

## 第 9 章 FBs-PLC 的中断

### 9.1 中断的原理与结构

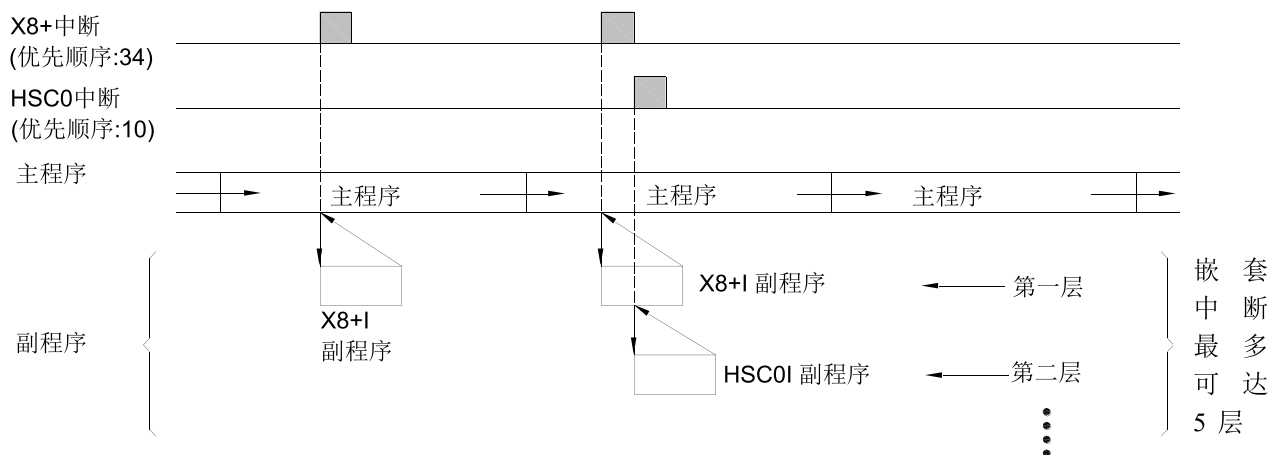
FBs-PLC 所需执行的工作复杂众多，有 20K Words 的用户程序要解析，512 点的 I/O 状态要抓取或更新，有 5 个通讯端口要服务...，但 CPU 只有一个，故任一个时间只能执行一项工作，因此 PLC 只能按照顺序将上述所有的工作由第一项开始逐一地执行到最后一项位置，再循环回到第一项工作重复同样的工作循环，这样周而复始地作扫描 (Scan) 服务工作，每一项工作在一次扫描循环中都被执行一次，每一次被执行的间隔时间即所谓 PLC 的扫描时间 (Scan Time)。因为 CPU 的工作速度和人类的反应相比，可以说是极端快速的，上述庞大的工作量通常在数毫秒到数十毫秒 (mS) 就可以完成，因此就人类的感觉，PLC 几乎是在同一时间完成所有工作，而能达到实用的控制效果。

对于大部分的应用，上述按照顺序扫描的控制方式都已经足够了，但对某些需要高速反应的应用场合（例如定位控制...等），扫描时间的延时即代表误差的扩大，其反应时间甚至要求到微秒 (uS) 的速度，才能达到精度要求。在这种情况下，只有利用中断 (Interrupt) 功能才能达到。

所谓中断是指 PLC 在平常按照顺序执行的扫描循环中，当有需要立即反应的需求发生时，马上对 CPU 发出中断要求 (Interrupt Request)；CPU 在收到中断要求后，立即停止其正在执行的扫描工作，优先地去执行该中断要求所指定的服务工作；等该服务工作完成后，再回到刚才被中断的地方（称为中断返回：Return from Interrupt，简称 RTI），继续执行未完成的扫描工作。

上述所谓的“中断要求所指定的服务工作”，即所谓“中断服务程序” (Interrupt Service Routine)。它是由一连串在中断发生时“所需要执行动作的梯形图程序”所组成的副程序。放在副程序区，并用其中断信号名称为它的标记 (LABEL) 名称（请参考 9.3 节的说明）。因为其放置在副程序区，故在正常的 PLC 扫描循环中是不会被执行到 (PLC 只扫描主程序区，不扫描副程序区)。

虽然 CPU 能在中断要求发生时，在数十秒内立即去执行对应的控制动作，但当中断输入不只 1 个时（如 FBs-PLC 多达 42 个中断），只有在其所对应的中断发生时，才会跳入执行，因为 CPU 任一个时间只能执行一次动作，因此同样的问题仍将出现，必须等一个中断服务程序执行完毕后，才能执行下一个中断服务程序；这样可能造成数百微秒甚至毫秒的反应延时，因此在多重中断输入结构时，会将各个中断输入按照其重要性给予其不同的中断优先顺序 (Interrupt Priority)。当 PLC 接受某一个中断要求而正执行该中断的服务程序的当时，如果有另一个中断要求发生，而且其优先顺序低于正在执行的中断，CPU 将不理睬该中断，必须等 CPU 执行完副程序返回后才会接受，但其优先顺序高于正在执行的，CPU 将立即停止其正在执行的中断服务程序的执行，而立即跳入该更高优先级中断的中断服务程序去执行，等其完成后，再回到刚才被中断的较低优先级服务程序中去继续完成未完成的工作，这种中断执行中又被中断的情形称为嵌套中断 (Nested Interrupt)。FBs-PLC 的嵌套中断最多可达 5 层，下图为单一中断与嵌套中断的范例：

