
R7F0C807

R01AN2004CC0110

Rev.1.10

2014.9.30

直流无刷电机控制

要点

本篇应用说明介绍了 R7F0C807 单片机在直流无刷电机控制中的应用。

对象 MCU

R7F0C807

本篇应用说明也适用于其他与上面所述的群具有相同 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
2. 动作确认条件	4
3. 硬件说明	5
3.1 硬件配置示例	5
3.2 使用引脚一览	6
3.3 外围功能说明	6
4. 电机控制方式	9
4.1 带霍尔传感器的直流无刷电机的 120°导通控制	9
4.2 速度 PI 控制	11
5. 软件说明	13
5.1 操作概要	13
5.2 选项字节设置一览	14
5.3 常量一览	14
5.4 变量一览	15
5.5 函数一览	16
5.6 函数说明	16
5.7 流程图	22
5.7.1 初始化函数	22
5.7.2 系统函数	23
5.7.3 初始化端口	24
5.7.4 TAU0 的初始设置	28
5.7.5 RTO 的初始设置	43
5.7.6 外部中断的初始设置	47
5.7.7 A/D 的初始设置	51
5.7.8 主函数处理	55
5.7.9 按键消抖函数处理	56
5.7.10 启动电机函数处理	57
5.7.11 停止电机函数处理	58
5.7.12 电流检测函数处理	58
5.7.13 转速计算函数处理	59
5.7.14 PI 控制函数处理	59
5.7.15 中断处理	60
6. 参考例程	62
7. 参考文献	62
公司主页和咨询窗口	错误!未定义书签。

1. 规格

本篇应用说明介绍了使用 R7F0C807 单片机的 RTO 功能模块，输出 6 路 PWM 控制信号控制直流无刷电机的应用。

相关外围功能及用途，请参见“表 1.1”。

表 1.1 相关外围功能和用途

外围功能	用途
TAU00,TAU01	产生 PWM 波形
TAU02	间隔计数
TAU03	1ms 定时器，每 5ms 进行一次 PI 速度控制
P00/RTIO00 P01/RTIO01 P02/RTIO02 P03/RTIO03 P04/RTIO04 P05/RTIO05	6 路 PWM 输出
P137/INTP0	强制截止输入 (INTP0)
P11/INTP1 P15/INTP2 P14/INTP3	霍尔信号输入 (霍尔 a, 霍尔 b, 霍尔 c)
A/D 转换器	电机转速设定和电机电流检测
P13	电机启动/停止
P10	电机方向控制

相关内容请参考“3.硬件说明”中的“图 3.1 硬件配置框图”。

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	R7F0C807
工作频率	高速内部振荡器 (HOCO) 时钟: 20MHz CPU/外围功能时钟: 20MHz
工作电压	5.0V (工作电压范围: 4.5V~5.5V) SPOR 检测电压 (V_{SPOR}): 上升沿 4.28V (典型值), 下降沿 4.00V (最小值)
集成开发环境	CubeSuite+ V2.01.00 (瑞萨电子开发)
C 编译器	CA78K0R V1.60 (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”。

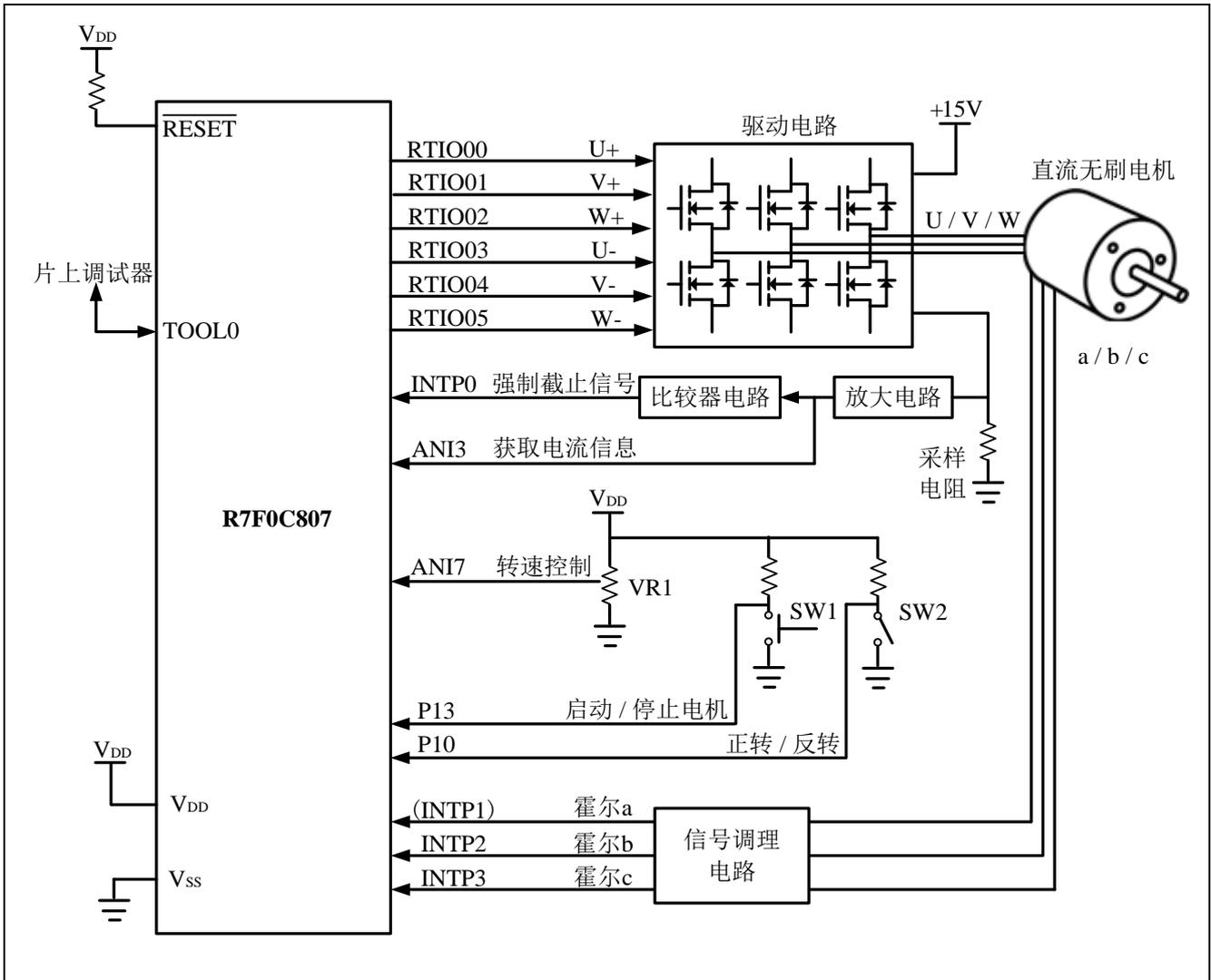


图 3.1 硬件配置框图

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. 请将 V_{DD} 电压值保持在 SPOR 设定的复位解除电压（V_{SPOR}）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
RTIO00	输出	PWM 输出，输出 U+信号
RTIO01	输出	PWM 输出，输出 V+信号
RTIO02	输出	PWM 输出，输出 W+信号
RTIO03	输出	PWM 输出，输出 U-信号
RTIO04	输出	PWM 输出，输出 V-信号
RTIO05	输出	PWM 输出，输出 W-信号
INTP0	输入	强制截止功能的触发信号
(INTP1)	输入	检测霍尔 a 信号输入
INTP2	输入	检测霍尔 b 信号输入
INTP3	输入	检测霍尔 c 信号输入
ANI7	输入	电机转速值设定（模拟值）
ANI3	输入	采样电阻的电压采集，检测电机电流信息
P13	输入	启动 / 停止按键
P10	输入	电机旋转方向信号输入

3.3 外围功能说明

相关外围功能及用途，请参见“表 3.2”。

表 3.2 相关外围功能和用途

外围功能	用途
定时器阵列单元 TAU0	<ul style="list-style-type: none"> • PWM 波形产生 • 自由计数定时器（转速计算） • 1ms 间隔定时器
实时输出 RTO	输出 6 路 PWM 波形驱动电机
外部中断（INTP0, INTP1, INTP2, INTP3）	<ul style="list-style-type: none"> • 强制截止信号输入 • 霍尔传感器的位置信号输入（位置检测）
A/D 转换器（ANI3, ANI7）	<ul style="list-style-type: none"> • 采样电阻的电压采集 • 转速控制值设定
I/O 端口（P10, P13）	<ul style="list-style-type: none"> • 旋转方向输入信号 • 电机启动/停止输入信号

(1) 定时器阵列单元 TAU0

(a) PWM 波形产生(TAU00, TAU01)

定时器阵列单元通道 0 和通道 1,使用 PWM 输出模式,通道 0 作为主通道,通道 1 作为从属通道。PWM 波形从通道 1 输出,并作为实时输出模块 RTO 的输入源。

(b) 自由计数定时器(TAU02)

定时器阵列单元通道 2 使用间隔计数模式,产生自由计数定时器(转速计算),但不使用中断功能。

(c) 1ms 间隔定时器(TAU03)

定时器阵列单元通道 3 使用间隔计数模式,产生 1ms 定时,使用中断。

表 3.3 定时器阵列单元通道使用情况

通道	内容
通道 0	产生 PWM 波形的主通道
通道 1	产生 PWM 波形的从属通道
通道 2	自由计数定时器(转速计算)
通道 3	1ms 间隔定时器

(2) 实时输出 RTO

实时输出模块 RTO,以定时器阵列单元通道 1 作为输入源,对定时器阵列单元 0 通道 1 产生的 PWM 波形进行各种输出控制(如:正向输出、反向输出;输出“高”、输出“低”,输出“高阻态”),从而实现了对电机的控制。

表 3.4 电机控制信号和实时输出对应引脚

实时输出的引脚	电机控制信号
RTIO00	U+
RTIO01	V+
RTIO02	W+
RTIO03	U-
RTIO04	V-
RTIO05	W-

(3) 中断

外部中断 INTP0 用于过流检测，当电机电流超过参考值时，触发 INTP0 中断，实时输出 RTO 输出“低”电平强制截止电机转动，起到保护电机的作用。

外部中断 INTP1, INTP2, INTP3 用于霍尔传感器的位置检测，霍尔传感器信号输入到 3 个外部中断对应端口，并在外部中断中切换电机的动作时序，维持电机的转动。

表 3.5 系统中使用的中断

通道	内容
INTP0	电机过流检测（下降沿）
INTP1	检测霍尔信号 a（双边沿）
INTP2	检测霍尔信号 b（双边沿）
INTP3	检测霍尔信号 c（双边沿）
INTTM03	1ms 定时中断

(4) A/D 转换器

通过 A/D 转换器得到目标转速输入和采样电阻电压。

设置 A/D 转换精度是 10 位，转换速度是每个通道 3.4us，转换输入的最小值如下“表 3.6”所示。

表 3.6 A/D 转换器对应关系

项目	A/D 转换的控制值（1 位）	通道
转速控制值	2500 [rpm] / 1024 = 2.44 [rpm] (A/D 控制值为 0 时，对应最小转速：500 [rpm]) 转速范围：500 [rpm] ~ 3000 [rpm]	ANI7
采样电阻电压	15 [V] / 1024 = 0.0146 [V]	ANI3

4. 电机控制方式

以下介绍带霍尔传感器的直流无刷电机的 120°导通控制和速度 PI 控制。

4.1 带霍尔传感器的直流无刷电机的 120°导通控制

在此系统中，霍尔传感器检测永磁体的位置，然后单片机 R7F0C807 从霍尔传感器的信号得到位置信息。

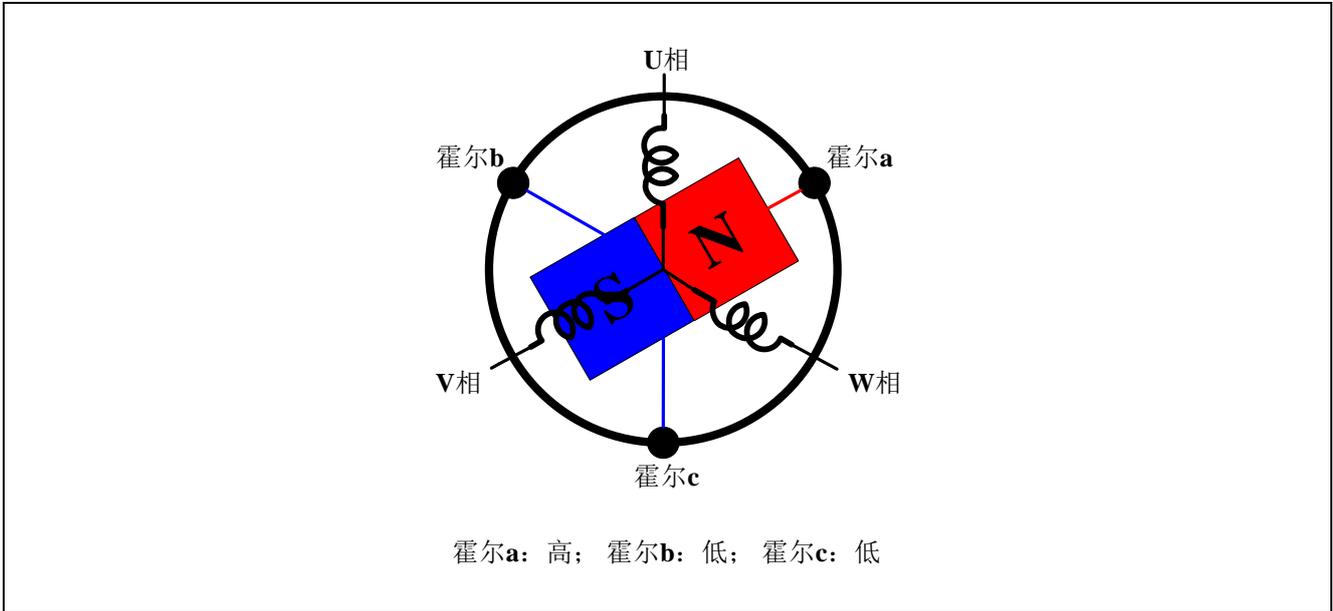


图 4.1 霍尔传感器位置和位置信号示例

如图 4.1 所示，3 个霍尔传感器之间的间隔是 120°，每个霍尔信号依据旋转磁极的方向进行切换。根据 3 个霍尔信号的状态，就能在每 60°（每个周期有 6 种模式）得到一次位置信息。

