

指控装备使用记录系统设计与实现

白芳¹, 郭宝锋², 李召瑞^{2,3}

(1. 中国电子科技集团公司第二十八研究所, 南京 210007;

2. 陆军工程大学石家庄校区, 石家庄 050003; 3. 南京理工大学自动化学院, 南京 210014)

摘要: 指控装备构成复杂, 包含设备种类多, 目前, 对这些设备的使用管理以人工记录为主, 存在记录不详实、主观因素大、疏漏多等问题, 难以为装备的维修、保障提供有效的数据支撑; 针对这些问题, 提出了基于电流监测数据的指控装备使用记录系统设计方法; 该系统由电流传感器、单片机控制器以及串行通信接口组成, 并基于 CodeWarrior 软件开发环境完成了软件设计, 实现了对 Freescale 单片机 ATD 模块、SCI 模块的控制, 完成了数据采集与传输; 基于 MATLAB 开发了 GUI 界面, 完成了数据处理和子设备的状态显示功能; 该系统能够通过简单的电流采集和模式匹配过程, 完成 4 种子设备的开机、关机状态监测及使用时长记录, 相对传统方法, 电路设计简单, 状态监测数据少, 又不会破坏装备原工作环境。

关键词: 电源监测数据; 指控装备; 使用记录系统; 设计与实现; GUI 界面

Design and Implementation of the Recording System of Command and Control Equipment

BAI Fang¹, GUO Baofeng², LI Zhaorui^{2,3}

(1. The 28th Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Nanjing 210007, China;

2. Shijiazhuang Campus, Army Engineering University, Shijiazhuang 050003, China;

3. College of Automation, Nanjing University of Technology, Nanjing 210014, China)

Abstract: The command and control equipment composition is complicated, including many types of equipment. At present, the use and management of these equipment is mainly based on manual records. There are problems such as inaccurate records, large subjective factors, and many omissions. It is difficult to provide effective data support for equipment maintenance and guarantee. In response to these problems, the accusation equipment usage recording system based on power monitoring data is proposed. The system hardware is mainly composed of current sensor, single-chip controller and serial communication interface, and the software design is completed based on the CodeWarrior software development environment, which realizes the control of the Freescale single-chip controller ATD module and SCI module, and completes the data collection and transmission. Developed GUI interface based on MATLAB, completed data processing and status display function of sub-device. The system can complete the use record management of the entire complex equipment through a simple current acquisition and pattern matching process. Compared with the traditional method, the circuit design is simple, the status monitoring data is small, and the original working environment of the equipment will not be destroyed.

Keywords: power monitoring data; allegation equipment; use record system; design and implementation; GUI

0 引言

在现代战争中, 以信息化主导的信息战作为一种特殊的作战手段, 在战争中已成为出奇制胜的关键因素^[1-2]。指挥信息系统在获取、传输、处理信息等方面具有重要作用, 是作战过程中的核心。指挥系统可靠、高效、稳定运行对战场通信指挥效率以及战场态势有着重要影响, 目前结合新体制新技术开展指挥信息系统研制也是研究的热点^[3-5]。指控装备构成复杂, 包含设备种类多^[6], 目前, 对这些设

备的使用管理以人工记录为主, 存在记录不详实、主观因素大、疏漏多等问题, 难以为装备的维修、保障提供有效的数据支撑^[7]。因此, 有必要对指挥车使用管理技术进行研究, 以便提高对设备运行状态、性能的及时掌握。

目前, 对复杂电子设备的状态监控大多通过在设备内部加装电子信号采集装置完成^[8-11], 采用这种方法存在以下缺点: 1) 各个子设备上加装电子信号采集装置, 实现复杂, 成本较高, 并且占用较大的空间; 2) 对子设备的电压

收稿日期: 2021-05-28; 修回日期: 2021-07-14。

基金项目: 项目名称国家自然科学基金项目(61601496); 河北省自然科学基金项目(F2019506031)。

作者简介: 白芳(1979-), 女, 辽宁义县人, 博士, 高级工程师, 主要从事指控装备系统集成和健康管理的研究。

通讯作者: 郭宝锋(1987-), 男, 河南睢县人, 博士, 讲师, 主要从事指控装备保障方向的研究。

引用格式: 邵承岳, 袁鹏哲, 钟晨, 等. 基于机器视觉的圆柱直齿轮齿距偏差检测技术研究[J]. 计算机测量与控制, 2021, 29(9): 215-219.