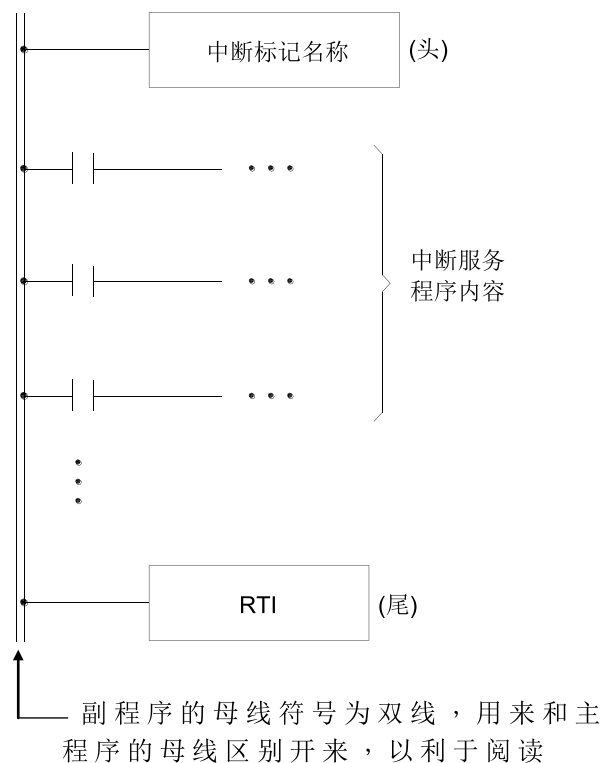


## 9.2 中断服务程序的结构与其应用

中断和呼叫虽然同样用到副程序，但其调用（跳到副程序去执行）的方式却不同。呼叫是在主程序中利用执行到 CALL 指令（FUN67）时，CPU 会记下 CALL 指令所指定的副程序名称，并到副程序区执行该标记名称的副程序，一直执行到 RTS（Return from Subroutine）指令后，才会返回主程序。

中断的调用则不是利用软件指令，而是由硬件电路发出中断信号给 CPU，由 CPU 自行辨别该中断的名称而自动跳入副程序中以该中断名称为标记的“中断服务程序”去执行，执行到 RTI 指令（Return from Interrupt）后，才返回到主程序。

如前面所述中断服务程序必须放在副程序区，其结构如右图所示，有“头”有“尾”及服务程序文本。“头”即为该中断的“中断标记名称”，请参考下节的说明，而“尾”就是 RTI 指令（FUN69），是告诉 CPU 中断程序的结束，而跳回主程序或上一层中断服务程序（**巢式**中断时），请参考 FUN69 (RTI)指令的说明。而头尾中间则为中断服务程序本身，用来告知 CPU 在该中断发生时必须执行哪些控制动作。



### 9.3 FBs-PLC 的中断元件、标记名称与等级

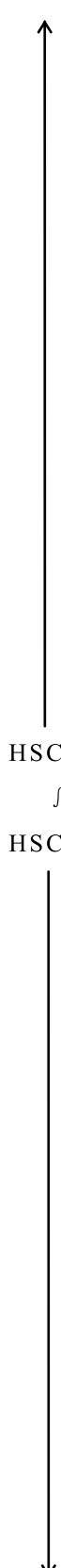
































如前节所述，任意一个中断的“中断服务程序”都必须有一个唯一的“中断标记名称”。FP-08 或 WinProladder 在 FBs-PLC 的副程序区内，为 FBs-PLC 所有 49 个中断保留 49 种对应的“中断标记名称”，我们称为中断保留字（Interrupt Reserved Word），在副程序区内这 49 种保留字当作“中断标记”使用，其它标记名称不能与它重复。

“中断标记名称”（保留字）的取名原则是将各个中断元件的硬件名称（例如 HSTA、HSC0、X0+、X0-、...）后面加一个 I 字即可，例如高速计数器 HSC0 的中断、标记名称为“HSC0I”，X0+的中断标记名称为“X0+I”，以下为 FBs-PLC 的 49 种中断元件的“中断标记名称”及其优先等级。

下表为中断元件及其中断标记名称，而为了与以前的版本兼容，除了 HSC/HST 外，以前的旧版本中标记名称也列入表内（标记名称有小括号的）；使用原则以新标记为优先（优先使用 HSTAI、1MSI~100MSI、X0+I~X15-I），当使用中断标记名称而没有中断处理服务时，可更改标记名称为旧版本的中断标记名称，如 ATMRI、1MS~100MS、INT0~INT15-，如果正常，则建议尽快更新 WinProladder 或 FP-08 版本。

