

AksIM™ 离轴绝对式磁旋转编码器



AksIM™是一种非接触式高性能离轴绝对式磁旋转编码器，可集成到空间有限的应用中。该磁编码器具备大中孔、真正的绝对式功能和高速运行的特点，适合许多应用。

AksIM™磁编码器系统包含一个轴向磁化的圆环和一个读数头。

该磁编码器具有SSI、SPI、PWM、BiSS、异步串行RS422和USB通信接口，可提供一系列每转达到20位的二进制分辨率。

该磁编码器的工作温度为-30 °C至+85 °C，并且能够抵抗冲击和振动。

AksIM™磁编码器具有内置的先进自监控功能，可持续检查多个内部参数。错误报告、报警以及其他状态信号可从所有数字接口获得，并且可通过板载LED指示灯进行观察。

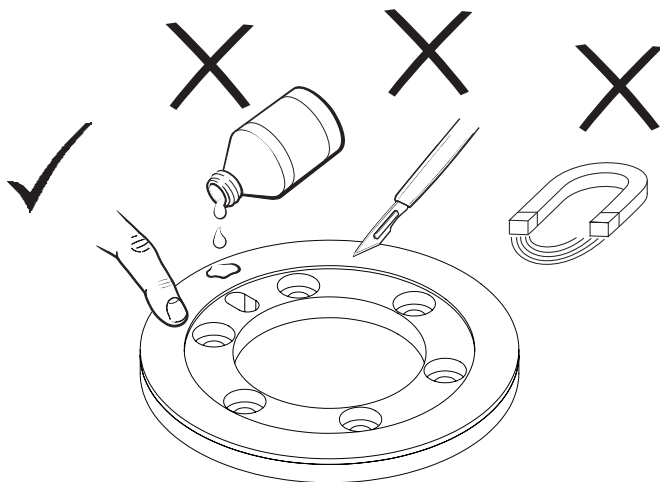
AksIM™磁编码器系统适合工业和医疗应用。

典型应用包括：机械臂关节，其馈电电缆穿过磁环；或精密变速箱，其主动轴上安装有磁环。

此外，还提供针对OEM集成的定制设计服务。

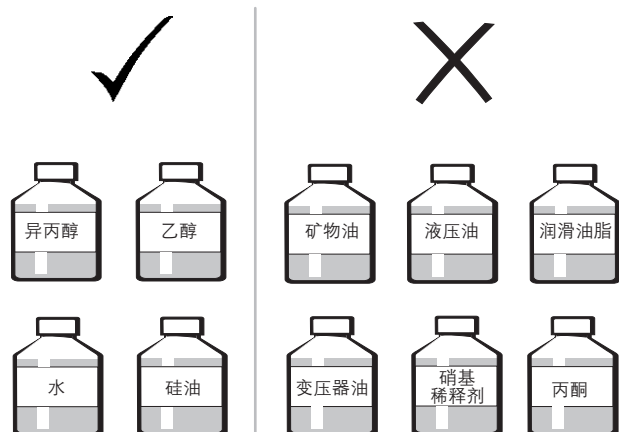
- 真正的绝对式系统
- 定制磁传感器ASIC
- 无磁滞
- 分辨率高达20位
- 多圈计数器选项
- 高速运行
- 轻薄小巧，非接触式
- 内置自监控功能
- 集成LED状态指示灯
- SSI、SPI、PWM、BiSS、异步串行RS422或USB通信接口
- 防腐蚀磁环

存储与使用



警告：磁环不应暴露在表面磁场密度高于50 mT的环境。
高于50 mT的磁场可能造成磁环损坏。

耐化学腐蚀性



读数头

MHA读数头和电缆能够抵御各种常见的工业油脂和油液污染。

如果在没有空气的环境中使用编码器，建议使用硅油或去离子水。在将编码器长期浸入到任何液体或气体之前，请咨询您当地的销售代表。

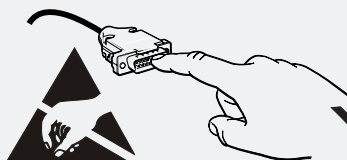
该编码器不兼容真空环境。

磁环

磁环上的磁化橡胶不能抵抗以下化学物质的腐蚀：矿物油、液压油、大多数变压器油、润滑油脂、硝基稀释剂、丙酮等。下列物质经过测试，不建议使用：

- ISO VG 46 (SAE MS1004 HM型)
- Nytro 10 XN
- MIDEL 7131
- Shell Diala S3 ZX-I

磁环能够抵抗异丙醇、乙醇、水和某些硅油的腐蚀。



警告！

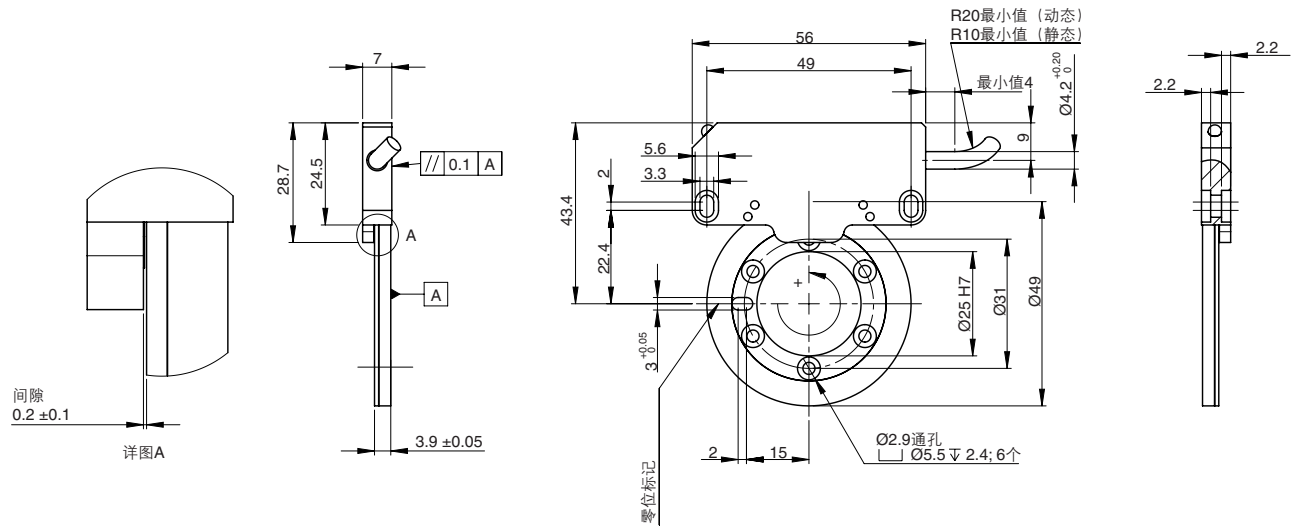
ESD保护

读数头对ESD敏感 — 小心处理。若没有适当的ESD防护措施或在ESD受控环境之外，切勿接触电子线路、线缆或传感器区域。

尺寸

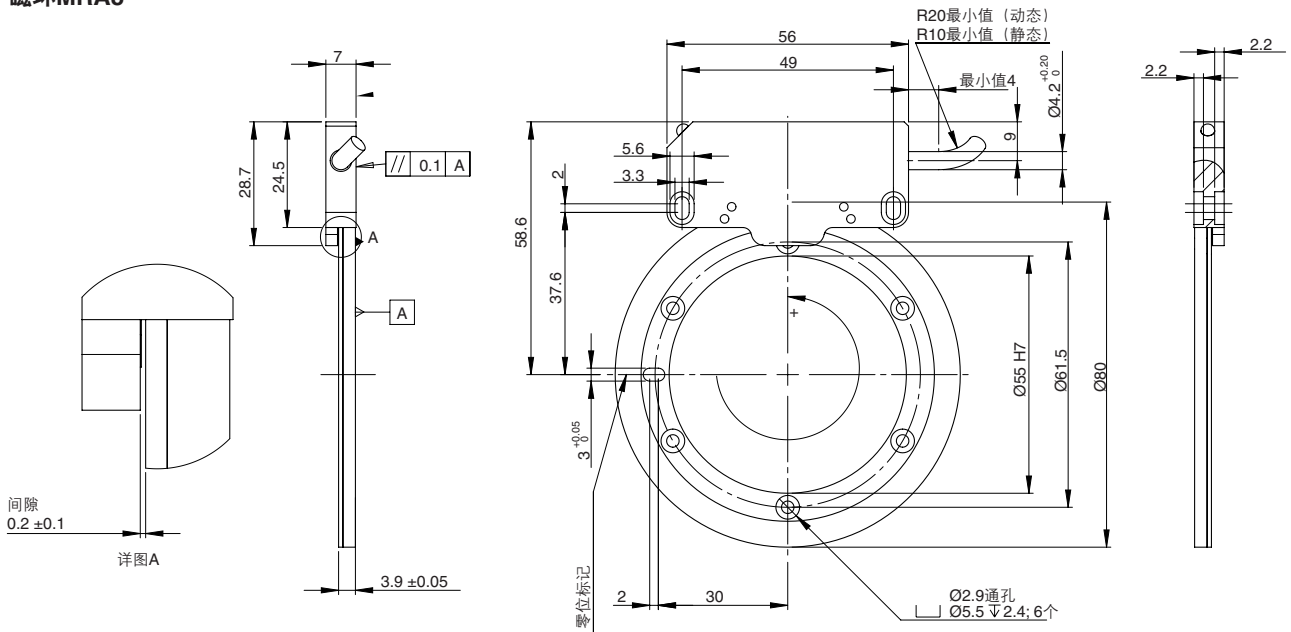
尺寸和公差 (单位 mm)

