

# 第二十届平衡轮腿组准备 流程及思路介绍-逐飞

# 目录

目录 .....	1
1. 前言 .....	4
1.1. 本文档作用 .....	4
2. 规则阅读分析与小车构成思路 .....	6
2.1. 智能车竞赛官网与规则发布途径 .....	6
2.2. 轮腿组规则阅读与任务分析 .....	7
2.2.1. 轮腿组简介一览 .....	7
2.2.2. 轮腿赛道铺设以及注意事项 .....	7
2.3. 轮腿组小车构成与制作思路分析 .....	9
2.3.1. 车模选择与电机控制原理 .....	10
2.3.2. 车体控制框架分析 .....	10
2.3.3. 循迹部分框架分析 .....	11
2.4. 轮腿组规则阅读与制作思路小结 .....	12
3. 轮腿组硬件清单 .....	13
3.1. 各个硬件作用 .....	14
3.1.1. Infineon 核心板 .....	14
3.1.2. Infineon 扩展学习板 .....	14
3.1.3. 总钻风摄像头(130°) .....	15

3.1.4. 2.0 寸 IPS 屏幕屏幕.....	15
3.1.5. IMU660RA.....	16
3.1.6. MENC15A-SPI 磁编 .....	16
3.1.7. CY2BL3 双无刷驱动板.....	17
3.1.8. 四路舵机电源板.....	18
3.1.9. WIFI SPI 模块.....	18
3.1.10. 无线模块.....	19
3.1.11. 摄像头支架.....	20
3.1.12. 车模.....	20
3.1.13. 电池及充电器.....	21
3.1.14. 轮腿组学习套件 .....	21
<b>4. 基础知识储备 .....</b>	<b>23</b>
<b>4.1. 硬件基础支持 .....</b>	<b>23</b>
4.1.1. 模拟、数字电路知识 .....	23
<b>4.2. C 语言基础 .....</b>	<b>23</b>
<b>4.3. 数据手册阅读 .....</b>	<b>24</b>
<b>5. 软件工具 .....</b>	<b>25</b>
5.1. 电路图绘制软件.....	25
5.2. IDE 软件.....	25
5.3. 逐飞助手 .....	25
<b>6. 单片机学习.....</b>	<b>26</b>

---

6.1. 开源库下载 .....	26
6.2. 单片机片内模块 .....	26
6.3. 单片机控制外部模块 .....	27
6.4. 实训案例 .....	27
7. 常用算法简介 .....	29
8. 轮腿车模控制策略 .....	31
9. 文档版本 .....	33

## 1.前言



图一、文档内容概览

### 1.1.本文档作用

编写这篇的目的是给计划参加全国大学生智能车竞赛的新同学提供方向参考，并不是手把手教学，仅仅给出大方向应该学习哪些内容、掌握到什么程度、以及一些经验分享，并不会涉及到具体的代码如何编写，更多的是传递一些思想。

相信参加过比赛的同学们中有相当于一部分是没有学长带领，而全靠自己摸索学习，逢山

开路遇水搭桥，一个坑、一个坑踩过来的。他们中不乏能力卓越的能够拿到优秀的成绩，但也有部分同学因为没有人来指引一个大致方向，导致走了很多的弯路浪费了很多时间。有的在反复的探索过程中不断面临挫折与失败，打消了积极性，最终遗憾未能完赛；有的因为不断的踩坑、填坑浪费了宝贵的调试时间，而没精力进一步优化作品最后成绩不理想的。固然挫折与失败能够磨练人的意志，让最终脱颖而出的人获得成长，但如果在一开始的时候就因为没有指引而迷茫，然后四处碰壁消磨了积极性与自信心，最后陷入自我否定的泥潭无法自拔，就太可惜了。学习是从学会使用，再到理解原理，最后到掌握思路的过程，因此在遇到暂时无法解决的难题时，可以与大家沟通，防止闭门造车，循序渐进，找到自己的节奏，每个人都能闪闪发光。

## 2.规则阅读分析与小车构成思路

### 2.1.智能车竞赛官网与规则发布途径

参加智能车竞赛,那么首先需要知道智能车竞赛的消息发布途径以及报名等手续所在入口。

智能车竞赛的官方网站是 <http://www.smartcarrace.com/>, 在网站首页可以看到第二十届全国大学生智能汽车竞速比赛规则 (讨论稿), 后续的规则解读都是基于这篇文档进行的, 由于文档是放在 CSDN 的, 因此文档有可能会出现修改, 如果后续解读与文档描述不一致, 则可能是文档已经修改过了, 这个时候应该按照最新的文档为准。

第二十届全国大学生智能汽车竞赛正式开始啦!



既然打算参加全国大学生智能车竞赛,那么首要的应该是阅读比赛规则,对比赛规则进行初步的梳理,有哪些组别、每个组别的任务是什么,然后根据自己的喜好与所擅长的技能来选择其中一个组别参加,这是因为规则限定一个人只能参加一个组别。

在选定组别后,后续还需要不定期的多阅读规则,因为文档是有可能出现补充修改的,如果由于没有及时阅读规则导致没有注意到补充的规则说明,从而出现违规导致比赛成绩被取消,

那就非常可惜了。

## 2.2.轮腿组规则阅读与任务分析

接下里的部分参照《[第二十届全国大学生智能汽车竞速比赛规则](#)》(版本 2024-12-20：公布最初版本) 进行轮腿组的规则阅读与任务内容分析。

### 2.2.1.轮腿组简介一览

在文章中《02 前言》的【表 1-1 竞速比赛组别一览表】中描述了轮腿组的基本信息：**基于轮腿车模平台与 Infineon 的 MCU 平台制作智能车**，车模需要从发车区出发，沿着 PVC 赛道运行一周，赛道中有单边桥和垂直横断路障特殊元素，还包含环岛、坡道、小路障等普通元素。

序号	组别名称	比赛环境	比赛任务描述	传感器	MCU平台	车模
4	平衡轮腿	普通室内赛道	(1) 使用轮腿平衡车模完成赛道运行一周； (2) 赛道特殊元素包括有单边桥、垂直横断路； (3) 普通赛道元素包括环岛、坡道、路障等；	光电管 摄像头	Infineon AURIX TRAVEO	轮腿V,W车模

