

基于弦振测频的精密压力计设计

张 胜¹ 梁秀娟¹ 高 洁¹ 张宇皓²

(1. 浙江师范大学 数理与信息工程学院 浙江 金华 321004;

2. 南京师范大学 电气与自动化工程学院 江苏 南京 210042)

[摘要] 弦振传感器的工作原理是传感器内部钢弦的弦振频率与其受力大小存在一一对应关系,通过监测其受到激振时的弦振频率就可以监测其受力大小。以新型微控制器为核心,利用数字温度芯片 DS18B20 的唯一系列号,实现了弦振传感器自动识别和多机循环测量功能;通过软件编程实现了温度测量和非线性补偿;基于等精度测频原理,提高了测量精度;通过增加时钟功能,为进一步数据分析创造了条件。该设备技术先进,具有较好的实用价值和市场前景。

[关键词] 弦振传感器,等精度频率测量,压力计

[中图分类号] TH73 **[文献标志码]** B **[文章编号]** 1672-4292(2011)02-0031-03

Design of Accurate Manometer Based on Vibrating Wire Frequency Measurement

Zhang Sheng¹, Liang Xiujuan¹, Gao Jie¹, Zhang Yuhao²

(1. College of Mathematics, Physics and Information Engineering, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China;

2. School of Electrical and Automation Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing 210042, China)

Abstract: The principle of vibrating wire transducer is that the internal steel string's excited frequency has a corresponding relation with its force size, so the force size can be recognized by monitoring its excited frequency. With microcontroller as the core, this paper realized the function of vibrating wire transducer automatic recognition and multi-machine cycle measurement based on the series number of digital temperature chip DS18B20, achieved temperature measuring and nonlinear compensation by software programming, enhanced the measuring accuracy by equal-accuracy frequency measurement, created the conditions of further data analysis by adding time clock. This instrument has a practical value and a good market prospect for its advanced technology.

Key words: vibrating wire transducer, equal-accuracy measurement, manometer

在桥梁、大坝、机场、港口、隧道等各类基础设施建设中,经常需要对关键位置受力情况进行实时监测。由于这些力较大,基于应变原理的测力传感器因为测量范围及精度等原因而无法使用。弦振式传感器^[1]的基本工作原理是传感器内部钢弦的弦振频率与其受力大小存在一一对应关系,通过监测其受到激振时的弦振频率就可以监测其受力大小,其原理如图 1 所示,弦振信号一般在激振信号发出后 30 ~ 300 ms 内有效。弦振传感器因具有精度高、测量范围大等优点,而得到广泛使用。

基于弦振测频的压力计^[2]是此类传感器必备的检测和处理装置,其性能的好坏直接关系到工程数据的采集精度,以及后期处理分析的准确性。目前使用的相关测量仪^[3-5]大多存在一些缺点,如:只能显示弦振频率、没有温度和非线性补偿、数据管理功能少、只能单机工作等,限制了其进一步应用。本文以新型微控制器为核心,利用数字温度芯片 DS18B20 的唯一系列号,实现了弦振传感器自动识别和多机循环测量功能;通过软件编程实现了温度测量和非线性补偿;基于等精度测频原理,提高了测量精度;通过增加时钟

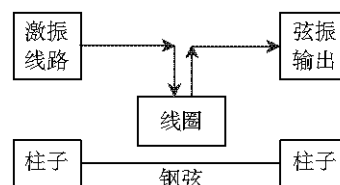


图 1 弦振传感器工作原理图

Fig.1 Work of vibrating wire transducer

收稿日期: 2011-03-02.

基金项目: 浙江省自然科学基金(Y207738)、浙江省新世纪教学改革项目(YB08020)。

通讯联系人: 张 胜, 博士, 教授, 研究方向: 计算机应用技术. E-mail: zs@zjnu.cn

功能,为进一步数据分析创造了条件.

