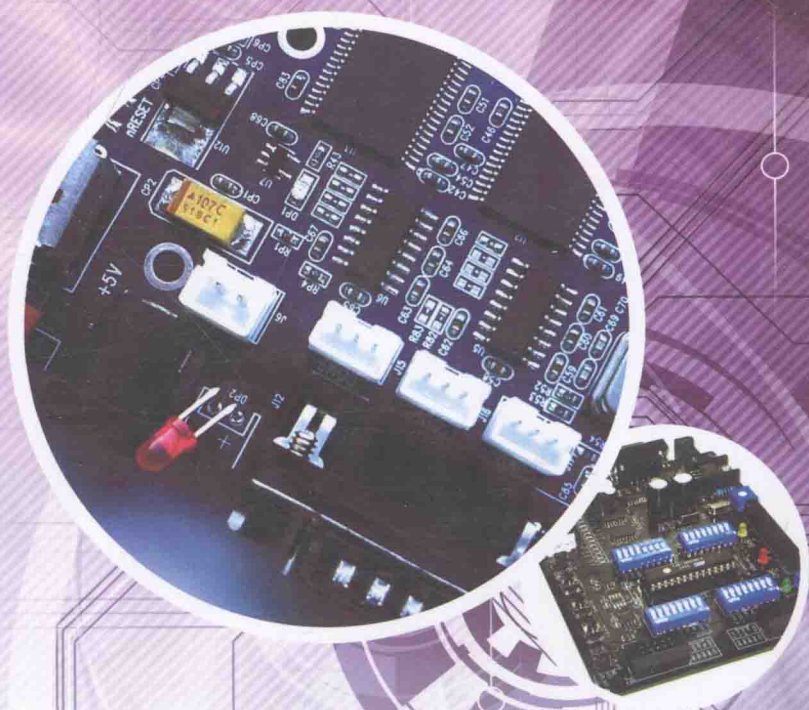


高职高专创新型精品教材·机电类

# 单片机原理与应用 项目化实训教程

刘磊 编著



DANPIANJI YUANLI YU YINGYONG  
XIANGMUHUA SHIXUN JIAOCHENG



西北工业大学出版社

高职高专创新型精品教材·机电类

# 单片机原理与应用项目化实训教程

刘 磊 编著

西北工业大学出版社

**【内容简介】**从技术和工程应用的角度出发,为适应不同层次、不同专业的需要,本书介绍了单片机工程应用项目的认识及使用、系统的组成、控制程序的设计与调试。实训涉及常用的键盘输入、LED显示、MCS-51单片机扩展技术,以及感烟报警探测器系统、交通灯控制系统、循环彩灯控制器等多项贴近科技发展实用技术的使用及单片机工程应用项目等。本书系统地介绍了单片机技术原理和实训内容,突出了工程实践能力的培养,可用于学生的理论与实训、课程设计与毕业设计。

本书可作为高职高专、成人教育和中等职业学校电气自动化技术、工业自动化、应用电子技术、电子信息工程技术、机电一体化、数控应用技术、仪表自动化等相关专业的教材和短期培训的教材,也可作为广大工程技术人员的学习参考用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与应用项目化实训教程/刘磊编著. —西安:西北工业大学出版社,2013.8  
(高职高专“十二五”规划教材.机电类)  
ISBN 978-7-5612-3810-3

I. ①单… II. ①刘… III. ①单片微型计算机—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第202112号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路127号 邮编:710072

电话:(029)88493844 88491757

网址:www.nwpup.com

印刷者:北京市彩虹印刷有限责任公司

开本:787mm×1092mm 1/16

印张:21.5

字数:527千字

版次:2013年9月第1版 2013年9月第1次印刷

定价:38.00元

# 前 言

教育部 2006 年 16 号文件指出,高等职业教育作为高等教育发展中的一个类型,肩负着培养面向生产、建设、服务和管理第一线需要的高技能人才的使命,在我国加快推进社会主义现代化建设进程中具有不可替代的作用。课程建设与改革是提高教学质量的核心,也是教学改革的重点和难点。改革教学方法和手段,融“教、学、做”为一体,强化学生能力的培养。由此可见,开发适合高等职业技术教育的教材,是改革教学方法、提高教学质量的重要条件。

本书以任务驱动、项目导向为理念,紧密结合单片机实际应用情况,以实训项目为主线,理论联系实际,充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,突出人才应用能力的创新素质的培养,内容丰富,实用性强。

从技术和工程应用的角度出发,为适应不同层次、不同专业的需要,全书介绍了单片机工程应用项目的认识及使用、系统的组成、控制程序的设计与调试。实训涉及常用的键盘输入、LED 显示、MCS-51 单片机扩展技术,以及感烟报警探测器系统、交通灯控制系统、循环彩灯控制器等多项贴近科技发展实用技术的使用及单片机工程应用项目等。本书系统地介绍了单片机技术原理和实训内容,突出了工程实践能力的培养,可用于学生的理论与实训、课程设计与毕业设计。

本书可作为高职高专、成人教育和中等职业学校电气自动化技术、工业自动化、应用电子技术、电子信息工程技术、机电一体化、数控应用技术、仪表自动化等相关专业的教材和短期培训的教材,也可作为广大工程技术人员的学习参考用书。