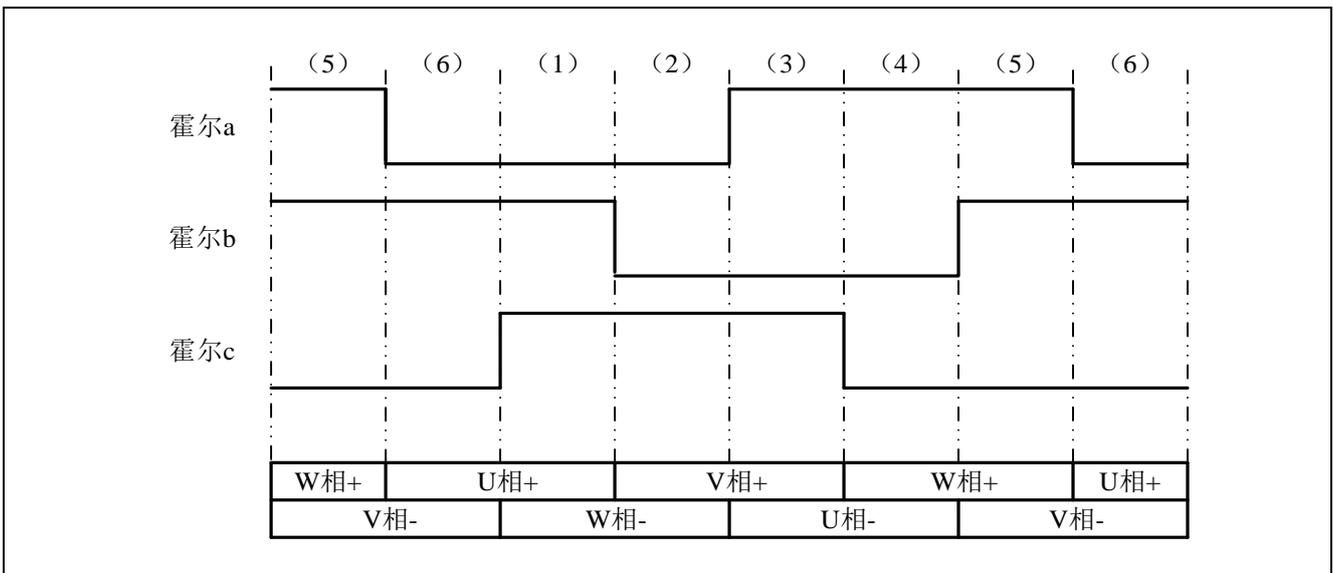


图 4.2 霍尔信号和导通模式的关系

如果每相的导通模式按照图 4.2 中霍尔信号的时序进行改变切换，那么旋转磁通就会按图 4.3 那样产生，从而转子得到力矩并且旋转。

由于每个开关器件的导通区间是 120°，所以这种控制方法被称为 120°导通控制。

以上提到的 6 种导通模式和转子位置范围如图 4.3 所示。

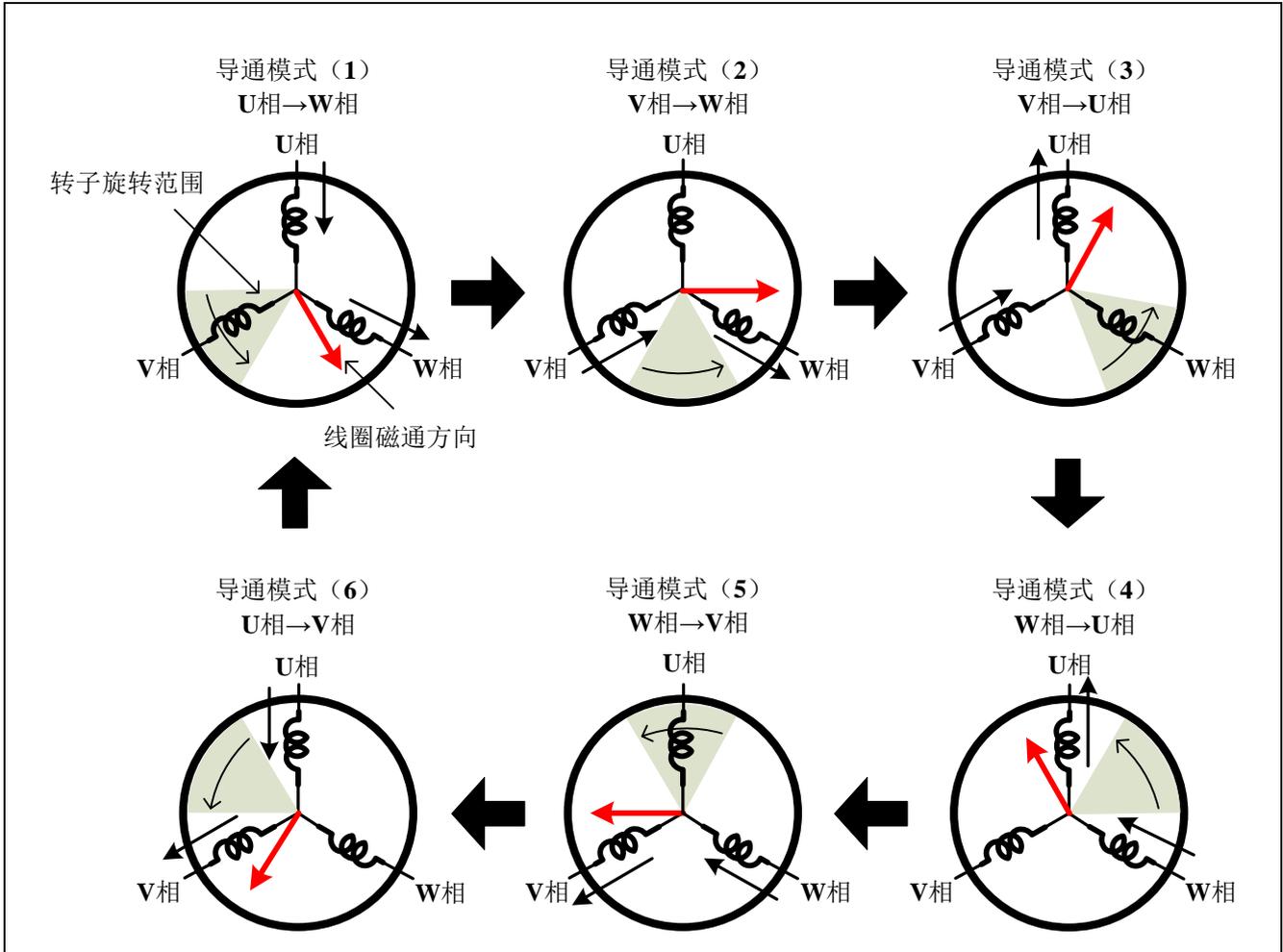


图 4.3 六种导通模式和转子位置的范围

- 补充：1. 如图 4.3 所示，霍尔信号和导通模式的这种关系适用于本系统。电机的规格不同的时候，请设置成相应系统的导通模式。
2. 在 120°导通控制中，一个周期只产生 6 种导通模式，理论上讲，必然会产生转矩脉冲。

4.2 速度 PI 控制

在本系统中，电机旋转速度的计算，是从当前定时器的计数值和 2π [rad] 之前的定时器计数值之差得到的。定时器计数值是通过霍尔信号触发的外部中断获得，在此期间定时器 TAU02 一直进行自由计数。这种测速方法，即使 3 个霍尔传感器存在位置偏差，也同样适用。

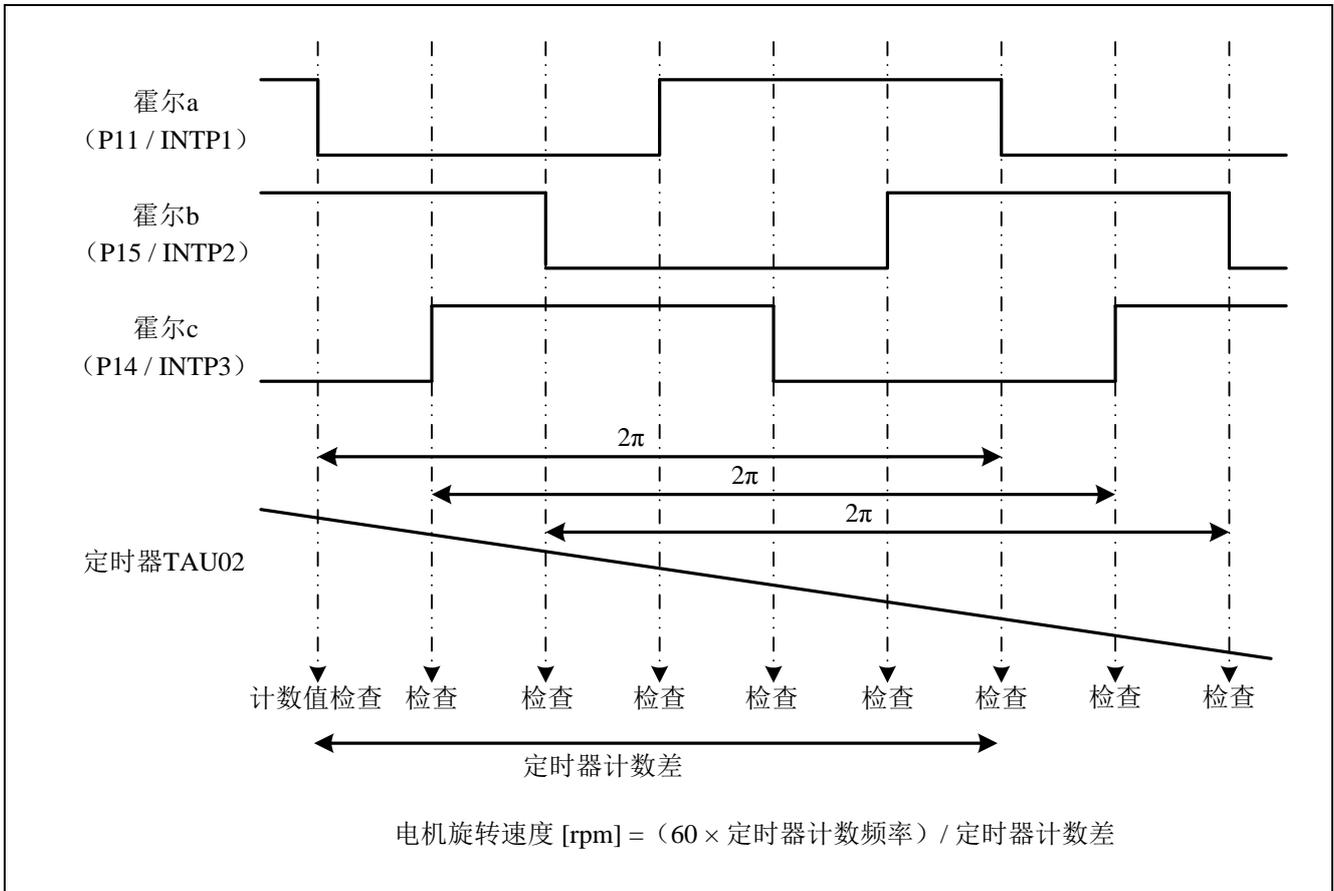


图 4.4 电机旋转速度的计算方法

本系统采用 PI 控制进行速度的控制。任意时刻 (n)，占空比的调整值由以下公式计算得到，从而实现电机旋转速度的调节。

$$\Delta \text{duty} = K_P \times (\text{err} [n] - \text{err} [n-1]) + K_I \times \text{err} [n]$$

Δduty : 占空比调整值 err : 旋转速度控制值和旋转速度计算值的偏差

K_P : 比例项系数 K_I : 积分项系数

本系统中，为了启动电机并且获取转子的位置信息，需要向电机提供一个 60° 的启动时序。以此触发霍尔信号对应的外部中断，并不断进行换相控制，从而让电机转动起来，如下图 4.5 所示。

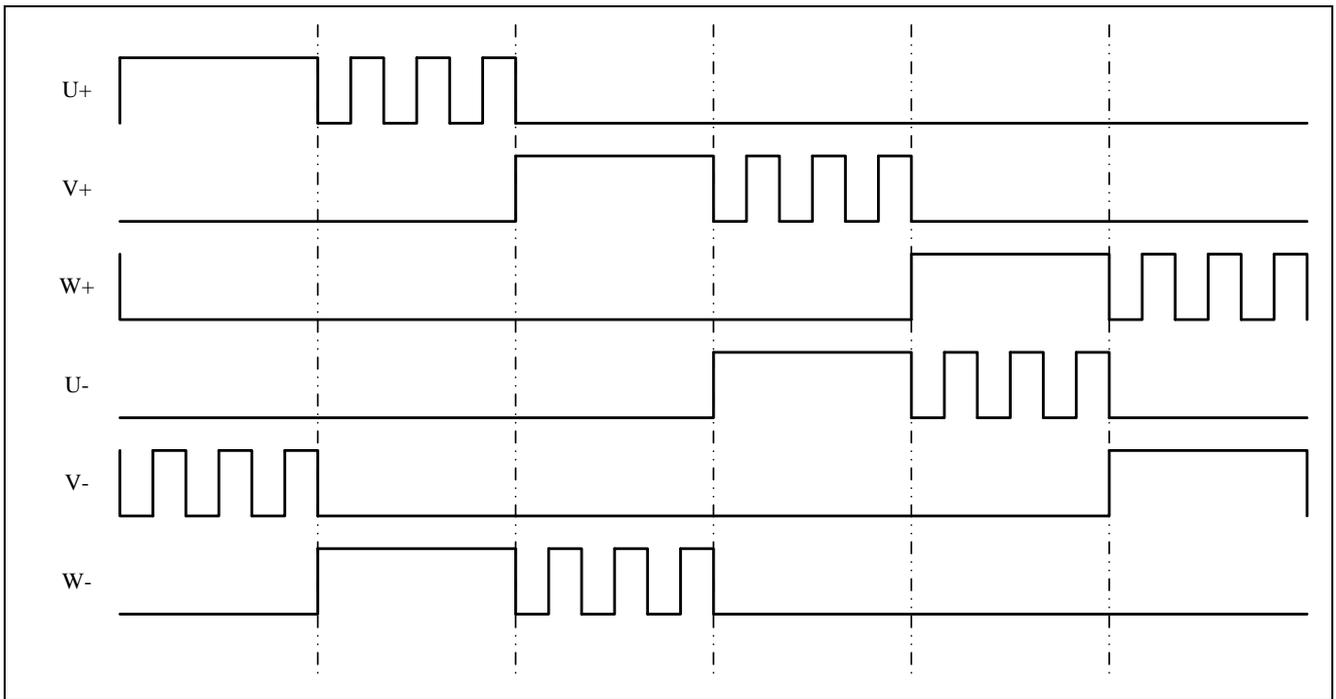


图 4.5 电机启动时序

5. 软件说明

5.1 操作概要

本篇应用说明中，单片机 R7F0C807 通过 3 路具有中断触发功能的输入端口来采集霍尔传感器的输出信号；6 路 RTO 输出端口用于输出驱动电机转动的换向电平。霍尔传感器的输出信号作为中断触发源，在每个中断处理子程序中进行换相控制，通过变换 6 路 RTO 输出端口的状态驱动电机转动；INTP0 作为强制截止信号专属输入端口，当外部信号触发 INTP0 时，6 路 RTO 输出端口自动输出预先设定好的截止电平来停止电机转动。

- (1) 系统初始化：初始化端口、定时器阵列单元 TAU、实时输出 RTO、外部中断和 A/D 转换模块。
- (2) 启动 / 停止电机：在电机停止状态下，如果启动 / 停止按键（SW1）按键被按下，RTO 输出 PWM 信号控制电机以 500rpm 转速启动，霍尔传感器的输出信号作为中断触发源，每个中断处理子程序进行换相控制，并使能转速测量部分，计算当前转速。再次按下 SW1，电机停止运行。
- (3) 电流检测：电机启动后，A/D 端口 ANI3 通过采集采样电阻的电压值（经过了放大器），对电机电流进行实时检测（用户可根据需要输出显示电流信息）。
- (4) 转速控制：调节 VR1 旋钮，通过 A/D 端口 ANI7 采集对应电压值获取目标转速。对应程序每 5ms 进行一次速度 PI 控制，通过调节 6 路 RTO 的输出 PWM 信号占空比使电机转速和目标转速达到一致。
- (5) 过流保护：电机转动过程中，如果电流超出对应参考值，将会触发 INTP0 中断，同时，RTO 进入强制截止模式，从而保护电机；再次启动电机，强制截止模式解除。

5.2 选项字节设置一览

选项字节的设置，请参见“表 5.1”。

表 5.1 选项字节设置

地址	设定值	内容
000C0H	11101110B	看门狗定时器动作停止（复位后，计数停止）
000C1H	11110011B	SPOR 检测电压：上升沿 4.28V（典型值），下降沿 4.00V（最小值） P125/KR1/RESET 引脚：用作复位功能
000C2H	11111001B	HOCO: 20MHz
000C3H	10000101B	允许片上调试

5.3 常量一览

参考例程中使用的常量，请参见“表 5.2”。

表 5.2 参考例程使用的常量

常量	设定值	内容
PCLK	20000000	PCLK (20MHz)
CARRIER	15000	载波周期 (15KHz)
PWM_INI_DUTY	165	PWM 初始占空比值 (500rpm)
PWM_INI_PERIOD	PCLK / CARRIER	PWM 周期对应数值 (15KHz)
TAU02_FREQ	156000	TAU02 计数频率 (Hz)
KP_CONST	8	比例系数: $8 = (0.00008) * KP_KI_RATIO$
KI_CONST	120	积分系数: $120 = (0.0012) * KP_KI_RATIO$
KP_KI_RATIO	100000	比例积分系数放大倍数 (消除浮点运算)
MAX_REV	3000	最大旋转速度 (rpm)
MIN_REV	500	最小旋转速度 (rpm)
MAX_DUTY	385	最大占空比值 (3000rpm)
NOW	0	当前状态
PAST1	1	前一次状态
ADC_VR1	7	VR1 对应的 ANI 端口 (ANI7)
ADC_VSENSE	3	采样电阻对应的 ANI 端口 (ANI3)
VCC_REF	5000	A/D 的参考电压 (5000mV)
R_SENSE	510	采样电阻的阻值 (510mΩ)
SPEED_OVERSIZE_LIMIT	144	判断当前转速值 (uint16_t 类型) 是否溢出
PORT_START_STOP	P13	输入端口 (启动 / 停止)
PORT_DIRECTION	P10	输入端口 (正转 / 反转)
RTOOUTC0_Table[]	(0x10,0x01, 0x20,0x82, 0x48,0x04)	电机正转时序: 正向切换 6 种导通模式 电机反转时序: 反向切换 6 种导通模式 (同时切换 RTOOUTC0_Table[] 和 RTOOUTC1_Table[])
RTOOUTC1_Table[]	(0x01,0x20, 0x02,0x00, 0x00,0x10)	电机正转时序: 正向切换 6 种导通模式 电机反转时序: 反向切换 6 种导通模式 (同时切换 RTOOUTC0_Table[] 和 RTOOUTC1_Table[])

5.4 变量一览

参考例程中使用的全局变量，请参见“表 5.3”。

表 5.3 全局变量

类型	变量名	内容	使用的函数
uint8_t	g_motor_run_flag	电机运行状态标志	mtr_tau03_interrupt() mtr_start_motor() mtr_stop_motor()
uint8_t	g_shutdown_flag	电机强制截止标志	main() mtr_start_motor() mtr_over_current_interrupt()
uint8_t	g_pi_flag	PI 控制标志	main() mtr_tau03_interrupt() mtr_pi_ctrl_speed()
uint8_t	g_1msec_timer	1ms 定时计数值	mtr_tau03_interrupt() Delay_1ms()
int16_t	g_duty	当前占空比数值	mtr_start_motor() mtr_pi_ctrl_speed() TAU0_PWM_Duty()
uint16_t	g_speed_current	当前转速 (rpm)	mtr_speed_calc() mtr_pi_ctrl_speed()

