

文章编号:1671-251X(2020)01-0095-05

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2019100002

半实物综采实操平台可扩展数据采集系统设计

刘宁宁^{1,2,3}

- (1. 煤炭科学技术研究院有限公司, 北京 100013;
2. 煤矿应急避险技术装备工程研究中心, 北京 100013;
3. 北京市煤矿安全工程技术研究中心, 北京 100013)



扫码移动阅读

摘要:多种型式的半实物实操平台逐步应用于矿山设备培训,但针对具体被仿真设备开发特定数据采集系统的方式存在开发周期长、资源浪费等问题。在分析半实物综采实操平台数据采集需求的基础上,设计了一种可扩展数据采集系统。该系统以由主板和扩展板组成的数据采集板为核心,主板和扩展板分别能采集8路模拟量和16路开关量,通过主板和扩展板不同组合方式可实现一主多扩和一主多从多扩模式,分别适用于以开关量为主和模拟量为主的数据采集。该系统可满足多种型式的半实物实操平台数据采集需求,具有一定程度的通用性。

关键词:半实物综采实操平台;半实物仿真;虚拟现实;实操培训;数据采集;通道扩展
中图分类号:TD791 **文献标志码:**A

Design of extensible data acquisition system for semi-physical fully mechanized mining operating platform

LIU Ningning^{1,2,3}

- (1. China Coal Research Institute, Beijing 100013, China; 2. Engineering Research Center for
- Technology Equipment of Emergency Refuge in Coal Mine, Beijing 100013, China; 3. Beijing
- Engineering and Research Center of Mine Safe, Beijing 100013, China)

Abstract: Various types of semi-physical operating platforms are gradually applied to mine equipment training, but there are problems such as long development cycle and resources waste in developing specific data acquisition system for specific simulated equipment. Based on analysis of data acquisition requirements of semi-physical fully mechanized mining operating platform, an extensible data acquisition system was designed. The core of the system is data acquisition board composed of main board and extension circuit board. The main board and extension board can acquire 8-channel analog signals and 16-channel switching signals respectively. Modes of one main & multi-extension and one main & multi-slave & multi-extension can be realized through different combinations of the main board and extension board, which are respectively suitable for data acquisition mainly based on switching signal and analog signal. The system can meet data acquisition requirements of various types of semi-physical operating platforms and has a certain degree of universality.

Key words: semi-physical fully mechanized mining operating platform; semi-physical simulation; virtual reality; operating training; data acquisition; channel extension

收稿日期:2019-10-07;修回日期:2020-01-02;责任编辑:盛男。

基金项目:煤炭科学技术研究院技术创新基金资助项目(2017CX07,2018CX08)。

作者简介:刘宁宁(1986—),男,河北衡水人,助理研究员,硕士,主要从事矿山安全培训技术及装备研发工作,E-mail:lnncumt@163.com。

引用格式:刘宁宁.半实物综采实操平台可扩展数据采集系统设计[J].工矿自动化,2020,46(1):95-99.

LIU Ningning. Design of extensible data acquisition system for semi-physical fully mechanized mining operating platform[J]. Industry and Mine Automation, 2020, 46(1): 95-99.

0 引言

煤炭行业机电设备日趋大型化、复杂化和专业化,传统的理论讲解和模型培训难以满足设备培训需求,同时《煤矿安全培训规定》和《煤矿特种作业人员安全技术培训大纲及考核要求(征求意见稿)》等对煤矿多种工种操作人员的实操考核提出了明确要求^[1-3]。半实物仿真是在计算机仿真回路中接入实物,将部分难以用实物代替的对象的动态特性通过建立数学模型、编程在计算机上运行,人员通过操作真实设备控制虚拟设备动作^[4-6],广泛应用于飞机训练模拟器、石油钻井等复杂工业系统操作培训,是一种替代真实环境或设备的典型培训方法,具有可重复、经济、安全等优点^[7-9]。多种型式的半实物实操平台(如连续采煤机仿真模拟器、掘进机实操系统、提升机操作训练系统等)开始应用于矿山设备培训^[10-12],其中采集真实设备控制面板的操作信号并输入虚拟场景以驱动虚拟设备运转是核心。目前普遍做法是针对具体被仿真设备开发特定的数据采集系统,但矿山设备种类多样、型号多变,数据采集系统重复开发造成资源和时间浪费^[13]。本文以半实物综采实操平台为背景,开发了一种可扩展数据采集系统,可满足多种型式的半实物实操平台数据采集需求,节约开发资源,缩短开发周期。