本书由江西渝州科技职业学院刘磊编著。在本书编写过程中参考了相关专家、学者的著作及网上资料,借鉴和吸收了其他同行的研究成果,在此一并致谢。

由于水平有限,错误之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

编著者

2013 年 5 月

# 目 录

<b>项目一 单片机基础知识</b> .....	1
实训一 Keil Cx51 软件应用及其利用汇编语言设计简单流水灯系统 .....	1
知识链接一 单片机概述 .....	7
知识链接二 单片机中的数的表示方法及运算 .....	13
知识链接三 编码 .....	20
知识链接四 存储器基础知识 .....	26
习题 .....	28
<b>项目二 单片机的组成</b> .....	30
实训二 Keil Cx51 软件中调试窗口的使用 .....	30
知识链接一 80C51 的内部结构和引脚功能 .....	34
知识链接二 80C51 单片机存储空间配置 .....	39
知识链接三 80C51 系列单片机的并行端口结构 .....	45
知识链接四 时钟和时序 .....	50
知识链接五 复位和低功耗工作方式 .....	54
知识链接六 ATMEL89 系列单片机 .....	56
习题 .....	60
<b>项目三 MCS-51 单片机指令系统及程序设计</b> .....	62
实训三 EL-80C51 型单片机实验系统 .....	62
知识链接一 MCS-51 指令系统的分类与一般说明 .....	64
知识链接二 寻址方式 .....	67
知识链接三 指令系统 .....	70
知识链接四 汇编语言程序设计步骤与技巧 .....	100
习题 .....	118
任务一 P1 口输入/输出 .....	122
任务二 循环程序设计 .....	124
<b>项目四 利用 MCS-51 单片机 Cx51 语言设计循环彩灯控制器</b> .....	127
实训四 简单的单片机 Cx51 语言程序设计 .....	127
知识链接一 Cx51 语言与 80C51 的汇编语言程序设计 .....	130
知识链接二 Cx51 数据与运算 .....	135
知识链接三 Cx51 流程控制语句 .....	151
知识链接四 Cx51 构造数据类型 .....	157



知识链接五 Cx51 的函数、变量的作用域和存储类型.....	163
知识链接六 Cx51 语言程序设计 .....	166
知识链接七 程序设计举例.....	167
习题.....	173
<b>项目五 中断系统和定时器/计数器.....</b>	<b>177</b>
实训五 数码显示.....	177
知识链接一 MCS-51 中断系统.....	180
知识链接二 MCS-51 定时器/计数器.....	190
习题.....	200
<b>项目六 串行通信.....</b>	<b>202</b>
实训六 串口实验.....	202
知识链接一 数据通信.....	206
知识链接二 80C51 串行口.....	210
知识链接三 多机通信.....	219
习题.....	225
<b>项目七 MCS-51 单片机系统扩展技术.....</b>	<b>228</b>
实训七 I/O 口扩展.....	228
知识链接一 存储器扩展.....	229
知识链接二 并行扩展外 ROM.....	238
知识链接三 并行扩展外 RAM.....	244
知识链接四 单片机系统综合扩展外 ROM 和 RAM.....	246
知识链接五 简单并行 I/O 口的扩展.....	247
知识链接六 可编程并行 I/O 口扩展.....	252
知识链接七 串行扩展技术.....	254
习题.....	255
<b>项目八 显示器及键盘接口电路.....</b>	<b>257</b>
实训八 动态和静态 LED 数码管显示.....	257
知识链接一 LED 显示器.....	259
知识链接二 LED 数码管静态显示方式及其典型应用电路.....	261
知识链接三 LED 数码管动态显示方式及其典型应用电路.....	264
知识链接四 LCD 显示器及其接口原理.....	267
知识链接五 键盘接口.....	268
知识链接六 按键开关的抖动问题.....	268
知识链接七 键盘扫描控制方式.....	269



知识链接八 按键键盘与单片机的连接 .....	270
知识链接九 A/D 转换接口电路 .....	279
知识链接十 A/D 转换的基本概念 .....	279
知识链接十一 并行 A/D 转换器 ADC0809 及其接口电路 .....	280
知识链接十二 D/A 转换器及其单片机接口电路 .....	287
知识链接十三 D/A 转换的基本概念 .....	287
知识链接十四 DAC0832 芯片及其单片机接口 .....	288
习题 .....	295
<b>项目九 利用 PIC16C7x 系列单片机设计感烟报警探测器系统 .....</b>	<b>298</b>
实训九 利用 AT 89C52 单片机设计交通灯控制系统 .....	298
知识链接一 单片机应用系统设计的基本要求 .....	303
知识链接二 单片机应用系统设计的一般方法 .....	304
知识链接三 单片机应用系统的调试 .....	306
知识链接四 提高单片机应用系统的可靠性的常用方法 .....	308
知识链接五 基于 CANBUS 的火灾自动报警控制系统设计 .....	311
习题 .....	332
任务 PIC16C71 系列单片机应用系统的设计 .....	332
<b>参考文献 .....</b>	<b>336</b>

