

PY32F002B 的应用 注意事项

前言

PY32F002B 系列微控制器采用高性能的 32 位 ARM® Cortex®-M0+内核，宽电压工作范围的 MCU。嵌入 24 Kbytes Flash 和 3 Kbytes SRAM 存储器，最高工作频率 24 MHz。包含多种不同封装类型多款产品。

本应用笔记将帮助用户了解 PY32F002B 各个模块应用的注意事项，并快速着手开发。

表 1. 适用产品

类型	产品系列
微型控制器系列	PY32F002B

目录

1	PWR 使用注意事项	3
2	ADC 上电校准	3
3	ADC 使用注意事项	4
4	SPI 使用注意事项	5
5	TIMER 使用注意事项	5
6	LPTIM 使用注意事项	6
7	COMP 使用注意事项	6
8	IO 倒灌电流使 MCU 工作	6
9	IWDG 不支持冻结功能	7
10	Option 操作	7
11	GPIO 引脚使用注意事项	9
12	I2C 从机通讯注意事项	10
13	版本历史	11
附录 1		12
1.1 PY32F002B 低功耗模式下, 定时唤醒喂狗例程(LL 库)		12
1.2 PY32F002B 低功耗模式下, 定时唤醒喂狗例程(HAL 库)		15
附录 2		18
PY32F002B 读取 information 区域中存放的内部参考电压 1.2V 实测值(具体地址见 3.3)		18

1 PWR 使用注意事项

- 为了提高系统稳定性一定要使能看门狗功能;
- 推荐客户在 Option 中使能看门狗并根据实际情况软件设置看门狗溢出时间;
- 一旦使能看门狗, 软件无法关闭。所以在低功耗模式下, 需使用 LPTIM 定时唤醒, 对看门狗进行喂狗; (例程参考附录 1)
- MCU 进 Stop 之前需关闭 SysTick 中断(HAL_SuspendTick());
- CPU 时钟分频, EXTI 模块的时钟和 CPU 时钟来自同一个时钟源但是为分频的条件下, 在 Sleep 模式下使用事件唤醒 CPU, 将会唤醒失败, 需要使用中断唤醒。

2 ADC 上电校准

2.1 注意事项

- 当 ADC 的工作条件发生改变时 (V_{CC} 改变是 ADC offset 偏移的主要因素, 温度改变次之), 推荐进行再次校准操作。
- 第一次使用 ADC 模块前, 必须增加软件校准流程。

2.2 操作流程

- 使能 ADC 时钟, ADCEN=1;
- 初始化 ADC;
- ADC 校准。

2.3 代码示例

```
static void APP_AdcConfig()
{
    LL_APB1_GRP2_EnableClock(LL_APB1_GRP2_PERIPH_ADC1);           //使能 ADC1 时钟

    if (LL_ADC_IsEnabled(ADC1) == 0)
    {
        LL_ADC_StartCalibration(ADC1);                             //使能校准
        #if (USE_TIMEOUT == 1)
            Timeout = ADC_CALIBRATION_TIMEOUT_MS;
        #endif
        while (LL_ADC_IsCalibrationOnGoing(ADC1) != 0)
        {
            #if (USE_TIMEOUT == 1)                                  //检测校准是否超时
                if (LL_SYSTICK_IsActiveCounterFlag())
                {
                    if(Timeout-- == 0)
                    {
                        //
                    }
                }
            }
        }
    }
}
```

```

    }
#endif
}
LL_mDelay(1);
}
}

