SPC2168 SIO_QEPV2 使用指南

版本 A/1 – 2023 年 3 月

概述

QEP（Quadrature Encoder Pulse）是一种处理编码器正交输出信号的功能模块。SPC2168 内建三个 SIO 单元。使用 SIO 单元的可编程性，实现了 SIO_QEPV2 的功能，能够进行计数、测速等功能。

目录

图片列表

表格列表

版本历史

版本	日期	作者	状态	变更
1	2022 年 02 月 22 日	韩伟	Outdated	设计 V2.5.0：第一次 release。
2	2022 年 07 月 20 日	韩伟	Outdated	设计 V2.6.0：基于 V2.5.0，修复 SIO_Init()驱动错误，添加 SIO_Deinit()功能
3	2022 年 07 月 25 日	韩伟	Outdated	设计 V2.6.1：更换 PIN： QA : SIO0_PIN3 -> GPIO21 QB : SIO0_PIN4 -> GPIO22 QZ : SIO0_PIN5 -> GPIO23
4	2022 年 07 月 26 日	韩伟	Outdated	设计 V2.6.2：更换 PIN： QA : SIO0_PIN10 -> GPIO10 QB : SIO0_PIN11 -> GPIO11 QZ : SIO0_PIN12 -> GPIO12
5	2022 年 08 月 16 日	韩伟	Outdated	设计 V2.7.0：基于 V2.6.0，修复设计代码中的错误，该错误会导致反向旋转时候无法产生 zevent 事件
6	2022 年 08 月 16 日	韩伟	Outdated	设计 V2.7.1：更换 PIN： QA : SIO0_PIN10 -> GPIO10 QB : SIO0_PIN11 -> GPIO11 QZ : SIO0_PIN12 -> GPIO12
7	2022 年 08 月 17 日	韩伟	Outdated	设计 V2.8.0：基于 V2.7.0，添加 unit timer 使能控制
8	2022 年 08 月 17 日	韩伟	Outdated	设计 V2.8.1：更换 PIN： QA : SIO0_PIN10 -> GPIO10 QB : SIO0_PIN11 -> GPIO11 QZ : SIO0_PIN12 -> GPIO12
A/0	2022 年 08 月 26 日	韩伟	Outdated	设计 V2.9.0：基于 V2.8.0，更新 SIO_Init()，SIO_DeInit()，SIO_QEPV3_Init()相关驱动，修正写 PLA 的时序。增加 SIO_Enable()，SIO_Disable()，SIO_QEPV3_Program()。修改文件格式。
A/1	2023 年 03 月 13 日	韩伟	Released	设计 V2.10.0：基于 v2.9.0， 1. 修复 Zevent 错误。在检测到 Qz active 的边沿后，且在 Zevent 发生之前，此期间 Qdir 发生改变则忽略当前检测到的 Qz 边沿事件。旧的设计会根据该情况下的 Qz active 边沿产生 Zevent 事件，导致 POSCNT 错误复位，POSLAT 锁存的值不等于 0 或者 POSMAX。 2. 添加 Qz 极性控制。

术语或缩写

术语或缩写	描述
SIO	Smart Input Output
QEP	Quadrature Encoder Pulse

1 SIO_QEPV2 特性

SIO_QEPV2 支持以下功能：

- 支持 Qa、Qb 正交输入（Quadrature）；
- 支持 Qa、Qb 最快 250KHz（即 Qclk 频率最快为 1MHz）；
- 支持 Qz 信号，且极性可配；
- 支持 32 位的位置计数器（POSCNT），计数范围[0：POSMAX]；
- 支持软件初始化 POSCNT；
- 支持 Qz 零位事件（Zevent）复位 POSCNT，根据计数方向（Qdir）：
  - Qdir == 1：检测到 Zevent，POSCNT 锁存到 POSLAT，并且复位为 0；
  - Qdir == 0：检测到 Zevent，POSCNT 锁存到 POSLAT，并且复位为 POSMAX；
- 支持测周法测速（v = x / dt）：
  - 正交计数脉冲（Qclk）预分频计数器（QPS）计数溢出，产生 Qevent 事件，并且将 CaptureTimer 计数值锁存到 CTMRLAT；
- 支持测频法测速（v = dx / t）：
  - UnitTimer 计时超时，将速度计数器（SCNT）计数值锁存到 SCNTLAT，然后 SCNT 复位；
  - Qdir == 1：SCNT 向上计数，计数到 0xFFFFFFFF 溢出或者 UnitTimer 计时超时，复位为 0x0；
  - Qdir == 0：SCNT 向下计数，计数到 0x0 溢出或者 UnitTimer 计时超时，复位为 0xFFFFFFFF；
- 支持启动和停止；
- 支持中断：
  - 计数方向（Qdir）改变事件；
  - Qclk 分频事件（Qevent）：
  - 零位事件（Zevent）：
  - POSCNT 上溢和下溢事件：
  - SCNT 上溢和下溢事件：
  - CaptureTimer 超时事件（CaptureTimer 向上计数，CaptureTimer >= 0x80000000）；
  - WatchdogTimer 看门狗超时事件（WatchdogTimer 向下计数，WDT == 0x0）；
  - UnitTimer 超时事件（UnitTimer 向下计数，UnitTimer == 0）；
  - Qa、Qb 信号边沿相位错误：
    - Qa 和 Qb 同时发生边沿事件；
  - 位置匹配事件（POSCNT == POSCMP）；

