

光电编码器的信号处理电路研究

高伟¹ 李玄曾²

(1 陕西师范大学物理学与信息技术学院 讲师 西安 710062

2 航天恒星科技股份有限公司 工程师 西安 710061)

摘要: 简要介绍了光电编码器的工作原理、分类及其特性,阐述了增量式光电编码器信号处理电路的设计方法,给出了典型的增量式光电编码器信号处理电路。针对增量式光电编码器用于角度测量时易发生扰动误计数现象,研究并设计了一种具有抗抖动功能的光电编码器信号处理电路。此电路经实际使用证明是可行的。

关键词: 光电编码器;抗扰动;可逆计数器

中图分类号: TP211⁺.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009 - 3826(2007)02 - 0116 - 03

收稿日期: 2007 - 01 - 06

光电编码器是一种将角位移转换成一连串数字脉冲信号的旋转传感器,它将输入给轴的角度量,利用光电转换原理转换成相应的电脉冲或数字量。与旋转变压器相比,光电编码器具有体积小、精度高、工作可靠、接口数字化等优点,可广泛应用于数控机床、机器人、雷达等需要检测角度的装置和设备。光电编码器的后级模块如 PLC 模块、电机控制卡,电机驱动器等,有关这方面的资料较多,但有关光电编码器信号处理电路设计的介绍还比较少。本文介绍了增量式光电编码器信号处理电路的设计方法,并重点分析了一种具有抗抖动功能的光电编码器信号处理电路的设计。

1 光电编码器原理及分类

光电编码器由光栅盘和光电检测装置组成。光栅盘是在一定直径的圆板上等分地开通若干个长方形孔。由于光电码盘与电动机同轴,电动机旋转时,光栅盘与电动机同速旋转,经发光二极管等电子元件组成的检测装置检测输出若干脉冲信号,其原理示意图如图 1 所示,通过计算每秒光电编码器输出脉冲的个数就能反映当前电动机的转速。

此外,为判断旋转方向,码盘还可提供相位相差 90° 的两路脉冲信号^{[1](P359)}。

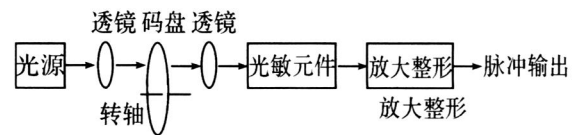


图 1 光电编码器原理示意图

根据编码器的刻度方法及信号输出形式,可分为增量式、绝对式以及混合式三种。

1.1 增量式编码器

增量式编码器是直接利用光电转换原理输出三组方波脉冲 A、B 和 Z 相; A、B 两组脉冲相位差 90° ,从而可方便地判断出旋转方向,而 Z 相为每转一个脉冲,用于基准点定位。它的优点是原理构造简单,机械平均寿命可在几万小时以上,抗干扰能力强,可靠性高,适用于长距离传输。其缺点是无法输出轴转动的绝对位置信息。

1.2 绝对式编码器

绝对式编码器可直接输出数字量。在它的圆形码盘上沿径向有若干同心码道,每条道上由透光和不透光的扇形区相间组成,相邻码道的扇区数目是双倍关系,码盘上的码道数就是它的二进制数码

的位数,在码盘的一侧是光源,另一侧对应每一码道有一光敏元件;当码盘处于不同位置时,各光敏元件根据受光照与否转换出相应的电平信号,形成二进制数。这种编码器的特点是不要计数器,在转轴的任意位置都可读出一个固定的与位置相对应的数字码。显然,码道越多,分辨率就越高,对于一个具有 N 位二进制分辨率的编码器,其码盘必须有 N 条码道。

绝对式编码器是利用自然二进制或循环二进制(葛莱码)方式进行光电转换的。编码的设计可采用二进制码、循环码、二进制补码等。它的特点是:可以直接读出角度坐标的绝对值;没有累积误差;电源切除后位置信息不会丢失。但是分辨率是由二进制的位数来决定的,也就是说精度取决于位数,目前有 10 位、14 位等多种。其缺点是引出线较多,信号线数量与二进制的位数相同。

1.3 混合式绝对值编码器

混合式绝对值编码器,它输出两组信息:一组信息用于检测磁极位置,带有绝对信息功能;另一组则与增量式编码器的输出信息完全相同。

2 光电编码器信号处理电路的设计方法

一般的光电编码器给出的信号幅度比较小,幅值也不是定值,所以首先必须进行放大整形,得到标准的方波信号。对于增量式编码器的处理方法有由 A 、 B 两种信号的相位差,判别旋转的方向

