首先介绍硬件组成：

单片机： MM32F3277G9P

GPS模块：逐飞科技，精度1m，100hz

陀螺仪：逐飞科技ICM20602，性能优于mpu6050

地磁计：IST8310 (DJI Mavic 指南针模块)

存储单元：AT24C128C EEPROM

屏幕：1.44寸TFT全彩屏 SPI接口

舵机：逐飞科技

涉及的技术&算法：

1.GPS数据获取，得到经纬度，直接移植逐飞，使用UART通信

2.经纬度转换为平面笛卡尔坐标，使用高斯-克吕格投影法，使用本程序所得坐标精度非常高

3.陀螺仪数据获取，只需要Z轴角速度（YAW轴），使用SPI通信，使用逐飞库

4.地磁计数据获取，包括XY两轴磁场强度数据，使用模拟IIC通信, 移植DJI IST8310驱动与逐飞IIC库。

5.航向角互补融合

陀螺仪和地磁计都可以分别独立得到航向角（YAW），但陀螺仪使用积分得到的航向角容易漂移，而地磁计得到的航向角响应不够快且易受干扰，因此需要取长补短将二者数据融合，即所谓互补融合，融合后的角度与地理方位角相对应。使用mahony算法。注意点：解算程序的执行频率需与设定频率严格一致，如本程序中设置的是1000hz，则需在1ms的定时器中断中执行解算程序。需注意的是，在刚运行程序时会观察到输出的角度一直在变化，那是因为陀螺仪角度是积分而来，初值是0（屏幕显示角度经过了处理，是180°），而地磁计角度是直接根据XY轴磁场大小计算出的方位角，相当于指南针，那么二者的融合需要一定的时间，比如地磁计得出角度是90°，但陀螺仪是从0°开始积分的，积分到90°需要时间。可以自行增大MahonyAHRS.c中的twoKpDef以提高融合的速度，但不能太大，该系数越大，角度越接近地磁计所得角度，越小则越接近陀螺仪角度。另外，需保证地磁计角度和陀螺仪角度的增长角度是相同的，如本项目中地磁计是倒着安装，则需要作一定调整。

6.EEPROM的读写，使用模拟IIC通信，需要注意器件地址

7.陀螺仪的校准

陀螺仪输出的是角速度，但静置陀螺仪时输出的角速度肯定不是严格为0，而是有一定噪声，该噪声的平均值也不一定为0，均值不为0的噪声使得角速度的积分出现漂移，为抑制该漂移，可以将陀螺仪静置，采集并计算输出数据的均值，该均值即为陀螺仪的校准值，用陀螺仪的原始输出减去该校准值即可得到陀螺仪的校准输出。

8.地磁计的校准

地磁计测量的是环境的磁场的大小，那么显然，除了地磁场，载体本身产生的磁场不可忽略，如电机就会产生磁场，对航向角的解算造成干扰。为解决该问题，首先可以将地磁计安装于远离磁场源的地方，但无法完全解决问题或者无法远离磁场源，因此必须进行校准。

我们可以认为载体产生的磁场近似不变，如果该磁场为0，那么理想情况下，我们在水平旋转磁力计一周，记录到的xy轴磁场数据在平面中画出的是一个圆心在原点的圆，如果载体磁场不为0，那么相当于给圆上每一点都进行一个固定的偏移，结果就是这个圆形状不变，但圆心位置不在原点了，该偏移量即为校准值，我们可以这样求出X轴和Y轴的偏移量：将装有磁力计的载体水平旋转一周，同时分别记录旋转过程中X轴与Y轴的最大值与最小值，二者相加除以2即为偏移值，用磁力计的初始数据减去该偏移值得磁力计校准后的值。



程序流程：

main函数中首先进行必要的初始化，接着在while(1)中循环判断GPS\_OR\_GAME为1或0，决定了是进行循迹任务还是采点任务，然后对GPS数据进行解析。此外需要注意的是还有两个重要的中断任务函数，一个是1ms周期的定时器中断，在其中执行航向角解算任务，另一个是GPS的UART接收中断。

采点任务流程：

拨码开关拨向采点模式，将车模置于起点，使用遥控启动采集，则get\_mode返回1，开始采集。第一阶段首先采集第一个点，将经纬度转换为笛卡尔坐标后存入EEPROM，点数加1，EEPROM存储地址顺延，进入下一阶段，此时需将车模沿需要的轨迹移动，程序将不断计算车模当前位置与上一采集点的距离，该距离大于一定值后采集新点，该距离值决定了采集轨迹点的密度，写入EEPROM后重复上一过程直到当前位置接近起点，认为采点结束，将采集的点数存入EEPROM的0x00地址（存储地址），采点结束。此时EEPROM中便顺序存储了一条完整的由点集组成的轨迹。

循迹任务流程：

将车模置于起点之后，遥控器启动，则get\_mode返回1，开始循迹。首先追第一个点，改点坐标已在初始化时放入Target\_posi, 程序会不断获取车模自身的坐标，并计算目标点相对自身的航向与距离，根据该航向不断调整舵机从而改变车身自身的航向，最终指向目标点，当距离小于一定值时即认为追到了目标点，此时从EEPROM中取出下一个点作为目标点，直至取完所有点，任务结束。



如何移植到自己的项目中：

1.GPS：直接选用逐飞科技的GPS模块，只需在自己项目平台中配置好串口通信，特别是中断，其余函数可以直接使用

2.陀螺仪&磁力计：其实如果能把陀螺仪调的很稳，随时间角度偏移不大，也不一定需要地磁计，可以选择逐飞科技的ICM20602, 逐飞库中有模拟的IIC库，移植方便，或者经典的MPU6050，网上很多教程，甚至买现成的直接能输出角度的陀螺仪模块更方便。不选择地磁计的话，需要在每次上电前将车头严格对追同一个方向，因为只有陀螺仪的话初始角度每次都是0，相当于没有地理的方位信息了

3.EEPROM：本项目使用普通的GPIO输入输出来软件模拟IIC通信协议，因此移植只需在自己的平台配置好GPIO，注意时钟脚是推挽输出，data脚是上拉开漏输出，另外根据自己买的EEPROM模块修改器件地址，否正无法通信

硬件相关就只有上述三个，软件方面的调整有：

4.转向问题：本项目基于舵机转向的车模，如果使用其他车模，比如四轮驱动、履带，可改为差速转向

5.采点间隔：本项目由于比赛要求需绕400米操场运行，因此采点间隔选择5米，可根据自身需求调整，一般间隔越小越好

6.距离目标点多远开始追下一个点？本项目由于高速的需求（15m/s），选择了8米，相当于目标点一定在车身8~16米外，这样精度损失较大，可根据自身需求调整。改距离越小则循迹精度越高，但车身稳定性越差，车速越高则应选择更大的距离。

7.控制器：

本项目主要的控制器非常简单，就是一个比例控制器。整个系统的输入为由目标点给定的相对车身航向，反馈环节是陀螺仪得到的航向，两者做差得到偏差（bias）,该偏差输入比例控制器，输出控制量，该控制量作用于被控对象（车身），改变被控量（车身航向），从而使被控量（车身航向）不断趋近于输入（目标点相对车身航向），效果就是车身朝向趋向目标点直至完全对准目标点。



本项目完全为17届智能车极速越野组比赛要求服务，即绕400米操场运行且是竞速比赛，因此简单采用比例控制已可满足要求，可在该基础上增加积分环节提高精度或者拓展更加高级的算法。