表 1-1: 管脚分配

SIO 模块名	SIO 管脚编号	GPIO 管脚编号	功能
SIO0	0	GPIO0	QA
SIO0	1	GPIO1	QB
SIO0	2	GPIO2	QZ

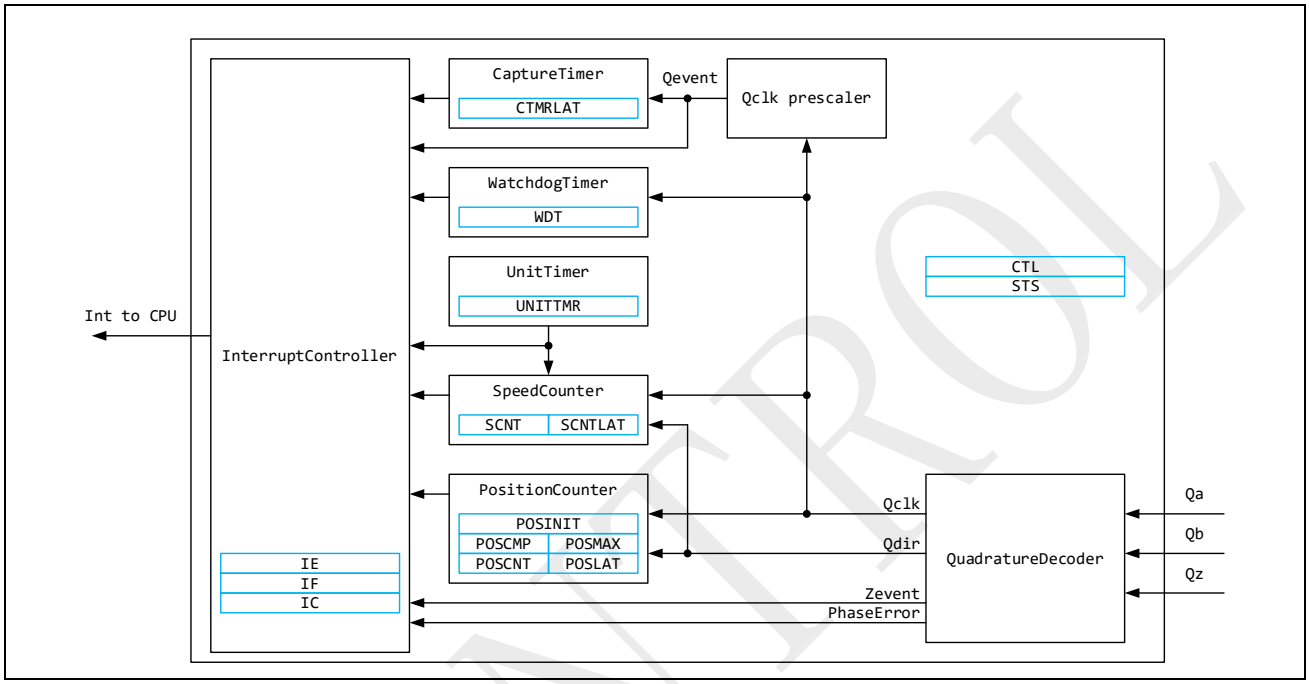
注意事项：

- SIO 时钟频率 F_{sio} <= 100MHz；
- 不支持通过修改 SIO 配置文件里的 SIO 管脚数组来实现管脚的重新分配。需要不同的配置文件，请联系 Spintrol 工程师。

2 SIO_QEPV2 系统概述

如图 2-1 所示，SIO_QEPV2 模块由正交解码、位置计数器（PositionCounter）、速度计数器（SpeedCounter）、边沿事件捕获计时器（CaptureTimer）、测速单元定时器（UnitTimer）、边沿事件看门狗定时器（WatchdogTimer）、中断控制等组成。

