

GigaDevice Semiconductor Inc.

GD32L233 深度睡眠模式 2 的使用说明

应用笔记

AN167

1.0 版本

(2023 年 9 月)

目录

目录	2
图索引	3
表索引	4
1. 前言	5
2. 使用说明	6
3. 代码配置	7
3.1. 深度睡眠模式 2 配置	7
3.2. 实验相关代码配置	7
3.2.1. 深度睡眠模式 1 配置	7
3.2.2. 按键唤醒配置	8
3.2.3. SRAM 区数据分散加载配置	9
3.2.4. 主程序代码	10
4. 实验	12
5. 版本历史	14

图索引

图 4-1. 4 种不同深度睡眠模式下的串口输出情况.....	13
---------------------------------	----

表索引

表 2-1. 深度睡眠模式 2 的配置状态描述	6
表 2-2. SRAM1 / COREOFF0 / COREOFF1 描述	6
表 5-1. 版本历史	14

1. 前言

在嵌入式系统应用开发中，常会遇到低功耗应用场景。GD32L233微控制器提供了10种省电模式，分别为运行模式，运行模式1，运行模式2，睡眠模式，睡眠模式1，睡眠模式2，深度睡眠模式，深度睡眠模式1，深度睡眠模式2和待机模式。为获得更低的睡眠功耗并保留一些现场关键数据，可选择GD32L233深度睡眠模式2作为休眠模式。系统进入到深度睡眠模式2后，将关闭1.1V域时钟、IRC16M、IRC48M、HXTAL及PLLs时钟，同时NPLDO关闭，LPLDO开启，SRAM0内容保存，COREOFF0 / SRAM1 / COREOFF1中的内容丢失。任何来自EXTI线的中断或事件都可以将系统从深度睡眠模式2唤醒。在退出深度睡眠模式2后，IRC16M被选中作为系统时钟。

该应用笔记讲述GD32L233深度睡眠模式2的应用配置及操作流程，以满足低功耗系统的应用需求。

该应用笔记使用的硬件资源为开发板 GD32L233R-EVAL-V1.0。

2. 使用说明

GD32L233 进入深度睡眠模式 2 后，SRAM1 默认处于掉电状态，可通过 PMU_CTL1 寄存器中的 SRAM1PD2 位控制 SRAM1 电源状态；CPU 寄存器默认处于保留状态，可通过 PMU_CTL1 寄存器中的 NRRD2 位控制 CPU 寄存器保留状态。具体见[表 2-1.深度睡眠模式 2 的配置状态描述](#)。

表 2-1.深度睡眠模式 2 的配置状态描述

位域名	位域描述
SRAM1PD2	进入深度睡眠模式 2 时，SRAM1 电源状态 0: SRAM1 掉电。 1: SRAM1 电源状态与运行/运行 1/运行模式 2 一样。 注意： 当从深度睡眠2模式唤醒时，SRAM1电源状态与进入深度睡眠2模式之前一致。
NRRD2	在深度睡眠 2 模式下没有保留寄存器值 0: CPU 寄存器值保留。 1: CPU寄存器值没有保留。

在进入深度睡眠模式 2 后，COREOFF0 / COREOFF1 域中的内容会丢失，因此在从深度睡眠模式 2 唤醒后，用户需重新进行相关外设配置。SRAM1 / COREOFF0 / COREOFF1 电源域描述见[表 2-2. SRAM1 / COREOFF0 / COREOFF1 描述](#)。

表 2-2. SRAM1 / COREOFF0 / COREOFF1 描述

电源域	电源域描述
SRAM1	SRAM1 (0x20004000~0x20007FFF) 可独立供电。SRAM1 在系统复位后默认是上电的。
COREOFF1	COREOFF1 域可单独断电。COREOFF1 域在系统复位后默认是断电的。在使用 COREOFF1 域中模块时需要将 COREOFF1 域上电。COREOFF1 电源域包含 CAU 模块。
COREOFF0	在进入深度睡眠模式 2 时，COREOFF0 电源域断电，在退出深度睡眠模式 2 时，COREOFF0 电源域上电。 COREOFF0 电源域包含以下模块： CPU / BUS / ADC / CMP / CRC / CTC / DAC / DMA / I2C0 / I2C1 / SLCD / TRNG / SPI0 / SPI1 / TIMER1 / TIMER2 / TIMER5 / TIMER6 / TIMER8 / TIMER11 / USART0 / USART1 / UART3 / UART4 / USB。

3. 代码配置

3.1. 深度睡眠模式 2 配置

代码中可通过定义宏 CPU_REGISTER_LOSE 去开启或关闭深度睡眠模式 2 下 CPU 寄存器保留功能；通过定义宏 SRAM1_POWER_OFF 去开启或关闭深度睡眠模式 2 下 SRAM1 掉电功能。