# 项目一 单片机基础知识

## 实训一 Keil Cx51 软件应用及其利用汇编语言

### 设计简单流水灯系统

#### 一、实验目的

- (1) 熟悉 Keil Cx51 开发环境。
- (2) 了解在 Keil Cx51 软件中如何利用 Keil Cx51 软件进行编辑、编译、连接和运行汇编源程序。

#### 二、实验设备与元器件

- (1) 至少 20MB 硬盘、16MB 内存的 Pentium, Pentium-II 或相应兼容处理器的 PC 机。
- (2) Keil C V8.08 版本的 uVision2/3 软件。
- (3) 面包板、万用表等。
- (4) 按照电路图 1-1 进行硬件连接。

#### 三、实验要求

- (1) 运行 Keil Cx51 软件, 熟悉 Keil Cx51 软件的开发环境及各个菜单的功能。
- (2) 编写简单的汇编源程序, 学会汇编源程序的编辑、编译方法。

#### 四、实验内容与步骤

##### 1. 硬件设计

简单流水灯控制电路图(见图 1-1)。

##### 2. 软件设计

根据图 1-1, 要求 8 个指示灯依次点亮, 并在 Keil 软件上运行该程序。

参考程序如下:

程序一:

```
ORG 00H           ; 复位地址
MOV A,#0xFE       ; 给累加器赋值
START: MOV P1,A   ; 给 P1 口赋初值
        RL  A     ; 将 0xFE 循环左移
        ACALL DELAY ; 调用延时程序
```



```

    AJMP  START      ; 短跳转到 START
DELAY: MOV  R3,#200  ; 延时 0.16s 程序,
给 R3 赋初值, 置外循环次数
DEL2:  MOV  R4,#200  ; 给 R4 赋初值, 置内循环次数
DEL1:  NOP           ; 空操作
      NOP           ; 空操作
      DJNZ R4,DEL1   ; 4×200×1 μs=0.8ms
      DJNZ R3,DEL2   ; 0.8×200=0.16s
      RET           ; 子程序返回
      END
    
```

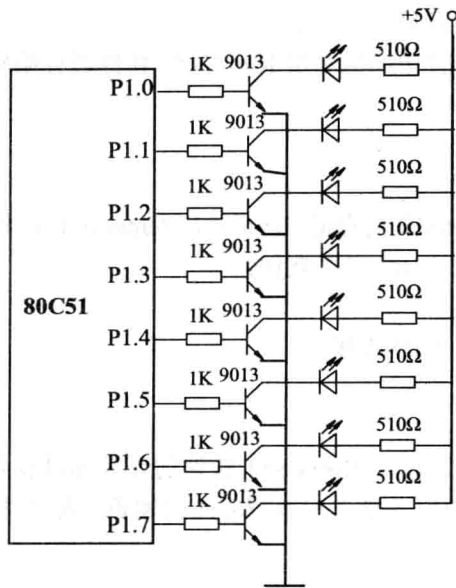


图 1-1 流水指示灯控制电路

### 3. Keil Cx51 软件的使用

(1) 源文件的建立。选择菜单 File→New 或者单击工具栏中的新建文件按钮，即可在项目窗口的右侧打开一个新的文本编辑窗口，在该窗口中输入汇编语言源程序，保存该文件。注意必须加上扩展名(汇编语言源程序一般用 ASM 或 A51 为扩展名)。这里将程序一保存为文件名为 LED.asm，如图 1-2 所示。

(2) 建立工程文件。在项目开发过程中，并不是仅有一个源程序就可以了，还要为这个项目选择 CPU。在 Keil 软件中支持数百种 CPU，根据具体系统的要求确定编译、汇编和连接的参数，制定调试的方式，有一些项目还会有多个文件组成等。为管理和使用方便，Keil 使用工程这一概念，将这些参数设置和需要的所有文件都加在一个工程中，只能对工程而不能对单一的源程序进行编译和连接等操作。



选择 Project→New Project 菜单命令, 出现一个如图 1-3 所示的对话框, 要求给将要建立的工程命名。用户可以在编辑框中输入名字 LED, 不需要扩展名, 单击“保存”按钮, 然后又出现一个对话框如图 1-4 所示, 在这个对话框中要求选择目标单片机芯片的型号。



图 1-2 流水灯控制源程序文件的建立与保存



图 1-3 新建工程窗口

这里选择 Atmel 公司的 AT89C51 芯片。单击 ATMEL 前面的“+”号, 展开该层, 单击其中的 AT89C51, 然后再单击“确定”按钮, 回到主界面, 此时, 在工程窗口的文件页中的出现了 Target1。

如图 1-5 所示, 在项目窗口的前面有“+”号, 单击“+”号展开, 可以看到下一层的 Source Group1, 这时的工程还是一个空的工程, 里面什么文件也没有, 需要手动把刚才编写好的源程序加入, 右击 Source Group1, 出现一个下拉菜单, 如图 1-6 所示。选中其中的 Add Files to Group 'Source Group1', 出现一个对话框, 要求寻找源文件。应该注意: 该对话框下面的“文件类型”默认为 C Source File (\*.c), 也就是以 C 为扩展名的文件, 而输入的文件是以 asm 为扩展名的, 故找不到 LED.asm, 需要修改文件类型。单击对话框中“文件类型”后的下拉列表, 找到并选中 Asm Source File (\*.a51 或 \*.asm)。这样, 在文件的列表框中就可以找到 LED.asm 文件了。双击 LED.asm 文件, 将文件加入项目。



