

增量式光电编码器克服抖动干扰的方法

朱灿焰

(电子信息工程系)

摘要 较详细、深入地研究了增量式光电编码器输出脉冲信号的各种计量方法。在抗光码器抖动干扰原理的基础上,提出了一种新的最高精度计量方法。该方法较全面地解决了增量式光码器实际应用中的技术问题。

关键词 增量式光电编码器;固有分辨率;抖动干扰;计量精度;计量方法

分类号 TN 29

0 引言

在绝对位移、旋转角度、速度等参量的实际检测中,增量式光电编码器(简称光码器)的应用已相当普遍^[2~6],究其原因主要是因为光码器的内部光码盘(尺)的固有分辨率极高,使用方便,输出脉冲信号与计算机接口电路兼容,且抗电干扰能力强^[6],因而比模拟检测方式有更明显的优越性能^[4]。此外,相对于绝对式光电编码器来说,其价格便宜。然而,增量式光码器无记忆能力,由于其码盘精度很高,故对抖动干扰非常敏感^[5,6],若其输出脉冲的计量方法缺乏有效的抗抖动干扰能力,则检测结果与实值之间将会存在很大误差,且误差值随机变化,从而使系统的检测精度(即光码器的计量精度)大大低于光码器的固有分辨率。所以,实际应用中要体现增量式光码器的性能特点,首先应保证其计量方法的抗抖动干扰能力。另一方面,对应于光码器编码盘三组码道的输出脉冲信号中,其中两相计数脉冲信号具有相位相关编码特性。若能充分利用这些相关信息,可使光码器的计量精度最高达到其固有分辨率的4倍,从而有效提高整个检测系统的性能。所以,如何提高光码器的计量精度是其计量方法应解决的另一个技术问题。由此可见,增量式光码器的实际应用效果取决于其输出脉冲计量方法的抗抖动干扰能力和计量精度。

本文首先详细、深入地研究增量式光码器现有各种计量方法的原理及特点,指出各自存在的不足之处。然后,在消除光码器抖动干扰的原理基础上,提出一种新的计量方法,并介绍该方法的原理电路。此外,文章还给出了一些有价值的结论。

1 光码器的计量方法及特点

增量式光电编码器主要由编码盘(尺)、平行光源、光敏感元件及信号处理电路等构成^[1]。编码盘上刻有三路编码透光栅道,其中,码道A、B被称之为计数码道;码盘两侧分别固置平行光源和光敏感元件。当码盘相对于平行光源移动时,经光敏感元件和信号处理电路光码器便产生相应的三相输出脉冲信号。图1中给出了码盘上编码栅道结构及对应的A、B两相信号波形。图中小方块是透光窗,两路计数码道上的透光窗等窗宽编排,且相互错开 $\frac{1}{4}$ 窗口宽度,即对应的A、B两相脉冲信号的相位差值是 90° ;A或B码道透光窗总数决定了光码器的分辨率。图1中假设对应透光窗位置的输出信号为高电平。很显然,编码盘(尺)相对于平行光源点移动的距离或角度,完全对应于A或B相脉冲信号的变化情况。所以,利用光码器检测绝对位移量等参数,就是要精确计量A、B两相脉冲信号的输出脉冲数。

