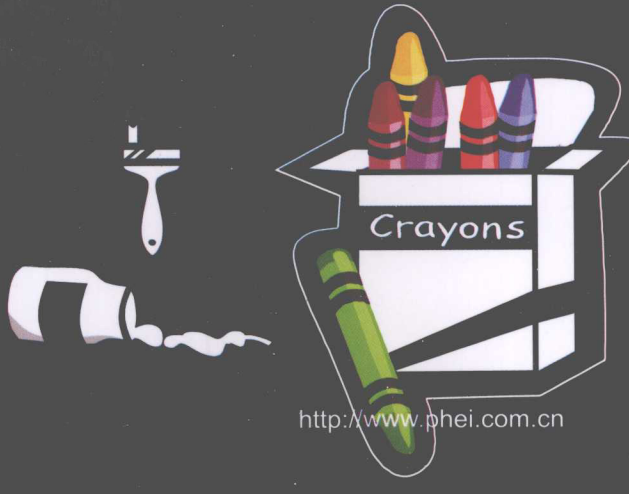
玩转单片机

51单片机C语言非常入门与视频演练

刘建清 编著



電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
http://www.phei.com.cn

玩转单片机

51单片机C语言非常入门与视频演练

刘建清　编著

電子工業出版社
Publishing House of Electronics Industry
北京・BEIJING

内 容 简 介

本书简要介绍了51单片机C语言的基本知识、实验器材和实验方法，并演练了大量适宜初学者入门的典型实例；为方便读者实验，作者为本书的所有实例开发了DD-900mini实验板，并以视频的方式记录了书中主要实验的演示过程和现象。尤其珍贵的是，书中实例中的多数子程序均具有较强的通用性，读者只需将其简单修改甚至不用修改，即可移植到自己开发的产品中。

全书语言通俗、实例丰富、图文结合、简单明了，适合单片机爱好者和单片机初学者，也可作为中等专业技术学校、中等职业学校等教学用书。

图书在版编目（CIP）数据

51单片机C语言非常入门与视频演练 / 刘建清编著. —北京：电子工业出版社，2010.5
（玩转单片机）
ISBN 978-7-121-10882-2

Ⅰ. ①5… Ⅱ. ①刘… Ⅲ. ①单片微型计算机－C语言－程序设计 Ⅳ. ①TP368.1 ②TP312

中国版本图书馆CIP数据核字（2010）第087916号

责任编辑：徐 静 康 霞 特约编辑：孙志明
印 刷：北京市天竺颖华印刷厂
装 订：三河市鑫金马印装有限公司
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：787×1092 1/16 印张：12.5 字数：312千字
印 次：2010年5月第1次印刷
印 数：4000册 定价：42.00元（含光盘1张）

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zlts@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

单片机就是把一个计算机系统集成到一个芯片上，概括地讲，一块芯片就成了一台计算机，目前，市场上流行的单片机，其价格出奇地便宜。对于广大爱好者来说，真是上帝的礼物。只要你玩起了单片机，你就会有一种成就感，我怎么这样聪明！单片机，再结合适当的硬件接口电路，有什么事情做不到呢？我对它的评价是八个字：软硬兼施，老少皆宜。

单片机虽然好玩，但是，很多人经过一番探索之后却深感学好单片机并非易事，甚至连入门都感到困难。作者本人也是从一位电子爱好者成长为一名工程师的，此过程自然少不了学习、探索、实践、再学习、再实践这样一条规律。因此深切地知道，学单片机难，主要是不得要领，难以入门。一旦找到学习的捷径，入了门，掌握简单程序的编写方法并观察到实际演示效果，必然信心大增。接下来，再向深度、广度进军时，心里就比较坦然了，最终能够一步一个脚印地去扩展自己的知识面，成为单片机的编程高手。

