

前言

PY32F040 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。嵌入高达 128 Kbytes flash 和 16 Kbytes SRAM 存储器，最高工作频率 72 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 PY32F040 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	PY32F040

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. COMP 硬件设计	5
5. CRC 使用注意事项	5
6. DMA 使用注意事项	6
7. GPIO 使用注意事项	6
8. I2C 使用注意事项	6
9. LCD 使用注意事项	6
10. LPTIM 使用注意事项	7
11. RCC 使用注意事项	7
12. SPI 收发注意事项	8
13. TIMER 使用注意事项	8
14. FLASH 使用注意事项	8
15. Option 使用注意事项	8
16. I2S 功能注意事项	10
17. 版本历史	11
附录 1	12
1.1 PY32F040 低功耗模式下, 定时唤醒喂狗例程(LL 库)	12
1.2 PY32F040 低功耗模式下, 定时唤醒喂狗例程(HAL 库)	17
附录 2	21
2.PY32F040 读取 information 区域中存放的 Vreferint 1.2V 实测值(具体地址见 3.3)	21

1. PWR 使用注意事项

- 为了提供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)
- Sleep 模式下使用事件唤醒时, 若 EXTI 模块时钟与 CPU 时钟为一个时钟源时, 不得使用分频。

2. ADC 上电校准

2.1 注意事项

- 当 ADC 的工作条件发生改变时 (VCC 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

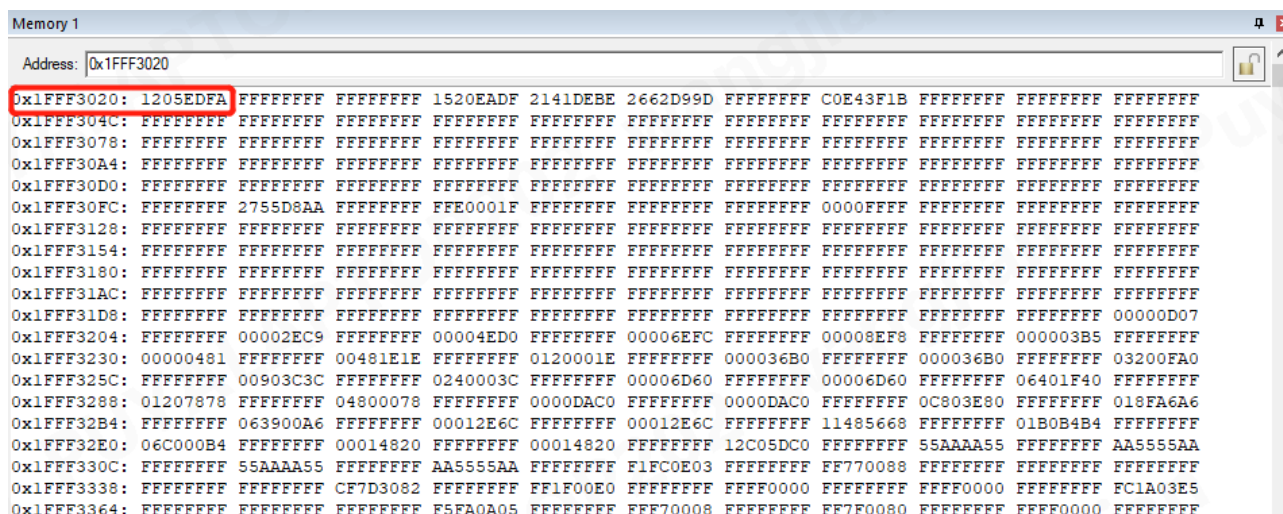
- 在使用 ADC DMA 连续采样内部通道(通道 16-通道 23)时, 需要设置当前使用通道的前一个通道采样周期, 而且需要设置采样周期一致, 例如使用通道 18 采样周期 239.5, 则通道 17 也需要设置采样周期 239.5; (C 版本已修复)
- 因为 ADC 在全部通道转换完成后才会一个 EOC 标志, 所以没办法使用非 DMA 方式的多通道采样; (可设置非连续模式使能, 一个通道转换即有一个 EOC 标志)
- ADC 参考电压 (V_{CC} 或 V_{REFBUF}) 低于 2 V 时无法校准; (C 版本已修复)
- TIM_CC 触发注入通道单次采样异常, 不建议使用; (C 版本已修复)
- 内部温度传感器通道 (Tsensor) 无法使用; (C 版本已修复)
- ADC->SR.Start=1 之前需确保 ADC->SR.EOC=0, 否则 ADC 使能失败;
- TIMER 触发 ADC 采样时, 需保证 ADC 工作时钟大于等于 TIMER 时钟; (C 版本前不支持 APB 分频, C 版增加 TIMER 倍频选择, APB 分频后关闭 TIMER 倍频)
- ADC 注入模式无法使用;
- 系统时钟 8 M 时且 ADC CLOCK 两分频时, ADC 无法校准;
- ADC 时钟需要配置到 16 MHz 以下, 确保 ADC 采样精度;
- 在配置通道 16 (OPA3_IN) 的采样时间时, 需配置通道 0 与通道 16 为相同的采样时间;
- 使用 TIMER_CC/TIMER_TRGO 触发 ADC 转换, ADC 时钟不能 8 分频;
- 当时钟 $AHBCLK/APBCLK \geq 4$ 时, 不能设置 EXTI_11 触发 ADC 规则转换, 不能使用 EXTI_15 触发 ADC 注入转换。 (C 版本已修复)