5.5 函数一览

参考例程中使用的函数，请参见“表 5.4”。

表 5.4 函数

函数名	概要
System_Ini	系统各个模块初始化
PORT_Ini	端口 PORT 初始化
TAU0_Ini	定时器阵列单元 TAU 初始化
RTO_Ini	实时输出 RTO 初始化
INTP_Ini	外部中断 INTP 初始化
AD_Ini	A/D 转换初始化
main	主函数
TAU0_PWM_Duty	修改占空比函数
Delay_1ms	延时 $n \times 1\text{ms}$ 函数
mtr_start_motor	电机启动函数
mtr_stop_motor	电机停止函数
mtr_current_detect	电流检测函数
mtr_over_current_interrupt	强制截止中断函数
mtr_hall_a_interrupt	外部中断 INTP1 处理函数
mtr_hall_b_interrupt	外部中断 INTP2 处理函数
mtr_hall_c_interrupt	外部中断 INTP3 处理函数
mtr_tau03_interrupt	TAU03, 1ms 定时中断处理函数
mtr_speed_calc	电机转速测量函数
mtr_pi_ctrl_speed	电机转速 PI 控制函数
mtr_get_adc	A/D 采集函数
mtr_eliminate_buffeting	按键消抖函数

5.6 函数说明

本节对参考例程中使用的函数进行说明。

[函数名] System_Ini

概要	系统模块初始化
头文件	main.h
声明	void System_Ini(void)
说明	初始化端口、定时器阵列单元 TAU、实时输出 RTO、外部中断和 A/D 转换模块。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] PORT_Ini

概要	PORT 初始化
头文件	main.h
声明	void PORT_Ini(void)
说明	初始化各个 I/O 端口的状态。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] TAU0_Ini

概要	TAU0 初始化
头文件	tau0.h
声明	void TAU0_Ini(void)
说明	设置 TAU00、TAU01 为 PWM 输出模式，TAU02 为间隔计数模式（自由计数），TAU03 为间隔计数模式（1ms 定时中断）。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] RTO_Ini

概要	RTO 初始化
头文件	rto.h
声明	void RTO_Ini(void)
说明	将 TAU01 输出的 PWM 波形作为 RTIO00~RTIO05 的输入源，并使能强制截止。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] INTP_Ini

概要	INTP 初始化
头文件	intp.h
声明	void INTP_Ini(void)
说明	设置 INTP0 为下降沿触发中断，INTP1、2、3 为双边沿触发中断。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] AD_Ini

概要	A/D 初始化
头文件	ad.h
声明	void AD_Ini(void)
说明	设置为 10 位精度。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] main

概要	主函数
头文件	main.h, userdefine.h, tau0.h, ad.h, rto.h, intp.h, pi.h
声明	void main(void)
说明	电机启动/停止的按键控制，电流检测等操作。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] TAU0_PWM_Duty

概要	调整占空比
头文件	tau0.h, pi.h
声明	void TAU0_PWM_Duty (uint16_t u_duty)
说明	调整 TAU01 对应占空比寄存器的数值。
参数	u_duty: 占空比值
返回值	无
参考	无

[函数名] Delay_1ms

概要	延时
头文件	pi.h
声明	void Delay_1ms(uint8_t n)
说明	延时 $n \times 1\text{ms}$
参数	n: n 个 1ms
返回值	无
参考	无

[函数名] mtr_start_motor

概要	启动电机（500rpm）
头文件	pi.h, main.h
声明	void mtr_start_motor(void)
说明	启动 / （停止）键按下，启动 TAU0 四个通道，判断电机旋转方向，并以 500rpm 转速启动电机。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] mtr_stop_motor

概要	停止电机
头文件	pi.h, main.h
声明	void mtr_stop_motor(void)
说明	（启动） / 停止键按下，停止 TAU0 四个通道，电机停止转动。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] mtr_current_detect

概要	检测电机的电流信息
头文件	ad.h, main.h
声明	void mtr_current_detect(void)
说明	A/D 采集采样电阻的阻值，通过计算，转换成对应的电流值（mA）。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] mtr_over_current_interrupt

概要	强制截止中断处理
头文件	intp.h
声明	void mtr_over_current_interrupt(void)
说明	电流过大，导致 INTPO 中断响应后，RTO 自动进入强制截止状态，停止电机转动。用户可根据需要添加其他处理。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] mtr_hall_a_interrupt

概要	外部中断 INTP1 处理
头文件	intp.h
声明	void mtr_hall_a_interrupt(void)
说明	霍尔 a 信号的边沿触发，切换电机导通模式（RTO 的输出状态），并使能速度测量标志。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] mtr_hall_b_interrupt

概要	外部中断 INTP2 处理
头文件	intp.h
声明	void mtr_hall_b_interrupt(void)
说明	霍尔 b 信号的边沿触发，切换电机导通模式（RTO 的输出状态），并使能速度测量标志。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] mtr_hall_c_interrupt

概要	外部中断 INTP3 处理
头文件	intp.h
声明	void mtr_hall_c_interrupt(void)
说明	霍尔 c 信号的边沿触发，切换电机导通模式（RTO 的输出状态），并使能速度测量标志。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] mtr_tau03_interrupt

概要	TAU03 的 1ms 定时中断处理函数
头文件	tau0.h
声明	void mtr_tau03_interrupt(void)
说明	1ms 计数，每 5ms 将 PI 控制标志使能，从而执行速度 PI 控制。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] mtr_speed_calc

概要	测量电机当前转速
头文件	pi.h, intp.h
声明	void mtr_speed_calc(void)
说明	每一次 INTP1、INTP2、INTP3 中断，执行一次转速测量。通过 TAU02 的计数值计算出当前转速。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] mtr_pi_ctrl_speed

概要	速度 PI 控制
头文件	pi.h, main.h
声明	void mtr_pi_ctrl_speed(void)
说明	5ms 进行一次速度 PI 控制，使电机当前转速速度和 VR1 得到目标转速一致。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] mtr_get_adc

概要	A/D 采集
头文件	ad.h, pi.h
声明	uint16_t mtr_get_adc(uint8_t ad_ch)
说明	采集通道 ANI3（采样电阻的电压信号）和通道 ANI7（VR1 电压信号）。
参数	ad_ch: A/D 采样通道（3 或 7）
返回值	ad_temp: A/D 采样值
参考	无

[函数名] mtr_eliminate_buffeting

概要	按键消抖处理
头文件	tau0.h, main.h
声明	uint8_t mtr_eliminate_buffeting(void)
说明	启动 / 停止按键的消抖。
参数	无
返回值	button_flag: 有效按键判断。0（无效按键）；1（有效按键）
参考	无

5.7 流程图

5.7.1 初始化函数

初始化函数的流程，请参见“图 5.1”。

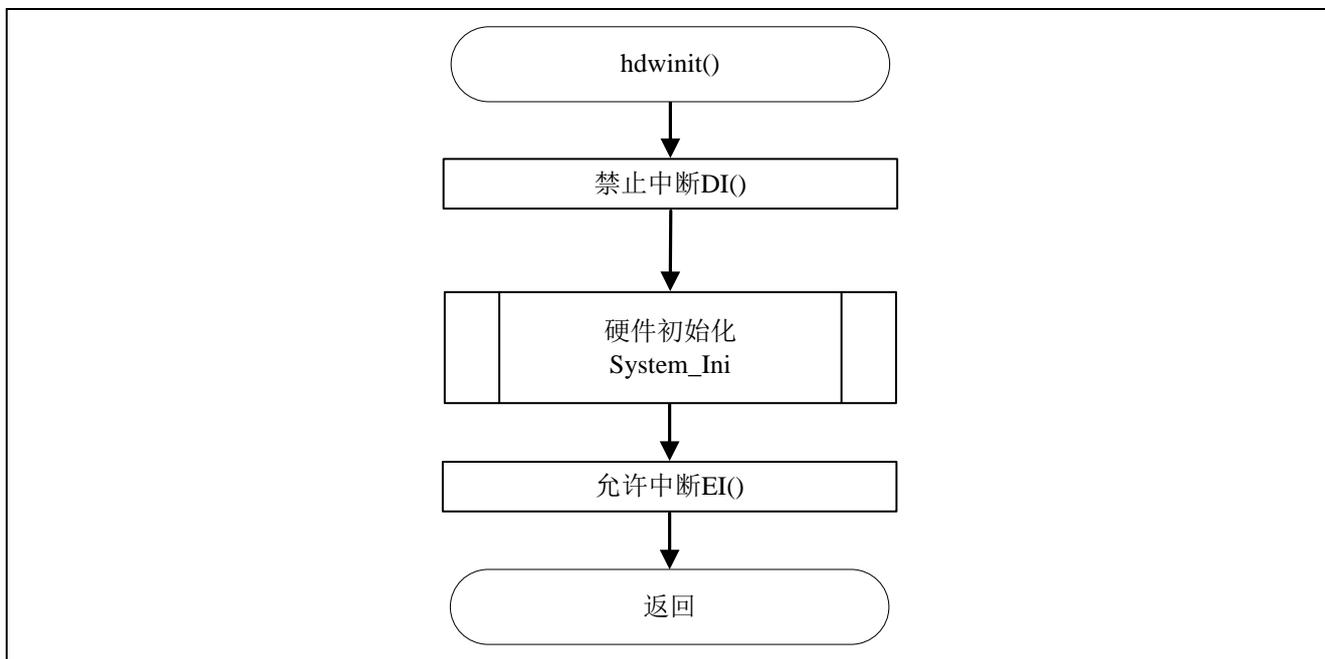


图 5.1 初始化函数

5.7.2 系统函数

系统函数的流程，请参见“图 5.2”。

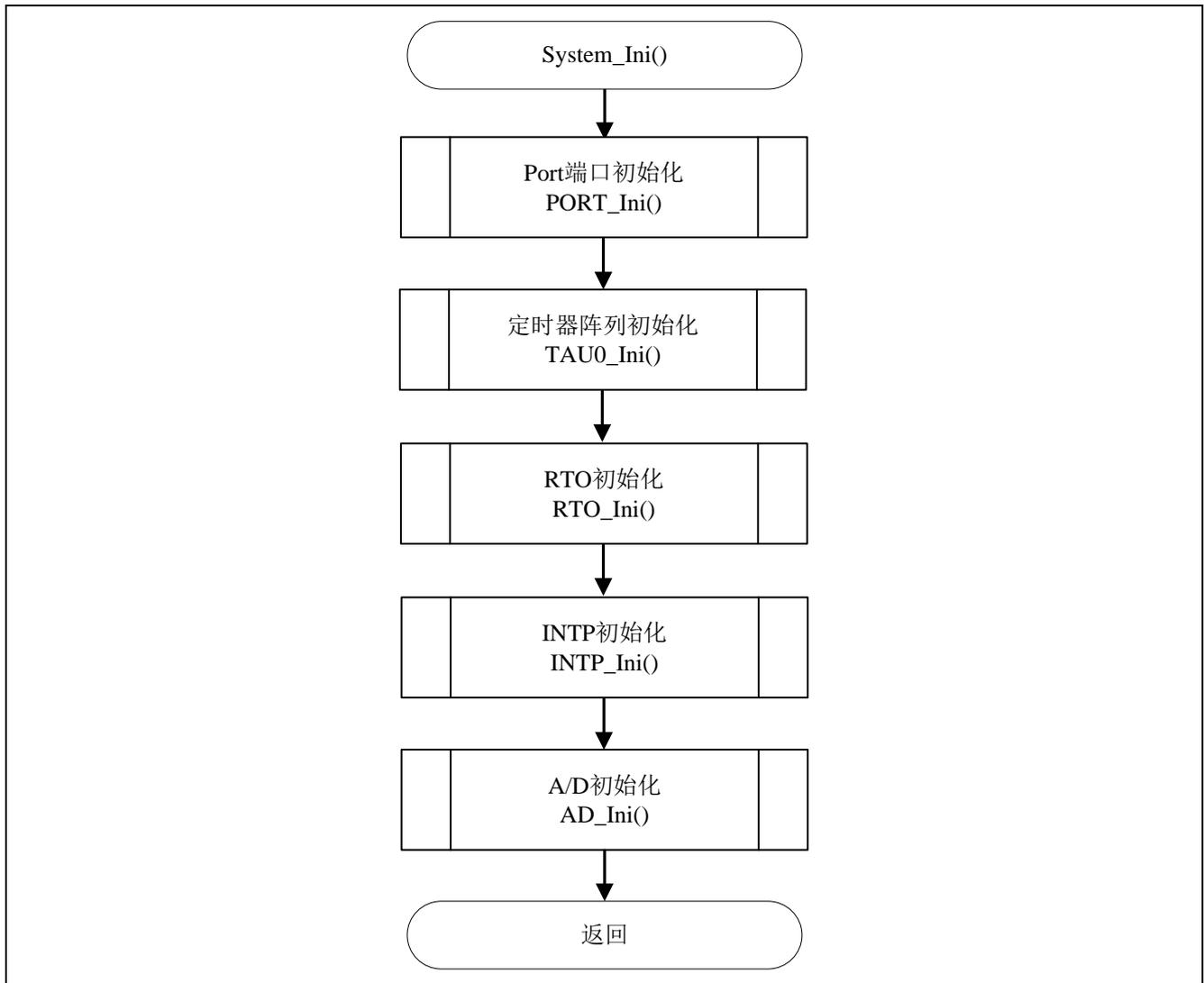


图 5.2 系统函数

5.7.3 初始化端口

初始化端口的流程，请参见“图 5.3”。

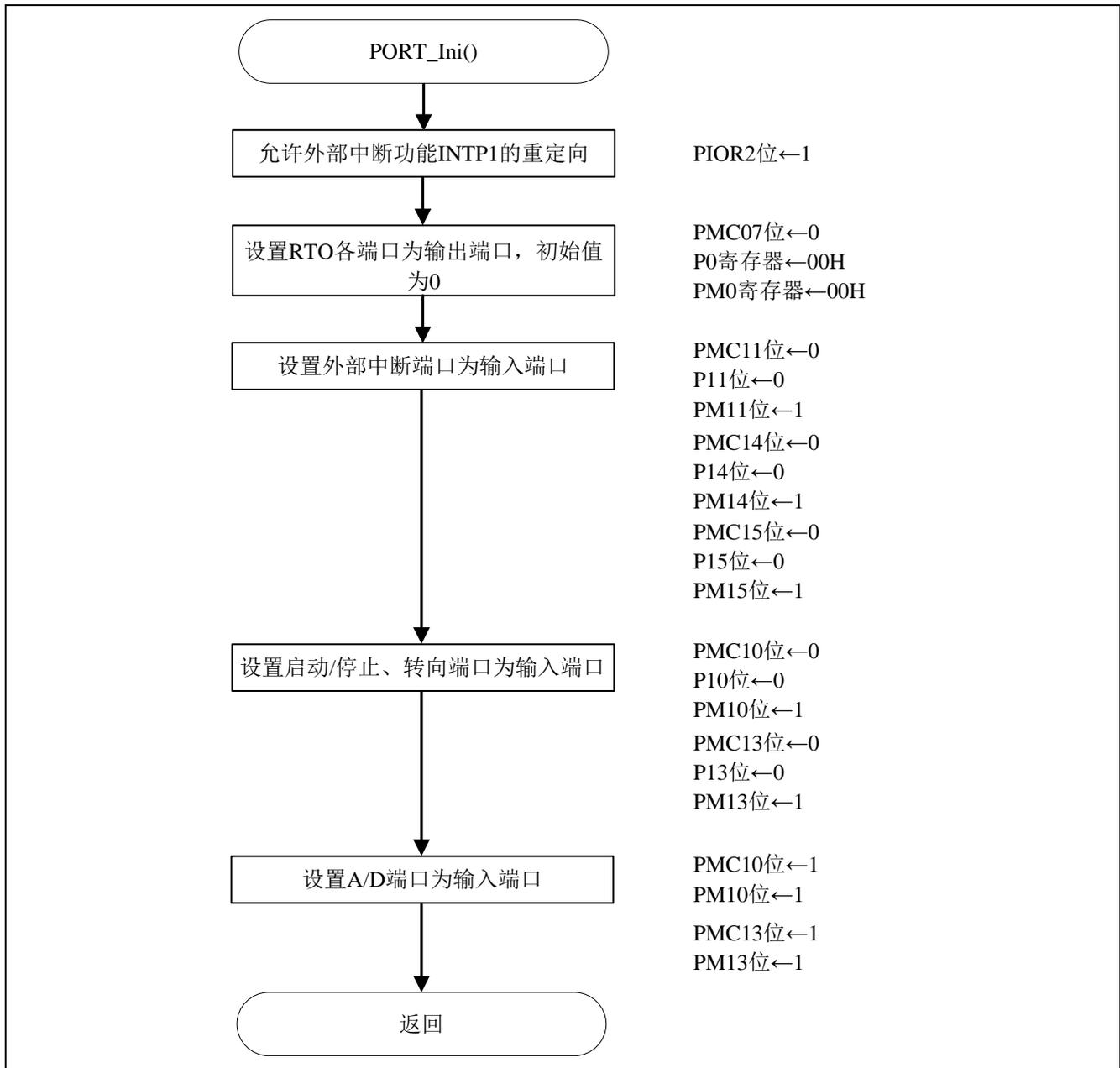


图 5.3 初始化端口流程

注意：关于未使用端口的设置，请注意根据系统具体要求进行适当的端口处理，并满足电气特性的要求。未使用的输入专用端口，请分别通过电阻上拉到 V_{DD} 或是下拉到 V_{SS} 。