1 数据采集系统需求

半实物综采实操平台是面向煤矿采煤机司机和液压支架工培训设计的模拟设备,由高仿真、全比例的采煤机操作台和液压支架操作台组成,2 个操作台整体架构相同^[14]。半实物综采实操平台所模拟的原型设备分别为 MGTY400/930-3.3D 型采煤机和 ZFS7200/18/35 型液压支架,根据原型设备功能及操作方式布局操作台控制面板控件。除原型设备所必须的控件外,考虑到操作台总体供电控制和上位机开关控制,采煤机和液压支架操作台控制面板均需要增加电源开关、供电指示灯、开机按钮、开机指示灯 4 个控件。此外,由于仅通过 1 个液压支架操作台控制综采工作面所有液压支架,需要增加左移和右移按钮用于液压支架工选择待控制支架,增加选架旋钮用于设置成组移架过程中成组动作支架台数。采煤机、液压支架操作台控制面板控件分别见表 1、表 2。因此,采煤机操作台数据采集系统需要满足 1 个模拟量、21 个开关量的输入需求;液压支架操作台数据采集系统需要满足 9 个模拟量、7 个开关量的输入需求。

表 1 采煤机操作台控制面板控件

Table 1 Controls on control panel of shearer console

控件名称	控件类型	信号类型	取值
电源开关	按钮(回弹)	开关量	0/1
供电指示灯	指示灯	开关量	0/1
开机按钮	按钮(回弹)	开关量	0/1
开机指示灯	指示灯	开关量	0/1
通信联络	按钮(回弹)	开关量	0/1
开机警告	按钮(回弹)	开关量	0/1
隔离开关	旋钮(不回弹)	开关量	0/1
泵电动机	三位旋钮(回弹)	开关量	−1/0/1
左截割电动机	三位旋钮(回弹)	开关量	−1/0/1
右截割电动机	三位旋钮(回弹)	开关量	−1/0/1
水阀	连续旋钮	模拟量	0~255
左离合	旋钮(不回弹)	开关量	0/1
右离合	旋钮(不回弹)	开关量	0/1
急停	按钮(不回弹)	开关量	0/1
牵启	按钮(回弹)	开关量	0/1
牵停	按钮(回弹)	开关量	0/1
左牵	按钮(回弹)	开关量	0/1
右牵	按钮(回弹)	开关量	0/1
左升	按钮(回弹)	开关量	0/1
右升	按钮(回弹)	开关量	0/1
左降	按钮(回弹)	开关量	0/1
右降	按钮(回弹)	开关量	0/1

表 2 液压支架操作台控制面板控件

Table 2 Controls on control panel of hydraulic support console

控件名称	控件类型	信号类型	取值
电源开关	按钮(回弹)	开关量	0/1
供电指示灯	指示灯	开关量	0/1
开机按钮	按钮(回弹)	开关量	0/1
开机指示灯	指示灯	开关量	0/1
选架	四位旋钮(不回弹)	开关量	0/1/2/4
左移	按钮(回弹)	开关量	0/1
右移	按钮(回弹)	开关量	0/1
前梁手柄	操作把手(回弹)	模拟量	0~255
后梁手柄	操作把手(回弹)	模拟量	0~255
推前部手柄	操作把手(回弹)	模拟量	0~255
抬底座手柄	操作把手(回弹)	模拟量	0~255
侧护板手柄	操作把手(回弹)	模拟量	0~255
护帮板手柄	操作把手(回弹)	模拟量	0~255
拉后部手柄	操作把手(回弹)	模拟量	0~255
尾梁操手柄	操作把手(回弹)	模拟量	0~255
插板操手柄	操作把手(回弹)	模拟量	0~255