图 2-1: 基于 SIO 的 QEP 系统架构



2.1 正交解码和位置计数

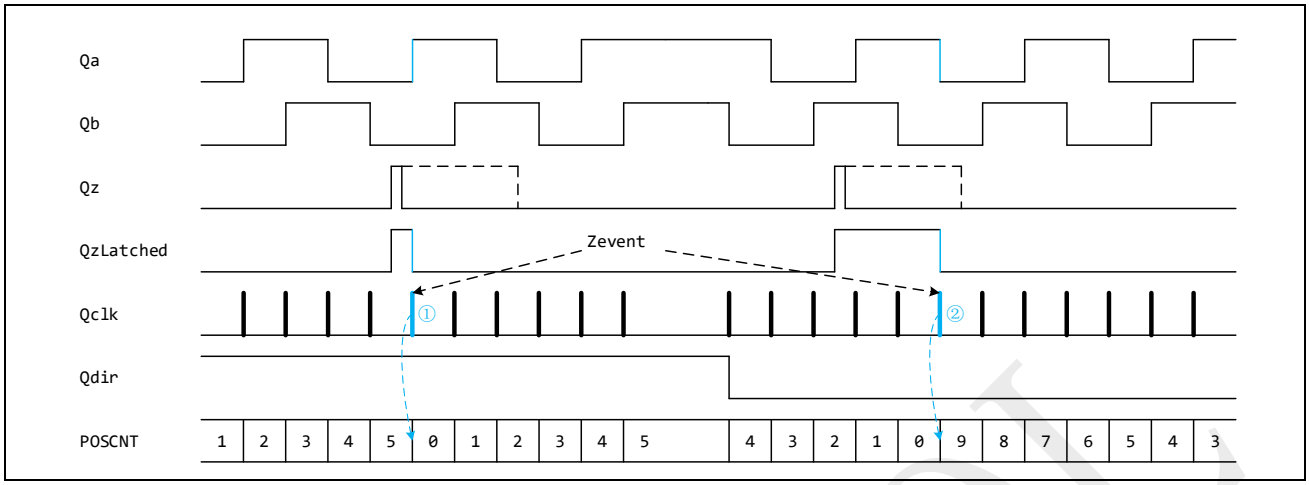
正交解码模块输入为编码器 Qa、Qb、Qz 信号。Qa、Qb 为正交模式输入信号，Qz 为零位（ZeroIndex）信号。不支持输入信号滤波功能。解码模块输出为：

- Qdir：解码后的计数方向信号；
- Qclk：Qa、Qb 的有效计数脉冲信号；
- Zevent：零位事件；

位置计数器 POSCNT 主要根据 Qdir 和 Qclk 进行计数，计数范围为[0:POSMAX]，并且具有位置比较功能。当 Zevent 发生时候，会将 POSCNT 锁存到位置锁存寄存器 POSLAT，并且根据 Qdir 复位 POSCNT。支持软件初始化 POSCNT 值为 POSINIT 值。

关于位置计数器 POSCNT 和 Zevent 的功能，如图 2-2 所示。

图 2-2: 位置计数（以 POSMAX=9 为例）



Qa、Qb 的每个边沿都会产生 Qclk，触发 SCNT 根据当前方向 Qdir 进行计数。计数方向 Qdir 根据 Qa、Qb 的相位关系定义为：

- Qa 超前 Qb：Qdir 为 1，POSCNT 向上计数。当 POSCNT==POSMAX，Qclk 触发时候，计数向上溢出，且 POSCNT 复位为 0；
- Qa 滞后 Qb：Qdir 为 0，POSCNT 向下计数。当 POSCNT==0，Qclk 触发时候，计数向下溢出，且 POSCNT 复位为 POSMAX；

定义第一次 Zevent 发生时候，锁存的方向和 Qa、Qb 为 FirstIndexLatchedQdirection、FirstIndexLatchedQA、FirstIndexLatchedQB，该事件的标志为 FirstIndexLatchedFlag。则零位事件 Zevent 的定义为：

- 检测 Qz 信号的上升沿事件，QzLatched 信号置 1；
- 启动后，Qclk 第一次检测到 QzLatched 为高，FirstIndexLatchedFlag 设置为 1，且记录当前 Qa、Qb 的边沿信息 FirstIndexLatchedQA、FirstIndexLatchedQB 和当前方向 FirstIndexLatchedQdirection；
- 当 Qdir == FirstIndexLatchedQdirection，Qclk 检测到 QzLatched 为高，且 Qa、Qb 边沿信息和第一次记录的信息 FirstIndexLatchedQA、FirstIndexLatchedQB 相同，当前 Qclk 为 Zevent 事件，如图 2-2 中标记①所示；
- 当 Qdir != FirstIndexLatchedQdirection，Qclk 检测到 QzLatched 为高，且 Qa、Qb 边沿信息和第一次记录的信息 FirstIndexLatchedQA、FirstIndexLatchedQB 相对（例如，第一次记录时，Qa 为上升沿，则反转相对位置为 Qa 下降沿，且此时 Qb 电平和 FirstIndexLatchedQB 相同），当前 Qclk 为 Zevent 事件，如图 2-2 中标记②所示；
- Zevent 触发后，QzLatched 信号清 0；

由于 Zevent 导致的 POSCNT 复位：

- Qdir 为 1：检测到 Zevent，POSCNT 锁存到 POSLAT，并且复位为 0；
- Qdir 为 0：检测到 Zevent，POSCNT 锁存到 POSLAT，并且复位为 POSMAX；