磁环MRA7



注:
逆时针正测量方向。

磁环MRA8



注:
逆时针正测量方向。

技术规格

系统数据		
读取类型	轴向读取	
分辨率	从16至20位及16位多圈计数器选项（参见第8页“可用分辨率”章节）	
最高速度	> 10,000 rpm	
编码器精度	±0.05°（安装前 — 不包括由于读数头、磁环和驱动轴的安装失准而引起的误差）	
最终系统精度	典型值±0.1°（不超出定义的安装公差 — 参见第5页“安装说明”章节）	
磁滞	低于单位分辨率	
重复精度	优于单位分辨率	
电气数据		
电源电压	4 V至6 V — 读数头电压。考虑电缆电压降。	
设定时间	10 ms（开启后第一个数据准备就绪）	
功耗	典型值115 mA，最大值150 mA	
电缆电压降	~ 55 mV/m — 无负载	
输出负载	PWM, SPI	最大值±20 mA
	RS422	短期120 mA，限制60 mA
ESD保护	HBM，2类，±2 kV（符合军用标准883方法3015.7）	
机械数据		
可用磁环尺寸 （外径）	49 mm（磁环MRA7）	
	80 mm（磁环MRA8）	
材料类型	磁环	EN 1.4005 / AISI416或EN 1.4104 / AISI430F 带填充铁素体颗粒的胶合橡胶
质量	读数头（带1 m电缆，无插头）45 g 磁环MRA7 32 g 磁环MRA8 64 g	
转动惯量	磁环MRA7 13.1 kg×mm² 磁环MRA8 79.1 kg×mm²	
电缆	Ø4.2 ±0.2 mm，PUR高柔性电缆，与牵引链兼容，双屏蔽 详细规格请参见第7页（不适用于USB电缆）。	
环境数据		
温度	工作	-30 °C至+85 °C，电缆处于静态条件下 -10 °C至+80 °C，电缆处于动态条件下
	存储	-40 °C至+85 °C
湿度	0至100%（允许冷凝）	
环境保护	IP64（防止灰尘和水进入）	
振动	300 m/s² 55-2000 Hz (IEC 60068-2-6)	
冲击	300 m/s² (IEC 60068-2-27)，11 ms，半正弦	
外部磁场	读数头上方最大±3 mT（DC或AC）	
可靠性数据		
MTTF	在每日工作24小时的条件下平均无故障时间为960年	

LED状态指示灯

LED指示灯对信号强度和误差状态提供直观反馈，用于安装和诊断用途。闪烁的LED指示灯表示编码器已通电，但尚未建立通信。当通信速率达到每秒至少5个读数时，LED指示灯持续亮起。LED指示灯重复快速闪烁两次红灯表示读数头不能启动。

LED指示灯	状态
绿灯	正常工作；位置数据有效
橙灯	报警；位置有效，但分辨率和/或精度可能不符合规格。某些工作条件超出限制
红灯	错误；位置数据无效
未点亮	未通电

安装说明

轴向位置调整（间隙）

读数头传感器与磁环橡胶层的标称间隙为 $0.2\text{ mm} \pm 0.1\text{ mm}$ 。要达到这一要求，磁环底部与读数头底部应保持同一水平。参见第3页图中的“详图A”部分。

可以使用任何厚度为 0.2 mm 的非磁性工具以机械方式检查传感器与磁环之间的间隙是否正确。

集成LED指示灯可作为指示器。当达到正确的间隙时，LED指示灯绿灯点亮，并且当磁环旋转时，指示灯颜色不会改变。

径向位置调整

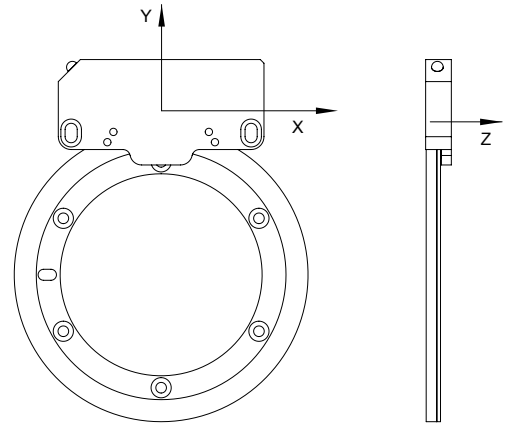
读数头外壳上的四个小孔（ $\varnothing 2\text{ mm}$ ）可用于校正读数头相对磁环的径向位置。

调整读数头相对MRA7磁环的位置时，使用相隔较远的两个孔（参见第6页的安装图）。使用MHA7TACC01工具可更轻松进行调整。

调整读数头相对MRA8磁环的位置时，使用相隔较近的两个孔（参见第6页的安装图）。使用MHA8TACC01工具可更轻松进行调整。

安装公差（读数头到磁环）

轴向 (Z) 位移（间隙）	0.2 mm （标称值） $\pm 0.1\text{ mm}$
径向 (Y) 位移	$\pm 0.3\text{ mm}$
偏心 (X) 位移	$\pm 0.5\text{ mm}$
非平行安装	$\pm 0.05\text{ mm}$



安装公差（磁环到轴）

安装在MRA7上的磁环/轴	最差情况下的精度
H7/g6	$\pm 0.08^\circ$
H7/f7	$\pm 0.11^\circ$

安装在MRA8上的磁环/轴	最差情况下的精度
H7/g6	$\pm 0.07^\circ$
H7/f7	$\pm 0.10^\circ$

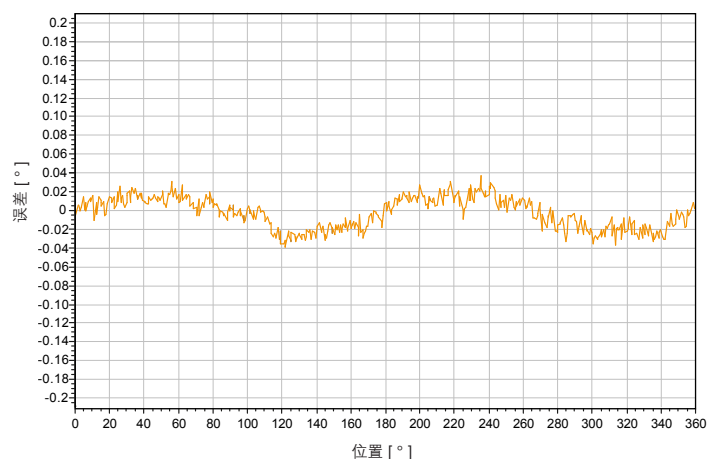
磁编码器系统的精度

磁环精确定中对获得优良的整体精度十分关键。

通过（使用量规）降低磁环安装的偏心率以及使用精密的轴承，MRA8系统和MRA7系统的误差一般可分别降低至 $\pm 0.05^\circ$ 和 $\pm 0.06^\circ$ 。

