



复旦微电子

FM33LG0XXA

低功耗系列MCU

应用笔记

低功耗说明

AN011

V1.0



本资料是为了让用户根据用途选择合适的上海复旦微电子集团股份有限公司（以下简称复旦微电子）的产品而提供的参考资料，不转让属于复旦微电子或者第三者所有的知识产权以及其他权利的许可。

在使用本资料所记载的信息最终做出有关信息和产品是否适用的判断前，请您务必将所有信息作为一个整体系统来进行评价。

采购方对于选择与使用本文描述的复旦微电子的产品和服务全权负责，复旦微电子不承担采购方选择与使用本文描述的产品和服务的责任。除非以书面形式明确地认可，复旦微电子的产品不推荐、不授权、不担保用于包括军事、航空、航天、救生及生命维持系统在内的，由于失效或故障可能导致人身伤亡、严重的财产或环境损失的产品或系统中。

未经复旦微电子的许可，不得翻印或者复制全部或部分本资料的内容。

今后日常的产品更新会在适当的时候发布，恕不另行通知。在购买本资料所记载的产品时，请预先向复旦微电子在当地的销售办事处确认最新信息，并请您通过各种方式关注复旦微电子公布的信息，包括复旦微电子的网站 (<http://www.fmsh.com/>)。

如果您需要了解有关本资料所记载的信息或产品的详情，请与上海复旦微电子集团股份有限公司在当地的销售办事处联系。

商 标

上海复旦微电子集团股份有限公司的公司名称、徽标以及“复旦”徽标均为上海复旦微电子集团股份有限公司及其分公司在中国的商标或注册商标。

上海复旦微电子集团股份有限公司在中国发布，版权所有。

上海复旦微电子集团股份有限公司

Shanghai Fudan Microelectronics Group Company Limited

应用笔记

AN011—低功耗说明

版本 1.0

论坛: <http://www.fmdevelopers.com.cn>



目 录

| | |
|-------------------------------------|----|
| 1 说明 | 1 |
| 2 原理 | 1 |
| 2.1 SLEEP 或 DEEPSLEEP 原理 | 1 |
| 2.2 休眠配置 | 1 |
| 2.2.1 内核休眠 | 2 |
| 2.2.2 外设休眠 | 3 |
| 2.3 唤醒 | 3 |
| 2.3.1 内核休眠唤醒 | 4 |
| 2.3.2 芯片整体休眠唤醒 | 6 |
| 2.4 编程配置 | 6 |
| 2.5 休眠功耗 | 6 |
| 2.6 测试结果 | 8 |
| 版本信息 | 9 |
| 附录 | 10 |
| 芯片寄存器介绍 | 10 |
| 低功耗控制寄存器 (PMU_CR) | 10 |
| 唤醒时间控制寄存器 (PMU_WKTR) | 11 |
| 唤醒源标志查询寄存器 (PMU_WKFR) | 12 |
| PMU 中断使能寄存器 (PMU_IER) | 13 |
| PMU 中断标志寄存器 (PMU_ISR) | 14 |
| ULPBG 调校寄存器 (PMU_ULPB_TR) | 15 |
| VREFP 控制寄存器 (PMU_VREFP_CR) | 16 |
| VREFP 配置寄存器 (PMU_VREFP_CFGR) | 16 |
| VREFP 状态标志寄存器 (PMU_VREFP_ISR) | 18 |
| VREFP 调校寄存器 (PMU_VREFP_TR) | 18 |
| 上海复旦微电子集团股份有限公司销售及服务中心 | 19 |



图目录

| | |
|----------------------------|---|
| 图 2-1 SLEEP 模式配置 | 1 |
| 图 2-2 DEEPSLEEP 模式配置 | 2 |
| 图 2-3 SCR 寄存器 | 2 |
| 图 2-4 BSTIM32 定时唤醒配置 | 4 |
| 图 2-5 BSTIM 中断服务程序 | 5 |
| 图 2-6 BSTIM 中断唤醒内核休眠 | 5 |

表目录

| | |
|----------------------------|---|
| 表 2-1 唤醒源 | 1 |
| 表 2-2 Active 电流参数 | 2 |
| 表 2-3 LP Active 电流参数 | 2 |
| 表 2-4 LP RUN 电流参数 | 4 |
| 表 2-5 SLEEP 电流参数 | 5 |
| 表 2-6 DEEPSLEEP 电流参数 | 5 |



1 说明

本文档为 FM33LG0XXA 系列低功耗 MCU 的应用笔记，用于说明低功耗配置的方法。FM33LG0XXA 系列是复旦微电子公司开发的低功耗 MCU 芯片，请联系复旦微电子公司提供更多相关文档支持设计开发。

2 原理

2.1 SLEEP 或 DEEPSLEEP 原理

在低功耗应用时，FM33LG0XXA 芯片进入 SLEEP 模式后，芯片关闭 CPU 时钟，FLASH 进入 STOP 模式，硬件自动关闭 RCHF、PLL、XTHF、TRNG，SVD、OPA、ADC、DAC、比较器仍可以在 SLEEP 模式下工作。但是此时高速时钟均被关闭，若是需要在 SLEEP 模式下运行该外设，需配置时钟为低速时钟 LSCLK/RCLP/RCLF 等。

