

# 基于空间占用率判定的智能电梯控制系统设计\*

张安莉, 谢 檬, 石卓勇

(西安交通大学城市学院, 陕西 西安 710018)

**摘 要:** 针对传统电梯控制系统存在的质量虽未达到电梯系统的阈值设定, 但电梯内部空间被占满, 导致依据质量指标判定, 响应外部请求而使门控进行无效打开的问题, 对电梯控制系统进行优化设计。系统采用 STM32 单片机作为主控芯片, 利用光敏传感器进行电梯空间占用率的感知。采用 LabVIEW 搭建上位机, 对电梯运行数据实时监测。测试结果表明, 该系统能够准确检测电梯空间占用率, 并根据空间占用率进行电梯运行控制, 解决了因无法判定电梯内部空间占有率而产生的门控无效打开问题, 极大节约了电力资源, 节省了乘客搭乘时间, 提高了电梯的运行能效。

**关键词:** 电梯控制系统; STM32; 光传感器; LabVIEW

中图分类号: TN98; TP23

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.201037

中文引用格式: 张安莉, 谢 檬, 石卓勇. 基于空间占用率判定的智能电梯控制系统设计[J]. 电子技术应用, 2021, 47(7): 57-60, 129.

英文引用格式: Zhang Anli, Xie Meng, Shi Zhuoyong. Design of intelligent elevator control system based on space occupancy determination[J]. Application of Electronic Technique, 2021, 47(7): 57-60, 129.

## Design of intelligent elevator control system based on space occupancy determination

Zhang Anli, Xie Meng, Shi Zhuoyong

(Xi'an Jiaotong University City College, Xi'an 710018, China)

**Abstract:** In view of the fact that the quality of the elevator system does not reach the threshold of the elevator system, but the internal space of the elevator is occupied, resulting in responding to external control and making the door control invalid open only according to the quality index. The elevator control system is optimized and designed. The system uses STM32 microprocessor as the main control chip, and the optical sensor is designed by using photosensitive resistor to perceive the space occupancy of elevator, and the elevator space occupancy is sensed by using LabVIEW to build the upper computer to monitor the elevator operation data in real time. The test results show that the system can accurately detect the elevator space occupancy rate and control the elevator operation according to the space occupancy rate, which solves the problem of invalid opening of the door control caused by the inability to determine the space occupancy rate of the elevator.

**Key words:** electric lift control system; STM32; optical sensor; LabVIEW

### 0 引言

电梯在当代家居生活中承担着人流和物流运送的任务。自 20 世纪 80 年代以来, 随着经济建设的快速发展, 中国对电梯的需求量呈快速上升趋势, 目前, 中国已成为世界上最大的电梯市场, 电梯运行能效指标变得及其重要<sup>[1-6]</sup>。

在实际的电梯系统运行中, 经常遇到电梯内部装有的货物已经占满电梯空间, 但在外部请求控制下, 若质量未达到阈值, 电梯还会开门的情况。该现象使电梯的能效指标下降, 不利于节能<sup>[7]</sup>。本文针对这一问题, 对电

梯控制系统进行了优化设计。系统下位机利用光敏传感器模块对电梯内部占用空间进行测量。通过单片机采集光传感器模块光线被遮挡后输出的低电平个数, 计算空间占有率, 当达到电梯饱和的体积占有率阈值时, 电梯控制系统不再受到外界请求信号进行开门控制, 解决了传统电梯控制系统因无法判定电梯内部空间被占满而产生的门控无效打开问题。

为了实时监测智能电梯的运行情况, 系统采用 LabVIEW 搭建上位机, 实时监测电梯运行。上位机实时显示空间占用率、当前电梯所在楼层以及占用率波形图; 同时, 对故障报警进行记录, 具有历史数据查询功能<sup>[8-9]</sup>。

相较于传统的电梯控制系统而言, 本系统更加节能环保, 更加便于集中化管理, 稳定性和便捷性更高。

\* 基金项目: 教育部产学合作育人项目(201902028026); 陕西省教育厅教改专项(19BY139); 陕西省教育规划课题(ZJX0202001)

