

PIC 单片机软件模拟仿真时输入信号的激励方式

张明峰

Microchip Tech. Inc. 应用工程师

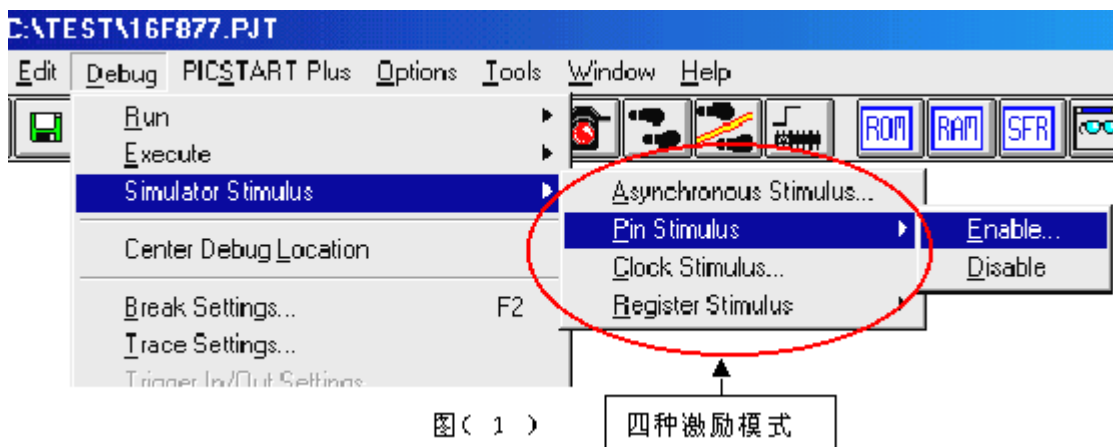
微芯公司（MICROCHIP）以生产基于 RISC 架构的 8 位嵌入式控制单片机为主，其 PIC 系列单片机具有执行速度快，指令简洁，功耗低，抗干扰能力强，品种齐全，不同品种间迁徙方便灵活等特点，在国内各应用领域被广泛使用。

基于单片机的系统在开发过程中一般需要单片机仿真设备，以便完成针对系统软硬件的反复修改和调试。现在能支持 PIC 系列单片机的硬件仿真器国内外已有许多可供选择，从原装进口的高档仿真器（20000 元左右）到微芯公司授权国内生产的中低档仿真器（2000 至 5000 元不等），设计工程师可依据自己实际开发的需要和承受能力选择购置，但不管怎样，这都是一笔不小的开支。针对 FLASH 的 PIC 单片机微芯公司还提供了一种叫做在线调试器（ICD）的简易开发工具，低廉的价格（400 元左右）基本上可以让任何想尝试单片机开发的工程师都有能力购置，作为系统调试的最基本手段。

另外还有一种方法，只需一个固化用的编程器，无需其它任何仿真工具的先期投入，就可以完成 PIC 全系列单片机的开发。这就是用微芯公司提供的软件开发平台 MPLAB_IDE 内含的软仿真工具 MPLAB_SIM，利用它可以在 PC 的操作系统 Windows 平台上模拟 PIC 单片机内部的程序运行和管脚的输入/输出，以便完成软件的调试工作。MPLAB 可以到微芯公司的网站或资料光盘上随时下载安装，是一个完全免费的开发平台。它集合了宏汇编，项目管理，软件模拟，在线调试器，硬件仿真器，编程烧写工具等的支持。所有的开发调试工作都可以基于该开发平台完成，实现一站式的开发。