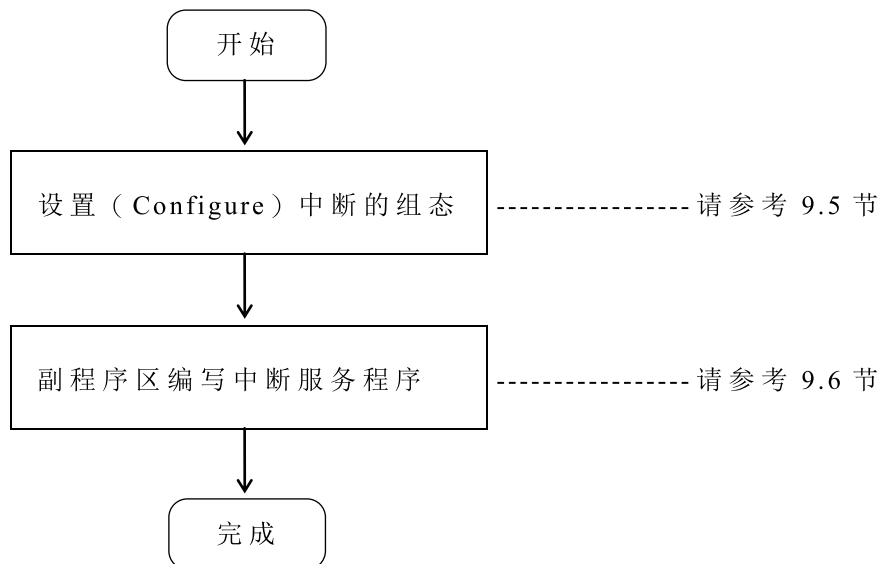
（越上层优先级越高）

中断元件	优先顺序	中断标记名称	中 断 发 生 的 条 件	备 注
高速计时器	1	HSTAI (ATMRI)	HSTA 计时到 (CV=PV)	当循环计时器用时无中断
内部 定时 时基	2	1MSI (1MS)	每 1mS 周期发生一次中断	任意一个时间只能一种时基的中断动作，请参考 9.5.2 节的说明，故实际中断数为 42 个
	3	2MSI (2MS)	每 2mS 周期发生一次中断	
	4	3MSI (3MS)	每 3mS 周期发生一次中断	
	5	4MSI (4MS)	每 4mS 周期发生一次中断	
	6	5MSI (5MS)	每 5mS 周期发生一次中断	
	7	10MSI (10MS)	每 10mS 周期发生一次中断	
	8	50MSI (50MS)	每 50mS 周期发生一次中断	
	9	100MSI (100MS)	每 100mS 周期发生一次中断	
HSC / HST	10	HSC0I/HST0I	HSC0/HST0 计数/时到(CV=PV)	HSC0~HSC3 设置为高速计数器时，其中断标记名称为 HSC0I~HSC3I；HSC0~HSC3 设置为高速计时器时，其中断标记名称为 HST0I~HST3I；
	11	HSC1I/HST1I	HSC1/HST1 计数/时到(CV=PV)	
	12	HSC2I/HST2I	HSC2/HST2 计数/时到(CV=PV)	
	13	HSC3I/HST3I	HSC3/HST3 计数/时到(CV=PV)	
PSO	14	PSO0I	PSO0 脉冲输出完成	
	15	PSO1I	PSO1 脉冲输出完成	
	16	PSO2I	PSO2 脉冲输出完成	
	17	PSO3I	PSO3 脉冲输出完成	

