月亮工作室
2007.01.26

第一课　建立您的第一个 C51 项目

随着单片机的不断发展，以 C 为主流的单片机高级语言也不断被更多的单片机爱好者和工程师所喜爱。使用 C 语言肯定要使用到 C 编译器，以便把写好的 C 程序编译为机器码，这样单片机才能执行编写好的程序。KEIL uVISION2 是众多单片机应用开发软件中优秀的软件之一，它支持众多不同公司的 MCS51 架构的芯片，它集编辑，编译，仿真等于一体，同时还支持，PLM，汇编和 C 语言的程序设计，它的界面和常用的微软 VC++的界面相似，界面友好，易学易用，在调试程序，软件仿真方面也有很强大的功能。

以上简单介绍了 KEIL51 软件，要使用 KEIL51 软件，必需先要安装它，这也是学习编程语言所要求的第一步——建立学习环境。KEIL51 是一个商业的软件，对于普通爱好者可以到 KEIL 中国代理周立功公司的网站上下载一份能编译 2K 的 DEMO 版软件(http://www.zlgmcu.com/download/downs.asp?ID=480)，基本可以满足一般的个人学习和小型应用的开发。（安装的方法和普通软件相当这里就不做介绍了）

安装好后，您是不是迫不及待的想建立自己的第一个 C 程序项目呢？下面就让我们一起来建立一个小程序项目吧。

首先当然是运行 KEIL51 软件，接着按下面的步骤建立您的第一个项目：

（1）点击 Project 菜单，选择弹出的下拉式菜单中的 New Project，如图 1－2。接着弹出一个标准 Windows 文件对话窗口，如图 1－3。在“文件名”中输入您的第一个 C 程序项目名称，这里我们用“test”。“保存”后的文件扩展名为 uv2，这是 KEIL uVision2 项目文件扩展名，以后可以直接点击此文件以打开先前做的项目。

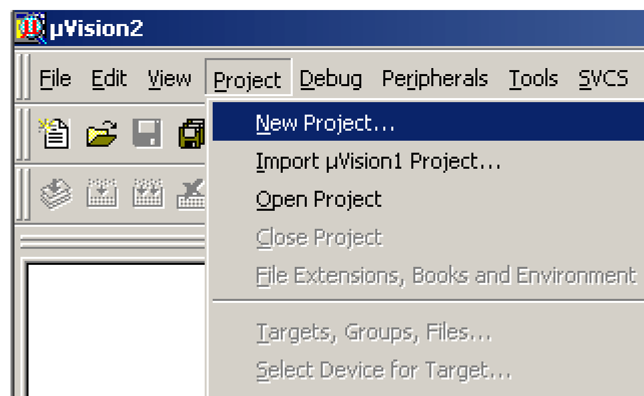
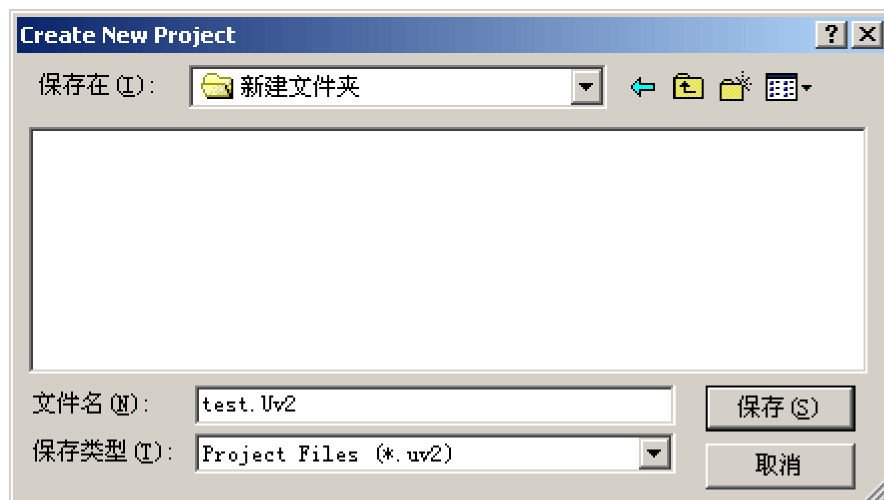


图 1－2　New Project 菜单



月亮工作室
2007.01.26

图 1－3 文件窗口

（2）选择所要的单片机，这里选择常用的 Ateml 公司的 AT89C51。此时屏幕如图 1－4 所示。AT89C51 有什么功能、特点呢？看图中右边有简单的介绍。完成上面步骤后，就可以进行程序的编写了。

（3）首先在项目中创建新的程序文件或加入旧程序文件。如果您没有现成的程序，那么就要新建一个程序文件。在 KEIL 中有一些程序的 Demo，在这里我们还是以一个 C 程序为例介绍如何新建一个 C 程序和如何加到您的第一个项目中吧。点击图 1－5 中 1 的新建文件的快捷按钮，在 2 中出现一个新的文字编辑窗口，这个操作也可以通过菜单 File－New 或快捷键 Ctrl+N 来实现。好了，现在可以编写程序了。下面是经典的一段程序，呵，如果您看过别的程序书也许也有类似的程序：

```
#include <AT89X51.H>
#include <stdio.h>

void main(void)
{
    SCON = 0x50; //串口方式 1,允许接收
    TMOD = 0x20; //定时器 1 定时方式 2
    TCON = 0x40; //设定时器 1 开始计数
    TH1 = 0xE8;  //11.0592MHz 1200 波特率
    TL1 = 0xE8;
    TI = 1;
    TR1 = 1; //启动定时器

    while(1)
        {
            printf ("Hello World!\n"); //显示 Hello World
        }
}
```

月亮工作室
2007.01.26

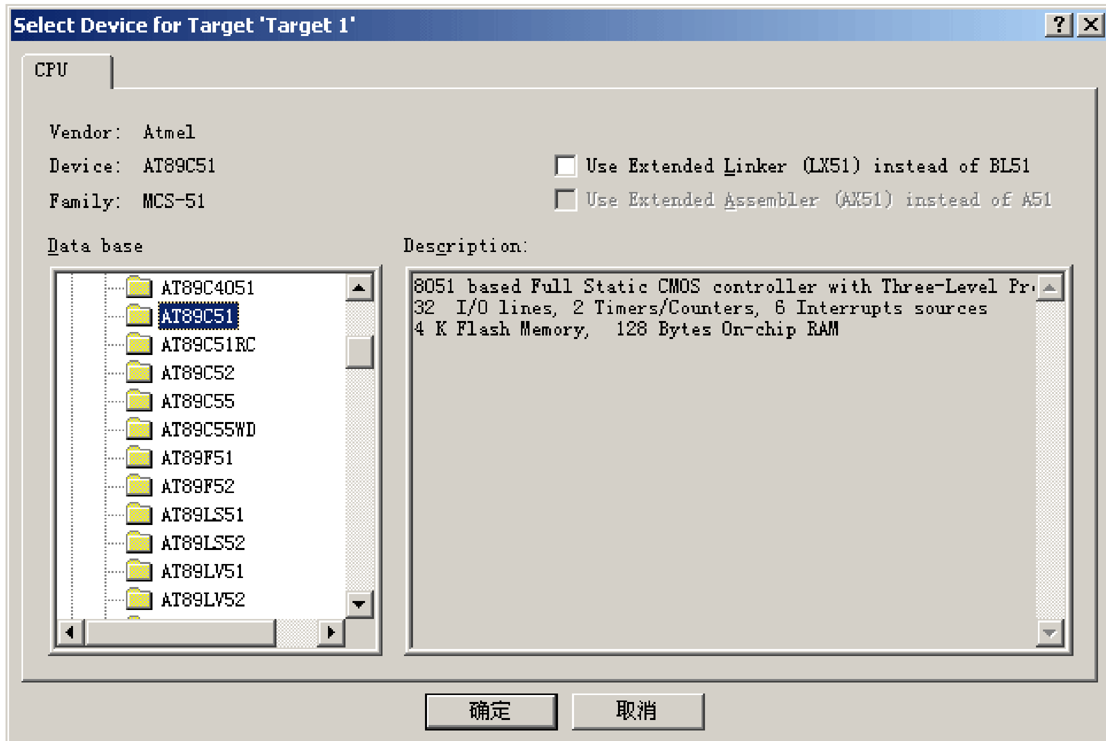


图 1—4 选取芯片

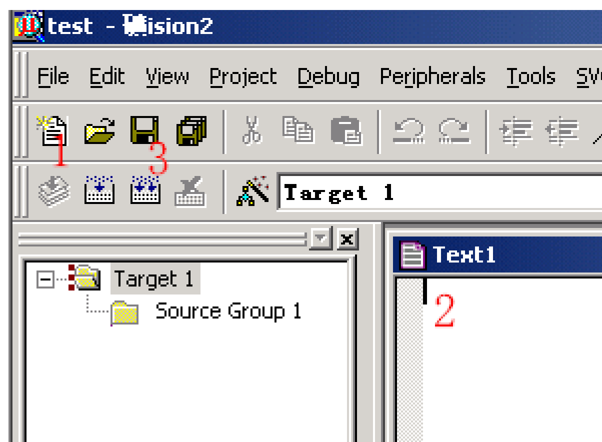


图 1—5 新建程序文件

这段程序的功能是不断从串口输出“Hello World!”字符，先不管程序的语法和意思吧，先看看如何把它加入到项目中和如何编译试运行。

（4）点击图 1—5 中的 3 保存新建的程序，也可以用菜单 File—Save 或快捷键 Ctrl+S 进行保存。因是新文件所以保存时会弹出类似图 1—3 的文件操作窗口，把第一个程序命名为 test1.c，保存在项目所在的目录中，这时您会发现程序单词有了不同的颜色，说明 KEIL 的 C 语法检查生效了。如图 1—6 鼠标在屏幕左边的 Source Group1 文件夹图标上右击弹出菜单，在这里可以做在项目中增加减少文件等操作。选“Add File to Group ‘Source Group 1’”弹出文件窗口，选择刚刚保存的文件，按 ADD 按钮，关闭文件窗，程序文件已加到项目中了。这时在 Source Group1 文件夹图标左边出现了一个小+号说明，文件组中有了文件，点击它可以展开查看。

月亮工作室
2007.01.26

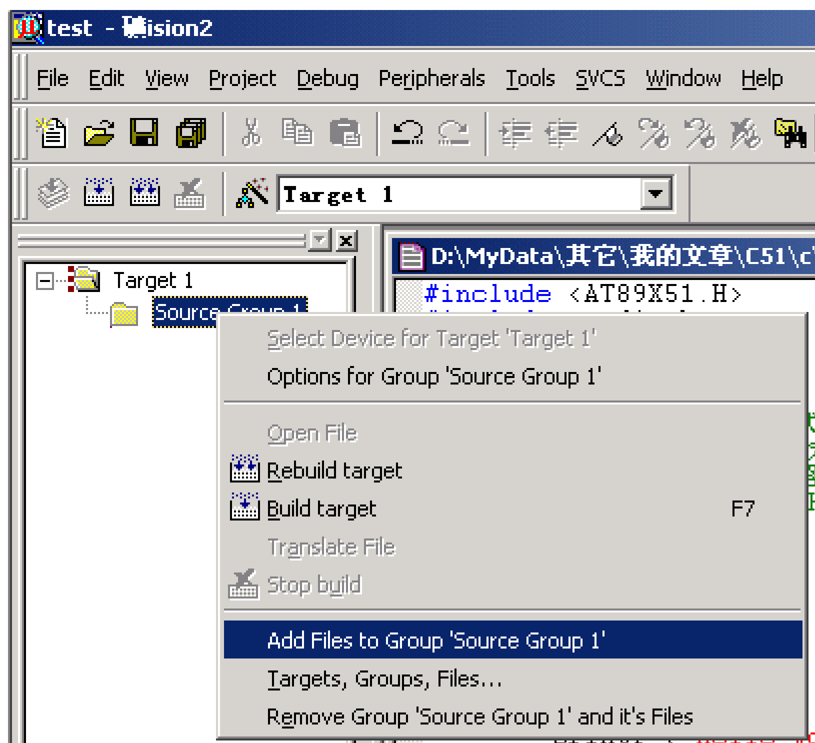


图 1—6 把文件加入到项目文件组中

（5）C 程序文件已被加到了项目中了，下面就剩下编译运行了。这个项目只是用做学习新建程序项目和编译运行仿真的基本方法，所以使用软件默认的编译设置，它不会生成用于芯片烧写的 HEX 文件。先来看图 1—7 吧，图中 1、2、3 都是编译按钮，不同是 1 是用于编译单个文件。2 是编译链接当前项目，如果先前编译过一次之后文件没有做动编辑改动，这时再点击是不会再次重新编译的。3 是重新编译，每点击一次均会再次编译链接一次，不管程序是否有改动。在 3 右边的是停止编译按钮，只有点击了前三个中的任一个，停止按钮才会生效。5 是菜单中的它们。在 4 中可以看到编译的错误信息和使用的系统资源情况等，以后我们要查错就靠它了。6 是有一个小放大镜的按钮，这就是开启\关闭调试模式的按钮，它也存在于菜单 Debug—Start\Stop Debug Session，快捷键为 Ctrl+F5。

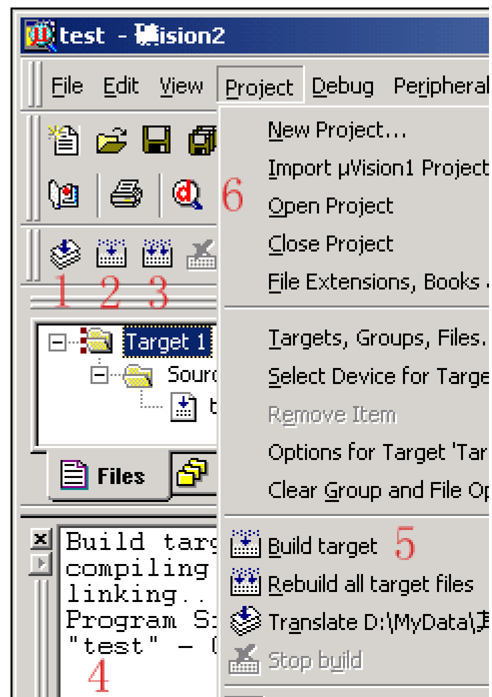


图 1—7 编译程序

(6)进入调试模式，软件窗口样式大致如图 1—8 所示。图中 1 为运行，当程序处于停止状态时才有效，2 为停止，程序处于运行状态时才有效。3 是复位，模拟芯片的复位，程序回到最开头处执行。按 4 可以打开 5 中的串行调试窗口，这个窗口可以看到从 51 芯片的串行口输入输出的字符，这里的第一个项目也正是在这里看运行结果。这些在菜单中也有。首先按 4 打开串行调试窗口，再按运行键，这时就可以看到串行调试窗口中不断的打印“Hello World!”。最后要停止程序运行回到文件编辑模式中，就要先按停止按钮再按开启\关闭调试模式按钮。然后就可以进行关闭 KEIL 等相关操作了。

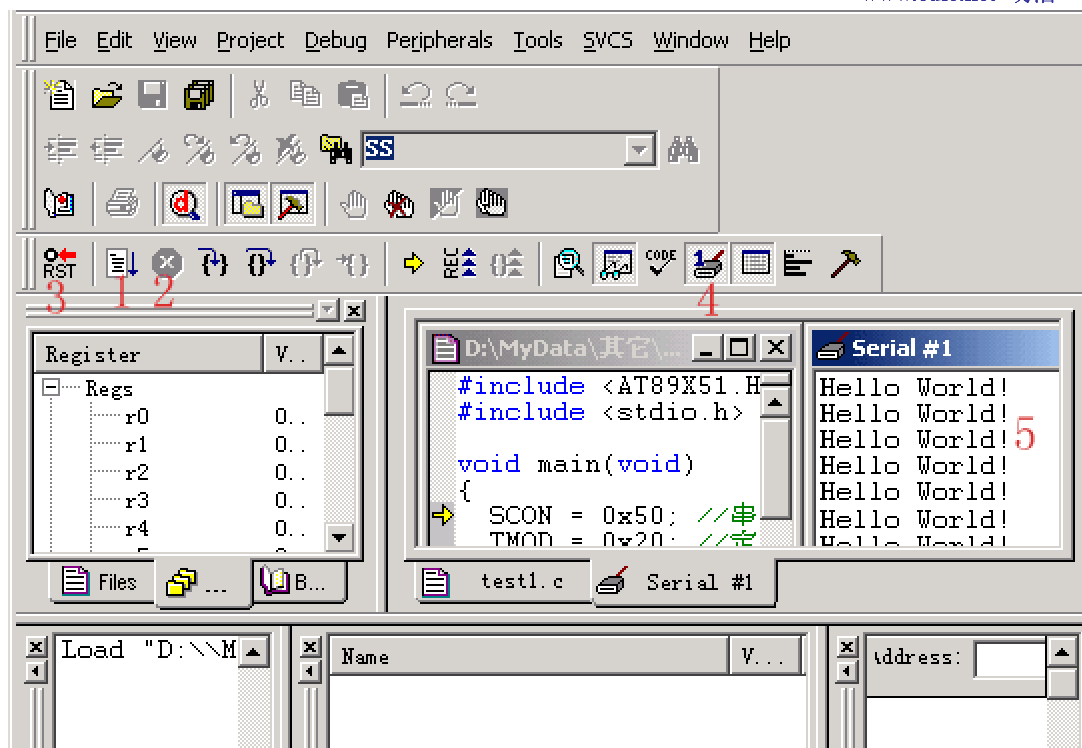


图 1—8 调试运行程序

第二课　生成 HEX 文件和最小化系统

上一篇建立了第一个单片机C语言项目，但为了让编译好的程序能通过编程器写入51芯片中，要先用编译器生成HEX文件，下面来看看如何用KEIL uVISION2来编译生成用于烧写芯片的HEX文件。HEX文件格式是Intel公司提出的按地址排列的数据信息，数据宽度为字节，所有数据使用16进制数字表示，常用来保存单片机或其他处理器的目标程序代码。它保存物理程序存储区中的目标代码映象。一般的编程器都支持这种格式。我们先来打开第一个项目，打开它的所在目录，找到test.Uv2的文件就可以打开先前的项目了。然后右击图2－1中的1项目文件夹，弹出项目功能菜单，选Options for Target'Target1',弹出项目选项设置窗口，同样先选中项目文件夹图标，这时在Project菜单中也有一样的菜单可选。打开项目选项窗口，转到Output选项页图2－2所示，图中1是选择编译输出的路径，2是设置编译输出生成的文件名，3则是决定是否要创建HEX文件，选中它就可以输出HEX文件到指定的路径中。选好了？好，我们再将它重新编译一次，很快在编译信息窗口中就显示HEX文件创建到指定的路径中了，如图2－3。这样我们就可用自己的编程器所附带的软件去读取并烧到芯片了，再用实验板看结果，至于编程器或仿真器品种繁多具体方法就看它的说明书了，这里也不做讨论。（技巧：一、在图2－1中的1里的项目文件树形目录中，先选中对象，再单击它就可对它进行重命名操作，双击文件图标便可打开文件。二、在Project下拉菜单的最下方有最近编辑过的项目路径保存，这里可以快速打开最近在编辑的项目。）

