



# RoboMaster 2021 机甲大师高校联盟赛

## 山东站区域交流会

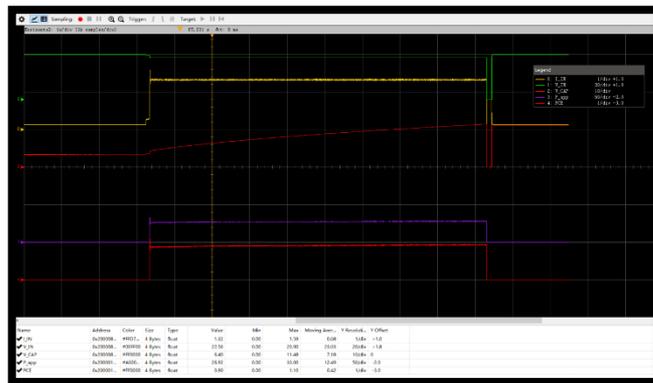
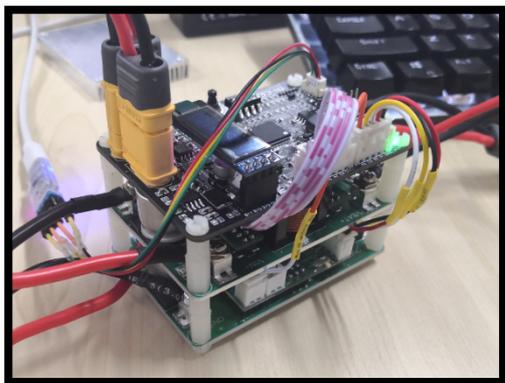




# 哈爾濱工業大學

HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

## 超级电容功率控制方案





# 目录页

CONTENTS

- 1 需求分析
- 2 硬件方案
- 3 软件方案
- 4 控制效果





1

# 需求分析



RM比赛中，裁判系统会对底盘从电池取电的功率进行测量和限制。为了实现电能使用的削峰填谷，提高底盘的短时加速性能，参赛队会在底盘上使用超级电容模块。

模块的核心功能就是控制超级电容的**恒功率充电**。

通过修改模块恒功率充电过程的功率设定值，可以实现**可控使用**裁判系统底盘缓冲能量的效果。

模块同时需要能在超级电容电压在较大范围内变化是正常完成**24V输出稳压**，对底盘电机进行供电。

模块在裁判系统关闭电源时，需要能够关闭超级电容输出。



2

# 硬件方案



## 充电控制核心

对超级电容充电过程进行控制，使用Buck-Boost升降压开关电源完成。我们选用了淘宝购买的LT3790稳流稳压开关电源模块作为大功率部分的控制器。

该模块为一个**大功率稳压电源**，并具有**有限流功能**。模块会优先保证输出电流不超过电流设定值的前提下，输出设定的电压。如果负载过重，则模块会降低输出电压，限制输出电流。

模块的**输出电流限制值可调**，使用外接模拟量信号进行控制，控制精度较为理想。



自动升降压模块 恒压恒流 LED恒流电源 电池充电0.5-15A/3-52V

价格 **¥158.00-165.00** 83 20  
累计评论 交易成功

配送 湖北武汉 至 山东威海 快速 ¥10.00

颜色分类

数量  1  件(库存456件)

花呗分期 登录后确认是否享有该服务 什么是分期购?

¥53.87x3期 (含手续费)    ¥27.51x6期 (含手续费)    ¥14.14x12期 (含手续费)