相信大家对软仿真的概念已经有所接触和了解。最常见的 51 系列单片机的开发系统也有很多配备有软仿真手段。用软仿真工具在普通 PC 计算机上模拟单片机内部程序指令的运行，这一点应该很容易实现。利用它可以非常方便地调试程序的各种算法和控制流程。但基于单片机的设计在调试时还有一个非常重要的内容，就是要和外部事件打交道。单片机要检测管脚上的输入信号电平高低，响应中断，完成模数转换等这些和输入有关的信号；同时，也要根据指令和外部信号的情况输出不同的控制信号。在用各种硬件仿真器或在线调试器时，已有一个实实在在的硬件环境，在调试时可以利用目标系统提供给单片机各种信号的激励，来测试单片机的实际运行情况；在 PC 机上用软件模拟单片机的工作时，没有任何硬件环境可以给出这些激励信号。因此，要最大限度地模拟仿真单片机，开发平台必须提供输入信号的激励方法。

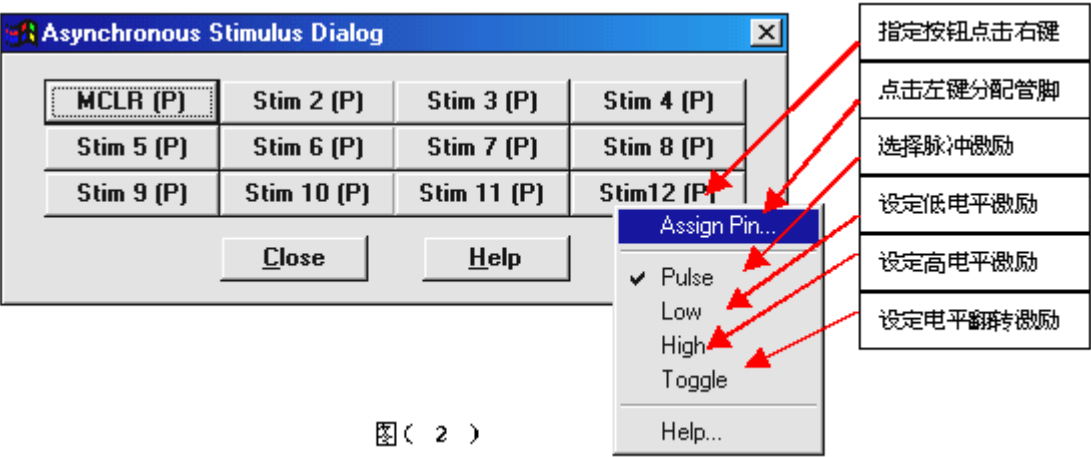
MPLAB_SIM 提供了四种信号激励的方式。分别是“异步信号激励 (Asynchronous_Stimulus)”，“管脚连续激励(Pin_Stimulus)”，“时钟激励(Clock_Stimulus)”和“寄存器内容激励(Rigister_Stimulus)”。进入不同的激励方式可以通过菜单“Debug”>“Simulator_Stimulus”选项，如同图（1）所示。



下面我们就分别介绍这四种激励方式的使用方法。

1. Asynchronous Stimulus - 异步信号激励

这是一种最简单的设定单个管脚输入电平的方法。按图（1）的菜单层次选择“Asynchronous Stimulus”，即可进入异步信号激励的对话框，如图（2）所示。此时，对话框中显示有12个按钮，其中任何一个按钮都可以作为一个管脚信号激励的注入源。把鼠标移到一按钮上并点击右键，即会弹出一小窗口，在该小窗口里，可以进行管脚指定、激励信号选择等。

