

乒乓操作在增量式 时栅信号处理电路设计中应用

王彦刚¹, 彭东林¹, 易文翠², 朱 革¹

(1. 重庆工学院 电子信息与自动化学院, 重庆 400050;

2. 重庆通信学院 地管部网络安全教研室, 重庆 400035)

摘要: 在分析增量式时栅位移传感器原理及其信号生成方法的基础上, 介绍了一种在数字信号处理电路中的数据流乒乓操作方法, 并提出了一种基于该方法的增量式时栅信号处理电路方案。信号处理电路采用复杂可编程逻辑器件(CPLD)芯片设计。预处理电路将测头信号进行模数转换后, 经过防丢步增步电路和防重复计数电路模块处理, 保证了测量信号的可靠性; 再经过乒乓操作电路模块, 采用 2 路增量信号处理模块进行运算, 保证了测量信号的流水线操作; 最后通过接口电路输出测量结果。对信号处理电路进行了仿真实验, 结果证明, 该方法可满足增量式时栅传感器测量信号流的实时处理, 实现增量式时栅原理对位移的测量。

关键词: 乒乓操作; 时栅传感器; 信号处理

中图分类号: TP 212

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2007)01-0084-03

在增量式时栅位移传感器电路设计中, 由于该传感器原理与目前研发的绝对式时栅位移传感器不同, 具有动态响应性能好、与数控系统增量式测量接口匹配、性价比高等一系列优点, 因此, 其信号处理电路设计思路也完全不同于绝对式时栅传感器处理电路。本文在分析增量式时栅传感器原理的基础上, 设计了一种结构简捷、可实现测量数据流实时处理的信号处理电路^[1-2]。

1 增量式时栅位移传感器原理^[3-5]

图 1 所示为单齿式增量时栅位移传感器原理图。当旋转单齿以匀速 V 转动时, 在与转台连接的测头 a 上会产生一频率变化的感应行波信号 P_a 。如果转台静止, 则 P_a 为一恒定频率的信号, 设其周期为 T_0 ; 如果转台运动, P_a 变为由转台位移调制的频率变化的行波信号, 设其周期为 T_i ; 则在旋转单齿旋转一周时转台转动位移为 $\Delta x_i = V(T_0 - T_i)$ 。转台连续位移转动时, 位移值 $x = \sum_{n=0}^i V(T_n - T_0) = V \sum_{n=0}^i \Delta T_n$ 。

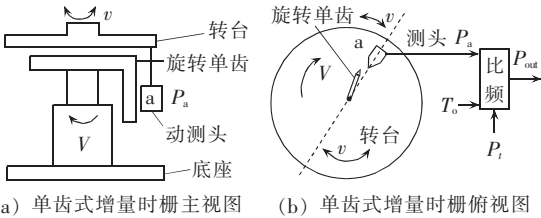


图 1 增量式时栅位移传感器原理图
Fig.1 Principle diagrams of incremental time-grating displacement sensor

当采用该原理对变化运动的位移进行测量时, 其测量信号表现为一个以 $1/T_0$ 为参考频率的波动信号, 即当位移进行反向转动时, 测量信号频率将小于参考信号频率 $1/T_0$, 测量值输出为 $T_i - T_0$; 当位移进行正向转动时, 测量信号频率将大于参考信号频率 $1/T_0$, 测量值输出为 $T_i - T_0$, 如图 2 传感器增量算法示意图所示。而在实际加工过程中, 由于运动方向的不确定, 其测量位移值符号也表现为正负未定。如图 2 所示, 当被测量位移由正向运动变为反向运动时, 由于图中标号①处即作为前一测量信号的结束点, 又作为后一测量信号的起始点, 此时前一测量信号处理还没结束, 后一测量信号处理已经开始, 信号处理电路会产生信号冲突, 导致测量结果产生错误。因此, 在增量式时栅位移传感器信号处理电路设计中, 要采用防冲突机制来避免这种错误现象的发生。数据流信号处理技巧中的乒乓操作方法, 通过对存在时序冲突的数据流进行分流控制处理, 可有效避免时序冲突, 达到对数据流实时处理的目的。

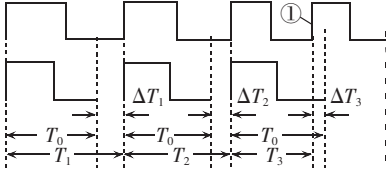


图 2 算法示意图
Fig.2 Calculation of increment

2 数据流乒乓操作方法^[6]

