

基于 LabVIEW 的多通道数据分析系统设计

耿丹 侯俊 蒋睿杰

(上海理工大学 光电信息与计算机工程学院 上海 200093)

摘要: 现今虚拟仪器技术广泛的应用于检测与控制领域中。为对工业检测中多通道数据进行分析,并判断检测产品是否合格或数据是否由振动等意外情况造成,设计一种以 LabVIEW2014 为开发平台的虚拟仪器系统。设计中使用创建波形的方法将无时间戳数据转换为含有时间戳的数据,并利用滤波器与功率谱的相关原理,将多通道数据进行分离显示、FIR 滤波及功率谱分析。系统测试表明,该系统能直观地显示各个通道数据并能准确反映数据经过滤波和功率谱分析后的效果,满足产品检测中的需求。

关键词: LabVIEW;多通道;FIR 滤波;功率谱

中图分类号: TN911.6 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.4030

Design of multi-channel data presentation and analysis system based on LabVIEW

Geng Dan Hou Jun Jiang Ruijie

(College of Optical-Electrical and Computer Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: Virtual instrument technology has been widely used in the field of measurement and control system. For analysis of multi-channel data in the industrial inspection, and analyze whether the product is qualified or the data results from vibration and other accidents, designed a virtual instrument system on the software development platform LabVIEW2014. It used the method of creating waveform to transform no-timestamp data into timestamp data, and the principles of filter and power spectrum. It can achieve functions of multi-channel data display, wave filtering and power spectral analysis. The test results show that the system can display multi-channel data intuitively and reflect the data after filtering and power spectrum analysis accurately. It can satisfy the requirements of product inspection.

Keywords: LabVIEW; multi-channel; FIR filter; power spectrum

0 引言

在工业产品检测中,各个通道的检测数据在获得过程当中会收到多方因素的干扰,如轻微振动,操作不当等都会造成的数据突变,影响数据特征,有碍于工作人员的分析。以往,很多人应用传统的 MATLAB 语言来进行数据分析,虽然取得了显著的成就,但仍有很多缺陷,比如系数的调整时需要改源代码,操作界面不够直观,不能方便的分析数据的特征等^[1]。而应用开放式的 LabVIEW 软件其人机交互的特点和操作性强,效果直观等优点,则可很好的解决这些问题。设计利用其功能强大的模块化语言和层次递归的编程方法^[2],将无时间戳的混合数据转换为含有时间戳的数据并进行分离显示、滤波和功率谱分析等操作,而且可以方便地构建、设计和更改虚拟仪器系统。因此,更加有

效的处理数据、获得数据特征对于工业中产品的检测有着重大的意义。

1 总体设计思想

本设计中所使用的数据为四通道数据,四个通道的数据混合保存于同一文件中,以 16 Byte 为一组,每通道一个数据占 4 Byte。设计时需要将四通道数据分离,并在波形图表中以滚动的形式显示。通常采集的数据分为两种,一种为使用采集卡通过 LabVIEW 的数据采集模块如 DAQ 助手等采集到的数据,此类数据有采样点数、采样率等^[3-4];另一种为本设计中所使用的数据,由于从文件中读出的数据为一维数组,数据本身没有时间戳,即无法确定其频率、采样率,因此为滚动显示的快慢控制和滤波时的截止频率的设置造成不便。本设计主要解决了无时间戳数据滚动显

示与滤波的问题,同时本系统也适用于实时采集的数据的处理。

谱分析就是通过 FFT 快速傅里叶变换对信号进行分解,并将其按频率顺序展开,将时域信号变换到频域上,进而可以在频率域中对信号进行研究和处理^[5]。本设计中将各通道信号进行功率谱分析,表示了信号功率随着频率的变化关系^[6],通过功率谱中的峰值可以估计频率峰值,并直观的展现各通道波形特征。

数字滤波器在信号处理中有着至关重要的作用,它可以分为 IIR(无限长单位冲击响应)数字滤波器和 FIR(有限长单位冲击响应)数字滤波器,相较于传统的模拟滤波器,数字滤波器更加准确、更加稳定、更加灵活^[7]。

IIR 滤波器可以将模拟滤波器的传递函数进行适当的变换来直接求得数字滤波器的传递函数。LabVIEW 提供了巴特沃斯 (Butterworth) 滤波器、切比雪夫 (Chebyshev) 滤波器、反切比雪夫 (Chebyshev) 滤波器和椭圆 (Elliptic) 滤波器等 IIR 滤波器,用户可以根据设计需求选用。