中断元件	优先顺序	中断标记名称		中断发生的条件	备注
外部硬件输入中断或软件高速计数器中断	18	X0+I (INT0)		X0 由 0→1 (  ) 发出中断	HSC4 ~ HSC7 的计数输入与控制输入可任意指定为 X0 ~ X15 的任意一个输入，因此其中断优先顺序需要根据其指定的 X 号码决定
	19	X0-I (INT0-)		X0 由 1→0 (  ) 发出中断	
	20	X1+I (INT1)		X1 由 0→1 (  ) 发出中断	
	21	X1-I (INT1-)		X1 由 1→0 (  ) 发出中断	
	22	X2+I (INT2)		X2 由 0→1 (  ) 发出中断	
	23	X2-I (INT2-)		X2 由 1→0 (  ) 发出中断	
	24	X3+I (INT3)		X3 由 0→1 (  ) 发出中断	
	25	X3-I (INT3-)		X3 由 1→0 (  ) 发出中断	
	26	X4+I (INT4)		X4 由 0→1 (  ) 发出中断	
	27	X4-I (INT4-)		X4 由 1→0 (  ) 发出中断	
	28	X5+I (INT5)		X5 由 0→1 (  ) 发出中断	
	29	X5-I (INT5-)		X5 由 1→0 (  ) 发出中断	
	30	X6+I (INT6)		X6 由 0→1 (  ) 发出中断	
	31	X6-I (INT6-)		X6 由 1→0 (  ) 发出中断	
	32	X7+I (INT7)		X7 由 0→1 (  ) 发出中断	
	33	X7-I (INT7-)		X7 由 1→0 (  ) 发出中断	
	34	X8+I (INT8)		X8 由 0→1 (  ) 发出中断	
	35	X8-I (INT8-)		X8 由 1→0 (  ) 发出中断	
	36	X9+I (INT9)		X9 由 0→1 (  ) 发出中断	
	37	X9-I (INT9-)		X9 由 1→0 (  ) 发出中断	
	38	X10+I (INT10)		X10 由 0→1 (  ) 发出中断	
	39	X10-I (INT10-)		X10 由 1→0 (  ) 发出中断	
	40	X11+I (INT11)		X11 由 0→1 (  ) 发出中断	
	41	X11-I (INT11-)		X11 由 1→0 (  ) 发出中断	
	42	X12+I (INT12)		X12 由 0→1 (  ) 发出中断	
	43	X12-I (INT12-)		X12 由 1→0 (  ) 发出中断	
	44	X13+I (INT13)		X13 由 0→1 (  ) 发出中断	
	45	X13-I (INT13-)		X13 由 1→0 (  ) 发出中断	
	46	X14+I (INT14)		X14 由 0→1 (  ) 发出中断	
	47	X14-I (INT14-)		X14 由 1→0 (  ) 发出中断	
	48	X15+I (INT15)		X15 由 0→1 (  ) 发出中断	
	49	X15-I (INT15-)		X15 由 1→0 (  ) 发出中断	

## 9.4 如何使用 FBs-PLC 的中断

中断的用法无论是内部定时中断、外部输入中断、HSC/HST 中断或 PSO 中断，其用法都类似，由于 HSC/HST 的 PSO 已经有专门的章节叙述其用法，本节只对内部定时中断和外部输入中断作范例说明。



## 9.5 中断的设置(Configuration)

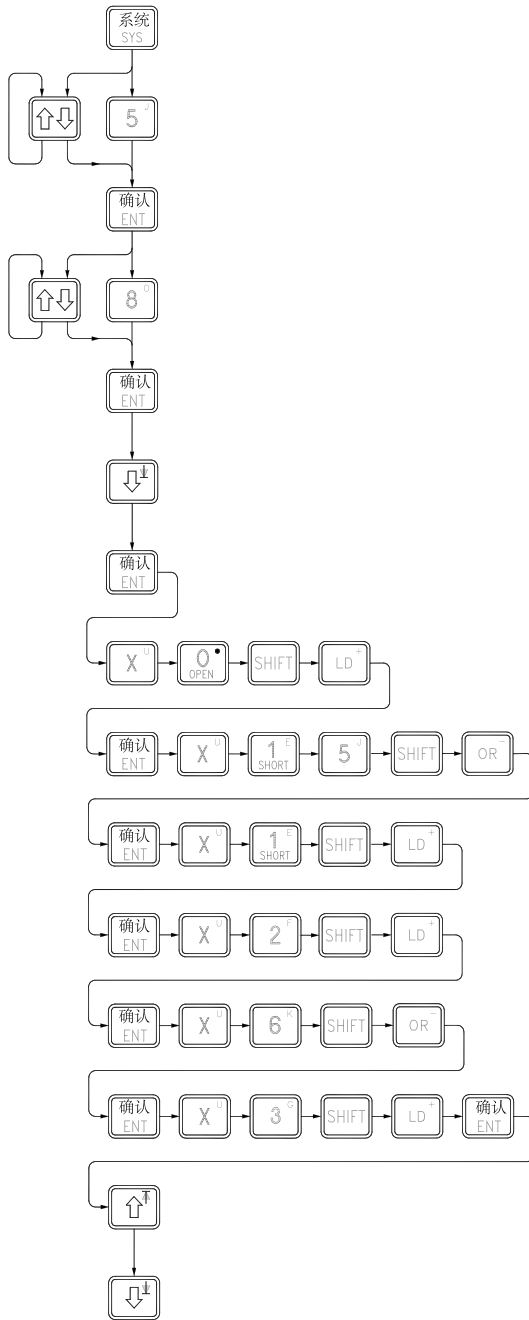
中断的设置实质上仅仅是指定某一中断要不要使用而已。

中断的设置区分为和 I/O 有关的设置以及和 I/O 无关的设置两种。与 I/O 有关的 HSC/HST、PSO 及外部中断，必须在 WinProladder 或 FP-08 的系统模式的第 5 项（设置：Configuration）功能下来执行。只要设置完成，便自动启动（Enable）该装置的中断。