右图是MRA8磁环正确安装后典型的精度曲线。

有关最高精度选项，请联系RLS。

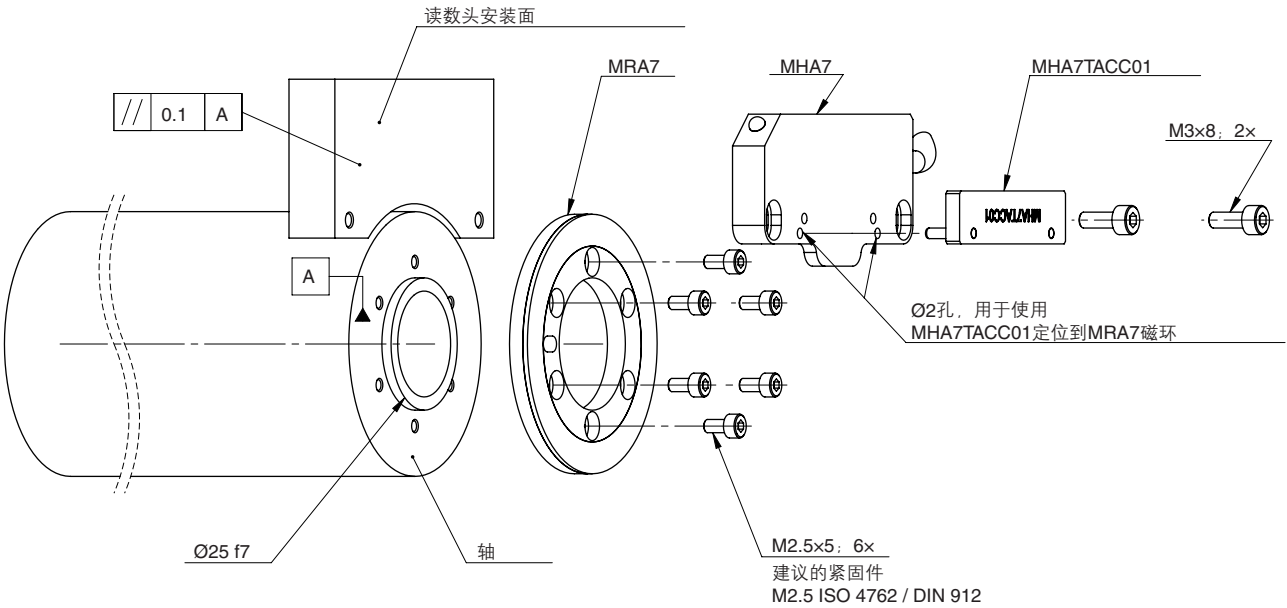


外部磁场

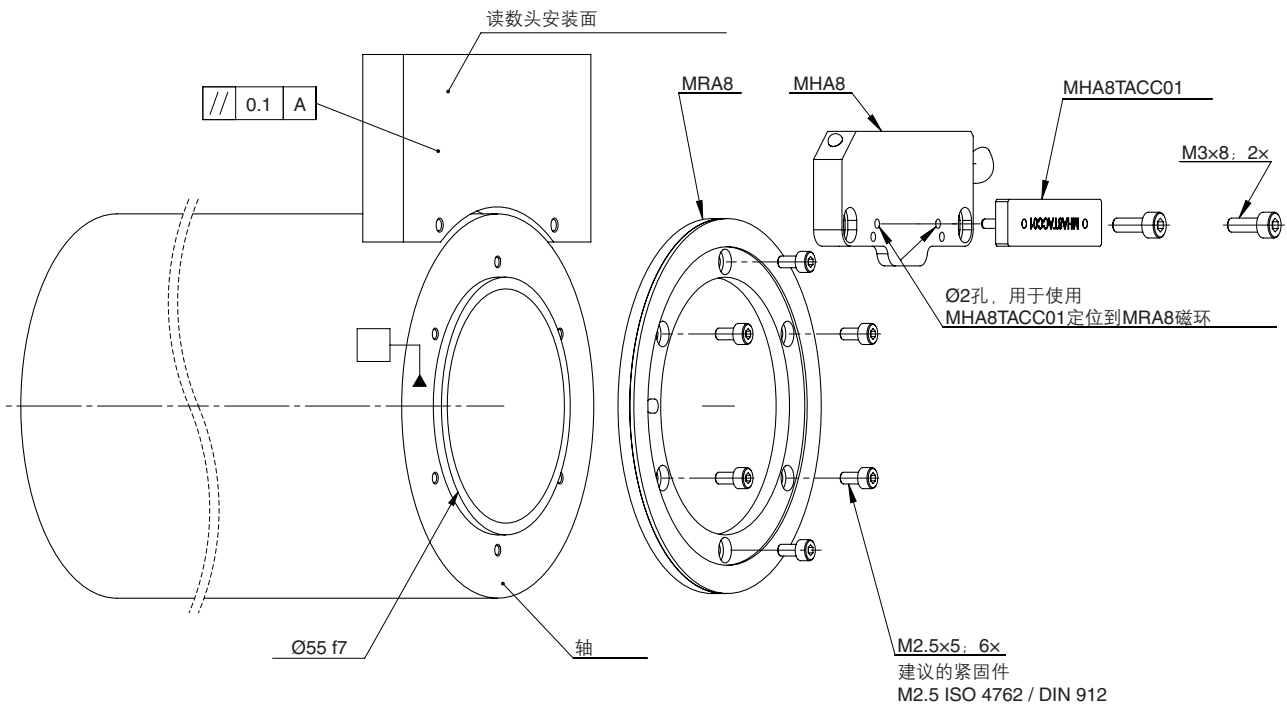
任何磁编码器的工作原理都是感应磁环的磁场变化。由永久磁体、电机、线圈、电磁制动器等产生的外部磁场可能会影响编码器的运行。当与读数头垂直的磁场的强度范围在 0 mT 到 3 mT 之间时，可能会影响精度。当磁场强度超过 3 mT 时，可能会暂时导致编码器故障。高于 50 mT 的磁场可能会永久损坏磁环。

因此必须阻断不必要的磁场源。如果不能阻断，则可以使用铁磁金属板来屏蔽编码器。磁环也可用于局部屏蔽。建议将磁环底部朝向泄漏磁场源安装，而读数头则背向磁场源。

MHA7和MRA7的安装图



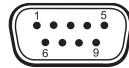
MHA8和MRA8的安装图



调整步骤

拧松读数头的安装紧固件 (M3)。将读数头从磁环中心位置拉出。将调整工具 (MHA7ACC01或MHA8ACC01) 或两个紧固件 (M2x8 mm) 插入辅助孔。朝磁环方向推动读数头, 以便辅助针脚或紧固件接触磁环的外侧。拧紧安装紧固件。取出调整工具或辅助紧固件。检查磁编码器运行情况。

电气连接



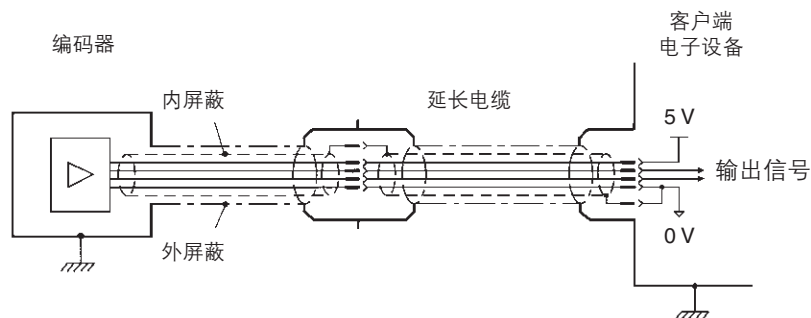
引脚	电线颜色	异步串行RS422	PWM	SSI	BiSS	SPI Slave
外壳	外屏蔽	编码器/机器外壳 (接地)	编码器/机器外壳 (接地)	编码器/机器外壳 (接地)	编码器/机器外壳 (接地)	编码器/机器外壳 (接地)
1	内屏蔽	0 V (接地)	0 V (接地)	0 V (接地)	0 V (接地)	0 V (接地)
2	红色	RX数据输入+	-	时钟+	MA+	SCK (时钟输入)
3	蓝色	RX数据输入-	-	时钟-	MA-	$\overline{\text{CS}}$ (芯片选择)
4	灰色	-	状态	-	-	状态*
5	褐色	5 V电源	5 V电源	5 V电源	5 V电源	5 V电源
6	绿色	TX数据输出+	-	数据+	SLO+	MISO (数据输出)
7	黄色	TX数据输出-	-	数据-	SLO-	-
8	粉色	-	PWM输出	-	-	-
9	白色	0 V (接地)	0 V (接地)	0 V (接地)	0 V (接地)	0 V (接地)

* 状态信号仅限SPS选项使用 — 参见SPI接口描述。
对于USB接口，磁编码器随配一条认证USB电缆和A型插头。
电线颜色符合IEC 60304标准。

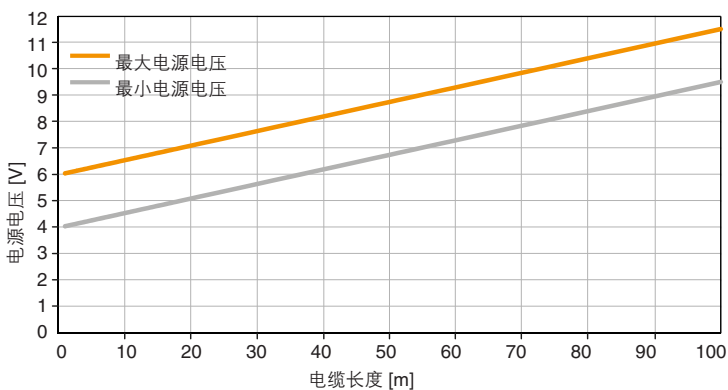
电缆规格

不适用于USB电缆。

外径	4.2 mm $\pm$ 0.2 mm
护套材质	挤塑聚氨酯 (PUR)
白色电线	直径0.9 mm $\pm$ 0.07 mm, 26 AWG (19股REF 6), 0.13 Ω /m
其他电线	直径0.6 mm $\pm$ 0.07 mm, 30 AWG (7股REF 6), 0.35 Ω /m
电源线电阻	20 °C时为0.48 Ω /m
耐用性	弯曲半径为20 mm时2000万次循环
弯曲半径	动态25 mm, 静态10 mm (内半径)
重量	标称34 g/m



电缆电压降



对于长度超过5米的电缆，考虑到压降，必须调整电缆的输入电压。

通信接口

异步串行RS422		
	波特率	115.2 kbps、128 kbps、230.4 kbps、256 kbps、500 kbps、1 Mbps
	数据格式	8位，无奇偶，1个停止位
	更新速率	按需或连续
	分辨率	参见下表
	等待时间	200 μs
PWM		
	基础频率	122.07 Hz、274.66 Hz、366.21 Hz、549.32 Hz、1098.6 Hz
	更新速率	与基础频率相同
	分辨率	16位
	等待时间	200 μs
SSI*		
	最大时钟频率	标准500 kHz 在控制器上选择“延迟第一时钟”选项并使用短线时为2.5 MHz
	更新速率	5 kHz
	分辨率	参见下表
	等待时间	200 μs至400 μs
	超时（单稳态触发器时间）	20 μs
BiSS		
	最大时钟频率	5 MHz
	最大请求率	31 kHz（28 kHz多圈计数器选项）
	带宽	最大2.5 kHz
	分辨率	参见下表
	等待时间	< 10 μs
	超时（单稳态触发器时间）	20 μs
SPI Slave*		
	最大时钟频率	电缆长1.5 m时为3 MHz
	更新速率	5 kHz
	分辨率	固定为16位（选项S）或最多20位（选项A）— 参见下表
	等待时间	200 μs至400 μs
USB		
	分辨率	7型17位，8型18位
	等待时间	10 ms至50 ms（视计算机配置而定）

* 由于等待时间可变，因此Slave类型接口可能不适合高速闭合控制回路。
参见第24页的“等待时间”章节了解详细信息。

可用分辨率

分辨率	磁环MRA7	磁环MRA8
二进制	每转16位 每转17位 每转18位* 每转19位*	每转16位 每转17位 每转18位 每转19位* 每转20位*

* 高分辨率选项可能含有输出噪声。这些高分辨率选项适用于对平稳运行要求更高的控制回路，或用于求平均值以获取精确位置。随着磁环与读数头之间的间隙增大，噪声幅度将以指数级增加。

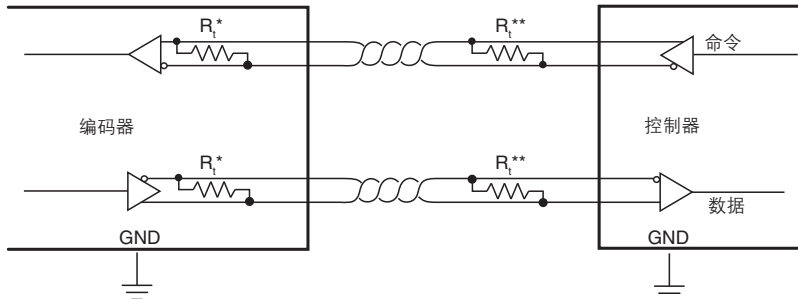
多圈计数器

选定的数字接口可提供额外的16位计数器以计算轴的旋转圈数（±32,768圈）。计数仅在编码器通电时可用。启动后的初始化过程中多圈计数器复位为零。当前仅支持BiSS接口。请参见第25页中的订货号了解订购信息。

