

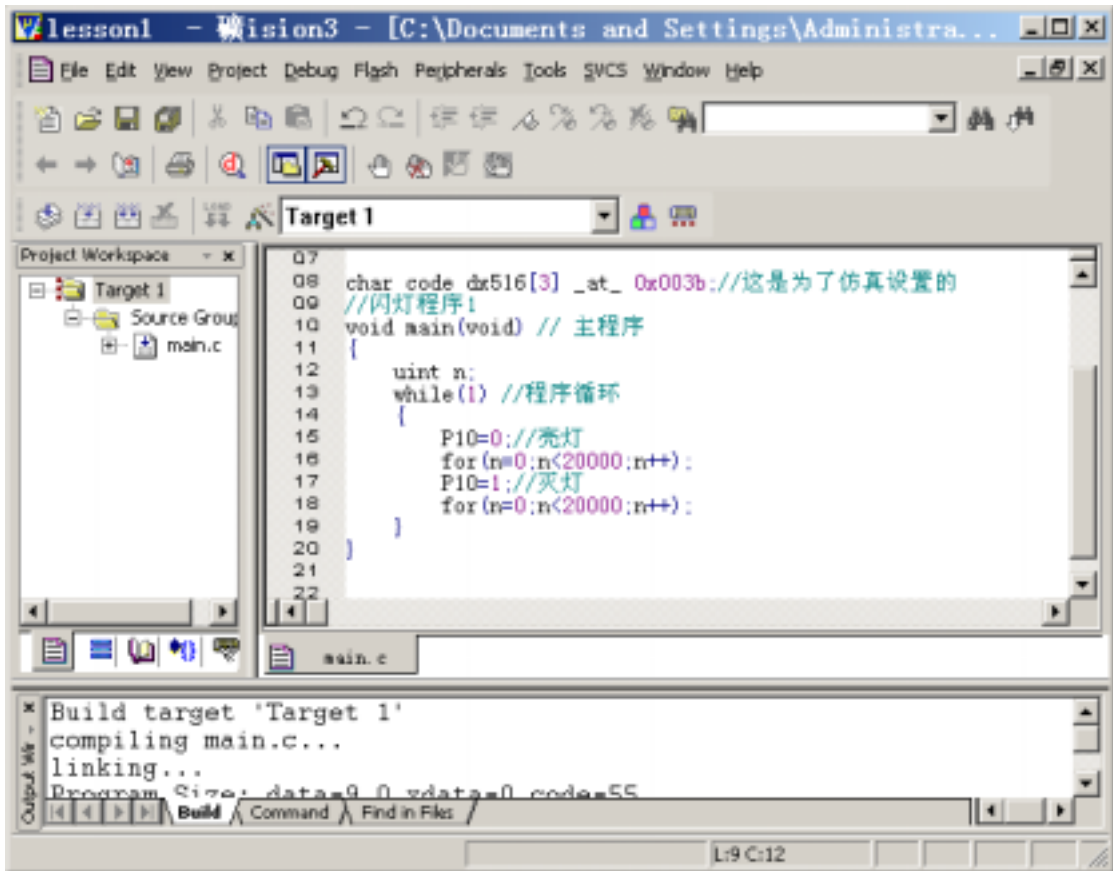
第二课，用指令方式延时闪烁 LED 灯

本章将学习如何使 LED 闪烁，和如何查看变量的值。

单片机内部的 CPU 工作都是要靠时钟驱动的。在标准 51 芯片中，每个指令周期是 12 个时钟。所以只要外部时钟固定，某一条指令运行的时间也是固定的。比如本试验中的单片机晶振振荡输出的时钟是 22118400HZ，一条单周期指令执行的时间就是 $12/22118400$ 秒 = 5.425347×10^{-7} 秒，这样如果你想在程序里延迟一段时间，就可以用循环执行多少条指令来实现。这是一个最简单的延时方法，优点是不占用其他的单片机资源，缺点是不容易计算准确延时时间，而且延时过程中 CPU 无法做其他工作。指令延时方法一般用在一些不用精确计时的场合。在需要精确计时的场合，需要使用定时器，在之后的课程中将会学到。

