

嵌入式智能家居座椅运动控制系统设计

张恩政, 李锡睿, 李子文

(浙江理工大学 机械与自动控制学院, 杭州 310018)

摘要: 为满足智能家居座椅的交互式运动控制需求, 基于 AT89S52 设计了嵌入式座椅运动控制系统。使用 VB.net 设计了游戏手柄按键读取软件, 并在此基础上设计了座椅运动控制软件, 软件可分别在“手柄模式”和“鼠标模式”下与嵌入式座椅运动控制器通信, 进而控制座椅进行加速、减速、正转和反转等运动; 构建了控制系统实验装置, 实验结果表明, “鼠标模式”下, 通过鼠标点击控制软件上功能按钮可实现对座椅的准确运动控制; “手柄模式”下, 游戏手柄不仅可控制座椅运动, 还可同步控制电脑上运行的游戏或远程遥控车, 实现浸入感较强的座椅运动娱乐应用。

关键词: 嵌入式系统; 智能家居; 游戏手柄; 运动控制; 控制软件

Design of Embedded Seat Motion Control System for Smart Home

ZHANG Enzheng, LI Xirui, LI Ziwen

(College of Mechanical Engineering & Automation Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In order to meet the interactive motion control requirements of smart home seats, an embedded seat motion control system is designed based on AT89S52 microcontroller. The button reading software of game handle is designed by using VB.net, based on which, the seat motion control software is designed. The software can communicate with the embedded seat motion control system in the mouse mode and the handle mode, separately, and then control seat to perform acceleration, deceleration, forward and reverse rotation. The experimental setups are constructed for testing the seat motion control system, and the experimental results show that in mouse mode, the accurate motion control of the seat can be achieved by clicking the function buttons on the control software with mouse, and in the handle mode, the game handle can not only control the motion of the seat, but can also control synchronously the computer game or the remote control car, realizing the seat entertainment application with strong immersion.

Keywords: embedded system; smart home; game handle; motion control; control software

0 引言

智能家居作为家庭信息化的实现方式之一, 并成为社会信息化发展的重要组成部分, 物联网因其巨大应用前景, 将是智能家居产业发展过程中一个比较现实的突破口, 对智能家居产业的发展具有重大意义^[1]。随着物联网技术的发展和深入, 更高品质的智能生活越来越受到重视, 为了满足智能家居中对座椅的交互式转动控制需求, 设计成本低, 易于构建, 通用性好的座椅转动控制系统具有实际的研究价值和意义。

传统座椅的功能主要用于工作和休息, 而座椅的另一个非常受欢迎的功能就是娱乐, 在游戏厅, 电影院交互式的运动座椅可给用户带来沉浸式的娱乐享受, 然而这些设备一般价格昂贵, 体积庞大, 将家中传统座椅升级改造能够满足兼顾休息和娱乐的智能家居, 并且人的参与和互动将融入智能家居系统, 适应目前万物互联的物联网发展需求。而要实现这种具有交互式能力的座椅, 设计实现对座椅有效运动控制的控制系统是关键, 控制系统的主要功能包括人机交互控制, 上位机软件控制和硬件控制电路等。

手柄作为实现人机交互的重要工具, 各种不同外观, 不同功能的手柄在实际的生产生活中得到了广泛的应用^[2-3], 游戏手柄应用已经从电脑上游戏控制的应用, 扩展到其他系统如手机的应用, 同时游戏手柄也可以借助一些桥梁工具扩展到其他的应用, 如电脑鼠标或键盘的模拟等^[4-7]。在目前热门的工业机器人运动控制中也得到应用^[8], 设计人性化、简单易用的上位机互联控制软件是控制系统设计的重要环节, 目前 VB.net, C#, Python, C++ 等语言是用于应用软件设计开发的常用语言^[9-12], 综合考虑这些编程语言的特点, 使用 VB.net 语言进行可视化程序设计和软件设计是相对开发效率较快且简单的方式, 同时使用 Visual Studio 平台上的控件可方便的设计出人性化实用的应用软件界面。可用于座椅运动控制的微处理器芯片很多, 简单的控制系统一般可基于 ARM 技术^[13-14]、基于 STM 系列微控制器^[15-16]、基于单片机技术^[17-21]或基于 Arduino 开发板^[22-23]进行控制系统设计, 考虑到座椅控制系统功能较简单以及成本因素, 使用 51 系列单片机进行系统设计是性价比比较高的方案。