乒乓操作是常用于数据流控制的处理技巧, 典型的乒乓操作方法如图 3 所示。

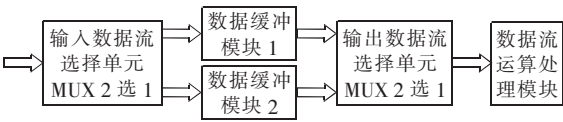


图 3 乒乓操作示意图
Fig.3 Ping-pong operation

下面描述乒乓操作的处理流程。输入数据流通过输入数据流选择单元,等时地将数据流分配到 2 个数据缓冲模块。数据缓冲模块可以是任何存储模块,比较常用的存储单元为双口 RAM(DPRAM)、单口 RAM(SPRAM)和 FIFO 电路等。在第 1 个缓冲周期,将输入的数据流缓存到数据缓冲模块 1。在第 2 个缓冲周期,通过输入数据流选择单元的切换,将输入的数据流缓存到数据缓冲模块 2,与此同时,将数据缓冲模块 1 缓存的第 1 个周期的数据通过输出数据流选择单元的选择,送到数据流运算处理模块进行运算处理。在第 3 个缓冲周期,通过输入数据流选择单元的再次切换,将输入的数据流缓存到数据缓冲模块 1,与此同时,将数据缓冲模块 2 缓存的第 2 个周期的数据通过输出数据流选择单元的切换,送到数据流运算处理模块进行运算处理。如此循环处理。

乒乓操作的最大特点是通过输入数据流选择单元按节拍、相互配合的切换,将经过缓冲的数据流无时间停顿地送到数据流运算处理模块进行运算与处理。把乒乓操作模块当成一个整体,站在这个模块的两端看数据,输入数据流和输出数据流都是连续的,没有任何停顿,因此非常适合对数据流进行流水线式处理。所以乒乓操作常应用于流水线式算法,完成数据的无缝缓冲与处理。另外,乒乓操作还可以节约缓冲空间,达到用低速模块处理高速数据流的效果。

3 传感器信号处理电路设计^[5,7-9]

由于复杂可编程逻辑器件(CPLD)芯片本身集成了上万个逻辑门和数据采集电路中的数据缓存、地址发生器、控制译码等电路,并且 CPLD 可由软件实现逻辑重构,使得采用 CPLD 开发的数字电路具有开发周期短、易升级、体积小等优点,所以在增量式时栅的数字信号处理电路设计中采用了 CPLD 芯片。如图 4 所示为采用 CPLD 设计的基于乒乓操作处理方法的增量式时栅位移传感器信号处理电路模块示意图。

由增量式时栅位移传感器原理可知,增量式时栅是通过比较输出信号 T_i 和常数值 T_0 的差值实现位移增量测量,考虑到在实际传感器工作中,由于工作电源频率的不恒定引起恒速 V 的不恒定, T_0 也不可能保持为一常数。因此,在传感器设计中,通过增加一定测头 b 测量实时 T_0 值,实现 $\Delta x_i = V(T_0 - T_i)$ 的增量计算。

在图 4 增量式时栅位移传感器数字信号处理电路中,通过对测量数据流乒乓操作处理,采用 2 路数

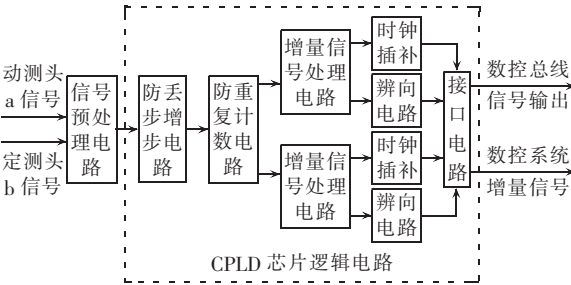


图 4 信号处理电路框图

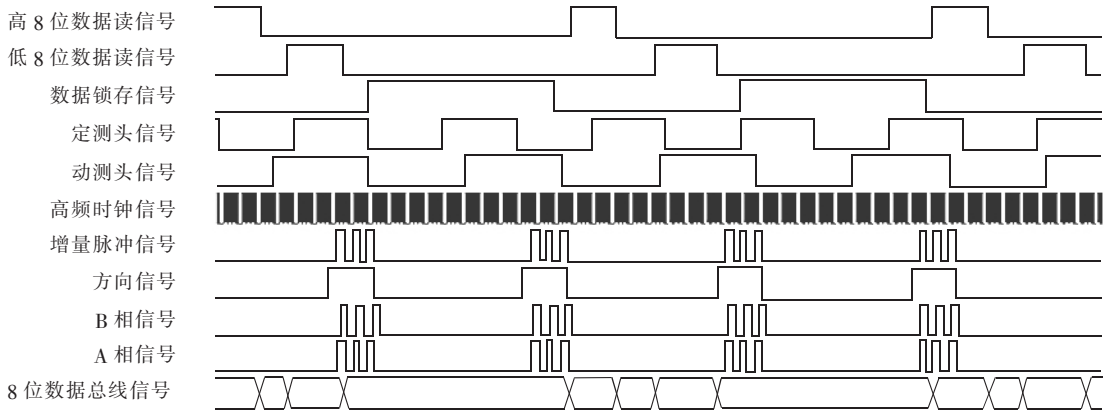
Fig.4 Block diagram of signal processing circuit