```

3 ADC 使用注意事项

3.1 ADC 软件配置

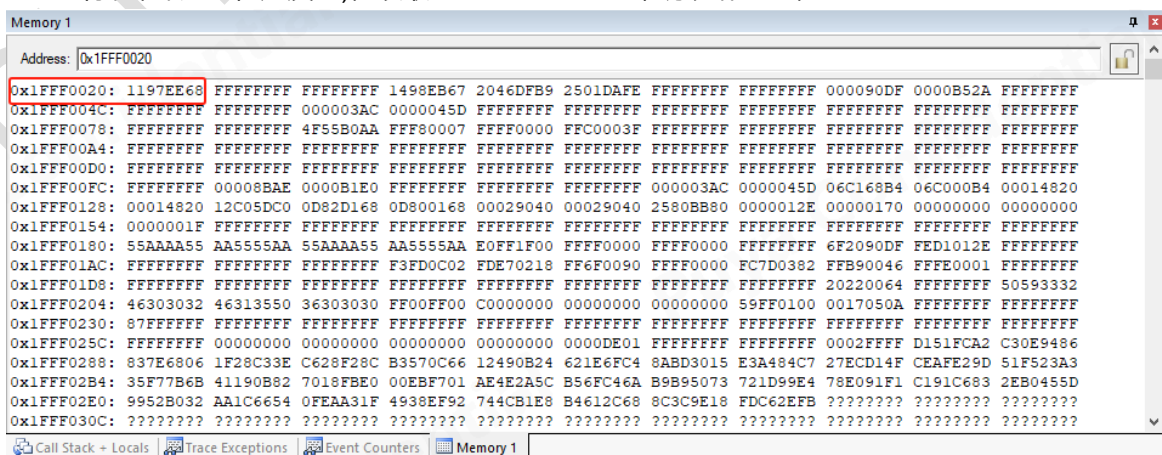
- 切换 ADC 通道，需要关闭 ADC 使能；
- ADC 使能后需要增加 8 个 ADC 时钟的延时，才可以使能转换，否则会影响采样精度；
- 进休眠模式前，需要复位 ADC 模块；
- 模拟看门狗仅监测单通道 0 时，不生效；
- ADC CLK 分频大于 1 时，检测到 EOC 标志后，需等待 1 个 ADC CLK 再清 EOC 标志；
- GPIO 直接驱动大功耗器件会影响 ADC 采样结果(例如数码管显示，建议数码管显示的时候不采样 ADC，或者在数码管的各个数据线上串入 10-100 Ω 电阻，可根据实际情况进行调整)；
- 在切换 ADC 从连续模式到非连续模式之前，需要先关闭 ADC，然后再将其设置为非连续模式；
- 若要使能内部 1.5 V VerfBuffer，软件上必须同时使能 1.2 V VREFEN。(ADC->CCR.VREFEN=1)

3.2 ADC 硬件配置

- ADC 不支持采样 $V_{CC}/3$ 。(内部通道 10)
- ADC 通道电压不能高于 $V_{CC}+0.3$ V(即使 ADC 通道未配置为 AD 功能)，否则 ADC 采样异常。

3.3 Vreferint 1.2V

- 芯片的 Vreferint 1.2 V 实测值放置在 FLASH 中的 information 区域(0x1FFF0020)(高 16 位是实测值，低 16 位是反码)，读取 Vreferint 1.2 V 的程序见附录 2；



- 使用内部参考电压 1.5 V 时，需要使能 Vrefint 1.2 V；
- 在采样内部参考电压 1.2 V 的时候，通过 ADC 采样时间转换公式算出来的结果至少需要 20 us，方法如下：
 - a) 降低分辨率；
 - b) 降低ADC的时钟频率；
 - c) 提高ADC采样周期。

总转换时间计算如下：

$$t_{\text{CONV}} = \text{采样时间} + (\text{转换分辨率} + 0.5) \times \text{ADC 时钟周期}$$

例如：

当 ADC_CLK = 12MHz，分辨率为 12 位，且采样时间为 239.5 个 ADC 时钟周期：

$$t_{\text{CONV}} = (239.5 + 12.5) \times \text{ADC 时钟周期} = 252 \times \text{ADC 时钟周期} = 21 \text{ us}$$

4 SPI 使用注意事项

SPI 模式	收/发模式	SPI 最快速度
从机全双工	收	PCKL/16
从机全双工	发	PCKL/16
主机全双工	收	PCKL/2
主机全双工	发	PCKL/2

