FT62F08X

ADC Application note

目录

FT62F08x ADC 应用

1. 12bit ADC 模块

模数转换器 (Analog-to-digital Converter，ADC) 可将模拟输入信号转换为相应的 12 位二进制表征值。该系列器件采用多个模拟输入复用到一个采样保持电路。采样保持电路的输出与转换器的输入相连接。转换器通过逐次逼近法产生 12 位二进制值,并将转换结果保存在 ADC 结果寄存器 (ADRESL:ADRESH) 中。ADC 参考电压可用软件选择为 VDD、外部参考电压或内部产生的参考电压。ADC 可在转换完成时产生中断。该中断可用于将器件从休眠唤醒。

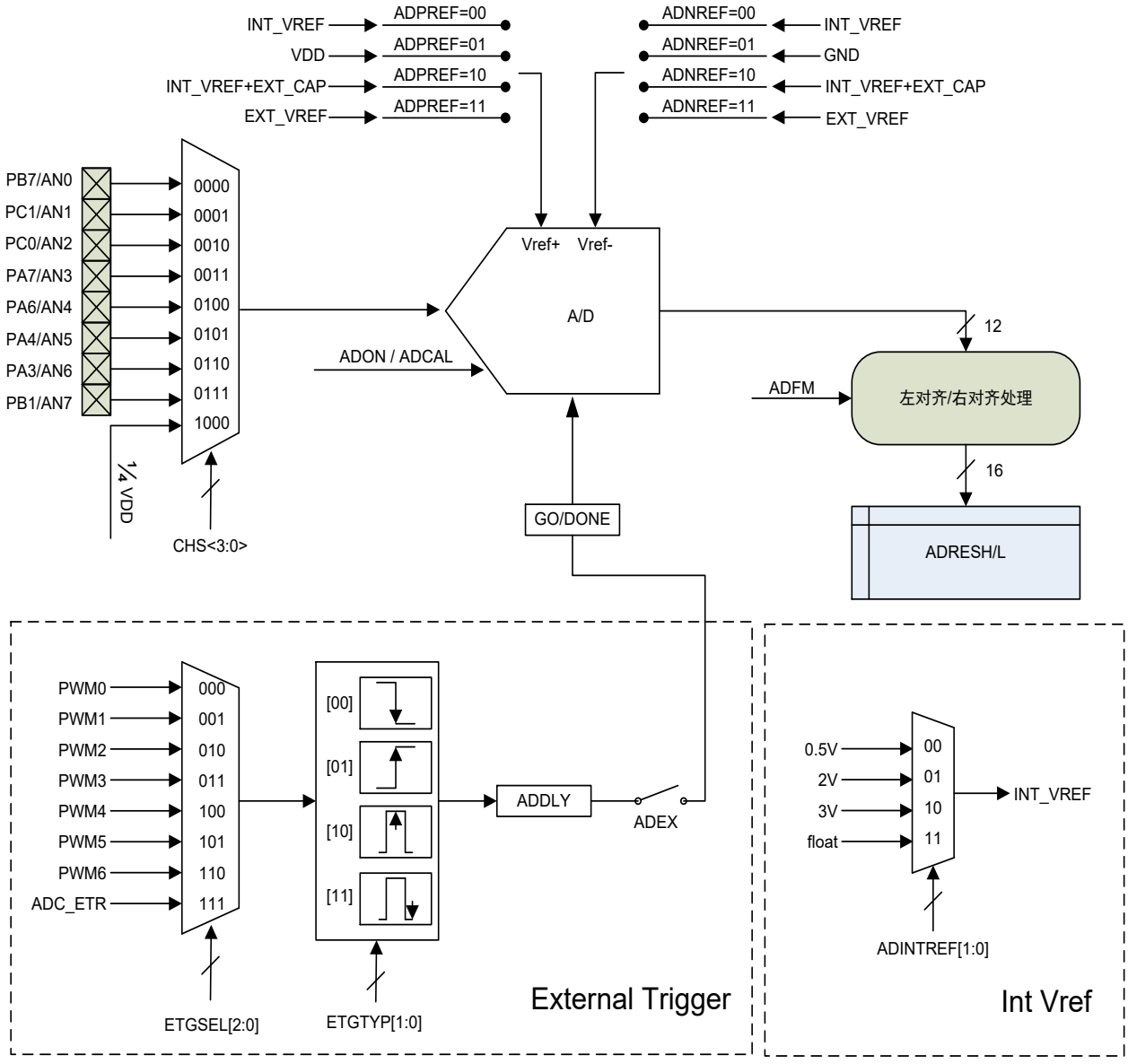


图 1-1 ADC 原理框图

1.1. ADC 相关寄存器汇总

名称	地址	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	Bit 2	bit 1	bit 0	复位值
PCKEN	0x9A	TKEN	I2CEN	UARTEN	SPIEN	TIM4EN	TIM2EN	TIM1EN	ADCEN	0000 0000
CKOCON	0x95	SYSON	CCORDY	DTYSEL		CCOSEL[2:0]			CCOEN	0010 0000
ADRESL	0x9B	A/D 转换结果低有效位								xxxx xxxx
ADRESH	0x9C	A/D 转换结果高有效位								xxxx xxxx
ADCON0	0x9D	CHS[3:0]				ADCAL	ADEX	GO/DONE	ADON	0000 0000
ADCON1	0x9E	ADFM	ADCS[2:0]			ADNREF[1:0]		ADPREF[1:0]		0000 0000
ADCON2 [1]	0x9F	ADINTREF[1:0]		ETGTYP[1:0]		ADDLY.8	ETGSEL[2:0]			0000 0000
ADDLY 1	0x1F	ADDLY[7:0] / LEBPRL[7:0]								0000 0000
ADCON3 1	0x41A	ADFBEN	ADCMPOP	ADCMPEN	ADCMPO	LEBADT	–	ELVDS[1:0]		0000 0-00
ADCMPH	0x41B	ADCMPH[7:0]								0000 0000
LEBCON 1	0x41C	LEBEN	LEBCH		EDGS		BKS2	BKS1	BKS0	000- 0000

表 1-1 ADC 相关用户寄存器地址

名称	状态		寄存器	地址	复位值
GIE	全局中断 1 = 使能 (PEIE, ADCIE 适用) 0 = 全局关闭 (唤醒不受影响)		INTCON[7]	Bank 首地址+ 0x0B	RW-0
PEIE	外设总中断 1 = 使能 (ADCIE 适用) 0 = 关闭 (无唤醒)		INTCON[6]		RW-0
ADCIE	ADC 转换完成中断 1 = 使能 0 = 关闭 (无唤醒)		PIE1[0]	0x91	RW-0
ADCIF [2]	ADC 转换完成中断标志位	1 = Yes (锁存) 0 = No	PIR1[0]	0x11	R_W1C-0

