

# NJU RM2018 电控技术方案

电控方案主要包括云台控制方案、底盘控制方案、串口通讯方案、电机驱动、自检方案、系统框架、IMU 方案、电机控制方案。

## （一）系统框架

整个电控系统主要包括三部分：驱动、参数、应用初始化，主循环，各类中断。其中主循环任务由一个 1ms 中断定时执行，用定时器中断实现。每执行 2 次 1ms 任务，执行一次 2ms 任务，每执行 5 次 1ms 任务，执行一次 5ms 任务。如此将任务分为 1ms 任务、2ms 任务、5ms 任务、10ms 任务、20ms 任务、50ms 任务。

主循环任务包括

- 1) 1ms 任务：串口通讯任务、自检任务。
- 2) 2ms 任务：IMU 计算，加速度计、陀螺仪数据读取。
- 3) 5ms 任务：底盘、云台、拨弹电机、摩擦轮电机控制任务。
- 4) 10ms 任务：磁力计读取。
- 5) 50ms 任务：LED 任务。

其中中断任务主要包括：

- 1) 遥控器串口接受中断，对遥控器数据进行解析。
- 2) 与上层串口通讯的接收中断，对上层指令进行解析。
- 3) 来自底盘、云台电机电调信息的 can 中断，对电机数据进行解析。
- 4) 来自指南针模块的 can 中断，更新来自指南针模块的 yaw 角。

