

用“卡尔曼滤波器”来处理“加速度计数据”（加速度，陀螺仪调试）

关键词：SCA3000，ADIS16255，加速度计、陀螺仪数据计算处理算法，卡尔曼滤波器、扩展卡尔曼滤波器。关键词：加速度计和陀螺仪驱动，SCA3000，ADIS16250，ADIS16255，温度、重力加速度、角速度计算方法，SPI 总线，SCA3000 模式设置（Mode）、参数设置、读写,ADIS16255 读写、参数设置,陀螺仪数据处理 SCA3000，ADIS16255，加速度计、陀螺仪数据计算处理算法、调试结果，航空模型飞行，无人驾驶飞机，三维数据处理，XYZ 角度，水平垂直仪器装置。

最近专注于 GPS 定位的精度算法研究。众所周知 GPS 有一定的误差，如果 GPS 的误差在 10 米范围的话，远超过了车道的宽度，要想定位在车道上，确实是个难度。可以利用固定 GPS 基站的方式来校准精度，但还有一个问题，芯片提供的定位周期最快只有一秒。就是说，这一秒范围内的轨迹是空白的，当速度达到一定程度的时候，一秒的距离已经很远，甚至已经完成了一个小角度偏转动作。那么这样的话精度将会大大降低。

为了填补这一秒中的轨迹空白，于是我们增加了加速度计和陀螺仪芯片，利用两者数据推算轨迹，将轨迹周期提高到 13 毫秒。陀螺仪内置有 DSP 功能模块，精度相当的高。但加速度计在物体运动的时候，有很大的噪声。去掉这些噪声是必须的，我们选择了卡尔曼滤波器。经过滤波以后的，使得噪声有了很大的收敛。给数据的准确性提升了一个很大的台阶。

卡尔曼的 5 个基本公式：

$$X(k|k-1)=A X(k-1|k-1)+B U(k) \dots\dots\dots (1)$$

$$P(k|k-1)=A P(k-1|k-1) A'+Q \dots\dots\dots (2)$$

$$X(k|k)=X(k|k-1)+Kg(k) (Z(k)-H X(k|k-1)) \dots\dots\dots (3)$$

$$Kg(k)=P(k|k-1) H' / (H P(k|k-1) H' + R) \dots\dots\dots (4)$$

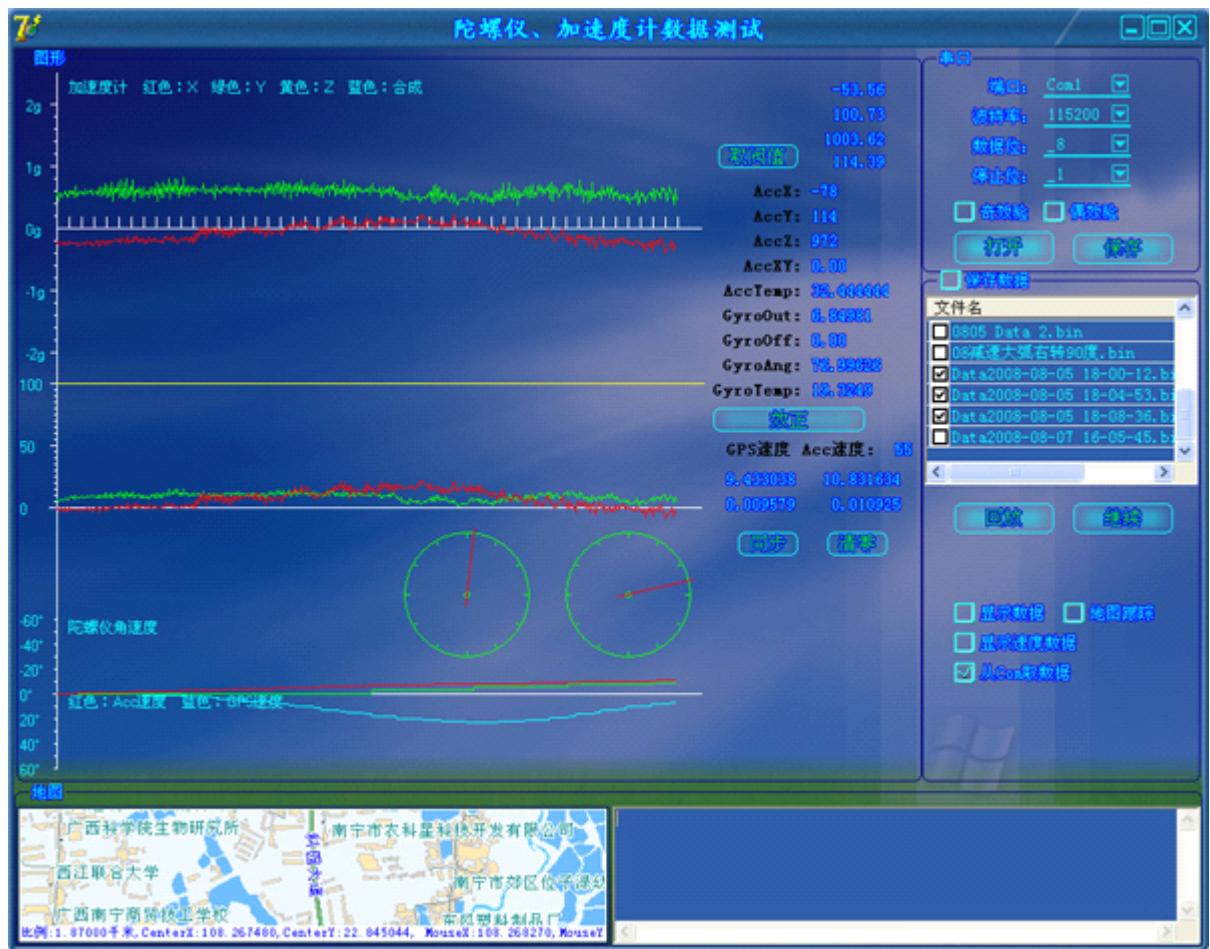
$$P(k|k)=(I-Kg(k) H) P(k|k-1) \dots\dots\dots (5)$$

