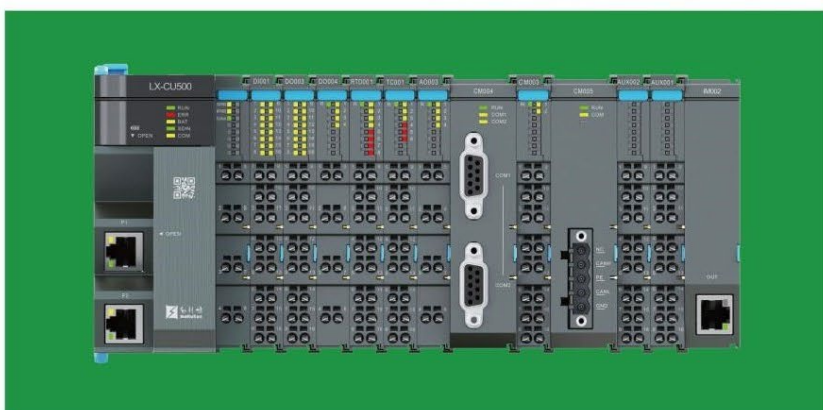
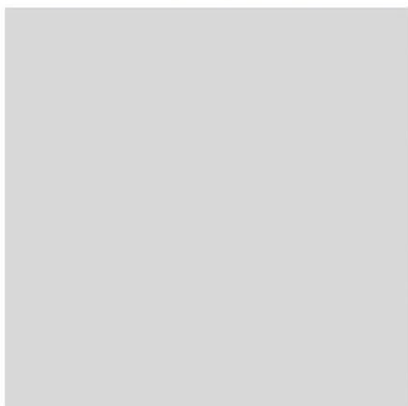




LX系列可编程控制器 反馈控制功能指令手册

版权声明

手册内容，包括文字、图表、标志、标识、商标、产品型号、软件程序、版面设计及其它内容等，均受《中华人民共和国著作权法》、《中华人民共和国商标法》、《中华人民共和国专利法》及与之适用的国际公约中有关著作权、商标权、专利权或其他财产所有权法律的保护，为北京和利时智能技术有限公司专属所有或持有。

由于本手册中所描述的设备有多种使用方法，用户以及设备使用责任人必须保证每种方法的可容许性。对由使用或错误使用这些设备造成的任何直接或间接损失，北京和利时智能技术有限公司将不负法律责任。

由于实际应用时的不确定因素，北京和利时智能技术有限公司不承担直接使用本手册中提供的数据的责任。

本手册仅供商业用户阅读，在未得到北京和利时智能技术有限公司书面授权的情况下，无论出于何种目的和原因，不得以任何形式（包括电子、机械或其它形式）传播或复制本手册的任何内容。违者我公司将依法追究其相关责任。

已核对本手册中的内容、图表与所述硬件设备相符，但误差难以避免，并不能保证完全一致。同时，会定期对手册的内容、图表进行检查、修改和维护，恕不另行通知。

HollySys、和利时、的字样和徽标均为北京和利时智能技术有限公司的商标或注册商标。手册中涉及到的其他商标或注册商标属于它们各自的拥有者。

北京和利时智能技术有限公司版权所有。

地址：北京经济技术开发区地盛中路 2 号院

邮编：100176

商务电话：010-5898 1588

产品咨询热线：400-811-1999

技术支持电话：010-58981514

传真：010-5898 1558

和利时集团网址：<http://www.hollysys.com/>

FA 业务官网：<https://fa.hollysys.com/>

Email: PLC@hollysys.com

新浪微博：<http://weibo.com/hollysysplc>

目录

第 1 章	前言	1
1.1	本文档用途	1
1.2	阅读对象	1
1.3	对象产品	1
1.4	使用声明	1
1.5	安全注意事项	2
1.5.1	安全声明	2
1.5.2	警告提示	2
第 2 章	文档指南	4
2.1	相关手册	4
2.2	使用约定	5
2.3	关于手册获取	5
第 3 章	手册修订记录	6
第 4 章	滤波器	7
4.1	无限脉冲响应滤波器	7
4.1.1	First_Order_Filter（一阶滤波器）	7
4.1.2	First_Order_Differentiator（一阶滤波微分滤波器）	10
4.2	有限脉冲响应滤波器	14
4.2.1	Sliding_Window_Filter（滑动窗口滤波器）	14
第 5 章	信号模拟与处理器	18
5.1	Pulse_Width_Modulation_ZOH（零阶保持脉冲宽度调制器）	18
5.1.1	版本	18
5.1.2	功能	18
5.1.3	参数	18
5.1.4	错误码	19
5.1.5	示例	19
5.1.6	注意事项	20
5.2	Hysteresis_Generator（含磁滞环节开关器）	21
5.2.1	版本	21
5.2.2	功能	21
5.2.3	参数	21