数字外设模块可以使用 RCLF、XTLF、RCLP 等低速时钟继续工作。

2.2 休眠配置

在示例或手册中的休眠模式，通常指的是整个芯片的休眠包括内核和外设。在休眠时通常使用 RTC 的中断服务程序来清狗，也可使用定时器。值得注意的是，配置定时器或其他外设作为唤醒源时，需配置时钟为低速时钟即休眠下可以运行该外设。

```
// Sleep
void Sleep(void)
{
    FL_PMU_SleepInitTypeDef LPM_InitStruct;

    // FL_CMU_RCLF_Enable();           // 暂开启RCLF
    FL_RMU_PDR_Enable(RMU);           // 打开PDR
    FL_RMU_BOR_Disable(RMU);          // 关闭BOR 2uA

    // FL_VREF_Disable(VREF);         // 关闭VREFlp2

    LPM_InitStruct.deepSleep          = FL_PMU_SLEEP_MODE_NORMAL;
    LPM_InitStruct.powerMode          = FL_PMU_POWER_MODE_SLEEP_OR_DEEPSLEEP;
    LPM_InitStruct.wakeupFrequency    = FL_PMU_RCHF_WAKEUP_FREQ_8MHZ;
    LPM_InitStruct.wakeupDelay        = FL_PMU_WAKEUP_DELAY_2US;
    LPM_InitStruct.LDOLowPowerMode    = FL_PMU_LDO_LPM_DISABLE;
    LPM_InitStruct.coreVoltageScaling = FL_DISABLE;
    FL_PMU_Sleep_Init(PMU, &LPM_InitStruct);
}
```

图 2-1 SLEEP 模式配置

```

// DeepSleep
void DeepSleep(void)
{
    FL_PMU_SleepInitTypeDef LPM_InitStruct;

    // FL_CMU_RCLF_Enable();           // 暂开启RCLF
    FL_RMU_PDR_Enable(RMU);           // 打开PDR
    FL_RMU_BOR_Disable(RMU);          // 关闭BOR 2uA

    // FL_VREF_Disable(VREF);          // 关闭VREFlp2

    LPM_InitStruct.deepSleep          = FL_PMU_SLEEP_MODE_DEEP;
    LPM_InitStruct.powerMode          = FL_PMU_POWER_MODE_SLEEP_OR_DEEPSLEEP;
    LPM_InitStruct.wakeupFrequency    = FL_PMU_RCHF_WAKEUP_FREQ_8MHZ;
    LPM_InitStruct.wakeupDelay        = FL_PMU_WAKEUP_DELAY_2US;
    LPM_InitStruct.LDOLowPowerMode    = FL_PMU_LDO_LPM_DISABLE;
    LPM_InitStruct.coreVoltageScaling = FL_DISABLE;
    FL_PMU_Sleep_Init(PMU, &LPM_InitStruct);
}

```

图 2-2 DEEPSLEEP 模式配置

2.2.1 内核休眠

WFI(Wait for interrupt)和 WFE(Wait for event)是两个让 ARM 核进入休眠模式的指令，WFE 通常用在多处理器应用场景，FM33LG0XXA 系列作为单核 MCU，推荐使用 WFI。在执行 WFI()函数之前需要先配置 SCR 寄存器:如图 2-4 所示

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------|------|---------------|---------------------|------|
| 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 |
| Reserved | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| Reserved | | | | | | | | | | | SEVON PEND | Res. | SLEEP DEEP | SLEEP ON EXIT | Res. |
| | | | | | | | | | | | rw | | rw | rw | |

图 2-3 SCR 寄存器

Sleep/deepsleep : SCB->SCR=0;

在 SCR 的 bit 2 为 0 的基础上配置 SCB->SCR |=0x02 时，当内核被唤醒后执行完相应的中断处理函数后自动进入休眠模式。

SLEEPONEXIT:

0:被唤醒进入线程模式后不再进入睡眠模式

1:被唤醒后执行完相应的中断处理函数后进入睡眠模式



2.2.2 外设休眠

FM33LG0XXA 通过配置 PMU_CR 寄存器的 PMOD 实现外设休眠。通过设置 PMOD 可实现外设的三种状态：Active mode/LP Active mode、LPRUN mode、Sleep mode / DeepSleep mode。

注：1、当 PMOD 设置为 sleep mode 时，SLPDP 设置为 1，外设就进入了 deepsleep mode

2、Sleep mode 顺利进入 deepsleep 模式的前提是 BOR 处于关闭状态，开启 PDR,调用

FL_RMU_PDR_Enable(RMU)及

FL_RMU_BOR_Disable(RMU);

另可调用 FL_VREF_Disable(VREF);关闭 VREF1p2 较小 2uA 左右功耗

3、为了更低功耗，休眠前关闭 RCLP、ADC 使能。

FL_CMU_RCLF_Disable ()

FL_ADC_Disable (ADC)

4、假如在 deepsleep 下需要使用 SVD，可以使用 SVD 的间歇使能功能，这样平时处于 deepsleep mode，只是在 SVD 使能的那段时间处于 sleep mode。

5、针对复旦微提供的开发板，测试芯片功耗，需要断开开发板上跳帽 J19、J18、J28 和 J30，避免引入外部电路造成的功耗。

2.3 唤醒

退出 SLEEP/DEEPSLEEP 模式可根据手册的唤醒源进行配置：

| 唤醒源 | 应用 | 可唤醒模式 | |
|----------------|-------------------------------|-------|-----------|
| | | Sleep | DeepSleep |
| 停振检测 | 可屏蔽，32786Hz 晶振停振时唤醒芯片 | √ | √ |
| VREF | 可屏蔽，在 VREF1p22 建立后产生中断唤醒芯片 | √ | √ |
| SVD | 可屏蔽，在电源电压跌落至阈值以下或升高至阈值以上时唤醒芯片 | √ | √ |
| 比较器 | 可屏蔽，用于外部事件唤醒 | √ | √ |
| ADC | 可屏蔽，ADC 的各种中断均可用于唤醒 | √ | √ |
| RTC_A RTC_B | 可屏蔽，根据需要的唤醒周期设置 | √ | √ |
| IO 引脚中断 | 可屏蔽，用于外部事件唤醒 | √ | √ |
| Debug | 不可屏蔽，用于 debug 唤醒 | √ | √ |
| LPUART | 可屏蔽，接收数据唤醒 | √ | √ |



| | | | |
|-------------|--------------|---|---|
| UART0/1_RXD | 可屏蔽，下降沿唤醒 | √ | √ |
| WKUPx 引脚 | 可屏蔽，用于外部输入唤醒 | √ | √ |
| NRST | 不可屏蔽，用于全局复位 | √ | √ |
| LPTIM32 | 可屏蔽，用于定时唤醒 | √ | √ |
| BSTIM32 | 可屏蔽，用于定时唤醒 | √ | √ |
| LPTIM16 | 可屏蔽，用于定时唤醒 | √ | √ |
| BSTIM16 | 可屏蔽，用于定时唤醒 | √ | √ |
| I2C 从机 | 可屏蔽，用于从机接收唤醒 | √ | √ |