通过RS422的异步串行通信接口

请求响应型通信通过异步串行链路提供磁编码器识别、位置数据和温度。有两个单向通信信道，形成全双工双向数据链路。每个信道均由符合RS422信号传输标准的双线差分双绞线连接组成。数据传输MSB为头；大端顺序。

电气连接



* 命令和数据信号传输采用5 V RS422兼容差分双绞线，且读数头内部有RC端接。

** 如果电缆总长超过5 m，则需要在控制器处设置端接。电缆的额定阻抗为120 Ω。

输出保护

可通过两个机构来预防由故障或总线争用导致的输出电流和功耗过大的问题。输出级的折返式电流限制可提供防止短路保护的即时保护。此外，如果芯片温度过高，过热保护电路会强制驱动输出进入高阻抗状态。

通信参数

字符长度	8位
奇偶性	无
停止位	1
流量控制	无
重复率	最大5 kHz。传输时间可降低此频率。
位置等待时间	位置采集和首个开始位发出之间的时间固定为200 μs。 此处不包括传输时间，计算循环时间时应加上传输时间。

链路速度可根据订货号中的“通信接口类型”来选择：

通信接口类型	A	B	C	D	E	F
链路速度（波特率）	115.2 kbps	128 kbps	230.4 kbps	256 kbps	500 kbps	1 Mbps

链路速度设定可以通过以下步骤在现场进行更改。

需要支持RS422信号电平的串行设备。

步骤：

1. 根据安装图安装磁编码器。绿色LED指示灯应亮起。
2. 将串行设备设定为磁编码器的链路速度。参见上表。
3. 发送 "v" 命令。磁编码器应使用版本字符串应答。
4. 发送重新配置字符串。详情如下。

磁编码器返回 "FLASH 0"，并使用新设定重新启动。

如果磁编码器返回 "RX_ERROR" 且LED指示灯变为红色，则该步骤未成功。重启电源并重新开始。

5. 将串行设备更改为新的链路速度。
6. 发送命令 "v" 并确认磁编码器在新的链路速度下正确工作。

要发送的配置数据：

1字节：0x62，固定标头

4字节：新链路速度，头为MSB（大端顺序）

4字节：新链路速度，二进制倒置

所有之前8字节的1字节校验和 + 数据字节计数器

将链路速度设定为115200波特的序列为（十六进制）：62 00 01 C2 00 FF FE 3D FF 04

校验和由所有数据字节 + 数据字节数 (=8) 计算而得。

新的链路速度可以为任何数。在上面的例子中，0x1C200 (hex) = 115200 (dec) 波特。

数据不应以突发方式发送，而应以间隔1 ms的单独字节发送。

无法恢复出厂设定。新设定是永久性的，除非磁编码器重新编程为不同的设定。

命令集

命令 "v" (0x76) — 版本请求

响应 — 版本信息和序列号
5字节ASCII识别字符串 ("AksIM")
1字节ASCII空格字符
8字节ASCII序列号
16字节ASCII订货号
1字节二进制固件版本
1字节二进制通信接口版本 (5)
1字节二进制ASIC修订版
3字节ASCII分辨率标识符

命令 "1" (0x31) — 单个位置数据请求

响应 — 位置和状态，传输一次
1字节标头0xEA
3字节二进制绝对位置、大端、左对齐
2字节磁编码器状态 — 参见下文
1字节常量脚标0xEF

在读数头的上一个响应结束后250 μs内，不得发送下一个请求，这样做是为了刷新位置数据。如果在250 μs内发送请求，数据将在刷新周期结束时到达。

命令 "2" (0x32) — 连续位置数据请求

响应 — 位置和状态，连续传输
1字节常量标头0xEA
3字节二进制绝对位置、大端、左对齐
2字节磁编码器状态 — 参见下文
1字节常量脚标0xEF

命令 "3" (0x33) — 请求缩短长度的连续位置数据

响应 — 位置和状态，连续传输
3字节二进制绝对位置、大端、左对齐
1字节详细磁编码器状态 — 参见下文

命令 "0" (0x30) — 停止

停止连续传输

命令 "4" (0x34) — 单个位置数据请求，包括速度信息

响应 — 位置、状态和速度，传输一次
1字节标头0xEA
3字节二进制绝对位置、大端、左对齐、无符号
2字节磁编码器状态 — 参见下文
3字节二进制速度信息、右对齐、带符号
1字节常量脚标0xEF

速度分辨率：每1微秒计数量乘以65536。
每秒计数 (CPS) = 速度 × $10^6 / 2^{16}$
每秒度数 (DPS) = CPS × 360 / 2^{20} (在20位分辨率时)

在读数头的上一个响应结束后250 μs内，不得发送下一个请求，这样做是为了刷新位置数据。如果在250 μs内发送请求，数据将在刷新周期结束时到达。

命令 "t" (0x74) — 温度请求

响应 — 磁编码器温度
1字节带符号二进制数字 — 传感器温度 (单位°C)

读数精度为±3 °C
固件版本30和更高版本提供此功能 (参见命令 "v" 了解固件版本)。

数据包结构

磁编码器状态（2个字节）：

b15 : b10 保留，始终为零

一般状态

b9 错误。如果设定此位，则位置无效。

b8 报警。如果设定此位，磁编码器将接近运行极限。位置有效。分辨率和/或精度可能低于规定值。

可同时设定错误和报警位；这时错误位优先。

读数头外壳上LED指示灯的颜色表明一般状态位的值：

红色 = 错误、橙色 = 报警、绿色 = 正常工作、未点亮 = 未通电。

详细状态位更明确地定义了报警或错误状态。

详细状态

b7 报警 — 信号幅值过高。读数头距离磁环过近或存在外部磁场。

b6 报警 — 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 报警 — 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。要重设系统错误位，尝试关闭电源然后重新打开，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。

PWM — 脉冲宽度调制接口

PWM通信接口包含两个数字信号：状态信号和PWM输出信号。它与3.3 V TTL兼容。

电气连接

状态信号和PWM输出信号均与3.3 V TTL兼容。这些信号输出的ESD防护功能很弱，因此必须在ESD受控环境下，并采取ESD防护措施小心谨慎地处理读数头。

源自或流入信号线的最大电流不应超过20 mA。

状态信号

状态信号指示磁编码器的当前状态。正常运行和位置信息有效时，状态信号强。状态信号弱时表示磁编码器出现错误状态，可能是由以下原因造成的：

- 运行超出安装公差
- 磁环磁性无效或损坏
- 传感器故障
- 系统错误
- 未通电

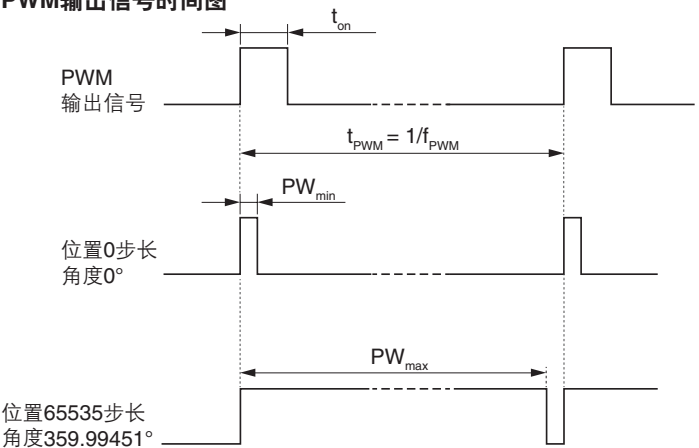
状态信号弱时，PWM输出信号也弱并且无脉冲输出。

磁编码器位置被锁存在PWM输出信号的上升沿。还应在PWM输出信号的上升沿检查状态信号。如果在PWM期间状态信号有变化，不会影响当前传输的位置信息。

PWM输出信号

PWM输出是一种16位分辨率的脉冲宽度调制输出，其占空比与测量位置成正比。脉冲宽度按 PW_{min} 改变，这相当于位置改变一个计数（角度变化为 $360^\circ/65536 \approx 0.00549^\circ$ ）。

PWM输出信号时间图



通信参数

订货号中的“通信接口类型”定义PWM频率和所有其他相关参数。

参数	符号	通信接口类型					单位	注释
		A	B	C	D	E		
PWM频率	f_{PWM}	122.07	274.66	366.21	549.32	1098.63	Hz	
信号周期	t_{PWM}	8192	3640.89	2730.67	1820.44	910.22	μs	
最小脉冲宽度	PW_{min}	0.125	0.0556	0.0417	0.0278	0.0139	μs	位置0（角度0°）
最大脉冲宽度	PW_{max}	8191.875	3640.83	2730.63	1820.42	910.21	μs	位置65534和65535 *
最小计数器频率	f_{CNTR}	8	18	24	36	72	MHz	接收计数器频率
分辨率		16位	16位	16位	16位	16位		固定；订货号上的分辨率必须设定为“16B”