## 1 系统硬件电路设计

电梯控制系统结构框图如图 1 所示。系统由 6 个功能单元组成,分别为 STM32f103 CPU 单元、电梯内部状态显示单元、电梯内部键盘操作单元、电梯外部按键操作单元、体积占用率检测单元、步进电机和 LabVIEW 上位机<sup>[9]</sup>。

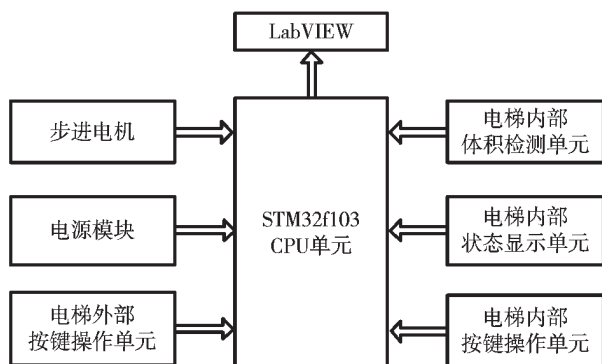


图 1 系统功能框图

### 1.1 STM32F103 CPU 单元

单片机最小系统包括 STM32F103 主控芯片、晶振时钟电路、复位电路和电源电路。

STM32f103 CPU 单元进行信息的处理和获取,根据电梯调度算法,控制步进电机运行,实现电梯的升降和呼叫楼层的停泊。用户按下上行呼叫按键或下行呼叫按键呼叫电梯,CPU 通过对电梯内部体积检测单元检测到的数据进行体积占用率计算,控制电梯是否在呼叫层停泊。

### 1.2 电梯内部体积检测单元电路

电梯内部空间占有率检测单元由光敏传感器模块电路和体积占有率测量电路组成。光敏传感器模块电路如图 2 所示。

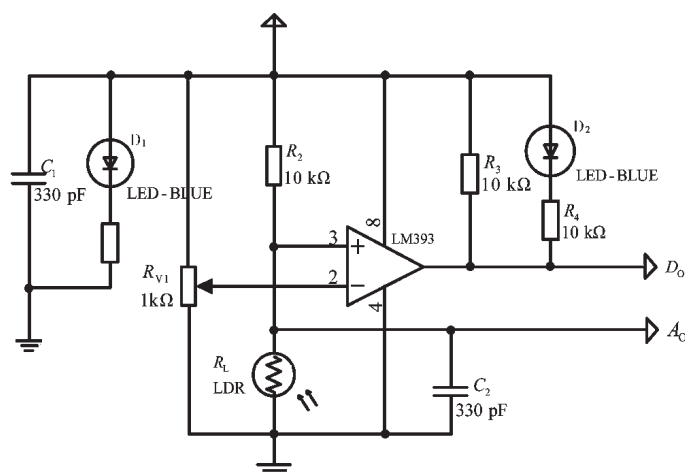


图 2 光敏传感器电路原理图

光敏传感器根据光敏电阻不同光照呈现不同的阻值的变阻特性,当电梯内部空间被物体占满时,其光照会被遮挡,从而使光敏电阻 LDR 呈现高阻性,电路输出低电平;反之,电路输出高电平。将电梯桥箱的底部铺设

若干此光敏传感器,通过 CPU 对低电平进行统计,若计数达到阈值时,单片机输出高电平,判定电梯体积占用达到饱和;否则,输出低电平,判定电梯体积未达饱和。

### 1.3 电梯内、外部按键操作单元电路

电梯内部按键操作单元用于给处于电梯内部的用户提供一个可操作的界面。该单元主要由按钮开关组成,用于捕获用户的操作。用户通过按键选择目的楼层,并控制电梯的启动、停止和报警。