在与众多的单片机爱好者交流中得知，单纯讲单片机内部结构、指令太枯燥，且不易理解。他们感兴趣的是单片机编程的应用实例，而且主要喜欢简单、实用、有趣的初级实例。因此，编写本书的思路是：以实战演练为主线贯穿全书，且多数实例采用视频的方式进行演示。这样，初学者能够看得清、听得到、学得快，从而达到很好的立体学习效果。

在内容安排上，本书通过 51 单片机内部资源（中断系统、定时/计数器、串口通信）、键盘接口、LED 数码管显示、LCD 液晶显示、DS1302 时钟芯片、I^2C 总线接口芯片 AT24C04、DS18B20 温度传感器、红外遥控、音乐发声等大量具体的实际例子，系统演练了 51 单片机中最为常用、最为典型的接口应用。另外，本书也包括了一些作者在学习和实际设计过程中总结的经验及方法，希望能够帮助读者更好地学习 51 单片机。

本书安排的实例大部分是由作者编写的，有一些是参考相关资料改写的，全部程序都由作者调试并通过。对于实例的使用说明也尽量详细，力争让读者“看则能用，用则能成”，保证读者在动手的过程中常常体会到成功的乐趣。另外，书中的所有实例，都是基于作者设计的 DD-900mini 实验板之上的。本书附带的光盘中含有所有实验的完整源程序、视频演示和工具软件。

本书主要面向的读者是具有一定 C 语言基础或刚接触 51 单片机的电子爱好者，对于已经熟悉 51 单片机 C 语言开发的工程师则意义不大。

本书编写过程中，参阅了《无线电》、《单片机与嵌入式系统应用》等杂志，并从互联网上搜索了一些有价值的资料，由于其中的很多资料经过多次转载，已经很难查到原始出处，在此谨向资料提供者表示感谢。

参与本书编写的人员有刘建清、贾绪岩、李凤伟、陈素侠、孙保书、刘为国等，最后由中国电子学会高级会员刘建清先生组织定稿。由于编著者水平有限，加之时间仓促，书中难免会有疏漏和不足之处，恳请专家和读者不吝赐教。

如果您在使用本书的过程中有任何问题、意见或建议，请登录顶顶电子网站：www.ddmcu.com，也可通过 E-mail：ddmcu@163.com 向我们提出，我们将为您提供超值延伸服务，另外书中所需实验板也可在该网站购买。

最后要说明的是，本书中所有实例均采用了 C 语言进行编程，如果您喜欢用汇编语言，建议选用本书的姊妹篇《51 单片机非常入门与视频演练》一书。

编著者

2010 年 3 月

目　录

第1章　单片机C语言非常入门

从前，汇编语言是单片机编程的唯一选择，但汇编语言的可读性和可移植性较差，调试和排错也比较困难，而且复杂一点的程序往往隔一段时间以后再看，还要花一定时间研究后才能看懂，可读性差。于是，人们开始寻求一种新的编程语言。C语言的出现，打破了这种现状，在本章，我们就来认识和熟悉一下C语言。

1.1　认识C语言

C语言是一种结构化语言。它层次清晰，便于按模块化方式组织程序，易于调试和维护。C语言的表现能力和处理能力极强，它不仅具有丰富的运算符和数据类型，便于实现各类复杂的数据结构。它还可以直接访问内存的物理地址，进行位（bit）一级的操作。由于C语言实现了对硬件的编程操作，因此，C语言集高级语言和低级语言的功能于一体，效率高，可移植性强，特别适合单片机系统的编程与开发。

1.1.1　单片机采用C语言编程的好处

与汇编语言相比，C语言在功能、结构性、可读性、可维护性上均有明显的优势，因而易学易用。用过汇编语言后再使用C语言来开发，体会更加深刻。下面简要说明单片机采用C语言编程的几点好处。

（1）语言简洁，使用方便灵活

C语言是现有程序设计语言中规模最小的语言之一，C语言的关键字很少，ANSIC标准一共只有32个关键字，9种控制语句，压缩了一切不必要的成分。C语言的书写形式比较自由，表达方法简洁，使用一些简单的方法就可以构造出相当复杂的数据类型和程序结构。同时，当前几乎所有单片机都有相应的C语言级别的仿真调试系统，调试十分方便。