由 Z 组信号寻找编码器轴的绝对零位 由 A 、 B 两种信号脉冲个数计算旋转过的角度 由 Z 组信号计算编码器轴转过的圈数。绝对式编码器的工作与增量编码器存在重大差别:在增量编码器的情况下,位置是从零位标记开始计算的脉冲数量确定的,而绝对型编码器的位置,是由输出代码的读数确定的。在一圈里,每个位置的输出代码读数是唯一的。一般采用格雷码编码。输出形式为并行输出,采用的总线形式有 SSI PROFBUS、CANBUS 等。本文着重讨论增量式编码器的信号处理电路的设计。

增量式编码器首先经过施密特触发器放大整形后输出三组方波脉冲 A 、 B 和 Z 相; A 、 B 两组脉冲相位差 90° ;波形如图 2 所示:

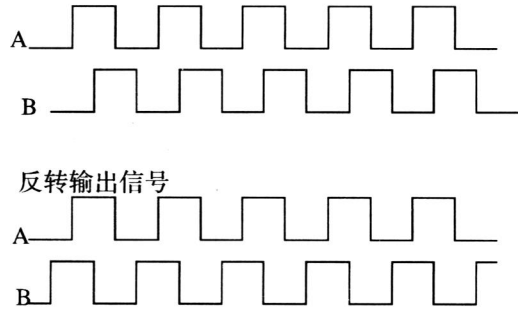


图 2 编码器输出波形

根据 A 、 B 两相信号波形的特点,可由 D 触发器和门电路组成方向判别电路^{[2]P179},如图 3 所示:

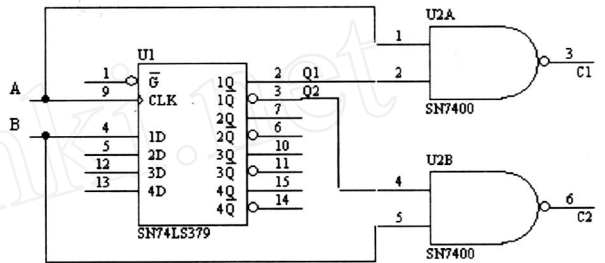


图 3 编码器判向电路

当光电编码器顺时针方向旋转时, A 相信号在相位上超前 B 相信号 $1/4$ 周期(图 2)。经过 D 触发器后, Q_1 为高电平, Q_2 为低电平,于是, C_1 有计数脉冲,可接入双向计数器的“+”端,而 C_2 保持为低电平。反之,当逆时针方向旋转时, C_1 将保持低电平, C_2 形成的计数脉冲可作为双向计数器“-”端的输入信号,从而完成对光电编码器输出信号的计数。

计数电路通常采用多个可预置 4 位双时钟加减计数器 SN74LS193 级联组成的加减计数电路^{[3]P359}。如图 4 所示, A 、 B 、 C 、 D 为计数器的 4 位预置数据端,与数据输入锁存器相接; QA 、 QB 、 QC 、 QD 为计数器的 4 位数据输出端,与数据输出缓冲器相接; CLR 为清零端,与上电清零脉冲相接; $LOAD$ 为预置允许端,由译码控制电路触发; UP 为加脉冲输入端, $DOWN$ 为减脉冲输入端; CO 为进位输出端; BO 为借位输出端。

实际应用中可根据编码器每圈输出的脉冲数来增减可逆计数器的个数,如编码器分度为 1024 脉冲/转,因为 $1024 = 2^{10}$,10 位输出需要 3 片 74LS193。另外,利用 A 、 B 信号相位相差 90° 的特点在计数电路的前端增加倍频电路,可以提高编码器的测量精度,节约成本^[4]。倍频电路在相关资料中有介绍,在此不再赘述。

