# QEI 用户手册

# 目录

1 QEI....4
1.1 IO 映射....5
1.2 QEI 各部分功能介绍....5
1.2.1 可编程数字噪声滤波器....5
1.2.2 正交解码器....6
1.2.3 16 位递增/递减位置计数器....9
1.2.4 QEI 用作备用 16 位定时器/计数器....11
1.2.5 QEI 中断....12
1.3 操作步骤....12
1.3.1 定时器/计数器功能....13
1.3.2 QEI 功能....13
1.4 寄存器....13
2 历史....22

Copyright ©2020, www.tai-action.com. All Rights Reserved. 

# 关于本手册

本手册提供了 QEI 模块在使用过程中需要了解的内容，包括模块介绍、使用步骤和寄存器等。

# 关于一些记数约定

本手册使用了以下通用约定，这些约定在本手册内有效：

- 十六进制数表示为 suffix’h。例如：16’ha301，表示该数的二进制数位宽为 16，十六进制数形式值为 a301。
- 十进制数表示为 suffix’d。例如：2’d3，表示该数的二进制数位宽为 2，十进制数形式值为 3。
- 二进制数表示为 suffix’b。例如：3b’001，表示该数的二进制数位宽为 3,二进制数形式值为 001。

Copyright ©2020, www.tai-action.com. All Rights Reserved.

# 1 QEI

正交编码器接口（Quadrature Encoder Interface，QEI）模块提供了用于获得机械位置数据的增量式编码器的接口。正交编码器（也称为增量式编码器或光电式编码器）用于检测旋转运动系统的位置和速度，也可用于实现多种电机控制应用的闭环控制，例如开关磁阻（SwitchedReluctance，SR）电机和交流感应电机 （AC Induction Motor，ACIM）。

典型的正交编码器包括一个放置在电机传动轴上的开槽的轮子和一个用于检测该轮上槽口的发射器 / 检测器模块。通常，有三个输出通道： A 相 （QEAx）、 B 相 （QEBx）和索引 （INDXx），可提供有关电机传动轴运动的信息，包括距离和方向。A 相和 B 相这两个通道之间的关系是惟一的。如果 A 相超前于 B 相，那么电机的旋转方向被认为是正向的。如果 A 相滞后于 B 相，那么电机的旋转方向则被认为是反向的。每机械旋转一圈产生一个索引脉冲，作为基准用来确定绝对位置。这三个信号的相对时序图，请参见图 1-1。编码器产生的正交信号可以有 4 种各不相同的状态 （00、 01、 10 和 11），这些状态反映了 QEAx 和 QEBx 之间的关系。图 1-1 给出了一个计数周期中的这些状态。当旋转的方向改变时，这些状态的顺序与此相反。

每次状态改变时，正交解码器就会递增或递减 16 位递增 / 递减计数器 （POSCNT）。当 QEAx 超前于 QEBx 时，计数器递增；当 QEBx 超前于 QEAx 时，计数器递减。

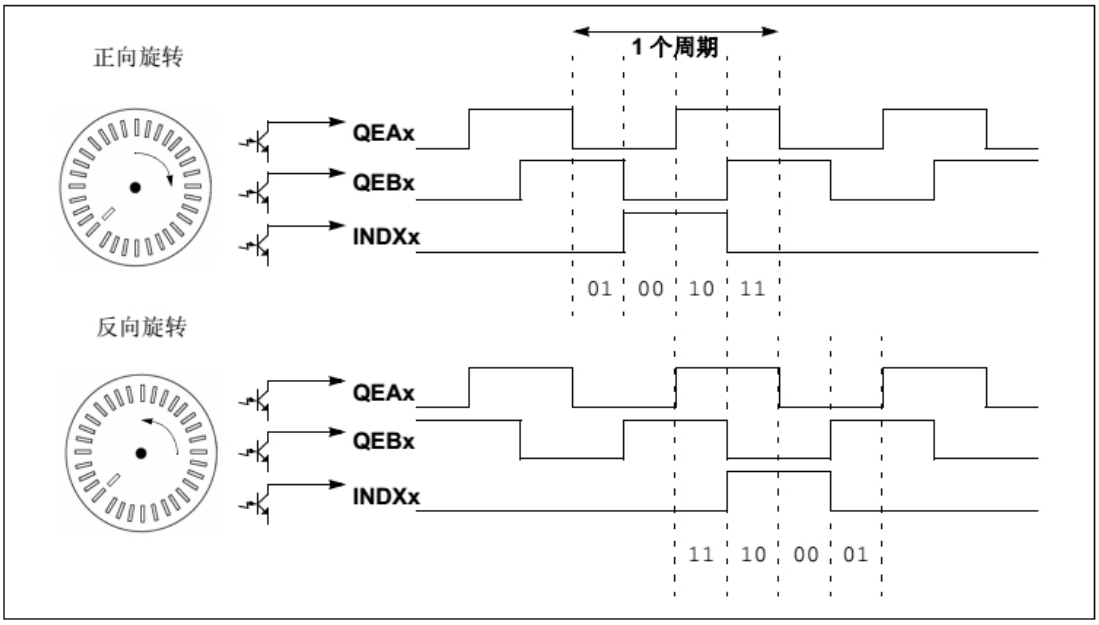



**图 1-1 正交编码器接口信号**

下图 1-2 是 QEI 的模块框图，此模块包括下列特性：

- 3 个输入通道，即 2 个相位信号和 1 个索引脉冲；
- 可编程数字噪声滤波器；
- 可获取机械位置数据和速度数据；
- 16 位递增/递减位置计数器；
- 支持位置测量模式（x2 和 x4）；
- 支持交替的 16 位定时器/计数器模式；

Copyright ©2020, www.tai-action.com. All Rights Reserved.