由于当前比赛规则还是修改稿，因此不排除后续会对组别描述一览进行修改，**因此需要各位定期查看规则，以组委会公布、修改的规则文章为最终依据。**

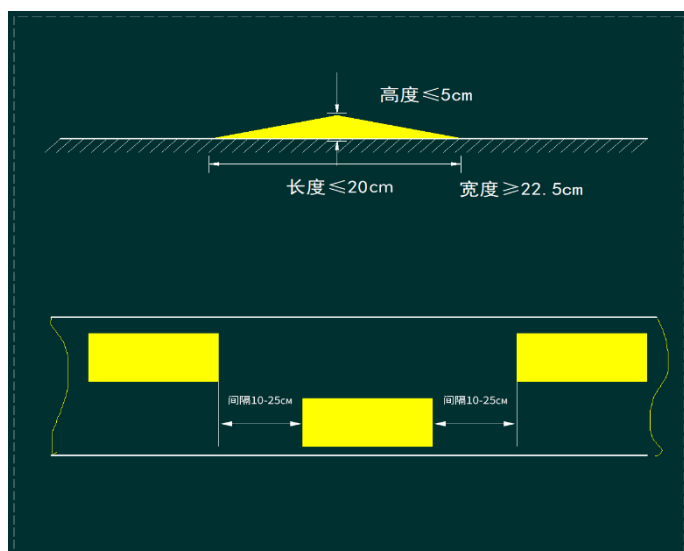
### 2.2.2.轮腿赛道铺设以及注意事项

在《04 比赛环境》部分的《二、室内赛道》的《3、平衡轮腿赛道》中详细描述了室内轮腿赛道的一些基本要求（[详细数据参考规则文章](#)）。

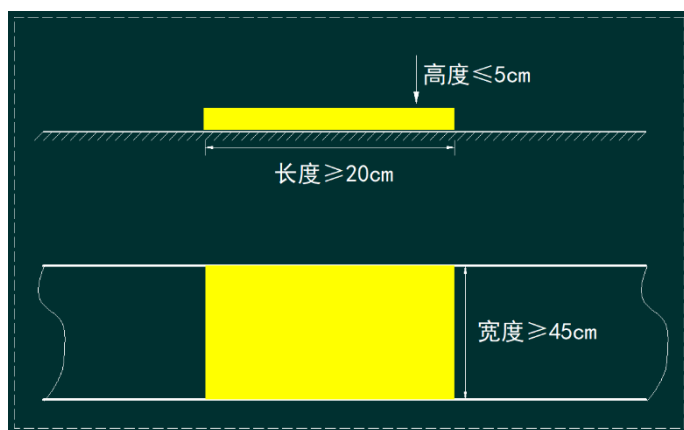
室内赛道采用 PVC 耐磨塑胶地板材料制作，**室内赛道不再有黑色边界引导线**，赛道宽度不小于 45cm。



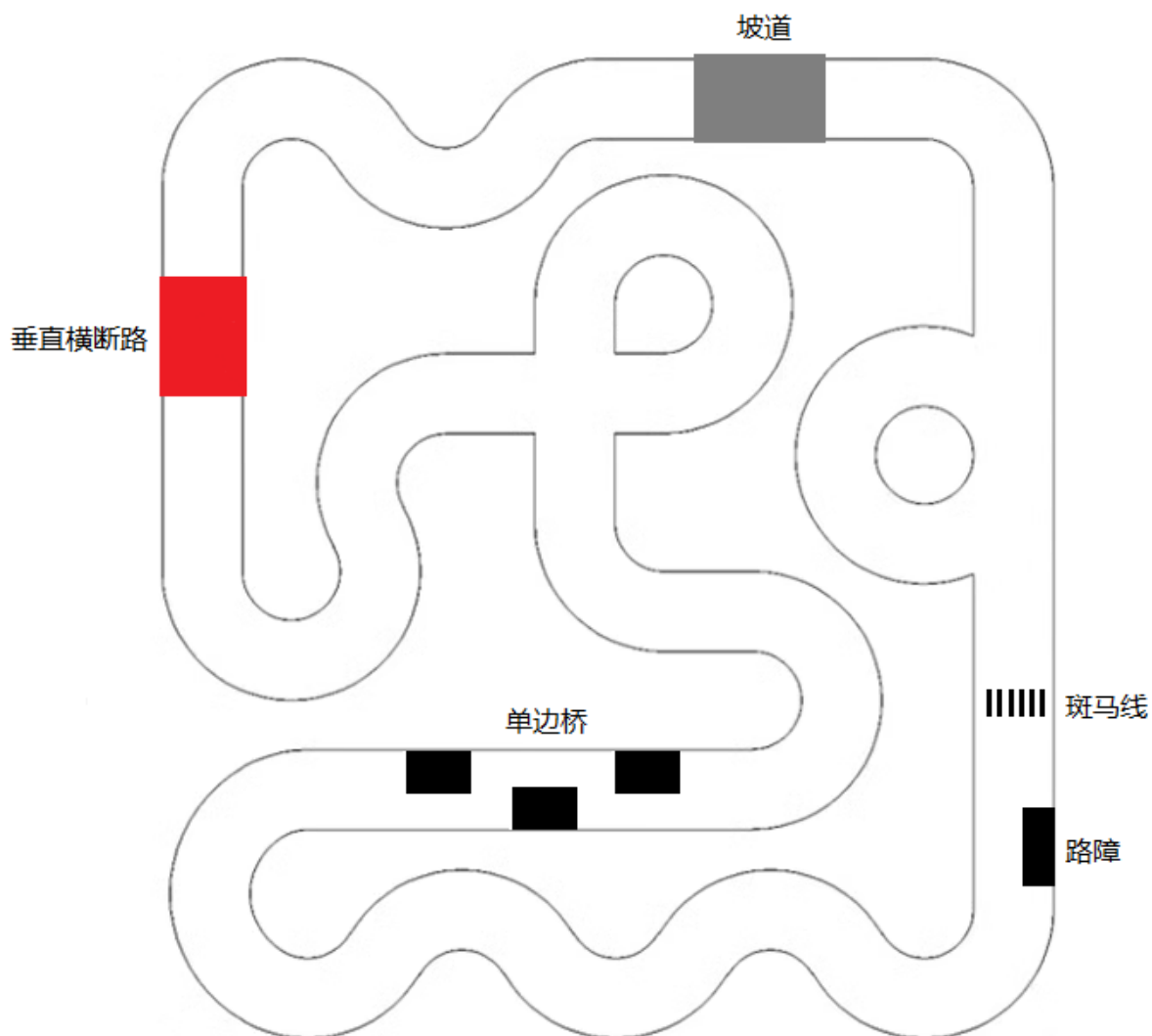
单边桥和垂直横断路障是针对平衡轮腿组别运动特点单独设计的，其中单边桥是由若干个左右交错摆放的三角楔形路障构成。楔形路障的高度为 5 厘米。楔形路障的颜色为 **黑色**。交错单边桥是超差轮腿车模在运动过程中的腿关节运动来保持车模平衡的功能，车模在通过时，**不能够从旁边绕行**。



横断台阶路障与赛道等宽。边缘是垂直的，高度不超过 5 厘米。长度大于 20 厘米。颜色为 **红色**。台阶路障考察轮腿车模的跳跃功能。在横断台阶前后 **1 米** 的范围内，**允许车模驶出赛道，绕行通过横断台阶路障**。



