**TwinCAT 3自定义卡尔曼滤波功能块使用方法**

|  |  |
| --- | --- |
|  | 作者：袁英杰职务：华东区 技术支持工程师邮箱：yj.yuan@beckhoff.com.cn日期：2023-03-19 |
| **摘 要：**本文介绍自定义库函数KalmanFilter的使用方法。本文将会先简单介绍介绍卡尔曼滤波的基本原理，然后介绍该库下两个功能块的引脚定义及使用方式，最后介绍一个该库的应用案例。 |
| **附 件：**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序 号 | 文件名 | 备注 |
| 1 | KalmanFilter.library | 自定义卡尔曼滤波库 |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

 |
| **历史版本：**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

 |
| **免责声明：**我们已对本文档描述的内容做测试。但是差错在所难免，无法保证绝对正确并完全满足您的使用需求。本文档的内容可能随时更新，如有改动，恕不事先通知，也欢迎您提出改进建议。 |
| **参考信息：** |

目 录

[1. 卡尔曼滤波 3](#_Toc130902792)

[2. 一维功能块定义及使用 4](#_Toc130902793)

[2.1. 功能块图及变量定义 4](#_Toc130902794)

[2.2. 使用事项 4](#_Toc130902795)

[3. 应用Ⅰ 5](#_Toc130902796)

[3.1. 有噪声的周期跳变信号 5](#_Toc130902797)

[3.2. 卡尔曼滤波程序 5](#_Toc130902798)

[3.3. 卡尔曼滤波效果 5](#_Toc130902799)

[4. 二维功能块定义及应用 6](#_Toc130902800)

[4.1. 功能块图及变量定义 6](#_Toc130902801)

[4.2. 使用方法 6](#_Toc130902802)

[5. 应用Ⅱ 7](#_Toc130902803)

[6. 常见问题 7](#_Toc130902804)

[6.1. 局限性 7](#_Toc130902805)

# 卡尔曼滤波

如果用户希望了解卡尔曼滤波的具体推到请参考教材或者相关论文（不建议百度），卡尔曼滤波仅针对线性序列，如果希望处理非线性序列可以考虑扩展卡尔曼滤波、无痕卡尔曼滤波等，它们的基本原理与卡尔曼滤波相当，但需要考虑使用泰勒展开对函数项求导。

给出如下的差分形式的状态空间表达式

$$x\_{k}=A\*x\_{k-1}+B\*u\_{k}+w\_{k}$$

$$z\_{k}=H\*x\_{k}+v\_{k}$$

其中，A是系统矩阵，B是输入矩阵，H是测量矩阵

$w\_{k}$和$v\_{k}$分别是过程噪声和测量噪声，且为高斯白噪声

$$p\left(w\right)=N(0,Q)$$

$$p\left(v\right)=N(0,R)$$

Q和R分别是过程标准差和测量标准差，又由于正态分布的特性，两者都为协方差

为了消除噪声，引入三个变量：

$x\_{k}$称为真实值；

$\hat{\tilde{x}}\_{k}$称为预测值，也称为先验状态估计值；

$\tilde{x}\_{k}$称为估计值，也称为后验状态估计值；

给出卡尔曼增益K，它表征了状态最优估计中的预测误差和测量误差的比重

给出K时刻的先验协方差矩阵$\hat{\tilde{P}}\_{k}$和后验协方差矩阵$\tilde{P}\_{k}$

结合上文的定义，省去数学推导（此处需要明确贝叶斯公式、马尔科夫链的基本定义，并利用矩阵协方差的定义、矩阵的迹、矩阵微分公式的协助推导），得到如下五个表达式

$$\hat{\tilde{x}}\_{k}=A\*\tilde{x}\_{k-1}+B\*u\_{k}$$

$$\hat{\tilde{P}}\_{k}=A\*\tilde{P}\_{k-1}\*A^{T}+Q$$

$$K=\hat{\tilde{P}}\_{k}\*H^{T}\*(H\*\hat{\tilde{P}}\_{k}\*H^{T}+R)^{-1}$$

$$\tilde{x}\_{k}=\hat{\tilde{x}}\_{k}+K(z\_{k}-H\*\hat{\tilde{x}}\_{k})$$

$$\tilde{P}\_{k}=(I-K\*H)\hat{\tilde{P}}\_{k}$$

# 一维功能块定义及使用

## 功能块图及变量定义



输出和输入都为LREAL型，可以根据需求修改变量类型，但需要同时修改所有内部变量的数据类型。



系统协方差和测量协方差的默认初值为2和100，可以作为输入变量修改。

## 使用事项

由于TwinCAT缺少有效的矩阵运算方法，因此此功能块仅仅针对一维的信号，转移矩阵都为1，矩阵的求逆变为除法。

在变量声明区定义KalmanFilter类型的变量kalmanfilter，函数实例化如下



# 应用Ⅰ

## 有噪声的周期跳变信号



## 卡尔曼滤波程序



## 卡尔曼滤波效果



绿色曲线是跳变的有噪声的信号，蓝色信号是动态的低通滤波，黄色曲线是卡尔曼滤波的结果。本例程没有动态使用卡尔曼滤波，所以其动态性能不如动态滤波器，但稳态响应较好，曲线波动更小。

# 二维功能块定义及应用

## 功能块图及变量定义



上侧的四个信号位输入变量，下侧的四个信号为输入输出变量，不建议修改变量的维数，这会导致程序中巨大的改动。



## 使用方法

针对确定的模型，在输入输出中填入系统的所有矩阵，并将测量信号输入至NewData。可以调整调整Q和R的值以达到最优的滤波效果。

请注意系统的可控性和可观性，这点在报错中会体现，如果出现报错请将clearError置位后复位。

如果系统矩阵过于随意，可能会导致估计状态在迭代过程中溢出，这一点在功能块中进行了规避，如果出现这种错误，请重新激活配置。



在没有输入控制的情况下也请将该引脚赋值，为0即可。

# 应用Ⅱ

输入信号为如下的跳变噪声



滤波结果如下，观测矩阵为0.1和1，因此状态2（橙色曲线）接近输出信号，状态1为（蓝色曲线）任意状态。



# 常见问题

## 局限性

该库下的两个功能块一个只能处理一维状态无控制信号，另一个只能处理二维SISO状态信号，代码源码并未编译，可修改表达式、或使用外部软件进行矩阵的乘法、转置、求逆等计算从而处理二维状态以上的信号或者MIMO系统。

**上海（ 中国区总部）**

中国上海市静安区汶水路 299 弄 9号（市北智汇园）

电话: 021-66312666

**北京分公司**

北京市西城区新街口北大街 3 号新街高和大厦 407 室

电话: 010-82200036 邮箱: beijing@beckhoff.com.cn

**广州分公司**

广州市天河区珠江新城珠江东路32号利通广场1303室

电话: 020-38010300/1/2 邮箱: guangzhou@beckhoff.com.cn

**成都分公司**

成都市锦江区东御街18号 百扬大厦2305 室

电话: 028-86202581 邮箱: chengdu@beckhoff.com.cn

|  |  |
| --- | --- |
| 请用微信扫描二维码通过公众号与技术支持交流 | 倍福官方网站：https://www.beckhoff.com.cn在线帮助系统：https://infosys.beckhoff.com/index\_en.htm |
| 倍福虚拟学院：https://tr.beckhoff.com.cn/ |
| 招贤纳士：job@beckhoff.com.cn技术支持：support@beckhoff.com.cn产品维修：service@beckhoff.com.cn方案咨询：sales@beckhoff.com.cn |
|  |