

RL78/L13 群

【降低系统功耗】切换 LCD 驱动电压生成方式 (电容分割方式→内部升压方式)

R01AN1874CC0101
Rev.1.01
2014.09.30

要点

电容分割方式是电池应用中非常有效的一种功耗非常低的 LCD 驱动电压生成方式。但是由于其生成的驱动电压会跟随 V_{DD} 而变化，所以在电池电压下降时，使用这种方式的 LCD 的显示会变浅。为了克服这一缺点，本篇应用说明介绍了一种在电池电压较高时，使用低功耗的电容分割方式，在电池电压降低时，通过检测 LVD 转换成使用内部升压方式的方法。

从而，在保证 LCD 显示品质的同时，实现系统功耗的降低。

对象 MCU

RL78/L13

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	5
3.	相关应用说明	5
4.	硬件说明	6
4.1	硬件配置示例	6
4.2	使用引脚一览表	7
5.	软件说明	8
5.1	操作概要	8
5.2	选项字节设定一览表	10
5.3	常数一览表	10
5.4	变量一览表	10
5.5	函数一览表	10
5.6	函数说明	11
5.7	流程图	12
5.7.1	初始设定函数	17
5.7.2	系统函数	18
5.7.3	CPU 时钟的初始设定	19
5.7.4	LCD 控制器/驱动器的初始设定	20
5.7.5	主函数	29
5.7.6	用户应用程序初始化	30
5.7.7	LCD 电容分割/内部升压电路的运行处理	31
6.	参考例程	32
7.	参考文献	32
	公司主页和咨询窗口	32

1. 规格

本篇应用说明中，电压检测（LVD）电路工作在中断模式，高精度实时时钟（RTC）工作在 1 秒固定周期中断模式。每隔 1 秒，RTC 固定周期中断将 MCU 从 STOP 模式唤醒，通过判断电压检测标志 LVIF 的值，按如下所示选择合适的 LCD 驱动电压生成方式，从而达到降低系统功耗的目的。

当 LVIF = 0（电源电压 V_{DD} 高于或等于 LVD 检测电压（ V_{LVD} ））时，选择电容分割方式。

当 LVIF = 1（电源电压 V_{DD} 低于 LVD 检测电压（ V_{LVD} ））时，选择内部升压方式。

本篇应用说明中使用到的外围功能和用途，请参见表 1.1。

以上两种 LCD 驱动电压生成方式的功耗对比，请参见图 1.1。

LCD 驱动电压生成方式根据电源电压 V_{DD} 变化的切换时序，请参见图 1.2。

表 1.1 相关外围功能和用途

外围功能	用途
电压检测（LVD）电路	检测电源电压 V_{DD}
高精度实时时钟（RTC） ^注	<ul style="list-style-type: none"> ● 年、月、星期、日、时、分、秒计时 ● 产生 1s 固定周期中断
LCD 控制器/驱动器	控制 LCD 面板，显示当前时间信息
12 位间隔定时器 (以下用 IT 表示) ^注	<ul style="list-style-type: none"> ● 10ms 间隔定时，用于按键防抖 ● 100ms 间隔定时，用于 LCD 驱动电压的稳定时间等待
外部中断 INTP7 ^注	时间设定按键（SW3）的输入，系统进入“时间设定”状态
外部中断 INTPO ^注	时间累加按键（SW1）的输入，在“时间设定”状态下，小时/分钟设定值向上累加

注：这些外围功能的设置，请参照相关的应用说明文档及用户手册。

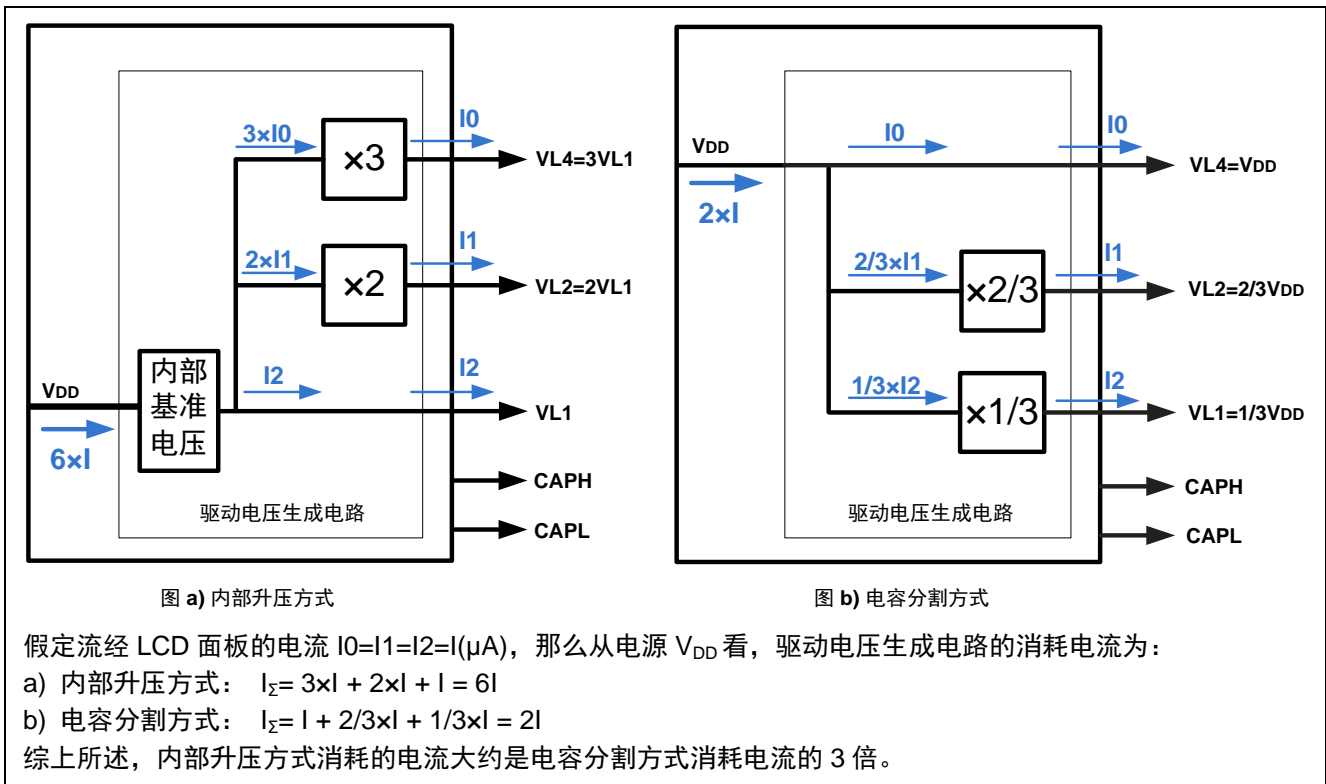
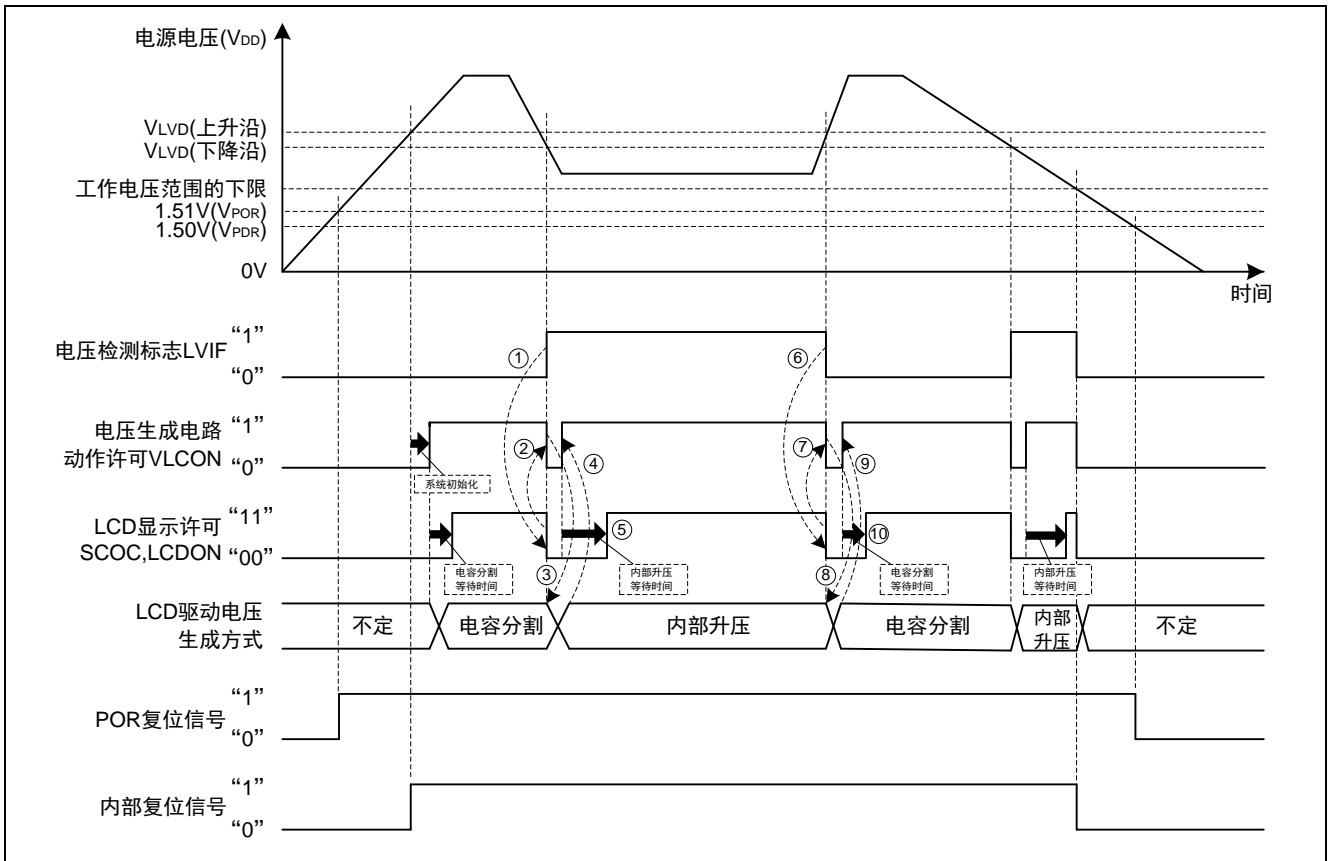


