

# 基于双 CPU 的便携式故障诊断仪的设计与开发

赵艳菊,王太勇,徐跃,曹康平,张攀,邓辉

(天津大学机械工程学院,天津 300072)

**摘要:**针对中小型应用场合,将故障诊断技术与嵌入式技术相结合,开发了基于双 CPU 的便携式故障诊断仪。首先介绍了系统的硬件结构和软件设计,重点描述了硬件的双 CPU 结构和通信软件机制。实验结果证明,基于双 CPU 的便携式故障诊断仪性能稳定、成本低,集采集存储、分析和通信等功能于一体,可以广泛应用于各种设备的监测和诊断中。

**关键词:**仪器仪表技术;双 CPU;便携式故障诊断仪;数字信号处理器;单片机

**中图分类号:**TH703.8;TP206 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5497(2008)03-0557-04

## Development of portable fault diagnosis instrument based on dual CPU

Zhao Yan-ju, Wang Tai-yong, Xu Yue, Cao Kang-ping, Zhang Pan, Deng Hui

(School of Mechanical Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

**Abstract:** Combining the fault diagnosis technique and the embedded technology, a portable fault diagnosis instrument was developed for the miniature application. Its hardware configuration, dual CPU in special, and software structure, including the communication software, were described. The developed portable fault diagnosis instrument based on the dual CPU incorporates many functions, including the data acquisition, storage, and analysis as well as communication in a unit with low cost, can be widely used in the system monitor and diagnosis in various equipments and installations. The experiment results showed that its function is stable.

**Key words:** technology of instrument and meter; dual CPU; portable instrument of fault diagnosis; digital signal processor(DSP); single-chip machine(SCM)

便携式故障诊断仪是一种用于离线方式的状态监测和故障诊断的便携式仪器,它成本低廉、轻巧灵便、对工作环境要求不高,在现代企业中应用广泛<sup>[1]</sup>。但是传统的便携式故障诊断仪大多数都是基于 PC 的硬件构架,体积大、价格高,不易于应用在微小型领域。针对这种现状,作者将故障诊断技术与嵌入式技术相结合,开发了基于双 CPU 的嵌入式故障诊断仪,该仪器体积小、成本

低、针对性强,符合国内一般厂矿企业的需求。

## 1 系统的总体结构

便携式故障诊断仪主要是通过对设备的振动信号进行采集和分析实现对设备的状态监测和故障诊断,因此不同于一般的数采仪,它不仅要对设备的振动信号进行采集和预处理,同时还要实现采集信号的波形显示和存储,并带有专门的数据

收稿日期:2007-02-09.

基金项目:“863”国家高技术研究发展计划项目(2006AA04Z146);高等学校博士学科点专项科研基金(20060056016);天津市科技发展计划项目(06YFGZGX18200).

作者简介:赵艳菊(1981-),女,博士研究生.研究方向:智能诊断与动态测控. E-mail:zhaoyanju215@yahoo.com.cn

分析模块用来分析故障原因,从而实现设备的诊断和维护。当要进一步对采集的数据进行分析时,还可以通过通信接口将数据上传至 PC 机的数据分析软件<sup>[2,3]</sup>。

如图 1 所示,系统总体结构主要分为设备振动信号采集、数据预处理、信号波形实时显示和存储、数据分析模块、与上位机通讯等五大功能模块。其中与上位机通信主要是完成测点信息的下载和采集数据的上传<sup>[4]</sup>。