- SPI 做从机发送模式，SPI->CR1.CPHA=0，发送数据时，从第二帧开始，会数据错误，表现为第一个发送的数据是前一帧最后一个数据，除非在每一帧发送之前对 SPI->CR1.SPE 先写 0 再写 1 操作。
- SPI 通信时，SPI->SR.BSY 位在最后一个时钟期间被清除，Polling 模式时，下一帧数据更新需确保上一帧数据传输完成。

5 TIMER 使用注意事项

- Timer 中断函数中，清 CC 中断标志，必须等待 TIM_PSC*PCLK，否则会导致清中断标志失败。
- 自动输出使能下，带死区的 PWM 输出在刹车后，会周期性插入死区。（不建议使用刹车功能）

6 LPTIM 使用注意事项

- LPTIM 使用 RSTARE 功能时，两次读取 CNT 寄存器的间隔要满足 4 个 LSI 时钟；
- 当 LPTIM 使用 RCC_CCIPR->LPTIMSEL 来选择 PCLK 为时钟源时，预分频不能设置为 1，否则 LPTIM 有概率性运行异常；

6.1 LPTIM 连续模式

- LPTIM 连续模式每次进入 Stop 前必须清 ARRMCF 并需等待 1 个 LSI 时钟周期*PSC 系数。(约需 $40\text{ us} \times \text{PSC}$ ，包含程序执行时间)
- 改 LPTIM 的重载值，需等待 4 个 LSI 时钟周期*PSC 系数。(约需 $160\text{ us} \times \text{PSC}$ ，包含程序执行时间)

6.2 LPTIM 单次模式

- LPTIM 单次模式每次进入 Stop 前必须清 ARRMCF 并需等待 3 个 LSI 时钟周期。(约需 120 us ，包含程序执行时间)
- 改 LPTIM 的重载值，需等待 4 个 LSI 时钟周期。(约需 160 us ，包含程序执行时间)

7 COMP 使用注意事项

7.1 COMP 硬件使用注意事项

- 当比较器的 VINM 输入信号为内部的模拟电压源时，外部输入通道 VINP 需要加一个电容(1 nF)到地。

7.2 COMP 软件使用注意事项

- 比较器仅支持 Sleep 模式下唤醒。

8 IO 倒灌电流使 MCU 工作

8.1 注意事项

- V_{CC} 未供电的情况下，IO 倒灌电流使 MCU 工作，可通过软件配置规避。

8.2 操作流程

- 硬件：对应 IO 口需串 $100\text{ }\Omega \sim 1\text{ K}\Omega$ 电阻；
- 上电初始化前需设置对应 IO 输出为开漏模式；
- 延迟 5 ms ；
- 程序正常初始化。

8.3 代码示例

```
int main(void)
{
    LL_IOP_GRP1_EnableClock(LL_IOP_GRP1_PERIPH_GPIOA);  /*使能 GPIOA 时钟*/

    LL_GPIO_SetPinMode(GPIOA, LL_GPIO_PIN_1, LL_GPIO_OUTPUT_OPENDRAIN);

    /*将 PA1 引脚配置为开漏输出
    /*延迟 5ms*/
    LL_mDelay(5);
}
```

9 IWDG 不支持冻结功能

9.1 注意事项

- IWDG 冻结功能无效，使能以后无法关闭。IWDG 和 Stop 模式同时使用时，需要使用 LPTIM 定时唤醒喂狗。下表是定时唤醒对功耗的影响。

注意：以下运行功耗是在系统时钟为 24M 情况下计算				
低功耗运行时间(ms)	Stop 模式电流(uA)	唤醒运行时间(ms)	运行模式电流(uA)	平均功耗(uA)
500	1.7	1	1100	3.892215569
1000		1		2.797202797
2000		1		2.248875562
3000		1		2.065978007