注意：

正常情况下，POSLAT 的值应当等于 0 或者 POSMAX；否则的话，可能由于 Qa 或者 Qb 信号有毛刺导致计数错误。

Qz 为高期间，Qdir 不断变化的情况下，最多只有 1 次 Zevent 发生。

2.2 测周法测速和边沿事件捕获计时器

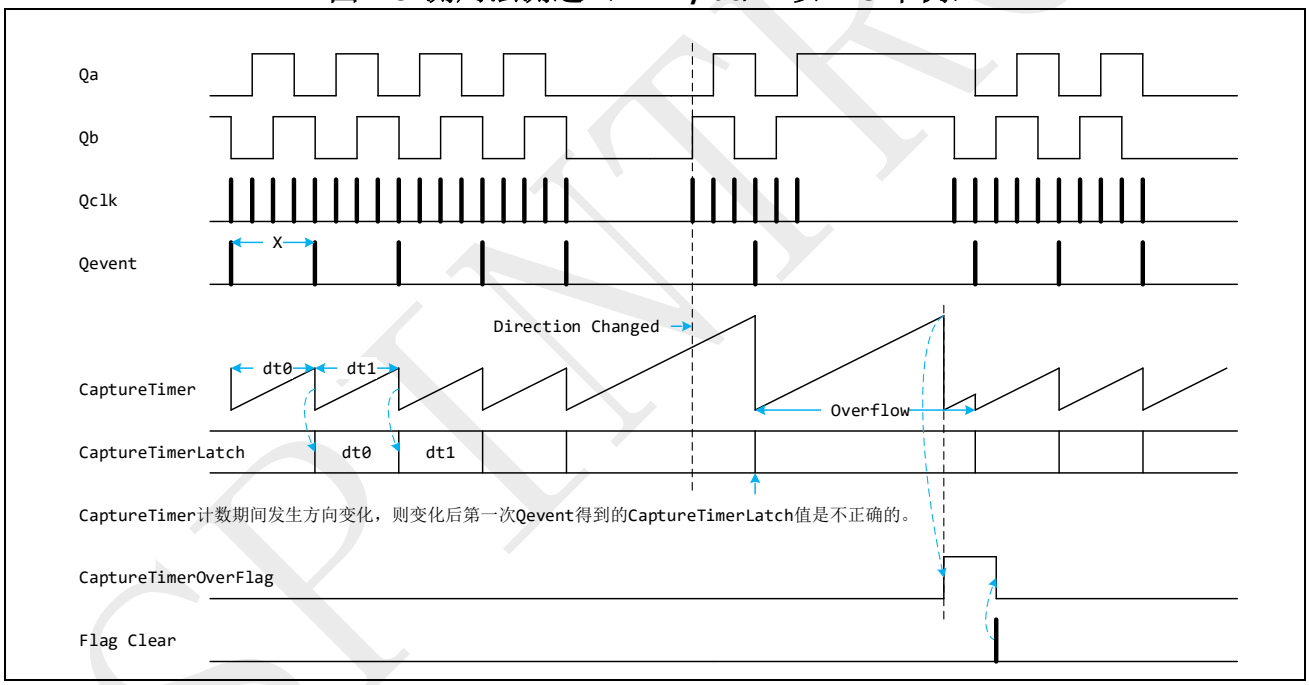
当被测信号频率较低时候，考虑到计数器的计数误差，一般使用测周法来进行频率测量，其公式为：

$$V = \frac{x}{\mathrm{dt}} \qquad (1)$$

V 表示速度；x 表示固定距离；dt 表示走过固定距离所需要的时间。

如图 2-3 所示。Qclk 经过预分频器产生 Qevent 事件，预分频系数为 x。每当 Qevent 发生时候，将 CaptureTimer 当前的计数值锁存到 CaptureTimerLatch（dt），然后复位重新计数。因此速度值可以由上述公式计算出。