表2-1 唤醒源

通过Cortex-M0的PRIMASK功能，可以实现以上中断事件唤醒芯片，但是CPU不执行中断处理程序。此时唤醒后CPU将继续从休眠前的指令之后开始运行。

注：芯片从休眠模式唤醒后，软件可以通过查询PMU.WKPFLAG寄存器来快速识别当前的唤醒源，唤醒源的清除需要进入各个外设模块分别完成。

2.3.1 内核休眠唤醒

当FM33G0XX只有内核处于sleep/deepsleep状态时，大部分外设处于激活状态时，处于激活的外设都可以使用中断唤醒内核。

以BSTIM32内核休眠唤醒为例，定时器配置如图4所示，时钟源需要使用低速时钟，否则无法实现唤醒。

```
void BSTIM_Init(void)
{
    FL_BSTIM32_InitTypeDef  InitStructer;

    InitStructer.prescaler      = 1;
    InitStructer.autoReload     = (32768 / 2 );    //唤醒时间=(prescaler * autoReload)/32768(s)
    InitStructer.autoReloadState = FL_ENABLE;
    InitStructer.clockSource    = FL_CMU_BSTIM32_CLK_SOURCE_LSCLK;

    FL_BSTIM32_Init(BSTIM32,&InitStructer);

    FL_BSTIM32_ClearFlag_Update(BSTIM32);
    FL_BSTIM32_EnableIT_Update(BSTIM32);

    NVIC_DisableIRQ(BSTIM_IRQn);
    NVIC_SetPriority(BSTIM_IRQn, 2);
    NVIC_EnableIRQ(BSTIM_IRQn);

    FL_BSTIM32_Enable(BSTIM32);
}
```

图 2-4 BSTIM32 定时唤醒配置

具体程序如图 2-5 和 2-6:


```

void BSTIM_IRQHandler(void)
{
    if (( FL_BSTIM32_IsEnabledIT_Update(BSTIM32) == FL_SET )
        &&(FL_BSTIM32_IsActiveFlag_Update(BSTIM32)==FL_SET))
    {
        FL_BSTIM32_ClearFlag_Update(BSTIM32);
        i++;
    }
}

```

图 2-5 BSTIM 中断服务程序

```

int main(void)
{
    /* Reset of all peripherals, Initializes the Flash interface and the Sys
    /* SHOULD BE KEPT!!! */
    MF_Clock_Init();

    /* Configure the system clock */
    /* SHOULD BE KEPT!!! */
    MF_SystemClock_Config();

    /* Initialize FL Driver Library */
    /* SHOULD BE KEPT!!! */
    FL_Init();

    /* Initialize all configured peripherals */
    /* SHOULD BE KEPT!!! */
    MF_Config_Init();

    __enable_irq();

    BSTIM_Init();

    IWDG_Init();

    AdcInit();

    // __set_PRIMASK(1);

    while(1)
    {
        IWDG_Clr();
        Get122VSample = GetVREF1P2Sample();
        GetVSample = GetSingleChannelSample();
        GetV = (GetVSample * 3000 * (ADC_VREF)) / (Get122VSample * 4095);
        // FL_DelayMs(5);
        GetVC = (GetVSample * 3000 * (ADC_VREF)) / (Get122VSample * 4095);
        if((GetVC-GetV)>500){adc_flag=1;}
        else adc_flag=0;
        Sleep();
    }
}

```

图 2-6 BSTIM 中断唤醒内核休眠



程序解释：当仅仅内核休眠时，看门狗溢出周期后无法工作(即芯片休眠时（内核+外设休眠）溢出周期内才能工作)

所以采用 BSTIM 中断进行唤醒清狗—>休眠->ADC 采样—>BSTIM 中断唤醒清狗

2.3.2 芯片整体休眠唤醒

以 WKUP 唤醒为例，WKUP 有两个中断入口一个是不可屏蔽中断，一个是可屏蔽中断#38。唤醒时间以触发唤醒源到进入中断服务程序的所需时间，

注：选择#38 中断入口时，PRIMASK 寄存器置 1 即 __disable_irq(), 唤醒后可不执行唤醒源中断服务程序。可以通过多种方法编程 PRIMASK 寄存器，

●使用 C 语言以及 CMSIS 库，可以通过以下函数来设置和清除 PRIMASK; (函数被编译为 CPS 指令，<core_cmFunc.h>)

```
void __enable_irq(void);          //清除 PRIMASK
```

```
void __disable_irq(void);         //设置 PRIMASK
```

●使用内核封装函数来设置和清除 PRIMASK; (编译后，通过 MSR 指令将值 (0 或 1) 写入 primask 内核寄存器，<core_cmFunc.h>)

```
__set_PRIMASK(1);                //设置 PRIMASK
```

```
__set_PRIMASK(0);                //清除 PRIMASK
```

唤醒时间可通过寄存器 PMU_WKTR 中 T1a 进行配置为 0us、2us、4us 和 8us。

2.4 编程配置

FM33LG0XXA 上电默认主时钟为 RCHF8MHZ，SWD 为数字功能。为了能顺利下载程序，在主程序里执行休眠、切换主时钟、配置 SWD 口之前需要延时至少 10ms。保证在下载程序时，主时钟和 SWD 口符合编程需求。