收稿日期: 2021-04-16; 修回日期: 2021-05-12。

基金项目: 中国博士后基金(2016M601969); 国家自然科学基金(51605445)。

作者简介: 张恩政(1983-), 男, 山东临沂人, 博士, 副教授, 主要从事精密几何量测量、机器人精度测量与控制技术方向的研究。

引用格式: 张恩政, 李锡睿, 李子文. 嵌入式智能家居座椅运动控制系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2021, 29(7): 131-135.

为此,本文以 AT89S52 微处理控制芯片,设计并实现了一套基于 AT89S52 和 VB.net 座椅运动控制系统。通过鼠标和游戏手柄来实现对座椅的运动控制,并且可实现对电脑游戏或远程遥控车的同步运动控制,满足兼具休息和娱乐功能的座椅运动控制应用需求。

1 系统结构与原理

基于 AT89S52 微处理器设计的座椅运动控制系统方案如图 1 所示,系统核心组成主要包括座椅运动控制软件和 AT89S52 座椅控制器。座椅运动控制软件内部集成的手柄按键动作获取模块,可以实时获取使用的控制手柄的按键动作,可实现对常用的通用手柄、赛车手柄和飞行手柄的按键动作数据获取,在此基础上实现的手柄模式控制,可通过操控手柄的按键或摇杆来控制座椅的运动。手柄模式下可以使用鼠标点击控制软件上的功能按钮进行座椅的控制。AT89S52 座椅控制器获取到座椅运动控制软件发送来的控制命令后,将命令数据转换为电机运动控制数据,经电机驱动器控制座椅电机的运动,可实现座椅的速度和转动控制。复位传感器用于检测座椅的位置,在座椅运动控制软件发出的复位命令作用下,可以控制座椅转动到初始的位置。电源模块的主要功能是为系统中各电路模块提供合适的工作电压。

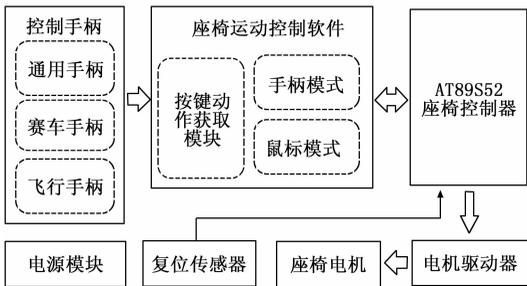


图 1 座椅运动控制系统方案框图

2 系统硬件设计

基于 AT89S52 座椅运动控制系统的硬件组成主要包括控制手柄、AT89S52 座椅控制器、电机驱动器及电机、复位传感器和供电电源。其中,座椅控制器是整个控制系统核心部分,是系统硬件设计的关键。

考虑到研究设计的座椅控制系统控制功能相对简单,主要实现对座椅的速度和转动控制,对微处理器具有的资源要求不高,同时考虑到系统成本及通用性,系统设计选用常用的 AT89S52 单片机进行控制器电路设计,硬件电路设计结构组成如图 2 所示。

如图 2 所示的控制器结构框图中,ISP 下载电路配合相应下载器可实现编译程序的在线下载,便于程序的调试和后期系统升级维护。RS232 串行通信是非常成熟和应用最多的通信方式,但由于 RS232 接口尺寸较大,目前生产的计算机都不再配备 RS232 接口电路,故通信电路采用 RS232 转 USB 实现设计,利用 USB 直接与计算机进行通信,同时 USB 接口的 5 V 电源可为控制电路板供电。结合