设 N 阶 FIR 数字滤波器的单位冲激响应 $h(n)$ 为一个

N 点序列, $0 \leq n \leq N - 1$, 其系统函数可表示为式(1)^[8]:

$$H(z) = \sum_{n=0}^{N-1} h(n)z^{-n} \tag{1}$$

其频率响应可表示为式(2):

$$H(e^{j\omega}) = \sum_{n=0}^{N-1} h(n)e^{-j\omega n} \tag{2}$$

式(2)中可以看出 FIR 滤波器具有严格的线性相频特性,并因其单位抽样响应是有限长的,所以滤波器是稳定的系统。本设计中需要将采集数据中的高频抖动去除,只利用前后的采集数据来处理,因此使用 FIR 滤波器。

综上所述,本设计将系统分为三大模块:显示模块、功率谱分析模块和滤波模块。

2 系统设计

2.1 前面板设计

根据设计总体思路,前面板相应的划分为三大模块,有 3 个选项卡来分别展示,如图 1 所示。

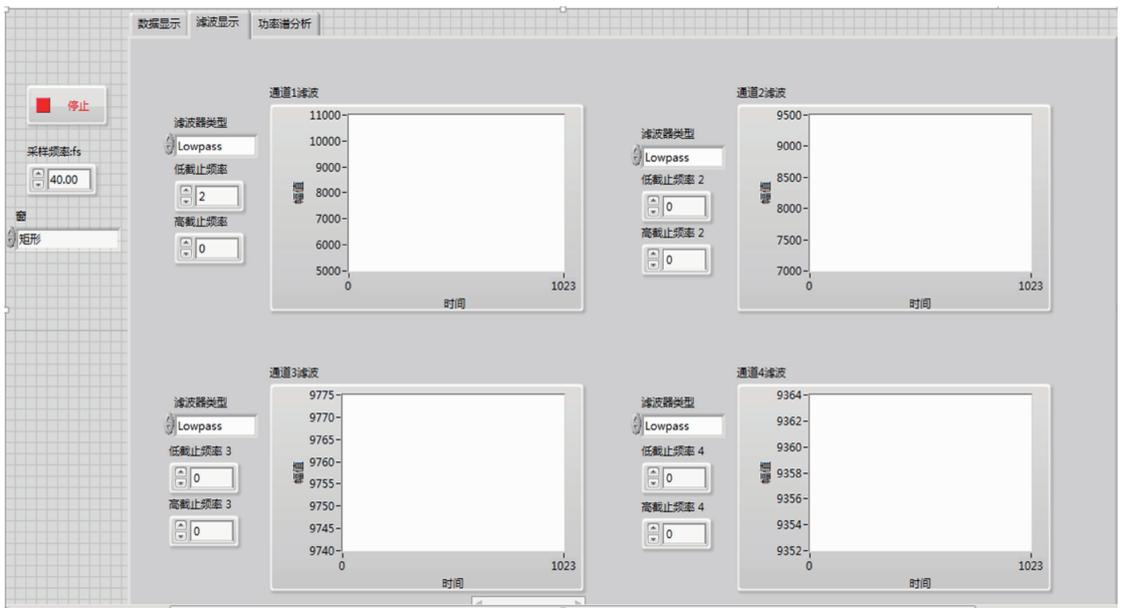


图 1 多通道数据显示与分析设计前面板

数据显示模块可以滚动展现各通道数据形成的波形;滤波显示模块可以对滤波参数进行合理设置,并显示各通道滤波后的波形可与滤波前进行对比;功率谱分析模块可以显示各通道的功率谱密度以便于分析。滤波参数设置时可以根据需求选择滤波器类型、窗函数,设置高、低截止频率及采样频率等参数^[9]。功率谱分析中可以通过拖动 X 滚动条观察不同频率值处的功率。

2.2 程序框图设计

与前面板对应,本设计的整体框图程序分为 3 个主要模块,分别是显示模块、功率谱分析模块和滤波模块。

2.2.1 显示模块设计

如前所述,本模块需要将已有的数据文件读出,并将其中各个通道的数据分离显示。因此使用了读取二进制文件 VI 将数据文件读出,并计算了文件大小以便得到文件中的数据数量,通过单通道数据的数量来控制示波器的显示,当所有数据显示完成后程序将自动结束。因为读出的数据是一维数组,所以此处使用了抽取一维数组 VI 将各个通道的数据分离出来,分离出来的数据为无时间戳的数据,这样的数据在显示时的速度无法保证与采集速度相同。由于此处知道采集的速度,因此设计中需要将该数据