3.2 ADC 硬件配置

- 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 采样不准。

3.3 Vreferint 1.2 V

- 芯片的 Vreferint 1.2 V 实测值放置在 FLASH 中的 information 区域(0x1FFF3020)。(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:



- 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:

- 降低分辨率;
- 降低ADC的时钟频率;
- 提高ADC采样周期。

总转换时间计算如下:

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

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:

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

4. COMP 硬件设计

- 当比较器的 VINM 输入信号为内部的模拟电压源时 (例如 VREFINT, TSVIN, VREF1P2), 外部输入通道 VINP 需要加一个电容(1 nF)到地。

5. CRC 使用注意事项

- 禁止使用 DMA 模式。
- 禁止连续对 CRC_DR 寄存器进行操作, 建议使用库, 库中有规避。

6. DMA 使用注意事项

- 使用 DMA 传输搬运数据时，需等 DMA 传输完成后才能关闭 DMA，否则需强制 Reset 并重新初始化 DMA 才能正常使用。

7. GPIO 使用注意事项

- 不得使用 DMA GPIO 模式。(C 版本已修复)

8. I2C 使用注意事项

- 使用 DMA 进行 I2C 的写数据搬运时，需配置 DMA 源地址和目标地址后再使能 I2C 的 DMA_EN。

9. LCD 使用注意事项

- 向同一个 LCD_RAMx 寄存器写数据时，需要在 2 个 lcd clk 周期内写完数据，之后等待 2 个 pclk+1 个 lcd clk 周期后才能继续写数据；(参考如下)

```
#define Delay 40*2
LCD_HandleTypeDef LcdHandle;
int main()
{
    RatioNops = Delay * (SystemCoreClock / 1000000U) / 4;
    HAL_LCD_Write(&LcdHandle, LCD_RAM_REGISTER0, 0x0f0f0f0f);
    APP_DelayNops(RatioNops); /*延迟 2 个 pclk+1 个 lcd clk 周期，约为 80us
    HAL_LCD_Write(&LcdHandle, LCD_RAM_REGISTER0, 0xf0f0f0f0);
}
static void APP_DelayNops(uint32_t Nops)
{
    for(uint32_t i=0; i<Nops; i++)
    {
        __NOP();
    }
}
```

- 写 RAM 后需等待 2 个 lcd clk 周期才能进入 STOP 模式；(参考如下)

```
#define Delay 40*2
LCD_HandleTypeDef LcdHandle;
int main()
{
    RatioNops = Delay * (SystemCoreClock / 1000000U) / 4;
    HAL_LCD_Write(&LcdHandle, LCD_RAM_REGISTER0, 0x0f0f0f0f);
    APP_DelayNops(RatioNops); /*延迟 2 个 lcd clk 周期，约为 80us
}
```

```
while(1)
{
/* Suspend SysTick interrupt */
HAL_SuspendTick();
/* Enter Stop Mode and Wakeup by WFI */
HAL_PWR_EnterSTOPMode(PWR_LOWPOWERREGULATOR_ON,
PWR_STOPENTRY_WFI);
/* Resume SysTick */
HAL_ResumeTick();
}
static void APP_DelayNops(uint32_t Nops)
{
for(uint32_t i=0; i<Nops; i++)
{
__NOP();
}
}
```