5.2.4	错误码	22
5.2.5	示例	23
5.2.6	注意事项	25
第 6 章	PID 控制相关.....	26
6.1	Hysteresis_PID_Tuner（继电振荡 PID 参数整定器）	26
6.1.1	版本	26
6.1.2	功能	26
6.1.3	参数	27
6.1.4	错误码	28
6.1.5	示例	28
6.1.6	注意事项	31
6.2	PID_Controller（PID 控制器）	32
6.2.1	版本	32
6.2.2	功能	32
6.2.3	参数	34
6.2.4	错误码	38
6.2.5	示例	39
6.2.6	注意事项	43
第 7 章	自抗扰控制相关	45
7.1	自抗扰控制组件	45
7.1.1	Tracker_Differentiator（跟踪微分器）	45
第 8 章	长时滞	49
8.1	Smith_Predictor_TF（Smith 预估器）	49
8.1.1	版本	49
8.1.2	功能	49
8.1.3	参数	49
8.1.4	错误码	50
8.1.5	示例	51
8.1.6	注意事项	53

第1章 前言

1.1 本文档用途

本文档将介绍 LX 系统中反馈控制功能指令的使用，包含功能介绍、指令的参数说明、组态示例等内容。使用本手册时，请结合 LX 系列其他产品资料一起使用，帮助您更灵活的组态。

1.2 阅读对象

本手册供具有自动化及控制系统专业知识的工程师或相关专业技术人员使用。

1.3 对象产品

本手册适用的产品对象如下：

- LX 系列 PLC 产品

1.4 使用声明

- 本手册内容都按规定经过测试，图表与所述软件和硬件产品相符，但误差不可避免，并不能保证完全一致。如果您有关于改进或更正本手册内容的任何建议，请及时告知，我们将在下个版本进行修正。
- 因产品迭代更新，本手册中的相关参数和信息有可能会发生变更。如有问题，请咨询技术支持。
- 由于本手册中所描述的设备有多种使用方法，用户以及设备使用责任人必须保证每种方法的可容许性。对由使用或错误使用这些设备造成的任何直接或间接损失，和利时公司将不负法律责任。
- 由于实际应用时的不确定因素，和利时公司不承担直接使用本手册中提供的数据的责任。

1.5 安全注意事项

1.5.1 安全声明

- (1) 使用本产品前，请先阅读并遵守本安全注意事项。
- (2) 为保障人身和设备安全，在使用本产品时，请严格遵守产品上标识信息及手册中的安全注意事项。
- (3) 手册中的“注意”、“小心”、“警告”和“危险”事项，并不代表所应遵守的所有安全事项，只作为所有安全注意事项的补充。
- (4) 本产品应在符合设计规格要求的环境下使用，否则可能造成故障，因未遵守相关规定引发的设备损坏不在产品质量保证范围之内。
- (5) 对于任何未按本手册规定操作或不符合要求的人员操作导致的人身安全事故和财产损失，和利时公司概不负责。

1.5.2 警告提示

为了您的人身安全以及避免财产损失，必须注意本手册中的警告提示。以下警告提示根据危险等级由高到低表示。当存在多个危险等级时，仅提示最高等级，如果最高等级为导致人身伤害的警告提示，则同时可能存在导致财产损失的警告。

- 人身安全提示：用一个警告三角  表示。
- 财产损失提示：不带警告三角。

 危险
表示如果不按规定操作，将会导致死亡或者严重的人身伤害。

 警告
表示如果不按规定操作，可能导致死亡或者严重的人身伤害。



小心

表示如果不按规定操作，可能导致轻微的人身伤害。

注意

表示如果不按规定操作，可能导致财产损失。

第2章 文档指南

2.1 相关手册

本产品的手册种类如下表所示，请根据使用目的选读。

手册名称	用途	内容
LX 系列可编程控制器模块手册	了解 LX 系统硬件模块相关信息	对所有硬件模块进行说明，内容包含： 模块功能 硬件接口 接线 指示灯 技术参数
LX 系列可编程控制器通信手册	指导用户搭建 LX 系统通信网络	对 LX 系统所支持的通信网络进行说明，内容包含： 通讯协议介绍以及功能使用
LX 系列可编程控制器编程手册	了解 FA-AutoThink 编程软件的使用	对 FA-AutoThink 编程软件的界面、功能及相关操作进行说明，内容包含： 软件界面介绍 工程创建 编程 在线调试功能
LX 系列可编程控制器基本指令手册	了解 LX 系统基本控制指令的使用	对基本控制指令的使用进行说明，内容包含： 指令功能 参数 示例
LX 系列可编程控制器运动指令手册	了解 LX 系统运动控制指令的使用	对运动指令的使用进行说明，内容包含： 指令功能 参数 示例
LX 系列可编程控制器 PLCopen 指令手册	了解 LX 系统 PLCopen 运动控制指令的使用	对 PLCopen 运动指令的使用进行说明，内容包含： 参数 功能 示例 使用注意事项 参见