表 1-2 ADC 中断使能和状态位

[1] 此寄存器在 ADCEN = 0 时 (PCKEN 寄存器)，也可以读写。
[2] 写 1 清 0，写 0 无效。建议只使用 STR、MOVWI 指令进行写操作，而不要用 BSR 或 IOR 指令。

名称	状态	寄存器	地址	复位值
ADRESL	ADC 转换结果低有效位 (LSB) ADFM=0: ADRESL[7:4] = 低 4 位 (其余为“0”) ADFM=1; ADRESL[7:0] = 低 8 位	ADRESL[7:0]	0x9B	RW−0000 0000
ADRESH	ADC 转换结果高有效位 (MSB) ADFM=0: ADRESH[7:0] = 高 8 位 ADFM=1: ADRESH[3:0] = 高 4 位 (其余为“0”)	ADRESH[7:0]	0x9C	RW−0000 0000
ADCEN	ADC 模块时钟 | 1 = 使能 0 = 关闭	PCKEN[0]	0x9A	RW−0
CHS	ADC 模拟输入通道 0000 = AN0　0101 = AN5 0001 = AN1　0110 = AN6 0010 = AN2　0111 = AN7 0011 = AN3　1000 = 1/4 V_{DD} 0100 = AN4　1xxx = 保留	ADCON0[7:4]	0x9D	RW−0000
ADCAL	ADC 自动校准使能位 (ADON 为 0 时可设定) 1 = 开启校准 / 校准进行中 (校准完成后自动清零) 0 = 校准完成 / 未开始	ADCON0[3]		RW−0
ADEX	ADC 触发条件 (GO/DONE) 1 = 由 PA4 或 PWM 置位 GO/DONE (硬件触发) 0 = 由指令置位 GO/DONE (软件触发)	ADCON0[2]		RW−0
GO/DONE	ADC 转换启动和状态位 1 = 由软件, PA4 或 PWM 启动 A/D 转换 (转换完成后自动清零) 0 = 转换完成 / 未进行转换	ADCON0[1]		RW−0
ADON	1 = ADC 使能 0 = ADC 关闭 (无电流消耗)	ADCON0[0]		RW−0
LFMOD	1: LIRC = 256 kHz 0: LIRC = 32 kHz	TCKSRC[7]	0X31F	RW−0
ADFM	A/D 转换结果格式 (参阅 “ADRESH”) 1 = 右对齐　0 = 左对齐	ADCON1[7]	0x9E	RW−0
ADCS	ADC 转换时钟源 000 = SysClk/2　100 = SysClk/4 001 = SysClk/8　101 = SysClk/16 010 = SysClk/32　110 = SysClk/64 011 = LIRC　111 = LIRC	ADCON1[6:4]		RW−000

名称	状态	寄存器	地址	复位值
ADNREF	$V_{ADC-REF}$ – (负参考电压) 00 = 内部 $V_{ADC-REF}$ 01 = GND 10 = 内部 $V_{ADC-REF}$ + 外部电容 Cap 11 = 外部参考电压 (I/O)	ADCON1[3:2]		RW-00
ADPREF	$V_{ADC-REF}$ + (正参考电压) 00 = 内部 $V_{ADC-REF}$ 01 = V_{DD} 10 = 内部 $V_{ADC-REF}$ + 外部电容 Cap 11 = 外部参考电压 (I/O)	ADCON1[1:0]		RW-00
ADINTREF	内部 $V_{ADC-REF}$ 00 = 0.5 01 = 2.0 10 = 3.0 11 = (未连接)	ADCON2[7:6]	0x9F	RW-00
ETGTYP	外部触发沿 (当 ADEX=1 时适用) 00 = (PWM 或 PA4-ADC_ETR) 下降沿 01 = (PWM 或 PA4-ADC_ETR) 上升沿 10 = 一个 PWM 周期的中点 11 = 一个 PWM 周期的终点 注：中点和终点触发仅中心对齐模式 PWM 输出使用	ADCON2[5:4]		RW-00
ADDLY.8 / LEBPR9	ADC 延迟计数器或 LEB 计数器的第 8 位 (参阅 “ADDLY”)	ADCON2[3]		RW-0
ETGSEL	外部触发源 (当 ADEX=1 时适用) 000 = PWM1, TIM1_CH1　100 = PWM5, TIM2_CH1 001 = PWM2, TIM1_CH2　101 = PWM6, TIM2_CH2 010 = PWM3, TIM1_CH3　110 = PWM7, TIM2_CH3 011 = PWM4, TIM1_CH4　111 = ADC_ETR	ADCON2[2:0]		RW-000
ADDLY / LEBPRL	ADC 延迟/ LEB (非软件触发，ADEX = 1) (此为低 8 位, ADDLY.8 为高有效位) 延迟时间 = (ADDLY+6)/F_{ADC} (如果启用 PWM 输出触发 ADC，在 PWM 运行过程中不得更改 ADDLY)	ADDLY[7:0]	0x1F	RW-0000 0000
ADFBEN	ADC 阈值比较结果匹配事件触发 PWM 故障刹车 1 = 使能 0 = 关闭	ADCON3[7]	0x41A	RW-0

名称	状态	寄存器	地址	复位值
ADCMPOP	ADC 阈值比较的极性 1 = ADC 结果的高 8 位 < ADCMPH[7:0] 0 = ADC 结果的高 8 位 ≥ ADCMPH[7:0]	ADCON3[6]		RW-0
ADCMPEN	ADC 阈值比较 1 = 使能 0 = 关闭	ADCON3[5]		RW-0
ADCMPO	ADC 比较结果输出位 输出比较结果 (每次 AD 转换结束都会更新输出)	ADCON3[4]		RO-0
LEBADT	LEB 结束后，ADC 开始自动转换 1 = 触发 ADC 转换 0 = 不触发 ADC 转换	ADCON3[3]		RW-0
ADCMPH	ADC 比较阈值 (仅高 8 位，0.4% steps)	ADCMPH[7:0]	0x41B	RW-0000 0000
LEBEN	ADC 触发和 BKIN 的 LEB 使能位 1 = 使能 (当 GO/DONE=1 时进行切换将产生不可预知的结果) 0 = 关闭	LEBCON[7]	0x41C	RW-0
LEBCH	LEB 信号源 00 = TIM1_CH1 10 = TIM1_CH3 01 = TIM1_CH2 11 = TIM1_CH4	LEBCON[6:5]		RW-00
EDGS	LEB 触发沿 1 = 下降沿 0 = 上升沿	LEBCON[3]		RW-0