9.2 操作流程

- 将所有的唤醒源配置为事件唤醒；
- 进入 Stop 前关闭所有中断并清除相应的标志；
- 开启 LPTIM，使能定时唤醒功能，并确保 LPTIM 定时时间小于 IWDG 溢出时间。

10 Option 操作

- 量产时，Option 操作必须在烧写器选项字节中配置，并把程序中操作 Option 的函数屏蔽。
- 建议客户程序使能写保护，写保护在 Option 中设置，具体步骤如图 10-1、图 10-2 所示；

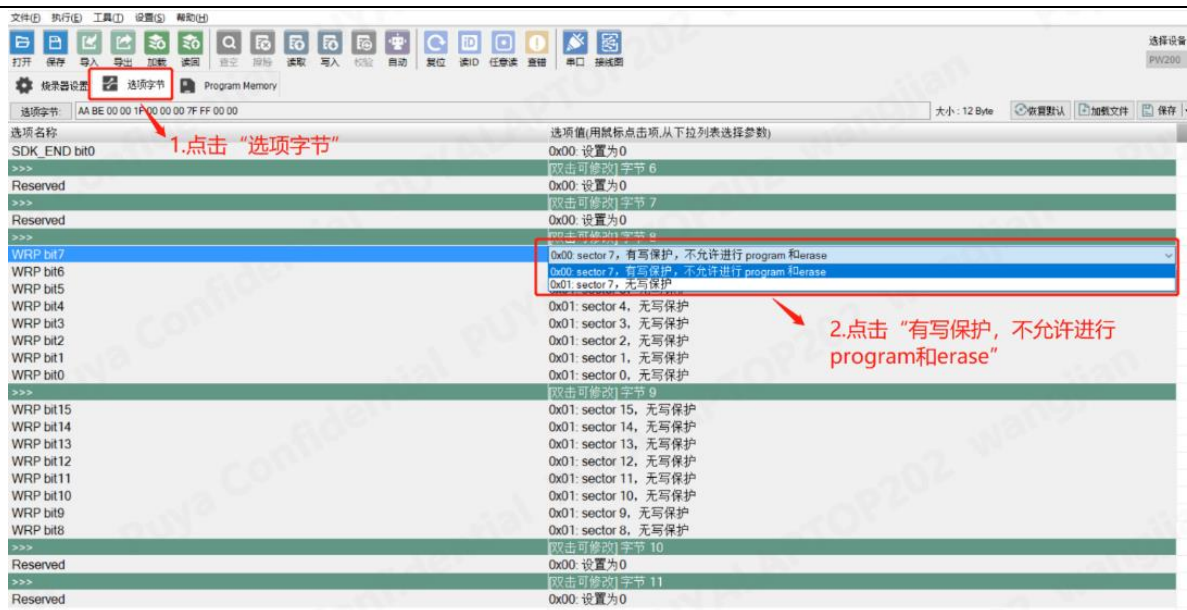


图 10-1 创芯工坊操作 Option 写保护



图 10-2 轩微操作 Option 写保护

- 烧写器配置 Option 时，需勾选智能复位功能/编程后重启芯片(烧写器均有类似选项需要勾选)，具体步骤如图 10-3、图 10-4 所示。



图 10-3 创芯工坊操作勾选“编程后重启芯片”



图 10-4 轩微操作“智能复位”