加以时间戳,本设计中采用的是将数据创建为波形的方法。框图程序如图 2 所示。

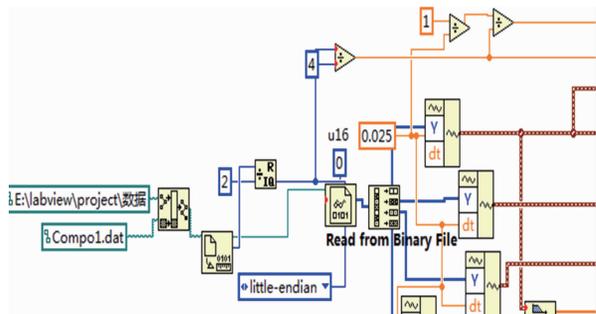


图 2 显示模块框图程序

将各个通道的数据使用创建波形 VI 创建为波形,设置创建波形数据的采样间隔 $dt = 25 \text{ ms}$,即采样率为 40 Hz ,因此波形图表得横坐标上将以 25 ms 一个数据的速度显示波形。将波形数据通过循环框的索引后传输给波形图表,并在循环框中放置等待函数 VI,设置等待时间为 25 ms ,即每 25 ms 索引一个数据。由此就可以在视觉效果上与波形图表横轴时间计算上都可以完成与实际采样相同的速率滚动显示。对于前文所说的实时采集的已有采样率的数据,处理时可以不用创建波形数据,其余部分同样适用。

2.2.2 功率谱分析模块设计

此模块主要使用了 LabVIEW 中的自功率谱 VI,对各通道的数据波形在频率域内进行了分析,通过观察波形的频率,可以确定需要滤除的高频率并观察滤波后的波形是否满足要求,其框图程序如图 3 所示。在使用自功率谱 VI 计算单边自功率谱时,要先计算双边功率谱,其计算公式如式(3)所示:

$$S_{xx} = \frac{|F(X)|^2}{n^2} \quad (3)$$

式中:表示输出序列的功率谱, n 是输入序列 X 中的采样数。

将双边功率谱去掉负频率部分且正频率分量加倍就可以得到单边功率谱^[10]。需要注意的是,功率谱显示时,要将其与频率数据进行捆绑,然后将捆绑后的数据送给示波器,这样才可以获得与频率相对应的功率谱图。

2.2.3 滤波模块设计

滤波模块是本设计的重要组成部分,其详细框图程序如图 4 所示。通常可用窗函数法、频率采样法和切比雪夫等波纹逼近法来设计 FIR 滤波器^[11-12]。本设计中采用了窗函数法,将 FIR 加窗滤波器系数 VI 和 FIR 滤波器 VI 组合来对各个通道波形进行滤波,与显示模块相同,滤波后的数据通过循环框的索引功能传输给波形图表,那么滤波结果也可以实现了滚动显示。由于窗函数的性质可以决定滤波的效果,所以在操作过程中可以根据需求选择合适