图 1-4 单片机芯片类型选择窗口



图 1-5 选择添加源程序窗口

注意: 在文件加入项目后, 该对话框并不能马上消失, 等待继续加入其他文件。但有时会误以为添加文件没有成功而再次双击同一文件, 这时会出现如图 1-7 所示的对话框, 提示该文件已在列表中, 此时应单击“确定”按钮, 返回前一对话框, 然后单击 Close 按钮即可返回主界面。返回后, 单击 Source Group1 前面的“+”号, 会发现 LED.asm 文件已在其中, 双击文件名, 即可打开该源程序, 如图 1-8 所示。

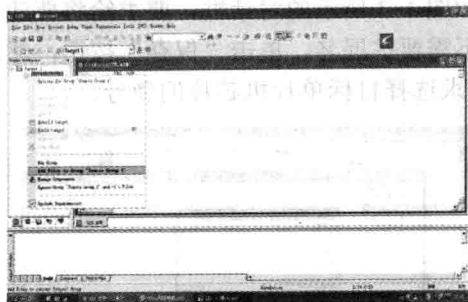


图 1-6 选择汇编源程序窗口

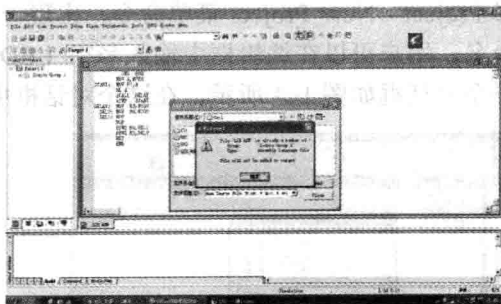


图 1-7 添加源程序双击统一文件时的提示

(3) 工程的详细设置。工程建立以后,还要对工程进行进一步设置,以满足编译源程序的要求。单击主菜单中的 Project→Option For target 'target1'或右击 Project 窗口的 Target1 选择 Option For target 'target1',即出现对工程设置的对话框,如图 1-8 所示。这个对话框中共有 8 个页面,绝大部分设置项取默认值即可。例如,C51,A51,BL51 分别与 C51 编译选项、A51 的汇编选项和 BL51 连接器的连接选项等用法有关。这里均取默认值,不做任何修改。下面介绍其他选项的设置方法:

1) DEVICE 选项的设置(见图 1-9)。Keil 软件中提供了各大公司生产的 100 多种的 CPU,满足各种工业控制系统的需求。



图 1-8 LED.asm 已经添加到项目窗口

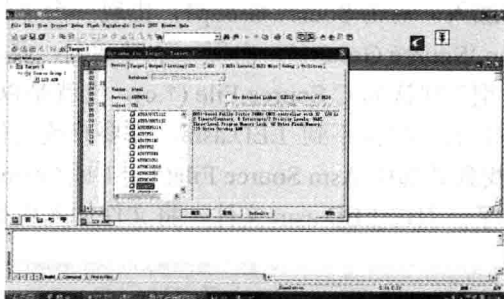


图 1-9 工程设置窗口中的 Device 窗口

2) 设置对话框中的 Target 页面(见图 1-10)。XTAL 后面的数值是晶振频率值,默认值是所选目标 CPU 的最高可用频率值,对于所选的 AT89C51 而言其值是 24MHz。该数值与最终产生的目标代码无关,仅用于软件模拟调试时显示程序执行时间。正确设置该数值可使显示时间与实际所用的时间一致,一般将其设置成与用户的硬件所用晶振频率相同,如果没必要了解程序执行的时间,也可以不设置,这里设置为 12.0。

3) Memory Model 页面设置。Memory Model 用于设置 RAM 使用情况,有 3 个选择项,Small 是所有变量都在单片机的内部 RAM 中;Compact 是可以使用一页外部扩展 RAM;而 Large 则是可以使用全部外部的扩展 RAM。Code Rom Size 用于设置 ROM 空间,同样也有 3 个选择项,即 Small 模式,只用于小于 2KB 的程序空间;Compact 模式,表示单个函数的代码量不能超过 2KB,整个程序可以使用 64KB 程序空间;Large 模式,可用全部 64KB 空间。Use On-chip ROM 选择项确认是否仅使用片内 ROM。Operating 项是操作系统选择,RTX51 是 Keil 公司开发的用于 80C51 系列单片机的多任务实时操作系统,Keil 提供了两种操作系

统, RTX51 TINY 和 RTX51 FULL。RTX51 TINY 是 RTX51 FULL 的子集, 仅支持按时间片循环任务调度, 支持任务间信号传递, 最大 16 个任务, 可以并行地利用中断。具有以下等待操作: 超时、另一个任务或中断的信号。它不能进行信息处理, 不支持存储区的分配和释放, 不支持占先式调度。RTX51 TINY 是一个很小的内核, 完全集成在 Keil Cx51 编译器中。更重要的是, 它仅占用 800B 左右的程序存储空间, 可以在没有外放数据存储器的 8051 系统中运行, 但应用程序仍然可以访问外部存储器。