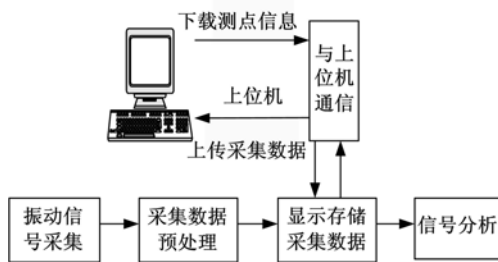


图 1 便携式故障诊断仪的功能框图

Fig. 1 Function configuration of the portable instrument of fault diagnosis

## 2 系统的硬件结构

根据其功能模块,系统的硬件组成有振动信号调理和采集电路、计算和控制核心电路、显示和键盘人机交互电路、与上位机通讯电路。图 2 为故障诊断仪的硬件结构。

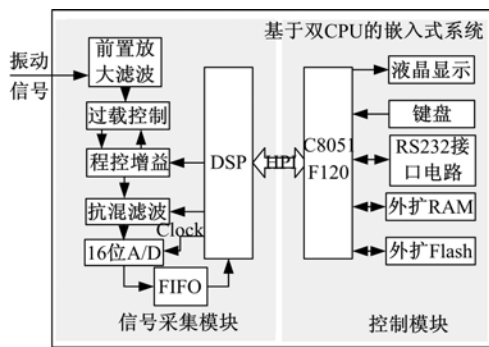


图 2 系统的硬件结构框图

Fig. 2 Hardware configuration of the system

振动信号调理电路主要是对传感器输出的电信号进行放大滤波,去除干扰,满足采集电路的精度要求<sup>[5]</sup>。本系统采用 TLC1063 和 CD4040 实现抗混滤波,LTC1606 实现 16 位 AD 转换,选用 CY7C425 作为 FIFO 实现采集数据缓存。计算和控制核心电路是整个系统的核心部分,实现对系统的接口控制和算法调用,其中 IS62LV1024 SRAM 和 AM29LV160D Flash 扩展单片机的外

部存储空间。人机交互模块是操作者与仪器之间交互的桥梁,包括液晶和键盘两个模块,其中液晶显示电路采用内含 T6963C 控制器的点阵图形液晶显示模块,键盘采用 ZLG7290 实现对诊断仪的操作和控制。与上位机通讯模块主要实现测点信息的下载和采集数据的上传,系统采用 SP3223 实现与 PC 机的串行接口电路。

### 2.1 计算和控制核心的双 CPU 设计

要实现精确无丢点的连续采集,系统必须保证在采样间隔时间内完成对 N 点采集数据的预处理、显示和存储,因此对 CPU 要求很高。为了满足系统要求,计算和控制核心采用了“DSP+单片机”的双 CPU 结构设计<sup>[6]</sup>。这样不仅可以充分发挥 DSP 强大的数字信号处理能力,同时也可以发挥单片机强大的控制能力,实现对液晶、键盘等外设接口的实时控制<sup>[7]</sup>。而且双 CPU 设计还可以大大降低系统的设计难度,软件资源分配及设计均相对独立,便于系统维护。

系统选用 C8051F120 作为控制 CPU,负责采集数据显示、存储和通信接口模块的控制。DSP 选用 TMS320C5416 作为计算 CPU,完成振动信号采集、数据预处理和核心运算功能。这样系统通过双 CPU 的结构设计实现对机械振动信号的连续不丢点采集,从而实现对诊断设备的状态监测和故障诊断。

### 2.2 TMS320C5416 与 C8051F120 的接口设计

DSP 与单片机之间高速、可靠的数据通信是系统设计的关键<sup>[8]</sup>。采用 DSP 的 HPI 方式,硬件上不需要添加任何接口芯片。单片机可以通过 HPI 对 DSP 内部的存储单元进行读写操作。

硬件接口电路如图 3 所示。TMS320C5416 主机并行接口有增强型 HPI8 和 HPI16 两种,当

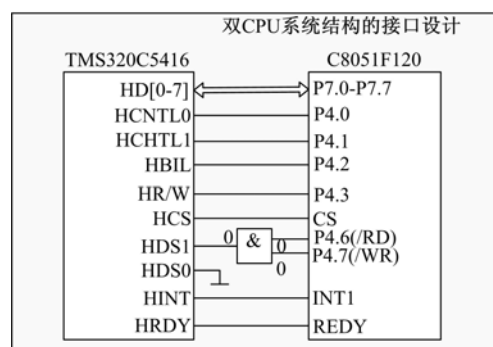


图 3 TMS320C5416 与 C8051F120 的硬件接口设计

Fig. 3 Interface Design of TMS320C5416 and C8051F120

使用 HPI16 时, HPI 接口高 8 位总线占用 DSP 外部数据线, 会造成在主机访问 HPI 接口时, DSP 不能访问外部存储器。因此系统采用 HPI8 接口, HPI8 通过 HD0HD7 和 I/O 控制线实现 DSP 和单片机双向通讯。C8051F120 的外部存储器接口选择高端口非复用方式, 交叉开关寄存器 XBR2 的 EMIFLE 位设为 1, P7 口为数据口, P5、P6 为地址端口, P4.7 和 P4.6 为选用高端口时的读写信号。P4[0-4]接控制信号, 中断设为外部中断, 接 INT1。

### 3 系统的软件设计

基于双 CPU 的故障诊断仪软件部分主要包括 DSP 数据采集和预处理程序、单片机控制及显示程序、PC 机通信程序和信号分析算法 4 部分。软件核心是 DSP 数据采集预处理及与单片机的