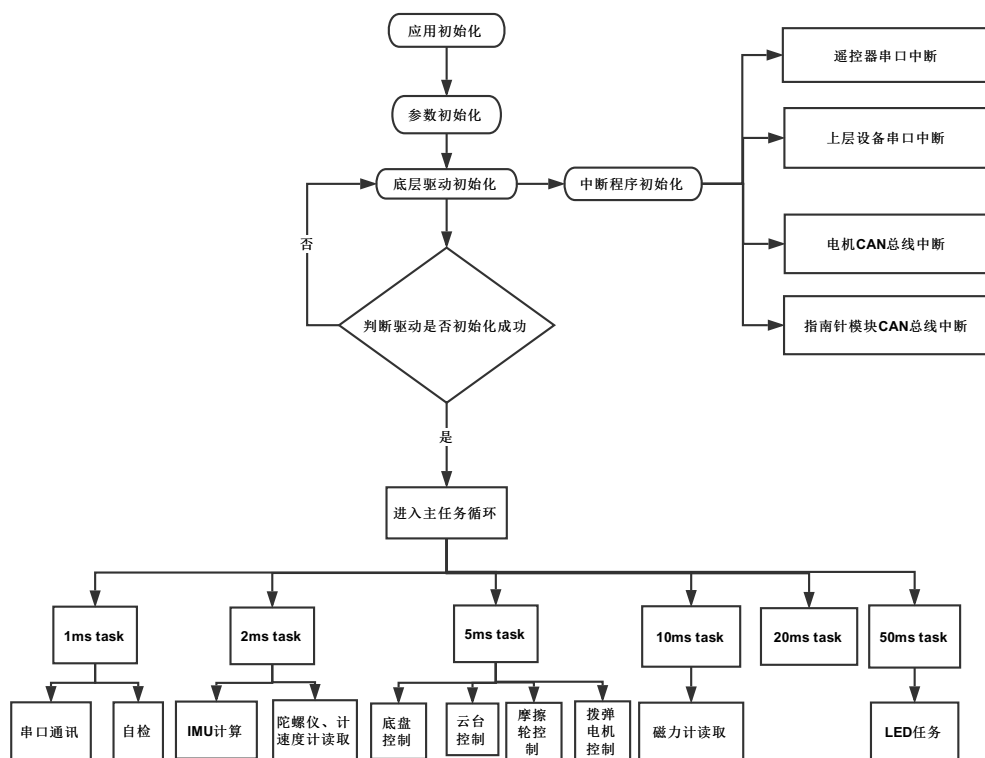


图 1 系统框架流程图

## （二）底层驱动

机器人会用到的除 GPIO 之外的驱动有：电机驱动、MPU6500 驱动、串口驱动、定时器。

- 1) 机器人上的电机主要有(1)云台电机(2)底盘电机(3)摩擦轮电机(4)拨弹电机，其中(1),(2)用 can 与电调通讯来控制电机，(3),(4)用 PWM 波去控制其转速。
- 2) MPU6500 用 SPI 驱动，并通过 MPU6500 间接控制磁力计，如系统框架部分所诉，因为磁力计更新较快，加速度计、陀螺仪更新较慢，机器人将每 2ms 读取一次加速度计、陀螺仪，每 10ms 读取一次陀螺仪。
- 3) 串口驱动用于遥控器解析和与上层通讯，除遥控器串口配置为 100000 波特率，8 数据位，1 停止位，奇校验外，其余都配置为 115200 波特率，8 数据位，1 停止位，无校验位。遥控器串口使能 DMA 接收、IDLE 中断，每次接受完一帧数据即根据数据长度判断是否用于解析。其余配置为使能 DMA 发送、RXNE 中断，每次接到一字节数据即根据进行通讯协议进行解析，需要发送数据时，只需打开 DMA 即可，节省了很多资源。
- 4) 定时器，除产生 PWM 波外，机器人还有两个定时器用于计数，其一用于产生 1ms 的中断执行 1ms 任务，另一不断计数以作为当前系统时间，为 PID 计算、姿态解算提供精确的时间。

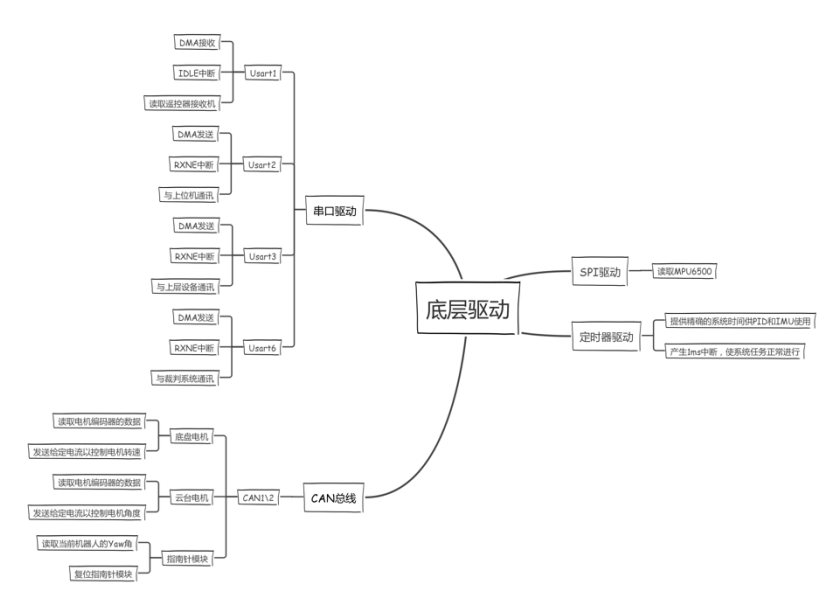


图 2 底层驱动结构

## （三）底盘控制方案

底盘由四个麦克纳姆轮组成，控制四个轮子的转速按照一定组合，便可控制底盘的前后左右以及旋转，根据遥控器、串口反馈的数据可以计算得到期望的底盘运动方向及大小，再通过由裁判系统得到的当前底盘功率值去限制底盘运动速度，根据该方向和大小可以推算出每个轮子的转速和大小，这时只要将每个轮子的转速作为期望值，将每个轮子的编码器得到的角度的差分作为反馈值，进行 PID 计算便可得到每个轮子期望的电流大小。

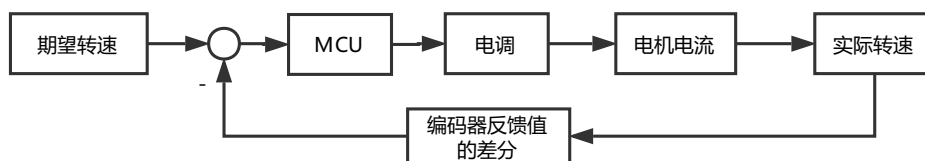


图 3 底盘电机控制系统框图

#### （四）云台控制方案

云台有两个角度：Pitch，Yaw。

Pitch 角的 PID 控制包括两环，(1)位置环将 Pitch 电机反馈回的角度作为反馈值，将遥控器、串口部分解析得到的 Pitch 角的期望值的限幅作为期望值，PID 计算结果作为速度环的期望值(2)速度环通过(1)得到的得期望值以及用 MPU6500 反馈的角速度作为反馈值进行 PID 计算，PID 输出直接作为云台 Pitch 电机的电流。