现在请打开 lesson02code 目录下的工程文件。

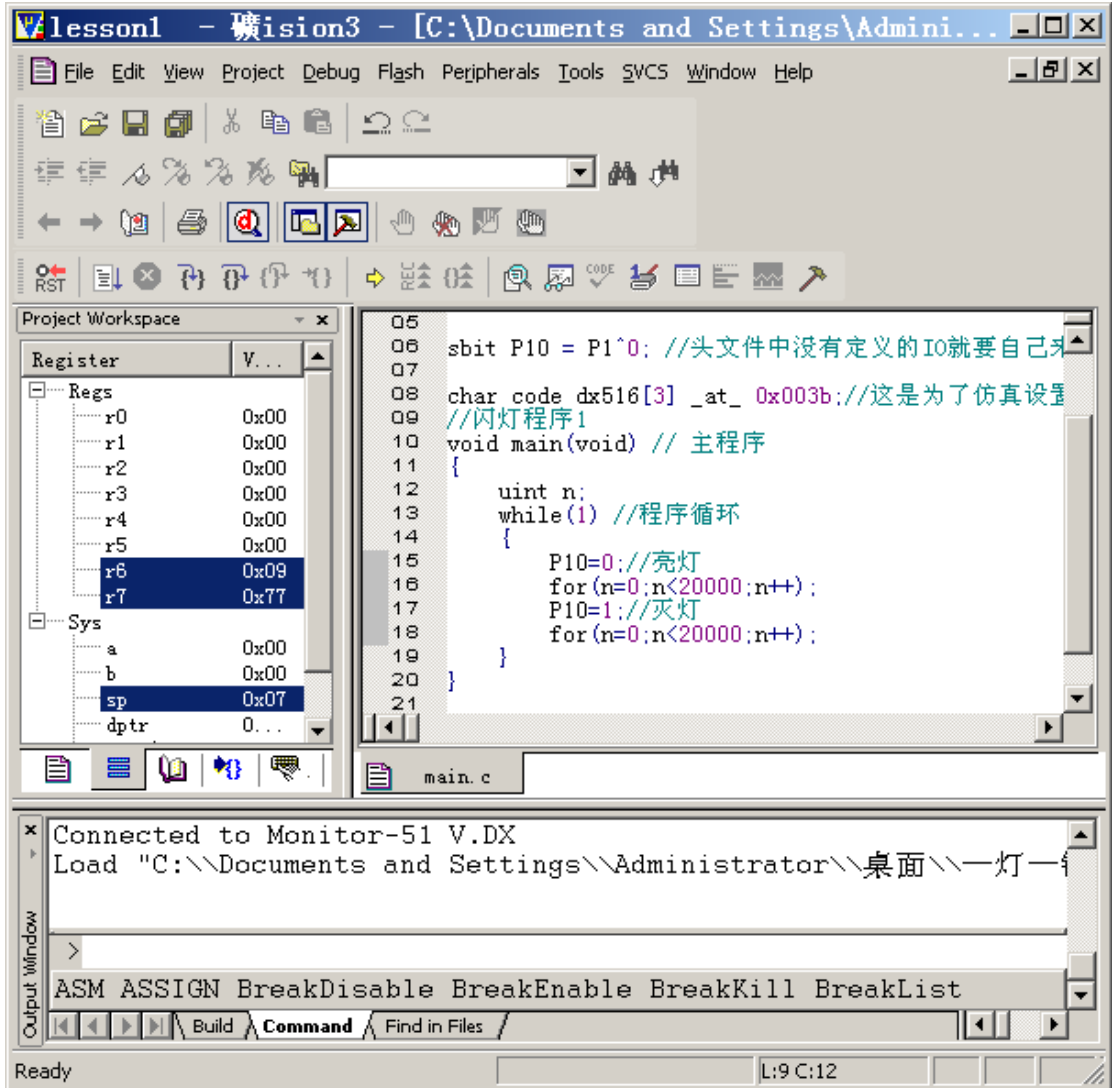
如图：



程序由一个循环组成，在点亮 P10 口的 LED 之后，延时一段时间，再灭掉 LED，又延时一段时间，之后循环到前面。

for () 循环后面直接一个分号，表示这个循环里面什么事情也不做，就等循环完成指定的次数就退出来。这也是指令循环延时的最常见的 C 写法。

