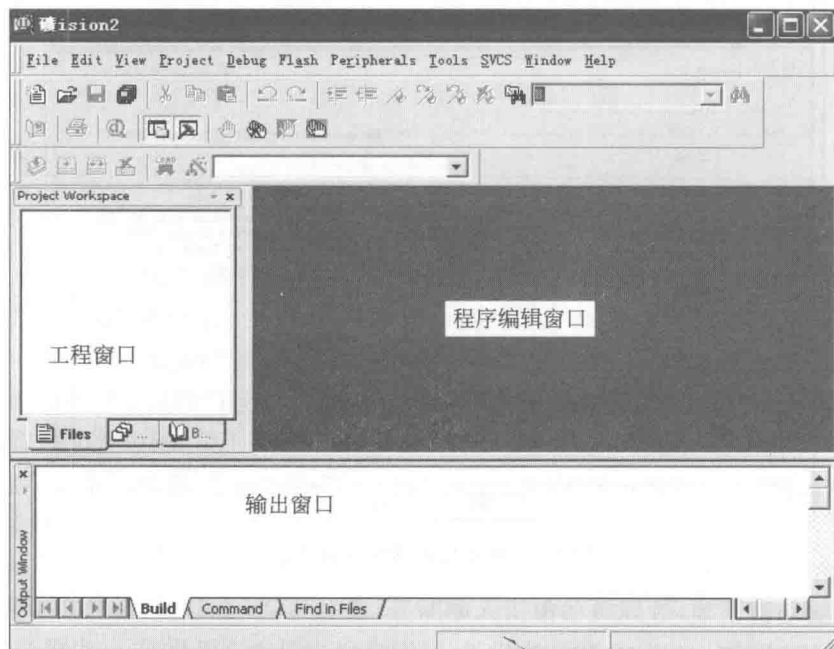


图 1-1 Keil μ Vision 2 工作界面

2) 建立项目

(1) 新建项目

Keil μ Vision 2 IDE 中按项目方式组织文件。C51 源程序、头文件等都放在项目文件(又称工程文件)中统一管理。

① 单击“Project”(项目)菜单,在弹出的下拉菜单中选择“New Project”(新建项目)选项,弹出图 1-2 所示的“Create New Project”(创建新项目)对话框。