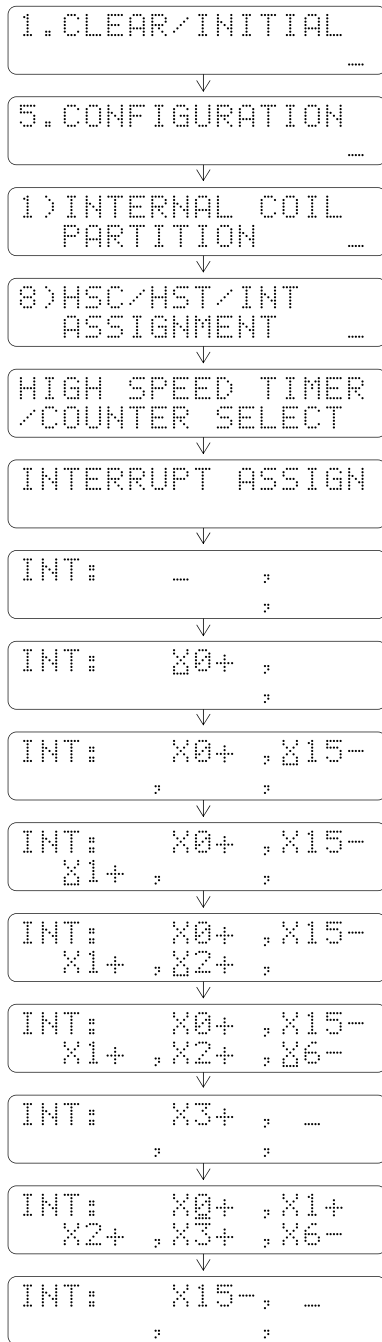
另外和 I/O 无关的“内部定时中断”：则不需要作中断设置；只要在副程序区有出现定时中断保留字所起始的中断处理副程序，即代表该中断已被规划，而利用特殊暂存器 R4162 的低位元组的 B0~B7 来弹性指定 1MSI~100MSI 定时中断是否被允许执行。