2.2 使用约定

在本手册中使用以下符号：

-  提示：该符号表示有用的技巧或建议，以便更高效地使用产品。

2.3 关于手册获取

如需获得电子版 PDF 手册文件，可通过以下方式获取：

登陆和利时公司官网（<https://cn.hollysys.com/other/download.html>）下载。

第3章 手册修订记录

手册版本	修订日期	修订内容
V1.0	2025 年 10 月	创建

第4章 滤波器

4.1 无限脉冲响应滤波器

4.1.1 First_Order_Filter（一阶滤波器）

4.1.1.1 版本

支持该功能块的软件版本为 V3.2.3 及以上，不支持该指令的控制器固件版本有 LX-CU500-A01 (V1.0.0) 和 LX-CU500-A02 (V1.1.0)。

4.1.1.2 功能

使用该功能块可对输入信号进行处理，有效滤除信号中的高频噪声成分。

First_Order_Filter 通过一个含有一阶惯性环节的传递函数，采用 Tustin 离散化方法得到相应的离散差分方程，并利用该差分方程对输入信号进行处理，将信号中的高频成分进行滤除。若处理过程中出现错误，则 Error 被置为 TRUE，ErrorID 指示具体的错误原因，同时 FilteredSignal 将被清零。



First_Order_Filter 功能块

4.1.1.3 参数

参数	声明	数据类型	说明	默认值
SampledSignal	Input	LREAL	信号输入 将采集到的信号连接到该引脚，则一阶滤波器将对该信号进行滤波	0

TimeConst	Input	LREAL	滤波时间常数（单位：秒） 用于滤波过程值的时间常数，当该值设为 0 时，对于过程值的滤波将不再发挥作用，输出值即为输入值本身，参数 TimeConst 的设置会直接影响信号的幅值与相位，值越大，滤波降噪效果越好，但其幅值越小，相位滞后越大；0 值越小，滤波降噪效果越差，但幅值接近原信号，相位滞后越小。 请注意 TimeConst 参数配置为调用该功能块任务周期的 10~100 倍。	
Reset	Input	BOOL	复位配置： TRUE：复位 FALSE：不复位	FALSE
FilteredSignal	Output	LREAL	滤波后的信号输出	0
Error	Output	BOOL	输入参数非法标识，当输入参数非法时该参数输出为 TRUE	FALSE
ErrorID	Output	CTRL_ALGO_LIB_ERR_LIST	VALID：无错误 其他：参见 错误码	VALID

4.1.1.4 错误码

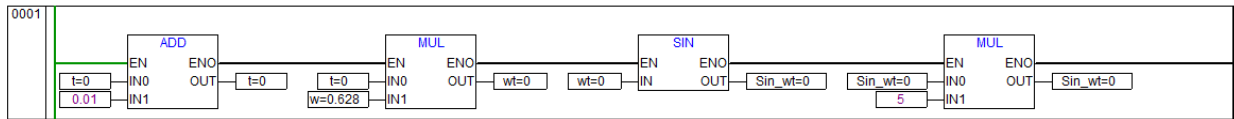
错误名	说明
SampledSignal_REQUIRED_FFINITE	采集信号范围要求为 $-1 \times 10^{300} \sim 1 \times 10^{300}$
TimeConst_REQUIRED_FFINITE	TimeConst 要求不超过 1×10^{300}
TimeConst_REQUIRED_POSI	TimeConst 要求为正
TimeConst_REQUIRED_NON_NEGA	TimeConst 要求为非负数
TASK_IS_SINGLE	任务为单次
TASK_IS_FULLSPEED	任务为全速

4.1.1.5 示例

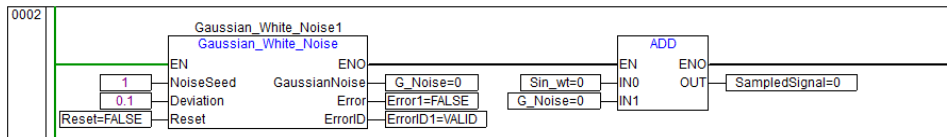
该示例仅用于进一步说明 First_Order_Filter 的使用，而非实际应用场景。