11 GPIO 引脚使用注意事项

- 初始化 GPIO 等其他结构体都需要赋值为 0，避免初始值不固定。
- 所有 GPIO 不能有超过 -0.3 V 的负压。

12 I2C 从机通讯注意事项

- I2C 从机在发送一帧数据后, 主机重新发地址后 buffer 指针会加 1, 所以从机需在地址中断中重新初始化 buffer 指针。

13 版本历史

版本	日期	更新记录
V1.0	2023.06.15	初版
V1.1	2023.07.15	更新 CMP 硬件设计
V1.2	2023.11.10	第 11 章增加 LPTIM 唤醒后的平均功耗 第 7、8 章增加 LPTIM 使用事件唤醒不需要等待时间
V1.3	2023.11.17	修改第 11 章内容
V1.4	2023.11.22	修改第 7、8、11 章 LPTIM 相关内容
V1.5	2024.03.28	增加 PWR、ADC、COMP、GPIO、I2C、OPTION 章内容，
V1.6	2024.06.06	修改 1、6 章内容
V1.7	2024.08.30	合并 3、4、5、6 章节，合并 9、10 章节，合并 11、12 章节 修改第 1、3、4、5、10 章内容
V1.8	2024.11.13	调整附录 1.2 关闭 systick 中断函数位置，并添加打开 systick 中断函数
V1.9	2025.01.23	修改 COMP 模块内容
V2.0	2025.06.16	修改 LPTIM 模块内容



Puya Semiconductor Co., Ltd.

IMPORTANT NOTICE

Puya Semiconductor reserves the right to make changes without further notice to any products or specifications herein. Puya Semiconductor does not assume any responsibility for use of any its products for any particular purpose, nor does Puya Semiconductor assume any liability arising out of the application or use of any its products or circuits. Puya Semiconductor does not convey any license under its patent rights or other rights nor the rights of others.

附录1

1.1 PY32F002B 低功耗模式下，定时唤醒喂狗例程(LL库)

```
int main(void)
{
    APP_SystemClockConfig();
    BSP_LED_Init(LED3);
    BSP_PB_Init(BUTTON_USER, BUTTON_MODE_GPIO);

    BSP_LED_On(LED_GREEN);

    /* Wait the button be pressed */
    while (BSP_PB_GetState(BUTTON_USER) != 0)
    {
    }

    APP_IwdgConfig();
    /* Set wake-up mode of the LPTIM(EXTI Line29) to event request */
    LL_EXTI_DisableIT(LL_EXTI_LINE_29); /* Disable interrupt request for EXTI Line29 */
    LL_EXTI_EnableEvent(LL_EXTI_LINE_29); /* Enable event request for EXTI Line29 */
    /* Set LSI as LPTIM clcok source */
    APP_ConfigLptimClock();

    /* Initialize LPTIM */
    LPTIM_InitStruct.Prescaler = LL_LPTIM_PRESCALER_DIV128; /* prescaler: 128 */
    LPTIM_InitStruct.UpdateMode = LL_LPTIM_UPDATE_MODE_IMMEDIATE; /* registers are updated
after each APB bus write access */
    if (LL_LPTIM_Init(LPTIM, &LPTIM_InitStruct) != SUCCESS)
    {
        APP_ErrorHandler();
    }
    /* LED off */
    BSP_LED_Off(LED_GREEN);

    /* Set LPTIM to continus mode Enable autoreload match interrupt */
    // APP_ConfigLptim();

    while (1)
    {
        APP_ConfigLptim();
        LL_LPTIM_ClearFLAG_ARRM(LPTIM1);

        /* Enable STOP mode */
        APP_EnterStop();
        LL_IWDG_ReloadCounter(IWDG);
        /* LED toggle */
        BSP_LED_Toggle(LED_GREEN);
    }
}

void APP_IwdgConfig(void)
{
    /* Enable LSI */
    LL_RCC_LSI_Enable();
    while (LL_RCC_LSI_IsReady() == 0U) {}

    /* Enable IWDG */
}
```

```

LL_IWDG_Enable(IWDG);

/* Enable write access to IWDG_PR, IWDG_RLR and IWDG_WINR registers */
LL_IWDG_EnableWriteAccess(IWDG);

/* Set IWDG prescaler */
LL_IWDG_SetPrescaler(IWDG, LL_IWDG_PRESCALER_32); /* T=1MS */

/* Set IWDG reload value */
LL_IWDG_SetReloadCounter(IWDG, 1000); /* 1ms*1000=3s */

/* Check if all flags Prescaler, Reload & Window Value Update are reset or not */
while (LL_IWDG_IsReady(IWDG) == 0U) {};

/* Reloads IWDG counter with value defined in the reload register */
LL_IWDG_ReloadCounter(IWDG);
}
static void APP_SystemClockConfig(void)
{
    /* Enable HSI */
    LL_RCC_HSI_Enable();
    while(LL_RCC_HSI_IsReady() != 1)
    {
    }

    /* Set AHB divider: HCLK = SYSCLK */
    LL_RCC_SetAHBPrescaler(LL_RCC_SYSCLK_DIV_1);

    /* HSISYS used as SYSCLK clock source */
    LL_RCC_SetSysClkSource(LL_RCC_SYS_CLKSOURCE_HSISYS);
    while(LL_RCC_GetSysClkSource() != LL_RCC_SYS_CLKSOURCE_STATUS_HSISYS)
    {
    }

    /* Set APB1 divider */
    LL_RCC_SetAPB1Prescaler(LL_RCC_APB1_DIV_1);
    LL_Init1msTick(24000000);

    /* Update CMSIS variable (which can be updated also through SystemCoreClockUpdate function) */
    LL_SetSystemCoreClock(24000000);
}
static void APP_ConfigLptimClock(void)
{
    /* Enabel LSI */
    LL_RCC_LSI_Enable();
    while(LL_RCC_LSI_IsReady() != 1)
    {
    }

    /* Select LSI as LPTIM clock source */
    LL_RCC_SetLPTIMClockSource(LL_RCC_LPTIM1_CLKSOURCE_LSI);

    /* Enable LPTIM clock */
    LL_APB1_GRP1_EnableClock(LL_APB1_GRP1_PERIPH_LPTIM1);
}
static void APP_ConfigLptim(void)
{
    /* Enable LPTIM1 interrupt */
    NVIC_SetPriority(LPTIM1_IRQn, 0);
}