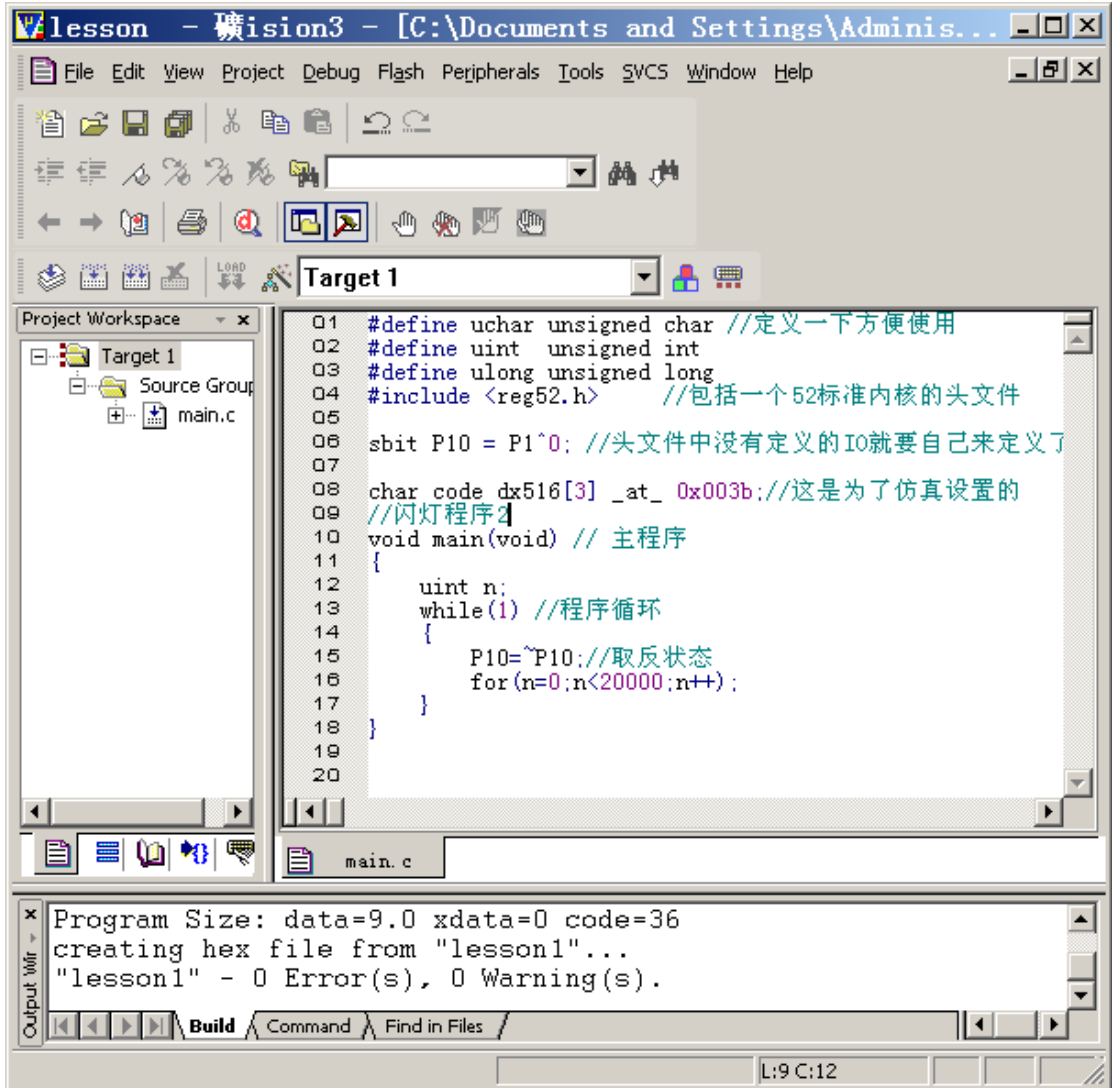
编译后，按进入仿真。



按全速运行，可以看到 P1.0 的 LED 灯不断地闪烁。

下面我们用一个更简单的方式点灯，就是取反 IO 口的状态。取反指令将当前 bit 变量的状态反转，当前是 1，取反后就是 0，当前是 0，取反后就是 1。IO 口相当于一个 bit 变量，也可以这样取反。