Yaw 角的控制，与 Pitch 角类似，PID 控制包括两环(1)将 IMU 解算得到的 Yaw 值或者指南针模块读取到的 Yaw 角值作为位置环反馈，将遥控器、串口部分解析得到的 Yaw 角的期望值的限幅作为期望值，PID 计算的结果作为速度环的期望值(2)速度环通过(1)得到的得期望值以及用 MPU6500 反馈的角速度作为反馈值进行 PID 计算，PID 输出直接作为云台 Yaw 电机的电流。

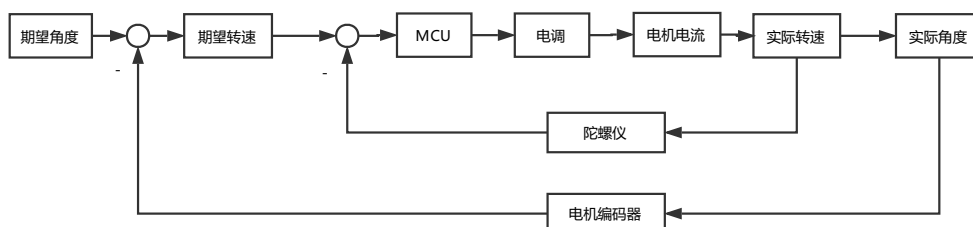


图 4 云台电机控制系统框图

#### （五）串口通讯方案

主要会用到主控板的三个串口。

- 1) Usart1, Usart1 用于接收来自遥控器接收机的数据，并在 IDLE 中断中解析并且根据遥控器的拨码状态、摇杆状态对机器人的控制相应改变。
- 2) Usart2, Usart2 用于与上层硬件通讯，将云台 Pitch、Yaw 角发送给上层系统，便于上层的计算，同时将机器人各个设备状态发送回上层系统，以便系统作出正确决策。上层也通过 Usart2 向机器人发送控制指令，根据室内定位结果、识别结果来控制云台、底盘的运动
- 3) Usart3, Usart3 用于与地面站的通讯，主要用于机器人校准，PID 参数调节。会将机器人的每个设备的状态，传感器数据都上传地面站，以方便调试。同时机器人会通过 Usart3 接收地面站指令，如进入校准模式，修改 PID 参数、保存参数、校准数据等。
- 4) Usart6, Usart6 用于与裁判系统通讯，读取机器人血量、底盘功率、射速

等。

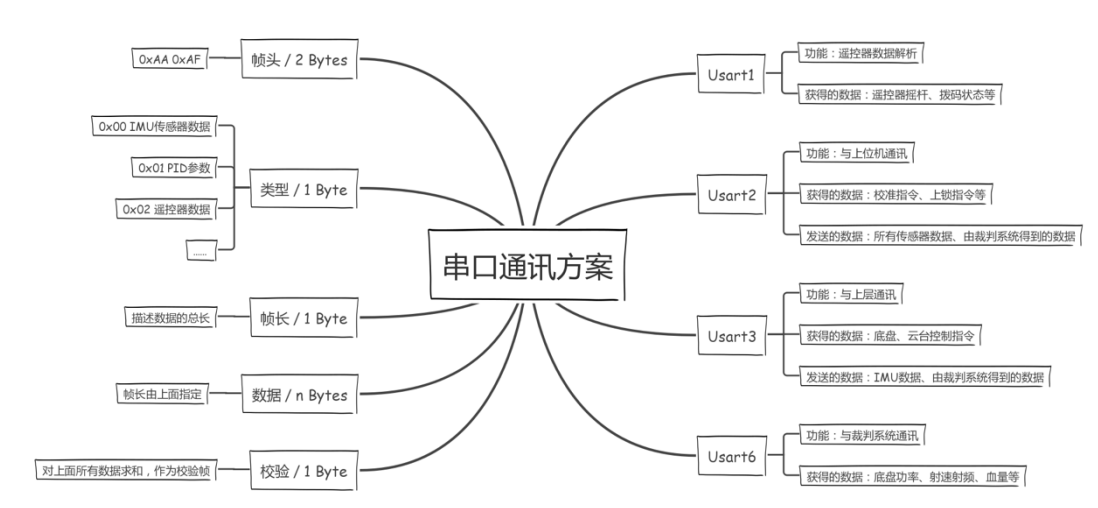


图 5 串口通讯方案

### （六）自检方案

在系统框架一部分提到，自检任务包含在 1ms 任务中。实际上自检包括两部分，第一部分，对裁判系统数据解析判断是否存在装甲掉线、损坏；第二部分，检查机器人的各个组件是否存在掉线情况，具体实施类似看门狗框架，每次进入自检任务时，会对每个组件的看门狗计数加一，若计数超过了超时计数便可认为该组件失去连接。每当有组件有信号传出，则对该组件喂狗，重置其计数。