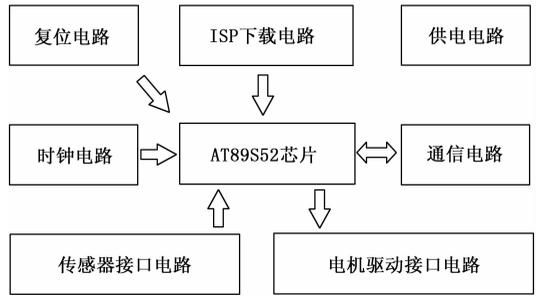
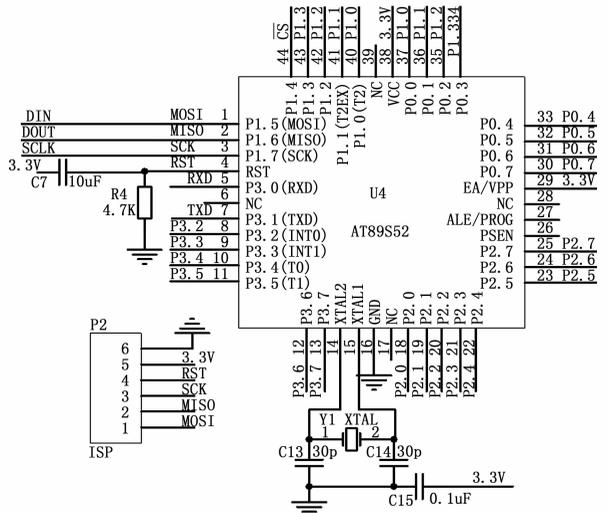
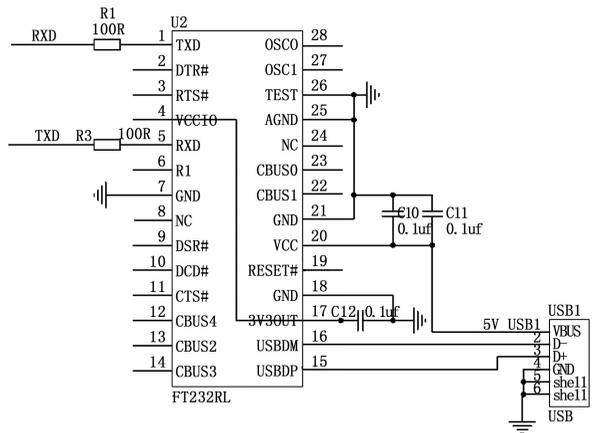


图 2 基于 AT89S52 的控制器结构框图

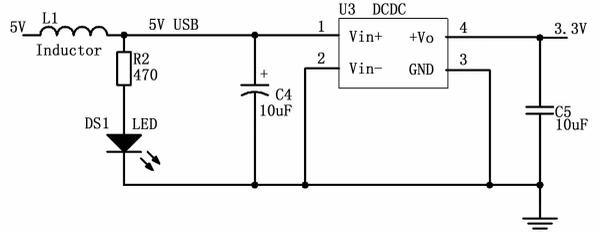
图 2 所示的控制器电路方案框图,设计的座椅控制器电路板主要原理图如图 3 所示。为了便于控制电路板在系统中



(a) AT89S52 最小系统及 ISP 下载电路



(b) USB 转串口电路



(c) 供电电路

图 3 基于 AT89S52 的控制器电路原理图

集成, 使用的 AT89S52 芯片选用 TQFP 贴片式封装, USB 转串口电路使用 FT232RL 芯片进行设计。控制电路板单片机的 5 V 供电由连接到电脑的 USB 线提供。

3 系统软件设计

设计的座椅运动控制系统中软件设计主要包括运行在上位机的座椅运动控制软件和运行在 AT89S52 座椅控制器中的程序。座椅运动控制软件主要功能是将手柄按键动作或软件上按键动作转换为控制命令并发送给座椅控制器。座椅控制器中程序主要功能是接收上位机控制软件发送的命令, 与座椅电机驱动器通讯, 进而控制电机的运动。

