

R7F0C002

R01AN3295CC0100

Rev.1.00

使用看门狗定时器的中断功能实现间隔定时器（时钟修正） CC-RL 2016.06.30

要点

本篇应用说明介绍了不使用定时器阵列单元（TAU）而使用看门狗定时器（WDT）的间隔中断功能实现间隔定时器的方法。本篇应用的参考例程中，对间隔定时器的周期进行修正处理，使得间隔定时器的精度提高到±3%以内（精度±3%以内，为环境温度 25°C 下的实测值）。

对象 MCU

R7F0C002

本篇应用说明也适用于其他与上面所述的 MCU 具有相同 SFR（特殊功能寄存器）定义的产品。关于产品功能的改进，请参看手册中的相关信息。在使用本篇应用说明的程序前，需进行详细的评价。

目录

1.	规格	3
1.1	间隔时间精度的修正方法.....	5
1.2	工作中间隔时间的修正处理	6
1.3	间隔定时器的实际测量值（参考）	6
2.	动作确认条件.....	7
3.	硬件说明	8
3.1	硬件配置示例.....	8
3.2	使用引脚一览.....	8
4.	软件说明	9
4.1	操作概要	9
4.2	选项字节设置一览.....	11
4.3	常量一览	11
4.4	变量一览	11
4.5	函数（子程序）一览	12
4.6	函数（子程序）说明	13
4.7	流程图.....	15
4.7.1	CPU 初始化设置.....	16
4.7.2	输入/输出端口的设置	17
4.7.3	时钟发生电路的设置	19
4.7.4	INTP0 初始化设置	20
4.7.5	INTWDTI 初始化设置	23
4.7.6	主函数处理	26
4.7.7	间隔设置	27
4.7.8	测量 INTWDTI 的发生周期（测量前清除 BC 寄存器和 WDT 计数器）	28
4.7.9	测量 INTWDTI 的发生周期（测量前不清除 BC 寄存器和 WDT 计数器）	29
4.7.10	INTP0 中断处理函数	30
4.7.11	INTWDTI 中断处理函数.....	31
5.	参考例程.....	34
6.	参考文献.....	34
	公司主页和咨询窗口	34

1. 规格

本篇应用说明，使用 WDT 可以设定 100ms ~ 500ms（以 100ms 为单位）的间隔定时器。对 100ms 的间隔进行计数，产生间隔中断。

主程序中，进行间隔定时器的初始化设定后，进入 STOP 模式，等待产生看门狗定时器中断（INTWDTI）。对 INTWDTI 的发生次数进行软件计数，可以算出 100ms 的间隔时间。通过调整计数次数，来修正 100ms 的间隔时间。

经过设定好的间隔时间（100ms ~ 500ms），翻转 LED 输出。依据 SW1（INTP0）的按下次数设定间隔时间。按下 SW1 时，产生 INTP0，对按下次数进行递增计数。

复位后，设定间隔时间为 100ms，每按下一次 SW1，就加 100ms。当间隔时间为 500ms 时，按下 SW1，则间隔时间返回到 100ms。

相关外围功能和用途，请参见“表 1.1”。操作概要，请参见“图 1.1”，使用 WDT 的间隔定时器的动作，请参见“图 1.2”。

具体的间隔时间的修正方法，请参考“1.1 间隔时间精度的修正方法”和“1.2 工作中间隔时间的精度修正”。

表 1.1 相关外围功能及用途

外围功能	用途
看门狗定时器	使用 WDT 的间隔中断创建间隔定时器的基准时间
INTP0（外部中断）	变更间隔定时器的间隔时间

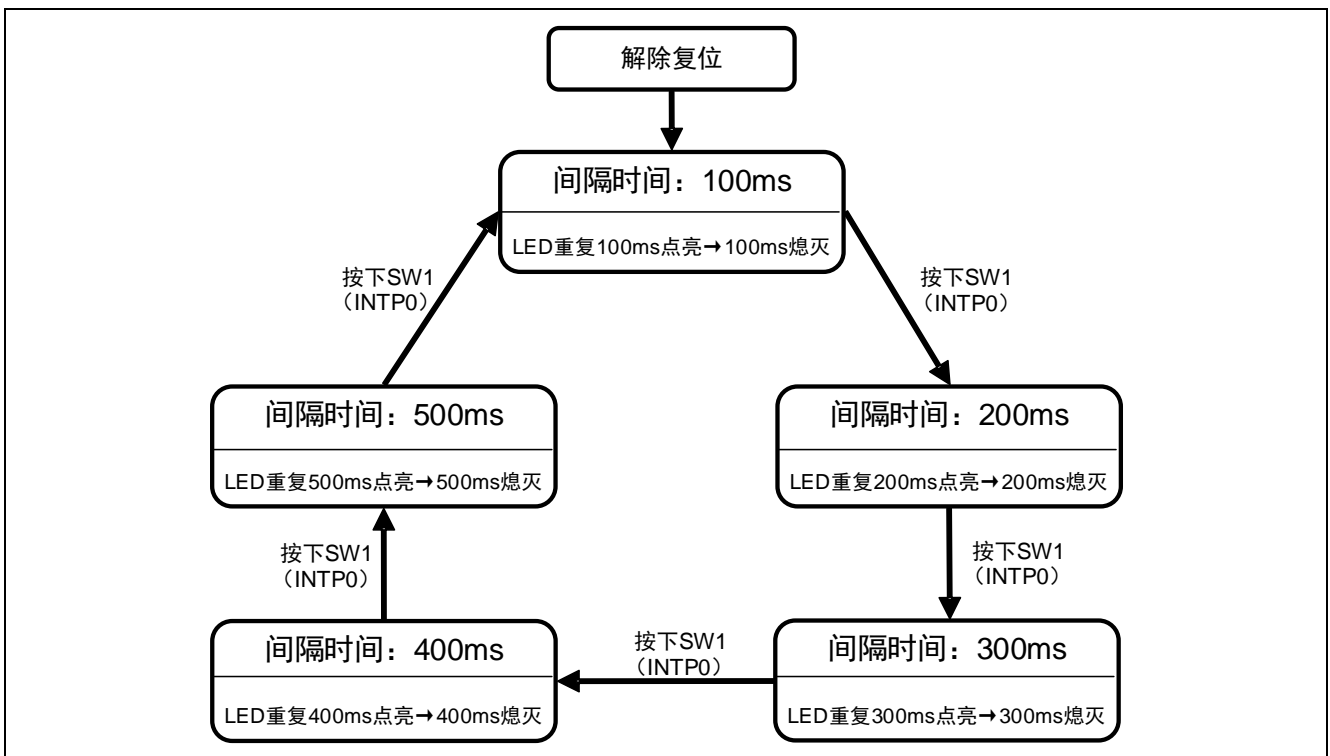


图 1.1 操作概要

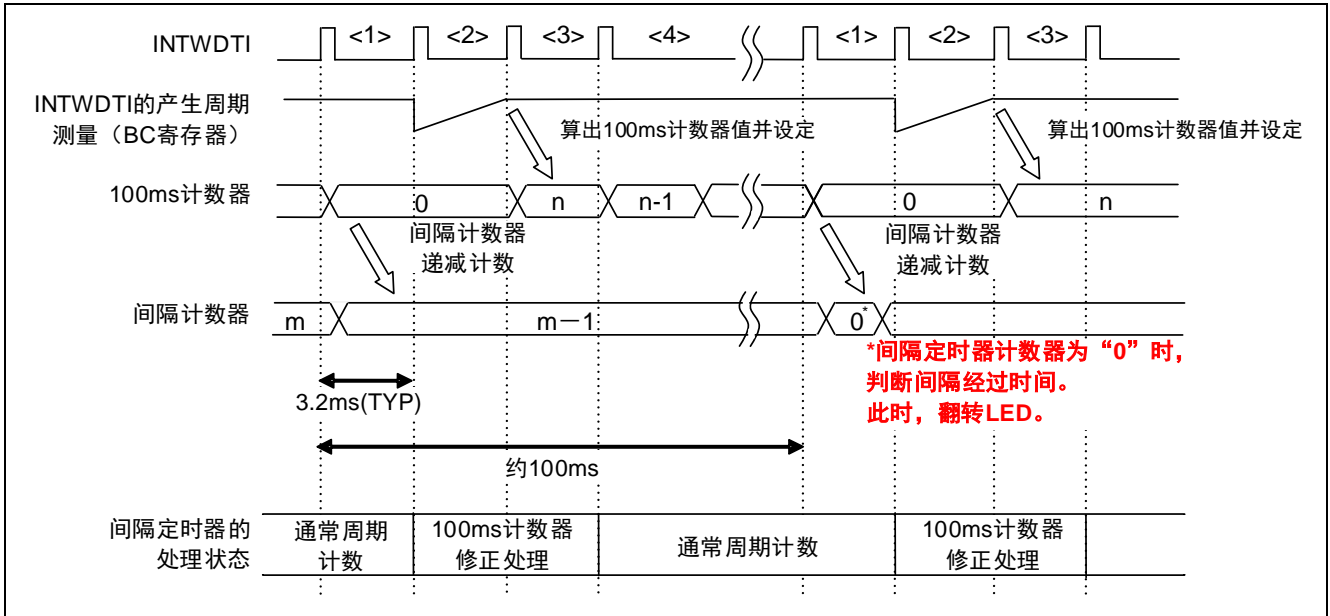


图 1.2 使用 WDT 的间隔定时器的动作

- <1> 执行通常周期计数，100ms 计数器到达“0”时，间隔计数器进行递减计数。
- <2> 当 100ms 计数器为“0”，在产生 INTWDTI 时，进行 100ms 计数器的修正处理。通过软件测量 INTWDTI 的产生周期，在等待 INTWDTI 的产生时，对 BC 寄存器进行递增计数以此测量 INTWDTI 的产生周期。
- <3> 使用步骤<2>中测量的 INTWDTI 发生周期（BC 寄存器值），计算出 100ms 中 INTWDTI 产生的次数，并将计算出的值设入 100ms 计数器中。
- <4> 执行通常周期计数，每发生一次 INTWDTI，间隔计数器便进行一次间隔为 100ms 的递减计数。

1.1 间隔时间精度的修正方法

(1) INTWDTI 的周期测量

通过软件测量 INTWDTI 的产生周期。周期测量程序如“图 1.3”所示。本篇应用说明的参考例程中，清除 WDT，然后对 BC 寄存器进行递增计数，直到产生 INTWDTI。例程中的 CLOOP 部分的执行时钟数为 6 个时钟，所以 CPU 时钟为 8MHz 时 CLOOP 部分的执行时间为 0.75 μ s。另外，当 INTWDTI 的最长周期 (约 3.80ms (=2⁶ / (15kHz - 15%) × 0.75) + 1 / (2 × (15kHz - 15%))) 时的 BC 寄存器的计数值为 5067，所以用 16 位的 BC 寄存器可以实现。

```

MOV   WDTE, #0xAC      ; clear watch dog timer
CLOOP:
INCW  BC                ; Count up (1 clocks)
BF    WDTIF, $CLOOP    ; Wait for WDTI interrupt (5 clocks)

```

图 1.3 通过软件进行 INTWDTI 周期测量处理

(2) 100ms 计数器的计算方法

通过 INTWDTI 周期测量算出的结果，可以计算出距离 100ms 最近的 INTWDTI 的产生次数。

INTWDTI 产生周期，可以通过下面的公式算出。

$$\text{INTWDTI 产生周期} = 2^6 / f_{\text{IL}} \times 0.75 + 1 / (2 \times f_{\text{IL}})$$

f_{IL} : 低速内部振荡器 (LOCO) 频率

f_{IL} 精度为 15kHz \pm 15%，所以 INTWDTI 的产生周期是 2.812ms ~ 3.804ms。因此，距离 100ms 最近的 INTWDTI 的产生次数是 26 ~ 35 次。

然后，因为要从 BC 寄存器的计数值中算出 100ms 的 INTWDTI 发生次数，所以要计算判断条件。因为要在 26 或者 27 之间判断 INTWDTI 的发生次数，所以在 INTWDTI 发生次数的中间值为 26.5 的情况下，计算出 BC 计数值。同样地，在 INTWDTI 数量为 27.5 ~ 35.5 (1 个单位) 的情况下算出 BC 计数值 (C) (参照“表 1.2”)。