* 注意，位置65534和65535（角度359.98901°和359.99451°）产生相同的脉冲宽度 PW_{max} 。

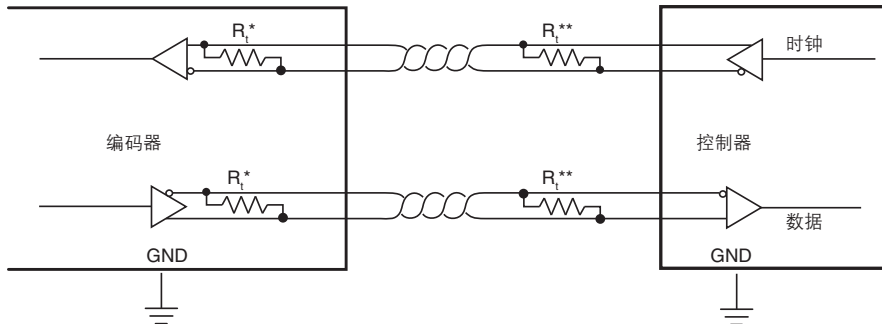
$$\text{位置 [计数]} = \frac{t_{on} \times 65536}{t_{PWM}} - 1$$

$$\text{位置 } [^\circ] = \frac{(t_{on} - PW_{min}) \times 360^\circ}{t_{PWM}}$$

SSI — 同步串行接口

磁编码器位置（采用最多20位自然二进制码）和磁编码器状态可通过SSI协议获取。位置数据左对齐。在位置数据之后有两个一般状态位，后接详细状态信息。

电气连接



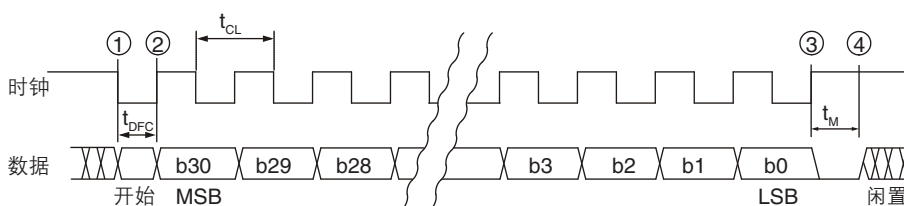
* 时钟和数据信号传输采用5 V RS422兼容差分双绞线，且读数头内部有RC端接。

** 如果电缆总长超过5 m，则需要在控制器处设置端接。电缆的额定阻抗为120 Ω。

输出保护

可通过两个机构来预防由故障或总线争用导致的输出电流和功耗过大的问题。输出级的折返式电流限制可提供防止短路的即时保护。此外，如果芯片温度过高，过热保护电路会强制驱动输出进入高阻抗状态。

SSI时间图

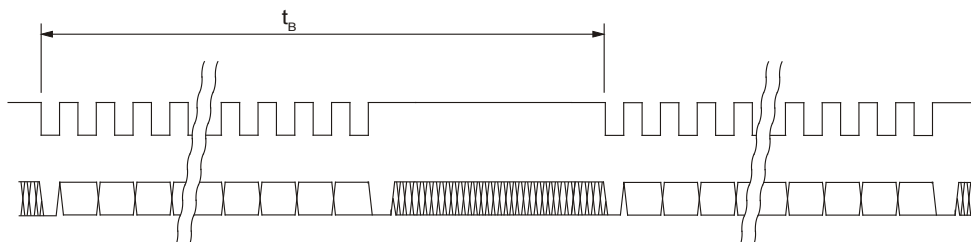


控制器通过向时钟输入发送脉冲序列，向读数头询问位置值和状态数据。时钟信号始终从高电平开始。第一个下降沿①锁存最后一个可用位置数据，并且在第一个上升沿②上，将位置的最高有效位 (MSB) 传输到数据输出。然后，应在下一个下降沿锁存数据输出。在时钟信号的后续上升沿上，传输后续位。如果①和②之间的时间延长1 μs，那么最大时钟频率限制将从500 kHz变成2.5 MHz。此功能称为“延迟第一时钟”，并且必须由连接磁编码器的控制器支持。

最后一位③传输后，数据输出变为低电平。当 t_M 时间终止时，数据输出未定义④。进行下一次读数前，时钟信号保持高电平状态的时间必须至少为 t_M 。

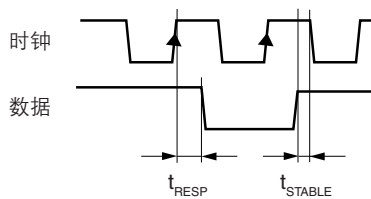
读取数据时，周期 t_{CL} 必须始终小于 t_M 。但是，通过在 t_M 持续时间内将时钟信号设定为高电平状态，可随时终止读取磁编码器位置。

要更新位置数据， t_B 不能小于两次连续读取之间的间隔时间。如果在上一次读取后的 t_B 时间内收到读取请求，将不会更新磁编码器位置。



将时钟次序发送至磁编码器前，必须至少通电10 ms。

最大频率

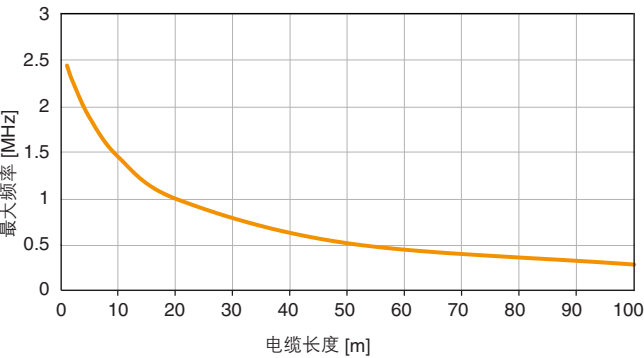


读数头需要170 ns来响应输入时钟 (t_{RESP})。数据信号将在经过时钟线的上升沿后，延时170 ns发生变化。其他延时还可因信号通过电缆传输至读数头并返回所需的时间 (t_{PROP}) 而导致。每米电缆通常延时14 ns。在值被锁存之前，数据信号稳定时间必须至少为时钟周期时间的10%。

若使用更长的电缆，则必须降低时钟频率。必须考虑连接编码器与接收器的电缆总长度。

$$t_{DELAY} = t_{RESP} + t_{PROP} \times \text{电缆长度}$$

频率降额与电缆长度的关系：



通信参数

参数	符号	最小值	典型值	最大值
延迟第一时钟	t_{DFC}	1 μ s		10 μ s
时钟周期	t_{CL}	2 μ s		20 μ s
时钟频率	f_{CL}	50 kHz		500 kHz (2.5 MHz *)
单稳态触发器时间	t_M		20 μ s	
重复率	t_B	200 μ s		
读数头响应延迟	t_{RESP}		170 ns	
电缆传输延迟	t_{PROP}		14 ns/m	

* 控制器具备“延迟第一时钟”功能。

起始位和空闲线路值由“通信接口类型”定义。

通信接口类型	线路状态选择	用途
A	起始位 = 0；空闲线路 = 0	不建议用于新设计
B	起始位 = 1；空闲线路 = 1	标准

数据包结构

位	b30 : b11	b10 : b9	b8 : b1	b0
数据长度	20位	2位	8位	1位
含义	磁编码器位置	一般状态	详细状态	保留

磁编码器位置

b30 : b11 磁编码器位置 — 左对齐，头为MSB，尾为LSB。如果磁编码器分辨率低于20位，位置信号的最后几位便会是零。

一般状态

b10 错误位。如果已设定，则位置无效。

b9 报警位。如果已设定，则磁编码器运行接近其极限。位置依旧有效，但分辨率和/或精度可能不符合规格。

可同时设定错误和报警位，这时错误位优先。

读数头外壳上LED指示灯的颜色表明一般状态位的值：

红色 = 错误、橙色 = 报警、绿色 = 正常工作、未点亮 = 未通电。

详细状态位更明确地定义了报警或错误状态。

详细状态

b8 报警 — 信号幅值过高。读数头距离磁环过近或存在外部磁场。

b7 报警 — 信号幅值低。读数头与磁环之间的距离过大。

b6 错误 — 信号丢失。读数头与磁环未对准或磁环损坏。

b5 报警 — 温度。读数头的温度超出规定范围。

b4 错误 — 电源错误。读数头电源电压超出规定范围。

b3 错误 — 系统错误。检测到电路内部故障或校准数据不一致。
要重设系统错误位，尝试关闭电源然后重新打开，同时保持上升时间少于20 ms。

b2 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。

b1 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。

b0 保留，始终为零。

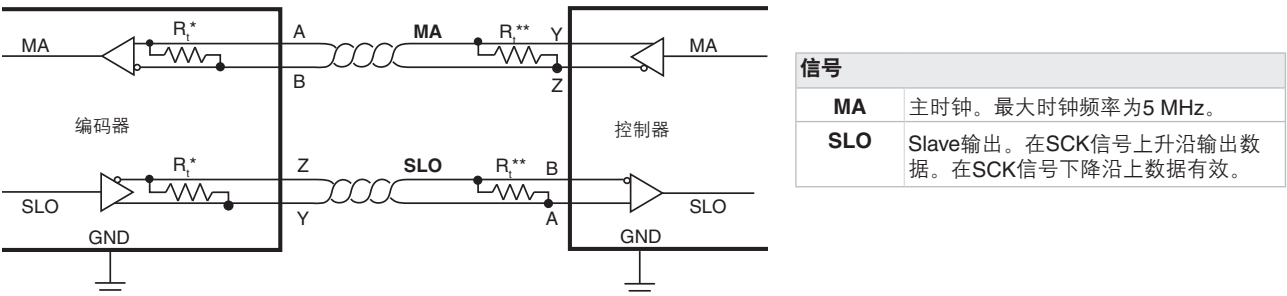
BiSS-C接口

磁编码器位置（采用最多20位自然二进制码）和磁编码器状态可通过BiSS-C协议获取。位置数据左对齐。在位置数据之后有两个状态位（低电平有效），后接CRC（倒置）。

为点对点操作执行BiSS；不支持多个Slave。

通信为单向通信，读数头不是用户可编程的，因此自定义参数无法存储到读数头中。

电气连接



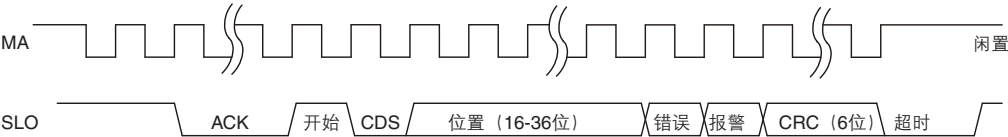
* MA和SLO线均为5 V RS422兼容差分双绞线。MA和SLO线的端接电阻集成在磁编码器内部。