### 9.5.1 以 FP-08 作“外部中断”的设置范例

【按键操作】

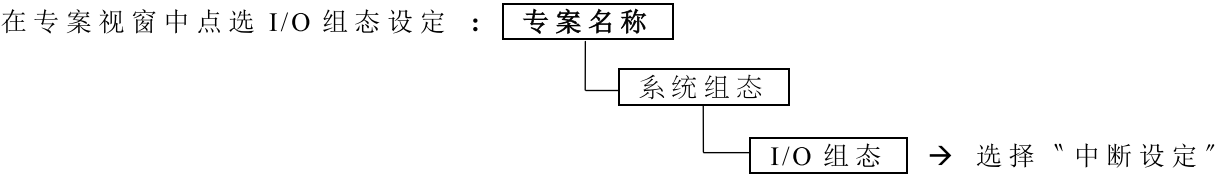


【LCD 画面显示】

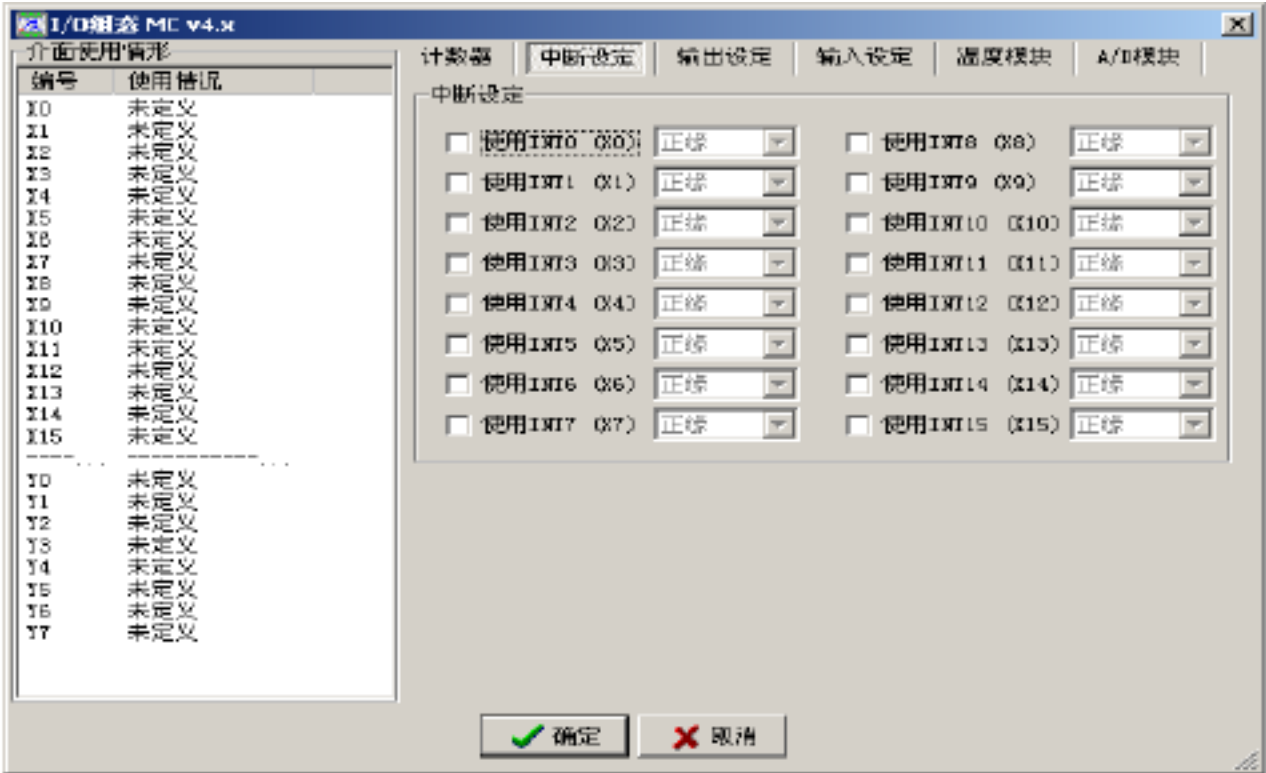


- 外部中断是和 HSC 及 SPD 指令共用 X0~X15 等 16 个高速输入点，故 HSC 或 SPD 使用过的输入点号码，即不能设置外界中断。  
注：SPD 指令只能使用 X0~X7 等 8 个输入点来做平均速度检测。
- 中断设置 **指定** 一旦完成便无法在 PLC RUN 中变更，但 FBs-PLC 提供 EN 指令（FUN145）及 DIS 指令（FUN146），可对外部中断、HSC 及 HSTA 的中断做允许或禁止的控制，使它们能在 PLC RUN 中也能动态变化控制，请参考这两种指令的说明。

9.5.2 以 WinProladder 作“外部中断”的设置范例



出现中断设定画面后，可直接在视窗中点选要发生中断的外部中断：



9.5.3 以 R4162 来指定内部定时中断

当副程序区有出现内部定时中断保留字（8 种，1MSI~100MSI）所起始的中断处理副程序时，即代表该中断已经被规划，而根据实际应用需求，可以利用特殊暂存器 R4162 低位组的 8 个 Bit 来指定要遮没哪个时基的定时中断，其分配如下：

	B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0
R4162：	100MS	50MS	10MS	5MS	4MS	3MS	2MS	1MS

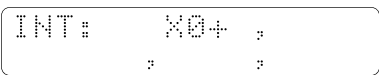
- Bit 状态=0 时：允许该时基的的定时中断（不遮没）
  - Bit 状态=1 时：关闭该时基的定时中断（遮没）
- B0~B7 间如果同时有多个 Bit 为 0 时，则 FBs-PLC 将只启动时基最小且其中断处理副程序有被规划的，而关闭其他时基（例如内容值为 00H 时，全部定时中断都未被遮没；但如 1MS 与 2MS~100MS 定时中断处理副程序都出现在副程序区时，只有 1MS 定时中断能被执行，其它不被执行）。

- 因 R4162 的值可以在 PLC RUN 中由用户用梯形图程序随时改变，故能动态地改变时基，或暂停、驱动中断，弹性很大。
- R4162 默认值为 0，代表 1MS~100MS 定时中断都未被遮没，只要副程序区有任意一个定时中断处理副程序，则该中断副程序将定时被执行。
- 因 CPU 每次被中断都固定要花费相当的执行时间，故定时中断时基越小，中断越频繁，则占用 CPU 的时间越多，因此应用上保持适用即可的原则，以免影响 CPU 的效果。

## 9.6 中断程序的范例

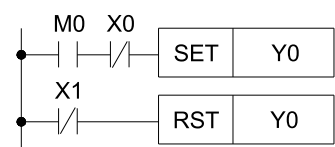
**范例 1** 以外外部硬件中断 X0+作单接点的精密定位控制范例  
 X0：定位到感应器  
 X1：紧急停止  
 Y0：运转控制电机

### 【外部中断设置】



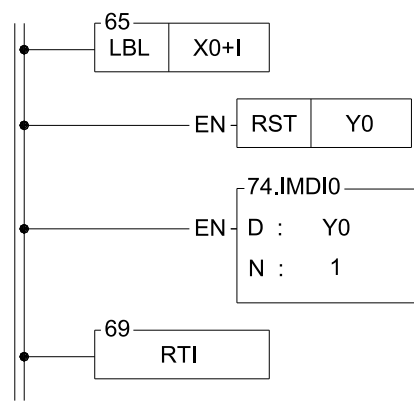
- 设置输入 X0 由 0→1 时发出中断

### 【主程序】



- M0（启动）由 0→1 时，运转控制电机 ON

### 【副程序】

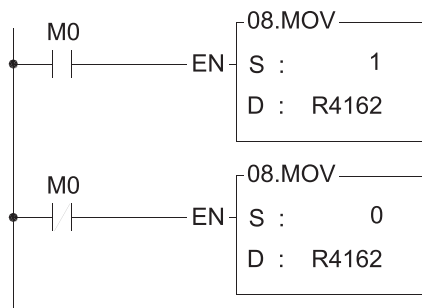


- 当感应器 X0 检测定位位置到时，即 X0 由 0→1，硬件自动执行此中断副程序
- 运转控制电机 Y0 变 0，立即停止电机运转
- 将 Y0 立即输出，减少因扫描时间引起的延时
- 在中断处理副程序中必须 **利用** 立即输入/出指令 **才** 能达到及时高速精密的控制效果。