表 1.2 距离 100ms 最近的 INTWDTI 的发生次数

计数值 (A)	周期(ms)(B) ^注 = (100ms / (A))	BC 计数值(C) =(B) / 0.75 μ s	(D) =((C) / 128)	(E) 64 - (D)	距离 100ms 最近的 INTWDTI 的发生次数
26.5	3.77	5031	39	25*	26
27.5	3.64	4848	37	27	27
28.5	3.51	4678	36	28	28
29.5	3.39	4519	35	29	29
30.5	3.28	4371	34	30	30
31.5	3.17	4232	33	31	31
32.5	3.08	4102	32	32	32
33.5	2.99	3980	31	33	33
34.5	2.90	3864	30	34	34
35.5	2.82	3755	29	35	35

注：此表中，加载的值均为小数点后第三位四舍五入。

*: 修正目标

另外，为了简单地算出 100ms 的 INTWDTI 发生的次数，要找出使用 BC 寄存器的计数值的近似算式。BC 寄存器的计数值除以 128 (实际上就是左移 1 位得到 B 寄存器的值)，几乎可以得到一个整数 (D)。为了将这个 (D) 值调整到 INTWDTI 的发生次数在 26 ~ 35 之间，要从 64 中减去 (D) 得到 (E)。将 (E) 中的不连续修正对象 (*) 加 1，即可得到 26 ~ 35 的连续整数。这样的处理在实际程序中如图 1.4 所示，可以通过 7 个时钟的程序来实现。

```

SHLW BC, 1      ; 1bit shift left
MOV  A,  #64
SUB  A,  B      ; get loop count data
CMP  A,  #25    ; check less than 26
SKNC
INC  A,         ; adjust +1 if 25

```

图 1.4 100ms 的 INTWDTI 发生次数的演算程序

通过上述处理，可以实现 100ms 计数器。

1.2 工作中间隔时间的修正处理

为了保持使用看门狗定时器的中断功能的间隔定时器的间隔时间的准确度，有必要周期性地对间隔时间进行测量和修正。

本篇应用说明中，在 100ms 的计数开始时，对 INTWDTI 的发生周期进行测量和修正。

1.3 间隔定时器的实际测量值（参考）

本篇应用说明中，实现的间隔定时器的实际测量值（参考）如表 1.3 所示。表 1.3 的实际测量值是在环境温度（ T_A ）= 25°C 下的测量结果。

因为各间隔时间基准的 100ms 的误差率为 2.0%，所以 200ms ~ 500ms 的误差率也是 2.0%。

表 1.3 间隔定时器的实际测量值（ $T_A = 25^\circ\text{C}$ ）

目标值 (ms)	实际测量值 (ms)	误差率 (%)
100	98.0	2.0
200	196.0	2.0
300	294.0	2.0
400	392.0	2.0
500	490.0	2.0

2. 动作确认条件

本应用说明中的参考例程，是在下面的条件下进行动作确认的。

表 2.1 动作确认条件

项目	内容
所用微控制器	R7F0C002L
工作频率	高速内部振荡器（HOCO）时钟：8MHz CPU/外围功能时钟：8MHz
工作电压	5.0V（工作电压范围：2.9V~5.5V） LVD 工作模式（VLVD）：复位模式 上升沿 2.81V（2.76V~2.87V） 下降沿 2.75V（2.70V~2.81V）
集成开发环境	CS+ for CC V3.02.00（瑞萨电子开发）
C 编译器	CC-RL V1.01.00（瑞萨电子开发）

3. 硬件说明

3.1 硬件配置示例

本篇应用说明中使用的硬件配置示例，请参见“图 3.1”。

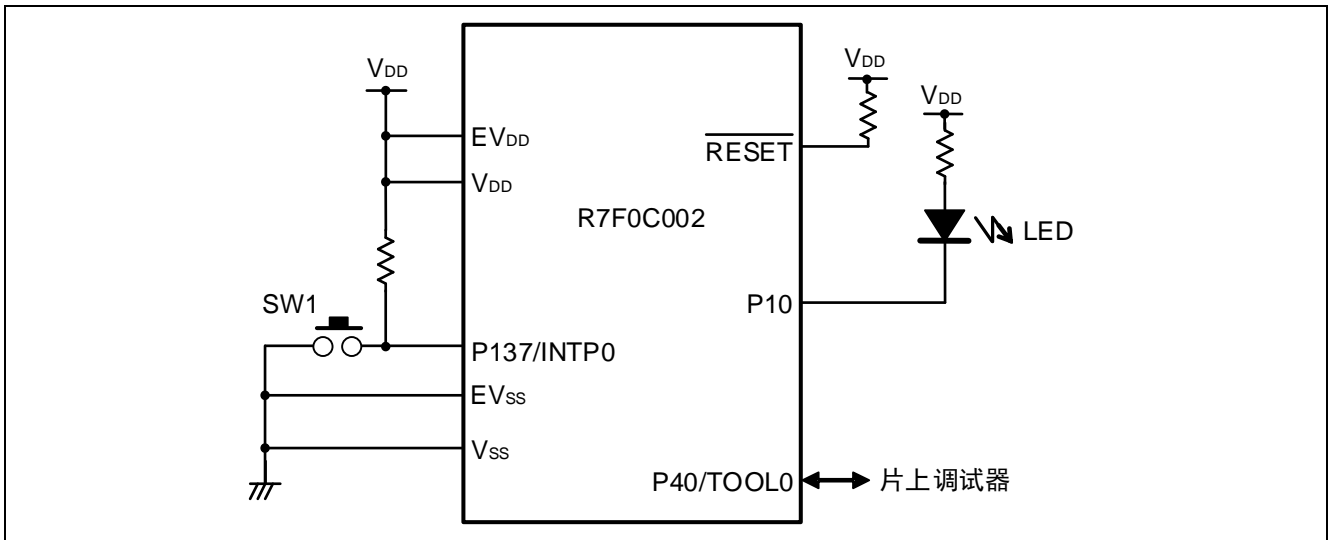


图 3.1 硬件配置

- 注意：1. 上述硬件配置图是为了表示硬件连接情况的简化图。在实际电路设计时，请注意根据系统具体要求进行适当的引脚处理，并满足电气特性的要求（输入专用引脚请注意分别通过电阻上拉到 V_{DD} 或是下拉到 V_{SS} ）。
2. 如果有名称以 EV_{SS} 为开头的引脚，请连接至 V_{SS} ；如果有名称以 EV_{DD} 为开头的引脚，请连接至 V_{DD} 。
3. 请将 V_{DD} 电压值保持在由 LVD 设定的复位解除电压 V_{LVD} 以上。

3.2 使用引脚一览

使用的引脚及其功能，请参见“表 3.1”。

表 3.1 使用的引脚及其功能

引脚名	输入/输出	内容
P10	输出	LED 驱动用端口
P137/INTP0	输入	间隔时间设定用按键输入（SW1）

4. 软件说明

4.1 操作概要

本篇应用说明介绍了主程序中进行间隔定时器的初始化设置后，在 STOP 模式中等待产生 INTWDTI。

100ms 计数器开始时，进行间隔时间的精度修正。软件对 INTWDTI 的发生周期进行计数，并由此结果设定 100ms 计数器（变量 TIMEBASE）。此后，每次 INTWDTI 发生时，对 100ms 计数器（变量 TIMEBASE）进行递减计数。

始终接受间隔时间设定用按键（SW1）的输入。一旦按下 SW1，进行防抖对策的处理。按下 SW1，则产生 INTP0 中断，禁止 INTP0 中断，设定抖动对策用计数器（变量 CHATCOUNT）。依据 INTWDTI 的发生次数，对抖动对策用计数器（变量 CHATCOUNT）进行递减计数，在经过防抖时间后（变量 CHATCOUNT = 0），确认 P137/INTP0 引脚的输入电平。如果 P137/INTP0 引脚为低电平的话，就判断 SW1 被按下，并且再度允许 INTP0 中断，然后对 SW1 的按下次数计数器（变量 KEYCOUNT）进行递增计数。和 SW1 按下次数计数器（变量 KEYCOUNT）相对应的数据，将会作为下次间隔时间，被设入间隔计数器（变量 PERIOD）中。

100ms 计数器的动作是，每次 INTWDTI 发生时，对 100ms 计数器（变量 TIMEBASE）进行递减计数，达到 100ms（变量 TIMEBASE = 0）时，对间隔计数器（变量 PERIOD）进行递减计数。经过设定好的间隔时间（变量 PERIOD = 0）时，翻转 LED，并将和 SW1 按下次数计数器（变量 KEYCOUNT）相对应的数据，作为下次间隔时间，设入间隔计数器（变量 PERIOD）中。

(1) 对所使用外围功能进行初始化设置。

<设定条件>

- 屏蔽 INTWDTI 中断，设定中断优先级为高优先级。
- 将 INTP0 的有效沿设为下降沿，解除 INTP0 的中断屏蔽。

(2) 对所使用变量进行初始化设置。

- INTWDTI 中断处理中，在跳转目标地址（变量 PROCEDURE）上，设定抖动对策处理（标签 IINTWDTISUB）的地址。
- 清除 SW1 按下次数计数器（变量 KEYCOUNT）。
- 清除抖动对策用计数器（变量 CHATCOUNT）。

(3) 100ms 计数器开始计数，并且测量截至 INTWDTI 发生时的时间。

- 清除测量 INTWDTI 产生周期的 BC 寄存器。
- 清除 WDT 计数器。
- 一边对 BC 寄存器进行递增计数，一边等待 INTWDTI 的发生。
- INTWDTI 发生时，根据 INTWDTI 的发生周期（BC 寄存器的值），算出最接近 100ms 的 INTWDTI 的发生次数，并设入 100ms 计数器（变量 TIMEBASE）中。

(4) 设置间隔时间。

将间隔存储表 TINTVL[KEYCOUNT]中的值设入间隔设定变量 PERIOD 中。复位后，在这个处理前清除 KEYCOUNT，则 TINTVL[KEYCOUNT]被设定为“1”。因此，复位后的间隔时间被设定为 100ms（PERIOD = 1）。

(5) 熄灭 LED，解除 INTWDTI 的中断屏蔽，并允许向量中断。

(6) 进入 STOP 模式，等待中断。主程序通过一个无限循环执行 STOP 命令。所有后续程序处理由 INTP0 的中断处理程序或者 INTWDTI 的中断处理程序进行。

(7) 一旦发生 INTP0 中断，将抖动对策用计数器（变量 CHATCOUNT）设为“9”，禁止 INTP0 中断，并从处理中返回。

(8) 发生 INTWDTI 时，进行抖动对策处理和 100ms 计数器处理。

发生 INTWDTI 时，将运行解除 STOP 模式的中断处理程序（从解除 STOP 模式到启动中断处理，大概需要花费 3.2ms 的 STOP 解除时间，这对 INTWDTI 的产生周期而言大概占 1~2%。在 100ms 计数器的精度修正时，这个 STOP 解除时间会补充在 BC 寄存器的初始值中）。具体处理的流程如下所示。

- ① 清除 WDT 计数器。
- ② 100ms 的计数工作中，进行抖动对策处理和 100ms 计数处理。

抖动对策处理的流程如下所示。

- 抖动对策用计数器（变量 CHATCOUNT）为“0”时，进入 100ms 计数处理。抖动对策用计数器（变量 CHATCOUNT）不为“0”时，对变量 CHATCOUNT 进行递减计数。
- 变量 CHATCOUNT 变为“0”时，经过抖动判断等待时间后，允许 INTPO 中断，并确认 P137/INTPO 引脚的输入电平。
变量 CHATCOUNT 不为“0”时，进入 100ms 计数处理。
- P137/INTPO 引脚的输入电平为“L”时，判断 SW1 被按下，对 SW1 按下次数计数器（变量 KEYCOUNT）进行递增计数。
P137/INTPO 引脚的输入电平为“H”时，判断 SW1 未被按下，进入 100ms 计数处理。
- SW1 按下次数计数器（变量 KEYCOUNT）超过间隔表 TINTVL 的范围时，清除 SW1 按下次数，并进入 100ms 计数处理。

100ms 计数处理的流程如下所示。

- 对 100ms 计数器（变量 TIMEBASE）进行递减计数。
- 100ms 计数器（变量 TIMEBASE）为“0”时（经过 100ms），对间隔计数器（变量 PERIOD）进行递减计数。
100ms 计数器（变量 TIMEBASE）不为“0”时，执行下面的处理。
- 间隔计数器（变量 PERIOD）为“0”时（经过指定间隔），将间隔表的值（变量 TINTVL[KEYCOUNT]）设入间隔定时器（变量 PERIOD）中，并翻转 LED 输出。然后，在 INTWDTI 中断处理中分支地址（变量 PROCEDURE）上，设定截至 INTWDTI 发生时的时间的计算处理（标签 MEASURESUB）的地址。
间隔计数器（变量 PERIOD）不为“0”时，执行下面的处理。

