

基于 STM32 的机器人控制系统的设计¹

许聚武^{1a} 熊远生² 张敏^{1b}

- (1. 嘉兴学院:a. 信息科学与工程学院, b. 数据科学学院;
2. 嘉兴南湖学院机电工程学院, 浙江嘉兴 314001)

【摘要】:针对大学生机器人竞赛和本科实验教学的需要,设计了一种基于 STM32 的机器人控制系统.该系统由 STM32 主控芯片、步进电机驱动电路、舵机驱动电路、DC/DC 电路、线性 CCD、OPENMV 等模块组成,具有接口丰富、设计灵活、资源充足等特点.采用该系统进行综合实验,可以加深学生对机器人控制系统的认识和理解,有效地提高学生的实践能力.

【关键词】词:自制设备;机器人系统;控制板;开发

中图分类号:TP24 文献标志码:A 文章编号:1671-3079(2022)06-0099-06

DOI:10.3969/j.issn.1671-3079.2022.06.014

浙江省大学生机器人竞赛是培养和提高大学生多学科专业知识交叉、知行合一、创新创业创造和团队协作能力的一项综合性学科竞赛活动,^[1,2,3,4]嘉兴学院一直十分重视并鼓励学生积极参加.从浙江省“中控杯”机器人竞赛暨浙江省高校机器人邀请赛开始,学校就专门开辟了相关实验室,配备了常用的仪器设备,学生的学习积极性和参赛热情持续高涨,目前已成功完成五届比赛并取得了较好的成绩.

浙江省大学生机器人竞赛主要包括机械结构设计、电路设计和软件设计.^[5,6,7,8]目前,硬件控制板主要是通过网购,因而产生了诸多问题:控制板功能不全、没有相应的外部驱动电路或保护电路价格较贵、体积过大、安装困难等等.^[9,10]

¹ 收稿日期:2022-07-29

基金项目:嘉兴市公益性研究计划项目(2021AY10057, 2020AY10012);嘉兴学院教学改革项目(85152037, SJZY20072307-011);嘉兴学院自制仪器项目(ZS202215)

作者简介:许聚武(1980-),男,河南南阳人,嘉兴学院信息科学与工程学院实验师,研究方向为新能源发电技术及应用等;通信作者:熊远生(1979-),男,河南新县人,嘉兴南湖学院机电工程学院副教授,博士,研究方向为光伏发电、运动控制等.

网络首发时间:2022-10-10 17:15:07

网络首发网址:<https://kns.cnki.net/kcms/detail/33.1273.Z.20221009.1020.002.html>

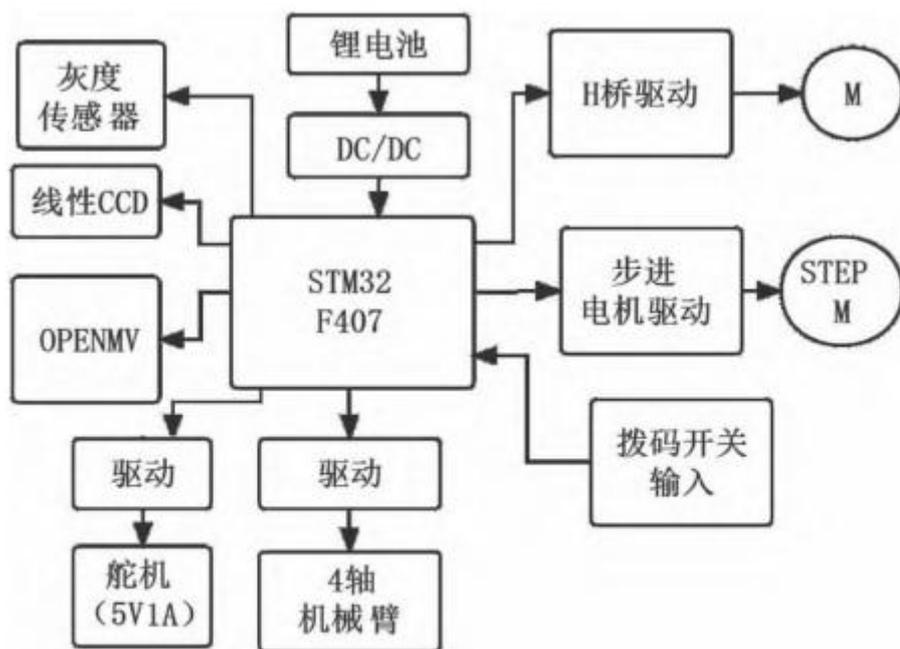


图 1 机器人控制系统通用控制板原理示意图

基于以上原因，课题组自主开发了一种基于 STM32 的机器人控制系统，不仅满足了学生参加浙江省大学生机器人竞赛的培训需要，也为教师开展课程设计、开放性实验、科研等提供了帮助。