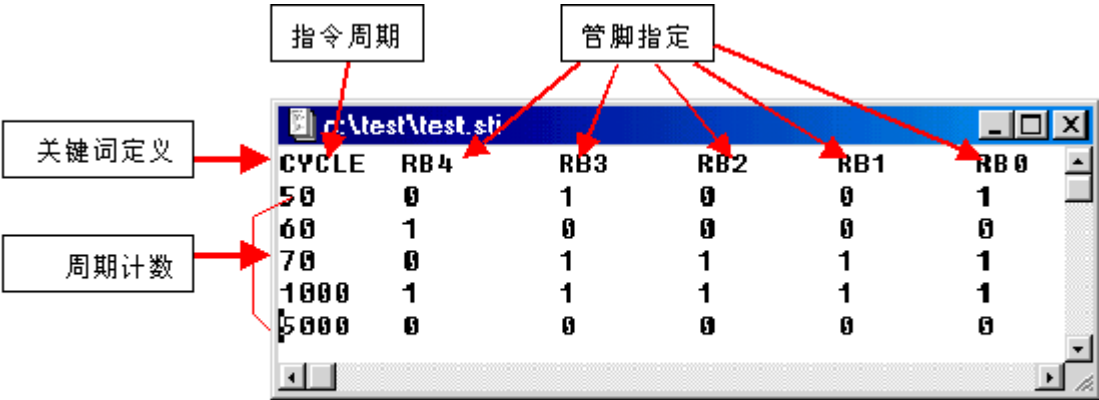


图（2）

按上图方式你可以设定任意多个管脚信号的激励。当进行程序调试运行时（单步或全速），在任何时刻用鼠标左键点击按钮，所设定的激励信号就会被注入到对应的输入管脚。所要注意的是异步激励信号必须随指令的运行而加入，换句话说，如果程序处于暂停状态，就不能连续接收多个信号激励的输入，至少必须走一条指令，才能加入一个新激励。另外，当该异步激励对话框打开时，软件模拟时的速度会明显下降。解决的办法是在不需要信号激励时，关闭对话框；当需要时再打开，所有先前的设定都将保留。

2. Pin Stimulus - 管脚连续激励

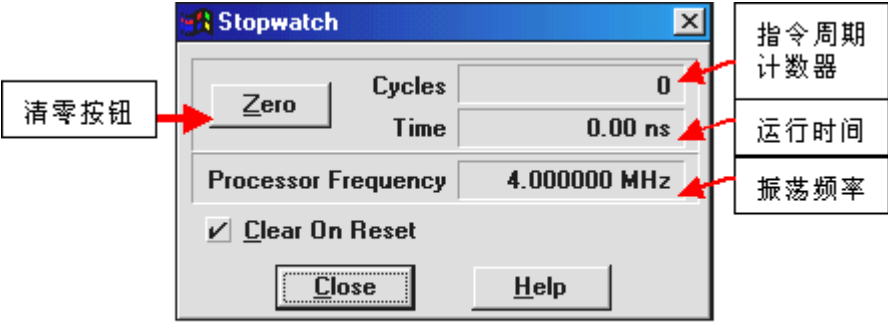
有时在调试时需要观察一组管脚同时输入时的情形，或要进行针对某些管脚有连续的时序信号输入时的调试，此时，就要用到“管脚连续激励”的信号注入方式。在进入此种激励模式前，我们先要编写一个激励文件，可以用任何文本编辑器，扩展名为“.STI”



图（3）

按图（3）所示，该激励文件的编写需遵循一定的语法规则：第一行为关键词定义，第一个词必须是 " CYCLE "，后用空格作间隔符，可以连续定义多个管脚名称。关于管脚名称的写法，可以参照异步激励对话框里管脚分配时 MPLAB 所用之定义。第二行起为激励电平注入的描述，其第一列表明了注入发生的时刻，以指令周期为计数；管脚电平的注入以 " 1 " 表示高电平，用 " 0 " 表示低电平；可以写任意多行的注入信息，但应注意描述注入发生的时刻值必须逐行递增。

按图（1）所示的菜单层次进入 " Pin_Stimulus " → " Enable " 后，将弹出一文件打开对话框，选择已经编辑好的激励文件并打开，就可以进行程序调试时的信号激励了。此时，还有一个窗口将会被用到：程序跑表窗。进入 " Windows " 菜单选 " Stopwatch " 即可弹出跑表窗，如下图（4）。