（2）代码编译效率较高

当前，较好的C语言编译系统编译出来的代码效率只比直接使用汇编语言低20%左右，如果使用优化编译选项甚至可以更低。况且，随着单片机技术的发展，ROM空间不断提高，51系列单片机中，片上ROM空间做到32KB、64KB的比比皆是，代码效率所差的20%已经不是一个重要问题。

（3）无须深入理解单片机内部结构

采用汇编语言进行编程时，编程者必须对单片机的内部结构及寄存器的使用方法十分清楚；在编程时，一般还要进行RAM分配，稍不小心，就会发生变量地址重复或冲突。

采用C语言进行设计，则不必对单片机硬件结构有很深入的了解，编译器可以自动完成变量存储单元的分配，编程者可以专注于应用软件部分的设计，大大加快了软件的开发速度。

（4）可进行模块化开发

C语言以函数作为程序设计的基本单位，其中的函数相当于汇编语言中的子程序。各种

C 语言编译器都会提供一个函数库。此外，C 语言还具有自定义函数的功能，用户可以根据自己的需要编制满足某种特殊需要的自定义函数（程序模块），这些程序模块可不经修改，直接被其他项目所用；因此，采用 C 语言编程，可以最大程度地实现资源共享。

（5）可移植性好

用过汇编语言的读者都知道，即使是功能完全相同的一种程序，对于不同的单片机，必须采用不同的汇编语言来编写。这是因为汇编语言完全依赖于单片机硬件。C 语言是通过编译来得到可执行代码的，本身不依赖机器硬件系统，用 C 语言编写的程序基本上不用修改或者进行简单的修改，即可方便地移植到另一种结构类型的单片机上。

（6）可以直接操作硬件

C 语言具有直接访问单片机物理地址的能力，可以直接访问片内或片外存储器，还可以进行各种位操作。

在此，我想说一下我学习单片机编程的一个小插曲。在 20 世纪 90 年代中期，我最初接触单片机时，在心中觉得 51 就是单片机，单片机就是 51，根本不知道还有其他的单片机存在。那时候，我学习的是汇编语言，根本不知道用 C 语言也可以进行单片机开发。幸运的是，我有一个同事，比较精通 C 语言，我们一起搞一个项目时，我才真正发现 C 语言的威力。于是，在同事的影响下，我开始使用 C 语言进行单片机编程，并且一发而不可收！其实我也很庆幸学习和使用了两年多的汇编语言。由于有了这些锻炼，我对单片机底层结构和接口时序弄得很清楚。在使用 C 语言开发的时候，优化代码和处理中断也就不会太费劲。我觉得，虽然现在绝大部分单片机开发都使用 C 语言，这样对于项目的开展从时间上来说快了很多，在管理上也规范了不少，但是从学习和深入掌握单片机精髓的角度来说，还是需要掌握汇编语言的，等掌握到一定程度后，再学习单片机 C 语言编程，就会十分方便和容易。

总之，用 C 语言进行单片机程序设计是单片机开发与应用的必然趋势，我们一旦学会使用 C 语言之后，就会对它爱不释手，尤其是在进行大型单片机应用程序开发时，C 语言几乎是唯一的选择。

1.1.2 如何学习单片机 C 语言

C 语言常用语法不多，尤其是单片机的 C 语言常用语法更少，初学者没有必要将 C 语言的所有内容都学习一遍，只要跟着本书学下去，当遇到难点时，停下来适当地查阅 C 语言基础教材里的相关部分，便会很容易掌握。有关 C 语言的基础教材较多，在这里，笔者向大家推荐谭浩强的《C 程序设计》一书，该书语言通俗，实例丰富，十分适合初学者学习和查阅。

