

GigaDevice Semiconductor Inc.

GD32M531 软件开发指南

应用笔记

AN317

1.0 版本

(2026 年 3 月)

目录

目录	2
图索引	3
表索引	4
1. 简介	5
2. 模块使用说明	6
2.1. 系统及存储架构 (SYSTEM)	6
2.1.1. Boot 方式选择和配置	6
2.1.2. SYSCFG 模块注意事项	6
2.2. 电源管理单元 (PMU)	6
2.2.1. PMU 使用 LVD1 和 LVD2 的注意事项	6
2.3. 复位和时钟单元 (RCU)	7
2.3.1. RCU 模块使用注意事项	7
2.4. 中断/事件控制器 (EXTI)	7
2.4.1. PN2 的 EXTI 使用	7
2.5. 通用定时器 (GPTIMER)	8
2.5.1. 寄存器写保护	8
2.6. 循环冗余校验计算单元 (CRC)	8
2.7. 温度传感器通道	9
2.7.1. 外设配置	9
2.7.2. 示例	10
2.8. 端口输出控制器 (POC)	11
2.8.1. POC 使用注意事项	11
2.9. GPTIMER 输出控制器 (GTOC)	12
2.9.1. GTOC 使用注意事项	12
2.10. 空间矢量脉宽调制 (SVPWM)	13
2.10.1. SVPWM 使用注意事项	13
2.11. 调试 (DBG)	14
3. 版本历史	15

图索引

图 2-1. 串口输出	11
-------------------	----

表索引

表 1-1. 适用产品	5
表 2-1. 启动模式	6
表 2-2. PN2 连接 EXTIO 配置举例	7
表 2-3. PN2 连接 EXTI24 配置举例	7
表 2-4. CRC-32 计算过程	8
表 2-5. 变量和宏定义	10
表 2-6. RCU 外设配置	10
表 2-7. ADC 外设配置	10
表 2-8. 主函数示例	10
表 2-9. POC 输入配置举例	12
表 2-10. GTOC 配置举例	12
表 2-11. SVPWM 输入数据配置举例	13
表 2-12. SVPWM 数据计算举例	13
表 3-1. 版本历史	15

1. 简介

本应用笔记专为 GD32M531 系列 MCU 编写，旨在对该系列芯片的外设资源进行功能示例和使用注意事项说明，帮助用户快速掌握 GD32M531 系列 MCU 的软件开发方法与实践。本文档适用型号参考[表 1-1. 适用产品](#)。

表 1-1. 适用产品

产品系列	型号
GD32M531	GD32M531 系列

注意：本应用手册仅作参考，若与用户手册或数据手册内容有冲突，以用户手册或数据手册为准。

2. 模块使用说明

2.1. 系统及存储架构（SYSTEM）

2.1.1. Boot 方式选择和配置

GD32M531 器件提供了两种启动源，可以通过 BOOT-PN6 选择。具体细节如下表所示。两个引脚上的值在复位后的第 4 个 CK_SYS 上升沿上被锁定。用户需要在上电复位或系统复位后设置 BOOT-PN6 引脚以选择所需的启动源。一旦引脚被采样，将会被释放并可以用于其他用途。

表 2-1. 启动模式

引导源选择	引导模式选择引脚
	BOOT-PN6
System Memory	0
Main Flash Memory	1

上电序列或系统复位后，Arm® Cortex®-M33 处理器依次从地址 0x0000 0000 获取栈顶值，从 0x0000 0004 获取启动代码的基地址。然后，它开始从启动代码的基地址执行代码。

根据选定的启动源，主 Flash（从 0x0800 0000 开始的存储空间）或系统存储器（从 0x1FFF E000 开始的存储空间）被映射到起始地址为 0x0000 0000 的启动内存空间。

2.1.2. SYSCFG 模块注意事项

MCU 复位之后，RCC 模块跟 PMU 模块的寄存器是被保护的无法修改，必须先通过 SYSCFG 模块的 SYSCFG_PRCFG 寄存器解保护之后才能修改，解锁过程如下：

