

经验交流

文章编号: 1671- 251X(2010) 10- 0073- 03

基于 ARM- Linux 的钢丝绳损伤检测系统设计

刘礼¹, 杨子建², 付聪³

(1. 淮南矿业集团信息分公司, 安徽淮南 232001; 2. 徐州工程机械集团有限公司建设机械分公司, 江苏徐州 221000; 3. 中国矿业大学信电学院, 江苏徐州 221008)

摘要: 针对现有钢丝绳检测系统实时性与适应性差、自动化程度低的问题, 提出了一种基于 ARM-Linux 的高性能钢丝绳损伤检测系统的设计方案, 详细介绍了该系统的硬件组成、工作原理、软件实现方法及实时采样曲线绘制的设计与实现。该系统结合嵌入式 Linux 技术和漏磁无损检测技术, 可独立完成检测任务, 实时显示检测波形, 提高了检测效率。

关键词: 钢丝绳; 损伤检测; 漏磁无损检测; 实时显示; 嵌入式 Linux; ARM9; MiniGUI

中图分类号: TD532 **文献标识码:** B

Design of Damage Detection System of Steel Wire Based on ARM-Linux

LIU Li¹, YANG Zijian², FU Cong³

(1. Information Branch of Huainan Mining Group, Huainan 232001, China)

2. Branch of Construction Machinery of XCMG., Xuzhou 221000, China)

3. School of Information and Electrical Engineering of CUMT., Xuzhou 221008, China)

Abstract: In order to solve problems of poor real time and adaptability and low automation degree of existing detection system of steel wire, the paper proposed a design scheme of damage detection system of steel wire with high performance based on ARM-Linux, and introduced hardware composition, working principle, software realization and design and realization of drawing real time sampling curve. The system, which combines embedded Linux technology and magnetic leakage nondestructive detection technology, can accomplish detection independently and display detecting wave real time with higher efficiency.

Key words: steel wire, damage detection, magnetic leakage nondestructive detection, real time display, embedded Linux, ARM9, MiniGUI

0 引言

钢丝绳作为一种极其重要的承重、牵引构件, 广泛应用于采矿、冶金和交通运输行业中。钢丝绳在使用过程中容易出现断丝、磨损、拉伸和锈蚀现象, 一旦发生断裂, 造成的损失将是难以估计的。因此, 对钢丝绳进行定期检测是十分必要的。目前的钢丝绳检测系统很难实现实时性处理及在各种恶劣环境

下的便携操作, 其在成本、体积、功耗及处理速度等方面仍然有很多需要完善和改进的地方, 同时其自动化程度不高, 需要将数据上传到 PC 才能得到检测结果, 效率较低。

本文提出一种以 ARM920T 为核心的钢丝绳损伤检测系统。该系统引入嵌入式 Linux 操作系统、图形用户界面 MiniGUI 和触摸屏, 使得数据管理和通信更加便捷和高效, 人机交流更加直观和有效; 系统可以独立、实时地完成检测任务, 无需 PC 介入, 极大地提高了效率和便携性, 可应用于各种恶劣环境中。

收稿日期: 2010- 06- 30

作者简介: 刘礼(1983-), 男, 安徽濉溪人, 助理工程师, 学士, 2005 年毕业于中国矿业大学信电学院, 现主要从事信息技术与管理工作。E-mail: cuillgt@163.com

1 系统硬件设计

该钢丝绳损伤检测系统的硬件结构如图 1 所示。该系统主要包括 2 个部分: 第一部分为检测信号的产生和处理电路, 包括磁阻传感器和信号预处理电路; 第二部分由一个典型的嵌入式系统平台构成。永磁体激励装置用来磁化一段钢丝绳, 磁阻传感器用于检测钢丝绳中的稳定恒磁场。在磁回路可感应范围内, 磁阻传感器的输出电压与金属横截面成正比, 其反映了钢丝绳的状态变化。磁阻传感器的输出电压经预处理后交由嵌入式系统平台处理。为了等距离检测钢丝绳, 在带动钢丝绳转动的轴上安装了等距脉冲发生器, 钢丝绳每运动一段微小距离, 等距脉冲发生器便发送一个脉冲给嵌入式系统平台, 通知系统平台进行检测^[1]。