那么根据比赛规则的描述，可以绘制一个调试用参考赛道如下：



上图调试用参考赛道为依照《第二十届全国大学生智能汽车竞速比赛规则》进行设计，并不代表任何官方赛道设计，仅用于调试参考

**避免遗漏一些重要的信息，并且此类信息可能会在后期进行补充说明和不定时更新，因此要记得定期查看规则。**

## 2.3.轮腿组小车构成与制作思路分析

那么阅读完规则后，需要整理制作本组别智能车的硬件构成与初步框架构成，先整理一下思路，循迹小车其实由两个部分构成，一个是循迹部分，另外一个是小车控制部分。

### 2.3.1.车模选择与电机控制原理

那么先把简单易于理解的小车控制部分给确定下来。在规则中限定了使用 Infineon 的 MCU 平台，并且比赛规则规定必须使用平衡 V、W 车模车模。



(V 车模)



(W 车模)

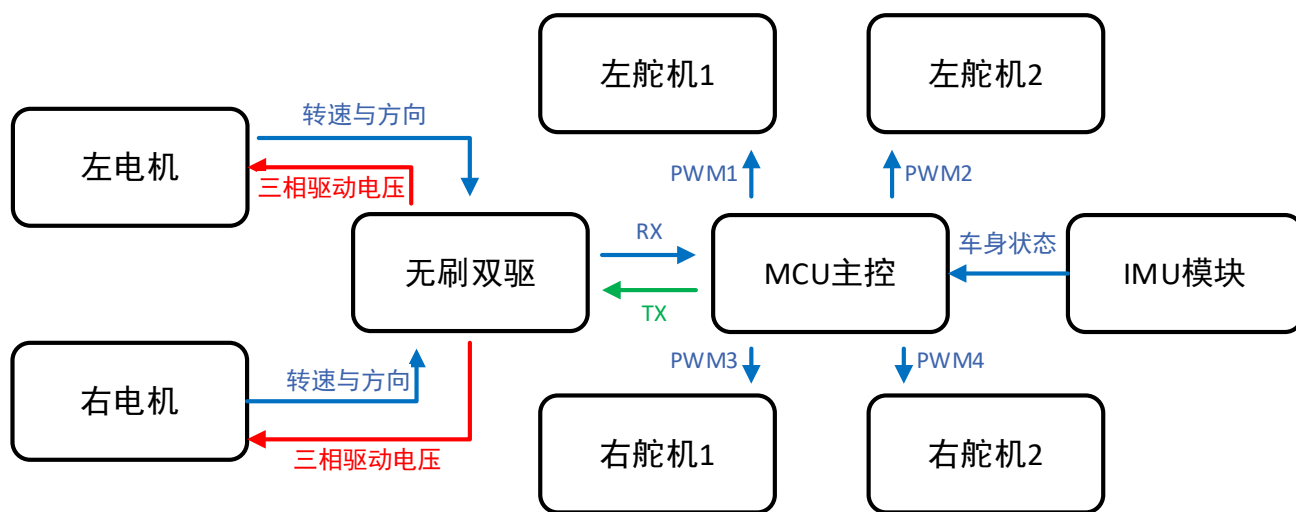
轮腿车模是今年新出的车模，V 车模是由博思出品，W 车模由科宇出品，受博思委托我们目前对 V 车模做了耐用和跳跃测试，最高跳跃高度可以到 12cm。相关视频大家可以在 B 站上搜索“逐飞飞”，进入主页就可以找到 V 车模的相关测试视频了。

这里确定了车模与平台，就可以确定下来车模的控制方式。由于电机是功率器件，需要较大的电流，MCU 的 IO 是无法提供那么高的驱动电流的（通常来说 IO 提供 500ma 左右的最大驱动电流，而电机动辄好几 A 的电流），因此需要使用驱动电路来进行电机的驱动，轮腿使用的是无刷电机作为行进电机，所以需要使用无刷驱动来驱动电机，关于轮腿的无刷电机驱动直接介绍，会在近期整理好进行开源，大家可以先关注我们的微信公众号并设置星标，便可第一时间收到开源通知，方便大家的学习和制作。

### 2.3.2.车体控制框架分析

轮腿车模的控制机制相对简单。由于车体的重心位于轮轴上，当车体前后重量和角度分配得当时，只需通过调整两个轮子的速度，即可控制车体的俯仰角度，实现直立平衡。轮

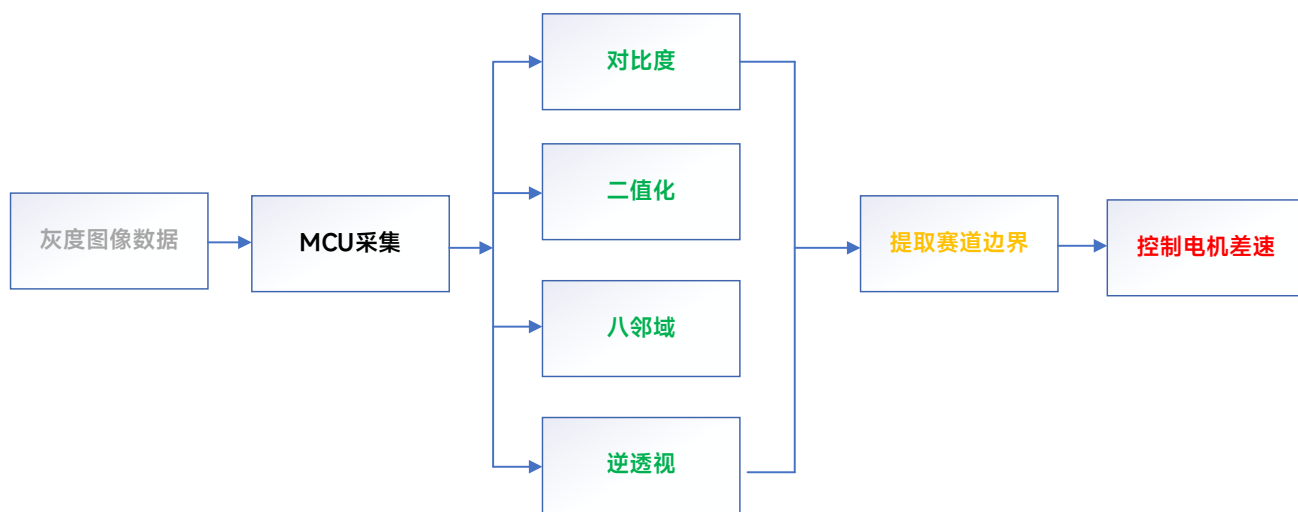
腿车模型的独特之处在于，它不仅能整体升高或降低车身，还能通过腿部动作改变车体的重心位置，进而控制车辆的移动方向。



