

R32C/100 系列

进入等待模式的设定

1. 要点

本篇资料介绍了转移到等待模式的设定方法。

2. 说明

本篇资料，适用于 R32C/118 群单片机。

本篇应用说明也适用于 R32C/100 系列中与上面所述 R32C/118 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。

3. 概要

等待模式，是通过停止 MCU 的时钟来实现低功耗的方法之一。

在等待模式中，由于单片机的基时钟是停止状态，所以由基时钟产生的 CPU 时钟和外围总线时钟也是停止的。因此，CPU 和看门狗定时器也都停止。

进入到等待模式，无论是从 PLL 自激振荡模式、低速模式，还是低功耗模式进入，都是通过执行 WAIT 命令来实现的。

从等待模式退出，可以通过硬件复位、NMI 或者外围功能中断来完成。

在本资料中，阐述了进入等待模式必要的设定，同时还以定时器 A1 为例，描述了使用外围功能中断退出等待模式的过程。

等待模式的状态转移图如图 3.1 所示。

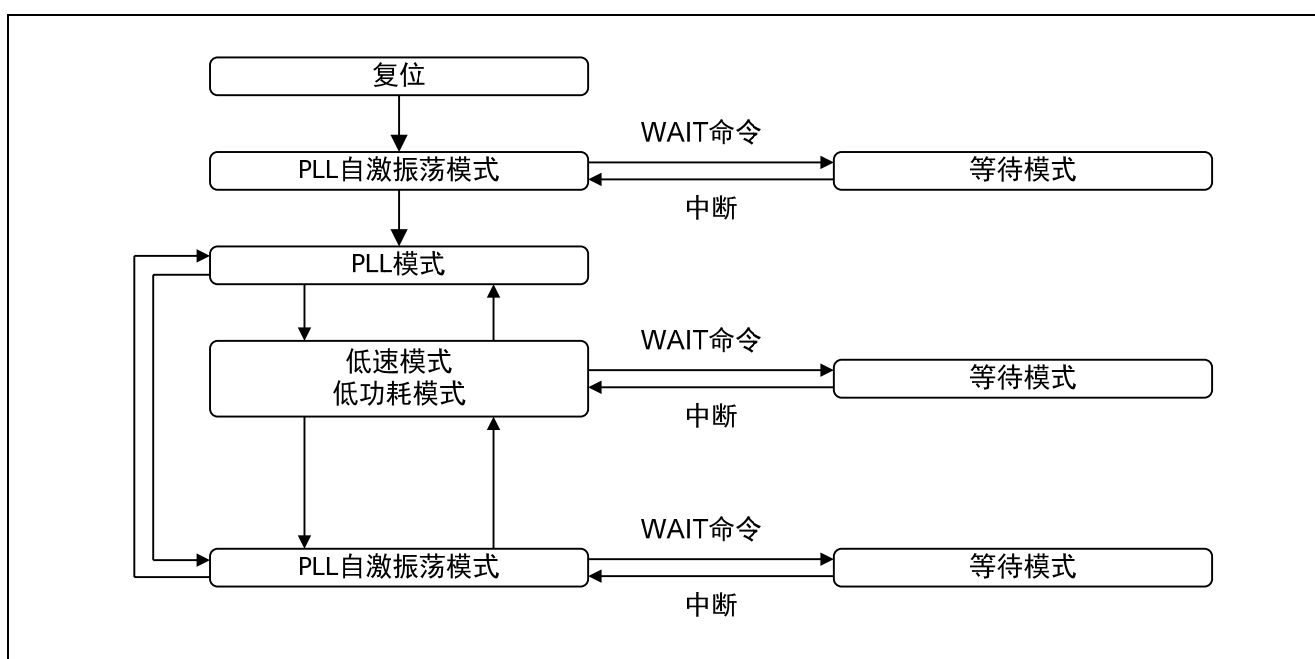


图 3.1 进入等待模式的状态转移图

4. 设定方法

此节描述进入等待模式的设定方法。

4.1 注意事项

在作成使用等待模式的程序时，请注意以下事项。

4.1.1 使用等待模式时的注意事项

一旦执行 WAIT 命令就进入等待模式。

使用等待模式时，在程序的初始化设定上有些必要的处理，在进入等待模式前和从等待模式返回时也有一些必要的处理，请参见以下内容。

初始化设定时的处理

将用于从等待模式返回的中断的优先级（RIPL1 寄存器、RIPL2 寄存器的 RLVL2~RLVL0 位）设定为“7”之后，设定各个中断请求的优先级。

进入等待模式之前的处理

- (1) 将 I 标志置为“0”
- (2) 将中断序号 1~127 中不为“0”的中断请求级置为“0”
- (3) 虚读任意一个中断控制寄存器
- (4) 将标志寄存器的 IPL 置为“0”
- (5) 暂时允许中断

FSET I

NOP

NOP

FCLR I

- (6) 设定用于从等待模式返回的中断的中断请求级

此后，不能修改中断寄存器

- (7) 设定标志寄存器的 IPL
- (8) 将用于返回的中断优先级设定为与 IPL 相同的值
用于返回的中断的中断请求级>IPL=用于返回的中断优先级
- (9) 变更工作模式为能够进入到等待模式的模式（注 1）

【使用振荡停止检出功能时】

将 CM2 寄存器的 CM20 位置为“0”（振荡停止检出功能无效）

在主时钟停止之前将 CM20 位置为“0”

另外，这个处理在步骤(9)之前的任何时候执行都可以

- (10) 将 I 标志置为“1”
- (11) 执行 WAIT 命令

注 1: 能进入等待模式的模式有以下几种

- 低速模式
- 低功耗模式
- PLL 自激振荡模式

从等待模式返回之后的处理

从等待模式返回后，立刻将用于返回的中断优先级置为“7”