信号采集时,产生的电磁干扰会影响装备的正常工作环境;
3) 部分子设备在加装电子信号采集装置时,需要改变原装备的物理结构,具有一定的破坏性。

而装备运行时的电流信号是电路工作特征的重要指示,是设备运行状态信息的重要组成部分^[12-14],若装备工作状态发生改变,则输出电流的波形将随之发生相应变化。另外,电流信息具有传递性,只需监控电源主节点的电流信息,即可完成所有设备的电流状态监控,这给数据监测带来极大的便利^[15-16]。基于此,本文提出了基于电流监测数据的指控装备使用记录系统设计方法,该方法能够通过简单的电流采集和模式匹配过程完成整个复杂装备各设备的使用记录管理,相对传统方法,电路设计简单,状态监测数据少,又不会破坏装备原工作环境。此外,系统基于 MATLAB 设计了串口接收及设备状态显示界面,数据通过串口传输,简单方便,数据处理速度快,方法高效。

1 系统结构及原理

基于电流监测数据的指控装备使用记录系统设计如图 1 所示,系统包括数据采集板及计算机上 GUI 软件界面。指控装备直流供电后由电源分线盒分配给各个子设备,因此,为了实时监测各子设备的电流变化信息,电流传感器的放置位置应在系统电源和电源分线盒之间,这样,各子设备工作的电流信息均可在该监测点上体现出来。电流传感器将电流信号变换为电压信号,信号传至数据采集板,该板负责将电压的模拟信号转换为数字信号,并通过 USB232 串口传送给计算机。计算机上运行 MATLAB 软件,用于串行接收数据和处理,对监测的数据波形特征进行判别,判断子设备工作状态,并在 GUI 界面上实时显示处理。

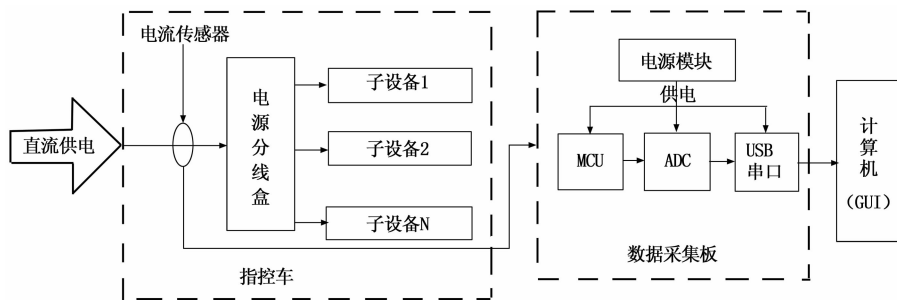


图 1 系统总体设计图

系统设计包括硬件设计、软件设计、以及 GUI 界面设计,其中硬件设计是指采集电路设计,软件设计是指对硬件的单片机编程实现数据采集,GUI 界面设计则通过 MATLAB 编程进行数据处理并完成可视化界面显示^[17]。

2 系统硬件设计

为实时监测电源分线盒输入节点的电流信息,需要电流传感器,获取电流信息后并转化为电压;为了完成数据采集,需要将电流传感器的输出信号转化为数字量,该过程可由内部集成 AD 转换器的单片机控制器完成;数据采集

转换后,要完成存储操作,可通过 RS232 串口与计算机连接。以上是数据采集传输的过程,涉及的硬件电路主要包括三部分:电流传感器设计、单片机控制器设计和串口通信电路设计。

2.1 电流传感器设计

电流传感器选用 HCS-LSP3 系列闭环霍尔电流传感器,能够测量直流、交流、脉冲以及各种不规则电流。该传感器具有精度高、线性度好、功耗低、电流过载能力强等优点,被广泛应用于电流监控、逆变电源及太阳能电源、变频家电的驱动控制等领域。本设计选用的是该系列的 HCS-LSP3-10 A 型芯片,芯片实物如图 3 所示,其额定电流是 10 A,测量范围 $-20\sim 20$ A,额定输出电压 $1.65\text{ V}\pm 0.625\text{ V}$ 。