图 1.1 LCD 驱动电压生成方式功耗对比

图 1.2 LCD 驱动电压生成方式根据电源电压 V_{DD} 变化的切换时序

- ① 当电源电压下降时，一旦电源电压 (V_{DD}) 小于电压检测电平 (V_{LVD}) 时，电压检测标志 LVIF 自动置 1，由程序关闭 LCD 显示 ($SCOC = 0$, $LCDON = 0$)；
- ② 设定 $VLCON = 0$ ，停止电容分割方式驱动电压生成电路的运行；
- ③ 变更 LCD 驱动电压生成方式，将电容分割方式切换为内部升压方式；
- ④ 设定 $VLCON = 1$ ，允许内部升压电路的运行，生成 LCD 显示需要的驱动电压（假定内部基准电压已处于就绪状态）；
- ⑤ 经过 500ms（内部升压方式的升压等待时间）以上的延时后，设定 $SCOC = 1$, $LCDON = 1$ ，允许 LCD 显示；
- ⑥ 当电源电压上升时，一旦电源电压 (V_{DD}) 大于或等于电压检测电平 (V_{LVD}) 时，电压检测标志 LVIF 自动清零，由程序关闭 LCD 显示 ($SCOC = 0$, $LCDON = 0$)；
- ⑦ 设定 $VLCON = 0$ ，停止内部升压方式驱动电压生成电路的运行；
- ⑧ 变更 LCD 驱动电压生成方式，将内部升压方式切换为电容分割方式；
- ⑨ 设定 $VLCON = 1$ ，允许电容分割电路的运行，生成 LCD 显示需要的驱动电压；
- ⑩ 经过 100ms（电容分割方式的电压稳定等待时间）以上的延时后，设定 $SCOC = 1$, $LCDON = 1$ ，允许 LCD 显示。

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
所用单片机	RL78/L13 (R5F10WMGA)
工作频率	高速内部振荡器 (HOCO) 时钟: 4MHz CPU/外围功能时钟 (f_{CLK}): 1MHz RTC/IT/LCD 驱动器运行时钟 (f_{SUB}): 32.768kHz
工作电压	1.6V~3.0V (工作电压范围: 1.6V~5.5V) LVD 工作模式: 中断模式 <ul style="list-style-type: none"> • V_{LVD} (上升沿): 2.50V • V_{LVD} (下降沿): 2.45V
CAPH 和 CAPL 之间的电容器, V_{L1} 、 V_{L2} 、 V_{L4} 和 GND 之间的电容器	0.47 μ F \pm 30%
集成开发环境	瑞萨电子开发 CubeSuite+ V1.03.00
C 编译器	瑞萨电子开发 CA78K0R V1.50

3. 相关应用说明

使用本应用说明时，请同时参考以下相关的应用说明。

- RL78/L13 24-Hour Clock Displayed on an LCD (R01AN1506E) 应用说明

4. 硬件说明

4.1 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 4.1。

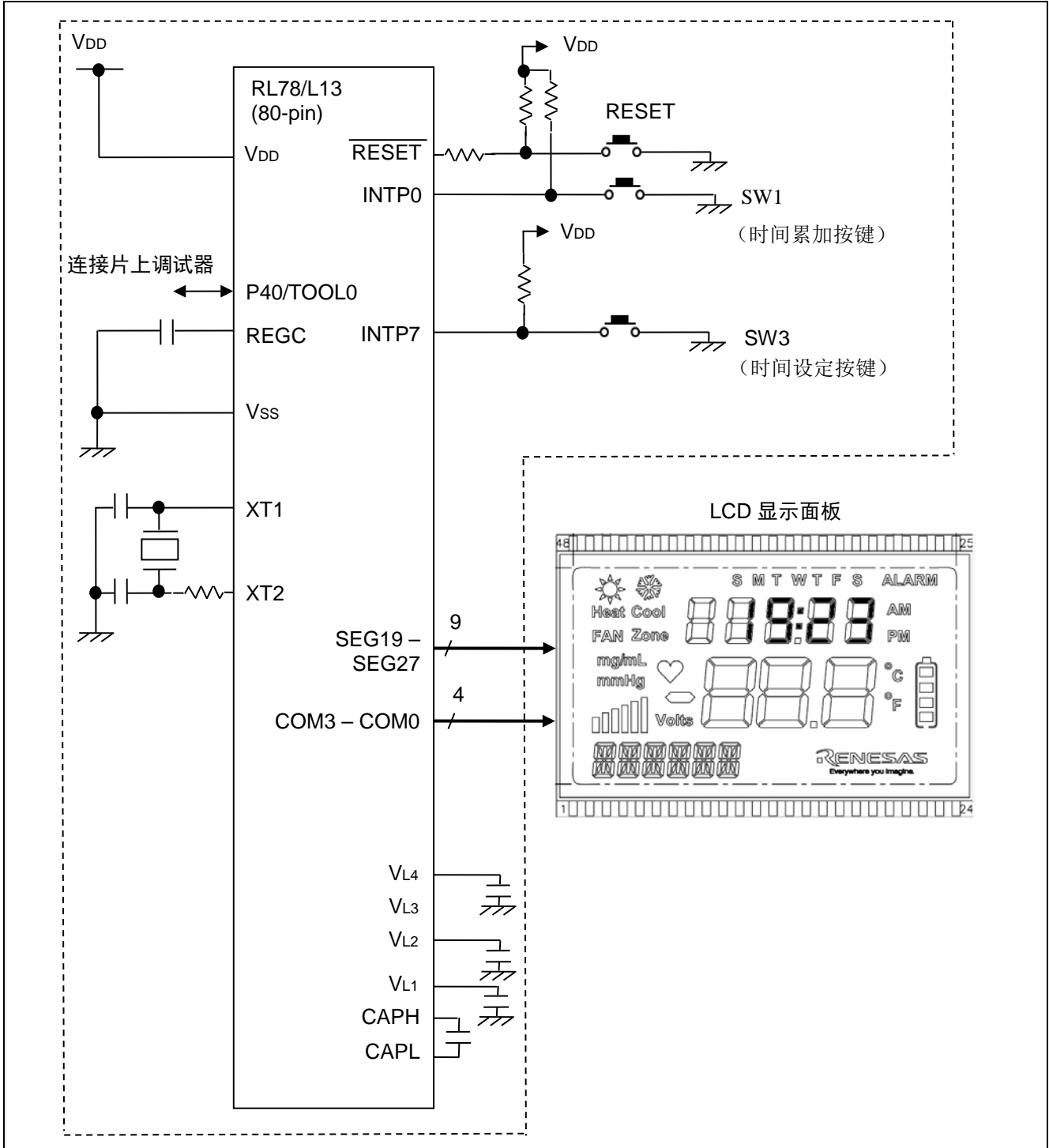


图 4.1 硬件配置

- 注意
- 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}）。
 - 当接通电源并且满足 V_{DD} ≥ V_{LVD} 时，解除内部复位。

4.2 使用引脚一览表

使用的引脚及其功能，请参见表 4.1。

表 4.1 使用的引脚及其功能

引脚名	输入/输出	内容
P137/INTP0	输入	检测时间累加按键的信号输入。每按一次按键，设定的时间值加 1。 小时的设置在 0~23 (24 小时系统) 之间循环，分钟的设置在 0~59 之间循环。
P02/INTP7	输入	检测时间设定按键的信号输入。 按键被按下后，进入小时/分钟的“时间设定”状态。
P30/SEG20	输出	LCD 控制器/驱动器的段信号
P31/SEG21		
P32/SEG22		
P33/SEG23		
P34/SEG24		
P35/SEG25		
P46/SEG26		
P47/SEG27		
P77/SEG19		
COM0		
COM1		
COM2		
COM3		

5. 软件说明

5.1 操作概要

在本篇应用说明的参考例程中，MCU 初始化完成后，启动 RTC 并使 MCU 进入 STOP 模式。每隔 1 秒，RTC 中断唤醒 MCU，然后判断 LVIF 标志位的值并更新 LCD 面板上显示的时间。当 LVIF = 1 且当前 LCD 控制器/驱动器的电压生成方式为电容分割方式时，切换其电压生成方式为内部升压方式；当 LVIF = 0 且当前 LCD 控制器/驱动器的电压生成方式为内部升压方式时，切换其电压生成方式为电容分割方式。此外，在系统运行过程中，可以通过按键重新设置当前的时间。

(1) 初始化电压检测电路

<设定条件>

- 当电源上电或复位解除后，根据选项字节的设置，LVD 被设定为中断模式。
- 为保证 LCD 的显示品质，上升沿检测电压设置为 2.50V，下降沿检测电压设置为 2.45V。

(2) 初始化高精度实时时钟 (RTC)

<设定条件>

- 选择副系统时钟 (f_{SUB}) 作为 RTC 的运行时钟。
- 选择 24 小时系统。
- 选择固定周期中断为 1 秒。
- 初始化当前时间为 2013 年 1 月 1 日 00 时 00 分 00 秒。
- 允许 INTRTC 中断。

(3) 初始化 12 位间隔定时器 (IT)