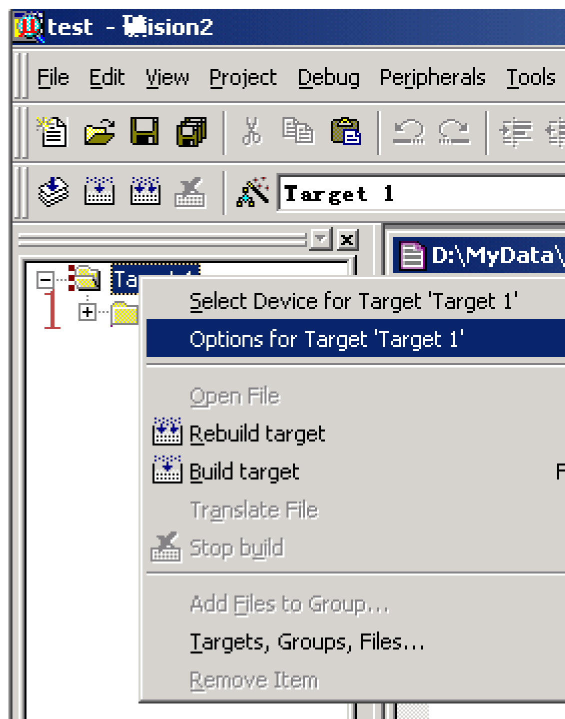


图2－1项目功能菜单

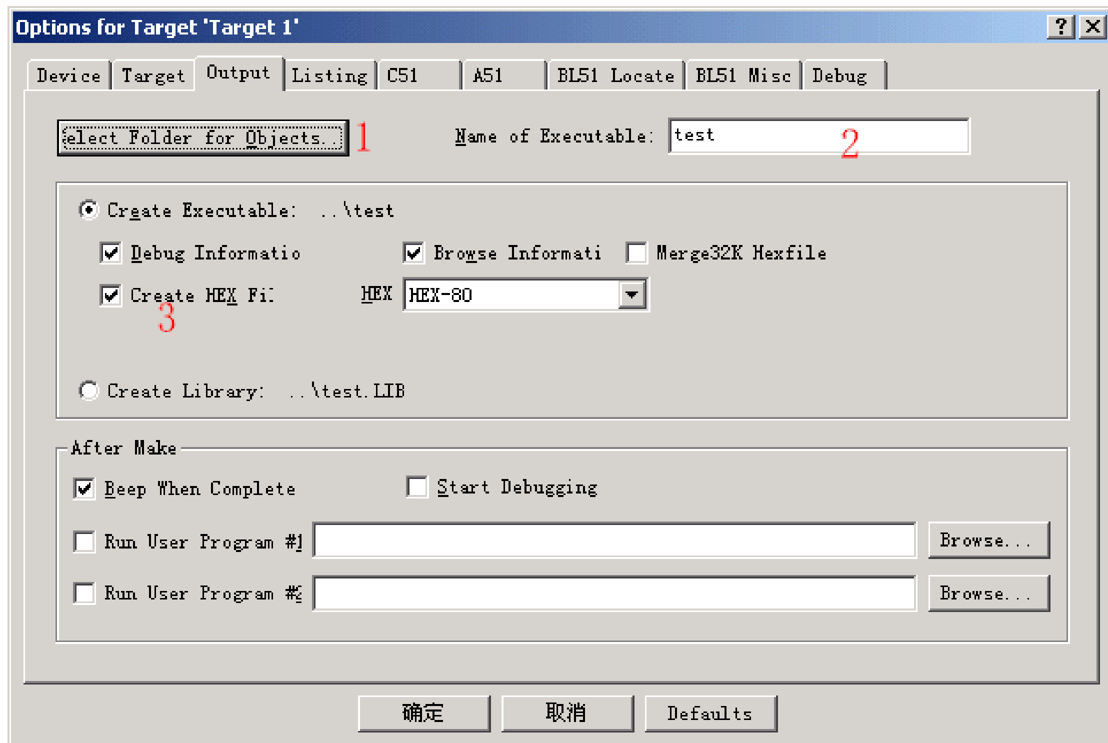


图2—2 项目选项窗口

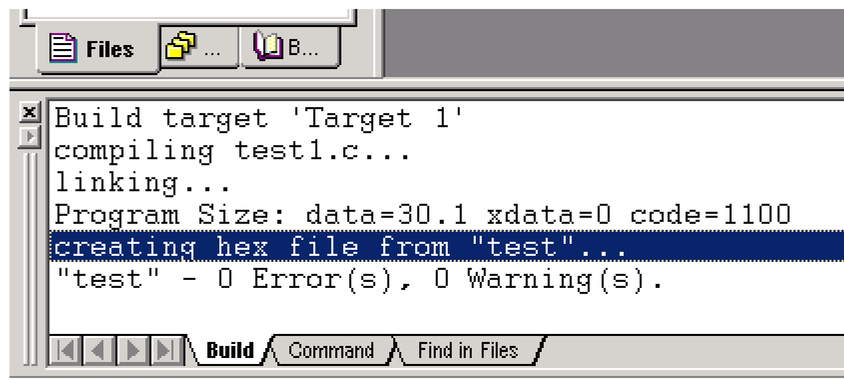


图 2—3 编译信息窗口

或许您已把编译好的文件烧到了芯片上，如果您购买或自制了带串口输出元件的学习实验板，那您就可以把串口和 PC 机串口相联用串口调试软件或 Windows 的超级终端，将其波特率设为 1200，就可以看到不停输出的“Hello World!”字样。如果您还没有实验板，那这里先说说 AT89C51 的最小化系统，再以一实例程序验证最小化系统是否在运行，这个最小化系统也易于自制用于实验。图 2—4 便是 AT89C51 的最小化系统，不过为了让我们可以看出它是在运行的，加了一个电阻和一个 LED，用以显示它的状态，晶振可以根据自己的情况使用，一般实验板上是用 11.0592MHz 或 12MHz，使用前者的好处是可以产生标准的串口波特率，后者则一个机器周期为 1 微秒，便于做精确定时。在自己做实验里，注意的是 VCC 是+5V 的，不能高于此值，否则将损坏单片机，太低则不能正常工作。在 31 脚要接高电平，这样我们才能执行片内的程序，如接低电平则使用片外的程序存储器。下面建一个新的项目名为 OneLED 来验证最小化系统是否可以工作（所有的例程都可在笔者的主页下面下载到，网址：http://www.cdle.net 。程序如下：

```
#include <AT89X51.h> //预处理命令

void main(void) //主函数名
{
//这是第一种注释方式
  unsigned int a; //定义变量 a 为 int 类型
/*
这是第二种注释方式
*/
  do{ //do while 组成循环
    for (a=0; a<50000; a++); //这是一个循环
    P1_0 = 0; //设 P1.0 口为低电平，点亮 LED
    for (a=0; a<50000; a++); //这是一个循环
    P1_0 = 1; //设 P1.0 口为高电平，熄灭 LED
    }
    while(1);
}
```

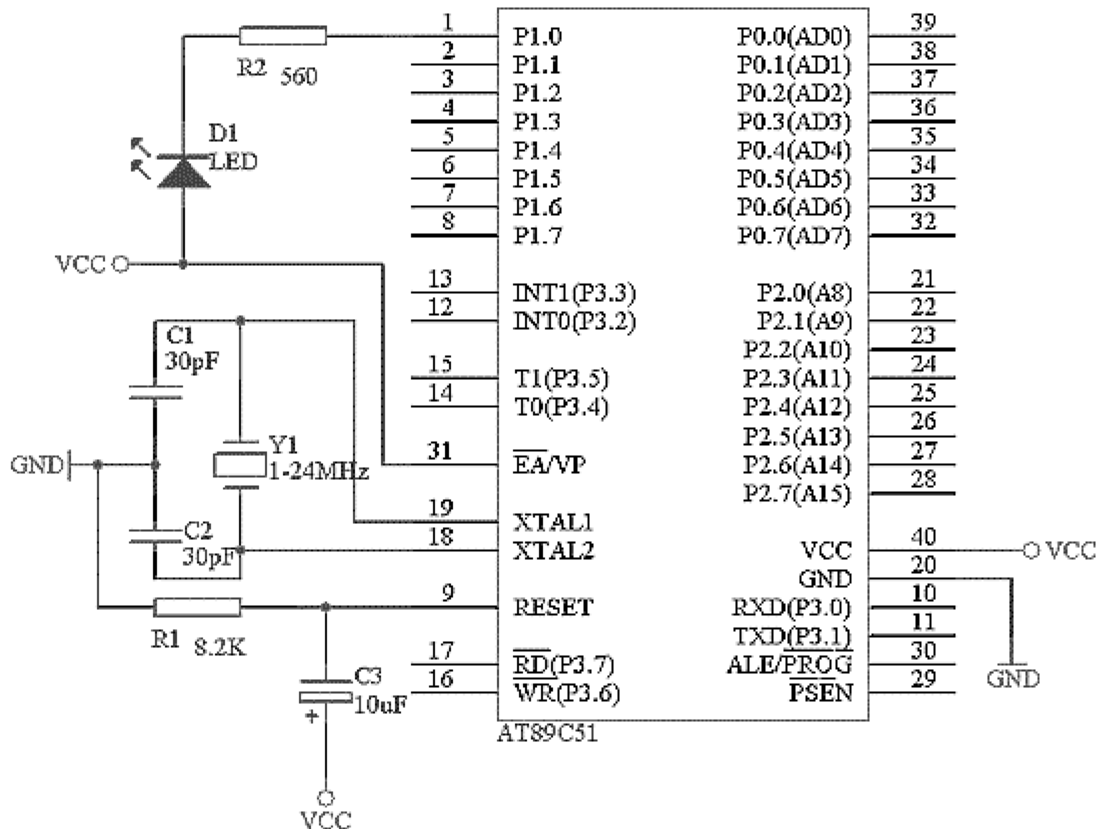


图 2—4 AT89C51 最小化系统

这里先讲讲 KEIL C 编译器所支持的注释语句。一种是以“//”符号开始的语句，符号之后的语句都被视为注释，直到有回车换行。另一种是在“/*”和“*/”符号之内的为注释。注释不会被 C 编译器所编译。一个 C 应用程序中应有一个 main 主函数，main 函数可以调用别

的功能函数，但其它功能函数不允许调用 main 函数。不论 main 函数放在程序中的那个位置，总是先被执行。用上面学到的知识编译写好的 OneLED 程序，并把它烧到刚做好的最小化系统中。上电，刚开始时 LED 是不亮的（因为上电复位后所有的 IO 口都置 1 引脚为高电平），然后延时一段时间（for (a=0; a<50000; a++)这句在运行），LED 亮，再延时，LED 熄灭，然后交替亮、灭。第一个真正的小实验就做完，如果没有这样的效果那么您就要认真检查一下电路或编译烧写的步骤了。

第三课　认识数据类型

每写一个程序，总离不开数据的应用，在学习 C51 语言的过程中掌握理解数据类型也是很关键的。先看表 3－1，表中列出了 KEIL uVision2 C51 编译器所支持的数据类型。在标准 C 语言中基本的数据类型为 char,int,short,long,float 和 double，而在 C51 编译器中 int 和 short 相同，float 和 double 相同，这里就不列出说明了。下面来看看它们的具体定义：

数据类型	长　度	值　域
unsigned char	单字节	0～255
signed char	单字节	-128～+127
unsigned int	双字节	0～65535
signed int	双字节	-32768～+32767
unsigned long	四字节	0～4294967295
signed long	四字节	-2147483648～+2147483647
float	四字节	±1.175494E-38～±3.402823E+38
*	1～3 字节	对象的地址
bit	位	0 或 1
sfr	单字节	0～255
sfr16	双字节	0～65535
sbit	位	0 或 1

表 3－1　KEIL uVision2 C51 编译器所支持的数据类型

1. char 字符类型

char 类型的长度是一个字节，通常用于定义处理字符数据的变量或常量。分无符号字符类型 unsigned char 和有符号字符类型 signed char，默认值为 signed char 类型。unsigned char 类型用字节中所有的位来表示数值，所可以表达的数值范围是 0～255。signed char 类型用字节中最高位字节表示数据的符号，“0”表示正数，“1”表示负数，负数用补码表示。所能表示的数值范围是-128～+127。unsigned char 常用于处理 ASCII 字符或用于处理小于或等于 255 的整型数。

＊正数的补码与原码相同，负二进制数的补码等于它的绝对值按位取反后加 1。

2. int 整型

int 整型长度为两个字节，用于存放一个双字节数据。分有符号 int 整型数 signed int 和无符号整型数 unsigned int，默认值为 signed int 类型。signed int 表示的数值范围是-32768～+32767，字节中最高位表示数据的符号，“0”表示正数，“1”表示负数。unsigned int 表示的数值范围是 0～65535。

先停一下来写个小程序看看 unsigned char 和 unsigned int 用于延时的不同效果，说明它们的长度是不同的，学习它们的用法。依旧用上一篇的最小化系统做实验，不过要加多一个电阻和 LED，如图 3－1。实验中用 D1 的点亮表明正在用 unsigned int 数值延时，用 D2 点亮表明正在用 unsigned char 数值延时。

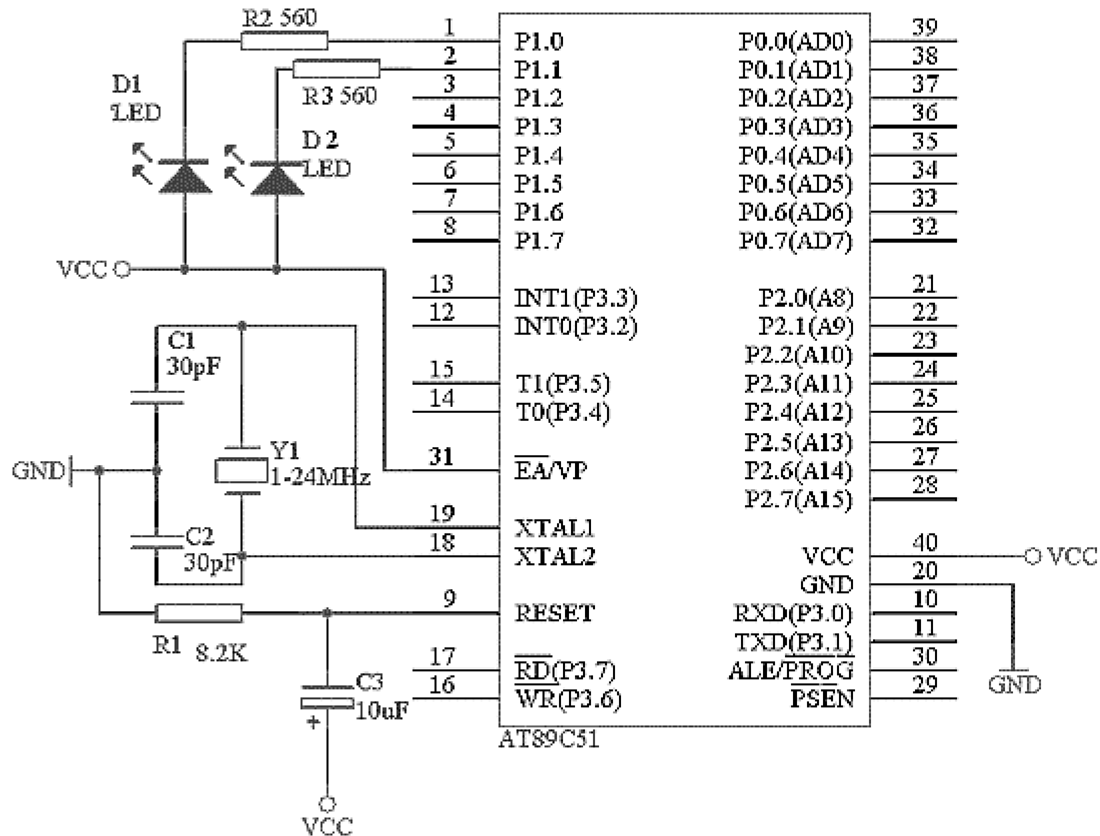


图 3－1 第 3 课实验用电路

把这个项目称为 TwoLED,实验程序如下：

```
#include <AT89X51.h> //预处理命令

void main(void) //主函数名
{
  unsigned int a; //定义变量 a 为 unsigned int 类型
  unsigned char b; //定义变量 b 为 unsigned char 类型

  do
        { //do while 组成循环
            for (a=0; a<65535; a++)
                P1_0 = 0; //65535 次设 P1.0 口为低电平，点亮 LED
            P1_0 = 1; //设 P1.0 口为高电平，熄灭 LED

            for (a=0; a<30000; a++); //空循环

            for (b=0; b<255; b++)
                P1_1 = 0; //255 次设 P1.1 口为低电平，点亮 LED
            P1_1 = 1; //设 P1.1 口为高电平，熄灭 LED
```

```
        for (a=0; a<30000; a++); //空循环
    }
  while(1);
}
```

同样编译烧写，上电运行您就可以看到结果了。很明显 D1 点亮的时间长于 D2 点亮的时间。这里必须要讲的是，当定义一个变量为特定的数据类型时，在程序使用该变量不应使它的值超过数据类型的值域。如本例中的变量 b 不能赋超出 0～255 的值，如 for (b=0; b<255; b++) 改为 for (b=0; b<256; b++)，编译是可以通过的，但运行时就会有问题出现，就是说 b 的值永远都是小于 256 的，所以无法跳出循环执行下一句 P1_1 = 1，从而造成死循环。同理 a 的值不应超出 0～65535。

3. long 长整型

long 长整型长度为四个字节，用于存放一个四字节数据。分有符号 long 长整型 signed long 和无符号长整型 unsigned long，默认值为 signed long 类型。signed int 表示的数值范围是-2147483648～+2147483647，字节中最高位表示数据的符号，“0”表示正数，“1”表示负数。unsigned long 表示的数值范围是 0～4294967295。

4. float 浮点型

float 浮点型在十进制中具有 7 位有效数字，是符合 IEEE－754 标准的单精度浮点型数据，占用四个字节。因浮点数的结构较复杂在以后的章节中再做详细的讨论。

5. * 指针型

指针型本身就是一个变量，在这个变量中存放的指向另一个数据的地址。这个指针变量要占据一定的内存单元，对不同的处理器长度也不尽相同，在 C51 中它的长度一般为 1～3 个字节。指针变量也具有类型，在以后的课程中有专门一课做探讨，这里就不多说了。

6. bit 位标量

bit 位标量是 C51 编译器的一种扩充数据类型，利用它可定义一个位标量，但不能定义位指针，也不能定义位数组。它的值是一个二进制位，不是 0 就是 1，类似一些高级语言中的 Boolean 类型中的 True 和 False。

7. sfr 特殊功能寄存器

sfr 也是一种扩充数据类型，点用一个内存单元，值域为 0～255。利用它可以访问 51 单片机内部的所有特殊功能寄存器。如用 sfr P1 = 0x90 这一句定 P1 为 P1 端口在片内的寄存器，在后面的语句中用以用 P1 = 255（对 P1 端口的所有引脚置高电平）之类的语句来操作特殊功能寄存器。

8. sfr16 16 位特殊功能寄存器

sfr16 占用两个内存单元，值域为 0～65535。sfr16 和 sfr 一样用于操作特殊功能寄存器，所不同的是它用于操作占两个字节的寄存器，如定时器 T0 和 T1。

9. sbit 可录址位

sbit 同样是 C51 中的一种扩充数据类型，利用它可以访问芯片内部的 RAM 中的可寻址

位或特殊功能寄存器中的可寻址位。如先前定义了

```
sfr P1 = 0x90; //因 P1 端口的寄存器是可位寻址的，所以可以定义
sbit P1_1 = P1 ^ 1;  //P1_1 为 P1 中的 P1.1 引脚
//同样我们可以用 P1.1 的地址去写,如 sbit P1_1 = 0x91;
```

这样在以后的程序语句中就可以用 P1_1 来对 P1.1 引脚进行读写操作了。通常这些可以直接使用系统提供的预处理文件，里面已定义好各特殊功能寄存器的简单名字，直接引用可以省去一点时间，我自己是一直用的。当然您也可以自己写自己的定义文件，用您认为好记的名字。

第四课 常 量

上一篇学习了 KEIL C51 编译器所支持的数据类型。而这些数据类型又是怎么用在常量和变量的定义中的呢？又有什么要注意的吗？常量就是在程序运行过程中不能改变值的量，而变量是可以在程序运行过程中不断变化的量。变量的定义可以使用所有 C51 编译器支持的数据类型，而常量的数据类型只有整型、浮点型、字符型、字符串型和位标量。这一篇学习常量定义和用法，而下一篇则学习变量。

常量的数据类型说明是这样的

1. 整型常量可以表示为十进制如 123，0，－89 等。十六进制则以 0x 开头如 0x34，-0x3B 等。长整型就在数字后面加字母 L，如 104L，034L，0xF340 等。
2. 浮点型常量可分为十进制和指数表示形式。十进制由数字和小数点组成，如 0.888，3345.345，0.0 等，整数或小数部分为 0，可以省略但必须有小数点。指数表示形式为[±]数字[.数字]e[±]数字，[]中的内容为可选项，其中内容根据具体情况可有可无，但其余部分必须有，如 125e3，7e9，-3.0e-3。
3. 字符型常量是单引号内的字符，如‘a’，‘d’等，不可以显示的控制字符，可以在该字符前面加一个反斜杠“\”组成专用转义字符。常用转义字符表请看表 4－1。
4. 字符串型常量由双引号内的字符组成，如“test”，“OK”等。当引号内的没有字符时，为空字符串。在使用特殊字符时同样要使用转义字符如双引号。在 C 中字符串常量是做为字符类型数组来处理的，在存储字符串时系统会在字符串尾部加上\o 转义字符以作为该字符串的结束符。字符串常量“A”和字符常量‘A’是不同的，前者在存储时多占用一个字节的字间。
5. 位标量，它的值是一个二进制。

转义字符	含义	ASCII 码（16/10 进制）
\o	空字符(NULL)	00H/0
\n	换行符(LF)	0AH/10
\r	回车符(CR)	0DH/13
\t	水平制表符(HT)	09H/9
\b	退格符(BS)	08H/8
\f	换页符(FF)	0CH/12
\’	单引号	27H/39
\″	双引号	22H/34
\\	反斜杠	5CH/92

