

RX 族

R01AN3191CC0100

Rev. 1.00

电容式触摸的低功耗设计指南

2017.03.31

要点

本应用笔记介绍了如何利用 RX113 内置的低功耗定时器（LPT），使得电容式触摸测量间歇动作，从而实现低功耗的方法。

对象 MCU

RX113

目录

1. 动作确认条件	3
2. 动作概要	4
3. 软件说明	6
3.1 文件构成	6
3.2 选项设定存储	6
3.3 常量一览	7
3.4 函数一览	9
3.5 函数说明	10
3.5.1 main	10
3.5.2 R_Set_Low_Power_Create	10
3.5.3 R_Set_Module_Power	11
3.5.4 R_Set_Port_Initial	11
3.5.5 R_Set_Port_Low_Output	12
3.5.6 R_Set_Low_Power_CGC_Create	12
3.5.7 R_Set_LPT_Create	13
3.5.8 R_Set_Software_Standby_Entry	13
3.5.9 R_Set_Software_Standby_Exit	14
3.5.10 Excep_Wakeup_Software_Standby	14
4. 流程图	15
4.1 主函数: main()	15
4.2 低功耗设定函数: R_Set_Low_Power_Create()	16
4.3 外围模块电源供给函数: R_Set_Module_Power()	16
4.4 I/O 端口初始化函数: R_Set_Port_Initial()	17
4.5 I/O 端口低电平输出设定函数: R_Set_Port_Low_Output()	17
4.6 低功耗运行时钟的设定函数: R_Set_Low_Power_CGC_Create()	18
4.7 LPT 设定函数: R_Set_LPT_Create()	19
4.8 允许软件待机模式的设定函数: R_Set_Software_standby_Entry()	20
4.9 禁止软件待机模式的设定函数: R_Set_Software_standby_Exit()	20
5. 消耗电流	21
5.1 工作条件	22
5.2 测量环境	23
5.3 消耗电流的波形图	24
5.3.1 通常模式 (触摸测量开始处理)	24
5.3.2 休眠模式 (触摸测量 + DTC 传送)	25
5.3.3 通常模式 (触摸测量结束中断处理 + 触摸/非触摸判断处理)	26
5.4 总的消耗电流	27
公司主页和咨询窗口	28

1. 动作确认条件

本应用说明中，使用表 1.1 所示的工作条件进行动作确认。

表 1.1 工作条件

项目	内容
所用单片机	RX113
CPU 工作频率	4MHz: 低速片上振荡器 (LOCO), 中速工作模式 15kHz: 低功耗定时器 LPT 工作时钟 (ILOCO)
工作电压	3.3V
字节存储次序	Little Endian
工作模式	单芯片模式
集成开发环境	CS+ (V3.00.00)
C 编译器	RX build tool CC-RX (V2.02.00.04)
参考例程版本	Ver.1.00
所用器件	R5F51136AxFM (256K)

2. 动作概要

表 2.1 列出了低功耗工作时所用的外围功能。

表 2.1 外围功能和用途

外围功能	用途
静电电容式触摸感应单元 (CTSU)	测量触摸电极上产生的电容量
数据传送控制器 (DTC)	- 将 RAM 中的触摸测量设定值写入到 CTSU 寄存器 - 将 CTSU 的测量结果传送到 RAM
低功耗定时器 (LPT)	用于从软件待机模式切换到通常模式的定时器 (间隔时间: 100ms)
事件链接控制器 (ELC)	设置低功耗定时器的中断请求信号为事件信号, 产生从软件待机模式切换到通常工作模式的解除中断。

表 2.2 列出了低功耗工作时 CPU 的动作模式。

表 2.2 CPU 的动作模式

CPU 的动作模式	模式切换条件
通常模式 (触摸测量开始的处理)	通过 LPT 的事件信号切换到该模式
休眠模式	设定待机控制寄存器 (SBYCR) 的 bit 15: SSBY=0 后, 通过 WAIT 指令切换到该模式
通常模式 (触摸测量结束中断处理+触摸/非触摸判断处理)	通过 CTSU 测量结束中断切换到该模式
软件待机模式	设定待机控制寄存器 (SBYCR) 的 bit 15: SSBY=1 后, 通过 WAIT 指令切换到该模式

表 2.3 列出了低功耗工作时 CTSU 的动作模式。

表 2.3 CTSU 的工作模式

CTSU 的动作模式	模式切换条件
通常模式	CTSU 控制寄存器 0 (CTSUCR0) 的 bit 2 符号名: CTSUSNZ=0 Note 1
低功耗模式	CTSU 控制寄存器 0 (CTSUCR0) 的 bit 2 符号名: CTSUSNZ=1 Note 1

Note 1. 关于设定条件的更多信息请参考硬件手册。

图 2.1 表示低功耗的动作流程图。

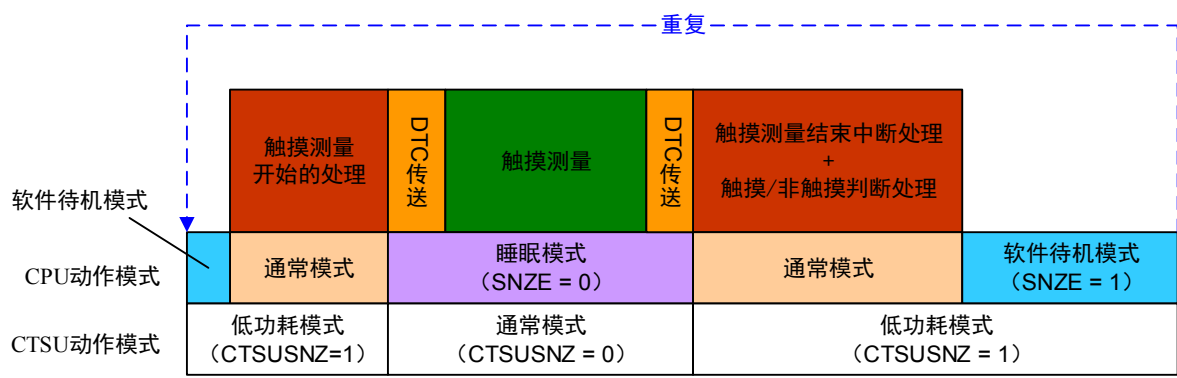


图 2.1 低功耗的动作流程图

3. 软件说明

3.1 文件构成

表 3.1 列出了本应用说明使用的文件，其中不包含集成开发环境自动生成的文件。

表 3.1 使用的文件

文件名	概要	备注
r_main.c	主程序的源文件	
r_low_power.c	设定低功耗动作的源文件	
r_software_standby.c	设定软件待机的源文件	
r_ctsu.c	控制 CTSU 的源文件	
r_ctsu_physical_driver.c	CTSU 物理层驱动的源文件	
r_dtc.c	控制 DTC 的源文件	
r_touch.c	控制触摸的源文件	
r_touch_API.c	触摸 API 的源文件	
r_low_power.h	设定低功耗动作的头文件	
r_software_standby.h	设定软件待机的头文件	
r_ctsu.h	控制 CTSU 的头文件	
r_dtc.h	控制 DTC 的头文件	
r_touch.h	控制触摸的头文件	
r_touch_API.h	触摸 API 的头文件	

3.2 选项设定存储

表 3.2 列出了选项设定存储的状态。请根据系统需要设定最优值。

表 3.2 选项设定存储

符号	地址	设定值	内容
DTC.DTCVBR	0x00007C00	dtc_vector60 (0x00007CF0) dtc_vector61 (0x00007CF4)	DTC 传送地址