10. 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；

10.1 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 40us*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 160us*PSC，包含程序执行时间)

10.2 LPTIM 单次模式

- LPTIM 单次模式从 STOP 唤醒，再次进入 STOP 前需等待 4 个 LSI 时钟周期。(约需 160us，包含程序执行时间)
- 改变重载值 LPTIM_ARR 时，需等待 4 个 LSI 时钟周期。(约需 160us，包含程序执行时间)

11. RCC 使用注意事项

- APB 分频系数大于 1 时，模块复位后需增加 (n+2) 个 __nop() 空指令才能对模块寄存器进行读写操作，n 为 APB 分频系数；
- stop 唤醒会将 HSIDIV 恢复到默认值，若实际使用 HSIDIV≠0 唤醒后需重新配置；
- HCLK 分频 HPRE 寄存器位不能从 8 切换到 1-7，否则会挂住时钟；

- 不支持通过 RCC_CR->HSIDIV 进行分频。(仅有 C 版本和 E 版本存在此问题)

12. SPI 收发注意事项

- SPI 做从机发送时，需再每一帧数据发送前先将 SPI_EN 清 0 再将 SPI_EN 置 1。
- 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。

13. TIMER 使用注意事项

- 使能 CC 中断时，对应的分频系数 PSC 不得高于 80；
- TIMER 预分频必须设置为 1，否则会导致 MCU 反复进中断；
- 禁止使用刹车功能；(C 版本已修复) (在 PWM 极性和空闲状态一致，且 PWMN 极性和空闲状态不一致时，禁止使用刹车功能)
- TIMER3 的 ETR 功能禁止使用。(C 版本已修复)

14. FLASH 使用注意事项

- FLASH 只支持 Page 擦和 Page 写，一个 Page 是 256 字节，起始地址只能 Page 对齐；(如起始地址 0x08005000，0x08005100 等)
- 每次 Page 写之前必须先 Page 擦。

15. Option 使用注意事项

- 量产时，Option 操作需要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 15-1、图 15-2 所示；