电梯外部按键操作单元用于给电梯外的用户提供操作接口,等待乘坐电梯的乘客通过按下呼叫按键(分为上行和下行两种)对电梯进行呼叫,电梯通过电梯调度算法响应用户的呼叫。电梯外部按键操作单元与电梯内部显示单元并联,实现内部显示与外部按键操作的实时同步<sup>[10]</sup>。

### 1.4 电梯内部显示单元电路

电梯状态显示单元用于给乘客提供电梯的运行状态信息,以使用户进行状态观测,及时发现故障信息。7段共阳数码管用于接收单片机 P0.0~P0.3 口的输出信号,并根据信号来显示相应的数字。蜂鸣器用于发出报警声音,3 个不同颜色的发光二极管分别被用于标记电梯的上行或下行状态,以及报警状态。

### 1.5 电梯内部显示单元电路

步进电机负责电梯的升降,是电梯的动力部分。步进电机是将电脉冲信号转换成相应的角位移或线位移的电动机,由外部信号控制并驱动功率脉冲信号输出。每个脉冲信号使步进电机转动一定固定的角度,判定为旋转的总角度时,脉冲频率决定电机的旋转速度,改变电机绕组通电可以改变旋转方向的顺序。

## 2 系统软件设计

### 2.1 系统总程序设计

基于空间占有率判定的智能电梯控制系统程序流程图如图 3 所示。程序初始化后,当外部按键被扫描到按下时,如果电梯不在当前层,则马上响应并运转,否则仍然停在当前层。当内部按键按下时,需再次按下启动键,相当于实际中的“关门”,此时,电梯以内部按键按下的楼层为目标层运行。在电机运转循环中,也增加了内外按键的扫描,以使电梯运行时能接受请求。同时,在运行过程中,对体积占有率进行检测,当体积不满足搭乘条件时,对外部请求不予响应。

### 2.2 系统前面板设计

智能电梯控制及检测系统上位机前面板采用仪表盘显示空间占有率程度,数字显示具体占有率数值。数据库表格用于记录历史数据,并以波形图的形式显示电梯空间占有率。系统前面板程序流程图如图 4 所示。

## 3 系统测试及结果分析

完成仿真程序设计与无线连接后,将相对应的端口接入上位机软件面板,打开软件界面,串口会显示所连

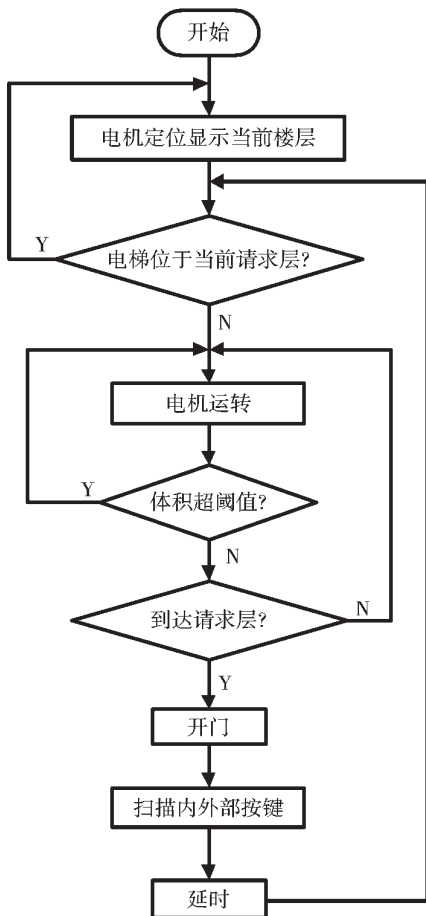


图3 系统总程序流程图

接端口,选择创建的COM端口即可完成无线连接<sup>[11]</sup>。接着完成参数设置,并进行测试。

### 3.1 下位机测试

基于 Protus 仿真平台进行下位机仿真测试<sup>[11]</sup>。由开关模拟光传感器输送给电梯系统的检测信号,通过单片机处理后从 P1.0 口输出信号给 PB7 口,控制电梯是否收到外部请求中断信号。当电梯内部体积检测超过 12 个低电平时, P1.0 口向 PB7 口持续输出低电平,电梯不受外部中断信号控制;反之,电梯受外部中断信号控制,进行正常运行。假设初始行程 1 的电梯起始楼层为 1 层,目标楼层为 4F,电梯内部容积未占满, 2F 有下行请求信号,对电梯进行测试。电梯运行情况统计表如表 1 所示。