字量处理单元循环工作的方式,有效地解决了信号处理中存在的时间冲突现象。其信号处理工作原理为:从传感器动、定 2 个测头感应出的电信号经预处理电路放大、滤波、整形后,输入到防丢步增步电路模块,防丢步增步电路模块经过冗余处理,将动、定 2 个测头数字信号的干扰信号滤除;防重复计数电路模块通过将 2 路信号进行波形周期取整处理,将信号中的半周期信号累积到下次测量信号中,消除了 2 次测量中同一周期信号的不同部分在计数电路重复计数的情况;经过上述数字信号预处理后,测量数据流在乒乓操作电路的分步节拍处理,2 路增量信号处理电路模块有节奏地对数据流进行实时操作,对动、定 2 路测量信号进行周期比较,测量出 2 路信号周期之差,即增量信号;时钟插补电路利用高频时钟信号对增量信号进行精密测量,辨向电路通过比较 2 路信号的周期计算出位移转动方向、输出方向信号;经接口电路处理后,转换为数控系统中普遍采用的 2 路相差 90° 相位的 A、B 2 路 TTL 电平信号;同时,单片机接口电路用可逆计数器电路将增量信号进行计数后形成单片机易于处理的二进制并行数据,以 8 位数据总线输出。

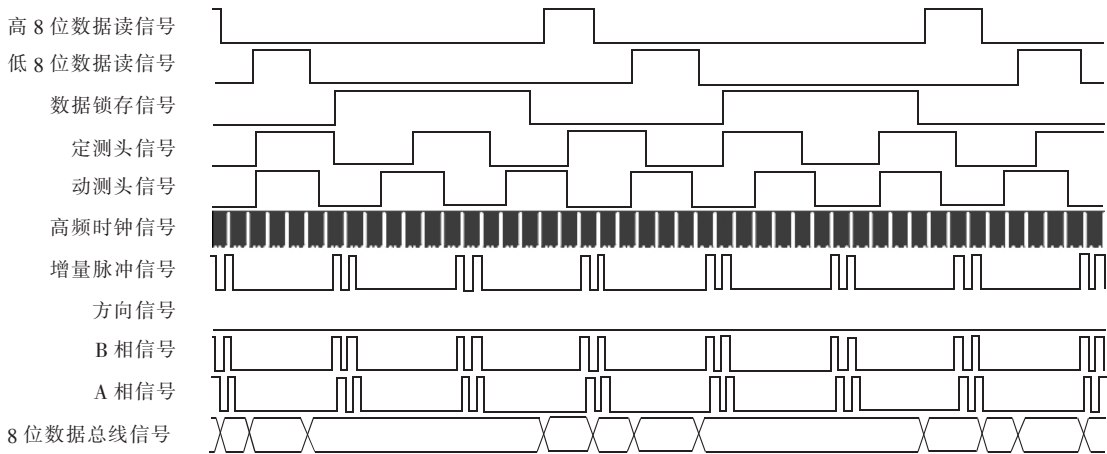
4 传感器信号处理电路仿真实验^[6,10]

如图 5 所示为基于乒乓操作方法设计的增量式时栅传感器信号处理电路在仿真实验中所测量的正向匀速转动和反向匀速转动时的 CPLD 数字信号时序图。动测头信号和定测头信号为经过预处理的 2 路测量信号,经增量和辨向信号处理后输出的增量和方向信号如图中增量信号和方向信号所示,最后输出 2 路相位相差 90° 的 TTL 信号。高 8 位数据读信号、低 8 位数据读信号、数据锁存信号为单片机控制信号,数据总线信号为在单片机控制下数据总线上的数据时序图。

图 5(a)所示增量式时栅传感器测量正向位移时的时序电路中,动测头信号周期大于定测头信号周期,B 相信号超前 A 相信号 90°,方向电平信号为高,表示为正向转动。8 位数据总线信号中的最后 1 个测量值表示此时位移为 $1 \times 256 + 216 = 472$ 个时钟脉冲当量位移。当位移反向运动时,如图 5(b)所示,B 相信号滞后 A 相信号 90°,方向电平信号为低,表示为反向转动,其余信号相应变化为反转的信号。