表 4－1 常用转义字符表

常量可用在不必改变值的场合，如固定的数据表，字库等。常量的定义方式有几种，下面来加以说明。

```
#difine False 0x0; //用预定义语句可以定义常量
#difine True 0x1; //这里定义 False 为 0，True 为 1
                  //在程序中用到 False 编译时自动用 0 替换，同理 True 替换为 1
unsigned int code a=100; //这一句用 code 把 a 定义在程序存储器中并赋值
const unsigned int c=100; //用 const 定义 c 为无符号 int 常量并赋值
```

以上两句它们的值都保存在程序存储器中，而程序存储器在运行中是不允许被修改的，所以如果在这两句后面用了类似 a=110，a++这样的赋值语句，编译时将会出错。

下面写个跑马灯程序来实验一下典型的常量用法。先来看看电路图吧。它是在上一篇的

实验电路的基础上增加几个 LED 组成的，也就是用 P1 口的全部引脚分别驱动一个 LED，电路如图 4－1 所示。

新建一个 RunLED 的项目，主程序如下：

```
#include <AT89X51.H> //预处理文件里面定义了特殊寄存器的名称如 P1 口定义为 P1
void main(void)
{
    //定义花样数据
  const unsigned char design[32]={0xFF,0xFE,0xFD,0xFB,0xF7,0xEF,0xDF,0xBF,0x7F,
                                  0x7F,0xBF,0xDF,0xEF,0xF7,0xFB,0xFD,0xFE,0xFF,
                                  0xFF,0xFE,0xFC,0xF8,0xF0,0xE0,0xC0,0x80,0x0,
                                  0xE7,0xDB,0xBD,0x7E,0xFF};
    unsigned int a; //定义循环用的变量
    unsigned char b; //在 C51 编程中因内存有限尽可能注意变量类型的使用
                                         //尽可能使用少字节的类型，在大型的程序中很
受用
    do{
            for (b=0; b<32; b++)
                {
                    for(a=0; a<30000; a++); //延时一段时间
                    P1 = design[b]; //读已定义的花样数据并写花样数据到 P1 口
                }
        }while(1);
}
```

程序中的花样数据可以自以去定义,因这里我们的 LED 要 AT89C51 的 P1 引脚为低电平才会点亮，所以我们要向 P1 口的各引脚写数据 0 对应连接的 LED 才会被点亮，P1 口的八个引脚刚好对应 P1 口特殊寄存器的八个二进位，如向 P1 口定数据 0xFE,转成二进制就是 11111110,最低位 D0 为 0 这里 P1.0 引脚输出低电平，LED1 被点亮。如此类推，大家不难算出自已想要做的效果了。大家编译烧写看看，效果就出来，显示的速度您可以根据需要调整延时 a 的值，不要超过变量类型的值域就很行了。哦，您还没有实验板？那如何可以知道程序运行的结果呢？呵，不用急，这就来说说用 KEIL uVision2 的软件仿真来调试 IO 口输出输入程序。

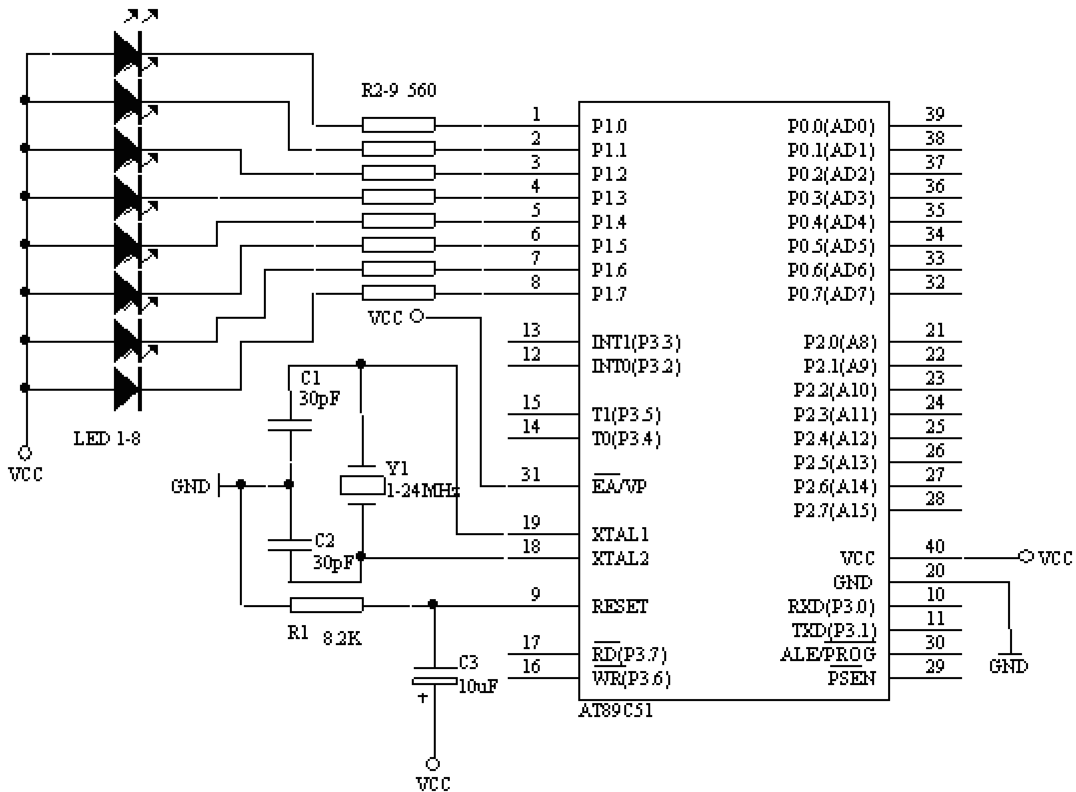


图 4—1　八路跑马灯电路

编译运行上面的程序，然后按外部设备菜单 Peripherals—I/O Ports—Port1 就打开 Port1 的调试窗口了，如图 4—3 中的 2。这时程序运行了，但我们并不能在 Port1 调试窗口上看到有会什么效果，这时可以用鼠标左击图 4—3 中 1 旁边绿色的方条，点一下就有一个小红方格再点一下又没有了，哪一句语句前有小方格程序运行到那一句时就停止了，就是设置调试断点，同样图 4—2 中的 1 也是同样功能，分别是增加/移除断点、移除所有断点、允许/禁止断点、禁止所有断点，菜单也有一样的功能，另外菜单中还有 Breakpoints 可打开断点设置窗口它的功能更强大，不过这里先不用它。在“P1 = design[b];”这一句设置一个断点这时程序运行到这里就停住了，再留意一下 Port1 调试窗口，再按图 5-2 中的 2 的运行键，程序又运行到设置断点的地方停住了，这时 Port1 调试窗口的状态又不同了。也就是说 Port1 调试窗口模拟了 P1 口的电平状态，打勾为高电平，不打勾则为低电平，窗口中 P1 为 P1 寄存器的状态，Pins 为引脚的状态，注意的是如果是读引脚值之前必须把引脚对应的寄存器置 1 才能正确读取。图 4—2 中 2 旁边的｛｝样的按钮分别为单步入，步越，步出和执行到当前行。图中 3 为显示下一句将要执行的语句。图 4—3 中的 3 是 Watches 窗口可查看各变量的当前值，数组和字串是显示其头一个地址，如本例中的 design 数组是保存在 code 存储区的首地址为 D:0x08，可以在图中 4 Memory 存储器查看窗口中的 Address 地址中打入 D:0x08 就可以查看到 design 各数据和存放地址了。如果你的 uVision2 没有显示这些窗口，可以在 View 菜单中打开在图 4—2 中 3 后面一栏的查看窗口快捷栏中打开。

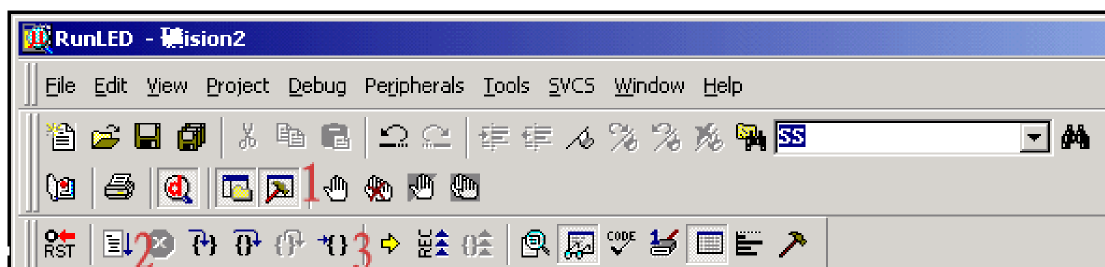


图 4—2 调试用快捷菜单栏

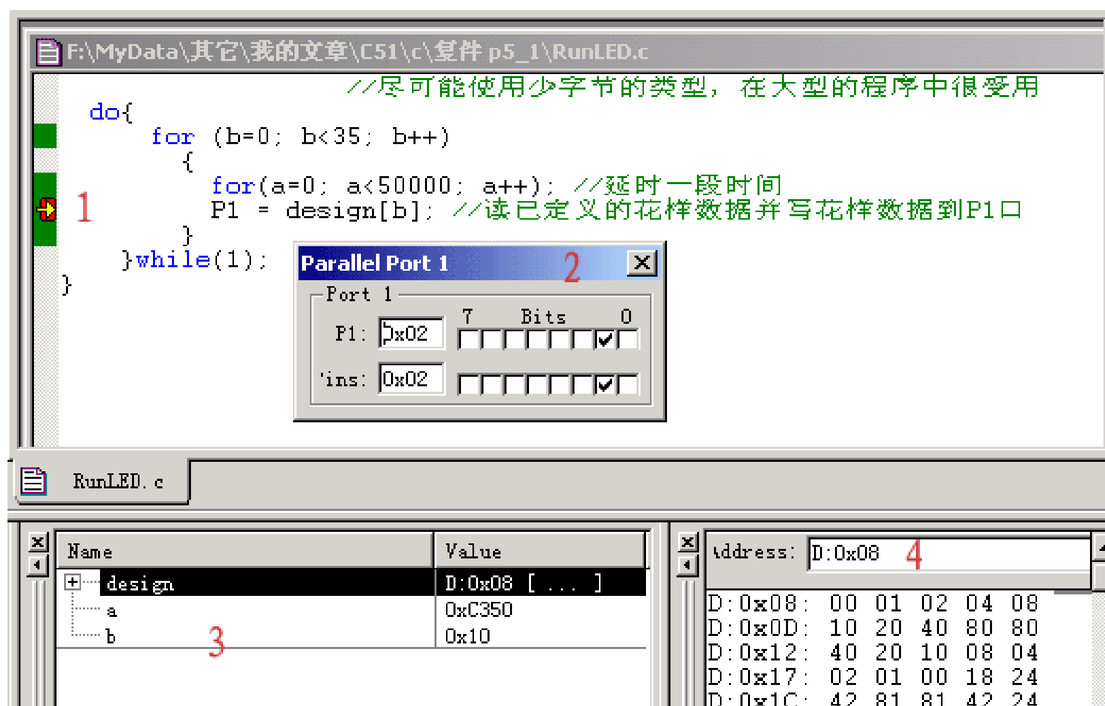


图 4—3 各调试窗口

第五课 变 量

上一篇所提到变量就是一种在程序执行过程中其值能不断变化的量。要在程序中使用变量必须先用标识符作为变量名，并指出所用的数据类型和存储模式，这样编译系统才能为变量分配相应的存储空间。定义一个变量的格式如下：

[存储种类] 数据类型 [存储器类型] 变量名表

在定义格式中除了数据类型和变量名表是必要的，其它都是可选项。存储种类有四种：自动(auto)，外部(extern)，静态(static)和寄存器(register)，缺省类型为自动(auto)。

而这里的数据类型则是和前面学习到的各种数据类型的定义是一样的。说明了一个变量的数据类型后，还可选择说明该变量的存储器类型。存储器类型的说明就是指定该变量在 C51 硬件系统中所使用的存储区域，并在编译时准确的定位。表 5－1 中是 KEIL uVision2 所能认别的存储器类型。注意的是在 AT89C51 芯片中 RAM 只有低 128 位，位于 80H 到 FFH 的高 128 位则在 52 芯片中才有用，并和特殊寄存器地址重叠。

存储器类型	说 明
data	直接访问内部数据存储器（128 字节），访问速度最快
bdata	可位寻址内部数据存储器（16 字节），允许位与字节混合访问
idata	间接访问内部数据存储器（256 字节），允许访问全部内部地址
pdata	分页访问外部数据存储器（256 字节），用 MOVX @Ri 指令访问
xdata	外部数据存储器(64KB)，用 MOVX @DPTR 指令访问
code	程序存储器（64KB），用 MOVC @A+DPTR 指令访问

表 5－1 存储器类型

如果省略存储器类型，系统则会按编译模式SMALL，COMPACT或LARGE所规定的默认存储器类型去指定变量的存储区域。无论什么存储模式都可以声明变量在任何的8051存储区范围，然而把最常用的命令如循环计数器和队列索引放在内部数据区可以显著的提高系统性能。还有要指出的就是变量的存储种类与存储器类型是完全无关的。

之前提到简单提到sfr，sfr16，sbit定义变量的方法，下面我们再来仔细看看。

sfr和sfr16可以直接对51单片机的特殊寄存器进行定义，定义方法如下：

sfr 特殊功能寄存器名= 特殊功能寄存器地址常数;

sfr16 特殊功能寄存器名= 特殊功能寄存器地址常数;

我们可以这样定义AT89C51的P1口

sfr P1 = 0x90; //定义P1 I/O口，其地址90H

sfr关键定后面是一个要定义的名字，可任意选取，但要符合标识符的命名规则，名字最好有一定的含义如P1口可以用P1为名，这样程序会变的好读好多。等号后面必须是常数，不允许有带运算符的表达式，而且该常数必须在特殊功能寄存器的地址范围之内（80H－FFH），具体可查看附录中的相关表。sfr是定义8位的特殊功能寄存器而sfr16则是用来定义16位特殊功能寄存器，如8052的T2定时器，可以定义为：

sfr16 T2 = 0xCC; //这里定义8052定时器2，地址为T2L=CCH，T2H=CDH

用 sfr16 定义 16 位特殊功能寄存器时，等号后面是它的低位地址，高位地址一定要位于物理低位地址之上。注意的是不能用于定时器 0 和 1 的定义。

sbit 可定义可位寻址对象。如访问特殊功能寄存器中的某位。其实这样应用是经常要用的如要访问 P1 口中的第 2 个引脚 P1.1。可以照以下的方法去定义:

(1)sbit 位变量名＝位地址

sbit P1_1 = 0x91;

这样是把位的绝对地址赋给位变量。同 sfr 一样 sbit 的位地址必须位于 80H-FFH 之间。

(2)Sbit 位变量名＝特殊功能寄存器名^位位置

sft P1 = 0x90;

sbit P1_1 = P1 ^ 1; //先定义一个特殊功能寄存器名再指定位变量名所在的位置当可寻址位位于特殊功能寄存器中时可采用这种方法

(3)sbit 位变量名＝字节地址^位位置

sbit P1_1 = 0x90 ^ 1;

这种方法其实和 2 是一样的，只是把特殊功能寄存器的位址直接用常数表示。

在 C51 存储器类型中提供有一个 bdata 的存储器类型，这个是指可位寻址的数据存储器，位于单片机的可位寻址区中，可以将要求可位录址的数据定义为 bdata, 如:

```
unsigned char bdata ib; //在可位录址区定义 ucsigned char 类型的变量 ib
int bdata ab[2]; //在可位寻址区定义数组 ab[2]，这些也称为可寻址位对象
sbit ib7=ib^7 //用关键字 sbit 定义位变量来独立访问可寻址位对象的其中一位
sbit ab12=ab[1]^12;
```

操作符“ ^ ”后面的位位置的最大值取决于指定的基址类型，char0-7, int0-15, long0-31。

下面用上一篇的电路来实践一下这一课的知识。同样是做一下简单的跑马灯实验，项目名为 RunLED2。程序如下:

```
sfr P1 = 0x90; //这里没有使用预定义文件，
sbit P1_0 = P1 ^ 0; //而是自己定义特殊寄存器
sbit P1_7 = 0x90 ^ 7; //之前我们使用的预定义文件其实就是这个作用
sbit P1_1 = 0x91; //这里分别定义 P1 端口和 P10,P11,P17 引脚
void main(void)
{
    unsigned int a; //定义 a 为 int 变量
    unsigned char b; //定义 b 为 char 变量
    do{
            for (a=0;a<50000;a++)
                P1_0 = 0; //点亮 P1_0
            for (a=0;a<50000;a++)
                P1_7 = 0; //点亮 P1_7
            for (b=0;b<255;b++)
                {
                    for (a=0;a<10000;a++)
                        P1 = b; //用 b 的值来做跑马灯的花样
                }
            P1 = 255; //熄灭 P1 上的 LED
            for (b=0;b<255;b++)
                {
                    for (a=0;a<10000;a++) //P1_1 闪烁
                        P1_1 = 0;
                    for (a=0;a<10000;a++)
                        P1_1 = 1;
                }
        }while(1);
}
```

第六课　运算符和表达式（1）

上两课说了常量和变量,先来补充一个用以重新定义数据类型的的语句吧。这个语句就是 typedef，这是个很好用的语句，但我却不常用它，通常我定义变量的数据类型时都是使用标准的关键字，这样别人可以很方便的研读你的程序。如果你是个 DELPHI 编程爱好者或是程序员，你对变量的定义也许习惯了 DELPHI 的关键字，如 int 类型常会用关键字 Integer 来定义，在用 C51 时你还想用回这个的话，你可以这样写：

```
typedef int integer;
integer a,b;
```

这两句在编译时，其实是先把 integer 定义为 int，在以后的语句中遇到 integer 就用 int 置换，integer 就等于 int，所以 a，b 也就被定义为 int。typedef 不能直接用来定义变量，它只是对已有的数据类型作一个名字上的置换，并不是产生一个新的数据类型。下面两句就是一个错误的例子：

```
typedef int integer;
integer = 100;
```

使用 typedef 可以有方便程序的移植和简化较长的数据类型定义。用 typedef 还可以定义结构类型，这一点在后面详细解说结构类型时再一并说明。typedef 的语法是

```
typedef 已有的数据类型　新的数据类型名
```

运算符就是完成某种特定运算的符号。运算符按其表达式中与运算符的关系可分为单目运算符，双目运算符和三目运算符。单目就是指需要有一个运算对象，双目就要求有两个运算对象，三目则要三个运算对象。表达式则是由运算及运算对象所组成的具有特定含义的式子。C 是一种表达式语言，表达式后面加“；”号就构成了一个表达式语句。

赋值运算符

对于“=”这个符号大家不会陌生的，在 C 中它的功能是给变量赋值，称之为赋值运算符。它的作用不用多说大家也明白，就是但数据赋给变量。如，x=10;由此可见利用赋值运算符将一个变量与一个表达式连接起来的式子为赋值表达式，在表达式后面加“;”便构成了赋值语句。使用“=”的赋值语句格式如下：

变量 = 表达式;

示例如下

```
a = 0xFF; //将常数十六进制数 FF 赋于变量 a
b = c = 33; //同时赋值给变量 b,c
d = e; //将变量 e 的值赋于变量 d
f = a+b; //将变量 a+b 的值赋于变量 f
```

由上面的例子可以知道赋值语句的意义就是先计算出“=”右边的表达式的值，然后将得到的值赋给左边的变量。而且右边的表达式可以是一个赋值表达式。

在一些朋友的来信中会出现“==”与“=”这两个符号混淆的错误原码，问为何编译报错，往往就是错在 if (a=x)之类的语句中，错将“=”用为“==”。“==”符号是用来进行相等关系运算。

算术，增减量运算符

对于 a+b,a/b 这样的表达式大家都很熟悉，用在 C 语言中，+，/，就是算术运算符。C51 中的算术运算符有如下几个，其中只有取正值和取负值运算符是单目运算符，其它则都是双目运算符：

　　+　加或取正值运算符

- 减或取负值运算符
* 乘运算符
/ 除运算符
% 取余运算符

算术表达式的形式：

表达式 1　算术运算符　表达式 2

如：a+b*(10-a)，(x+9)/(y-a)

除法运算符和一般的算术运算规则有所不同，如是两浮点数相除，其结果为浮点数，如 10.0/20.0 所得值为 0.5，而两个整数相除时，所得值就是整数，如 7/3，值为 2。像别的语言一样 C 的运算符与有优先级和结合性，同样可用用括号“()”来改变优先级。这些和我们小时候学的数学几乎是一样的，也不必过多的说明了。

++　增量运算符

--　减量运算符

这两个运算符是 C 语言中特有的一种运算符。在 VB，PASCAL 等都是没有的。作用就是对运算对象作加 1 和减 1 运算。要注意的是运算对象在符号前或后，其含义都是不同的，虽然同是加 1 或减 1。如：I++，++I，I--，--I。