测试结果表明,当电梯内部体积占有率未达到阈值时,电梯对外部请求予以开门响应;当电梯内部体积占有率超过阈值时,电梯对外部请求不予开门响应,功能满足设计要求。

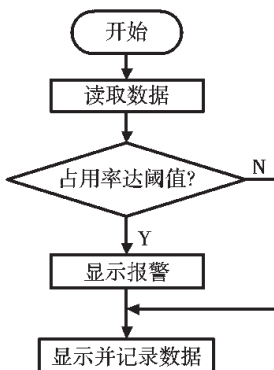


图4 前面板程序流程图

表 1 电梯运行情况统计表

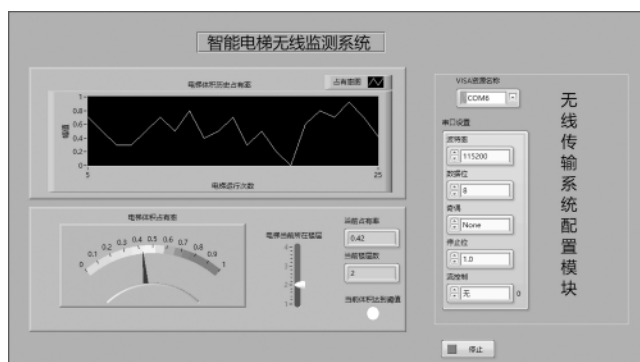
运行情况	行程 1	行程 2	行程 3
起始楼层	1F	4F	4F
目的楼层	4F	1F	1F
空间占用	未占满	未占满	占满
电梯运行状态	上行	下行	下行
外部请求	下行	下行	下行
外部请求所在楼层	2F	2F	2F
是否停留	否	是	否
到达楼层	4F	1F	1F

### 3.2 上位机功能测试

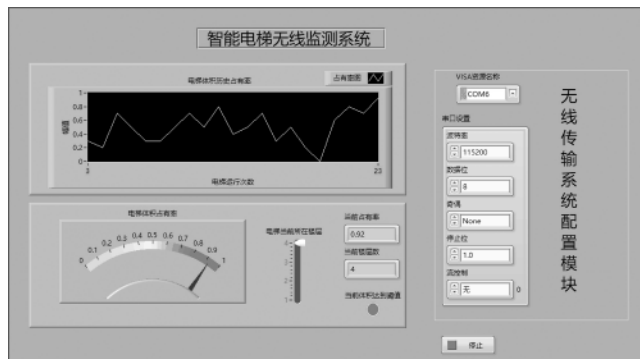
采用 LabVIEW 搭建系统上位机,进行智能电梯控制系统之无线传输智能电梯监测系统的功能测试<sup>[12]</sup>。设定电梯空间占有率阈值为 0.8,设置无线传输系统配置模块,进行系统联调测试。

系统前面板如图 5 所示,设置了当前所在楼层显示、实时空间占用率数据呈现、电梯占用率仪表盘、超阈值告警和历史占用率波形图等功能。图 5(a)为空间占用率低于阈值时的系统面板,当前测试电梯处于 2F,空间占用率为 0.42,电梯正常运行;图 5(b)为空间占用率高于阈值时的系统面板,当前测试电梯处于 4F,空间占用率为 0.92,告警灯亮起。