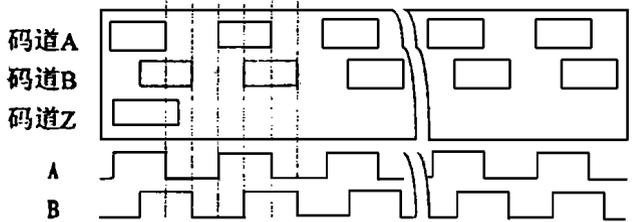


图1 编码盘结构示意图及对应A、B两相波形

目前,主要有两种基本的计量方法。方法一,根据A(B)相脉冲信号上升沿或下降沿时刻所对应的B(A)相脉冲信号的逻辑电平值进行计数操作,并判断出光码器的运动方向。若为高电平,则认为光码器正转即左移,计数器加1;若为低电平,则认为光码器逆转即右移,计数器减1^[4,7]。硬件实现时,该方法只需一组双向可逆计数器。方法二,光码器正转时,A相脉冲上跳沿对应B相脉冲为高电平,则一组计数器加1;光码器逆转时,B相脉冲上跳沿对应A相脉冲为高电平,则另一组计数器加1。两组计数器的结果相减即可确定绝对位移量和方向^[2,10~13]。显然,这种方法需要二组计数器,且不能直接给出方向状态信息或最终方向结果。在理想情况下,由图1可以看出:A、B两相脉冲的相位差 90° 固定不变,因而,上述两种方法均能准确给出光码器的绝对位移值,其最大绝对误差为一个信号周期所对应的距离,即计量精度为光码器码盘光栅所决定的固有分辨率。然而,在实际应用中,若直接使用上述两种基本方法进行检测,则基本上无法实现光码器固有分辨率的计量精度。

事实上,A、B是相对的,其信号脉冲的上升沿和下降沿也是相对的,但脉冲跳变沿所对应的透光窗左右沿位置是不变的。若光码器正转时,透光窗的左右沿位置分别对应输出脉冲的上跳沿和下跳沿,则光码器逆转时,透光窗的左右沿位置分别对应输出脉冲的下跳变时刻和上跳变时刻。因此,上述两种方法均存在计量错误的可能。若光码器在某一方向下的运动过程中出现来回抖动,则各种计数操作均会发生重复计数现象。由于抖动干扰是随机的,因而,重复次数无法确定,计数器的位数也就无法确定。更主要的是,计量结果与实际位移量间会存在很大误差,从而,失去了光码器的实用价值。

为了消除抖动干扰,文献^[2]建议减小A、B两相脉冲信号间相位差,即将A、B两码道透光窗间的错开距离,由 $\frac{1}{4}$ 窗口宽度缩小到 $\frac{1}{3}$ 至 $\frac{1}{2}$ 窗口宽度,从而减小抖动所引起的出错概率。由于A、B两码道间必须具备一定的相关编码信息,以确定光码器的运动方向,故无法彻底消

除抖动干扰。文献[4]简单地采用模拟滤波方法消去抖动引起的毛刺输出,虽有一定效果,但不能适用于各种抖动频率和幅度下的干扰情况,此外,不可避免地影响到正常工作输出信号的相关性,甚至会造成计数信号丢失。因此,该方法实际上是不可行的。文献[8]分析了两种基本计量方法产生计量误差的内在因素,并提出了准确计量的基本思想,同时给出了硬件实现形式。该方法虽能完全消除抖动干扰,但仍需两组计数器来确定光码器的绝对位移量和运动方向,且在抖动干扰较严重时,计数器的位数无法估算。文献[5,6]分析了抖动干扰信号的特征,修正了第一种基本计量方法,使其具备了消除抖动干扰的能力,同时保持了该方法的优点。并且,在任何程度的抖动情况下,双向可逆计数器的位数都能由光码器的固有分辨率准确确定。

尽管如此,上述各种方法的计量精度仅为光码器的固有分辨率,并没有达到其极限值。为了提高计量精度,文献[3]利用A、B两相脉冲信号组合状态的变化信息,来确定光码器的运动方向和绝对位移点。该方法可使计量精度提高4倍,但无抗抖动干扰能力,且难以用硬件电路实现;文献[8]给出了一种软件实现的高精度计量方法,其计量精度2倍于光码器的固有分辨率;文献[9]提出了另一种具有抗抖动干扰能力的高精度计量方法,该方法的计量精度虽达到了4倍于光码器固有分辨率,但硬件电路复杂,两组计数器的位数难以确定;在相同的检测系统中,光码器的极限速率也相应地下降4倍。

2 极限精度计量原理

我们已经知道,正常情况下A、B两相时序脉冲信号的相位差保持 90° 不变,即某相脉冲的两个跳变沿时刻所对应的另一相脉冲的电平值总是相反的。然而,光码器发生抖动时,A、B两相时序波形的相位差不再是 90° 关系。仔细分析可知,影响计量精度的抖动干扰是在透光窗边缘附近发生的小幅度晃动所引起的^[5,6]。图2(a)、(b)分别给出了光码器正转时B、A两码道中某透光窗边缘抖动所输出的时序波形。