### 2.3.3.循迹部分框架分析

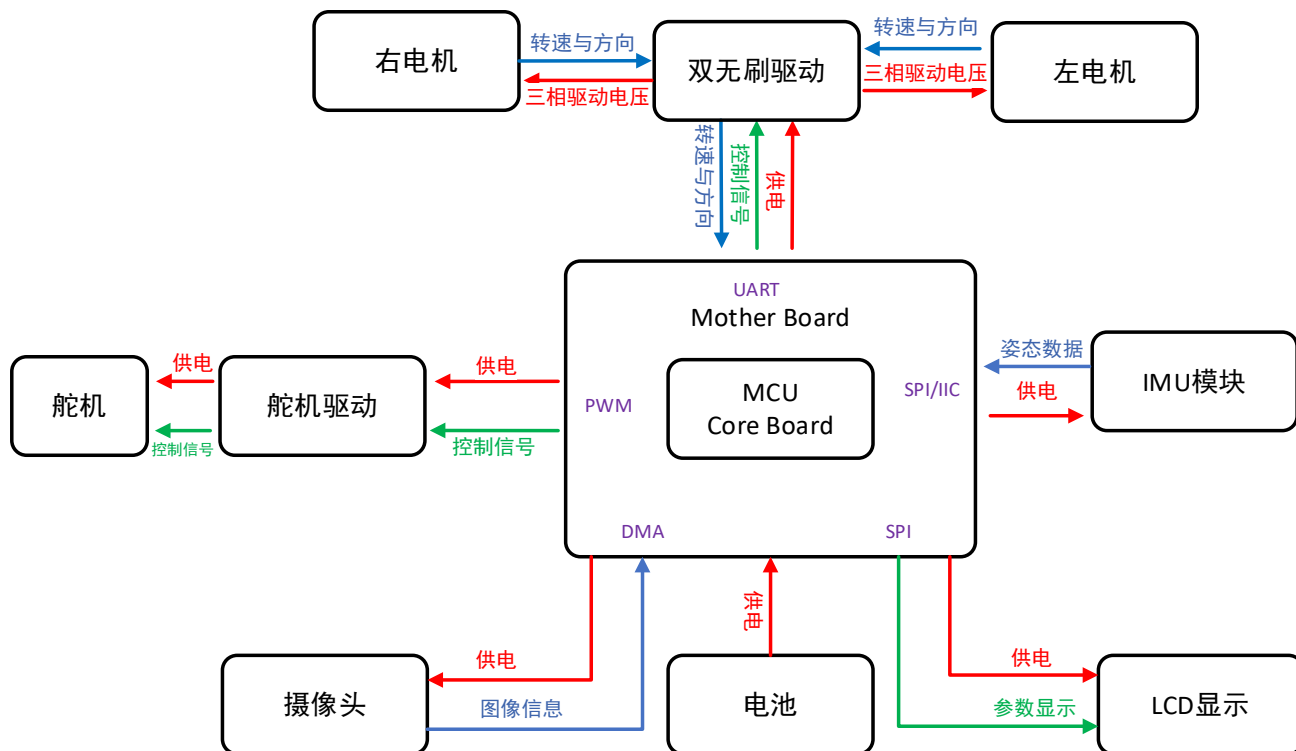
确定了车模控制部分后，接下来就是循迹部分，循迹主要使用总钻风摄像头完成。通过获取到的图像提取到边界信息，进一步获得车辆所在的相对位置，从而得到速度控制以及转向依据。

主体的循迹与车体控制的简要结构就明确了，接下来考虑组别中的额外需要处理的元素：路障与坡道。由于是图像传感器，所以可以通过观察图像的特征来判别元素，做出特殊处理。



## 2.4.轮腿组规则阅读与制作思路小结

那么至此，本组的规则初步阅读完成，了解了基础的赛题信息与相关限制，并且进行了初步的赛题规划与构成设计。得到如下的整体框图：



那么至此，了解相关规则应当参考官方文章，并定期查阅了解最新的补充细节；并且通过阅读分析规则得到一个大致的组别系统框架构成。接下来就可以根据框架来进行初步的车模硬件选择、初步软件设计了，后续再根据最新的规则文章进行调整、根据实践过程积累的经验进行系统框架的优化与新增设计等

### 3. 轮腿组硬件清单

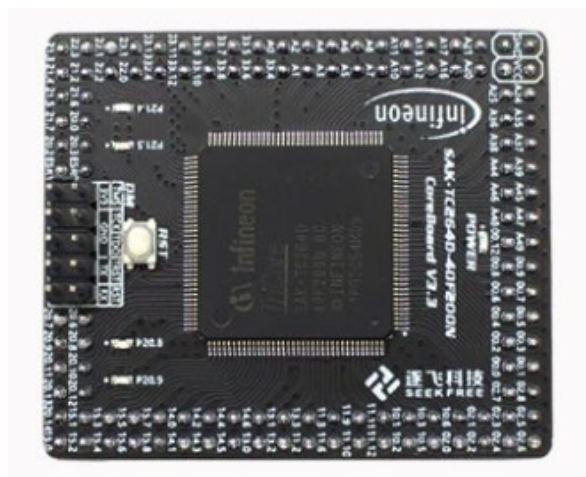
对于刚开始参加比赛队伍或者学校，都有一个共同的问题，由于现在对智能车竞赛不了解，比赛需要用哪些东西，哪些东西比赛可以使用成品，哪些需要自制。为了让大家可以更加清楚、直观的了解，下面做了一个表格来详细的列出来。如果大家有需要购买的模块可以自行前往逐飞科技的淘宝店铺进行选购。淘宝链接 <https://seekfree.taobao.com/>

以下是轮腿组模块清单：

名称	数量	是否必备	是否需要自制
TC264 核心板	1	是	否
TC264 扩展学习板	1	是	是
总钻风摄像头(130°)	1	是	否
IPS200 屏幕	1	否	否
IMU660RA 陀螺仪	1	否	否
四路舵机电源板	1	是	是
CY2BL3 双无刷驱动板	1	是	是
ZH3620 磁编	2	是	否
无线串口（串口端+USB 端）	1	否	否
车模	1	是	否
电池及充电器	1	是	否