```

```

NVIC_EnableIRQ(LPTIM1_IRQn);
/* Enable LPTIM autoreload match interrupt */
LL_LPTIM_EnableIT_ARRM(LPTIM);
LL_LPTIM_Disable(LPTIM);
APP_delay_us(120); //必须在此处增加120us以上延迟
/* Enable LPTIM */
LL_LPTIM_Enable(LPTIM);
/* Set autoreload value */
LL_LPTIM_SetAutoReload(LPTIM, 51);
/* LPTIM starts in continuous mode */
LL_LPTIM_StartCounter(LPTIM, LL_LPTIM_OPERATING_MODE_ONESHOT);
}
static void APP_delay_us(uint32_t nus)
{
    uint32_t temp;
    SysTick->LOAD=nus*(SystemCoreClock/1000000);
    SysTick->VAL=0x00;
    SysTick->CTRL|=SysTick_CTRL_ENABLE_Msk;
    do
    {
        temp=SysTick->CTRL;
    }
    while((temp&0x01)&&!(temp&(1<<16)));
    SysTick->CTRL=SysTick_CTRL_ENABLE_Msk;
    SysTick->VAL =0x00;
}
static void APP_EnterStop(void)
{
    /* Enable PWR clock */
    LL_APB1_GRP1_EnableClock(LL_APB1_GRP1_PERIPH_PWR);
    /* STOP mode with low power regulator ON */
    LL_PWR_SetLprMode(LL_PWR_LPR_MODE_LPR);
    /* SRAM retention voltage aligned with digital LDO output */
    LL_PWR_SetStopModeSramVoltCtrl(LL_PWR_SRAM_RETENTION_VOLT_CTRL_LDO);
    /* Enter DeepSleep mode */
    LL_LPM_EnableDeepSleep();
    /* Request Wait For event */
    __SEV();
    __WFE();
    __WFE();
    LL_LPM_EnableSleep();
}
void APP_LptimIRQCallback(void)
{
    if((LL_LPTIM_IsActiveFlag_ARRM(LPTIM) == 1) && (LL_LPTIM_IsEnabledIT_ARRM(LPTIM) == 1))
    {
        /* Clear autoreload match flag */
        LL_LPTIM_ClearFLAG_ARRM(LPTIM);
    }
}
void APP_ErrorHandler(void)
{
    /* Infinite loop */
    while (1)
    {
    }
}