- 1、向 SYSCFG_PRCFG 寄存器的 PRKEY[7:0]位写入密钥(0xA5)，解锁 PRCFG0、PRCFG1、PRCFG2 寄存器；
- 2、使用 PRCFG0/1/2 设置写使能；
- 3、配置 PMU 或 RCU 寄存器。

PRCFG0/1/2 对应的 PMU 和 RCU 模块寄存器可参考用户手册 SYSCFG_PRCFG 寄存器。

2.2. 电源管理单元（PMU）

2.2.1. PMU 使用 LVD1 和 LVD2 的注意事项

LVD1 用于检测 VDD / VDDA 供电电压是否低于或高于由 PMU_LVD1CTL 中 LVD1T[3:0]位配置的检测阈值。LVD2 用于检测 VDD / VDDA 供电电压是否低于或高于由 PMU_LVD2CTL 中 LVD2T[3:0]位配置的检测阈值。在配置 LVD1 和 LVD2 之前，必须先置位 SYSCFG_PRCFG 寄存器中的 PRCFG2 位，以使能 PMU_LVD1CTL 和 PMU_LVD2CTL 寄存器的写使能。

2.3. 复位和时钟单元（RCU）

2.3.1. RCU 模块使用注意事项

使能 HXTAL 时钟监视器功能后，如果出现 HXTAL 时钟丢失，默认会产生 NMI。如果不需要产生 NMI 时，则需要调用 `syscfg_interrupt_disable`（`SYSCFG_HXTAL_NIMIE`）来关闭。

2.4. 中断/事件控制器（EXTI）

2.4.1. PN2 的 EXTI 使用

1. PN2 可以连接到 EXTI0 触发中断和事件，按普通 EXTI 管脚配置流程配置即可。

表 2-2. PN2 连接 EXTI0 配置举例

```
/* enable the GPION clock */
rcu_periph_clock_enable(RCU_GPION);
rcu_periph_clock_enable(RCU_SYSCFG);
...
/* configure PN2 pin as input */
gpio_mode_set(GPION, GPIO_MODE_INPUT, GPIO_PUPD_NONE, GPIO_PIN_2);
...
/* enable and set pin EXTI interrupt to the lowest priority */
nvic_irq_enable(EXTI0_IRQn, 2U, 0U);
...
/* connect EXTI line to GPION2 pin */
syscfg_exti_line_config(EXTI_SOURCE_EXTI0_PN2);
...
/* configure EXTI line */
exti_init(EXTI_0, EXTI_INTERRUPT, EXTI_TRIG_FALLING);
exti_interrupt_flag_clear(EXTI_0);
```

2. PN2 也可以连接到 EXTI24 触发 NMI 中断，配置需要先在 SYSCFG 使能 PIN_NMIIE，再按正常流程配置为 EXTI24 使用。

表 2-3. PN2 连接 EXTI24 配置举例

```
/* enable the GPION clock */
rcu_periph_clock_enable(RCU_GPION);
rcu_periph_clock_enable(RCU_SYSCFG);
...
/* configure PN2 pin as input */
gpio_mode_set(GPION, GPIO_MODE_INPUT, GPIO_PUPD_NONE, GPIO_PIN_2);
...
/*enable PIN_NMIIE in SYSCFG first (required for EXTI24 NMI) */
```

```

syscfg_interrupt_enable(SYSCFG_INT_NMI_PIN);
...
/* configure EXTI24 line with falling edge trigger for NMI interrupt */
exti_init(EXTI_24, EXTI_INTERRUPT, EXTI_TRIG_FALLING);
exti_interrupt_flag_clear(EXTI_24);

```

2.5. 通用定时器（GPTIMER）

2.5.1. 寄存器写保护

为了防止误写寄存器，所有寄存器都具有写保护功能，这是通过 GPTIMERx_WP 寄存器实现的。三个寄存器 GPTIMERx_SWEN、GPTIMERx_SWDIS 和 GPTIMERx_SWRST 具有独立的位 SWEWPEN、SWDWPEN 和 SWRWPEN 用于写保护。所有其他寄存器都由 WPEN 位进行写保护。