由图2可知,抖动干扰信号两个跳变沿时刻所对应的另一相脉冲信号的电平值总是一致的,因此,可以利用D触发器将两跳变时刻所对应的另一相脉冲的逻辑电平寄存起来,并在计数时刻进行比较。若一致则为干扰信号,计数器停止计数操作;若不一致则为正常工作信号,计数器进行正常计数,从而消除抖动引起的重复计数现象,实现高精度计量。很明显,在这种计量方法中,计数器的位数仅由有效脉冲总数决定,即可根据码盘计数码道中透光窗的总数确定。图3为消除抖动干扰的原理电路。其中,U/D端为光码器的方向状态信号,控制计数器的双向可逆端;CLK₁为计数触发时钟信号。

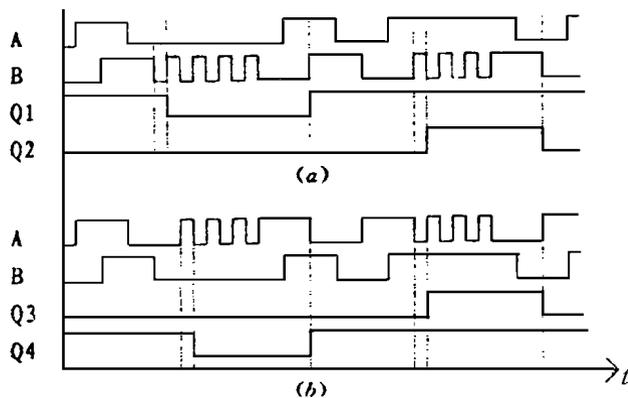


图2 透光窗边缘抖动时的输出时序波形

在图2所示信号的作用下,不难分析出:抖动引起的时序脉冲均被抑制掉了,只有单方向

位移所对应的脉冲信号才产生计数脉冲输出,因而完全消除了抖动干扰。因 A 、 B 是相对的,所以在光码器逆转时可得相同的结论。然而,这种计量方法仅只利用了一个跳变沿时刻(图3中为 B 相脉冲的上跳变时刻),相邻两计数点对应在码盘上的检测距离为两个透光窗宽度,即计量精度仅为光码器的固有分辨率。事实上,在两个透光窗宽度的范围内, A 、 B 两相编码信号具有4个独立的跳变时刻。若充分利用这组编码信息,可使光码器的计量结果更精确地表示平行光源在码盘中的位置,也即被测对象的绝对位置。因此,将上述消除抖动干扰方法推广到4个跳变沿时刻,即在两路计数码道中每个透光窗边沿均进行去抖动计数操作,则计量精度可提高4倍。显然,对仅有二路计数码道的光码器来说,此计量精度已达到了极限。

图4为该计量方法的硬件实现原理电路。根据图4可以分析出:任一透光窗边沿,无论是否存在抖动干扰,均只有对应的第一次跳变信号才被有效计入,而抖动所引起的多次跳变均被干扰状态信号所抑制,从而保证了光码器输出脉冲信号计量的准确性。图2中给出了抖动时序脉冲及对应于图4中4个D触发器的逻辑状态输出,不难验证上述理论的正确性。

可以明显看出:图4电路是由对称的二部分组成的,它们分别在 A 、 B 两路透光窗的各边沿处作计数操作,两者结果相加表示被测对象的位置。尽管每一部分的计数触发间隔为一个透光窗宽度,但因两部分的计数时刻刚好错开 $\frac{1}{2}$ 窗口宽度,故两者相加结果的计量精度为 $\frac{1}{4}$ 透光窗宽度,即为光码器固有分辨率的4倍。值得注意的是:图4中的方向状态信号 $U/D 0$ 和 $U/D 1$ 不能组合使用,它们应分别独立地控制相应计数器的双向可逆端,在某些需要方向信息的应用场合,只可直接选用 $U/D 0$ 或 $U/D 1$ 。因此, $U/D 0$ 和 $U/D 1$ 的选取应保证两部分所反应的光码器运动方向状态是一致的。