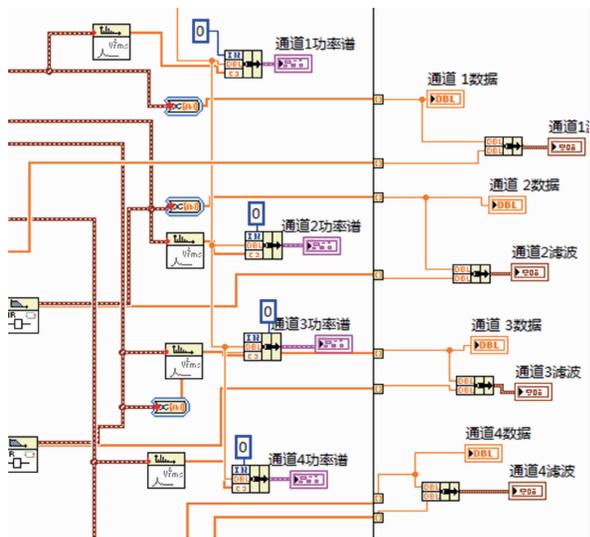


图 3 功率谱分析模块框图程序

的窗函数类型。除此之外,LabVIEW 还提供了方便直观的操作界面来设置滤波器的类型、采样频率、高截止频率、低截止频率等得到需要的滤波效果。

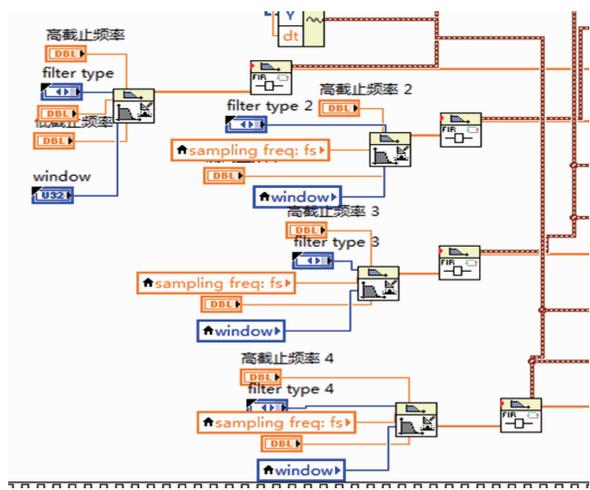


图 4 滤波模块框图程序

通过前文已知波形数据的采样间隔 $dt = 25 \text{ ms}$,则采样频率 $f_s = 1/dt$,即为 40 Hz 。以低通滤波器为例,设置时只需设定低截止频率即为截止频率,且根据采样定理截止频率必须小于采样频率的一半即 20 Hz ,以避免混叠现象。由低通滤波器的原理可知,截止频率还应小于需要滤除的高频信号频率^[13]。在功率谱分析模块中已提出,通过观察原始信号的功率谱,根据实际操作的需求,可以确定需要滤除的高频信号。至此即可确定截止频率的大小。

3 系统测试

LabVIEW 为用户提供了非常丰富的图形界面来进行

前面板的设计,波形图表尤其能非常清晰的显示各通道的波形,展现波形的动态曲线。它拥有缓冲区可以保留来源于此前更新的历史数据。当需要向波形图表传送多条曲线的数据时,就将各条曲线的数据捆绑为一个标量数值簇,这样在波形图表上就可以同时显示多条波形曲线^[14-15]。滤波时可使用本方法将每个通道滤波前后的波形在统一波形图表中显示,以便于观察。

为测试系统性能,将数据文件导入系统。由图5可以

清楚地看出,系统成功将四通道的数据分离,显示波形,成功展示了各个通道的波形特征。图6为滤波后的效果。根据采样频率与信号的特征,选用低通滤波器并设置截止频率。此处为保证图片质量只显示了滤波后的效果。结果表明滤波后波形得到了明显的改善,达到了预计的要求。图7是各通道波形通过谱分析后的效果。通过拖拽滚动条可以清楚地观察到各通道的波形在频率域内变化。