3.3 常量一览

表 3.3 和表 3.4 列出了本应用说明中使用的常量。

表 3.3 常量一览 (r_low_power.h)

r_low_power.h		
常量名	设定值	内容
MODULE_STOP_DISABLE	0	禁止模块停止（编译选项）
MODULE_STOP_ENABLE	1	允许模块停止（编译选项）
MSTP_STATE_DTC	1	DTC 模块停止的允许/禁止设定值
MSTP_STATE_RAM0	0	RAM0 模块停止的允许/禁止设定值
PIN_SIZE	100	使用的 MCU 的管脚数
DEF_P0PDR_MASK	0x34	端口 0 I/O 屏蔽值
DEF_P1PDR_MASK	0xFF	端口 1 I/O 屏蔽值
DEF_P2PDR_MASK	0xFF	端口 2 I/O 屏蔽值
DEF_P3PDR_MASK	0x07	端口 3 I/O 屏蔽值
DEF_P4PDR_MASK	0x5F	端口 4 I/O 屏蔽值
DEF_P5PDR_MASK	0x7F	端口 5 I/O 屏蔽值
DEF_P9PDR_MASK	0x07	端口 9 I/O 屏蔽值
DEF_PAPDR_MASK	0xFF	端口 A I/O 屏蔽值
DEF_PBPDR_MASK	0xFF	端口 B I/O 屏蔽值
DEF_PCPDR_MASK	0xFF	端口 C I/O 屏蔽值
DEF_PDPDR_MASK	0x1F	端口 D I/O 屏蔽值
DEF_PEPDR_MASK	0xFF	端口 E I/O 屏蔽值
DEF_PFPDR_MASK	0xC0	端口 F I/O 屏蔽值
DEF_PJPDR_MASK	0xCD	端口 J I/O 屏蔽值
DEF_P0PDR	0x68	端口 0 I/O 初始化值
DEF_P1PDR	0x00	端口 1 I/O 初始化值
DEF_P2PDR	0x00	端口 2 I/O 初始化值
DEF_P3PDR	0xD8	端口 3 I/O 初始化值
DEF_P4PDR	0xA0	端口 4 I/O 初始化值
DEF_P5PDR	0x80	端口 5 I/O 初始化值
DEF_P9PDR	0xF8	端口 9 I/O 初始化值
DEF_PAPDR	0x00	端口 A I/O 初始化值
DEF_PBPDR	0x00	端口 B I/O 初始化值
DEF_PCPDR	0x00	端口 C I/O 初始化值
DEF_PDPDR	0xE0	端口 D I/O 初始化值
DEF_PEPDR	0x00	端口 E I/O 初始化值
DEF_PFPDR	0x3F	端口 F I/O 初始化值
DEF_PJPDR	0x32	端口 J I/O 初始化值

r_low_power.h		
常量名	设定值	内容
SEL_SYSCLK	0x0000	片上振荡器选择设定值
REG_SCKCR	0x00000000	设定 ICLK, PCLKD, PCLKB, FCLK 无分频
SOPCM_MID	0x00	中速动作模式设定值
OPCM_MID	0x02	编译选项
SOPCM_HIGH	0x00	高速动作模式设定值
OPCM_HIGH	0x00	编译选项
SOPCM_LOW	0x01	低速动作模式设定值
OPCM_LOW	0x00	编译选项

表 3.4 常量一览 (r_software_standby.h)

r_software_standby.h		
常量名	设定值	内容
_1_LPT_CLK_DIV2	1	低功耗定时器的时钟分频 (CLK/2)
_2_LPT_CLK_DIV4	2	低功耗定时器的时钟分频 (CLK/4)
_3_LPT_CLK_DIV8	3	低功耗定时器的时钟分频 (CLK/8)
_4_LPT_CLK_DIV16	4	低功耗定时器的时钟分频 (CLK/16)
_5_LPT_CLK_DIV32	5	低功耗定时器的时钟分频 (CLK/32)
_0_LPT_SUB_CLOCK	0	副时钟振荡器的选择
_1_LPT_IWDT_OCO	1	IWDT 专用片上振荡器的选择
_0_LPT_CMT0_DISABLE	0	禁止低功耗比较一致 0
_1_LPT_CMT0_ENABLE	1	允许低功耗比较一致 0
_0_LPT_CLOCK_START	0	提供低功耗定时器时钟
_1_LPT_CLOCK_STOP	1	停止提供低功耗定时器时钟
_0_LPT_STOP	0	停止低功耗定时器
_1_LPT_START	1	开始低功耗定时器
_1_LPT_RESET	1	复位预分频器和计数器
_0_LPT_RESET_COMPLE	0	复位完成
_1_LPT_RESET_RUN	1	复位中
_0_LPT_STANDBY_RETURN_DISABLE	0	禁止通过低功耗定时器从待机模式返回
_1_LPT_STANDBY_RETURN_ENABLE	1	允许通过低功耗定时器从待机模式返回

3.4 函数一览

本应用说明中使用的函数，如表 3.5 和表 3.6 所示。

表 3.5 函数一览 (r_low_power.h)

r_low_power.h	
函数名	概要
main()	系统主函数
R_Set_Low_Power_Create()	低功耗设定函数
R_Set_Module_Power()	外围模块电源供给函数
R_Set_Port_Initial()	I/O 端口初始化函数
R_Set_Port_Low_Output()	I/O 端口低电平输出设定函数
R_Set_Low_Power_CGC_Create()	低功耗的动作时钟设定函数

表 3.6 函数一览 (r_software_standby.h)

r_software_standby.h	
函数名	概要
R_Set_LPT_Create()	LPT 设定函数
R_Set_Software_Standby_Entry()	允许软件待机模式的设定函数
R_Set_Software_Standby_Exit()	禁止软件待机模式的设定函数
Excep_Wakeup_Software_Standby()	软件待机模式解除的中断函数

3.5 函数说明

3.5.1 main

main()

概要	系统主函数
声明	void main(void)
描述	该函数控制系统整体流程。
函数调用	R_Set_Low_Power_Create() R_Set_Cap_Touch_Create() Note 1 R_Set_LPT_Create() R_Set_Software_Standby_Entry() R_Get_Cap_Touch_Data_Check() Note 1 R_Get_Cap_Touch_Initial_status() Note 1 R_Get_Cap_Touch_Function_Data() Note 1 R_Set_Cap_Touch_Initial_Tuning() Note 1 R_Set_Cap_Touch_Next_Method_Change() Note 1 R_Set_Cap_Touch_measurement_start() Note 1 R_Set_Software_Standby_Exit()
参数	-
返回值	-

Note 1. 更多详细信息请参考 Touch API 的参考指南。

3.5.2 R_Set_Low_Power_Create

R_Set_Low_Power_Create()

概要	低功耗设定函数
声明	void R_Set_Low_Power_Create(void)
描述	该函数控制低功耗的设置。
函数调用	R_Set_Module_Power() R_Set_Port_Initial() R_Set_Port_Low_Output() R_Low_Power_CGC_Create()
参数	-
返回值	-

3.5.3 R_Set_Module_Power**R_Set_Module_Power()**

概要	外围模块电源供给函数
声明	void R_Set_Module_Power(void)
描述	该函数被 R_Set_Low_Power_Create 函数调用，停止未使用的外围模块。
函数调用	
参数	-
返回值	-

3.5.4 R_Set_Port_Initial**R_Set_Port_Initial()**

概要	I/O 端口初始化函数
声明	void R_Set_Port_Initial(void)
描述	该函数被 R_Set_Low_Power_Create 函数调用，进行以下端口的输出设置。 [RX113 100pin] 端口 0: P02, P04, P07 端口 1: P10—P17 端口 2: P20—P27 端口 3: P30, P31, P32 端口 4: P40—P44, P46 端口 5: P50—P56 端口 9: P90—P92 端口 A: PA0—PA7 端口 B: PB0—PB7 端口 C: PC0—PC7 端口 D: PD0—PD4 端口 E: PE0—PE7 端口 F: PF6, PF7 端口 J: PJ3
函数调用	-
参数	-
返回值	-

3.5.5 R_Set_Port_Low_Output**R_Set_Port_Low_Output()**

概要	I/O 端口低电平输出设定函数
声明	void R_Set_Port_Low_Output(void)
描述	该函数被 R_Set_Low_Power_Create 函数调用，进行以下端口的低电平输出设置。 [RX113 100pin] Port 0: P02, P04, P07 Port 1: P10—P17 Port 2: P20—P27 Port 3: P30, P31, P32 Port 4: P40—P44, P46 Port 5: P50—P56 Port 9: P90—P92 Port A: PA0—PA7 Port B: PB0—PB7 Port C: PC0—PC7 Port D: PD0—PD4 Port E: PE0—PE7 Port F: PF6, PF7 Port J: PJ3
函数调用	-
参数	-
返回值	-

3.5.6 R_Set_Low_Power_CGC_Create**R_Set_Low_Power_CGC_Create()**

概要	低功耗的运行时钟设定函数
声明	void R_Set_Low_Power_CGC_Create(void)
描述	该函数被 R_Set_Low_Power_Create 函数调用，设置低功耗的运行时钟。 - 动作模式的设定 → 中速动作模式 - 系统时钟的设定 → LOCO - 外围电路（外围模块的动作时钟分频）
函数调用	-
参数	-
返回值	-