端口设置

- 外围输入/输入重定向寄存器 (PIOR)
设置 INTP1 的引脚。

符号: PIOR

7	6	5	4	3	2	1	0
PIOR7	0	0	0	0	PIOR2	PIOR1	PIOR0
x	—	—	—	—	1	x	x

位 2

PIOR2	外部中断功能 INTP1 的重定向允许或禁止
0	重定向禁止 INTP1: P00
1	重定向允许 INTP1: P03

- 端口模式控制寄存器 1 (PMC1)
设置端口为数字输入/输出模式或模拟输入/输出模式。

符号: PMC1

7	6	5	4	3	2	1	0
1	PMC16	PMC15	PMC14	PMC13	PMC12	PMC11	PMC10
—	1	0	0	0	1	0	0

位 6 和位 2

PMC1n	选择引脚的数字输入/输出, 模拟输入 (n = 2, 6)
0	数字输入/输出 (模拟输入以外的复用功能)
1	模拟输入

位 5~3 和位 1~0

PMC1n	选择引脚的数字输入/输出, 模拟输入 (n = 0, 1, 3~5)
0	数字输入/输出 (模拟输入以外的复用功能)
1	模拟输入

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 R7F0C806-809 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

- 端口寄存器 0 (P0)
设置端口的输出锁存器的值
- 端口寄存器 1 (P1)
设置端口的输出锁存器的值

符号: P0

7	6	5	4	3	2	1	0
P07	P06	P05	P04	P03	P02	P01	P00
x	x	0	0	0	0	0	0

位 5~0

P0n	输出数据控制 (在输出模式下) (n = 0~5)	输入数据读取 (在输入模式下)
0	输出 0	输入低电平
1	输出 1	输入高电平

符号: P1

7	6	5	4	3	2	1	0
0	P16	P15	P14	P13	P12	P11	P10
—	0	0	0	0	0	0	0

位 6~0

P1n	输出数据控制 (在输出模式下) (n = 0~6)	输入数据读取 (在输入模式下)
0	输出 0	输入低电平
1	输出 1	输入高电平

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 R7F0C806-809 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 0 (PM0)
设置端口为输出模式
- 端口模式寄存器 1 (PM1)
设置端口为输入模式

符号: PM0

7	6	5	4	3	2	1	0
PM07	PM06	PM05	PM04	PM03	PM02	PM01	PM00
x	x	0	0	0	0	0	0

位 5~0

PM0n	选择引脚的输入/输出模式 (n = 0~5)
0	输出模式 (输出缓冲器启用)
1	输入模式 (输出缓冲器关闭)

符号: PM1

7	6	5	4	3	2	1	0
1	PM16	PM15	PM14	PM13	PM12	PM11	PM10
—	1	1	1	1	1	1	1

位 6~0

PM1n	选择引脚的输入/输出模式 (n = 0~6)
0	输出模式 (输出缓冲器启用)
1	输入模式 (输出缓冲器关闭)

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 R7F0C806-809 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

5.7.4 TAU0 的初始设置

TAU0 的设置流程，请参见“图 5.4”。

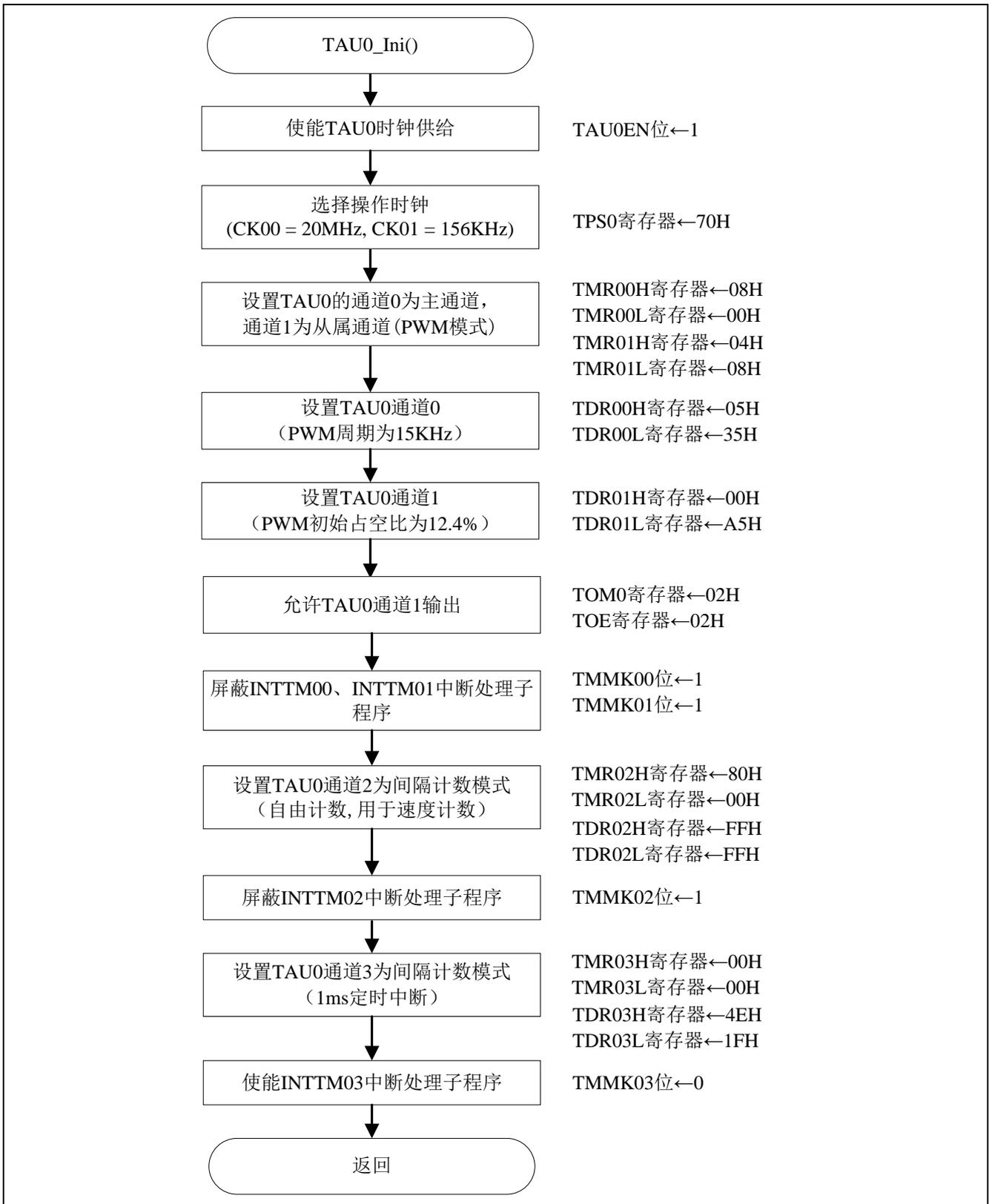


图 5.4 TAU 的初始设置

允许定时器阵列单元 0 的时钟供应

- 外围允许寄存器 0 (PER0)
允许定时器阵列单元 0 的时钟供应

符号: PER0

7	6	5	4	3	2	1	0
TMKAEN	RTOEN	ADCEN	0	0	SAU0EN	0	TAU0EN
x			—	—	x	—	1

位 0

TAU0EN	定时器阵列单元 0 输入时钟供应的控制
0	停止输入时钟供应
1	允许输入时钟供应

定时器时钟频率的设定

- 定时器时钟选择寄存器 0 (TPS0)
选择定时器阵列单元 0 的操作时钟

符号: TPS0

7	6	5	4	3	2	1	0
PRS013	PRS012	PRS011	PRS010	PRS003	PRS002	PRS001	PRS000
0	1	1	1	0	0	0	0

位 7~位 0

PRS 0k3	PRS 0k2	PRS 0k1	PRS 0k0	操作时钟的选择 (CK0k) (k = 0, 1)					
				f _{CLK} = 1.25 MHz	f _{CLK} = 2.5 MHz	f _{CLK} = 5 MHz	f _{CLK} = 10 MHz	f _{CLK} = 20 MHz	
0	0	0	0	f_{CLK}	1.25 MHz	2.5 MHz	5 MHz	10 MHz	20 MHz
0	0	0	1	f _{CLK} /2	625 kHz	1.25 MHz	2.5 MHz	5 MHz	10 MHz
0	0	1	0	f _{CLK} /2 ²	313 kHz	625 kHz	1.25 MHz	2.5 MHz	5 MHz
0	0	1	1	f _{CLK} /2 ³	156 kHz	313 kHz	625 kHz	1.25 MHz	2.5 MHz
0	1	0	0	f _{CLK} /2 ⁴	78.1 kHz	156 kHz	313 kHz	625 kHz	1.25 MHz
0	1	0	1	f _{CLK} /2 ⁵	39.1 kHz	78.1 kHz	156 kHz	313 kHz	625 kHz
0	1	1	0	f _{CLK} /2 ⁶	19.5 kHz	39.1 kHz	78.1 kHz	156 kHz	313 kHz
0	1	1	1	f_{CLK}/2⁷	9.77 kHz	19.5 kHz	39.1 kHz	78.1 kHz	156 kHz
1	0	0	0	f _{CLK} /2 ⁸	4.88 kHz	9.77 kHz	19.5 kHz	39.1 kHz	78.1 kHz
1	0	0	1	f _{CLK} /2 ⁹	2.44 kHz	4.88 kHz	9.77 kHz	19.5 kHz	39.1 kHz
1	0	1	0	f _{CLK} /2 ¹⁰	1.22 kHz	2.44 kHz	4.88 kHz	9.77 kHz	19.5 kHz
1	0	1	1	f _{CLK} /2 ¹¹	610 Hz	1.22 kHz	2.44 kHz	4.88 kHz	9.77 kHz
1	1	0	0	f _{CLK} /2 ¹²	305 Hz	610 Hz	1.22 kHz	2.44 kHz	4.88 kHz
1	1	0	1	f _{CLK} /2 ¹³	153 Hz	305 Hz	610 Hz	1.22 kHz	2.44 kHz
1	1	1	0	f _{CLK} /2 ¹⁴	76.3 Hz	153 Hz	305 Hz	610 Hz	1.22 kHz
1	1	1	1	f _{CLK} /2 ¹⁵	38.1 Hz	76.3 Hz	153 Hz	305 Hz	610 Hz

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 R7F0C806-809 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

设置通道 0 的操作模式(TAU00)

- 定时器模式寄存器 00 (TMR00H, TMR00L)
 - 选择操作时钟 (f_{MCK})
 - 选择计数时钟
 - 选择软件开始触发
 - 设置操作模式

符号: TMR00H

7	6	5	4	3	2	1	0
CKS001	0	0	CCS00	0	STS002	STS001	STS000
0	—	—	0	—	0	0	0

位 7

CKS001	通道 0 操作时钟 (f _{MCK}) 的选择
0	定时器时钟选择寄存器 0 (TPS0) 设置的操作时钟 CK00
1	定时器时钟选择寄存器 0 (TPS0) 设置的操作时钟 CK01

位 4

CCS00	通道 0 计数时钟 (f _{TCLK}) 的选择
0	由 CKS001 位指定的操作时钟 (f _{MCK})
1	TI00 引脚的输入信号的有效边沿

位 2~位 0

STS002	STS001	STS000	通道 0 的开始触发或者捕捉触发的设置
0	0	0	仅限软件触发开始有效 (其他触发源不可选)
0	0	1	TI00 引脚输入的有效边沿被用作开始触发和捕捉触发
0	1	0	TI00 引脚的两个边沿被用作开始触发和捕捉触发
1	0	0	主通道的中断信号 (INTTM00) 被用作开始触发 (当该通道用作联动通道操作功能时的从属通道)
1	1	0	主通道的中断信号 (INTTM00) 被用作开始触发 (当该通道用作带有单触发脉冲输出的两通道脉冲输入 (主) 模式下的从属通道), 从属通道 TI03 引脚输入的有效边沿被用作结束触发
其他			禁止设置

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 R7F0C806-809 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

符号: TMR00L

7	6	5	4	3	2	1	0
CIS001	CIS000	0	0	MD003	MD002	MD001	MD000
x	x	—	—	0	0	0	0

位 3~位 0

MD003	MD002	MD001	通道 0 的操作模式	对应功能	TCR 的计数操作
0	0	0	间隔定时器模式	间隔定时器/方波输出/分频器功能/PWM 输出(主)	递减计数
0	1	0	捕捉模式	输入脉冲间隔测量/带有单触发脉冲输出的两通道脉冲输入(从属)	递增计数
0	1	1	事件计数模式	外部事件计数器	递减计数
1	0	0	单计数模式	延迟计数器/单触发脉冲输出/带有单触发脉冲输出的两通道脉冲输入(主)/PWM 输出(从属)	递减计数
1	1	0	捕捉&单计数模式	输入信号的高/低电平宽度的测量	递增计数
其他			禁止设置		

各模式操作根据 MD000 位的不同而有所差异(详情请参见下表)

操作模式 (由 MD003 至 MD001 位设置值)	MD000	TCR 计数操作
间隔定时器模式(0,0,0) 捕捉模式(0,1,0)	0	开始计数时不发生定时器中断 (定时器输出也不发生变化)
	1	开始计数时发生定时器中断 (定时器输出也会发生变化)
事件计数器模式(0,1,1)	0	开始计数时不发生定时器中断 (定时器输出也不发生变化)
单计数模式(1,0,0)	0	计数操作中的开始触发为无效 但是不产生中断
	1	计数操作中的开始触发为有效 但是不产生中断
捕捉&单计数模式(1,1,0)	0	开始计数时不发生定时器中断 (定时器输出也不发生变化) 计数操作中的开始触发变为无效 但是不产生中断
其他	禁止设置	

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 R7F0C806-809 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

设置通道 1 的操作模式(TAU01)

- 定时器模式寄存器 01 (TMR01H, TMR01L)
 - 选择操作时钟 (f_{MCK})
 - 选择计数时钟
 - 选择 INTTM01 作为开始触发
 - 设置操作模式

符号: TMR01H

7	6	5	4	3	2	1	0
CKS011	0	0	CCS01	SPLIT01	STS012	STS011	STS010
0	—	—	0	0	1	0	0

位 7

CKS011	通道 1 操作时钟 (f_{MCK}) 的选择
0	定时器时钟选择寄存器 0 (TPS0) 设置的操作时钟 CK00
1	定时器时钟选择寄存器 0 (TPS0) 设置的操作时钟 CK01

位 4

CCS01	通道 1 计数时钟 (f_{TCLK}) 的选择
0	由 CKS011 位指定的操作时钟 (f_{MCK})
1	TI01 引脚的输入信号的有效边沿

位 3

SPLIT01	用于通道 1 的 8 或者 16 位定时器操作的选择
0	作为 16 位定时器工作
1	作为 8 位定时器工作

位 2~位 0

STS012	STS011	STS010	通道 1 的开始触发或者捕捉触发的设置
0	0	0	仅限软件触发开始有效 (其他触发源不可选)
0	0	1	TI01 引脚输入的有效边沿被用作开始触发和捕捉触发
0	1	0	TI01 引脚的两个边沿被用作开始触发和捕捉触发
1	0	0	主通道的中断信号 (INTTM00) 被用作开始触发 (当该通道用作联动通道操作功能时的从属通道)
1	1	0	主通道的中断信号 (INTTM00) 被用作开始触发 (当该通道用作带有单触发脉冲输出的两通道脉冲输入 (主) 模式下的从属通道), 从属通道 TI03 引脚输入的有效边沿被用作结束触发
其他			禁止设置

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 R7F0C806-809 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

符号: TMR01L

7	6	5	4	3	2	1	0
CIS011	CIS010	0	0	MD013	MD012	MD011	MD010
x	x	—	—	1	0	0	0

位 3~位 0

MD013	MD012	MD011	通道 1 的操作模式	对应功能	TCR 的计数操作
0	0	0	间隔定时器模式	间隔定时器/ 方波输出/ 分频器功能 / PWM 输出 (主)	递减计数
0	1	0	捕捉模式	输入脉冲间隔测量/ 带有单触发脉冲输出的两通道脉冲输入 (从属)	递增计数
0	1	1	事件计数模式	外部事件计数器	递减计数
1	0	0	单计数模式	延迟计数器/ 单触发脉冲输出/ 带有单触发脉冲输出的两通道脉冲输入 (主) / PWM 输出 (从属)	递减计数
1	1	0	捕捉&单计数模式	输入信号的高/低电平宽度的测量	递增计数
其他			禁止设置		