表 1-3 ADC 相关用户寄存器

1.2. ADC 的配置

配置和使用 ADC 时，必须考虑以下功能：

- 校准 ADC
- 端口配置
- 通道选择
- 触发方式选择
- 触发源选择
- 触发类型选择
- 触发延时配置
- ADC 参考电压的选择
- ADC 转换时钟源
- 中断控制

- 转换结果的格式
- 阈值比较

注意:在进行各项配置更改的时候,需要确保 AD 转换并未正在进行或外部触发功能未开启。建议在 ADON 关闭时进行更改。

1.2.1. 校准 ADC

ADC 在启动转换之前建议至少进行一次校准。校准值会一直保存但不可见，任何复位都会导致其丢失。ADCON0 寄存器的 ADCAL 设定为 1 可启动自动校准，不可以与 ADON 同时设定为 1。

自校准实现 ADC 偏移误差的自修正，实现原理是断开输入电压 Vin 选择的端口，将其与内部比较器的负参考电压 Vref-端口连接，以保证输入电压为 Vref-时能够输出零点转换值。

更多信息请参见**章节 1.3** “ADC 的工作原理”。

1.2.2. 端口配置

ADC 可用于转换模拟和数字信号。转换模拟信号时，应将相关的 TRIS 和 ANSELA 位置 1 将 I/O 引脚应配置为模拟功能。更多信息请参见相应的端口章节。

注意：如果定义为数字输入的引脚上存在模拟电压，会导致输入缓冲器传导过大的电流。

1.2.3. 通道选择

ADCON0 寄存器的 CHS 位决定将哪个通道连接到采样保持电路。改变通道时，根据采样稳定的需要可在启动转换前加入一定延时，硬件已固定有 $1.5T_{AD}$ 的采样延时。更多信息请参见**章节 1.3** “ADC 的工作原理”。

1.2.4. 触发方式选择

ADCON0 寄存器的 ADEX 位决定是否使用外部触发信号。
若 ADEX=0 时，GO/DONE 位可由程序置位，AD 转换完成自动清零。
若 ADEX=1 时，GO/DONE 位将由外部硬件触发置位，AD 转换完成清零。

注意：若选择了前沿消隐触发 ADC，即 LEBADT 设为 1 时，需要先置位 ADEX 和 ADON。

1.2.5. 触发源选择

在设定 ADEX 后,ADCON2 寄存器的 ETGSEL 位决定使用哪个外部触发信号。其中可选 I/O 引脚触发，需要配置相关寄存器。具体请参见相应的端口章节。

1.2.6. 触发类型选择

ADCON2 寄存器的 ETGTYP 位决定外部触发信号的触发类型。
其中选择 PWM 的中点或终点类型时，触发源将会默认选择 TIM1 中心对齐的 PWM 输出信号。具体请参见相应的 TIM1 章节。

1.2.7. 触发延时配置

ADCON2 寄存器的 ADDLY.8 位和 ADDLY 寄存器组成 9 位延时计数器,共同决定外部触发信号的触发延时时间。由于需要同步异步信号，实际延迟时间为：$(ADDLY+6)/F_{ADC}$。

注意：若选择了前沿消隐触发功能时，则实际延迟时间为：(ADDLY+3)/F_{TIM1} + 3/F_{ADC}。

1.2.8. ADC 参考电压

ADCON1 寄存器的 ADPREF 位提供对正参考电压的控制，ADNREF 位提供对负参考电压的控制。正/负参考电压可以是内部参考电压、VDD/GND、内部参考电压加外部电容、外部参考电压。正/负参考电压可以有各种组合，但不可以同时选择内部参考电压。若发生则强制负参考电压选择 GND。
ADCON2 寄存器的 ADINTREF 位提供对内部参考电压的控制。内部参考电压可以选择 0.5V、2V、3V 或者悬空。

1.2.9. 转换时钟

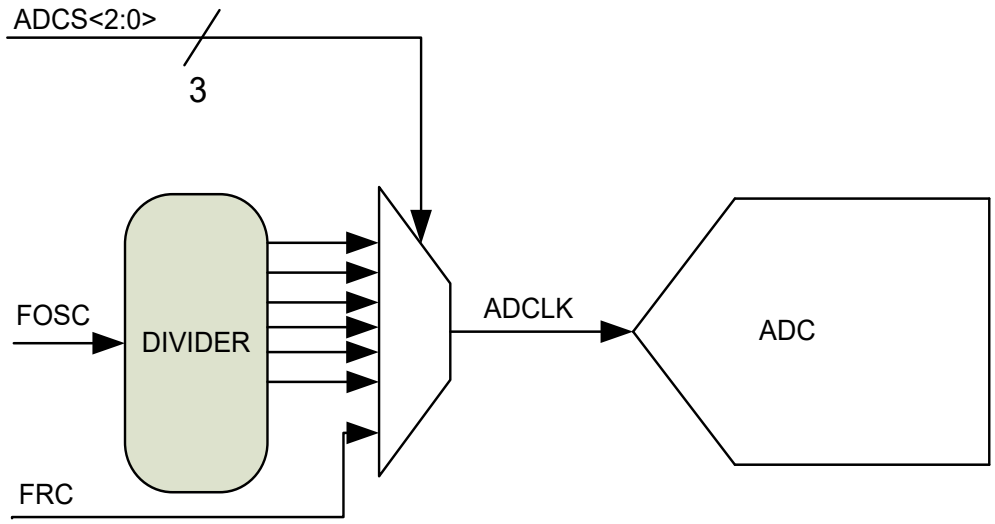


图 1-2 ADC 的时钟配置原理

转换时钟源可通过 ADCON1 寄存器的 ADCS 位用软件选择。有以下 7 种时钟选项：

- F_{OSC}/2
- F_{OSC} /4
- F_{OSC} /8
- F_{OSC} /16
- F_{OSC} /32
- F_{OSC} /64
- F_{RC} (内部慢时钟振荡器)

完成一位 (bit) 的转换时间定义为 T_{AD}。完成 12 位转换需要 15 个 TAD 周期 (包括 1.5T_{AD} 的采样时间和 1T_{AD} 的数据传输处理时间)，如图 1-3 和 1-6 所示。

进行正确的转换必须满足相应的 T_{AD} 规范。更多信息请参见**章节**错误!未找到引用源。“电气特性”中的 A/D 转换要求。**表 1-4** 所示为正确选择 ADC 时钟的示例。