1 系统通用控制板硬件设计

1.1 开发板的硬件结构

机器人控制系统通用控制板原理如图 1 所示，控制板采用单片机 STM32F407 为控制芯片，连接了各类驱动电路，包括 H 桥驱动、步进电机驱动、舵机驱动、机械臂驱动等，还增加了 DC/DC 电路，连接锂电池，并给整个电路板提供了 12V、5V 和 3.3V 三种类型电源供不同的驱动电路使用。除此之外，控制板还提供了可以外接传感器、线性 CCD、OPENMV 等多种接口。

1.2 通信电路设计

通信电路采用了通用的 485 通信和 232 通信，分别如图 2 和图 3 所示。

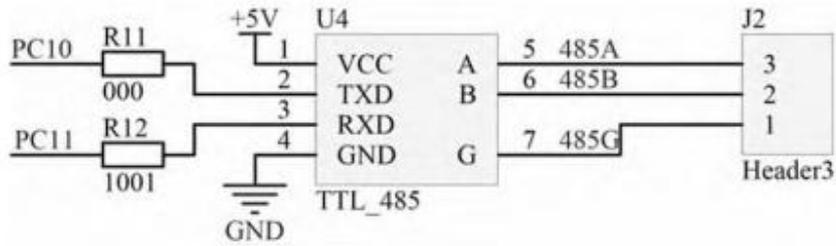


图 2 UART4-485 电路

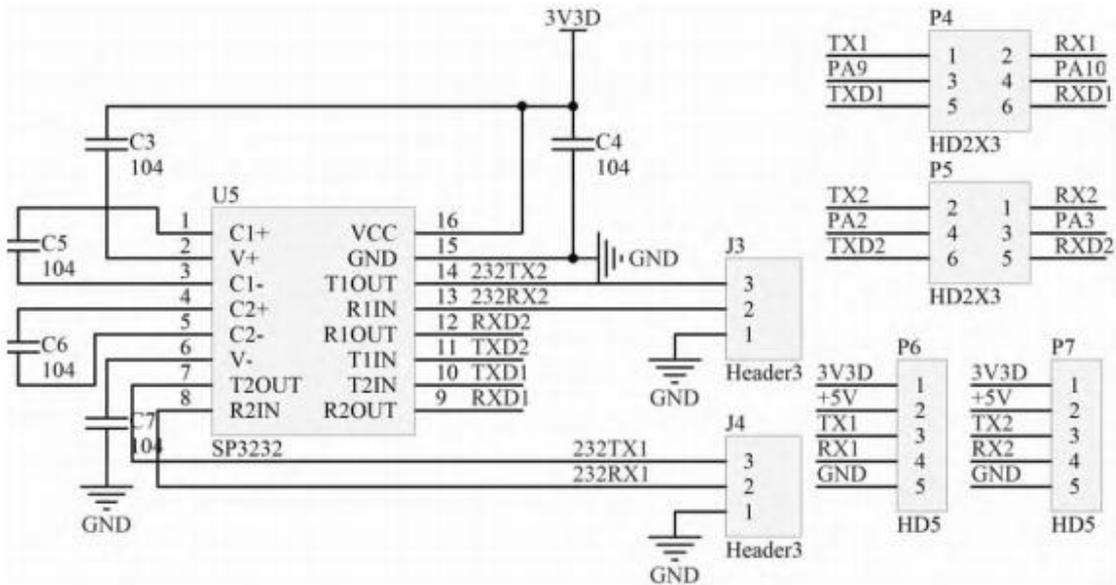


图 3 USART1(2)-232 电路

1.3 步进电机驱动电路设计

图 4 中 STM32 的 IO 口高电平输出的电压是 3.3V, 无法直接驱动机器人需要的多个步进电机, 因此需要接入多个步进电机驱动模块单独供电, 供电电压由连接的步进电机绕组电压决定, 步进电机驱动模块接口电压一般是 5V, 而 STM32 的 IO 口高电平输出的电压为 3.3V, 因此, 采用 TXS0108 芯片实现 3.3V 到 5V 的电平转换.