** 如果电缆总长超过5 m，则需要在控制器处设置端接。电缆的额定阻抗为120 Ω。

输出保护

可通过两个机制来预防由故障或总线争用导致的输出电流和功耗过大的问题。输出级的折返式电流限制可提供防止短路的即时保护。此外，如果芯片温度过高，过热保护电路会强制驱动输出进入高阻抗状态。

BiSS-C时间图



MA为空闲高电平。通信自第一个下降沿启动。

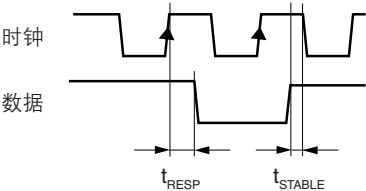
磁编码器通过设定MA上第二个上升沿的SLO低电平进行响应。ACK长度为12位。

当磁编码器准备好进行下一个请求循环时，通过设定SLO高电平向主设备发送准备就绪信号。

绝对位置和CRC数据采用二进制格式，发送时头为MSB。

未执行多周期数据，因此CDS位始终为零。

电缆长度补偿



读数头需要170 ns来响应输入时钟 (t_{RESP})。数据信号将在经过时钟线的上升沿后，延时170 ns发生变化。其他延时还可因信号通过电缆传输至读数头并返回所需的时间 (t_{PROP}) 而导致。每米电缆通常延时14 ns。必须考虑连接编码器与接收器的电缆总长度。

$$t_{\text{DELAY}} = t_{\text{RESP}} + t_{\text{PROP}} \times \text{电缆长度}$$

在值被锁存之前，数据信号必须保持稳定。因此，如果电缆长度超过1米且时钟频率高于2.5 MHz，则必须在连接编码器的接收器（控制器）中补偿延时。

状态位

类型	值0	值1	可能的故障原因
错误	位置数据无效。	正常	错误位处于低电平有效状态。如果处于低电平有效状态，则位置无效。
报警	位置数据有效。	正常	报警位处于低电平有效状态。如果处于低电平有效状态，则磁编码器运行接近其极限。位置依旧有效，但分辨率和/或精度可能不符合规格。

通信参数

订货号中的“通信接口类型”定义磁编码器的功能。

通信接口类型	参数	值
H	MA频率	最大5 MHz

参数	符号	最差情况
等待时间		<10 μ s
带宽 *		2.5 kHz
最大请求率		31 kHz (28 kHz多圈计数器选项)
超时		20 μ s
读数头响应延迟	t_{RESP}	170 ns
电缆传输延迟	t_{PROP}	14 ns/m

* 带宽参数为机械带宽。AksIM采样率为5 kHz，因此，出现的比2.5 kHz更快的任何机械变化均无法在输出上检测到（奈奎斯特定理）。如果对位置的请求频率比采样频率更快，则AksIM磁编码器会根据当前磁环速度重新计算请求时的位置。

数据包描述

数据包长度取决于分辨率，可从24到44位不等。其中包含用于多圈计数器的16位（如已选定）、16至20个位置位（通过分辨率选定），后跟2个状态位和6个CRC位（参见下表）。

分辨率	多圈计数器	位置	状态		CRC（倒置）
			错误	报警	
16B	0位	16位	1位	1位	6位
17B		17位			
18B		18位			
19B		19位			
20B		20位			
16M	16位	16位	1位	1位	6位
17M		17位			
18M		18位			
19M		19位			
20M		20位			

示例：18个位置位 + 2个状态位 + 6个CRC位 = 26位长的数据包。

包含位置、错误和报警数据的CRC计算多项式为： $x^6 + x^1 + 1$ 。也可用0x43表示。

数据包可倒置并先传输MSB。

有关6位CRC的计算程序示例，可参见本文档的附录2。

有关BiSS协议的详细信息，请访问www.biss-interface.com

SPI — 串行外围接口（Slave模式）

SPI接口设计用于与附近设备通信。

电气连接

所有数据信号均为3.3 V LVTTTL。输入具有5 V容差。

源自或流入信号线的最大电流不应超过20 mA。

信号	描述
$\overline{\text{CS}}$	低电平有效。 $\overline{\text{CS}}$ 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。空闲为高电平。 $\overline{\text{CS}}$ 信号的上升沿可重置SPI接口。
SCK	时钟输出数据发生在上升沿。电缆长1.5 m时最大频率为3 MHz。
MISO	$\overline{\text{CS}}$ 变为低电平之后，在SCK信号上升沿输出数据。在SCK信号下降沿上数据有效。 在 $\overline{\text{CS}} = 1$ 期间，MISO线路处于高电平Z模式。
状态	表示正常工作（仅具有S选项时可用）。

通信参数

订货号中的“通信接口类型”定义SPI接口类型和所有其他相关参数。

通信接口类型	描述	参数	值
S	SPI Slave — 简单模式	分辨率	固定 — 订货号上的分辨率必须设定为“16B”
		状态	独立接线上可提供错误状态
		数据长度	16位数据包 — 仅包括位置
A	SPI Slave — 高级模式	分辨率	可选择（参见订货号）
		状态	可通过SPI获取所有状态位
		数据长度	40位数据包 — 位置、状态、CRC
T	SPI Slave — 带时间戳的高级模式	分辨率	可选择（参见订货号）
		状态	可通过SPI获取所有状态位
		数据长度	56位数据包 — 位置、状态、时间戳、CRC

参数	符号	最小值	典型值	最大值	注释
时钟频率	f_{CLK}	1 Hz		3 MHz	带1.5 m电缆时的最大频率
$\overline{\text{CS}}$ 变为低电平后至第一个SCK上升沿的时间	t_{S}	2 μs			
上一个SCK下降沿后至 $\overline{\text{CS}}$ 变为高电平的时间	t_{H}	1 μs			
$\overline{\text{CS}}$ 高电平时间	t_{R}	8 μs			完成SPI重置的时间
读数重复率	f_{REP}			5 kHz	如果更高，相同的位置数据可能会传输两次

SPI Slave — 高级模式（A型）

数据包结构

数据包为40位长。头为MSB。位置数据左对齐。
读数每秒最多重复5000次。如果更高，相同位置数据可能会读取两次。

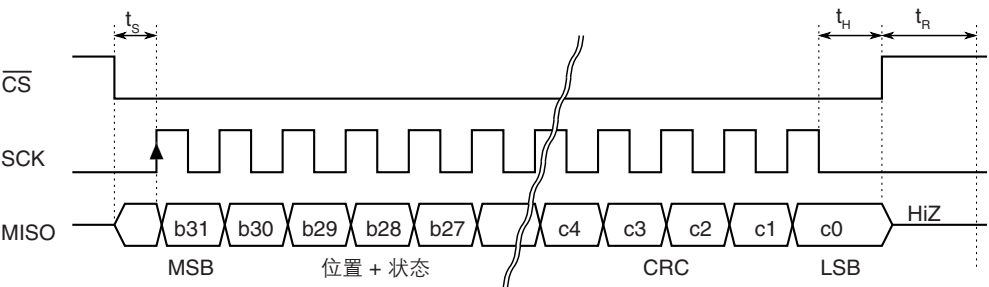
位	b31 : b12	b11 : b10	b9 : b2	b1 : b0	c7 : c0
数据长度	20位	2位	8位	2位	8位
含义	编码器位置	常规状态	详细状态	保留始终为1	CRC

磁编码器位置	
b31 : b12	磁编码器位置，左对齐，头为MSB。如果磁编码器分辨率低于20位，位置信号的最后几位便会是零。
一般状态	
b11	错误。如果设定此位，则位置无效。
b10	报警。如果设定此位，磁编码器将接近运行极限。位置有效。分辨率和/或精度可能低于规定值。
可同时设定错误和报警位；这时错误位优先。 读数头外壳上LED指示灯的颜色表明一般状态位的值： 红色 = 错误、 橙色 = 报警、 绿色 = 正常工作、未点亮 = 未通电。 详细状态位更明确地定义了报警或错误状态。	
详细状态	
b9	报警 — 信号幅值过高。读数头距离磁环过近或存在外部磁场。
b8	报警 — 信号幅值低。读数头与磁环之间的距离过大。
b7	错误 — 信号丢失。读数头与磁环未对准或磁环损坏。
b6	报警 — 温度。读数头的温度超出规定范围。
b5	错误 — 电源错误。读数头电源电压超出规定范围。
b4	错误 — 系统错误。检测到电路内部故障或校准数据不一致。要重设系统错误位，尝试关闭电源然后重新打开，同时保持上升时间少于20 ms。
b3	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。
b2	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。
CRC	
c7 : c0	利用多项式0x97进行CRC检查 — 参见本文档的附录1。

状态信号

在高级模式下，状态信号不可用。

SPI Slave时间图（A型）



SPI Slave — 带时间戳的高级模式（T型）

数据包结构

数据包为56位长。头为MSB。位置数据左对齐。

读数每秒最多重复5000次。如果更高，相同位置数据可能会读取两次。

位	b31 : b12	b11 : b10	b9 : b2	b1 : b0	t15 : t0	c7 : c0
数据长度	20位	2位	8位	2位	16位	8位
含义	编码器位置	常规状态	详细状态	保留始终为1	时间戳	CRC