系统进入深度睡眠模式 2 的相关配置代码如下：

```
void system_enter_deepsleep2(void)
{
    rcu_periph_clock_enable(RCU_PMU);

    #if defined CPU_REGISTER_LOSE
        /* no retention cpu register in Deep-sleep 2 */
        pmu_deepsleep2_retention_disable();
    #else
        /* retention cpu register in Deep-sleep 2 */
        pmu_deepsleep2_retention_enable();
    #endif

    #if defined SRAM1_POWER_OFF
        /* SRAM1 power-off */
        pmu_deepsleep2_sram_power_config(PMU_SRAM1_POWER_OFF);
    #else
        /* SRAM1 power same as Run/Run1/Run2 mode */
        pmu_deepsleep2_sram_power_config(PMU_SRAM1_POWER_REMAIN);
    #endif

    /* PMU work in Deep-sleep2 mode */
    pmu_to_deepsleepmode(PMU_LDNPDSP_LOWDRIVE, WFI_CMD, PMU_DEEPSLEEP2);
}
```

3.2. 实验相关代码配置

3.2.1. 深度睡眠模式 1 配置

可通过宏 ENTER_DEEPSLEEP_MODE1 选择在按下 Tamper 按键后，系统是进入深度睡眠模式 1 还是深度睡眠模式 2。

系统进入深度睡眠模式 1 的相关配置代码如下：

```
void system_enter_deepsleep1(void)
```

```

{
    rcu_periph_clock_enable(RCU_PMU);
    /* PMU work in Deep-sleep1 mode */
    pmu_to_deepsleepmode(PMU_LDNPDSP_LOWDRIVE, WFI_CMD, PMU_DEEPSLEEP1);
}

```

3.2.2. 按键唤醒配置

使用两个按键，其中一个按键用于触发系统进入深度睡眠模式，另一个按键用于将系统从深度睡眠模式唤醒。系统上电后，LED1 闪烁。当按下 Tamper 按键后，系统进入深度睡眠模式，LED1 停止闪烁；按下 Wakeup 按键后，系统从深度睡眠模式唤醒，LED1 继续闪烁，LED2 翻转。

EXTI 唤醒相关配置如下：

1. 按键配置

```

static void wakeup_key_init(void)
{
    rcu_periph_clock_enable(RCU_GPIOA);
    rcu_periph_clock_enable(RCU_SYSCFG);
    /* wakeup key init */
    gpio_mode_set(GPIOA, GPIO_MODE_INPUT, GPIO_PUPD_NONE, GPIO_PIN_0);

    /* EXTI line 0 configuration */
    nvic_irq_enable(EXTI0_IRQn, 2);
    syscfg_exti_line_config(EXTI_SOURCE_GPIOA, EXTI_SOURCE_PIN0);
    exti_init(EXTI_0, EXTI_INTERRUPT, EXTI_TRIG_FALLING);
    exti_interrupt_flag_clear(EXTI_0);
}

static void tamper_key_init(void)
{
    rcu_periph_clock_enable(RCU_GPIOC);
    rcu_periph_clock_enable(RCU_SYSCFG);
    /* tamper key init */
    gpio_mode_set(GPIOC, GPIO_MODE_INPUT, GPIO_PUPD_NONE, GPIO_PIN_13);

    /* EXTI line 13 configuration */
    nvic_irq_enable(EXTI10_15_IRQn, 2);
    syscfg_exti_line_config(EXTI_SOURCE_GPIOC, EXTI_SOURCE_PIN13);
    exti_init(EXTI_13, EXTI_INTERRUPT, EXTI_TRIG_FALLING);
    exti_interrupt_flag_clear(EXTI_13);
}

```

2. 按键中断处理


```

void EXTI0_IRQHandler(void)
{
    if(SET == exti_interrupt_flag_get(EXTI_0)) {
        /* clear EXTI line 0 pending flag */
        exti_interrupt_flag_clear(EXTI_0);
    }
}

void EXTI10_15_IRQHandler(void)
{
    if(SET == exti_interrupt_flag_get(EXTI_13)) {
        /* clear EXTI line 13 pending flag */
        exti_interrupt_flag_clear(EXTI_13);
        enter_deepsleep_flag = 1;
    }
}

```

3.2.3. SRAM 区数据分散加载配置

为验证 SRAM0 / SRAM1 区深度睡眠模式下的数据保存功能，分别将两个数组加载到 SRAM0 区和 SRAM1 区。

SRAM 区分散加载配置如下：

1. 变量定义

```

uint8_t array_in_sram0[] __attribute__((section("SRAM0"))) = "GD32L233RC";
uint8_t array_in_sram1[] __attribute__((section("SRAM1"))) = "GIGADEVICE";