图 2-3: 测周法测速（V = X / dt， 以 X=5 举例）



注意：

要得到正确的速度值，要确保 CaptureTimer 没有发生计数溢出（CaptureTimer >= 0x80000000），且计数方向未发生改变。

2.3 测频法测速和测速单元定时器

当被测信号频率较高时候，一般使用测频法来进行频率测量，其公式为：

$$V = \frac{dx}{t} \qquad (2)$$

V 表示速度；dx 表示时间 t 内走过的距离；t 表示设置的时间。

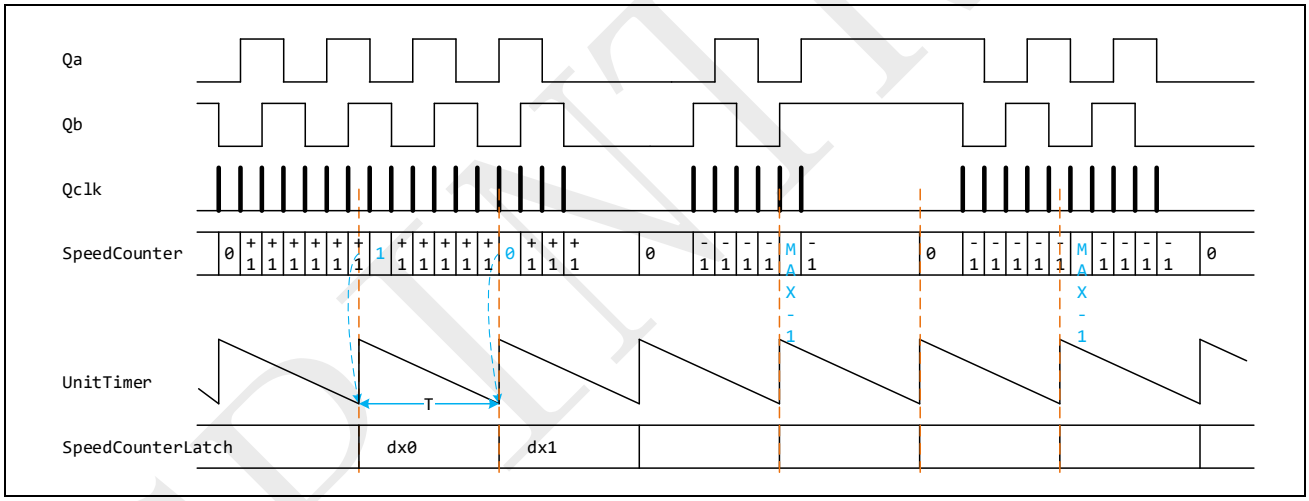
如图 2-4 所示。SpeedCounter 根据 Qdir 进行计数：

- Qdir 为 1：向上计数，计数到 0xFFFFFFFF，复位为 0 重新计数；
- Qdir 为 0：向下计数，计数到 0，复位为 0xFFFFFFFF 重新计数。

设置定时时间为 t，每当定时器 UnitTimer 计时超时的时候，将 SpeedCounter 当前的计数值锁存到 SpeedCounterLatch（dx），然后根据方向复位重新计数。因此速度值可以由上述公式计算出。其中 SpeedCounter 复位为：

- Qdir 为 1：当 UnitTimer 计时超时和 Qclk 同时发生，则 SpeedCounter 复位为 1；
- Qdir 为 0：当 UnitTimer 计时超时和 Qclk 同时发生，则 SpeedCounter 复位为 0xFFFFFFFF；
- 当 UnitTimer 计时超时和 Qclk 未同时发生，SpeedCounter 复位为 0；

图 2-4: 测频法测速（V = dx / T）（MAX 为 0xFFFFFFFF）



注意：

- 要得到正确的速度值，要确保 SpeedCounter 没有发生计数溢出，且计数方向未发生改变。
- 当 SpeedCounter 计数值的绝对值在[0:0x7FFFFFFF]范围内，可以把最高位当作符号位，从而获取带符号的速度值。

2.4 看门狗定时器

Qclk 事件会复位 WatchdogTimer 的计数器，因此当 WatchdogTimer 超时，表示 Qa、Qb 的信号输入电平一直没有变化。

2.5 模块启动和停止

启动时候复位所有状态寄存器和所有功能。

停止后，模块停止工作，当前寄存器值保持不变。

2.6 中断事件

- 计数方向（Qdir）改变事件
- Qclk 分频事件（Qevent）
- 零位事件（Zevent）
- POSCNT 上溢和下溢事件
  - Qdir == 1：Qclk 发生时候，POSCNT == POSMAX，POSCNT 向上溢出，复位为 0；
  - Qdir == 0：Qclk 发生时候，POSCNT == 0，POSCNT 向下溢出，复位为 POSMAX。
- SCNT 上溢和下溢事件
  - Qdir == 1：Qclk 发生时候，SCNT == 0xFFFFFFFF，SCNT 向上溢出，复位为 1；
  - Qdir == 0：Qclk 发生时候，SCNT == 0，SCNT 向下溢出，复位为 0xFFFFFFFF。
- CaptureTimer 超时事件
  - CaptureTimer 向上计数，CaptureTimer >= 0x80000000 时候发生超时。
- WatchdogTimer 看门狗超时事件
  - WatchdogTimer 向下计数，WDT == 0x0 时候发生超时。
- UnitTimer 超时事件
  - UnitTimer 向下计数，UnitTimer ==0 时候发生超时。
- Qa、Qb 信号边沿相位错误
  - Qa 和 Qb 同时发生边沿事件。
- 位置匹配事件
  - POSCNT == POSCMP。

2.7 计数器值和锁存器值的读取

SpeedCounter（SCNT）、SpeedCounterLatch（SCNTLAT）、CaptureTimerLatch（CTMRLAT）、PositionLatch（POSLAT）等 32 位寄存器必须使用如下方式才能获取正确值：

- 必须在相应锁存事件发生后读取锁存的数据；
- 读取数据突变后再读取一次。
  - 32 位寄存器是由两个 16 位寄存器拼接而成的，SIO 逻辑先更新低 16 位，后更新高 16 位。当低 16 位溢出时候，会有 1 个时钟周期的值错误，此时低 16 位突变为 0（Qdir=0）或者 0xFFFF（Qdir=1），且高 16 位保持之前的值不变。