I++（或 I--）　是先使用 I 的值，再执行 I+1（或 I-1）

++I（或--I）　是先执行 I+1（或 I-1），再使用 I 的值。

增减量运算符只允许用于变量的运算中，不能用于常数或表达式。

先来做一个实验吧。学习运算符和另外一些知识时，我们还是给我们的实验板加个串行接口吧。借助电脑转件直观的看单片机的输出结果，如果你用的是成品实验板或仿真器，那你就可以跳过这一段了。

在制作电路前我们先来看看要用的 MAX232，这里不去具体讨论它，只要知道它是 TTL 和 RS232 电平相互转换的芯片和基本的引脚接线功能就行了。通常我会用两个小功率晶体管加少量的电路去替换 MAX232，可以省一点，效果也不错（如有兴趣可以查看 http://www.cdle.net 网站中的相关资料）。下图就是 MAX232 的基本接线图。

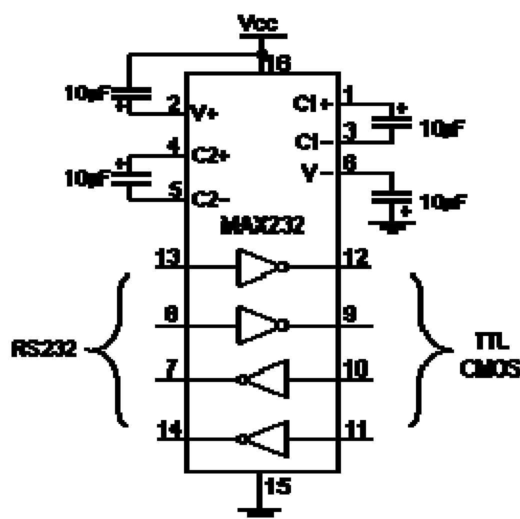


图 6－1　MAX232

在上两课的电路的基础上按图 6－3 加上 MAX232 就可以了。串口座用 DB9 的母头，这样就可以用买来的 PC 串口延长线进行和电脑相连接，也可以直接接到电脑 com 口上。

图 6－2　DB9 接头

图 6－3　加上了 MAX232 的实验电路

做好后，就先用回前面的“Hello World!”程序，用它来和你的电脑说声 Hello!把程序烧到芯片上，把串口连接好。嘿嘿，这时要打开你的串口调试软件，没有就赶快到网上 DOWN 一个了。你会用 Windows 的超级终端也行，不过我从不用它。我用 http://emouze.com 的 comdebug，它是个不错的软件，我喜欢它是因为它功能好而且还有“线路状态”功能，这对

我制作小玩意时很有用。串口号，波特率调好，打开串口，单片机上电，就可以在接收区看到不断出现的“Hello World!”。一定要先打开软件的串口，再把单片机上电，否则可能因字符不对齐而看到乱码哦。

图 6-4　调试结果

第七课　运算符和表达式（2）

关系运算符

对于关系运算符，同样我们也并不陌生。C 中有六种关系运算符，这些家伙同样是在小时候学算术时学习过的：

＞　　大于
＜　　小于
＞＝　　大于等于
＜＝　　小于等于
＝＝　　等于
！＝　　等于

或者你是个非 C 程序员，那么对前四个一定是再熟悉不过的了。而“==”在 VB 或 PASCAL 等中是用“=”，“!=”则是用“not ”。

小学时的数学课就教授过运算符是有优先级别的，计算机的语言也不过是人类语言的一种扩展，这里的运算符同样有着优先级别。前四个具有相同的优先级，后两个也具有相同的优先级，但是前四个的优先级要高于后 2 个的。

当两个表达式用关系运算符连接起来时，这时就是关系表达式。关系表达式通常是用来判别某个条件是否满足。要注意的是用关系运算符的运算结果只有 0 和 1 两种，也就是逻辑的真与假，当指定的条件满足时结果为 1，不满足时结果为 0。

表达式 1　关系运算符　表达式 2

如：I＜J，I==J,(I=4)>(J=3),J+I>J

借助我们在上一课做好的电路和学习了的相关操作。我们来做一个关系运算符相关的实例程序。为了增加学习的趣味性和生动性，不妨我们来假设在做一个会做算术的机器人，当然真正会思考对话的机器，我想我是做不出来的了，这里的程序只是用来学习关系运算符的基本应用。

```
#include <AT89X51.H>
#include <stdio.h>

void main(void)
{
    int x,y;

    SCON = 0x50; //串口方式 1,允许接收
    TMOD = 0x20; //定时器 1 定时方式 2
    TH1 = 0xE8; //11.0592MHz 1200 波特率
    TL1 = 0xE8;
    TI = 1;
    TR1 = 1; //启动定时器

    while(1)
        {
            printf("您好!我叫 Robot!我是一个会做算术的机器人!\n"); //显示
            printf("请您输入两个 int,X 和 Y\n"); //显示
```

```
        scanf("%d%d",&x,&y);     //输入
        if (x < y)
            printf("X<Y\n"); //当 X 小于 Y 时
        else     //当 X 不小于 Y 时再作判断
            {
                if (x == y)
                    printf("X=Y\n"); //当 X 等于 Y 时
                else
                    printf("X>Y\n"); //当 X 大于 Y 时
            }
    }
}
```

要注意的是，在连接 PC 串口调试时。发送数字时，发送完一个数字后还要发送一个回车符，以使 scanf 函数确认有数据输入。

逻辑运算符

关系运算符所能反映的是两个表达式之间的大小等于关系，那逻辑运算符则是用于求条件式的逻辑值，用逻辑运算符将关系表达式或逻辑量连接起来就是逻辑表达式了。也许你会对为什么"逻辑运算符将关系表达式连接起来就是逻辑表达式了"这一个描述有疑惑的地方。其实之前说过"要注意的是用关系运算符的运算结果只有 0 和 1 两种，也就是逻辑的真与假"，换句话说也就是逻辑量，而逻辑运算符就用于对逻辑量运算的表达。逻辑表达式的一般形式为：

逻辑与：条件式 1 && 条件式 2
逻辑或：条件式 1 || 条件式 2
逻辑非：! 条件式 2

图 7-1 演示结果

逻辑与，说白了就是当条件式 1“与”条件式 2 都为真时结果为真（非 0 值），否则为假（0 值）。也就是说运算会先对条件式 1 进行判断，如果为真（非 0 值），则继续对条件式 2 进行判断，当结果为真时，逻辑运算的结果为真（值为 1），如果结果不为真时，逻辑运算的结果为假（0 值）。如果在判断条件式 1 时就不为真的话，就不用再判断条件式 2 了，而直接给出运算结果为假。

逻辑或，是指只要二个运算条件中有一个为真时，运算结果就为真，只有当条件式都不为真时，逻辑运算结果才为假。

逻辑非则是把逻辑运算结果值取反，也就是说如果两个条件式的运算值为真，进行逻辑非运算后则结果变为假，条件式运算值为假时最后逻辑结果为真。

同样逻辑运算符也有优先级别，!（逻辑非）→&&（逻辑与）→||（逻辑或），逻辑非的优先值最高。

如有 !True || False && True

按逻辑运算的优先级别来分析则得到（True 代表真，False 代表假）

```
!True || False && True
False || False && True  //!Ture 先运算得 False
False || False          //False && True 运算得 False
False                   //最终 False || False 得 False
```

下面我们来用程序语言去有表达，如下：

```
#include <AT89X51.H>
#include <stdio.h>

void main(void)
{
    unsigned char True = 1; //定义
    unsigned char False = 0;

    SCON = 0x50; //串口方式 1,允许接收
    TMOD = 0x20; //定时器 1 定时方式 2
    TH1 = 0xE8; //11.0592MHz 1200 波特率
    TL1 = 0xE8;
    TI = 1;
    TR1 = 1; //启动定时器

    if (!True || False && True)
            printf("True\n"); //当结果为真时
    else
            printf("False\n"); //结果为假时
}
```

大家可以使用以往学习的方法用 keil 或烧到片子上用串口调试。可以更改“!True || False && True”这个条件式，以实验不同算法组合来掌握逻辑运算符的使用方法。

第八课 运算符和表达式（3）

位运算符

学过汇编的朋友都知道汇编对位的处理能力是很强的，但是 C 语言也能对运算对象进行按位操作，从而使 C 语言也能具有一定的对硬件直接进行操作的能力。位运算符的作用是按位对变量进行运算，但是并不改变参与运算的变量的值。如果要求按位改变变量的值，则要利用相应的赋值运算。还有就是位运算符是不能用来对浮点型数据进行操作的。C51 中共有 6 种位运算符。

位运算一般的表达形式如下：

变量 1 位运算符 变量 2

位运算符也有优先级，从高到低依次是："~"（按位取反）→"<<"（左移）→">>"（右移）→"&"（按位与）→"^"（按位异或）→"|"（按位或）

表 8－1 是位逻辑运算符的真值表，X 表示变量 1，Y 表示变量 2

X	Y	~X	~Y	X&Y	X|Y	X^Y
0	0	1	1	0	0	0
0	1	1	0	0	1	1
1	0	0	1	0	1	1
1	1	0	0	1	1	0

表 8－1 按位取反，与，或和异或的逻辑真值表

利用以前建立起来的实验板，我们来做个实验验证一下位运算是否真是不改变参与变量的值，同时学习位运算的表达形式。程序很简单，用 P1 口做运算变量，P1.0-P1.7 对应 P1 变量的最低位到最高位，通过连接在 P1 口上的 LED 我们便可以直观看到每个位运算后变量是否有改变或如何改变。程序如下：

```
#include <at89x51.h>
void main(void)
{
    unsigned int a;
    unsigned int b;
    unsigned char temp; //临时变量
    P1 = 0xAA; //点亮 D1,D3,D5,D7 P1 口的二进制为 10101010,为 0 时点亮 LED
    for (a=0;a<1000;a++)
        for (b=0;b<1000;b++); //延时
    temp = P1 & 0x7; //单纯的写 P1|0x7 是没有意义的，因为没有变量被影响，不会被编
译
    //执行 P1｜0x7 后结果存入 temp，这时改变的是 temp，但 P1 不会被影响。
    //这时 LED 没有变化，仍然是 D1,D3,D5,D7 亮
    for (a=0;a<1000;a++)
        for (b=0;b<1000;b++); //延时
    P1 = 0xFF; //熄灭 LED
    for (a=0;a<1000;a++)
        for (b=0;b<1000;b++); //延时
    P1 = 0xAA; //点亮 D1,D3,D5,D7 P1 口的二进制为 10101010,为 0 时点亮 LED
    for (a=0;a<1000;a++)
        for (b=0;b<1000;b++); //延时
```

```
    P1 = P1 & 0x7; //这时 LED 会变得只有 D2 灭
//因为之前 P1=0xAA=10101010
//与 0x7 位与    0x7=00000111
//结果存入 P1    P1=00000010 //位为 0 时点亮 LED，电路看第三课
    for (a=0;a<1000;a++)
        for (b=0;b<1000;b++); //延时
    P1 = 0xFF; //熄灭 LED
    while(1);
    //大家可以根据上面的程序去做位或，左移，取反等等。
}
```

复合赋值运算符

复合赋值运算符就是在赋值运算符“=”的前面加上其他运算符。以下是 C 语言中的复合赋值运算符：

```
+=  加法赋值      >>=  右移位赋值
-=  减法赋值       &=  逻辑与赋值
*=  乘法赋值       |=  逻辑或赋值
/=  除法赋值       ^=  逻辑异或赋值
%=  取模赋值      -=  逻辑非赋值
<<= 左移位赋值
```

复合运算的一般形式为：

变量　复合赋值运算符　表达式

其含义就是变量与表达式先进行运算符所要求的运算，再把运算结果赋值给参与运算的变量。其实这是 C 语言中一种简化程序的一种方法，凡是二目运算都可以用复合赋值运算符去简化表达。例如：

a+=56 等价于 a=a+56

y/=x+9 等价于 y=y/(x+9)

很明显采用复合赋值运算符会降低程序的可读性，但这样却可以使程序代码简单化，并能提高编译的效率。对于初学 C 语言的朋友在编程时最好还是根据自己的理解力和习惯去使用程序表达的方式，不要一味追求程序代码的短小。

逗号运算符

如果你有编程的经验，那么对逗号的作用也不会陌生了。如在 VB 中“Dim a,b,c”的逗号就是把多个变量定义为同一类型的变量，在 C 也一样，如“int a,b,c”，这些例子说明逗号用于分隔表达式用。但在 C 语言中逗号还是一种特殊的运算符，也就是逗号运算符，可以用它将两个或多个表达式连接起来，形成逗号表达式。逗号表达式的一般形式为：

表达式 1，表达式 2，表达式 3……表达式 n

这样用逗号运算符组成的表达式在程序运行时，是从左到右计算出各个表达式的值，而整个用逗号运算符组成的表达式的值等于最右边表达式的值，就是“表达式 n”的值。在实际的应用中，大部分情况下，使用逗号表达式的目的只是为了分别得到名个表达式的值，而并不一定要得到和使用整个逗号表达式的值。要注意的还有，并不是在程序的任何位置出现的逗号，都可以认为是逗号运算符。如函数中的参数，同类型变量的定义中的逗号只是用来间隔之用而不是逗号运算符。

条件运算符

上面我们说过 C 语言中有一个三目运算符，它就是“?:”条件运算符，它要求有三个运算对象。它可以把三个表达式连接构成一个条件表达式。条件表达式的一般形式如下:

逻辑表达式? 表达式 1 : 表达式 2

条件运算符的作用简单来说就是根据逻辑表达式的值选择使用表达式的值。当逻辑表达式的值为真时（非 0 值）时，整个表达式的值为表达式 1 的值；当逻辑表达式的值为假（值为 0）时，整个表达式的值为表达式 2 的值。要注意的是条件表达式中逻辑表达式的类型可以与表达式 1 和表达式 2 的类型不一样。下面是一个逻辑表达式的例子。

如有 a=1,b=2 这时我们要求是取 ab 两数中的较小的值放入 min 变量中，也许你会这样写：

```
if (a<b)
    min = a;
else
    min = b; //这一段的意思是当 a<b 时 min 的值为 a 的值，否则为 b 的值。
```

用条件运算符去构成条件表达式就变得简单明了了：

```
min = (a<b)? a : b
```

很明显它的结果和含意都和上面的一段程序是一样的，但是代码却比上一段程序少很多，编译的效率也相对要高，但有着和复合赋值表达式一样的缺点就是可读性相对效差。在实际应用时根据自己要习惯使用，就我自己来说我喜欢使用较为好读的方式和加上适当的注解，这样可以有助于程序的调试和编写，也便于日后的修改读写。

第九课　运算符和表达式（4）

指针和地址运算符

在第 3 课我们学习数据类型时，学习过指针类型，知道它是一种存放指向另一个数据的地址的变量类型。指针是 C 语言中一个十分重要的概念，也是学习 C 语言中的一个难点。对于指针将会在第九课中做详细的讲解。在这里我们先来了解一下 C 语言中提供的两个专门用于指针和地址的运算符：

　　*　取内容
　　&　取地址

取内容和地址的一般形式分别为：

　　变量 = * 指针变量
　　指针变量 = & 目标变量

取内容运算是将指针变量所指向的目标变量的值赋给左边的变量；取地址运算是将目标变量的地址赋给左边的变量。要注意的是：指针变量中只能存放地址（也就是指针型数据），一般情况下不要将非指针类型的数据赋值给一个指针变量。

下面来看一个例子，并用一个图表和实例去简单理解指针的用法和含义。

设有两个 unsigned int 变量　ABC 处 CBA 存放在 0x0028,0x002A 中
另有一个指针变量　portA 存放在 0x002C 中
那么我们写这样一段程序去看看*,&的运算结果

```
unsigned int data ABC _at_ 0x0028;
unsigned int data CBA _at_ 0x002A;
unsigned int data *Port _at_ 0x002C;

#include <at89x51.h>
#include <stdio.h>

void main(void)
{
    SCON = 0x50; //串口方式 1,允许接收
    TMOD = 0x20; //定时器 1 定时方式 2
    TH1 = 0xE8; //11.0592MHz 1200 波特率
    TL1 = 0xE8;
    TI = 1;
    TR1 = 1; //启动定时器

    ABC = 10; //设初值
    CBA = 20;

    Port = &CBA; //取 CBA 的地址放到指针变量 Port
    *Port = 100; //更改指针变量 Port 所指向的地址的内容

    printf("1: CBA=%d\n",CBA); //显示此时 CBA 的值
```

```
    Port = &ABC; //取 ABC 的地址放到指针变量 Port
    CBA = *Port; //把当前 Port 所指的地址的内容赋给变量 CBA

    printf("2: CBA=%d\n",CBA); //显示此时 CBA 的值
    printf("   ABC=%d\n",ABC); //显示 ABC 的值
}
```

程序初始时

值	地址	说明
0x00	0x002DH	
0x00	0x002CH	
0x00	0x002BH	
0x00	0x002AH	
0x0A	0x0029H	
0x00	0x0028H	

执行 ABC = 10;向 ABC 所指的地址 0x28H 写入 10(0xA)，因 ABC 是 int 类型要占用 0x28H 和 0x29H 两个字节的内存空间，低位字节会放入高地址中，所以 0x28H 中放入 0x00，0x29H 中放入 0x0A

值	地址	说明
0x00	0x002DH	
0x00	0x002CH	
0x00	0x002BH	
0x00	0x002AH	
0x0A	0x0029H	ABC 为 int 类型占用两字节
0x00	0x0028H	

执行 CBA = 20;原理和上一句一样

值	地址	说明
0x00	0x002DH	
0x00	0x002CH	
0x14	0x002BH	CBA 为 int 类型占用两字节
0x00	0x002AH	
0x0A	0x0029H	ABC 为 int 类型占用两字节
0x00	0x0028H	

执行 Port = &CBA; 取 CBA 的首地址放到指针变量 Port

值	地址	说明
0x00	0x002DH	
0x2A	0x002CH	CBA 的首地址存入 Port
0x14	0x002BH	
0x00	0x002AH	

0x0A	0x0029H	
0x00	0x0028H	

*Port = 100; 更改指针变量 Port 所指向的地址的内容

值	地址	说明
0x00	0x002DH	
0x2A	0x002CH	
0x64	0x002BH	Port 指向了 CBA 所在地址 2AH
0x00	0x002AH	并存入 100
0x0A	0x0029H	
0x00	0x0028H	

其它的语句也是一样的道理，大家可以用 Keil 的单步执行和打开存储器查看器一看，这样就更容易理解了。

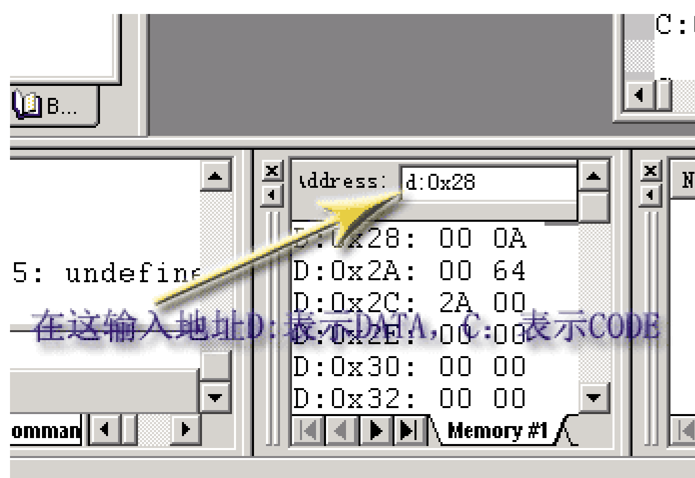


图 9－1 存储器查看窗

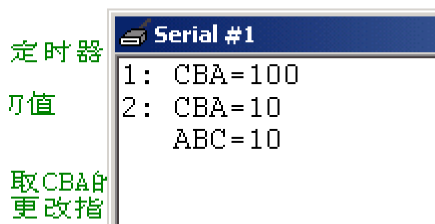


图 9－2 在串行调试窗口的最终结果

sizeof 运算符

看上去这确实是个奇怪的运算符，有点像函数，却又不是。大家看到 size 应该就猜到是和大小有关的吧？是的，sizeof 是用来求数据类型、变量或是表达式的字节数的一个运算符，但它并不像“＝”之类运算符那样在程序执行后才能计算出结果，它是直接在编译时产生结果的。它的语法如下：

sizeof（数据类型）

sizeof (表达式)

下面是两句应用例句，程序大家可以试着编写一下。

```
printf("char 是多少个字节? %bd 字节\n",sizeof(char));
printf("long 是多少个字节? %bd 字节\n",sizeof(long));
```

结果是:

char 是多少个字节? 1 字节

long 是多少个字节? 4 字节

强制类型转换运算符

不知你们是否有自己去试着编一些程序，从中是否有遇到一些问题？初学时我就遇到过这样一个问题：两个不同数据类型的数在相互赋值时会出现不对的值。如下面的一段小程序：

```
void main(void)
{
    unsigned char a;
    unsigned int b;

    b=100*4;
    a=b;
    while(1);
}
```