3.5.7 R_Set_LPT_Create

R_Set_LPT_Create()

概要	LPT 设定函数
声明	void R_Set_LPT_Create(void)
描述	该函数被 main 函数调用，进行以下设定。 • 设定 LPT 中断为高速中断 • 设定事件链接控制器 • 设定低功耗定时器
函数调用	-
参数	-
返回值	-

3.5.8 R_Set_Software_Standby_Entry

R_Set_Software_Standby_Entry()

概要	允许软件待机模式的设定函数
声明	void R_Set_Software_Standby_Entry(void)
描述	该函数被 main 函数调用，设定允许切换到软件待机模式。 • 设定 WAIT 指令执行后，切换到软件待机模式。 SYSTEM.SBYCR.WORD = 0x8000 • 设定允许通过低功耗定时器使 CPU 从待机模式返回。 SYSTEM.LPWUCR.BIT.LPWKUPEN = 1
函数调用	-
参数	-
返回值	-

3.5.9 R_Set_Software_Standby_Exit

R_Set_Software_Standby_Exit()

概要	禁止软件待机模式的设定函数
声明	void R_Set_Software_Standby_Exit(void)
描述	该函数被 main 函数调用，设定禁止切换到软件待机模式。 • 设定 WAIT 指令执行后, 切换到休眠模式或深度休眠模式。 SYSTEM.SBYCR.WORD = 0x0000 • 设定禁止通过低功耗定时器使 CPU 从待机模式返回。 SYSTEM.LPWUCR.BIT.LPWKUPEN = 0
函数调用	-
参数	-
返回值	-

3.5.10 Excep_Wakeup_Software_Standby

Excep_Wakeup_Software_Standby()

概要	软件待机模式解除的中断函数（LPT 中断函数）
声明	void Excep_Wakeup_Software_Standby(void)
描述	该函数被低功耗定时器的比较中断调用。 无处理
函数调用	-
参数	-
返回值	-

4. 流程图

4.1 主函数：main()

图 4.1 表示主函数的流程图。

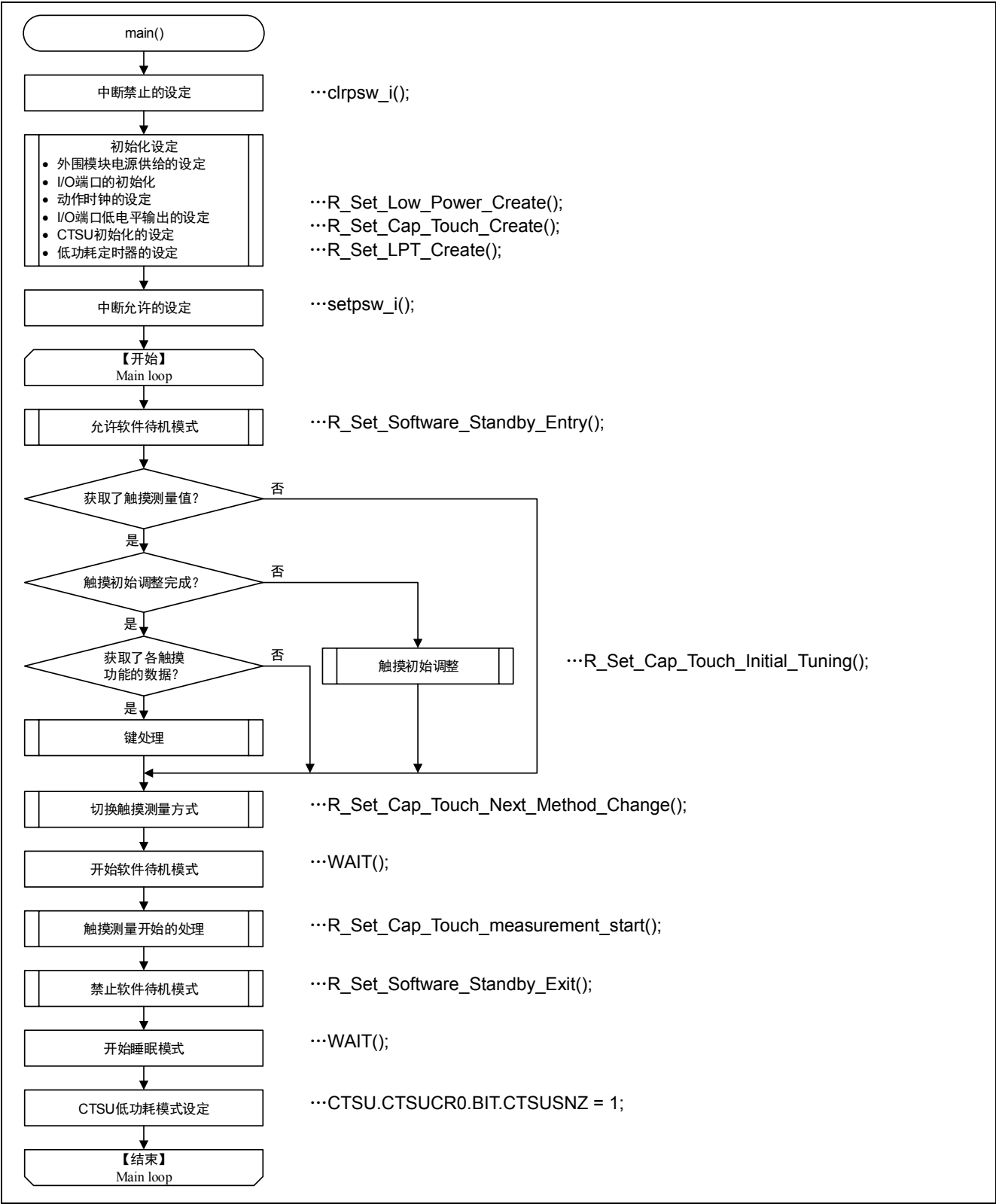


图 4.1 main()

4.2 低功耗设定函数：R_Set_Low_Power_Create()

图 4.2 表示低功耗设定函数的流程图。

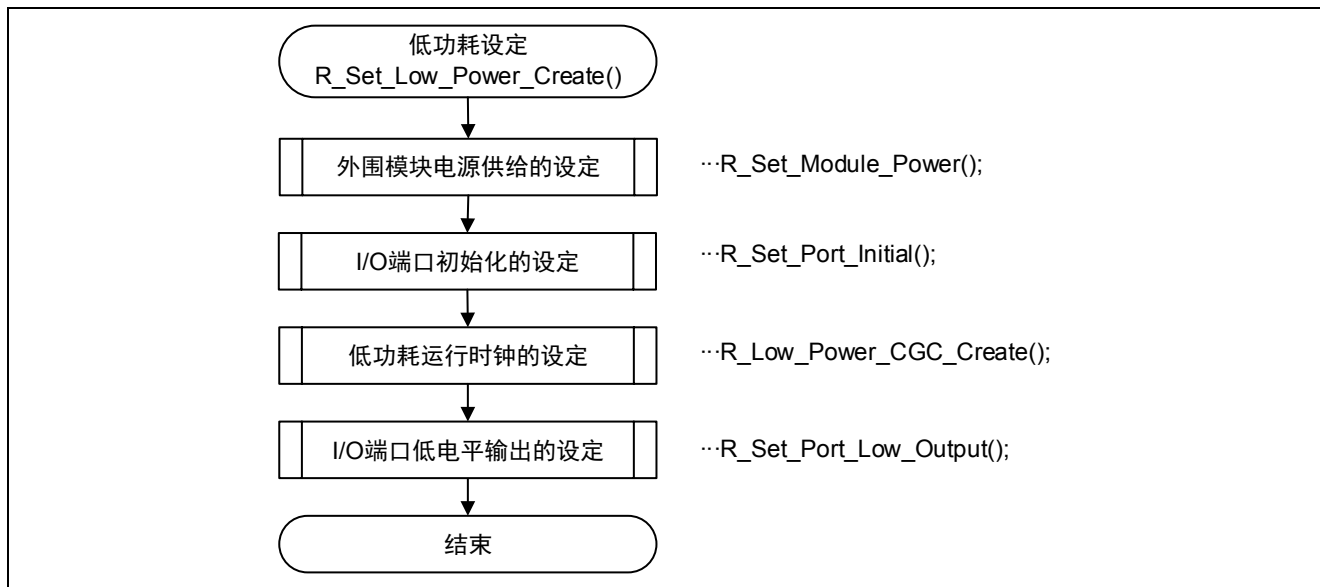


图 4.2 R_Set_Low_Power_Create()