4) 设置对话框中的 OUTPUT 页面(见图 1-11)。其中 Create Hex File 用于可以生成可执行代码文件, 即可以用编程器写入单片机芯片的 hex 格式文件, 文件的扩展名为 .hex。在默认情况下, 该项未被选中, 如果要写程序做硬件实验, 就必须选中该项。选中 Debug Information 将会产生调试信息, 这些信息用于调试, 如果需要对程序进行调试, 应当选中该项。Browse Information 是产生浏览信息, 该信息可以用菜单 View→Browse 来查看, 这里取默认值。按钮 Select Folder for Objects 用来选择最终目标文件所在的文件夹, 默认是与工程文件在同一文件夹中。Name of Executable 用于指定最终生成的目标文件的名称, 默认与工程的名字相同, 这两项一般不需要更改。

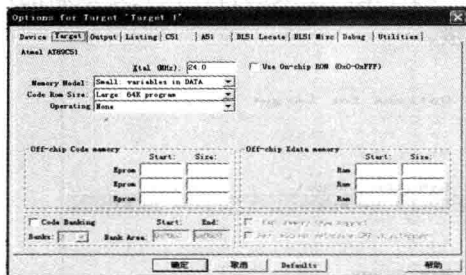


图 1-10 工程设置窗口中的 Target 页面

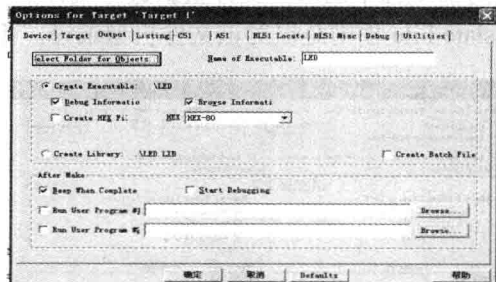


图 1-11 工程设置窗口中的 OUTPUT 页面

5) 设置 Listing 页面(见图 1-12)。Listing 页面用于调整生成的列表文件选项, 在汇编或编译完成后将产生 \*.Lst 的文件, 在连接完成后也将产生 \*.m51 的列表文件, 该页用于对列表文件的内容和形式进行细致的调节, 其中比较常用的选项是 C Compile Listing 下的 Assembly Code 项, 选中该项可以再列表文件中生成 C 语言源程序所对应的汇编代码。

6) 设置 C51 页面(见图 1-13)。C51 页面用于对 Keil 的 C51 编译器的编译过程进行控制, 其中比较常用的是 Code Optimization 组, 该组中 Level 是优化等级, C51 在对源程序进行编译时, 可以对代码多至 9 级优化, 默认使用第 8 级, 一般不必修改。如果在编译过程中出现一些问题, 可以降低优化级别试一试。Emphasis 是选择编译优先方式, 第一项是代码量优化(最终生成的代码量小); 第二项是速度优先(最终生成代码的速度快); 第三项是默认。默认的是速度优先, 可根据需要更改。

7) 设置 Debug 页面(见图 1-14)。Debug 页面用于设置对用户程序的调试方式, 选中单选框 Use Simulator 时采用 uVision2 模拟器进行调试, 选中单选框 Use Keil Monitor-51 Driver 时, 采用 Keil 公司提供的监控程序进行调试, 同时可以在下拉列表框中进行选择, 前者可以在 uVision2 环境中仅用软件方式即可完成对用户程序的调试, 后者需要硬件目标板或相应硬件虚拟仿真环境的支持。设置完成后按“确定”按钮后返回主界面, 工程文件建立、设置完毕。



图 1-12 工程设置窗口中的 Listing 页面

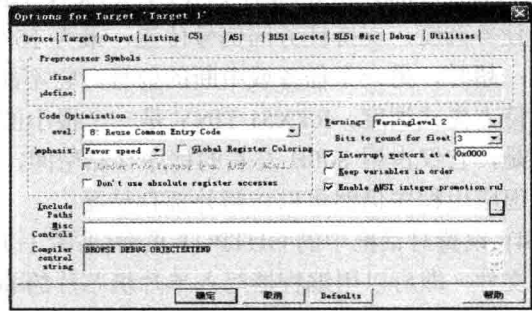


图 1-13 工程设置窗口中的 C51 页面

(4) 编译连接操作。当设置好工程后，即可进行编译、连接。有两种方法可以实现 Keil 中的源程序的编译、连接：①选择 Project→Build target；②通过右击 Project Workspace 区中的 Source Group1 选择 Build target，如图 1-15 所示。对当前工程进行连接，如果当前文件已修改，软件会先对该文件进行编译，然后再连接以产生目标代码；如果选择 Rebuild All target files，将会对前工程中的所有文件重新进行编译然后再连接，确保最终生成的目标代码是最新的，而 Translate File 项则是仅对该文件机型编译，不进行连接。