通信软件机制, 如果通信协议和时序处理不好, 可能使数据采集出现丢点现象, 更严重的会导致系统死机。

为此系统专门设计了双 CPU 通信的软件协议。单片机通过向 DSP 发送不同的命令标志位控制 DSP 的操作。例如单片机向 DSP 发送数据采集命令 0xaa, 并通过 HPI 口中断 DSP, 使 DSP 执行数据采集子程序; 在采集间隔时间内 DSP 对采集的数据进行预处理, 然后存入缓冲区。当单片机向 DSP 发送传输数据命令 0x55 时, DSP 将处理后的数据存入 HPI 口的 RAM 中, 数据存储完毕向单片机发送中断信号, 单片机读取 HPI 中的数据, 同时显示数据波形。当对同一单元读写产生竞争时, 单片机拥有优先权, DSP 等待单片机读写完毕再进行访问。图 4 为系统的软件流程图。

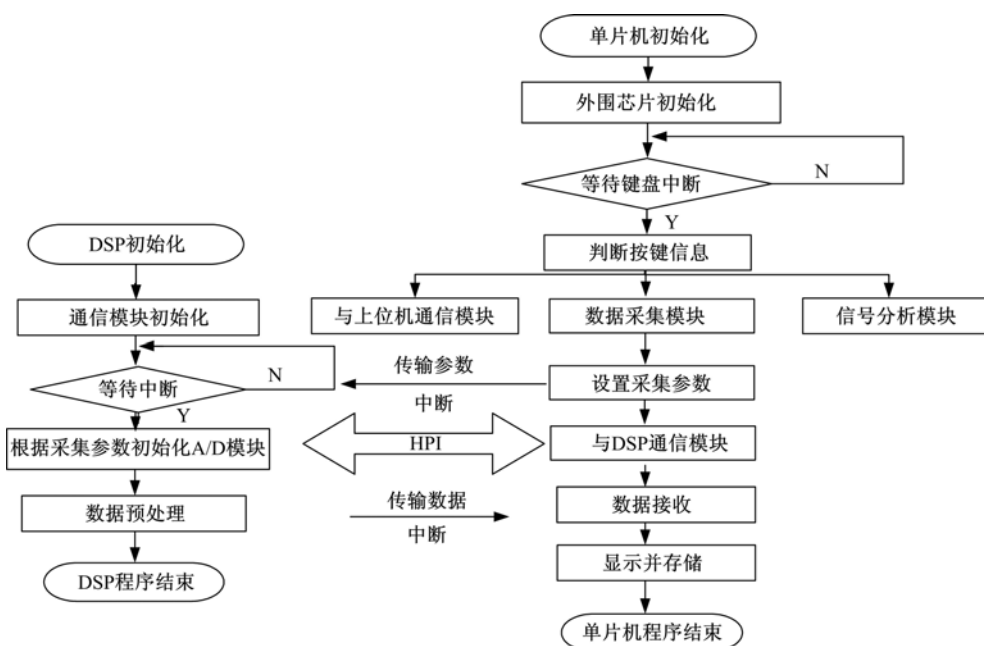


图 4 基于双 CPU 的故障诊断仪的软件流程图

Fig. 4 Software configuration of the portable instrument of fault diagnosis

### 4 诊断实例及结论

采用此便携式仪器对某轮轴磨床进行测试, 主要针对其加工中出现的主轴轴承的故障情况进行分析。在其中某一测点上对振动加速度信号进行采集, 可以得到图 5 所示的原始波形和图 6 所示的频谱图。根据资料可知, 轴承型号为 B22459-464, 转速为  $N=750 \text{ r/min}$ , 通过计算得到内圈的特征频率为  $111.961 \text{ Hz}$ , 外圈为是

$83.639 \text{ Hz}$ , 转频为  $15 \text{ Hz}$ 。图 6 中的  $106 \text{ Hz}$  与轴承内圈故障频率  $111.96 \text{ Hz}$  比较接近, 并且幅值较高, 在二倍频  $212 \text{ Hz}$  处有较低峰值。由于轴承内圈随轴一起转动, 所以以轴承内圈故障特征频率的各阶倍频为中心, 两旁出现被转频调制的边频带。因此从图 5 可以看出轴承的内圈出现故障, 可能内圈滚道有剥落坑。