各模式操作根据 MD010 位的不同而有所差异 (详情请参见下表)

操作模式 (由 MD013 至 MD011 位设置值)	MD010	TCR 计数操作
间隔定时器模式(0,0,0) 捕捉模式(0,1,0)	0	开始计数时不发生定时器中断 (定时器输出也不发生变化)
	1	开始计数时发生定时器中断 (定时器输出也会发生变化)
事件计数器模式(0,1,1)	0	开始计数时不发生定时器中断 (定时器输出也不发生变化)
单计数模式(1,0,0)	0	计数操作中的开始触发为无效 但是不产生中断
	1	计数操作中的开始触发为有效 但是不产生中断
捕捉&单计数模式(1,1,0)	0	开始计数时不发生定时器中断 (定时器输出也不发生变化) 计数操作中的开始触发变为无效 但是不产生中断
其他	禁止设置	

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 R7F0C806-809 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

设置 PWM 脉冲周期

- 定时器数据寄存器 00 (TDR00H, TDR00L)
设定 PWM 周期间隔计数值

符号: TDR00H

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	1	0	1

符号: TDR00L

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	1	1	0	1	0	1

$$\begin{aligned} \text{脉冲周期} &= \{\text{TDR00 (主) 的设置值} + 1\} \times \text{计数时钟周期} \\ &= (0x0535 + 1) \times 1/20\text{MHz} = 66.7\mu\text{s} (15\text{KHz}) \end{aligned}$$

设置 PWM 脉冲占空比

- 定时器数据寄存器 01 (TDR01H, TDR01L)
设定 PWM 占空比间隔计数值

符号: TDR01H

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0

符号: TDR01L

7	6	5	4	3	2	1	0
1	0	1	0	0	1	0	1

$$\begin{aligned} \text{占空比}[\%] &= \{\text{TDR01 (从属) 的设置值}\} / \{\text{TDR00 (主) 的设置值} + 1\} \times 100 \\ &= 0x00a5 / (0x0535 + 1) \times 100 = 12.4\% \end{aligned}$$

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 R7F0C806-809 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

选择通道 1 输出

- 定时器输出模式寄存器 0 (TOM0)
定时器输出模式的控制

符号: TOM0

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	TOM03	TOM02	TOM01	0
—	—	—	—	x	x	1	—

位 1

TOM01	通道 1 定时器输出模式的控制
0	用作独立通道操作功能(通过定时器中断请求信号(INTTM01)产生交替输出)
1	从属通道输出模式(输出由主通道的定时器中断请求信号(INTTM00)设置, 由从属通道的定时器中断请求信号(INTTM01)复位)

允许定时器输出

- 定时器输出允许寄存器 0 (TOE0)
允许或禁止各通道的定时器输出

符号: TOE0

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	TOE03	TOE02	TOE01	TOE00
—	—	—	—	x	x	1	x

位 1

TOE01	允许/禁止通道 1 的定时器输出
0	禁止定时器的输出 定时器操作没有反映到 TO01 位, 固定操作 允许写入 TO01 位
1	允许定时器的输出 定时器操作反映到 TO01 位, 产生输出波形 禁止写入 TO01 位 (写入被忽略)

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 R7F0C806-809 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

禁止中断

- 中断屏蔽标志寄存器 (MK0L, MK0H)
中断处理控制。

符号: MK0L

7	6	5	4	3	2	1	0
TMMK00	TMMK01H	SREMK0	SRMK0	STMK0 CSIMK00	PMK1	PMK0	WDTIMK
1	x	x	x	x			x

位 7

TMMK00	中断处理控制
0	使能中断处理
1	禁止中断处理

符号: MK0H

7	6	5	4	3	2	1	0
TMMK02	1	TMMK03H	PMK3	PMK2	KRMK	ADMK	TMMK01
	—	x			x		1

位 0

TMMK01	中断处理控制
0	使能中断处理
1	禁止中断处理

注意：关于寄存器设置的详细方法，请参考 R7F0C806-809 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

设置通道 2 的操作模式(TAU02)

- 定时器模式寄存器 02 (TMR02H, TMR02L)
 - 选择操作时钟 (f_{MCK})
 - 选择计数时钟
 - 选择软件开始触发
 - 设置操作模式

符号: TMR02H

7	6	5	4	3	2	1	0
CKS021	0	0	CCS02	MASTER02	STS022	STS021	STS020
1	—	—	0	0	0	0	0

位 7

CKS021	通道 2 操作时钟 (f _{MCK}) 的选择
0	定时器时钟选择寄存器 0 (TPS0) 设置的操作时钟 CK00
1	定时器时钟选择寄存器 0 (TPS0) 设置的操作时钟 CK01

位 4

CCS02	通道 2 计数时钟 (f _{TCLK}) 的选择
0	由 CKS021 位指定的操作时钟 (f _{MCK})
1	TI02 引脚的输入信号的有效边沿

位 3

MASTER02	选择对于通道 2 进行单独操作或 与另一个通道(作为从属或主)一起进行联动操作
0	单独通道操作功能, 或者作为从属通道的联动通道操作功能。
1	作为主通道的联动通道操作功能。

位 2~位 0

STS022	STS021	STS020	通道 2 的开始触发或者捕捉触发的设置
0	0	0	仅限软件触发开始有效 (其他触发源不可选)
0	0	1	TI02 引脚输入的有效边沿被用作开始触发和捕捉触发
0	1	0	TI02 引脚的两个边沿被用作开始触发和捕捉触发
1	0	0	主通道的中断信号 (INTTM00) 被用作开始触发 (当该通道用作联动通道操作功能时的从属通道)
1	1	0	主通道的中断信号 (INTTM00) 被用作开始触发 (当该通道用作带有单触发脉冲输出的两通道脉冲输入 (主) 模式下的从属通道), 从属通道 TI03 引脚输入的有效边沿被用作结束触发
其他			禁止设置

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 R7F0C806-809 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

符号: TMR02L

7	6	5	4	3	2	1	0
CIS021	CIS020	0	0	MD023	MD022	MD021	MD020
x	x	—	—	0	0	0	0

位 3~位 0

MD023	MD022	MD021	通道 2 的操作模式	对应功能	TCR 的计数操作
0	0	0	间隔定时器模式	间隔定时器/方波输出/分频器功能/PWM 输出(主)	递减计数
0	1	0	捕捉模式	输入脉冲间隔测量/带有单触发脉冲输出的两通道脉冲输入(从属)	递增计数
0	1	1	事件计数模式	外部事件计数器	递减计数
1	0	0	单计数模式	延迟计数器/单触发脉冲输出/带有单触发脉冲输出的两通道脉冲输入(主)/PWM 输出(从属)	递减计数
1	1	0	捕捉&单计数模式	输入信号的高/低电平宽度的测量	递增计数
其他			禁止设置		

各模式操作根据 MD020 位的不同而有所差异(详情请参见下表)

操作模式 (由 MD023 至 MD021 位设置值)	MD020	TCR 计数操作
间隔定时器模式(0,0,0) 捕捉模式(0,1,0)	0	开始计数时不发生定时器中断 (定时器输出也不发生变化)
	1	开始计数时发生定时器中断 (定时器输出也会发生变化)
事件计数器模式(0,1,1)	0	开始计数时不发生定时器中断 (定时器输出也不发生变化)
单计数模式(1,0,0)	0	计数操作中的开始触发为无效 但是不产生中断
	1	计数操作中的开始触发为有效 但是不产生中断
捕捉&单计数模式(1,1,0)	0	开始计数时不发生定时器中断 (定时器输出也不发生变化) 计数操作中的开始触发变为无效 但是不产生中断
其他	禁止设置	

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 R7F0C806-809 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

设置自由计数定时器

- 定时器数据寄存器 02 (TDR02H, TDR02L)
设定自由计数定时器的计数值

符号: TDR02H

7	6	5	4	3	2	1	0
1	1	1	1	1	1	1	1

符号: TDR02L

7	6	5	4	3	2	1	0
1	1	1	1	1	1	1	1

$$\begin{aligned} \text{计数值} &= \{\text{TDR02 的设置值} + 1\} \times \text{计数时钟周期} \\ &= (0xffff+1) \times 1/156\text{KHz} = 420\text{ms} \end{aligned}$$

禁止中断

- 中断屏蔽标志寄存器 (MK0H)
中断处理控制。

符号: MK0H

7	6	5	4	3	2	1	0
TMMK02	1	TMMK03H	PMK3	PMK2	KRMK	ADMK	TMMK01
1	—	x			x		

位 7

TMMK02	中断处理控制
0	使能中断处理
1	禁止中断处理

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 R7F0C806-809 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

设置通道 3 的操作模式(TAU03)

- 定时器模式寄存器 03 (TMR03H, TMR03L)
 - 选择操作时钟 (f_{MCK})
 - 选择计数时钟
 - 选择软件开始触发
 - 设置操作模式

符号: TMR03H

7	6	5	4	3	2	1	0
CKS031	0	0	CCS03	SPLIT03	STS032	STS031	STS030
0	—	—	0	0	0	0	0

位 7

CKS031	通道 3 操作时钟 (f_{MCK}) 的选择
0	定时器时钟选择寄存器 0 (TPS0) 设置的操作时钟 CK00
1	定时器时钟选择寄存器 0 (TPS0) 设置的操作时钟 CK01

位 4

CCS03	通道 3 计数时钟 (f_{TCLK}) 的选择
0	由 CKS031 位指定的操作时钟 (f_{MCK})
1	TI03 引脚的输入信号的有效边沿

位 3

SPLIT03	用于通道 3 的 8 或者 16 位定时器操作的选择
0	作为 16 位定时器工作
1	作为 8 位定时器工作

位 2~位 0

STS032	STS031	STS030	通道 3 的开始触发或者捕捉触发的设置
0	0	0	仅限软件触发开始有效 (其他触发源不可选)
0	0	1	TI03 引脚输入的有效边沿被用作开始触发和捕捉触发
0	1	0	TI03 引脚的两个边沿被用作开始触发和捕捉触发
1	0	0	主通道的中断信号 (INTTM00) 被用作开始触发 (当该通道用作联动通道操作功能时的从属通道)
1	1	0	主通道的中断信号 (INTTM00) 被用作开始触发 (当该通道用作带有单触发脉冲输出的两通道脉冲输入 (主) 模式下的从属通道), 从属通道 TI03 引脚输入的有效边沿被用作结束触发
其他			禁止设置

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 R7F0C806-809 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

符号: TMR03L

7	6	5	4	3	2	1	0
CIS031	CIS030	0	0	MD033	MD032	MD031	MD030
x	x	—	—	0	0	0	0

位 3~位 0

MD033	MD032	MD031	通道 3 的操作模式	对应功能	TCR 的计数操作
0	0	0	间隔定时器模式	间隔定时器/方波输出/分频器功能/PWM 输出(主)	递减计数
0	1	0	捕捉模式	输入脉冲间隔测量/带有单触发脉冲输出的两通道脉冲输入(从属)	递增计数
0	1	1	事件计数模式	外部事件计数器	递减计数
1	0	0	单计数模式	延迟计数器/单触发脉冲输出/带有单触发脉冲输出的两通道脉冲输入(主)/PWM 输出(从属)	递减计数
1	1	0	捕捉&单计数模式	输入信号的高/低电平宽度的测量	递增计数
其他			禁止设置		

各模式操作根据 MD030 位的不同而有所差异(详情请参见下表)

操作模式 (由 MD033 至 MD031 位设置值)	MD030	TCR 计数操作
间隔定时器模式(0,0,0) 捕捉模式(0,1,0)	0	开始计数时不发生定时器中断 (定时器输出也不发生变化)
	1	开始计数时发生定时器中断 (定时器输出也会发生变化)
事件计数器模式(0,1,1)	0	开始计数时不发生定时器中断 (定时器输出也不发生变化)
单计数模式(1,0,0)	0	计数操作中的开始触发为无效 但是不产生中断
	1	计数操作中的开始触发为有效 但是不产生中断
捕捉&单计数模式(1,1,0)	0	开始计数时不发生定时器中断 (定时器输出也不发生变化) 计数操作中的开始触发变为无效 但是不产生中断
其他	禁止设置	

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 R7F0C806-809 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

设置间隔定时器周期（1ms）

- 定时器数据寄存器 03（TDR03H, TDR03L）
设定定时器周期的计数值

符号：TDR03H

7	6	5	4	3	2	1	0
0	1	0	0	1	1	1	0

符号：TDR03L

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	1	1	1	1	1

$$\begin{aligned} \text{计数周期} &= \{\text{TDR03 的设置值} + 1\} \times \text{计数时钟周期} \\ &= (0x4e1f + 1) \times 1/20\text{MHz} = 1\text{ms} \end{aligned}$$

设置定时器中断

- 中断请求标志寄存器 (IF1L)
清除中断请求标志。
- 中断屏蔽标志寄存器 (MK1L)
使能中断处理。

符号：IF1L

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	PIF5	PIF4	ITIF	TMIF03
—	—	—	—	x	x	x	0

位 0

TMIF03	中断请求标志位
0	没有中断请求信号产生
1	产生中断请求，中断请求状态

符号：MK1L

7	6	5	4	3	2	1	0
1	1	1	1	PMK5	PMK4	ITMK	TMMK03
—	—	—	—	x	x	x	0

位 0

TMMK03	中断处理控制
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 R7F0C806-809 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

5.7.5 RTO 的初始设置

RTO 的设置流程，请参见“图 5.5”。

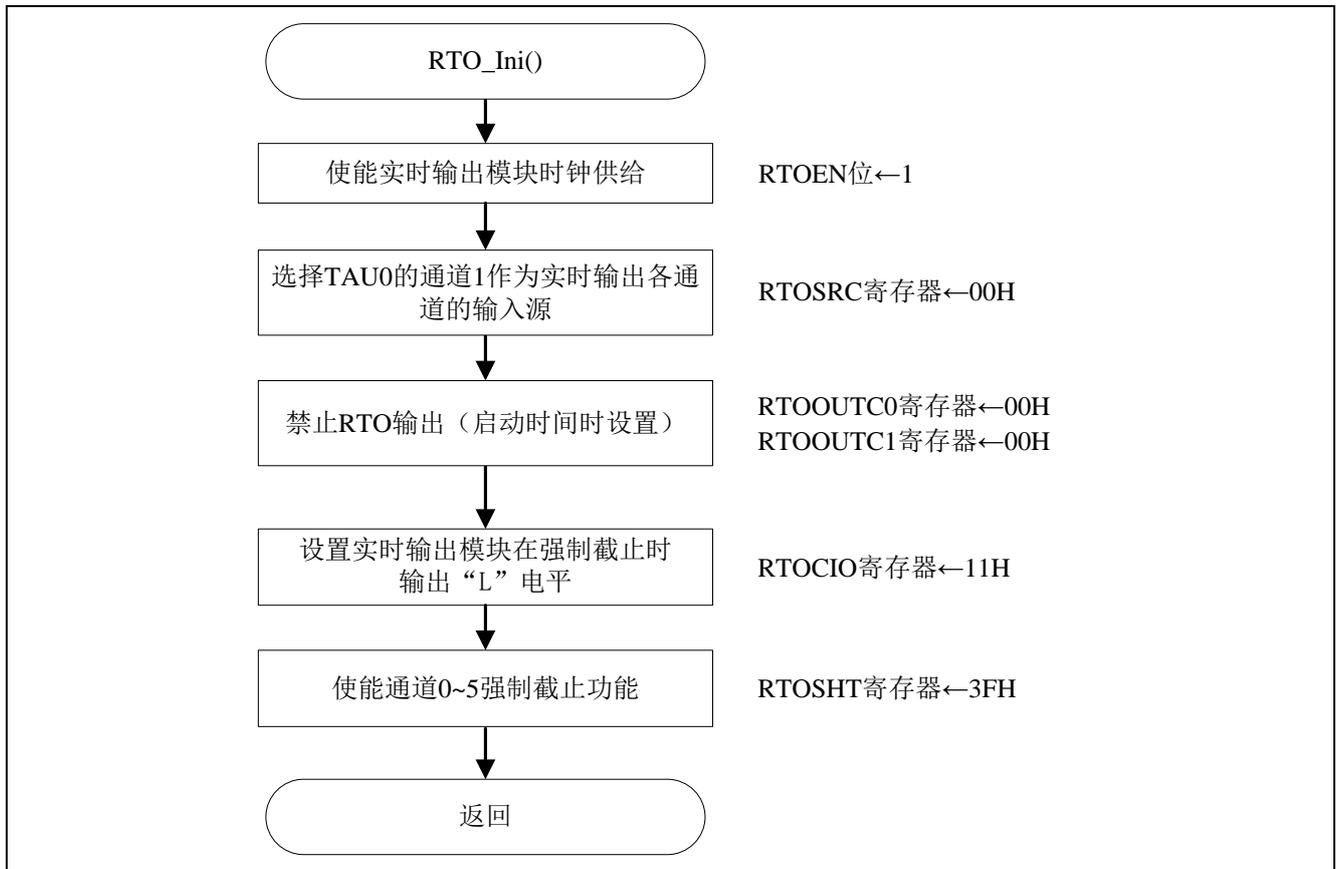


图 5.5 RTO 的初始设置

允许实时输出功能的时钟供应

- 外围允许寄存器 0 (PER0)
允许实时输出功能的时钟供应

符号: PER0

7	6	5	4	3	2	1	0
TMKAEN	RTOEN	ADCEN	0	0	SAU0EN	0	TAU0EN
x	1		—	—	x	—	

位 6

RTOEN	实时输出功能输入时钟供应的控制
0	停止输入时钟供应
1	允许输入时钟供应

选择实时输出功能的输入源

- 输入源选择寄存器 (RTOSRC)
实时输出输入源选择控制

符号: RTOSRC

7	6	5	4	3	2	1	0
RTOSRC7	RTOSRC6	RTOSRC5	RTOSRC4	RTOSRC3	RTOSRC2	RTOSRC1	RTOSRC0
x	x	0	0	0	0	0	0

位 5~位 0

RTOSRCn	实时输出输入源选择(n = 0~5)
0	选择定时器阵列单元 0 通道 1 (TO01) 作为输入源
1	选择定时器阵列单元 0 通道 3 (TO03) 作为输入源