<设定条件>

- 选择副系统时钟 (f_{SUB}) 作为 IT 的运行时钟。
- 禁止 INTIT 中断。
- 间隔定时时间的设定：

间隔定时时间	功能
10ms	按键防抖处理
100ms	LCD 控制器/驱动器电容分割/内部升压电路等待时间的基准时间

(4) 初始化 LCD 控制器/驱动器

<设定条件>

- LCD 驱动电压生成方式选择电容分割方式。
- LCD 显示模式选择 1/4 占空比，1/3 偏压，A 波形。
- LCD 显示数据区的控制方式选择交替显示 A 图形区和 B 图形区的数据。
- LCD 时钟选择为 256Hz，帧频为 64Hz。
- LCD 基准电压选择为 1.00V。

(5) 初始化外部中断 INTP0, INTP7

<设定条件>

- 下降沿有效。
- 允许 INTP7 中断。

-
- (6) 初始化完成后，设置 MCU 进入 STOP 模式，等待 RTC 固定周期中断或 INTP7 外部中断的产生。
 - (7) MCU 被唤醒后，判断中断源并进行相应的处理。当中断源为 RTC 的固定周期中断时，查询 LVIF 的值以及当前的 LCD 驱动电压生成方式，从而判断是否需要切换 LCD 驱动电压生成方式。然后更新 LCD 面板上的显示时间后继续进入 STOP 模式。当中断源为外部中断 INTP7 时，系统进入小时/分钟的时间设定状态。在此状态下，对应每个 INTP0 的中断输入，设置的时间就会向上加 1（小时的设置在 0~23（24 小时系统）之间循环，分钟的设置 在 0~59 之间循环）。设置完成后，系统再次进入 STOP 模式。

5.2 选项字节设定一览表

选项字节的设定，请参见表 5.1。

表 5.1 选项字节设定

地址	设定值	内容
000C0H/010C0H	01101110B	看门狗定时器动作停止 (复位解除后，计数停止)
000C1H/010C1H	01011101B	LVD 工作模式：中断模式 <ul style="list-style-type: none"> ● V_{LVD} (上升沿)：2.50V ● V_{LVD} (下降沿)：2.45V
000C2H/010C2H	00101011B	LV (低电压主) 模式、HOCO：4MHz
000C3H/010C3H	10000100B	允许片上调试

5.3 常数一览表

参考例程中使用的常数，请参见表 5.2。

表 5.2 参考例程中使用的常数

常数	设定值	说明
_0147_ITMCMP_VALUE_10MS	0x0147U	用于设定 10ms 间隔时间
_0CCC_ITMCMP_VALUE_100MS	0x0CCCU	用于设定 100ms 间隔时间
_5_INTERNAL_VOLTAGE_BOOST_WAIT	0x05U	用于设定内部升压等待时间 (0x05U*100ms)
_1_CAPACITOR_SPLIT_WAIT	0x01U	用于设定电容分割等待时间 (0x01U*100ms)

注意：参考例程中使用的其他常数，请参考“RL78/L13 24-Hour Clock Displayed on an LCD (R01AN1506E)”应用说明。

5.4 变量一览表

参考例程中使用的变量，请参考“RL78/L13 24-Hour Clock Displayed on an LCD (R01AN1506E)”应用说明。

5.5 函数一览表

参考例程中使用的函数，请参见表 5.3。

表 5.3 函数

函数名	概要
R_Systeminit	外围功能的初始化 (PORT、CLOCK、RTC、IT、LCD 以及 INTP)
R_LCD_Create	LCD 控制器/驱动器的初始化
R_LCD_Voltage_On	LCD 电容分割/内部升压电路的运行处理

注意：参考例程中使用的其他函数，请参考“RL78/L13 24-Hour Clock Displayed on an LCD (R01AN1506E)”应用说明。

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] R_Systeminit

概要	外围功能的初始化
头文件	无
声明	void R_Systeminit(void)
说明	初始化本应用说明中用到的外围功能。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] R_LCD_Create

概要	LCD 控制器/驱动器的初始化
头文件	r_cg_lcd.h, r_cg_macrodriver.h, r_cg_it.h, r_cg_userdefine.h
声明	void R_LCD_Create(void)
说明	LCD 显示模式选择 1/4 占空比, 1/3 偏压, 显示波形选择 A 波形, 显示数据区的控制方式选择交替显示 A 图形区和 B 图形区的数据, 驱动电压生成电路选择电容分割方式。
参数	无
返回值	无
参考	无

[函数名] R_LCD_Voltage_On

概要	LCD 电容分割/内部升压电路的运行处理
头文件	r_cg_lcd.h, r_cg_macrodriver.h, r_cg_it.h, r_cg_userdefine.h
声明	void R_LCD_Voltage_On (void)
说明	允许电容分割/内部升压电路的运行, 并根据当前的驱动电压生成电路, 等待相应的时间。
参数	无
返回值	无
参考	无

注意: 参考例程中使用的其他函数, 请参考“RL78/L13 24-Hour Clock Displayed on an LCD (R01AN1506E)”应用说明。

5.7 流程图

本篇应用说明的整体流程图，请参见图 5.1。

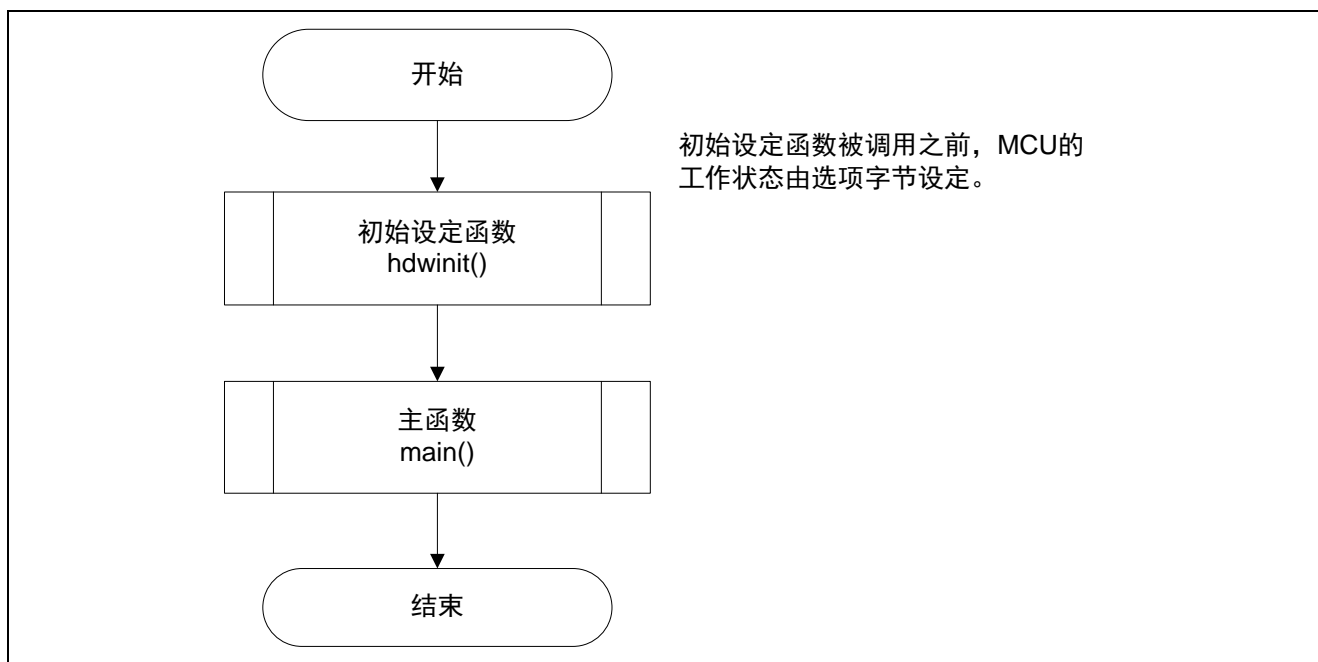


图 5.1 整体流程图

选项字节的设定概要

RL78/L13 的选项字节区由用户选项字节（000C0H ~ 000C2H）和片上调试选项字节（000C3H）构成。

在接通电源或者复位解除后，自动根据选项字节进行指定功能的设定。

在本应用说明中，使用 opt.asm 文件设定选项字节。

用户选项字节

- 设定看门狗定时器（000C0H）
- 设定 LVD 运行模式以及检测电平（000C1H）
- 设定闪存运行模式以及高速内部振荡器的频率（000C2H）
- 设置片上调试选项字节（000C3H）

CubeSuite+ 中的【Link Option】→【Device】选项下也可以设置选项字节，而且使用此方法设置的选择字节的优先级高于软件写入的选项字节，因此使用本应用时需要禁止在 CubeSuite+ 中的【Link Option】中设置选项字节。如下图所示：

Device	
Use on-chip debug	No
Set user option byte	No

注意：关于 CubeSuite+【Link Option】设定的其他详细信息，请参考“CubeSuite+ V2.00.00 Integrated Development Environment User's Manual: RL78,78K0R Build (R20UT2623EJ0100)”用户手册。

(1) 000C0H (设定看门狗定时器)

7	6	5	4	3	2	1	0
WDTINT	WINDOW1	WINDOW0	WDTON	WDCS2	WDCS1	WDCS0	WDSTBYON
0	1	1	0	1	1	1	0

位 0

WDSTBYON	看门狗定时器的计数器运行控制 (HALT/STOP 模式)
0	在 HALT/STOP 模式中，停止计数器运行
1	在 HALT/STOP 模式中，允许计数器运行