测试数据及结果表明,系统能够准确传输无线传输下位机数据,实时显示当前楼层和空间占用率,并绘制



(a) 空间占用率低于阈值



(b) 空间占用率高于阈值

图5 系统前面板

空间占用率波形。

### 3.3 系统联调功能测试

为了验证系统测试的准确性,进行系统联调功能测试。将上位机与下位机进行无线蓝牙连接,无线蓝牙选用H05芯片,通信协议为TCP/IP协议,波特率为115 200 b/s<sup>[13]</sup>。通过读取LabVIEW历史数据观测下位机运行状况,进行共计25次的测试。测试结果表明,系统可对超过空间占有率阈值的运行予以显示并报警,下位机此时对外部请求不予响应。

调用LabVIEW历史数据,利用MATLAB绘制空间占用率波形图,如图6所示。可见,LabVIEW前面板空间占用率波形图与系统前面板空间占用率波形一致,表明系统功能正常,数据传输准确无误。

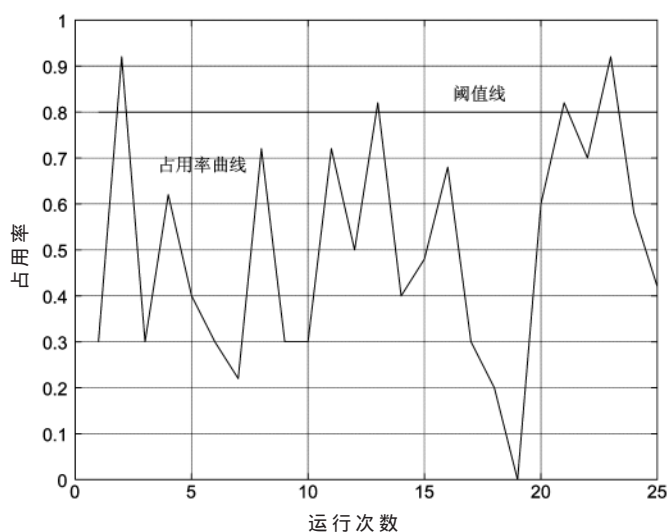


图6 电梯空间占用率波形图

为了验证系统的实际可行性与准确度,在西安交大城市学院行政楼的一部电梯中进行了电梯空间占用率的测试。传感器采用自研光敏传感器模块,单片机采用STM32F103,无线传输采用H05无线模块,上位机采用LabVIEW搭建。对底面积为2.15 m<sup>2</sup>的电梯每20 cm铺设一个光敏传感器,共均匀铺设了9×6个光敏传感器,用面积分别为2 m<sup>2</sup>和0.6 m<sup>2</sup>的两块遮挡板采用随机摆放遮挡光线的方法进行测试,各采样10个采样点。统计如表2所示。

相对误差的计算公式如下:

$$Y = \left| \frac{X_b - X_a}{X_b} \times 100\% \right| \quad (1)$$

式中, $Y$ 为相对误差值, $X_a$ 为标准值, $X_b$ 为测量值。可得,空间占用率相对误差为0%~7.41%。对数据进行拟合,绘制空间占有率曲线<sup>[14]</sup>。拟合方程分别为 $S_1$ 和 $S_2$ ,空间占有率曲线图如图7所示。

拟合方程 $S_1$ 和 $S_2$ 分别为:

$$S_1 = (5.031x^9)/5.500 + (2.523x^8)/2.750 + (5.061x^7)/5.500 +$$

表2 空间占用率测试统计表

采样点	遮挡面积/m <sup>2</sup>	实际占用率	实测占用率	相对误差/%
1	2	0.93	0.91	2.15
2	2	0.93	0.93	0.00
3	2	0.93	0.93	0.00
4	2	0.93	0.94	1.08
5	2	0.93	0.93	0.00
6	2	0.93	0.92	1.08
7	2	0.93	0.93	0.00
8	2	0.93	0.93	0.00
9	2	0.93	0.95	2.15
10	2	0.93	0.94	1.08
11	0.6	0.27	0.29	7.41
12	0.6	0.27	0.28	3.70
13	0.6	0.27	0.26	3.70
14	0.6	0.27	0.26	3.70
15	0.6	0.27	0.27	0.00
16	0.6	0.27	0.27	0.00
17	0.6	0.27	0.28	3.70
18	0.6	0.27	0.26	3.70
19	0.6	0.27	0.27	0.00
20	0.6	0.27	0.26	3.70

