

编码器

通过创新设计和信号评估提高绝对旋转编码器的性能

文 | Servotronic Motion Control 公司，营销副总裁 Markus Erlich 博士

由 Servotronic 开发的绝对旋转编码器 sensAR，以更加紧凑和坚固耐用的结构，实现了光学绝对编码器所具有的高分辨率和精度（图 1）。该款编码器的优势来自于其非周期性图案布局，以及一种专利的信号评估方法，可以从单个圆形轨道生成格雷码以及高分辨率绝对位置。

光学旋转编码器

常规的增量编码器利用具有一条或两条同心轨道的光盘。每条轨道由透光或不透光的等距窗口所构成。通过光盘的光束将会由一个光学传感器加以检测，并随着光盘的转动输出等间隔的脉冲。在双轨道布局当中，每条轨道将会配有一对光发射检测器；这两个传感器将会生成两个具有相位差的正弦模拟信号。在单轨道结构当中，也会类似地由具有 1/4 圈偏置的两个传感器产生两个信号。随后这些模拟信号将会被转换成数字信号（方波），其中一个通道的信号将会领先另外一个通道的信号 90 度。通过对两条输出通道的相位差进行监测，就可以确定旋转方向。

光学编码器通常具有一个包含着一

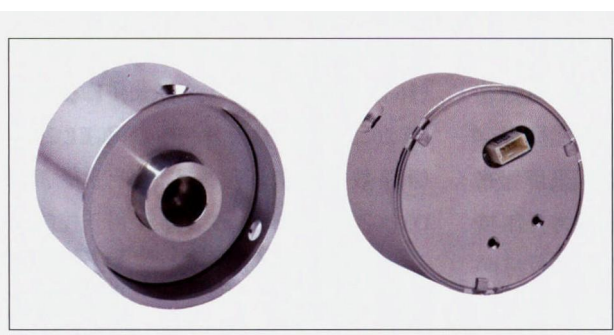


图 1 sensAR 以更加紧凑和坚固耐用的结构，实现了光学绝对编码器所具有的高分辨率和精度

定数量（n）周期分段的增量图案，周期分段窗口的数量介于 250 个到几千个，并围绕光盘等距离分割。因而，每一圈的信号数字化过程可以生成 $4 \times n$ 个结果。两个信号的模拟数值将被用来计算在一个增量图案周期当中的精确位置，从而获得具有高分辨率的增量位置。然而，如果要获得在某一圈当中的绝对位置，起始位置必须已知。

为了确定绝对位置，旋转编码器光盘上包括一条具有二进制编码模式的附加绝对轨道。根据图案设计，绝对轨道由不同长度的分段所构成。每个分段是分度的倍数，而分度由分辨率所决定。

绝对轨道的分辨率必须与增量轨道具有同样高的分辨率。因此，绝对图案每个分度的长度与增量图案的周期分段（刻度）的长度相等。

为了对绝对轨道进行阅读，需要使用多个传感器对图案上的连续分度进行读取。相邻传感器之间的距离必须与绝对轨道的分度或者增量轨道的刻度相等。由于这种传感器的尺寸必须足够小，因此通常是在一片针对特定应用的半导体芯片上，将定制设计的微型光学传感器封装成一个传感器阵列。

从传感器阵列产生的数字化输出信号将会提供一个格雷码。这是一种二进制编码，两个相邻数值的编码仅有一位不同。由于连续增量位置编码仅有一位二进制数字差别，因而格雷编码可以防止位置过渡时引入错误代码。

磁性旋转编码器

与增量编码器具有相同原理的磁性编码器，具有比光学编码器更加稳健的

优点，这是因为它对于冲击、振动和污染较不敏感。此外，它也更加耐用，因为发光二极管不会发生退化。

然而，由于随着与磁体表面距离的增加，磁场强度将会快速降低，因此这种图案的周期分段数量仅有数十个。此外，如果刻度非常小，那么磁性传感器必须与磁体表面非常靠近，以便对不同的位置过渡加以感测。磁性传感器通常是通过以更高分辨率进行模拟处理，来对数量较少的周期分段加以补偿。这导致了对电噪声更高的敏感性。此外，单个分段中的信号精确性较低，从而使得磁性编码器的总体精度不如光学编码器高。

光学和磁性编码器都有一些缺点。它们都需要至少两条轨道以及一个传感器阵列来确定旋转圆盘的绝对位置。特别是对于磁性编码器来说，在一个编码器圆盘上安排两条同心磁轨非常困难。对于光学和磁性绝对编码器来说，位置检测的可靠性大多依赖于投射到传感器阵列上的代码精度。