(a) 正向匀速转动时



(b) 反向匀速转动时

图 5 CPLD 信号时序图

Fig.5 CPLD signal timing diagram

此时位移测量值为 $1 \times 256 + 20 = 276$ 个时钟脉冲当量位移。

5 结论

在设计增量式时栅传感器信号处理电路时,通过运用数据流实时处理中的乒乓操作技巧,解决了该传感器在信号测量过程中容易出现的时序冲突问题,从而为增量式时栅位移传感器这一新型传感器原理提供了一种可行的信号处理方案,使其由一种创新思想逐步向产品化转化成为可能。

参考文献:

- [1] 彭东林,刘成康,谭为民,等. 时空坐标转换理论与时栅位移传感器研究[J]. 仪器仪表学报,2000,21(4):338-342.
PENG Dong-lin,LIU Cheng-kang,TAN Wei-min,et al. Study on the theory of time-space coordinate transformation and the time grating displacement sensor[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument,2000,21(4):338-342.
- [2] 彭东林,张兴红,刘小康,等. 场式时栅位移传感器研究[J]. 仪器仪表学报,2003,24(3):321-323.
PENG Dong-lin,ZHANG Xing-hong,LIU Xiao-kang,et al. Study on the time grating displacement sensor of the field type[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument,2003,24(3):321-323.
- [3] 王彦刚,彭东林,石永福,等. 时栅传感器在数控系统中的应用[J].

制造业自动化,2005,27(9):51-53.

- WANG Yan-gang,PENG Dong-lin,SHI Yong-fu,et al. The applications of time-grating displacement sensor in numerical control system[J]. Manufacturing Automation,2005,27(9):51-53.
- [4] 彭东林,刘小康,张兴红,等. 精密时栅位移传感器研究[J]. 制造技术与机床,2005(11):98-101.
- PENG Dong-lin,LIU Xiao-kang,ZHANG Xing-hong,et al. Study on the precise time grating displacement sensor[J]. Manufacturing Technology & Machine Tool,2005(11):98-101.
- [5] 王彦刚,彭东林,徐君,等. 冗余技术在增量式时栅位移传感器信号处理电路中应用[J]. 电力自动化设备,2006,26(3):82-84,101.
- WANG Yan-gang,PENG Dong-lin,XU Jun,et al. Applications of redundancy technique in signal processing circuit for incremental time grating displacement sensor[J]. Electric Power Automation Equipment,2006,26(3):82-84,101.
- [6] 吴继华,王诚. Altera FPGA/CPLD 设计(高级篇)[M]. 北京:人民邮电出版社,2005.
- [7] 李谋. 位置检测与数显技术[M]. 北京:机械工业出版社,1993.
- [8] 强锡富. 几何量测量仪[M]. 北京:机械工业出版社,1981.
- [9] 和子康. 机床传动精度测量与提高[M]. 北京:计量出版社,1985.
- [10] ZWOLINSKI M. VHDL 数字系统设计[M]. 李仁发,凌纯清,徐成,等,译. 北京:电子工业出版社,2004.

(责任编辑:李育燕)

作者简介:

王彦刚(1976-),男,河北鹿泉人,硕士研究生,研究方向为计算机辅助测试理论及技术,主要从事测控系统和智能传感器的研究(E-mail:cqdxyangang@163.com)。

Application of ping-pong operation in incremental time-grating signal processing circuit

WANG Yan-gang¹, PENG Dong-lin¹, YI Wen-cui², ZHU Ge¹

(1. Chongqing Institute of Technology, Chongqing 400050, China;

2. Chongqing Communication Institute, Chongqing 400035, China)

Abstract: Based on the principle of incremental time-grating displacement sensor and its signal generation, a method of data stream ping-pong operation for data signal processing is presented. Based on it, an incremental time-grating signal processing circuit is proposed. CPLD (Complex Programmable Logic Device) is applied in the design. After analog-to-digital conversion in pretreatment circuit, measured signals are processed in loss-of-step and gain-of-step prevention circuit and re-count prevention circuit to ensure their reliability. The ping-pong operation circuit uses two incremental signal processing circuits for calculation to ensure the pipelining of measured signals. The result is output through interfacing circuit. The signal processing circuit is simulated and results show that, the method is competent for the real-time signal-flow processing of incremental time-grating sensor and realizes the displacement measurement based on incremental time-grating principle.

This project is supported by the National Natural Science Foundation of China(50075091, 50575235).

Key words: ping-pong operation; time-grating sensor; signal processing