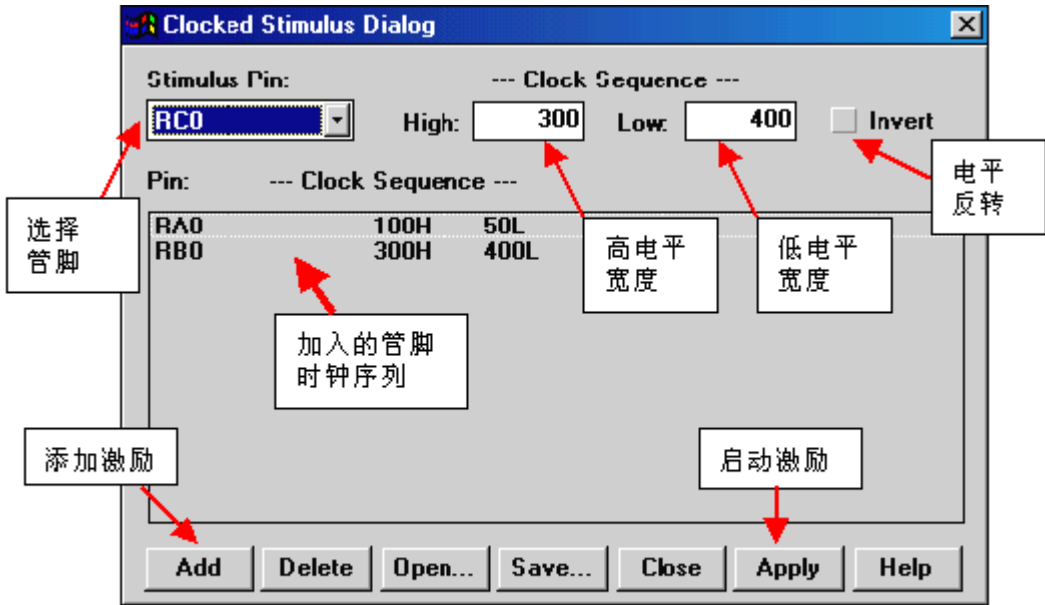


图（4）

成组的激励信号是按跑表中的指令周期计数器为依据自动注入的。当激励文件中指定的激励时刻和跑表中的指令周期计数器相一致时，该行的管脚电平设定就一次同步地注入到所有对应的输入管脚，然后继续等待下一个注入点时间的到来。在程序运行的任何时候都可以按 " 清零按钮 " 让指令周期计数器归零，重复激励信号的注入。