4.3 外围模块电源供给函数：R_Set_Module_Power()

图 4.3 表示外围模块电源供给函数的流程图。

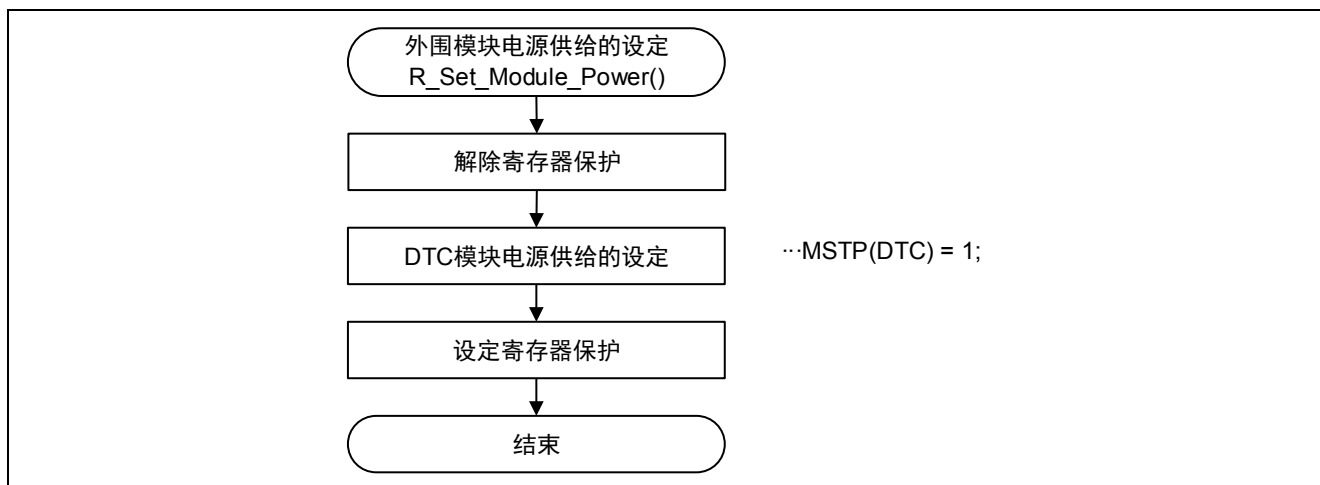


图 4.3 R_Set_Module_Power()

4.4 I/O 端口初始化函数: R_Set_Port_Initial()

图 4.4 表示 I/O 端口初始化函数的流程图。

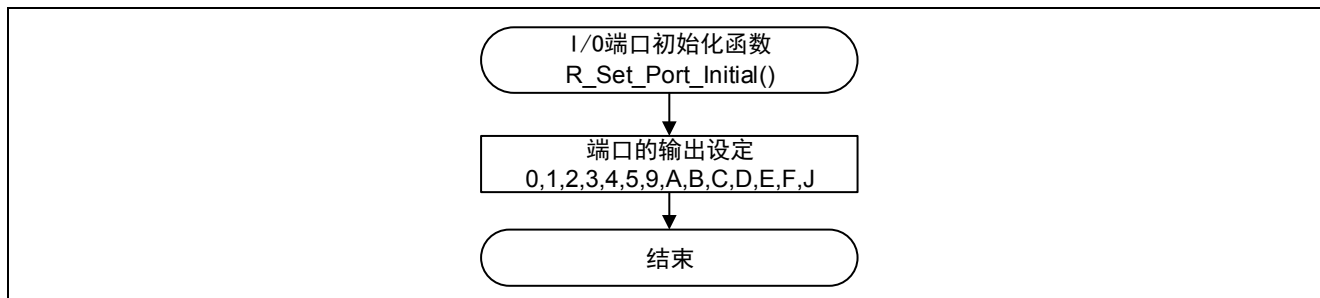


图 4.4 R_Set_Port_Initial()

4.5 I/O 端口低电平输出设定函数: R_Set_Port_Low_Output()

图 4.5 表示 I/O 端口低电平输出设定函数的流程图。

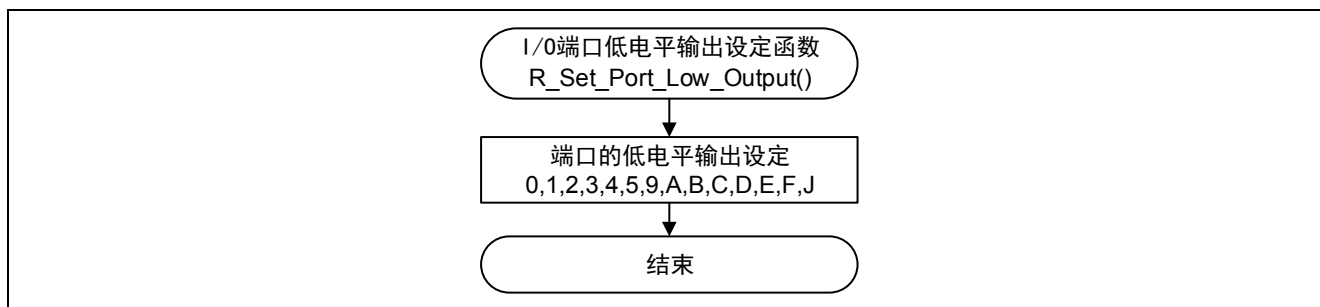


图 4.5 R_Set_Port_Low_Output()

4.6 低功耗运行时钟的设定函数：R_Low_Power_CGC_Create()

图 4.6 表示低功耗运行时钟的设定函数的流程图。

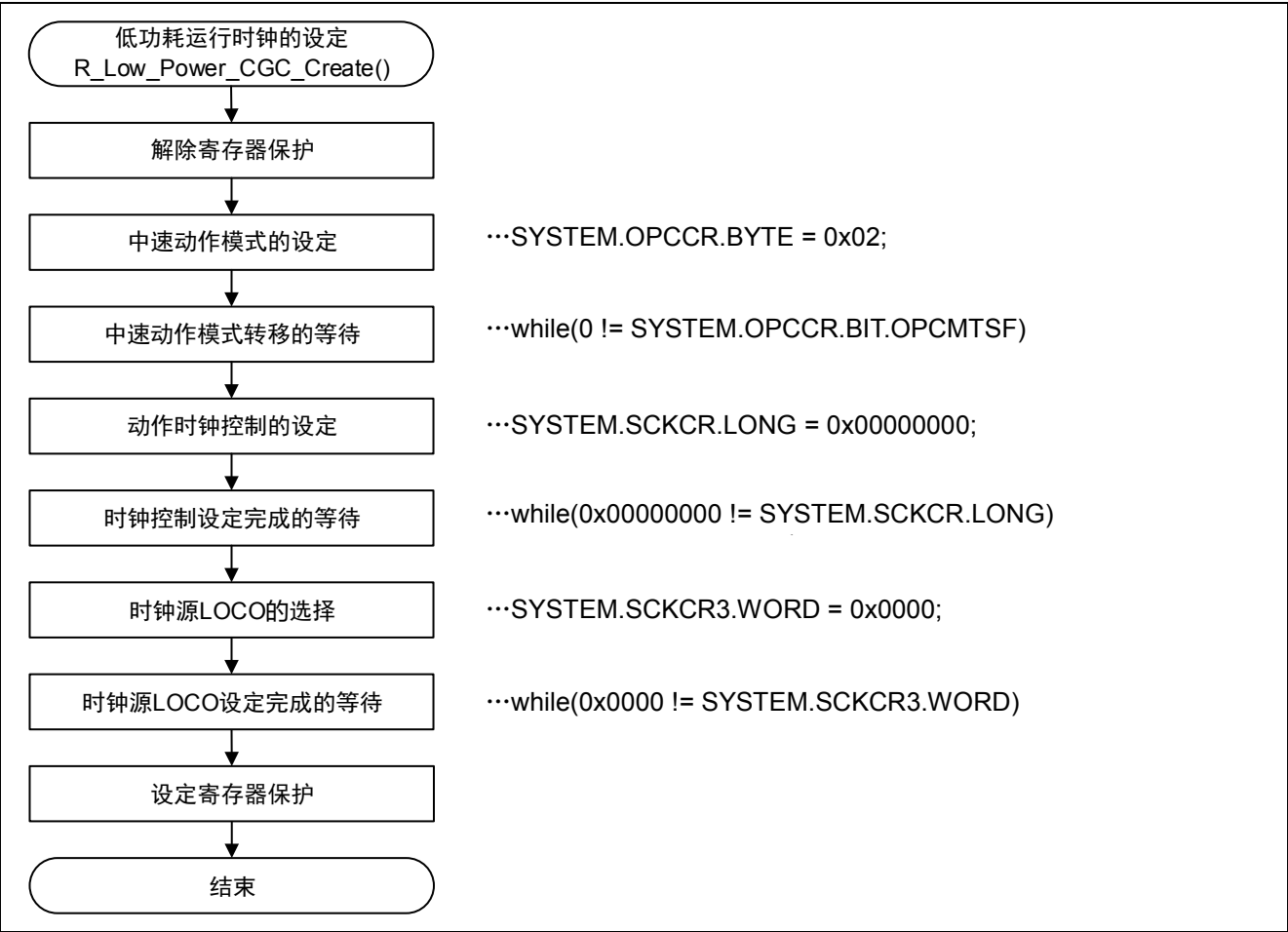


图 4.6 R_Low_Power_CGC_Create()