4.1.2 I 标志和 IPL 的设定方法、以及 WAIT 命令的使用方法

本资料中，使用 asm 函数设定 I 标志、IPL 和 WAIT 命令。

C 语言程序中用 asm 函数设定 I 标志的例子如图 4.1 所示，IPL 的设定例如图 4.2 所示，WAIT 命令的设定例如图 4.3 所示。

```
asm("FCLR I");  
    将I标志置为“0”  
  
asm("FSET I");  
    将I标志置为“1”
```

图 4.1 使用 asm 函数对 I 标志进行设定的例子

```
asm("LDIPL #3");  
    将IPL置为“3”
```

图 4.2 使用 asm 函数对 IPL 进行设定的例子

```
asm("WAIT");  
    执行WAIT命令
```

图 4.3 使用 asm 函数执行 WAIT 命令的例子

4.1.3 外围功能时钟源停止功能

如果将 CM0 寄存器的 CM02 位置为“1”（等待模式时，停止外围功能时钟源），那么在等待模式时外围功能时钟就停止，因此可以降低功耗。在外围功能时钟中，fC32 和选择主时钟作为时钟源时的 f2n 不停止。

4.1.4 从等待模式返回

可以使用硬件复位、NMI 或者软件中断号为 0~63 的外围功能中断从停止模式返回。

从等待模式返回能使用的中断和使用条件如表 4.1 所示。

表 4.1 可用于从等待模式返回的中断和使用条件

中断	CM02=0 时	CM02=1 时
NMI	可使用	可使用
外部中断 (INT6、INT7、INT8 除外)	可使用	可使用
键输入中断	可使用	可使用
低电压检测中断	可使用	可使用
定时器 A 中断 定时器 B 中断	全部模式均可使用	事件计数模式或者计数源为 fC32、f2n 时 (选择主时钟作为时钟源) 可使用
串行通信中断 (UART7、UART8 除外)	无论是内部时钟还是外部时钟均可使用	外部时钟或者使用 f2n 时 (选择主时钟作为时钟源) 可使用
A/D 转换中断	单次模式或者单次扫描模式中可使用	不可使用
智能 I/O 中断	可使用	不可使用
I ² C 总线中断	可使用	不可使用
I ² C 总线线中断	可使用	可使用
CAN 唤醒中断	可使用	可使用

4.1.5 改写被保护寄存器时的注意事项

在本篇应用说明中设定的 PM2、CM0、CM3、CCR 寄存器是被保护寄存器所保护的。

寄存器保护功能是为了在程序失控时保护重要的寄存器不被轻易改写的功能。寄存器保护功能解除后, 被保护的寄存器允许写。PRCR 寄存器的 PRC2 位在设定为允许写后, 如果对任意地址写, 将变为禁止写。PRC2 位在设定为允许写后的下一条命令改写 PLC0、PLC1 寄存器。

另外, PRC2 位设定为允许写的命令和设定 PLC0、PLC1 寄存器的命令之间, 请不要插入中断和 DMA 传送。PRC0、PRC1 位以及 PRR 寄存器即使对任意地址执行写操作, 也不会变为禁止写状态。需用程序置为禁止写状态。

各保护寄存器和被保护寄存器如表 4.2 所示。

表 4.2 被保护寄存器保护的寄存器

寄存器	禁止/允许改写	受到保护的寄存器
PRCR	PRC0 位 0: 禁止写 1: 允许写	CM0、CM1、CM2、PM3 寄存器
	PRC1 位 0: 禁止写 1: 允许写	PM0、PM2、CSOP0、CSOP1、CSOP2、INVC0、INVC1、IOBC、I2CMR 寄存器
	PRC2 位 0: 禁止写 1: 允许写	PLC0、PLC1、PD9、P9_iS(i=0~7)寄存器
PRCR2	PRC27 位 0: 禁止写 1: 允许写	CM3 寄存器
PRCR3	PRC31 位 0: 禁止写 1: 允许写	VRCCR、LVDC、DVCR 寄存器
PRR	b7~b0 AAh 以外: 禁止写 AAh: 允许写	CCR、FMCR、PBC、FEBC0、FEBC3、EBC0~EBC3、CB01、CB12、CB23 寄存器