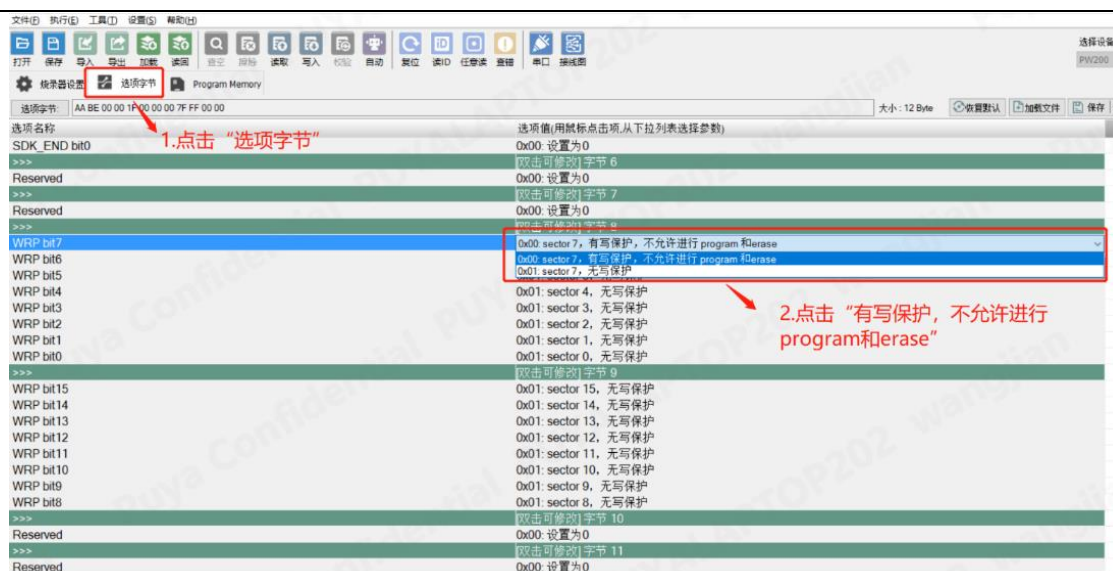


图 15-1 创芯工坊操作 Option 写保护

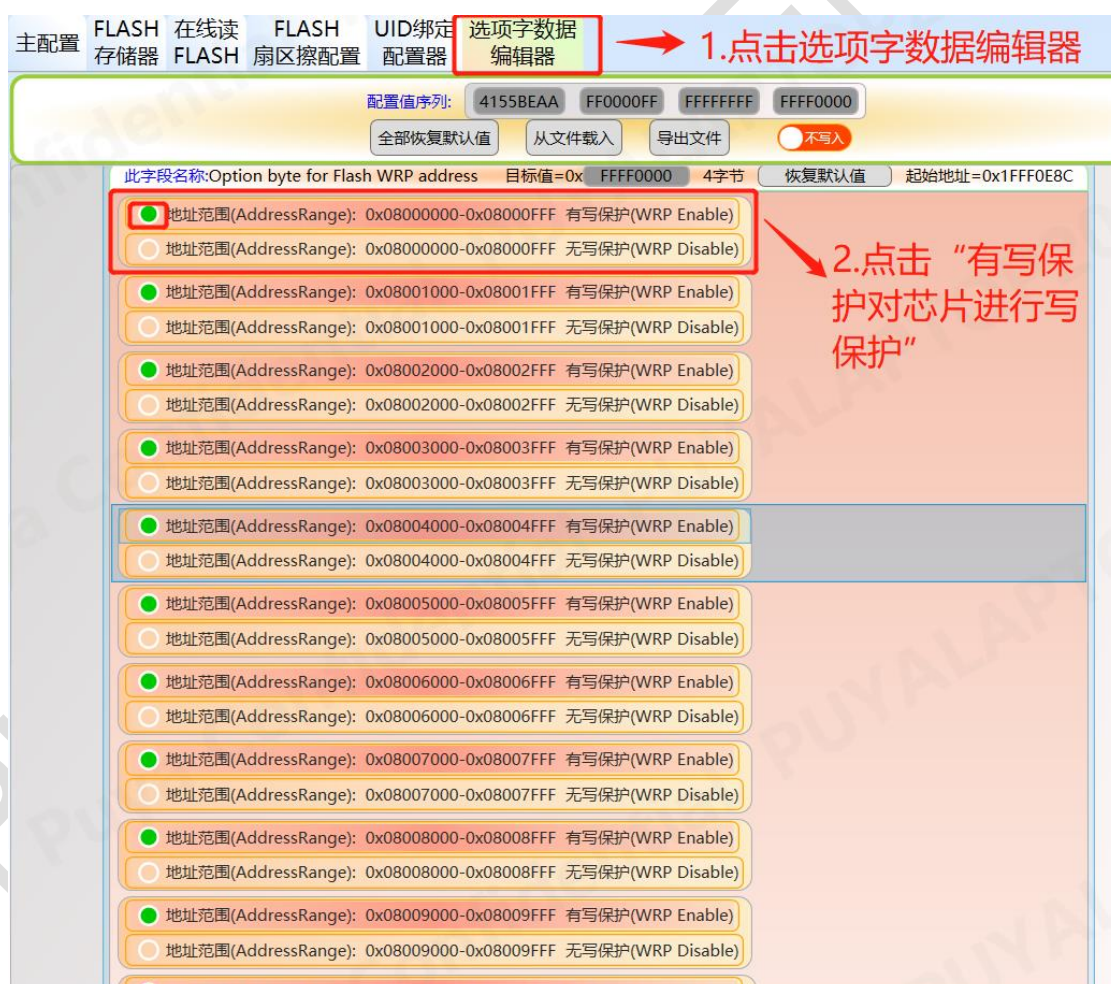


图 15-2 轩微操作 Option 写保护

- 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 15-3、图 15-4 所示。



图 15-3 创芯工坊操作“编程后重启芯片”



图 15-4 轩微操作“智能复位”

16. I2S 功能注意事项

- 在 8 M 系统时钟下，Fs=32 KHz 和 22.05 KHz 无法使用。

17. 版本历史

版本	日期	更新记录
V1.0	2023.06.15	初版
V1.1	2024.10.25	增加 PWR、ADC、DMA、CRC、GPIO、I2C、LCD、RCC、Option、FLASH 模块，合并 LPTIM 连续/单次模块的内容
V1.2/V1.3	2025.06.16	增加 LPTIM 内容
V1.4	2025.07.22	更新 RCC、LPTIM 内容
V1.5	2025.10.21	增加 ADC 上电校准、ADC、RCC、SPI、I2S 模块内容



Puya Semiconductor Co., Ltd.