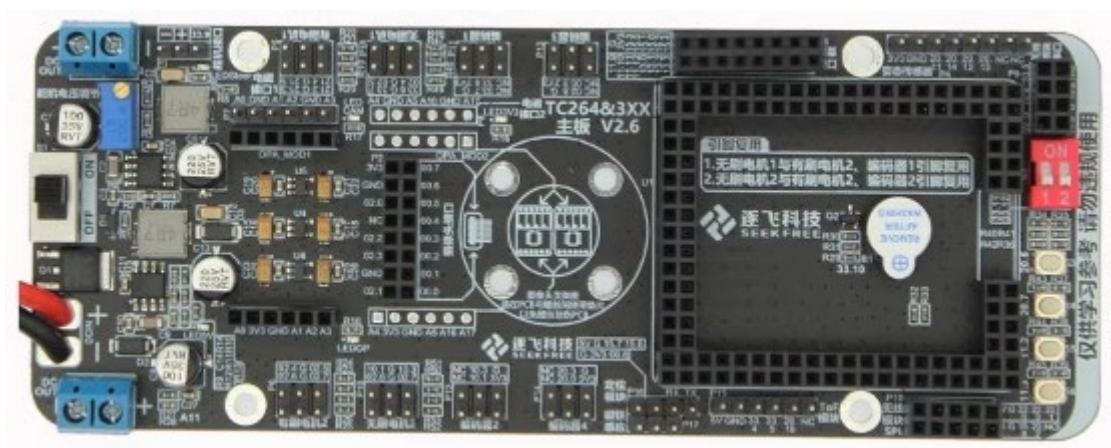
## 3.1.各个硬件作用

### 3.1.1.Infineon 核心板



根据比赛规则的描述，轮腿组限定使用 infineon 的单片机完成作品的制作， infineon 芯片具有很强的性能，综合轮腿组的比赛任务，目前规则指定的英飞凌 TC 系列的芯片都可以胜任轮腿组的要求。TC264、TC364、TC377、TC387 都可以，大家如果想要使用更高性能的 MCU，推荐使用 TC377 和 TC387 芯片，这两颗都属于指定的特价芯片，每个赛季都有免费的 377 芯片申请计划，可以申请，还可以换购逐飞特价核心板。

### 3.1.2.Infineon 扩展学习板





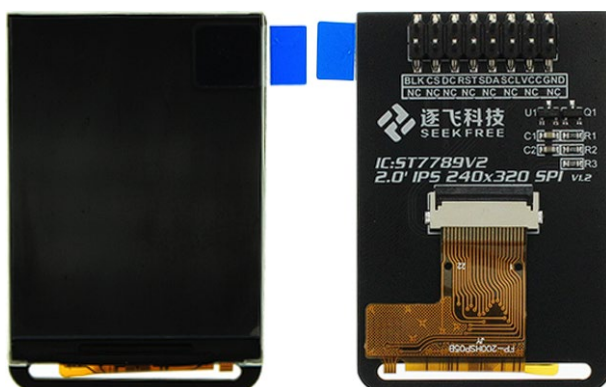
扩展学习板主要用于给单片机、各种传感器、外部设备提供合适的电源，以及提供对应的接口将单片机、传感器、外部设备连接起来。**前期学习可以使用成品，参加比赛时必须更换为自己制作的板子。**

### 3.1.3.总钻风摄像头(130°)



总钻风 130°无畸变摄像头，输出 188\*120 分辨率的灰度图像，可用于采集较大范围的赛道信息，在缩微光电中，需要使用这样的摄像头来跟随赛道循迹，配合我们的开源库可以轻松获取图像数据。

### 3.1.4.2.0 寸 IPS 屏幕屏幕

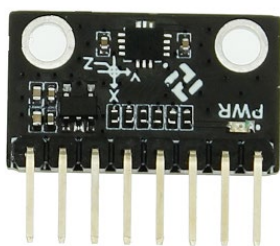


屏幕并不是必须要使用，但是实际上 100%的选手都会加上一个屏幕，因为这样方便将车



模的一些参数与摄像头采集的图像实时的显示到屏幕上，便于观察车模的当前状态，这里可以根据个人喜好来选择，我们推荐的是 2.0 寸的 IPS 屏幕，SPI 通讯，速度非常快，当然也可以选用 1.14 寸的 IPS 屏幕或者 1.8 寸 TFT。

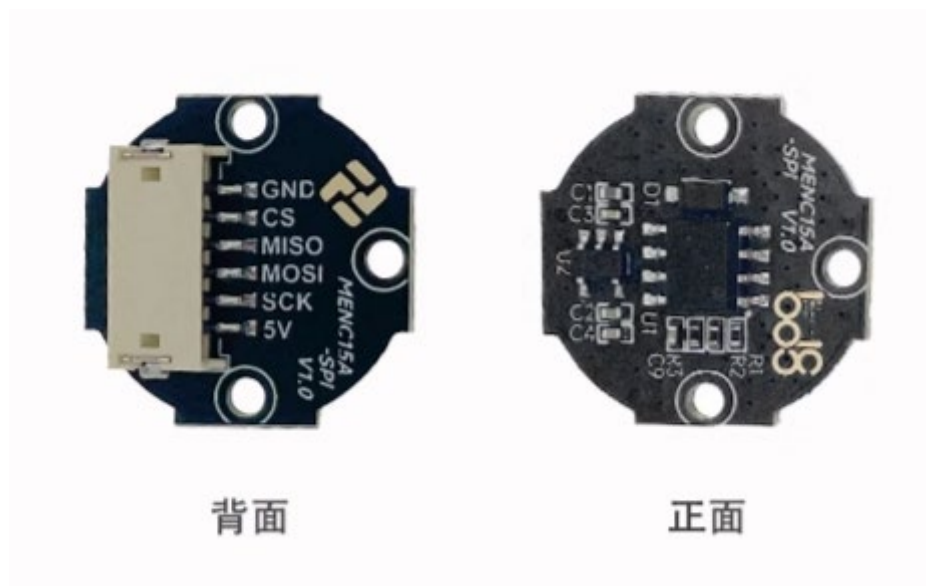
### 3.1.5.IMU660RA



IMU660RA 是六轴传感器，用于测量加速度、角速度信息，这对于轮腿车的平衡至关重要。通过 IMU660RA 的值来确定小车姿态信息，从而进行小车的平衡与转向控制。

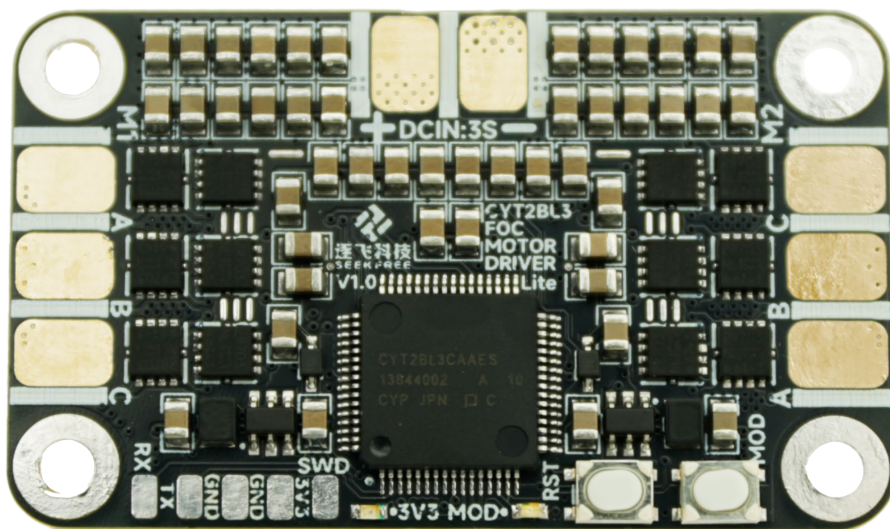
IMU963RA 是九轴传感器，用于测量加速度、角速度信息、地磁计，相比 IMU660RA 增加了地磁计的部分，可以用于测量车模方向，不过地磁计也容易受到电机、环境因素的影响。