```

1.2 PY32F002B 低功耗模式下，定时唤醒喂狗例程(HAL库)

```

int main(void)
{
    EXTI_ConfigTypeDef      ExtiCfg;

    /* Reset of all peripherals, Initializes the SysTick. */
    HAL_Init();

    APP_IWDGConfig();

    /* Configure RCCOSC */
    APP_RCCOscConfig();

    /* Initialize LED */
    BSP_LED_Init(LED_GREEN);

    /* Initialize PA3 */
    APP_GpioConfig();

    /* Initialize button */
    BSP_PB_Init(BUTTON_USER, BUTTON_MODE_GPIO);

    /* LPTIM initialization */
    LPTIMConf.Instance = LPTIM1; /* LPTIM1 */
    LPTIMConf.Init.Prescaler = LPTIM_PRESCALER_DIV128; /* Prescaler: 128 */
    LPTIMConf.Init.UpdateMode = LPTIM_UPDATE_IMMEDIATE; /* Immediate update mode */
    /* Initialize LPTIM */
    if (HAL_LPTIM_Init(&LPTIMConf) != HAL_OK)
    {
        APP_ErrorHandler();
    }

    /* Configure EXTI Line as interrupt wakeup mode for LPTIM */
    ExtiCfg.Line = EXTI_LINE_29;
    ExtiCfg.Mode = EXTI_MODE_INTERRUPT;
    HAL_EXTI_SetConfigLine(&ExtiHandle, &ExtiCfg);

    /* Enable LPTIM1 interrupt */
    HAL_NVIC_SetPriority(LPTIM1_IRQn, 0, 0);
    HAL_NVIC_EnableIRQ(LPTIM1_IRQn);

    /* LED ON*/
    BSP_LED_On(LED_GREEN);

    /* Wait for Button */
    while (BSP_PB_GetState(BUTTON_USER) != 0)
    {
    }

    /* LED OFF */
    BSP_LED_Off(LED_GREEN);

    /* Calculate the value required for a delay of macro-defined(Delay) */
    RatioNops = Delay * (SystemCoreClock / 1000000U) / 4;

    while (1)
    {

```



```

/* LPTIM must be disabled to restore internal state before next time enter Stop mode */
__HAL_LPTIM_DISABLE(&LPTIMConf);

/* Wait at least three LSI times for the completion of the disable operation */
APP_delay_us(120); //必须在此处增加120us以上延迟
/* Suspend SysTick interrupt */
HAL_SuspendTick();
/* Configure LPTIM for once mode and enable interrupt */
HAL_LPTIM_SetOnce_Start_IT(&LPTIMConf, 51);

/* Enter Stop Mode and Wakeup by WFI */
HAL_PWR_EnterSTOPMode(PWR_LOWPOWERREGULATOR_ON, PWR_STOPENTRY_WFI);

    if (HAL_IWDG_Refresh(&IwdgHandle) != HAL_OK)
    {
        APP_ErrorHandler();
    }
/* Resume SysTick */
HAL_ResumeTick();
HAL_GPIO_TogglePin(GPIOA, GPIO_PIN_3);
}
}
void APP_IWDGConfig(void)
{
    IwdgHandle.Instance = IWDG; /* IWDG */
    IwdgHandle.Init.Prescaler = IWDG_PRESCALER_32; /* Prescaler DIV 32 */
    IwdgHandle.Init.Reload = (1000); /* IWDG Reload value 1000 */

    if (HAL_IWDG_Init(&IwdgHandle) != HAL_OK) /* Initialize the IWDG */
    {
        APP_ErrorHandler();
    }
}
/**
 * @brief LPTIM AutoReloadMatchCallback
 * @param None
 * @retval None
 */
void HAL_LPTIM_AutoReloadMatchCallback(LPTIM_HandleTypeDef *LPTIMConf)
{
    BSP_LED_Toggle(LED_GREEN);
}
/**
 * @brief Configure RCC
 * @param None
 * @retval None
 */
static void APP_RCCOscConfig(void)
{
    RCC_OscInitTypeDef OSCINIT = {0};
    RCC_PeriphCLKInitTypeDef LPTIM_RCC = {0};

    /* LSI Clock Configure */
    OSCINIT.OscillatorType = RCC_OSCILLATORTYPE_LSI; /* LSI */
    OSCINIT.LSIState = RCC_LSI_ON; /* LSI ON */
    OSCINIT.LSICalibrationValue = RCC_LSICALIBRATION_32768Hz; /* LSI Set 32768Hz */
    /* RCC Configure */