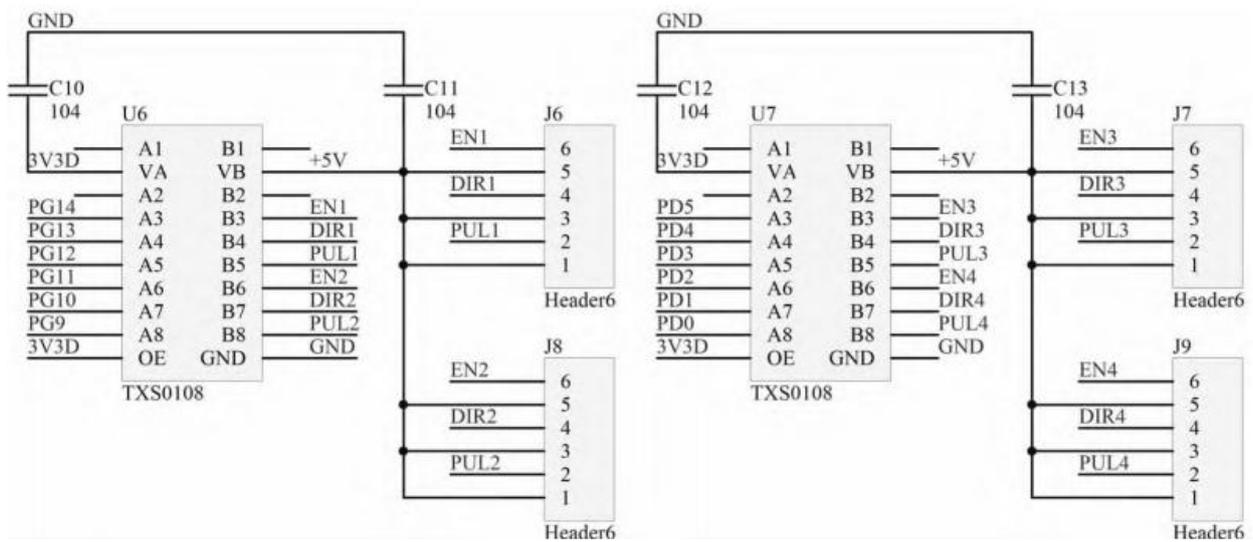


图 4 步进电机驱动电路

1.4 控制板原理和 PCB 设计图

图 5 是机器人控制系统的通用控制板原理图，其中控制板主控芯片主要采用 STM32F407, 控制板供电则由输入电源通过开关控制，采用 1N5822 实现防电源反接，经 2596 降压模块输出 5V 电压，再经 1117-3.3 芯片输出 3.3V 电压，5V 和 3.3V 给相应的各部分供电. 四个输入的拨码开关用于选择执行某种控制模式，按键用于直接输入，LED 通过 GPIO 控制，实现状态指示，并配置了各种接插件，方便连接步进电机驱动、电机驱动、舵机接口、串口通信等.

