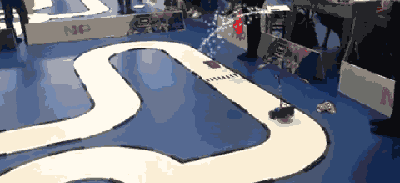
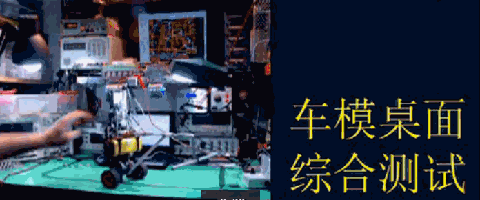
两年的智能车生涯结束了，虽然运气不佳没能靠自己的能力进国赛，但最后混到四轮队伍里还是蹭了个国一。忍不住还是想写点什么，也算是给大家一些启发吧。



卓晴老师公开的直立车方案是众多司机的入门教程，但直立车已经出现很多届了，控制方案也演变的多种多样，传统方案和新出现的方案相比已经略显吃力，简单介绍一下我使用的方案。



直立控制使用串级PID，外环角度，内环角速度，只需要通过传感器采集一个轴的数据即可。角度环10ms进行一次控制，角速度环2ms控制一次，外环输出先加一个限幅才传给内环，实测效果非常稳定，不会震荡，也不会出现明显的反应滞后。很多人问过我单环和串级的区别在哪里，我不是控制相关专业，也没有学过相关课程，只是凭我实际调试的效果感觉，串级和单环应该是殊途同归的，只是串级的参数更容易整定，且串级在每一级之间都可以做限幅或者其他特殊处理，串级PID几乎已经成了现在四轴飞行器的标配。

速度控制是传统方案最难搞的一部分，直立车不同于四轮，四轮的速度控制为负反馈调节，符合正常人的程序控制思路，但直立车的速度控制为正反馈调节，不能用通用的方式来控制。直立车的速度控制要通过调整车子的角度来改变，车身前倾，重心靠前，车子要保持平衡必然会加快电机转动，如果在平衡状态下要主动完成前倾的过程，就需要先让电机略微的减速，也就是说要加速，先减速。减速也是同理，要减速，先加速。传统方案就会出现直立环和速度环孰强孰弱的纠结问题，速度控制对于直立控制是一个干扰。

速度环采用串级PID将完全避免了这种问题，只需要将速度环的结果叠加在平衡角度上即可，速度差直接对应了一个平衡角度，不需要再考虑复杂的正反馈过程，傻瓜式操作一步到位，简单又好用。

转向控制，曾经有大神在论坛上开帖子说直立车的转向才是它的核心，我越来越表示同意。卓老师的传统方案中仅用简单的比例来控制转向，慢速的时候也就凑合用吧，一旦速度上来以后就会发现太难调了，速度、电池电压、角度全都会影响转向效果，要想更好的控制转向只能另寻他法。

动态前瞻、动态PID、模糊控制、棒棒法结合PID，各种各样的方法都有，我则想出了一种技术报告上从未出现过的方案，而我这个方案在最开始提出的时候被很多人否定过，我第一次在逐飞群里说的时候被北科大佬否定了，被诸葛大神也否定过，跟自己的老学长们说了，最后被怼的是体无完肤，被所有学长持统一意见的全盘否定。。。。。。但我最终坚持了自己的想法并且取得了成功，应该是一开始我没能给学长们表达清我的意思吧。

直接使用陀螺仪控制转向。如果使用传统方案控制转向，假设摄像头采集并处理完一帧图像用时20ms，那么控制频率就是50Hz，个人感觉这个频率太低了，而使用陀螺仪的角速度进行转向，我就可以做到500Hz甚至1KHz，转向的连贯性和柔和性将大大提升。使用传感器数据作为外环，陀螺仪Z轴角速度作为内环可以明显的提升转向效果，响应速度也比传统方案快很多，几乎不需要做任何的特殊处理。

最后说下MPU6050，这款陀螺仪在第十二届才被允许使用，其自带了DMP，最高频率200Hz，足够我们的直立控制，也可以选择自己读取原始数据再做姿态解算。测试了几种常用的姿态解算算法，发现均会不同程度的受快速加减速的影响，而自带的DMP变现优异，在快速加减速的时候角度仍非常稳定正确，最后使用了DMP直接读取角度。但发现一个问题一直未能搞明白，一旦开启DMP以后，无论如何设置频率和低通滤波，输出的角速度都跟不使用DMP时不太一样，同样的参数无法使用，只能重新调参，网上也没有找到合理的解答，且DMP库不开源，暂且认为DMP会强制开启什么内部的滤波吧。