注意：

1. 除非使用的是 F_{RC}，否则任何系统时钟频率的变化均会改变 ADC 时钟频率，这将对 ADC 结果产生负面影响；

2. F_{RC} 可以是 256kHz 或者是 32kHz，取决于 LFMOD 为何值；

ADC 时钟周期 (T_{AD})		系统时钟频率 (Sysclk)			
ADC 时钟源	ADCS[2:0]	16MHz	8MHz	4MHz	1MHz
F_{OSC} /2	000	0.125μs	0.25μs	0.5μs	2.0μs
F_{OSC} /4	100	0.25μs	0.5μs	1.0μs	4.0μs
F_{OSC} /8	001	0.5μs	1.0μs	2.0μs	8.0μs
F_{OSC} /16	101	1.0μs	2.0μs	4.0μs	16.0μs
F_{OSC} /32	010	2.0μs	4.0μs	8.0μs	32.0μs
F_{OSC} /64	110	4.0μs	8.0μs	16.0μs	64.0μs
F_{RC}	x11	4.0μs	4.0μs	4.0μs	4.0μs

表 1-4 ADC 时钟周期和器件工作频率

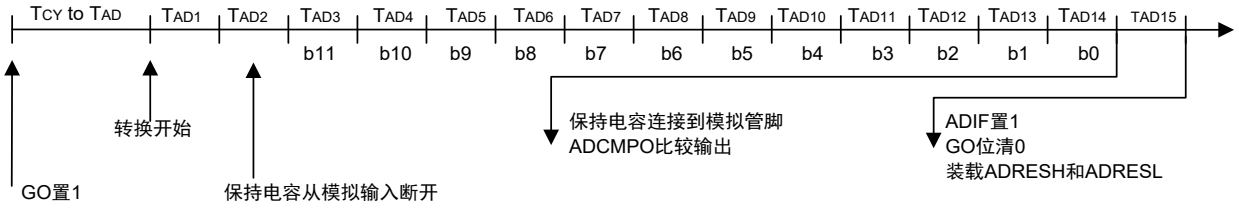


图 1-3 模数转换 T_{AD} 周期

1.2.10. 中断

ADC 模块可使中断在模数转换完成时产生。ADC 中断标志为 PIR1 寄存器中的 ADIF 位。ADC 中断使能为 PIE1 寄存器中的 ADIE 位。ADIF 位必须用软件置 1 清零。

注意： 1、无论 ADC 中断是否被打开，ADIF 位在每次正常转换完成时均置 1。
2、自动校准完成、软件停止 AD 转换都不会置位 ADIF。
3、仅当在选择了 F_{RC} 振荡器或打开 SYSON bit 时，ADC 才能在休眠期间工作。

器件工作或处于休眠状态时均可产生中断。如果器件处于休眠状态，中断可唤醒器件。从休眠唤醒时，始终执行 SLEEP 指令后的那条指令。如果用户试图唤醒器件并恢复顺序执行代码，必须禁止全局中断。如果允许全局中断，代码执行将转至中断服务程序。

1.2.11. 转换结果的格式

12 位 A/D 转换结果有两种格式，即左对齐和右对齐。ADCON1 寄存器的 ADFM 位控制输出格式。AD 自动校准值也受输出格式影响。

两种输出格式：

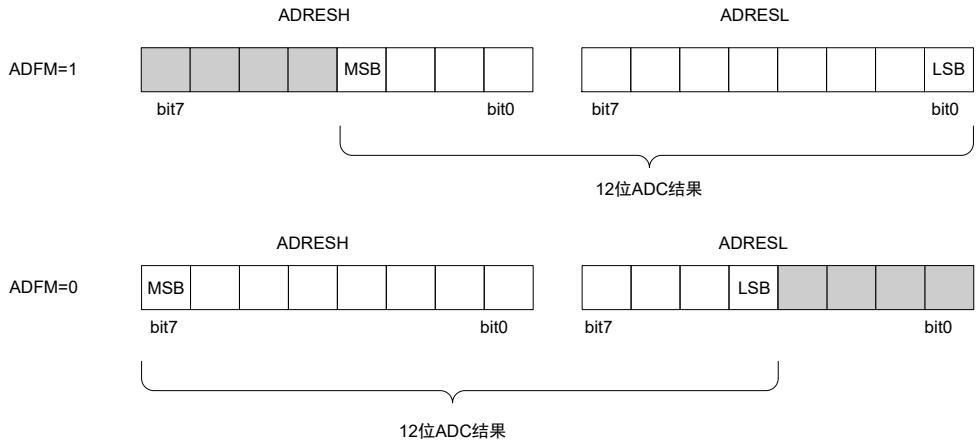


图 1-4 ADC 转换结果格式示意图

1.2.12. 阈值比较

ADCMPH 寄存器为 ADC 结果比较阈值，ADCON3 寄存器的 ADCMPEN 位控制比较功能使能，ADCMPOP 位控制比较极性，ADCMPO 指示比较结果。

ADC 可以在每次转换完成时进行比较。比较结果会一直保持，直到下次转换完成被更新。ADCMPEN 或 ADON 的清零可以关闭比较功能或 AD 模块，同时可以清零 ADCMPO。进入睡眠不会清零 ADCMPO。

在每次比较完成时可以产生故障刹车事件，由 ADCON3 寄存器的 ADFBEN 控制。

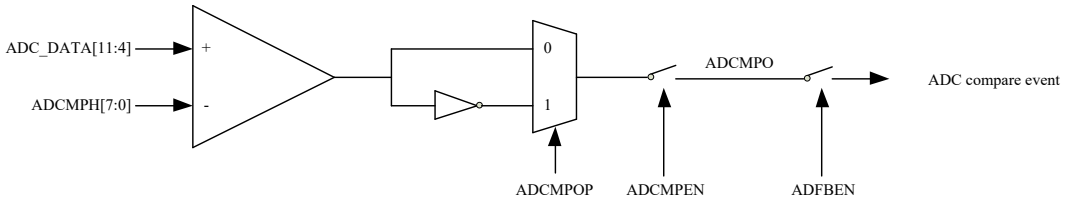


图 1-5 ADC 阈值比较功能框图

1.3. ADC 的工作原理

1.3.1. 启动自动校准

要启动 ADC 模块的自动校准功能，必须将 ADCON0 寄存器的 ADCAL 位置 1。

校准完成后会自动将 ADCAL 清零，并且将校准值更新到 ADRESH/L。

校准完成后 ADC 模块处于已校准状态，直到器件掉电或复位前均有效。

注意：ADCAL 不能跟 ADON 同时为 1。

校准步骤：

1. 查询 ADON 位是否为 1，为 1 则清零；
2. 配置正确的 VREFP 和 VREFN，这点尤其重要，因为校准结果直接影响后面的 ADC 转换；
3. 把 ADCAL 位置 1；
4. 等待 ADCAL 位清 0，至此，自动校准过程结束；