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 R7F0C806-809 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

实时输出输出波形设置

- 波形输出允许寄存器 (RTOOUTC0)
 - 实时输出反向控制
 - 允许实时输出

符号: RTOOUTC0

7	6	5	4	3	2	1	0
RTOACT3	RTOACT2	RTOACT1	RTOACT0	RTOSEL3	RTOSEL2	RTOSEL1	RTOSEL0
0	0	0	0	0	0	0	0

位 7~位 4

RTOACTn	实时输出反向控制(n = 0~3)
0	不反向输出
1	反向输出

位 3~位 0

RTOSELn	实时输出允许(n = 0~3)
0	禁止实时输出
1	允许实时输出

符号: RTOOUTC1

7	6	5	4	3	2	1	0
RTOACT7	RTOACT6	RTOACT5	RTOACT4	RTOSEL7	RTOSEL6	RTOSEL5	RTOSEL4
x	x	0	0	x	x	0	0

位 5~位 4

RTOACTn	实时输出反向控制(n = 4~5)
0	不反向输出
1	反向输出

位 1~位 0

RTOSELn	实时输出允许(n = 4~5)
0	禁止实时输出
1	允许实时输出

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 R7F0C806-809 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

输出强制截止信号

- 强制截止输出选择寄存器 (RTOCIO)
强制截止信号选择控制

符号: RTOCIO

7	6	5	4	3	2	1	0
RTOCIO7	RTOCIO6	RTOCIO5	RTOCIO4	RTOCIO3	RTOCIO2	RTOCIO1	RTOCIO0
x	x	0	1	x	x	0	1

位 5 和位 4

RTOCIO5	RTOCIO4	RTIO05~RTIO03 输出强制截止信号选择
0	0	输出“高阻态”
0	1	输出“低”
1	0	输出“高”
1	1	禁止强制截止

位 1 和位 0

RTOCIO1	RTOCIO0	RTIO02~RTIO00 输出强制截止信号选择
0	0	输出“高阻态”
0	1	输出“低”
1	0	输出“高”
1	1	禁止强制截止

使能强制截止输出

- 强制截止控制寄存器 (RTOSHT)
强制截止使能控制

符号: RTOSHT

7	6	5	4	3	2	1	0
RTOSHT7	RTOSHT6	RTOSHT5	RTOSHT4	RTOSHT3	RTOSHT2	RTOSHT1	RTOSHT0
x	x	1	1	1	1	1	1

位 5~位 0

RTOSHTn	强制截止使能控制(n = 0~5)
0	强制截止无效
1	强制截止有效

注意：关于寄存器设置的详细方法，请参考 R7F0C806-809 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

5.7.6 外部中断的初始设置

外部中断的设置流程，请参见“图 5.6”。

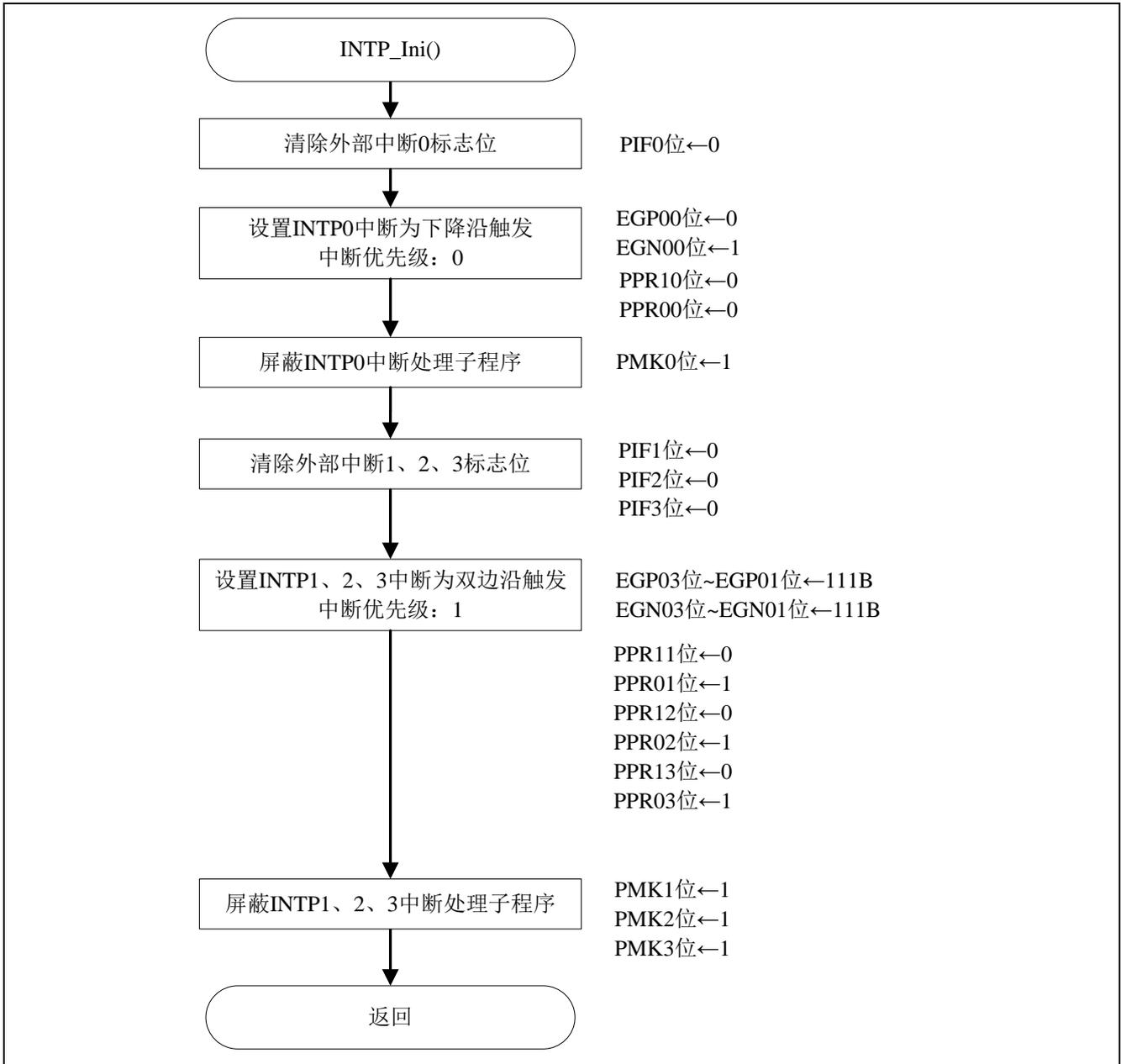


图 5.6 外部中断的初始设置

设置外部中断

- 外部中断上升沿允许寄存器 (EGP0)
- 外部中断下降沿允许寄存器 (EGN0)
设置 INTP 的有效边沿
- 中断请求标志寄存器 (IFOH, IFOL)
清除中断请求标志。
- 中断屏蔽标志寄存器 (MK0H, MK0L)
屏蔽中断处理。
- 优先级指定标志寄存器 (PR10L, PR00L, PR10H, PR00H)
设定优先级。

符号: EGP0

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	EGP5	EGP4	EGP3	EGP2	EGP1	EGP0
—	—	x	x	1	1	1	0

符号: EGN0

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	EGN5	EGN4	EGN3	EGN2	EGN1	EGN0
—	—	x	x	1	1	1	1

位 3~位 1

EGPn	EGNn	选择 INTP1,2,3 引脚的有效边沿(n = 1~3)
0	0	禁止检测边沿
0	1	下降沿
1	0	上升沿
1	1	上升和下降沿

位 0

EGP0	EGN0	选择 INTP0 引脚的有效边沿
0	0	禁止检测边沿
0	1	下降沿
1	0	上升沿
1	1	上升和下降沿

注意：关于寄存器设置的详细方法，请参考 R7F0C806-809 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

符号: IF0L

7	6	5	4	3	2	1	0
TMIF00	TMIF01H	SREIF0	SRIF0	STIF0 CSIIF00	PIF1	PIF0	WDTIIF
	x	x	x	x	0	0	x

位 2~位 1

PIFn	中断请求标志位(n = 0~1)
0	没有中断请求信号产生
1	产生中断请求, 中断请求状态

符号: IF0H

7	6	5	4	3	2	1	0
TMIF02	0	TMIF03H	PIF3	PIF2	KRIF	ADIF	TMIF01
	—	x	0	0	x	x	

位 4~位 3

PIFn	中断请求标志位(n = 2~3)
0	没有中断请求信号产生
1	产生中断请求, 中断请求状态

符号: MK0L

7	6	5	4	3	2	1	0
TMMK00	TMMK01H	SREMK0	SRMK0	STMK0 CSIMK00	PMK1	PMK0	WDTIMK
	x	x	x	x	1	1	x

位 2~位 1

PMKn	中断处理控制(n = 0~1)
0	允许中断处理
1	禁止中断处理

符号: MK0H

7	6	5	4	3	2	1	0
TMMK02	1	TMMK03H	PMK3	PMK2	KRMK	ADMK	TMMK01
	—	x	1	1	x		

位 4~位 3

PMKn	中断处理控制(n = 2~3)
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 R7F0C806-809 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

符号: PR00L

7	6	5	4	3	2	1	0
TMPR000	TMPR001H	SREPR00	SRPR00	STPR00 CSIPR000	PPR01	PPR00	WDTIPR0
x	x	x	x	x	1	0	x

符号: PR10L

7	6	5	4	3	2	1	0
TMPR100	TMPR101H	SREPR10	SRPR10	STPR10 CSIPR100	PPR11	PPR10	WDTIPR1
x	x	x	x	x	0	0	x

位 1

PPR10	PPR00	选择 INTP0 优先等级
0	0	指定等级 0 (高优先等级)
0	1	指定等级 1
1	0	指定等级 2
1	1	指定等级 3 (低优先等级)

位 2

PPR11	PPR01	选择 INTP1 优先等级
0	0	指定等级 0 (高优先等级)
0	1	指定等级 1
1	0	指定等级 2
1	1	指定等级 3 (低优先等级)

符号: PR00H

7	6	5	4	3	2	1	0
TMPR02	1	TMPR03H	PPR03	PPR02	KRPR0	ADPR0	TMPR001
x	—	x	1	1	x	x	x

符号: PR10H

7	6	5	4	3	2	1	0
TMPR102	1	TMPR103H	PPR13	PPR12	KRPR1	ADPR1	TMPR101
x	—	x	0	0	x	x	x

位 4~位 3

PPR1n	PPR0n	选择 INTP2, INTP3 优先等级(n = 2~3)
0	0	指定等级 0 (高优先等级)
0	1	指定等级 1
1	0	指定等级 2
1	1	指定等级 3 (低优先等级)

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 R7F0C806-809 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

5.7.7 A/D 的初始设置

A/D 的初始设置流程，请参见“图 5.7”。

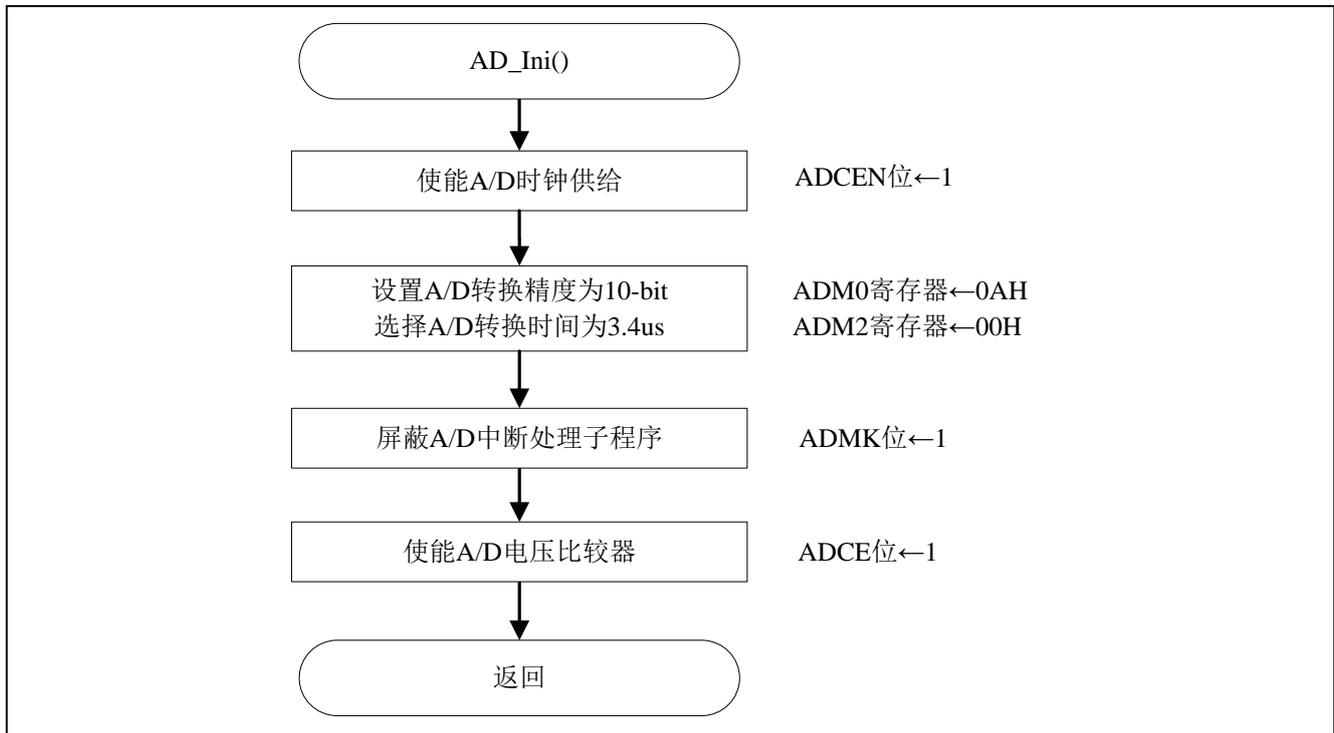


图 5.7 A/D 的初始设置

设置 A/D 转换器

- 外围允许寄存器 0 (PER0)
允许 A/D 转换器的时钟供应。
- A/D转换器模式寄存器0 (ADM0)
- A/D转换器模式寄存器2 (ADM2)
A/D转换器转换时间和精度。

符号: PER0

7	6	5	4	3	2	1	0
TMKAEN	RTOEN	ADCEN	0	0	SAU0EN	0	TAU0EN
x		1	—	—	x	—	

位 5

ADCEN	A/D 转换器输入时钟供应的控制
0	停止输入时钟供应
1	允许输入时钟供应

符号: ADM0

7	6	5	4	3	2	1	0
ADCS	0	0	FR1	FR0	0	LV0	ADCE
0	—	—	0	1	—	1	0

位 7

ADCS	A/D 转换操作的控制
0	停止转换操作
1	允许转换操作

位 4、位 3 和位 1

A/D 转换模式寄存器 0			转换时钟	转换时钟个数	转换时间	转换时间选择(10 位 A/D)				
FR1	FR0	LV0				f _{CLK} = 1.25MHz	f _{CLK} = 2.5MHz	f _{CLK} = 5MHz	f _{CLK} = 10MHz	f _{CLK} = 20MHz
0	0	0	f _{CLK} /8	23 个 (9 个 采样 时钟)	184/f _{CLK}	设置 禁止	设置 禁止	设置 禁止	18.4	9.2
0	1		f _{CLK} /4		92/f _{CLK}				18.4	9.2
1	0		f _{CLK} /2		46/f _{CLK}	18.4	9.2	4.6	设置 禁止	
1	1		f _{CLK}		23/f _{CLK}	18.4	9.2	4.6		
0	0	1	f _{CLK} /8	17 个 (3 个 采样 时钟)	136/f _{CLK}	设置 禁止	设置 禁止	设置 禁止	13.6	6.8
0	1		f _{CLK} /4		68/f _{CLK}				13.6	6.8
1	0		f _{CLK} /2		34/f _{CLK}	13.6	6.8	3.4	设置 禁止	
1	1		f _{CLK}		17/f _{CLK}	13.6	6.8	3.4		