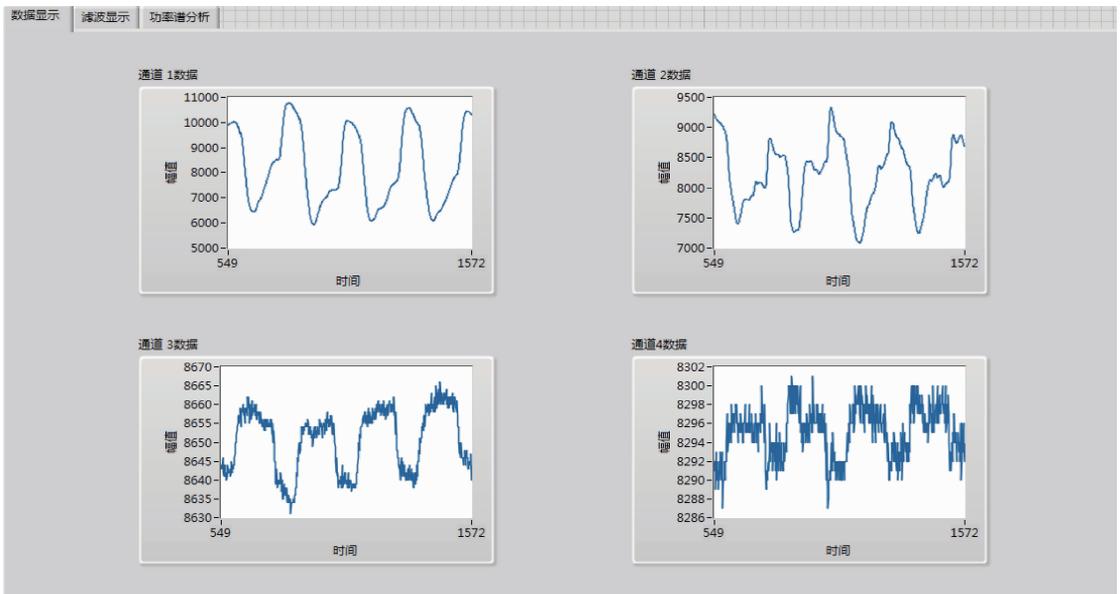


图5 各通道波形显示

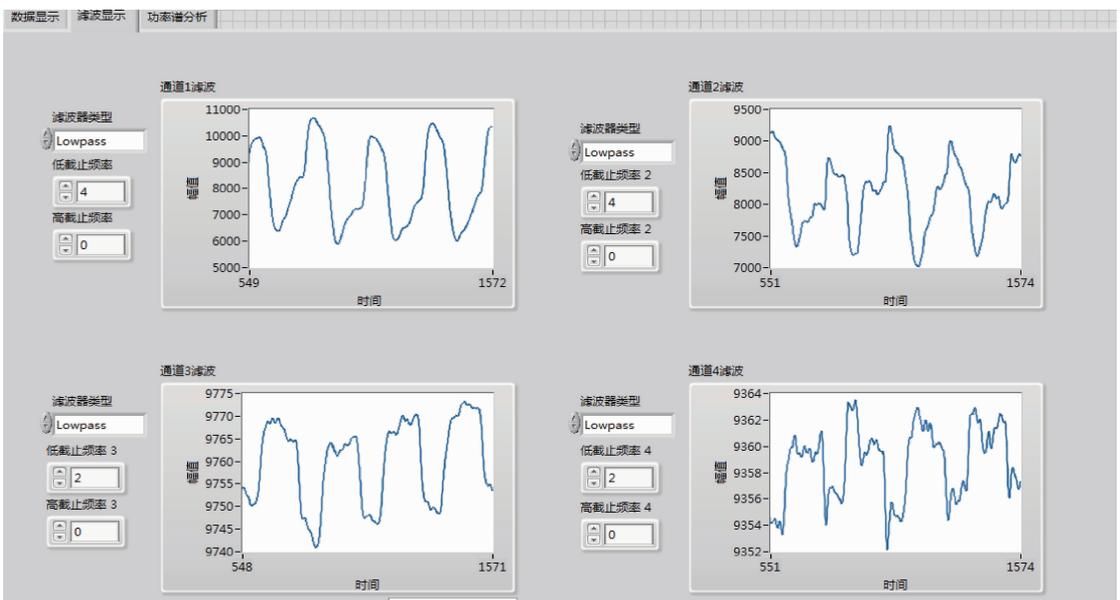


图6 滤波后波形显示

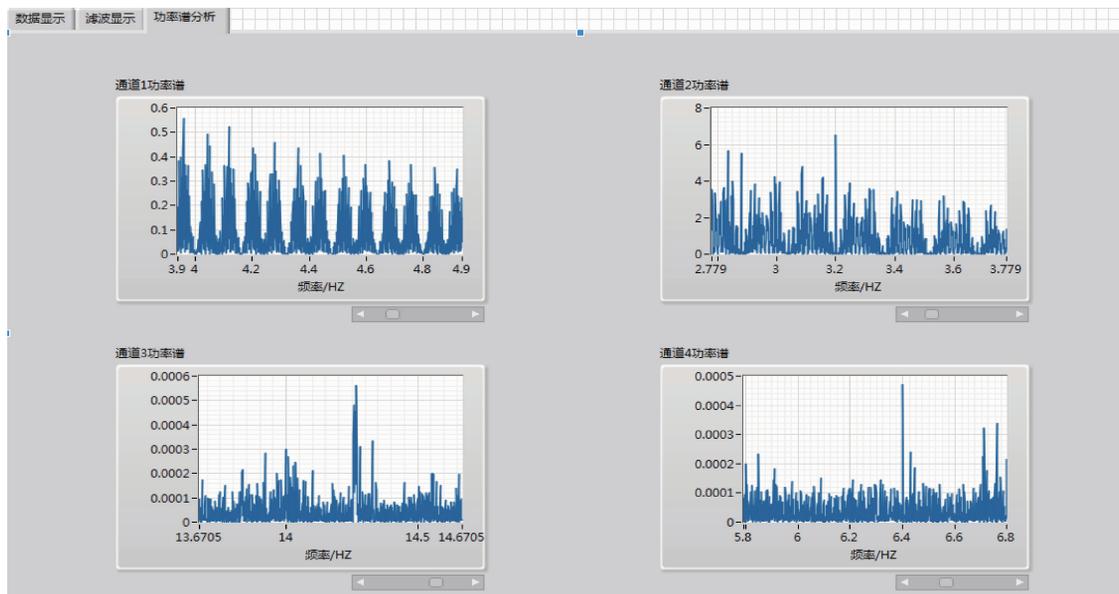


图 7 各通道功率谱

4 结 论

LabVIEW 是一个具有强大功能的虚拟仪器编程环境,本设计利用其简单的编写语言和丰富的内部模块化函数实现了对工业检测中产品数据的分析。在数据显示中本设计可实现与采样相同速率的滚动,并将数据缓存方便在全部显示后对波形进行查看。功率谱分析清楚的展现了波形在频率域的特点,为滤波时截止频率的设置提供了参考。滤波部分提供了多种不同的滤波类型以满足不同的需求,并且清晰准确的反映了滤波前后的效果。

参考文献

- [1] 桂静宜. 基于 LabVIEW 的 IIR 数字滤波器性能分析[J]. 电子世界, 2015(13):71-74.
- [2] 姜晓岚, 韩建, 白永强, 等. 基于 LabVIEW 的多通道 FIR 数字滤波器辅助设计[J]. 科技创新导报, 2012(13): 33-34.
- [3] 程金光, 张荣福, 郁浩, 等. 基于 LabVIEW 的声音数据采集分析系统[J]. 电子测量技术, 2016, 39(2):94-98.
- [4] 曾亮, 汪正祥. 基于 LabVIEW 语音信号的采集与分析[J]. 信息技术, 2013(5):101-103.
- [5] 胡宁, 徐兵. 基于 LabVIEW 的频谱分析仪的设计[J]. 计算机测量与控制, 2013, 21(5):298-301.
- [6] JIANG D, SHAN Y, WANG D, et al. Research on magnetic levitation absolute vibration measurement method in vehicles[J]. Instrumentation, 2014(2).