这段小程序并没有什么实际的应用意义，如果你是细心的朋友定会发现 a 的值是不会等于 100*4 的。是的 a 和 b 一个是 char 类型一个是 int 类型，从以前的学习可知 char 只占一个字节值最大只能是 255。但编译时为何不出错呢？先来看看这程序的运行情况：

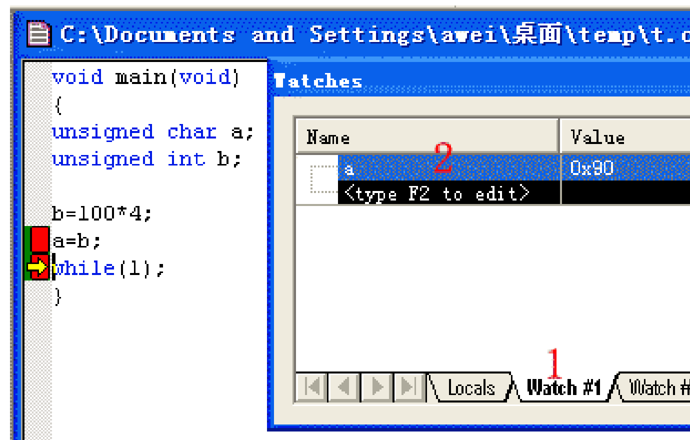


图 9—3 小程序的运行情况

b=100*4 就可以得知 b=0x190,这时我们可以在 Watches 查看 a 的值，对于 watches 窗口我们在第 5 课时简单学习过，在这个窗口 Locals 页里可以查看程序运行中的变量的值，也可以在 watch 页中输入所要查看的变量名对它的值进行查看。做法是按图中 1 的 watch#1(或 watch#2)，然后光标移到图中的 2 按 F2 键，这样就可以输入变量名了。在这里我们可以查看到 a 的值为 0x90，也就是 b 的低 8 位。这是因为执行了数据类型的隐式转换。隐式转换是在程序进行编译时由编译器自动去处理完成的。所以有必要了解隐式转换的规则：

1. 变量赋值时发生的隐式转换，“＝”号右边的表达式的数据类型转换成左边变量的数

据类型。就如上面例子中的把 INT 赋值给 CHAR 字符型变量，得到的 CHAR 将会是 INT 的低 8 位。如把浮点数赋值给整形变量，小数部分将丢失。

2. 所有 char 型的操作数转换成 int 型。

3. 两个具有不同数据类型的操作数用运算符连接时，隐式转换会按以下次序进行：如有一操作数是 float 类型，则另一个操作数也会转换成 float 类型；如果一个操作数为 long 类型，另一个也转换成 long；如果一个操作数是 unsigned 类型，则另一个操作会被转换成 unsigned 类型。

从上面的规则可以大概知道有那几种数据类型是可以进行隐式转换的。是的，在 C51 中只有 char, int, long 及 float 这几种基本的数据类型可以被隐式转换。而其它的数据类型就只能用到显示转换。要使用强制转换运算符应遵循以下的表达形式：

（类型） 表达式

用显示类型转换来处理不同类型的数据间运算和赋值是十分方便和方便的，特别对指针变量赋值是很有用的。看一面一段小程序：

```
#include <at89x51.h>
#include <stdio.h>

void main(void)
{
    char xdata * XROM;
    char a;
    int Aa = 0xFB1C;
    long Ba = 0x893B7832;
    float Ca = 3.4534;
    SCON = 0x50; //串口方式 1,允许接收
    TMOD = 0x20; //定时器 1 定时方式 2
    TH1 = 0xE8; //11.0592MHz 1200 波特率
    TL1 = 0xE8;
    TI = 1;
    TR1 = 1; //启动定时器
    XROM=(char xdata *) 0xB012; //给指针变量赋 XROM 初值
    *XROM = ‘R’; //给 XROM 指向的绝对地址赋值
    a = *((char xdata *) 0xB012); //等同于 a = *XROM
    printf (“%bx %x %d %c \n”,(char) Aa, (int) Ba,(int)Ca, a);//转换类型并输出
    while(1);
}
```

程序运行结果：1c 7832 3 R

在上面这段程序中，可以很清楚到到各种类型进行强制类型转换的基本用法，程序中先在外部数据存储器 XDATA 中定义了一个字符型指针变量 XROM，当用 XROM=(char xdata *) 0xB012 这一语句时，便把 0xB012 这个地址指针赋于了 XROM，如你用 XROM 则会是非法的，这种方法特别适合于用标识符来存取绝对地址，如在程序前用#define ROM 0xB012 这样的语句，在程序中就可以用上面的方法用 ROM 对绝对地址 0xB012 进行存取操作了。

运算符的优先级说明表格可以在笔者的主页 htpp://www.cdle.net 查看。

第十课　表达式语句及仿真器

前面学习了大部分的基本语法，以下所要学习的各种基本语句的语法可以说是组成程序的灵魂。在前面的课程中的例子里，也简单理解过一些语句的用法，可以看出 C 语言是一种结构化的程序设计语言。C 语言提供了相当丰富的程序控制语句。学习掌握这些语句的用法也是 C 语言学习中的重点。

表达式语句是最基本的一种语句。不同的程序设计语言都会有不一样的表达式语句，如 VB 就是在表达式后面加入回车就构成了 VB 的表达式语句，而在 51 单片机的 C 语言中则是加入分号“;”构成表达式语句。举例如下：

```
b = b * 10;
Count++;
X = A;Y = B;
Page = (a+b)/a-1;
```

以上的都是合法的表达式语句。在我收到的一些网友的 Email 中，发现很多初学的朋友往往在编写调试程序时忽略了分号“;”，造成程序不能被正常的编译。我个人的经验是在遇到编译错误时先语法是否有误，这在初学时往往会因在程序中加入了全角符号、运算符打错漏掉或没有在后面加“;”。

在 C 语言中有一个特殊的表达式语句，称为空语句，它仅仅是由一个分号“;”组成。有时候为了使语法正确，那么就要求有一个语句，但这个语句又没有实际的运行效果那么这时就要有一个空语句。说起来就像大家在晚自修的时候用书包占位一样，呵呵。

空语句通常用会以下两种用法。

(1)while,for 构成的循环语句后面加一个分号，形成一个不执行其它操作的空循环体。我会会常常用它来写等待事件发生的程序。大家要注意的是“;”号作为空语句使用时，要与语句中有效组成部分的分号相区分，如　for (;a<50000;a++);第一个分号也应该算是空语句，它会使 a 赋值为 0(但要注意的是如程序前有 a 值，则 a 的初值为 a 的当前值)，最后一个分号则使整个语句行成一个空循环。若此时 a=0，那么 for (;a<50000;a++);就相当于 for (a=0;a<50000;a++);我个人习惯是写后面的写法，这样能使人更容易读明白。

(2)在程序中为有关语句提供标号，标记程序执行的位置，使相关语句能跳转到要执行的位置。这会用在 goto 语句中。

下面的示例程序是简单说明 while 空语句的用法。硬件的功能很简单，就是在 P3.7 上接一个开关，当开关按下时 P1 上的灯会全亮起来。当然实际应用中按键的功能实现并没有这么的简单，往往还要进行防抖动处理等。

先在我们的实验板上加一个按键。电路图如图 10－1。

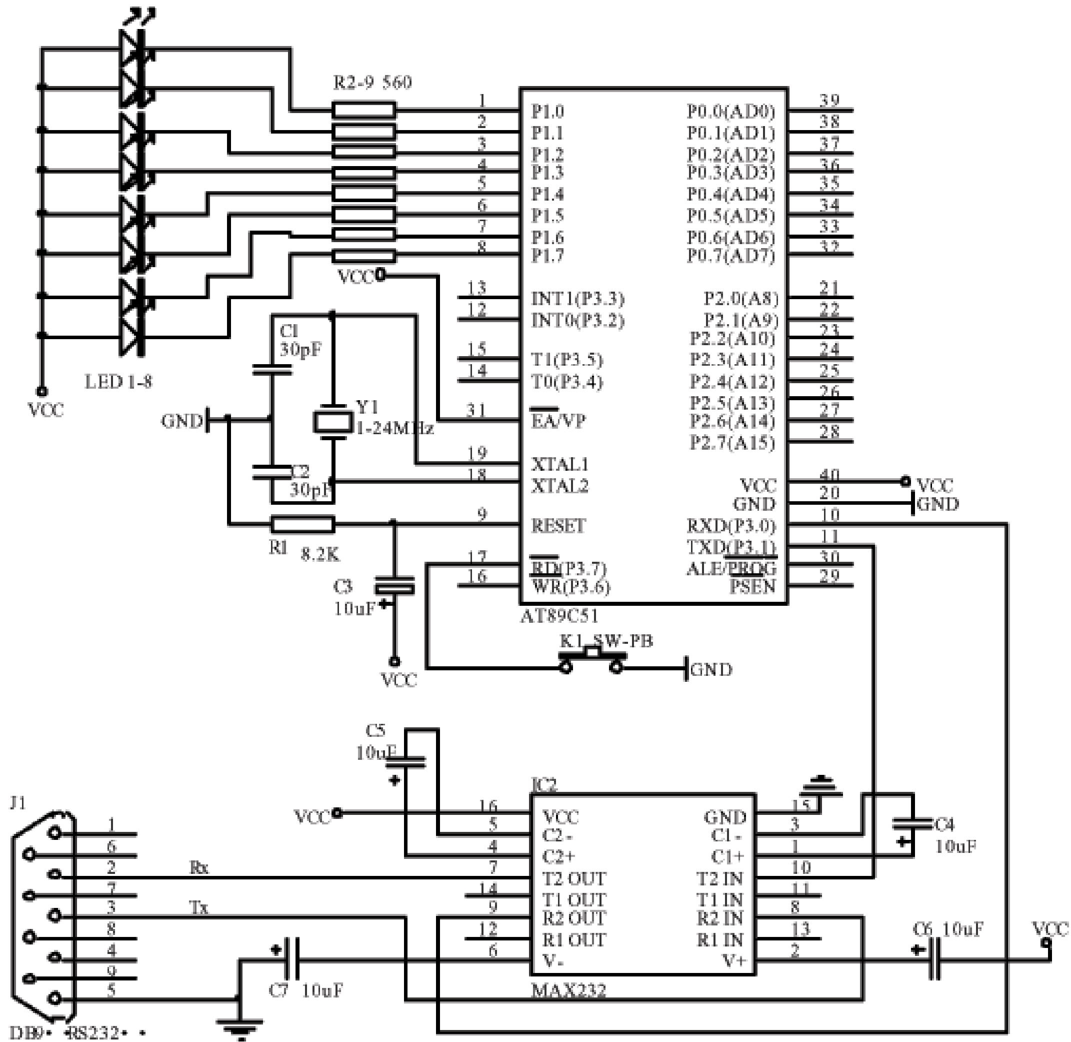


图 10-1 加了按键的实验电路图

程序如下：

```
#include <AT89x51.h>

void main(void)
{
    unsigned int a;
    do
    {
        P1 = 0xFF; //关闭 P1 上的 LED
        while(P3_7); //空语句，等待 P3_7 按下为低电平，低电平时执行下面的语句
        P1 = 0; //点亮 LED
        for(;a<60000;a++); //这也是空语句的用法,注意 a 的初值为当前值
    } //这样第一次按下时会有一延时点亮一段时间，以后按多久就亮多久
    while(1); //点亮一段时间后关闭再次判断 P3_7,如此循环
}
```

上面的实验电路已加入了 RS232 串口电路，只要稍微改变一下，就可以变为具有仿真功能的实验电路。这个改变的关键就是把芯片改用 SST89C58，并在芯片中烧入仿真监控程序。SST89C58 同样也是一种 51 架构的单片机，它具有 24K＋8K 的两个程序存储区，可以选择其一做为程序的启动区。只要把一个叫 SOFTICE.HEX 的监控程序用支持 SST89C58 的编程器烧录到芯片中（使用编程器或用 CA 版的 SST89C58 烧录 SOFTICE 的具体方法和文件可以参考 http://wwww.cdle.net/alldata/mywz/04033101_1.htm），就可以把上面的电路升级为 MON51 仿真实验器。那么怎么用它和 KEIL 实现联机仿真呢？

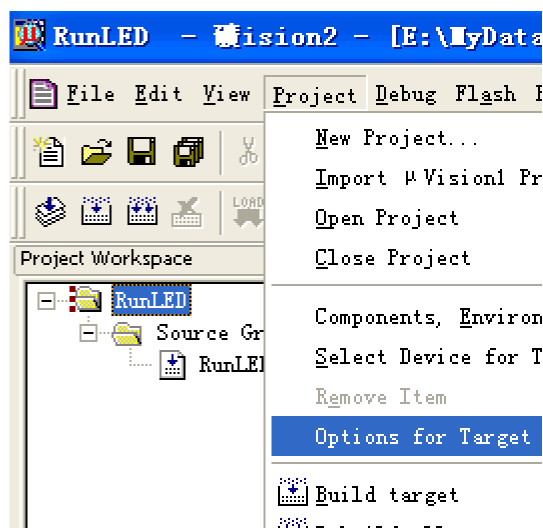


图 10－2　项目设置菜单

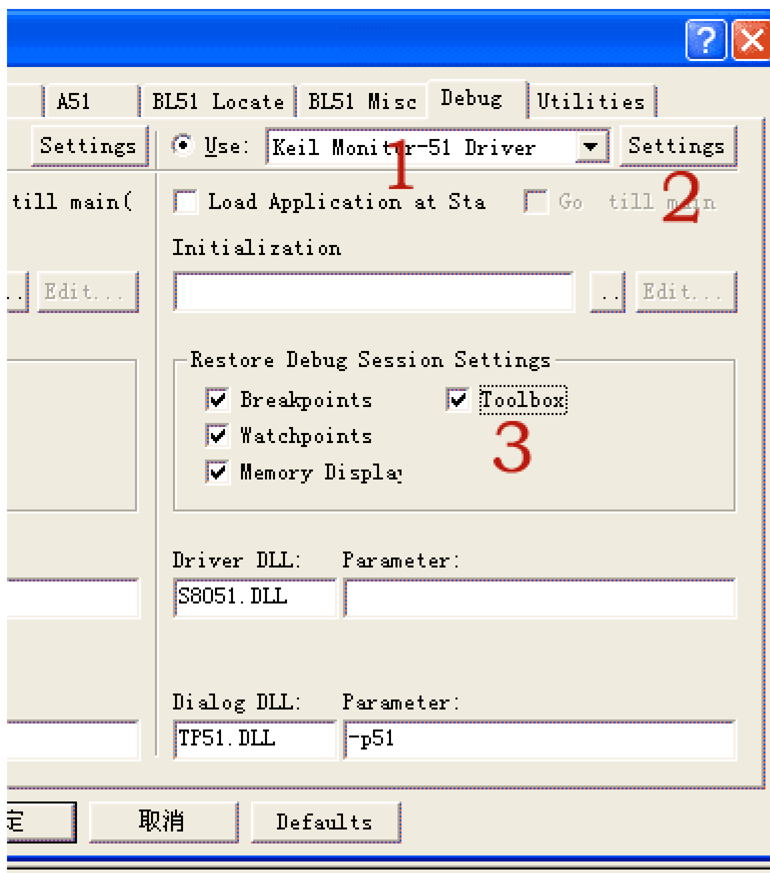


图 10－3　项目设置

首先要在你要仿真的程序项目设置仿真器所使用的驱动，在 Debug 页中选择对应本仿真器的 KeilMon51 驱动，如图 10 中 1 所示。图 10-3 的 3 是选择在仿真时能使用的工具窗口，如内存显示，断点等等。按 2 进行图 10-4 中的仿真器设置。设置好串口号，波特率，晶振为 11.0592M 时选 38400。Cache Options 为仿真缓选取后会加快仿真的运行的速度。设好后编译运行程序就可以连接仿真器了，连接成功会出现如图 10－5 的画面。如连接不成功就出现图 10－6 的图，这时可以先复位电路再按"Try Again"，还不成功连接的话则应检查软件设置和硬件电路。图 10－5 中 1 是指示仿真器的固件版本为 F-MON51V3.4 版。点击 3 中小红点位置时为设置和取消断点，点击 2 则运行到下一个断点。图 10－7 则是变量和存储器的查看。仿真器在软件大概的使用方法和软件仿真相差不多。

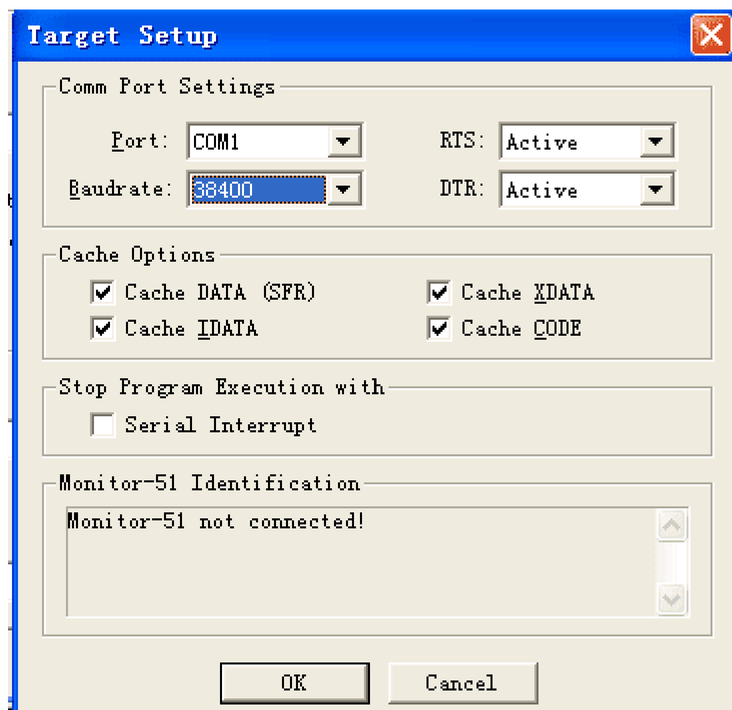


图 10－4　仿真器设置

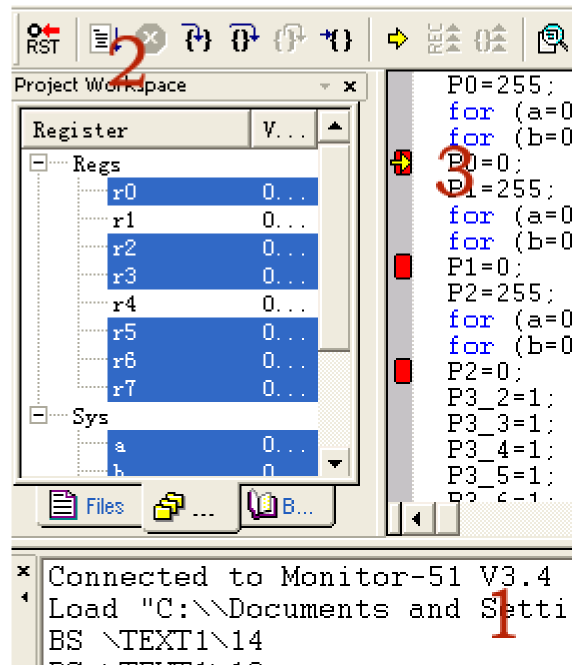


图 10－5 仿真器连接成功

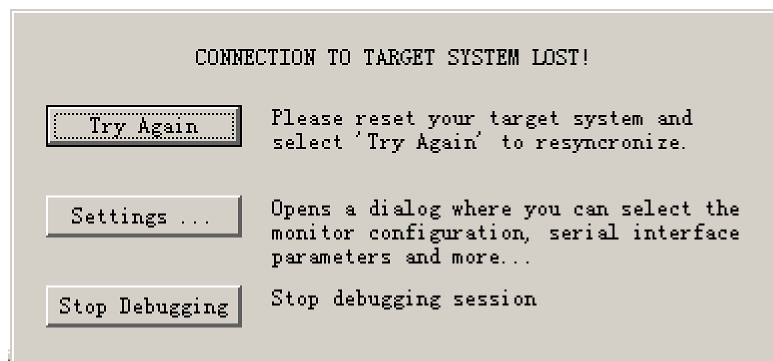


图 10－6 连接不成功提示

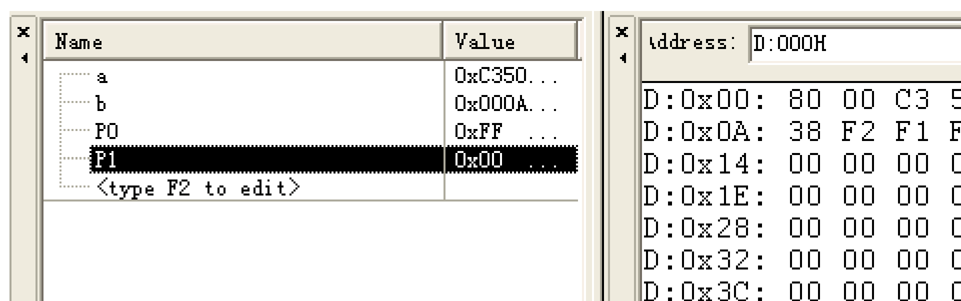


图 10－7 变量及内存查看

第十一课　复合语句和条件语句

曾经在 BBS 上有朋友问过我{}是什么意思？什么作用？在 C 中是有不少的括号，如{},[],()等，确实会让一些初入门的朋友不解。在 VB 等一些语言中同一个()号会有不同的作用，它可以用于组合若干条语句形成功能块，可以用做数组的下标等，而在 C 中括号的分工较为明显，{}号是用于将若干条语句组合在一起形成一种功能块，这种由若干条语句组合而成的语句就叫复合语句。复合语句之间用{}分隔，而它内部的各条语句还是需要以分号“;”结束。复合语句是允许嵌套的，也是就是在{}中的{}也是复合语句。复合语句在程序运行时，{}中的各行单语句是依次顺序执行的。C 语言中可以将复合语句视为一条单语句，也就是说在语法上等同于一条单语句。对于一个函数而言，函数体就是一个复合语句，也许大家会因此知道复合语句中不单可以用可执行语句组成，还可以用变量定义语句组成。要注意的是在复合语句中所定义的变量，称为局部变量，所谓局部变量就是指它的有效范围只在复合语句中，而函数也算是复合语句，所以函数内定义的变量有效范围也只在函数内部。下面用一段简单的例子简单说明复合语句和局部变量的使用。

```
#include <at89x51.h>
#include <stdio.h>

void main(void)
{
    unsigned int a,b,c,d; //这个定义会在整个 main 函数中?

    SCON = 0x50; //串口方式 1,允许接收
    TMOD = 0x20; //定时器 1 定时方式 2
    TH1 = 0xE8; //11.0592MHz 1200 波特率
    TL1 = 0xE8;
    TI = 1;
    TR1 = 1; //启动定时器

    a = 5;
    b = 6;
    c = 7;
    d = 8; //这会在整个函数有效
    printf("0: %d,%d,%d,%d\n",a,b,c,d);
    {   //复合语句 1
        unsigned int a,e; //只在复合语句 1 中有效
        a = 10,e = 100;
        printf("1: %d,%d,%d,%d,%d\n",a,b,c,d,e);
        { //复合语句 2
            unsigned int b,f; //只在复合语句 2 中有效
            b = 11,f = 200;
            printf("2: %d,%d,%d,%d,%d,%d\n",a,b,c,d,e,f);
        }//复合语句 2 结束
        printf("1: %d,%d,%d,%d,%d\n",a,b,c,d,e);
    }//复合语句 1 结束
```

```
    printf("0: %d,%d,%d,%d\n",a,b,c,d);

    while(1);
}
```

