

doi:10.16018/j.cnki.cn32-1650/n.201804008

铁路货车轮轴多通道超声波探伤仪的设计与实现

周 翔

(南通友联数码技术开发有限公司,江苏 南通 226000)

摘要:为更好地实现货车轮轴的定期检测,设计了基于 ARM 处理器和现场可编程门阵列 FPGA 的多通道超声波探伤仪。该仪器采用标准 C 语言编制应用程序软件,其显著特点是数据存储空间大、操作简单、流程清晰,用户只需根据仪器界面提示选择相应操作,程序便自动测试并显示测试结果。货车轮轴探伤检测结果表明,仪器对货车轮轴上的缺陷能够准确地进行定位和定量。

关键词:多通道; ARM;FPGA;自动测试;准确定位

中图分类号:TH878 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5322(2018)04-0038-04

铁路运输是国家经济的重要组成部分,铁路运输安全至关重要,而货车轮轴的定期检测是保证铁路运输安全的重要举措。日常货车轮轴检测方法很多,其中的超声波探伤因具有高灵敏度、穿透力强、声束指向性好、缺陷检出率高和非破坏性等优点,成为铁路货车轮轴检测的主要方法。

随着科学技术的不断发展,货车轮轴检测对现场检测速度和精确性的要求越来越高,单通道模式的仪器已经远远不能满足其检测要求,多通道检测仪逐渐成为超声检测发展的主流。

1 系统硬件结构

现场可编程门阵列 FPGA 容易实现复杂的算法,元器件内信号延时小,具有用户可编程的特性。用户可以实时、灵活、方便地配置系统内硬件的功能,使产品高度集成化^[1]。

ARM 处理器具有体积小、低功耗、低成本、高性能等特点,大多数数据操作都在寄存器中完成,指令执行速度更快,寻址方式灵活简单^[2-5];ARM 上的 Linux 开放源代码大大提高了设计者的开发效率,其丰富的接口资源为用户数据的传输提供了各种方便的途径。

基于 FPGA 与 ARM 的这些优点,并结合系统的实际需求,本文系统硬件电路采用 ARM + FP-

GA 的结构,在一个高性能嵌入式系统硬件开发平台上实现对货车轮轴的检测。系统硬件的总体设计如图 1 所示。

系统在功能上主要分为以下几个模块:

- (1)电源模块 为系统内不同的硬件设备提供相应的电源支持,其好坏直接影响系统的稳定性;
- (2)模拟信号处理模块 主要负责超声波的发射和接收、限幅保护、程控放大、模数转换等;
- (3)FPGA 处理模块 主要负责高速信号处理及各种逻辑控制;
- (4)ARM 主控制模块 作为系统的主控单元,负责系统整个执行过程和外围设备的控制;
- (5)键盘模块 用于用户输入参数和功能选择。

系统的工作原理为:系统初始化后,激励电路(在高压产生电路生成的直流高压电源中)接收到处理器发出的触发激励脉冲后,超声波发射电路产生瞬时高压脉冲,该高压脉冲经过探头内压电晶片的作用产生超声波发射信号;超声波发射信号在工件内部遇到缺陷时,立即返回到探头,并通过探头内的压电晶片转换为电信号,再将电信号传送至超声波接收电路;接收电路对回波信号进行模拟信号处理,在经过通道选择后将其送至 A/D 采样模块,将模拟信号转化为数字信号,再由 FPGA 对数据进行相关处理,并由 ARM 处理