若要更改是否使能写保护，需要将指定的序列“0xA5”写入 WPKEY[15:8]位域。

2.6. 循环冗余校验计算单元（CRC）

循环冗余校验码是一种用在数字网络和存储设备上的差错校验码，可以校验原始数据的偶然误差。CRC 计算单元能用用户配置的多项式来计算 7 / 8 / 16 / 32 位的 CRC 校验码。

在众多的应用中，基于 CRC 的技术还常用来验证数据传输或存储的完整性。根据 EN/IEC 60335-1 标准的规定，这些技术提供了验证 Flash 完整性的方法。CRC 计算单元有助于在运行期间计算软件的签名，并将该签名与链接时生成并存储在指定存储单元的参考签名加以比较。

注意：CRC_FDATA 是 8 位独立数据寄存器，不参与 CRC 计算。

下面以标准 CRC-32 多项式 0x04C11DB7 为例来展示计算过程：

- 多项式（省略最高位）：poly = 0x04C11DB7
- 宽度：32 bit
- 初始 CRC：0x00000000

每来 1 个输入 bit（MSB 先行），做如下步骤：

- top = (crc >> 31) & 1 // 取最高位
- feedback = top ^ b // 决定是否“减去”多项式
- crc = (crc << 1) & 0xFFFFFFFF // 左移一位
- 若 feedback == 1: crc ^= poly

假如输入比特流为 1, 0, 1, 1，如下表格：

表 2-4. CRC-32 计算过程

步骤	输入 bit	旧 CRC	MSB(top)	feedback = top ⊕ b	左移后 CRC	feedback=1 时 XOR 0x04C11DB7	新 CRC

初始	-	00000000	-	-	-	-	00000000
1	1	00000000	0	1	00000000	00000000 ⊕ 04C11DB7	04C11DB7
2	0	04C11DB7	0	0	09823B6E	-	09823B6E
3	1	09823B6E	0	1	130476DC	130476DC ⊕ 04C11DB7	17C56B6B
4	1	17C56B6B	0	1	2F8AD6D6	2F8AD6D6 ⊕ 04C11DB7	2B4BCB61

最终 CRC 结果是：0x2B4BCB61

2.7. 温度传感器通道

2.7.1. 外设配置

只有ADC2有内部温度传感器通道。

GP1TEMP位在Group_pri1单次扫描模式中选择内部温度传感器通道的A/D转换。

GPxTEMP位在多组扫描模式中选择相应组（Group_pri1/pri2/pri3/pri4）的内部温度传感器通道的A/D转换，优先级可以在ADC_CHPRI0/1中设置。

使用ADC_SAMPR1寄存器中的SPTTEMP[7:0]位设置采样时间。如果使用了辅助断开检测功能（CHRSEL[4:0]≠5'b00000），在温度传感器通道的A/D转换期间，采样在放电完成后开始，放电周期CHRSEL[4:0]自动固定为5'b11111。在转换完成以后，CHRSEL[4:0]自动恢复到之前设置的值。

内部温度传感器可以用来测量设备环境温度。传感器输出电压可通过ADC转换为数字值。建议将温度传感器的采样时间设置为至少 $ts_temp \mu s$ （具体值请参考数据手册）。

使用步骤：

- (1) 在ADC_CHSEL0/1寄存器中配置GPxTEMP位，并通过ADC_SAMPR1寄存器中的SPTTEMP[7:0]位设置通道的采样时间（ $ts_temp \mu s$ ）。
- (2) 通过触发器启动ADC转换。
- (3) 从ADC_TEMPDATA寄存器中读取温度数据($V_{temperature}$)，并使用以下公式计算温度：

$$\text{温度 (}^{\circ}\text{C)} = \frac{(V_{temperature} - V_{-40}) * (-40 - 105)}{V_{-40} - V_{105}} - 40 \quad (2-1)$$