4.7 LPT 设定函数: R_Set_LPT_Create()

图 4.7 表示 LPT 设定函数的流程图。

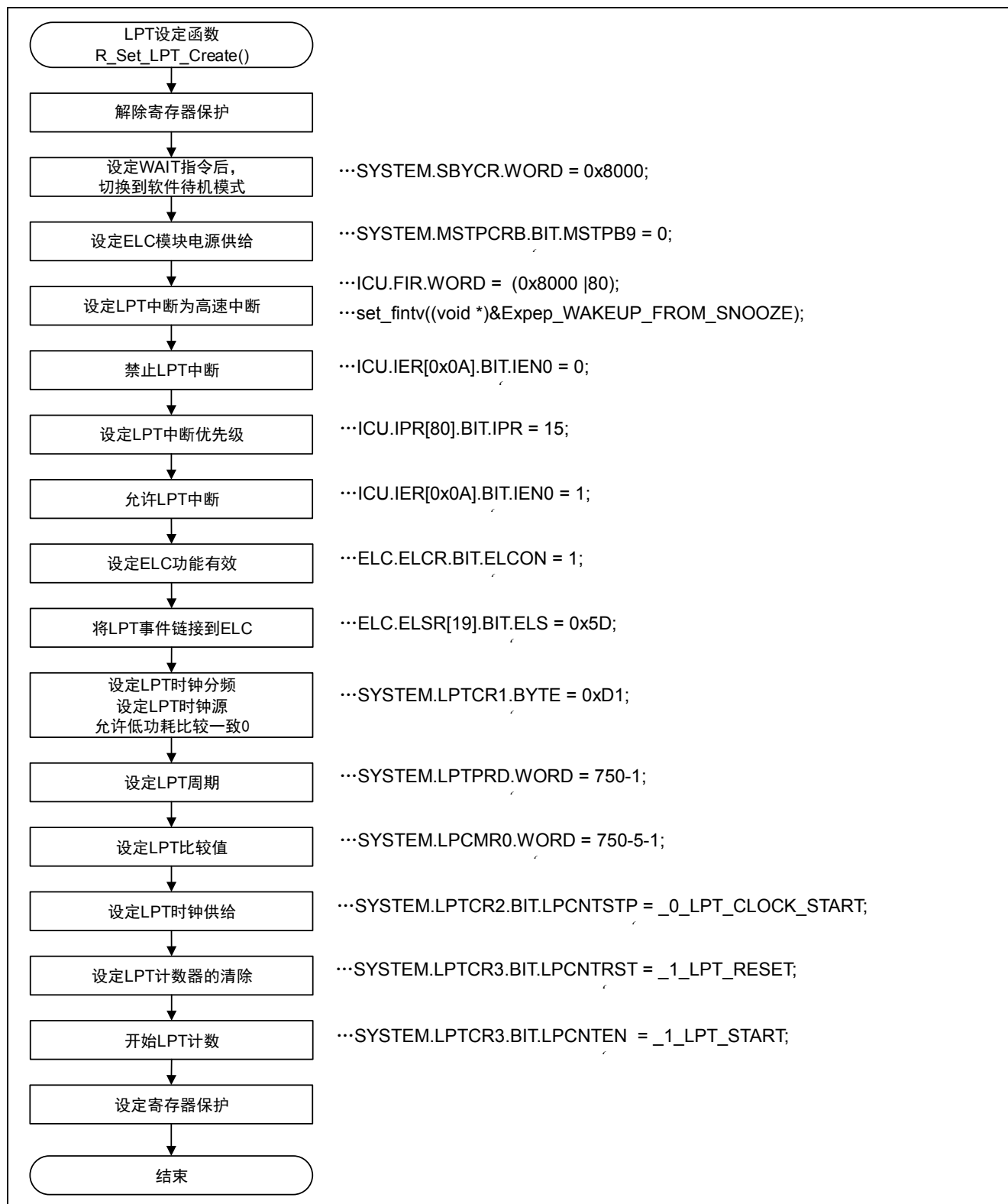


图 4.7 R_LPT_Create()

4.8 允许软件待机模式的设定函数：R_Set_Software_standby_Entry()

图 4.8 表示允许软件待机模式的设定函数的流程图。

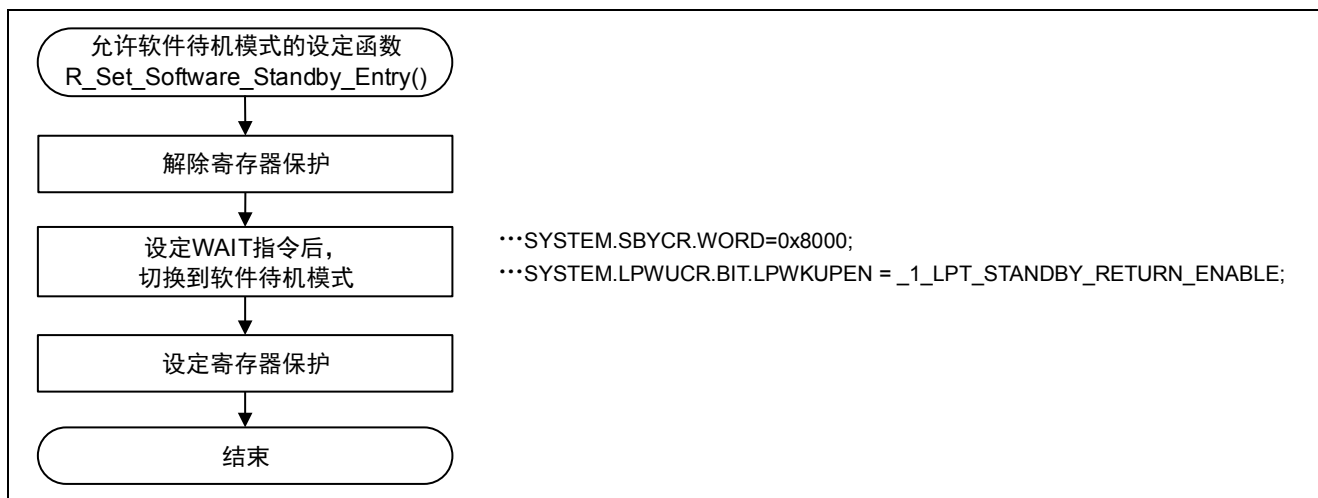


图 4.8 R_Set_Software_Standby_Entry()

4.9 禁止软件待机模式的设定函数：R_Set_Software_standby_Exit()