2.5 休眠功耗

FM33G0XX 在各模式下的功耗如下

测量功耗参数时，MCU 被配置为如下条件：

- 所有功能引脚被配置为 GPIO 模式，并且关闭输入和输出使能，避免引脚浮空漏电
- 除了特别声明的以外，所有外设被关闭，并停止工作时钟
- 常温下的最大功耗数据代表出厂时的测试上限标准
- 常温下的典型功耗数据代表大量样本分布的中心值



- 除非特别声明，所有功耗数据在 VDD=VDDA=3.3V 的条件下测试获得

| 符号 | 参数说明 | 测试条件 | | 参数值 | | | 单位 |
|--------------------|---|--|--------|-----|------|-----|----|
| | | | | 最小值 | 典型值 | 最大值 | |
| IDD _{RUN} | 运行模式下的 功耗，CPU 从 Flash 取指， Coremark | f _{AHB} =16MHz (RCHF) PLL off Flash 0 wait | TA=25℃ | - | 2.32 | - | mA |
| | | | TA=85℃ | - | 2.31 | - | |
| | | f _{AHB} =24MHz (RCHF) PLL off Flash 0 wait | TA=25℃ | - | 3.43 | - | mA |
| | | | TA=85℃ | | 3.40 | | |
| | | f _{AHB} =48MHz PLL on Flash 1 wait | TA=25℃ | - | 6.16 | - | mA |
| | | | TA=85℃ | | 6.15 | | |
| | | f _{AHB} =614KHz (RCLF) PLL off Flash 0 wait | TA=25℃ | | 150 | | uA |
| | | | TA=85℃ | | 150 | | |

表 2-1 ACTIVE 电流参数

| 符号 | 参数说明 | 测试条件 | | 参数值 | | | 单位 |
|--------------------|--|--|--------|-----|-----|-----|----|
| | | | | 最小值 | 典型值 | 最大值 | |
| IDD _{RUN} | LP Active 模式下的功耗，CPU 从 Flash 取指，Coremark | f _{AHB} =614KHz (RCLF) PLL, RCHF off Flash 0 wait | TA=25℃ | | 125 | | uA |
| | | | TA=85℃ | | 150 | | |
| IDD _{RUN} | LP Active 模式下的功耗，CPU 从 Flash 取指，while(1) | f _{AHB} =614KHz (RCLF) PLL, RCHF off Flash 0 wait | TA=25℃ | | 120 | | uA |
| | | | TA=85℃ | | 140 | | |

表 2-2LP ACTIVE 电流参数

| 符号 | 参数说明 | 测试条件 | | 参数值 | | | 单位 |
|-----------------------|---------------------------------------|---|--------|-----|-----|-----|----|
| | | | | 最小值 | 典型值 | 最大值 | |
| IDD _{LPR UN} | LP RUN 模式下的功耗，CPU 从 Flash 取指，Coremark | f _{AHB} =32768Hz (XTLF) PLL, RCHF, RCLF off Flash 0 wait | TA=25℃ | | 29 | | uA |
| | | | TA=85℃ | | 32 | | |
| IDD _{LPR UN} | LP RUN 模式下的功耗，CPU 从 Flash 取指，while(1) | f _{AHB} =32768Hz (XTLF) PLL, RCHF, RCLF off Flash 0 wait | TA=25℃ | | 28 | | uA |
| | | | TA=85℃ | | 30 | | |

表 2-3LP RUN 电流参数



| 符号 | 参数说明 | 测试条件 | | 参数值 | | | 单位 |
|---------------------|------------|--|--------|-----|-----|-----|----|
| | | | | 最小值 | 典型值 | 最大值 | |
| I _{sleep1} | Sleep 模式电流 | BOR、SVD 关闭 RTC 使用 XTALF 走时 CPU、RAM、外设数据保持 LCD 显示使能，空载 | TA=25℃ | | 3 | 5 | uA |
| | | | TA=85℃ | | 7.5 | | |

表 2-4SLEEP 电流参数

| 符号 | 参数说明 | 测试条件 | | 参数值 | | | 单位 |
|---------------------|------------|---|--------|-----|-----|-----|----|
| | | | | 最小值 | 典型值 | 最大值 | |
| I _{sleep1} | Sleep 模式电流 | BOR、SVD 关闭 RTC 使用 XTALF 走时 CPU、RAM、外设数据保持 LCD 显示关闭 | TA=25℃ | | 1.2 | 2 | uA |
| | | | TA=85℃ | | 5.5 | | |

表 2-5DEEPSLEEP 电流参数

2.6 测试结果

测试配置：

- 1、开启 SLEEP 低功耗模式
- 2、使能 VREF1p2
- 3、以 BSTIM 作为唤醒源

实际测试结果为：

休眠状态的平均功耗为 5.5uA

唤醒后采样的结果为 34.8uA



版本信息

| 版本号 | 发布日期 | 更改说明 |
|-----|---------|------|
| 1.0 | 2022.01 | 首次发布 |



附录

芯片寄存器介绍

| 地址 | 名称 | 符号 |
|--------------------------------|--|----------------|
| PMU(模块起始地址: 0x40002000) | | |
| 0x00 | 低功耗控制寄存器 (Power Management Control Register) | PMU_CR |
| 0x04 | 唤醒时间控制寄存器 (Wakeup Time Register) | PMU_WKTR |
| 0x08 | 唤醒源标志查询寄存器 (Wakeup Source Flags Register) | PMU_WKFR |
| 0x0C | PMU 中断使能寄存器 (PMU Interrupt Enable Register) | PMU_IER |
| 0x10 | PMU 中断标志寄存器 (PMU Interrupt and Status Register) | PMU_ISR |
| 0x38 | ULPBG 调校寄存器 (ULPBG trim Register) | PMU_ULPB_TR |
| 0x3C | VREFP 控制寄存器 (VREFP Control Register) | PMU_VREFP_CR |
| 0x40 | VREFP 配置寄存器 (VREFP Config Register) | PMU_VREFP_CFGR |
| 0x44 | VREFP 状态标志寄存器 (VREFP Interrupt Status Register) | PMU_VREFP_ISR |
| 0x48 | VREFP 调校寄存器 (VREFP Trim Register) | PMU_VREFP_TR |