位 3 ~ 位 1

WDCS2~0	看门狗定时器的上溢时间
000	$2^6/f_{IL}$
001	$2^7/f_{IL}$
010	$2^8/f_{IL}$
011	$2^9/f_{IL}$
100	$2^{11}/f_{IL}$
101	$2^{13}/f_{IL}$
110	$2^{14}/f_{IL}$
111	$2^{16}/f_{IL}$

位 4

WDTON	看门狗定时器的计数器运行控制
0	禁止计数器运行 (解除复位后停止计数)
1	允许计数器运行 (解除复位后开始计数)

位 6 ~ 位 5

WINDOW1~0	看门狗定时器的窗口打开期间
00	禁止设定
01	50%
10	75%
11	100%

位 7

WDTINT	看门狗定时器的间隔中断的使用/不使用
0	不使用间隔中断
1	当达到上溢时间的 $75\%+1/2f_{IL}$ 时，产生间隔中断

(2) 000C1H (设定 LVD 运行模式以及检测电平)

7	6	5	4	3	2	1	0
VPOC2	VPOC1	VPOC0	1	LVIS1	LVIS0	LVIMDS1	LVIMDS0
0	1	0	1	1	1	0	1

LVD 的设定 (中断&复位模式)

检测电压			选项字节的设定值								
V _{LVDH}		V _{LVDL}	模式设定		VPOC2	VPOC1	VPOC0	LVIS1	LVIS0		
上升	下降	下降	LVIMDS1	LVIMDS0							
1.77V	1.73V	1.63V	1	0	0	0	0	1	0		
1.88V	1.84V							0	1		
2.92V	2.86V							0	0		
1.98V	1.94V	1.84V				0	1	1	0		
2.09V	2.04V							0	1		
3.13V	3.06V							0	0		
2.61V	2.55V	2.45V			1			0	1	0	
2.71V	2.65V								0	1	
3.75V	3.67V								0	0	
2.92V	2.86V	2.75V				1	1		1	0	
3.02V	2.96V								0	1	
4.06V	3.98V								0	0	
上述以外			禁止设定								

LVD 的设定 (复位模式)

检测电压			选项字节的设定值												
V _{LVD}		下降	模式设定		VPOC2	VPOC1	VPOC0	LVIS1	LVIS0						
上升	下降		LVIMDS1	LVIMDS0											
1.67V	1.63V	1	1	0	0	0	0	1	1						
1.77V	1.73V							0	0						
1.88V	1.84V							0	1						
1.98V	1.94V							0	1						
2.09V	2.04V							0	1						
2.50V	2.45V							1	0						
2.61V	2.55V							1	0						
2.71V	2.65V							1	0						
2.81V	2.75V							1	1						
2.92V	2.86V							1	1						
3.02V	2.96V							1	1						
3.13V	3.06V							0	1						
3.75V	3.67V							1	0						
4.06V	3.98V							1	1						
上述以外								禁止设定							

LVD 的设定 (中断模式)

检测电压		选项字节的设定值						
V _{LVD}		模式设定		VPOC2	VPOC1	VPOC0	LVIS1	LVIS0
上升	下降	LVIMDS1	LVIMDS0					
1.67V	1.63V	0	1	0	0	0	1	1
1.77V	1.73V				0	0	1	0
1.88V	1.84V				0	1	1	1
1.98V	1.94V				0	1	1	0
2.09V	2.04V				0	1	0	1
2.50V	2.45V				1	0	1	1
2.61V	2.55V				1	0	1	0
2.71V	2.65V				1	0	0	1
2.81V	2.75V				1	1	1	1
2.92V	2.86V				1	1	1	0
3.02V	2.96V				1	1	0	1
3.13V	3.06V				0	1	0	0
3.75V	3.67V				1	0	0	0
4.06V	3.98V				1	1	0	0
上述以外					禁止设定			

LVD 的设定 (LVD 为 OFF)

检测电压		选项字节的设定值						
V _{LVD}		模式设定		VPOC2	VPOC1	VPOC0	LVIS1	LVIS0
上升	下降	LVIMDS1	LVIMDS0					
—	—	×	1	1	×	×	×	×
上述以外		禁止设定						

备注 ×: 忽略

(3) 000C2H (设定闪存运行模式以及高速内部振荡器的频率)

7	6	5	4	3	2	1	0
CMODE1	CMODE0	1	FRQSEL4	FRQSEL3	FRQSEL2	FRQSEL1	FRQSEL0
0	0	1	0	1	0	1	1

位 7 ~ 位 6

CMODE1	CMODE0	闪存运行模式设定		
			工作频率范围	工作电压范围
0	0	LV (低电压主) 模式	1MHz~4MHz	1.6V~5.5V
1	0	LS (低速主) 模式	1MHz~8MHz	1.8V~5.5V
1	1	HS (高速主) 模式	1MHz~16MHz	2.4V~5.5V
			1MHz~24MHz	2.7V~5.5V
上述以外		禁止设定		

位 4 ~ 位 0

FRQSEL4	FRQSEL3	FRQSEL2	FRQSEL1	FRQSEL0	高速内部振荡器的时钟频率	
					f _{HOCO}	f _{IH}
1	0	0	0	0	48MHz	24MHz
0	0	0	0	0	24MHz	24MHz
0	1	0	0	1	16MHz	16MHz
0	0	0	0	1	12MHz	12MHz
0	1	0	1	0	8MHz	8MHz
0	1	0	1	1	4MHz	4MHz
0	1	1	0	1	1MHz	1MHz
上述以外					禁止设定	

(4) 000C3H (设定片上调试选项字节)

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

位 7, 位 0

OCDENSET	OCDERSD	片上调试运行的控制
0	0	禁止片上调试运行
0	1	禁止设定
1	0	允许片上调试运行 在片上调试安全 ID 验证失败时, 擦除闪存的数据
1	1	允许片上调试运行 在片上调试安全 ID 验证失败时, 不擦除闪存的数据