### 3.1.6.MENC15A-SPI 磁编



无刷电机的控制需要通过磁编来获取电机当前的位置,还可以通过磁编获取到电机的转速信息,从而更好的控制车模速度。**V 车模出厂时会赠送两个 MENC15A-SPI 高精度磁编,两个磁编已经安装在车模的无刷电机上面。**

### 3.1.7.CY2BL3 双无刷驱动板



针对今年英飞凌新产品的引入和新赛题的需求,今年逐飞也会推出基于 CYT2BL3 的无刷双驱的开源参考。先爆料一下,此驱动非常小巧,同时支持 FOC 和 BLDC 的双控制,针对这个驱动我们也近期也会做基于英飞凌 MCU 的开源分享,可以先关注我们的微信公众号并设置星标,便可第一时间收到开源通知,方便大家的学习和制作。**前期学习可以使用成品,参加比赛时必须更换为自己制作的板子。**

### 3.1.8.四路舵机电源板



轮腿车模的关节使用四个舵机控制，车模跳跃时四个舵机的瞬时电流会超过 20A，所以需要单独使用一个电源模块来给四个舵机进行供电，从而确保舵机供电正常，**前期学习可以使用成品，参加比赛时必须更换为自己制作的板子。**

### 3.1.9.WIFI SPI 模块



WIFI SPI 模块主要用于平时调车过程中对小车进行数据动态采集观察，可以通过这个模

块与逐飞助手交互，观察车体控制以及传感器相关的关键数据，便于我们更直观的了解小车的实时运行情况，也方便查找相关 bug，最为直观的就是上传图像处理数据，极大的提高查找图像处理算法 bug 的速率。**需要注意这个模块只能在平时调试的时候使用，正式比赛时需要去除这个模块，否则可能会被判定违规而取消成绩。**

### 3.1.10.无线模块



无线模块可以用于，车模运行时将一些想要观察的数据发到电脑上，这样就可以实时的观察车模在跑起来时的情况了。**但是需要注意这个模块只能在平时调试的时候使用，正式比赛时需要拔掉这个模块，否则可能会被判定违规而取消成绩。**

### 3.1.11.摄像头支架



摄像头安装必须固定牢靠的，否则小车运动过程中图像传感器晃动，所得到图像就无法正常识别，因此我们就需要一套支架将模块固定在小车上，这样就可以稳定的获取图像。

### 3.1.12.车模



推荐选用 V 车模，目前已经开始现货供应，我们也提前对博思提供的样品进行了性能测试，无论是性能还是耐用性都非常不错，一如既往的保持了博思车模的水准，相关视频大家可以在 B 站上搜索“逐飞飞”，进入主页就可以找到 V 车模的相关测试视频了。

### 3.1.13. 电池及充电器



电池作为车模的动力源是必备的。因为车模使用了两个无刷电机和四个舵机，推荐大家使用 3S 电池作为动力源。

对于锂电池的规范使用，还可以阅读逐飞科技精心整理的文章：

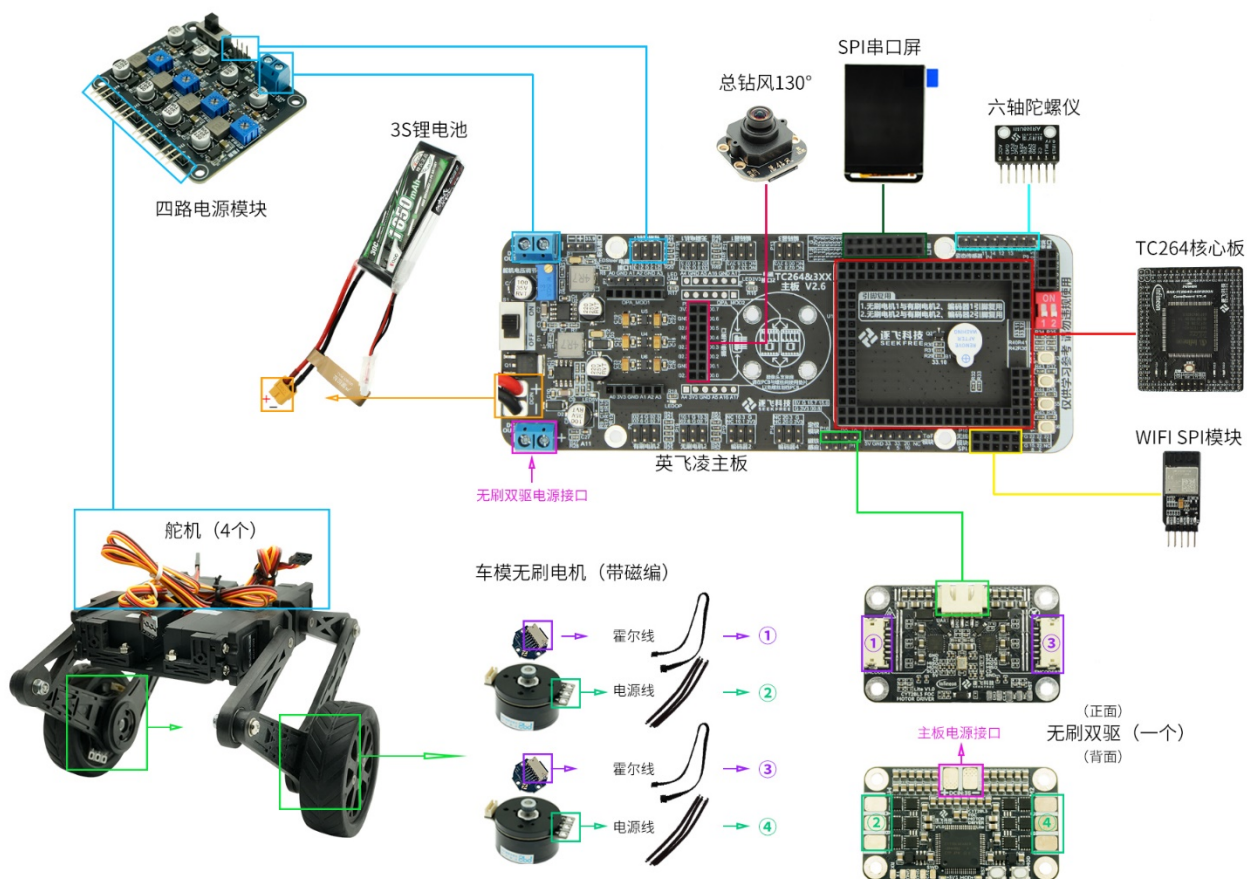
<https://mp.weixin.qq.com/s/BrycEf3p-USPga9fQpLzeQ>