1.3.2. 启动转换

要使能 ADC 模块，必须将 ADCON0 寄存器的 ADON 位置 1。

若 ADEX=0 时，将 ADCON0 寄存器的 GO/DONE 位置 1 将启动 AD 转换,。

若 ADEX=1 时，需要外部触发信号才能启动，并且硬件置位 GO/DONE 位，程序置位 GO/DONE 位无效。

注意：

1. 不应在打开 ADC 的那条指令中将 GO/DONE 位置 1。请参见**章节 1.3.7**“A/D 转换步骤”
2. 不应在启动 ADC 转换后或等待外部触发时更改 AD 配置。
3. 置位 GO/DONE 位后需要等待一个系统周期才可读回 GO/DONE 标志位。

1.3.3. 转换完成

转换完成时，ADC 模块将：

- 将 GO/DONE 位清零
- 将 ADIF 标志位置 1
- 用新的转换结果更新 ADRESH:ADRESL 寄存器
- 若使能阈值比较功能，则更新 ADCMPO 比较结果

1.3.4. 终止转换

如果转换必须在完成前被终止，可用软件将 GO/DONE 位清零。ADRESH:ADRESL 将使用部分完成的模数转换结果进行更新。未完成位将用最后转换的一位填充。

终止转换需要处理时间，实际处理时间为 $4/F_{AD}$ ，即在这个时间后才会更新 AD 转换结果，若终止时 AD 还未开始转换，则不更新 AD 转换结果。

终止转换不会产生中断。

注意：器件复位将强制所有寄存器回到其复位状态。这样，ADC 模块就被关闭，并且任何待处理的转换均被终止。

1.3.5. 休眠模式下 ADC 的工作

ADC 模块可在休眠期间工作，这要求将 ADC 时钟源置于 F_{RC} 选项或打开 SYSON 位。
ADC 需要等待 $4*T_{AD}$ 后才开始转换。这允许软件在设置 GO/DONE 位后，执行一个 SLEEP 指令置 MCU 于 SLEEP 模式，从而降低 ADC 转换期间的系统噪声。通过配置 ADC 时钟为 F_{RC} 和清零 SYSON，可进一步降低系统噪声。

如果允许 ADC 中断，转换完成后器件将从休眠唤醒。如果禁止 ADC 中断，ADC 模块在转换完成后关闭，尽管 ADON 位保持置 1 状态。

如果 ADC 时钟源不是 F_{RC} 并且 SYSON 未打开，执行一条 SLEEP 指令将使当前转换强制中止，ADC 模块被直接关闭，尽管 ADON 位保持置 1 状态。

如果需要在休眠模式下搭配其它模块一起使用，具体请参见相应的功能配置章节，如 TIMER、GPIO、CLK 管理模块。

1.3.6. 外部触发器

除了通过软件启动 AD 转换外，还可以通过硬件触发方式启动 AD 转换。在 ADEX 置 1 后，可选择 PWM 通道的边沿或周期、管脚边沿等触发信号自动触发启动 AD 转换 (硬件自动置位 GO/DONE 位)。这允许在没有软件介入的情况下，定期进行 AD 转换。

通过 ETGSEL (ADCON2[2:0]) 和 ETGTYP (ADCON2[5:4]) 设置来选择触发源和触发类型。同时，还可以在外部触发信号与启动 AD 转换之间插入触发延时。

在 AD 模块转换过程中 (GO/DONE = 1)，任何软件或硬件触发信号都是无效的。若这时停止转换，清零 GO/DONE 位并不会停止触发延时计数。可清零 ADEX 停止触发延时计数。

只有配置 TIMER 为 PWM 输出模式并且使能 PWM 输出时，才会产生 AD 触发信号。更多信息请参见相应的 TIMER 章节。

注意：
当 LEBEN=1 时，外部触发器被禁止。这种情况下，可以选择把 LEBADT 置 1，此时 ADON 和 ADEX 必须设置为 1。在消隐周期结束后会触发一次 AD 转换 (硬件自动置位 GO/DONE 位)。

1.3.7. A/D 转换步骤

以下是使用 ADC 进行模数转换的步骤示例：

1. 配置端口：
   - 禁止引脚输出驱动器 (见 TRIS 寄存器)
   - 将引脚配置为模拟
2. 配置 ADC 模块：
   - 选择 ADC 转换时钟
   - 配置参考电压
   - 选择 ADC 输入通道
   - 配置触发源、类型及延时
   - 选择转换结果的格式
   - 配置 ADC 结果阈值比较
3. 配置 ADC 中断 (可选)：
   - 将 ADC 中断标志清零
   - 允许 ADC 中断
   - 允许外设中断
   - 允许全局中断
4. 进行 ADC 自校准 (可选)：
   - 将 ADCAL 置 1 启动自校准
   - 等待并查询 ADCAL 位，为 0 则校准结束
5. 打开 ADC 模块，并等待所需稳定时间 T_{ST}(1)；
6. 将 GO/DONE 位置 1 启动转换或等待硬件触发；
7. 等待一个系统周期才可回读 GO/DONE 位；
8. 通过以下情况之一等待 ADC 转换完成：
   - 查询 GO/DONE 位
   - 等待 ADC 中断 (允许中断时)

9. 读取 ADC 结果；

10. 将 ADC 中断标志清零 (在允许了中断的情况下这一步是必需的)。

以下是一段示例代码：

```
BANKSEL   TRISB              ;
BSR       TRISB,7            ;Set PB7 to input

BANKSEL   ANSELA             ;
BSR       ANSELA,0           ;Set PB7 to analog

BANKSEL   ADCON1             ;
LDWI      B'11110101'        ;Right justify, ADC Frc clock
STR       ADCON1             ;Vref+ VDD , Vref- GND
BANKSEL   ADCON0             ;

LDWI      B'00000000'        ;Select channel AN0,
STR       ADCON0             ;

BSR       ADCON0,ADCAL       ;Start ADC Self-Calibration

BTSC      ADCON0,ADCAL       ;Is Self-Calibration done?
GOTO      $-1                ;No, test again

BSR       ADCON0,ADON        ;Turn ADC On
CALL      StableTime         ;ADC stable time

BSR       ADCON0,GO          ;Start conversion
NOP                          ;GO/DONE ReadBack WaitTime

BTSC      ADCON0,GO          ;Is conversion done?
GOTO      $-1                ;No, test again

BANKSEL   ADRESH             ;
LDR       ADRESH,W           ;Read upper 4 bits
STR       RESULTHI           ;store in GPR space
BANKSEL   ADRESL             ;
LDR       ADRESL,W           ;Read lower 8 bits
STR       RESULTLO           ;Store in GPR space
```