声 明

普冉半导体(上海)股份有限公司（以下简称：“Puya”）保留更改、纠正、增强、修改 Puya 产品和/或本文档的权利，恕不另行通知。用户可在下单前获取产品的最新相关信息。

Puya 产品是依据订单时的销售条款和条件进行销售的。

用户对 Puya 产品的选择和使用承担全责，同时若用于其自己或指定第三方产品上的，Puya 不提供服务支持且不对此类产品承担任何责任。

Puya 在此不授予任何知识产权的明示或暗示方式许可。

Puya 产品的转售，若其条款与此处规定不一致，Puya 对此类产品的任何保修承诺无效。

任何带有 Puya 或 Puya 标识的图形或字样是普冉的商标。所有其他产品或服务名称均为其各自所有者的财产。

本文档中的信息取代并替换先前版本中的信息。

普冉半导体(上海)股份有限公司 - 保留所有权利

附录 1

1.1 PY32F040低功耗模式下，定时唤醒喂狗例程(LL库)

```
#define Delay          40*4
int main(void)
{
    /* Configure system clock */
    APP_SystemClockConfig();

    /* Initialize LED */
    BSP_LED_Init(LED_GREEN);

    APP_GpioConfig();
    /* Initialize button */
    BSP_PB_Init(BUTTON_KEY, BUTTON_MODE_GPIO);

    /* Configure EXTI Line29 corresponding to LPTIM as interrupt wake-up mode */
    LL_EXTI_EnableIT(LL_EXTI_LINE_29);    /* Enable EXTI Line 29 interrupt wakeup */
    LL_EXTI_DisableEvent(LL_EXTI_LINE_29); /* Disable EXTI Line 29 event wakeup */

    /* Configure LPTIM clock source as LSI */
    APP_ConfigLptimClock();
    APP_IwdgConfig();
    /* Initialize LPTIM */
    LPTIM_InitStruct.Prescaler = LL_LPTIM_PRESCALER_DIV128; /* Prescaler: 128 */
    LPTIM_InitStruct.UpdateMode = LL_LPTIM_UPDATE_MODE_IMMEDIATE; /* Immediate
update mode */
    if (LL_LPTIM_Init(LPTIM, &LPTIM_InitStruct) != SUCCESS)
    {
        APP_ErrorHandler();
    }

    /* Turn on LED */
    BSP_LED_On(LED_GREEN);

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

    /* Turn off LED */
    BSP_LED_Off(LED_GREEN);

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

    /* Configure LPTIM and enable interrupt */
```

```

APP_ConfigLptim();

while (1)
{
    /* LPTIM must be disabled to restore internal state before next time enter stop mode */
    LL_LPTIM_Disable(LPTIM);

    /* Wait at least three LSI times for the completion of the disable operation */
    APP_DelayNops(RatioNops);

    /* Enable LPTIM */
    LL_LPTIM_Enable(LPTIM);

    /* Set auto-reload value */
    LL_LPTIM_SetAutoReload(LPTIM, 51);

    /* Start in once mode */
    LL_LPTIM_StartCounter(LPTIM, LL_LPTIM_OPERATING_MODE_ONESHOT);

    /* Enable STOP mode */
    APP_EnterStop();

    /* PB1 toggle */
    LL_GPIO_TogglePin(GPIOB, LL_GPIO_PIN_1);
}
}

/**
 * @brief  Configure LPTIM clock
 * @param  None
 * @retval None
 */
static void APP_ConfigLptimClock(void)
{
    /* Enable LSI */
    LL_RCC_LSI_Enable();
    while(LL_RCC_LSI_IsReady() != 1)
    {
    }

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

    /* Enable LPTIM clock */
    LL_APB1_GRP1_EnableClock(LL_APB1_GRP1_PERIPH_LPTIM1);
}

/**
 * @brief  Delayed by NOPS
 * @param  None
 * @retval None
 */
static 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 */
LL_IWDG_EnableWriteAccess(IWDG);

/* Set IWDG prescaler */
LL_IWDG_SetPrescaler(IWDG, LL_IWDG_PRESCALER_32);

/* Set watchdog reload counter */
LL_IWDG_SetReloadCounter(IWDG, 1024); /* T*1024=1s */

/* IWDG initialization*/
while (LL_IWDG_IsReady(IWDG) == 0U) {; }

/* Feed the watchdog */
LL_IWDG_ReloadCounter(IWDG);
}
static void APP_DelayNops(uint32_t Nops)
{
    for(uint32_t i=0; i<Nops; i++)
    {
        __NOP();
    }
}

/**
 * @brief GPIO configuration program
 * @param None
 * @retval None
 */
static void APP_GpioConfig(void)
{
    /* Enable GPIOB clock */
    LL_IOP_GRP1_EnableClock(LL_IOP_GRP1_PERIPH_GPIOB);

    /* Configure PB1 in output mode */
    LL_GPIO_SetPinMode(GPIOB, LL_GPIO_PIN_1, LL_GPIO_MODE_OUTPUT);
}

/**
 * @brief Configure LPTIM
 * @param None
 * @retval None
 */
static void APP_ConfigLptim(void)
{
    /* Enable LPTIM1 interrupt */