使用 First_Order_Filter 对信号进行滤波降噪，说明如下：

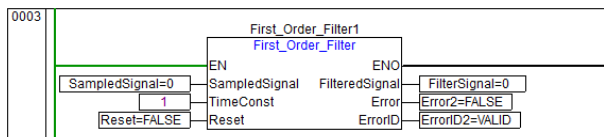
- 程序节 0001 用于模拟一个幅值为 5，频率为 0.628rad/s，初始相位为 0 的正弦信号。



- 程序节 0002 中的 Gaussian_Write_Noise 为自定义功能块，用于模拟均方差为 0.1 的高斯白噪声，并将该噪声信号加到程序节 0001 中的正弦信号上，得到原始信号 SampledSignal。

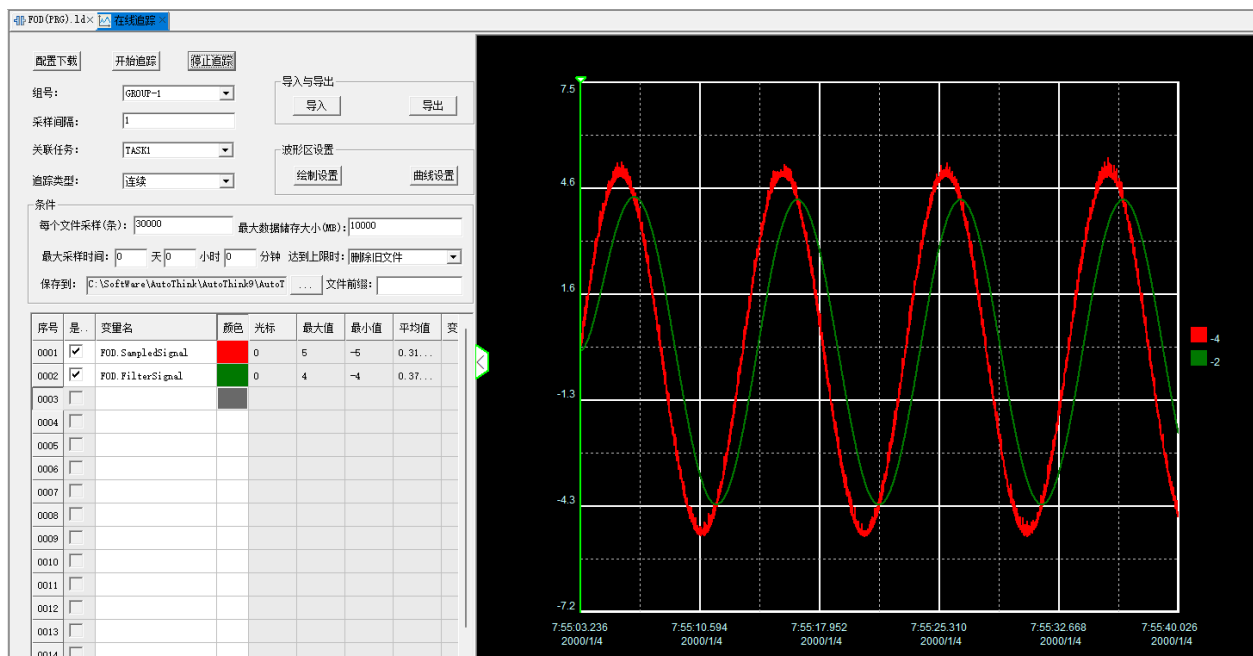


- 程序节 0003 使用 First_Order_Filter 对带有噪声的 SampledSignal 信号进行滤波降噪。任务周期为 0.01s，TimeConst 设置为 1。



在线追踪 SampledSignal 和 FilterSignal 的结果如下图所示，可以看出，First_Order_Filter 对信号噪声具有明显的滤除效果。

- 红色线条：滤波前的原始信号（SampledSignal）。
- 绿色线条：滤波后的信号（FilteredSignal）。



4.1.1.6 注意事项

实际使用时，对于 TC 模块、AI 模块采集到的信号码值，需进行换算后，得到实际值（温度值、电压值等），作为 SampledSignal 原始信号。

该功能块需要在周期类型的 IEC 任务中调用。

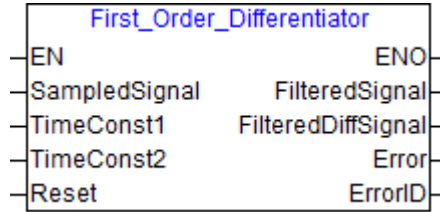
4.1.2 First_Order_Differentiator（一阶滤波微分滤波器）