轴承实验表明: 基于双 CPU 的便携式故障诊断仪测量精度可达  $1 \text{ MV}$ , 分析频率可达  $60 \text{ kHz}$ ,

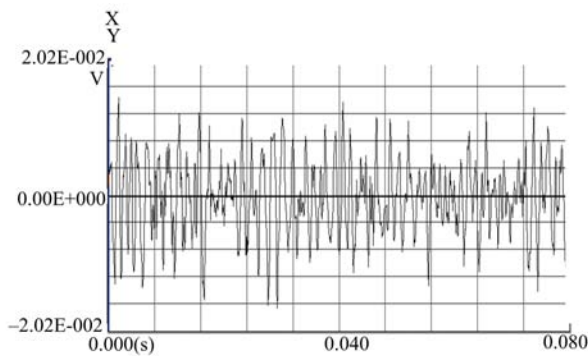


图 5 轴承某一测点振动信号原始波形

Fig. 5 Vibrant signals Original wave of axletree's one point

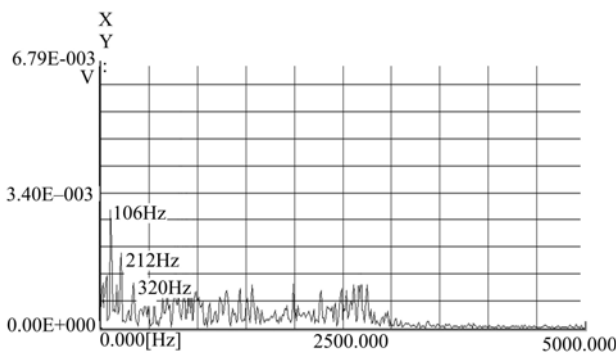


图 6 轴承某一测点振动信号频谱图

Fig. 6 Vibrant signals frequency spectrum of axletree's one point

满足一般企业的要求。同时该诊断仪集采集存储、分析和通信等功能于一体,体积小、重量轻、成本低,可以广泛应用于各种设备的监测和诊断中。

参考文献:

[ 1 ] 刘新明,赵纪元,孟庆丰,等. 便携式机械设备现场动态分析系统研究[J]. 西安交通大学学报,1997,31(1):76-81.  
Liu Xin-ming, Zhao Ji-yuan, Meng Qing-feng, et al. Study on a portable system for dynamic analysis of mechanical equipment on the spot[J]. Journal of Southwest Jiaotong University,1997,31(1):76-81.

[ 2 ] 贾民平,刘玉春,钟秉林,等. 便携式数据采集与工况监测分析系统[J]. 东南大学学报,1997,27(2):99-102.

Jia Min-ping, Liu Yu-chun, Zhong Bing-lin, et al. Development of portable data acquisition and condition monitoring analysis system[J]. Journal of Southeast University, 1997, 27(2): 99-102.

[ 3 ] 梁川,董英斌,韩捷. 基于数据库的便携式数据采集和管理系统[J]. 郑州大学学报:工学版,2002,23(4):14-16.  
Liang Chuan, Dong Ying-bin, Han Jie. A data sampling and management system based on portable computer and database[J]. Journal of Zhengzhou University(Engineering Science), 2002,23(4):14-16.

[ 4 ] 何慧龙,王太勇,胥永刚,等. 面向设备管理的网络化机械设备故障诊断系统的实现[J]. 吉林大学学报:工学版,2006,36(5):691-695.  
He Hui-long, Wang Tai-yong, Xu Yong-gang, et al. Implementation of fault diagnosis system for mechanical equipment based on internet for plant management[J]. Journal of Jilin University(Engineering and Technology Edition), 2006,36(5):691-695.

[ 5 ] 张卫刚,赵春晖,张滨华. 一种基于 LTC1966 的新型微流量计的信号调理电路[J]. 电子技术,2003(5):44-46.  
Zhang Wei-gang, Zhao Chun-hui, Zhang Bin-hua. Signal processing circuit of micro flowmeter based on LTC1966[J]. Electronic Technology, 2003(5):44-46.

[ 6 ] Chen Xi, Hsieh Harry, Balarin Felice, et al. Formal verification for embed system designs [J]. Design Automation for Embedded System,2003,8:139-153.

[ 7 ] 朱国庆,付梦印. 基于 DSP 和单片机的双 CPU 数据处理系统[J]. 计算机工程与应用,2005(21):113-115.  
Zhu Guo-qing, Fu Meng-yin. Dual-CPU data processing system on the basis of DSP and singlechip [J]. Computer Engineering and Application, 2005(21):113-115.

[ 8 ] 薛志宏,刘建业. 基于 DSP 和单片机的双 CPU 导航计算机设计[J]. 电子产品世界,2004(4):54-57.  
Xue Zhi-hong, Liu Jian-ye. Dual-cpu navigation computer system based on DSP and MCU[J]. Elictronic Word,2004(4):54-57.