C 语言仅仅是一个编程语言，其本身并不难，难的是如何灵活运用 C 语言编写出结构完善的单片机程序。要达到这一点，就必须花费大量的时间进行实践、实验，仅看书不动手，等于是纸上谈兵，很难成功！因此，本书主要是通过不断地实践、实验，使读者在不知不觉中，进入单片机的大门。

1.2 简单的 C 语言程序

1.2.1 一个简单的流水灯程序

下面我们先来看一个实例，这个例子的功能十分简单，就是让单片机 P0 口的 LED 灯按

流水灯的形式进行闪烁，每个 LED 灯的闪烁时间为 0.5s，硬件电路如图 1-1 所示。

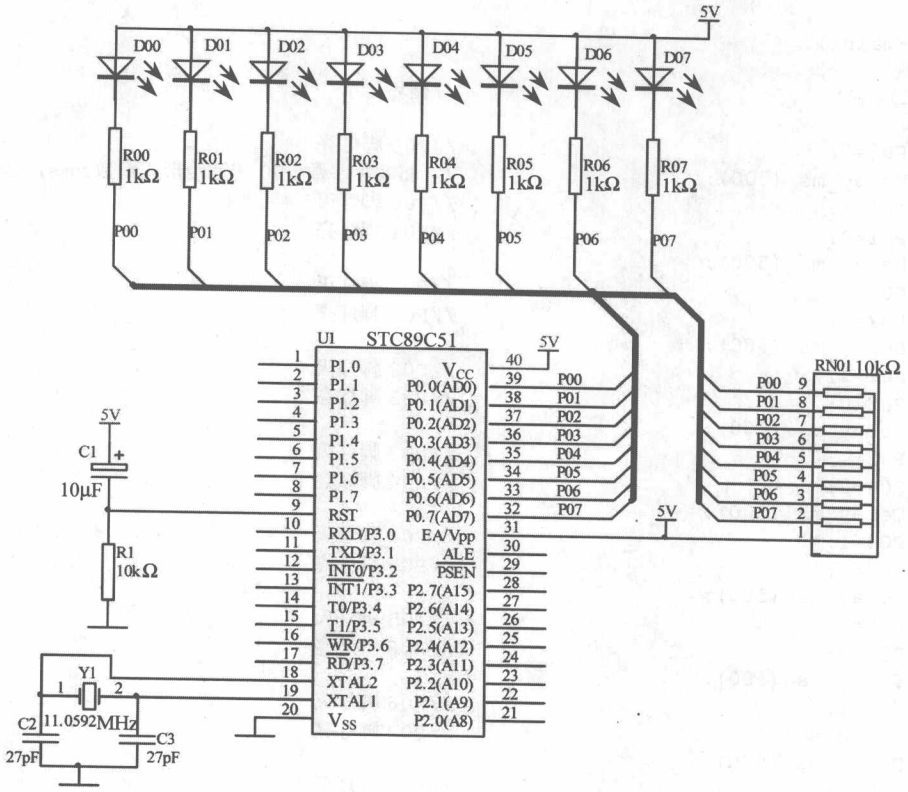


图 1-1　点亮 P0 口 LED 灯电路

图 1-1 中采用 STC89C51 单片机，这种单片机型属于 80C51 系列，其内部有 4KB 的 Flash ROM 和 512B 的 RAM，并且可以通过串口进行 ISP 程序下载，不需要反复插拔芯片，非常适于做实验。STC89C51 的 P0 引脚上接 8 个发光二极管，R00～R07 为限流电阻，以免 LED 被烧坏。由于 P0 口是漏极开路的“双向 I/O 口”，需外接上拉电阻，图 1-1 中的 RN01 就是 P0 口的外接上拉电阻排。