HCS-LP3-10 A 型电流传感器共有 5 个引脚,1 脚为输出脚,2 脚为地,3 脚为供电脚(+3.3 V),4 脚、5 脚为电流串接管脚,即监控电流时,可通过 4、5 脚把该传感器串接在电路中,此外,该传感器还支持另一种测量方式,就是将待测电流的线缆通过传感器的圆孔穿过芯片,传感器内部的电磁圈会感应到线缆的电流。本文采用第二种监测方式,即让线缆穿过传感器电磁圈进而感应电流变化。

2.2 单片机控制器设计

本文选用 Freescale 公司的 MC9S12XS128MAA 单片机^[18],它是 S12X 家族中的一个成员。

在本设计中,需要用到 MC9S12XS128M 中的模块有模拟转数字(ATD)模块和 SCI 模块。其中 ATD 模块完成电流转换器输出信号的 AD 转换,转换完成后,输出数据是 8/10/12 位并行数据,进而将数据传至 SCI 模块,将并行数据一位一位的按顺序传送出去,这样,数据输出只需一根传输线,大大降低了硬件成本,适合于远距离通信。电路设计时,单片机的 51 脚为 ATD 转换的输入脚,连电流传感器的输出脚;单片机的 64 脚为 SCI 串行输出脚,连 RS232 的输入端。

2.3 串口通信接口设计

串口通信按位(bit)发送和接收字节,虽然比按字节的并行通信慢,但由于串口通信可以只使用一根线发送数据,使得线路连接简单并能够实现远距离传输。目前较为常用的串口包括 RS232、RS422、RS485 等,RS232 采用不平衡传输方式,而 RS422、RS485 采用平衡传输方式,通过传输差分信号可抑制信号中的共模干扰。RS232 通信使用 3 根线即可完成,分别是地线、发送线和接收线,该通信方式是现在最常用的串行通信接口。本设计采用 RS232 接口完成数据的串行传输,由于数据传输时,只需将单片机控制器采集的电流信号传送至计算机,而计算机不反向传输数

据, 因此, RS232 与计算机串口只需两根线即可完成通信, 即地线和发送线。

本设计主要解决电流实时采集及采样精度问题, 为了采集高精度的电流信息, 希望增加采样频率以及采样精度, 但增大采样频率会增加后续的数据处理和传输压力, 经过实验测试, 传输波特率设置为 56 000 bit/s, 能够保证数据精度及传输效率。

3 系统软件设计

3.1 单片机程序设计

为实现对 Freescale 单片机 MC9S12XS128 的控制, 需要使用该公司提供的 CodeWarrior 软件开发环境采用 C 语言进行编程, 所用到的单片机控制器模块主要包括 ATD 模块和 SCI 串口模块, 由于单片机内部集成的 ATD 模块和 SCI 串口模块均为 2 个, 程序设计时均采用相应的第一个模块。软件开发设计流程如图 2 所示。

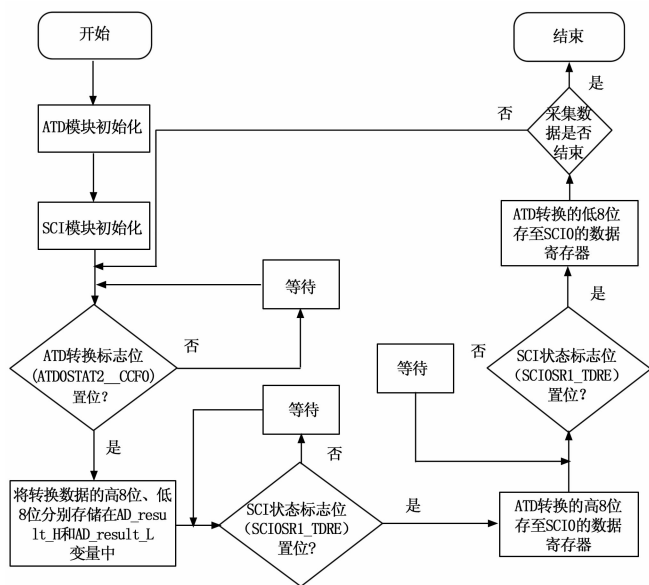


图 2 单片机程序设计流程

软件设计具体步骤如下。

1) 初始化 ATD 模块:

主要设置寄存器 ATD0CTL1, 使 AD 采样分辨率选择 12 位; 设置寄存器 ATD0CTL4, 使数据采样时间为 4 个时钟周期。

2) 初始化 SCI 模块:

主要设置寄存器 SCI0BD, 使数据串行传输波特率为 56 000; 设置寄存器 SCI0CR1, 数据串行传输无奇偶校验。

3) 查看 ATD 状态寄存器 ATD0STAT2_CCF0, 看是否完成转换, 若完成, 改为置 1, 将转换得到的数据的高 8 位、低 8 位分别存储在 AD_result_H 和 AD_result_L 变量中, 转至 4); 若转换没完成, 则进入等待状态;

4) 查看 SCI 状态寄存器 SCI0SR1_TDRE, 看发送数据寄存器是否为空 (当 SCI0SR1_TDRE=1 时, 发送数据

寄存器为空), 若为空, 则将变量 AD_result_H 赋值给数据寄存器 SCI0DRL, 并转至 5); 若 SCI0SR1_TDRE 非空, 则说明 SCI 数据寄存器不能接收新数据, 进入等待状态;

5) 查看 SCI 状态寄存器 SCI0SR1_TDRE, 看发送数据寄存器是否为空 (当 SCI0SR1_TDRE=1 时, 发送数据寄存器为空), 若为空, 则将变量 AD_result_L 赋值给数据寄存器 SCI0DRL, 并转至 6); 若 SCI0SR1_TDRE 非空, 则说明 SCI 数据寄存器不能接收新数据, 进入等待状态;

6) 数据采集是否结束, 若没有结束, 转至 3), 进行新的数据采样和传输; 若结束, 则程序终止。

3.2 GUI 界面设计

程序设计时, 主要包括串行数据接收、数据处理及状态显示等模块, 具体设计流程如图 3 所示, 其中数据串行接收是程序的重难点, 数据处理则通过邻近法完成模式识别 (具体可参考文献 [20]), 状态显示是在 GUI 界面上显示出装备子设备的开关机时间及使用时长等情况。

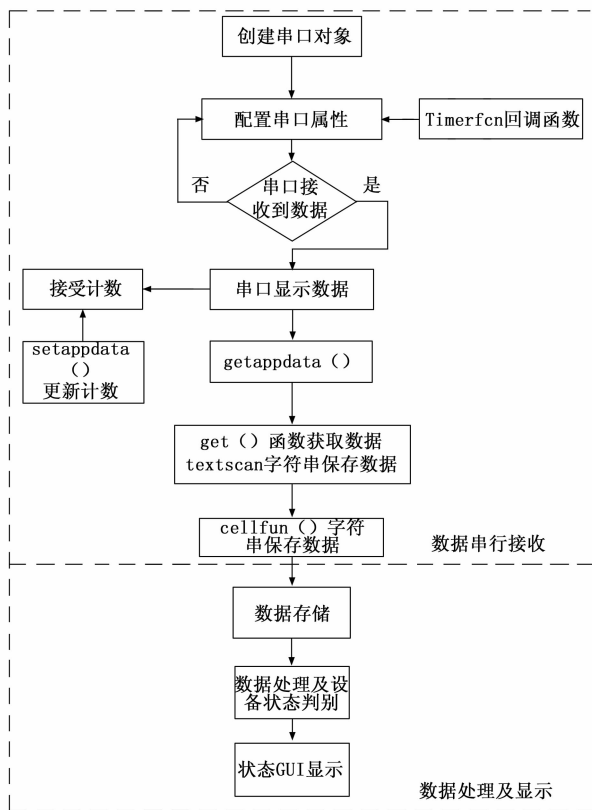


图 3 程序设计流程

基于电源监测数据的指控装备使用管理平台界面如图 4 所示, 界面中主要包含串口设置区域、串口接收数据显示区域、电流显示区域和设备使用统计表。其中串口设置区域用于设置与数据采集板的串口通信参数, 包括串口号、波特率、校验位、数据位、停止位以及串口的打开与关闭; 串口接收数据显示区域用于显示串口接收到的数据, 通过下方的【清空接收区】按钮可把接收区数据完全清除; 电