磁编码器位置

b31 : b12 磁编码器位置，左对齐，头为MSB。如果磁编码器分辨率低于20位，位置信号的最后几位便会是零。

一般状态

b11 错误。如果设定此位，则位置无效。

b10 报警。如果设定此位，磁编码器将接近运行极限。位置有效。分辨率和/或精度可能低于规定值。

可同时设定错误和报警位；这时错误位优先。

读数头外壳上LED指示灯的颜色表明一般状态位的值：

红色 = 错误、橙色 = 报警、绿色 = 正常工作、未点亮 = 未通电。

详细状态位更明确地定义了报警或错误状态。

详细状态

b9 报警 — 信号幅值过高。读数头距离磁环过近或存在外部磁场。

b8 报警 — 信号幅值低。读数头与磁环之间的距离过大。

b7 错误 — 信号丢失。读数头与磁环未对准或磁环损坏。

b6 报警 — 温度。读数头的温度超出规定范围。

b5 错误 — 电源错误。读数头电源电压超出规定范围。

b4 错误 — 系统错误。检测到电路内部故障或校准数据不一致。要重设系统错误位，尝试关闭电源然后重新打开，同时保持上升时间少于20 ms。

b3 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。

b2 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。

时间戳

t15 : t0 机械位置的锁存与CS下降沿之间的时间（单位：μs）。

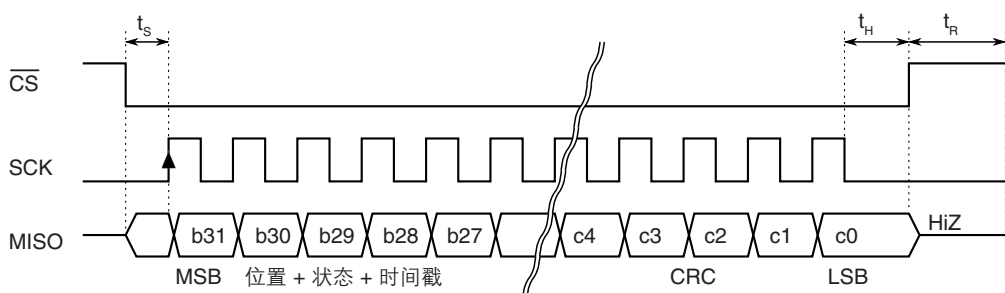
CRC

c7 : c0 利用多项式0x97进行CRC检查 — 参见本文档的附录1。

状态信号

在此模式下，状态信号不可用。

SPI Slave时间图（T型）



USB — 通用串行总线

请求响应型通信通过通用串行总线 (USB) 提供磁编码器识别、位置数据和温度。计算机将磁编码器视为虚拟COM端口。此通信类型可用于直接连接由（工业）计算机供电的测量工作站。支持的操作系统：32位和64位Windows（XP、Vista、7和8/10）、Linux和Mac OS X。如果插入USB 3.0端口，则磁编码器可能不会被正确识别。请使用USB 2.0端口或USB集线器。可通过任何支持虚拟COM端口连接的软件（例如C++、Delphi、Labview等）访问磁编码器。

电气连接

提供带有A类型USB插头的USB电缆。电缆长1.8 m。利用认证的USB延长线可将电缆延长至5 m，延长线应能承载更高的供电电流（最小为200 mA）。

USB驱动程序

用于Windows的虚拟COM端口的USB驱动程序可从RLS网站获取：www.rls.si/AksIM

磁编码器可在Linux系统和Mac OS X上自动识别。它采用了»通信设备类驱动程序 (CDC) «。

VID = 0483 & PID = 5740

通信参数

波特率、字符长度以及奇偶位的设定不会影响通信。可使用任何值。

“通信接口类型”不会影响USB接口。使用默认值“B”。

命令集

命令 "v" (0x76) — 版本请求
响应 — 版本信息和序列号 5字节ASCII识别字符串 ("AksIM") 1字节ASCII空格字符 8字节ASCII序列号 16字节ASCII订货号 1字节二进制固件版本 1字节二进制通信接口版本 (5) 1字节二进制ASIC修订版 3字节ASCII分辨率标识符
命令 "1" (0x31) — 单个位置数据请求
响应 — 位置和状态，传输一次 1字节标头0xEA 3字节二进制绝对位置、大端、左对齐 2字节磁编码器状态 — 参见下文 1字节常量脚标0xEF 在读数头的上一个响应结束后250 µs内，不得发送下一个请求，这样做是为了刷新位置数据。如果在250 µs内发送请求，数据将在刷新周期结束时到达。
命令 "2" (0x32) — 连续位置数据请求
响应 — 位置和状态，连续传输 1字节常量标头0xEA 3字节二进制绝对位置、大端、左对齐 2字节磁编码器状态 — 参见下文 1字节常量脚标0xEF
命令 "3" (0x33) — 请求缩短长度的连续位置数据
响应 — 位置和状态，连续传输 3字节二进制绝对位置、大端、左对齐 1字节详细磁编码器状态 — 参见下文
命令 "0" (0x30) — 停止
停止连续传输
命令 "t" (0x74) — 温度请求
响应 — 磁编码器温度 1字节带符号二进制数字 — 传感器温度（单位°C） 读数精度为±3 °C 固件版本30和更高版本提供此功能（参见命令 "v" 了解固件版本）。

数据包结构

磁编码器状态（2个字节）：

b15 : b10 保留；始终为零

一般状态

b9 错误。如果设定此位，则位置无效。

b8 报警。如果设定此位，磁编码器将接近运行极限。位置有效。分辨率和/或精度可能低于规定值。

可同时设定错误和报警位；这时错误位优先。

读数头外壳上LED指示灯的颜色表明一般状态位的值：

红色 = 错误、橙色 = 报警、绿色 = 正常工作、未点亮 = 未通电。

详细状态位更明确地定义了报警或错误状态。

详细状态

b7 报警 — 信号幅值过高。读数头距离磁环过近或存在外部磁场。

b6 报警 — 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 报警 — 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。要重设系统错误位，尝试关闭电源然后重新打开，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。

异步串行通信的等待时间

读数头有其获取位置的内部循环，运行频率为5 kHz ($\pm 10\%$)。一个循环需用时200 μs 。这与请求频率无关。

控制器发出请求。如果新的循环开始后请求到达读数头，则需要200 μs 的时间新的位置才会被读出。位置始终在循环结束时传输至控制器。此种情况下，请求和响应之间的延时将为200 μs （不含传输时间）。

如果请求刚好在循环结束之前到达读数头，则位置即时准备就绪且立即传输响应。在开始循环之前的200 μs 获得位置。

第二个模式为每个循环后的连续传输。在此模式中，无需请求磁编码器位置，编码器在准备就绪后可立即发送位置。

当控制器接收数据位置的第一位时，已经过去200 μs 。这一时间是常数 ($\pm 10\%$)。额外延时是由完成数据传输所需的时间造成的。这随着所选的比特率变化。

（与位置相同的数据包可提供每个特殊请求的时间信息和/或速度。）

其他Slave类型接口（SSI、SPI Slave）的等待时间

所有接口传输最后可用的有效数据。

磁编码器的内部循环为200 μs 。该延时是指从机械位置被传感器锁存的时间到数据准备通过接口进行传输的时间。

如果请求刚好在数据准备就绪后送达，则等待时间将为200 μs 。

如果请求刚好在计算新的数据之前送达，那么等待时间将为400 μs 。

例如：

$t = 0 \mu\text{s}$ 时，物理位置被锁存，但是尚未计算位置数据。位置数据将在200 μs 时可用。

如果请求在 $t = 1 \mu\text{s} - 199 \mu\text{s}$ 期间送达，将发送最后可用的数据 — 该数据来自上一个循环，在 $t = -200 \mu\text{s}$ 时被锁存。

BiSS的等待时间

BiSS采用不同的途径和计算方法，因此请求率可高于5 kHz。通常来说，请求率最高可达30 kHz。位置被锁存在MA（时钟）线上的第一个下降沿并被立即计算，因此，等待时间小于10 μs 。

读数头订货号

MHA 7 SF A 16B T 10 F 00

系列
MHA — 磁测座AksIM

MRA磁环兼容性
7 — 与MRA7磁环配合使用
8 — 与MRA8磁环配合使用

通信接口
DC — BiSS-C, RS422
PW — 脉冲宽度调制 (PWM)
SC — 同步串行接口 (SSI), RS422
SF — 异步串行, RS422
SP — SPI Slave, LVTTTL
US — USB 1.1

通信接口类型

请参见所选通信接口说明旁的表格, 了解详细信息
对于DC: H — BiSS-C, 低等待时间, 12 ACK位, 最大5 MHz
对于PW: 基础频率 (单位: Hz) (仅16位分辨率):

A	B	C	D	E
122	275	366	549	1099

对于SC: A — 起始位和空闲数据线0 (NRND)
B — 起始位和空闲数据线1 (标准)

对于SF: 链路速度 (单位: kbps):

A	B	C	D	E	F
115.2	128	230.4	256	500	1000

对于SP: A — SPI Slave高级模式
S — SPI Slave简单模式
T — SPI Slave带时间戳的高级模式

对于US: B — 标准

特殊要求
00 — 无特殊要求 (标准)
0M — 电缆长度 (单位: 米)

插头选项
A — 9针D型插头
F — 散线 (无插头)
U — USB类型A (仅USB输出类型可用)

电缆长度
10 — 1.0 m (标准)
(例如, 13 - 1.3 m, 或如果选择特殊选项0M时为13 m)
18 - 1.8 m (US标准)

外壳
T — T形 (标准)

分辨率
对于PWx和SPS:
16B — 每转16位
对于DCH, SCx, SFx, SPA和SPT:
16B — 每转16位
17B — 每转17位
18B — 每转18位
19B — 每转19位
20B — 每转20位 (仅适用于MHA8读数头)
对于US:
17B — 每转17位 (仅适用于MHA7读数头)
18B — 每转18位 (仅适用于MHA8读数头)

多圈计数器选项 (仅适用于DCH)
16M — 每转16位 + 16位多圈计数器
17M — 每转17位 + 16位多圈计数器
18M — 每转18位 + 16位多圈计数器
19M — 每转19位 + 16位多圈计数器
20M — 每转20位 + 16位多圈计数器 (仅适用于MHA8读数头)

磁环订货号

MRA 7 D 049 A A 025 B 00

系列
MRA — 磁环AksIM

MRA磁环类型
7 — 与MHA7读数头配合使用
8 — 与MHA8读数头配合使用

精度等级
D — $\pm 0.1^\circ$

外径
适用于MRA7磁环类型:
049 — 49 mm
适用于MRA8磁环类型:
080 — 80 mm

特殊要求
00 — 无特殊要求 (标准)