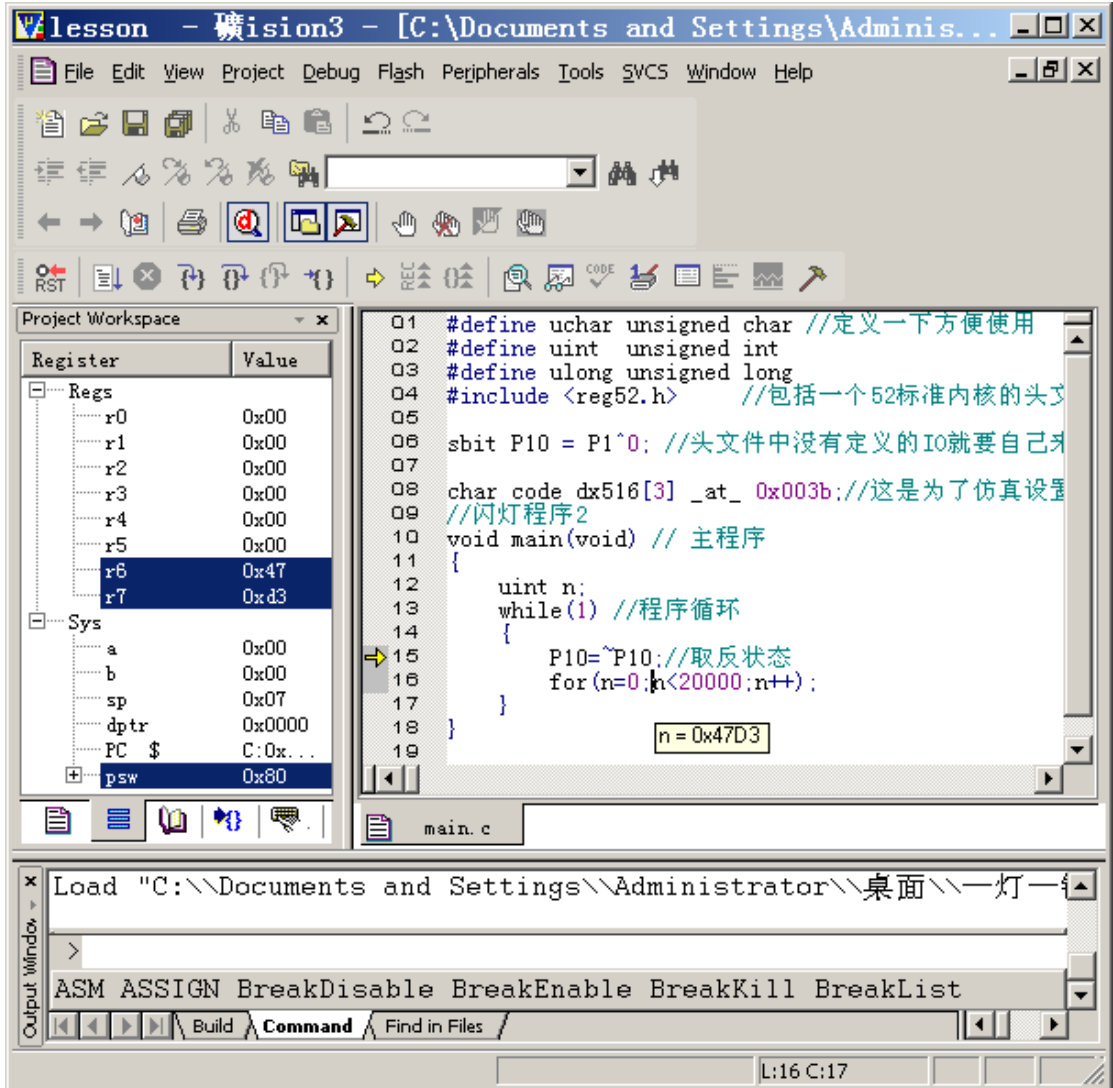
请修改程序如下：



编译成功后，再点全速运行。同样可以看到 LED 闪烁的现象。
可以看到，这种方法，我们只需要一次延时，就可以实现闪烁了。