2 数据采集系统硬件

数据采集板是数据采集系统的核心,需要满足以下功能要求。

(1) 能够对采煤机、液压支架操作台控制面板产生的所有操作信号进行采集和处理。

(2) 满足实时性要求,保证虚拟场景对人员操作响应无延迟,包括 2 个方面:① 能够在人员操作的极短时间内采集带回弹功能的按钮或旋钮产生的操作信号;② 能够实时采集同时操作多个按钮产生的操作信号。

(3) 数据采集板模块化有助于实现数据采集系统一定程度上的通用性,适应不同半实物实操平台的开发。

(4) 开关量和模拟量单独采集、统一处理,以灵活的扩展组合模式适应不同半实物实操平台数据采集需求。

数据采集板分为主板和扩展板,实物如图 1 所示。

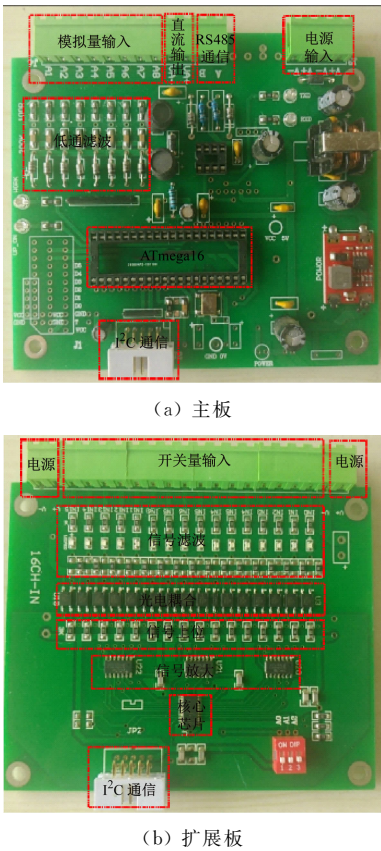


图 1 数据采集板

Fig. 1 Data acquisition board

主板基于高性能、低功耗的 8 位 ATmega16 型单片机设计^[15],可采集 8 路模拟量信号。模拟量信号经低通滤波器接入单片机内置的 10 位高精度 ADC,经 ADC 处理后存入单片机寄存器。主板采

用 RS485 总线与上位机通信,采用 I²C 总线与作为从机的主板或扩展板通信。

扩展板核心为通用 I/O 扩展芯片 PCA9555D,可采集 16 路开关量信号。开关量信号经滤波电路滤波后,通过 TLP521-1 光电耦合器实现电气隔离,再经斯密特触发反相器 74HC14 整形放大后接入 PCA9555D。

主板和扩展板之间有 2 种扩展组合模式,如图 2 所示。一主多扩模式是 1 块主板与 n 块($n \leq 8$)扩展板通过 I²C 总线相连,主板通过地址巡检与扩展板通信,最多可采集 8 路模拟量和 128 路开关量,适用于需要采集的模拟量较少、开关量较多的情况。一主多从多扩模式是 m 块($m \geq 2$)主板与 t 块($t \leq 11 - m$)扩展板通过 I²C 总线相连,其中 1 块主板作为主机, $m - 1$ 块主板作为从机,通过单片机编程区分主机和从机地址,适用于需要采集的模拟量较多的情况。