4.2 设定顺序概要

进入等待模式的设定顺序如图 4.4 所示。

各项目的详细请参照“4.3 详细设定步骤”。

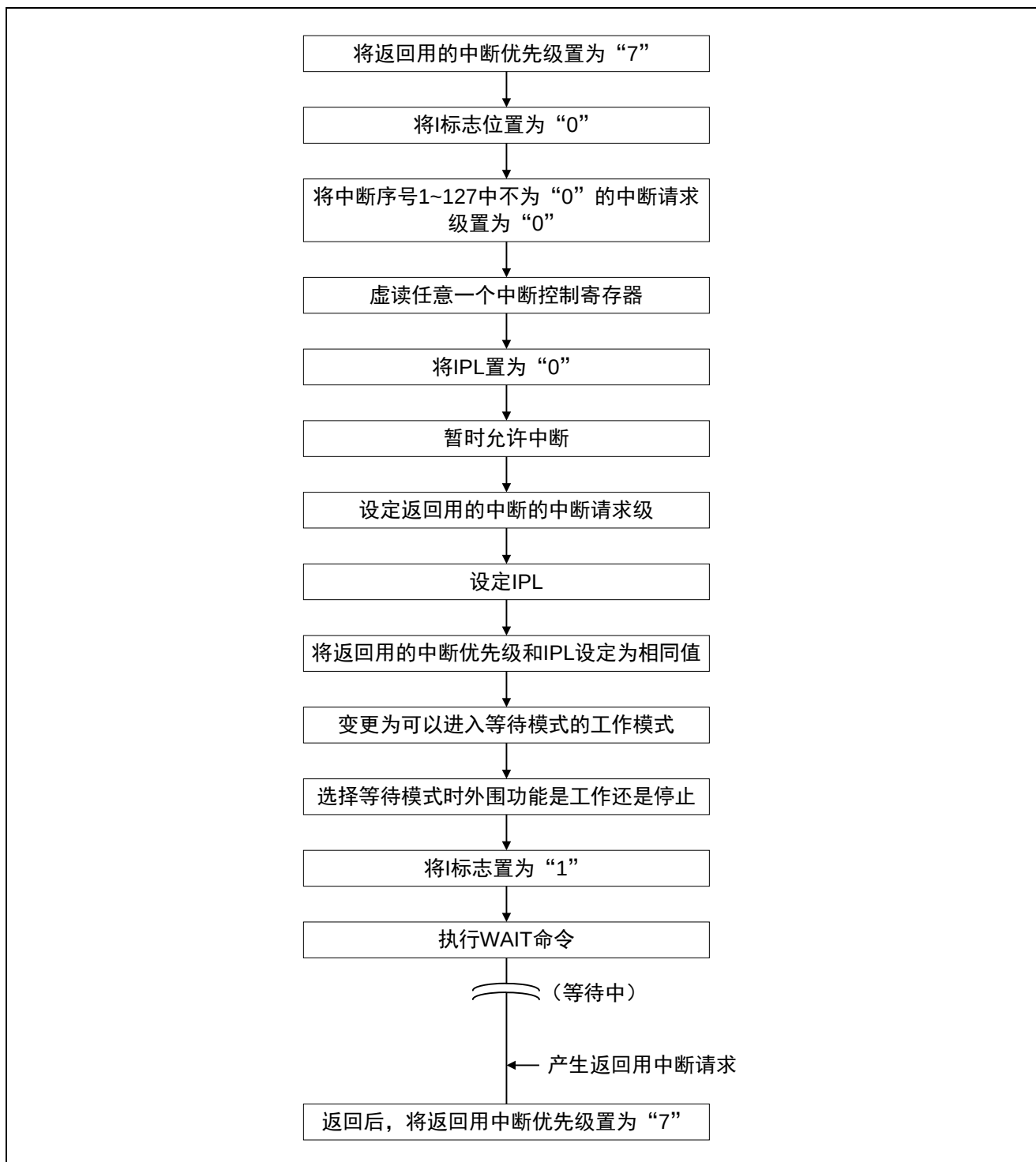
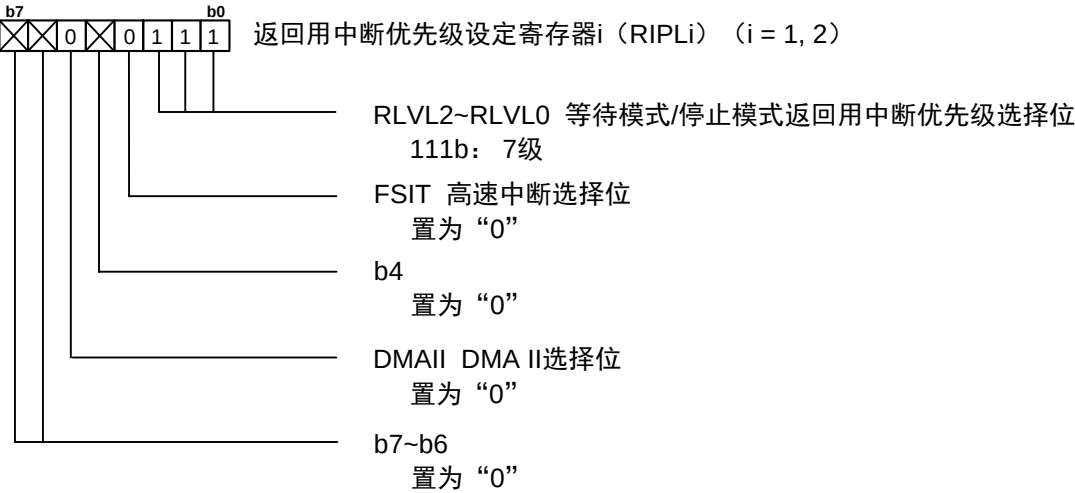


图 4.4 进入等待模式

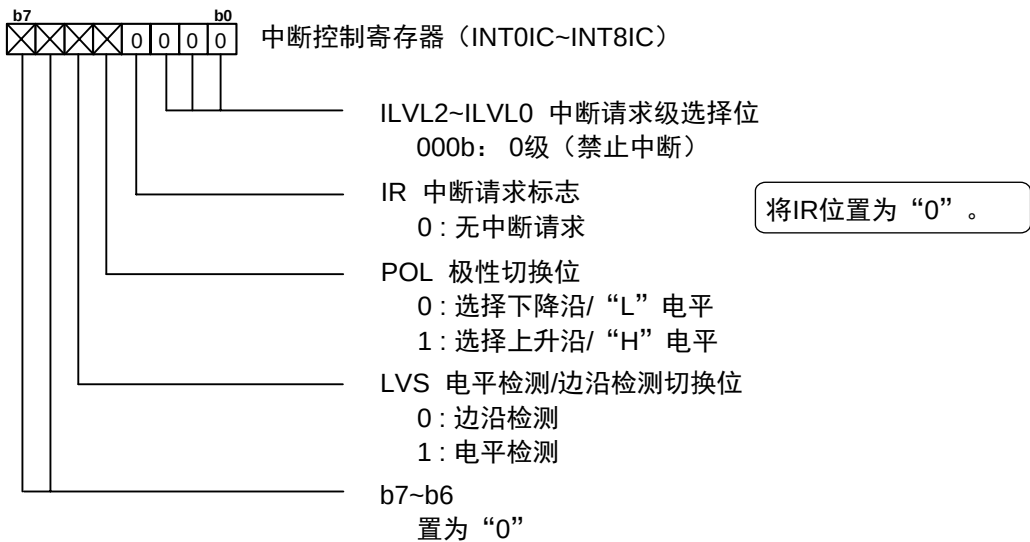
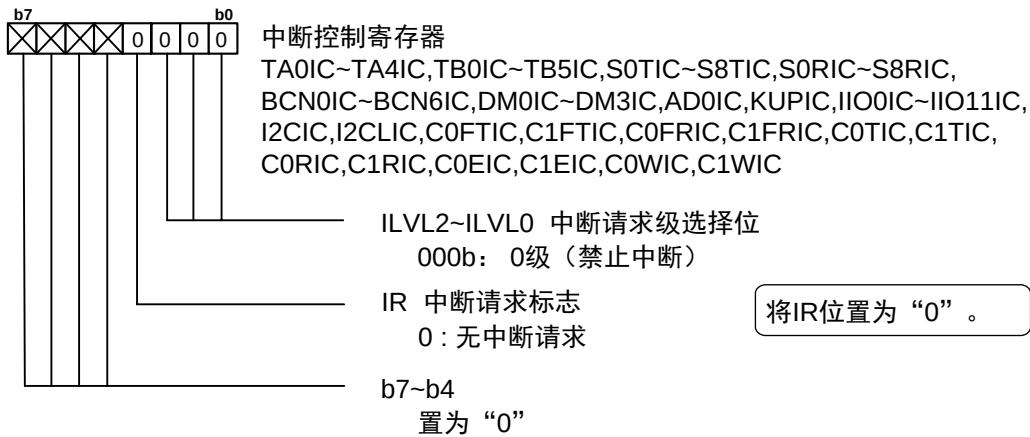
4.3 详细设定步骤

