> 编者：
>
> SZTU悍匠平步电控
>
> 参考文章：
>
> 1. 图说卡尔曼滤波，一份通俗易懂的教程 - 论智的文章 - 知乎
> 2. 从全状态观测器到卡尔曼滤波器（四） - 韭菜的菜的文章 - 知乎

卡尔曼滤波：让估计的状态尽可能接近真实值

1.预测：根据$k-1$时刻状态预测k时刻状态

1.1 质量为m的机器人匀速自由运动

定义机器人的状态为X，由于状态X与位置x和速度x'有关，定义状态$X=\begin{bmatrix}x\\x'\end{bmatrix}$

x和x'存在关系，将x和x'的关系，用协方差矩阵表示，可得：不确定性$P=\begin{bmatrix}\sum_{xx} & \sum_{xx'}\\ \sum_{x'x} & \sum_{x'x'}\end{bmatrix}$

> i和j间的关系可用协方差矩阵$\sum_{ij}$表示
>
> 矩阵i,j位置的元素是第i个变量和第j个变量之间的相关程度(协方差)

根据运动学，可得：$x_k=x_{k-1}+\Delta t x'_{k-1}, x'_k=x'_{k-1}$

令$X_k^-=AX_{k-1}^+$，可得：$A=\begin{bmatrix}1 & \Delta t\\0 & 1\end{bmatrix}$

令$P_k^-=AP_{k-1}^+A^T$

> $Cov(x)=\sum$，则$Cov(Ax)=A\sum A^T$

1.2 外部给该机器人力F，沿机器人运动正方向，并考虑外部不可控扰动Q

根据运动学，可得：$x_k=x_{k-1}+\Delta t x'_{k-1}+\frac{1}{2}\frac{F}{m}\Delta t^2, x'_k=x'_{k-1}+\frac{F}{m}\Delta t, x''_k=\frac{F}{m}$

令$u=\begin{bmatrix}F\end{bmatrix}$，$X_k^-=AX_{k-1}^++Bu_{k-1}$，可得：$B=\begin{bmatrix}\frac{\Delta t^2}{2m}\\ \frac{\Delta t}{m}\end{bmatrix}$

令$P_k^-=AP_{k-1}^+A^T+\Gamma Q\Gamma^T$，其中，$\Gamma$一般为单位阵$I$

2. 更新：融合预测值X_k^-与k时刻传感器测量值z_k

令$X_k^+ = X_k^- + K_k(z_k - HX_k^-)$，即最终估计的系统当前状态

令$P_k^+ = \Gamma P_k^- - K_k H P_k^-$，即估计状态的不确定性

其中卡尔曼增益$K_k = \frac{P_k^- H^T}{HP_k^- H^T + R}$，$H$一般为单位阵$I$

Q, R需根据实际调整，相信测量值则调小R，相信预测值则调小Q

3.反馈：

X_k^+, P_k^+进入下一轮卡尔曼滤波

经过多轮滤波，不确定性P越来越小，即实现状态X尽可能接近真实值

控制器：

根据目标值与X_k^+的差值计算力F,作为u输入系统，使系统趋于目标值