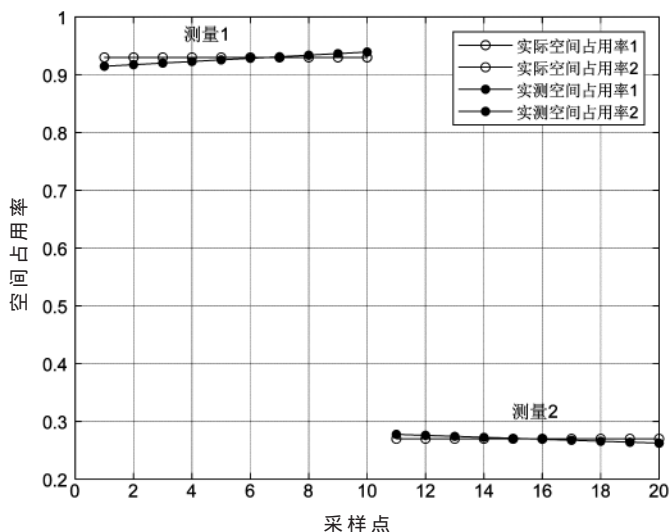


图7 空间占用率实测曲线图

$$(1.269x^6)/1.375 + (5.091x^5)/5.500 + (2.553x^4)/2.750 + (5.121x^3)/5.500 + (1.284x^2)/1.375 + (5.151x)/5.500 + 2.583/2.750 \quad (2)$$

$$S_2 = (1.527x^9)/5.500 + (4.553x^8)/16.500 + (181x^7)/660 + (1.499x^6)/5.500 + (4.469x^5)/16.500 + (4.441x^4)/16.500 + (1.471x^3)/5.500 + (877x^2)/3.300 + (4.357x)/16.500 + 1.443/5.500 \quad (3)$$

拟合后的数据进行相对误差计算,可得测量1的平均相对误差为0.03%,测量2的平均相对误差为0.05%。将检测算法进行优化,代入拟合方程式后,其测量精度

(下转第129页)



1155/2013/185138.

- [5] Apple.(Jun.2,2014).Getting started with ibeacon.[DB/OL].[2021-01-13].http://developer.apple.com/ibeacon/Getting-Started-with-iBeacon.pdf.
- [6] KAPLAN E D.Understanding GPS principle and applications[M].London:Artech House London,1996.
- [7] WANG Y,XU Y,ZHAO Y,et al.Bluetooth positioning using RSSI and triangulation methods[C].Proceedings of IEEE Consumer Communication Networks Conference.2013:837-842.
- [8] The Working Group for WLAN Standards.IEEE 802.11 Wireless Local Area Networks[DB/OL].[2021-01-13].http://www.bluetooth.com/specifications/bluetooth-core-specification.
- [9] KUMAR P,REDDY L,VARMA S.Distance measurement and error estimation scheme for RSSI based localization in wireless sensor networks[C].Proceeding of 5th International Conference on Wireless Communication and Sensor Networks (WCSN),2009.
- [10] LI H,TROCAN M,GALAYKO D.Virtual fingerprint and two-way ranging-based Bluetooth 3D indoor positioning

with RSSI difference and distance ratio[J].Journal of Electromagnetic Waves and Applications,DOI:10.1080/09205071.2019.1667268.

- [11] PAUL A S,WAN E A.RSSI-based indoor localization and tracking using sigma-point Kalman smoothers[J].IEEE Journal on Selected Topics in Signal Processing,2019,3(5):860-873.
- [12] DECUIR J.Introducing Bluetooth smart:part 1:a look at both classic and new technologies[J].IEEE Consumer Electron Magazine.2014,3:12-18.