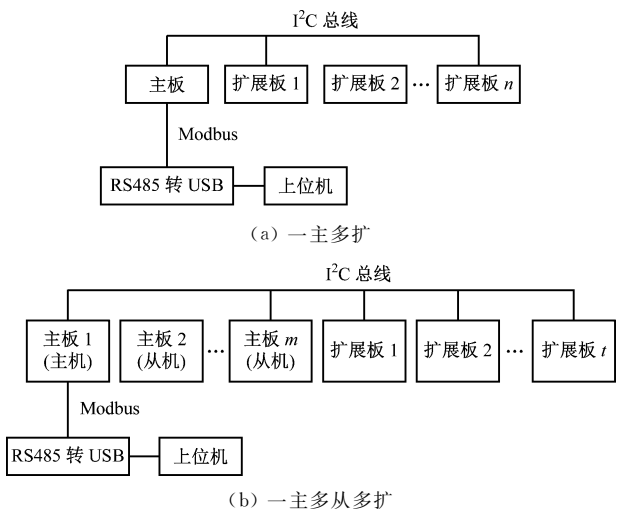
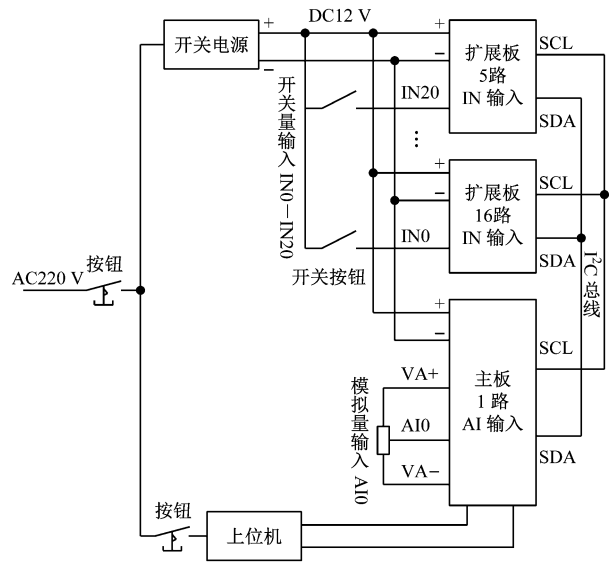


图 2 数据采集板扩展组合模式

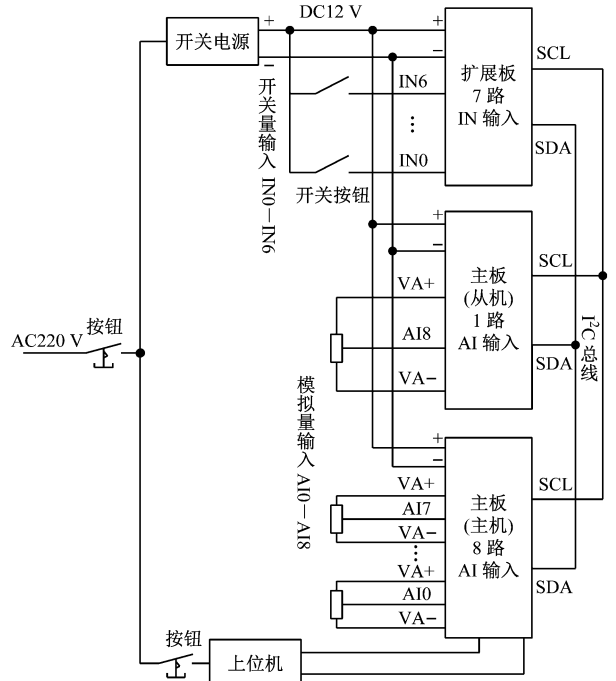
Fig. 2 Extended combination modes of data acquisition board

以半实物综采实操平台为例,采煤机操作台数据采集系统采用一主多扩模式,即 1 块主板与 2 块扩展板相连,如图 3(a) 所示;液压支架操作台数据采集系统采用一主多从多扩模式,即 2 块主板与 1 块扩展板相连,其中一块主板作为主机,另一块主板作为从机,如图 3(b) 所示。AC220 V 电源直接连接自锁按钮,并分别为上位机和开关电源供电,通过自锁按钮控制数据采集系统电源通断。开关电源输出 DC12 V,为主板和扩展板供电。开关量信号通过开关按钮产生,开关按钮公共点直接接入开关电源正极,开关按钮另一端接入扩展板的开关量采集通道;模拟量信号通过电位器产生,电位器固定端接入主板的直流输出端子(VA+, VA-),由主板给

