

利用EncoLink通信协议 为AksIM-2编码器编程

EncoLink是一种通信协议, 可在多种物理通道、异步串行通信接口 (UART) 和串行外围接口 (SPI) 上采用。这是一种多层通信协议, 在第一通道提供编码器位置、CRC和错误/警告位, 在第二通道控制位置和提供详细状态, 在第三通道提供寄存器访问功能。用户可以同时读取所有数据, 第一通道的带宽最大, 第三通道的带宽最小。

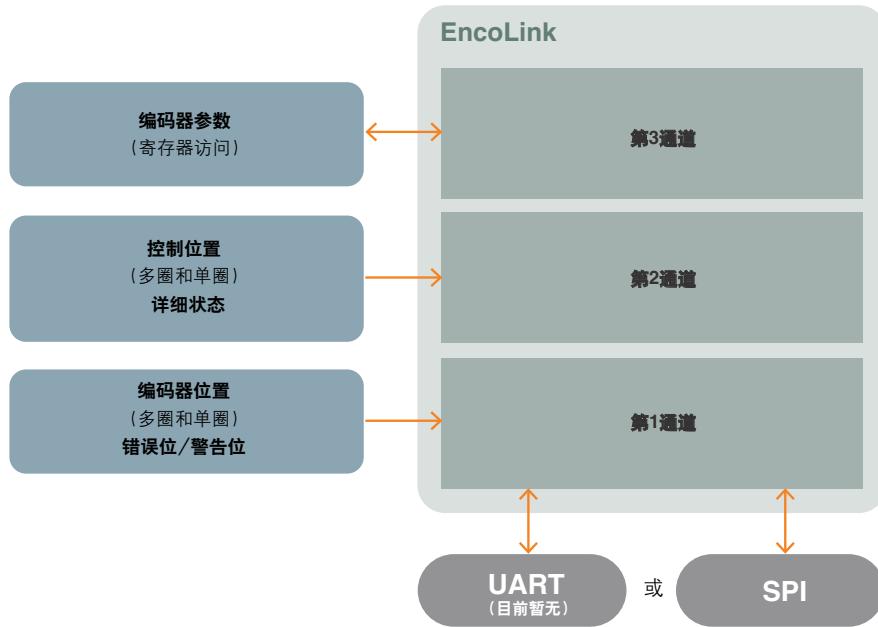
用户实现方法: 用户可从两个选项中选择:

- ▶ 仅第1通道。仅提供编码器位置, 以及一般的错误位和警告位。对于SPI, MOSI线路可以绑定至接地端 (GND) (未使用); 对于UART, 可发送空请求 (0x00, 0x00)。
- ▶ 访问全部三条通道。RLS提供EncoLink主库源代码。最终用户无需编写自定义代码即可实现全部编码器功能。

相关产品



AksIM-2 离轴绝对式磁旋转编码器



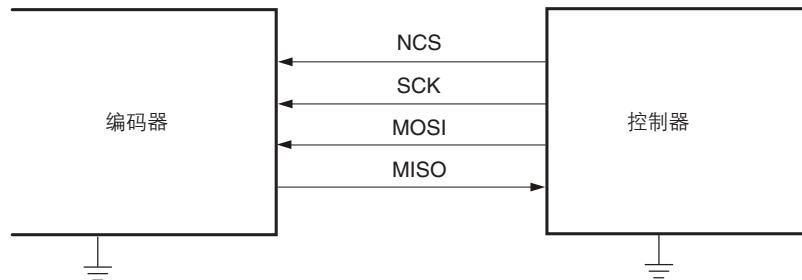
在SPI总线上使用EncoLink协议

串行外围接口 (SPI) 总线是一种双向、同步、四线串行通信接口, 通常用于短距离通信。它在全双工模式下运行, 主设备 (控制器) 使用NCS线路选择从设备, 在SCK线路上生成时钟信号, 并通过MOSI线路发送指令, 然后通过MISO线路接收数据。