```

```

if (HAL_RCC_OscConfig(&OSCINIT) != HAL_OK)
{
    APP_ErrorHandler();
}

LPTIM_RCC.PeriphClockSelection = RCC_PERIPHCLK_LPTIM;    /* Clock Configure Selection :
LPTIM */
LPTIM_RCC.LptimClockSelection = RCC_LPTIMCLKSOURCE_LSI;    /* Select LPTIM Clock
Source: LSI */
/* Peripherals Configure */
if (HAL_RCCEx_PeriphCLKConfig(&LPTIM_RCC) != HAL_OK)
{
    APP_ErrorHandler();
}
/* Enable LPTIM Clock */
__HAL_RCC_LPTIM_CLK_ENABLE();
}
/**
 * @brief Configure GPIO
 * @param None
 * @retval None
 */
static void APP_GpioConfig(void)
{
    /* Configuration pins */
    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure;
    __HAL_RCC_GPIOA_CLK_ENABLE();    /* Enable the GPIO clock*/
    GPIO_InitStructure.Mode = GPIO_MODE_OUTPUT_PP;    /* GPIO mode is OutputPP */
    GPIO_InitStructure.Pull = GPIO_PULLUP;    /* pull up */
    GPIO_InitStructure.Speed = GPIO_SPEED_FREQ_HIGH;    /* The speed is high */
    GPIO_InitStructure.Pin = GPIO_PIN_3;
    HAL_GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure);
}
/**
 * @brief Delayed by NOPS
 * @param None
 * @retval None
 */
static void APP_DelayNops(uint32_t Nops)
{
    for(uint32_t i=0; i<Nops;i++)
    {
        __NOP();
    }
}
/**
 * @brief This function is executed in case of error occurrence.
 * @param None
 * @retval None
 */
void APP_ErrorHandler(void)
{
    while (1)
    {
    }
}

```

附录2

PY32F002B读取information区域中存放的内部参考电压1.2V实测值(具体地址见3.3)

```

#define HAL_VREF_INT      (*(uint8_t*)(0x1fff0023))
#define HAL_VREF_DEC      (*(uint8_t*)(0x1fff0022))
#define vref_int          (*(uint8_t*)(HAL_VREF_INT))      //存放参考电压整数部分
#define vref_dec          (*(uint8_t*)(HAL_VREF_DEC))      //存放参考电压小数部分
float vref;          //参考电压值

static uint8_t Bcd2ToByte(uint8_t Value)
{
    uint32_t tmp = 0U;
    tmp = ((uint8_t)(Value & (uint8_t)0xF0) >> (uint8_t)0x4) * 10U;
    return (tmp + (Value & (uint8_t)0x0F));
}

float read_1_2V(void)
{
    uint8_t data_vref_int,data_vref_dec;
    data_vref_int = Bcd2ToByte(HAL_VREF_INT);
    data_vref_dec = Bcd2ToByte(HAL_VREF_DEC);

    //初始化所有外设, flash接口, systick
    vref = data_vref_int/10;      //计算参考电压
    vref = vref + ((data_vref_int%10)*0.1 + data_vref_dec*0.001);
    return vref;
}

```