4.1.2.1 版本

支持该功能块的软件版本为 V3.2.3 及以上，不支持该指令的控制器固件版本有 LX-CU500-A01 (V1.0.0) 和 LX-CU500-A02 (V1.1.0)。

4.1.2.2 功能

通过串联两个一阶滤波器与一个向前差分运算，对信号与信号微分中的高频成分同时进行滤除。



First_Order_Differentiator 功能块

4.1.2.3 参数

参数	声明	数据类型	说明	默认值
SampledSignal	Input	LREAL	信号输入 将采集到的信号连接到该引脚，则一阶滤波微分滤波器 将对该信号进行滤波	0
TimeConst1	Input	LREAL	滤波时间常数（单位：秒） 用于滤波过程值的时间常数，当该值设为 0 时，滤波功能不生效，输出值即为输入值本身 参数 TimeConst1 的设置会直接影响信号的幅值与相位，TimeConst1 值越大，滤波降噪效果越好，但其幅值越小，相位滞后越大；TimeConst1 值越小，滤波降噪效果越差，但幅值接近原信号，相位滞后越小。 请注意 TimeConst1 参数配置为任务周期的 10~100 倍。	0
TimeConst2	Input	LREAL	微分滤波时间常数（单位：秒） 用于滤波过程值微分的时间常数，当该值设为 0 时，滤波功能不生效，输出值即为过程值的向前一阶差分 参数 TimeConst2 的设置会直接影响信号的幅值与相位，TimeConst2 值越大，滤波降噪效果越好，但其幅值越小，相位滞后越大；TimeConst2 值越小，滤波降噪效果越差，但幅值接近原信号，相位滞后越小。 请注意 TimeConst2 参数配置为任务周期的 10~100 倍。	0
Reset	Input	BOOL	复位配置： TRUE：复位 FALSE：不复位	FALSE
FilteredSignal	Output	LREAL	滤波后的信号输出	0
FilteredDiffSignal	Output	LREAL	滤波后的微分信号输出	0
Error	Output	BOOL	当输入参数非法时，算法块跳出并且该参数输出为 TRUE	FALSE

ErrorID	Output	CTRL_ALGO_LIB_ERR_LIST	VALID: 无错误 其他: 参见 错误码	VALID
---------	--------	------------------------	--	-------

4.1.2.4 错误码

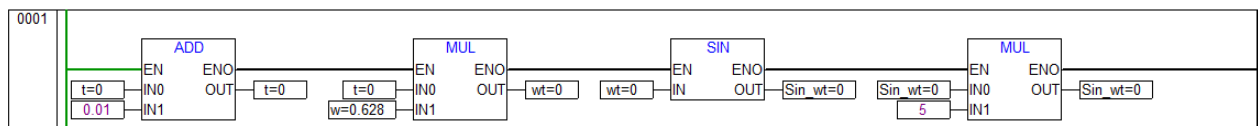
错误名	说明
SampledSignal_REQUIRED_FFINITE	采集信号范围要求为 $-1 \times 10^{300} \sim 1 \times 10^{300}$
TimeConst1_REQUIRED_NON_NEGA	TimeConst1 要求为非负数
TimeConst1_REQUIRED_FFINITE	TimeConst1 要求不超过 1×10^{300}
TimeConst2_REQUIRED_NON_NEGA	TimeConst2 要求为非负数
TimeConst2_REQUIRED_FFINITE	TimeConst2 要求不超过 1×10^{300}
TASK_IS_SINGLE	任务为单次
TASK_IS_FULLSPEED	任务为全速

4.1.2.5 示例

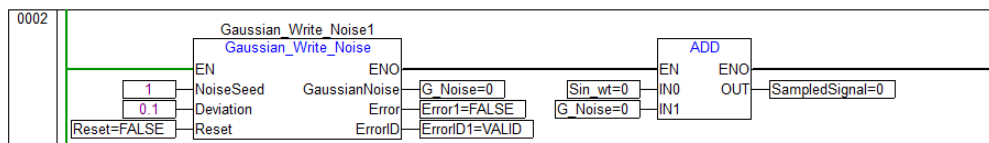
该示例仅用于进一步说明 First_Order_Differentiator 的使用，而非实际应用场景。