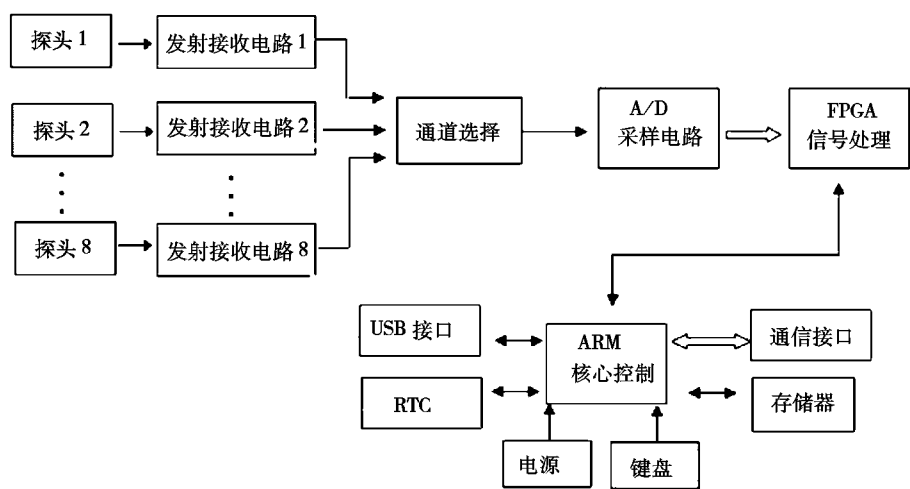


图 1 系统总体结构框图

Fig.1 Block diagram of overall system

器读取相应通道的检测波形数据，送至显示屏进行实时波形显现^[6-8]。

2 系统软件设计

系统采用 Linux 操作系统为系统软件平台，应用程序使用标准 C 语言进行编程，并采用分层和模块化的设计方法。软件流程图如图 2 所示，主要分为用户登录模块、通道参数设置模块、日常校验模块、灵敏度确认模块、探伤模块和数据处理模块。这些模块组合起来共同完成对轮轴的探伤工作。

2.1 用户登录模块

系统登录界面如图 3 所示，每个用户含有用户名、工号、密码 3 个参数。用户可根据仪器提示进行相应操作，系统最多可储存 12 个用户。用户数据保存在结构体 struct user 中。

姓名最多可输 8 位数字或大小写英文字母或汉字；工号最多可输 10 位数字或大小写英文字母；密码最多可输 8 位数字或大小写英文字母或其组合。

第一个用户为管理员，其密码即为管理员密码。需减员时，只有管理员输入密码才可以减员；修改密码则需输入该人员密码或管理员密码。进入系统探伤或校验则必须输入本人密码才可操作。

2.2 通道参数设置模块

通道配置参数，为后续各通道校验及探伤提供基础。各参数保存在结构体 ChannelSetting 中。

```
typedef struct
{
    u_shortangle[8];    //探头角度
```

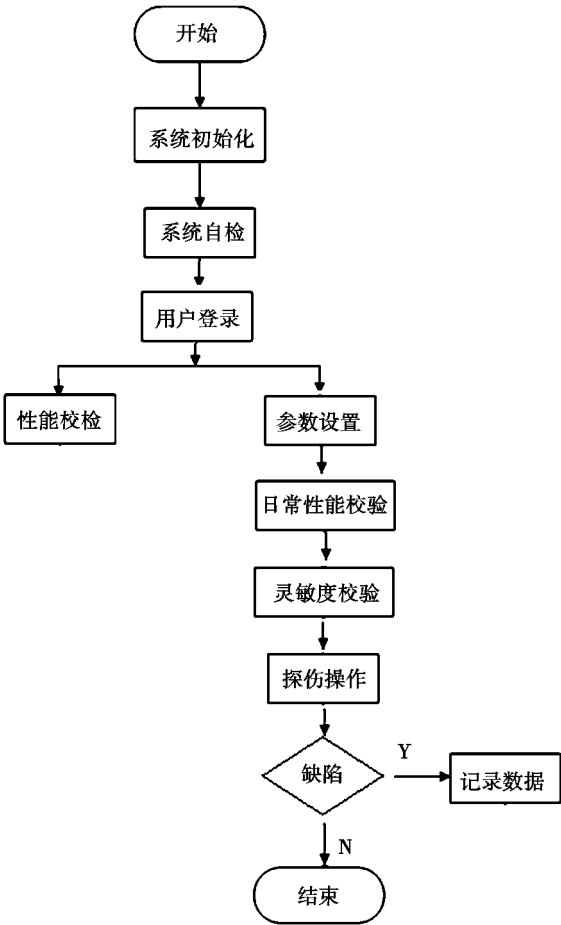


图 2 软件整体流程图

Fig.2 Flow chart of overall software



图 3 系统登录界面
Fig.3 System login interface

```
u_shortfreq[8];      //探头频率
u_shortrepeat[8];    //重复频率
chartarget[8];       //探测部位,
charface[8];         //探测面
} ChannelSetting ;
```

2.3 日常性能校验模块

在操作主菜单,按 <1> 键进入轮轴探伤日常校验,首先默认校验用户配置为有用通道中序号最小的通道。每校验完一个通道,就自动跳到后面一个可校验的通道继续校验。

如果用户不想对当前通道进行校验而要对另外的有用通道进行校验,可以按数字键选择通道,只要所选的通道已经配置就会成功切换到所选通道的校验界面。

3.3 灵敏度确认模块

日常性能校验合格后,系统进入实物试块探伤灵敏度对比确认。仪器根据探头校验过程中要求的标准试块人工裂纹的灵敏度,加上人工输入的补偿值,作为探伤灵敏度,在实物试块上进行对比确认。为适应用户的实际情况,用户如果需要调整补偿,此时仍可以按下与通道序号相同的数字键,在屏幕右上角会弹出调整补偿的小对话框,用户输入所需的补偿值,按 <确定> 键保存即可。