电气连接

所有数据信号均采用3.3 V LVTTL电平标准。输入具有5 V容差。信号线流出或流入的最大电流不应超过20 mA。单端信号应尽可能短, 尤其是当使用高频率时。

信号端接: 所有SPI信号线上均串联100 Ω 电阻。

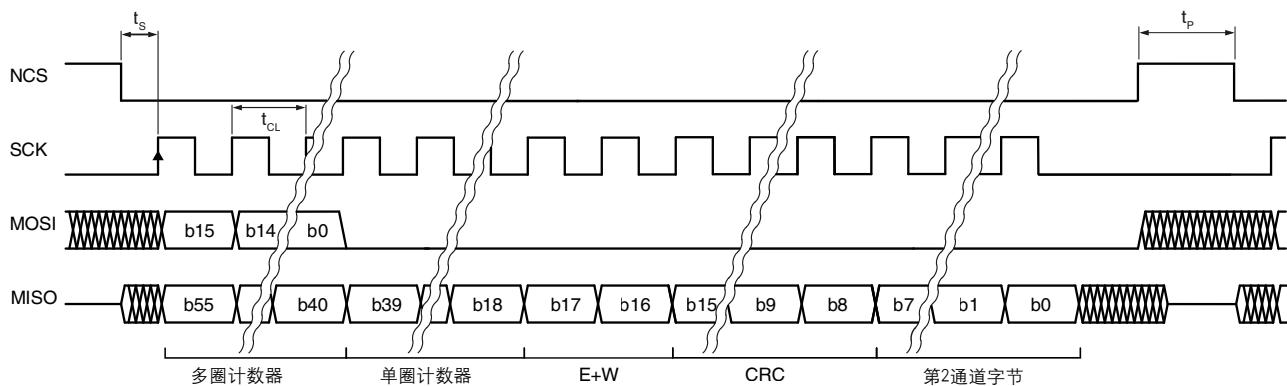


引脚输出

信号	说明
NCS	低电平有效。NCS线路用于主设备与从设备之间的同步。在通信期间, 其必须保持低电平。在空闲状态下为高电平。当NCS为高电平时, MISO线路处于高阻模式。这样允许并行连接多个从设备, 共享除NCS线路之外的所有线路。
SCK	串行时钟。在上升沿上移出数据。数据在下降沿上稳定且有效。
MOSI	主设备输出→从设备输入。从控制器向编码器发送指令。
MISO	主设备输入←从设备输出。当NCS变为低电平之后, 在SCK上升沿上输出数据。当NCS为高电平时, MISO线路处于高阻模式。

引脚	SPI
1	+5 V
2	GND
3	-
4	-
5	SCK
6	NCS
7	MISO
8	MOSI

SPI时序图



将NCS信号设定为低电平后, 控制器开始通信。同时, 编码器位置被锁存。编码器需要延时 t_s 来准备之后在时钟信号SCK的上升沿上转换为MISO输出的数据。先传输编码器位置和一般状态(低电平有效)数据, 然后传输数据包第一部分的CRC(倒置)。EncoLink库使用(CRC之后的)最后一个字节在第2和3协议层之间传输数据。在SCK的前16个上升沿, 通过MOSI线路将指令发送到编码器。指令字节由EncoLink库准备。

通信参数

参数	符号	最小值	典型值	最大值
时钟周期	t_{CL}	250 ns		
时钟频率	f_{CL}		4 MHz	
从NCS变为低电平直至第一个SCK上升沿的时间间隔	t_s	5 μ s		
暂停时间	t_p	5 μ s		
SPI设置		CPOL= 0 (时钟信号在空闲时为低电平) CPHA = 1 (数据在时钟上升沿输出, 并在时钟下降沿采样)		

编码器位置数据结构

发送的数据(2个字节): 指令 [b15:b8], 数据 [b7:b0] (来自EncoLink库)

接收的数据: 请见下表

对于多圈

2B	b55 : b40	多圈计数器(如果在订货号中指定) — 左对齐, MSB高位先发。
	b39 : b18	编码器位置 + 零填充位 — 左对齐, MSB高位先发。
3B	b17	错误 — 如果处于低电平有效状态, 则位置数据无效。
	b16	警告 — 如果处于低电平有效状态, 则位置数据有效, 但某些工作条件接近极限。
1B	b15 : b8	倒置CRC, 多项式0x97
1B	b7 : b0	第2通道字节(EncoLink库)

对于单圈

	b39 : b18	编码器位置 + 零填充位 — 左对齐, MSB高位先发。
3B	b17	错误 — 如果处于低电平有效状态, 则位置数据无效。
	b16	警告 — 如果处于低电平有效状态, 则位置数据有效, 但某些工作条件接近极限。
1B	b15 : b8	倒置CRC, 多项式0x97
1B	b7 : b0	第2通道字节(EncoLink库)