根据要求，用 C 语言编写的程序如下：

```
#include<reg51.h>
#define uint unsigned int
sbit  P00=P0^0;                          //定义位变量
sbit  P01=P0^1;
sbit  P02=P0^2;
sbit  P03=P0^3;
sbit  P04=P0^4;
sbit  P05=P0^5;
sbit  P06=P0^6;
sbit  P07=P0^7;
void Delay_ms(uint xms)                  //延时程序，xms 是形式参数
{
  uint i, j;
  for(i=xms;i>0;i--)                     // i=xms,即延时 xms, xms 由实际参数传入一个值
  {
    for(j=115;j>0;j--)
```

```
    {;}                                    //此处分号不可少，表示是一个空语句
  }
}
void main()
{
  while(1)                                 //循环显示
  {
    P00=0;                                 //P00 脚灯亮
    Delay_ms (500);                        // 将实际参数 500 传递给形式参数 xms，延时 0.5s
    P00=1;                                 //P00 脚灯灭
    P01=0;                                 //P01 脚灯亮
    Delay_ms (500);
    P01=1;                                 //P01 脚灯灭
    P02=0;                                 //P02 脚灯亮
    Delay_ms (500);
    P02=1;                                 //P02 脚灯灭
    P03=0;                                 //P03 脚灯亮
    Delay_ms (500);
    P03=1;                                 //P03 脚灯灭
    P04=0;                                 //P04 脚灯亮
    Delay_ms (500);
    P04=1;                                 //P04 脚灯灭
    P05=0;                                 //P05 脚灯亮
    Delay_ms (500);
    P05=1;                                 //P05 脚灯灭
    P06=0;                                 //P06 脚灯亮
    Delay_ms (500);
    P06=1;                                 //P06 脚灯灭
    P07=0;                                 //P07 脚灯亮
    Delay_ms (500);
    P07=1;                                 //P07 脚灯灭
  }
}
```

下面我们对这个程序进行简要分析。

程序的第 1 行是“文件包含”，所谓“文件包含”是指一个文件将另外一个文件的内容全部包含进来。所以，这里的程序虽然只有几行，但 C 语言编译器（Keil C51 软件）在处理的时候却要处理几十行或几百行。为加深理解，可以用任何一个文本编辑器打开 Keil/C51/inc 文件夹下面的 reg51.h 来看一看里面有什么内容，在 C 语言编译器处理这个程序时，这些内容也会被处理。这个程序包含 reg.h 的目的就是为了使用 P0 这个符号，即通知 C 语言编译器程序中所写的 P0 是指 80C51 单片机的 P0 口，而不是其他变量，这是如何做到的呢？用写字板程序打开 reg.h 显示如下：

```
#ifndef __REG51_H__
#define __REG51_H__
/*  BYTE Register  */
sfr P0   = 0x80;
sfr P1   = 0x90;
sfr P2   = 0xA0;
sfr P3   = 0xB0;
sfr PSW  = 0xD0;
sfr ACC  = 0xE0;
sfr B    = 0xF0;
sfr SP   = 0x81;
sfr DPL  = 0x82;
sfr DPH  = 0x83;
sfr PCON = 0x87;
sfr TCON = 0x88;
```

```
    sfr TMOD = 0x89;
    sfr TL0  = 0x8A;
    sfr TL1  = 0x8B;
    sfr TH0  = 0x8C;
    sfr TH1  = 0x8D;
    sfr IE   = 0xA8;
    sfr IP   = 0xB8;
    sfr SCON = 0x98;
    sfr SBUF = 0x99;
    /*  BIT Register  */
    /*  PSW   */
    sbit CY   = 0xD7;
    sbit AC   = 0xD6;
    sbit F0   = 0xD5;
    sbit RS1  = 0xD4;
    sbit RS0  = 0xD3;
    sbit OV   = 0xD2;
    sbit P    = 0xD0;
    /*  TCON  */
    sbit TF1  = 0x8F;
    sbit TR1  = 0x8E;
    sbit TF0  = 0x8D;
    sbit TR0  = 0x8C;
    sbit IE1  = 0x8B;
    sbit IT1  = 0x8A;
    sbit IE0  = 0x89;
    sbit IT0  = 0x88;
    /*  IE   */
    sbit EA   = 0xAF;
    sbit ES   = 0xAC;
    sbit ET1  = 0xAB;
    sbit EX1  = 0xAA;
    sbit ET0  = 0xA9;
    sbit EX0  = 0xA8;
    /*  IP   */
    sbit PS   = 0xBC;
    sbit PT1  = 0xBB;
    sbit PX1  = 0xBA;
    sbit PT0  = 0xB9;
    sbit PX0  = 0xB8;
    /*  P3  */
    sbit RD   = 0xB7;
    sbit WR   = 0xB6;
    sbit T1   = 0xB5;
    sbit T0   = 0xB4;
    sbit INT1 = 0xB3;
    sbit INT0 = 0xB2;
    sbit TXD  = 0xB1;
    sbit RXD  = 0xB0;
    /*  SCON  */
    sbit SM0  = 0x9F;
    sbit SM1  = 0x9E;
    sbit SM2  = 0x9D;
    sbit REN  = 0x9C;
    sbit TB8  = 0x9B;
    sbit RB8  = 0x9A;
    sbit TI   = 0x99;
    sbit RI   = 0x98;
    #endif
```