➢ QEI 或计数器事件产生中断；

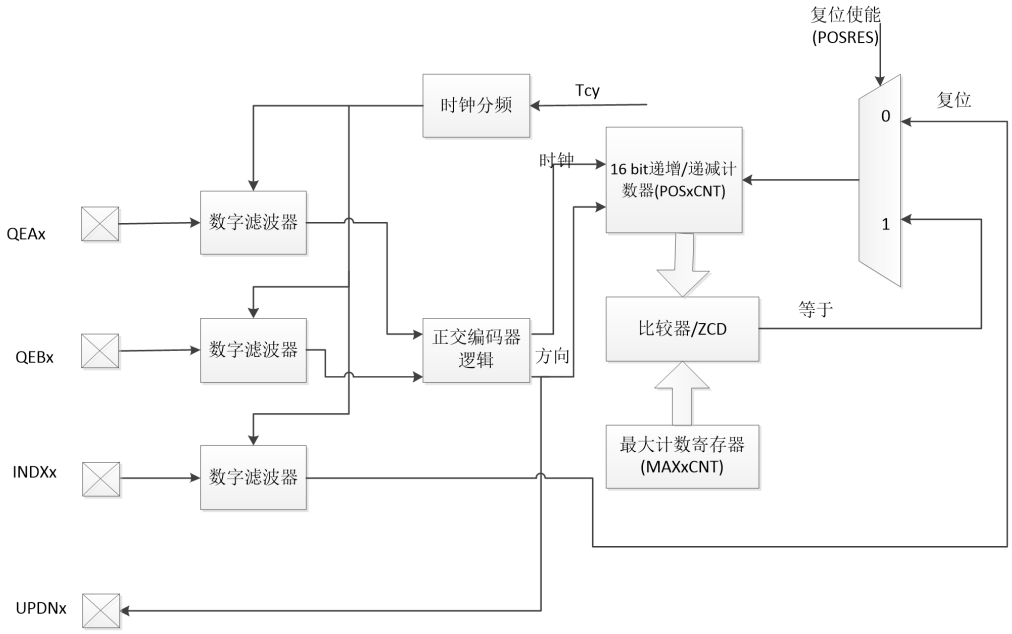



**图 1-2 正交编码器的模块框图**

注意：仅当 QEIM（QEICON[10:8]）= 100 或 110 时，才发生索引脉冲复位位置计数器。

## 1.1 IO 映射

QEA PB13
QEB PB14
INDX PB15
UPDN PB12

## 1.2 QEI 各部分功能介绍

### 1.2.1 可编程数字噪声滤波器

QEI 模块使用数字噪声滤波器来滤除输入索引脉冲和正交信号中的噪声。这些滤波器用于滤除低电平噪声和通常在电机系统中出现的幅度大且持续时间短的噪声尖峰。只有输入电平在 3 个连续的时钟上升沿都获得同一个值之后，才允许经过滤波的输出信号发生变化。这会导致时钟上升沿之间短的噪声尖峰被忽略，小于两个时钟周期的脉冲被滤除。滤波器时钟的速率决定滤波器的低通带。滤波器时钟越慢，将导致通带滤除的频率越低。滤波器时钟是由器件 FCY 时钟经过可编程分频器分频后得到的。将数字信号控制寄存器中的数字滤波器输出使能位 QEOUT （DFLTCON[7]）置 1，将使能 QEAx、 QEBx 和 INDXx 输入的滤波器。数字滤波器时钟位 QECK （DFLTCON[6:4]）用于指定 QEAx、 QEBx 和 INDXx 通道所使用的滤波器时钟分频比。

图 1-3 为数字噪声滤波器的简化框图。图 1-4 显示了输入信号和经过滤波的输出信号之

Copyright ©2020, www.tai-action.com. All Rights Reserved.

间的关系，其中 3 个连续的时钟脉冲验证输入信号的值。

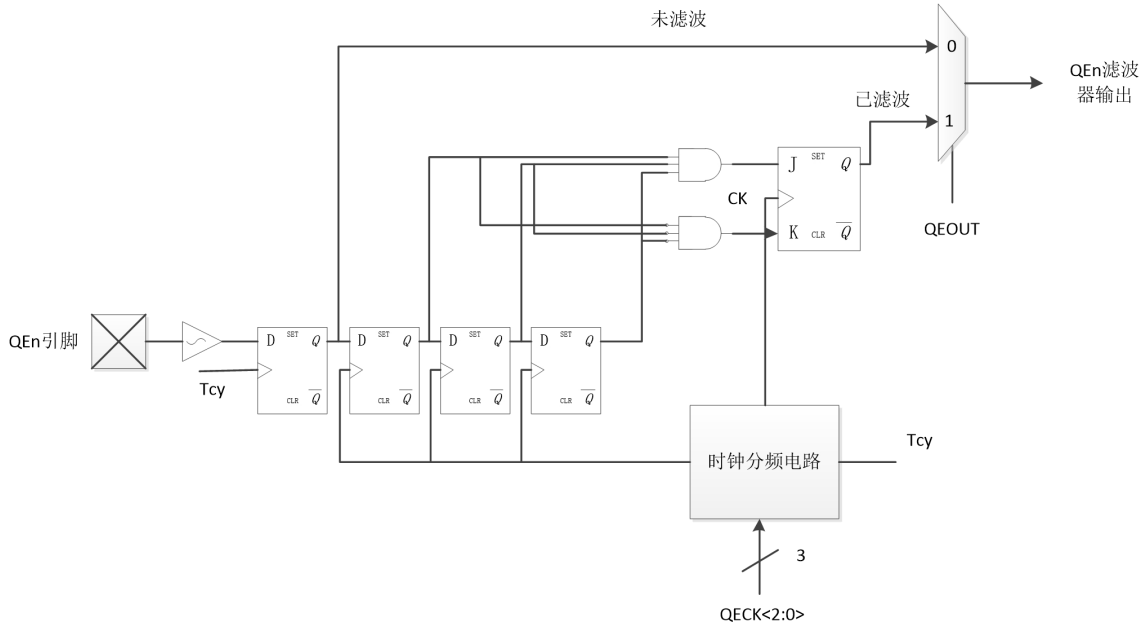



**图 1-3 数字滤波器框图**

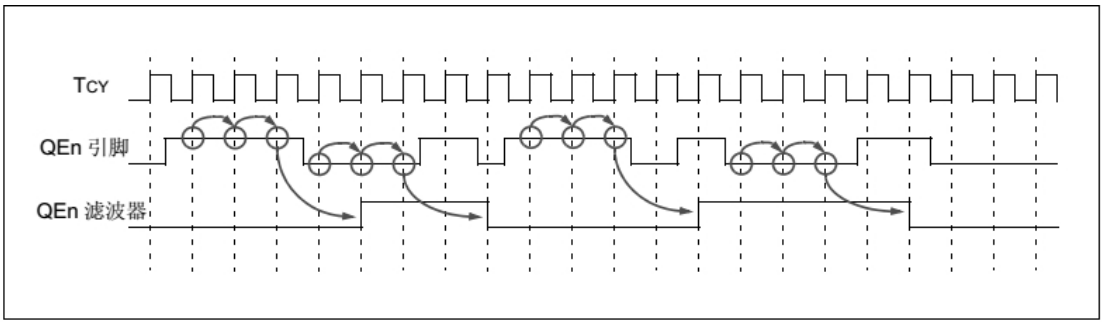



**图 1-4 滤波信号输入输出的关系**

### 1.2.2 正交解码器

正交解码器将经过滤波的输入信号转换为计数信息。 QEI 电路将输入信号的分辨率乘以为 2 或 4 的因数 （x2 或 x4 解码）。当正交编码器控制寄存器中的正交编码器接口模式选择位 QEIM（QEICON[10:8]）配置为 010、011、100、101、110、111 时，选择位置测量模式。当 QEIM（QEICON[10:8]） = 011、110、111 时，选择 x4 测量模式，且 QEI 逻辑在 A 相和 B 相输入信号的上升沿和下降沿都能使位置计数器计数。图 1-5 显示了 x4 测量模式可以为确定编码器位置提供更高分辨率的数据 （更多位置计数） 。

Copyright ©2020, www.tai-action.com. All Rights Reserved.