CRC计算示例请参阅应用说明CRCD01, 可从[RLS媒体中心](#)下载。

当使用EncoLink库时, 它将通过MOSI线路传输2个字节, 并在位置数据结束时通过MISO线接收另外1个字节。详情请参见时序图中的“第2通道字节”。

AksIM-2编码器的EncoLink内存映射

寄存器映射

地址	数据类型	访问	最小	—	最大	单位	说明
识别							
0x0064	20x U8	R	x	—	—		编码器订货号
0x005C	8x U8	R	x	—	—		编码器序列号
0x0100	16x U8	R	x	—	—		编码器扩展序列号
0x002F	U16	R	2	—	—		固件主版本
0x0031	U16	R	9	—	—		固件副版本
0x0033	U16	R	x	—	—		固件通信驱动程序的版本号
0x0035	U16	R	x	—	—		固件版本号
运行时状态							
0x002C	U16	R	—	—	—		编码器状态 (永久)
0x004E	U16	R	—	—	—		信号电平
0x004C	S16	R	—	—	°C		传感器温度
0x0050	S16	R	—	—	RPM		转速
配置							
0x0000	U32	R/W	0 - 计数-1	—	计数		位置偏置
0x0004	U32	R/W	0 - 240	—	—		位置滤波器数值
0x0008	U32	R/W	0 - 1000	—	RPM		位置滤波器速度
0x0014	U32	R/W	0 - 65535	—	圈		多圈计数器预设
0x0018	U8	R/W	1 - 64	—	节段		多圈弧长误差
0x1800	S16	R/W	-999 - +999	—	计数		错误映射
0x0049	U8	W	—	—	—		指令输入 (见下方列表)
0x002E	U8	R/W	—	—	—		写入锁
自校准配置、状态和结果							
0x0019	U16	R/W	180 - 360	—	度		设置用于自校准的圆弧长度
0x0021	U8	R/W	1 - 40	—	秒		设置自校准的持续时间
0x0052	U8	R	—	—	—		自校准状态
0x001B	U16	R	0 - 200	—	μm		相对于旋转轴中心的磁环偏心
0x001D	U16	R	0 - 360	—	度		磁环偏心角度 (相位角)
0x001F	S16	R	-500 - +500	—	μm		读数头径向偏移 (正值 — 读数头安装在靠近轴心的位置)

指令列表

字符	十六进制	说明
r	0x72	将配置重置为出厂设置
c	0x63	将当前配置保存至非易失性内存
m	0x6D	在寄存器0x0014中预设多圈计数器
b	0x62	在寄存器0x002C中清除永久状态
A	0x41	启动自校准程序

编码器工作参数

编码器状态

详细状态位表示编码器的当前运行状态。

详细状态 (第1部分)

b15	错误 — 多圈计数器失配。编码器在断电期间旋转超过±90°。关闭电源再重新打开，以清除此错误。
b14	错误 — 信号幅值过高。读数头距离磁环过近或存在外部磁场。
b13	警告 — 信号幅值过高。读数头距离磁环过近或存在外部磁场。
b12	错误 — 磁传感器。关闭编码器的电源再重新打开。
b11	错误 — 传感器读数错误，可能由于电子干扰、接地回路或射频干扰 (RFI) 引起的。
b10	错误 — 编码器配置不当。

一般状态

b9	错误。如果设定此位，则位置无效。
b8	警告。如果设定此位，则编码器接近工作极限。位置有效。分辨率和/或精度可能低于规定值。

错误位和警告位可同时设定；这时错误位优先。

读数头外壳上LED指示灯的颜色表示一般状态位的值：

● 红灯 = 错误、● 橙灯 = 警告、● 绿灯 = 正常工作、○ 熄灭 = 未通电。

详细状态位更明确地定义了警告或错误状态。

详细状态 (第2部分)

b7	警告 — 信号幅值过高。读数头距离磁环过近或存在外部磁场。
b6	警告 — 信号幅值低。读数头与磁环之间的距离过大。
b5	错误 — 信号丢失。读数头与磁环未对准或磁环损坏。
b4	警告 — 温度。读数头的温度超出规定范围。
b3	错误 — 电源错误。读数头电源电压超出规定范围。
b2	错误 — 系统错误。检测到电路内部故障或校准数据不一致。如需重设系统错误位，请尝试关闭电源再重新打开，同时保持上升时间少于20 ms。
b1	错误 — 磁模式错误。存在杂散磁场或读数头和磁环之间存在金属颗粒，或者读数头与磁环之间的径向定位超出公差范围。
b0	错误 — 加速度错误。位置数据变化过快。存在杂散磁场或读数头和磁环之间存在金属颗粒。

永久编码器状态

这与“编码器状态”相似，但增加了一项功能，即累积所有详细状态。在编码器运行期间，“详细状态”中出现的任何错误或警告都会被复制到“永久详细状态”中。即使“详细状态”中的值只有很短的持续时间，也可从该永久寄存器中读取过去的状态。只要保持通电，该值就会一直保留。通过重启电源或者将指令“b”写入指令寄存器即可清除该值。