V_{-40} ：内部温度传感器在-40℃时的输出电压，典型值和工厂校准值地址请参考数据手册(TS_CAL1)；

V₁₀₅: 内部温度传感器在105℃时的输出电压，典型值和工厂校准值地址请参考数据手册(TS_CAL2):

2.7.2. 示例

表 2-5. 变量和宏定义

```

/* address of the -40 degrees Celsius calibration value */
#define TEMPERATURE_TS_CAL_N40          (0x1FFFF7F8)
/* address of the 105 degrees Celsius calibration value */
#define TEMPERATURE_TS_CAL2_105        (0x1FFFF7FA)
/* temperature variable, unit: degrees Celsius */
__IO float temperature;
    
```

表 2-6. RCU 外设配置

```

/* enable ADC clock */
rcu_periph_clock_enable(RCU_ADC2);
/* config ADC clock */
rcu_adc_clock_config(RCU_CK_ADCPRE_PCLK2, RCU_CK_ADCPRE_DIV6);
    
```

表 2-7. ADC 外设配置

```

/* reset ADC */
adc_deinit(ADC2);
/* configure ADC data alignment */
adc_data_alignment_config(ADC2, ADC_DATAALIGN_RIGHT);
/* configure ADC resolution */
adc_resolution_config(ADC2, ADC_RESOLUTION_12B);
/* configure the ADC scan mode */
adc_group_scan_mode_config(ADC2, ADC_GROUP_PRI1_SCAN_ONCE);
/* deselect ADC group channel */
adc_group_channel_deselect(ADC2, ADC_GROUP_PRI1, ADC_CHANNEL_ALL);
/* select ADC channel */
adc_group_channel_config(ADC2, ADC_GROUP_PRI1, ADC_CHANNEL_TEMPERATURE, 0xFF);
/* enable ADC synchronous trigger */
adc_group_external_trigger_disable(ADC2, ADC_GROUP_PRI1);
/* enable ADC interface */
adc_enable(ADC2);
    
```

表 2-8. 主函数示例

```

/* calibration voltage at -40 degrees, unit: volts */
float V_n40 = 0;
/* calibration voltage at 105 degrees, unit: volts */
float V_105 = 0;
/* peripheral clocks configuration */
rcu_config();
/* configure systick */
    
```

```
systick_config();
/* ADC configuration */
adc_config();
/* UART configuration */
gd_eval_com_init(EVAL_COM);
/* obtain the chip calibration value. */
V_n40 = REG16(TEMPERATURE_TS_CAL_N40)* 5.0f / 4095;
V_105 = REG16(TEMPERATURE_TS_CAL2_105)* 5.0f / 4095;
while(1) {
    /* ADC software trigger enable */
    adc_group_software_trigger_enable(ADC2, ADC_GROUP_PRI1);
    /* delay a time in milliseconds */
    delay_1ms(2000);
    /* value convert */
    temperature = (adc_channel_data_read(ADC2, ADC_CHANNEL_TEMPERATURE) * 5.0f /
4095 - V_n40) * (-40-105) / (V_n40 - V_105) - 40;
    /* value print */
    printf(" the temperature data is %2.0f degrees Celsius\r\n", temperature);
    printf("\r\n");
}
```

将开发板连接到电脑，使用串口助手可以接收到温度传感器例程打印信息，如 [图 2-1. 串口输出](#) 所示：

图 2-1. 串口输出

```
the temperature data is 27 degrees Celsius
the reference voltage data is 1.188V

the temperature data is 29 degrees Celsius
the reference voltage data is 1.193V
```

2.8. 端口输出控制器（POC）

2.8.1. POC 使用注意事项

GD32M531 系列的 POC 模块的注意事项如下：

（1）POC 寄存器位属性

由于 POC 模块是用于控制 TIMER 和 GPTIMER 通道引脚输出，因此，出于系统的可靠性和安全性考虑，POC 模块的许多寄存器位具有 `rwo` 属性，即在复位后只能写入一次。这就导致在初始化 POC 配置时，需要注意库函数的调用顺序，防止 `rwo` 属性的寄存器位被误写入，而无法二次修改。