100ms 计数开始时，INTWDTI 的发生周期测量后，进行抖动对策处理和 100ms 计数处理。

INTWDTI 的发生周期测量的流程如下所示。

- 将 BC 寄存器作为初始值，设定常量 TMOFFSET+1。
本篇应用说明中，将常量 TMOFFSET 设为“40”。STOP 模式解除时间为 $27\mu\text{s}$ (TYP) + 11 个时钟（执行向量中断时），因为本篇应用说明中 R7F0C002 的工作时钟为 8MHz，所以为 $28.375\mu\text{s}$ 。由于 BC 寄存器的递增计数需要 6 个时钟（ $0.75\mu\text{s}$ ），所以可通过下面的算式求得偏移量。
$$\text{TMOFFSET} = (28.4\mu\text{s} + 11 \times 0.1\mu\text{s}) \div 0.75\mu\text{s} = 39$$

另外，在 BC 寄存器进行递增计数前，因为要将 BC 寄存器的内容保存到堆栈区中（2 个时钟）、将初始值设入 BC 寄存器中（1 个时钟）、跳转到 BC 寄存器递增处理（3 个时钟），所以需要 6 个时钟，要给 TMOFFSET 加“1”。

STOP 模式的解除时间，请参照 R7F0C002 用户手册 硬件篇。

- 一边对 BC 寄存器进行递增计数，一边等待 INTWDTI 的产生。
- INTWDTI 发生时，根据 BC 寄存器，算出大约 100ms 的 INTWDTI 的发生次数，并将其设入 100ms 计数器（变量 TIMEBASE）中。
- 对 100ms 计数器（变量 TIMEBASE）进行递减计数。
- 将抖动对策处理的地址设入 INTWDTI 中断处理中的跳转地址（变量 PROCEDURE）中，进行抖动对策处理和 100ms 计数处理。

4.2 选项字节设置一览

选项字节的设置，请参见“表 4.1”。

表 4.1 选项字节设置

地址	设定值	内容
000C0H	11110001B	看门狗定时器动作运行 <ul style="list-style-type: none"> ● 复位后，开始计数 ● 间隔中断时间：$2^6 / f_{IL} \times 0.75 + 1 / (2 \times f_{IL})$ ● 在 HALT/STOP 模式中，允许计数器动作
000C1H	01111111B	LVD 复位模式 检测电压：上升沿 2.81V (2.76V~2.87V)，下降沿 2.75V (2.70V~2.81V)
000C2H	11101010B	HOCO: 8MHz
000C3H	10000101B	允许片上调试

4.3 常量一览

参考例程中使用的常量，请参见“表 4.2”。

表 4.2 参考例程中使用的常量

常量	数值	内容
TMOFFSET	39	BC 寄存器的偏移值 (和 STOP 模式解除时间相对应的 BC 寄存器的计数值)
CHATNo	9	抖动对策用的 INTWDTI 计数值 为了消抖，INTP0 发生后，等到 INTWDTI 发生 9 次后，确认 P137/INTP0 引脚的输入电平。

4.4 变量一览

参考例程中使用的变量，请参见“表 4.3”。

表 4.3 参考例程中使用的变量

变量类型	变量名	内容	使用的函数
8 bits 数组	TINTVL	间隔表 Interval table	IINTWDTI、SETINTERVAL
16 bits 变量	PROCEDURE	INTWDTI 中断处理中跳转地址 设定在 100ms 的计数开始时，跳转至标签 MEASURESUB 处；在 100ms 计数中，跳转至标签 IINTWDTISUB 处。	main、IINTWDTI
8 bits 变量	KEYCOUNT	SW1 按下次数计数器	main、IINTWDTI、SETINTERVAL
8 bits 变量	CHATCOUNT	抖动对策用计数器	main、IINTWDTI
8 bits 变量	TIMEBASE	100ms 计数器	main、IINTWDTI
8 bits 变量	PERIOD	间隔计数器	IINTWDTI、SETINTERVAL

4.5 函数（子程序）一览

参考例程中使用的函数，请参见“表 4.4”。

表 4.4 函数（子程序）

函数（子程序）名	概要
RESET_START	CPU 初始化设置
SINIPOINT	输入/输出端口的设置
SINICLK	时钟发生电路的设置
SINIINTP0	INTP0 初始化设置
SINIWDT	INTWDTI 初始化设置
main	主函数处理
SETINTERVAL	间隔设置
GETINTERVAL	测量 INTWDTI 的发生周期（测量前清除 BC 寄存器和 WDT 计数器）
CLOOP	测量 INTWDTI 的发生周期（测量前不清除 BC 寄存器和 WDT 计数器）
IINTP0	INTP0 中断处理函数
IINTWDTI	INTWDTI 中断处理函数

4.6 函数（子程序）说明

本节对参考例程中使用的函数（子程序）进行说明。

[函数名] RESET_START

概要	复位开始时的 CPU 初始化设置
说明	设置堆栈指针，硬件初始化设置后调用 main 处理。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] SINIPORT

概要	P1 的初始化设置
说明	将 P10 引脚设置为数字输出。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] SINICK

概要	HOCODIV 的初始化设置
说明	将高速内部振荡器的频率设置为 8MHz。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] SINIINTP0

概要	INTP0 的初始化设置
说明	设置检出 INTP0 下降沿。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] SINIWDT

概要	INTWDTI 的初始化设置
说明	将 WDT 的间隔中断优先级设为优先级 0（高优先级）。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] main

概要	主函数处理
说明	参考例程中的主函数处理。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] SETINTERVAL

概要	间隔设置
说明	从表中读出和 SW1 按下次数相对应的间隔，设入计数用的变量（PERIOD）中。
参数	无
返回值	无
参考	参照变量 KEYCOUNT

[函数名] GETINTERVAL

概要	INTWDTI 的发生周期测量（清除 BC 寄存器和 WDT 计数）
说明	清除 BC 寄存器和 WDT 计数器后，测量 INTWDTI 产生周期，算出最接近 100ms 的 INTWDTI 的发生次数，然后将计算结果设入 100ms 计数器（变量 TIMEBASE）中。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] CLOOP

概要	INTWDTI 的发生周期测量（不清除 BC 寄存器和 WDT 计数）
说明	测量 INTWDTI 发生周期，算出最接近 100ms 的 INTWDTI 的发生次数，然后将计算结果设入 100ms 计数器（变量 TIMEBASE）中。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] IINTP0

概要	IINTP0 中断处理函数
说明	接受 INTP0 中断，设定防抖计数器。 屏蔽（禁止）INTP0 中断。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] IINTWDTI

概要	WDT 间隔中断处理函数
说明	接受 INTWDTI 中断，SW1 按下时进行抖动对策处理。 另外，进行 100ms 计数器处理，经过设定好的间隔时间后，翻转 LED。
参数	无
返回值	无
参考	无

