

前言

PY32L020 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 48 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 PY32L020 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	PY32L020

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 冻结功能注意事项	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	RCC 注意事项	10
14	版本历史	11
附录 1	12
1.1	PY32L020 低功耗模式下, 定时唤醒喂狗例程(LL 库)	12
1.2	PY32L020 低功耗模式下, 定时唤醒喂狗例程(HAL 库)	15
附录 2	18
	PY32L020 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)
          {
            // 超时处理逻辑
          }
        }
      }
    }
  }
}
```

```

    }
#endif
    }
LL_mDelay(1);
}
}

```

3 ADC 使用注意事项

3.1 ADC 软件配置

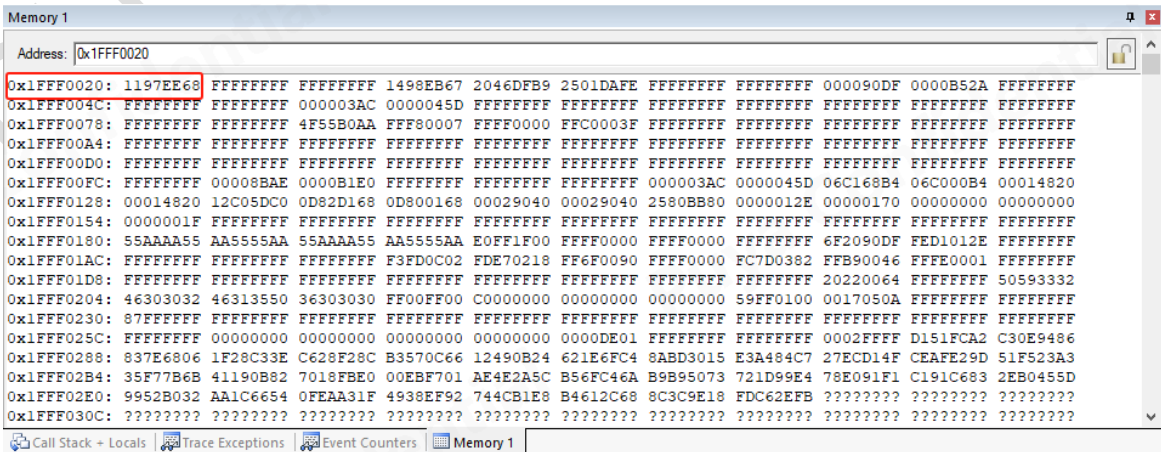
- 切换 ADC 通道，需要关闭 ADC 使能;
- ADC 使能后需要增加 8 个 ADC 时钟的延时，才可以使能转换，否则会影响采样精度;
- 进休眠模式前，需要复位 ADC 模块;
- 模拟看门狗仅监测单通道 0 时，不生效;
- ADC CLK 分频大于 1 时，检测到 EOC 标志后，需等待 1 个 ADC CLK 再清 EOC 标志;
- GPIO 直接驱动大功耗器件会影响 ADC 采样结果(例如数码管显示，建议数码管显示的时候不采样 ADC，或者在数码管的各个数据线上串入 10-100 Ω 电阻，可根据实际情况进行调整);
- 在切换 ADC 从连续模式到非连续模式之前，需要先关闭 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 位是实际值，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 Vreferint 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：

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

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：

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

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 $40 \mu\text{s} * \text{PSC}$ ，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 $160 \mu\text{s} * \text{PSC}$ ，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 4 个 LSI 时钟周期。(约需 $160 \mu\text{s}$ ，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 $160 \mu\text{s}$ ，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 $100 \Omega \sim 1 \text{ K}\Omega$ 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 冻结功能注意事项