3 SIO_QEPV2 操作方式

Spintrol 提供了相应的软件库来简化该系统的使用。

3.1 配置 SIO 时钟

用户可以通过 SIOCLKCTL 寄存器来配置 SIO 时钟，包括时钟的使能和分频比。具体可参见《SPC2168 Technical Reference Manual》的第 3 章。当 SIO 被配置用作 SIO_QEPV2 时，所允许的 SIO 模块时钟最高频率可达 100MHz（对于部分型号芯片，最高频率会达不到 100MHz，具体参考 TRM）。

3.2 配置 SIO 为 SIO_QEPV2，配置 PINMUX

提供了 SIO_QEPV2_Program()函数，配置 SIO 模块，将其初始化成 SIO_QEPV2；SIO_QEPV2_Init()使能 SIO 运行且配置 PINMUX，将引脚切换至 SIO 通道。用户只需要在代码中直接调用这些函数即可。

注意：

- SIO_QEPV2 的引脚重定义需要联系 Spintrol 工程师进行重新配置，目前暂不支持客户自定义。
- 当使用多个 SIO 模块，需要先调用所有的 SIO_XXX_Program()函数，确保所有 SIO 模块的 uCode 和 PLA 配置完成后，再调用所有的 SIO_XXX_Init()函数，使能各个模块及配置 IO 管脚。

SIO_QEPV2 初始化代码如下：

示例代码 3-1：SIO_QEPV2 初始化

```
/* Config Flash Timing for 200 MHz */
FLASH_WALLOW();
FLASH_SetTiming(200000000);
FLASH_WDIS();

/* Clock Init */
CLOCK_InitWithRCO(CLOCK_HCLK_200MHZ);

/* Configure SIO Clock, maximum clock is 100MHz */
CLOCK_SetModuleDiv(SIO0_MODULE, 2);
CLOCK_EnableModule(SIO0_MODULE);

/* SIO program to SIO_QEPV2 function */
SIO_QEPV2_Program(SIOx);

/* SIO_QEPV2 Init */
SIO_QEPV2_Init(SIOx);
```

示例代码 3-1：SIO_QEPV2 初始化

```
/* Parameters setting */
SIO_QEPV2_SetQzPolarity( SIOx, eQzPol );
SIO_QEPV2_SetComparePosition( SIOx, u32CmpPosition );
SIO_QEPV2_SetMaximumPosition( SIOx, u32MaxPosition );
SIO_QEPV2_SetInitialPosition( SIOx, u32InitPosition );
SIO_QEPV2_EnableInitPosition( SIOx );
SIO_QEPV2_SetQclkPrescaler( SIOx, u16QclkPrescaler );
SIO_QEPV2_SetUnitTimerPeriod( SIOx, u16UnitTimerCntLow, u16UnitTimerCntHigh );
SIO_QEPV2_SetWatchdogTimerPeriod( SIOx, u16WatchdogTimerCntLow,
u16WatchdogTimerCntHigh );

/* Enable interrupt */
SIO_QEPV2_EnableInt( SIOx, u16IntSel );
NVIC_EnableIRQ(SIO0A_IRQn);

/* Enable unit tmier */
SIO_QEPV2_EnableUnitTimer( SIOx );

/* Enable run */
SIO_QEPV2_Enable( SIOx );
```

3.3 位置初始化

示例代码 3-2：SIO_QEPV2 位置初始化

```
SIO_QEPV2_SetInitialPosition( SIOx, u32InitPosition );
SIO_QEPV2_EnableInitPosition( SIOx );
```

3.4 获取位置计数，方向

示例代码 3-3：SIO_QEPV2 读取位置计数器和计数方向

```
/* Get position and direction */
u32Data = SIO_QEPV2_GetPosition(SIOx) ;
u16Dir  = SIO_QEPV2_GetStatus(SIOx, SIOQEPV2_STS_DIRECTION) ? 1 : 0 ;
PRINT_INFO("D: %d; Pos: %u", u16Dir, u32Data );
/* Get speed counter */
i32SpeedCnt = SIO_QEPV2_GetSpeedCounter(SIOx) ;
PRINT_INFO("SCNT: %d", i32SpeedCnt );
```

3.5 测周法测速

示例代码 3-4：SIO_QEPV2 测周法测速

```
/* Get speed by suvery cycle */
u16QclkPrescaler       = SIO_QEPV2_GetQclkPrescaler( SIOx );
u32LatchedCaptureTimer = SIO_QEPV2_GetCaptureTimerLatchValue( SIOx );
/* */
f64Speed0     = 1.0e9 * u16QclkPrescaler / ( u32LatchedCaptureTimer * ( 1.0e9 /
f64Clock ) ) ;
f64Speed0_rpm = f64Speed0 / 4 * 60 / ( u32MaxPosition + 1 ) ;
PRINT_INFO("CSpeed is %f Hz ( %f rpm )", f64Speed0, f64Speed0_rpm );
```