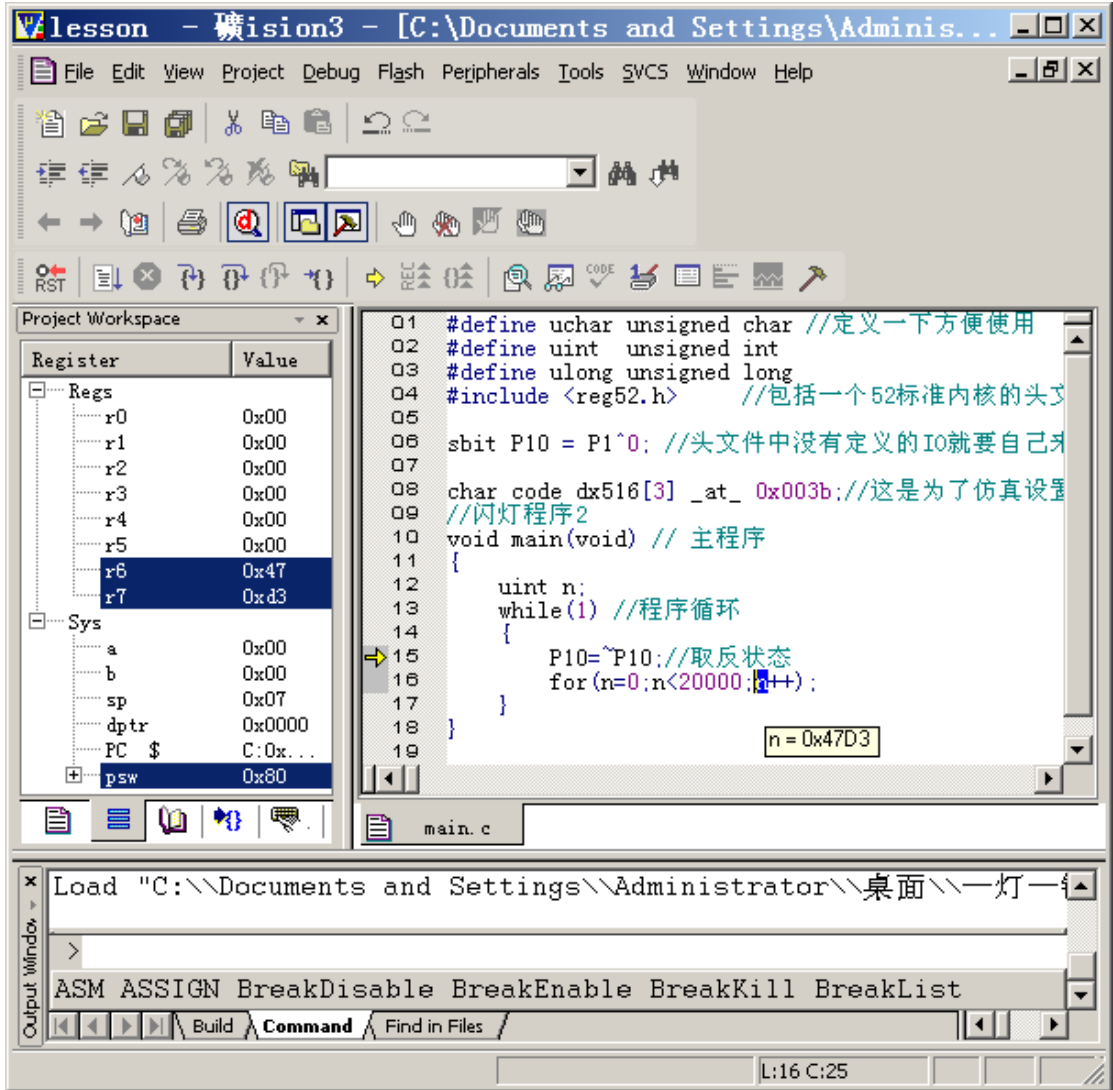
下面我们再来学习如何查看变量 n 在运行中的值。注意，要查看变量的值，只能在程序停下来的状态下查看。在程序运行的过程中，程序不断地运行，变量也在不断地变化，一般是无法查看的。