低功耗控制寄存器 (PMU_CR)

| 名称 | PMU_CR | | | | | | | |
|--------|--------|-------|-------|-------|---------|-------|-------------|---------------|
| offset | 0x00 | | | | | | | |
| 位 | Bit31 | Bit30 | Bit29 | Bit28 | Bit27 | Bit26 | Bit25 | Bit24 |
| 位名 | RFUI | - | | | | | | |
| 位权限 | R/W-0 | U-0 | | | | | | |
| 位 | Bit23 | Bit22 | Bit21 | Bit20 | Bit19 | Bit18 | Bit17 | Bit16 |
| 位名 | - | | | | LDO_LPM | | LDO15E N | LDO15E N_B |
| 位权限 | U-0 | | | | R/W-01 | | R/Dy-1 | R/Dy-0 |
| 位 | Bit15 | Bit14 | Bit13 | Bit12 | Bit11 | Bit10 | Bit9 | Bit8 |
| 位名 | - | | | | WKFSEL | | SLPDP | CVS |
| 位权限 | U-0 | | | | R/W-00 | | R/W-0 | R/W-0 |
| 位 | Bit7 | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 |
| 位名 | - | | | | RFUI | | PMOD | |



| | | | |
|-----|-----|--------|--------|
| 位权限 | U-0 | R/W-00 | R/W-00 |
|-----|-----|--------|--------|

| 位号 | 助记符 | 功能描述 |
|-------|------------------|--|
| 31 | RFUI | Dummy 寄存器 |
| 30:20 | -- | 未实现, 读为 0 |
| 19:18 | LDO_LPM | LDO 低功耗模式配置 00/01/11: 正常模式 10: LDO 进入低功耗模式 |
| 17 | LDO15EN | LDO15 使能标志位 1: LDO15 处于工作状态 0: LDO15 被关闭 |
| 16 | LDO15EN_B | LDO15 使能标志反码校验位 |
| 15:12 | -- | 未实现, 读为 0 |
| 11:10 | WKFSEL | Sleep/DeepSleep 唤醒后的系统频率 00: RCHF-8MHz 01: RCHF-16MHz 10: RCHF-24MHz 11: RFU |
| 9 | SLPDP | DeepSleep 控制寄存器 1: DeepSleep 模式使能, 下关闭基准电压源 0: 常规 Sleep 模式 在 Sleep 下, 如果置位了 SLPDP 位即为 DeepSleep 模式; 该位仅在 Sleep 下有效 |
| 8 | CVS | CoreVoltageScaling 配置 0: 低功耗模式下不使能内核电压调整 1: 低功耗模式下降低内核电压 该位仅在 Sleep/DeepSleep 模式下起作用 |
| 7:4 | -- | 未实现, 读为 0 |
| 3:2 | RFUI | Dummy 寄存器 |
| 1:0 | PMOD | 低功耗模式配置寄存器 00: Active mode / LP Active mode 01: LPRUN mode 10: Sleep mode / DeepSleep mode 11: RFU |

唤醒时间控制寄存器 (PMU_WKTR)

| 名称 | PMU_WKTR | | | | | | | |
|--------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| offset | 0x04 | | | | | | | |
| 位 | Bit31 | Bit30 | Bit29 | Bit28 | Bit27 | Bit26 | Bit25 | Bit24 |
| 位名 | - | | | | | | | |
| 位权限 | U-0 | | | | | | | |



| | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------------|--------|--------|-------|
| 位 | Bit23 | Bit22 | Bit21 | Bit20 | Bit19 | Bit18 | Bit17 | Bit16 |
| 位名 | - | | | | | | | |
| 位权限 | U-0 | | | | | | | |
| 位 | Bit15 | Bit14 | Bit13 | Bit12 | Bit11 | Bit10 | Bit9 | Bit8 |
| 位名 | - | | | | | | | |
| 位权限 | U-0 | | | | | | | |
| 位 | Bit7 | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 |
| 位名 | - | | | | VREFDL Y | STPCLR | T1a | |
| 位权限 | U-0 | | | | R/W-0 | R/W-0 | R/W-01 | |

| 位号 | 助记符 | 功能描述 |
|------|---------|---|
| 31:4 | -- | 未实现，读为 0 |
| 3 | VREFDLY | VREF 唤醒延迟功能 0: 唤醒事件到来后立即唤醒 MCU 1: 唤醒事件到来后启动 VREF1p2，并等待 VREF1p2 建立后再唤醒 MCU 注: 1) 此功能仅针对定时唤醒有效 2) 如果 VREF1p2 休眠时没有关闭，则此功能无效 |
| 2 | STPCLR | Flash Stop 唤醒控制 0: Stop 信号等待时钟建立后同步清零 1: Stop 信号异步清零 |
| 1:0 | T1a | 可编程额外唤醒延迟 ● 在 Sleep/DeepSleep 模式下，RCHF 时钟到来后，根据此寄存器配置等待额外延迟时间后，再读取 Flash 校验字 00: 0us 01: 2us 10: 4us 11: 8us |