2.4 轮轴探伤模块

在成功进行了各项校验后,便可使用校验成功的通道进行轮轴探伤操作。

进行轮轴探伤操作时首先输入轮轴信息,包括轴型、工位、轴号、车轴制造时间、车轴制造单位、首次组装时间、首次组装单位等;输入完成后,仪器便进入校验合格的通道中序号最小的通道开始探伤,同时仪器上方提示当前应该进行的探伤操作,仪器下方则有一排通道项目的提示,而当前探伤的通道项则反色显示。

探伤操作时用户也可以按数字键切换到校验合格的任意通道对当前轮轴进行探伤,而未能校

验成功或处于备用状态的通道,即使按对应的通道数字键,仪器也不会进入探伤程序。

2.5 数据处理模块

轮轴探伤过程中切换通道进行探伤,其探伤的仍为同一根轴。如探伤完毕需要更换轮轴时,应按 <换轴> 键,仪器将记录已探轮轴的信息到探伤记录,再进行另一根轮轴的探伤。重复上述探伤过程直到完成所有车轴的探伤。

探伤过程中如发现可疑回波,按 <记录> 键,选择透声不良或缺陷(轴颈根部无透声不良选择,直接认定为缺陷),然后根据提示找到最高回波,待其稳定(可借助 <波门> 键与 <自动增益> 键)至基准波高后,按 <确定> 键,处理及记录可疑波形及其对应参数,并自动计算深度定量;如发现缺陷,仪器将记录缺陷信息,包括缺陷定位、定量、处理方法、轮轴详细信息等。

3 货车轮轴探伤检测

选取某铁路车辆段 5 根 RD2 轴,使用本系统进行探伤。轮轴编号为 101 ~ 105,探伤结果见表 1。

Table 1 RD2 axis flaw detection result mm				
轴号	轮座外侧	轮座内侧	轴颈部位	轴身部位
101	距轴端 275	-	-	-
102	-	-	-	-
103	-	-	-	-
104	-	-	-	-
105	-	-	-	-

注:“-”代表无缺陷

由表 1 可知,轴号为 101 的 RD2 轴轮座外侧存在缺陷,缺陷位置为距离轴端 275 mm。经过复探,验证该缺陷确实存在,其裂纹长 11 mm,裂纹深 1 mm。

4 结束语

本文设计了基于 ARM 和 FPGA 的能够实现高速信号采集和处理的轮轴超声波探伤仪,该仪器数据存储空间大、操作方便、流程清晰,用户只需要根据仪器提示操作即可。货车轮轴探伤检测结果表明,该系统对货车轮轴上的缺陷能够准确地进行定位和定量,效果较为显著。

参考文献:

[1] 周曦国. 基于嵌入式系统的智能仪表的设计与实现[J]. 仪器仪表用户,2005,12(6):142-143.
[2] 赵伟国,王文梅,冯华. 嵌入式系统在智能仪表的应用[J]. 自动化与仪表,2003,18(4):55-57.
[3] 孙建东. 全数字超声波探伤仪的设计与实现[D]. 南京:南京邮电大学,2010.
[4] 沈毅. 超声无损检测装置的研究与设计[D]. 南京:南京邮电大学,2011.
[5] 郑君. 基于嵌入式系统超声波探伤的研究[D]. 北京:北京交通大学,2008.
[6] 陈涛. 基于 ARM 的超声波检测系统研究[D]. 沈阳:东北大学,2008.
[7] 胡建凯,张谦琳. 超声检测原理和方法[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,1993.
[8] 刘韬,楼兴华. FPGA 数字电子系统设计与开发实例导航[M]. 北京:人民邮电出版社,2005.

Design and Realization of Multichannel Ultrasonic Flaw
Detector for Railway Freight Car Axles

ZHOU Xiang

(Nantong Union Digital Technology Development Co. , Ltd, Nantong Jiangsu 226000, China)

Abstract:A multi-channel ultrasonic flaw detector based on ARM processor and field programmable gate array (FPGA) was designed to realize the periodic inspection of truck wheel axle. The instrument uses the standard C language to compile application software. Its notable characteristics are large data storage, simple operation and clear process. The user only needs to select the corresponding operation according to the interface hint, and the program will automatically test and display the test results. The test results of the flaw detection for the truck wheel axle show that the instrument can accurately locate and quantify the defects on the truck wheel axle.

Keywords:multi-channel; ARM; FPGA; automatic testing; accurately locate

(责任编辑:李华云)