LPADC 数据超标唤醒MCU

NuMicro® 32 位系列微控制器范例代码介绍

文件信息

应用简述	M2L31 系列的 MCU 在休眠状态下 LPADC 自主工作、定期采样，并且每次与设定阈值比较，若数值超标就唤醒 MCU，否则不唤醒 MCU。
BSP 版本	M2L31_Series_BSP_CMSIS_V3.01.000
开发平台	NuMaker-M2L31KI V2.1

The information described in this document is the exclusive intellectual property of Nuvoton Technology Corporation and shall not be reproduced without permission from Nuvoton.

Nuvoton is providing this document only for reference purposes of NuMicro microcontroller and microprocessor based system design. Nuvoton assumes no responsibility for errors or omissions.

All data and specifications are subject to change without notice.

For additional information or questions, please contact: Nuvoton Technology Corporation.

www.nuvoton.com

1. 概述

M2L31 有一些外设在 MCU 休眠状态仍可保持工作，如 LPTimer、LPADC 和 LPUART 等。本例程配置 LPTimer 周期性的触发 LPADC 启动转换，转换结果若超标就唤醒 MCU、代码处理后续事情；转换结果若不超标，MCU 保持休眠状态。此代码实现了在最低功耗下保持对传感器的监测。

1.1 原理

配置 M2L31 的 LPTIMER 为周期计数模式，在 NPD4 休眠模式保持工作，溢出时触发 LPADC 启动转换。

配置 M2L31 的 LPADC 在 NPD4 休眠模式保持工作，并 LPADC 数据每次与指定阈值比较，超标就唤醒 NPD4 模式下的 MCU。

1.2 执行结果

如果 LPADC 数据超过指定值（代码中是 2048），MCU 被唤醒，PC14 上的红色 LED 会闪一下，然后 MCU 再次进入 NPD4 休眠模式。LPADC 数据不超标 LED 不会闪。

可将 LPADC 输入引脚 PB2 连到 VDD 或地，观察红色 LED 是否闪烁，或用示波器测量 LED 控制引脚 PC14 的波形，验证代码执行正常。可用微安表测量 LED 不闪时 MCU 的电流，详见第 3 章连接图。

2. 代码介绍

为进一步降低功耗，CPU 时钟使用 MIRC 并配置为 1 MHz，LPTimer0 和 LPADC 的时钟也使用 MIRC。

LPADC 的初始化代码如下，前三句配置 LPADC 单端模式，由 LPTimer0 触发启动转换。中间两句配置 LPADC 的数值比较器，数值超过 0x800 后唤醒 MCU。最后两句使能中断。

```
void LPADC_Init(void)
{
    SYS->VREFCTL |= SYS_VREFCTL_VBGFEN_Msk;

    /* Enable LPADC converter */
    LPADC_POWER_ON(LPADC0);

    LPADC_Open(LPADC0, LPADC_ADCR_DIFFEN_SINGLE_END, LPADC_ADCR_ADMD_SINGLE, BIT2);

    /* LPTMR0 triggered */
    LPADC_SelectAutoOperationMode(LPADC0, LPADC_AUTOCTL_TRIGSEL_LPTMR0);

    LPADC_ENABLE_CMP0(LPADC0, 2,  LPADC_ADCMPR_CMPCOND_GREATER_OR_EQUAL, 0x800, 1);

    /* Enable LPADC wakeup */
    LPADC0->AUTOCTL |= LPADC_AUTOCTL_CMP0WKEN_Msk;

    /* Enable interrupt bit */
    LPADC_ENABLE_INT(LPADC0, LPADC_CMP0_INT);

    /* Enable NVIC */
    NVIC_EnableIRQ(LPADC0_IRQn);
}
```

LPADC 如果被唤醒，还需要把唤醒标志清 0，才能再次进入休眠模式。此代码在中断里。

```
void LPADC0_IRQHandler(void)
{
    /* Clear wakeup flag */
    LPADC0->AUTOSTS = 7;

    /* Clear interrupt flag */
    LPADC0->ADSR0 = 7;
}
```

Main 函数里配置完时钟和引脚，配置了 LPTimer0，修改 LPTimer0 计数值就可改变 LPADC 的数据流快慢，最后 LED 闪两下，表明代码在执行了，后面 LPADC 数据若不超标 LED 就不会再亮。

```
int32_t main(void)
{
      ……

    /* 1MHz/2500 = 400sps,  8MHz/625 = 12.8Ksps */
    LPTMR0->CMP = 2500 - 1;
    LPTMR0->TRGCTL = LPTMR_TRGCTL_TRGEN_Msk;
    LPTMR_Start(LPTMR0);

    LPADC_Init();

    GPIO_ReInit();
    GPIO_SetMode(PB, BIT2,  GPIO_MODE_INPUT);
    GPIO_SetMode(PC, BIT14, GPIO_MODE_OUTPUT);

    /* LED flashes 2 times indicating MCU restart */
    PC14 &= ~1;

    for (Cnt = 0; Cnt < 50;  ++Cnt) __NOP();

    PC14 |= 1;

    for (Cnt = 0; Cnt < 50000; ++Cnt) __NOP();

    PC14 &= ~1;

    for (Cnt = 0; Cnt < 50;  ++Cnt) __NOP();

    PC14 |= 1;

    SYS_ENABLE_LVR();
    SYS_DISABLE_BOD();
    SYS_DISABLE_POR();

    /* NPD013 & SPD0 need this */
    SYS_SetPowerLevel((0x2UL << SYS_PLCTL_PLSEL_Pos));
    CLK_SetPowerDownMode(CLK_PMUCTL_PDMSEL_NPD4);

    while (1)
    {
        CLK_PowerDown();
        PC14 &= ~1;

        /* LED light about 20us when MIRC = 1MHz */
        for (Cnt = 0; Cnt < 5;  ++Cnt) __NOP();

        PC14 |= 1;
    }
}
```