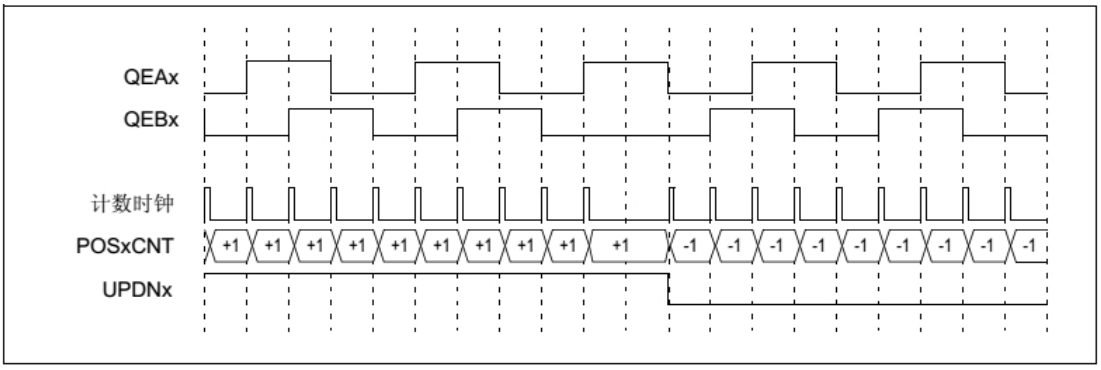



**图 1-5 x4 模式下的正交解码器信号**

当 QEIM（QEICON[10:8]）=010、100、101 时，选择 x2 模式，且 QEI 逻辑仅根据 A 向输入的上升沿和下降沿来确定位置计数器的递增速率。下图显示了在 A 相信号的每个上升沿和下降沿处可使位置计数器递增或递减。B 相信号仍用于确定计数器方向，与 x4 测量模式下完全一样。

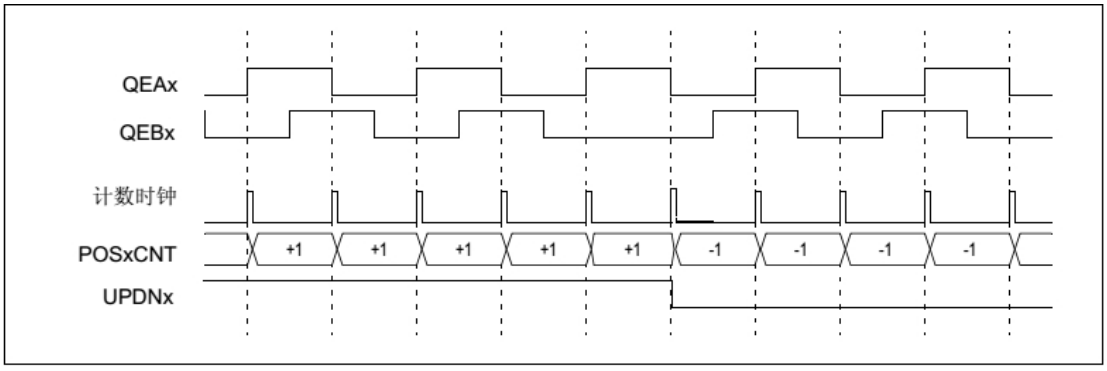



**图 1-6 x2 模式下的正交解码器信号**

### 1.2.2.1 超前/滞后测试说明

由 QEI 逻辑执行超前 / 滞后测试，用来确定 QEAx 和 QEBx 信号的相位关系，从而确定将递增还是递减 POSCNT 寄存器。表 10-1 对超前 / 滞后测试进行了说明。

**表 1-1 超前/滞后测试说明**

| 当前跳变 | 前一次跳变 | 条件 | 操作 | |
|---|---|---|---|---|
| QEAx↑ | QEB↓ | QEAx 超前于 QEBx 通道 | UPDNx 设置为 1 | 递增 POSCNT |
| | QEBx↑ | QEAx 滞后于 QEBx 通道 | 将 UPDNx 清零 | 递减 POSCNT |
| | QEAx↓ | 改变方向 | 翻转 UPDNx | 递增/递减 POSCNT |
| QEAx↓ | QEB↓ | QEAx 滞后于 QEBx 通道 | 将 UPDNx 清零 | 递减 POSCNT |
| | QEBx↑ | QEAx 超前于 QEBx 通道 | UPDNx 设置为 1 | 递增 POSCNT |

Copyright ©2020, www.tai-action.com. All Rights Reserved.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | QEAx↑ | 改变方向 | 翻转 UPDNx | 递增/递减 POSCNT |
| QEBx↑ | QEAx↓ | QEAx 滞后于 QEBx 通道 | 将 UPDNx 清零 | 递减 POSCNT |
| | QEAx↑ | QEAx 超前于 QEBx 通道 | UPDNx 设置为 1 | 递增 POSCNT |
| | QEB↓ | 改变方向 | 翻转 UPDNx | 递增/递减 POSCNT |
| QEB↓ | QEAx↓ | QEAx 超前于 QEBx 通道 | UPDNx 设置为 1 | 递增 POSCNT |
| | QEAx↑ | QEAx 滞后于 QEBx 通道 | 将 UPDNx 清零 | 递减 POSCNT |
| | QEBx↑ | 改变方向 | 翻转 UPDNx | 递增/递减 POSCNT |

#### 1.2.2.2 计数方向状态

如前所述， QEI 逻辑根据 A 相和 B 相的时间关系产生 UPDNx 信号。 UPDNx 信号可以在 I/O 引脚上输出。将位置计数器方向状态输出使能位 PCDOUT（QEIO[4]）置 1，将使 UPDNx 信号驱动至输出引脚。除输出引脚外，还将此内部 UPDNx 信号的状态提供给特殊功能寄存器 QEICON[11]，该位作为只读位，用 UD 表示。

#### 1.2.2.3 编码器计数方向

正交计数的方向由正交编码器控制寄存器中的输入交换选择位 SWPAB （QEIO[3]）决定。如果 SWPAB = 0，A 相输入送到正交计数器的 A 输入，B 相输入送到正交计数器的 B 输入。因此，当 A 相信号超前于 B 相信号时，正交计数器在每个边沿都递增。这种情况（QEAx 信号超前于 QEBx 信号）被定义为运动的正方向。如果将 SWPAB =1，使 A 相输入送到正交计数器的 B 输入， B 相输入送到正交计数器的 A 输入。因此，如果器件引脚上的 A 相信号超前于 B 相信号，那么正交计数器的 A 相输入将滞后于 B 相输入。这种情况下，则为反方向旋转，且计数器在每个正交脉冲递减。

#### 1.2.2.4 正交速率

位置控制系统的每分钟旋转数（RPM）都是不一样的。 RPM 与正交编码器线计数共同决定 QEAx 和 QEBx 输入信号的频率。可以将正交编码器信号进行解码，从而在每个正交信号的边沿产生计数脉冲。这样就允许角度位置测量的分辨率最高达到解码器线计数的 4 倍。例如 ：一个 6,000 RPM 的电机使用 4096 线编码器产生的正交计数速率为 ：

((6000/60) * (4096*4)) = 1.6384 MHz。

同样地，一个 10,000 RPM 的电机使用 8,192 线编码器产生的正交计数速率为：

((10000/60) * (8192*4)) = 5.46 MHz。

Copyright ©2020, www.tai-action.com. All Rights Reserved.