在调试并行信号的输入和某一管脚的连续串行信号解码时，这种方式特别有用。

3. Clock Stimulus - 时钟激励



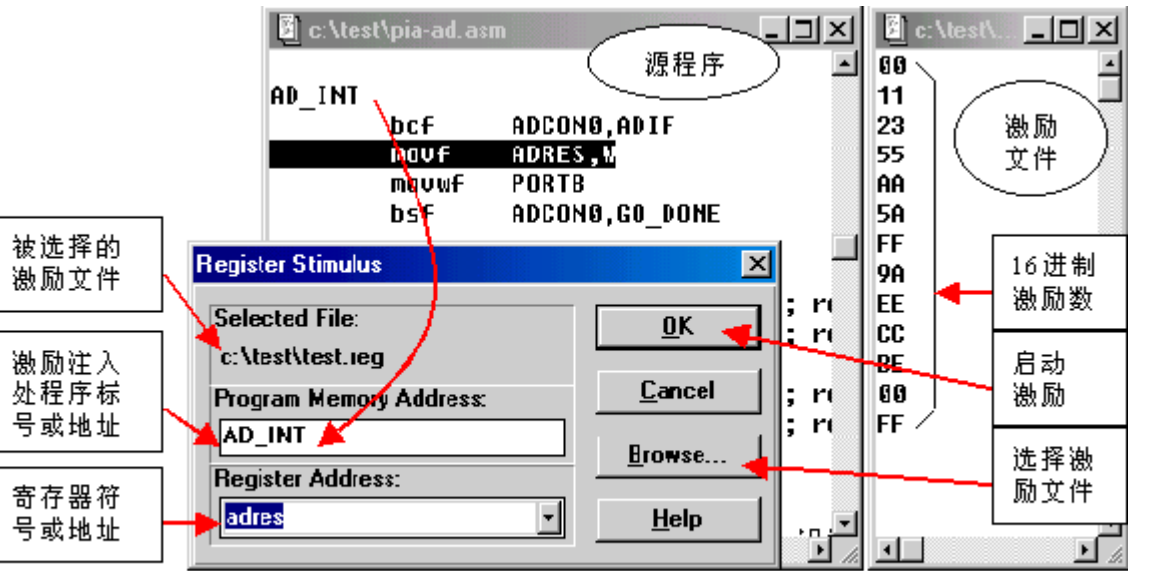
图（5）

有时需要调试输入管脚上有连续的时钟周期信号输入时程序的运行情况，就可以用时钟激励的方式实现。按图（1）所示的菜单层次进入 " Clock_Stimulus " 就可以弹出如图（5）的对话框。

该种激励模式比较直观，你只需按对话框的要求，设定每个管脚上周期信号高低电平的持续宽度（以指令周期为单位），添加到激励表后启动激励，即可。

4. Register Stimulus - 寄存器内容激励

前面三种激励信号都是针对单片机输入管脚的，基本上涵盖了当管脚作为数字电平输入时的调试手段。但当调试针对模拟信号的处理系统，其模数转换的结果无法用上面的激励方式去实现，这就引入了另外一种激励的注入模式：寄存器内容激励。实际上，任何单片机内部具备锁存能力的寄存器（输入管脚例外，因输入时没有锁存），都可以用该种激励方法，在程序运行过程中自动连续地设定其寄存器值。



图（6）

在打开寄存器内容激励前，须先编写一个激励文件，其扩展名为 ".REG"，可在 MPLAB 环境下或用任何文本编辑器编写。

图（6）显示了激励文件的格式：每行写一个字节的值，用 16 进制描述。可以写任意多行，但中间不能有空行。按图（1）所示的菜单层次进入 " Register_Stimulus " → " Enable " 后，弹出的对话框也显示在图（6）中。通过该对话框，可以选择激励文件，设定激励注入点和被激励的寄存器名称或物理地址。启动激励后，程序每运行到激励注入点处，就顺序地从激励文件中读入一个字节的值，放到被激励的寄存器中。如果发现读到了激励文件的末尾，就自动回到文件的第一行，重新读取激励值。如此循环往复，直到程序中止。例如：用这种激励方式可以产生一组模数转换的值，可以验证其后的各种数据处理算法。

通过上述四种软件仿真时输入信号的激励方法，可以对设计中的绝大部分功能进行测试和模拟。MICROCHIP 公司在设计 MPLAB 集成开发环境时，软件模拟仿真时激励事件响应的分辨率是单片机的一个指令周期。如果某一输入的物理信号在一个指令周期内会有很多变化，则该信号就不能用激励注入的方式来实现软件模拟调试。此类输入信号有异步串行通讯，SPI 总线通讯等；同样，在模拟脉宽调制（PWM）输出时，其调制分辨率最高也只能达到一个指令周期，不能做到其硬件实际调制时 1 / 4 指令周期的分辨率。

用户如果能把软件模拟和硬件仿真或调试的不同开发模式有机地结合起来，其开发效率将大大提高，尤其是在用低成本的在线调试器（ICD）时。因 ICD 在每次调试前都需把程序下载到单片机内，如果程序较长而又需频繁修改时，这样的反复下载可能降低开发效率。若能先用软仿真把程序的大部份功能调试完毕，再用硬件的调试手段时，其调试量就大大降低。对 P I C 的初学者来说，软件模拟是最容易的一种上手方式。不需要任何开发工具，即可学习单片机的编程和调试。而激励信号的注入方法是软仿真所必须面临的一个问题。若大家针对上面的介绍还需进一步和笔者探讨，请联系 paul.zhang@microchip.com 或访问中文网站的技术论坛：www.microchip.com.cn

张明峰

2000 年 11 月 20 日