4.7 流程图

本篇应用说明中参考例程的整体流程，请参见“图 4.1”。

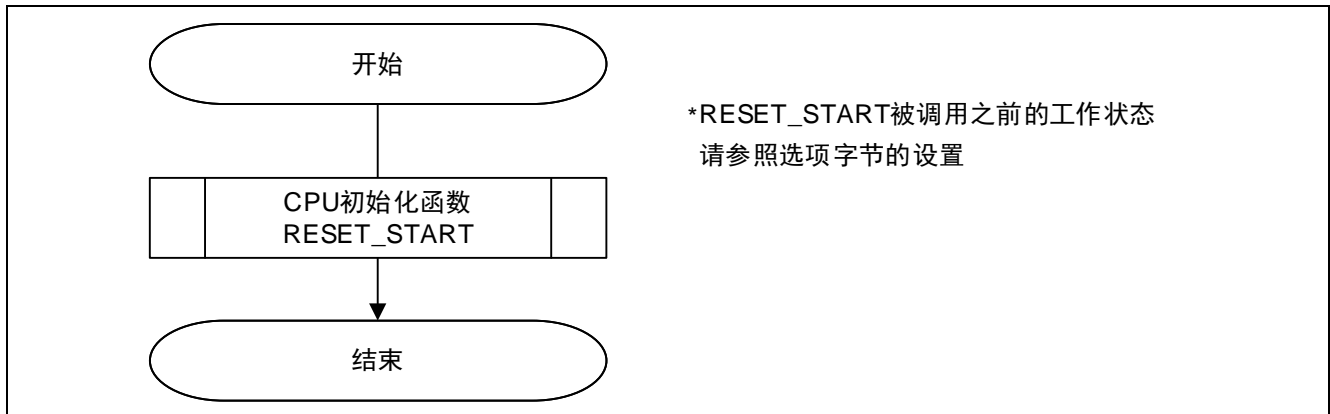


图 4.1 整体流程图

4.7.1 CPU 初始化设置

CPU 初始化设置的流程，请参见“图 4.2”。

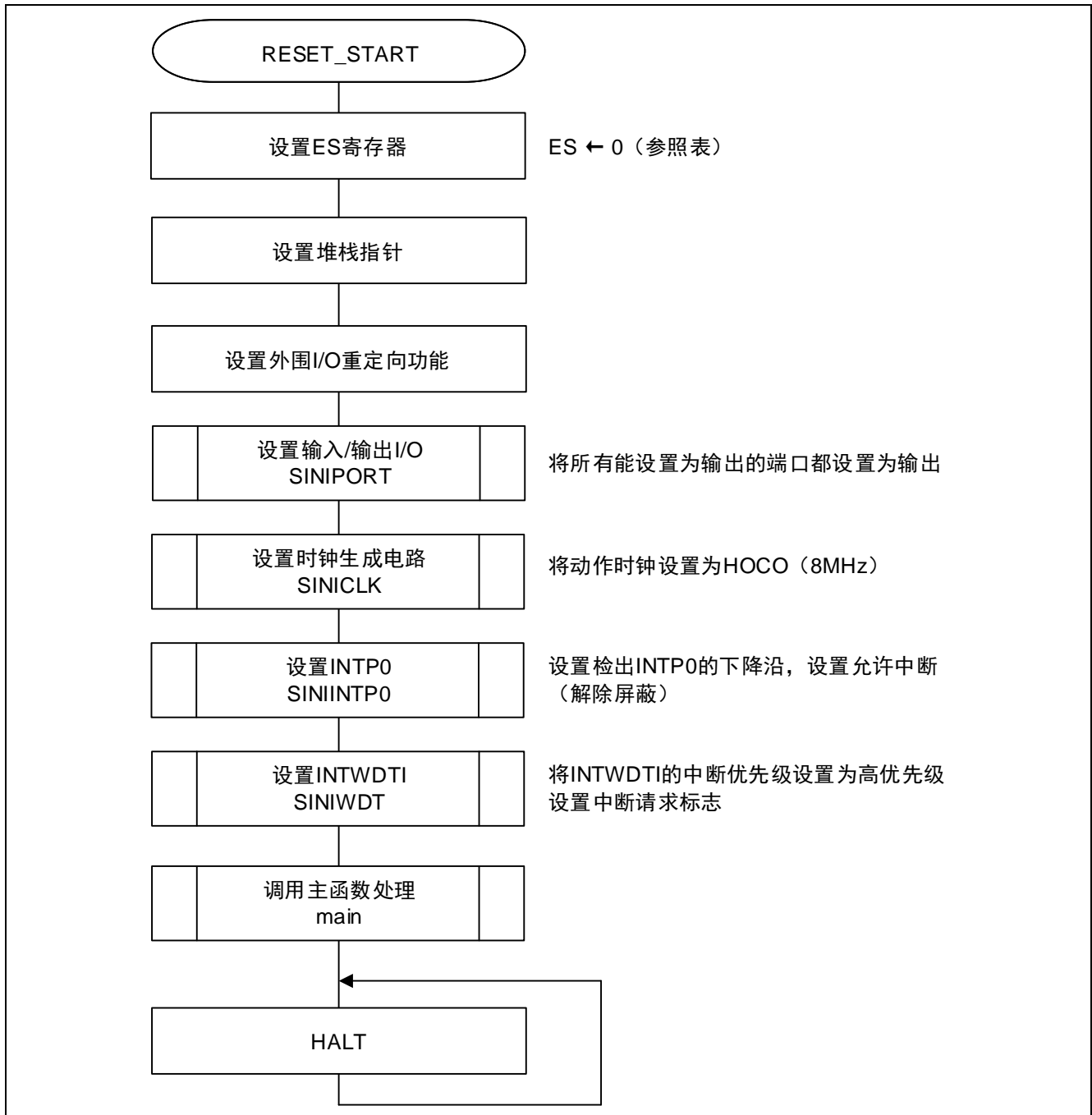


图 4.2 CPU 初始化函数

4.7.2 输入/输出端口的设置

输入/输出端口的设置的流程，请参见“图 4.3”。

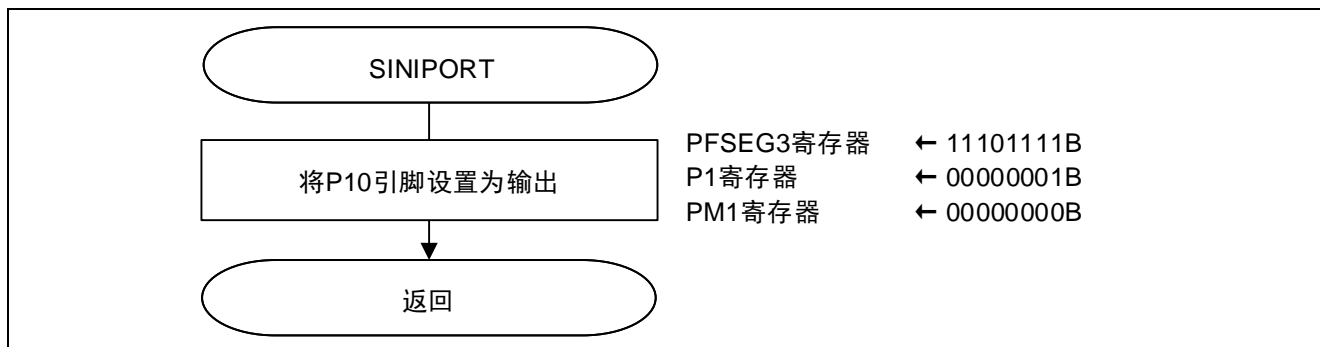


图 4.3 输入/输出端口的设置

端口模式的设置

- LCD 端口功能寄存器 3 (PFSEG3)
切换段输出或者端口（段输出除外）

符号	7	6	5	4	3	2	1	0
PFSEG3	PFSEG31	PFSEG30	PFSEG29	PFSEG28	PFSEG27	PFSEG26	PFSEG25	PFSEG24
设定值	x	x	x	0	x	x	x	x

位 4

PFSEG28	P10 引脚的端口（段输出除外）或者段输出的指定
0	用作端口（段输出除外）
1	用作段输出

- 端口寄存器 1 (P1)
设定各端口的输出锁存器

符号	7	6	5	4	3	2	1	0
P1	P17	P16	P15	P14	P13	P12	P11	P10
设定值	x	x	x	x	x	x	x	1

位 0

P10	输出数据的控制（输出模式）
0	输出“0”
1	输出“1”

注意：关于寄存器设置的详细方法，请参考 R7F0C002 用户手册硬件篇。

寄存器图中的设定值说明：

x: 未使用位；空白：未变更位；—：预留位或者是什么都不配置的位

- 端口模式寄存器 1 (PM1)
选择各端口的输入/输出模式

符号	7	6	5	4	3	2	1	0
PM1	PM17	PM16	PM15	PM14	PM13	PM12	PM11	PM10
设定值	x	x	x	x	x	x	x	0

位 0

PM10	P10 引脚的输入/输出模式的选择
0	输出模式（输出缓冲器 ON）
1	输入模式（输出缓冲器 OFF）

注意： 关于寄存器设置的详细方法，请参考 R7F0C002 用户手册硬件篇。

寄存器图中的设定值说明：

x: 未使用位；空白: 未变更位；—: 预留位或者是什么都不配置的位

4.7.3 时钟发生电路的设置

时钟发生电路的设置流程，请参见“图 4.4”。

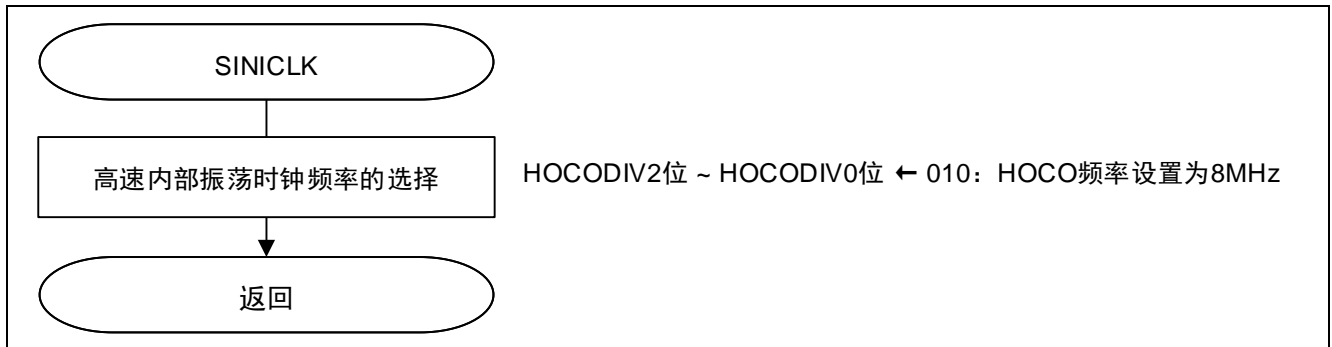


图 4.4 时钟发生电路的设置

高速内部振荡器频率的选择

- 高速内部振荡器的频率选择寄存器（HOCODIV）
选择高速内部振荡器的频率

符号	7	6	5	4	3	2	1	0
HOCODIV	0	0	0	0	0	HOCODIV2	HOCODIV1	HOCODIV0
设定值	—	—	—	—	—	0	1	0

位 2 ~ 0

HOCODIV2	HOCODIV1	HOCODIV0	高速内部振荡器时钟频率的选择	
			FRQSEL3 位为“0”	FRQSEL3 位为“1”
0	0	0	24MHz	禁止设置
0	0	1	12MHz	16MHz
0	1	0	6MHz	8MHz
0	1	1	3MHz	4MHz
1	0	0	禁止设置	2MHz
1	0	1	禁止设置	1MHz
其他			禁止设置	

注意： 关于寄存器设置的详细方法，请参考 R7F0C002 用户手册硬件篇。

寄存器图中的设定值说明：

x: 未使用位；空白：未变更位；—：预留位或者是什么都不配置的位

4.7.4 INTP0 初始化设置

INTP0 初始化设置的流程，请参见“图 4.5”。

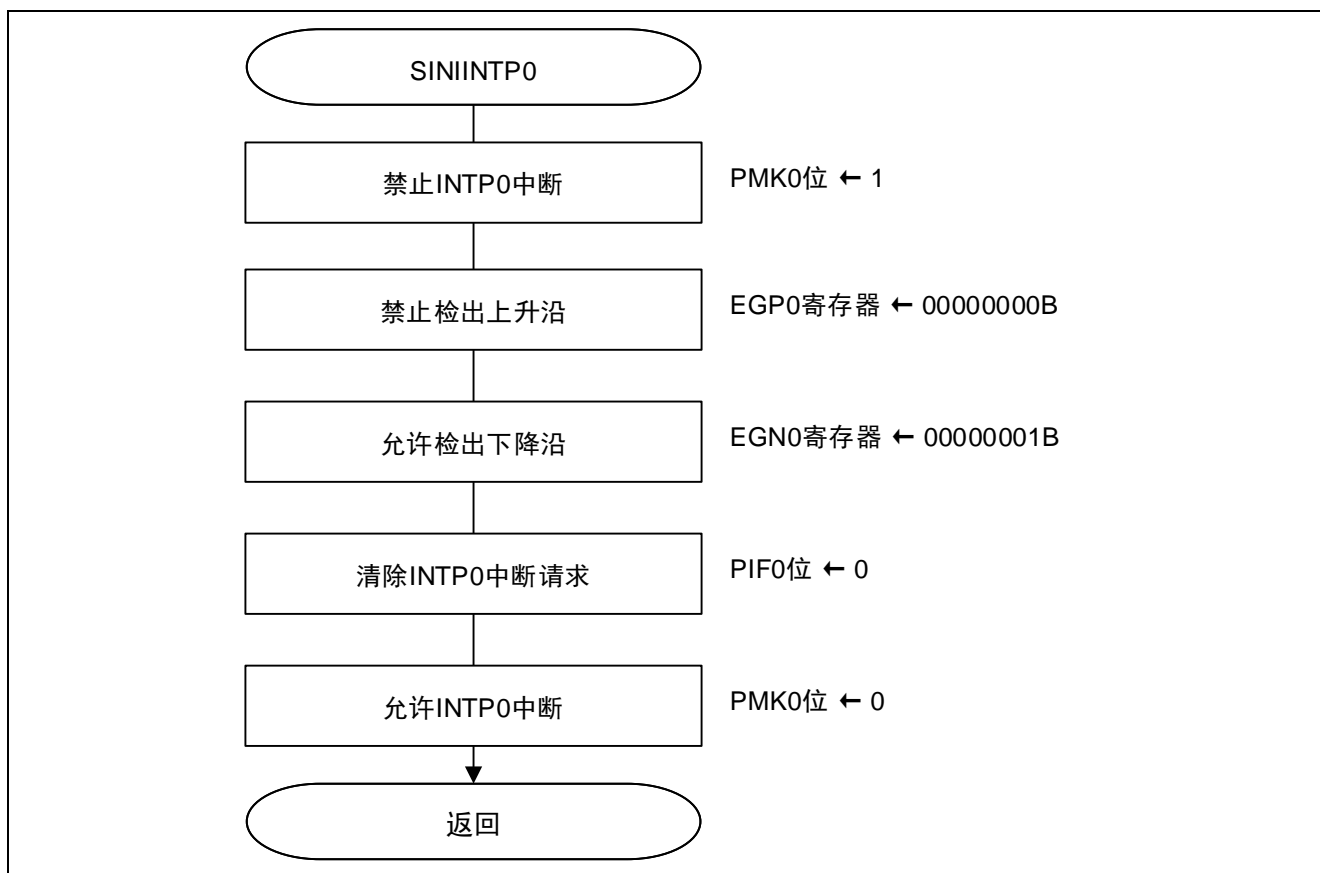


图 4.5 INTP0 初始化设置

(1) 设定 INTP0 引脚的边沿检出

- 外部中断上升沿、下降沿允许寄存器 (EGP0、EGN0)

指定 INTP0 的有效沿

符号	7	6	5	4	3	2	1	0
EGP0	EGP7	EGP6	EGP5	EGP4	EGP3	EGP2	EGP1	EGP0
设定值	x	x	x	x	x	x	x	0

符号	7	6	5	4	3	2	1	0
EGN0	EGN7	EGN6	EGN5	EGN4	EGN3	EGN2	EGN1	EGN0
设定值	x	x	x	x	x	x	x	1

位 0

EGP0	EGN0	INTP0 引脚有效边沿的选择
0	0	禁止检测边沿
0	1	下降沿
1	0	上升沿
1	1	上升和下降的双边沿

注意：关于寄存器设置的详细方法，请参考 R7F0C002 用户手册硬件篇。

寄存器图中的设定值说明：

x: 未使用位；空白：未变更位；—：预留位或者是什么都不配置的位

(2) 设置 INTP0 边沿检出中断

- 中断请求标志寄存器 (IF0L)
清除中断请求标志
- 中断屏蔽标志寄存器 (MK0L)
设置中断屏蔽

符号	7	6	5	4	3	2	1	0
IF0L	PIF5	PIF4	PIF3	PIF2	PIF1	PIF0	LVIIIF	WDTIIF
设定值	x	x	X	x	x	0	x	

位 2

PIF0	中断请求标志
0	不产生中断请求信号
1	产生中断请求，处于中断请求状态

符号	7	6	5	4	3	2	1	0
MK0L	PMK5	PMK4	PMK3	PMK2	PMK1	PMK0	LVIMK	WDTIMK
设定值	x	x	x	x	x	0	x	