注意：

1. T_{ST} 时间是 ADC 的稳定时间，当使用内部参考时，ADC 首次启动还需要考虑参考电压的稳定时间 T_{VRINT}，等待时间应取两者的较大者，即 max (T_{VRINT}, T_{ST})；

1.4. A/D 采集时间要求

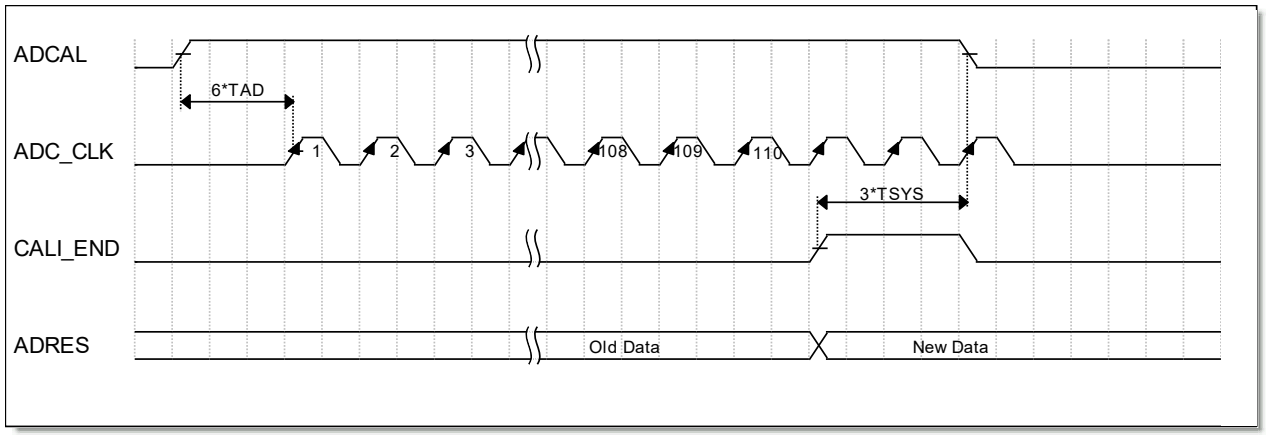


图 1-6 ADC 自校准时序图

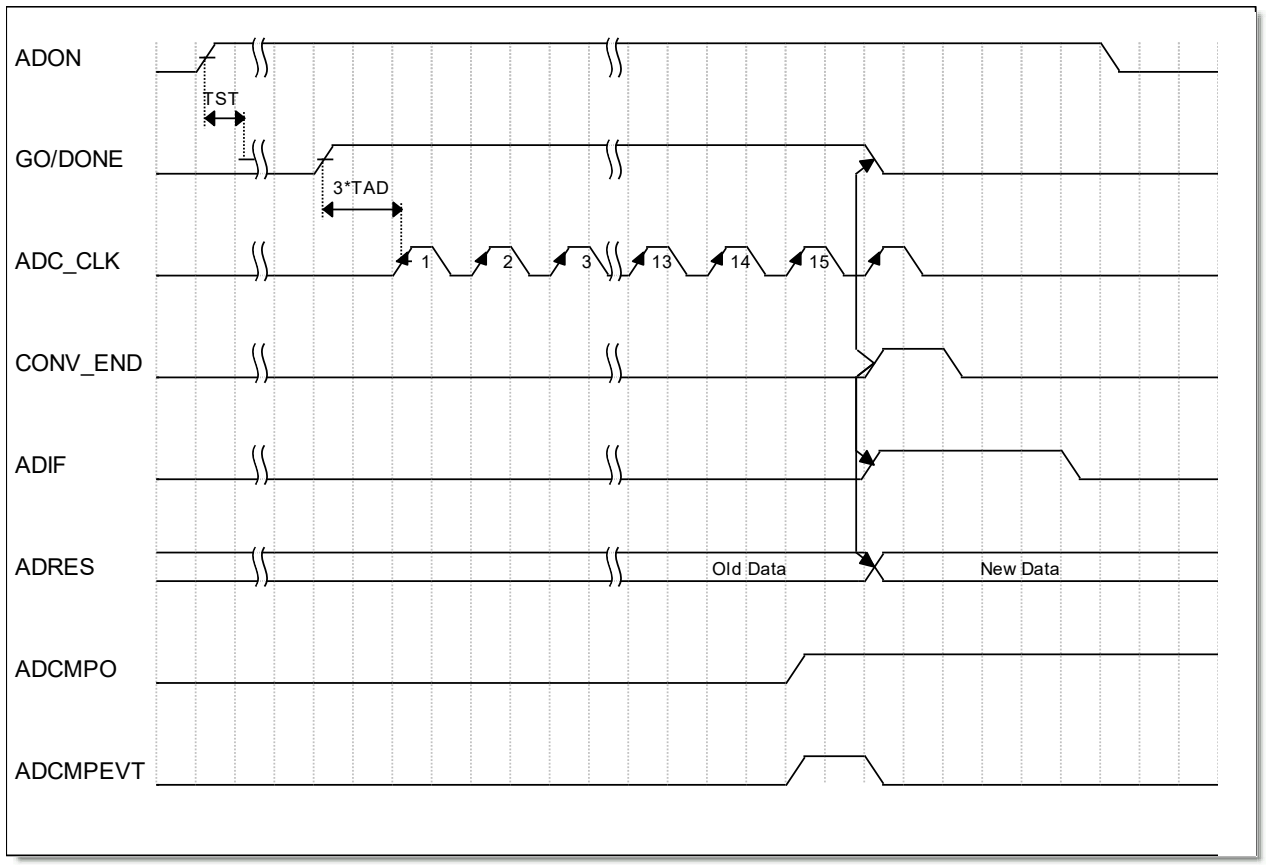
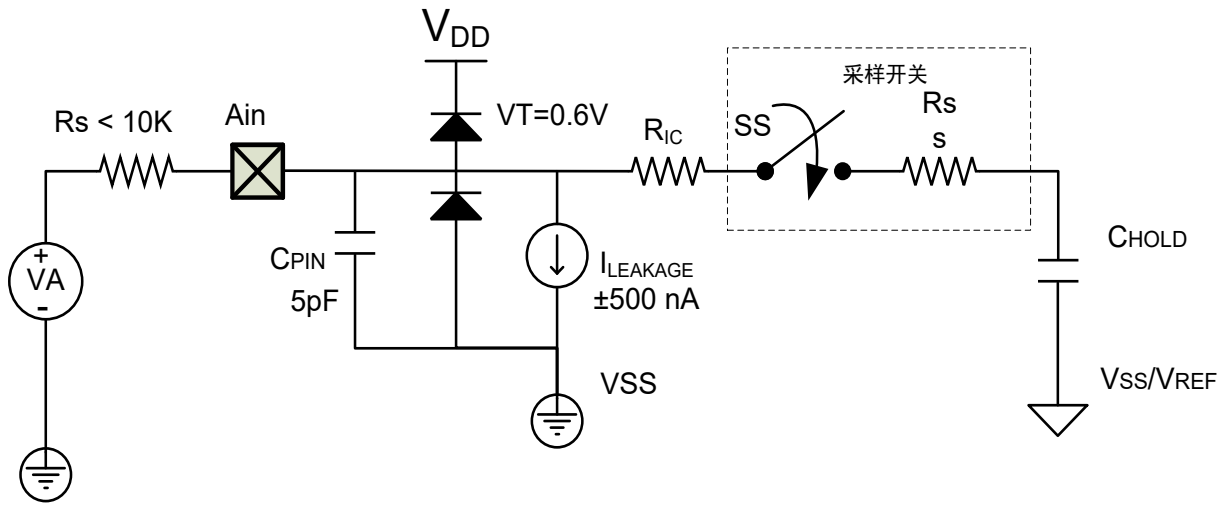