可以看到：“sfr P0= 0x80;”，即定义符号 P0 与地址 0x80 对应，熟悉 80C51 内部结构的读者不难看出，P0 口的地址就是 0x80。

程序的第 2 行#define uint unsigned int 是一个宏定义语句，注意后面没有分号，#define 命令用它后面的第 1 个字母组合代替该字母组合后面的所有内容，也就是相当于我们给“原内容”重新起一个比较简单的“新名称”，方便以后在程序中直接写简短的新名称，而不必每次都写烦琐的原内容。该例中，我们使用宏定义的目的就是将 unsigned int 用 uint 代替，在上面的程序中可以看到，在我们需要定义 unsigned int 类型变量时，并没有写 unsigned int，取而代之的是 uint。

程序的第 3～第 10 行用符号 P00～P07 来表示 P0 口的 P0.0～P0.7 引脚，在 C 语言里，如果直接写 P0.0，P0.1，…，P0.7，C 语言编译器并不能识别，而且它们不是一个合法的 C 语言变量名，所以得给它另起一个名字，即 P00～P07，可是 P00～P07 是否就是 P0.0～P0.7 呢？你这么认为，C 语言编译器可不这么认为，所以必须让它们建立起来联系，这里使用了 Keil C51 的保留字 sbit 来定义。

main 称为“主函数”，每一个 C 语言程序有且只有一个主函数，函数后面一定有一对大括号“{}”、在大括号里面书写其他程序。

Delay_ms(500)的用途是延时，由于单片机执行指令的速度很快，如果不进行延时，灯亮之后马上就灭，灭了之后马上就亮，速度太快，人眼根本无法分辨，所以需要进行适当的延时。这里采用自定义函数 Delay_ms(500)，以延时 0.5s 的时间，函数前面的 void 表示该延时函数没有返回值。

Delay_ms(500)函数是一个自定义函数，它不是由 Keil C51 编译器提供的，即你不能在任何情况下写这样一行程序以实现延时，如果在编写其他程序时写上这么一行，会发现编译通不过。注意观察本程序你会发现，在使用 Delay_ms(500)之前，第 11～第 16 行已对 Delay_ms(uint xms)函数进行了事先定义，因此，在主程序中才能采用 Delay_ms(500)进行使用。

注意：在延时函数 Delay_ms(uint xms)定义中，参数 xms 被称做“形式参数”（简称形参）；而在调用延时函数 Delay_ms(500)中，小括号里的数据“500”称做“实际参数”（简称实参），参数的传递是单向的，即只能把实参的值传给形参，而不能把形参的值传给实参。另外，实参可以在一定范围内调整，这里用“500”来要求延时时间为 0.5s，如果是“1000”，则延时时间是 1000ms，即 1s。

