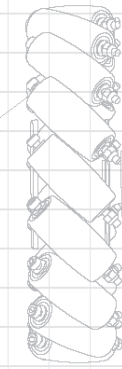




Using a BL-HS motor driver module and Field-Oriented Control (FOC), the RoboMaster G30 Brushless DC Motor Speed Controller enables precise control over motor speed.



Exclusively designed for the RoboMaster G30 Brushless DC Motor, the G30 Brushless DC Motor Speed Controller, the G30 Assembly Kit includes several cables and a terminal board.

RoboMaster Reference System Specification Manual, RoboMaster Reference System User Manual, Introduction of Reference System Module

The M3099 Assembly Kit includes several cables and a terminal board, enabling a complete precision motor drive by four independent systems.

ROBOMASTER

机甲大师超级对抗赛

技术方案

华东理工大学 起源 Origin 编制

2024年06月 发布

前言

本文档由华东理工大学起源 Origin 编制，适用于 RoboMaster 2024 机甲大师超级对抗赛。主要撰写人员包括：

| 模块 | 撰写人员 1 | 撰写人员 2 |
|----|--------|--------|
| 机械 | 王宇涵 | 孙植俊 |
| 硬件 | 孙植俊 | 王宇涵 |
| 软件 | 孙植俊 | |
| 算法 | | |
| 其他 | | |

本次开源自定义控制器演示视频

<https://www.bilibili.com/video/BV14HgfeFEut/>

目录

| | |
|-------------------------|---|
| 前言..... | 2 |
| 1. 概述..... | 4 |
| 1.1 背景与目标..... | 4 |
| 1.2 其它学校自定义控制器分析综述..... | 4 |
| 1.3 自定义控制器制作成本..... | 4 |
| 1.4 设计方案..... | 5 |
| 1.4.1 机械结构设计..... | 5 |
| 1.4.2 硬件设计..... | 6 |
| 1.4.3 软件设计..... | 7 |
| 1.5 团队成员贡献..... | 7 |
| 1.6 参考文献..... | 8 |
| 1.7 技术方案复盘..... | 8 |
| 1.7.1 赛场性能表现情况分析..... | 8 |
| 1.7.2 未来改进方向..... | 8 |
| 1.7.3 经验总结..... | 8 |

1. 概述

1.1 背景与目标

2024 赛季超级对抗赛中，对于工程机器人的性能要求，特别是兑矿环节的效率 and 完成度提出了较高的要求，23 赛季中的 5 级矿在今年降级为 4 级矿，而新的 5 级矿 yaw 角超过 90°，在兑矿过程中兑换槽入口面不可见；同时新规则对于兑矿时间也提出了较高的要求，在开始兑矿 15s 后会逐步损失经济。因此，为了提高兑矿效率，保证团队不打“低保局”，工程机器人自定义控制器的研发在 24 赛季中是必不可少的。

在机械设计方面，起源战队 24 赛季的工程机器人为龙门架构型，前端带一个 4 自由度的小臂（常规三轴+矿石旋转），自定义控制器控制其中 yaw&roll&pitch 三轴，目标是稳兑 4 级矿，能兑 5 级矿，自定义控制器的研发也基于此目标。在战队经费紧张且研发人手不足的背景，本次开源的自定义控制器拥有**低成本、原理简单、可维护性高等特点**。