(收稿日期:2021-01-13)

## 作者简介:

李芳(1989-),男,博士,助理研究员,主要研究方向:导航定位、多源传感器融合。

徐光明(1988-),男,硕士,工程师,主要研究方向:人工智能、大数据分析。

刘成(1987-),男,博士,助理研究员,主要研究方向:导航定位、导航增强技术与融合导航。



扫码下载电子文档

(上接第60页)

可得到明显改善。

## 4 结论

本文所设计的基于空间占有率判定的智能电梯控制系统下位机采用 STM32F103 单片机作为主控芯片,通过光敏传感器测试空间占有率,根据占有率阈值判定外部请求开门操作,解决了电梯无效开门的问题;上位机通过无线传输与下位机进行通信,上位机面板设计采用 LabVIEW 图形编程方式,用指针和曲线形象地表示了空间占有率数据实时曲线<sup>[15]</sup>。同时,实现实时数值显示、故障报警记录等功能。经测试,系统可实现对空间占有率的检测、电梯运行数据的实时采集及显示,并可依此进行电梯智能控制。相较于传统的电梯控制系统,本系统更加节能环保,更加智能,更加便于系统化、集中化管理。

## 参考文献

- [1] 吴真鸣,葛卫华,郝晋渊,等.嵌入式电梯运行状态监测系统研究[J].电子测量与仪器学报,2019,33(8):187-193.
- [2] 刘桂雄,朱海兵,何若泉,等.电梯能效实时记录仪及系统研制[J].中国测试,2012,38(6):44-48.
- [3] 汪旭东,孙伟翔,许刘慧,等.直驱多桥箱电梯系统的调度控制策[J].武汉大学学报,2019(8):716-721,728.
- [4] 刘慧.楼宇智能电梯监控系统的设计[J].电气应用,2006(9):143-146.
- [5] 符林芳.基于 PLC 的电梯控制系统的开发与实现[J].自动化与仪器仪表,2019(7):116-119.
- [6] 聂茹.基于单片机的电梯自动控制系统的设计与实现[J].电子设计工程,2015,23(13):117-120.

[7] 童克波.基于乘坐舒适、节能的电梯变频调速系统设计及实现[J].自动化与仪器仪表,2014(6):200-202.

[8] 王利锋,路和.基于 LabVIEW 的磁流变液传动装置速度控制技术分析[J].机械设计与研究,2018,5(3):50-53.

[9] 张迪,刘鑫.基于 LabVIEW 软件的机器人避障控制系统设计[J].计算机测量与控制,2020,28(9):110-115.

[10] 王建邦,王飞,郭晓斌,等.基于 STM32 的电梯智能按键装置的设计与应用[J].工业仪表与自动化装置,2019(2):53-56.

[11] 周晓珏.基于 Proteus 的传感器检测与仪表实训项目设计[J].重庆电力高等专科学校学报,2020,25(4):34-37.

[12] 钟建伟,张钦惠,王智方,等.基于 AT89C51 单片机电梯控制仿真系统的设计[J].电工材料,2020(3):50-54.

[13] 王恩亮,华驰,陈洁.基于 STM32F103ZET6 的自定义通信协议电梯监控系统设计[J].中国安全生产科学技术,2016,12(12):160-165.

[14] 董庆瑞.半导体热敏电阻温度曲线的 Matlab 曲线拟合[J].教育教学论坛,2019,37(9):66-68.

[15] 谢檬,丁梦超.基于 LabVIEW 的甲醛浓度检测系统设计[J].传感器与微系统,2020,39(5):104-106.

(收稿日期:2020-10-25)

## 作者简介:

张安莉(1974-),通信作者,女,硕士,副教授,主要研究方向:电子技术及信号处理,E-mail:79213880@qq.com。

谢檬(1982-),女,硕士,副教授,主要研究方向:虚拟仪器及智能仪器的设计。

石卓勇(2001-),男,本科,主要研究方向:虚拟仪器及智能仪器的设计。



扫码下载电子文档

## 版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所