1 测量仪硬件电路设计

测量仪功能框图如图 2 所示,主要由激振信号产生、信号通道、整形、微控制器、数据管理与显示、上位机通讯与管理等部分构成.微控制器为核心控制部分,完成对各个部分的管理操作.

与普通的弦振式测频仪相比,本仪器通过软件编程增加了传感器编码识别、非线性修正、温度补偿、测量数据管理等功能,具有测量准确、可以巡检多路传感器、统计分析等优点.

1.1 激振信号产生电路设计

激振电路如图 3 所示.激振信号产生电路为弦振传感器内的钢弦提供高压激励信号,其峰峰值约为 300 V.钢弦受到激励后,产生频率与受力大小、钢弦材质、传感器结构等相对应的振动,并在其内部线圈上产生弦振信号.在弦振传感器不变的情况下,通过测量弦振信号频率,就可以测得传感器受力的大小.

低压交变信号由微控制器 P1.7 引脚输出,经三极管驱动放大后加到升压变压器初级,升压变压器次级信号经后边的倍压、滤波电路后,得到 300 V 左右的激振信号.激振信号的输出与否由微控制器 P2.3 引脚控制.

1.2 信号通道电路设计

信号通道主要由带通滤波及选频放大电路组成,其性能的好坏直接关系到测量仪精度的高低.由于采用高压激励振荡的方法采集数据,实际电路中加入了相应的过压保护电路和相应的抗干扰电路,在布线时也注意了分布电容的影响.由于弦振传感器的输出频率一般为 300 Hz 到 5 kHz 之间,因此带通滤波电路的带宽设计成 100 Hz ~ 6 kHz.图 4 为仪器信号通道电路框图.

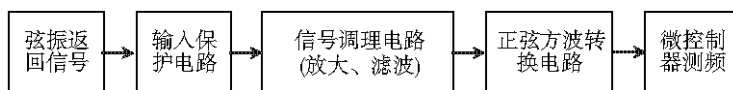


图 4 信号通道电路框图

Fig.4 Signal path circuit

滤波放大电路的输出端连接整形电路,该电路巧妙地利用了高速 MOS 门电路的开关电压,实现了输入信号的整形输出.整形后的信号输给微控制器,最后依等精度测量原理测量其频率值.

1.3 等精度频率测量

频率测量方法^[6]分为测频率法、测周期法和等精度测量法.其中测频法测量一个时间段内被测信号的脉冲数,误差为 ± 1 个外部脉冲;测周期法指测量一个外部周期中内部计数个数,误差为 ± 1 个内部计数脉冲,两种方法均存在 ± 1 误差.等精度测量法则是测量多个外部周期内部计数的个数,其误差可以缩小至测周期法的 $1/N$ 倍(假设测量了 N 个外部周期,误差还是 ± 1 个内部计数脉冲).本仪器测量 50 个外部信号周期对应内部计数脉冲(周期为 $1 \mu\text{s}$)的个数.测量最高频率(6 kHz)信号时,精度可以达到 0.012%,即误差不大于 1 Hz.表 1 为以标准信号源(安捷伦 33220A)作为输入信号时,输入信号频率与仪器实际显示频率值之间的对应关系,可以看到其误差很小.