1.2 其它学校自定义控制器分析综述

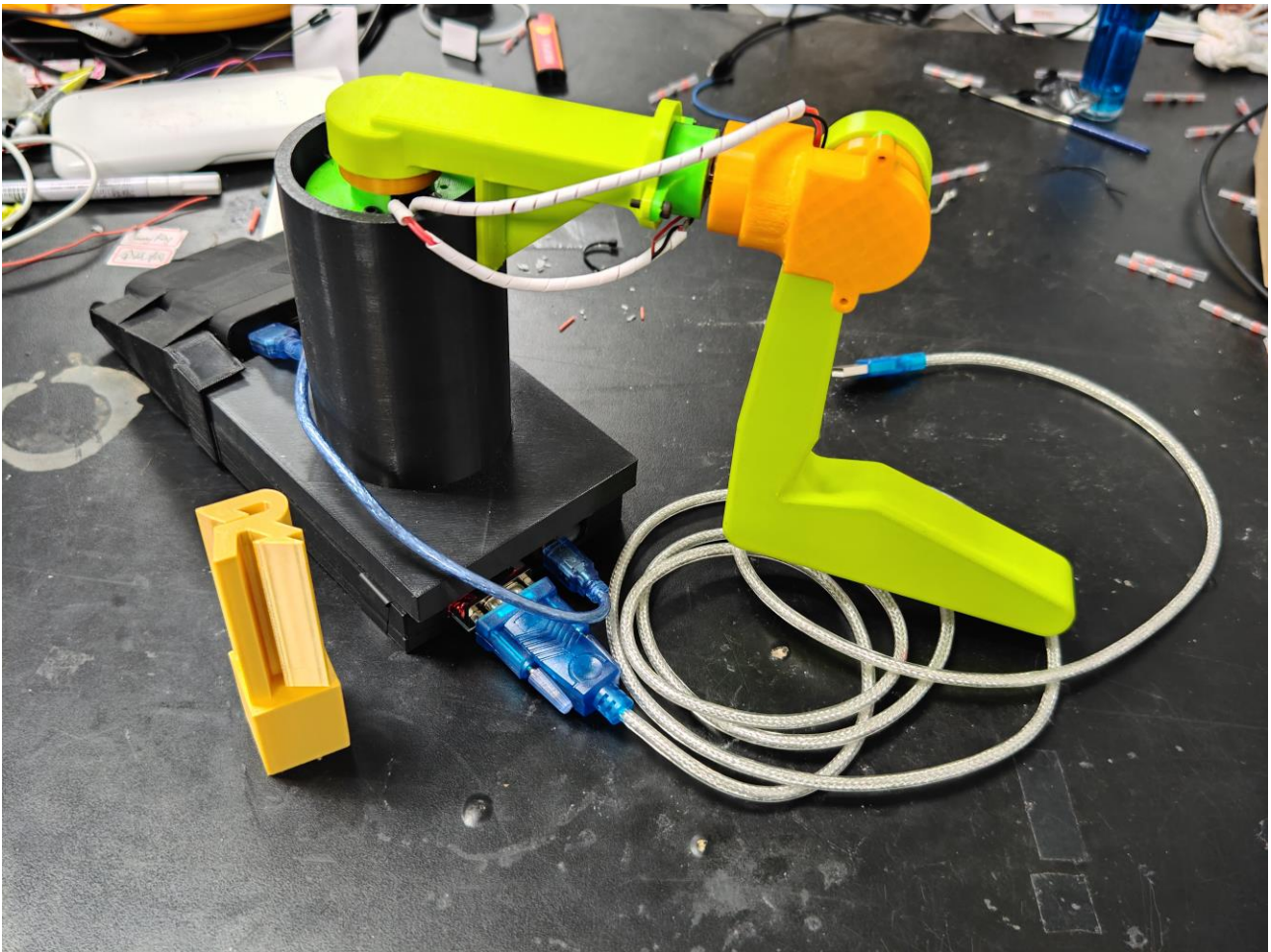
2023 赛季，南京航空航天大学长空御风战队开源了一版工程自定义控制器，基于 T265 跟踪摄像头获取位置信息，在树莓派上运行 realsense 驱动和 IO 电平检测，获得按钮状态和 T265 的位姿。演示视频 <https://www.bilibili.com/video/BV1bQ4y157dQ/>，根据其演示视频，该自定义控制器完成度较高，可较为完美地完成操作手动作映射，但是成本较高，T265 单个的成本在 2 千元以上，超出起源战队研发预算。

2024 赛季，福建师范大学 Pikachu 战队开源了一版工程自定义控制器，基于电位器获取机械臂各个轴的角度信息，与我们本次开源的设计思路相近，且为示教型（按一定比例复刻实车机械臂）自定义控制器，操作映射清晰直观。演示视频 <https://www.bilibili.com/video/BV1EF4m177H1/>，根据其演示视频，该自定义控制器完成度较高，示教型自定义控制器可直观映射操作手动作，避免了机械臂解算带来的电控难度，但是其机械结构较为复杂，且主控板使用自制控制板，通用性不高，对于人力资源不足的队伍维护难度较大。

1.3 自定义控制器制作成本

| 名称（数量） | （单价*数量）价格 |
|-----------------|--------------|
| Arduino Uno 开发板 | 20 |
| 电位器（*3） | （12.8*3）38.4 |
| TTL 转 RS232 | 3.6 |
| 打印件、线材、包线管等耗材 | 10 |
| 总成本 | 72 |