电位器供电,电位器滑动端接入主板的模拟量采集通道。作为从机的主板和扩展板均由串行数据线(SDA)和时钟线(SCL)以并联方式接入作为主机的主板。



(a) 采煤机操作台



(b) 液压支架操作台

图 3 数据采集系统结构

Fig. 3 Structure of data acquisition system

3 数据采集系统软件

数据采集系统软件主要包括数据采集程序和通信程序。

采用 C 语言编写数据采集程序,流程如图 4 所示。首先进行系统初始化,包括单片机 I/O、定时器、串口、I²C 接口初始化。然后通过地址轮巡判断是否有从机;如果没有从机,即一主多扩模式时,仅

采集主机模拟量;如果有从机,即一主多从多扩模式时,先采集从机模拟量,再采集主机模拟量。之后采集开关量,将模拟量和开关量写入主机寄存器。最后通过延时等待,保证以固定时间间隔 10 ms 不间断采集数据。

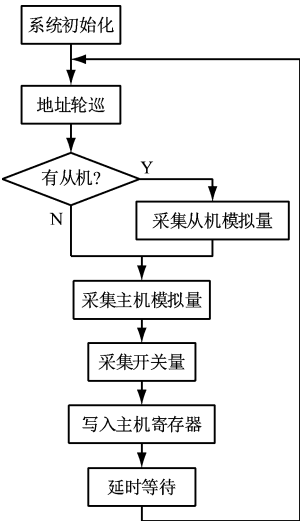


图 4 数据采集流程

Fig. 4 Data acquisition flow

采用 Unity 软件支持的 C# 语言编写通信程序。为保证数据传输的实时性,上位机以 200 ms 的时间间隔读取主机寄存器数据。采煤机和液压支架操作台对应的上位机之间通过 TCP/IP 协议进行数据交换,保证 2 个操作台虚拟场景同步响应、协同动作。

4 结语

根据半实物综采实操平台数据采集需求,提出了一种可扩展数据采集系统设计方案,着重介绍了数据采集板硬件设计,给出了数据采集及通信软件设计。该系统可完成对用户操作信号的实时采集、处理和传输,以灵活的扩展组合模式满足多种型式的半实物实操平台数据采集需求,具有一定程度的通用性。

参考文献(References):

[1] 安葳鹏,孟卫娟,屈星龙.基于虚拟现实的煤矿大型设备培训系统研究[J].测控技术,2016,35(10):105-108.
AN Weipeng, MENG Weijuan, QU Xinglong. Research on large colliery equipment training system based on virtual reality[J]. Measurement & Control Technology, 2016, 35(10): 105-108.
[2] 王兵建,张盛,张亚伟,等.虚拟现实技术在煤矿安全培训中的应用[J].煤炭科学技术,2009,37(5):