### 3.1.14. 轮腿组学习套件

逐飞科技将轮腿组所需的一些物品，进行了组合方便需要的同学一次性购买，也可以参考套件中的内容自行选购所需的配件 <https://item.taobao.com/item.htm?ft=t&id=859331750> 514。

轮腿组学习套件的建议接线示意图如下：





## 4.基础知识储备

### 4.1.硬件基础支持

#### 4.1.1.模拟、数字电路知识



模拟与数字电路相关的知识，应该是电子相关专业必学的课程。一般使用的教材都是《模拟电子技术基础》和《数字电子技术基础》，智能车所需的相关基础知识这两本书里都已经包含了，如果忘记了的同学可以多多复习一下。

### 4.2.C 语言基础

C 语言通常学校也会开设对应的课程进行学习，如果已经学习过了则自行复习一下就可以胜任智能车的编程任务，如果还没学习需要自学的推荐学习《C primer plus》，如果遇到了自



己不明白的，可以多问问师兄、百度一下等方法去解决，如果实在不理解的可以先行跳过，继续往后面学习，之后再专研自己之前未理解的部分。不能遇到一个问题之后就陷入进去。

### 4.3.数据手册阅读

作为技术开发，我们通常了解一些芯片的性能、特点、引脚介绍等等，都是需要查看芯片厂家提供的数据手册，因此我们要学习阅读芯片手册，能够快速从数据手册中找到我们想要的信息，通常我们根据要找的信息，查看数据手册的目录，根据目录快速定位到大概得章节，再仔细阅读并找到我们所需的信息。由于有很多芯片都是国外的品牌，因此很多时候数据手册都是全英文的，这个时候就要求我们自己的有阅读英文的能力，如果自己英文比较差也不用担心，有句话叫做熟能生巧，当我们遇到不懂的语句、单词可以使用词典翻译，当看了足够的多了之后，慢慢的你就会发现英文手册你也能看个大概了，保持足够的耐心英文也不是问题。

## 5. 软件工具

### 5.1. 电路图绘制软件

绘制电路图的软件一般会使用 Altium Designer，至于选择哪个版本、以及如何下载，大家可以自行百度找到。

如果之前没有学习过这个软件的可以查看这个链接中的视频来进行学习。  
<https://www.bilibili.com/video/BV1ei4y1L7TU>，其实也可以自己在 B 站上找到更多的视频资源进行学习。

当然绘制电路图的软件并不止 Altium Designer 能够实现，不过目前多数的学校还是基于这个软件在讲课，因此首先推荐大家使用这个软件。

### 5.2. IDE 软件

IDE 软件是用于编写、编译代码的软件。

TC 系列单片机使用的 IDE 是 ADS。

ADS 软件下载链接: <https://pan.baidu.com/s/1s340z2pADOTttxliqaqwgA> 提取码: kscj

### 5.3. 逐飞助手

逐飞助手是逐飞科技新推出的调试助手，集成了串口助手、虚拟示波器、图像显示、叠加图像边线显示等功能。极大的方便各种开发时的调试工作，该软件已正式发布，欢迎下载使用：  
[https://gitee.com/seekfree/seekfree\\_assistant](https://gitee.com/seekfree/seekfree_assistant)。

## 6.单片机学习

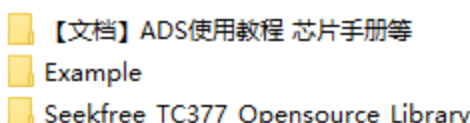
### 6.1.开源库下载

关于如何在 Gitee 搜索逐飞开源库，可以查看这个视频最开始的部分进行学习。

[www.bilibili.com/video/BV1BT4y1j7gQ](http://www.bilibili.com/video/BV1BT4y1j7gQ)。在 Gitee 上开源了各种单片机的开源库，大家根据需求下载对应的开源库即可。

### 6.2.单片机片内模块

通常从 Gitee 下载的开源库基本的文件结构都会包含以下三项（根据不同的单片机型号，可能还会包含更多的），以 TC377 为例：



1. 《【文档】说明书 芯片手册等》文件夹中主要放置说明书、芯片手册，如果是新手强烈建议阅读说明书，芯片手册主要是单片机芯片的手册，如果开源库有未实现的功能可以自行查看手册并进行添加。
2. 《Example》文件夹内放置了就是单片机片内模块的一些例程，例如 GPIO、UART、ADC、PIT、PWM 等等。应该认真学习每一个例程，主要学习调用那些函数，填写什么样的参数，实现哪种功能，这个部分并没有什么难度，只要多尝试熟悉即可。
3. 《Seekfree\_TC377\_Opensource\_Library》文件夹方式的开源库(置空)，空的开源库包含了所有的驱动，只是在 main 函数中是没有实现任何的功能的，如果需要开发一些项目，或者建立自己的工程时就可以直接复制整个文件夹，然后打开工程编写自己

的代码即可。

## 6.3.单片机控制外部模块

当完成片内的外设学习之后，那就需要学习如何使用单片机来控制外部模块了。

下面列举出制作智能车时所必须掌握的一些外部模块，这些模块在主板资料里面都提供有对应的例程进行学习，如果未购买主板也可以找对应的产品的详情页，也有对应的例程，或者联系淘宝客服所有产品例程，例如可以单独索要编码器资料：

1. 按键采集
2. LED、蜂鸣器控制
3. 电池电压采集
4. 编码器数据采集
5. 电机速度、正反转控制
6. 总钻风图像数据采集
7. 液晶屏幕显示控制
8. 采集 IMU660RA 模块数据
9. 使用无线转串口与电脑进行通信

## 6.4.实训案例

通过下面列举的一些实训案例，来检验自己前面的学习是否掌握，如果所有的案例都能完成说明单片机的使用基本已经融会贯通了。

1. 单片机通过无线转串口来与电脑进行通讯，电脑使用逐飞助手发送字符串 start，单片

机接收到之后输出频率 17kHz、占空比为 10% 的 PWM 信号，信号连接到电机驱动模块，驱动电机开始转动。电脑发送 stop 字符串，单片机接收到之后 PWM 的占空比设置为 0%，电机停止转动。自由发挥：根据自己的理解，实现用电脑来改变电机的转速。

2. 使用按键来调节电机的转速，并实时的将 pwm 占空比显示在液晶屏幕（1.14 寸 IPS、TFT、2.0 寸 IPS 等）上。
3. 更多的案例，这里就不一一列举出来，也可以根据自己的一些理解，尝试着做一个自己觉得好玩的任务，在实现这些的过程中对自己能力都是不小的提升，但是千万别纸上谈兵，凡事都需要自己实实在在动手做起来才能真正的掌握。