### 1.2.3 16 位递增/递减位置计数器

16 位递增 / 递减位置计数器 （POSCNT）对 QEI 逻辑产生的每个计数脉冲进行递增或递减计数。此时计数器充当积分器，其计数值与位置成比例。计数的方向由正交解码器决定。用户软件不仅可以通过读取 POSCNT 寄存器来检查计数的内容，还可以通过向 POSCNT 寄存器写入数据来初始化计数值。改变 QEIM 位不影响位置计数器寄存器的内容。

#### 1.2.3.1 使用位置计数器

系统可以用几种方法来使用位置计数器的数据。在某些系统中，位置计数一直累加，并作为一个代表该系统总位置的绝对值。例如，假设正交编码器固定在一台用来控制打印机的打印头的电机上。工作时，通过将打印头移到最左位置并复位 POSCNT 寄存器来初始化系统。当打印头向右移动时，正交编码器将在 POSCNT 寄存器中开始累加计数。当打印头向左移动时，累加计数将递减。当打印头到达最右位置时，应该达到最大位置计数。如果最大计数小于 $2^{16}$，就可以用 QEI 模块为整个运动范围编码。但是，如果最大计数大于 $2^{16}$，用户软件必须捕捉额外的计数精度。通常，要完成这个工作，模块应被设置为 QEIM（QEICON[10:8]）为 001,010,011,101,111 的模式，即在计数达到规定的最大值时复位计数器的模式。

例如，用螺旋杆移动的工具平台使用了固定在螺旋杆上的正交编码器。工作时，螺旋杆可能需要转 5.5 圈才能到达所要求的位置。用户软件将检测 5 个索引脉冲来为整数转数计数，并且使用位置计数器来测量剩下的半圈。采用这种方法，每转一圈索引脉冲都复位位置计数器，从而初始化计数器并为每圈旋转产生一次中断。

#### 1.2.3.2 使用 MAXCNT 复位位置计数器

当 QEIM（QEICON[10:8]）= 010、011、101、111 时，在位置计数与预先确定的高、低值匹配时，位置计数器将会复位，而不使用索引脉冲复位机制。对于该模式，位置计数器的复位机制以如下方式工作 ：

- 如果编码器正向旋转 （QEAx 超前于 QEBx），并且 POSCNT 寄存器中的值与 MAXCNT 寄存器中的值匹配时，当下一个使 POSCNT 递增的正交脉冲边沿来临时 POSCNT 将被复位。在此计满返回事件发生时将产生中断。
- 如果编码器反向旋转 （QEBx 超前于 QEAx），并且 POSCNT 寄存器中的值递减计数至 0，那么在下一个使 POSCNT 递减的正交脉冲边沿来临时 MAXCNT 寄存器中的值会被装入 POSCNT 寄存器。 在此下溢事件发生时将产生中断。

当将 MAXCNT 中的值用作位置极限时，位置计数器将以 x2 或 x4 编码器模式进行计数。对于标准的旋转编码器，写入 MAXCNT 的适当值应该是 4N-1（x4 位置模式）和 2N-1（x2 位置模式），其中 N 为编码器每转一圈的计数数字。对于系统范围超出 $2^{16}$ 的绝对位置信息，将值 0xFFFF 装入 MAXCNT 寄存器也是合适的。模块在位置计数器发生计满返回或下溢时将会产生中断。

Copyright ©2020, www.tai-action.com. All Rights Reserved.

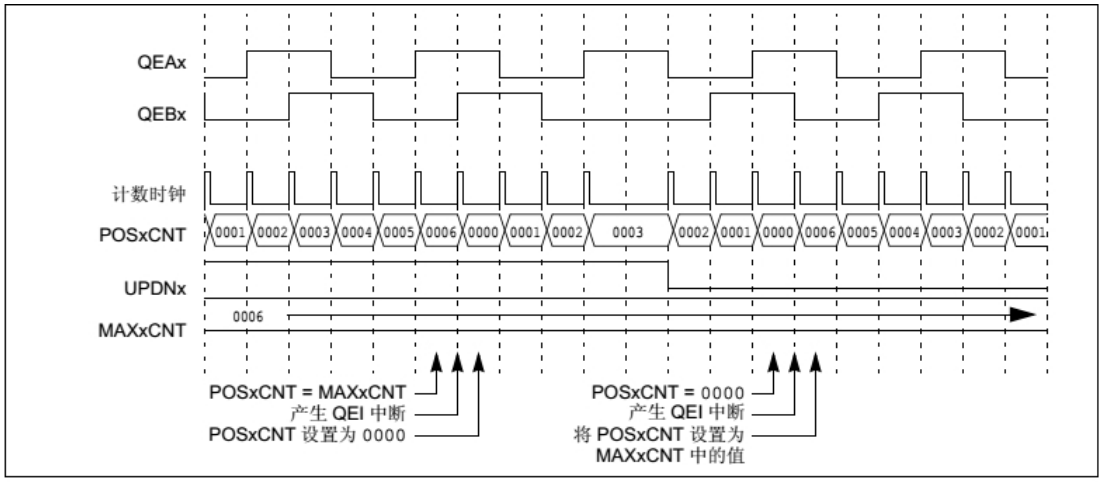



**图 1-7 计满返回/下溢复位——递增/递减位置计数器**

### 1.2.3.3 使用索引复位位置计数器

当 QEIM（QEICON[10:8]）= 010、011、100、110 时索引脉冲可以用于复位位置计数器。在此模式下，位置计数器复位机制以如下方式运行：

- 当 INDXx 引脚接收到索引脉冲时复位位置计数器；
- 如果编码器正向旋转（QEAx 超前于 QEBx），复位位置计数器；
- 如果编码器反向旋转时（QEBx 超前于 QEAx）, MAXCNT 寄存器中的值会被加载进 POSCNT 寄存器中。

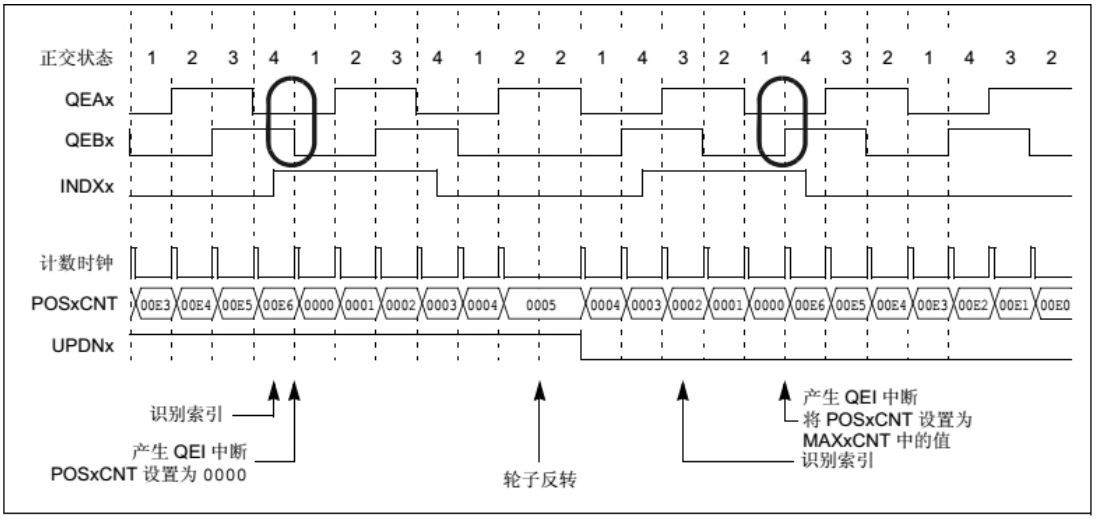



**图 1-8 索引复位模式——递增/递减位置计数器**

(1) 索引脉冲检测标准

来自不同制造商的增量式编码器为索引脉冲使用不同的时序。无论提供的索引脉冲是何种类型，当轮子改变旋转方向时，QEI 保持计数对称。这意味着轮子以正向或反向旋转时，索引脉冲必须在出现相同的相对正交状态转换时复位位置计数器。

注：QEI 索引逻辑确保 POSCNT 寄存器总是在相对于索引脉冲的同一个位置被调整，不考虑旋转的方向。

Copyright ©2020, www.tai-action.com. All Rights Reserved.