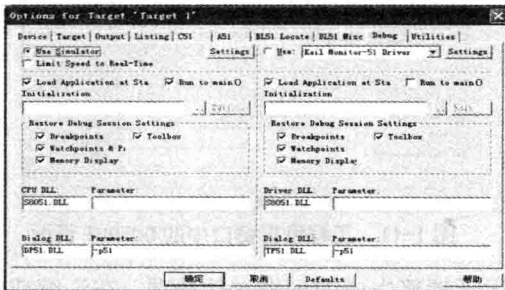


图 1-14 工程设置窗口中的 Debug 页面

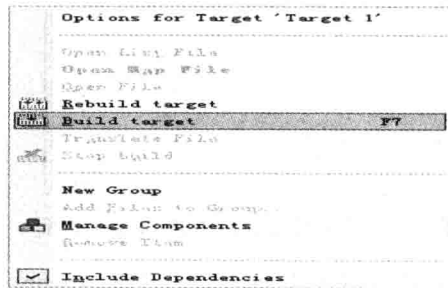


图 1-15 工程的编译、连接

以上操作也可以通过工具栏按钮直接进行。如图 1-16 所示是有关编译、设置的工具栏按钮，从左到右分别是编译、编译连接、全部重建、停止编译和对工程进行设置。

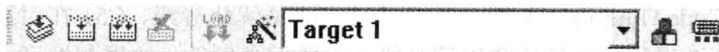



图 1-16 工程编译、设置的工具栏按钮

编译过程中的信息将出现在输出窗口中的 Build 页中，如果源程序中有语法错误，会有错误报告出现，双击该行，可以定位到出错的位置，如图 1-17 所示。

对源程序反复修改之后，最终会得到如图 1-18 所示的结果，提示获得了名为 LCD.hex 的文件，该文件即可被编程器写入器写入程序芯片中，同时还产生了一些其他相关的文件，可被用于 Keil 的仿真与调试，这时可以进入下一步调试的工作。

(5) 调试操作。只有对编译连接成功后才能进入调试阶段。按 Ctrl+F5 或使用菜单 Debug→Start/Stop Debug Session 或者单击工具栏上的  按钮即可进入调试阶段。

## 五、实验思考题

- (1) 并画出实验中的程序一和程序二的运行结果。
- (2) 对比两个程序的运行结果, 分析两个程序之间有什么区别。
- (3) 从实验目的、准备、编程、调试、运行结果、实验效果等方面分析, 写出实验报告。

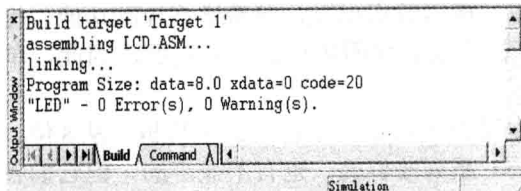


图 1-17 源程序有错误时的编译、连接提示信息

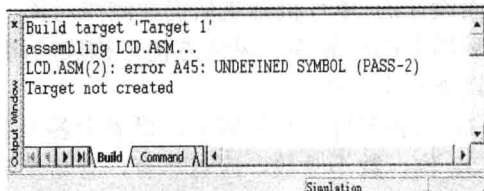


图 1-18 源程序无错误的编译、连接提示信息

## 知识链接一 单片机概述

1946 年第一台电子计算机诞生至今, 依靠微电子技术和半导体技术的进步, 它所采用的电子元器件已经历了从电子管—晶体管—集成电路—大规模集成电路, 使得计算机体积更小, 功能更强。特别是近 20 年时间里, 随着大规模、超大规模集成电路的广泛应用, 计算机在存储容量、运算速度和可靠性等各方面都得到了很大的提高; 随着光电子元件、超导电子元件、生物电子元件的应用, 计算机在某种程度上, 正朝着具有模仿人的学习、记忆、联想和推理等功能的方向发展。

计算机系统已明显地朝 4 个方向发展: 巨型化、微型化、网络化、智能化。以解决复杂系统计算和高速数据处理的仍然是巨型机在起作用, 故而, 巨型机在目前正朝高速及处理能力的方向努力。微型化就是使计算机体积更小、功能更强, 个人计算机(电脑或 PC 机)和单片机就是微型化的产物。个人计算机以满足海量数据的高速运算为目的, 其数据宽度不断提高, 从 8 位、16 位到 32 位、64 位。单片机是嵌入式微处理器或嵌入式微控制器, 最明显的优势, 就是可以嵌入到各种仪器、设备中, 广泛应用于工业控制系统、智能仪表、智能通信产品、智能家用电器、智能终端设备等许多领域内。

### 一、什么是单片机

单片机是一种集成电路芯片, 是采用超大规模集成电路技术把具有数据处理能力的中央处理器 CPU、随机存储器 RAM、只读存储器 ROM、多种 I/O 口和中断系统、定时器/计时器等功能(可能还包括显示驱动电路、脉宽调制电路、模拟多路转换器、A/D 转换器等电路)集成到一块硅片上构成的一个小而完善的微型计算机系统。

单片机与个人计算机(PC 机)的区别是, 个人计算机(PC 机)是由主机、键盘、显示器等组成; 而单片机只是一片集成电路即一个芯片。

单片机主要应用于控制领域, 用以实现各种测试及控制功能, 为了强调其控制属性, 也可以把单片机叫做微控制器(MCU—Micro Controller Unit)。在国际上, 微控制器的叫法更通用一些, 而在我国比较习惯于“单片机”一词。