位 2

PMK0	中断处理的控制
0	允许中断处理
1	禁止中断处理

注意： 关于寄存器设置的详细方法，请参考 R7F0C002 用户手册硬件篇。

寄存器图中的设定值说明：

x: 未使用位；空白：未变更位；—：预留位或者是什么都不配置的位

4.7.5 INTWDTI 初始化设置

INTWDTI 初始化设置的流程，请参见“图 4.6”。

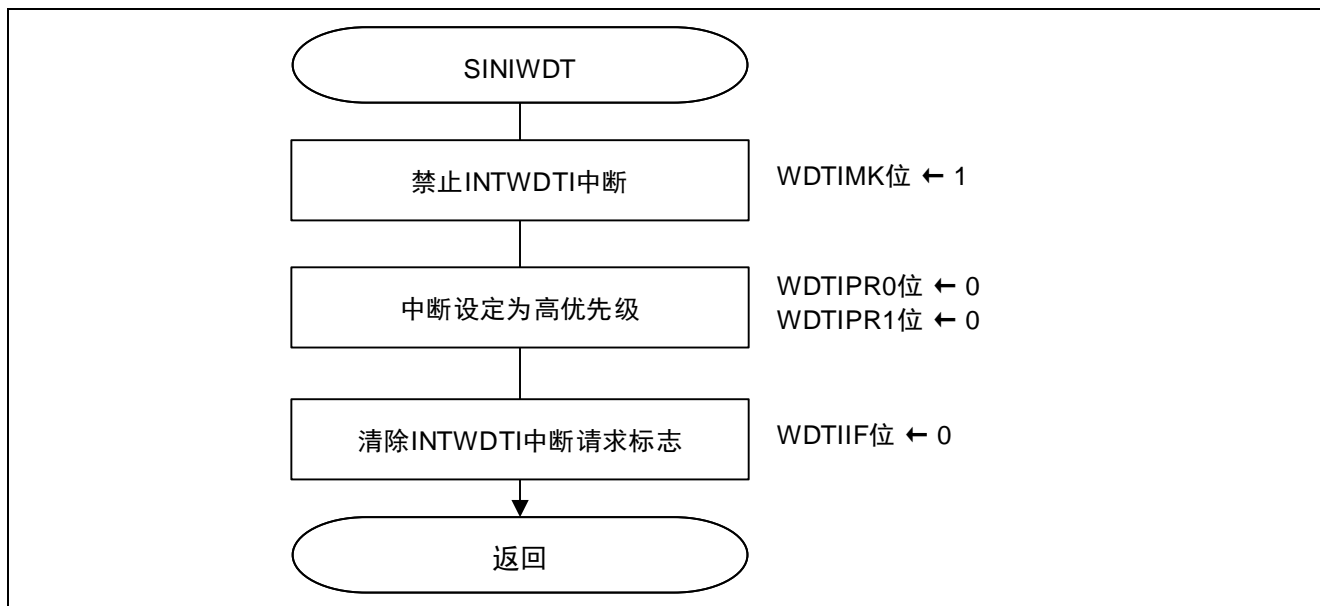


图 4.6 INTWDTI 初始化设置

(1) 设置 INTWDTI 中断

- 中断请求标志寄存器 (IF0L)
清除中断请求标志
- 中断屏蔽标志寄存器 (MK0L)
设置中断屏蔽

符号	7	6	5	4	3	2	1	0
IF0L	PIF5	PIF4	PIF3	PIF2	PIF1	PIF0	LVIIIF	WDTIIF
设定值	x	x	x	x	x		x	0

位 0

WDTIIF	中断请求标志
0	不产生中断请求信号
1	产生中断请求，处于中断请求状态

符号	7	6	5	4	3	2	1	0
MK0L	PMK5	PMK4	PMK3	PMK2	PMK1	PMK0	LVIMK	WDTIMK
设定值	x	x	x	x	x		x	1

位 0

WDTIMK	中断处理的控制
0	允许中断处理
1	禁止中断处理

注意： 关于寄存器设置的详细方法，请参考 R7F0C002 用户手册硬件篇。

寄存器图中的设定值说明：

x: 未使用位；空白: 未变更位；—: 预留位或者是什么都不配置的位

(2) 设置中断优先级

- 优先级指定标志寄存器（PR00L、PR10L）

设置中断优先级

符号	7	6	5	4	3	2	1	0
PR00L	PPR05	PPR04	PPR03	PPR02	PPR01	PPR00	LVIPR0	WDTIPR0
设定值	x	x	x	x	x	x	x	0

符号	7	6	5	4	3	2	1	0
PR10L	PPR15	PPR14	PPR13	PPR12	PPR11	PPR10	LVIPR1	WDTIPR1
设定值	x	x	x	x	x	x	x	0

位 0

WDTIPR1	WDTIPR0	中断优先级的选择
0	0	指定优先级 0（高优先级）
0	1	指定优先级 1
1	0	指定优先级 2
1	1	指定优先级 3（低优先级）