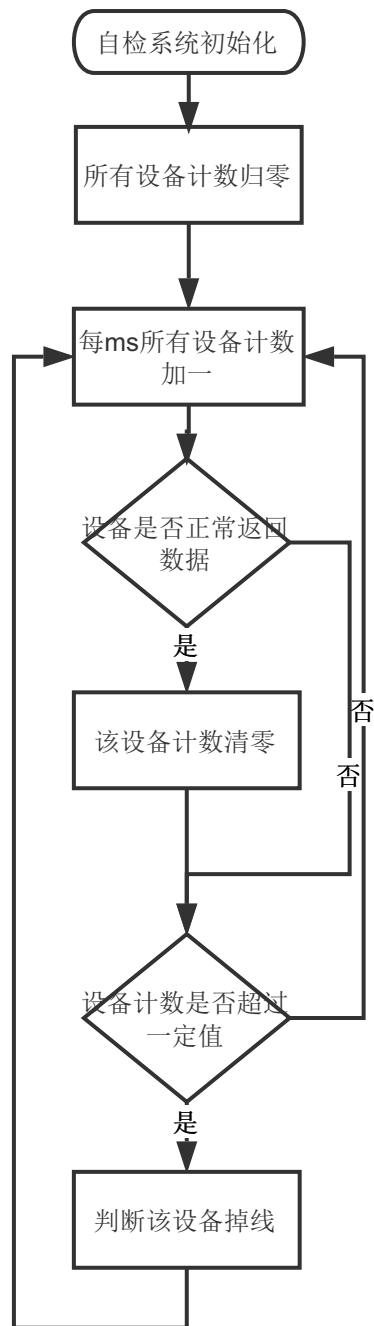


图 6 自检系统

#### (七) 参数方案

机器人有两大参数：1、PID 参数；2、传感器校准数据

- 1) PID 参数，底盘电机需要 1 组 PID 参数（转速），两个云台电机各需要 2 组 PID 参数（位置、速度）。初始的 PID 参数内化在程序中，之后将会通过地面站对 PID 参数进行整定，并将 PID 参数保存至 flash，每次开

机读取。

- 2) 传感器校准数据，需要校准的传感器主要有云台电机、加速度计、陀螺仪、磁力计。这四者都通过地面站对其进行校准，校准方式如下。
- a) 云台电机：将云台调整至水平指向前，并保存当前编码器数据。
  - b) 加速度计：仍然将云台调整至水平，静止，保存约 400 组  $a_x$ 、 $a_y$ 、 $a_z$  的值，取平均，并保存。
  - c) 陀螺仪：与加速度计类似，取约 400 组  $g_x$ 、 $g_y$ 、 $g_z$  的值，取平均，保存。
  - d) 磁力计：相比前三个较为复杂，需要让磁力计分别绕  $x,y,z$  轴旋转，使其寻找到绕三个轴方向的极大和极小值，分别取极大极小的平均，并保存。