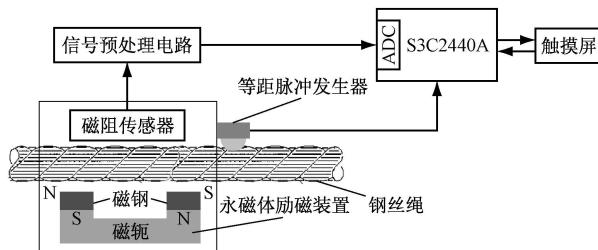


图 1 钢丝绳损伤检测系统硬件结构

1.1 磁阻传感器

物体的电阻在磁场中发生变化的现象称为磁电阻效应。当外加磁场偏离强磁性金属内部的磁化方向时, 金属电阻减小, 而平行时基本没有变化。电阻率 ρ 取决于磁化强度 M 和电流 I 的夹角 θ , 即

$$\rho(\theta) = \rho_{\parallel} + (\rho_{\perp} - \rho_{\parallel}) \cos(\theta) \quad (1)$$

式中: ρ_{\parallel} 和 ρ_{\perp} 分别为平行于 M 和垂直于 M 的电阻率。

系统采用磁阻传感器 HMC1022。HMC1022 是一个集成化的芯片, 特别适合测试较小的磁场, 同时具有体积小、功耗低、灵敏度高、抗干扰能力强、耐恶劣环境强、易于与数字电路匹配、便于安装等优点, 广泛用于探矿、地下钻孔、位置检测、航海等领域。HMC1022 内部为坡莫合金构成的惠更斯电桥结构(见图2), 当外加磁场时, 电桥电阻发生变化, 从而引起传感器输出 U_{out} 变化^[2]。

另外, 由于磁阻传感器暴露在干扰磁场中, 不可避免地会受到外界干扰磁场的影响。为此, HMC1022 引入磁开关技术(SR+ / SR-), 通过芯片内部的置位/复位合金带对薄膜施加 2~4 A、20~50 ns 的脉冲电流, HMC1022 就可以重新对准磁区域, 从而统一到一个方向上, 确保高灵敏度。

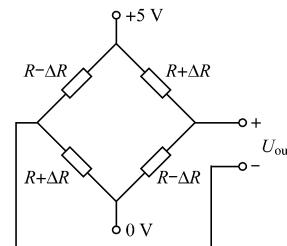


图 2 HMC1022 内部结构

1.2 信号预处理电路

为得到钢丝绳的损伤结果, 需要将由 HMC1022 得的模拟信号转换为数字信号, 再送入处理器芯片内部进行实时处理。由于钢丝绳断丝的漏磁信号频率处于 100 Hz 以下, 可使用 S3C2440 内置的 8 路 10 位 ADC, 其最大转换速率可达每秒 50 万个采样点, 能够满足需求。

钢丝绳上的漏磁信号为空间域不变信号。当采用等时间间隔对磁阻传感器检测到的信号进行采样时, 钢丝绳相对于磁阻传感器运动速度的变化将会使信号在时间轴上产生拉伸或压缩现象, 从而严重影响对检测信号波形的准确定量解释, 为此, 采用等距脉冲发生器控制 S3C2440 的 ADC 对检测信号进行等空间间隔采样, 确保检测信号波形不受钢丝绳运行速度, 特别是瞬时速度变化的影响。

1.3 核心处理器

核心处理器采用的是 Samsung 公司生产的 S3C2440A 芯片。S3C2440A 采用 ARM920T 内核, 采用 5 级指令流水线, 最高主频可达 532 MHz; 存储系统根据哈佛体系结构重新设计, 区分了数据 D 和指令 I 总线。S3C2440A 包含独立 16 KB 的指令 Cache、16 KB 的数据 Cache 和一个 MMU, 能够被用在有虚拟存储器支持的操作系统上。S3C2440A 集成了丰富的片上功能, 包括外部存储控制器、LCD 控制器、4 通道 DMA、3 通道 UART、2 通道 SPI、1 通道 IIC-BUS 和 IIS-BUS 接口、AC'97 解码接口、兼容 SD 主接口协议 1.0 版和 MMC 卡协议 2.11 兼容版、2 端口 USB 主/从设备(1.1 版)、8 通道 10 位 ADC 和触摸屏接口等。

2 系统软件设计

系统采用嵌入式 Linux 平台, 包括引导程序、Linux 内核、文件系统以及图形界面和应用程序等部分。其中引导程序采用的是经过移植的 U-boot, 其主要任务是初始化硬件设备、为软件准备好运行环境、调用操作系统内核。Linux 内核使用经过裁剪的 Linux 2.6 内核, 它较 Linux 2.4 内核使用

了新的 O(1) 调度器, 进程的切换更加有效; 内核可被抢占, 使得用户的操作可以得到更快速的响应; I/O 子系统也有了很大修改, 使得它在各种工作负荷下都更具响应性。文件系统使用 YAFFS 文件系统, 它是专门为 NAND FLASH 设计的日志结构嵌入式文件系统, 提供损耗平衡和掉电保护, 可以有效地避免意外掉电对文件系统一致性和完整性的影响。图形界面开发工具环境采用 MiniGUI 多线程技术, MiniGUI 提供了相对完备的多窗口机制, 实现了类 Win32 的消息传递机制, 可支持常见的图像文件等, 同时具有免费、可配置、移植性好、支持中文字符集、体积小巧等优点^[3]。