- [7] 许永峰, 贺玉成, 周林. 血压脉搏振荡波的重叠软件

滤波提取算法[J]. 电子测量与仪器学报, 2015, 29(3):454-459.

- [8] 刘清, 曹国华. 基于线性约束微粒群算法的 FIR 滤波器设计[J]. 仪器仪表学报, 2008, 29(5):996-999.
- [9] 周钦山. 信号分析仪中矢量信号分析设计[J]. 国外电子测量技术, 2016(5):57-61.
- [10] 刘俊杰, 柳桂国, 宋栓军. 基于 Kalman 滤波的人体心电图跟踪监测系统的设计[J]. 电子测量技术, 2016, 39(3):157-161.
- [11] 祝美英, 彭江英, 辜润秋, 等. 基于 FPGA 的数字滤波器的设计[J]. 科技创新与应用, 2015(20):9-10.
- [12] 刘春雅. 基于 MATLAB 与 FPGA 的 FIR 滤波器设计与仿真[J]. 电子设计工程, 2012, 20(17):119-121.
- [13] 史革, 文玉梅, 李平, 等. 采用余弦调制滤波器组泄漏信号处理研究[J]. 仪器仪表学报, 2015, 36(12):2849-2856.
- [14] 王步青, 李开元, 王卫东, 等. 基于 LabVIEW 的多通道生理参数显示分析软件[J]. 北京生物医学工程, 2010, 29(3):291-293.
- [15] 王玉刚, 赵兴堂, 董绪华, 等. 基于 LabVIEW 的多功能显示模拟器设计[J]. 现代电子技术, 2015, 38(18):116-118.

作者简介

耿丹, 1992 年出生, 硕士研究生, 研究方向为信息获取与处理。

E-mail:1138008401@qq.com