## 二、单片机的特点

单片机自问世以来以其体积小、功能齐全、稳定可靠、可扩展等优势应用在各行各业当中，它与微处理器是不同的。微处理器向着高速运算、越来越强的数据分析与处理能力、大规模容量存储等方向发展，以提高通用计算机的性能。其接口界面也是为了满足外设和网络接口而设计的；单片机则是从工业测控对象、环境、接口特点出发，向着增强控制功能、提高工业环境下的可靠性、灵活方便地构成应用计算机系统的界面接口的方向发展。因此，单片机有以下几个特点：

(1) 品种多样，型号繁多。世界上各大芯片制造公司都推出了自己的单片机，从8位、16位到32位，数不胜数，应有尽有，有与主流Cx51系列兼容的，也有不兼容的，但它们各具特色，有些单片机已经采用精简指令集RISC技术，为单片机的应用提供广阔的天地。

(2) 有较高的性价比。目前，国内市场上销售的单片机的价格大约在1美元左右，利用这样的单片机再加上外围扩展的元件，就可以构成功能相当齐全的智能化自动控制系统。

(3) 提高性能，扩大容量。目前集成度已达到二百多万个晶体管，总线工作速度已达数十微秒，工作频率达到30MHz，甚至40MHz。指令执行周期减到数十微秒。存储器容量RAM发展到1KB，2KB。ROM发展到32KB，64KB。

(4) 控制功能增加，向外接口延伸。把原属外围芯片的功能集成到本芯片内，在一块含有CPU的单片机芯片上，除了嵌入RAM、ROM存储器和I/O接口之外，还集成了A/D、PWM、UART、Timer/Counter、DMA、Watchdog、Serial Port、Sensor、driver，还有显示驱动、键盘控制、函数发生器、比较器等，构成一个完整的功能非常强的计算机应用系统。

(5) 功耗低。供电电压由5V降到3V，2V甚至1V左右。工作电流由mA级降到 $\mu\text{A}$ 级。在生产工艺上以CMOS代替NMOS，并向HCMOS过渡。

(6) 可靠性好，适应温度范围宽。单片机芯片本身是按工业测控环境要求设计的，能适应各种恶劣的环境，这是其他机种无法比拟的。

(7) 应用软件配套。它提供了软件库，包括标准应用软件，示范设计方法，使用户开发单片机应用系统时更快速、方便，使有可能做到用一周时间开发一个新的应用产品。

(8) 系统扩展与配置。它有供扩展外部电路用的三总线结构DB、AB、CB，以方便构成各种应用系统。根据单片机网络系统、多机系统的特点专门开发出单片机串行总线。此外，还特别配置有传感器/人机对话、网络多通道等接口，以便构成网络和多机系统。

鉴于上述的8大特点，使得单片机得到了非常广泛的应用，包括单机应用和多机应用。各种产品一旦用上单片机，就能起到产品升级换代的功效，在产品名称前面加上“智能型”这一形容词。

单片机单机应用在智能化家用电器、智能化仪器仪表、智能化工业测控系统、通信产品、汽车电子产品、航空航天系统及军事国防等各行各业中。

单片机多机应用系统可分为功能弥散系统、并行多机处理系统以及局部网络系统等。

## 三、单片机的分类

单片机可以按以下几种情况进行分类：

(1) 按用途分可以分为通用型和专用型。所谓通用和专用是指单片机的应用范围，如



MCS-51 系列的 80C51 单片机,属于通用型,它不是专门给某个产品设计的,可以应用到任何自动控制的系统中去。通用型单片机的用途很广泛,使用不同的接口电路及编制不同的应用程序就可完成不同的功能。小到家用电器仪器仪表,大到机器设备和整套生产线都可用单片机来实现自动化控制。

专用型单片机是指用途比较专一,出厂时程序已经一次性固化好,不能再修改的单片机。例如,电子表里的单片机就是其中的一种,其生产成本很低。

(2) 按总线结构可以分为总线型和非总线型。总线型单片机是指单片机设有并行总线,例如,89C51 单片机就是总线结构,在其内部设有数据总线、地址总线、控制总线。通过这些总线扩展并行外围器件。而非总线型单片机是指单片机通过串行口与外围器件连接,或直接把外围器件、外设接口集成在片内。例如,20 引脚的 89C2051 单片机,就是一种非总线型的,其外部引脚与 89C51 相比减少了一半,这样可以降低成本。

(3) 按指令结构分为 CISC 单片机和精简指令 RISC 单片机。我们所熟悉的 Intel 系列 CPU 就是 CISC 的 CPU 典型代表。CISC 就是“复杂指令系统计算机”的意思。随着大规模集成电路技术的发展单片机的硬件成本不断下降,软件成本不断提高,使得指令系统增加了更多更复杂的指令,以提高操作系统的效率。另外,同一系列的新型机对其指令系统只能扩充而不能减去旧型机的任意一条,以达到程序兼容。这样一来,指令系统越来越复杂,有的单片机指令甚至达到数百条。人们就称这种单片机为 CISC(Complex Instruction Set Computer)。如 Intel 公司的 8086, 80286, 80386 微处理器等。日益庞大的指令系统不仅使单片机研制周期变长,而且还有难以调试、难以维护等一些自身无法克服的缺点。