3.6 测频法测速

示例代码 3-5：SIO_QEPV2 测频法测速

```
/* Get speed by suvery frequency */
u32UnitTimerCnt      = SIO_QEPV2_GetUnitTimerPeriod( SIOx );
u32UnitTimerPeriod   = u32UnitTimerCnt * ( 1.0e9 / f64Clock ) ;
i32LatchedSpeedCounter     = SIO_QEPV2_GetSpeedCounterLatchValue( SIOx );
/* */
f64Speed1 = 1.0e9 * i32LatchedSpeedCounter / u32 UnitTimerPeriod ;
f64Speed1_rpm = f64Speed1 / 4 * 60 / ( u32MaxPosition + 1 ) ;
PRINT_INFO("FSpeed is %f Hz ( %f rpm )", f64Speed1, f64Speed1_rpm );
```

3.7 中断

示例代码 3-6：SIO_QEPV2 读取位置计数器和计数方向

```
uint16_t u16Flag ;

uint16_t u16IntSel = 0xFFFF;

u16Flag = SIO_QEPV2_GetIntFlag(SIOx, u16IntSel);
SIO_QEPV2_ClearInt(SIOx, u16Flag);

if ( u16Flag & SIOQEPV2_INT_DIRECTION_CHANGED          )
{
    SIO_QEPV2_DirectionChangedIntCallback(SIOx) ;
}

if ( u16Flag & SIOQEPV2_INT_PHASE_ERROR                )
{
    SIO_QEPV2_PhaseErrorIntCallback(SIOx) ;
}

if ( u16Flag & SIOQEPV2_INT_POSITION_MATCH             )
{
    SIO_QEPV2_PositionCompareMatchIntCallback(SIOx) ;
}

if ( u16Flag & SIOQEPV2_INT_QEVENT                     )
{
    SIO_QEPV2_QeventIntCallback(SIOx) ;
}

if ( u16Flag & SIOQEPV2_INT_ZEVENT                     )
```

示例代码 3-6：SIO_QEPV2 读取位置计数器和计数方向

```
{
    SIO_QEPV2_ZeventIntCallback(SIOx) ;
}

if ( u16Flag & SIOQEPV2_INT_UNIT_TIMER_TIMEOUT          )
{
    SIO_QEPV2_UnitTimerTimeoutIntCallback(SIOx) ;
}

if ( u16Flag & SIOQEPV2_INT_CAPTURE_TIMER_TIMEOUT       )
{
    SIO_QEPV2_CaptureTimerTimeoutIntCallback(SIOx) ;
}

if ( u16Flag & SIOQEPV2_INT_WATCHDOG_TIMER_TIMEOUT      )
{
    SIO_QEPV2_WatchdogTimerTimeoutIntCallback(SIOx) ;
}

if ( u16Flag & SIOQEPV2_INT_POSITION_COUNTER_UNDERFLOW )
{
    SIO_QEPV2_PositionCounterUnderflowIntCallback(SIOx) ;
}

if ( u16Flag & SIOQEPV2_INT_POSITION_COUNTER_OVERFLOW  )
{
    SIO_QEPV2_PositionCounterOverflowIntCallback(SIOx) ;
}

if ( u16Flag & SIOQEPV2_INT_SPEED_COUNTER_UNDERFLOW     )
{
    SIO_QEPV2_SpeedCounterUnderflowIntCallback(SIOx) ;
}

if ( u16Flag & SIOQEPV2_INT_SPEED_COUNTER_OVERFLOW      )
{
    SIO_QEPV2_SpeedCounterOverflowIntCallback(SIOx) ;
}
```