将返回用中断优先级置为“7”



将I标志置为“0”
asm(“FCLR I”);

将中断序号1~127中不为“0”的中断请求级置为“0”



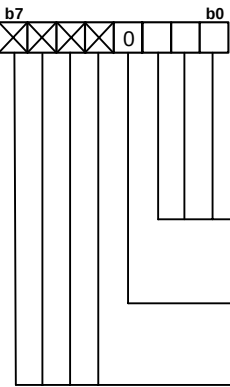
虚读任意一个中断控制寄存器

将IPL置为“0”
asm("LDIPL #0");

允许中断

```
asm("FSET I");  
asm("NOP");  
asm("NOP");  
asm("FCLR I");
```

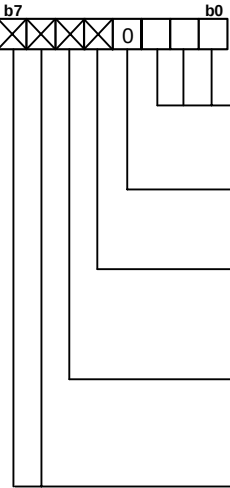
设置返回用中断的中断请求级



中断控制寄存器
TA0IC~TA4IC,TB0IC~TB5IC,S0TIC~S8TIC,S0RIC~S8RIC,
BCN0IC~BCN6IC,DM0IC~DM3IC,AD0IC,KUPIC,IIO0IC~IIO11IC,
I2CIC,I2CLIC,C0FTIC,C1FTIC,C0FRIC,C1FRIC,C0TIC,C1TIC,
C0RIC,C1RIC,C0EIC,C1EIC,C0WIC,C1WIC

- ILVL2~ILVL0 中断请求级选择位
选择优先级
- IR 中断请求标志
0：无中断请求
- b7~b4
置为“0”

将IR位置为“0”。



- 中断控制寄存器 (INT0IC~INT8IC)
- ILVL2~ILVL0 中断请求级选择位
选择优先级
 - IR 中断请求标志
0：无中断请求
 - POL 极性切换位
0：选择下降沿/“L”电平
1：选择上升沿/“H”电平
 - LVS 电平检测/边沿检测切换位
0：边沿检测
1：电平检测
 - b7~b6
置为“0”

将IR位置为“0”。

设置IPL

```
asm("LDIPL #3");
```

将返回用中断优先级设为与IPL相同的值

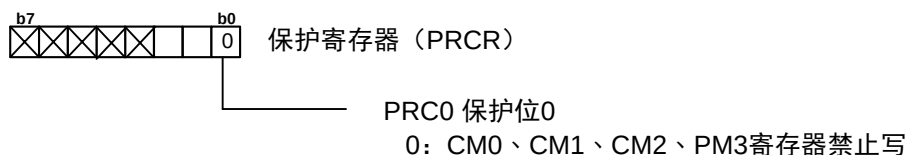
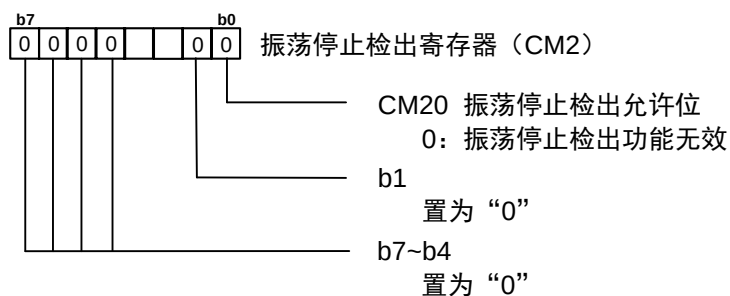
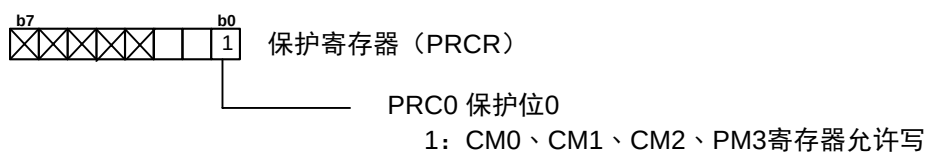
返回用中断的中断请求级>IPL=返回用中断优先级