## 范例 2 1MS 内部定时中断

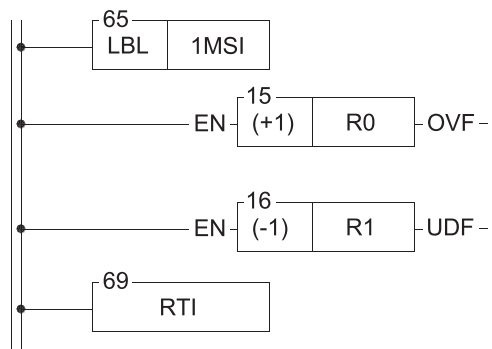
### 【主程序】



- 当 M0=1 时，关闭 1MS 定时中断（1MS 定时中断遮没）

- 当 M0=0 时，允许 1MS 定时中断

### 【副程序】



- 启动 1MS 定时中断后，则系统自动每隔 1MS 执行此中断副程序

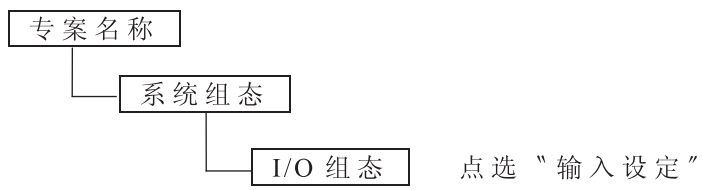
- R0 当成每 1MS 时基的上数循环计时器

- R1 当成每 1MS 时基的下数循环计时器

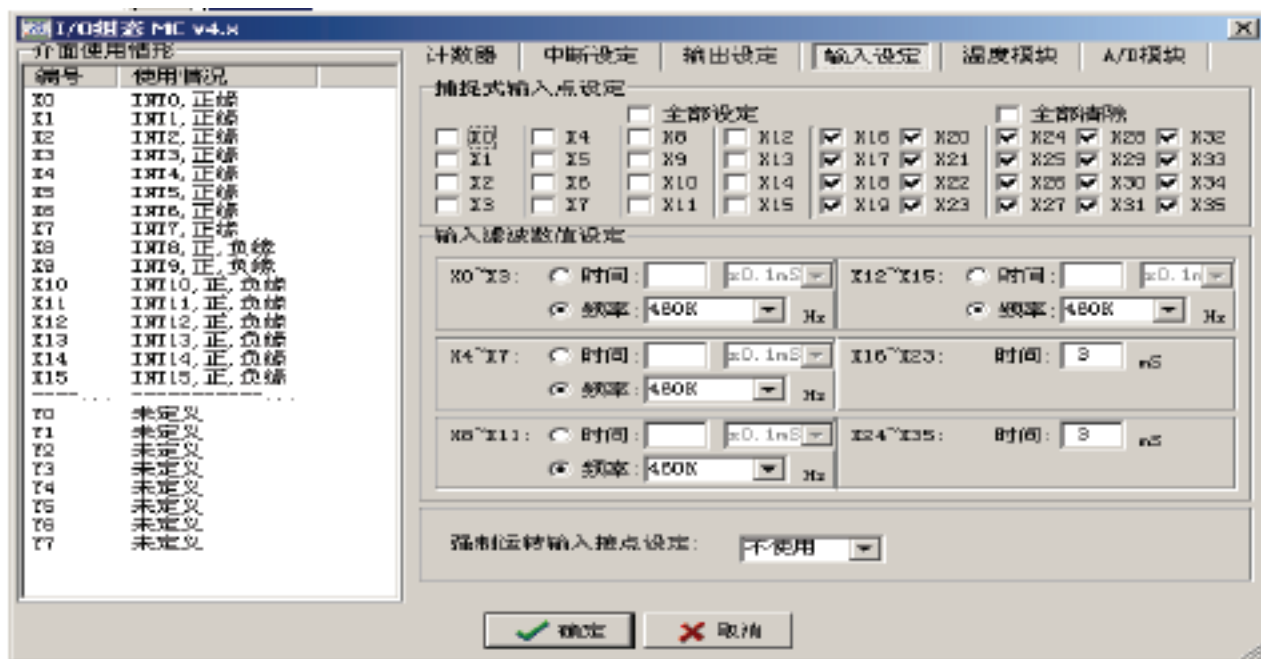
## 9.7 捕捉式输入及数字滤波

针对许多高速应用场合，除了可以使用中断输入方式来防止信号漏掉外，也可以将主机内部的输入点设定为捕捉式输入来捕捉其一闪即逝的信号。使用捕捉式输入的设定方式相当的简单：