例如，`poc_input_dreq_status_config` 函数需要放在 `poc_input_polarity_config` 函数和

poc_interrupt_enable / poc_interrupt_disable 函数前。

表 2-9. POC 输入配置举例

```

/* configure POC_IN5 disabling request status */
poc_input_dreq_status_config(POC_IN5, POC_INn_DREQ_ENABLE);
...
/* configure POC_IN5 input polarity */
poc_input_polarity_config(POC_IN5, POC_INPUT_POLARITY_NONINVERTED);
...
/* enable/disable POC_IN5 input detection interrupt */
poc_interrupt_enable(POC_INT_IN5);/ poc_interrupt_disable(POC_INT_IN5);

```

(2) POC 输入中断标志位

在进行 POC 引脚输入检测的软件配置时，先配置 POC 检测相关功能，再配置 POC 引脚为对应的 GPIO 复用功能。否则，POC 输入中断标志位可能会被置起。

如果未按上述顺序配置，则需要先配置 POC 模块，再去配置 TIMER/GPTIMER 模块，并且在 POC 模块配置的最后清除相应的输入中断标志位，防止对 TIMER/GPTIMER 通道引脚输出产生影响。

在电平检测模式中，如果需要清除对应 POC 输入的输入中断标志位，需要外部引脚为无效电平，否则，无法清除。

2.9. GPTIMER 输出控制器 (GTOC)

2.9.1. GTOC 使用注意事项

GD32M531 系列的 GTOC 模块的注意事项如下：

(1) GTOC 寄存器位属性

由于 GTOC 模块是用于控制 GPTIMER 通道输出，因此，出于系统的可靠性和安全性考虑，GTOC 模块的许多寄存器位具有 **rwo** 属性，即在复位后只能写入一次。这就导致在初始化 GTOC 配置时，需要注意库函数的调用顺序，防止 **rwo** 属性的寄存器位被误写入，而无法二次修改。

例如，gtoc_output_closing_request_enable 函数需要放在 gtoc_interrupt_flag_clear / gtoc_flag_clear 函数前。

表 2-10. GTOC 配置举例

```

/* enable GTOC0 output closing request */
gtoc_output_closing_request_enable(GTOC0, GTOC_OCR_SOURCE_GTOCPIN);
...
/* clear GTOC0 flag */
gtoc_interrupt_flag_clear(GTOC0, GTOC_INT_FLAG_INIF); / gtoc_flag_clear(GTOC0,
GTOC_FLAG_INIF);

```

(2) GTOC 输入检测

在电平输入检测模式中，当配置为低电平有效时，必须配置相关 GPIO 的 AF 功能，且 AF 的配置一定要放在 GTOC 输入检测使能之前，如果不配置，则会一直产生请求，因为在不配置 AF 功能时，GTOCx_IN 输入一直为低。

当 GTOC 的外部输入引脚配置为低电平检测时，在数字滤波功能采样频率很低的情况下（ $f_{HCLK}/512$ ），配置完成后 INIF 标志会置位。为了避免此情况发生，GTOC 引脚输入检测的软件配置流程建议如下：

1. 配置GTOC引脚为对应的GPIO复用功能。
2. 配置GTOCx_CFG (x=0...3) 寄存器中的输入极性位INPL。
3. 配置GTOCx_CFG (x=0...3) 寄存器中的检测模式位INDM。
4. 如果用到数字滤波器功能，配置GTOCx_CFG (x=0...3) 寄存器中的DFSNUM[1:0]位，DFSCDIV[3:0]位和使能位DFEN。
5. 配置GTOCx_CFG (x=0...3) 寄存器中的检测使能位INDEN。

此外，在电平检测模式中，如果需要清除中断标志位 INIF，需要外部引脚为无效电平，否则，无法清除。

2.10. 空间矢量脉宽调制 (SVPWM)