承诺  7天无理由

支付  集分宝



## 电容输出稳压

电容输出稳压仍然选用该**升降压电源模块**，可以对底盘提供稳定的电源。

## 充电控制板

充电控制板上使用STM32F103RCT6微控制器。

板内电路主要功能：

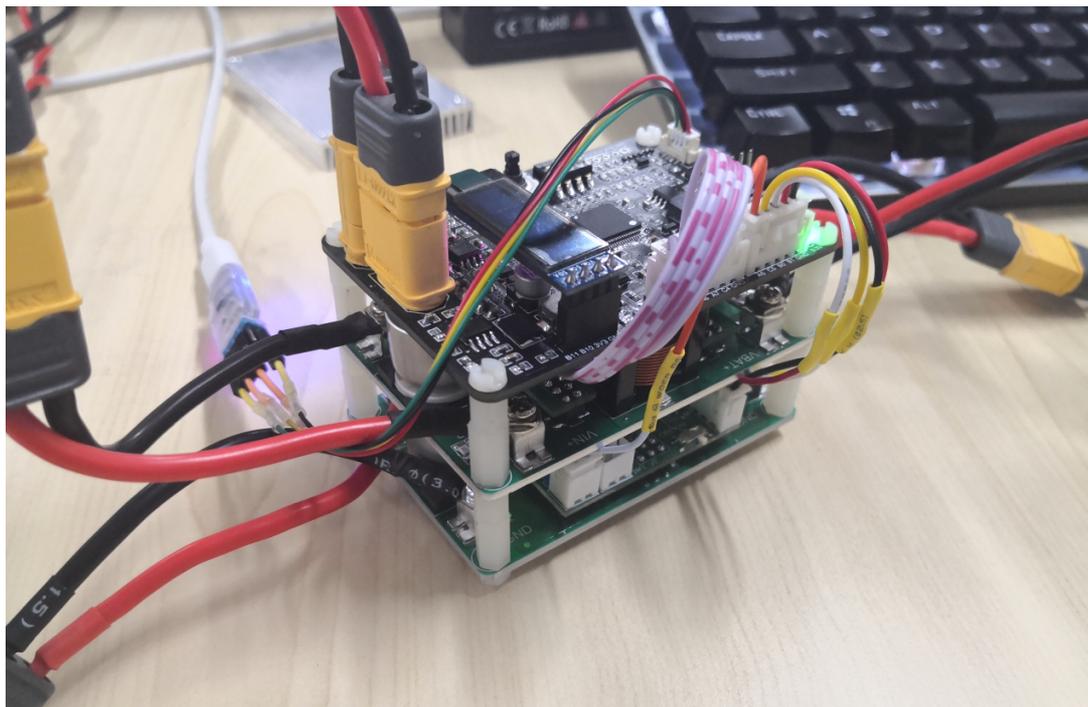
裁判系统端**输入电压电流**ADC测量

**超级电容电压**ADC测量

使用单片机DAC外设实现对升降压模块**输出限流设定值**的修改



## 硬件主体





3

# 软件方案



## 底层驱动

基本的充电控制需要完成ADC，DAC等外设驱动。

## ADC-DAC数据修正

单片机输出DAC电压以及进行ADC采集时会有一定误差。其中误差影响较大的有偏置误差和线性系数误差。

通过实际测试，可以得到设定值和实际值的对应关系，通过**一次函数拟合**，可以对DAC和ADC数据进行较为理想的修正。



## 控制器设计思路

通过单片机DAC，可以对升降压模块的输出电流，即超级电容**充电电流****进行控制**，结合超级电容的电压，就可以对超级电容的充电功率进行控制。这一步的电流闭环是升降压模块中的TL3790硬件自行完成的，稳定性很高，精度较为理想。这样我们就可以直接设定超级电容充电功率。

接下来使用**超级电容充电功率设定值**来控制整个**超级电容充电模块的总功率**。超级电容充电功率与整个超级电容控制模块从裁判系统取电的功率基本是线性关系，其中线性系数即为升降压模块的电源效率。