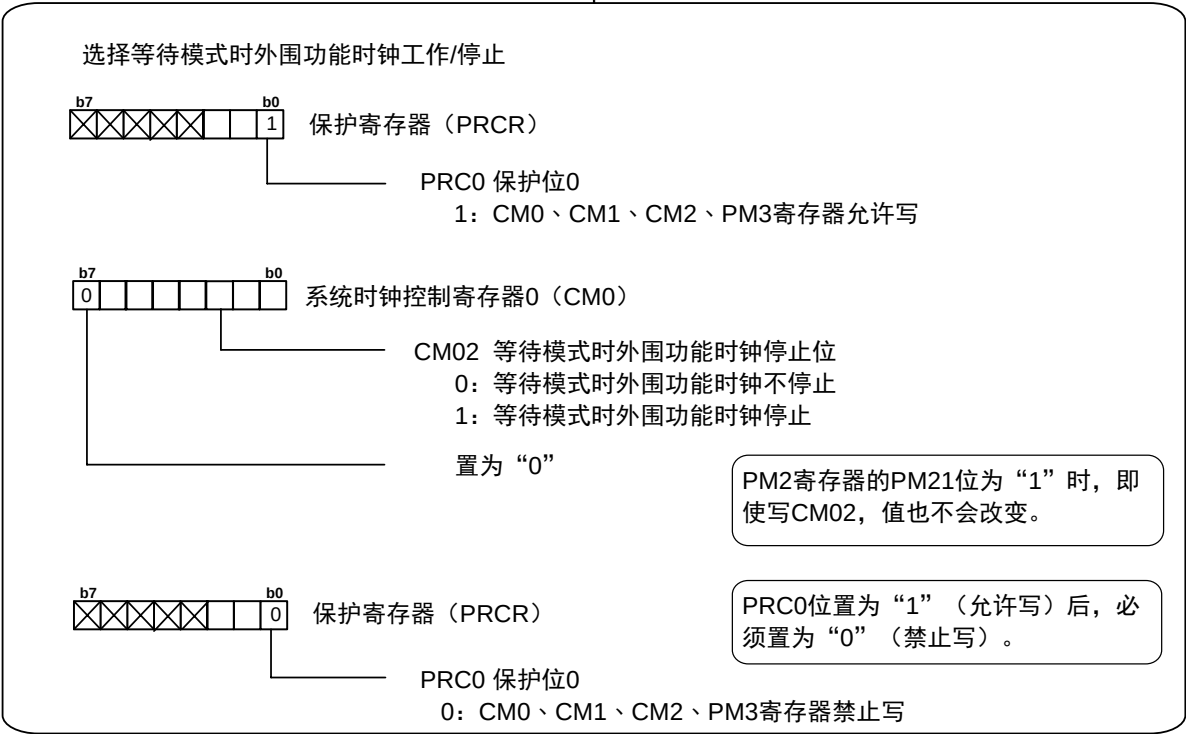
变更为可以进入等待模式的工作模式

可以使用低速模式、低功耗模式、PLL自激振荡模式。

另外，振荡停止检出功能有效时，按以下所示将振荡停止检出功能设定为无效。CM20位在主时钟停止前置为“0”。

使用振荡停止检出功能时





将I标志位置为“1”
asm(“FSET I”);

执行WAIT命令
asm(“WAIT”);

等待模式

产生返回用中断

返回后，将返回用中断优先级置为“7”

5. 参考程序

参考程序，请到瑞萨网站下载。

5.1 参考程序的说明

参考程序中，使用副时钟从低速模式转移到低功耗模式后，反复进行进入等待模式和由定时器 A 返回的操作。本程序是以副时钟工作为前提的。

转移到低速模式的设定和副时钟的振荡方法请参见硬件手册。

参考程序中低速模式、低功耗模式、等待模式时各时钟的工作设定如表 5.1 所示。

参考程序中定时器 A1 的设定如表 5.2 所示。

参考程序中用于返回的中断的中断请求级和 IPL 的设定值如表 5.3 所示。

参考程序的状态转移图如图 5.1 所示。

参考程序的工作例如图 5.2 所示。

表 5.1 参考程序中低速模式、低功耗模式、等待模式时各时钟的工作设定

时钟	低速模式	低功耗模式	等待模式
主时钟	振荡	停止	
副时钟	振荡		
内部振荡器	停止		
PLL 时钟	振荡	停止	
基时钟源	副时钟		
外围功能时钟	全部振荡	仅 fC32 振荡	

表 5.2 定时器 A1 的设定

工作模式	计数源分频	计数源
定时器模式	1024	fC32 (1.024kHz)