PCB 打板后，将自行购买的相关元器件进行焊接并调试，得到图 7 所示的机器人控制系统通用控制板。

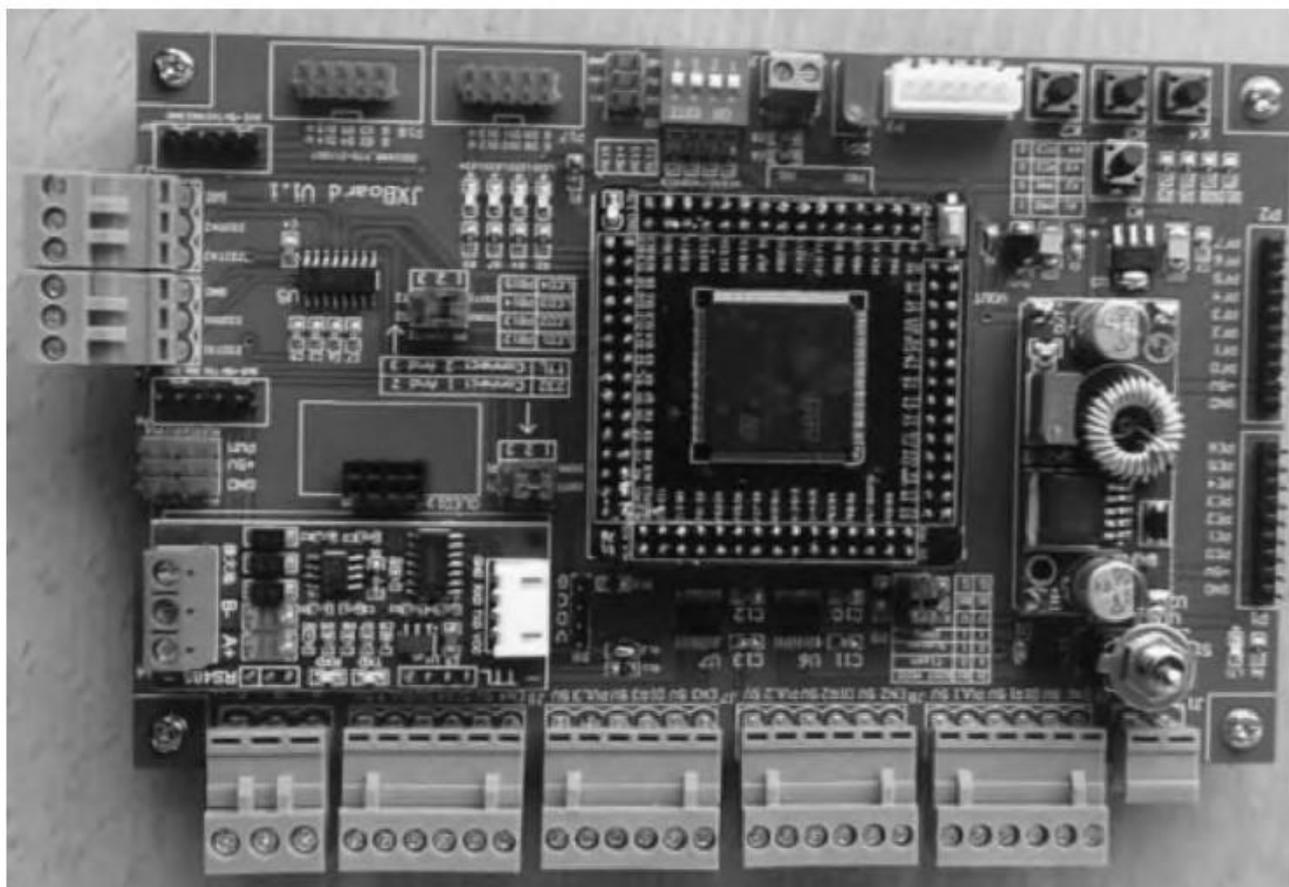


图 7 机器人系统通用控制板实物图

2 通用控制板软件设计

系统软件流程如图 8 所示。

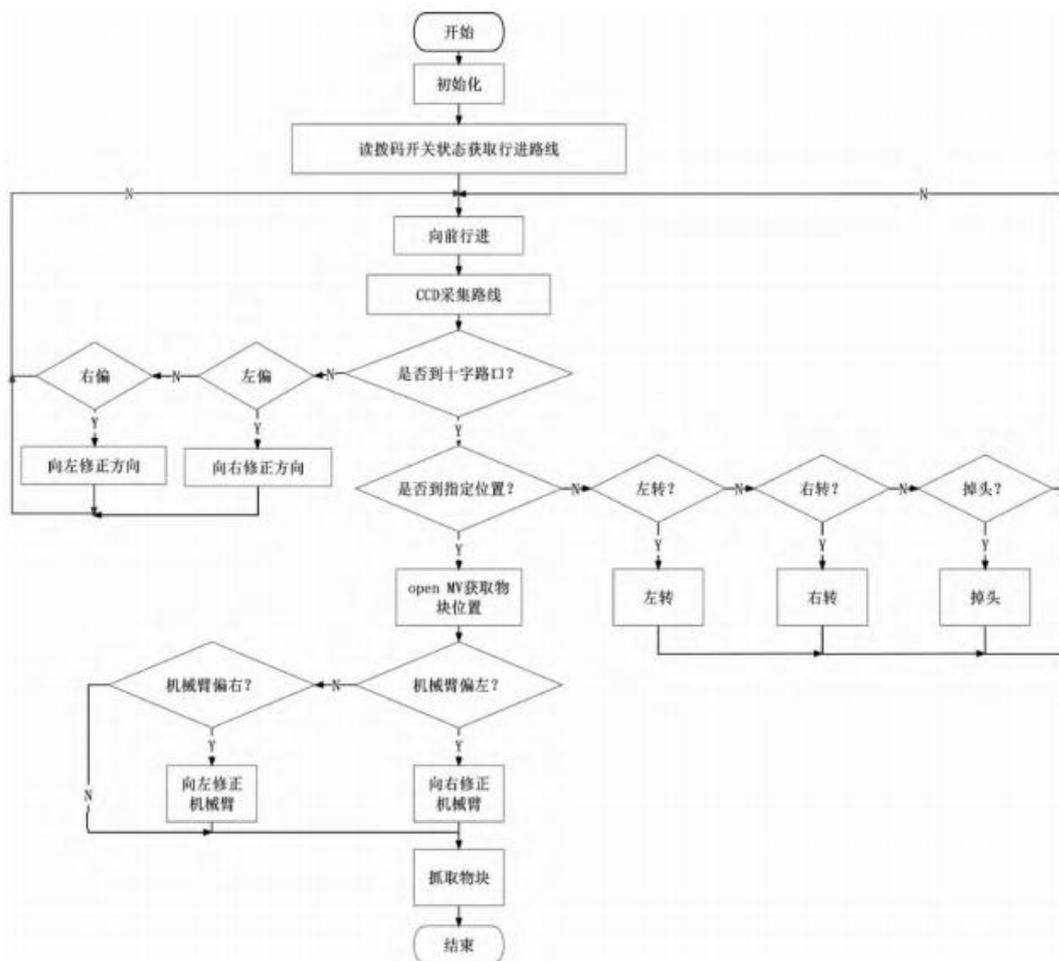


图 8 系统软件流程图

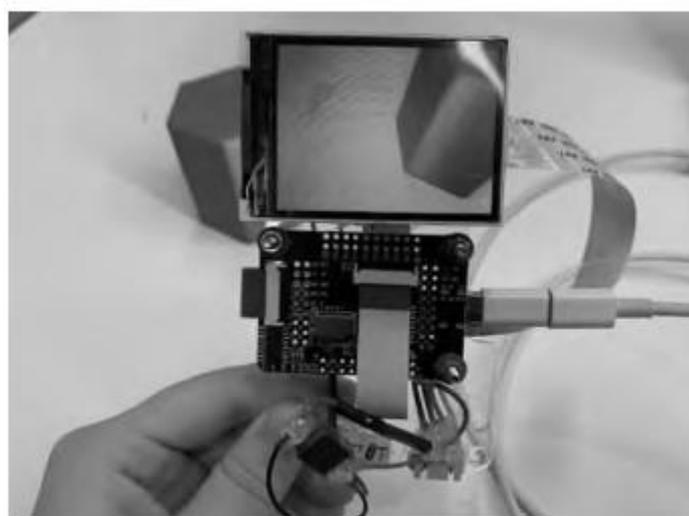


图 9 Maix 开发板及配套显示屏

3 应用实例

为了验证系统控制板的实用性，将控制板连接机器人底盘及图像处理单元和机械臂，组建了一套装配机器人控制系统。^[11]图像处理控制板和显示屏如图 9 所示，该图像处理使用了矽速科技公司开发的 Maix，这是一款搭载了 K210AI 芯片的开发平台。K210 处理器是一款 64 位双核带硬件 FPU 内核、主频 400MHz、卷积加速器、FFT 的 AI 芯片，可以兼容 TensonFlow、Keras、Darknet 深度学习框架。配合第三方 MicroPython 移植项目，可以使用 Python 在配套的 IDE 上轻松开发深度学习相关程序。

本设计所使用的视觉模块相较于 OpenMV 使用更为简单，不需要学习图像识别算法，只需在搭好的深度学习框架下有足够量的样本进行训练，即可使用。使用事先写好的程序提交模型，即可进行图像识别；另外，更换识别目标时无需修改程序，只需更换模型就可以快速更换识别目标，且其对物体的识别角度没有很高的要求，可以很高效地识别三维物体。此外，经过实验比对，Maix 系列开发板的神经网络计算速度、视觉算法等方面优于 OpenMV，且价格仅为 OpenMV 开发板的 1/3，如表 1 所示。

表 1 Maix 开发板与 OpenMV 比对

项目	Maix 系列开发板	OpenMVV4 开发板
主控芯片	K210	STM32H743
芯片内核	双核 RISC-V64bit@400MHz	ARMCortex-M732bit@400MHz
内存	8MB	1MB
Flash	16MB	2MB
神经网络算法速度	数百 GOPS 算法	数百 MOPS 算法
MicroPython 支持	支持，MaixPy 开源项目	支持，OpenMV 开源项目
价格	79~239 元	499 元