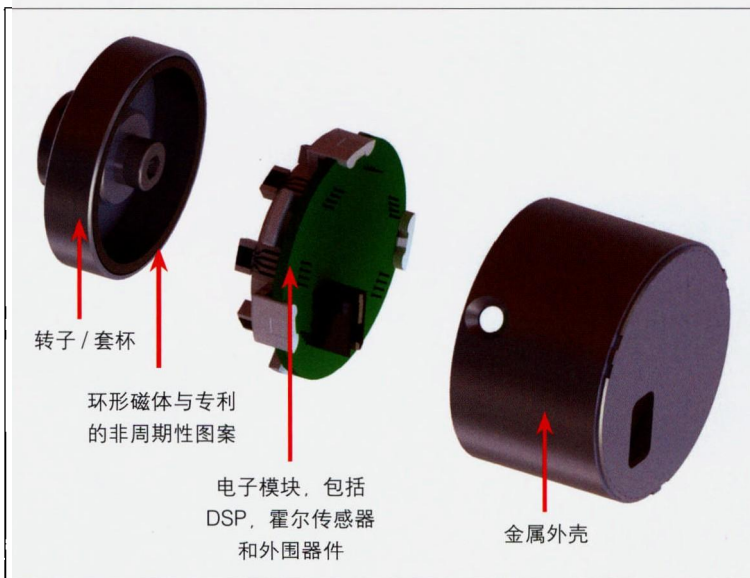
由于代码轨道具有较小的尺寸公差，因此绝对编码器圆盘必须以极高的精度加以生产，其尺寸只能在可行的范围内保持到最小。这就是为什么绝对编码器通常只有 256 个分段，而同等尺寸的增量编码器通常具有 1024 个增量分段。

一款新设计的磁性旋转编码器

Servotronics 开发的新型磁性绝对旋转编码器克服了传统绝对编码器的许多缺点。在编码器圆盘的外沿，在单条圆形轨道上布置多个具有不同尺寸的永磁体，从而构成一个非周期性磁代码轨道。磁性（霍尔）传感器被固定在编码器的固定部分，并使它们保持等距离间隔。它们将以同心圆方式加以布置，并靠近磁代码轨道。Servotronics 的设计采用了一种专利算法，可以通过一条磁性代码轨道的非周期性图案，用给定数量的传感器，对最大数量的位置生成格雷码。

此外，传感器的模拟输出信号可以直接提供一个高分辨率的绝对位置，而

图 2 机械设计简单



无需额外的增量读数。传感器可以生成与对面磁体所产生磁场强度成正比的电信号。这些模拟信号将会首先通过与阈值进行比较来加以数字化，从而生成一个格雷码。该格雷码将以较低的分辨率对某个绝对位置加以描述。例如，7 个传感器加上 7 个磁体这样一种配置，可以为 98 个位置创建出识别格雷码。

为了实现更高的绝对分辨率，可以使用另外一个信号评估专利方法。在该方法当中，两个模拟信号将按照预定的信号表与每个格雷码相互关联。圆盘的绝对位置将按照预先记录的模拟信号位置表，与阈值最为接近的相关位置数值相对应。

在实际应用当中，Servotronics 技术可以使用一个 12 比特 A/D 转换器与 7 个传感器的配置，实现 20 bits 的分辨率。

sensAR™ 旋转编码器系列

Servotronics 最近将该款新编码器加入其 sensAR 旋转编码器系列。该系列当中的首款磁性绝对编码器可以提供 20 bit 的分辨率以及 $\pm 0.02^\circ$ ($\pm 72''$) 的精度，并首先提供 36 mm 直径以及 28 mm 高度的产品规格。

简单性是这款新编码器的主要优点。它通过一条单轨道生成格雷码，而非像其他绝对编码器那样需要至少两条轨道

以及一个定制设计的传感器阵列。高分辨率通过一种专利的信号评估技术得以实现，而非像其他类型的绝对编码器那样通常需使用高分辨率增量读数，从而造成这些设备尺寸更大和更加复杂。此外，该款新编码器的机械设计利用了现成的霍尔传感器，并且不需要定制的微型传感器阵列，因而是一款具有高成本效益的编码器。

磁性技术与简单的机械设计相结合，使得 sensAR 传感器结构紧凑，坚固耐用（图 2）。由于仅有少量的机械部件，并且不包含光学器件，因此 sensAR 编码器对于污染较不敏感，并且可以在不洁、多尘或潮湿的环境下工作，工作温度范围： $-20^\circ\text{C} \sim 115^\circ\text{C}$ 。此外，这款编码器还可以容纳一定的机械公差，电机轴的容许轴向和径向运动公差分别为 $\pm 0.3 \text{ mm}$ 和 $\pm 0.025 \text{ mm}$ 。此外，由于消除了光学器件和轴承，因此该款编码器具有极高的耐久性，并且无需任何维护。即使在高达 10 000 rpm 的转速以及 100 000 rad/s^2 的角加速度下，sensAR 仍然可以保持长使用寿命。

sensAR 编码器结构坚固，因而对于暴露在严重冲击环境下的电机反馈应用，例如采矿、钢铁、水泥以及造纸行业当中所发生的紧急制动或高振动环境，该款编码器特别可靠。MM