```

```

NVIC_SetPriority(TIM6_LPTIM1_DAC_IRQn, 0);
NVIC_EnableIRQ(TIM6_LPTIM1_DAC_IRQn);

/* Enable LPTIM ARR match interrupt */
LL_LPTIM_EnableIT_ARRM(LPTIM);
}

/**
 * @brief Enter STOP mode
 * @param None
 * @retval None
 */
static void APP_EnterStop(void)
{
    /* Enable PWR clock */
    LL_APB1_GRP1_EnableClock(LL_APB1_GRP1_PERIPH_PWR);

    /* VCORE = 0.8V when enter stop mode */
    LL_PWR_SetRegulVoltageScaling(LL_PWR_REGU_VOLTAGE_0P8V);

    /* Enable Low Power Run mode */
    LL_PWR_EnableLowPowerRunMode();

    /* Enter DeepSleep mode */
    LL_LPM_EnableDeepSleep();

    /* Request Wait For interrupt */
    __WFI();

    LL_LPM_EnableSleep();
}

/**
 * @brief System clock configuration function
 * @param None
 * @retval None
 */
static void APP_SystemClockConfig(void)
{
    /* Enable HSI */
    LL_RCC_HSI_Enable();
    while(LL_RCC_HSI_IsReady() != 1)
    {
    }

    /* Set AHB prescaler */
    LL_RCC_SetAHBPrescaler(LL_RCC_SYSClk_DIV_1);

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

```

```
/* Set APB1 prescaler*/
LL_RCC_SetAPB1Prescaler(LL_RCC_APB1_DIV_1);
LL_Init1msTick(8000000);

/* Update system clock global variable SystemCoreClock (can also be updated by calling
SystemCoreClockUpdate function) */
LL_SetSystemCoreClock(8000000);
}

/**
 * @brief LPTIM interrupt callback program
 * @param None
 * @retval None
 */
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);

        LL_IWDG_ReloadCounter(IWDG);

        /* LED Toggle */
        BSP_LED_Toggle(LED_GREEN);
    }
}

/**
 * @brief This function is executed in case of error occurrence.
 * @param None
 * @retval None
 */
void APP_ErrorHandler(void)
{
    /* Infinite loop */
    while (1)
    {
    }
}
```

1.2 PY32F040低功耗模式下，定时唤醒喂狗例程(HAL库)

```

#define Delay          40*4
int main(void)
{
    EXTI_ConfigTypeDef    ExtiCfg = {0};

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

    /* Clock configuration */
    APP_RCCOscConfig();

    /* Initialize LED */
    BSP_LED_Init(LED_GREEN);

    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;
    /* The following parameters do not need to be configured */
    /* ExtiCfg.Trigger */
    /* ExtiCfg.GPIOSEL */
    HAL_EXTI_SetConfigLine(&ExtiHandle,  &ExtiCfg);

    /* Enable LPTIM1 interrupt */
    HAL_NVIC_SetPriority(TIM6_LPTIM1_DAC_IRQn,  0,  0);
    HAL_NVIC_EnableIRQ(TIM6_LPTIM1_DAC_IRQn);
    APP_IwdgConfig();
    /* Turn on LED */
    BSP_LED_On(LED_GREEN);

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