3.1 上位机控制软件设计

设计的上位机座椅运动控制软件流程图如图 4 所示。使用座椅运动控制软件控制座椅运动前, 首先需要将控制手柄连接好, 同时设置好与座椅控制器匹配的串口号和波特率。为了满足设计的座椅运动控制系统对系统调试、测试和交互应用的需求, 控制软件设计有“手柄模式”和“鼠标模式”双工作模式, 可以根据需要选择工作模式。在“手柄模式”下, 软件中集成的手柄按键读取功能模块可以实时地获取使用的手柄上的按键或摇杆数据, 并将数据转换为座椅运动控制命令, 经串口通讯发送至座椅运动控制器。在“鼠标模式”下, 通过控制鼠标点击软件上的功能按钮, 向座椅运动控制器发送运动控制命令。

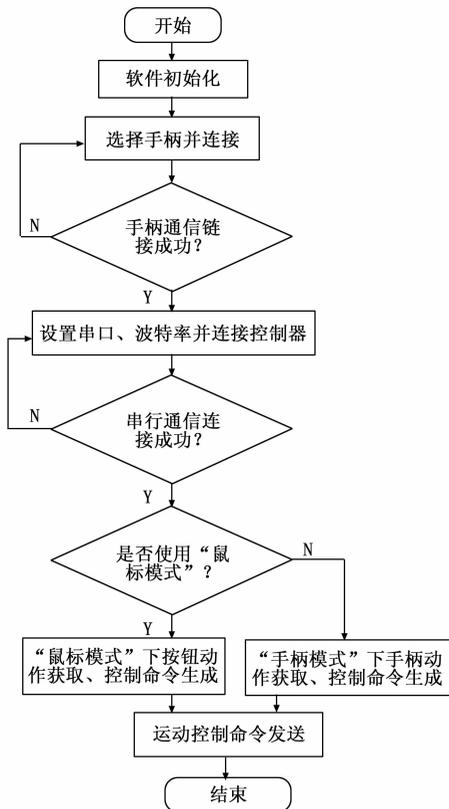


图 4 座椅运动控制软件流程图

座椅运动控制软件中“手柄模式”是研制的座椅运动控制系统进行人机交互的重要内容, 其中软件中集成的手柄动

作获取功能模块程序是关键, 利用该模块程序可以实现对通用手柄、赛车手柄和飞行手柄 3 大类手柄的按键动作获取。基于 VB.net 设计的手柄动作获取功能程序是利用 Windows 多媒体应用程序接口 winmm.dll 来实现的, 基于图 4 所示座椅运动控制软件流程图, 使用 VB.net 设计实现的软件如图 5 所示。如表 1 中所示的是该软件对 VINYSON U909 通用电脑游戏手柄的主要按键动作获取数据。手柄实物如图 5 (b) 所示, 手柄上共有 10 个主要按键, 两个人性化设计的多项控制摇杆和一个组合的四向键。其中两个摇杆和对应按键的选择和使用可通过手柄上 Mode 键进行切换。



(a) 鼠标模式

(b) 手柄模式

图 5 通用手柄座椅运动控制软件

表 1 通用手柄主要按键解析数据

类型	按键	下限	零位	上限	备注
四向键	左右键	0	32 511	65 535	左右键用于控制座椅转向
	模式 I 上下键	0	32 511	65 535	
	摇杆 左右键	0	32 511	65 535	
	模式 I 上下键	0	32 511	65 535	
摇杆	左右键	0	32 767	65 535	
	模式 II 上下键	0	32 767	65 535	
功能按键	键 9	256	0	256	控制座椅转动速度
	键 10	512	0	512	

在图 5 所示的座椅运动控制软件中, 图 5 (a) 为“鼠标模式”下的界面, 通过点击各功能按钮, 可实现对座椅的转动方向、转动速度等的控制, 利用控制系统中位置传感器可以使用复位按钮完成对座椅位置复位。图 5 (b) 为“手柄模式”下界面, 当操作手柄的按键或摇杆时, 文本框中会显示座椅动作状态。

3.2 座椅控制器程序设计

基于 AT89S52 设计实现的座椅运动控制器程序流程图如图 6 所示。首先对串口中断和复位中断进行设置, 然后设置与上位机一致的串口波特率。在串口中断中实时监测和接收上位机座椅控制软件发送来的控制命令, 首先判断接收到的命令是否是复位命令: 如果是复位命令, 则启动连接到控制器的复位传感器并控制座椅进行持续的逆时针转动, 当座椅上的金属片被复位传感器检测到时会产生复位信号, 并触发复位中断, 此时控制座椅停止转动, 完成座椅位置的复位; 当收到的控制命令不是复位命令时, 程