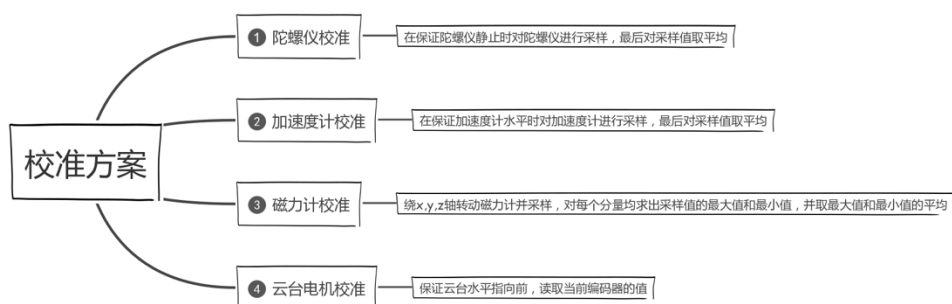


图 7 校准方案

#### (八) IMU 方案

机器人的 IMU 更新主要利用三轴加速度计( $a_x, a_y, a_z$ )、三轴陀螺仪( $g_x, g_y, g_z$ )、磁力计( $h_x, h_y, h_z$ )三个传感器的九个数据进行姿态解算，姿态解算主要是根据陀螺仪的动态特性良好，但静态下会有零点漂移，而磁力计和加速度计的静态特性较好、动态下数据误差较大的特性来实现的。姿态结算最核心的步骤也就是对角速度进行积分，这样能够最方便的得到当前姿态，但是离散的积分总会有误差，就需要用加速度计和磁力计的数据对角速度修正，使之能够收敛到正确的角度。

除了用陀螺仪积分，用磁力计的三个分量、加速度计的三个分量同样能够计算出当前姿态，用这两个传感器得到的姿态一般情况下都会与直接积分得到的姿态不一样，此时我们只需计算两种方式得到的误差，并对误差进行 PI 计算，并用 PI 计算的结果对  $g_x, g_y, g_z$  进行修正，得到最终积分得到的结果都是向磁力计、加速度计得到的结果收敛的，如此便可得到相对稳定、准确的姿态解算结果。

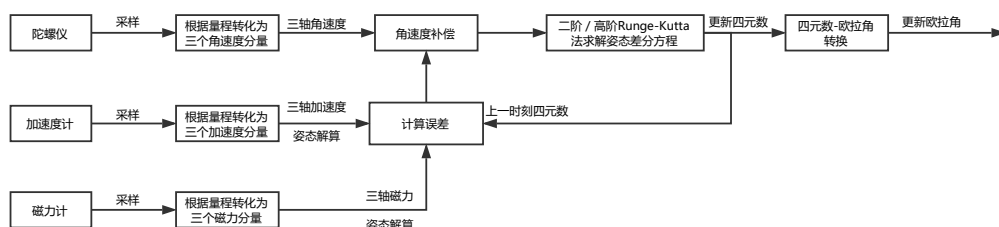


图 8 IMU 更新方案

#### (九) 电机控制方案

此处电机指云台和底盘电机，为了保证机器人控制的稳定性、快速性和准确性，需要对电机进行反馈控制。主流控制方法为 PID 控制，但最近新兴了很多种智能控制方式，如模糊 PID 控制、神经网络 PID 控制。

PID 控制，PID 控制是比例积分微分控制的简称。比例调节简单快速但是对于具有自平衡性的控制对象有静差，对带有滞后的系统，可能产生振荡，动态特性也差；积分调节可以提高系统的抗干扰能力，消除系统静态误差，适用于有自平衡性的系统，但他有滞后现象，使系统的响应速度变慢，超调量变大，并可能产生振荡；微分调节能给出响应过程提前制动的减速信号，有助于减小超调，克服震荡，使系统趋于稳定，减小调节时间，但是抗干扰能力差。总的来说，PID 控制具有原理简单、适应性强、鲁棒性强等特点。

模糊 PID 控制，模糊控制是以模糊集合论、模糊语言变量以及模糊逻辑推理为基础的计算机智能控制。模糊控制系统可以连续和自动地测量被控物理对象的动态性能并把它们与理想模型的动态特性相比较，再用两者之差去改变那些可调节的参数，例如模糊控制系统中的比例因子、模糊控制规则、模糊集合活着模糊逻辑运算等，从而使系统的控制性能不断完善。其中自适应 PID 控制器的思想是将模糊决策理论和 PID 参数进行修改，其既具有模糊控制灵活而适应性强的优点，又具有 PID 控制精度高的特点。

神经网络 PID 控制，神经网络的主要特征表现在，1、神经网络能够处理连续的模拟信号。2、神经网络能够处理混沌的、不完全的、模糊的信息。3、神经网络并行分布工作各组成部分同时参与运算，运算速度极快。4、神经网络信息储存分布于全网络各个权重变换之中，鲁棒性强。5、神经网络具有较好的容错性。基于 BP 神经网络的 PID 控制器主要是用 BP 神经网络对 PID 参数进行调整，结合了 PID 和神经网络的优点。

最后考虑到主控板的资源，我们考虑尝试使用模糊 PID 控制，特别是在 PID 整定时，我们会使用模糊控制规则对 PID 进行自适应整定。