使用 First_Order_Differentiator 对信号进行滤波降噪，并提取其微分信号，说明如下：

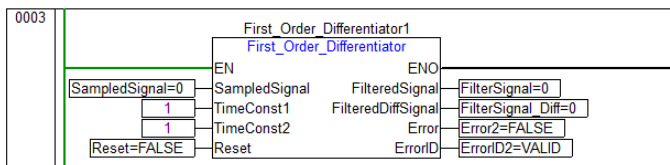
- 程序节 0001 用于模拟一个幅值为 5，频率为 0.628rad/s ，初始相位为 0 的正弦信号。



- 程序节 0002 中的 Gaussian_Write_Noise 为自定义功能块，用于模拟均方差为 0.1 的高斯白噪声，并将该噪声信号加到程序节 0001 中的正弦信号上，得到原始信号 SampledSignal。

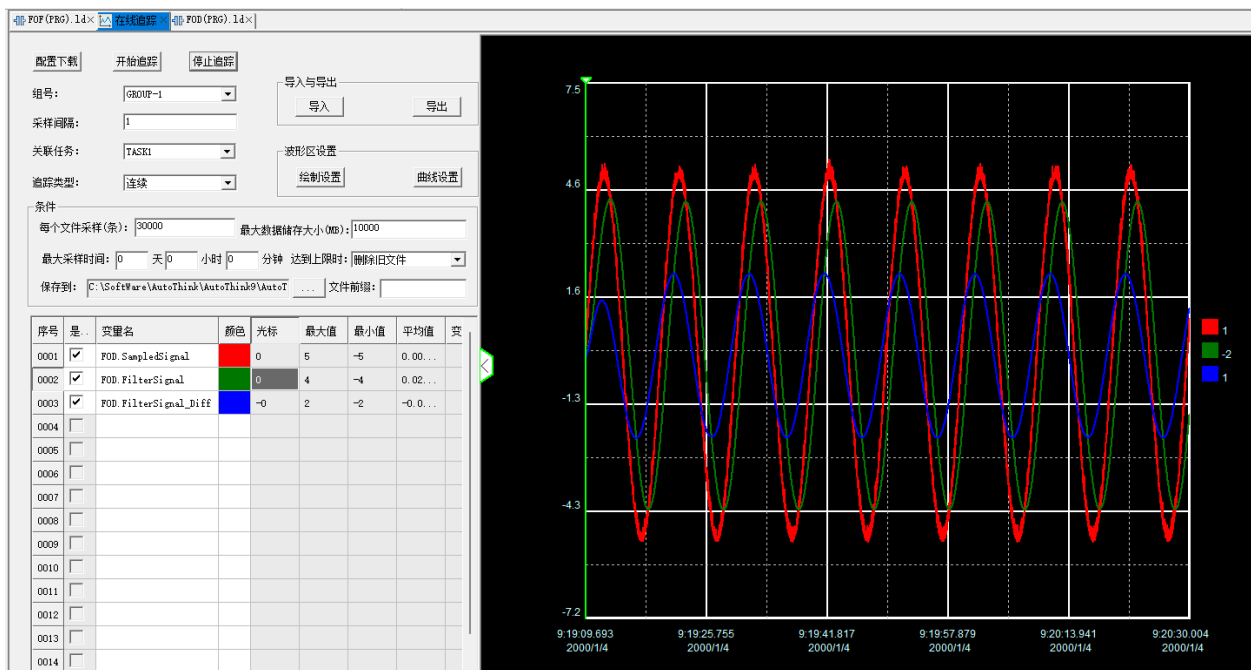


- 程序节 0003 使用 First_Order_Differentiator 对带有噪声的 SampledSignal 信号进行滤波降噪，并提取其微分信号。任务周期为 0.01s，TimeConst1/TimeConst2 设置为 1。



在线追踪 SampledSignal、FilteredSignal 和 FilteredDiffSignal 的结果如下图所示，可以看出，First_Order_Differentiator 对信号噪声具有明显的滤除效果，且提取的微分信号也基本无噪声。

- 红色线条：滤波前的原始信号（SampledSignal）。
- 绿色线条：滤波后的信号（FilteredSignal）。
- 蓝色线条：滤波后的微分信号（FilteredDiffSignal）。



4.1.2.6 注意事项

实际使用时，对于 TC 模块、AI 模块采集到的信号码值，需进行换算后，得到实际值（温度值、电压值等），作为 SampledSignal 原始信号。

该功能块需要在周期类型的 IEC 任务中调用。

4.2 有限脉冲响应滤波器

4.2.1 Sliding_Window_Filter（滑动窗口滤波器）

4.2.1.1 版本

支持该功能块的软件版本为 V3.2.3 及以上，不支持该指令的控制器固件版本有 LX-CU500-A01 (V1.0.0) 和 LX-CU500-A02 (V1.1.0)。