有关其卡尔曼原理这里不再解释，有兴趣的可以搜索来看看。

附图 1：

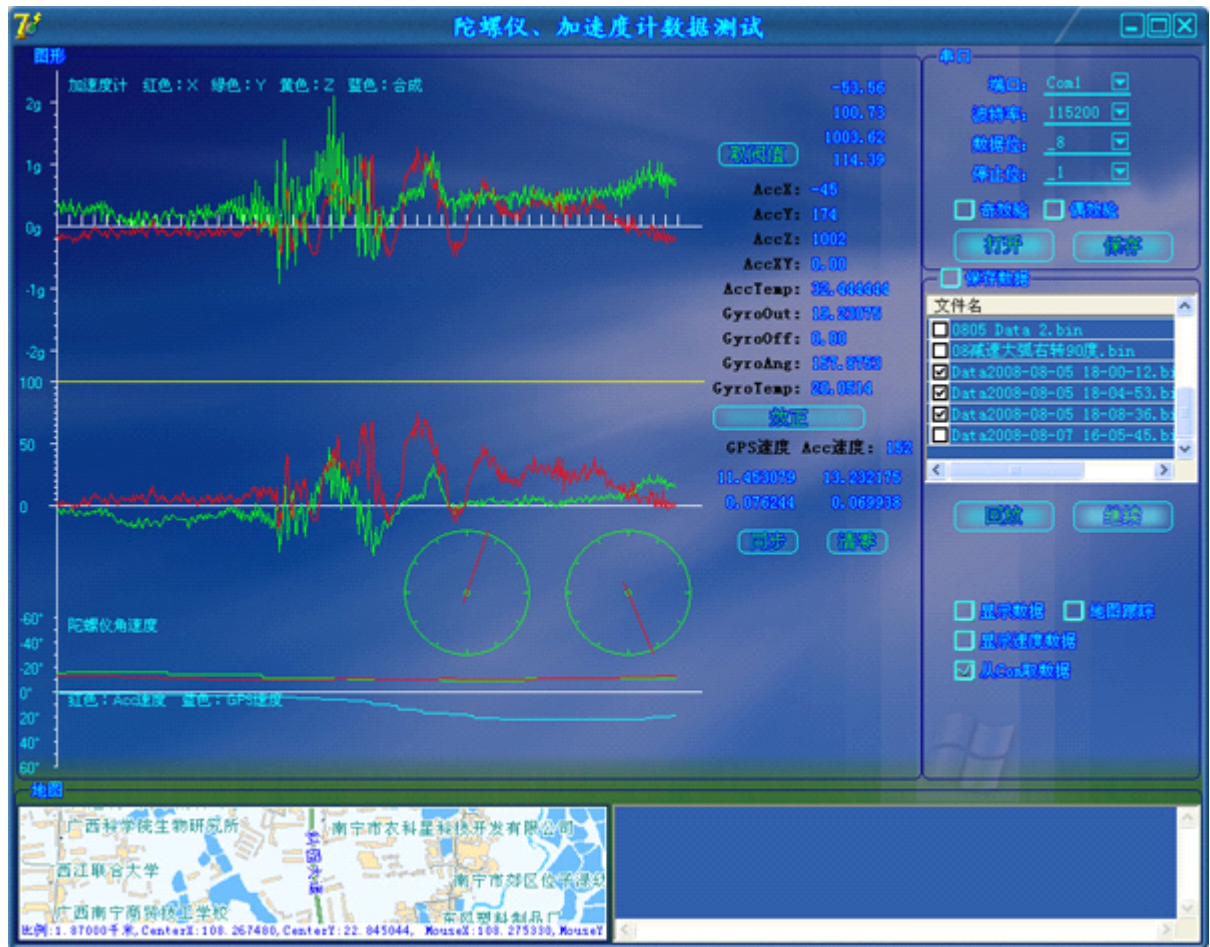
发动机启动后 0 速度的加速度波形（上部分和中间部分）：

X 轴：红色 Y 轴：绿色，上部分为原始的加速度计波形，中间部分绿色的为经过卡尔曼滤波后的波形。



附图 2: 运动和转弯时的波形 (上部分和中间部分):

X 轴: 红色 Y 轴: 绿色, 上部分为原始的加速度计波形, 中间部分绿色的为经过卡尔曼滤波后的波形。



在进行速度推算时，我们有一个要求，在直线运动情况下“推算速度”无限逼近 GPS 速度，在转弯时“推算速度”无限接近用加速度数据计算的速度值（相当于测量值）。也就是说我们需要一个系数，当加速度变化越大，其值就越大，反之就越小。于是我们设计了一个公式：

$$K * K = (A * A) / (A * A + Q * Q)$$

其中 K 就是系数因子，A 是加速度数据值，Q 是加速度数据在 0 加速运动时的噪声，从经验数据看，我们的芯片在 0 加速运动时的噪声范围是 0~30 之间，于是我们取 Q 值 = 20；由于我们要求无限接近，所以在计算 K 之后，还应再加一个公式：