在延时函数 Delay_ms(uint xms)内部，采用了两层嵌套 for 语句，如下所示：

```
void Delay_ms(uint xms)                    //延时程序，xms 是形式参数
{
  uint i, j;
  for(i=xms;i>0;i--)                       // i=xms,即延时 xms，xms 由实际参数传入一个值
  {
    for(j=115;j>0;j--)
    {;}                                    //此处分号不可少，表示是一个空语句
  }
}
```

在这个延时函数中，采用的是一种比较正规的形式，C 语言规定，当循环语句后面的大括号只有一条语句或为空时，可省略大括号。因此，上面两个 for 循环语句中的大括号都可以省略，也就是说，可以采用以下简化的形式：

```
void Delay_ms(uint xms)                    //延时程序，xms 是形式参数
{
  uint i, j;
  for(i=xms;i>0;i--)                       // i=xms,即延时 xms，xms 由实际参数传入一个值
    for(j=115;j>0;j--);                    //此处分号不可少
  }
```

第 1 个 for 语句后面没有分号，那么编译器就会认为第 2 个 for 语句就是第一个 for 语句的内部语句，而第 2 个 for 语句后面有分号，编译器就会认为第 2 个 for 语句内部语句为空。程序在执行时，第 1 个 for 语句中的 *i* 每减一次，第 2 个 for 语句便执行 115 次，因此上面这个例子便相当于共执行了 xms×115 次 for 语句。通过改变 xms 变量的值，可以改变延时时间。

1.2.2 利用 C51 库函数实现流水灯

上面介绍的程序虽然可以实现流水灯的功能，程序比较烦琐。下面采用 C51 自带的库函数_crol()_()来实现流水灯，具体源程序如下：

```
#include<reg51.h>
#include<intrins.h>
#define uint unsigned int
#define uchar unsigned char
void Delay_ms(uint xms)                    //延时程序，xms 是形式参数
{
  uint i, j;
  for(i=xms;i>0;i--)                       // i=xms,即延时 xms, xms 由实际参数传入一个值
    for(j=115;j>0;j--);                    //此处分号不可少
  }
void main()
{
  uchar led_data=0xfe;                     //给 led_data 赋初值 0xfe，点亮第一个 LED 灯
  while(1)                                 //大循环
  {
    P0= led_data;
    Delay_ms(500);
    led_data=_crol_( led_data,1);          //将 led_data 循环左移 1 位再赋值给 led_data
  }
}
```

显然，这个流水灯程序比上面的流水灯程序要简洁许多，下面简要进行说明。

程序中，_crol_是一个库函数，其函数原形为：

```
unsigned char  _crol_ (unsigned char  c, unsigned char  b) ;
```

这个函数是 C51 自带的库函数，包含在 intrins.h 头文件中，也就是说，如果在程序中要用到这个函数，那么必须在程序的开头处包含 intrins.h 头文件。函数实现的功能是将字符 c 循环左移 b 位。

函数中，_crol_是函数名，不用多讲，函数前面没有 void，取而代之的是 unsigned char，表示这个函数返回值是一个无符号字符型数据。有返回值的意思是说，程序执行完这个函数后，通过函数内部的某些运算而得出一个新值，该函数最终将这个新值返回给调用它的语句。小括号里有两个形参，unsigned char c，unsigned char b，它们都是无符号字符型数据。

现在我们应该清楚 led_data=_crol_(led_data,1)这条语句的含义了，其作用就是将 led_data 中的数据向左循环移 1 位，再赋给变量 led_data。

有左移位库函数，当然也有右移位库函数，函数原形为：

```
unsigned char  _crol_ (unsigned char  c, unsigned char  b) ;
```

右移位函数与左移位函数使用方法相同，这里不再赘述。

本 章 小 结

通过以上的几个简单 C 语言程序，我们可以总结出以下几点：