5.7.1 初始设定函数

初始设定函数的流程图，请参见图 5.2。

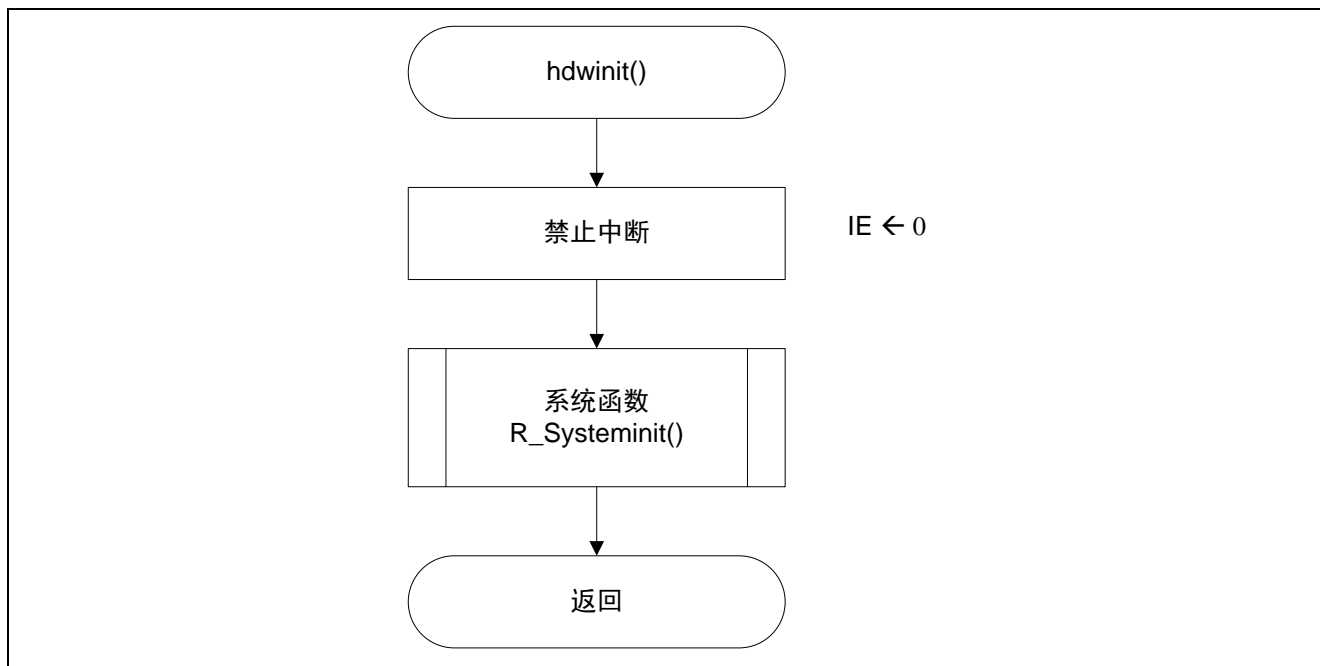


图 5.2 初始设定函数

5.7.2 系统函数

系统函数的流程图，请参见图 5.3。

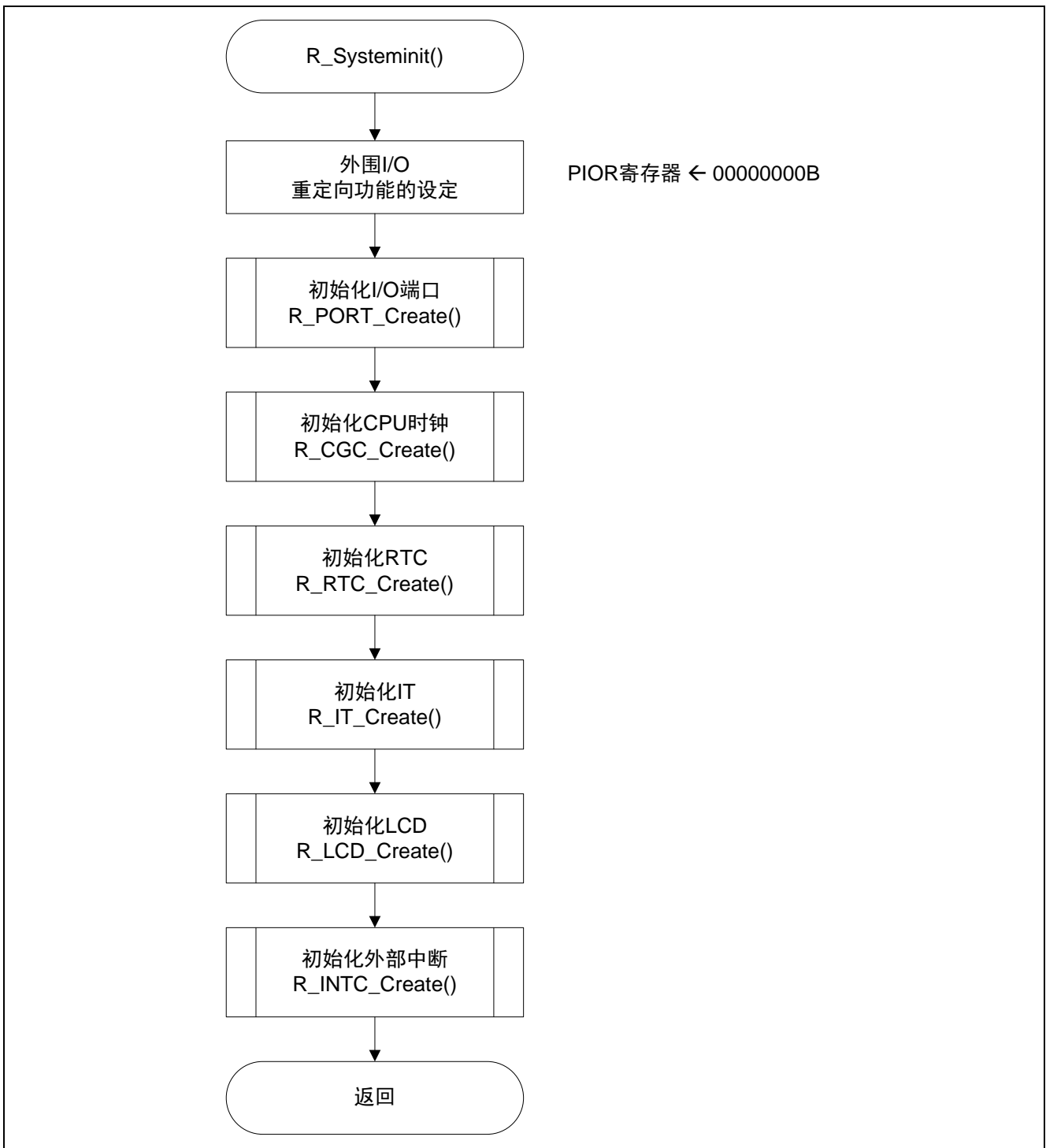


图 5.3 系统函数

5.7.3 CPU 时钟的初始设定

CPU 时钟的初始设定的流程图，请参见图 5.4。

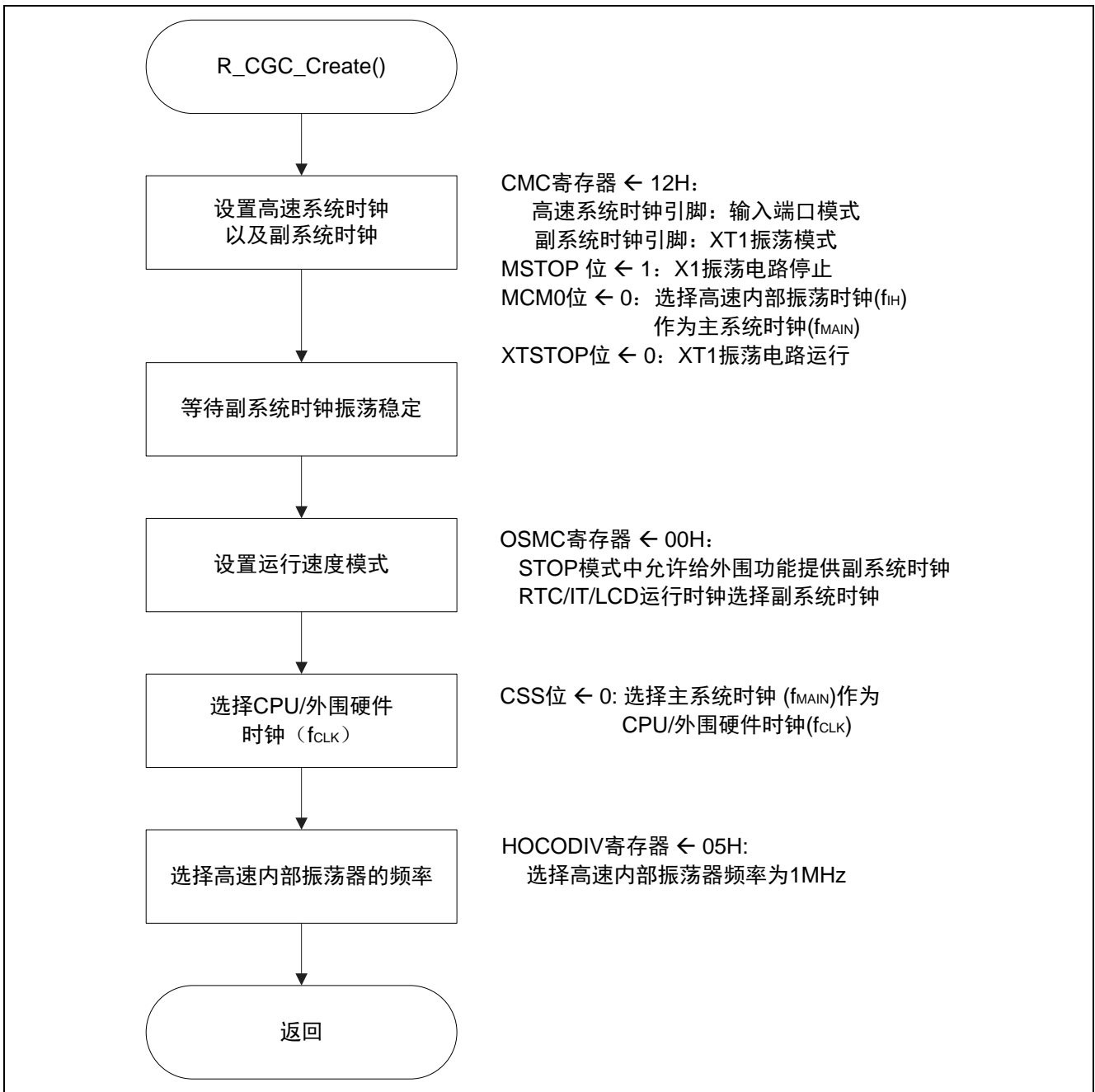


图 5.4 CPU 时钟的初始设定

5.7.4 LCD 控制器/驱动器的初始设定

LCD 控制器/驱动器的初始设定的流程图，请参见图 5.5 和图 5.6。

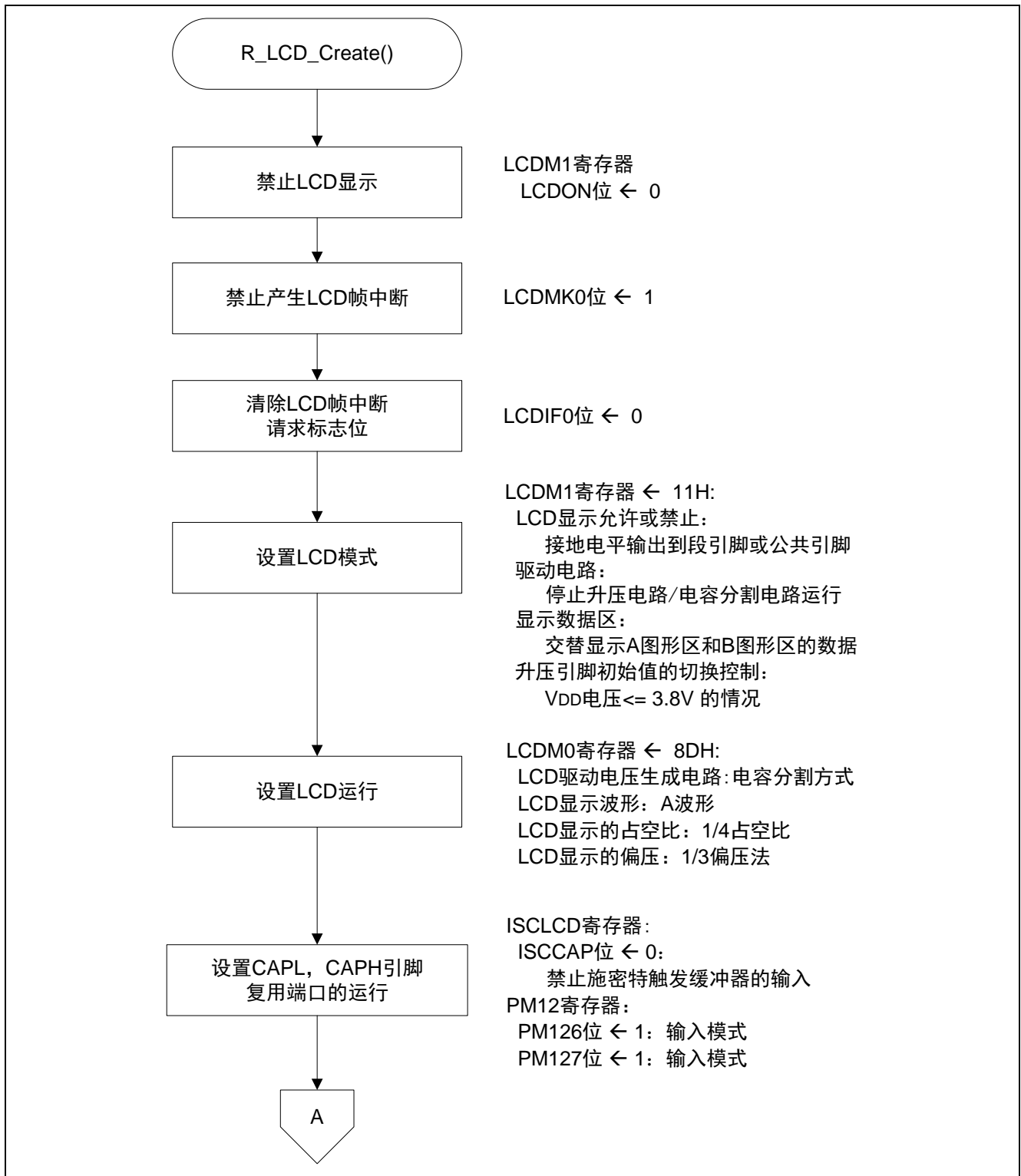


图 5.5 LCD 控制器/驱动器的初始设定 (1/2)