4.2.1.2 功能

通过对固定数量的历史输入信号进行平均处理以得到滤波后的信号，可滤除信号中的高频噪声。



Sliding_Window_Filter 功能块

4.2.1.3 参数

参数	声明	数据类型	说明	默认值
SampledSignal	Input	LREAL	将采集到的温度信号(或其它需要监测的过程信号)输入该参数，滑窗滤波器将对该信号进行滤波。	0
WindowSize	Input	DINT	滑窗滤波器的窗口大小，当该值设为 1 时（单位：个），滑窗滤波器将不再发挥作用，输出信号等于输入信号。 WindowSize 越大，均值效果越好，相位滞后越大；WindowSize 越小，均值效果越差，而其相位滞后越小。因此对 WindowSize 的选取需慎重，选择合适信号的参数。	0
ExtremumRemoval	Input	BOOL	剔除最值开关 TRUE：剔除输入窗口内的最大值最小值功能打开(仅当 WindowSize 大于等于 3 时，其功能打开时有效)	FALSE

			FALSE/WindowSize<3: 功能关闭 滤波窗口内采集信号个别值跳变较大时, 建议进行最值剔除	
Reset	Input	BOOL	复位配置: TRUE: 复位 FALSE: 不复位	FALSE
FilteredSignal	Output	LREAL	滤波后的输出信号	0
Error	Output	BOOL	当输入参数非法时, 该参数输出为 TRUE	FALSE
ErrorID	Output	CTRL_ALGO_LIB_ERR_LIST	VALID: 无错误 其他: 参见 错误码	VALID

4.2.1.4 错误码

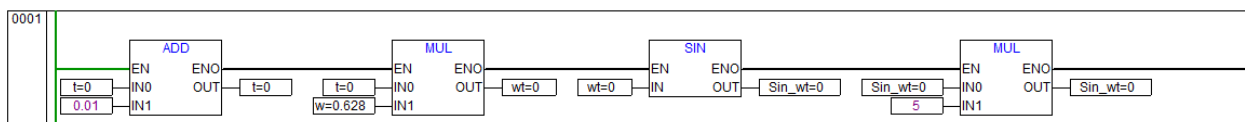
错误名	说明
SampledSignal_REQUIRED_FFINITE	采集信号范围要求为 $-1 \times 10^{300} \sim 1 \times 10^{300}$
WindowSize_REQUIRED_LE_1000	WindowSize 要求不超过 1000
WindowSize_REQUIRED_POSI	WindowSize 要求为正
TASK_IS_SINGLE	任务为单次
TASK_IS_FULLSPEED	任务为全速

4.2.1.5 示例

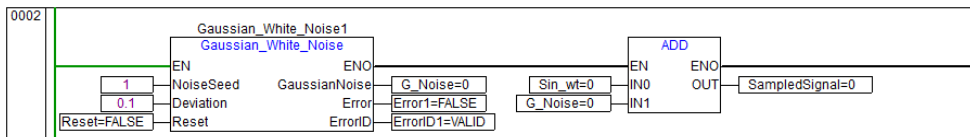
该示例仅用于进一步说明 Sliding_Window_Filter 的使用, 而非实际应用场景。

使用 Sliding_Window_Filter 对信号进行滑动窗口平均处理, 说明如下:

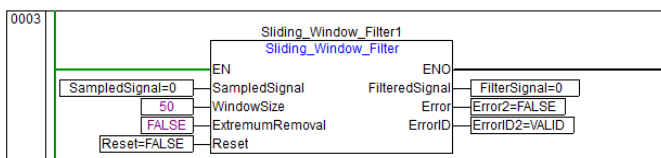
- 程序节 0001 用于模拟一个幅值为 5, 频率为 0.628rad/s, 初始相位为 0 的正弦信号。



- 程序节 0002 中的 Gaussian_Write_Noise 为自定义功能块, 用于模拟均方差为 0.1 的高斯白噪声, 并将该噪声信号加到程序节 0001 中的正弦信号上, 得到原始信号 SampledSignal。