运行结果：
0：5,6,7,8
1: 10,6,7,8,100
2: 10,11,7,8,100,200
1: 10,6,7,8,100
0：5,6,7,8

结合以上的说明想想为何结果会是这样。

读完前面的文章大家都会大概对条件语句这个概念有所认识吧？是的，就如学习语文中的条件语句一样，C 语言也一样是“如果 XX 就 XX”或是“如果 XX 就 XX 否则 XX”。也就是当条件符合时就执行语句。条件语句又被称为分支语句，也有人会称为判断语句，其关键字是由 if 构成，这大众多的高级语言中都是基本相同的。C 语言提供了 3 种形式的条件语句:

1: if（条件表达式）语句
当条件表达式的结果为真时，就执行语句，否则就跳过。
如 if（a==b）a++; 当 a 等于 b 时，a 就加 1

2: if（条件表达式）语句 1
    else 语句 2
当条件表达式成立时，就执行语句 1，否则就执行语句 2
如 if（a==b)
     a++;
   else
     a--;
当 a 等于 b 时，a 加 1，否则 a-1。

3：if（条件表达式 1）语句 1
    else if（条件表达式 2）语句 2
        else if（条件表达式 3）语句 3
            else if（条件表达式 m）语句 n
                else 语句 m

这是由 if else 语句组成的嵌套，用来实现多方向条件分支，使用应注意 if 和 else 的配对使用，要是少了一个就会语法出错，记住 else 总是与最临近的 if 相配对。一般条件语句只会用作单一条件或少数量的分支，如果多数量的分支时则更多的会用到下一篇中的开关语句。如果使用条件语句来编写超过 3 个以上的分支程序的话，会使程序变得不是那么清晰易读。

第十二课　开关语句

学习了条件语句，用多个条件语句可以实现多方向条件分支，但是可以发现使用过多的条件语句实现多方向分支会使条件语句嵌套过多，程序冗长，这样读起来也很不好读。这时使用开关语句同样可以达到处理多分支选择的目的，又可以使程序结构清晰。它的语法为下：

```
switch (表达式)
    {
        case 常量表达式 1: 语句 1; break;
        case 常量表达式 2: 语句 2; break;
        case 常量表达式 3: 语句 3; break;
        case 常量表达式 n: 语句 n; break;
        default:  语句
    }
```

运行中 switch 后面的表达式的值将会做为条件，与 case 后面的各个常量表达式的值相对比，如果相等时则执行 case 后面的语句，再执行 break（间断语句）语句，跳出 switch 语句。如果 case 后没有和条件相等的值时就执行 default 后的语句。当要求没有符合的条件时不做任何处理，则可以不写 default 语句。

在上面的章节中我们一直在用 printf 这个标准的 C 输出函数做字符的输出，使用它当然会很方便，但它的功能强大，所占用的存储空间自然也很大，要 1K 左右字节空间，如果再加上 scanf 输入函数就要达到 2K 左右的字节，这样的话如果要求用 2K 存储空间的芯片时就无法再使用这两个函数，例如 AT89C2051。在这些小项目中，通常我们只是要求简单的字符输入输出，这里以笔者发表在个人网站的一个简单的串口应用实例为例，一来学习使用开关语句的使用，二来简单了解 51 芯片串口基本编程。这个实例是用 PC 串口通过上位机程序与由 AT89C51 组成的下位机相通讯，实现用 PC 软件控制 AT89C51 芯片的 IO 口，这样也就可以再通过相关电路实现对设备的控制。为了方便实验，在此所使用的硬件还是用回以上课程中做好的硬件，以串口和 PC 连接，用 LED 查看实验的结果。原代码请到在笔者的网站 http://www.cdle.net/alldata/mywz/04032401_1.htm 下载，上面有 C51 下位机源码、PC 上位机源码、电路图等资料。

代码中有多处使用开关语句的，使用它对不同的条件做不同的处理，如在 CSToOut 函数中根据 CN[1]来选择输出到那个 IO 口，CN[1]=0 则把 CN[2]的值送到 P0，CN[1]=1 则送到 P1，这样的写法比起用 if (CN[1]==0)这样的判断语句来的清晰明了。当然它们的效果没有太大的差别（在不考虑编译后的代码执行效率的情况下）。

在这段代码主要的作用就是通过串口和上位机软件进行通讯，跟据上位机的命令字串，对指定的 IO 端口进行读写。InitCom 函数，原型为 void InitCom(unsigned char BaudRate)，其作用为初始化串口。它的输入参数为一个字节，程序就是用这个参数做为开关语句的选择参数。如调用 InitCom(6)，函数就会把波特率设置为 9600。当然这段代码只使用了一种波特率，可以用更高效率的语句去编写，这里就不多讨论了。

看到这里，你也许会问函数中的 SCON，TCON，TMOD，SCOM 等是代表什么？它们是特殊功能寄存器。

SBUF　数据缓冲寄存器　这是一个可以直接寻址的串行口专用寄存器。有朋友这样问起过“为何在串行口收发中，都只是使用到同一个寄存器 SBUF？而不是收发各用一个寄存器。”实际上 SBUF 包含了两个独立的寄存器，一个是发送寄存，另一个是接收寄存器，但它们都共同使用同一个寻址地址－99H。CPU 在读 SBUF 时会指到接收寄存器，在写时会指到发送寄存器，而且接收寄存器是双缓冲寄存器，这样可以避免接收中断没有及时的被响应，数据没

有被取走，下一帧数据已到来，而造成的数据重叠问题。发送器则不需要用到双缓冲，一般情况下我们在写发送程序时也不必用到发送中断去外理发送数据。操作 SBUF 寄存器的方法则很简单，只要把这个 99H 地址用关键字 sfr 定义为一个变量就可以对其进行读写操作了，如 sfr SBUF = 0x99;当然你也可以用其它的名称。通常在标准的 reg51.h 或 at89x51.h 等头文件中已对其做了定义，只要用#include 引用就可以了。

SCON 串行口控制寄存器 通常在芯片或设备中为了监视或控制接口状态，都会引用到接口控制寄存器。SCON 就是 51 芯片的串行口控制寄存器。它的寻址地址是 98H，是一个可以位寻址的寄存器，作用就是监视和控制 51 芯片串行口的工作状态。51 芯片的串口可以工作在几个不同的工作模式下，其工作模式的设置就是使用 SCON 寄存器。它的各个位的具体定义如下：

（MSB）　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　（LSB）

SM0	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI

表 8－1　串行口控制寄存器 SCON

SM0、SM1 为串行口工作模式设置位，这样两位可以对应进行四种模式的设置。看表 8－2 串行口工作模式设置。

SM0	SM1	模　式	功　能	波特率
0	0	0	同步移位寄存器	fosc/12
0	1	1	8 位 UART	可变
1	0	2	9 位 UART	fosc/32 或 fosc/64
1	1	3	9 位 UART	可变

表 8－2　串行口工作模式设置

在这里只说明最常用的模式 1，其它的模式也就一一略过，有兴趣的朋友可以找相关的硬件资料查看。表中的 fosc 代表振荡器的频率，也就是晶振的频率。UART 为(Universal Asynchronous Receiver）的英文缩写。

SM2 在模式 2、模式 3 中为多处理机通信使能位。在模式 0 中要求该位为 0。

REM 为允许接收位，REM 置 1 时串口允许接收，置 0 时禁止接收。REM 是由软件置位或清零。如果在一个电路中接收和发送引脚 P3.0,P3.1 都和上位机相连，在软件上有串口中断处理程序，当要求在处理某个子程序时不允许串口被上位机来的控制字符产生中断，那么可以在这个子程序的开始处加入 REM=0 来禁止接收,在子程序结束处加入 REM=1 再次打开串口接收。大家也可以用上面的实际源码加入 REM=0 来进行实验。

TB8 发送数据位 8，在模式 2 和 3 是要发送的第 9 位。该位可以用软件根据需要置位或清除，通常这位在通信协议中做奇偶位，在多处理机通信中这一位则用于表示是地址帧还是数据帧。

RB8 接收数据位 8，在模式 2 和 3 是已接收数据的第 9 位。该位可能是奇偶位，地址/数据标识位。在模式 0 中，RB8 为保留位没有被使用。在模式 1 中，当 SM2=0，RB8 是已接收数据的停止位。

TI 发送中断标识位。在模式 0，发送完第 8 位数据时，由硬件置位。其它模式中则是在发送停止位之初，由硬件置位。TI 置位后，申请中断，CPU 响应中断后，发送下一帧数据。在任何模式下，TI 都必须由软件来清除，也就是说在数据写入到 SBUF 后，硬件发送数据，中断响应（如中断打开），这时 TI=1，表明发送已完成，TI 不会由硬件清除，所以这时必须

用软件对其清零。

RI 接收中断标识位。在模式 0，接收第 8 位结束时，由硬件置位。其它模式中则是在接收停止位的半中间，由硬件置位。RI=1，申请中断，要求 CPU 取走数据。但在模式 1 中，SM2=1 时，当未收到有效的停止位，则不会对 RI 置位。同样 RI 也必须要靠软件清除。

常用的串口模式 1 是传输 10 个位的，1 位起始位为 0,8 位数据位，低位在先，1 位停止位为 1。它的波特率是可变的，其速率是取决于定时器 1 或定时器 2 的定时值（溢出速率）。AT89C51 和 AT89C2051 等 51 系列芯片只有两个定时器，定时器 0 和定时器 1，而定时器 2 是 89C52 系列芯片才有的。

波特率 在使用串口做通讯时，一个很重要的参数就是波特率，只有上下位机的波特率一样时才可以进行正常通讯。波特率是指串行端口每秒内可以传输的波特位数。有一些初学的朋友认为波特率是指每秒传输的字节数，如标准 9600 会被误认为每秒种可以传送 9600 个字节，而实际上它是指每秒可以传送 9600 个二进位，而一个字节要 8 个二进位，如用串口模式 1 来传输那么加上起始位和停止位，每个数据字节就要占用 10 个二进位，9600 波特率用模式 1 传输时，每秒传输的字节数是 9600÷10＝960 字节。51 芯片的串口工作模式 0 的波特率是固定的，为 fosc/12，以一个 12M 的晶振来计算，那么它的波特率可以达到 1M。模式 2 的波特率是固定在 fosc/64 或 fosc/32,具体用那一种就取决于 PCON 寄存器中的 SMOD 位，如 SMOD 为 0，波特率为 focs/64,SMOD 为 1，波特率为 focs/32。模式 1 和模式 3 的波特率是可变的，取决于定时器 1 或 2（52 芯片）的溢出速率。那么我们怎么去计算这两个模式的波特率设置时相关的寄存器的值呢？可以用以下的公式去计算。

波特率＝（2SMOD÷32）×定时器 1 溢出速率

上式中如设置了 PCON 寄存器中的 SMOD 位为 1 时就可以把波特率提升 2 倍。通常会使用定时器 1 工作在定时器工作模式 2 下，这时定时值中的 TL1 做为计数，TH1 做为自动重装值 ，这个定时模式下，定时器溢出后，TH1 的值会自动装载到 TL1，再次开始计数，这样可以不用软件去干预，使得定时更准确。在这个定时模式 2 下定时器 1 溢出速率的计算公式如下：

溢出速率＝（计数速率）/(256－TH1)

上式中的“计数速率”与所使用的晶体振荡器频率有关，在 51 芯片中定时器启动后会在每一个机器周期使定时寄存器 TH 的值增加一，一个机器周期等于十二个振荡周期，所以可以得知 51 芯片的计数速率为晶体振荡器频率的 1/12，一个 12M 的晶振用在 51 芯片上，那么 51 的计数速率就为 1M。通常用 11.0592M 晶体是为了得到标准的无误差的波特率，那么为何呢？计算一下就知道了。如我们要得到 9600 的波特率，晶振为 11.0592M 和 12M，定时器 1 为模式 2，SMOD 设为 1，分别看看那所要求的 TH1 为何值。代入公式：

11.0592M
9600＝(2÷32)×((11.0592M/12)/(256-TH1))
TH1＝250 //看看是不是和上面实例中的使用的数值一样？

12M
9600＝(2÷32)×((12M/12)/(256-TH1))
TH1≈249.49

上面的计算可以看出使用 12M 晶体的时候计算出来的 TH1 不为整数，而 TH1 的值只能取

整数，这样它就会有一定的误差存在不能产生精确的 9600 波特率。当然一定的误差是可以在使用中被接受的，就算使用 11.0592M 的晶体振荡器也会因晶体本身所存在的误差使波特率产生误差，但晶体本身的误差对波特率的影响是十分之小的，可以忽略不计。

第十三课　循环语句

循环语句是几乎每个程序都会用到的，它的作用就是用来实现需要反复进行多次的操作。如一个 12M 的 51 芯片应用电路中要求实现 1 毫秒的延时，那么就要执行 1000 次空语句才可以达到延时的目的（当然可以使用定时器来做，这里就不讨论），如果是写 1000 条空语句那是多么麻烦的事情，再者就是要占用很多的存储空间。我们可以知道这 1000 条空语句，无非就是一条空语句重复执行 1000 次，因此我们就可以用循环语句去写，这样不但使程序结构清晰明了，而且使其编译的效率大大的提高。在 C 语言中构成循环控制的语句有 while,do-while,for 和 goto 语句。同样都是起到循环作用，但具体的作用和用法又大不一样。我们具体来看看。

goto 语句

这个语句在很多高级语言中都会有，记得小时候用 BASIC 时就很喜欢用这个语句。它是一个无条件的转向语句，只要执行到这个语句，程序指针就会跳转到 goto 后的标号所在的程序段。它的语法如下：

goto 语句标号;

其中的语句标号为一个带冒号的标识符。示例如下

```
void main(void)
{
    unsigned char a;
    start: a++;
    if (a==10) goto end;
    goto start;
    end:;
}
```

上面一段程序只是说明一下 goto 的用法，实际编写很少使用这样的手法。这段程序的意思是在程序开始处用标识符“start:”标识，表示程序这是程序的开始，“end:”标识程序的结束，标识符的定义应遵循前面所讲的标识符定义原则，不能用 C 的关键字也不能和其它变量和函数名相同，不然就会出错了。程序执行 a++,a 的值加 1，当 a 等于 10 时程序会跳到 end 标识处结束程序，否则跳回到 start 标识处继续 a++,直到 a 等于 10。上面的示例说明 goto 不但可以无条件的转向,而且可以和 if 语句构成一个循环结构，这些在 C 程序员的程序中都不太常见，常见的 goto 语句用法是用它来跳出多重循环，不过它只可以从内层循环跳到外层循环，不能从外层循环跳到内层循环。在下面说到 for 循环语句时再略为提一提。为何大多数 C 程序员都不喜欢用 goto 语句？那是因为过多的使用它时会程序结构不清晰，过多的跳转就使程序又回到了汇编的编程风格，使程序失去了 C 的模块化的优点。

while 语句

while 语句的意思很容易理解，在英语中它的意思是“当…的时候…”，在这里我们可以理解为“当条件为真的时候就执行后面的语句”，它的语法如下：

while (条件表达式) 语句;

使用 while 语句时要注意当条件表达式为真时，它才执行后面的语句，执行完后再次回到 while 执行条件判断，为真时重复执行语句，为假时退出循环体。当条件一开始就为假时，那么 while 后面的循环体（语句或复合语句）将一次都不执行就退出循环。在调试程序时要

注意 while 的判断条件不能为假而造成的死循环，调试时适当的在 while 处加入断点，也许会使你的调试工作更加顺利。当然有时会使用到死循环来等待中断或 IO 信号等，如在第一篇时我们就用了 while(1)来不停的输出“Hello World!”。下面的例子是显示从 1 到 10 的累加和，读者可以修改一下 while 中的条件看看结果会如果，从而体会一下 while 的使用方法。

```
#include <AT89X51.H>
#include <stdio.h>

void main(void)
{
    unsigned int I = 1;
    unsigned int SUM = 0; //设初值

    SCON = 0x50; //串口方式 1,允许接收
    TMOD = 0x20; //定时器 1 定时方式 2
    TCON = 0x40; //设定时器 1 开始计数
    TH1 = 0xE8;  //11.0592MHz 1200 波特率
    TL1 = 0xE8;
    TI = 1;
    TR1 = 1; //启动定时器

    while(I<=10)
        {
            SUM = I + SUM; //累加
            printf ("%d SUM=%d\n",I,SUM); //显示
            I++;
        }
    while(1); //这句是为了不让程序完后，程序指针继续向下造成程序“跑飞”
}
//最后运行结果是 SUM=55;
```

do while 语句

do while 语句可以说是 while 语句的补充，while 是先判断条件是否成立再执行循环体，而 do while 则是先执行循环体，再根据条件判断是否要退出循环。这样就决定了循环体无论在任何条件下都会至少被执行一次。它的语法如下：

do 语句 while (条件表达式)

用 do while 怎么写上面那个例程呢？先想一想，再参考下面的程序。

```
#include <AT89X51.H>
#include <stdio.h>

void main(void)
{
```

```
    unsigned int I = 1;
    unsigned int SUM = 0; //设初值

    SCON = 0x50; //串口方式 1,允许接收
    TMOD = 0x20; //定时器 1 定时方式 2
    TCON = 0x40; //设定时器 1 开始计数
    TH1 = 0xE8; //11.0592MHz 1200 波特率
    TL1 = 0xE8;
    TI = 1;
    TR1 = 1; //启动定时器

    do
        {
            SUM = I + SUM; //累加
            printf ("%d SUM=%d\n",I,SUM); //显示
            I++;
        }
    while(I<=10);
    while(1);
}
```