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 R7F0C806-809 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

符号: ADM0

7	6	5	4	3	2	1	0
ADCS	0	0	FR1	FR0	0	LVO	ADCE
0	—	—	0	1	—	1	0

位 0

ADCE	控制 A/D 电压比较器的操作
0	停止 A/D 电压比较器的操作
1	允许 A/D 电压比较器的操作

符号: ADM2

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	0	ADTYP
—	—	—	—	—	—	—	0

位 0

ADTYP	A/D 转换器精度
0	10 位精度
1	8 位精度

禁止中断

- 中断屏蔽标志寄存器 (MK0H)
中断处理控制。

符号: MK0H

7	6	5	4	3	2	1	0
TMMK02	1	TMMK03H	PMK3	PMK2	KRMK	ADMK	TMMK01
	—	x			x	1	

位 1

ADMK	中断处理控制
0	使能中断处理
1	禁止中断处理

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 R7F0C806-809 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

启动 A/D 电压比较器

- A/D转换器模式寄存器0 (ADM0)
控制A/D电压比较器。

符号: ADM0

7	6	5	4	3	2	1	0
ADCS	0	0	FR1	FR0	0	LV0	ADCE
	—	—			—		1

位 0

ADCE	控制 A/D 电压比较器的操作
0	停止 A/D 电压比较器的操作
1	允许 A/D 电压比较器的操作

注意: 关于寄存器设置的详细方法, 请参考 R7F0C806-809 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