9.1 注意事项

- IWDG 使能以后无法关闭且冻结功能无效。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；

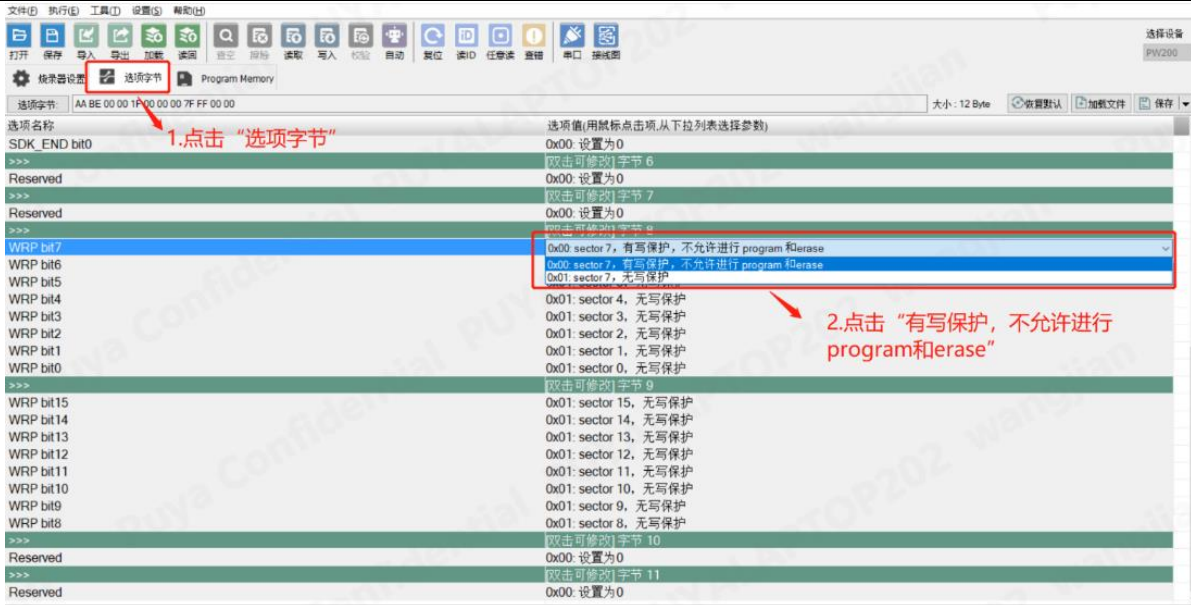


图 10-1 创芯工坊操作 Option 写保护

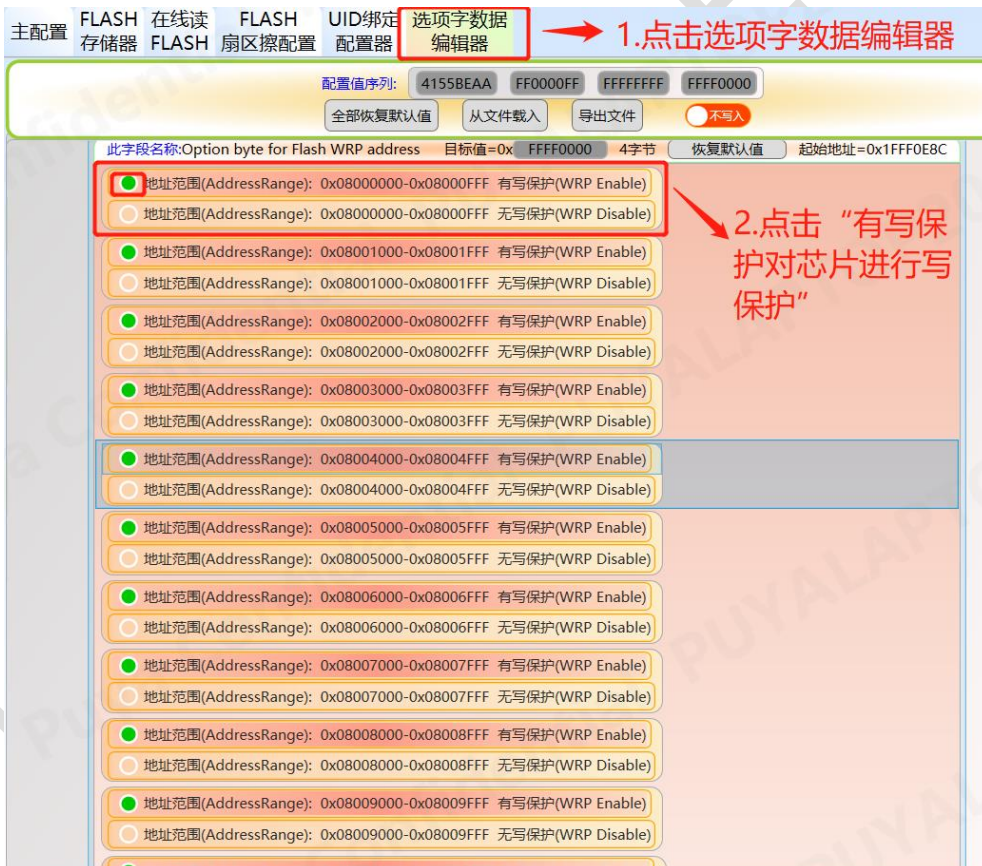


图 10-2 轩微操作 Option 写保护

- 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 RCC 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。

14 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/ V1.9	2025.07.22	修改 LPTIM 模块内容
V2.0	2025.12.05	新增 RCC 模块



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 PY32L020 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 = SYSCCLK */
LL_RCC_SetAHBPrescaler(LL_RCC_SYSCCLK_DIV_1);

/* HSI used as SYSCCLK clock source */
LL_RCC_SetSysClkSource(LL_RCC_SYS_CLKSOURCE_HSI);
while(LL_RCC_GetSysClkSource() != LL_RCC_SYS_CLKSOURCE_STATUS_HSI)
{
}

/* 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)
{
/* Enable 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(160); //必须在此处增加160us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 PY32L020 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(160);           //必须在此处增加160us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_InitStruct;
__HAL_RCC_GPIOA_CLK_ENABLE(); /* Enable the GPIO clock*/
GPIO_InitStruct.Mode = GPIO_MODE_OUTPUT_PP; /* GPIO mode is OutputPP */
GPIO_InitStruct.Pull = GPIO_PULLUP; /* pull up */
GPIO_InitStruct.Speed = GPIO_SPEED_FREQ_HIGH; /* The speed is high */
GPIO_InitStruct.Pin = GPIO_PIN_3;
HAL_GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStruct);
}
/**
 * @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

PY32L020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;
}
```