注意： 关于寄存器设置的详细方法，请参考 R7F0C002 用户手册硬件篇。

寄存器图中的设定值说明：

x: 未使用位；空白：未变更位；—：预留位或者是什么都不配置的位

4.7.6 主函数处理

主函数处理的流程，请参见“图 4.7”。

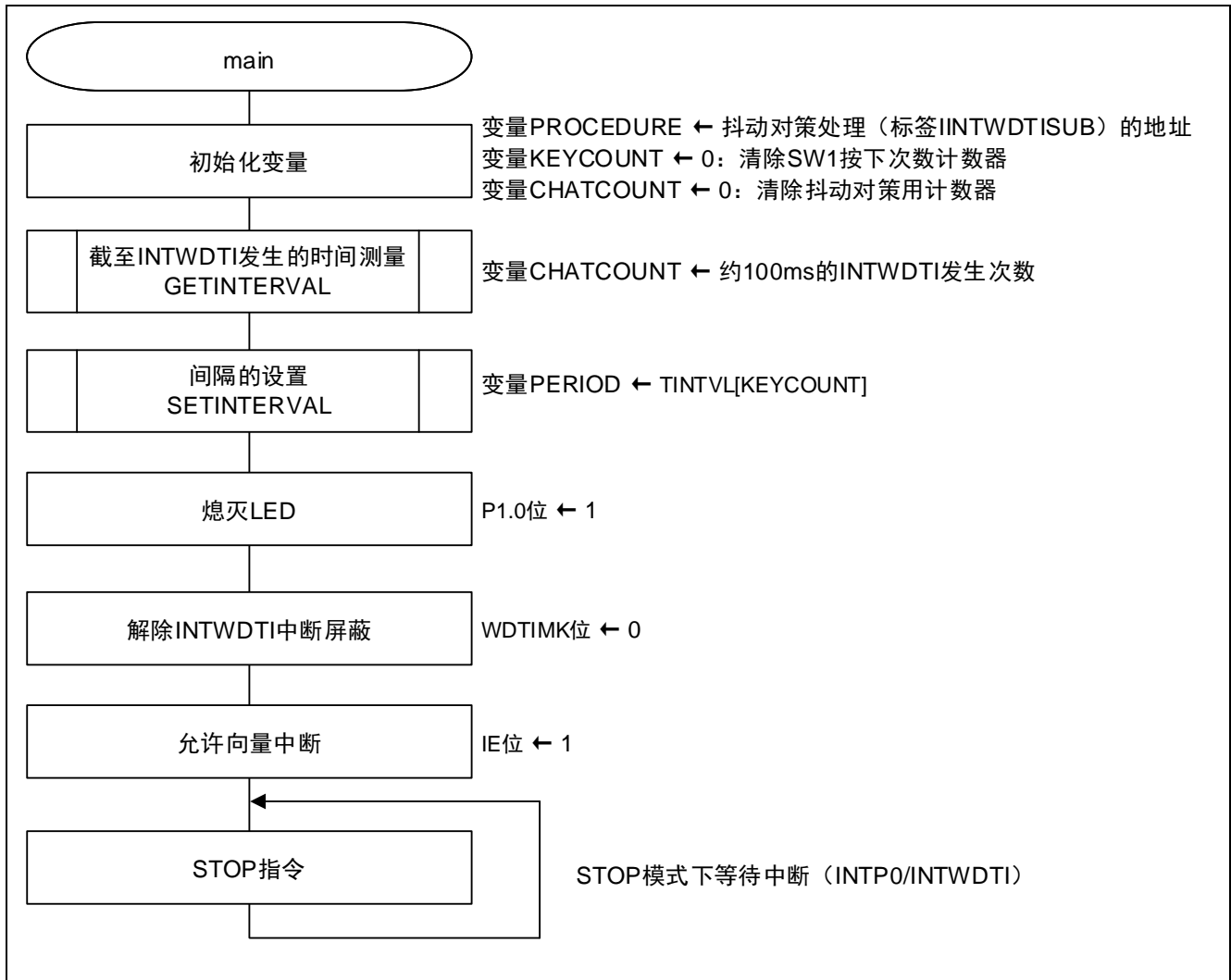


图 4.7 主函数处理

4.7.7 间隔设置

间隔设置的流程，请参见“图 4.8”。

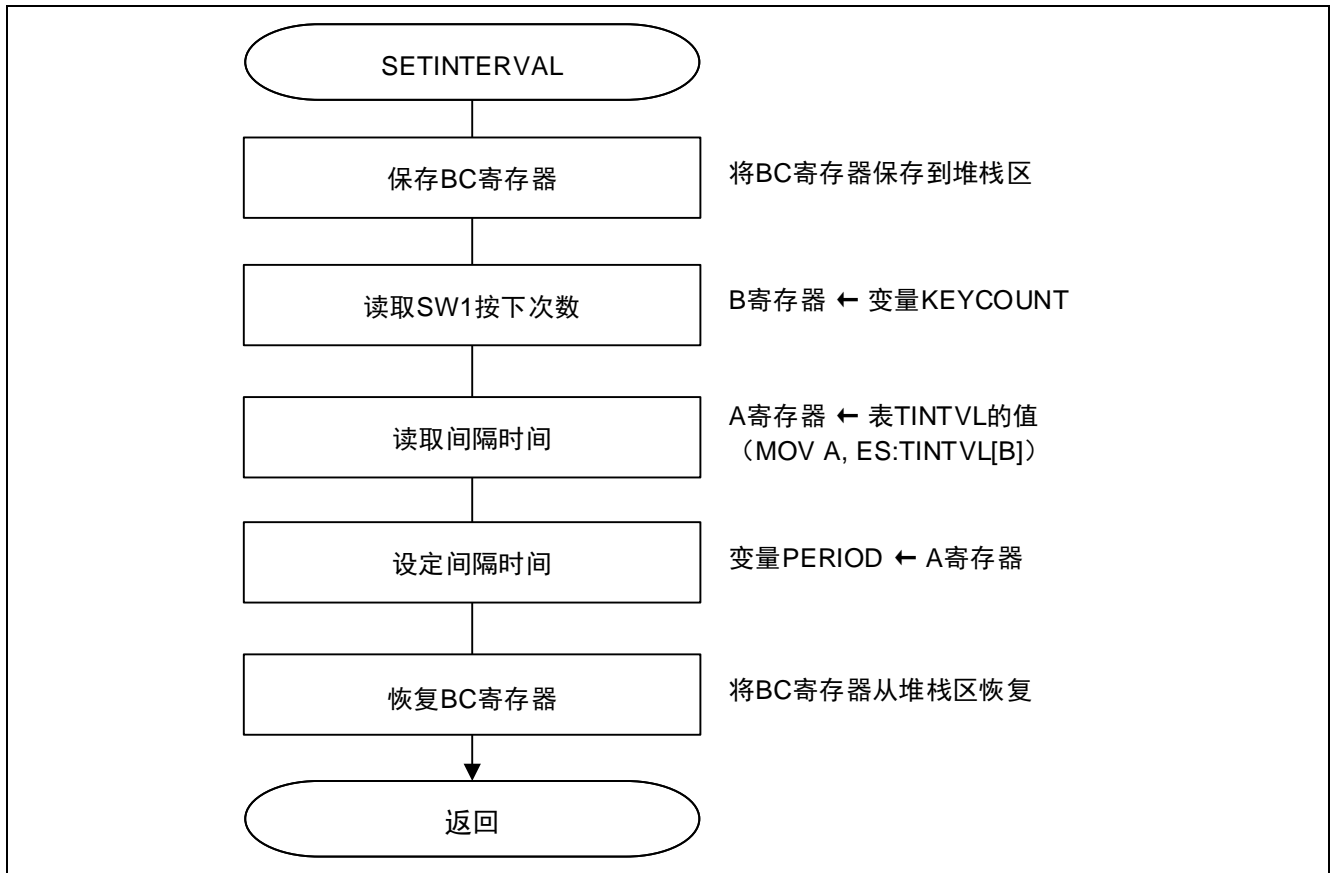


图 4.8 间隔设置

4.7.8 测量 INTWDTI 的发生周期（测量前清除 BC 寄存器和 WDT 计数器）

测量 INTWDTI 的发生周期（测量前清除 BC 寄存器和 WDT 计数器）的流程，请参见“图 4.9”。

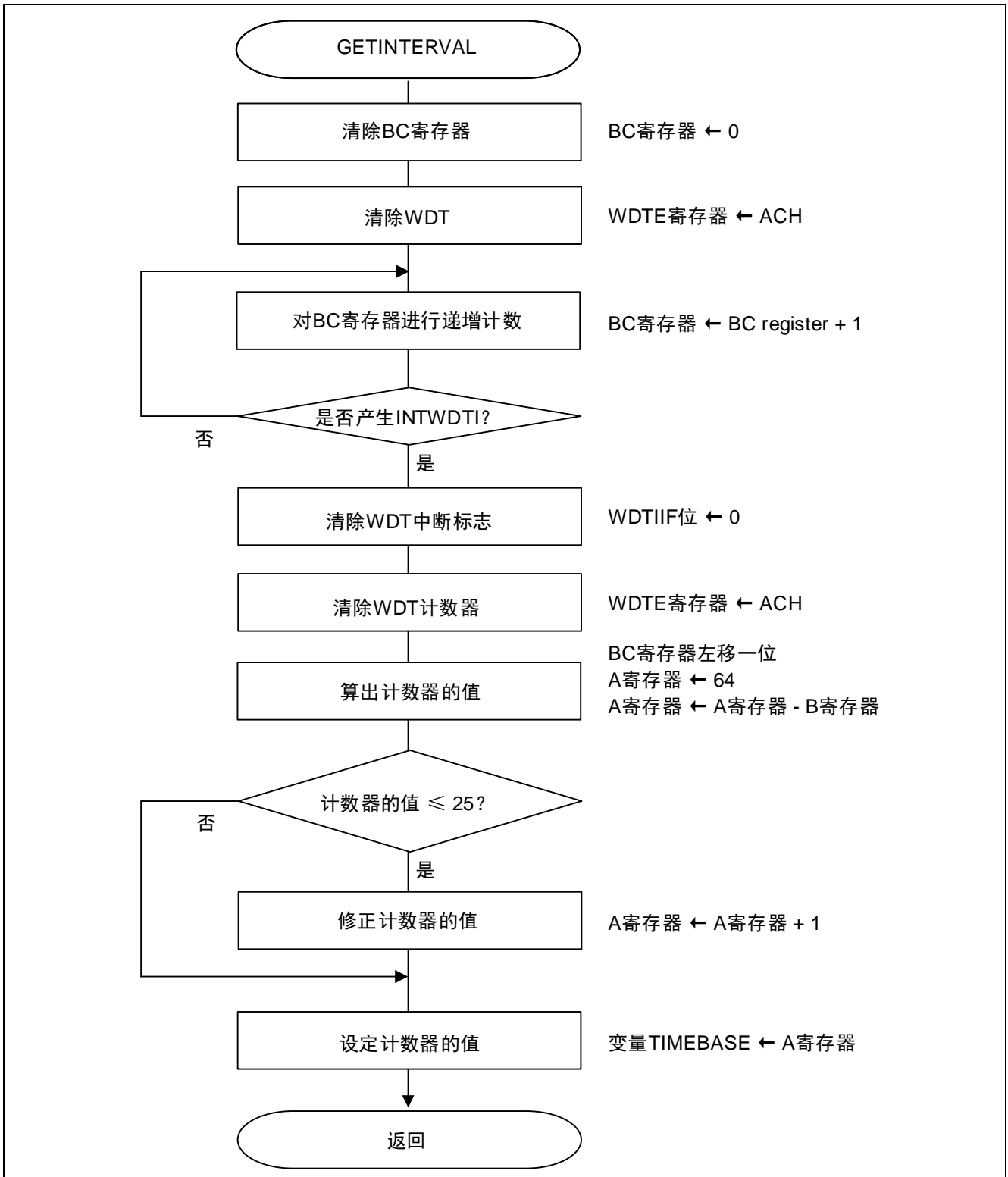


图 4.9 测量 INTWDTI 的发生周期（测量前清除 BC 寄存器和 WDT 计数器）

4.7.9 测量 INTWDTI 的发生周期（测量前不清除 BC 寄存器和 WDT 计数器）

测量 INTWDTI 的发生周期（测量前不清除 BC 寄存器和 WDT 计数器）的流程，请参见“图 4.10”。

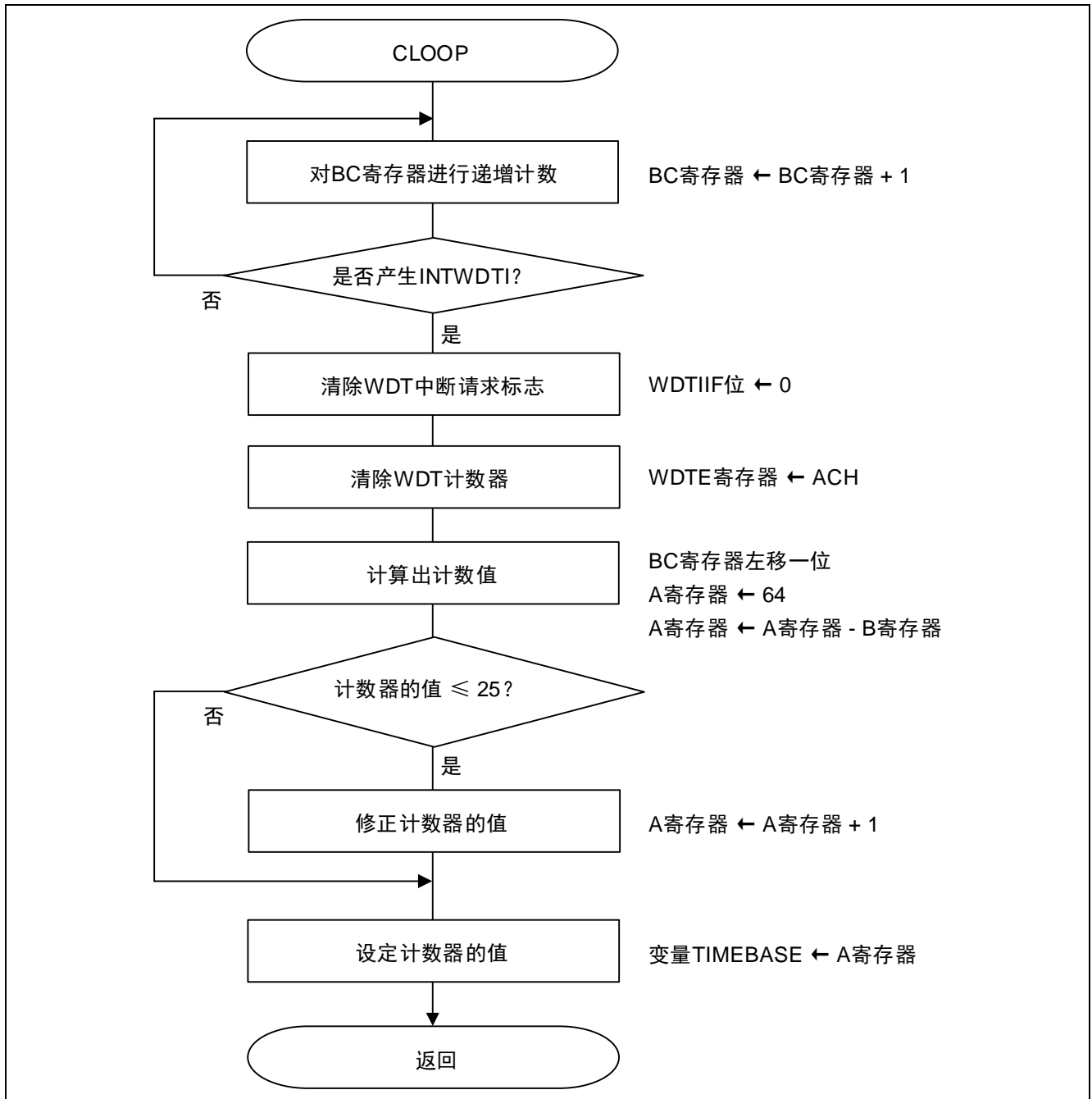


图 4.10 测量 INTWDTI 的发生周期（测量前不清除 BC 寄存器和 WDT 计数器）

4.7.10 INTP0 中断处理函数

INTP0 中断处理函数的流程，请参见“图 4.11”。

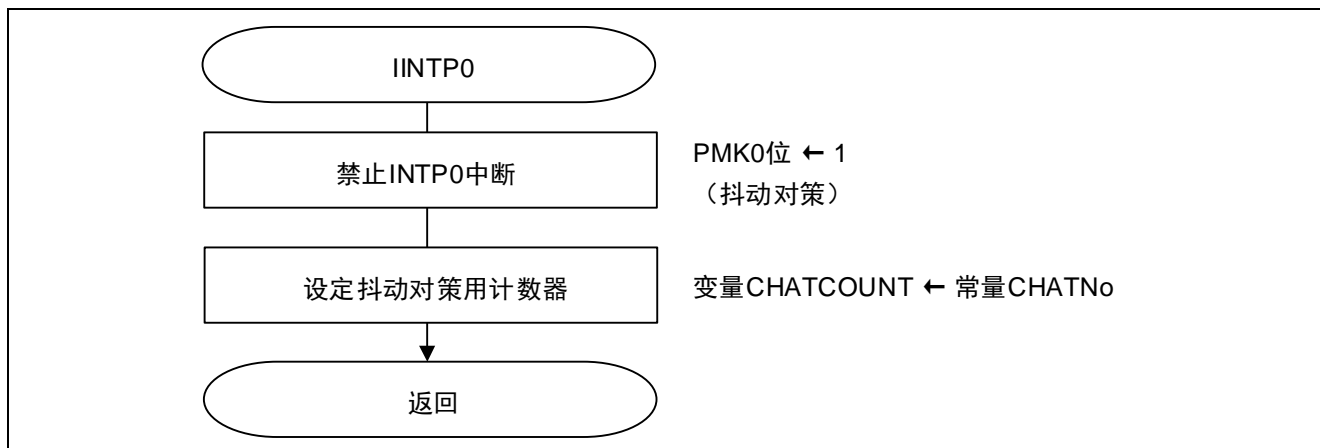


图 4.11 INTP0 中断处理函数

4.7.11 INTWDTI 中断处理函数

INTWDTI 中断处理函数的流程，请参见“图 4.12”~“图 4.14”。

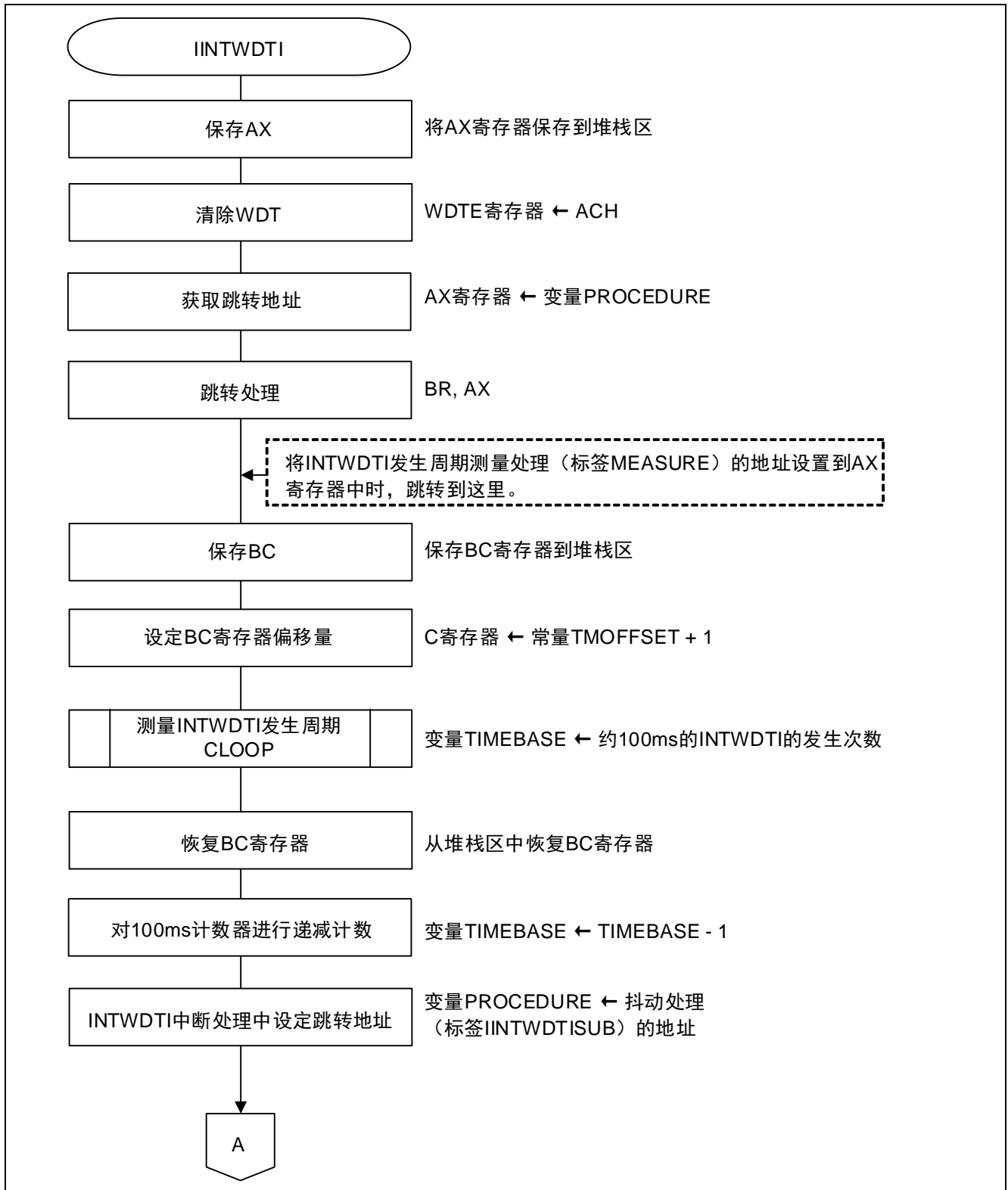


图 4.12 INTWDTI 中断处理函数（1/3）

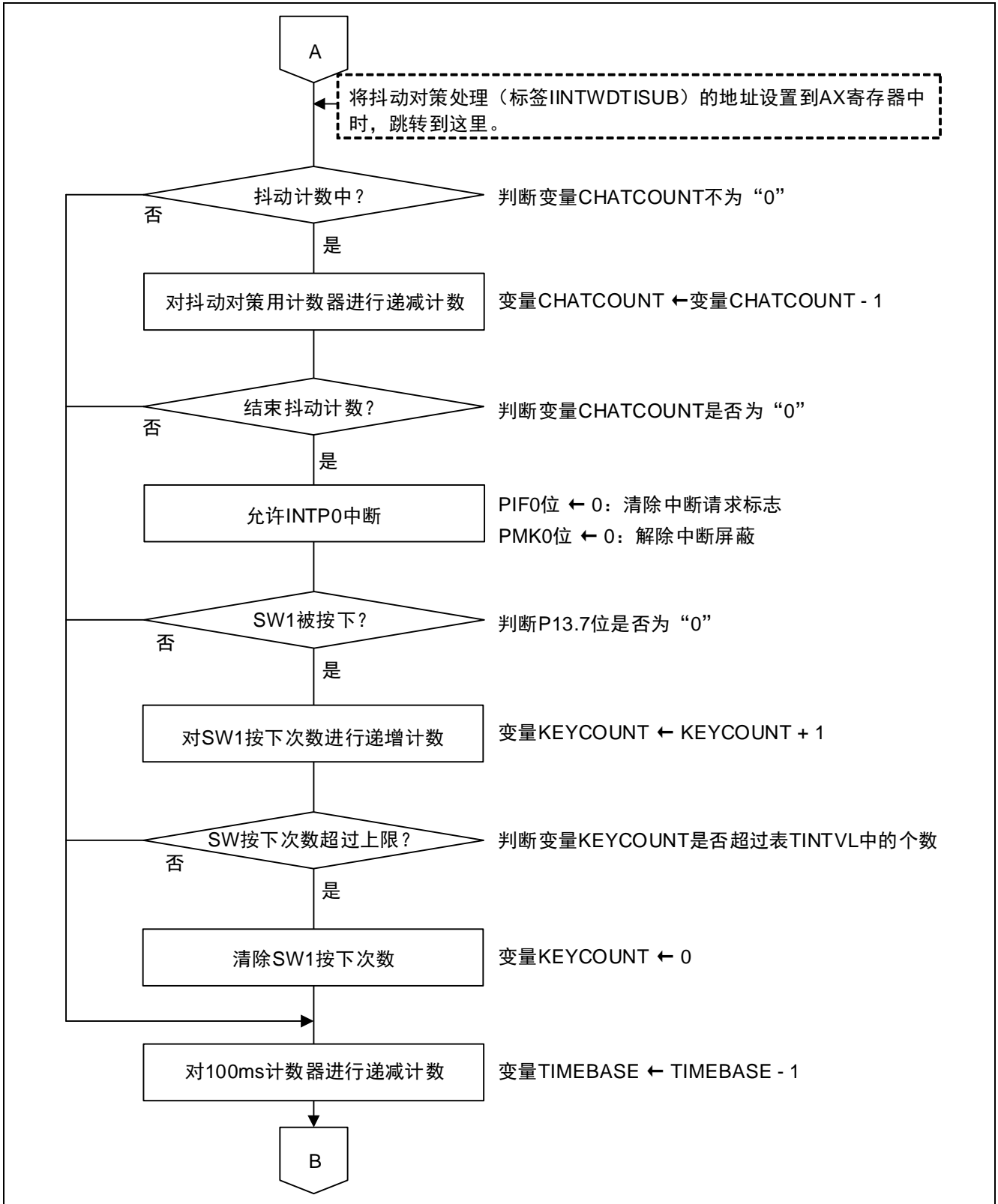


图 4.13 INTWDTI 中断处理函数（2/3）

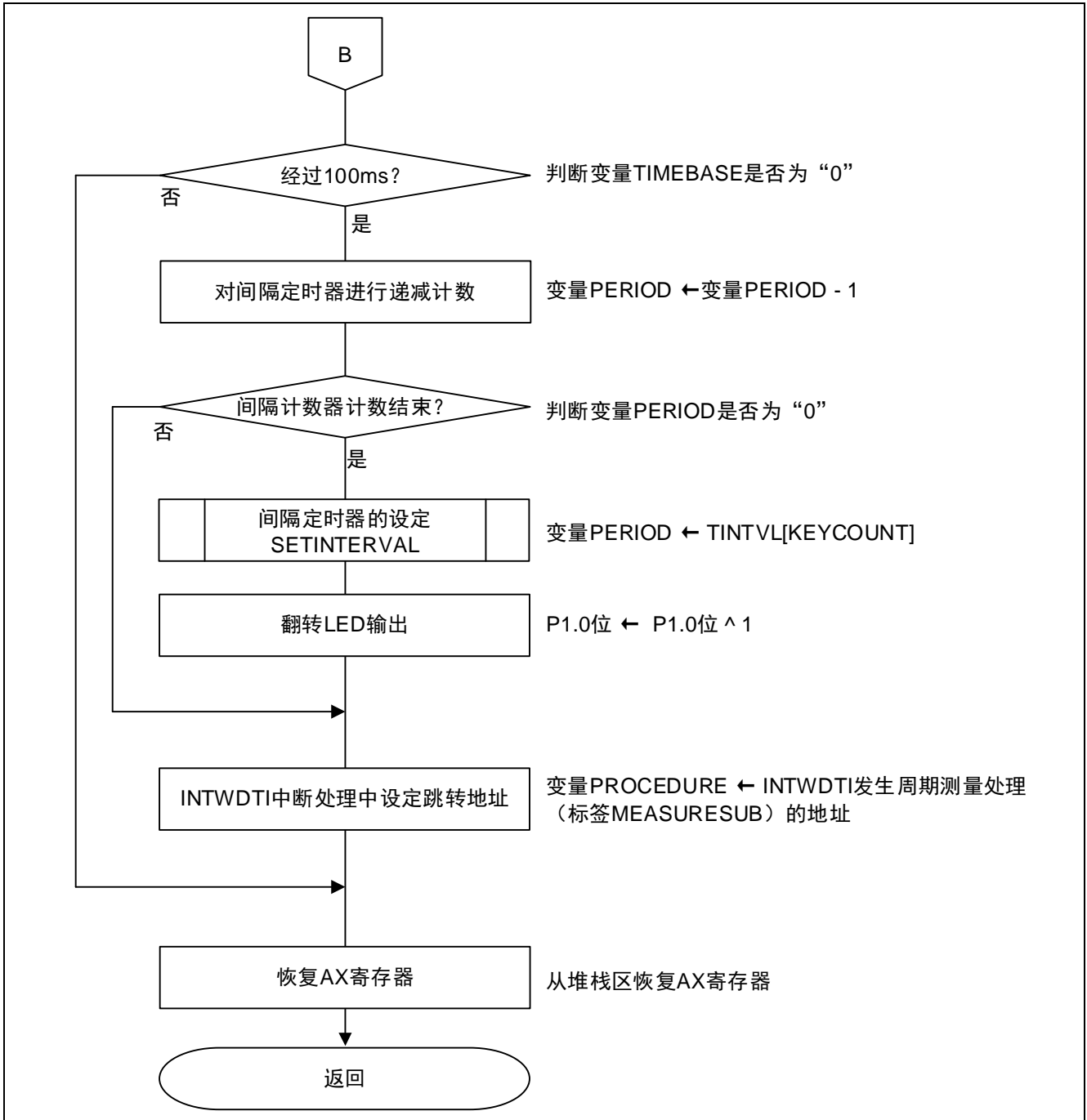


图 4.14 INTWDTI 中断处理函数（3/3）

5. 参考例程

参考例程请从瑞萨电子网页上取得。

6. 参考文献

R7F0C001G/L、R7F0C002G/L 用户手册 硬件篇（R01UH0350C）