流显示区域用于绘制采集的电流波形；设备使用统计表用于统计指控装备各子设备的开机时间、关机时间及运行时长。

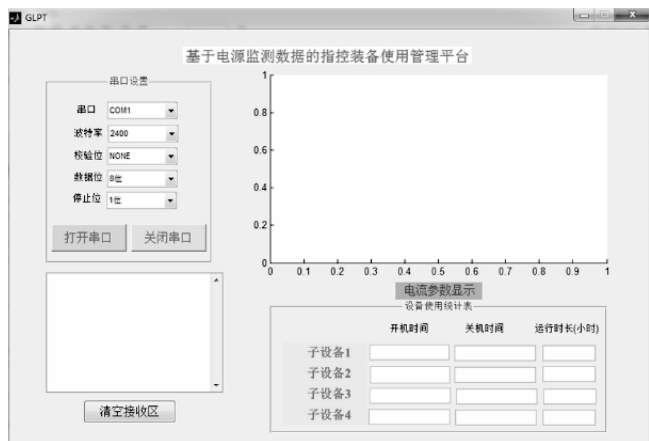


图 4 基于电源监测数据的指控装备使用管理平台界面

4 实验结果与分析

为验证系统设计的正确性，在指控装备上进行实验验证。操作步骤如下。

- 步骤 1：将电流传感器放置于指控装备的总电源干线节点；
- 步骤 2：将所设计数据采集板的串口与电脑串口连接；
- 步骤 3：运行 MATLAB 的 GUI 界面；
- 步骤 4：数据采集板加电运行，开始实时采集指控装备的电流状态数据；
- 步骤 5：通过下拉菜单选择【串口】、【波特率】、【校验位】、【数据位】以及【停止位】等参数；

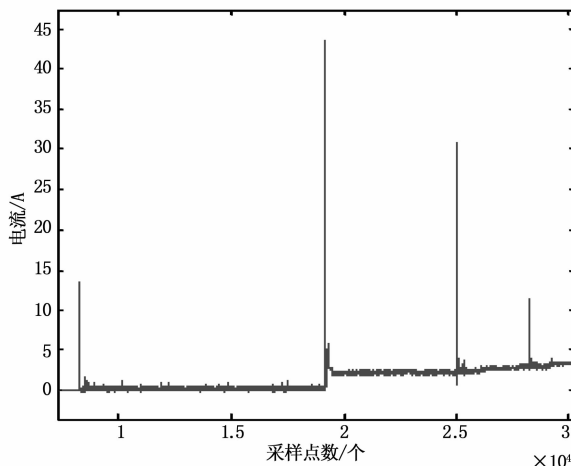
步骤 6：在 GUI 界面点击【打开串口】按钮，系统采集的电流数据开始在【清空接收区】上方滚动显示，并在【电流参数显示】区上方以图形方式显示出来；

步骤 7：依次打开指控装备的子设备 1、子设备 2、子设备 3、子设备 4，【电流参数显示】上方的电流变化如图 5 (a) 所示；

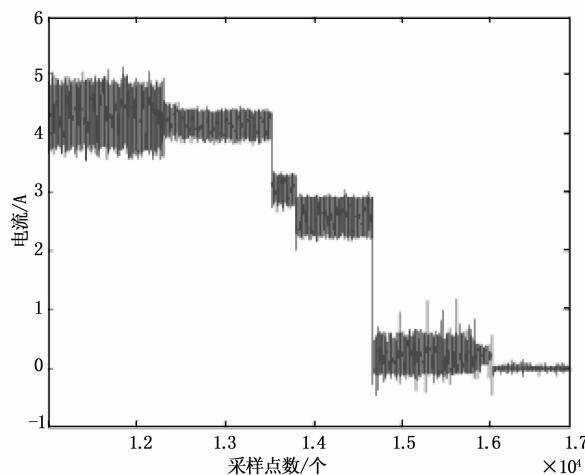
步骤 8：依次关闭指控装备的子设备 4、子设备 3、子设备 2、子设备 1，【电流参数显示】上方的电流变化如图 5 (b) 所示。