图 4.9 表示禁止软件待机模式的设定函数的流程图。

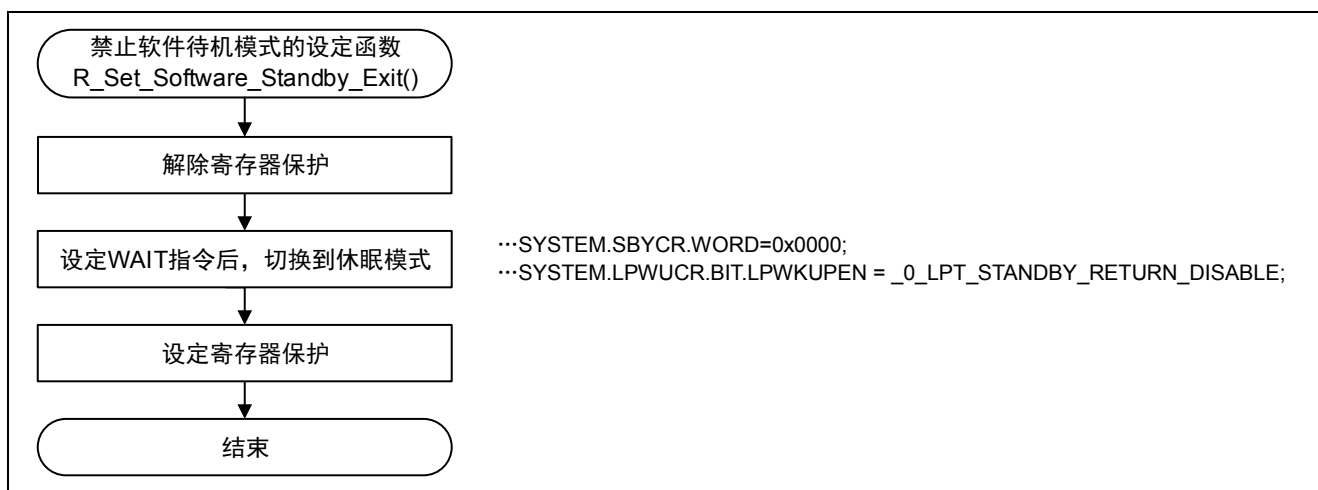
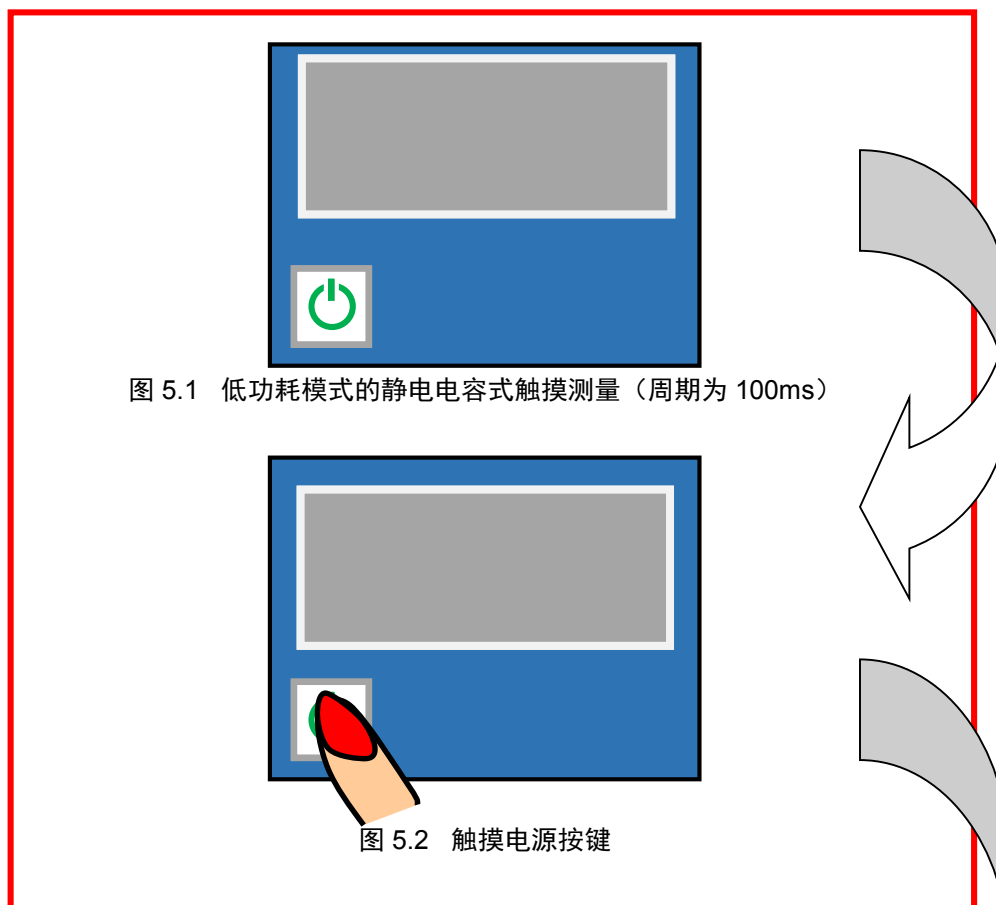


图 4.9 R_Set_Software_Standby_Exit()

5. 消耗电流

本应用说明的静电电容式触摸的低功耗动作，是以下面红框中的系统构成为模型进行说明的。
系统处于待机状态时，仅对单个静电电容式触摸按键（电源按键）以 100ms 为周期进行测量。



触摸电源按键后，静电电容式触摸测量从低功耗测量模式切换为通常模式，
以 20ms 为周期，对多个按键进行测量。



图 5.3 通常模式的静电电容式触摸测量（周期为 20ms）

5.1 工作条件

工作电压	: 3.3V
CPU 工作时钟	: LOCO 4MHz
CPU 工作模式	: 中速工作模式
触摸测量周期	: LPT 100ms
开关电容滤波器 (SCF) 频率	: 2MHz
CTSUS 测量的触摸感应器数量	: 1
CTSUS 测量模式	: 自电容多扫描模式
CTSUS 电源能力	: 高输出
CTSUS 测量时间、测量脉冲数	: 3 (推荐值)
CTSUS 基础周期、基础脉冲数	: 62 个脉冲 (推荐值)
CTSUS 高频噪声抑制功能	: ON
CTSUS 感应器稳定等待时间	: 固定值 (00010000b)
CTSUS 扩散时钟模式	: 固定值 (00b)
CTSUS 扩散时钟控制	: 固定值 (11b)
CTSUS 频谱扩散分频	: 2MHz (0001b)
CTSUS 测量次数	: 2 次