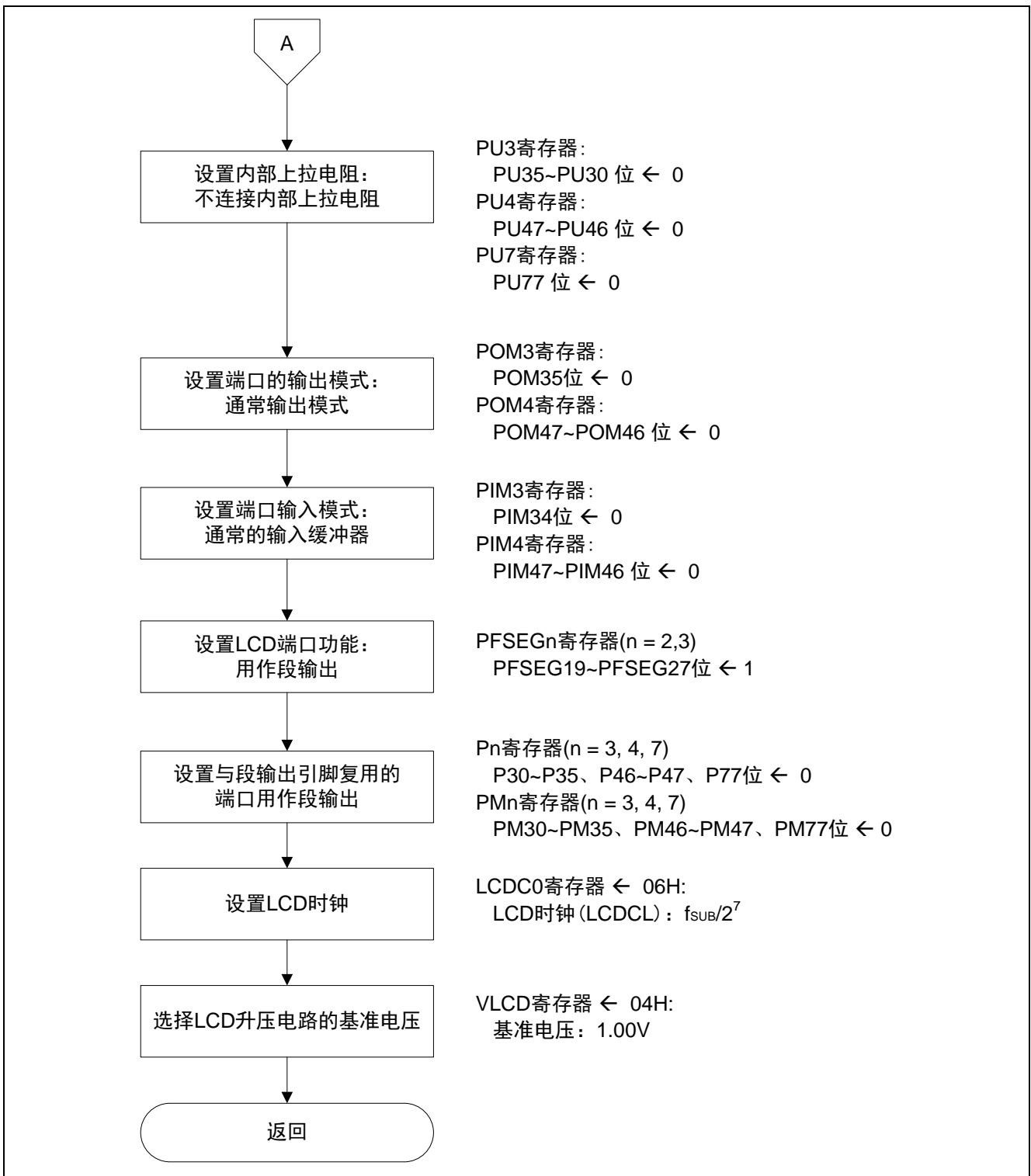


图 5.6 LCD 控制器/驱动器的初始设定 (2/2)

设置 LCD 模式

- LCD 模式寄存器 1 (LCDM1)
 - 将接地电平输出到段引脚/公共引脚
 - 停止升压电路或电容分割电路的运行
 - 交替显示 A 图形区和 B 图形区的数据
 - 升压引脚初始值的切换控制: $V_{DD} \leq 3.8V$ 的情况

符号: LCDM1

7	6	5	4	3	2	1	0
LCDON	SCOC	VLCON	BLON	LCDSEL	0	0	LCDVLM
0	0	0	1	0	0	0	1

位 7 ~ 位 6

SCOC	LCDON	LCD 显示的允许或者禁止	
		输出通常液晶波形 (A 波形、B 波形)	输出记忆性液晶波形
0	0	将接地电平输出到段引脚或者公共引脚	
0	1	将接地电平输出到段引脚或者公共引脚	
1	0	显示 OFF (段输出全部为非选择信号输出)	将接地电平输出到段引脚或者公共引脚 (LCD 显示为 OFF 状态并且是 2nd 帧结束后的状态)
1	1	显示 ON	

位 5

VLCON	升压电路或者电容分割电路的运行允许或者停止
0	停止升压电路或者电容分割电路的运行
1	允许升压电路或者电容分割电路的运行

位 4 ~ 位 3

BLON ^{注1}	LCDSEL	显示数据区的控制
0	0	显示 A 图形区 (LCD 显示数据寄存器的低 4 位)
0	1	显示 B 图形区 (LCD 显示数据寄存器的高 4 位) 的数据
1	0	交替显示 A 图形区和 B 图形区的数据 (高精度实时时钟 (RTC) 的固定周期中断 (INTRTC) 时序对应的闪烁显示)
1	1	

位 0

LCDVLM ^{注2}	升压引脚初始值的切换控制
0	V_{DD} 电压 > 3.8V 的情况
1	V_{DD} 电压 $\leq 3.8V$ 的情况

- 注
1. 要选择 f_{IL} 作为 LCD 源时钟 (f_{LCD}) 时, 必须将 BLON 位置“0”。
 2. 这是在使用升压电路时设定 VLx 引脚的初始状态并且缩短升压稳定时间的功能。在升压开始时的 V_{DD} 电压大于 3.8V 的情况下, 必须将 LCDVLM 位置“0”; 在 V_{DD} 电压小于等于 3.8V 的情况下, 必须将 LCDVLM 位置“1”。

设置 LCD 运行

- LCD 模式寄存器 0 (LCDM0)
LCD 驱动电压生成电路的选择: 电容分割方式
LCD 显示波形的选择: A 波形
LCD 显示的占空比选择: 1/4 占空比
LCD 显示的偏压选择: 1/3 偏压法

符号: LCDM0

7	6	5	4	3	2	1	0
MDSET1	MDSET0	LWAVE	LDTY2	LDTY1	LDTY0	LBAS1	LBAS0
1	0	0	0	1	1	0	1

位 7 ~ 位 6

MDSET1	MDSET0	LCD 驱动电压生成电路的选择
0	0	外部电阻分割方式
0	1	内部升压方式 ^{注1}
1	0	电容分割方式^{注1}
1	1	禁止设定

位 5

MLCDEN ^{注2}	LWAVE ^{注2}	LCD 显示波形的选择
0	0	A 波形
0	1	B 波形
1	×	记忆性液晶波形 ^{注1}

位 4 ~ 位 2

LDTY2	LDTY1	LDTY0	LCD 显示的占空比选择
0	0	0	静态
0	0	1	1/2 占空比
0	1	0	1/3 占空比
0	1	1	1/4 占空比
1	0	1	1/8 占空比
上述以外			设定禁止

位 1 ~ 位 0

LBAS1	LBAS0	LCD 显示的偏压选择
0	0	1/2 偏压法
0	1	1/3 偏压法
1	0	1/4 偏压法
1	1	设定禁止

- 注
- 1.禁止选择 fil 作为 LCD 的源时钟 (fLCD)。
 - 2.通过 LWAVE 位和 MLCD 寄存器的 MLCDEN 位的组合设定, 选择 LCD 显示波形。

设置 CAPL, CAPH 引脚复用端口的运行

- LCD 输入切换控制寄存器 (ISCLCD)
施密特触发缓冲器输入无效

符号: ISCLCD

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	ISCVL3	ISCCAP
0	0	0	0	0	0	0	0

位 0

ISCCAP	CAPL/P126、CAPH/P127 引脚的施密特触发缓冲器的控制
0	输入无效
1	输入有效

CAPL/P126、CAPH/P127 引脚的功能取决于 LCD 输入切换控制寄存器 (ISCLCD)、LCD 模式寄存器 0 (LCDM0) 和端口模式寄存器 12 (PM12) 的设定。