图 1-2 “Create New Project”(创建新项目)对话框

② 在新建项目对话框中选择保存文件的位置(如 C 盘 two-led 文件夹)并命名文件名称(如“led”),文件类型默认为 *.uv2。然后单击“保存”按钮。

③ 保存项目文件后,在弹出的如图 1-3 所示对话框左侧“Data base”栏选择 Atmel 公司的“AT89C51”单片机型号,然后单击“确定”按钮。

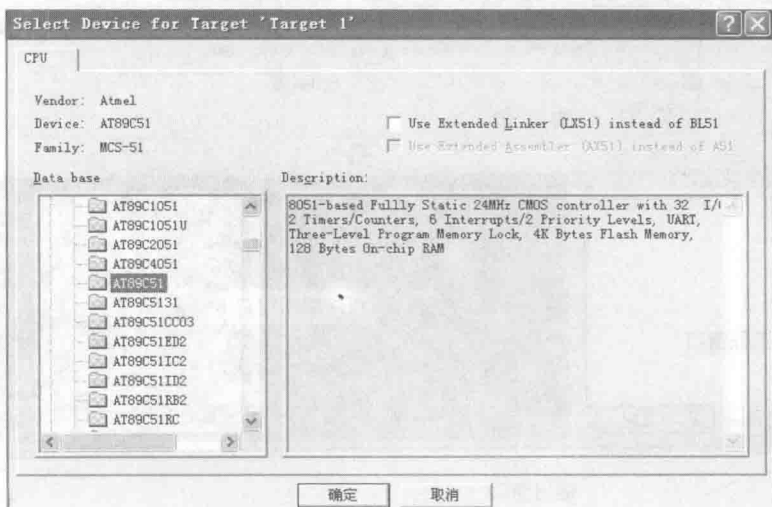


图 1-3 单片机内核选择对话框

(2) 设置项目

建立项目文件后,通常要设置项目文件,才能够对源程序进行编译等操作。

① 如图 1-4 所示,在项目工作界面单击菜单“Project”,然后选择“Options for Target

“Target 1”；或选择工具条上图标，弹出如图 1-5 所示项目设置界面。

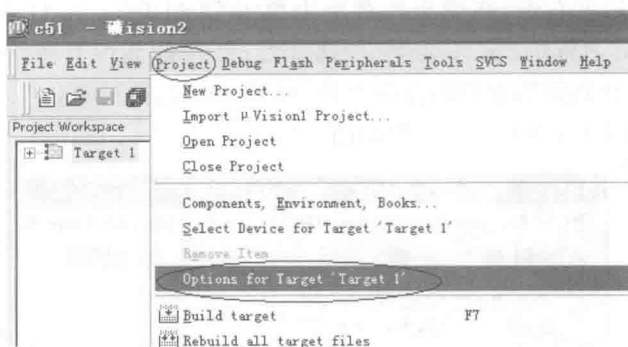


图 1-4 项目工作界面



图 1-5 项目设置界面

② 项目设置界面上部有多个选项卡，大多数保留默认设置即可，一般只设置“Target”、“Output”选项卡。“Target”选项卡的“Xtal”项设置与系统相符的参数（如“12MHz”）。对于“Output”选项卡，在“Create HEX File”前的复选框内打“√”；在“HEX”后的文本框中选择“HEX-80”；在“Browse Information”前的复选框内打“√”。

3) 源程序文件编辑

(1) 在项目工作界面，单击“File”（文件）菜单，再选中“New”（新建）选项，打开新建源程序文件编辑窗口。

(2) 单击“File”菜单，选中“Save As”（保存）选项，弹出保存文件对话框。在文件名栏输入自定义的文件名（如“led.c”）。注意，必须输入正确的扩展名，如果用 C 语言编写程序，扩展名必须为.c；如果用汇编语言编写程序，扩展名必须为.asm。选择与项目文件一致的文件夹（如 C 盘 two-led 文件夹），然后单击“保存”按钮保存程序文件。

(3) 回到编辑界面后,如图 1-6 所示,在项目窗口单击“Target 1”前面的“+”号,然后在“Source Group 1”上右击,在弹出的菜单中单击“Add Files to Group ‘Source Group 1’”。最后在弹出对话框的“文件类型”栏选择“.c”,在前面保存源程序的文件夹(C 盘 two-led 文件夹)中找到要添加的源程序文件(如“led.c”),然后单击“add”(添加)按钮,将源程序文件添加到项目,添加后的效果如图 1-7 所示。

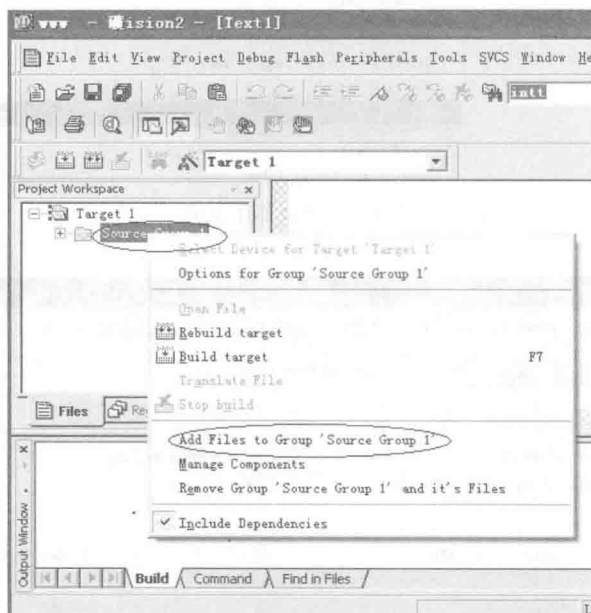


图 1-6 添加源程序到项目

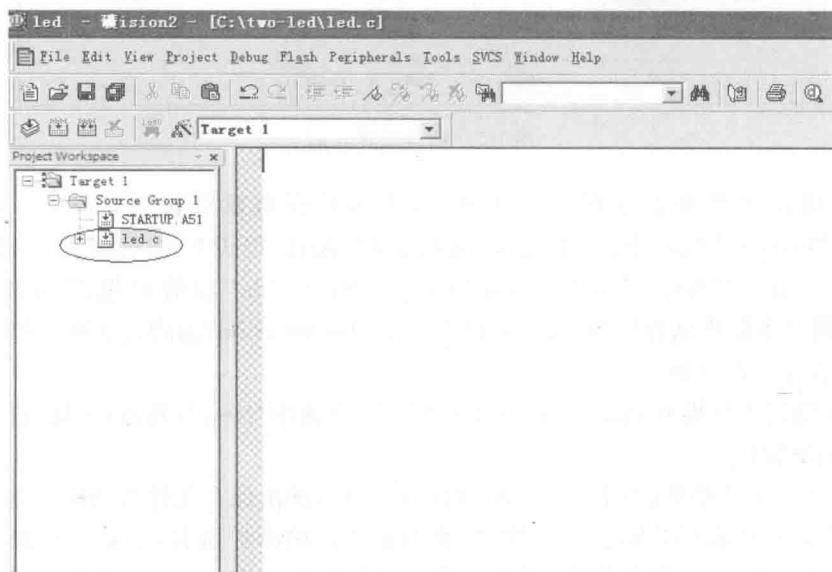


图 1-7 添加源程序后的效果