- 65-67.
- WANG Bingjian, ZHANG Sheng, ZHANG Yawei, et al. Application of virtual reality technology in coal mine safety training [J]. Coal Science and Technology, 2009, 37(5): 65-67.
- [3] 田子建, 雷婧, 刘社育, 等. 煤矿特种作业人员安全培训面临的问题与虚拟现实技术的应用[J]. 中国煤炭, 2015, 41(1): 104-107.
- TIAN Zijian, LEI Jing, LIU Sheyu, et al. Problems of safety training for special operation personnel in coal mines and application of virtual reality technology[J]. China Coal, 2015, 41(1): 104-107.
- [4] 郑国, 杨锁昌, 张宽桥. 半实物仿真技术的研究现状及发展趋势[J]. 舰船电子工程, 2016, 36(11): 8-11.
- ZHENG Guo, YANG Suochang, ZHANG Kuanqiao. Situation and development of hardware-in-the-loop simulation[J]. Ship Electronic Engineering, 2016, 36(11): 8-11.
- [5] 黄建强, 鞠建波. 半实物仿真技术研究现状及发展趋势[J]. 舰船电子工程, 2011, 31(7): 5-7.
- HUANG Jianqiang, JU Jianbo. Development introduction of hardware-in-the-loop simulation[J]. Ship Electronic Engineering, 2011, 31(7): 5-7.
- [6] 梁慧, 董峰, 王鹏勋. 半实物仿真技术研究及未来前景[J]. 计算机光盘软件与应用, 2015, 18(3): 35-36.
- LIANG Hui, DONG Feng, WANG Pengxun. Research and future prospect of semi-physical simulation technology [J]. Computer CD Software and Applications, 2015, 18(3): 35-36.
- [7] 崔连虎, 董印权, 张安民. 基于 Simulink 和 RTX 的导弹半实物仿真技术研究[J]. 系统仿真学报, 2013, 25(增刊 1): 182-186.
- CUI Lianhu, DONG Yinquan, ZHANG Anmin. Research on hardware-in-the-loop simulation of missile based on Simulink and RTX[J]. Journal of System Simulation, 2013, 25(S1): 182-186.
- [8] 李杰, 袁骐骥, 翟芳芳. 钻井及井控模拟装置研制及展望[J]. 天然气技术, 2009, 3(3): 49-51.
- LI Jie, YUAN Qiji, ZHAI Fangfang. Development of drilling and well-control simulators and their prospect [J]. Natural Gas Technology, 2009, 3(3): 49-51.
- [9] 蔡达真, 谢利理, 徐关澄. 基于飞机刹车半实物仿真系统的监控平台的设计[J]. 测控技术, 2011, 30(10): 83-87.
- CAI Dazhen, XIE Lili, XU Guancheng. Design of monitor platform based on hardware-in-the-loop simulation of aircraft braking system [J]. Measurement & Control Technology, 2011, 30(10): 83-87.
- [10] 陈文博. 悬臂式掘进机虚拟仿真平台设计及关键技术研究[D]. 焦作: 河南理工大学, 2015.
- CHEN Wenbo. Design and key techniques of virtual reality simulation platform for boom-type road header [D]. Jiaozuo: Henan Polytechnic University, 2015.
- [11] 史艳楠. 煤矿副井提升机虚拟现实系统关键技术研究[D]. 焦作: 河南理工大学, 2015.
- SHI Yannan. Research on key techniques of virtual reality system for auxiliary shaft hoist in coal mine [D]. Jiaozuo: Henan Polytechnic University, 2015.
- [12] 王大虎, 刘海洋, 王敬冲. 基于虚拟现实的采煤机培训系统开发[J]. 计算机仿真, 2015, 32(6): 262-265.
- WANG Dahu, LIU Haiyang, WANG Jingchong. Development of shearer training system based on virtual reality[J]. Computer Simulation, 2015, 32(6): 262-265.
- [13] 孙文. 多通道数据采集系统的设计与实现[D]. 长沙: 湖南大学, 2013.
- SUN Wen. The design and implementation of multi-channel data acquisition system[D]. Changsha: Hunan University, 2013.
- [14] 刘宁宁. 基于 VR 虚拟现实的半实物综采实操平台[J]. 煤矿安全, 2019, 50(6): 114-117.
- LIU Ningning. Semi-physical fully-mechanized mining practical operating platform based on VR[J]. Safety in Coal Mines, 2019, 50(6): 114-117.
- [15] 郑祥明. 基于 ATmega16 单片机实验系统开发的教学改革与实践[J]. 西昌学院学报(自然科学版), 2018, 32(3): 120-123.
- ZHENG Xiangming. Teaching reform and practice based on ATmega16 MCU experimental system development [J]. Journal of Xichang University (Natural Science Edition), 2018, 32(3): 120-123.