CAPL/P126、CAPH/P127 引脚功能的设定

LCD 驱动电压的生成方式	ISCLCD 寄存器的 ISCCAP 位	PM12 寄存器的 PM126 位和 PM127 位	引脚功能	初始状态
外部电阻分割	0	1	数字输入无效模式	○
	1	0	数字输出模式	—
	1	1	数字输入模式	—
内部升压或者电容分割	0	1	CAPL/CAPH 功能模式	—
上述以外			禁止设定	

设置内部上拉电阻

- 上拉电阻选择寄存器 (PU3~PU7)
不连接内部上拉电阻

符号: PU3

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	PU35	PU34	PU33	PU32	PU31	PU30
0	0	0	0	0	0	0	0

位 5 ~ 位 0

PUmn	Pmn 引脚的内部上拉电阻的选择 (m = 3 ; n = 0-5)
0	不连接内部上拉电阻
1	连接内部上拉电阻

符号: PU4

7	6	5	4	3	2	1	0
PU47	PU46	PU45	PU44	PU43	PU42	PU41	PU40
0	0	0	0	0	0	0	0

位 7 ~ 位 6

PUmn	Pmn 引脚的内部上拉电阻的选择 (m = 4 ; n = 0-7)
0	不连接内部上拉电阻
1	连接内部上拉电阻

符号: PU7

7	6	5	4	3	2	1	0
PU77	PU76	PU75	PU74	PU73	PU72	PU71	PU70
0	0	0	0	0	0	0	0

位 7

PUmn	Pmn 引脚的内部上拉电阻的选择 (m = 7 ; n = 0-7)
0	不连接内部上拉电阻
1	连接内部上拉电阻

设置 LCD 使用的端子

- LCD 端口功能寄存器 2, 3 (PFSEG2, PFSEG3)
P30 ~ P35, P46 ~ P47, P77 用作段输出

符号: PFSEG2

7	6	5	4	3	2	1	0
PFSEG23	PFSEG22	PFSEG21	PFSEG20	PFSEG19	PFSEG18	PFSEG17	PFSEG16
1	1	1	1	1	0	0	0

位 7 ~ 位 3

PFSEG23 - 19	Pmn 引脚的端口 (段输出除外) 或者段输出的指定 (mn = 77, 30-33)
0	用作端口 (段输出除外)
1	用作段输出

符号: PFSEG3

7	6	5	4	3	2	1	0
PFSEG30	PFSEG29	PFSEG28	PFSEG27	PFSEG26	PFDEG	PFSEG25	PFSEG24
0	0	0	1	1	0	1	1

位 4 ~ 位 3, 位 1 ~ 位 0

PFSEG24 -27	Pmn 引脚的端口 (段输出除外) 或者段输出的指定 (mn = 34-35, 46-47)
0	用作端口 (段输出除外)
1	用作段输出

设置 LCD 时钟

- LCD 时钟控制寄存器 0 (LCDC0)
设置 LCD 的时钟为 $f_{SUB}/2^7$

符号: LCDC0

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	LCDC05	LCDC04	LCDC03	LCDC02	LCDC01	LCDC00
0	0	0	0	0	1	1	0

位 5 ~ 位 0

LCDC05	LCDC04	LCDC03	LCDC02	LCDC01	LCDC00	LCD 时钟 (LCDCL)
0	0	0	0	0	1	$f_{SUB}/2^2$ or $f_{IL}/2^2$ 注
0	0	0	0	1	0	$f_{SUB}/2^3$ or $f_{IL}/2^3$ 注
0	0	0	0	1	1	$f_{SUB}/2^4$ or $f_{IL}/2^4$ 注
0	0	0	1	0	0	$f_{SUB}/2^5$ or $f_{IL}/2^5$ 注
0	0	0	1	0	1	$f_{SUB}/2^6$ or $f_{IL}/2^6$ 注
0	0	0	1	1	0	$f_{SUB}/2^7$ or $f_{IL}/2^7$注
0	0	0	1	1	1	$f_{SUB}/2^8$ or $f_{IL}/2^8$ 注
0	0	1	0	0	0	$f_{SUB}/2^9$
0	0	1	0	0	1	$f_{SUB}/2^{10}$

注: 当设定内部升压方式 (LCDM0 寄存器的 MDSET1、MDSET0 = 01B) 或者电容分割方式 (LCDM0 寄存器的 MDSET1、MDSET0 = 10B) 或者记忆性液晶波形 (LCDM0 寄存器的 MLCDEN = 1) 时, 禁止选择 f_{IL} 作为 LCD 源时钟 (f_{LCD})。

设置 LCD 升压电路的基准电压

- LCD 升压电平控制寄存器 (VLCD)
基准电压选择 1.00V ($V_{L4} = 3.00V$)

符号: VLCD

7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	0	VLCD4	VLCD3	VLCD2	VLCD1	VLCD0
0	0	0	0	0	1	0	0

位 4 ~ 位 0

VLCD4	VLCD3	VLCD2	VLCD1	VLCD0	基准电压的选择 (调整对比度)	V_{L4} 电压	
						1/3 偏压法	1/4 偏压法
0	0	0	1	0	0.90V	2.70V	3.60V
0	0	0	1	1	0.95V	2.85V	3.80V
0	0	1	0	0	1.00V (默认值)	3.00V	4.00V
0	0	1	0	1	1.05V	3.15V	4.20V
0	0	1	1	0	1.10V	3.30V	4.40V
0	0	1	1	1	1.15V	3.45V	4.60V
0	1	0	0	0	1.20V	3.60V	4.80V
0	1	0	0	1	1.25V	3.75V	5.00V
0	1	0	1	0	1.30V	3.90V	5.20V
0	1	0	1	1	1.35V	4.05V	禁止设定
0	1	1	0	0	1.40V	4.20V	
0	1	1	0	1	1.45V	4.35V	
0	1	1	1	0	1.50V	4.50V	
0	1	1	1	1	1.55V	4.65V	
1	0	0	0	0	1.60V	4.80V	
1	0	0	0	1	1.65V	4.95V	
1	0	0	1	0	1.70V	5.10V	
1	0	0	1	1	1.75V	5.25V	
上述以外					禁止设定		