点停止程序，将鼠标放在程序中的“ n ”上面，

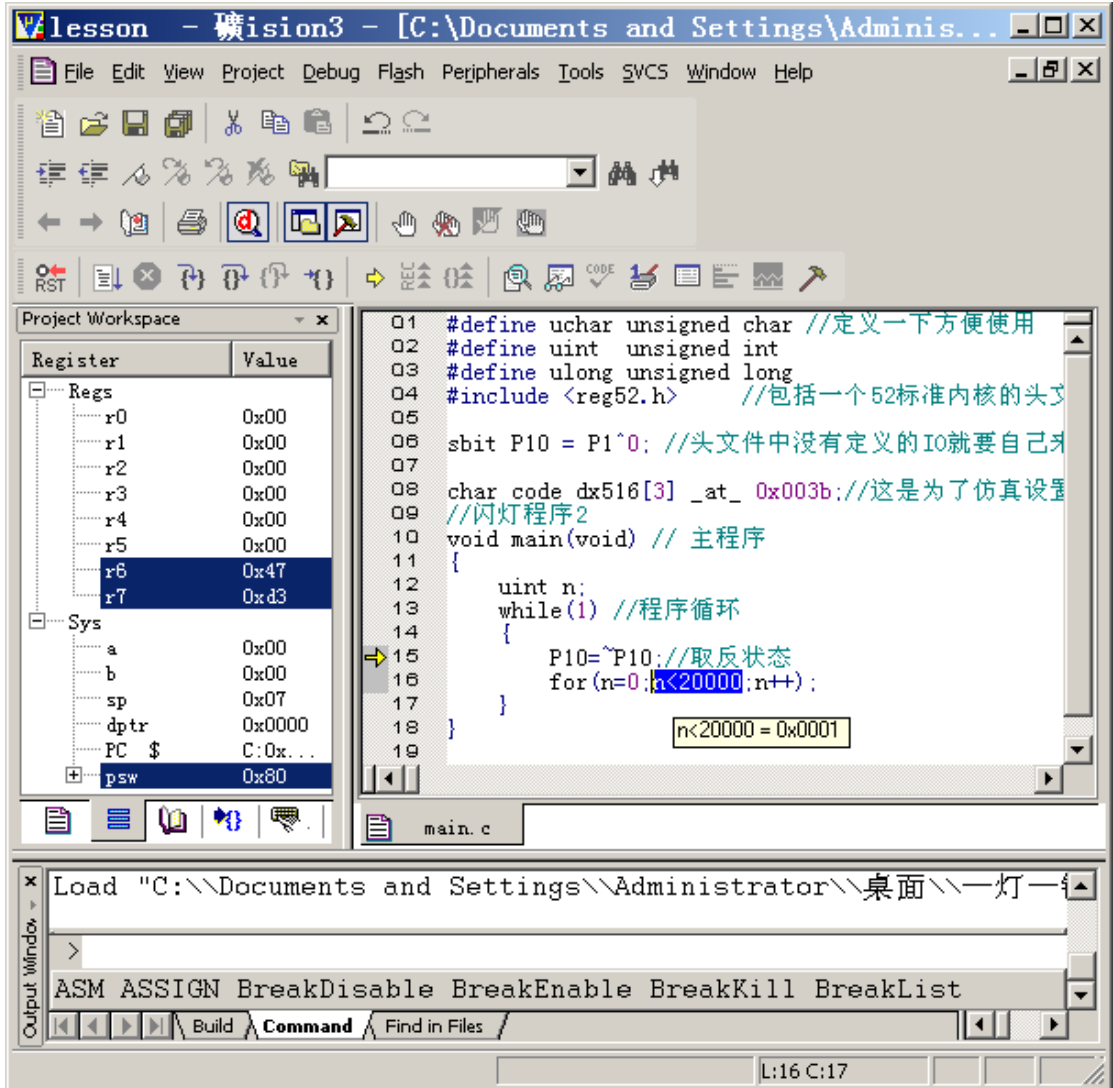


可以看到旁边出现了一个小框框，上面显示了 $n=0x47D3$ ，这就是变量此时的值。

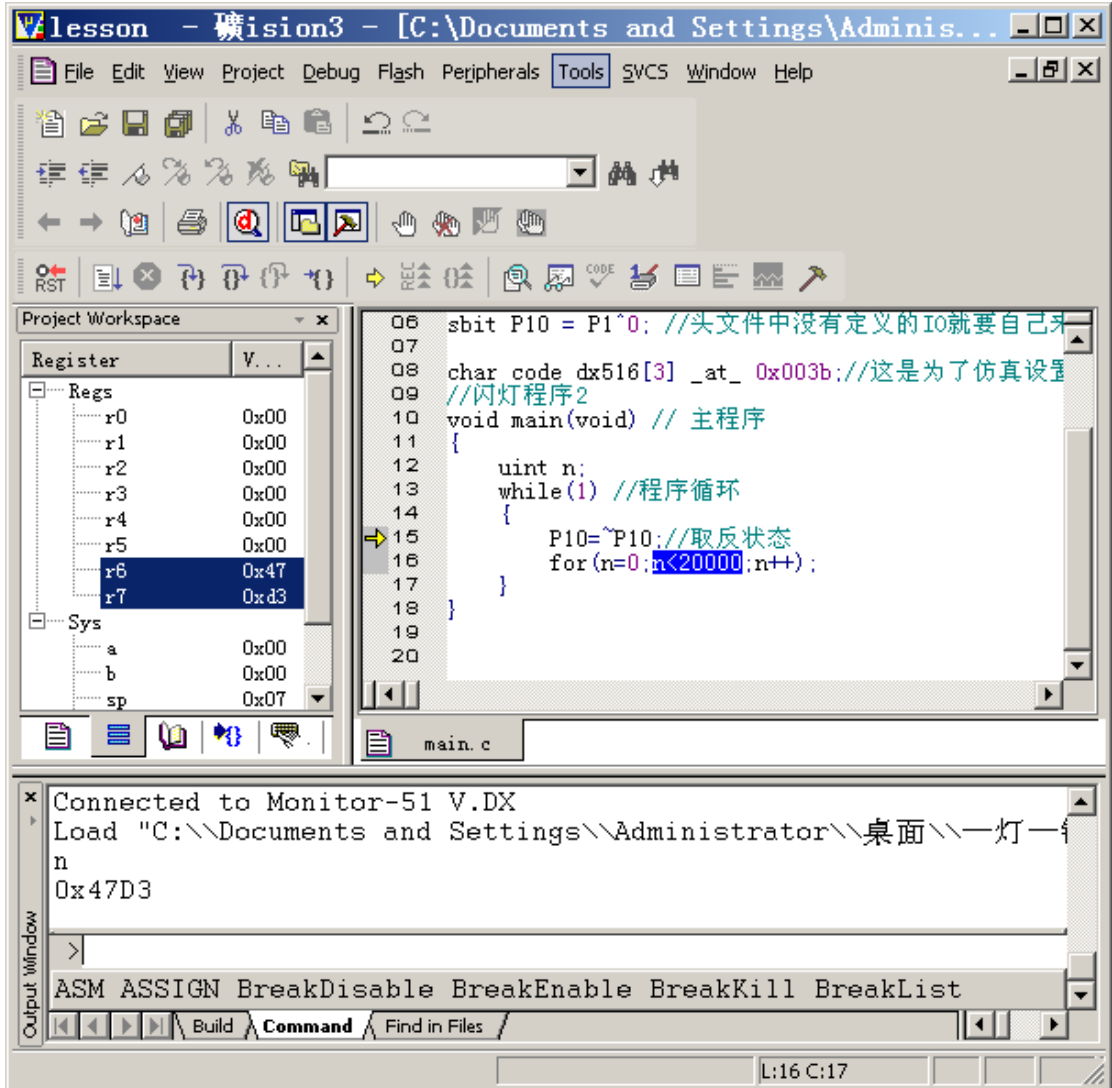
如果觉得这样可能会点不准确，可以选中你要看的变量，同样会显示变量的值，个人感觉这种操作更为方便。如图：