1.4 设计方案



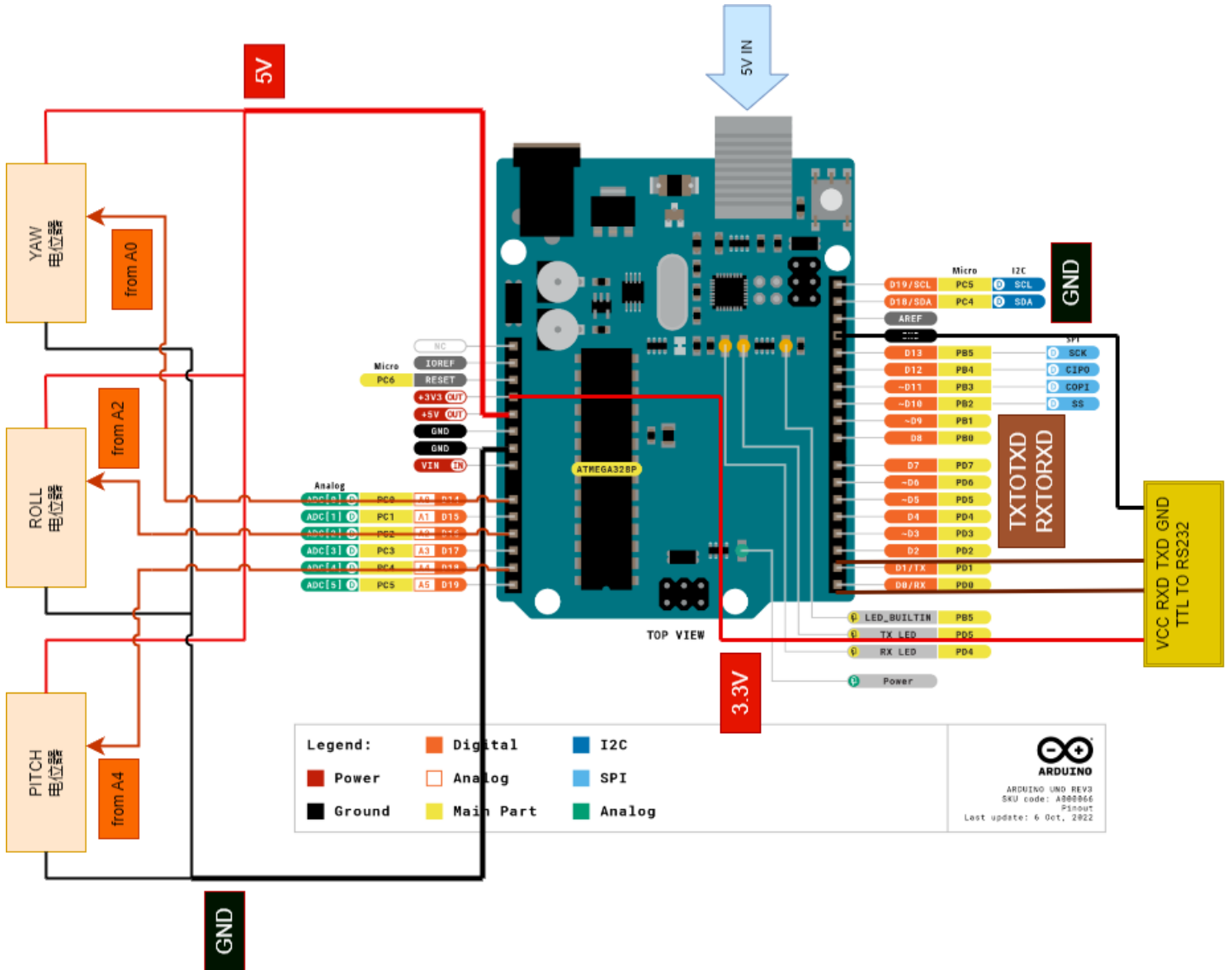
最终上场版本自定义控制器

1.4.1 机械结构设计

1. 整体机械结构较为简单，大致结构与工程机器人的小三轴机械臂一致，共有三个自由度，串联结构，旋转结构由电位器充当，结构简单强度较高，重量轻。
2. 主要结构零件均采用 fdm 3d 打印工艺，材料为 petg，层高 0.2mm，填充度 20%。各部分连接方式采用螺丝连接和胶接，生产速度快，成本低，结构简单不易出现故障。
3. 传感器设置在自定义控制器的关节连接处，采用 270 度电位器获取角度数据，同时电位器本身充当关节处的连接件。
4. 打印工艺强度远高于实际载荷，无需受力分析工艺选择。
5. 使用 Arduino Uno，固定于底座部分，内部填充热熔胶防止接口脱出，线材直接焊接于电位器和开发板上，穿过黑色打印件预留开口，使用缠线管进行保护。
6. 电位器选型 <https://m.tb.cn/h.g5Udt6C?tk=nlV5WBSrW8G ZH4920>

1.4.2 硬件设计

1. 接线图



2. 连线方式

使用 3 个电位器分别对应小臂的 YAW、ROLL、PITCH 三轴。接线使用焊锡管一分三（5V/GND），其他接线使用烙铁焊接，电位器两端为 GND 和 5V，中间端子接模拟输入（ANALOG IN）口，注意 ARDUINO 连接 TTL TO RS232 模块时，TX 连 TX，RX 连 RX。自定义控制器供电使用充电宝，需支持小电流模式。

TTL TO RS232 模块及 RS232 TO USB 连接线选型参考上海大学 SRM 战队 2023 赛季开源，注意连接线为链接内带芯片款，2m 长度价格 39 元（2024 年 5 月价格），使用链接内无芯片的连接线，客户端无法读到控制器。一旦插上可用的连接线，操作手端（仅测试 V10 版本）内自定义控制器指示灯就会转为绿色。