唤醒源标志查询寄存器 (PMU_WKFR)

| 名称 | PMU_WKFR | | | | | | | |
|--------|------------|--------------|--------------|------------|------------|--------------|-------------|--------|
| offset | 0x08 | | | | | | | |
| 位 | Bit31 | Bit30 | Bit29 | Bit28 | Bit27 | Bit26 | Bit25 | Bit24 |
| 位名 | ADCW KF | UART1 WKF | UART0 WKF | RTCW KF | SVDW KF | LFDET WKF | VREF WKF | IOWKF |
| 权限 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 |
| | Bit23 | Bit22 | Bit21 | Bit20 | Bit19 | Bit18 | Bit17 | Bit16 |
| 位名 | I2CWK | LPU2W | LPU1W | LPU0W | -- | COMP | COMP | COMP1W |



| | | | | | | | | |
|----|--------------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|------------|------|
| | F | KF | KF | KF | | 3WKF | 2WKF | KF |
| 权限 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | U-0 | R-0 | R-0 | R-0 |
| | Bit15 | Bit14 | Bit13 | Bit12 | Bit11 | Bit10 | Bit9 | Bit8 |
| 位名 | -- | LPT32 WKF | LPT16 WKF | BST32 WKF | BST16 WKF | DBGW KF | WKPxF[9:8] | |
| 权限 | U-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R-0 | R/W-0 | R/W-00 | |
| 位 | Bit7 | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 |
| 位名 | WKPxF[7:0] | | | | | | | |
| 权限 | R/W-00000000 | | | | | | | |

| 位号 | 助记符 | 功能描述 |
|-----|-----------------|---------------------------------|
| 31 | ADCWKF | ADC中断唤醒标志，中断撤销时硬件自动清零 |
| 30 | UART1WKF | UART1接收下降沿异步唤醒标志，中断撤销时硬件自动清零 |
| 29 | UART0WKF | UART0接收下降沿异步唤醒标志，中断撤销时硬件自动清零 |
| 28 | RTCWKF | RTC中断唤醒标志，中断撤销时硬件自动清零 |
| 27 | SVDWKF | SVD中断唤醒标志，中断撤销时硬件自动清零 |
| 26 | LFDETWKF | 32768Hz晶体停振中断唤醒标志，中断撤销时硬件自动清零 |
| 25 | VREFWKF | VREF1P22基准源建立中断唤醒标志，中断撤销时硬件自动清零 |
| 24 | IOWKF | IO中断唤醒标志，中断撤销时硬件自动清零 |
| 23 | I2CWKF | I2C中断唤醒标志，中断撤销时硬件自动清零 |
| 22 | LPU2WKF | LPUART2中断唤醒标志，中断撤销时硬件自动清零 |
| 21 | LPU1WKF | LPUART1中断唤醒标志，中断撤销时硬件自动清零 |
| 20 | LPU0WKF | LPUART0中断唤醒标志，中断撤销时硬件自动清零 |
| 19 | -- | 未实现，读为0 |
| 18 | COMP3WKF | 比较器3中断唤醒标志，中断撤销时硬件自动清零 |
| 17 | COMP2WKF | 比较器2中断唤醒标志，中断撤销时硬件自动清零 |
| 16 | COMP1WKF | 比较器1中断唤醒标志，中断撤销时硬件自动清零 |
| 15 | -- | 未实现，读为0 |
| 14 | LPT32WKF | LPTIM32中断唤醒标志，中断撤销时硬件自动清零 |
| 13 | LPT16WKF | LPTIM16中断唤醒标志，中断撤销时硬件自动清零 |
| 12 | BST32WKF | BSTIM32中断唤醒标志，中断撤销时硬件自动清零 |
| 11 | BST16WKF | BSTIM16中断唤醒标志，中断撤销时硬件自动清零 |
| 10 | DBGWKF | CPU Debugger唤醒标志，软件写1清零 |
| 9:0 | WKPxF | NWKUPx Pin唤醒标志，软件写1清零 |

PMU 中断使能寄存器 (PMU_IER)

| 名称 | PMU_IER |
|--------|---------|
| offset | 0x0C |



| | | | | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|--------|
| 位 | Bit31 | Bit30 | Bit29 | Bit28 | Bit27 | Bit26 | Bit25 | Bit24 |
| 位名 | - | | | | | | | |
| 位权限 | U-0 | | | | | | | |
| 位 | Bit23 | Bit22 | Bit21 | Bit20 | Bit19 | Bit18 | Bit17 | Bit16 |
| 位名 | - | | | | | | | |
| 位权限 | U-0 | | | | | | | |
| 位 | Bit15 | Bit14 | Bit13 | Bit12 | Bit11 | Bit10 | Bit9 | Bit8 |
| 位名 | - | | | | | | | |
| 位权限 | U-0 | | | | | | | |
| 位 | Bit7 | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 |
| 位名 | - | | | | | LPACTIE | SLPEIE | LPREIE |
| 位权限 | U-0 | | | | | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 |

| 位号 | 助记符 | 功能描述 |
|------|----------------|---|
| 31:3 | -- | 未实现，读为 0 |
| 2 | LPACTIE | LPACTIVE 错误中断使能 1: 使能 LPACTIVE 错误中断 0: 禁止 LPACTIVE 错误中断 |
| 1 | SLPEIE | SLEEP 错误中断使能 1: 使能 SLEEP 错误中断 0: 禁止 SLEEP 错误中断 |
| 0 | LPREIE | LPRUN 错误中断使能 1: 使能 LPRUN 错误中断 0: 禁止 LPRUN 错误中断 |

PMU 中断标志寄存器 (PMU_ISR)

| 名称 | PMU_ISR | | | | | | | |
|--------|---------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|--------|
| offset | 0x10 | | | | | | | |
| 位 | Bit31 | Bit30 | Bit29 | Bit28 | Bit27 | Bit26 | Bit25 | Bit24 |
| 位名 | - | | | | | | | |
| 位权限 | U-0 | | | | | | | |
| 位 | Bit23 | Bit22 | Bit21 | Bit20 | Bit19 | Bit18 | Bit17 | Bit16 |
| 位名 | - | | | | | | | |
| 位权限 | U-0 | | | | | | | |
| 位 | Bit15 | Bit14 | Bit13 | Bit12 | Bit11 | Bit10 | Bit9 | Bit8 |
| 位名 | - | | | | | | | |
| 位权限 | U-0 | | | | | | | |
| 位 | Bit7 | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 |
| 位名 | - | | | | | LPACTIF | SLPEIF | LPREIF |
| 位权限 | U-0 | | | | | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 |