4 API 函数

注意：函数详细功能请参考驱动代码注释。

表 4-1: API 函数列表

函数名称	说明
void SIO_QEPV2_Program(SIOx)	SIO 编程为 SIO_QEPV2 功能
void SIO_QEPV2_Init(SIOx)	SIO_QEPV2 初始化
void SIO_QEPV2_Enable(SIOx)	使能 SIO_QEPV2 运行
void SIO_QEPV2_Disable(SIOx)	停止运行
uint16_t SIO_QEPV2_IsEnable(SIOx)	读取判断是否正在运行
void SIO_QEPV2_EnableInitPosition(SIOx)	使能位置初始化功能
void SIO_QEPV2_DisableInitPosition(SIOx)	停止位置初始化功能
uint16_t SIO_QEPV2_IsEnableInitPosition(SIOx)	读取判断是否使能位置初始化
void SIO_QEPV2_EnableUnitTimer(SIOx)	使能 UnitTimer
void SIO_QEPV2_DisableUnitTimer(SIOx)	停止运行 UnitTimer
uint16_t SIO_QEPV2_IsEnableUnitTimer(SIOx)	读取判断是否使能 UnitTimer
SIO_QEPV2_SetQzPolarity(SIOx,ePol)	设置 Qz 极性
SIOQEPV2_QzPolarityEnum SIO_QEPV2_GetQzPolarity(SIOx)	读取 Qz 极性设置
void SIO_QEPV2_SetInitialPosition(SIOx,u32Pos)	设置初始位置
uint32_t SIO_QEPV2_GetInitialPosition(SIOx)	读取初始位置
void SIO_QEPV2_SetQclkPrescaler(SIOx,u16Prescaler)	设置 Qclk 预分频系数
uint16_t SIO_QEPV2_GetQclkPrescaler(SIOx)	读取 Qclk 预分频系数
void SIO_QEPV2_SetComparePosition(SIOx,u32Pos)	设置比较位置
uint32_t SIO_QEPV2_GetComparePosition(SIOx)	读取比较位置
void SIO_QEPV2_SetMaximumPosition(SIOx,u32Pos)	设置最大位置
uint32_t SIO_QEPV2_GetMaximumPosition(SIOx)	读取最大位置
uint32_t SIO_QEPV2_GetPosition(SIOx)	读取当前位置
void SIO_QEPV2_SetUnitTimerPeriod(SIOx, u16PrdLow,u16PrdHigh)	设置 UnitTimer 周期。周期为：（PrdLow+1）*（PrdHigh+1）* SIO_CLK_Period。其中 PrdLow 必须大于 0xFF。
uint32_t SIO_QEPV2_GetUnitTimerPeriod(SIOx)	获取 UnitTimer 周期
uint32_t SIO_QEPV2_GetPositionLatchValue(SIOx)	获取 Zevent 触发时候锁存的位置值
uint32_t SIO_QEPV2_GetCaptureTimerLatchValue(SIOx)	获取 Qevent 出发时候锁存的 CaptureTimter 计数值
void SIO_QEPV2_SetWatchdogTimerPeriod(SIOx, u16PrdLow,u16PrdHigh)	设置 WDT 周期。周期为：（PrdLow+1）*（PrdHigh+1）* SIO_CLK_Period。其中 PrdLow 必须大于 0xFFF。
uint32_t SIO_QEPV2_GetWatchdogTimerPeriod(SIOx)	获取 WDT 周期
uint32_t SIO_QEPV2_GetSpeedCounter(SIOx)	获取用于测速的计数器值

函数名称	说明
uint32_t SIO_QEPV2_GetSpeedCounterLatchValue(SIOx)	获取 UnitTimer 超时时候锁存的测速计数器值
void SIO_QEPV2_EnableInt(SIOx, u16IntSel)	使能中断
void SIO_QEPV2_DisableInt(SIOx, u16IntSel)	停止中断
uint16_t SIO_QEPV2_IsEnableInt(SIOx, u16IntSel)	读取判断是否使能中断
uint16_t SIO_QEPV2_GetIntFlag(SIOx, u16IntSel)	获取中断标志
void SIO_QEPV2_ClearInt(SIOx, u16IntSel)	清除中断标志
uint16_t SIO_QEPV2_IsClearInt(SIOx)	判断中断清除是否结束
uint16_t SIO_QEPV2_GetStatus(SIOx, u16Query)	获取状态
void SIO_QEPV2_IRQHandler(SIOx)	中断服务程序
void SIO_QEPV2_DirectionChangedIntCallback(SIOx)	中断响应事件回调函数
void SIO_QEPV2_PhaseErrorIntCallback(SIOx)	中断响应事件回调函数
void SIO_QEPV2_PositionCompareMatchIntCallback(SIOx)	中断响应事件回调函数
void SIO_QEPV2_QeventIntCallback(SIOx)	中断响应事件回调函数
void SIO_QEPV2_ZeventIntCallback(SIOx)	中断响应事件回调函数
void SIO_QEPV2_UnitTimerTimeoutIntCallback(SIOx)	中断响应事件回调函数
void SIO_QEPV2_CaptureTimerTimeoutIntCallback(SIOx)	中断响应事件回调函数
void SIO_QEPV2_WatchdogTimerTimeoutIntCallback(SIOx)	中断响应事件回调函数
void SIO_QEPV2_PositionCounterUnderflowIntCallback(SIOx)	中断响应事件回调函数
void SIO_QEPV2_PositionCounterOverflowIntCallback(SIOx)	中断响应事件回调函数
void SIO_QEPV2_SpeedCounterUnderflowIntCallback(SIOx)	中断响应事件回调函数
void SIO_QEPV2_SpeedCounterOverflowIntCallback(SIOx)	中断响应事件回调函数

5 代码示例

以 SIO0 为例子，参考 demos 目录下的例程。

6 寄存器

6.1 SIO_QEPV2 寄存器表

表 6-1: SIO 模块基地址

外设模块	基地址
SIO0	0x4000B000
SIO1	0x4000C000
SIO2	0x4000D000

注意　对 SPC2168，SIO 的 FIFO 深度为 8，宽度为 16-bits。

SIO_QEPV2 的寄存器和功能定义请参考相应驱动函数中的描述，此处不再赘述。