在专案视窗中点选 I/O 组态设定：



出现捕捉式输入设定画面后，直接点选要捕捉的输入点数即可。



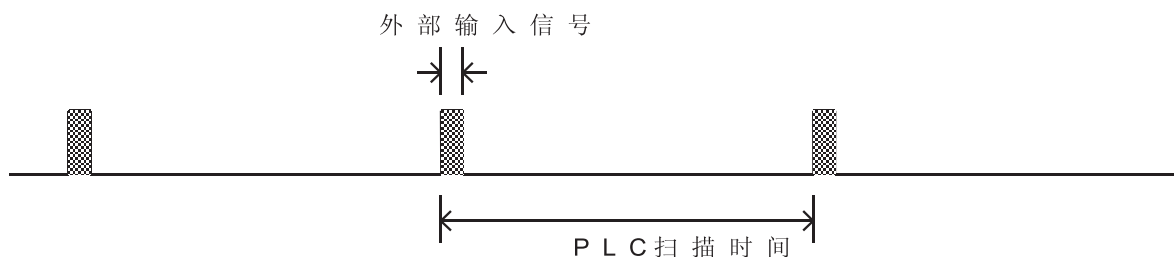
#### 范例说明一

如果要将捕捉式输入用在计时时，其输入周期至少需要大于扫描周期的两倍以上，才不会有遗漏现象。例如一个输入信号的频率为 50Hz，则其扫描时间至少须小于 10ms 以上，输入计数才会正确。



#### 范例说明二

下述的范例即可设定捕捉式输入来捕捉比 PLC 扫描时间(Scan Time)更短暂的外部输入信号，另外必须注意的是，捕捉式输入的设定只针对主机的内部点数，扩展点数则无效果。



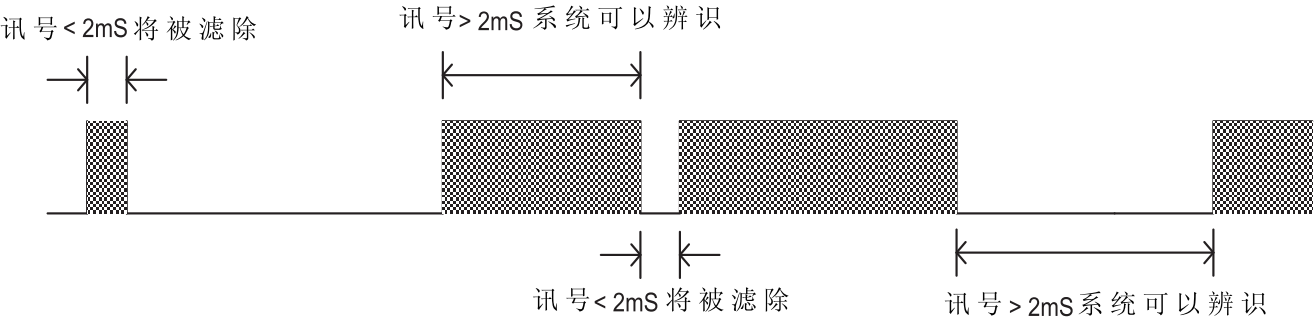
FBs 主机提供的输入点除了可设定为捕捉式输入之外，还可以将其分成 6 组 { (X0~X3)、

(X4~X7)、(X8~X11)、(X12~X15)、(X16~X23)、(X24~X35) }做输入滤波条件设定。

数字滤波设定可分成对时间或是对频率设定滤波条件。前四组输入信号(X0~X15)可以作为滤波频率或滤波时间的设定；用频率作设定时，可设定 14KHz~1.8MHz 等 8 种选择；用时间作设定时，可设定(1~15)×1mS 或(1~15)×0.1mS。后两组输入信号(X16~X35)则只可以作时间设定，其设定范围为(1~15)×1mS。设定输入滤波时间用于消除低于设定时间的信号；设定输入频率用于消除高于设定频率的信号。

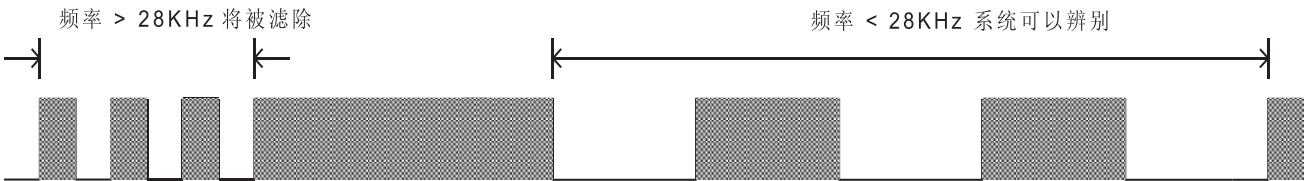
范例说明一

滤波时间设定为 2mS 时，当信号 ON 或 OFF 时间低于 2mS，则该 ON 或 OFF 信号无法被检测到。



范例说明二

滤波频率设定为 28KHz 时，当输入频率大于 28KHz 时，则该输入信号无法被检测到。





# MEMO