用上面的选中的方式，你还可以选中一个表达式，也会显示出这个表达式的结果：
如图，选中 $n < 20000$ ，结果为 1。



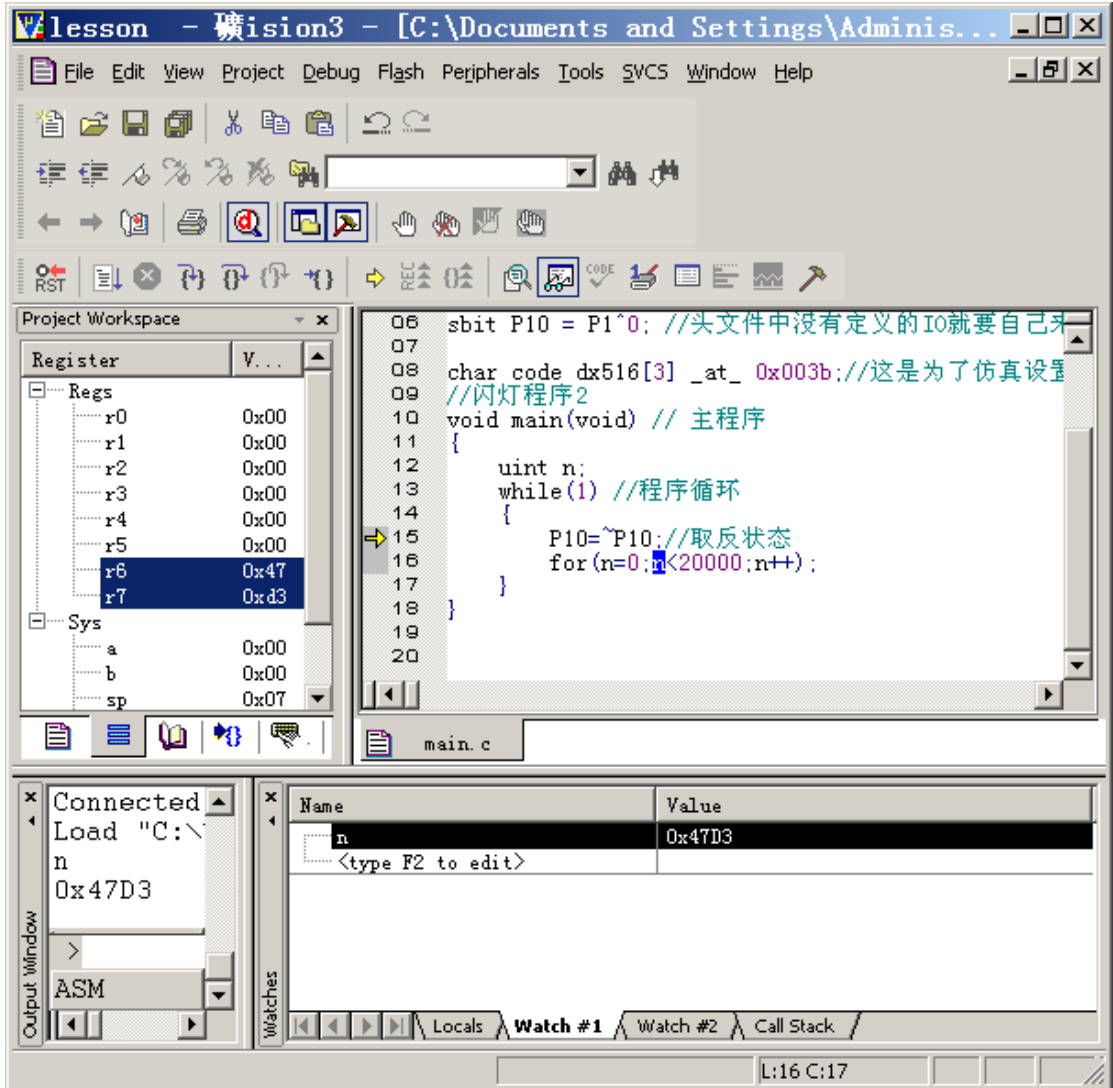
在命令行输入的方法也可以看变量，在命令行输入 n，回车，就看到结果了。请注意看下图的命令行窗口的结果。



这里再教一招，如果我想让 n 现在就变成我想要的值怎么办？

这也是调试常见的手段，设置一个变量的值，比如，让 $n = 0x1234$ ，只要在命令框里输入“ $n = 0x1234$ ”就行了，几乎所有变量都可以这样直接设置，包括 IO 口，比如你输入“ $P1.1 = 0$ ”，结果第二个灯就亮了。