从图 5 可以看出，不同设备开机、关机电流变化是不同的。设备开机时，设备产生瞬间高电流，由于电流的传导性，本系统监测的电源分线盒主节点的电流会随之变化；设备关机时，不同设备的电流降低幅度不同，可据此作为典型特征，区分不用设备的关机时刻。那么，本系统依据采集的数据，与原始的数据库（需提前采集数组数据）进行比对，通过模式识别判断是哪个设备开机或关机，据此给出指控装备各设备的使用记录与管理。

运用整个系统对指控装备进行实时监测，得到的测试结果界面如图 6 所示，可以看出，该系统能够采集指控装



(a) 子设备1~4开机过程电流变化



(b) 子设备1~4关机过程电流变化

图 5 指控装备不同子设备开机、关机电流变化曲线

备的电流数据并实时串口传输，MATLAB 设计的 GUI 界面能够接收串口发送的数据并实时的将电流波形绘制出来，利用该波形信息，GUI 还能够判断设备的开机、关机等动作，记录相应的时间，进而完成对指控装备各子设备的使用管理。

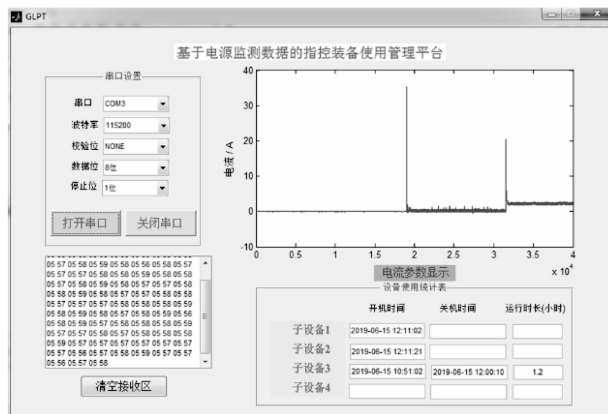


图 6 使用管理平台界面测试结果

5 结束语

本文从指控装备使用记录的实际需求出发,设计了基于电源监测数据的指控装备使用记录系统,通过对电源电流信号的实时监测与分析,完成了装备的子设备开关机状态确认。相对传统方法,该系统电路设计简单,状态监测数据少,又不会破坏装备原工作环境,此外,基于 MATLAB 开发的串口接收及显示界面,具有简单方便、数据处理速度快、方法高效的优点。该系统能够取代人工记录方式完成装备以及各子设备的全面管理,为装备的维修、保障提供有效的数据支撑。

参考文献:

- [1] 石玲玲,严晞隼,李聿渊,等. 指挥信息系统信息安全防护体系研究 [C] // 第二届中国指挥控制大会论文集, 2014, 187-191.
- [2] 殷雯雯. 基于指挥信息系统的体系能力评估方法研究 [D]. 长沙: 国防科技大学, 2014.
- [3] 汪霜玲,金欣,王晓璇,等. 指挥信息系统智能化发展能力演化路线 [J]. 指挥信息系统与技术, 2019, 10 (3): 46-49.
- [4] 熊琦洋. 人工智能技术在指挥信息系统 C4ISR 中的应用 [J]. 电子测试, 2019 (18): 120-121.
- [5] 李宏伟,汪洋,肖柯. 海面监视指挥信息系统体系结构设计 [J]. 现代防御技术, 2019, 47 (3): 78-84.
- [6] 邹明虎,姚鹏,赵宁. 指控装备车载交换机检测仪设计与实现 [J]. 火力与指挥控制, 2019, 44 (8): 163-167.
- [7] 周全志. 指挥信息系统装备故障分级智能诊断研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2019.
- [8] 孙伟超,李文海,李文峰. 融合粗糙集与 D-S 证据理论的航空装备故障诊断 [J]. 北京航空航天大学学报, 2015, 41 (10): 1902-1909.