(2) 索引匹配值

当 POSCNT 寄存器将被复位时，索引匹配值控制位 IMV （QEICON[15:14]）允许用户软件选择在索引脉冲期间 QEAx 和 QEBx 输入引脚的状态。

(3) 索引脉冲状态

索引引脚状态的状态位 IDX（QEIO[8]）提供索引引脚上的逻辑状态。当位置控制系统在“自引导”序列中搜索基准位置时，该状态位很有用。 IDX 位表示索引引脚在该位经过数字滤波器处理之后的状态 （如果使能）。

(4) 使用索引引脚和 MAXCNT 检查错误

当计数器在索引脉冲复位模式下工作时，QEI 将检测到 POSCNT 寄存器的边界条件。在增量式编码器系统中，这可以用于检测系统错误。

(5) 复位位置计数器

当检测到索引脉冲时，位置计数器复位使能位 PRES （QEICON[2]）将使能位置计数器的复位。仅当 QEI 模块被配置为 QEIM（QEICON[10:8]） = 010、011、100、110 时，才能使用该位。

- 如果 PRES 位被设置为 1，那么当检测到索引脉冲时，复位位置计数器。
- 如果 PRES 位 （QEICON[2]）设置为 0，那么当检测到索引脉冲时，位置计数器不复位。位置计数器将继续进行递增或递减计数，并在计满返回事件或下溢情况发生时复位。在检测到索引脉冲时 QEI 会继续产生中断。

### 1.2.4 QEI 用作备用 16 位定时器/计数器

当 QEIM（QEICON[10:8]）= 001 时，QEI 模块可以被配置为 16 位定时器/计数器。当 QEI 配置为定时器时，POSCNT 可以用作定时器寄存器，MAXCNT 可以用作周期寄存器。当定时器 / 周期寄存器发生匹配时， TMTH_F 位（QEIFLAG[4]）将被置 1。

注： 改变工作模式 （例如，从 QEI 到定时器或从定时器到 QEI）不影响定时器 / 位置计数寄存器的内容。

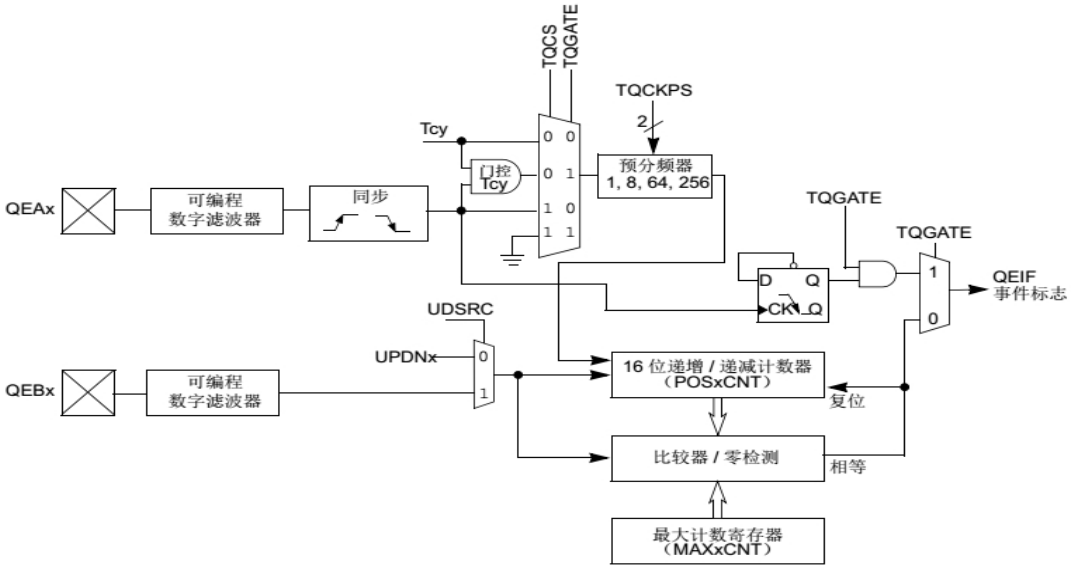



图 1-9 QEI 用做定时器/计数器的框图

Copyright ©2020, www.tai-action.com. All Rights Reserved.

#### 1.2.4.1 递增/递减定时器的操作

和其他大部分定时器不同的是，QEI 定时器可以递增/递减计数。

(1) 当定时器被配置为递增计数时，定时器 （POSCNT）将进行递增计数直到计数与周期寄存器 （MAXCNT）匹配为止。定时器复位为 0 并重新开始递增计数。

(2) 定时器 （POSCNT）进行递减计数直到计数与周期寄存器 （MAXCNT）匹配为止。定时器复位为 0 并重新开始递减计数。

当定时器被配置为递减计数时，为了正确工作，必须遵循以下两条通用工作指导方针：

- MAXCNT 寄存器用作周期匹配寄存器，所需的匹配值来自于计数初始值 0xFFFF。例如，匹配条件需要 0x1000 个定时器计数，周期寄存器必须装入 0xF000。
- 在匹配条件发生时，定时器复位为 0 并且位置计数器方向选择控制位 UDSRC （QEICON[0]）决定由谁控制定时器计数方向状态。

(3) 当 UDSRC = 0 时，定时器计数方向由 UD 位 （QEICON[11]）控制。当 UD = 0 时，定时器递减计数。 当 UPDN = 1 时，定时器递增计数。

(4) 当 UDSRC = 1 时，定时器计数方向由 QEBx 引脚控制。如果 QEBx 引脚为 0，计数方向为递减。如果 QEBx 引脚为 1，计数方向为递增。

#### 1.2.4.2 定时器时钟源

定时器时钟源选择位 TQCS （QEICON[1]）用于选择内部或外部时钟。当 TQCS 位置 1 时，QEI 定时器可以将 QEAx 引脚用作外部时钟输入。 QEI 定时器不支持外部异步计数器模式。如果使用外部时钟源，时钟将自动与内部指令周期 （TCY）同步。当 TQCS （QEICON[1]）和 TG（QEICON[5]）被同时置 1 时，定时器不会递增计数。

#### 1.2.4.3 定时器门控操作

当定时器门控时间累加使能位 TG（QEICON[5]）置 1 并且定时器时钟源选择位清零时，QEAx 引脚会被用作定时器的门控。

### 1.2.5 QEI 中断

根据工作模式， QEI 模块在以下事件发生时将产生中断：

- 在匹配复位模式下 （QEIM（QEIOCON[10:8]）= 010，011，101 和 111），在位置计数器发生计满返回 / 下溢时产生中断。
- 在索引复位模式下 （QEIM（QEIOCON[10:8]）= 010，011，100 和 110），在检测到索引脉冲并可选择将 CNTER 位 （QEICON[3]）置 1 时会产生中断。
- 当作为定时器 / 计数器工作 （QEIM（QEIOCON[10:8]） = 001）时，发生周期匹配事件，或者当 TG = 1 （QEICON[5]）时并且定时器门控信号出现下降沿时，产生中断。
- 更具体的中断源请查看寄存器 QEIFLAG。

## 1.3 操作步骤

Copyright ©2020, www.tai-action.com. All Rights Reserved.