焊接可靠性较高，仅在分区赛最后一场比赛中 ROLL 轴电位器焊接处断裂，现场及时补焊（PD 充电宝 + 电烙铁），在 3 分钟准备时间内完成维修。

1.4.3 软件设计

1. 运行流程

上电：取初始若干次的读数值，取平均，作为默认 OFFSET 值（上电时校准）

循环：定义数据结构体-->读入模拟口原始数据(0~1023)-->映射到 360°(0~360)-->均值滤波-->转化为弧度制(0~3.14159)-->减去默认 OFFSET 值-->拼合数据成整包，同时计算 crc-->串口发布

2. CRC 校验

CRC 计算代码来自例程，CRC8 算法为 MAXIM，CRC16 算法为 TMS37157。

附件内例程包含 CRC 校验计算代码，实际数据包内发送端正常计算 CRC 并发布，但是接收端并未校验。因此**不确定 CRC 校验计算的准确性**。

3. 接收端需注意：

数据缓冲区长度应当大于等于一个完整的图传链路数据包长度。（看裁判系统串口协议和自己的数据发送包）

接收时存入数据的结构体以及数据类型应与发送时的一致。在 DUBUG 模式中确认接收到的数据是自己想要的，调试无误后再进行遥控操作，以免发生超控意外。

接收的结构体定义时需为"`__packed`"，使其内存紧密排列，便于 memcpy 直接复制内存数据。

1.5 团队成员贡献

贡献度的标准由团队自行确定，与机器人最终效果和质量整体成正相关即可。

| 姓名 | 基本信息 (专业、年级、队内角色) | 主要负责工作内容描述 (自定义控制器部分) | 贡献度 (所有成员贡献度合计为 100%) |
|-----|----------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| 王宇涵 | 机械设计制造及其自动化、大三、 工程机械负责人 | 负责自定义控制器的结构设计、电 位器选型及装配 | 45% |
| 孙植俊 | 电气工程及其自动化、大二、电 控、硬件 | 负责自定义控制器电路搭建，发送 端嵌入式开发，数据处理及发送 | 45% |
| 吴艺玮 | 机器人工程、大三、电控组长 | 负责接收端的嵌入式开发 | 10% |

1.6 参考文献

1. 【RM2023-自定义控制器图传链路通信开源】 上海大学-SRM 战队

<https://bbs.robomaster.com/forum.php?mod=viewthread&tid=22907&fromuid=87601>

1.7 技术方案复盘

回顾本赛季技术方案，结合赛场实际的发挥表现，分析评估本赛季技术方案是否达到预期的效果。

1.7.1 赛场性能表现情况分析

自定义控制器的预期效果是能够快速完成预兑矿动作，并且准确兑矿。实际使用时，完成预兑矿动作效果良好，但完成准确兑矿方面与预期有差距。本赛季比赛中工程机器人表现较好，经济兑换能力还看得过去。

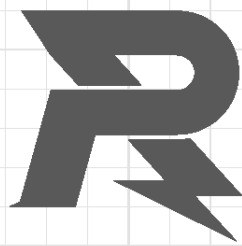
自定义控制器可以很好的将自身动作映射至工程机器人，延迟在可接受范围之内（主要延迟由滤波和图传延时两部分组成，滤波延时有优化空间），因此可以快速完成预兑矿，但由于没有力反馈和力保持能力，无反馈信息无法准确做出微调判断，因此在准确兑矿方面表现较差。

1.7.2 未来改进方向

工程机器人自定义控制器所有方案中，最适合本队情况的为施教式，如果能够增加力反馈和力保持功能将最大发挥工程机器人的性能优势。例程代码堆屎情况较为严重，最严重的是滤波部分，可以考虑优化。

1.7.3 经验总结

本赛季自定义控制器投入了较少的研发资源和制作成本，研发周期约为 1 周，研发团队两人（王宇涵、孙植俊），单机制作成本 100 元不到，但是在赛场上取得了较好的赛场表现，取得了东部赛区工程场均兑矿排名第八的成绩，是起源战队 24 赛季“花小钱办大事”的又一体现。作为一支在技术、经验和资金上毫无沉淀的新战队，起源战队致力于在研发设计方面利用巧思，以较低的开发成本与学习成本追求稳定可靠的赛场表现，在此基础上逐步迭代，追赶强队的技术底蕴。



邮箱: robomaster@dji.com

论坛: <http://bbs.robomaster.com>

官网: <http://www.robomaster.com>

电话: 0755-36383255 (周一至周五10:30-19:30)

地址: 广东省深圳市南山区西丽街道仙茶路与兴科路交叉口大疆天空之城T2 22F