序会对命令进行解析并判断命令的类型，进而对应不同命令控制座椅进行转动方向、转动速度等的控制。

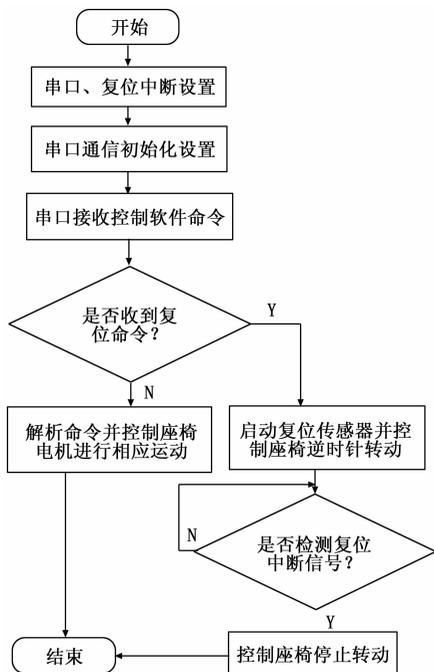


图 6 座椅控制器程序流程图

4 系统构建与实验

为了验证研制的座椅运动控制系统对座椅进行运动控制的可行性和有效性，基于研制的座椅运动控制软件和座椅运动控制器构建了运动控制测试实验装置，并分别进行了游戏场景下座椅同步控制实验和 VR 影像下的遥控车与座椅同步控制实验。

4.1 游戏场景下座椅同步控制实验

本实验的目的是验证研制的上位机控制软件对座椅运动控制的可行性。构建的游戏场景下座椅同步控制测试装置如图 7 所示。构建的系统使用手柄是 VINYSON U909 双震动电脑游戏手柄。使用 F-86BYG1885 的 86 步进电机，并配上减速比为 1:5 的 RV040 蜗轮蜗杆减速箱实现座椅转动输出，并且在减速齿轮箱上放置了一个模拟座椅，来观察座椅的运动状态。座椅运动控制器使用金属外壳进行了封装，一端通过 USB 线连接至电脑，另外两根线分别连接至 F-MD860H 电机驱动器和 LJ12A3-4-Z/BX 接近开关复位传感器，控制器的电源由电脑 USB 端口来提供，电机及驱动器的电源使用的是 24 V 输出的明纬 MS-500W 供电电源。

实验中首先需要将各硬件模块按照图 1 所示座椅控制系统方案进行有效互联，关键步骤是座椅控制软件可以正常读取游戏手柄数据并可与座椅控制器正常通信。在如图 5 所示控制软件界面中，在“鼠标模式”下，通过鼠标点击控制界面中的功能按钮来控制模拟座椅的转动方向和转动速度，点击复位按钮，并将复位传感器靠近金属，测试座



图 7 游戏场景下座椅同步控制实验装置

椅复位可行性。在“手柄模式”下，打开赛车游戏，操作手柄上的按键和摇杆同步控制游戏中的赛车转向和座椅的转动。

通过实验测试表明：在“鼠标模式”下，通过点击各功能按钮可以有效控制电机的运动状态，包括顺时针转动、逆时针转动、停止、加速和减速等；在“手柄模式”下，使用游戏手柄可以同时控制电脑上运行的游戏和座椅电机的转动，并且座椅电机转动的速度可以通过加、减速按键进行调整，以使得座椅运动速度与游戏中的汽车的转动幅度相匹配。

4.2 VR 影像下遥控车与座椅同步控制实验

为进一步验证研制的智能家居座椅控制系统在转椅转动控制中的有效性，同时扩展其在具体体娱座椅中功能应用，本实验在原来上位机控制软件中增加了对遥控车的遥控功能，游戏手柄除了可以控制座椅的转动，还可同时控制实际环境中遥控车的运动，并结合 VR 眼镜采集到的遥控车上实时传输的影像，实现浸入感更强的娱乐控制功能。构建的 VR 影像下的遥控车与座椅同步控制实验装置如图 8 所示。