零位
B — 在金属码盘支架中新增孔进行标记

内径
适用于MRA7磁环类型:
025 — 25 mm
适用于MRA8磁环类型:
055 — 55 mm

截面
A — 磁环整体厚度为3.9 mm (标准)

材料
A — 带胶合橡胶粘结铁素体的不锈钢

当前可用磁环选项:

MRA7D049AA025B00
MRA8D080AA055B00

附件

MHA7TACC01 用于MHA7读数头/MRA7磁环径向定位的校准工具
MHA8TACC01 用于MHA8读数头/MRA8磁环径向定位的校准工具

附录1 — 利用0x97多项式计算8位CRC

一些通信接口提供用于检查编码器数据读数正确性的CRC值。本章提供了有关接收端CRC计算的示例。必须始终通过包含所有保留位的完整数据集来计算CRC。CRC计算的多项式为 $P(x) = x^8 + x^7 + x^4 + x^2 + x^1 + 1$ ，也可表示为0x97。

代码示例：

```
//poly = 0x97
static u8 tableCRC [256] = {
    0x00, 0x97, 0xB9, 0x2E, 0xE5, 0x72, 0x5C, 0xCB, 0x5D, 0xCA, 0xE4, 0x73, 0xB8, 0x2F, 0x01, 0x96,
    0xBA, 0x2D, 0x03, 0x94, 0x5F, 0xC8, 0xE6, 0x71, 0xE7, 0x70, 0x5E, 0xC9, 0x02, 0x95, 0xBB, 0x2C,
    0xE3, 0x74, 0x5A, 0xCD, 0x06, 0x91, 0xBF, 0x28, 0xBE, 0x29, 0x07, 0x90, 0x5B, 0xCC, 0xE2, 0x75,
    0x59, 0xCE, 0xE0, 0x77, 0xBC, 0x2B, 0x05, 0x92, 0x04, 0x93, 0xBD, 0x2A, 0xE1, 0x76, 0x58, 0xCF,
    0x51, 0xC6, 0xE8, 0x7F, 0xB4, 0x23, 0x0D, 0x9A, 0x0C, 0x9B, 0xB5, 0x22, 0xE9, 0x7E, 0x50, 0xC7,
    0xEB, 0x7C, 0x52, 0xC5, 0x0E, 0x99, 0xB7, 0x20, 0xB6, 0x21, 0x0F, 0x98, 0x53, 0xC4, 0xEA, 0x7D,
    0xB2, 0x25, 0x0B, 0x9C, 0x57, 0xC0, 0xEE, 0x79, 0xEF, 0x78, 0x56, 0xC1, 0x0A, 0x9D, 0xB3, 0x24,
    0x08, 0x9F, 0xB1, 0x26, 0xED, 0x7A, 0x54, 0xC3, 0x55, 0xC2, 0xEC, 0x7B, 0xB0, 0x27, 0x09, 0x9E,
    0xA2, 0x35, 0x1B, 0x8C, 0x47, 0xD0, 0xFE, 0x69, 0xFF, 0x68, 0x46, 0xD1, 0x1A, 0x8D, 0xA3, 0x34,
    0x18, 0x8F, 0xA1, 0x36, 0xFD, 0x6A, 0x44, 0xD3, 0x45, 0xD2, 0xFC, 0x6B, 0xA0, 0x37, 0x19, 0x8E,
    0x41, 0xD6, 0xF8, 0x6F, 0xA4, 0x33, 0x1D, 0x8A, 0x1C, 0x8B, 0xA5, 0x32, 0xF9, 0x6E, 0x40, 0xD7,
    0xFB, 0x6C, 0x42, 0xD5, 0x1E, 0x89, 0xA7, 0x30, 0xA6, 0x31, 0x1F, 0x88, 0x43, 0xD4, 0xFA, 0x6D,
    0xF3, 0x64, 0x4A, 0xDD, 0x16, 0x81, 0xAF, 0x38, 0xAE, 0x39, 0x17, 0x80, 0x4B, 0xDC, 0xF2, 0x65,
    0x49, 0xDE, 0xF0, 0x67, 0xAC, 0x3B, 0x15, 0x82, 0x14, 0x83, 0xAD, 0x3A, 0xF1, 0x66, 0x48, 0xDF,
    0x10, 0x87, 0xA9, 0x3E, 0xF5, 0x62, 0x4C, 0xDB, 0x4D, 0xDA, 0xF4, 0x63, 0xA8, 0x3F, 0x11, 0x86,
    0xAA, 0x3D, 0x13, 0x84, 0x4F, 0xD8, 0xF6, 0x61, 0xF7, 0x60, 0x4E, 0xD9, 0x12, 0x85, 0xAB, 0x3C};
```

//使用此函数计算32位数字的CRC

```
u8 crc8_4B(u32 bb)
{
    u8 crc;
    u32 t;
    t = (bb >> 24) & 0x000000FF;
    crc = ((bb >> 16) & 0x000000FF);
    t = crc ^ tableCRC[t];
    crc = ((bb >> 8) & 0x000000FF);
    t = crc ^ tableCRC[t];
    crc = (bb & 0x000000FF);
    t = crc ^ tableCRC[t];
    crc = tableCRC[t];
    return crc;
}
```

//使用此函数计算固定长度缓冲区的CRC

```
u8 CRC_Buffer(u8 NumOfBytes) // 参数 = 使用多少个缓冲区字节计算CRC
{
    u32 t;
    u8 icrc;
    NumOfBytes -= 1;
    icrc = 1;
    t = Buffer[0];
    while (NumOfBytes--)
    {
        t = Buffer[icrc++] ^ tableCRC[t];
    }
    crc = tableCRC[t];
    return crc;
}
```

示例：

```
u8 Buffer[BufferLength];

crc_value = u8 CRC_Buffer(BufferLength);
```

推荐文献：

- Painless guide to CRC error detection algorithm; Ross N. Williams.
- Cyclic Redundancy Code (CRC) Polynomial Selection For Embedded Networks; P. Koopman, T. Chakravarty

附录2 — 利用BiSS 0x43多项式计算6位CRC

BiSS通信提供用于检查编码器数据读数正确性的CRC值。本章提供了有关接收端CRC计算的示例。必须始终通过完整的数据集来计算CRC。CRC计算的多项式为 $P(x) = x^6 + x^1 + 1$ ，也可表示为0x43。

必须修改下列代码示例以匹配实际数据长度。位置数据、错误和报警位必须以在BiSS数据包中的相同顺序全部包含到计算中。ACK位、起始位和CDS位不包括在CRC计算中。

代码示例:

```
u8 tableCRC6[64] = {
    0x00, 0x03, 0x06, 0x05, 0x0C, 0x0F, 0x0A, 0x09,
    0x18, 0x1B, 0x1E, 0x1D, 0x14, 0x17, 0x12, 0x11,
    0x30, 0x33, 0x36, 0x35, 0x3C, 0x3F, 0x3A, 0x39,
    0x28, 0x2B, 0x2E, 0x2D, 0x24, 0x27, 0x22, 0x21,
    0x23, 0x20, 0x25, 0x26, 0x2F, 0x2C, 0x29, 0x2A,
    0x3B, 0x38, 0x3D, 0x3E, 0x37, 0x34, 0x31, 0x32,
    0x13, 0x10, 0x15, 0x16, 0x1F, 0x1C, 0x19, 0x1A,
    0x0B, 0x08, 0x0D, 0x0E, 0x07, 0x04, 0x01, 0x02};

u8 crcBiSS(u32 bb)
{
    u8 crc;
    u32 t;
    t = (bb >> 30) & 0x00000003;
    crc = ((bb >> 24) & 0x0000003F);
    t = crc ^ tableCRC6[t];
    crc = ((bb >> 18) & 0x0000003F);
    t = crc ^ tableCRC6[t];
    crc = ((bb >> 12) & 0x0000003F);
    t = crc ^ tableCRC6[t];
    crc = ((bb >> 6) & 0x0000003F);
    t = crc ^ tableCRC6[t];
    crc = (bb & 0x0000003F);
    t = crc ^ tableCRC6[t];
    crc = tableCRC6[t];
    return crc;
}
```

推荐文献:

- Painless guide to CRC error detection algorithm; Ross N. Williams.
- Cyclic Redundancy Code (CRC) Polynomial Selection For Embedded Networks; P. Koopman, T. Chakravarty

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

英文版修订记录

版本	日期	页码	修订
7	2015.6.5	4	说明了外部磁场影响
		6	添加了建议的紧固件信息
		18	修订了CS低电平数据后的SPI输出最短时间
8	2016.2.26	2	修订了磁环耐化学腐蚀性说明
		4	修订了外部磁场、添加了闪烁的LED指示灯信息
		8 - 24	等待时间从250 μ s更改为200 μ s 更新速率从4 kHz更改为5 kHz
		8, 17, 25	删除了BiSS输出G型、修订了BiSS最大请求率
		9	修订了异步串行通信电气连接图和描述
		10, 22	修订了命令"v"、添加了命令4、修订了命令3描述
		13	修订了SSI电气连接图和描述
		14	添加了SSI输出类型种类使用情况
		16	修订了BiSS-C电气连接图和时间图
		17	添加了带宽描述、修订了通信参数表
		18, 21, 25	添加了SPI T型
		26, 27	修订了附录1和2
9	2016.6.20	6, 9, 17, 25	添加了多圈计数器功能、修订了BiSS接口
10	2017.2.23	8, 10, 17, 25	移除了15位分辨率、修订了Async命令

如需查询全球联系方式，请访问 www.renishaw.com.cn/contact



扫描关注雷尼绍官方微信

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。

© 2017 RLS d.o.o.

销售者对产品适销性及特定目的适用性不做任何明示或暗示的担保。