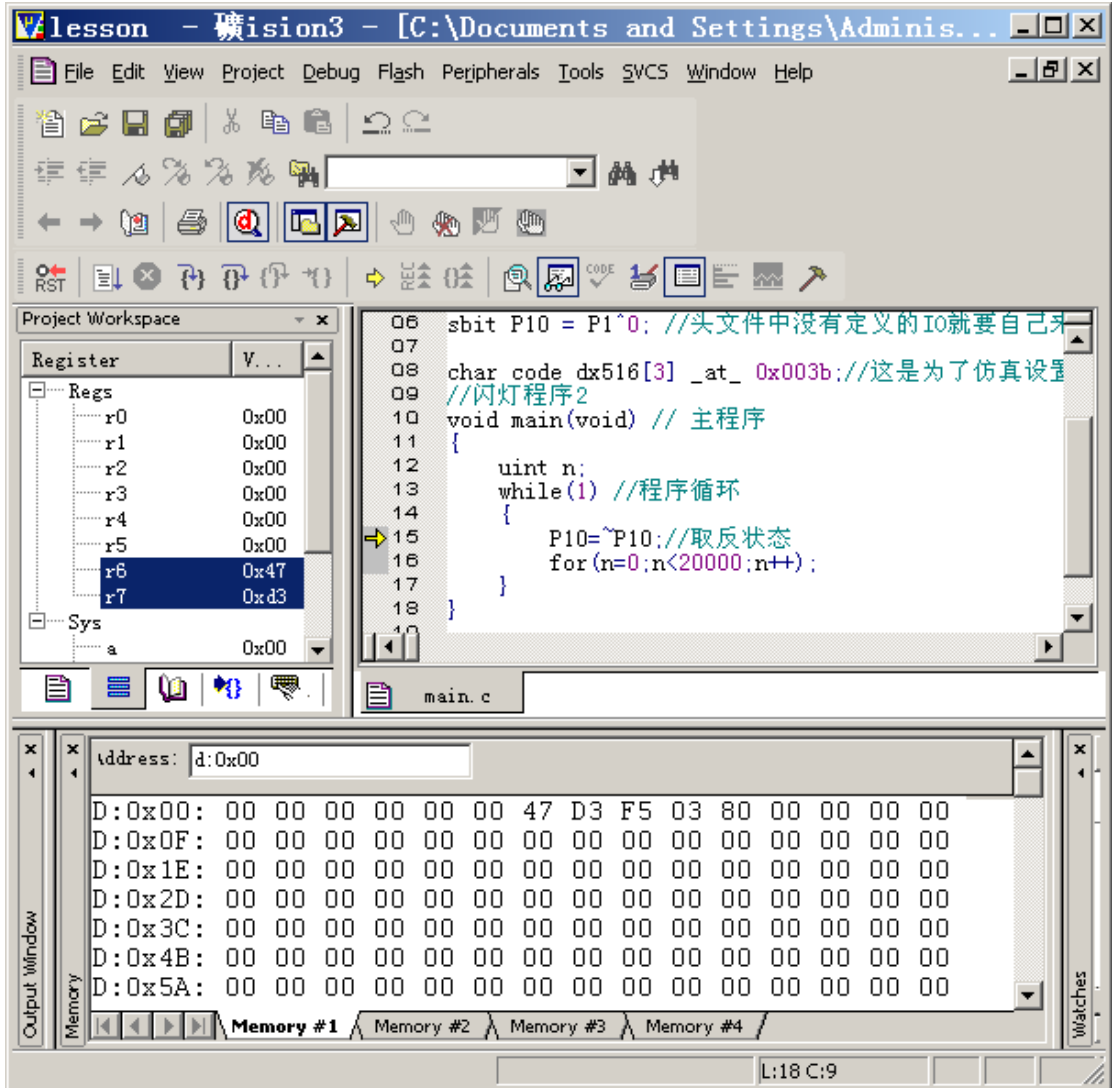
还有一招常用的，就是在 watch 窗口看变量。点 watch 图标，就是那个有个眼镜的图标，打开 watch 窗口。如图：



这个窗口里有 locals 页就是当前函数使用的变量的列表，还有有 watch 1 和 2 两个窗口，就是自定义要看的变量的值，可以手工输入，也可以选中某个变量，按右键，将出现一个菜单。选择 add 到 watch 窗口即可，在程序停止时随时看到此变量的值。

注意要看某个变量，如果这个变量是某个函数私有的，必须是程序停止时并且 PC 已经停止在了这个函数中才可以看到，各种看变量的情况都是这样。

还有一种直接看存储器的方法，可以看到所有存储器的值，但是和变量名称就不是那么好对应起来了。点 memory 窗口图标，打开 memory 窗口，如图：



在 Address 窗口输入：“d:0x00”就可以看到 data 空间的从 0x00 开始的所有内存。如上图。

输入“i:0x00”，就可以看到 idata 空间的所有内存的值。

输入“x:0x00”，就可以看到 xdata 空间的所有内存的值。

输入“c:0x00”，就可以看到 code 空间的所有程序。

在实际的硬件调试方式中，如果不用看 memory 窗口，就建议不用打开它。因为保持它的打开会增加仿真时通讯的时间，特别是单步运行的时间。

Keil 调试环境的使用可以千变万化，还有许多方法会在之后的课程中陆续介绍，您可以去看购买 dx516 的光盘中附带的 uv2 使用文档。

这一章就完成了，我们学会了，指令延时，取反的用法，还有更重要的就是如何在 keil 调试环境中查看变量。

作业：

试着修改 n 的循环次数，使闪烁的频率改变。