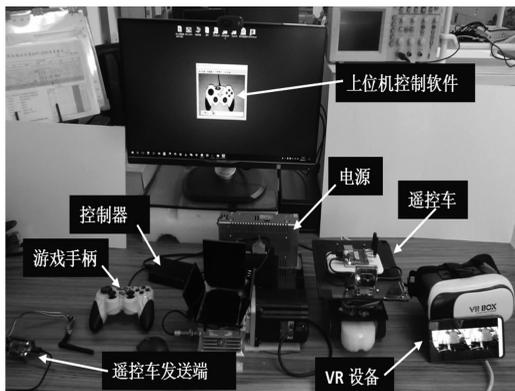


图 8 VR 影像下的遥控车与座椅同步控制实验装置

如图 8 所示实验装置中，遥控车的发送端控制器采用 STC 系列单片机模块，使用 NFR24L01 无线模块与远程遥控车进行通讯，遥控车上边载有可以实时采集车前影像的双目摄像头，摄像头采集的数据通过 WiFi 传输模块，传输

至手机上 APP 软件。由于双目摄像头采集到的数据在手机可形成双画面,在 VR 眼镜辅助下可实时看到远程遥控车前的 3D 画面。通过实验测试表明:在“手柄模式”下,上位机控制软件中增加的遥控车功能可以对遥控车的运动状态进行有效的控制,包括前后运动、左右转动、停止和加减速等;通过手柄可有效的控制模拟座椅的转动,并同时控制遥控车也相应的转动运动;遥控车上采集的双目摄像头数据可以实时的传输至手机端,并通过 VR 眼镜看到 3D 画面,具有很强的浸入感。

5 结束语

设计并实现了一套具有交互能力的智能家居座椅运动控制系统。使用 AT89S52 嵌入式芯片设计了座椅运动控制器,使用 VB.net 设计了具有“鼠标模式”和“手柄模式”的座椅运动控制软件。构建了座椅运动控制系统测试和应用实验装置,实验结果表明,该控制系统运行稳定可靠,在游戏场景下,能够实现对座椅和电脑上运行中游戏的同步控制,结合 VR 影像和对远程遥控车的控制,可实现浸入感较强的座椅同步控制应用。研究设计的运动控制系统具有较高性价比,具有较好可移植性和交互能力,满足企业对座椅转动交互运动控制需求,在智能家居及其他控制应用中具有实际参考和应用价值。

参考文献:

- [1] 童晓渝,房秉毅,张云勇. 物联网智能家居发展分析 [J]. 移动通信, 2010, 34 (9): 16-20.
- [2] 梁景裕. 让手机变成 PSP 四款手机专用游戏手柄全方位对比 [J]. 消费电子, 2014, 12 (13): 63-66.
- [3] 彭紫薇. 基于人因工程学的游戏手柄研究 [J]. 现代制造技术与装备, 2017, 53 (9): 58-60.
- [4] 刘洋,肖南峰. 基于视频反馈和实时仿真的机器人远程控制系统 [J]. 计算机工程与设计, 2020, 31 (12): 2842-2845.
- [5] 许俊伟. 物尽其用游戏手柄变身多功能控制器 [J]. 电脑爱好者, 2011, 19 (7): 100-101.
- [6] 郭建伟. 另辟蹊径,游戏手柄的妙用 [J]. 电脑知识与技术(经验技巧), 2018, 25 (3): 95-96.
- [7] 曹恒林. 用 JoyStick 游戏手柄控制 LED 显示屏视频处理器及专用播放软件 [J]. 现代显示, 2010, 21 (11): 46-50.
- [8] SOLANESJ. Ernesto, MUNOZ Adoifo, GRACIA Luis, et al.

Teleoperation of industrial robot manipulators based on augmented reality [J]. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2020, 111 (3): 1077-1097.