系统软件部分包括 A/D 采样模块、数据处理内核模块、实时绘图模块等, 如图 3 所示。其中 A/D 采样模块的数字量反映磁场的变化; 由于环境等因素引入了大量的干扰噪声, 在数据处理内核模块中引入 FIR 滤波器将噪声滤除; 最后想得到的去噪信号通过实时绘图模块显示出来。

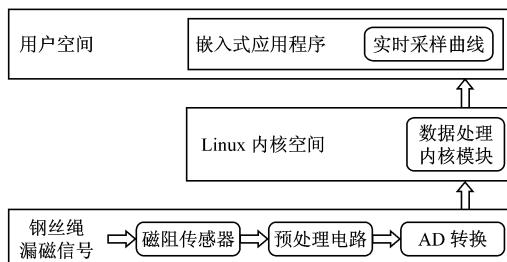


图 3 系统软件部分解剖示意图

2.1 A/D 采样模块

选用 S3C2440A 内置的 ADC 对漏磁检测信号进行采集和转换, 一方面是因为其性能强大, 完全满足系统工作的要求; 另一方面, S3C2440A 拥有 DMA 控制器, 这意味着 ADC 采样得到的数据可以不经过 CPU 直接存放在内存中, 使 CPU 可以将大量的时间用在计算上, 而不是用在数据搬运上, 大大提高了系统效率。

2.2 数据处理内核模块

漏磁信号属于低频空间信号, 主要能量集中在 100 Hz 频率范围之中, 超过 150 Hz 的频率成分很少, 而经过 A/D 采样后的漏磁信号含有很多干扰信号, 主要包括钢丝绳径向随机晃动和绳径变化产生的噪音、钢丝绳绳股间漏磁场产生的噪音、带动钢丝绳运转的电动机产生的噪音等。系统使用 FIR 滤波器来滤除这些干扰信号。数据处理内核模块的结构如图 4 所示。



图 4 数据处理内核模块结构

2.3 实时绘图模块

在 MiniGUI 开发环境下, 实时绘图采用 GDI (图形设备接口)。GUI 程序通过 GDI 在计算机屏幕或者其它显示设备上进行图形输出, 包括基本绘图和文本输出^[4]。基于 MiniGUI 的应用程序基于消息循环与处理机制, 程序的默认绘图操作发生在窗口失效或者发送窗口更新消息之后。窗口的更新操作在消息处理函数中的 MSG_PAINT 部分进行。要对窗口进行操作, 首先要获得设备上下文。使用 BeginPaint 函数返回窗口的设备上下文, 之后通过调用设备上下文处理函数进行相应的处理^[5]。

为了防止出现曲线显示闪烁的现象, 在绘制曲线的过程中应避免频繁操作显示缓冲区, 因为该区域的图像刷新操作封装在 MiniGUI 内部, 刷新操作缓慢。笔者的做法是绘制实时曲线时不直接操作显示缓冲区的设备上下文, 改用内存显示设备上下文。

图 5 为钢丝绳损伤检测曲线。

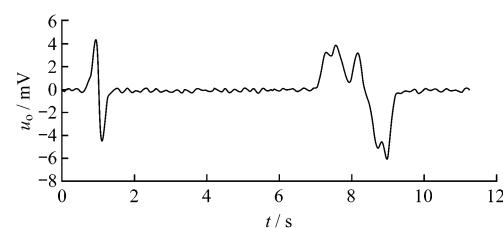


图 5 钢丝绳损伤检测曲线

3 结语

介绍的钢丝绳损伤检测系统可独立完成检测任务, 实时显示检测波形, 提高了检测效率。该系统借助 Linux 操作系统强大的管理能力, 实现了对数据和文件方便有效的管理, 同时充分利用了 MiniGUI 提供的良好界面支持, 操作方便, 有着良好的应用前景。

参考文献:

- [1] 周郁明. 基于磁阻传感器的钢丝绳断丝信号的提取及处理 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2004.
- [2] 王竹秋, 杨晓非. ARM 处理器在钢丝绳无损检测中的应用 [J]. ARM 开发与应用, 2006, 22(10-2): 23-24.
- [3] 吴建飞, 程明霄. 嵌入式 Linux 图形系统实时采样曲线绘制的实现 [J]. 计算机工程, 2007, 33(19): 259-261.
- [4] 韦东山. 嵌入式 Linux 应用开发完全手册 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2008.
- [5] 孙少华, 徐立中. 面向嵌入式 Linux 系统的图形用户界面 [J]. 微机发展, 2005(10): 123-125.