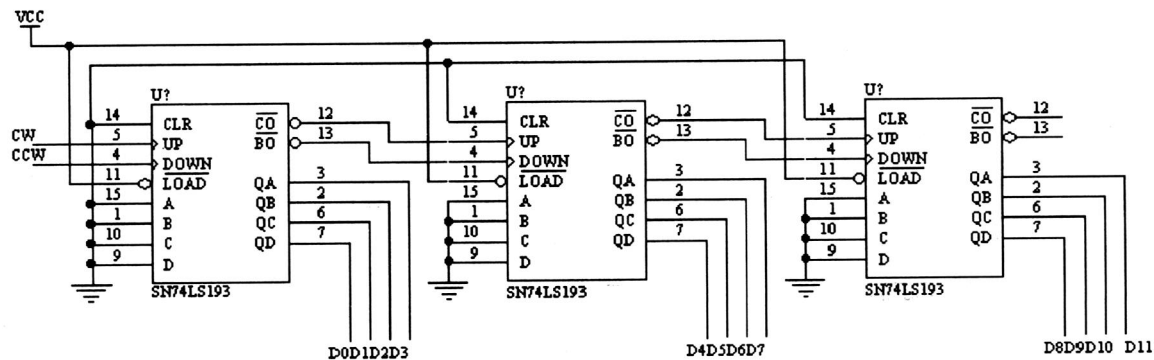


图 4 编码器计数电路

3 具有抗抖动功能的光电编码器信号处理电路

旋转编码器应用于角度测量时,由于外力作用引起旋转轴的晃动从而输出波形,将引发误计数现象,波形如图 5 所示。在这种情况下,需要设计抗抖动电路,以自动消除抖动造成的误计数输出。

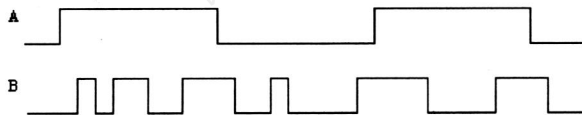


图 5 编码器的抖动输出波形

为此对图 3 所示的电路加以改进,利用电路对信号的延迟和门电路的逻辑运算能力来消除振动引起的高频方波干扰脉冲,防止误计数。如图 6 所示。

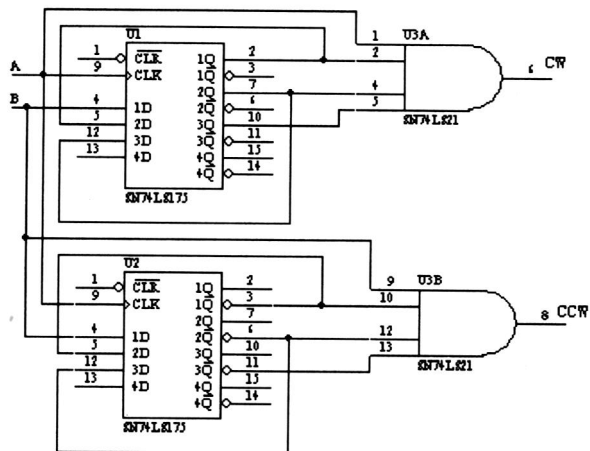


图 6 具有抗抖动功能的编码器电路框图

由于信号经过 D 触发器需要一定的时延 t_d ,因此,相对于 t 时刻的信号 $A(t)$ 、 $B(t)$,第 i 级的 D 触发器的输出信号 Q 和 \bar{Q} 将在 $t + i \times t_d$ 时刻建立。因此,若电路有 n 级 D 触发器组成,那么,将在 $n \times$

t_d 时间内,每隔 t_d 产生一个信号 Q 和 \bar{Q}_i ($i = 1, 2, \dots, n$),这些信号经过“与”运算后,得到用于顺时针方向的计数信号 CW 和逆时针方向的计数信号 CCW ,见下式。

$$CW = A(t) * Q_1(t + t_d) \dots Q_n(t + n * t_d)$$

$$CCW = B(t) * \bar{Q}_1(t + t_d) \dots \bar{Q}_n(t + n * t_d)$$

考虑光电编码器顺时针方向旋转,当在 $(t, t + n \times t_d)$ 内某一时刻,信号 A、B 的相位差由于振动而被破坏并产生高频干扰脉冲时,此干扰信号到达计数器的必要条件是 $Q_1, Q_2 \dots Q_n$ 全为“1”,但是,由于 D 触发器的延迟作用,而使 $Q_1, Q_2 \dots Q_n$ 全为“1”的可能性得到抑制。若按等概率事件计算,高频干扰信号经过 n 级 D 触发器到达计数器的概率为 $1/2^n$ 。该电路经实际使用证明是可靠的。

4 结论

光电编码器作为精密角位移传感器,在光电编码器的信号处理电路中增加抗干扰功能,可以克服外部恶劣环境引入的误差,提高整个控制系统的精度和可靠性。

[参考文献]

- [1] 何道清. 传感器与传感器技术 [M]. 北京: 科学出版社, 2006
- [2] 康华光. 电子技术基础 (数字部分) [M]. 北京: 高等教育出版社, 1988
- [3] 谢自美. 电子线路设计、实验、测试 [M] (第二版). 武汉: 华中理工大学出版社, 2000
- [4] 俞竹青, 潘全胜. 一种光电编码器用可编程计数电路的设计 [J]. 传感器技术, 2002, 21(10): 22 - 24

[责任编辑 张淑霞]