```

```

/* Turn off LED */
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_DelayNops(RatioNops);

    /* Configure LPTIM for once mode and enable interrupt */
    HAL_LPTIM_SetOnce_Start_IT(&LPTIMConf, 51);

    /* Suspend SysTick interrupt */
    HAL_SuspendTick();

    /* VCORE = 0.8V when enter stop mode */
    PwrStopModeConf.LPVoltSelection = PWR_STOPMOD_LPR_VOLT_0P8V;
    PwrStopModeConf.FlashDelay = PWR_WAKEUP_HSIEN_AFTER_MR;
    PwrStopModeConf.WakeUpHsiEnableTime = PWR_WAKEUP_FLASH_DELAY_1US;
    HAL_PWR_ConfigStopMode(&PwrStopModeConf);

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

    /* Resume Systick */
    HAL_ResumeTick();
    if (HAL_IWDG_Refresh(&lwdgHandle) != HAL_OK)
    {
        APP_ErrorHandler();
    }
    HAL_GPIO_TogglePin(GPIOB, GPIO_PIN_1);
}
}
static void APP_IwdgConfig()
{
    lwdgHandle.Instance = IWDG; /* Select IWDG */
    lwdgHandle.Init.Prescaler = IWDG_PRESCALER_32; /* Configure prescaler as 32 */
    lwdgHandle.Init.Reload = (1024); /* IWDG counter reload value is 1024, 1s */
    /* Initialize IWDG */
    if (HAL_IWDG_Init(&lwdgHandle) != HAL_OK)
    {
        APP_ErrorHandler();
    }
}

```

```

}
/**
 * @brief   LPTIM AutoReloadMatchCallback
 * @param   None
 * @retval  None
 */
void HAL_LPTIM_AutoReloadMatchCallback(LPTIM_HandleTypeDef *LPTIMConf)
{
    BSP_LED_Toggle(LED_GREEN);
}

/**
 * @brief   Clock configuration function
 * @param   None
 * @retval  None
 */
static void APP_RCCOscConfig(void)
{
    RCC_OscInitTypeDef OSCINIT = {0};
    RCC_PeriphCLKInitTypeDef LPTIM_RCC = {0};

    /* Oscillator configuration */
    OSCINIT.OscillatorType = RCC_OSCILLATORTYPE_LSI; /* Select oscillator LSI */
    OSCINIT.LSIState = RCC_LSI_ON; /* Enable LSI */
    OSCINIT.PLL.PLLState = RCC_PLL_NONE; /* PLL configuration
    unchanged */
    /*OSCINIT.PLL.PLLSource = RCC_PLLSOURCE_HSI; */
    /*OSCINIT.PLL.PLLMUL = RCC_PLL_MUL2; */
    /* Configure oscillator */
    if (HAL_RCC_OscConfig(&OSCINIT) != HAL_OK)
    {
        APP_ErrorHandler();
    }

    /* LPTIM clock configuration */
    LPTIM_RCC.PeriphClockSelection = RCC_PERIPHCLK_LPTIM; /* Select peripheral clock:
    LPTIM */
    LPTIM_RCC.LptimClockSelection = RCC_LPTIMCLKSOURCE_LSI; /* Select LPTIM clock
    source: LSI */
    /* Peripheral clock initialization */
    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 = {0};
    __HAL_RCC_GPIOB_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_1;
    HAL_GPIO_Init(GPIOB, &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)
{
    /* Infinite loop */
    while (1)
    {
    }
}
```

附录 2

2.PY32F040读取information区域中存放的Vreferint 1.2V实测值(具体地址见3.3)

```
#define HAL_VREF_INT          (*(uint8_t*)(0x1fff3023))
#define HAL_VREF_DEC          (*(uint8_t*)(0x1fff3022))
#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;
}
```