### 1.3.1 定时器/计数器功能

(1) 如果需要 QEA 和 QEB 信号，配置 QEIO 寄存器：
SWPAB：根据需要配置；
QEBP：根据需要配置；
QEAP：根据需要配置；
(2) 如果需要 QEA 和 QEB 信号，配置 DFLTCON：
QEOUT：根据需要配置；
QECK：根据需要配置；
(3) 配置 POSCNT 和 MAXCNT 寄存器；
(4) 配置 QEIE 寄存器：
TMTH_IE：根据需要配置；
(5) 配置 QEICON：
UD：根据需要配置；
QEIM：根据需要配置；
TCKPS：根据需要配置；
TQCS：根据需要配置；
UDSRC：根据需要配置；
(6) 等待结束，可以通过查询 TMTH_F[4]标志位确定是否定时完成
(7) 向 QEICLR 寄存器的相应位写 1 清除 TMTH_F（QEIFLAG[4]）标志位

### 1.3.2 QEI 功能

(1) 配置 QEI 引脚：需要配置 IO 滤波寄存器（DFLTCON）和 IO 控制寄存器（QEIO）。
(2) 配置计数器初始值：POSCNT 寄存器。
(3) 配置计数器最大值：MAXCNT 寄存器。
(4) 如果需要计算速度，在 T MODE 时（QEICON[17]=1）配置 QEI_TIMER_PERIOD 寄存器；在 M MODE 时（QEICON[17]=0）配置 QEI_ROTATE_PERIOD 寄存器。
(5) 配置控制寄存器：QEICON，并设置 QEIM（QEICON[10:8]）= 010~111 以启动 QEI 功能。
(6) 等待结束：可以通过查询标志位寄存器 QEIFLAG 确定是否完成。
(7) 如果要求计算速度，在 M MODE 下：等待 SPEED_CNT_OV 置 1，然后向 QEI_TIMER_CNT_LATCH 寄存器和 QEI_ROTATE_PERIOD 寄存器中获取值以计算转速；在 T MODE 下，等待 SPEED_TIMER_OV 置 1，然后向 QEI_ROTATE_CNT_LATCH 寄存器和 QEI_TIMER_PERIOD 寄存器获取值以计算转速。
(8) 向 QEICLK 寄存器的相应位写 1 清除标志位。

## 1.4 寄存器

2-1 QEICON

Copyright ©2020, www.tai-action.com. All Rights Reserved.

| Bit | 名称 | 复位 | 读/写 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 31：20 | - | 0 | - | - |
| 19:18 | IMV_USE | 0 | RO | 索引匹配值。当索引复位 POSCNT 并且处于正转时，如果 IMVS = 1，那么 IMV_USE = IMV（QEICON[15:14]）。<br>IMV[1] = 索引脉冲匹配 A 相输入的状态<br>IMV[0] = 索引状态匹配 B 相输入的状态 |
| 17 | ROTATE_SPEED _MODE | 0 | RW | 转速计算模式选择位。<br>0：M mode，计算转过固定角度所需要的时间<br>1：T mode，计算固定时间内转过的角度 |
| 16 | ROTATE_SPEED _EN | 0 | RW | 转速计算使能控制。<br>0：关闭<br>1：启动 |
| 15:14 | IMV | 00 | RW | 索引匹配值，当 POSCNT 将被复位时，此位用于用户软件指定 QEA 和 QEB 输入引脚在什么状态的时候复位 POSCNT。只在 QEIM=010，011，100，110，且 IMVS（QEICON[7]）=1 的时候有效。在正转模式的时候的值。<br>IMV[1] = 索引脉冲匹配所要求的 A 相输入信号的状态<br>IMV[0]=索引脉冲匹配所要求的 B 相输入信号的状态 |
| 13 | PH | 0 | RW | 相位选择位，仅当 QEIM = 010，100，101 时有效<br>0：在 QEI X2 模式下，位置计数器对 QEA 信号的变化边沿进行计数<br>1：在 QEI X2 模式下，位置计数器对 QEB 信号的变化边沿进行计数 |
| 12 | - | 0 | - | - |
| 11 | UD | 0 | RW | 位置计数器方向状态位。<br>0：位置计数器方向为反向（-）<br>1：位置计数器方向为正向（+）<br>当 QEIM（QEICON[10:8]）=010~111 时，此位为只读状态；当 QEIM（QEICON[10:8]）=001 时，此位为读/写状态。 |
| 10:8 | QEIM | 000 | RW | 正交编码器接口模式选择位。<br>000：关闭正交编码器接口/定时器<br>001：启动 16 位定时器<br>010：启动正交编码器接口（x2 模式）。第一个索引脉冲复位位置计数器（后面的索引脉冲将不 |

Copyright ©2020, www.tai-action.com. All Rights Reserved.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | 对位置计数器进行复位），然后采用匹配时复位位置计数器<br>011：启动正交编码器（x4）模式，第一个索引脉冲复位位置计数器（后面的索引脉冲不复位位置计数器），然后采用匹配时复位位置计数器<br>100：启动正交编码器接口（x2 模式），由索引脉冲复位位置计数器<br>101：启动正交编码器接口（x2 模式），匹配时复位位置计数器<br>110：启动正交编码器接口（x4）模式，索引脉冲复位位置计数器<br>111：启动正交编码器接口（x4 模式），匹配时复位位置计数器 |
| 7 | IMVS | 0 | RW | 索引匹配值来源。<br>0：来自硬件判定<br>1：来自 IMV（QEICON[15:14]） |
| 6 | - | 0 | - | |
| 5 | TG | 0 | RW | 累加定时器门控时间的使能控制位。<br>0：关闭对定时器门控时间的累加<br>1：打开对定时器门控时间的累加<br>(仅当 QEIM（QEICON[10:8]）=001 时此位有效) |
| 4:3 | TCKPS | 0 | RW | 定时器时钟的预分频比选择位。<br>00：预分频为 1:1<br>01：预分频为 1:8<br>10：预分频为 1:64<br>11：预分频为 1:256<br>仅当 QEIM（QEICON[10:8]）= 001 时，此位有效。 |
| 2 | PRES | 0 | RW | 位置计数器复位使能控制位。<br>0：索引脉冲不复位位置计数器<br>1：索引脉冲复位位置计数器<br>仅当 QEIM（QEICON[10：8]）= 010,011,100，110 时该位有效。 |
| 1 | TQCS | 0 | RW | 定时器时钟源选择位。<br>0：内部时钟（QEI 模块时钟）<br>1：来自 QEA 引脚的外部时钟（由上升沿触发计数）<br>仅当 QEIM（QEICON[10:8]）= 001 时该位有效。 |
| 0 | UDSRC | 0 | RW | 位置计数器方向选择位。<br>0：定时器/计数器（POSCNT）的方向由 UD 位（QEICON[11]）决定 |