在上面的程序看来 do while 语句和 while 语句似乎没有什么两样，但在实际的应用中要注意任何 do while 的循环体一定会被执行一次。如把上面两个程序中 I 的初值设为 11，那么前一个程序不会得到显示结果，而后一个程序则会得到 SUM=11。

for 语句

在明确循环次数的情况下，for 语句比以上说的循环语句都要方便简单。它的语法如下：

for ([初值设定表达式];[循环条件表达式];[条件更新表达式]) 语句

中括号中的表达式是可选的，这样 for 语句的变化就会很多样了。for 语句的执行：先代入初值，再判断条件是否为真，条件满足时执行循环体并更新条件，再判断条件是否为真……直到条件为假时，退出循环。下面的例子所要实现的是和上二个例子一样的，对照着看容易理解几个循环语句的差异。

```
#include <AT89X51.H>
#include <stdio.h>

void main(void)
{
    unsigned int I;
    unsigned int SUM = 0; //设初值

    SCON = 0x50; //串口方式 1,允许接收
    TMOD = 0x20; //定时器 1 定时方式 2
    TCON = 0x40; //设定时器 1 开始计数
```

```
    TH1 = 0xE8; //11.0592MHz 1200 波特率
    TL1 = 0xE8;
    TI = 1;
    TR1 = 1; //启动定时器

    for (I=1; I<=10; I++) //这里可以设初始值，所以变量定义时可以不设
        {
            SUM = I + SUM; //累加
            printf ("%d SUM=%d\n",I,SUM); //显示
        }
    while(1);
}
```

如果我们把程序中的 for 改成 for(; I<=10; I++)这样条件的初值会变成当前 I 变量的值。如果改成 for(;;)会怎么样呢？试试看。

continue 语句

continue 语句是用于中断的语句，通常使用在循环中，它的作用是结束本次循环，跳过循环体中没有执行的语句，跳转到下一次循环周期。语法为：

continue;

continue 同时也是一个无条件跳转语句，但功能和前面说到的 break 语句有所不同，continue 执行后不是跳出循环，而是跳到循环的开始并执行下一次的循环。在上面的例子中的循环体加入 if (I==5) continue;看看什么结果？

return 语句

return 语句是返回语句，不属于循环语句，是要学习的最后一个语句所以一并写下了。返回语句是用于结束函数的执行，返回到调用函数时的位置。语法有二种：

return (表达式);

return;

语法中因带有表达式，返回时先计算表达式，再返回表达式的值。不带表达式则返回的值不确定。

下面是一个同样是计算 1－10 的累加，所不同是的用了函数的方式。

```
#include <AT89X51.H>
#include <stdio.h>

int Count(void); //声明函数

void main(void)
{

    unsigned int temp;
```

```
    SCON = 0x50; //串口方式 1,允许接收
    TMOD = 0x20; //定时器 1 定时方式 2
    TCON = 0x40; //设定时器 1 开始计数
    TH1 = 0xE8; //11.0592MHz 1200 波特率
    TL1 = 0xE8;
    TI = 1;
    TR1 = 1; //启动定时器

    temp = Count();
    printf ("1-10 SUM=%d\n",temp); //显示
    while(1);
}

int Count(void)
{
    unsigned int I, SUM;

    for (I=1; I<=10; I++)
        {
            SUM = I + SUM; //累加
        }
    return (SUM);
}
```

第十四课　函　　数

上一篇的最后一个例子中有用到函数，其实一直出现在例子中的 main()也算是一个函数，只不过它比较特殊，编译时以它做为程序的开始段。有了函数 C 语言就有了模块化的优点，一般功能较多的程序，会在编写程序时把每项单独的功能分成数个子程序模块，每个子程序就可以用函数来实现。函数还可以被反复的调用，因此一些常用的函数可以做成函数库以供在编写程序时直接调用，从而更好的实现模块化的设计，大大提高编程工作的效率。

一．函数定义

通常 C 语言的编译器会自带标准的函数库，这些都是一些常用的函数，Keil uv 中也不例外。标准函数已由编译器软件商编写定义，使用者直接调用就可以了，而无需定义。但是标准的函数不足以满足使用者的特殊要求，因此 C 语言允许使用者根据需要编写特定功能的函数，要调用它必须要先对其进行定义。定义的模式如下：

```
函数类型　函数名称（形式参数表）
 {
    函数体
}
```

函数类型是说明所定义函数返回值的类型。返回值其实就是一个变量，只要按变量类型来定义函数类型就行了。如函数不需要返回值函数类型可以写作“void”表示该函数没有返回值。注意的是函数体返回值的类型一定要和函数类型一致，否则会造成错误。函数名称的定义在遵循 C 语言变量命名规则的同时，不能在同一程序中定义同名的函数这将会造成编译错误（同一程序中是允许有同名变量的，因为变量有全局和局部变量之分）。形式参数是指调用函数时要传入到函数体内参与运算的变量，它可以有一个、几个或没有，当不需要形式参数也就是无参函数，括号内可以为空或写入“void”表示，但括号不能少。函数体中可以包含有局部变量的定义和程序语句，如函数要返回运算值则要使用 return 语句进行返回。在函数的{}号中也可以什么也不写，这就成了空函数，在一个程序项目中可以写一些空函数，在以后的修改和升级中可以方便的在这些空函数中进行功能扩充。

二．函数的调用

函数定义好以后，要被其它函数调用了才能被执行。C 语言的函数是可以相互调用的，但在调用函数前，必须对函数的类型进行说明，就算是标准库函数也不例外。标准库函数的说明会被按功能分别写在不同的头文件中，使用时只要在文件最前面用#include 预处理语句引入相应的头文件。如前面一直有使用的 printf 函数说明就是放在文件名为 stdio.h 的头文件中。调用就是指一个函数体中引用另一个已定义的函数来实现所需要的功能，这时函数体称为主调用函数，函数体中所引用的函数称为被调用函数。一个函数体中可以调用数个其它的函数，这些被调用的函数同样也可以调用其它函数，也可以嵌套调用。笔者个人认为主函数只是相对于被调用函数而言。在 C51 语言中有一个函数是不能被其它函数所调用的，它就是 main 主函数。调用函数的一般形式如下:

函数名（实际参数表）

“函数名”就是指被调用的函数。实际参数表可以为零或多个参数，多个参数时要用逗号隔开，每个参数的类型、位置应与函数定义时所的形式参数一一对应，它的作用就是把参数传到被调用函数中的形式参数，如果类型不对应就会产生一些错误。调用的函数是无参函数时不写参数，但不能省后面的括号。

在以前的一些例子我们也可以看不同的调用方式：

1．函数语句

如 printf ("Hello World!\n");这是在我们的第一个程序中出现的，它以"Hello World!\n"为参数调用 printf 这个库函数。在这里函数调用被看作了一条语句。

2．函数参数

“函数参数”这种方式是指被调用函数的返回值当作另一个被调用函数的实际参数，如 temp=StrToInt(CharB(16));CharB 的返回值作为 StrToInt 函数的实际参数传递。

3．函数表达式

而在上一篇的例子中有 temp = Count();这样一句，这时函数的调用作为一个运算对象出现在表达式中，可以称为函数表达式。例子中 Count()返回一个 int 类型的返回值直接赋值给 temp。注意的是这种调用方式要求被调用的函数能返回一个同类型的值，否则会出现不可预料的错误。

前面说到调用函数前要对被调用的函数进行说明。标准库函数只要用#include 引入已写好说明的头文件，在程序就可以直接调用函数了。如调用的是自定义的函数则要用如下形式编写函数类型说明

类型标识符　函数的名称(形式参数表);

这样的说明方式是用在被调函数定义和主调函数是在同一文件中。你也可以把这些写到文件名.h 的文件中用#include "文件名.h"引入。如果被调函数的定义和主调函数不是在同一文件中的，则要用如下的方式进行说明，说明被调函数的定义在同一项目的不同文件之上，其实库函数的头文件也是如此说明库函数的，如果说明的函数也可以称为外部函数。

extern　类型标识符　函数的名称(形式参数表);

函数的定义和说明是完全不同的，在编译的角度上看函数的定义是把函数编译存放在 ROM 的某一段地址上，而函数说明是告诉编译器要在程序中使用那些函数并确定函数的地址。如果在同一文件中被调函数的定义在主调函数之前，这时可以不用说明函数类型。也就是说在 main 函数之前定义的函数，在程序中就可以不用写函数类型说明了。可以在一个函数体调用另一个函数（嵌套调用），但不允许在一个函数定义中定义另一个函数。还要注意的是函数定义和说明中的“类型、形参表、名称”等都要相一致。

三．中断函数

中断服务函数是编写单片机应用程序不可缺少的。中断服务函数只有在中断源请求响应中断时才会被执行，这在处理突发事件和实时控制是十分有效的。例如：电路中一个按键，要求按键后 LED 点亮，这个按键何时会被按下是不可预知的，为了要捕获这个按键的事件，通常会有三种方法，一是用循环语句不断的对按键进行查询，二是用定时中断在间隔时间内扫描按键，三是用外部中断服务函数对按键进行捕获。在这个应用中只有单一的按键功能，那么第一种方式就可以胜任了，程序也很简单，但是它会不停的在对按键进行查询浪费了 CPU 的时间。实际应用中一般都会还有其它的功能要求同时实现，这时可以根据需要选用第二或第三种方式，第三种方式占用的 CPU 时间最少，只有在有按键事件发生时，中断服务函数才会被执行，其余的时间则是执行其它的任务。

如果你学习过汇编语言的话，刚开始写汇编的中断应用程序时，你一定会为出入堆栈的问题而困扰过。C51 语言扩展了函数的定义使它可以直接编写中断服务函数，你可以不必考虑出入堆栈的问题，从而提高了工作的效率。扩展的关键字是 interrupt，它是函数定义时的一个选项，只要在一个函数定义后面加上这个选项，那么这个函数就变成了中断服务函数。在后面还可以加上一个选项 using，这个选项是指定选用 51 芯片内部 4 组工作寄存器中的

那个组。初学者可以不必去做工作寄存器设定，而由编译器自动选择，避免产生不必要的错误。定义中断服务函数时可以用如下的形式。

函数类型　函数名（形式参数）interrupt n [using n]

interrupt 关键字是不可缺少的，由它告诉编译器该函数是中断服务函数，并由后面的 n 指明所使用的中断号。n 的取值范围为 0－31，但具体的中断号要取决于芯片的型号，像 AT89C51 实际上就使用 0－4 号中断。每个中断号都对应一个中断向量，具体地址为 8n+3，中断源响应后处理器会跳转到中断向量所处的地址执行程序，编译器会在这地址上产生一个无条件跳转语句，转到中断服务函数所在的地址执行程序。下表是 51 芯片的中断向量和中断号。

中断号	中断源	中断向量
0	外部中断 0	0003H
1	定时器/计数器 0	000BH
2	外部中断 1	0013H
3	定时器/计数器 1	001BH
4	串行口	0023H

表 9－1　AT89C51 芯片中断号和中断向量

使用中断服务函数时应注意：中断函数不能直接调用中断函数；不能通过形参传速参数；在中断函数中调用其它函数，两者所使用的寄存器组应相同。限于篇幅其它与函数相关的知识这里不能一一加以说明，如变量的传递、存储，局部变量、全部变量等，有兴趣的朋友可以访问笔者的网站 http://www.cdle.net 阅读更多相关文章。

下面是简单的例子。首先要在前面做好的实验电路中加多一个按键，接在 P3.2（12 引脚外部中断 INT0）和地线之间。把编译好后的程序烧录到芯片后，当接在 P3.2 引脚的按键接下时，中断服务函数 Int0Demo 就会被执行，把 P3 当前的状态反映到 P1，如按键接下后 P3.7（之前有在这脚装过一按键）为低，这时 P1.7 上的 LED 就会熄灭。放开 P3.2 上的按键后，P1LED 状态保持先前按下 P3.2 时 P3 的状态。

```
#include <at89x51.h>

unsigned char P3State(void); //函数的说明，中断函数不用说明

void main(void)
{
    IT0 = 0; //设外部中断 0 为低电平触发
    EX0 = 1; //允许响应外部中断 0
    EA = 1; //总中断开关
    while(1);
}

//外部中断 0 演示，使用 2 号寄存器组
void Int0Demo(void) interrupt 0 using 2
```

```
{
	unsigned int Temp; //定义局部变量

	P1 = ~P3State(); //调用函数取得 p2 的状态反相后并赋给 P1
	for (Temp=0; Temp<50; Temp++); //延时  这里只是演示局部变量的使用
}

//用于返回 P3 的状态，演示函数的使用
unsigned char P3State(void)
{
	unsigned char Temp;

	Temp = P3; //读取 P3 的引脚状态并保存在变量 Temp 中
	//这样只有一句语句实在没必要做成函数，这里只是学习函数的基本用法
	return Temp;
}
```

第十五课 数组的使用

前面的文章中，都是介绍单个数据变量的使用，在“走马灯”等的例子中略有使用到数组，不难看出，数组不过就是同一类型变量的有序集合。形象的可以这样去理解，就像一个学校在操场上排队，每一个级代表一个数据类型，每一个班级为一个数组，每一个学生就是数组中的一个数据。数据中的每个数据都可以用唯一的下标来确定其位置，下标可以是一维或多维的。就如在学校的方队中要找一个学生，这个学生在 I 年级 H 班 X 组 Y 号的，那么可以把这个学生看做在 I 类型的 H 数组中（X，Y）下标位置中。数组和普通变量一样，要求先定义了才可以使用，下面是定义一维或多维数组的方式：

数据类型 数组名 [常量表达式];

数据类型 数组名 [常量表达式 1]...... [常量表达式 N];

“数据类型”是指数组中的各数据单元的类型，每个数组中的数据单元只能是同一数据类型。“数组名”是整个数组的标识，命名方法和变量命名方法是一样的。在编译时系统会根据数组大小和类型为变量分配空间，数组名可以说就是所分配空间的首地址的标识。“常量表达式”是表示数组的长度和维数，它必须用“[ ]”括起，括号里的数不能是变量只能是常量。

unsigned int xcount [10]; //定义无符号整形数组,有 10 个数据单元

char inputstring [5]; //定义字符形数组，有 5 个数据单元

float outnum [10],[10];//定义浮点型数组，有 100 个数据单元

在 C 语言中数组的下标是从 0 开始的而不是从 1 开始，如一个具有 10 个数据单元的数组 count，它的下标就是从 count[0]到 count[9]，引用单个元素就是数组名加下标，如 count[1]就是引用 count 数组中的第 2 个元素，如果错用了 count[10]就会有错误出现了。还有一点要注意的就是在程序中只能逐个引用数组中的元素，不能一次引用整个数组，但是字符型的数组就可以一次引用整个数组。

数组也是可以赋初值的。在上面介绍的定义方式只适用于定义在内存 DATA 存储器使用的内存，有的时候我们需要把一些数据表存放在数组中，通常这些数据是不用在程序中改变数值的，这时就要把这些数据在程序编写时就赋给数组变量。因为 51 芯片的片内 RAM 很有限，通常会把 RAM 分给参与运算的变量或数组，而那些程序中不变数据则应存放在片内的 CODE 存储区，以节省宝贵的 RAM。赋初值的方式如下：

数据类型 [存储器类型] 数组名 [常量表达式] = {常量表达式};

数据类型 [存储器类型] 数组名 [常量表达式 1]...... [常量表达式 N]={{常量表达式}...{常量表达式 N}};

在定义并为数组赋初值时，初学的朋友往往会搞错初值个数和数组长度的关系，而致使编译出错。初值个数必须小于或等于数组长度，不指定数组长度则会在编译时由实际的初值个数自动设置。

unsigned char LEDNUM[2]={12,35}; //一维数组赋初值

int Key[2][3]={{1,2,4},{2,2,1}}; //二维数组赋初值

unsigned char IOStr[]={3,5,2,5,3}; //没有指定数组长度，编译器自动设置

unsigned char code skydata[]={0x02,0x34,0x22,0x32,0x21,0x12}; //数据保存在 code 区

下面的一个简单例子是对数组中的数据进行排序，使用的是冒泡法，一来了解数组的使用，二来掌握基本的排序算法。冒泡排序算法是一种基本的排序算法，它每次顺序取数组中的两个数，并按需要按其大小排列，在下一次循环中则取下一次的一个数和数组中下一个数进行排序，直到数组中的数据全部排序完成。

```
#include <AT89X51.H>
#include <stdio.h>

void taxisfun (int taxis2[])
{
    unsigned char TempCycA,TempCycB,Temp;

    for (TempCycA=0; TempCycA<=8; TempCycA++)
        for (TempCycB=0; TempCycB<=8-TempCycA; TempCycB++)
            {//TempCycB<8-TempCycA 比用 TempCycB<=8 少用很多循环
                if (taxis2[TempCycB+1]>taxis2[TempCycB]) //当后一个数大于前一个
数
                    {
                        Temp = taxis2[TempCycB]; //前后 2 数交换
                        taxis2[TempCycB] = taxis2[TempCycB+1];
                        taxis2[TempCycB+1] = Temp; //因函数参数是数组名调用形
参的变动影响实参
                    }
            }
}

void main(void)
{
    int taxis[] = {113,5,22,12,32,233,1,21,129,3};
    char Text1[] = {"source data:"}; //"源数据"
    char Text2[] = {"sorted data:"}; //"排序后数据"
    unsigned char TempCyc;

    SCON = 0x50; //串口方式 1,允许接收
    TMOD = 0x20; //定时器 1 定时方式 2
    TCON = 0x40; //设定时器 1 开始计数
    TH1 = 0xE8;  //11.0592MHz 1200 波特率
    TL1 = 0xE8;
    TI = 1;
    TR1 = 1; //启动定时器

    printf("%s\n",Text1); //字符数组的整体引用
    for (TempCyc=0; TempCyc<10; TempCyc++)
        printf("%d ",taxis[TempCyc]);
    printf("\n----------\n");
    taxisfun (taxis); //以实际参数数组名 taxis 做参数被函数调用
    printf("%s\n",Text2);
    for (TempCyc=0; TempCyc<10; TempCyc++) //调用后 taxis 会被改变
    printf("%d ",taxis[TempCyc]);
```

```
        while(1);
    }
```

例子中可以看出，数组同样可以作为函数的参数进行传递。数组做参数时是用数组名进行传递的，一个数组的数组名表示该数组的首地址，在用数组名作为函数的调用参数时，它的传递方式是采用了地址传递，就是将实际参数数组的首地址传递给函数中的形式参数数组，这时实际参数数组和形式参数数组实际上是使用了同一段内存单元，当形式参数数组在函数体中改变了元素的值，同时也会影响到实际参数数组，因为它们是存放在同一个地址的。

上面的例子同时还使用到字符数组。字符数组中每一个数据都是一个字符，这样一个一维的字符数组就组成了一个字符串，在 C 语言中字符串是以字符数组来表达处理的。为了能测定字符串的长度，C 语言中规定以‘\o’来做为字符串的结束标识，编译时会自动在字符串的最后加入一个‘\o’，那么要注意的是如果用一个数组要保存一个长度为 10 字节的字符串则要求这个数组至少可以保存 11 个元素。‘\o’是转义字符，它的含义是空字符，它的 ASCII 码为 00H，也就是说当每一个字符串都是以数据 00H 结束的，在程序中操作字符数据组时要注意这一点。字符数组除了可以对数组中单个元素进行访问，还可以访问整个数组，其实整个访问字符数组就是把数组名传到函数中，数组名是一个指向数据存放空间的地址指针，函数根据这个指针和‘/o’就可以完整的操作这个字符数组。对于这一段所说的，可以参看下面一例 1602LCD 显示模块的驱动演示例子进行理解。这里要注意就是可以用单个字符数组元素来进行运算，但不能用整个数组来做运算，因为数组名是指针而不是数据。

```
/*============================================================
使用 1602 液晶显示的实验例子 明浩 2004/2/27
==============================================================

SMC1602A(16*2)模拟口线接线方式
连接线图:
---------------------------------------------------
|LCM-----51     | LCM-----51      |   LCM------51 |
---------------------------------------------|
|DB0-----P1.0 | DB4-----P1.4 | RW-------P2.0 |
|DB1-----P1.1 | DB5-----P1.5 | RS-------P2.1 |
|DB2-----P1.2 | DB6-----P1.6 | E--------P2.2 |
|DB3-----P1.3 | DB7-----P1.7 | VLCD 接 1K 电阻到 GND|
---------------------------------------------------

[注:AT89S51 使用 12M 晶振]
=============================================================*/

#define LCM_RW P2_0 //定义引脚
#define LCM_RS P2_1
#define LCM_E P2_2
#define LCM_Data P1
#define Busy 0x80 //用于检测 LCM 状态字中的 Busy 标识

#include <at89x51.h>
```

```
void WriteDataLCM(unsigned char WDLCM);
void WriteCommandLCM(unsigned char WCLCM,BuysC);
unsigned char ReadDataLCM(void);
unsigned char ReadStatusLCM(void);
void LCMInit(void);
void DisplayOneChar(unsigned char X, unsigned char Y, unsigned char DData);
void DisplayListChar(unsigned char X, unsigned char Y, unsigned char code *DData);
void Delay5Ms(void);
void Delay400Ms(void);

unsigned char code cdle_net[] = {"www.cdle.net"};
unsigned char code email[] = {"pnzwzw@cdle.net"};

void main(void)
{
Delay400Ms(); //启动等待，等 LCM 讲入工作状态
LCMInit(); //LCM 初始化
Delay5Ms(); //延时片刻(可不要)

DisplayListChar(0, 0, cdle_net);
DisplayListChar(0, 1, email);
ReadDataLCM();//测试用句无意义
while(1);
}

//写数据
void WriteDataLCM(unsigned char WDLCM)
{
ReadStatusLCM(); //检测忙
LCM_Data = WDLCM;
LCM_RS = 1;
LCM_RW = 0;
LCM_E = 0; //若晶振速度太高可以在这后加小的延时
LCM_E = 0; //延时
LCM_E = 1;
}

//写指令
void WriteCommandLCM(unsigned char WCLCM,BuysC) //BuysC 为 0 时忽略忙检测
{
if (BuysC) ReadStatusLCM(); //根据需要检测忙
LCM_Data = WCLCM;
LCM_RS = 0;
LCM_RW = 0;
LCM_E = 0;
```