RL78 family User's Manual: Software (R01US0015E)

（最新版本请从瑞萨电子网页上取得）

技术信息/技术更新

（最新信息请从瑞萨电子网页上取得）

公司主页和咨询窗口

瑞萨电子主页

- <http://cn.renesas.com/>

咨询

- <http://cn.renesas.com/contact/>
- contact.china@renesas.com

修订记录

Rev.	发行日	修订内容	
		页	要点
1.00	2016.06	一	初版发行

所有商标及注册商标均归其各自所有者所有。

产品使用时的注意事项

本文对适用于单片机所有产品的“使用时的注意事项”进行说明。有关个别的使用时的注意事项请参照正文。此外，如果在记载上有与本手册的正文有差异之处，请以正文为准。

1. 未使用的引脚的处理

【注意】将未使用的引脚按照正文的“未使用引脚的处理”进行处理。

CMOS产品的输入引脚的阻抗一般为高阻抗。如果在开路的状态下运行未使用的引脚，由于感应现象，外加LSI周围的噪声，在LSI内部产生穿透电流，有可能被误认为是输入信号而引起误动作。未使用的引脚，请按照正文的“未使用引脚的处理”中的指示进行处理。

2. 通电时的处理

【注意】通电时产品处于不定状态。

通电时，LSI内部电路处于不确定状态，寄存器的设定和各引脚的状态不定。通过外部复位引脚对产品进行复位时，从通电到复位有效之前的期间，不能保证引脚的状态。

同样，使用内部上电复位功能对产品进行复位时，从通电到达到复位产生的一定电压的期间，不能保证引脚的状态。

3. 禁止存取保留地址（保留区）

【注意】禁止存取保留地址（保留区）

在地址区域中，有被分配将来用作功能扩展的保留地址（保留区）。因为无法保证存取这些地址时的运行，所以不能对保留地址（保留区）进行存取。

4. 关于时钟

【注意】复位时，请在时钟稳定后解除复位。

在程序运行中切换时钟时，请在要切换成的时钟稳定之后进行。复位时，在通过使用外部振荡器（或者外部振荡电路）的时钟开始运行的系统中，必须在时钟充分稳定后解除复位。另外，在程序运行中，切换成使用外部振荡器（或者外部振荡电路）的时钟时，在要切换成的时钟充分稳定后再进行切换。

5. 关于产品间的差异

【注意】在变更不同型号的产品时，请对每一个产品型号进行系统评价测试。

即使是同一个群的单片机，如果产品型号不同，由于内部ROM、版本模式等不同，在电特性范围内有时特性值、动作容限、噪声耐量、噪声辐射量等不同。因此，在变更不认同型号的产品时，请对每一个型号的产品进行系统评价测试。