表 5.3 用于返回的中断的中断请求级和 IPL 的设定值

用于返回的中断的中断请求级	IPL
7	3

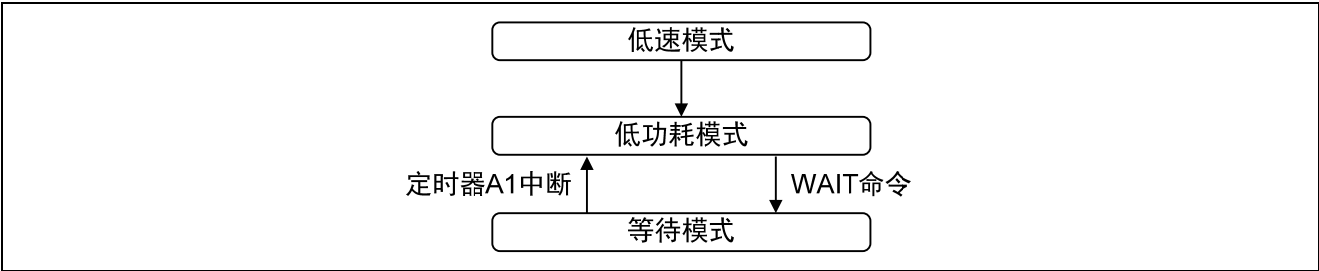


图 5.1 参考程序的状态转移图

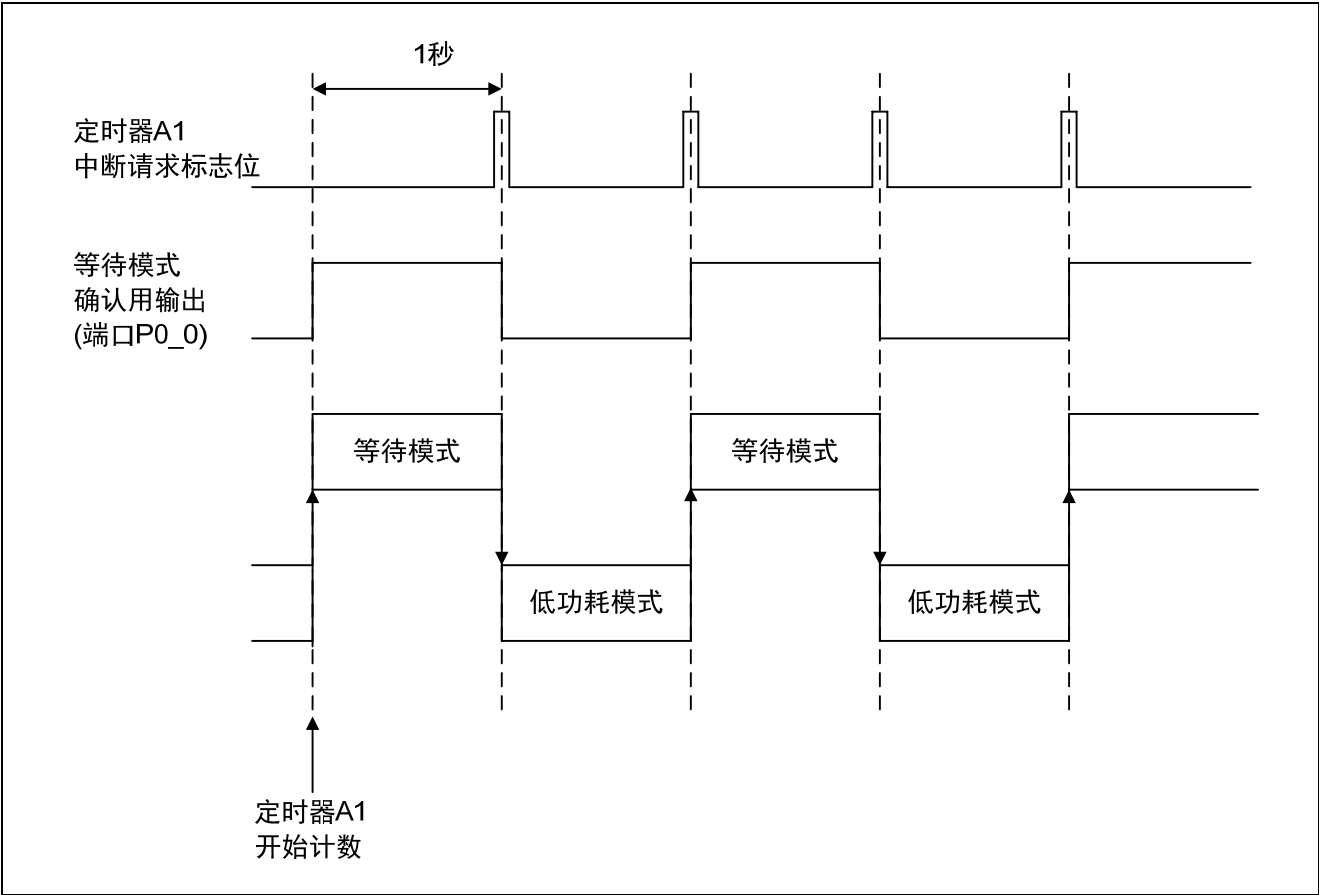


图 5.2 参考程序的工作例

5.2 流程图

参考程序由主函数构成。主函数的流程图如图 5.3 所示，进入等待模式的流程图如图 5.4 所示，从等待模式返回的流程图如图 5.5 所示。

另外，图 5.3 中的(a)~(d)、图 5.4 中的(1)~(14)、图 5.5 中的(1)~(6)与参考程序的流程号相对应。

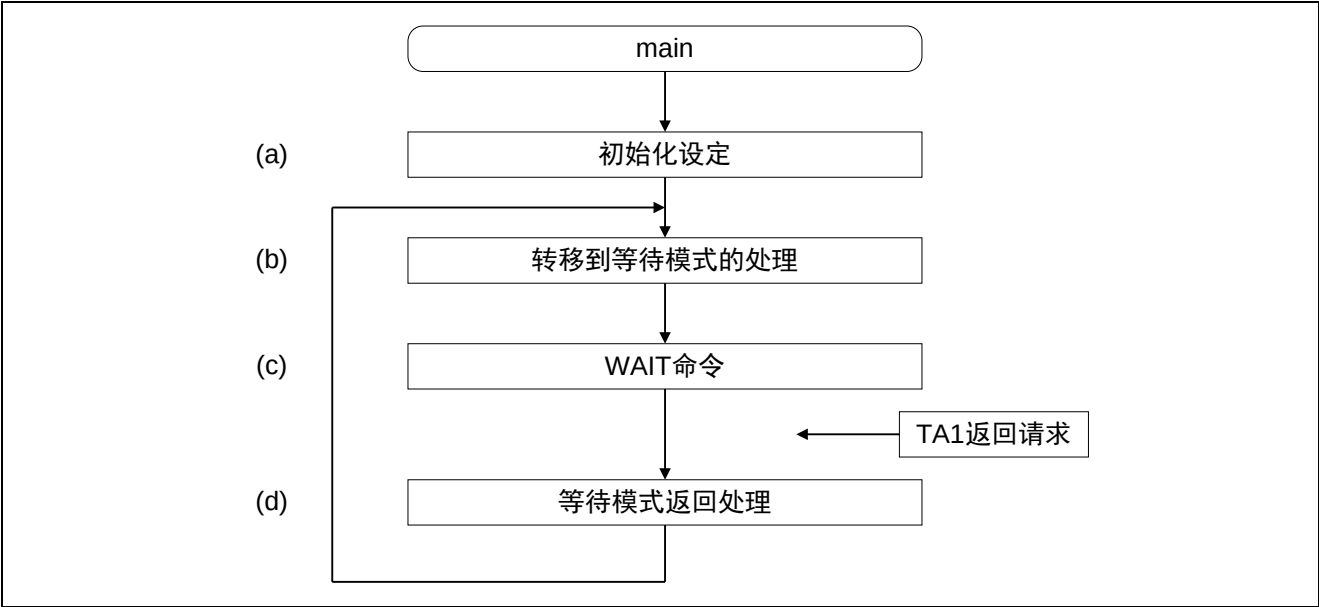


图 5.3 主函数的流程图

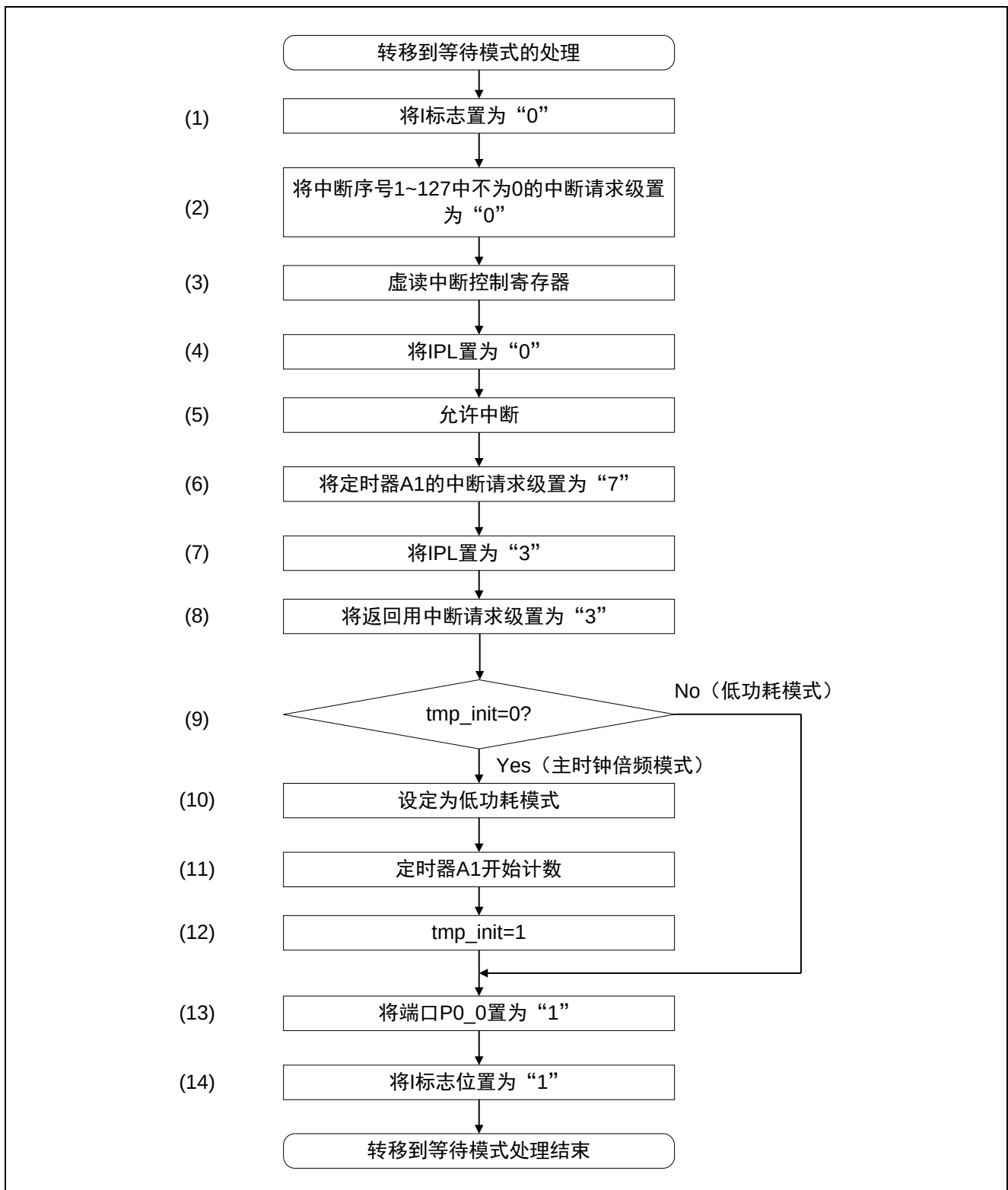


图 5.4 进入等待模式的流程图

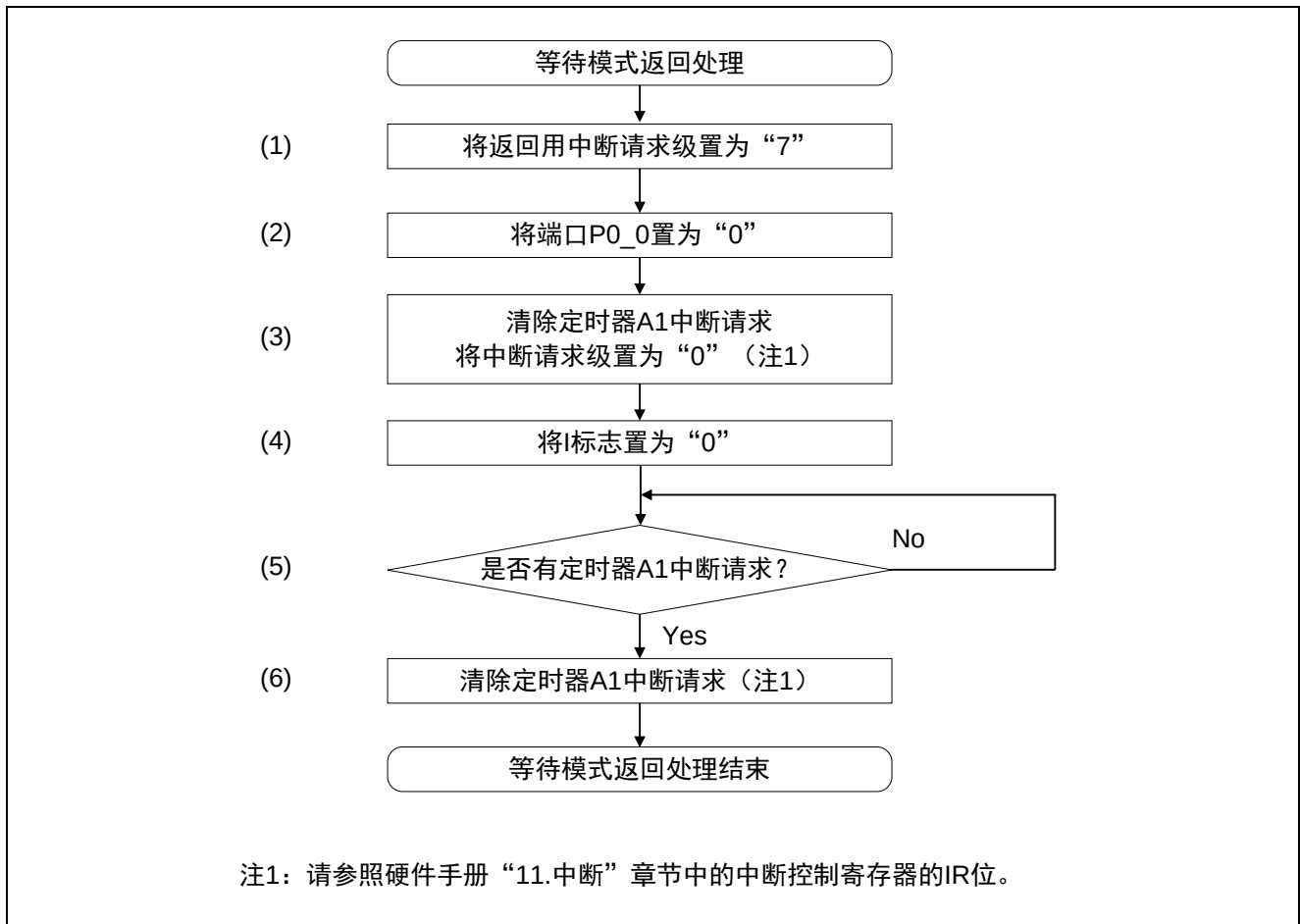


图 5.5 从等待模式返回的流程图

6. 参考文献

硬件手册

R32C/118 群硬件手册 Rev.1.10

（最新版本请从瑞萨电子网站上取得）

技术更新/技术信息

（最新版本请从瑞萨电子网站上取得）

C 编译器手册

R32C/100 系列用的 C 编译器包 V.1.02 C 编译器用户手册 Rev.1.00

（最新版本请从瑞萨电子网站上取得）

修订记录	R32C/100 系列 应用说明
------	------------------

Rev.	发行日	修改内容	
		页	要点
1.00	2011.12.16	—	初版发行

所有商标及注册商标分别归属于其所有者。

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

1. All information included in this document is current as of the date this document is issued. Such information, however, is subject to change without any prior notice. Before purchasing or using any Renesas Electronics products listed herein, please confirm the latest product information with a Renesas Electronics sales office. Also, please pay regular and careful attention to additional and different information to be disclosed by Renesas Electronics such as that disclosed through our website.
 2. 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.
 3. You should not alter, modify, copy, or otherwise misappropriate any Renesas Electronics product, whether in whole or in part.