经过调试的装配机器人定位准确，循迹功能正常；视觉模块识别灵敏，算力较强，能够识别多种形状的柱体，准确率高达 90%；机械臂活动平顺，抓取和装配零件时都较为灵活，能做到近似线性的垂直运动。该机器人经测试，整体效果比较理想，达到了初期的设定目标。

4 通用控制板性能指标

4.1 接口丰富

板子提供十多种标准接口，可以方便地进行各种外设的实验和开发。

4.2 设计灵活

板上很多资源都可以灵活配置，以满足不同条件下的需求。

4.3 资源充足

主芯片采用自带 1M 字节的 FLASH, 配合机器人控制所需的各种接口, 满足各种应用需求.

4.4 人性化设计

各个接口都用丝印标注, 并用方框框出, 使用起来一目了然; 部分常用接口采用大丝印标出, 方便查找.

教学仪器在高校教学中的重要作用不言而喻, 而自制教学设备则是教学仪器设备在研制和改进上的生命源,^[12, 13, 14, 15, 16]本文自主开发的机器人控制系统对于满足实验教学需要、推动实验教学改革、提高实验室技术水平、节省经费开支等方面均大有益处.

5 结语

在对浙江省大学生机器人竞赛参赛学生的培训过程中, 开发了一种基于 STM32 的机器人控制系统, 在硬件设计和软件设计的基础上, 组建了一套装配机器人控制系统, 经测试, 循迹、识别和抓取效果都比较理想. 该机器人控制系统与学生竞赛、教师教学科研密切结合, 有助于提高学生的创新动手能力, 促进和教师科研团队的协作. 通过仪器设备的自主研发, 实现了理论教学与实验教学、实践创新与科研之间的相互融合, 极大地提升了教学效果, 推动了实验教学的改革.

参考文献

- [1] 董翠敏, 刘永强. 以机器人教育为平台培养大学生创新意识和能力[J]. 实验室研究与探索, 2011(9):257-258, 334.
- [2] 陈巍. 基于机器人竞赛的大学生创新能力的培养模式[J]. 实验室研究与探索, 2012(7):297-300.
- [3] 马东梅, 廖波, 何忠蛟, 等. 基于学科竞赛的大学生创新能力培养研究与实践——以机器人竞赛为例[J]. 人才培养与教学改革——浙江工商大学教学改革论文集, 2017(00):200-203.
- [4] 刘春霞. 基于机器人竞赛的大学生创新能力培养[J]. 中国科技投资, 2020(12):68-69.
- [5] 张永锐. 对抗机器人设计及控制系统的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2007.
- [6] 贺龙豹. 竞赛用搬运机器人的设计与实现[D]. 南京: 南京财经大学, 2013.
- [7] 郑增辉, 刘聪, 刘艳. 基于 Arduino 的运输对抗机器人设计与实现[J]. 制造业自动化, 2017(11):31-34.
- [8] 方弄玉, 林自斌, 余佳垦, 等. 一种带铲电动六轮游戏机器人设计与实现[J]. 广东轻工职业技术学院学报, 2017, 16(4):6-9, 15.
- [9] 曾斌. SR 机器人控制系统的研制[D]. 长沙: 中南大学, 2004.
- [10] 杨芳. 基于 ROS 移动机器人底盘设计与实现[D]. 长沙: 湖南大学, 2019.
- [11] 刘亚丰, 杨祥良, 赵元弟, 等. 走自制实验设备之路凸显学科专业特色[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(2):201-203.

-
- [12] 严家德, 王成刚, 安俊琳. 以仪器自制为抓手促进实践教学改革[J]. 教育教学论坛, 2016(33):80-81.
- [13] 吕唯唯, 李忠新, 宫琳, 等. 便携式直线度测量实验台研制与教学应用[J]. 实验技术与管理, 2020, 37(12):118-120.
- [14] 尹勇. 自装工业机器人实验台在教学中的意义探索[J]. 产业与科技论坛, 2017, 16(20):146-147.
- [15] 高玄怡, 叶勤, 马玲. 自制仪器在电工强电实验课中的使用[J]. 实验技术与管理, 2017, 34(9):82-84, 89.
- [16] 荆晶, 刘艳. 自制仪器设备在高校实践教学中的作用[J]. 广东化工, 2021, 48(15):271-272.