- [9] 吾买尔·吐尔逊,木合塔尔·米吉提,穆哈西,等. 基于 VB.Net 日光温室自动防风监控系统开发 [J]. 自动化技术与应用, 2017, 36 (4): 64-67.
- [10] 童中雷,严利平,崔建军,等. 基于 C Sharp 的激光位移传感器校准装置测控软件设计 [J]. 计算机测量与控制, 2018, 26 (1): 149-152.
- [11] 严婷,文欣秀,赵嘉豪,等. 基于 Python 的可视化数据分析平台设计与实现 [J]. 计算机时代, 2017, (12): 54-56.
- [12] 燕斌,张庆庆. 基于 VC++ 的钻孔深度测量仪及数据采集软件设计 [J]. 工业仪表与自动化装置, 2017, 47 (3): 28-31.
- [13] 肖清泉,顾竟成. 面向智能家居的无线语音控制系统设计 [J]. 贵州大学学报(自然科学版), 2020, 37 (4): 65-71.
- [14] 张一鸣,肖晓萍. 基于 ARM 和 WIFI 通信的智能开关控制器设计 [J]. 计算机测量与控制, 2018, 26 (8): 83-87.
- [15] 许新建,文国军,王玉丹,等. 基于 STM32 的牙医综合治疗椅控制系统设计 [J]. 电子技术应用, 2017, 43 (9): 50-52, 56.
- [16] 易艺,窦文森,莫燕兰,等. 基于 STM32 的植物补光调控系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2021, 29 (2): 63-66.
- [17] 洪杰峰,潘英锋,冷毅,等. 基于 51 单片机的边界扫描控制器的设计与实现 [J]. 计算机测量与控制, 2014, 22 (10): 3088-3094.
- [18] 罗昱开. 基于 AT89C52 单片机的智能家居系统设计 [J]. 电子设计工程, 2019, 27 (3): 71-75.
- [19] XIAO M H, YANG Y C, BARTOS PETR, et al. The design of a dynamic temperature field measurement system in cvt gearbox tractor [J]. International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics, 2019, 2 (6): 68-73.
- [20] 陈立奇. 基于单片机的嵌入式多电机智能控制系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2020, 28 (5): 117-122.
- [21] 张屹,刘成恒,胡盘,等. 基于 STC8 单片机的净水车控制系统的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2020, 28 (7): 102-106.
- [22] 赵洋洋,陈国维,郭震邦,等. 一种基于 Arduino 的智能家居安防系统设计 [J]. 中国科技信息, 2020, (5): 98-99.
- [23] 杨立英. 基于 Arduino 单片机的太阳能智能充电控制器监测系统的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2019, 27 (8): 99-103.

(上接第 130 页)

- [3] 赵彦,许常青,邓小龙,等. 基于 OneNet 云平台的智慧平安校园远程监控系统 [J]. 电讯技术, 2018, 58 (9): 119-123.
- [4] 李祥和. 基于物联网技术的智慧路灯管理系统设计 [J]. 自动化与仪器仪表, 2018 (7): 113-116.
- [5] 侯敏,刘倩,杨华勇,等. 基于 MQTT 协议的海洋观测数据推送系统 [J]. 计算机工程与应用, 2019, 55 (20): 227-231.
- [6] 余建波,宗卫周,王涛,等. 城市智慧照明控制系统研究与实现 [J]. 计算机工程与设计, 2018, 39 (3): 836-841.

- [7] 王娜,郑书雅,李龙倜,等. 互联网+PICC 延续性护理运行模式构建与实践 [J]. 湖北医药学院学报, 2019, 38 (5): 504-507.
- [8] 陈磊,李志军,王飞,等. 基于光伏检测的节电教室电源智能控制研究 [J]. 现代电子技术, 2018, 41 (14): 114-1171.
- [9] 陈芳. 基于人工智能的智慧教室平台设计与实现 [J]. 现代电子技术, 2019, 42 (9): 191-194.
- [10] 卢阿丽,顾德林,张剑书,等. 基于 MQTT 和 ILZ4 压缩法的智慧能源云平台 [J]. 控制工程, 2020, 27 (1): 176-183.