```

2. KEIL 环境中分散加载文件

```

LR_IROM1 0x08000000 0x00040000 { ; load region size_region
    ER_IROM1 0x08000000 0x00040000 { ; load address = execution address
        *.o (RESET, +First)
        *(InRoot$$Sections)
        .ANY (+RO)
        .ANY (+XO)
    }
    RW_IRAM1 0x20000000 0x00004000 { ; RW data
        .ANY (+RW +ZI)
        *.o(SRAM0)
    }
    RW_IRAM2 0x20004000 0x00008000 { ; RW data
        *.o(SRAM1)
    }
}

```

3.2.4. 主程序代码

实验使用的主程序代码如下，用户可以使用指定的宏来决定将使用哪种方法进入深度睡眠模式。

```

int main(void)
{
    systick_config();
    /* init LED1 and LED2*/
    gd_eval_led_init(LED1);
    gd_eval_led_init(LED2);
    /* configure wakeup key */
    wakeup_key_init();
    /* configure tamper key */
    tamper_key_init();
    /* init usart1 */
    usart1_init();
    printf("MCU reset!\r\n");
    while(1) {
        if(1U == enter_deepsleep_flag) {
            enter_deepsleep_flag = 0;
            system_staus = RUN_DEEPSLEEP1;
            /* enter deep-sleep mode */
#ifdef ENTER_DEEPSLEEP_MODE1
            printf("enter deepsleep mode 1\r\n");
            /* wait untill the data transmit finished */
            delay_1ms(10);
            system_enter_deepsleep1();
#else
            #if defined CPU_REGISTER_LOSE
            printf("enter deepsleep mode 2:cpu register lose\r\n");
            #else
            printf("enter deepsleep mode 2:cpu register retention\r\n");
            #endif
            printf("enter deepsleep mode 2\r\n");
            /* wait untill the data transmit finished */
            delay_1ms(10);
            system_enter_deepsleep2();
#endif
            exti_interrupt_disable(EXTI_13);
            /* toggle LED2 status */
            gd_eval_led_toggle(LED2);
        }

        if((0U == enter_deepsleep_flag) && (RUN_DEEPSLEEP1 == system_staus)) {

```

```
#if defined ENTER_DEEPSLEEP_MODE1
    printf("sram0:%s\r\n", array_in_sram0);
    printf("sram1:%s\r\n", array_in_sram1);
#else
    /* reconfig usart due to usart1 peripheral power off in deepsleep2 */
    usart1_init();
#endif
#if defined SRAM1_POWER_OFF
    printf("sram1 power off in deepsleepmode 2:\r\n");
    printf("sram0:%s\r\n", array_in_sram0);
    printf("sram1:%s\r\n", array_in_sram1);
#else
    printf("sram1 power on in deepsleepmode 2:\r\n");
    printf("sram0:%s\r\n", array_in_sram0);
    printf("sram1:%s\r\n", array_in_sram1);
#endif
#endif

    system_staus = RUN_NORMAL;
    exti_interrupt_enable(EXTI_13);
}
}
```

注意：USART1 属于 COREOFF0 电源域，在进入深度睡眠模式 2 后会掉电，因此在退出深度睡眠模式 2 后需重新配置 USART1。

4. 实验

实验使用的主程序代码如下，用户可以使用指定的宏来决定将使用哪种模式去进入深度睡眠模式。实验现象具体如下。

配置宏组合如下：

1. 系统复位后，LED1 快速闪烁，LED2 熄灭。当 Tamper 按键按下时，系统进入深度睡眠模式 1，LED1 停止闪烁。当按下 Wakeup 按键后，系统从深度深面模式 1 唤醒，LED1 慢速闪烁，LED2 点亮。SRAM0 与 SRAM1 中数据不丢失。宏配置如下：

```
#define ENTER_DEEPSLEEP_MODE1
#ifndef ENTER_DEEPSLEEP_MODE1
#define ENTER_DEEPSLEEP_MODE2
// #define CPU_REGISTER_LOSE
// #define SRAM1_POWER_OFF
#endif
```

2. 系统复位后，LED1 快速闪烁，LED2 熄灭。当 Tamper 按键按下时，系统进入深度睡眠模式 2，LED1 停止闪烁。当按下 Wakeup 按键后，系统从深度深面模式 2 唤醒，LED1 慢速闪烁，LED2 点亮。SRAM0 与 SRAM1 中数据不丢失。宏配置如下：

```
//#define ENTER_DEEPSLEEP_MODE1
#ifndef ENTER_DEEPSLEEP_MODE1
#define ENTER_DEEPSLEEP_MODE2
// #define CPU_REGISTER_LOSE
// #define SRAM1_POWER_OFF
#endif
```