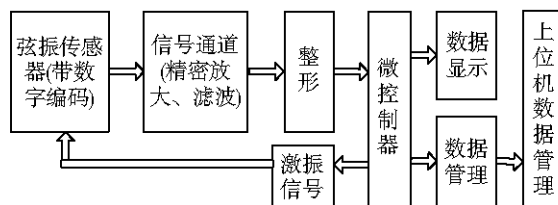


图 2 测量仪功能框图

Fig.2 Function of measuring instrument

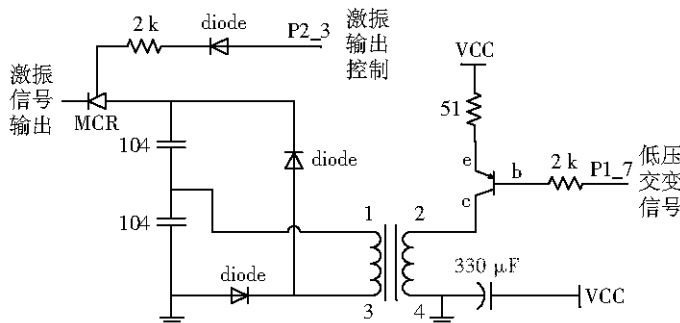


图 3 激振电路

Fig.3 Exciter circuit

表 1 等精度测频法测得的数据
Table 1 Dates of equal-accuracy measurement

编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
标准频率/Hz	100	300	500	800	1 000	2 000	3 000	4 000	5 000	6 000
显示结果/Hz	100	300	500	800	1 000	1 999. 9	3 000. 1	4 000. 2	5 000	6 000. 2

1. 4 基于 DS18B20 的传感器编码设计

系统设计时对弦振传感器增加了编码功能,以便测量仪可以自动识别不同的传感器,并进行统计分析,该功能由 DS18B20 芯片实现. DS18B20 是一款带唯一系列号的数字温度计,因此在完成测温功能的同时,还可以作为弦振传感器的编号器件,其最大编码范围可达 2^{48} ,足以满足工程测量的需要. 测得的传感器温度也是仪器进行非线性补偿的参数之一.

1. 5 其他周边电路设计

该部分主要由 DS1302 时钟、MAX232 串口通信、AT24C512 存储、AD0832 电压监控,以及充电及过压保护等电路组成,它们由微控制器模块控制,进而形成一个有机的整体.

2 软件设计

2. 1 微控制器部分软件设计

控制器软件流程框图如图 5 所示. 仪器软件采用 C51 语言编写. 程序主要由激励信号产生、信号采集控制、等精度测频、数据管理、液晶显示、上位机通讯与处理等部分组成. 主程序完成信号的采集控制,用户通过手动或自动方式控制测频仪发出激励信号,然后由微控制器测量经过整形放大电路部分的信号频率,并在进行非线性补偿后转化为受力大小进行存储. 操作者可以在测频仪上进行传感器编码设置、时钟设置、数据查询、数据上传等操作.

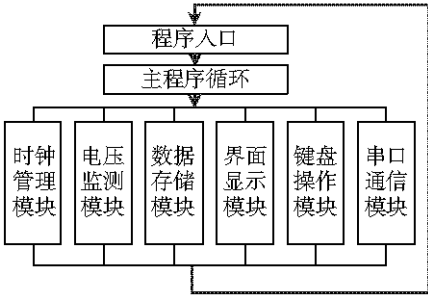


图 5 控制器软件流程图

Fig.5 Software process of controller

2. 2 上位机部分软件设计

测频仪通过串口与上位机进行通信和上传数据. 上位机采用 VB 编写操作界面,结合 MySQL 作为数据后台,提供了查询、excel 格式输出、图形显示及远程巡检等功能. 其中,基于 SQL 语句的查询功能可以充分利用数据库的多字段管理特性,为进一步的数据分析功能提供可扩展接口. 图形显示部分可以生成多种格式的示意图,使用户直观方便地操作数据.

3 实测结果

由于本系统采用了较好的软硬件抗干扰措施,测频中采用了等精度频率测量,相对于现有的弦振测频仪,本设计在测量精度、稳定性上均有较大的改进,且提供了完善的数据管理功能,较好地满足了目前工程测量中的实际需要. 表 2 为本仪器进行校准后,在不同压力情况下,输出测量值的误差情况.