5.7.5 主函数

主函数的流程图，请参见图 5.7。

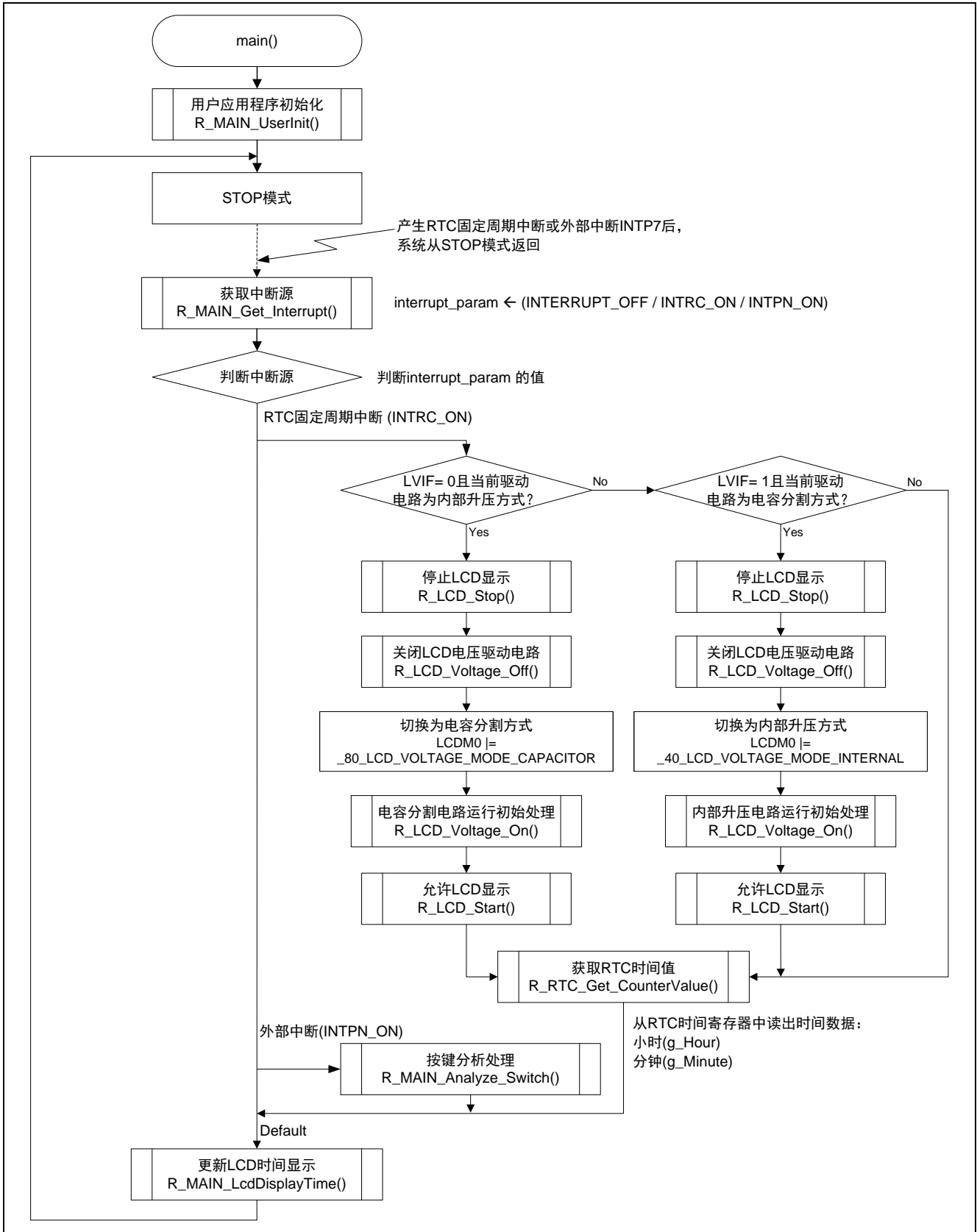


图 5.7 主函数

5.7.6 用户应用程序初始化

用户应用程序初始化的流程图，请参见图 5.8。

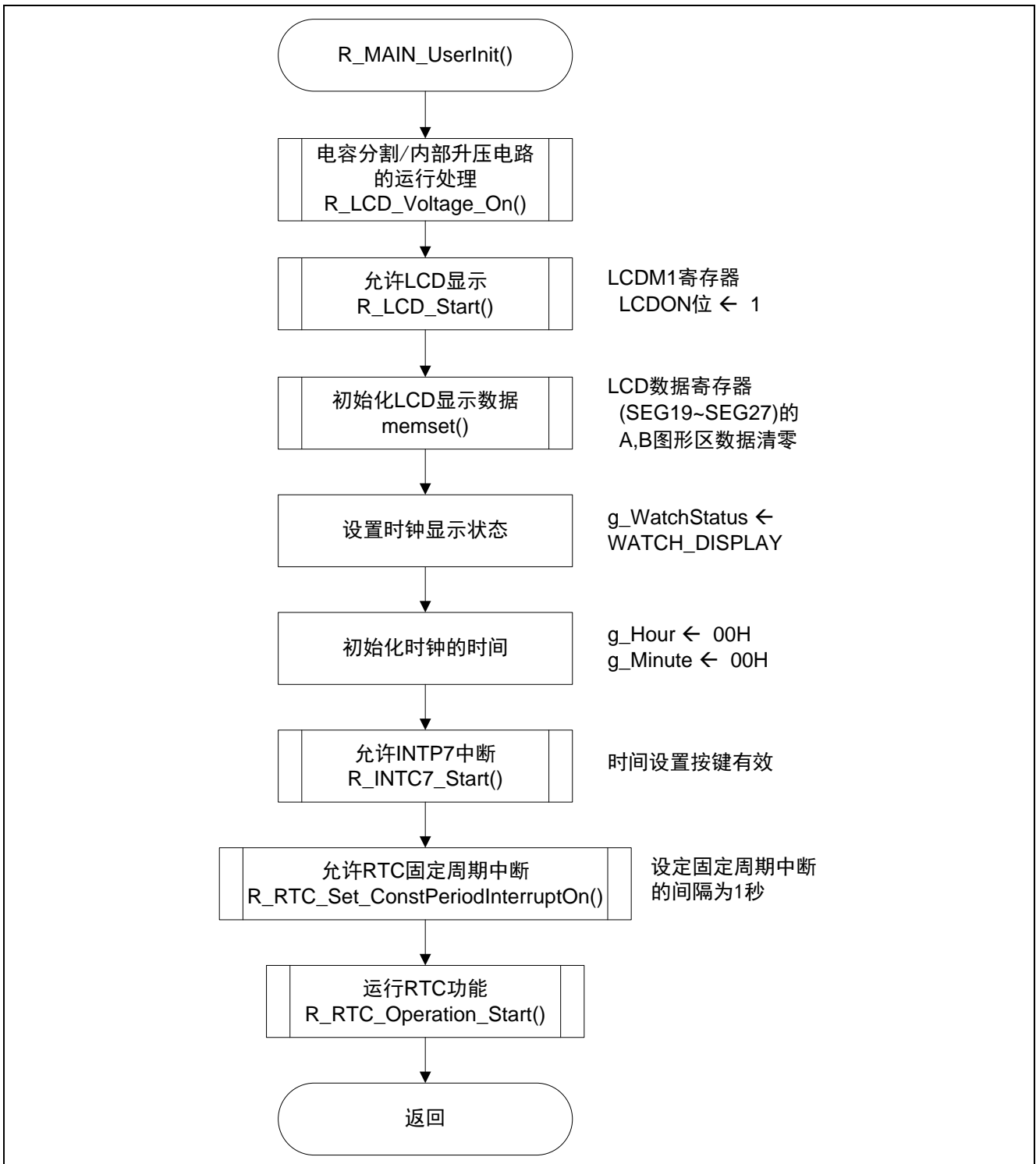


图 5.8 用户应用程序初始化

5.7.7 LCD 电容分割/内部升压电路的运行处理

LCD 电容分割/内部升压电路运行处理的流程图，请参见图 5.9。

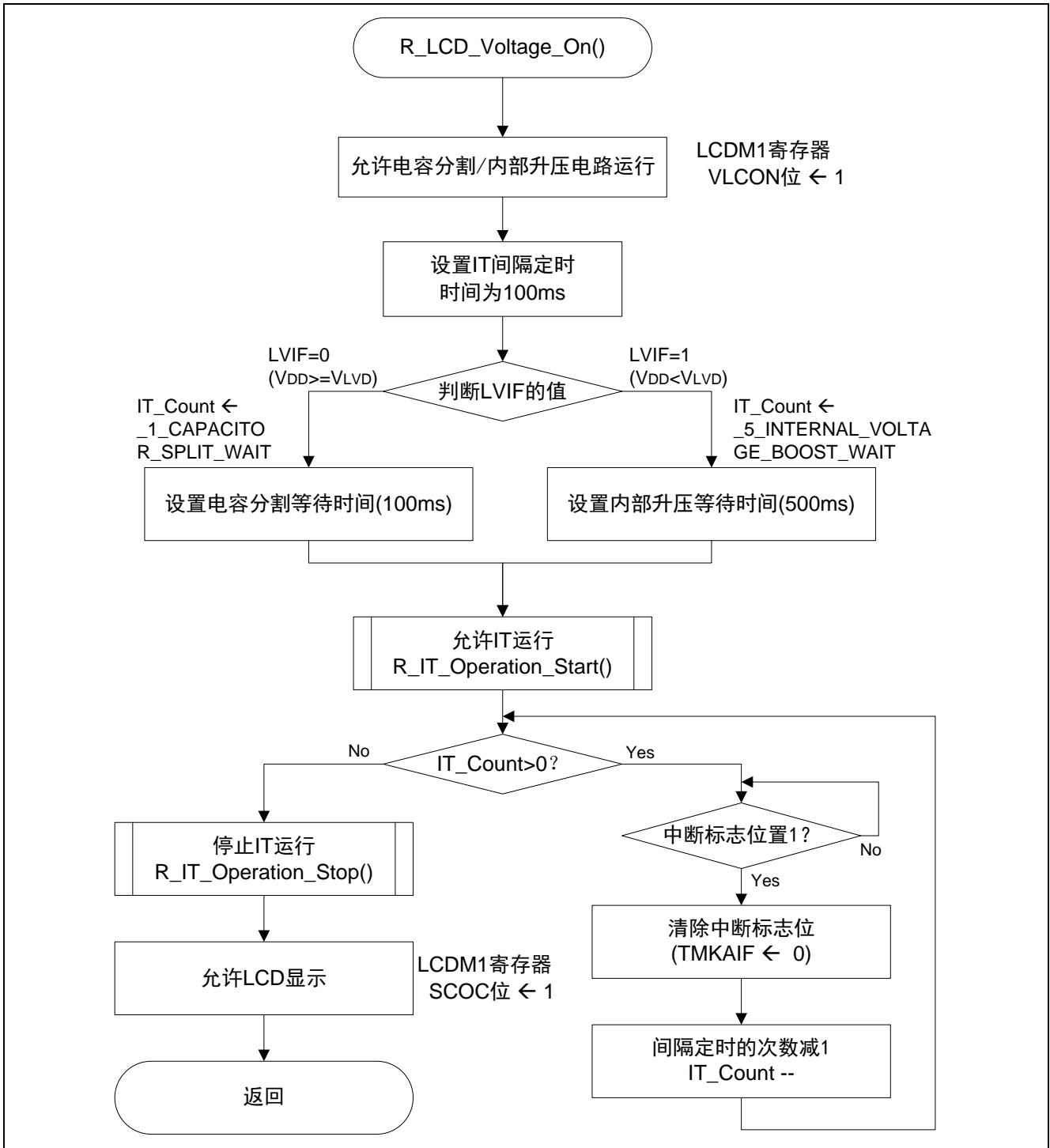


图 5.9 LCD 电容分割/内部升压电路的运行处理

注意：参考例程中使用的其他函数，请参考“RL78/L13 24-Hour Clock Displayed on an LCD (R01AN1506E)”应用说明。

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

RL78/L13 用户手册 硬件篇 (R01UH0382CJ0100 Rev.1.00)

RL78 family User's Manual: Software (R01US0015EJ0210 Rev.2.10)

(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://www.renesas.com/inquiry>
- contact.china@renesas.com

修订记录

Rev.	发行日	修订内容	
		页	要点
1.00	2013.12.31	—	初版发行
1.01	2014.09.30	全部	将标题“使用 LVD 功能切换 LCD 驱动电压生成方式，降低系统功耗”修改为“【降低系统功耗】切换 LCD 驱动电压生成方式（电容分割方式→内部升压方式）”
		1	修改“要点”的说明内容

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、植入体内的装置等）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伤害、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.
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
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: +44-1628-585-100, Fax: +44-1628-585-900

Renesas Electronics Europe GmbH
Arcadiasstrasse 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: +86-21-2226-0889, 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: +852-2265-6888, Fax: +852-2886-9022/9044

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 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-Ku, Seoul, 135-920, Korea
Tel: +82-2-558-3737, Fax: +82-2-558-5141