图 1-7 ADC 软件触发转换时序图

为了使 ADC 达到规定的精度，必须使充电保持电容 (CHOLD) 充满至输入通道的电平。模拟输入模型请参见**图 1-8**。源阻抗 (RS) 和内部采样开关 (RSS)阻抗直接影响电容 CHOLD 的充电时间。采样开关 (RSS) 阻抗随器件电压 (VDD) 的变化而变化，参见**图 1-8**。建议模拟信号源的最大阻抗为 10kΩ。采集时间随着源阻抗的降低而缩短。在选择 (或改变) 模拟输入通道后，必须在开始转换前完成采集。



图注：

CPIN	= 输入电容
VT	=门限电压
ILEAKAGE	=结点漏电流
RIC	=互联电阻
SS	=采样开关
CHOLD	=采样保持电容

图 1-8 模拟输入模型

2. 应用范例

```
//*************************************************************
/* 文件名：TEST_62F08x_ADC.c
* 功能：    FT62F08x-ADC 功能演示
*  IC：     FT62F088
* 内部：    16M
* empno：   500
* 说明：    程序采样 AN0 口变阻器的 AD 值并计算其电压
*
*    参考原理图  TEST_62F08x_sch.pdf
*/
//*************************************************************
#include "SYSCFG.h"
//***********************宏定义*****************************
#define   unchar      unsigned char
#define   unint       unsigned int
#define   unlong      unsigned long

volatile  unint   adcData;
volatile  unint   theVoltage;
/*---------------------------------------------
 * 函数名：POWER_INITIAL
 * 功能：   上电系统初始化
 * 输入：   无
 * 输出：   无
 ---------------------------------------------*/
void POWER_INITIAL (void)
{
    OSCCON = 0B01110001;        //16MHz 1:1
    PCKEN |= 0B00000001;        //AD 模块时钟使能

    INTCON = 0;                 //暂禁止所有中断

    PORTA = 0B00000000;
    TRISA = 0B00000000;         //PA 输入输出  0-输出  1-输入
    PORTB = 0B00000000;
    TRISB = 0B00000000;         //PB 输入输出  0-输出  1-输入
    PORTC = 0B00000000;
    TRISC = 0B00000000;         //PC 输入输出  0-输出  1-输入
    PORTD = 0B00000000;
    TRISD = 0B00000000;         //PD 输入输出  0-输出  1-输入

    WPUA = 0B00000000;          //PA 端口上拉控制  1-开上拉  0-关上拉
    WPUB = 0B00000000;          //PB 端口上拉控制  1-开上拉  0-关上拉
```

```
    WPUC = 0B00000000;          //PC 端口上拉控制  1-开上拉  0-关上拉
    WPUD = 0B00000000;          //PD 端口上拉控制  1-开上拉  0-关上拉

    WPDA = 0B00000000;          //PA 端口上拉控制  1-开下拉  0-关下拉
    WPDB = 0B00000000;          //PB 端口上拉控制  1-开下拉  0-关下拉
    WPDC = 0B00000000;          //PC 端口上拉控制  1-开下拉  0-关下拉
    WPDD = 0B00000000;          //PD 端口上拉控制  1-开下拉  0-关下拉

    PSRC0 = 0B11111111;         //PORTA,PORTB 源电流设置最大
    PSRC1 = 0B11111111;         //PORTC,PORTD 源电流设置最大

    PSINK0 = 0B11111111;        //PORTA 灌电流设置最大  0:最小，1:最大
    PSINK1 = 0B11111111;        //PORTB 灌电流设置最大  0:最小，1:最大
    PSINK2 = 0B11111111;        //PORTC 灌电流设置最大  0:最小，1:最大
    PSINK3 = 0B11111111;        //PORTD 灌电流设置最大  0:最小，1:最大
}
/*---------------------------------------------
 * 函数名：DelayUs
 * 功能：    短延时函数  --16M-2T--大概快 1%左右.
 * 输入：    Time  延时时间长度  延时时长 Time μs
 * 返回：    无
 ---------------------------------------------*/
void DelayUs(unsigned char Time)
{
    unsigned char a;
    for(a=0;a<Time;a++)
    {
        NOP();
    }
}
/*---------------------------------------------
 * 函数名：ADC_INITIAL
 * 功能：    ADC 初始化
 * 输入：    无
 * 输出：    无
 ---------------------------------------------*/
void ADC_INITIAL(void)
{
    ANSELA = 0B00000001;        //模拟口设置，AN0 为模拟管脚

    ADCON1 = 0B11100100;        //右对齐，转换时钟 Fosc/64，负参考电压 GND，
                                //正参考电压内部电压(2V)
    //Bit7: ADC 结果格式选择位
    //1 =  右对齐。装入转换结果时，ADRESH 的高 4 位被设置为 0;
```

```
//0 =  左对齐。装入转换结果时，ADRESL 的低 4 位被设置为 0。

//Bit[6:4]:ADC 转换时钟选择位
//000 = FOSC/2
//001 = FOSC/8
//010 = FOSC/32
//011 = FRC（由专用 RC 振荡器提供时钟）
//100 = FOSC/4
//101 = FOSC/16
//110 = FOSC/64
//111 = FRC（由专用 RC 振荡器提供时钟）

//Bit[3:2]:ADC 负参考电压配置位（使用 PB6 连接外部参考电压或外部电容）
//00 = Int Vref（内部参考电压）
//01 = GND
//10 = Int Vref + Ext Cap（内部参考电压  +  外部电容）
//11 = Ext Vref（外部参考电压）

//Bit[1:0]:ADC 正参考电压配置位（使用 PB5 连接外部参考电压或外部电容）
//00 = Int Vref（内部参考电压）
//01 = VDD