Copyright ©2020, www.tai-action.com. All Rights Reserved.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | 1：计数器的方向由 QEB 引脚状态决定<br>仅当 QEIM（QEICON[10:8]）= 001 时此位有效。 |

2-2 QEIO

| Bit | 名称 | 复位 | 读/写 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 15:9 | - | 0 | - | |
| 8 | IDX | 0 | R | 索引引脚的状态配置位（只读）。<br>0：索引引脚为低电平<br>1：索引引脚为高电平 |
| 7:5 | - | 0 | - | |
| 4 | PCDOUT | 0 | RW | 位置计数器的方向状态输出使能控制。<br>0：关闭位置计数器的方向状态输出（正常 I/O 引脚操作下）<br>1：启动位置计数器的方向状态输出（QEI 逻辑控制 I/O 的状态） |
| 3 | SWPAB | 0 | RW | A 相、B 相输入状态转换选择位。<br>0：不交换 A 相、B 相输入信号<br>1：交换 A 相、B 相输入信号 |
| 2 | IDXP | 0 | RW | IDX 输入的极性配置位。<br>0：无任何影响<br>1：反转 IDX 输入 |
| 1 | QEBP | 0 | RW | QEB 输入的极性配置位。<br>0：无任何影响<br>1：反转 QEB 输入 |
| 0 | QEAP | 0 | RW | QEA 输入的极性配置位。<br>0：无任何影响<br>1：反转 QEA 输入 |

2-3 DFLTCON

| Bit | 名称 | 复位 | 读/写 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 15:8 | - | 0 | - | |
| 7 | QEOUT | 0 | RW | 数字滤波器输出使能控制。<br>0：关闭数字滤波器的输出（在正常操作下）<br>1：打开 QEA/QEB/INDX 引脚上的数字滤波器的输出 |
| 6:4 | QECK | 0 | RW | 数字滤波器时钟分频选择位。<br>000：为 QEA/QEB/INDX 进行 1:1 时钟分频<br>001：为 QEA/QEB/INDX 进行 1:2 时钟分频<br>010：为 QEA/QEB/INDX 进行 1:4 时钟分频<br>011：为 QEA/QEB/INDX 进行 1:16 时钟分频<br>100：为 QEA/QEB/INDX 进行 1:32 时钟分频<br>101：为 QEA/QEB/INDX 进行 1:64 时钟分频 |

Copyright ©2020, www.tai-action.com. All Rights Reserved.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | 110：为 QEA/QEB/INDX 进行 1:128 时钟分频<br>111：为 QEA/QEB/INDX 进行 1:256 时钟分频 |
| 3:0 | - | 0 | - | |

2-4 POSCNT

| Bit | 名称 | 复位 | 读/写 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 15:0 | POSCNT | 0 | RW | 16 位位置/定时计数器。 |

2-5 MAXCNT

| Bit | 名称 | 复位 | 读/写 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 15:0 | MAXCNT | 0 | RW | 最大值寄存器，当 QEIM=001,010,011,101,111 时 POSCNT 寄存器和此位进行比较，若相等则复位 POSCNT 寄存器。 |

2-6 QEIFLAG

| Bit | 名称 | 复位 | 读/写 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 31:11 | - | 0 | - | - |
| 10 | UPDN_INV_FLAG | 0 | RO | 旋转方向改变的标志位。<br>0：旋转方向未发生改变<br>1：旋转方向发生翻转 |
| 9 | SPEED_CNT _ERR | 0 | RO | 当启动转速计算（将 ROTATE_SPEED_EN, 即 QEICON[16] = 1），并且转速计算模式选择为 M mode（QEICON[17] = 0）、QEIM（QEICON[10:8]） = 010,011,100,101,110,111 时，如果内部脉冲计数器超过最大值 0xffffffff，则将此位置 1。<br>0：ROTATE_CNT<0xffffffff<br>1：ROTATE_CNT>0xffffffff |
| 8 | SPEED_CNT_OV | 0 | RO | 当启动转速计算（将 ROTATE_SPEED_EN, 即 QEICON[16] = 1）并且转速计算模式选择为 T mode（QEICON[17] = 1）、QEIM（QEICON[10:8]） = 010,011,100,101,110,111 时，如果内部脉冲计数器溢出，则将此位置 1。<br>0：ROTATE_CNT !=ROTATE_PERIOD<br>1：ROTATE_CNT ==ROTATE_PERIOD |
| 7 | SPEED_TIMER _ERR | 0 | RO | 当启动转速计算（将 ROTATE_SPEED_EN, 即 QEICON[16] = 1）并且转速计算模式选择为 M mode（QEICON[17] = 0）、QEIM（QEICON[10:8]） = 010,011,100,101,110,111 时，如果内部脉冲 |

Copyright ©2020, www.tai-action.com. All Rights Reserved.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | 计数器超过最大值 0xffffffff，则将此位置 1。<br>0：TIMER_CNT<0xffffffff<br>1：TIMER_CNT>0xffffffff |
| 6 | SPEED_TIMER<br>_OV | 0 | RO | 当启动转速计算（将 ROTATE_SPEED_EN, 即 QEICON[16] = 1）并且转速计算模式选择为 T mode（QEICON[17] = 1）、QEIM（QEICON[10:8]） = 010,011,100,101,110,111 时，如果内部脉冲计数器溢出，则将此位置 1。<br>0：TIMER_CNT != TIMER_PERIOD<br>1：TIMER_CNT == TIMER_PERIOD |
| 5 | TG_F | 0 | RO | 当 QEIM（QEICON[10:8]）= 001,TG（QEICON[5]）= 1 并且定时器门控信号 QEA 产生下降沿时，产生中断。<br>0：定时器门控信号没有下降沿产生<br>1：定时器门控信号产生下降沿 |
| 4 | TMTH_F | 0 | RO | 当 QEIM（QEICON[10:8]）= 001，POSCNT = MAXCNT 时，产生中断。<br>0：POSCNT != MAXCNT<br>1：POSCNT == MAXCNT |
| 3 | CNTER | 0 | RO | 计数器出错状态标志位，仅当 QEIM=010,011,100,110 时有效。在正向旋转方向上时，如果 POSCNT 的值大于 MAXCNT 的值或者在反向旋转的方向上，POSCNT 的值小于 0，此位置 1。<br>0：未发生位置计数错误<br>1：发生位置计数错误 |
| 2 | IDX_F | 0 | RO | 当 QEIM=010,011,100,110 时索引脉冲复位 POSCNT 寄存器的标志。<br>0：没有复位位置计数器<br>1：复位位置计数器 |
| 1 | CNTMTH_F | 0 | RO | 在 QEIM=010,011,101,111、POSCNT = MAXCNT 时，重置 POSCNT 的标志位。<br>0：未发生重置位置计数器的情况<br>1：发生了重置位置计数器的情况 |
| 0 | PHER | 0 | RO | 在 QEIM=010,011,100,101,110,111 时候，如果 QEA 和 QEB 同时变化，则产生相位错误标志位（QEA 和 QEB 应该有 90 度的相位差）。<br>0：未发生相位错误<br>1：发生了相位错误 |