| 位号 | 助记符 | 功能描述 |
|------|---------|---|
| 31:3 | -- | 未实现，读为 0 |
| 2 | LPACTIF | LPACT 错误中断标志，硬件置位，软件写 1 清零 1: 置位 LDO15LPM 寄存器时，系统工作时钟为 RCHF 且大于 4Mhz，或系统时钟为 PLL、XTHF 0: 正常进入 LPACTIVE |
| 1 | SLPEIF | SLEEP 错误中断标志，硬件置位，软件写 1 清零 1: 在 PMOD=2'h2 后，CPU 执行 WFI/WFE 指令前置位了 SLEEPDEEP 寄存器时置位 0: 在 PMOD=2'h2 后，CPU 正确进入 SLEEP |
| 0 | LPREIF | LPRUN 错误中断标志，硬件置位，软件写 1 清零；软件进入 LPRUN 模式时如果触发了 LPREIF，则芯片仍将停留在 ACTIVE 模式 1: LPRUN Condition Error，即进入 LPRUN 时满足如下情况： 1) 系统时钟不是 LSCLK 或 RCLF，或 2) RCHF 使能未关闭 0: LPRUN 正常进入 |

ULPBG 调校寄存器 (PMU_ULPB_TR)

| 名称 | PMU_ULPB_TR | | | | | | | |
|--------|-------------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|-------|
| offset | 0x38 | | | | | | | |
| 位 | Bit31 | Bit30 | Bit29 | Bit28 | Bit27 | Bit26 | Bit25 | Bit24 |
| 位名 | - | | | | | | | |
| 位权限 | U-0 | | | | | | | |
| 位 | Bit23 | Bit22 | Bit21 | Bit20 | Bit19 | Bit18 | Bit17 | Bit16 |
| 位名 | - | | | | | | | |
| 位权限 | U-0 | | | | | | | |
| 位 | Bit15 | Bit14 | Bit13 | Bit12 | Bit11 | Bit10 | Bit9 | Bit8 |
| 位名 | - | | | | | | | |
| 位权限 | U-0 | | | | | | | |
| 位 | Bit7 | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 |
| 位名 | - | | | ULPBG_TRIM | | | | |
| 位权限 | U-0 | | | R/W-10000 | | | | |

| 位号 | 助记符 | 功能描述 |
|------|------------|---------------------------|
| 31:5 | -- | RFU: 未实现，读为 0 |
| 4:0 | ULPBG_TRIM | ULPBG 输出的 1.16V 基准电压调校寄存器 |



VREFP 控制寄存器 (PMU_VREFP_CR)

| 名称 | PMU_VREFP_CR | | | | | | | |
|--------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------------|--------|-------|
| offset | 0x3C | | | | | | | |
| 位 | Bit31 | Bit30 | Bit29 | Bit28 | Bit27 | Bit26 | Bit25 | Bit24 |
| 位名 | - | | | | | | | |
| 位权限 | U-0 | | | | | | | |
| 位 | Bit23 | Bit22 | Bit21 | Bit20 | Bit19 | Bit18 | Bit17 | Bit16 |
| 位名 | - | | | | | | | |
| 位权限 | U-0 | | | | | | | |
| 位 | Bit15 | Bit14 | Bit13 | Bit12 | Bit11 | Bit10 | Bit9 | Bit8 |
| 位名 | - | | | | | | | |
| 位权限 | U-0 | | | | | | | |
| 位 | Bit7 | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 |
| 位名 | - | | | | | DEND_I E | POV_IE | EN |
| 位权限 | U-0 | | | | | R/W-0 | R/W-0 | R/W-0 |

| 位号 | 助记符 | 功能描述 |
|------|---------|---|
| 31:3 | -- | RFU: 未实现, 读为 0 |
| 2 | DEND_IE | 驱动结束中断使能 (Driving end interrupt enable) 1: 允许 DEND 中断 0: 禁止 DEND 中断 |
| 1 | POV_IE | 间歇使能周期结束中断使能 (Periodic overflow interrupt enable) 1: 允许 POV 中断 0: 禁止 POV 中断 |
| 0 | EN | VREFP_VREG 使能寄存器 (enable) 0: 关闭并 bypass VREFP_VREG 1: 使能 VREFP_VREG |

VREFP 配置寄存器 (PMU_VREFP_CFGR)

| 名称 | PMU_VREFP_CFGR | | | | | | | |
|--------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| offset | 0x40 | | | | | | | |
| 位 | Bit31 | Bit30 | Bit29 | Bit28 | Bit27 | Bit26 | Bit25 | Bit24 |
| 位名 | - | | | | | | | |
| 位权限 | U-0 | | | | | | | |
| 位 | Bit23 | Bit22 | Bit21 | Bit20 | Bit19 | Bit18 | Bit17 | Bit16 |
| 位名 | - | | | | | | | |
| 位权限 | U-0 | | | | | | | |
| 位 | Bit15 | Bit14 | Bit13 | Bit12 | Bit11 | Bit10 | Bit9 | Bit8 |



| | | | | | | | | |
|-----|---------|------|------|---------|------|---------|------|------|
| 位名 | - | | | | | VRS | | |
| 位权限 | U-0 | | | | | R/W-000 | | |
| 位 | Bit7 | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 |
| 位名 | TPERIOD | | | TDRV | | LPM | | - |
| 位权限 | R/W-000 | | | R/W-000 | | R/W-0 | | U-0 |