3. 系统复位后，LED1 快速闪烁，LED2 熄灭。当 Tamper 按键按下时，系统进入深度睡眠模式 2，LED1 停止闪烁。当按下 Wakeup 按键后，系统从深度深面模式 2 唤醒，LED1 慢速闪烁，LED2 点亮。SRAM0 中数据不丢失，SRAM1 中数据丢失。宏配置如下：

```
//#define ENTER_DEEPSLEEP_MODE1
#ifndef ENTER_DEEPSLEEP_MODE1
#define ENTER_DEEPSLEEP_MODE2
// #define CPU_REGISTER_LOSE
#define SRAM1_POWER_OFF
#endif
```

4. 系统复位后，LED1 快速闪烁，LED2 熄灭。当 Tamper 按键按下时，系统进入深度睡眠模式 2，LED1 停止闪烁。当按下 Wakeup 按键后，系统从深度深面模式 2 唤醒并产生复位。LED1 快速闪烁，LED2 熄灭。宏配置如下：

```
//#define ENTER_DEEPSLEEP_MODE1
#ifndef ENTER_DEEPSLEEP_MODE1
#define ENTER_DEEPSLEEP_MODE2
#define CPU_REGISTER_LOSE
// #define SRAM1_POWER_OFF
```

```
#endif
```

以上 4 中配置，可通过串口查看 SRAM 数据保存状态及 CPU 运行状态，参考 [图 4-1.4 种不同深度睡眠模式下的串口输出情况](#)。

当系统从深度睡眠模式 1 唤醒后，SRAM0 / SRAM1 种的数据均保存。在使能 CPU 寄存器保持功能且 SRAM1 深度睡眠模式 2 下处于上电状态情况下，当系统从深度睡眠模式 2 唤醒后，SRAM0 / SRAM1 数据均保存。在使能 CPU 寄存器保持功能且 SRAM1 深度睡眠模式 2 下处于下电状态情况下，当系统从深度睡眠模式 2 唤醒后，SRAM0 数据保存，SRAM1 中数据丢失（串口输出乱码）。在禁能 CPU 寄存器保持功能时，当系统从深度睡眠模式 2 唤醒后将产生系统复位。

图 4-1.4 种不同深度睡眠模式下的串口输出情况

```
MCU reset!
enter deepsleep mode 1
sram0:GD32L233RC
sram1:GIGADEVICE
MCU reset!
enter deepsleep mode 2:cpu register retention
sram1 power on in deepsleep mode 2:
sram0:GD32L233RC
sram1:GIGADEVICE
MCU reset!
enter deepsleep mode 2:cpu register retention
sram1 power off in deepsleep mode 2:
sram0:GD32L233RC
sram1:遛鹼菟謹訢
MCU reset!
enter deepsleep mode 2:cpu register lose
MCU reset!
```

5. 版本历史

表 5-1. 版本历史

版本号.	说明	日期
1.0	首次发布	2023 年 9 月 25 日

Important Notice

This document is the property of GigaDevice Semiconductor Inc. and its subsidiaries (the "Company"). This document, including any product of the Company described in this document (the "Product"), is owned by the Company under the intellectual property laws and treaties of the People's Republic of China and other jurisdictions worldwide. The Company reserves all rights under such laws and treaties and does not grant any license under its patents, copyrights, trademarks, or other intellectual property rights. The names and brands of third party referred thereto (if any) are the property of their respective owner and referred to for identification purposes only.

The Company makes no warranty of any kind, express or implied, with regard to this document or any Product, including, but not limited to, the implied warranties of merchantability and fitness for a particular purpose. The Company does not assume any liability arising out of the application or use of any Product described in this document. Any information provided in this document is provided only for reference purposes. It is the responsibility of the user of this document to properly design, program, and test the functionality and safety of any application made of this information and any resulting product. Except for customized products which has been expressly identified in the applicable agreement, the Products are designed, developed, and/or manufactured for ordinary business, industrial, personal, and/or household applications only. The Products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems designed or intended for the operation of weapons, weapons systems, nuclear installations, atomic energy control instruments, combustion control instruments, airplane or spaceship instruments, transportation instruments, traffic signal instruments, life-support devices or systems, other medical devices or systems (including resuscitation equipment and surgical implants), pollution control or hazardous substances management, or other uses where the failure of the device or Product could cause personal injury, death, property or environmental damage ("Unintended Uses"). Customers shall take any and all actions to ensure using and selling the Products in accordance with the applicable laws and regulations. The Company is not liable, in whole or in part, and customers shall and hereby do release the Company as well as its suppliers and/or distributors from any claim, damage, or other liability arising from or related to all Unintended Uses of the Products. Customers shall indemnify and hold the Company as well as its suppliers and/or distributors harmless from and against all claims, costs, damages, and other liabilities, including claims for personal injury or death, arising from or related to any Unintended Uses of the Products.

Information in this document is provided solely in connection with the Products. The Company reserves the right to make changes, corrections, modifications or improvements to this document and Products and services described herein at any time, without notice.