2-7 QEICLR

| Bit | 名称 | 复位 | 读/写 | 说明 |
|---|---|---|---|---|

Copyright ©2020, www.tai-action.com. All Rights Reserved.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 31:11 | - | 0 | .- | |
| 10 | UPDN_INV_FLAG_C | 0 | W | 清除 UPDN INV 的标志位。<br>0：无任何影响<br>1：清除 UPDN INV 标志 |
| 9 | SPEED_CNT_ERR_C | 0 | W | 清除 PEED_CNT_ERR 的标志位。<br>0：无任何影响<br>1：清除 SPEED_CNT_ERR 标志 |
| 8 | SPEED_CNT_OV_C | 0 | W | 清除 SPEED_CNT_OV 的标志位。<br>0：无任何影响<br>1：清除 SPEED_CNT_OV 标志 |
| 7 | SPEED_TIMER_ERR_C | 0 | W | 清除 SPEED_TIMER_ERR 的标志位。<br>0：无任何影响<br>1：清除 SPEED_TIMER_ERR 标志 |
| 6 | SPEED_TIMER_OV_C | 0 | W | 清除 SPEED_TIMER_F 的标志位。<br>0：无任何影响<br>1：清除 SPEED_TIMER_F 标志 |
| 5 | TG_C | 0 | W | 清除 TG_F 的标志位<br>0：无任何影响<br>1：清除 TG_F 标志 |
| 4 | TMTH_C | 0 | W | 清除 TMTH_C 的标志位。<br>0：无任何影响<br>1：清除 TMTH_C 标志 |
| 3 | CNTER_C | 0 | W | 清除 CNTER 的标志位。<br>0：无任何影响<br>1：清除 NTER 标志 |
| 2 | IDX_C | 0 | W | 清除 IDX_F 的标志位。<br>0：无任何影响<br>1：清除 IDX_F 标志 |
| 1 | CNTMTH_C | 0 | W | 清除 CNTMTH_F 的标志位。<br>0：无任何影响<br>1：清除 CNTMTH_F 标志 |
| 0 | PHER_C | 0 | W | 清除 PHER 的标志位。<br>0：无任何影响<br>1：清除 PHER 标志 |

2-8 QEIE

| Bit | 名称 | 复位 | 读/写 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 15:11 | - | 0 | .- | |
| 10 | UPDN_INV_FLAG_IE | 0 | W | UPDN_INV_FLAG 中断使能控制位。<br>0：关闭<br>1：启动 |
| 9 | SPEED_CNT_ERR_IE | 0 | W | SPEED_CNT_ERR 中断使能控制位。<br>0：关闭 |

Copyright ©2020, www.tai-action.com. All Rights Reserved.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | 1：启动 |
| 8 | SPEED_CNT_OV_IE | 0 | W | SPEED_CNT_OV 中断使能控制位。<br>0：关闭<br>1：启动 |
| 7 | SPEED_TIMER_ERR_IE | 0 | W | SPEED_TIMER_ERR 中断使能控制位。<br>0：关闭<br>1：启动 |
| 6 | SPEED_TIMER_OV_IE | 0 | W | SPEED_TIMER_OV 中断使能控制位。<br>0：关闭<br>1：启动 |
| 5 | TG_IE | 0 | RW | TG_F 中断使能控制位。<br>0：关闭<br>1：启动 |
| 4 | TMTH_IE | 0 | RW | TMTH_C 中断使能控制位。<br>0：关闭<br>1：启动 |
| 3 | CNTER_IE | 0 | RW | CNTER 中断使能控制位。<br>0：关闭<br>1：启动 |
| 2 | IDX_IE | 0 | RW | IDX_F 中断使能控制位。<br>0：关闭<br>1：启动 |
| 1 | CNTMTH_IE | 0 | RW | CNTMTH_F 中断使能控制位。<br>0：关闭<br>1：启动 |
| 0 | PHER_IE | 0 | RW | PHER 中断使能控制位。<br>0：关闭<br>1：启动 |

2-9 QEI_TIMER_PERIOD

| Bit | 名称 | 复位 | 读/写 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 31:0 | TIMER_PERIOD | 0 | RW | 时间计数器的周期。计算转速的时候使用。<br>周期=（TIMER_PERIOD +1）*APB1 时钟周期 |

2-10 QEI_TIMER_CNT

| Bit | 名称 | 复位 | 读/写 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 31:0 | TIMER_CNT | 0 | RO | 时间计数器，用于计算转速。定时器计数器计算转速的实时值。<br>经历的时间= TIMER_CNT *APB1 时钟周期 |

2-11 QEI_TIMER_CNT_LATCH

| Bit | 名称 | 复位 | 读/写 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 31:0 | TIMER_CNT | 0 | RO | 时间计数器锁存控制，用于计算转速。在 T |

Copyright ©2020, www.tai-action.com. All Rights Reserved.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | _LATCH | | | MODE 模式下时，如果发生边沿计数器溢出，TIMER_CNT 的值会被锁存在此位。 |

2-12 QEI_ROTATE_PERIOD

| Bit | 名称 | 复位 | 读/写 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 31:0 | ROTATE_PERIOD | 0 | RW | QEA,QEB 的边沿计数器周期。计算转速的时候使用。 |

2-13 QEI_ROTATE _CNT

| Bit | 名称 | 复位 | 读/写 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 31:0 | ROTATE _CNT | 0 | RO | QEA,QEB 的边沿计数器。计算转速的时候使用。 |

2-14 QEI_ROTATE_CNT _LATCH

| Bit | 名称 | 复位 | 读/写 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 31:0 | ROTATE_CNT _LATCH | 0 | RO | QEA,QEB 的边沿计数器锁存器。计算转速的时候使用。<br>M_MODE（QEICON[17]=0）并且时间计数器溢出的时候，将转速计数器的值锁存到这里。 |

2-15 POSCNT _LATCH

| Bit | 名称 | 复位 | 读/写 | 说明 |
|---|---|---|---|---|
| 31:0 | POSCNT_LATCH | 0 | RO | 在 QEIM = 010,011,100,110 的时候，每次 IDEX 事件将位置计数器复位的时候（QEA 和 QEB 的引脚状态和用户配置的一样），将位置计数器的值锁存到这个寄存器 |

Copyright ©2020, www.tai-action.com. All Rights Reserved.

# 2 历史

| 版本号 | 日期 | 说明 |
|---|---|---|
| V1.0 | 2019/04/18 | Official version |

Copyright ©2020, www.tai-action.com. All Rights Reserved.