Notice

1. Descriptions of circuits, software and other related information in this document are provided only to illustrate the operation of semiconductor products and application examples. You are fully responsible for the incorporation of these circuits, software, and information in the design of your equipment. Renesas Electronics assumes no responsibility for any losses incurred by you or third parties arising from the use of these circuits, software, or information.
2. Renesas Electronics has used reasonable care in preparing the information included in this document, but Renesas Electronics does not warrant that such information is error free. Renesas Electronics assumes no liability whatsoever for any damages incurred by you resulting from errors in or omissions from the information included herein.
3. Renesas Electronics does not assume any liability for infringement of patents, copyrights, or other intellectual property rights of third parties by or arising from the use of Renesas Electronics products or technical information described in this document. No license, express, implied or otherwise, is granted hereby under any patents, copyrights or other intellectual property rights of Renesas Electronics or others.
4. You should not alter, modify, copy, or otherwise misappropriate any Renesas Electronics product, whether in whole or in part. Renesas Electronics assumes no responsibility for any losses incurred by you or third parties arising from such alteration, modification, copy or otherwise misappropriation of Renesas Electronics product.
5. Renesas Electronics products are classified according to the following two quality grades: "Standard" and "High Quality". The recommended applications for each Renesas Electronics product depends on the product's quality grade, as indicated below.
"Standard": Computers; office equipment; communications equipment; test and measurement equipment; audio and visual equipment; home electronic appliances; machine tools; personal electronic equipment; and industrial robots etc.
"High Quality": Transportation equipment (automobiles, trains, ships, etc.); traffic control systems; anti-disaster systems; anti-crime systems; and safety equipment etc.
Renesas Electronics products are neither intended nor authorized for use in products or systems that may pose a direct threat to human life or bodily injury (artificial life support devices or systems, surgical implantations etc.), or may cause serious property damages (nuclear reactor control systems, military equipment etc.). You must check the quality grade of each Renesas Electronics product before using it in a particular application. You may not use any Renesas Electronics product for any application for which it is not intended. Renesas Electronics shall not be in any way liable for any damages or losses incurred by you or third parties arising from the use of any Renesas Electronics product for which the product is not intended by Renesas Electronics.
6. You should use the Renesas Electronics products described in this document within the range specified by Renesas Electronics, especially with respect to the maximum rating, operating supply voltage range, movement power voltage range, heat radiation characteristics, installation and other product characteristics. Renesas Electronics shall have no liability for malfunctions or damages arising out of the use of Renesas Electronics products beyond such specified ranges.
7. Although Renesas Electronics endeavors to improve the quality and reliability of its products, semiconductor products have specific characteristics such as the occurrence of failure at a certain rate and malfunctions under certain use conditions. Further, Renesas Electronics products are not subject to radiation resistance design. Please be sure to implement safety measures to guard them against the possibility of physical injury, and injury or damage caused by fire in the event of the failure of a Renesas Electronics product, such as safety design for hardware and software including but not limited to redundancy, fire control and malfunction prevention, appropriate treatment for aging degradation or any other appropriate measures. Because the evaluation of microcomputer software alone is very difficult, please evaluate the safety of the final products or systems manufactured by you.
8. Please contact a Renesas Electronics sales office for details as to environmental matters such as the environmental compatibility of each Renesas Electronics product. Please use Renesas Electronics products in compliance with all applicable laws and regulations that regulate the inclusion or use of controlled substances, including without limitation, the EU RoHS Directive. Renesas Electronics assumes no liability for damages or losses occurring as a result of your noncompliance with applicable laws and regulations.
9. Renesas Electronics products and technology may not be used for or incorporated into any products or systems whose manufacture, use, or sale is prohibited under any applicable domestic or foreign laws or regulations. You should not use Renesas Electronics products or technology described in this document for any purpose relating to military applications or use by the military, including but not limited to the development of weapons of mass destruction. When exporting the Renesas Electronics products or technology described in this document, you should comply with the applicable export control laws and regulations and follow the procedures required by such laws and regulations.
10. It is the responsibility of the buyer or distributor of Renesas Electronics products, who distributes, disposes of, or otherwise places the product with a third party, to notify such third party in advance of the contents and conditions set forth in this document, Renesas Electronics assumes no responsibility for any losses incurred by you or third parties as a result of unauthorized use of Renesas Electronics products.
11. This document may not be reproduced or duplicated in any form, in whole or in part, without prior written consent of Renesas Electronics.
12. Please contact a Renesas Electronics sales office if you have any questions regarding the information contained in this document or Renesas Electronics products, or if you have any other inquiries.
(Note 1) "Renesas Electronics" as used in this document means Renesas Electronics Corporation and also includes its majority-owned subsidiaries.
(Note 2) "Renesas Electronics product(s)" means any product developed or manufactured by or for Renesas Electronics.

以下“注意事项”为从英语原稿翻译的中文译文，仅作参考译文，英文版的“Notice”具有正式效力。

注意事项

1. 本文件中所记载的关于电路、软件和其他相关信息仅用于说明半导体产品的操作和应用实例。用户如在设备设计中应用本文件中的电路、软件和相关信息，请自行负责。对于用户或第三方因使用上述电路、软件或信息而遭受的任何损失，瑞萨电子不承担任何责任。
2. 在准备本文件所记载的信息的过程中，瑞萨电子已尽量做到合理注意，但是，瑞萨电子并不保证这些信息都是准确无误的。用户因本文件中所记载的信息的错误或遗漏而遭受的任何损失，瑞萨电子不承担任何责任。
3. 对于因使用本文件中的瑞萨电子产品或技术信息而造成的侵权行为或因此而侵犯第三方的专利、版权或其他知识产权的行为，瑞萨电子不承担任何责任。本文件所记载的内容不应视为对瑞萨电子或其他人所有的专利、版权或其他知识产权作出任何明示、默示或其它方式的许可及授权。
4. 用户不得更改、修改、复制或其他方式部分或全部地非法使用瑞萨电子的任何产品。对于用户或第三方因上述更改、修改、复制或其他方式非法使用瑞萨电子产品的行为而遭受的任何损失，瑞萨电子不承担任何责任。
5. 瑞萨电子产品根据其质量等级分为两个等级：“标准等级”和“高质量等级”。每种瑞萨电子产品的推荐用途均取决于产品的质量等级，如下所示：
标准等级： 计算机、办公设备、通讯设备、测试和测量设备、视听设备、家用电器、机械工具、个人电子设备以及工业机器人等。
高质量等级： 运输设备（汽车、火车、轮船等）、交通控制系统、防灾系统、预防犯罪系统以及安全设备等。
瑞萨电子产品无意用于且未被授权用于可能对人类生命造成直接威胁的产品或系统及可能造成人身伤害的产品或系统（人工生命维持装置或系统、植埋于体内的装置等）中，或者可能造成重大财产损失的产品或系统（核反应堆控制系统、军用设备等）中。在将每种瑞萨电子产品用于某种特定应用之前，用户应先确认其质量等级。不得将瑞萨电子产品用于超出其设计用途之外的任何应用。对于用户或第三方因将瑞萨电子产品用于其设计用途之外而遭受的任何损害或损失，瑞萨电子不承担任何责任。
6. 使用本文件中记载的瑞萨电子产品时，应在瑞萨电子指定的范围内，特别是在最大额定值、电源工作电压范围、移动电源电压范围、热辐射特性、安装条件以及其他产品特性的范围内使用。对于在上述指定范围之外使用瑞萨电子产品而产生的故障或损失，瑞萨电子不承担任何责任。
7. 虽然瑞萨电子一直致力于提高瑞萨电子产品的质量和可靠性，但是，半导体产品有其自身的具体特性，如一定的故障发生率以及在某些使用条件下会发生故障等。此外，瑞萨电子产品均未进行防辐射设计。所以请采取安全保护措施，以避免当瑞萨电子产品在发生故障而造成火灾时导致人身事故、伤害或损害的事故。例如进行软硬件安全设计（包括但不限于冗余设计、防火控制以及故障预防等）、适当的老化处理或其他适当的措施等。由于难于对微软件单独进行评估，所以请用户自行对最终产品或系统进行安全评估。
8. 关于环境保护方面的详细内容，例如每种瑞萨电子产品的环境兼容性等，请与瑞萨电子的营业部门联系。使用瑞萨电子产品时，请遵守对管制物质的使用或含量进行管理的所有相应法律法规（包括但不限于《欧盟RoHS指令》）。对于因用户未遵守相应法律法规而导致的损害或损失，瑞萨电子不承担任何责任。
9. 不可将瑞萨电子产品和技术用于或者嵌入日本国内或海外相应的法律法规所禁止生产、使用及销售的任何产品或系统中。也不可对本文件中记载的瑞萨电子产品或技术用于与军事应用或者军事用途有关的目的（如大规模杀伤性武器的开发等）。在将本文件中记载的瑞萨电子产品或技术进行出口时，应当遵守相应的出口管制法律法规，并按照上述法律法规所规定的程序进行。
10. 向第三方分销或处分产品或者以其他方式将产品置于第三方控制之下的瑞萨电子产品买方或分销商，有责任事先向上述第三方通知本文件规定的内容和条件；对于用户或第三方因非法使用瑞萨电子产品而遭受的任何损失，瑞萨电子不承担任何责任。
11. 在事先未得到瑞萨电子书面认可的情况下，不得以任何形式部分或全部转载或复制本文件。
12. 如果未对本文件所记载的信息或瑞萨电子产品有任何疑问，或者用户有任何其他疑问，请向瑞萨电子的营业部门咨询。
(注1) 瑞萨电子：在本文件中指瑞萨电子株式会社及其控股子公司。
(注2) 瑞萨电子产品：指瑞萨电子开发或生产的任何产品。



SALES OFFICES

Renesas Electronics Corporation

<http://www.renesas.com>

Refer to "<http://www.renesas.com/>" for the latest and detailed information.

Renesas Electronics America Inc.
2801 Scott Boulevard Santa Clara, CA 95050-2549, U.S.A.
Tel: +1-408-588-8000, Fax: +1-408-588-8130

Renesas Electronics Canada Limited
9251 Yonge Street, Suite 8309 Richmond Hill, Ontario Canada L4C 9T3
Tel: +1-905-237-2004

Renesas Electronics Europe Limited
Dukes Meadow, Millboard Road, Bourne End, Buckinghamshire, SL8 5FH, U.K
Tel: +44-1628-585-100, Fax: +44-1628-585-900

Renesas Electronics Europe GmbH
Arcadialstrasse 10, 40472 Düsseldorf, Germany
Tel: +49-211-6503-0, Fax: +49-211-6503-1327

Renesas Electronics (China) Co., Ltd.
Room 1709, Quantum Plaza, No.27 ZhiChunLu Haidian District, Beijing 100191, P.R.China
Tel: +86-10-8235-1155, Fax: +86-10-8235-7679

Renesas Electronics (Shanghai) Co., Ltd.
Unit 301, Tower A, Central Towers, 555 Langa Road, Putuo District, Shanghai, P. R. China 200333
Tel: +86-21-2226-0888, Fax: +86-21-2226-0999

Renesas Electronics Hong Kong Limited
Unit 1601-1611, 16/F., Tower 2, Grand Century Place, 193 Prince Edward Road West, Mongkok, Kowloon, Hong Kong
Tel: +852-2265-8688, Fax: +852-2886-9022

Renesas Electronics Taiwan Co., Ltd.
13F, No. 363, Fu Shing North Road, Taipei 10543, Taiwan
Tel: +886-2-8175-9600, Fax: +886-2-8175-9670

Renesas Electronics Singapore Pte. Ltd.
80 Bendemeer Road, Unit #05-02 Hyflux Innovation Centre, Singapore 339949
Tel: +65-6213-0200, Fax: +65-6213-0300

Renesas Electronics Malaysia Sdn.Bhd.
Unit 1207, Block B, Menara Amcorp, Amcorp Trade Centre, No. 18, Jin Persiaran Barat, 46050 Petaling Jaya, Selangor Darul Ehsan, Malaysia
Tel: +60-3-7955-9390, Fax: +60-3-7955-9510

Renesas Electronics India Pvt. Ltd.
No.777C, 100 Feet Road, HAL II Stage, Indiranagar, Bangalore, India
Tel: +91-80-67208700, Fax: +91-80-67208777

Renesas Electronics Korea Co., Ltd.
12F., 234 Teheran-ro, Gangnam-Gu, Seoul, 135-080, Korea
Tel: +82-2-558-3737, Fax: +82-2-558-5141