因此可以以**电源效率**的计算为中心，实现对整个模块从裁判系统取电的功率的定量控制。



## 控制器核心

算法启动时，需要先利用DAC对升降压模块开环设定一个较小的功率值，保持一小段时间，此时可以保证模块不超功率。此时近似认为：

$$\text{超级电容实际功率} = \text{功率设定值}$$

通过ADC可以计算出此时整个模块实际输入功率，进而测得此时升降压模块的电源效率。

由于控制频率很高，可以认为此时的电源效率与下一次控制时的电源效率近似相等。

下面对整个模块的裁判系统取电功率进行闭环控制。

这样，每一次控制过程就转化为：

已知：升降压模块电源效率、整个模块实际输入功率、整个模块输入功率的偏差量；

求：下一次控制时需要将开关电源的输出功率设定为多少？

这个问题非常简单了，不再赘述。



## 控制器分析改进

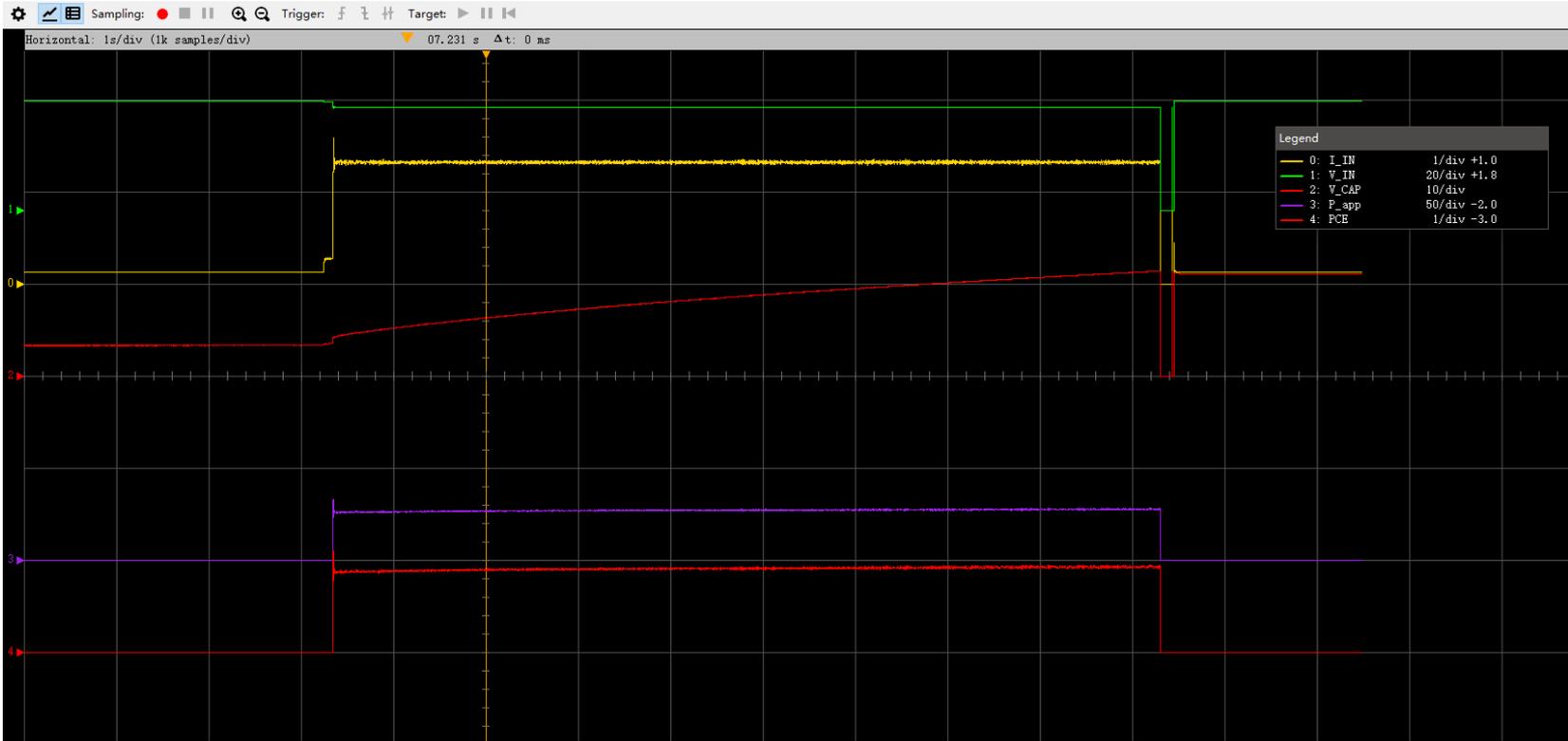
按照前面的算法进行推导，可以发现此时的控制器是PI控制器。

为了让控制器工作更稳定，我们考虑在控制中加入微分量。通过添加微分量，可以减少控制过程中的震荡和超调。

实际使用中，受到滤波误差等因素的影响，电源效率的计算值可能会变得非常离谱，使得控制发散。这里通过对电源效率计算值进行限幅，解决这种不稳定的问题。



按照上述算法，可以实现稳定的恒功率充电，功率控制误差一般不超过0.5W。





## 使用裁判系统缓冲能量

通过与裁判系统通信，我们可以得知当前裁判系统中本车的缓冲能量剩余量，通过适当超功率，可以适当利用裁判系统缓冲能量，实现功率最大化。

由于前面的功率控制非常精确，而且控制频率远大于裁判系统采样频率，这里可以使用纯P控制器，留好余量即可。



4

# 控制效果

HERO\_RM POWER 0W



GND VCC SCL SDA

BTT BTD SDA GND

5V

LED1 LED2 LED3

RESET



谢谢大家