| 位号 | 助记符 | 功能描述 |
|-------|---------|--|
| 31:10 | -- | RFU: 未实现, 读为 0 |
| 10:8 | VRS | 输出电压选择 (Voltage regulation select) 000: VREFP 输出 2.0V 001: VREFP 输出 2.5V 010: VREFP 输出 3.0V 011: VREFP 输出 4.5V 1xx: VREFP 输出 1.5V |
| 7:5 | TPERIOD | 间歇使能模式下的使能周期 (Time of Period) 000: 1ms 001: 4ms 010: 16ms 011: 32ms 100: 64ms 101: 256ms 110: 1s 111: 4s |
| 4:2 | TDRV | 间歇使能模式下的单次驱动时间 (Time of Driving) 000: $4 \cdot T_{LSCLK}$ 001: $8 \cdot T_{LSCLK}$ 010: $16 \cdot T_{LSCLK}$ 011: $32 \cdot T_{LSCLK}$ 100: $64 \cdot T_{LSCLK}$ 101: $128 \cdot T_{LSCLK}$ 110: $256 \cdot T_{LSCLK}$ 111: $512 \cdot T_{LSCLK}$ 注 1: 如果 TDRV 大于 TPERIOD, 则 VREFP_VREG 将保持常使能。 注 2: 如果 VREF1p2 被关闭, 则单次驱动时间不包含 VREF1p2 启动后的建立时间 |
| 1 | LPM | 间歇使能寄存器 (Low power mode) 0: 常使能模式 1: 间歇使能模式 |
| 0 | -- | RFU: 未实现, 读为 0 |



VREFP 状态标志寄存器 (PMU_VREFP_ISR)

| 名称 | PMU_VREFP_ISR | | | | | | | |
|--------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| offset | 0x44 | | | | | | | |
| 位 | Bit31 | Bit30 | Bit29 | Bit28 | Bit27 | Bit26 | Bit25 | Bit24 |
| 位名 | - | | | | | | | |
| 位权限 | U-0 | | | | | | | |
| 位 | Bit23 | Bit22 | Bit21 | Bit20 | Bit19 | Bit18 | Bit17 | Bit16 |
| 位名 | - | | | | | | | |
| 位权限 | U-0 | | | | | | | |
| 位 | Bit15 | Bit14 | Bit13 | Bit12 | Bit11 | Bit10 | Bit9 | Bit8 |
| 位名 | - | | | | | | | |
| 位权限 | U-0 | | | | | | | |
| 位 | Bit7 | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 |
| 位名 | - | | | | | BUSY | DEND | POV |
| 位权限 | U-0 | | | | | R-0 | R/W-0 | R/W-0 |

| 位号 | 助记符 | 功能描述 |
|------|------|---|
| 31:3 | -- | RFU: 未实现, 读为 0 |
| 2 | BUSY | 驱动标志, 只读 (Busy) 0: VREG 当前没有在驱动 1: VREG 正在驱动 |
| 1 | DEND | 驱动结束, 仅间歇使能模式下有效(Driving End) 每次驱动周期结束后硬件置位, 软件写 1 清零 当 DEND_IE 置位时, DEND 置位会触发中断。 |
| 0 | POV | 间歇使能周期溢出, 仅间歇使能模式下有效 (Periodic Overflow) 每个间歇使能周期结束后硬件置位, 软件写 1 清零 当 POV_IE 置位时, POV 置位会触发中断。 |

VREFP 调校寄存器 (PMU_VREFP_TR)

| 名称 | PMU_VREFP_TR | | | | | | | |
|--------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| offset | 0x48 | | | | | | | |
| 位 | Bit31 | Bit30 | Bit29 | Bit28 | Bit27 | Bit26 | Bit25 | Bit24 |
| 位名 | - | | | | | | | |
| 位权限 | U-0 | | | | | | | |
| 位 | Bit23 | Bit22 | Bit21 | Bit20 | Bit19 | Bit18 | Bit17 | Bit16 |
| 位名 | - | | | | | | | |
| 位权限 | U-0 | | | | | | | |
| 位 | Bit15 | Bit14 | Bit13 | Bit12 | Bit11 | Bit10 | Bit9 | Bit8 |
| 位名 | - | | | | | | | |



| | | | | | | | | |
|-----|---------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 位权限 | U-0 | | | | | | | |
| 位 | Bit7 | Bit6 | Bit5 | Bit4 | Bit3 | Bit2 | Bit1 | Bit0 |
| 位名 | TRIM | | | | | | | |
| 位权限 | R/W-1000 0000 | | | | | | | |

| 位号 | 助记符 | 功能描述 |
|------|------|---|
| 31:8 | -- | RFU: 未实现, 读为 0 |
| 7:0 | TRIM | VREFP 输出电压调校 (trimming) 每 LSB 对应步长 0.1%, 最多可以加 127steps 或者减 127steps, 对应调校范围-12.7% ~ +12.7% |

上海复旦微电子集团股份有限公司销售及服务网点

上海复旦微电子集团股份有限公司

地址: 上海市国泰路 127 号 4 号楼

邮编: 200433

电话: (86-021) 6565 5050

传真: (86-021) 6565 9115



上海复旦微电子（香港）股份有限公司

地址：香港九龙尖沙咀东嘉连威老道 98 号东海商业中心 5 楼 506 室

电话：(852) 2116 3288 2116 3338

传真：(852) 2116 0882

北京办事处

地址：北京市东城区东直门北小街青龙胡同 1 号歌华大厦 B 座 423 室

邮编：100007

电话：(86-10) 8418 6608

传真：(86-10) 8418 6211

深圳办事处

地址：深圳市华强北路 4002 号圣廷苑酒店世纪楼 1301 室

邮编：518028

电话：(86-0755) 8335 0911 8335 1011 8335 2011 8335 0611

传真：(86-0755) 8335 9011

台湾办事处

地址：台北市 114 内湖区内湖路一段 252 号 12 楼 1225 室

电话：(886-2) 7721 1889

传真：(886-2) 7722 3888

新加坡办事处

地址：237, Alexandra Road, #07-01, The Alexcior, Singapore 159929

电话：(65) 6472 3688

传真：(65) 6472 3669

北美办事处

地址：2490 W. Ray Road Suite#2 Chandler, AZ 85224 USA

电话：(480) 857-6500 ext 18

公司网址：<http://www.fmsh.com/>