2.10.1. SVPWM 使用注意事项

svpwm 模块的输入数据是 IEEE 32 位单精度浮点格式。SVPWM_UALPHA、SVPWM_UBETA 寄存器用于配置输入数据。

可以通过设置 SVPWM_CAR 寄存器来配置 PWM 周期的数量。svpwm 模块的输出数据是 16 位无符号数。

表 2-11. SVPWM 输入数据配置举例

```
/* Define sin_data and cos_data as floating-point variables, and define hardware_ta, hardware_tb, and hardware_tc as uint16_t variables. */
float sin_data, cos_data;
uint16_t hardware_ta, hardware_tb, hardware_tc;
```

表 2-12. SVPWM 数据计算举例

```
for(i = 0 ; i < 200; i++) {
    sin_data = 0.5 * sin((float)i / 200.0f * 2 * 3.1415926f);
    cos_data = 0.5 * cos((float)i / 200.0f * 2 * 3.1415926f);
    svpwm_alpha_beta_write(sin_data, cos_data);
    svpwm_enable();
    while(SET != svpwm_flag_get(SVPWM_FLAG_OSF));
    svpwm_ta_tb_tc_read(&hardware_ta, &hardware_tb, &hardware_tc);
    hardware_sector = (SECTOR)svpwm_sector_read();
}
```

2.11. 调试 (DBG)

具体内容参见 [《AN245 GD32M531xx GD-Link 单线调试说明》](#)。

3. 版本历史

表 3-1. 版本历史

版本号.	说明	日期
1.0	首次发布	2026 年 3 月 4 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 according to the laws of the People's Republic of China and other applicable laws. The Company reserves all rights under such laws and no Intellectual Property Rights are transferred (either wholly or partially) or licensed by the Company (either expressly or impliedly) herein. 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.

To the maximum extent permitted by applicable law, the Company makes no representations or warranties of any kind, express or implied, with regard to the merchantability and the fitness for a particular purpose of the Product, nor does the Company assume any liability arising out of the application or use of any Product. Any information provided in this document is provided only for reference purposes. It is the sole responsibility of the user of this document to determine whether the Product is suitable and fit for its applications and products planned, and properly design, program, and test the functionality and safety of its applications and products planned using the Product. The Product is designed, developed, and/or manufactured for ordinary business, industrial, personal, and/or household applications only, and the Product is not designed or intended for use in (i) safety critical applications such as weapons systems, nuclear facilities, atomic energy controller, combustion controller, aeronautic or aerospace applications, traffic signal instruments, pollution control or hazardous substance management; (ii) life-support systems, other medical equipment or systems (including life support equipment and surgical implants); (iii) automotive applications or environments, including but not limited to applications for active and passive safety of automobiles (regardless of front market or aftermarket), for example, EPS, braking, ADAS (camera/fusion), EMS, TCU, BMS, BSG, TPMS, Airbag, Suspension, DMS, ICMS, Domain, ESC, DCDC, e-clutch, advanced-lighting, etc.. Automobile herein means a vehicle propelled by a self-contained motor, engine or the like, such as, without limitation, cars, trucks, motorcycles, electric cars, and other transportation devices; and/or (iv) other uses where the failure of the device or the Product can reasonably be expected to result in personal injury, death, or severe property or environmental damage (collectively "Unintended Uses"). Customers shall take any and all actions to ensure the Product meets the applicable laws and regulations. The Company is not liable for, in whole or in part, and customers shall hereby 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 Product. Customers shall indemnify and hold the Company, and its officers, employees, subsidiaries, affiliates 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 Product.

Information in this document is provided solely in connection with the Product. The Company reserves the right to make changes, corrections, modifications or improvements to this document and the Product described herein at any time without notice. The Company shall have no responsibility whatsoever for conflicts or incompatibilities arising from future changes to them. Information in this document supersedes and replaces information previously supplied in any prior versions of this document.