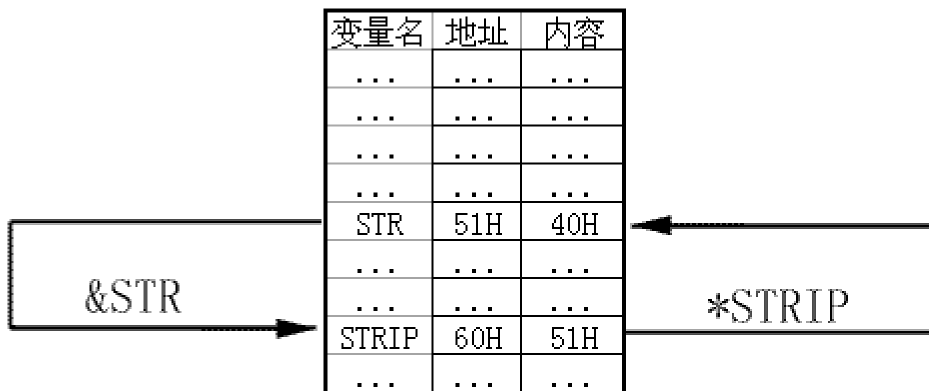
```
LCM_E = 0;
LCM_E = 1;
}

//读数据
unsigned char ReadDataLCM(void)
{
LCM_RS = 1;
LCM_RW = 1;
LCM_E = 0;
LCM_E = 0;
LCM_E = 1;
return(LCM_Data);
}

//读状态
unsigned char ReadStatusLCM(void)
{
LCM_Data = 0xFF;
LCM_RS = 0;
LCM_RW = 1;
LCM_E = 0;
LCM_E = 0;
LCM_E = 1;
while (LCM_Data & Busy); //检测忙信号
return(LCM_Data);
}

void LCMInit(void) //LCM 初始化
{
LCM_Data = 0;
WriteCommandLCM(0x38,0); //三次显示模式设置，不检测忙信号
Delay5Ms();
WriteCommandLCM(0x38,0);
Delay5Ms();
WriteCommandLCM(0x38,0);
Delay5Ms();

WriteCommandLCM(0x38,1); //显示模式设置,开始要求每次检测忙信号
WriteCommandLCM(0x08,1); //关闭显示
WriteCommandLCM(0x01,1); //显示清屏
WriteCommandLCM(0x06,1); // 显示光标移动设置
WriteCommandLCM(0x0C,1); // 显示开及光标设置
}
```

```
//按指定位置显示一个字符
void DisplayOneChar(unsigned char X, unsigned char Y, unsigned char DData)
{
Y &= 0x1;
X &= 0xF; //限制 X 不能大于 15，Y 不能大于 1
if (Y) X |= 0x40; //当要显示第二行时地址码+0x40;
X |= 0x80; //算出指令码
WriteCommandLCM(X, 0); //这里不检测忙信号，发送地址码
WriteDataLCM(DData);
}

//按指定位置显示一串字符
void DisplayListChar(unsigned char X, unsigned char Y, unsigned char code *DData)
{
unsigned char ListLength;

ListLength = 0;
Y &= 0x1;
X &= 0xF; //限制 X 不能大于 15，Y 不能大于 1
while (DData[ListLength]>0x20) //若到达字串尾则退出
{
if (X <= 0xF) //X 坐标应小于 0xF
{
DisplayOneChar(X, Y, DData[ListLength]); //显示单个字符
ListLength++;
X++;
}
}
}

//5ms 延时
void Delay5Ms(void)
{
unsigned int TempCyc = 5552;
while(TempCyc--);
}

//400ms 延时
void Delay400Ms(void)
{
unsigned char TempCycA = 5;
unsigned int TempCycB;
while(TempCycA--)
{
TempCycB=7269;
```

```
while(TempCycB--);
};
}
```

第十六课　指针的使用

指针就是指变量或数据所在的存储区地址。如一个字符型的变量 STR 存放在内存单元 DATA 区的 51H 这个地址中，那么 DATA 区的 51H 地址就是变量 STR 的指针。在 C 语言中指针是一个很重要的概念，正确有效的使用指针类型的数据，可以更有效的表达复杂的数据结构，可以更有效的使用数组或变量，可以方便直接的处理内存或其它存储区。指针之所以可以这么有效的操作数据，是因为无论程序的指令、常量、变量或特殊寄存器都要存放在内存单元或相应的存储区中，这些存储区是按字节来划分的，每一个存储单元都可以用唯一的编号去读或写数据，这个编号就是常说的存储单元的地址，而读写这个编号的动作就叫做寻址，通过寻址就可以访问到存储区中的任一个可以访问的单元，而这个功能是变量或数组等是不可能代替的。C 语言也因此引入了指针类型的数据类型，专门用来确定其他类型数据的地址。用一个变量来存放另一个变量的地址，那么用来存放变量地址的变量称为“指针变量”。如用变量 STRIP 来存放文章开头的 STR 变量的地址 51H，变量 STRIP 就是指针变量。下面用一个图表来说明变量的指针和指针变量两个不同的概念。



变量的指针就是变量的地址，用取地址运算符‘&’取得赋给指针变量。&STR 就是把变量 STR 的地址取得。用语句 STRIP = &STR 就可以把所取得的 STR 指针存放在 STRIP 指针变量中。STRIP 的值就变为 51H。可见指针变量的内容是另一个变量的地址，地址所属的变量称为指针变量所指向的变量。

要访问变量 STR 除了可以用‘STR’这个变量名来访问之外，还可以用变量地址来访问。方法是先用&STR 取变量地址并赋于 STRIP 指针变量，然后就可以用*STRIP 来对 STR 进行访问了。‘*’是指针运算符，用它可以取得指针变量所指向的地址的值。在上图中指针变量 STRIP 所指向的地址是 51H，而 51H 中的值是 40H，那么*STRIP 所得的值就是 40H。

使用指针变量之前也和使用其它类型的变量那样要求先定义变量，而且形式也相类似，一般的形式如下：

数据类型　[存储器类型]　*　变量名;

unsigned char xdata *pi　//指针会占用二字节，指针自身存放在编译器默认存储区，指向 xdata 存储区的 char 类型

unsigned char xdata * data pi; //除指针自身指定在 data 区，其它同上

int * pi; //定义为一般指针，指针自身存放在编译器默认存储区，占三个字节

在定义形式中“数据类型”是指所定义的指针变量所指向的变量的类型。“存储器类型”是编译器编译时的一种扩展标识，它是可选的。在没有“存储器类型”选项时，则定义为一般指针，如有“存储器类型”选项时则定义为基于存储器的指针。限于 51 芯片的寻址范围，

指针变量最大的值为 0xFFFF，这样就决定了一般指针在内存会占用 3 个字节，第一字节存放该指针存储器类型编码，后两个则存放该指针的高低位址。而基于存储器的指针因为不用识别存储器类型所以会占一或二个字节，idata,data,pdata 存储器指针占一个字节，code,xdata 则会占二个字节。由上可知，明确的定义指针，可以节省存储器的开销，这在严格要求程序体积的项目中很有用处。

指针的使用方法很多，限于篇幅以上只能对它做一些基础的介绍。下面用在讲述常量时的例程改动一下，用以说明指针的基本用法。

```
#include <AT89X51.H> //预处理文件里面定义了特殊寄存器的名称如 P1 口定义为 P1
void main(void)
{
    //定义花样数据，数据存放在片内 CODE 区中
    unsigned char code design[]={0xFF,0xFE,0xFD,0xFB,0xF7,0xEF,0xDF,0xBF,0x7F,
                                  0x7F,0xBF,0xDF,0xEF,0xF7,0xFB,0xFD,0xFE,0xFF,
                                  0xFF,0xFE,0xFC,0xF8,0xF0,0xE0,0xC0,0x80,0x0,
                                  0xE7,0xDB,0xBD,0x7E,0xFF};
    unsigned int a;   //定义循环用的变量
    unsigned char b;
    unsigned char code * dsi;   //定义基于 CODE 区的指针

    do{
            dsi = &design[0];   //取得数组第一个单元的地址
            for (b=0; b<32; b++)
                {
                    for(a=0; a<30000; a++); //延时一段时间
                    P1 = *dsi;      //从指针指向的地址取数据到 P1 口
                    dsi++; //指针加一，
                }
        }while(1);
}
```

为了能清楚的了解指针的工作原理，可以使用 keil uv2 的软件仿真器查看各变量和存储器的值。编译程序并执行，然后打开变量窗口，如图。用单步执行，就可以查到到指针的变量。如图中所示的是程序中循环执行到第二次，这时指针 dsi 指向 c:0x0004 这个地址，这个地址的值是 0xFE。在存储器窗口则可以察看各地址单元的值。使用这种方法不但在学习时可以帮助更好的了解语法或程序的工作，而且在实际使用中更能让你更快更准确的编写程序或解决程序中的问题。

```
unsigned char code design[]={0xFF,0xFE,0xFD,0xFB,0xF7,0xEF,0xDF,0
                             0x7F,0xBF,0xDF,0xEF,0xF7,0xFB,0xF
                             0xFF,0xFE,0xFC,0xF8,0xF0,0xE0,0xC
                             0xE7,0xDB,0xBD,0x7E,0xFF};
unsigned int a; //定义循环用的变量
unsigned char b;
unsigned char code * dsi; //定义基于COD

do{
    dsi = &design[0];
    for (b=0; b<32; b++)
      {
        for(a=0; a<30000; a++); //延时一段
        P1 = *dsi;  //读已定义的花样数据并写
        dsi++;
      }
  }while(1);
}
```

Parallel Port 1
Port 1
P1: 0xFE 7 Bits 0
Pins: 0xFE

Address: c:0x0003

```
C:0x0003: FF FE
C:0x0005: FD FB
C:0x0007: F7 EF
C:0x0009: DF BF
```

Name	Value
design	C:0x0003 [...]
a	0x7530
b	0x01
dsi	C:0x0004
*dsi	0xFE

第十七课 结构、联合和枚举的使用

前面的文章中介绍了 C 语言的基本数据类型，为了更有效的处理更复杂的数据，C 语言引入了构造类型的数据类型。构造类型就是将一批各种类型的数据放在一起形成一种特殊类型的数据。之前讨论过的数组也算是一种构造类型的数据，C51 中的构造类型还有结构、枚举和联合。

结构

结构是一种数据的集合体，它可以按需要将不同类型的变量组合在一起，整个集合体用一个结构变量名表示，组成这个集合体的各个变量称为结构成员。理解结构的概念，可以用班级和学生的关系去理解。班级名称就相当于结构变量名，它代表所有同学的集合，而每个同学就是这个结构中的成员。使用结构变量时，要先定义结构类型。一般定义格式如下：

struct 结构名 {结构元素表};

例子：
```
struct    FileInfo
        {
            unsigned char FileName[4];
            unsigned long Date;
            unsigned int Size;
        }
```

上面的例子中定义了一个简单的文件信息结构类型，它可用于定义用于简单的单片机文件信息，结构中有三个元素，分别用于操作文件名、日期、大小。因为结构中的每个数据成员可以使用不同的数据类型，所以要对每个数据成员进行数据类型定义。定义好一个结构类型后，可以按下面的格式进行定义结构变量，要注意的是只有结构变量才可以参与程序的执行，结构类型只是用于说明结构变量是属于那一种结构。

struct 结构名 结构变量名 1，结构变量名 2……结构变量 N；

例子：struct FileInfo NewFileInfo, OleFileInfo;

通过上面的定义 NewFileInfo 和 OleFileInfo 都是 FileInfo 结构，都具有一个字符型数组一个长整型和一个整形数据。定义结构类型只是给出了这个结构的组织形式，它不会占用存储空间，也就说结构名是不能进行赋值和运算等操作的。结构变量则是结构中的具体成员，会占用空间，可以对每个成员进行操作。

结构是允许嵌套的，也就是说在定义结构类型时，结构的元素可以由另一个结构构成。如：

```
struct clock
    {
        unsigned char sec, min, hour;
    }

struct date
    {
        unsigned int year;
        unsigned char month, day;
        struct clock Time; //这是结构嵌套
    }

struct date NowDate; //定义 data 结构变量名为 NowDate
```

初学的朋友看到这可能会发问："各个数据元素要如何引用、赋值呢？" 使用结构变量时是通过对它的结构元素的引用来实现的。引用的方法是使用存取结构元素成员运算符"."来连接结构名和元素名，格式如下：

结构变量名.结构元素

要存取上例结构变量中的月份时，就要写成 NowDate..year。而嵌套的结构，在引用元素时就要使用多个成员运算符，一级一级连接到最低级的结构元素。要注意的是在 C51 中只能对最低级的结构元素进行访问，而不可能对整个结构进行操作。操作例子：

```
NowDate.year = 2005;
NowDate.month = OleMonth+ 2; //月份数据在旧的基础上加 2
NowDate.Time.min++; //分针加 1，嵌套时只能引用最低一级元素
```

一个结构变量中元素的名字可以和程序中其他地方使用的变量同名，因为元素是属于它所在的结构中，使用时要用成员运算符指定。

结构类型的定义还可以有如下的两种格式。

```
struct
    {
        结构元素表
    } 结构变量名 1，结构变量名 2……结构变量名 N;
    例：struct
        {
            unsigned char FileName[4];
            unsigned long Date;
            unsigned int Size;
        } NewFileInfo, OleFileInfo;
```

这一种定义方式定义没有使用结构名，称为无名结构。通常会用于程序中只有几个确定的结构变量的场合，不能在其它结构中嵌套。

另一种定义方式如下：

```
struct 结构名
    {
        结构元素表
    } 结构变量名 1，结构变量名 2……结构变量名 N;
    例：struct FileInfo
        {
            unsigned char FileName[4];
            unsigned long Date;
            unsigned int Size;
        } NewFileInfo, OleFileInfo;
```

使用结构名可以便于阅读程序和便于以后要在定义其它结构中使用。

枚举

在程序中经常要用到一些变量去做程序中的判断标志。如经常要用一个字符或整型变量去储存 1 和 0 做判断条件真假的标志，但我们也许会疏忽这个变量只有当等于 0 或 1 才是有

效的，而将它赋上别的值，而使程序出错或变的混乱。这时可以使用枚举数据类型去定义变量，限制错误赋值。枚举数据类型就是把某些整型常量的集合用一个名字表示，其中的整型常量就是这种枚举类型变量的可取的合法值。枚举类型的二种定义格式如下：

enum 枚举名 {枚举值列表} 变量列表;

例 enum TFFlag {False, True} TFF;

enum 枚举名 {枚举值列表};

emum 枚举名 变量列表;

例 enum Week {Sun, Mon, Tue, Wed, Thu, Fri, Sat};

enum Week OldWeek, NewWeek;

看了上面的例子，你也许有一个地方想不通，那就是为什么枚举值不用贬值就可以使用？那是因为在枚举列表中，每一项名称代表一个整数值，在默认的情况下，编译器会自动为每一项赋值，第一项赋值为 0，第二项为 1……如 Week 中的 Sun 为 0，Fri 为 5。C 语言也允许对各项值做初始化赋值，要注意的是在对某项值初始化后，它的后续的各项值也随之递增。如：

enum Week {Mon=1, Tue, Wed, Thu, Fri, Sat, Sun};

上例的枚举就使 Week 值从 1 到 7，这样会更符合我们的习惯。使用枚举就如变量一样，但在程序中不能为其赋值。

联合

联合同样是 C 语言中的构造类型的数据结构。它和结构类型一样可以包含不同类型的数据元素，所不同的是联合的数据元素都是从同一个数据地址开始存放。结构变量占用的内存大小是该结构中数据元素所占内存数的总和，而联合变量所占用内存大小只是该联合中最长的元素所占用的内存大小。如在结构中定义了一个 int 和一个 char，那么结构变量就会占用 3 个字节的内存，而在联合中同样定义一个 int 和一个 char，联合变量只会占用 2 个字节。这种能充分利用内存空间的技术叫‘内存覆盖技术’，它可以使不同的变量分时的使用同一个内存空间。使用联合变量时要注意它的数据元素只能是分时使用，而不能同时使用。举个简单的例子，程序先为联合中的 int 赋值 1000，后来又为 char 赋值 10,那么这时就不能引用 int 了，否则程序会出错，起作用的是最后一次赋值的元素，而上一次赋值的元素就失效了。使用中还要注意定义联合变量时不能对它的值初始化、可以使用指向联合变量的指针对其操作、联合变量不能作为函数的参数进行传递，数组和结构可以出现在联合中。

联合类型变量的定义方法和结构的定义方法差不多，只要把关键字 struct 换用 union 就可以了。联合变量的引用方法除也是使用‘.’成员运算符。

下面就用一个综合的例子说明三种类型的简单使用。

```
#include <AT89X51.H>
#include <stdio.h>

void main(void)
{
    enum TF {
        False, True} State; //定义一个枚举，使程序更易读

    union File { //联合中包含一数组和结构，
```

```
        unsigned char Str[11]; //整个联合共用 11 个字节内存
        struct FN {
            unsigned char Name[6],EName[5];} FileName;
        } MyFile;

    unsigned char Temp;

    SCON = 0x50; //串口方式 1,允许接收
    TMOD = 0x20; //定时器 1 定时方式 2
    TCON = 0x40; //设定时器 1 开始计数
    TH1 = 0xE8;  //11.0592MHz 1200 波特率
    TL1 = 0xE8;
    TI = 1;
    TR1 = 1; //启动定时器

    State = True; //这里演示 State 只能赋为 False,True 两个值,其它无效
    //State = 3;这样是错误的

    printf ("Input File Name 5Byte: \n");
    scanf("%s", MyFile.FileName.Name); //保存 5 字节字符串要 6 个字节

    printf ("Input File ExtendName 4Byte: \n");
    scanf("%s", MyFile.FileName.EName);

    if (State == True)
        {
            printf ("File Name : ");
            for (Temp=0; Temp<12; Temp++)
                printf ("%c", MyFile.Str[Temp]); //这里列出所有的字节
            printf ("\n    Name :");
            printf ("%s", MyFile.FileName.Name);
            printf ("\n    ExtendName :");
            printf ("%s", MyFile.FileName.EName);

        }
    while(1);
}
```

图 17-1 所示是运行的结果，A 中所示是说明例程中联合中的数组和结构占用的是同一段地址的内存空间，而结构中的两数组是各占两段不同内存空间。

在此简单的 C 语言入门教程就结束了，限于作者的水平不能详尽书写。作者本人也是一名业余的单片机爱好者，希望能和更多相同兴趣的朋友学习交流，读者朋友也可以访问网站 http://www.cdle.net 或电邮 pnzwzw@163.com，得到本文相关的更多资讯。

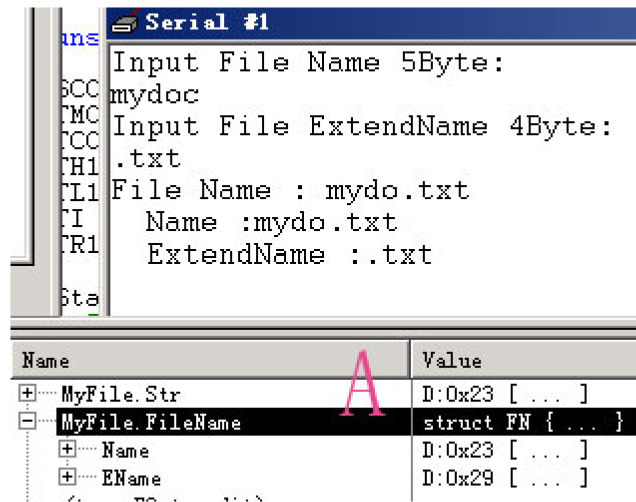


图 17-1