表 2 频率及压力测量

Table 2 Frequency and pressure measurement		
施加压力/kg	测得弦振频率/Hz	显示压力/kg
0	2 000. 1	0. 003
50	1 800. 1	50. 002
100	1 698. 6	100. 001
150	1 455. 1	150. 005
200	1 202. 7	200. 001
300	1 028. 2	300. 003

[参考文献](References)

[1] 林金地, 韦永斌. 提高振弦传感器工程监测精度的技术研究[J]. 工程施工技术 2010(10) : 121-123.
Lin Jindi , Wei Yongbin. Technology research of promoting monitoring precision of vibrating-wire transducer[J]. Construction Technology , 2010(10) : 121-123. (in Chinese)
[2] 肖刚, 李军, 王震. 多路高精度振弦传感器检测仪的研制[J]. 测控技术 2010 29(11) : 26-29.
Xiao Gang , Li Jun , Wang Zhen. Implementation of measuring and monitoring system for multiple precise vibrating-wire transducer[J]. Control Technology , 2010 29(11) : 26-29. (in Chinese)

调制,并设计了简单的半桥变换电路,产生两路互补的控制信号,用以控制超声换能器功放电路。

[参考文献](References)

- [1] 李小雪,汪东,李平,等.基于 DDS 的超声换能器频率跟踪系统[J].压电与声光,2009,31(5):692-693.
Li Xiaoxue, Wang Dong, Li Ping, et al. Frequency tracing system for piezoelectric transducer based on DDS[J]. Piezoelectrics and Acousto-optics, 2009, 31(5): 692-693. (in Chinese)
- [2] 罗珺,阮程,徐寅林.超声手术刀换能器的谐振频率特性研究[J].南京师大学报:自然科学版,2011,34(1):52-54.
Luo Jun, Ruan Cheng, Xu Yinlin. Study on the characteristics of the resonant frequency of the ultrasonic scalpel transducer [J]. Journal of Nanjing Normal University: Natural Science Edition, 2011, 34(1): 52-54. (in Chinese)
- [3] 彭之威,薛雷,冯运亮.基于 DSP 和 DDS 技术的 EAS 扫频信号源设计[J].微计算机信息:测控自动化,2008,24(10/1):242-244.
Peng Zhiwei, Xue Lei, Feng Yunliang. Design of scanning signal source of EAS based on DSP and DDS[J]. Microcomputer Information: Measurement and Control, 2008, 24(10/1): 242-244. (in Chinese)
- [4] 王声钊,卢健康,高扬.脉宽调制占空比门限电路设计[J].机械与电子,2008(2):46-48.
Wang Shengzhao, Lu Jiankang, Gao Yang. A circuit design for the pulse width modulation duty cycle threshold [J]. Mechanical and Electronic, 2008(2): 46-48. (in Chinese)
- [5] 李莉,胡之惠. PWM 基带数字信号的产生与检测[J].上海师范大学学报:自然科学版,2002,35(3):31-36.
Li Li, Hu Zhihui. The generation of PWM baseband digital signals and the demodulation [J]. Journal of Shanghai Normal University: Natural Science Edition, 2002, 35(3): 31-36. (in Chinese)

[责任编辑:严海琳]

(上接第 33 页)

- [3] 王宏利,程旭德,徐兵,等.基于 AT89C51 的智能测频仪设计[J].计算机测量与控制,2007,15(3):410-412.
Wang Hongli, Cheng Xude, Xu Bing, et al. Design of intelligent frequency instrument based on AT89C51 [J]. Computer Measurement and Control, 2007, 15(3): 410-412. (in Chinese)
- [4] 商俊燕,丁华峰.基于 VHDL 的智能测频仪实现[J].科技广场,2009(1):197-198.
Shang Junyan, Ding Huafeng. Realization of intelligent frequency instrument based on VHDL [J]. Technology Square, 2009 (1): 197-198. (in Chinese)
- [5] 方敏,傅华明.基于振弦式传感器的桥梁测频系统设计[J].电子技术,2010(3):28-29.
Fang Min, Fu Huaming. Design of bridge frequency measuring system based on vibrating-wire sensor [J]. Electronic Technology, 2010(3): 28-29. (in Chinese)
- [6] 夏振华.等精度频率计的实现[J].电子设计工程,2010,18(6):177-178.
Xia Zhenhua. Realization of equal precision frequency meter [J]. Electronic Design Engineering, 2010, 18(6): 177-178. (in Chinese)

[责任编辑:严海琳]