5.2 测量环境

消耗电流的测量环境如图 5.4 所示。

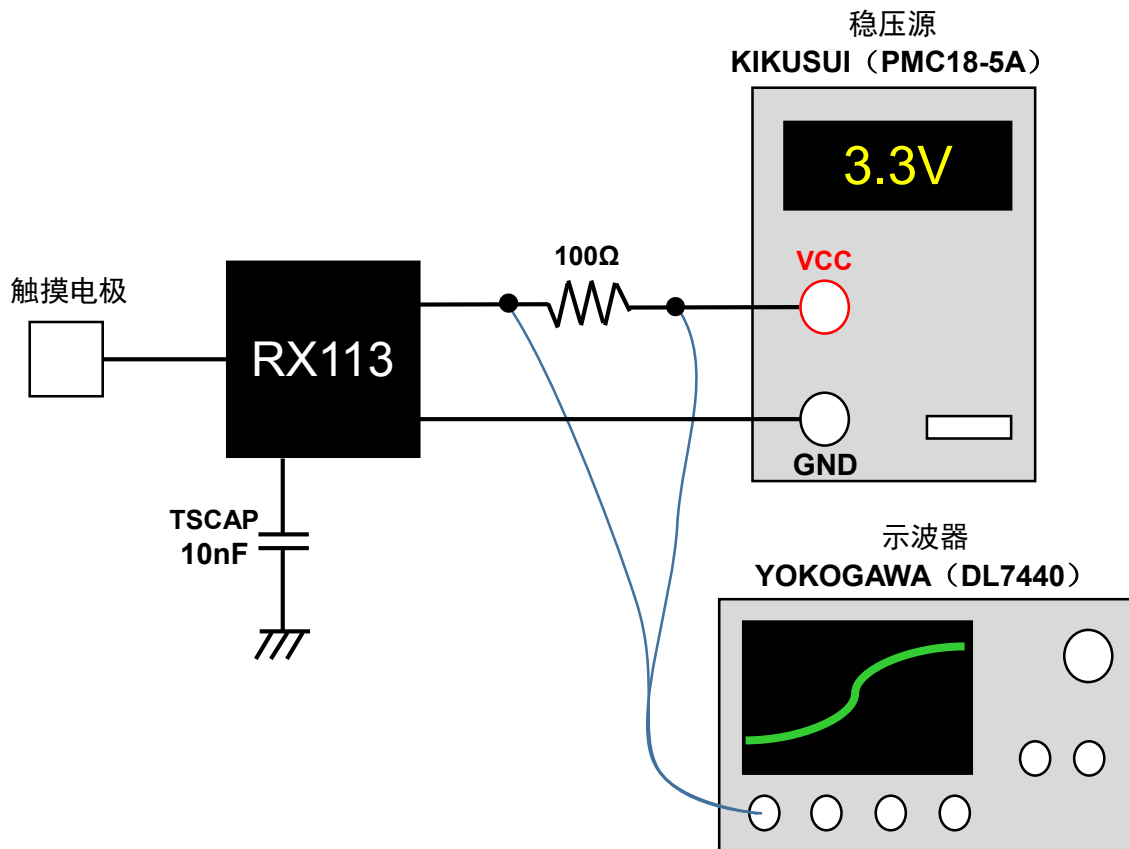


图 5.4 消耗电流的测量环境

5.3 消耗电流的波形图

5.3.1 通常模式（触摸测量开始处理）

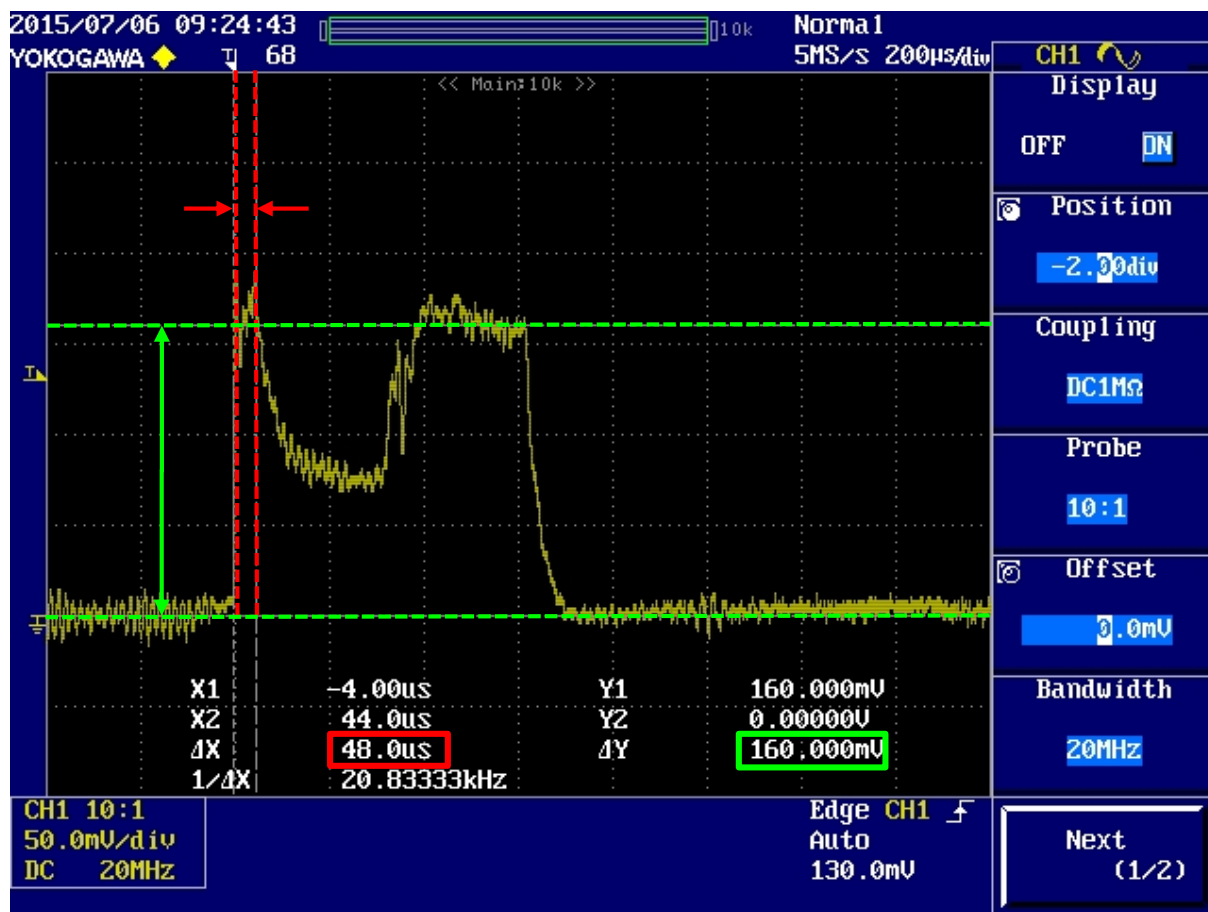


图 5.5 通常模式（触摸测量开始处理）的电流波形

电压 = 160mV (160000uV)

处理时间 = 48us (0.048ms)