 4. 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.
 5. When exporting the 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. You should not use Renesas Electronics products or the 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. 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.
 6. 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.
 7. Renesas Electronics products are classified according to the following three quality grades: "Standard", "High Quality", and "Specific". The recommended applications for each Renesas Electronics product depends on the product's quality grade, as indicated below. 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 categorized as "Specific" without the prior written consent of Renesas Electronics. Further, you may not use any Renesas Electronics product for any application for which it is not intended without the prior written consent of Renesas Electronics. 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 an application categorized as "Specific" or for which the product is not intended where you have failed to obtain the prior written consent of Renesas Electronics. The quality grade of each Renesas Electronics product is "Standard" unless otherwise expressly specified in a Renesas Electronics data sheets or data books, etc.

"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.

"High Quality": Transportation equipment (automobiles, trains, ships, etc.); traffic control systems; anti-disaster systems; anti-crime systems; safety equipment; and medical equipment not specifically designed for life support.

"Specific": Aircraft; aerospace equipment; submersible repeaters; nuclear reactor control systems; medical equipment or systems for life support (e.g. artificial life support devices or systems), surgical implantations, or healthcare intervention (e.g. excision, etc.), and any other applications or purposes that pose a direct threat to human life.
 8. 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.
 9. 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 system manufactured by you.
 10. 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.
 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.



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: +44-1628-585-100, Fax: +44-1628-585-900

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 204, 205, AZIA Center, No.1233 Lujiazui Ring Rd., Pudong District, Shanghai 200120, China
Tel: +86-21-5877-1818, Fax: +86-21-6887-7858 / -7898

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.

1 harbourFront Avenue, #06-10, Keppel Bay Tower, Singapore 098632
Tel: +65-6213-0200, Fax: +65-6276-8001

Renesas Electronics Malaysia Sdn.Bhd.

Unit 906, Block B, Menara Amcorp, Amcorp Trade Centre, No. 18, Jln Persiaran Barat, 46050 Petaling Jaya, Selangor Darul Ehsan, Malaysia
Tel: +60-3-7955-9390, Fax: +60-3-7955-9510

Renesas Electronics Korea Co., Ltd.

11F., Samik Laved' or Bldg., 720-2 Yeoksam-Dong, Kangnam-Ku, Seoul 135-080, Korea
Tel: +82-2-558-3737, Fax: +82-2-558-5141