//10 = Int Vref + Ext Cap（内部参考电压  +  外部电容）
//11 = Ext Vref（外部参考电压）

ADCON0 = 0B00000000;        //选择 AD 转换通道 0，暂不使能 ADC
//Bit[7:4]:ADC 模拟通道选择位
//0000 = AN0
//0001 = AN1
//0010 = AN2
//0011 = AN3
//0100 = AN4
//0101 = AN5
//0110 = AN6
//0111 = AN7
//1000 = 1/4 VDD
//其余保留

//Bit3:该位由软件设置来启动 ADC 校准。当校准完成后，由硬件清零。
//0 =  校准完成。
//1 =  写 1 时校准 ADC，读为 1 时意味着校准仍在进行中。

//Bit2:ADC 触发信号类型选择
//该位决定启动 ADC 的触发条件
//0 =  当软件设定 GO/DONE 位，启动 AD 转换
```

```
//1 =  需要外部触发信号触发才可启动 AD 转换，触发事件置位 GO/DONE 位。
//外部触发信号条件由寄存器 ETGSEL<2:0>和 ETGTYP<1:0>决定。

//Bit1:
//0 = A/D 转换完成/未进行。
//1 = A/D 转换正在进行或硬件触发延时正在计数。

//Bit0:使能 ADC
//0 = ADC 被禁止且不消耗工作电流
//1 = ADC 被使能

ADCON2 = 0B01000000;        //选择内部正参考电压 2V，无外部触发源
//Bit[7:6]:ADC 内部参考电压配置位
//00 = 0.5V
//01 = 2V
//10 = 3V
//11 = float（悬空）

//Bit[5:4]:外部触发信号类型选择
//当 ADEX 置 1，该位决定响应外部触发的类型
//00 = PWM  或  ADC_ETR 脚的下降沿
//01 = PWM  或  ADC_ETR 脚的上升沿
//10 =  一个 PWM 周期的中点
//11 =  一个 PWM 周期的终点

//Bit3:ADC 外部触发延时计数器阈值  第 8 位

//Bit[2:0]:外部触发源选择
//当 ADEX 为 1，该位选择外部触发 ADC 的来源
//选择 PWM 源时需要配置 TIMER 为 PWM 输出模式并使能输出。
//000 = PWM0
//001 = PWM1
//010 = PWM2
//011 = PWM3
//100 = PWM4
//101 = PWM5
//110 = PWM6
//111 = ADC_ETR

ADCON3 = 0B00000000;
//Bit7:ADC 比较结果响应故障刹车使能
//0 =  禁止
//1 = ADC 触发故障刹车功能使能
```

```
    //Bit6:ADC 比较器输出极性选择位
    //0 =  若 ADC 结果的高八位大于或等于 ADCMPH[7:0]，ADCMPO 为 1
    //1 =  若 ADC 结果的高八位小于 ADCMPH[7:0]，ADCMPO 为 1

    //Bit5:ADC 结果比较使能位
    //0 = ADC 结果比较功能关闭
    //1 = ADC 结果比较功能打开

    //Bit4:ADC 比较结果输出位
    //该位输出 ADCMPOP 设定的比较输出结果。每次 AD 转换结束都会更新输出

    //Bit3:前沿消隐周期结束后，ADC 触发使能
    //1 =  触发 ADC 转换
    //0 =  不触发 ADC 转换

    //Bit2:保留位
    //Bit[1:0]:外部 LVD 管脚输入选择，只有当 LVDM 为 1 时才有效
    //00 = ELVD0
    //01 = ELVD1
    //10 = ELVD2
    //11 = ELVD3

    ADDLY = 0B00000000;             //外部触发廷时，没用到
    //ADC 外部触发启动延时计数器阈值低位
    //该 8 位寄存器与 ADCON2.7 组成 9 位计数器，用于在外部触发启动 ADC 之前加入一段延迟。延迟计数器结束再开始 ADC 转换
    //外部延迟时间  = (ADDLY+6)/FADC

    ADCMPH = 0B00000000;            //ADC 比较阈值,仅 8 位，用于 ADC 结果高 8 位比较。

    ADCAL=1;                        //校准 ADC，注意点：校准要放在配置之后
    NOP();
    while(ADCAL);

    ADON=1;                         //使能 ADC
}
/*-------------------------------------------------
 * 函数名：GET_ADC_DATA
 * 功能：   读取通道 ADC 值
 * 输入：   adcChannel  通道序号
 * 输出：   INT 类型 AD 值(单次采样无滤波)
 -------------------------------------------------*/
unint GET_ADC_DATA (unchar adcChannel)
{
```

```
    ADCON0 &= 0B00001111;
    ADCON0 |= adcChannel<<4;            //重新加载通道值
    DelayUs(40);                        //廷时等待电压稳定  Tst >10μs
    GO = 1;                             //启动 ADC
    NOP();
    NOP();
    while(GO);                          //等待 ADC 转换完成

    return   (unint)(ADRESH<<8|ADRESL); //整合 12 位 AD 值
}
/*---------------------------------------------
 * 函数名：main
 * 功能：   主函数
 * 输入：   无
 * 输出：   无
 ---------------------------------------------*/
void main(void)
{
    POWER_INITIAL();                    //初始化
    ADC_INITIAL();                      //ADC 初始化

    while(1)
    {
        adcData = GET_ADC_DATA(0);      //通道 0 AD 值
        theVoltage = (unlong)adcData*2*1000/4096;//电压放大 1000 倍
        NOP();
        NOP();
    }
}
```

联系信息

Fremont Micro Devices Corporation

#5−8, 10/F, Changhong Building
Ke-Ji Nan 12 Road, Nanshan District,
Shenzhen, Guangdong, PRC 518057

Tel: (+86 755) 8611 7811
Fax: (+86 755) 8611 7810

Fremont Micro Devices (HK) Limited

#16, 16/F, Block B, Veristrong Industrial Centre,
34−36 Au Pui Wan Street, Fotan, Shatin, Hong Kong SAR

Tel: (+852) 2781 1186
Fax: (+852) 2781 1144

http://www.fremontmicro.com