电流 $I = E/R = 160000/100 = 1600\mu A$

Note: $R = 100\Omega$

$$\text{消耗电流} = 1600 \times 0.048 = 76.8\mu\text{A}$$

5.3.2 休眠模式（触摸测量 + DTC 传送）

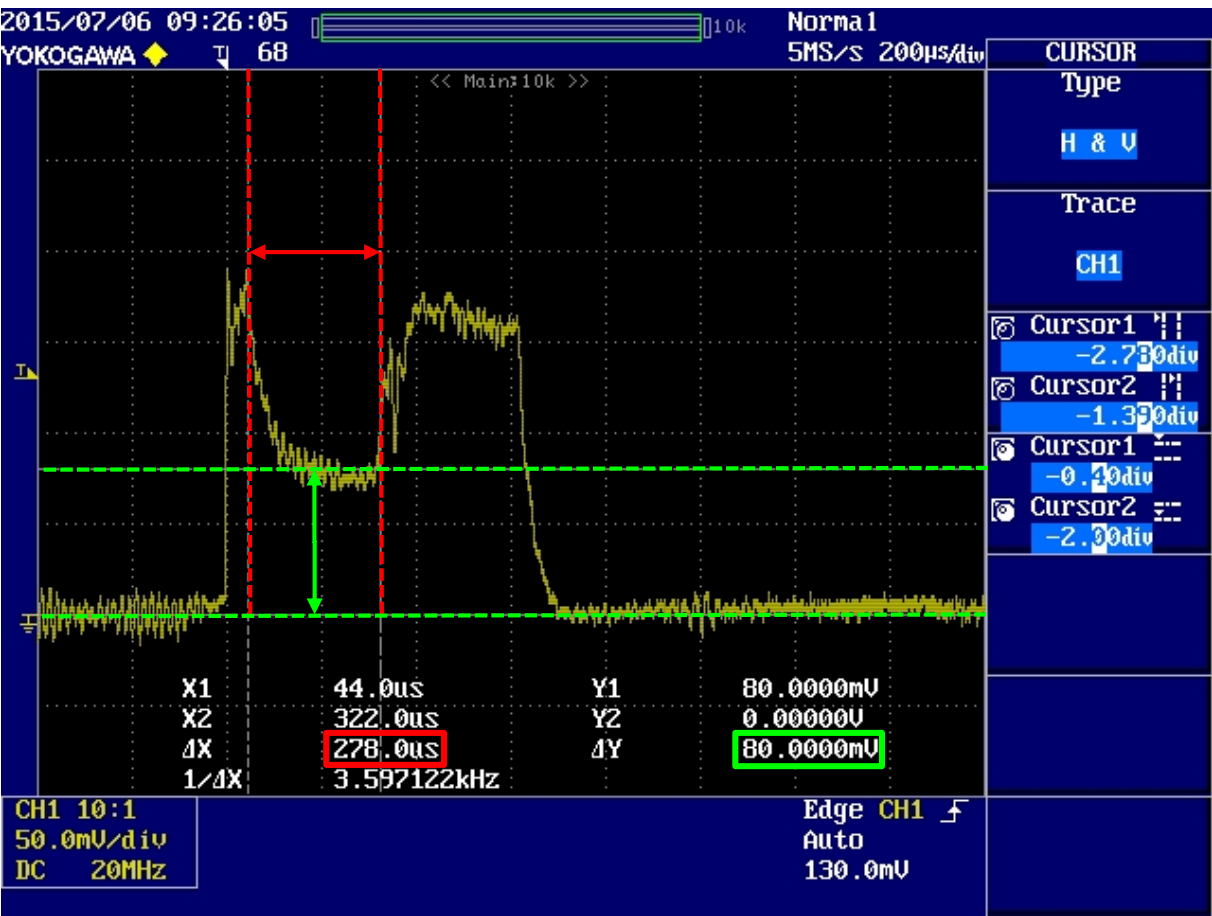


图 5.6 休眠模式（触摸测量 + DTC 传送）的电流波形

电压 = 80mV（80000uV）

处理时间 = 278us（0.278ms）

电流 $I = E/R = 80000/100 = 800\mu A$

Note: $R = 100\Omega$

消耗电流 = $800 \times 0.278 = 208.5\mu A$

5.3.3 通常模式（触摸测量结束中断处理 + 触摸/非触摸判断处理）

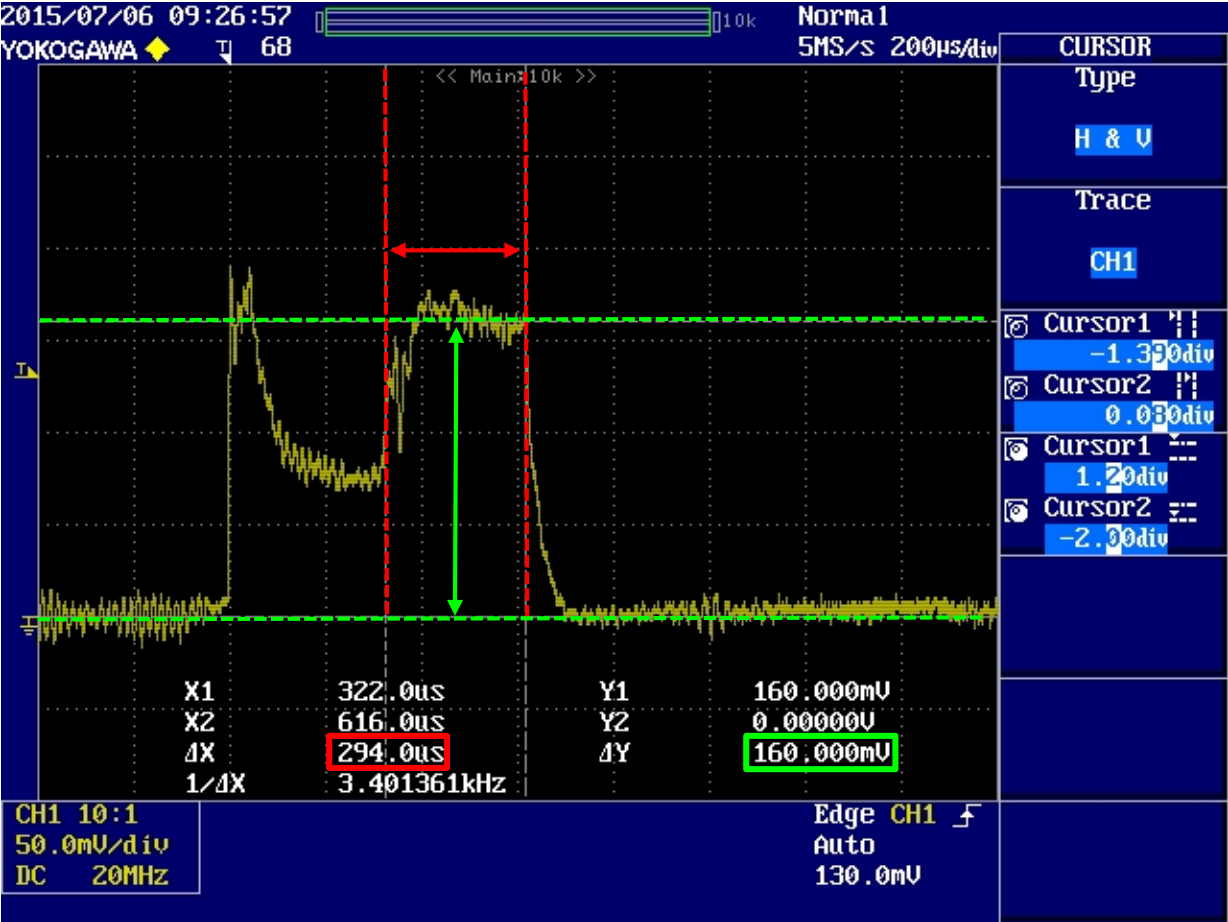


图 5.7 通常模式（触摸测量结束中断处理 + 触摸/非触摸判断处理）的电流波形

电压 = 160mV（160000uV）

处理时间 = 294us（0.294ms）

电流 $I = E/R = 160000/100 = 1600\mu A$

Note: $R = 100\Omega$

消耗电流:

$1600 \times 0.294 = 470.4\mu A$

5.4 总的消耗电流

CPU 按照『通常模式』→『休眠模式』→『通常模式』→『软件待机模式』的顺序，切换工作模式以实现低功耗动作的结果，如下图所示。

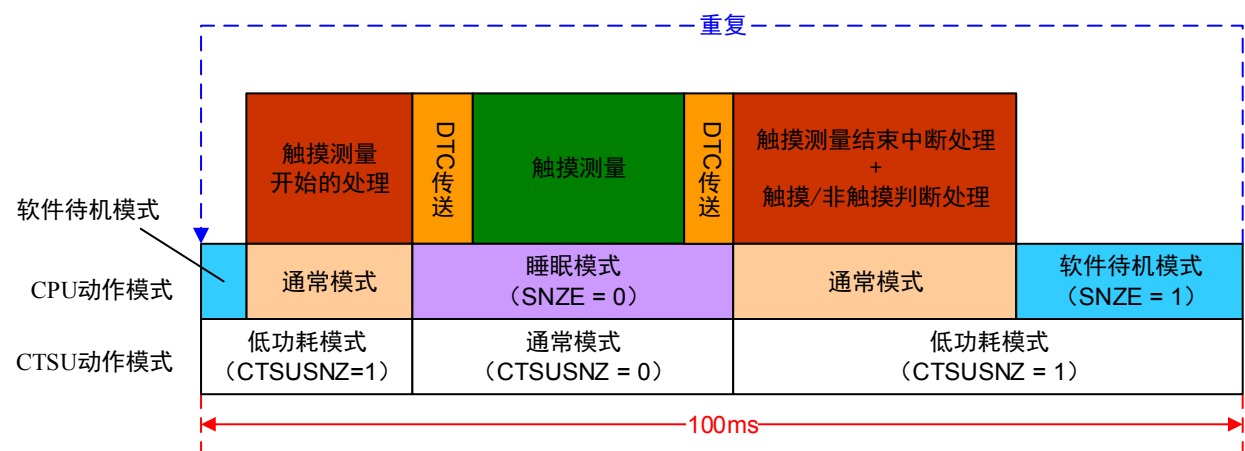


图 5.8 消耗电流的示意图

表 5.1 消耗电流的数据

工作模式	电压（mV）	电流（uA） ^{Note 1}	工作时间（ms）	消耗电流（uA）
通常模式 1	160	1600	0.048	76.8
休眠模式	80	800	0.278	208.5
通常模式 2	160	1600	0.294	470.4
软件待机模式	-	0.5	99.38	49.7

Note 1: $I = E/R$, E = 电压, R = 电阻（100Ω）

以下为 100ms 的平均电流。

通常模式 1	$I = 160\text{mV}/100\Omega = 1600\text{uA}$
休眠模式	$I = 80\text{mV}/100\Omega = 800\text{uA}$
通常模式 2	$I = 160\text{mV}/100\Omega = 1600\text{uA}$
软件待机模式	$I = 0.5\text{uA}$

100ms 周期的平均消耗电流 = $8.1\text{uA} = (76.8 + 208.5 + 470.4 + 49.7)/100$

公司主页和咨询窗口

瑞萨电子主页

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

咨询

- <https://www.renesas.com/zh-cn/support/contact.html>

修订记录

Rev.	发行日	修订内容	
		页	要点
1.00	2017.03.31	—	初版发行

所有商标及注册商标均归其各自拥有者所有。

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

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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 a 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- This document may not be reproduced or duplicated in any form, in whole or in part, without prior written consent of Renesas Electronics.
- 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

- 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 and 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。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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，用户应首先确认其质量等级。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。
- 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。
- 虽然瑞萨电子产品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。由于难于对微机软件单独进行评估，所以请用户自行对最终产品或系统进行安全评估。
- 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关法律法规（包括但不限于《欧盟RoHS指令》）。对于因用户未遵守相关法律法规而导致的损害或损失，瑞萨电子不承担任何责任。
- 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。
- 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。
- 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。
- 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.
2801 Scott Boulevard Santa Clara, CA 95050-2549, U.S.A.
Tel: +1-408-588-6000, Fax: +1-408-588-6130

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, UK
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 Langao 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: +852-2265-6688, 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 #06-02 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, Slage, 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