传感器温度

传感器温度的单位为°C。该值通常比环境温度高10°C至15°C。读数公差为±5°C。

信号电平

信号电平信息可用于计算间隙（磁环橡胶圈与读数头传感器之间的距离）。

编码器尺寸	K	N
022, 029	-95.49	977
039, 049	-83.56	865
053, 064, 080	-71.62	748

数值与传感器和磁环之间的距离成正比。
计算真实距离时请使用以下公式：
间隙 = K × Ln (信号电平) + N
间隙计算值的公差为±20 μm。
根据编码器尺寸选择K和N。

AksIM-2编程

AksIM读数头可以通过编程来设置位置偏置（编码器零位）、多圈计数器（可选）和多圈通电错误检测弧长。此外，读数头还可运行自校准功能或恢复出厂默认设置。

写入寄存器的数字只有在保存到非易失性内存中之后才会生效。多圈计数器值除外，它立即生效。

编码器支持设定零位、运行自校准功能、读取间隙及其他配置和工作参数。使用EncoLink库可通过第2通道和第3通道实现这些功能。[请联系RLS](#)获取EncoLink SPI主库的C源代码。

位置偏置（编码器零位）

位置偏置以编码器计数为单位，以正值写入。

将零位更改为较大值后，可能会出现加速度错误或多圈错误。每次设置新的位置偏置后，都必须检查或调整多圈计数器值（如有）。

如需永久保存设置，请执行此指令将已编程数据保存至非易失性内存：将ASCII 'c' (0x63) 写入地址0x0049。

将参数保存至非易失性内存需要80 ms。在此期间不会计算编码器位置。当使用多圈计数器选项时，只有当在保存过程中转速不超过±300 rpm时，计数器才有效。

多圈计数器

仅多圈型AksIM编码器具有多圈计数器预设功能。

首先，必须将新的多圈计数器值写入寄存器0x0014。在编程中，大于65535（无符号）的多圈计数器值将被丢弃。此时，新的多圈计数器尚未激活。如需验证，用户必须执行此指令以预设多圈计数器：将ASCII 'm' (0x6D) 写入地址0x0049。

自校准

在安装读数头之后，即适合运行AksIM的自校准功能。此功能可提高编码器的精度，而精度取决于安装精度。向指令寄存器（地址0x0049）发送自校准启动指令（0x41），即可触发自校准程序。在此过程中，无法通过SPI接口进行通信；编码器不会对输入的任何时钟循环做出响应。当LED指示灯快速闪烁3秒时，表示程序已完成。如果自校准成功，LED指示灯将闪烁绿灯；否则，将闪烁红灯。然后，SPI接口即激活。自校准状态可从寄存器0x0052中读取。它由一个两位计数器和两个状态位组成。在每次自校准程序结束时，计数器的值将递增。错误位指示自校准是否成功，或者失败的原因。

在开始自校准程序之前，应从寄存器地址0x0052中读取状态。控制器必须记住当前的自校准计数器值（位1:0）。发送自校准指令后，必须观察LED指示灯以确认程序是否完成。如果LED指示灯不可见，则应通过SPI接口对读数头进行轮询，直至与读数头再次建立通信，或者等待10秒，这是程序完成所需的最长时间。然后应再次读取自校准状态寄存器。当自校准计数器的值增加1时（与之前读取的值相比），表示自校准功能已完成。如果自校准成功，则两个状态位（b3、b2）均为零。第2.5版及更高版本的固件可提供更多自校准数据。其中包括磁环偏心率测量值和读数头位置。

自校准期间的转速和旋转方向并不重要，而且可能不一致。唯一的要求是，在发送指令后的10秒钟内，轴至少旋转一整圈。如果默认设置为10秒并不够，可以使用寄存器0x0021（适用于固件版本为第2.9版及更高版本的编码器）将时间延长至40秒。如果机械装置不允许360°旋转，可将校准弧的长度缩短，但弧长至少应为180°。必须在执行自校准功能之前设置新的弧长。当360°旋转时，自校准程序可实现理想性能；如果弧长缩短，性能将会降低。

自校准状态寄存器位于地址0x0052

位	含义
b7	保留
b6	校准成功，正在使用错误映射。
b5	无需修正（机械安装无误）。
b4	弧长参数 (0x19) 超出范围。
b3	计算出的参数超出范围。机械安装不在公差范围内。
b2	超时。编码器圆环在10秒内未能旋转一整圈。
b1 : b0	计数器