$$K = K + (1 - K) * K$$

我们可以看下图来解释这个公式：

附图 2：速度推算系数因子的波形。

纵向 K 值，横向 A(加速度)值

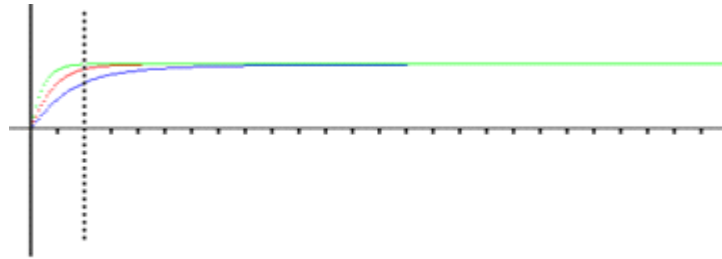
蓝色 K 值计算步骤为：第 1 步： $\sqrt{(A * A) / (A * A + Q * Q)}$ ;

红色 K 值计算步骤为：第 1 步： $\sqrt{(A * A) / (A * A + Q * Q)}$ ，第 2 步： $K = K + (1 - K) * K$ ;

绿色 K 值计算步骤为：第 1 步： $\sqrt{(A * A) / (A * A + Q * Q)}$ ，第 2 步： $K = K + (1 - K) * K$ ；第 3 步： $K = K + (1 - K) * K$ ;

( $\sqrt{\cdot}$ 是开平方)

黑色虚线:  $A=20$  的界限



这个公式的波形接近于对数波形,从图中我们看出,红色  $K$  值波形是最接近我们要求的波形,因为其曲线在  $A>30$  以后接近 1,就是是无限大,30 之前是一个小于 1 的弧线,刚好符合加速度计的噪声范围要求。

陀螺仪:

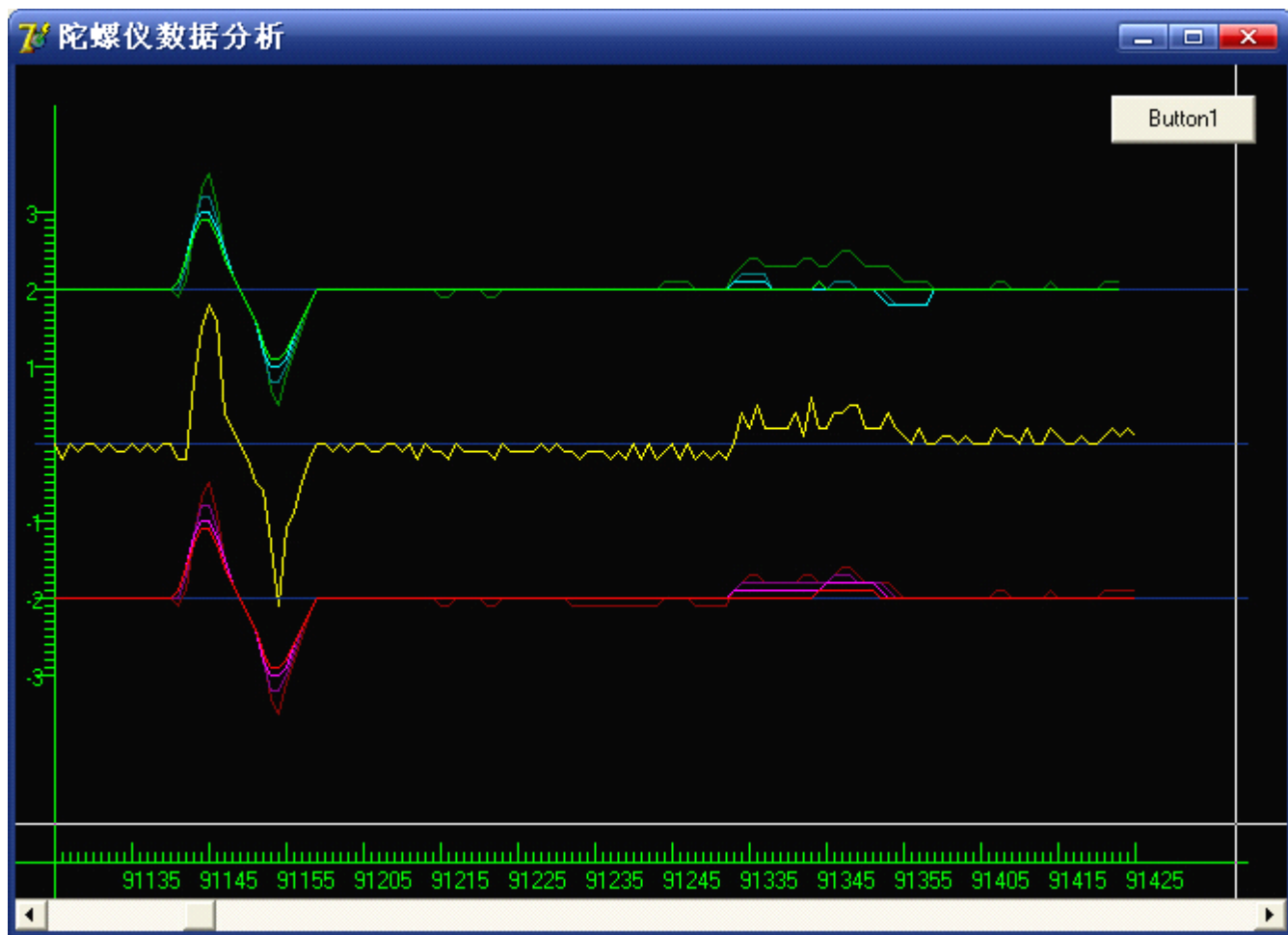
由于 SCA3000 和 ADIS16255 的 SPI 时序有些差异,因此只能采取模拟 SPI 的方式进行通讯。本驱动,下载后可以根据 MCU 具体的引脚定义进行修改。16255 需要进行设置以后,偏差小了很多。SCA3000 基本上不需要进行参数设置。

附图 1,陀螺数据处理后对比图片:

上部分(绿色)曲线为以陀螺仪数据变化量为纵向刻度,离中线最近的开始,依次为 1 次平均值滤波,2 次平均值滤波,3 次平均值滤波,4 次平均值滤波。

中间部分为陀螺仪原值曲线,底部部分(红色)为多次平均值滤波后的陀螺仪数据值。

左转弯后再右转弯回到原来方向,不超过 5 度



附图 2，陀螺数据处理图片：  
多次转弯图，不超过 5 度