主循环里让 MCU 进入休眠,若被唤醒就让 LED 亮 20us，能目测到一点亮光，示波器能测到波形。

3. 软件与硬件需求

3.1 软件需求

- BSP 版本
  - M2L31_Series_BSP_CMSIS_V3.01.000
- IDE 版本
  - Keil uVersion 5.28

3.2 硬件需求

- 电路组件
  - NuMaker-M2L31KI V2.1
- 线路示意图
  - 将 PB2 连到 VDD，红色 LED 会因 LPADC 数据超标连续闪烁，PB2 接地 LED 不会闪。

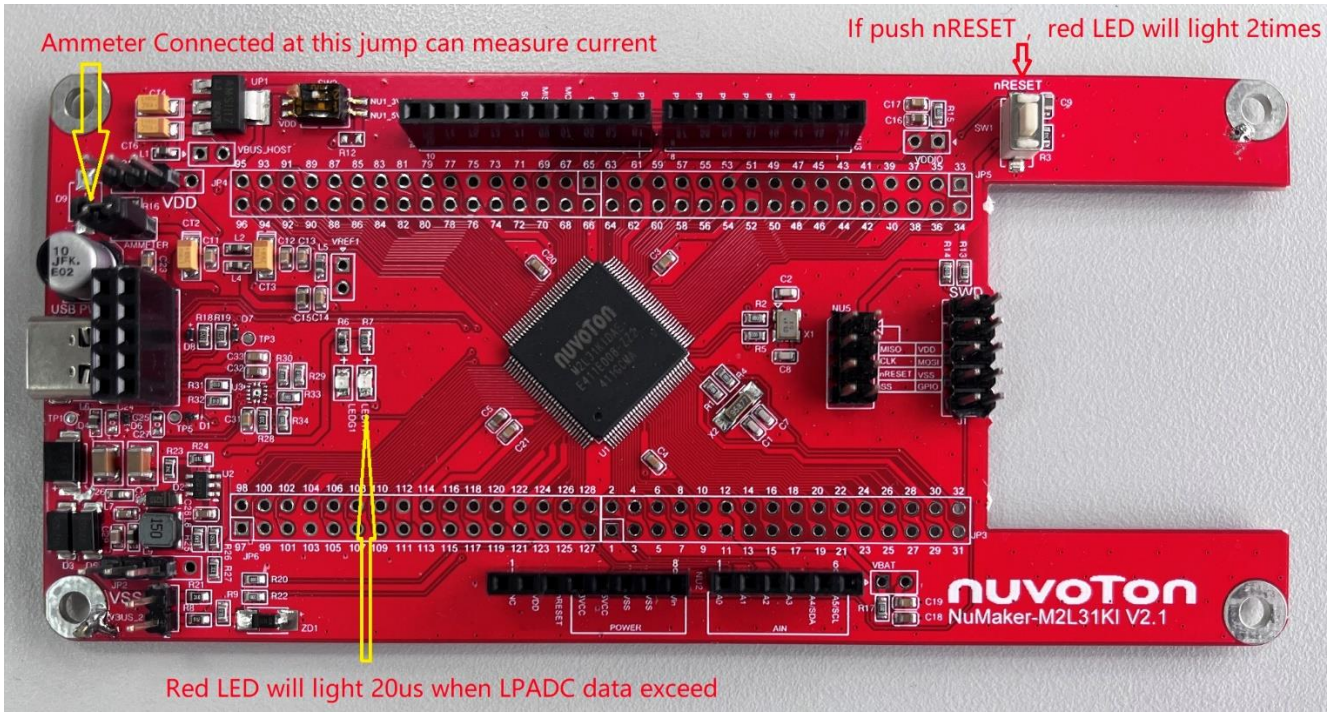

图 3-1 线路示意图

4. 目录信息

EC_M2L31_LPADC_ResultMonitor_Wakeup_NPD4_V1.00	
Library	Sample code header and source files
CMSIS	Cortex® Microcontroller Software Interface Standard (CMSIS) by Arm® Corp.
Device	CMSIS compliant device header file
StdDriver	All peripheral driver header and source files
SampleCode	
ExampleCode	
Project	Source file of example code

图 4-1 目录信息

5. 例程执行

1. 根据目录信息章节进入 ExampleCode 路径中的 KEIL 文件夹，双击 *EC_M2L31_LPADC_ResultMonitor_Wakeup_NPD4.uvprojx*。
2. 进入编译模式界面
   - 编译
   - 下载代码至内存
   - 按复位执行代码

6. 修订纪录

Date	Revision	Description
2024.06.6	1.00	初始发布。

Important Notice

Nuvoton Products are neither intended nor warranted for usage in systems or equipment, any malfunction or failure of which may cause loss of human life, bodily injury or severe property damage. Such applications are deemed, "Insecure Usage".

Insecure usage includes, but is not limited to: equipment for surgical implementation, atomic energy control instruments, airplane or spaceship instruments, the control or operation of dynamic, brake or safety systems designed for vehicular use, traffic signal instruments, all types of safety devices, and other applications intended to support or sustain life.

All Insecure Usage shall be made at customer's risk, and in the event that third parties lay claims to Nuvoton as a result of customer's Insecure Usage, customer shall indemnify the damages and liabilities thus incurred by Nuvoton.

Please note that all data and specifications are subject to change without notice.
All the trademarks of products and companies mentioned in this datasheet belong to their respective owners.