当自校准程序成功完成后，校准结果将自动保存至非易失性内存。

所有数字校准结果都存储在易失性内存中，并在重启电源时清除。如需验证编码器是否已校准，可读取自校准状态字节并验证b6位 (0x40) 是否已设置。

保存配置参数

发送一个编程指令字节 'c' 将触发一个程序，将编码器的所有配置参数保存至非易失性内存。这些参数还包括位置偏置。执行此指令以保存数据：将ASCII 'c' (0x63) 写入地址0x0049。

将参数保存至非易失性内存需要80 ms。在此期间不会计算编码器位置。当使用多圈计数器选项时，只有当在保存过程中转速不超过±300 rpm时，计数器才有效。

恢复出厂默认设置

恢复出厂默认设置会将所有已编程参数设置改回默认值。其中包括零位和校准结果等。

执行此指令以重置编码器：将ASCII 'r' (0x72) 写入地址0x0049。

将参数保存至非易失性内存需要80 ms。在此期间不会计算编码器位置。当使用多圈计数器选项时，只有当在保存过程中转速不超过±300 rpm时，计数器才有效。

联系我们

雷尼绍（上海）贸易有限公司
中国上海市静安区江场三路288号
18幢楼1楼
200436

T +86 21 6180 6416
F +86 21 6180 6418
E shanghai@renishaw.com
www.renishaw.com.cn

全球支持

欢迎访问我们的[网站](#)，联系离您最近的业务代表。

英文版修订记录

版本	日期	页码	说明
4	2024年4月17日	2	删除了异步串行通信
		4、5	修订了SPI通信
		6、7	新增AksIM-2编程
5	2024年10月17日	4	修订了读数头径向偏移

本产品并非设计或预期用于产品规格手册中明确规定了的环境限制和操作参数之外的用途。产品的设计或预期用途不包括医疗、军事、航空航天、汽车或石油与天然气应用，或者任何因产品故障可导致严重的环境破坏或财产损失、人身伤害或死亡的对安全性要求极高的应用。在此类应用场合中的任何产品使用行为必须获得卖方的明确书面许可，并接受卖方自行规定的任何附加条款的约束。在此类应用场合中因使用产品产生的所有风险均由买方承担，买方应保障并使卖方及其附属公司免于遭受或承担因此类使用行为而产生的任何责任、损失、损害或费用。本规格手册中所含信息源自于受控的实验条件下进行的产品测试，手册上报告的数据符合规定的公差和偏差，或者如果没有明确规定，则符合与一般贸易惯例和测试方法一致的公差和偏差。产品在实验室条件以外的性能，包括当一个或多个操作参数达到其规定范围的极限值时，可能与产品规格手册中的描述不相符。此外，产品规格手册中的信息并不能反映产品在买方或其客户将其投入使用的任何应用、最终用途或操作环境中的性能。卖方及其附属公司对于产品是否适用于买方的应用、用途、终端产品、工艺或与任何其他产品的组合使用，或者买方或其客户在各自使用产品过程中可能产生的任何后果不做任何建议、担保或陈述。买方应利用自己的知识、判断、专业技术和测试方法来选择适用于买方的应用、最终用途和/或操作环境的产品，不应依赖于卖方或其附属公司出于任何目的作出的任何口头或书面声明、陈述或制作的样品。除卖方的销售条款与条件中明确规定了的担保外，卖方对产品不做任何明示或暗示的担保，包括对适销性或特定用途适用性的任何担保，卖方排除这些担保并不作任何承诺。所有销售均受卖方的专属销售条款与条件的约束，其中卖方指的是(a) RLS Merilna tehnika d.o.o. (请访问<https://www.rls.si/cn/salesterms>)，(b) 雷尼绍公司 (请访问<https://www.renishaw.com/legal/en/-42186>)，或(c) 其他个人。这些条款与条件可根据要求提供，并且在每种情况下，均可通过引用并入本声明并作为专属销售条款。其他条款与条件均不适用。买方无权进行任何声明或陈述，其内容包括但不限于扩展或延伸产品的环境限制条件和操作参数，或暗示允许在规格手册明确规定或卖方书面许可的情形外使用产品。

RLS Merilna tehnika d.o.o.已尽力确保发布之日此文档的内容准确无误，但对其内容不做任何担保或陈述。RLS Merilna tehnika d.o.o.不承担任何由本文档中的不准确之处以及无论什么原因所引发的问题的相关责任。 © 2024-2025 RLS d.o.o.



扫码关注雷尼绍官方微信

A **RENISHAW**  associate company