5.7.8 主函数处理

主函数处理的流程，请参见“图 5.8”。

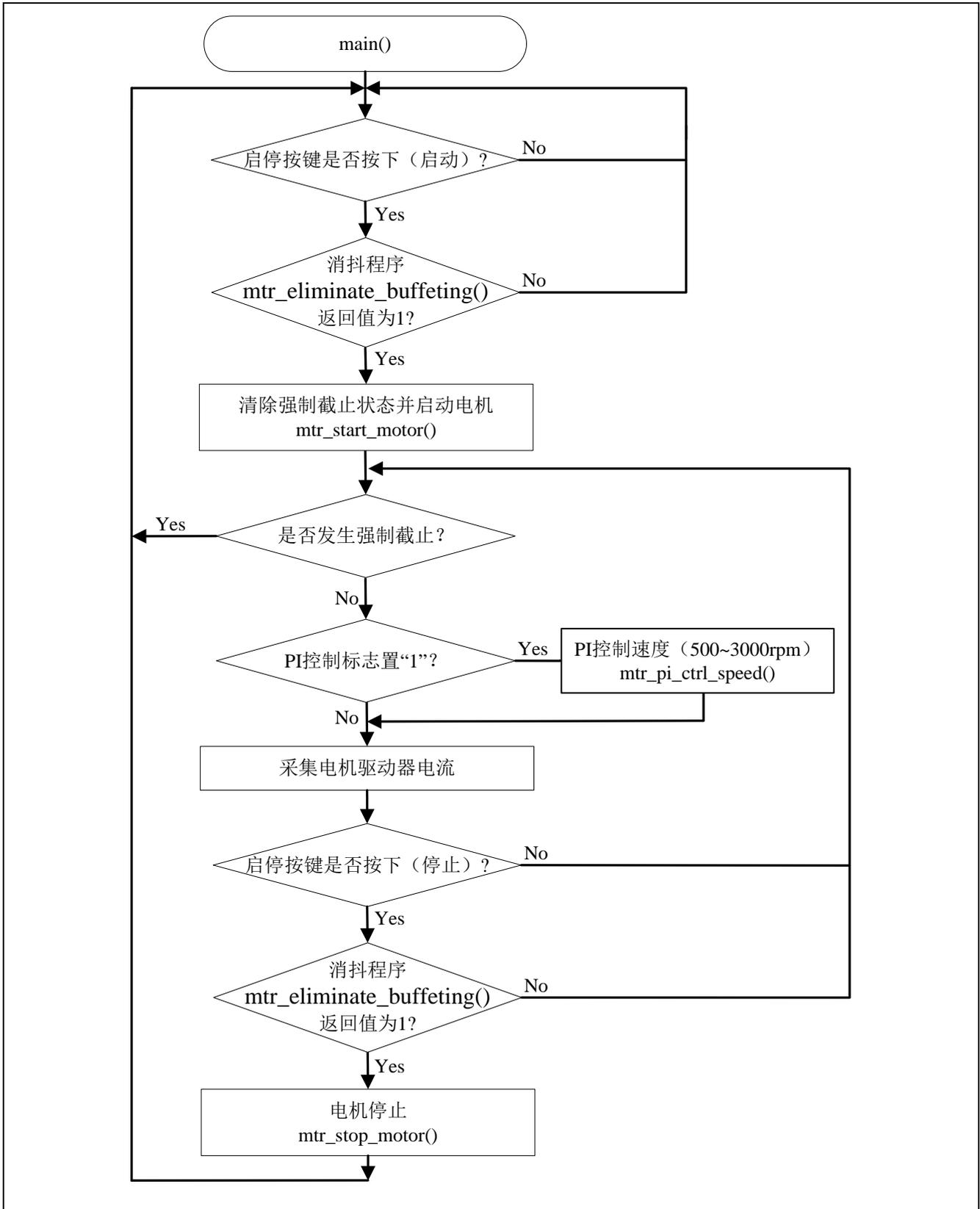


图 5.8 主函数处理

5.7.9 按键消抖函数处理

按键消抖函数处理的流程，请参见“图 5.9”。

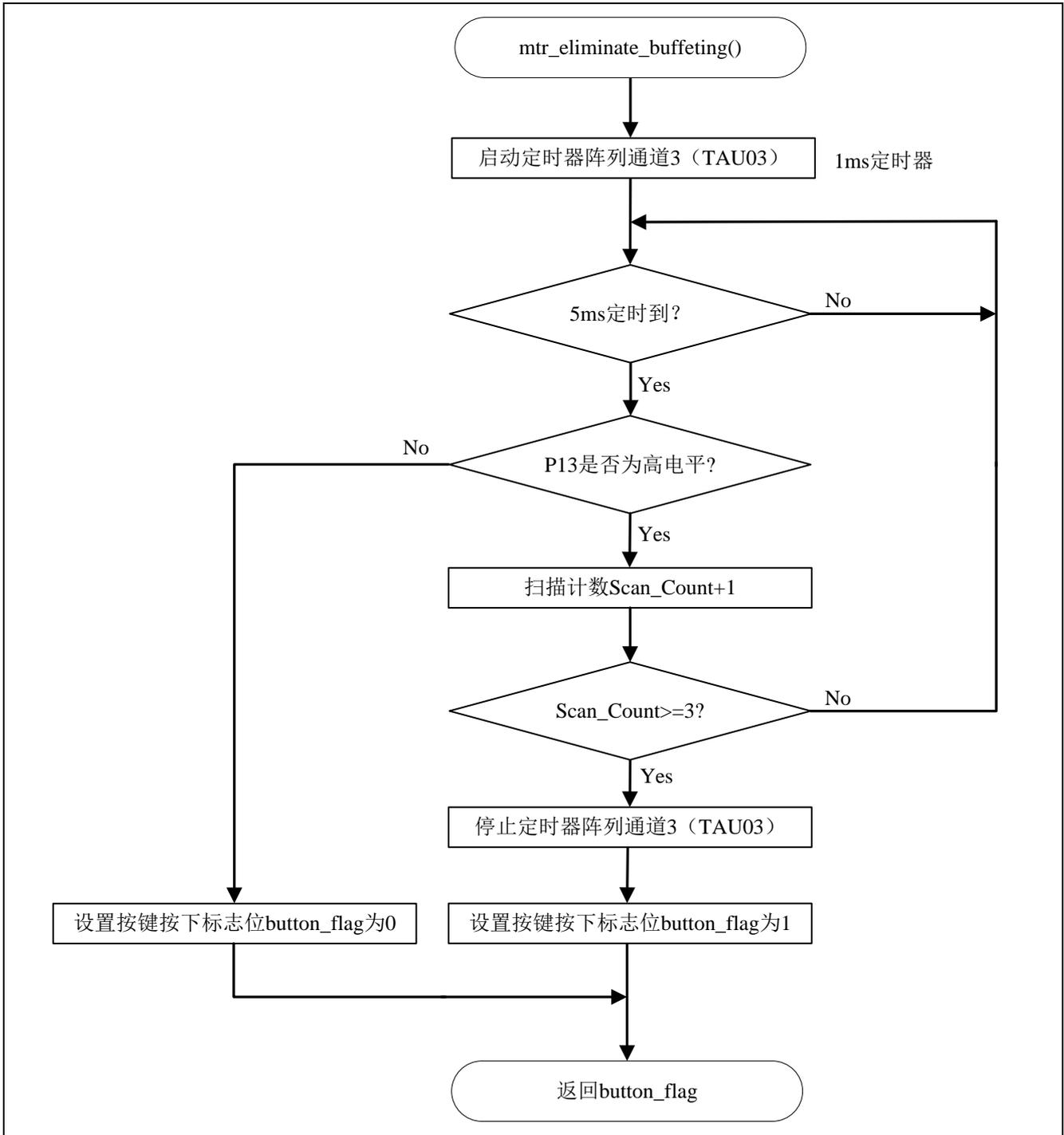


图 5.9 按键消抖函数处理

5.7.10 启动电机函数处理

启动电机函数处理的流程，请参见“图 5.10”。

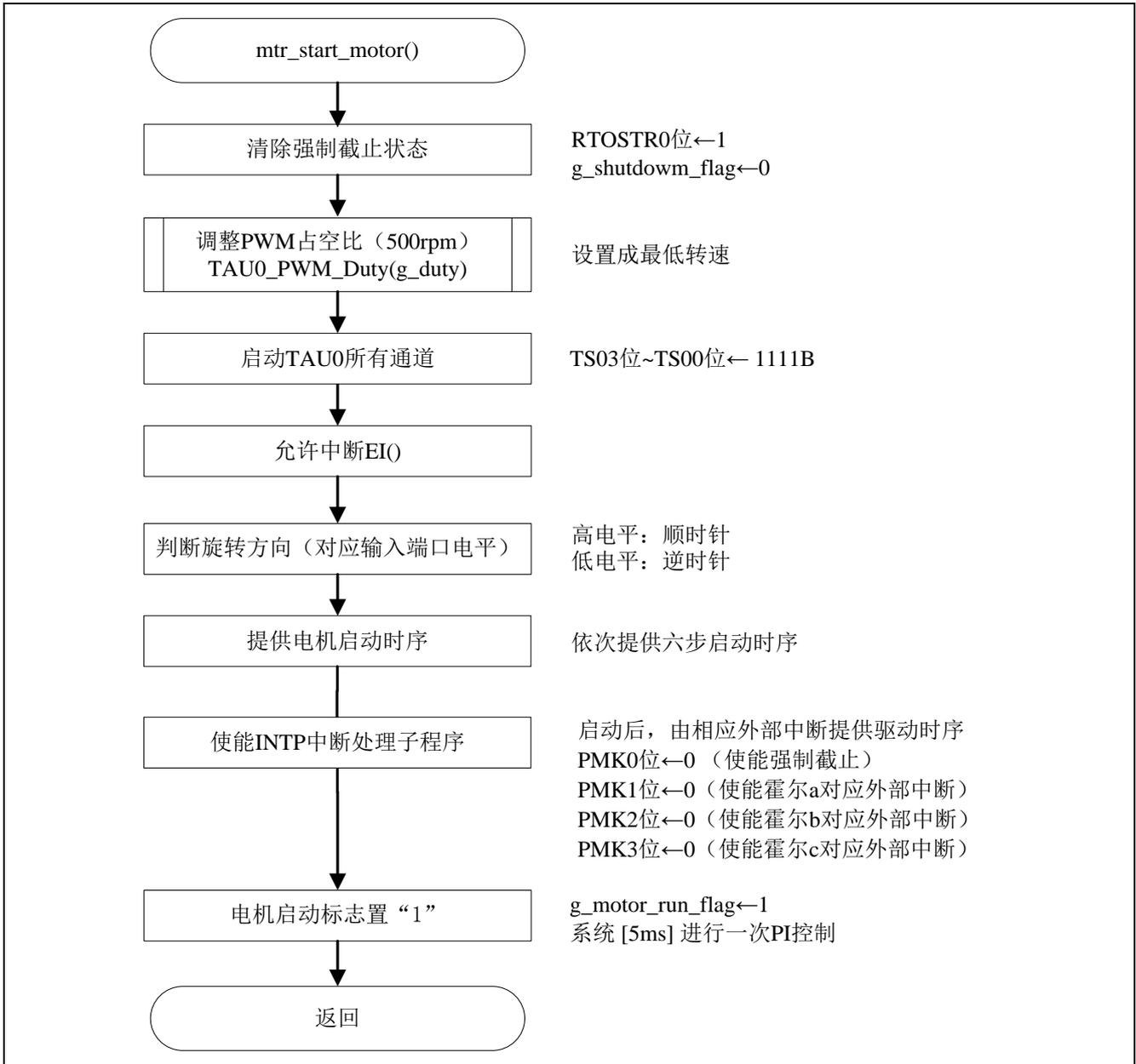


图 5.10 启动电机函数处理

5.7.11 停止电机函数处理

停止电机函数处理的流程，请参见“图 5.11”。

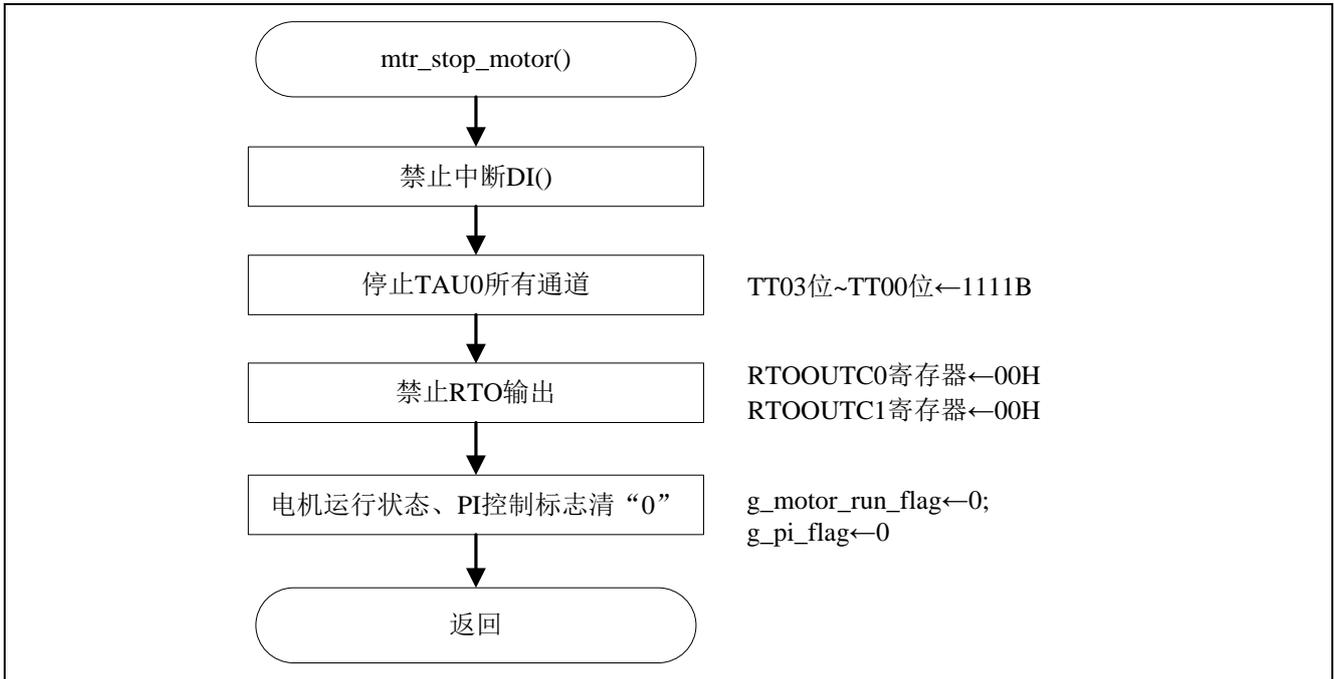


图 5.11 停止电机函数处理

5.7.12 电流检测函数处理

电流检测函数处理的流程，请参见“图 5.12”。

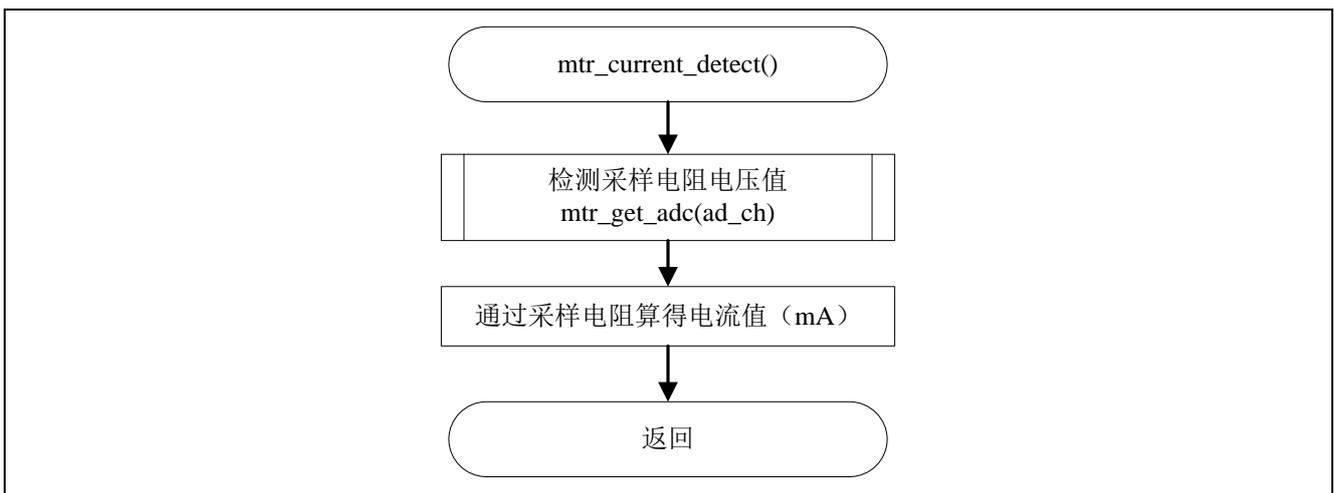


图 5.12 电流检测函数处理

5.7.13 转速计算函数处理

转速计算函数处理的流程，请参见“图 5.13”。

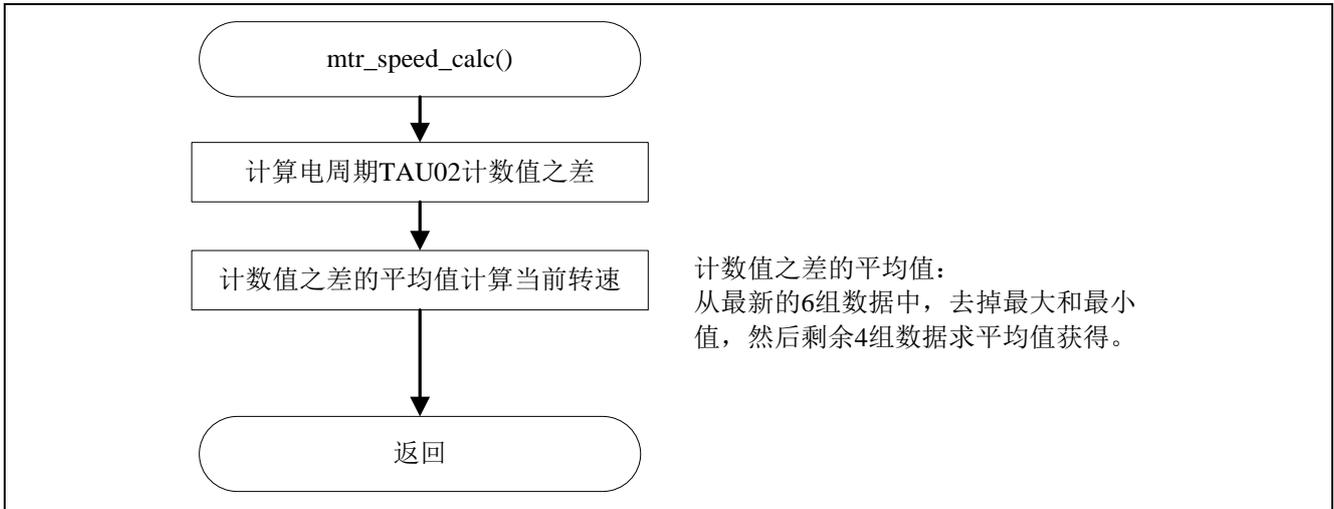


图 5.13 转速计算函数处理

5.7.14 PI 控制函数处理

PI 控制函数处理的流程，请参见“图 5.14”。

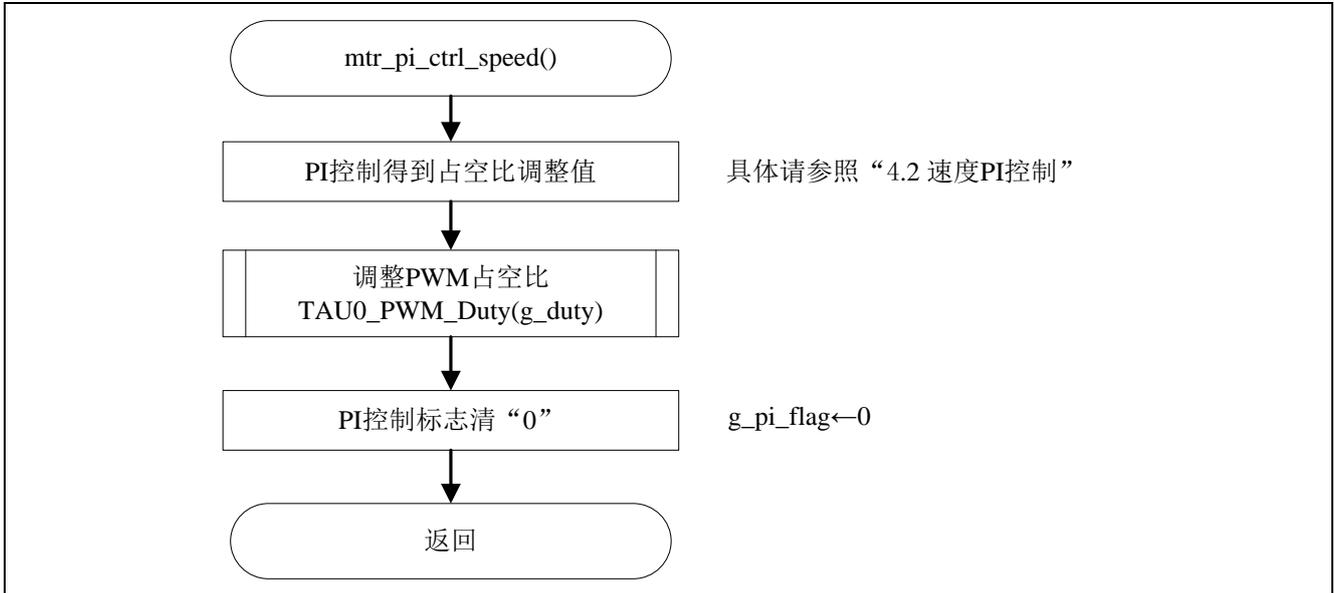


图 5.14 PI 控制函数处理

5.7.15 中断处理

中断处理的流程，请参见“图 5.15”和“图 5.16”。

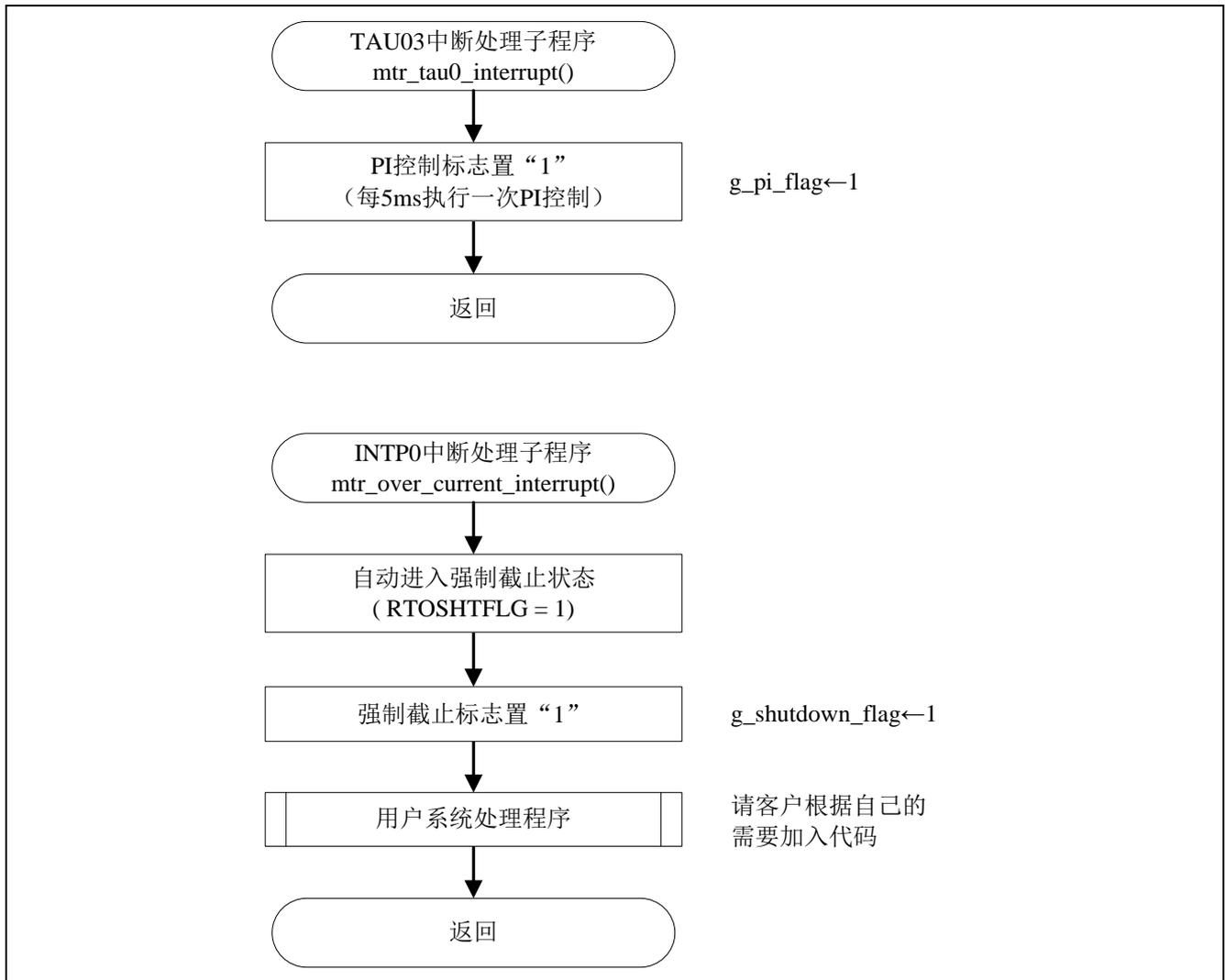


图 5.15 中断处理 (1/2)

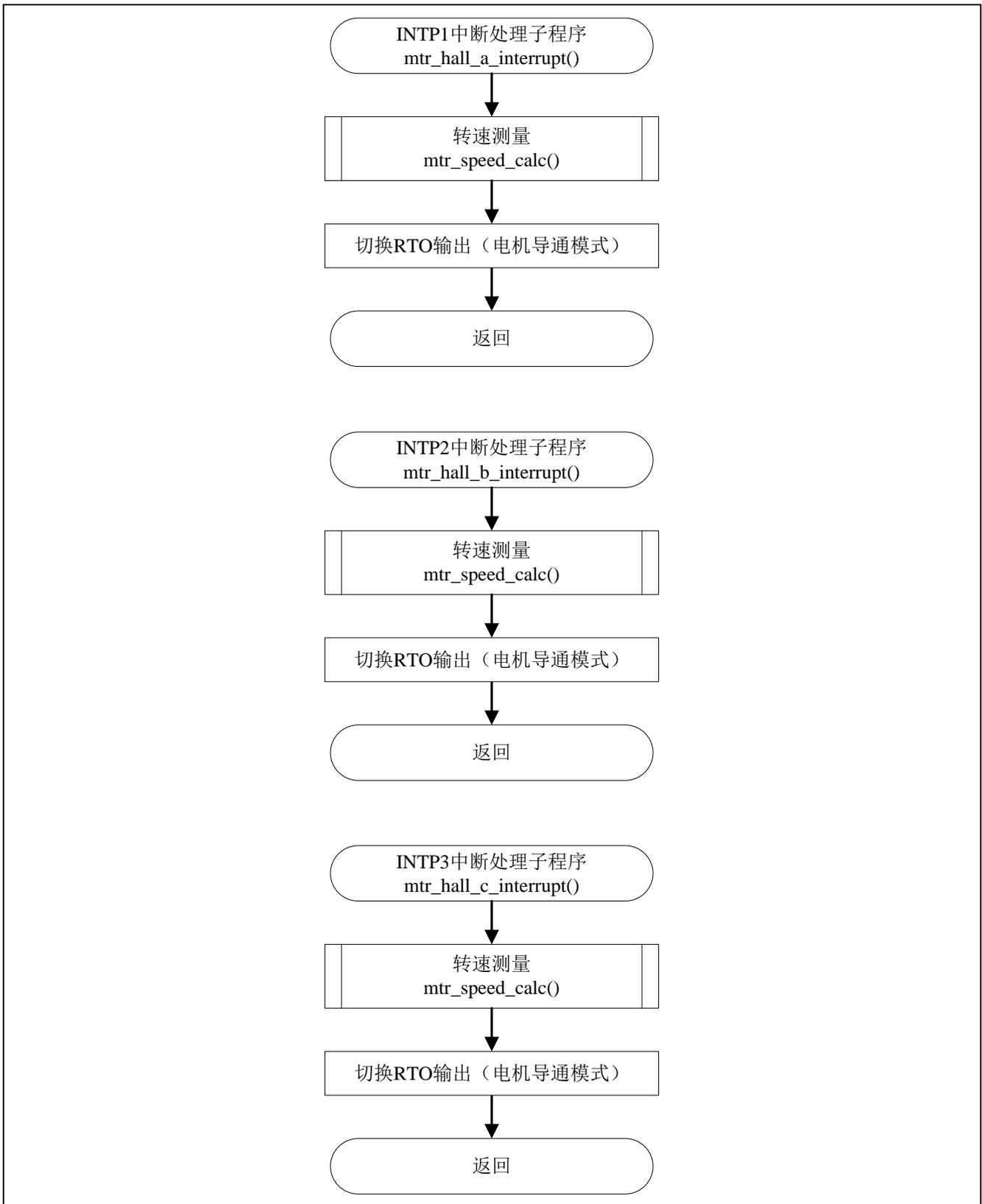


图 5.16 中断处理 (2/2)

6. 参考例程

参考例程请从瑞萨电子网页上取得。

7. 参考文献

R7F0C806-809 User's Manual: Hardware (R01UH0481E)

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	2014.04	—	初版发行
1.10	2014.09	4,5	V_{SPOR0} 改为 V_{SPOR}
		4,14	LVD 复位模式: 4.2V (4.0V~4.37V) 改为 SPOR 检测电压: 上升沿 4.28V (典型值), 下降沿 4.00V (最小值)
		14	选项字节设置地址删除 (保留 000C0H,000C1H,000C2H,000C3H)
		16~21	在“函数一览”、“函数说明”中, 补全所有函数
		25~54	寄存器设置统一更改格式等内容

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、复制或制作以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、个人电子产品以及工业机器人等。
高质量等级：运输设备（汽车、火车、轮船等）、交通控制系统、防火系统、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。由于难以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。也不可将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.
2880 Scott Boulevard Santa Clara, CA 95050-2554, U.S.A.
Tel: +1-408-588-6000, Fax: +1-408-588-6130

Renesas Electronics Canada Limited
1101 Nicholson Road, Newmarket, Ontario L3Y 9C3, Canada
Tel: +1-905-898-5441, Fax: +1-905-898-3220

Renesas Electronics Europe Limited
Dukes Meadow, Millboard Road, Bourne End, Buckinghamshire, SL8 5FH, U.K.
Tel: +44-1628-651-700, Fax: +44-1628-651-804

Renesas Electronics Europe GmbH
Arcadiastrasse 10, 40472 Düsseldorf, Germany
Tel: +49-211-65030, Fax: +49-211-6503-1327

Renesas Electronics (China) Co., Ltd.
7th Floor, Quantum Plaza, No.27 ZhichunLu Haidian District, Beijing 100083, 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 LanGao Rd., Putuo District, Shanghai, China
Tel: +86-21-2226-0889, Fax: +86-21-2226-0899

Renesas Electronics Hong Kong Limited
Unit 1601-1613, 16/F., Tower 2, Grand Century Place, 193 Prince Edward Road West, Mongkok, Kowloon, Hong Kong
Tel: +852-2886-9318, Fax: +852-2886-9022/9044

Renesas Electronics Taiwan Co., Ltd.
13F, No. 363, Fu Shing North Road, Taipei, 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 906, 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 Korea Co., Ltd.
12F., 234 Teheran-ro, Gangnam-Gu, Seoul, 135-080, Korea
Tel: +82-2-559-3737, Fax: +82-2-559-5141