与文献[9]的计量方法相比较,该方法的硬件复杂程度下降了一半;在相同的系统时钟频率下,光码器的限速可提高1倍;两组计数器的位数相等,且由光码器的固有分辨率确定。例如,若选用 LEC05-E1800 型增量式旋转光电编码器,其固有分辨率为 0.2° ;则两组双向可逆计数器需12位,即可保证在任何抖动干扰情况下,光码器每转一周的计量结果均不会产生溢出现象。若假设系统时钟为 6 MHz ,则对 MCS-51 系列 CPU 而言,光码器的限速为 11 r/s ^[14]。

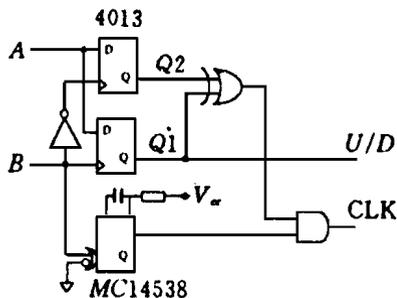


图3 消除抖动干扰的原理电路

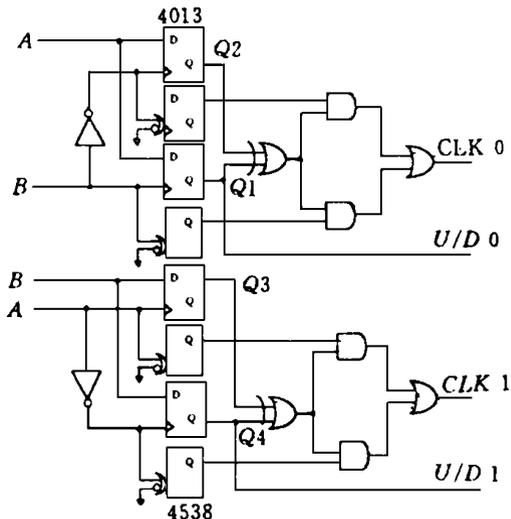


图4 极限精度计量方法原理电路

3 结 论

本文提出了增量式光电编码器输出时序脉冲的一种新的计量方法,并同时给出了硬件实现电路。根据对典型抖动干扰信号的分析可以认为:该方法能完全消除抖动干扰,其计量精度达到了极限。通过对现有各种计量方法的研究和比较,可以认为:本文新提出的极限精度计量方法,较全面地解决了增量式光电编码器在实际应用中的技术问题。

参 考 文 献

- 1 周德广。增量式旋转光电编码器。信息与控制,1982,11(1):51~52
- 2 方一鸣等。增量式脉冲编码器在绝对位置测量中的应用。自动化仪表,1994,15(8):21~23
- 3 邓建刚等。8031单片机在机车电器检测中的应用。机车电传动,1995,(5):28~30
- 4 陆明珠等。一种光电编码器的译码电路。自动化仪表,1995,16(9):38~40
- 5 朱灿焰。抗光电编码器抖动技术。华东交通大学学报,1995,12(4):46~51
- 6 朱灿焰。调压开关在车检测仪的抗干扰技术。机车电传动,1996,(5)
- 7 蒋嗣荣等。计算机控制技术。西安:西安电讯工程学院出版社,1985
- 8 任作新。提高对增量编码器读数的准确性。自动化仪表,1995,16(12):24~26
- 9 张锦春,黄树槐。增量式光电编码器在自动测试系统中的应用。自动化仪表,1996,17(2):23~24
- 10 张福学。传感器应用及其电路精选。北京:电子工业出版社,1991
- 11 张福学。应用传感器手册。北京:电子工业出版社,1988
- 12 吴道悌。非电量测量技术。西安:西安交通大学出版社,1990
- 13 陈尔绍等。实用光电控制电路精选。北京:电子工业出版社,1993
- 14 李 华。MCS-51系列单片机实用接口技术。北京:北京航空航天大学出版社,1993

Study on the Estimating Methods of Incremental Optoelectrical Encoder

Zhu Canyon

(Electronic and Information Engineering Department)

Abstract In this paper, the methods of estimating the output pulse signal of incremental optoelectrical encoder are studied in depth, and a new and more accurate method is put forward on the basis of the technology of anti-shaking-interference. The technological problems, which may exist in the situation of applying the encoder, can be generally solved by using this new method.

Key words Incremental optoelectrical encoder; intrinsic resolution; shaking interference; estimating accuracy; estimating method