## 7.常用算法简介

本章节主要是给大家提出有哪些常用的算法，这个算法主要的作用是什么，并不讲解这些算法，这些算法在网上都能找到大量的开源代码或者是讲解，大家去找来学习即可。

1. PID 算法，这是智能车所必须用到的一个算法，PID 算法是基本，会衍生出很多其他的类型。PID 算法主要的作用是输入目标值，然后会自动控制被控设备达到目标值。根据不同的需求，PID 算法分为位置式和增量式两大类。
2. 位置式 PD 算法，这是基于 PID 算法变化而来的，并且去掉了积分环节，通常智能车的转向都会使用位置 PD 算法进行控制，可以参考之前的推文 <https://mp.weixin.qq.com/s/qYbziH95FgdWyQ1R1xuNZQ>。
3. 增量式 PID 算法，通常四轮车、差速车都会使用此算法进行速度闭环控制，可以参考之前的推文 [https://mp.weixin.qq.com/s/zJiQGuqU5JXgHxL\\_FXBWrQ](https://mp.weixin.qq.com/s/zJiQGuqU5JXgHxL_FXBWrQ)。
4. 差比和算法，在轮腿组计算车模偏离赛道中心时，通常会使用到这个算法进行计算，更多的细节可以参考我们得演示车模推文有更详细的讲解。<https://mp.weixin.qq.com/s/aL3Gqtz6LBc5kzb5rzNUfA>
5. 数据滤波算法，一般有平均值滤波、限幅滤波、中值滤波、一阶低通滤波等等，主要用于对采集到的缩微光电信号进行预处理，避免采集到的噪声被用于车模控制。
6. 互补滤波算法，通常应用于两轮直立车车模，估算车模当前的姿态，可以参考推文 <https://mp.weixin.qq.com/s/hcnLPSbKXnpAo4VSh872Cg>。
7. 卡尔曼滤波，同样也是用于估算目标值的算法，可以用于两轮直立车的姿态估算。
8. 图像处理算法，这里是一个统称并不是一个确切的算法名称，具体实现可以参考 [htt](http)

---

[ps://mp.weixin.qq.com/s/5s1UPwL9bqZVcKJ\\_pUkk1A](https://mp.weixin.qq.com/s/5s1UPwL9bqZVcKJ_pUkk1A)。

9. 在逐飞科技的微信公众号上面发布了很多技术分享的文章，可以自行翻阅其他的推文进行学习，这里就不再一一列举了。

## 8. 轮腿车模控制策略

轮腿车模也可以用传统平衡直立车的控制，控制的方案有许多种，在智能车中常用的有两种方案：

一种是并级 PID 方案，不推荐，速度、角度两个独立的 PID 控制部分输出叠加在一起输出到电机控制，这种方案在逻辑上简单，但是并不符合两轮平衡直立车的控制模型，速度与直立两个部分始终处于冲突竞争状态。

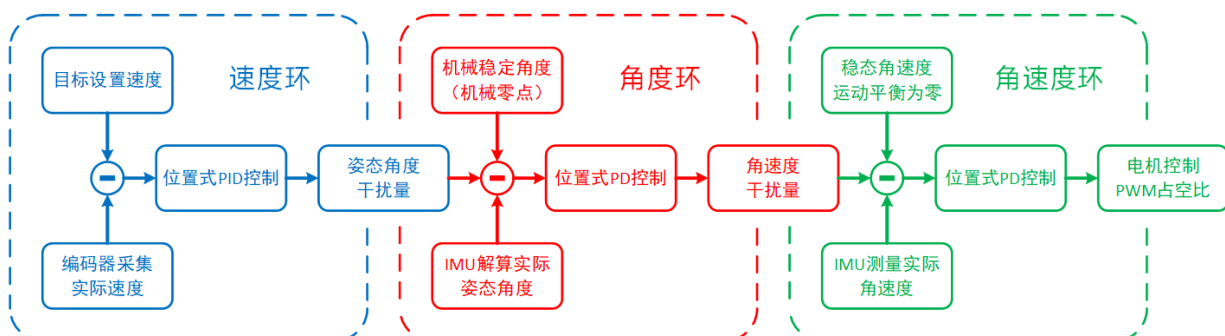
另一种就是串级 PID 方案，我们也推荐使用串级 PID 方案，它符合平衡直立车模的实际运动模型，可以实现更加平滑、迅速、准确的控制。串级 PID 的核心思想是将整个运动模型串联，使得其成为一个整体。这需要从车体运动模型从内至外来分析：

- 1) 首先将车模悬空，固定住轮胎，那么此时车模可以看作一个单摆，车轮与车体的旋转就是反向的，用角度标识车体当前位置（运动状态），角速度标识车体的旋转趋势（运动趋势）；
- 2) 不论车体在什么角度（运动状态）下，车轮以固定方向固定速度旋转，一定可以确认的是产生的角速度（运动趋势），因为角度的微分是角速度，当产生角速度时角度一定会变化；
- 3) 那么就确认了角速度环是最内环，这个环就是用来控制车体的运动趋势，角速度是中间环，用来控制车体的状态；
- 4) 将车模放在地上，车体在非机械零点角度时会因为重力影响倾倒，此时角度环为了维持直立而输出干扰角速度环产生对应的动作，导致前进或者后退，此时就产生了轮速；
- 5) 因此在这个模型中速度可以通过影响车体角度来调控，速度环的输出通过影响角度环，



通过重力影响导致的角度环输出干预角速度环来控制电机速度。

受限于篇幅，这里就不过多对串级 PID 的详细细节进行描述，其控制模型结构如下图：



本篇关于轮腿车制作的准备流程及思路介绍就到这里了，欢迎交流共创，愿逐飞的陪伴能促进您的成长。文档中推荐的核心板、主板学习板、六轴模块、编码器、舵机电源板、无刷驱动板、摄像头以及轮腿组学习套件均已上架逐飞淘宝店销售([seekfree.taobao.com](http://seekfree.taobao.com))，感谢各位支持，你们的支持是我们工作的动力，如果能帮到大家，深感荣幸。可通过 QQ 群（轮腿组交流群--逐飞科技：330337758）或在微信公众号留言进行交流互动。也欢迎各位持续关注“逐飞科技”微信公众号，逐飞的开源项目、技术分享及智能车竞赛的相关信息更新都会在该公众号上发布。

### “逐飞科技”官方公众号

这是由逐飞科技官方运营的公众号，专注于分享知识，交流技术，努力构建一个嵌入式开发交流学习平台，互相促进，共同成长！感谢您关注逐飞科技，愿逐飞科技陪伴您的成长



## 9.文档版本

版本号	日期	作者	内容变更
V1.0	2024-12-28	JKS	初始版本。