- [9] 褚良宇. 汽车发动机冷却系统故障诊断方法研究 [D]. 重庆: 重庆邮电大学, 2019.
- [10] 杨召,肖明清,胡斌,等. 测试信息不完备条件下航空电子装备故障诊断 [J]. 计算机应用, 2013, 33 (SI): 46-47.
- [11] 李登,尹亚兰,朱文秀. 复杂电子装备智能故障诊断技术研究 [J]. 舰船电子工程, 2013, 33 (2): 129-131.
- [12] MUHAMM K, ROY K. Fault detection and location using idd waveform analysis [J]. IEEE Design and Test of Computers, 2001, 18 (1): 42-49.
- [13] 龙英,何怡刚,张镇,等. 基于信息熵和 Haar 小波变换的开关电流电路故障诊断新方法 [J]. 仪器仪表学报, 2015, 36 (3): 701-711.
- [14] 杨明,李广,董传洋,等. 基于电机定子电流的齿轮故障诊断方法 [J]. 北京交通大学学报, 2015, 39 (5): 87-91.
- [15] 邱志斌,阮江军,黄道春,等. 基于电机电流检测的高压隔离开关机械故障诊断 [J]. 中国电机工程学报, 2015, 35 (13): 3459-3466.
- [16] 张海刚,尹怡欣,祝乔,等. 基于定子电流监控的轴承故障在线监测 [J]. 控制理论与应用, 2015, 32 (4): 513-520.
- [17] 余胜威,吴婷,罗建桥,等. MATLAB GUI 设计入门与实践 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2016.
- [18] 苏巧平,薛颖操,周一晨. 基于 MC9S12XS128MAA 单片机的智能小车设计 [J]. 新乡学院学报 (自然科学版), 2013, 30 (3): 195-198.
- [19] 张阳,吴晔,腾勤,等. MC9S12XS 单片机原理及嵌入式系统开发 [M]. 北京: 电子工业出版社.
- [20] LI Z R, WU X B, GUO B F, et al. Design of Electronic Equipment Fault Diagnosis System Based on Current Characteristic [C] // 2018 International Conference on Electronics Technology (ICET 2018), Chengdu, China, 2018: 60-64.

(上接第 214 页)

- [13] Canis A, et al. LegUp: High-Level Synthesis for FPGA-Based Processor/Accelerator System [Z]. 2011.
- [14] Martin G, et al. High-Level Synthesis: Past, Present, and Future [J]. IEEE Design & Test of Computer, 2009, 26 (4): 18-25.
- [15] Nane R, et al. A Survey and Evaluation of FPGA High-Level Synthesis Tools [J]. IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems, 2016, 35 (10): 1591-1604.
- [16] Meeus W, Van Beeck K, et al. An overview of today's high-level synthesis tools [J]. Design Automation for Embedded Systems, 2012, 16 (3): 31-51.
- [17] Matai J, Richmond D, Lee D, et al. Resolve: Generation of High-Performance Sorting Architecture from High-Level Synthesis [C] // the 2016 ACM/SIGDA International Sym-

- [18] Anushree Mahapatra, et al. VeriIntel2C: Abstracting RTL to C to maximize High-Level Synthesis Design Space Exploration [J]. Integration, the VLSI Journal, 2019, 64: 1-12.
- [19] Keith Campbell, Wei Zuo, et al. New advances of high-level synthesis for efficient and reliable hardware design [J]. Integration, the VLSI Journal, 2017, 58: 189-214.
- [20] Kavya Shagirthaya, et al. Enable development of OpenCL applications on FPGA platforms [C] // IEEE International Conference on Application-specific System, Architectures and Processors. 2013: 26-30.
- [21] Nicola Cadenelli, et al. Considerations in using OpenCL on GPUs and FPGAs for throughput-oriented genomics workloads [J]. Future Generation Computer Systems. 2019: 148-159.