RISC 是英文 Reduced Instruction Set Computer 的缩写,汉语意思为“精简指令系统计算机”。精简指令集 RISC 指令全部使用单字节指令,除了涉及 PC 值改变的指令外(如跳转指令等),其余都是单周期指令。这样可以提高软件的运行速度。例如 PIC 系列单片机都是采用 RISC 指令。

(4) 按单片机内部的程序存储器的类型可以将单片机分为 OTPROM 型/EPROM/EEPROM 型/FLASH ROM 型。单片机内部设有容量一定的程序存储器来存放软件指令,如容量不够可以进行外部扩展。片内的程序存储器的种类有以下几种:Mask ROM, OTPROM, EPROM, EEPROM 和 Flash ROM。其中 Mask ROM 和 OTPROM 只适用于成熟产品的大批量生产。而带可擦写的 EPROM 或 Flash ROM 的单片机适用于在开发阶段的初期产品或中小批量生产的产品。EPROM 由于需要紫外线擦除,给用户带来了不便,采用电改写的 EEPROM 后,不需要紫外线擦抹,只需重新写入。特别是在常压 5V 下读写的 EEPROM,即有静态 RAM 读写操作简便又有数据不会丢失的优点。因此,有的单片机将它作为片内 RAM 使用,甚至有的单片机将 EEPROM 用作片内通用寄存器。

(5) 按兼容性分,单片机可分为不兼容型和兼容型两种。不兼容型单片机指令系统是为了使之具有较强的控制能力和控制效率而根据设计的需要重新设计的。如 Intel 公司的 MCS-48, MCS-51, MCS-96 系列单片机之间就不兼容。兼容型单片机的指令系统与原单片机系统基本相同,兼容型单片机在原来的通用型微处理器(CPU)的基础上扩展存储器、I/O 接口等部件而成。PHILIPS 公司的 80C51 及其派生产品、ATEML 公司的 AT89 系列快闪存储器型单片机等均与 Intel 公司的 MCS-51 单片机完全兼容,因其更为强大、更灵活的硬件功能而后来者居上。



尤其是 ATEML 公司的 AT89 系列取代 MCS-51 单片机中的 EPROM 型产品的趋势更是显而易见。

## 四、单片机的发展历史

单片机自 1971 年诞生以来,其发展历史大致可分为以下 4 个阶段:

### 1. 第一阶段(1971—1978 年)单片机探索阶段

这个阶段的单片机主要以 Intel 公司的 MCS-48 为代表,属于无串行口的低档 8 位单片机。MCS-48 的推出是在工业领域的探索,参与这一探索的公司还有 Motorola, Zilog 等,都取得了满意的效果。这就是 SCM 的诞生年代,“单片机”一词即由此而来。

### 2. 第二阶段(1978—1982 年)单片机的完善阶段

以 Intel 公司的 MCS-51, Motorola 公司 68HC05 为代表,属于 8 位单片机的高性能发展阶段,这个阶段的单片机均带有串行通信口,具有多级中断处理系统,定时器/计数器为 16 位,片内的 ROM, RAM 容量相对增大,增加了 A/D 转换功能。由于它的功能强大,具有很高的性价比,因而在我国得到广泛的应用。

### 3. 第三阶段(1982—1990 年)8 位单片机向 16 为单片机过渡阶段

此阶段, Intel 公司推出了 16 位的 MCS-96 系列单片机,主振为 12MHz,片内 RAM 为 232B, ROM 为 8KB,中断处理为 8 级,而且片内带有多通道 10 位 A/D 转换器和高速输入/输出部件(HIS/HSO),实时处理能力很强。

### 4. 第四阶段(1990 年—)微控制器全面发展阶段

20 世纪 90 年代以后,单片机获得了飞速发展。各大电气、半导体制造商纷纷推出自己开发的产品,美国 Microchip 公司发布了一种完全不兼容 MCS-51 的新一代 PIC 系列单片机,引起业界的关注。随后更多的单片机种蜂拥而至, MOTOROLA、Intel、ATMEL、TI、三菱、日立、飞利浦、LG 等公司相继开发了一大批性能优越的单片机产品。近年来,又有很多新型的高集成度的单片机产品涌现出来,出现了产品丰富多彩的局面。

尽管目前单片机的种类很多,但是在我国使用最多的是 Intel 公司的 MCS-51 单片机系列。MCS-51 系列是在 MCS-48 系列基础上于 20 世纪 80 年代初发展起来的,虽然它仍然是 8 位机,但因其具有微小的体积、低廉的成本、强大的功能等特点,还具有品种全、兼容性强及软、硬件资料丰富等优点,因此其在控制系统中得以广泛的应用,成为比 MCS-48 更重要的单片机系列品种,直到现在 MCS-51 系列仍为单片机应用的主流产品。

## 五、单片机的发展趋势

现在可以说单片机是百花齐放、百家争鸣的时期,纵观单片机的发展过程,可以预示单片机的发展趋势。

### 1. 8 位、32 位单片机共同发展

长期以来,单片机技术的发展是以 8 位机为主的,但随着移动通信、网络技术、多媒体