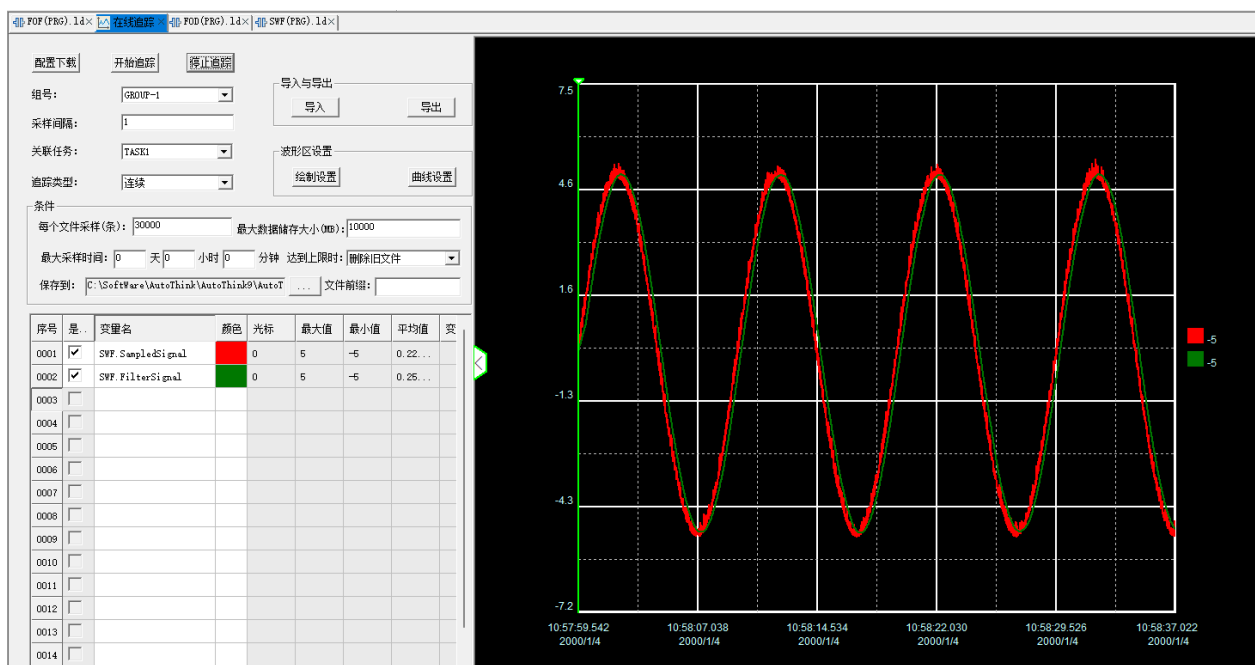


- 程序节 0003 使用 Sliding_Window_Filter 对带有噪声的 SampledSignal 信号进行滤波降噪。任务周期为 0.01s，窗口大小设置为 50。



在线追踪 SampledSignal 和 FilteredSignal 的结果如下图所示，可以看出，Sliding_Window_Filter 对信号噪声具有明显的滤除效果。

- 红色线条：滤波前的原始信号（SampledSignal）。
- 绿色线条：滤波后的信号（FilteredSignal）。



4.2.1.6 注意事项

实际使用时，对于 TC 模块、AI 模块采集到的信号码值，需进行换算后，得到实际值（温度值、电压值等），作为 SampledSignal 原始信号。

该功能块需要在周期类型的 IEC 任务中调用。

第5章 信号模拟与处理器

5.1 Pulse_Width_Modulation_ZOH（零阶保持脉冲宽度调制器）

5.1.1 版本

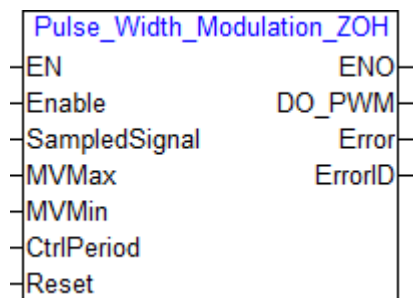
支持该功能块的软件版本为 V3.2.3 及以上，不支持该指令的控制器固件版本有 LX-CU500-A01 (V1.0.0) 和 LX-CU500-A02 (V1.1.0)。

5.1.2 功能

该功能块实现了脉冲宽度调制信号生成，是一种通过调节信号的占空比来控制模拟信号的数字技术。

在此功能块中，输入信号通过零阶保持器在采样点间进行线性插值后生成 PWM 信号。控制系统通过零阶保持器将离散控制信号转换为连续阶梯信号，再结合 PWM 技术实现数字式闭环控制，可抑制高频干扰并优化系统稳定性。

该功能块适用于需要使用开关量进行输出控制的应用场景，如继电器控制等。



Pulse_Width_Modulation_ZOH 功能块

5.1.3 参数

参数	声明	数据类型	说明	默认值
----	----	------	----	-----

Enable	Input	BOOL	高电平使能开关	FALSE
SampledSignal	Input	LREAL	输入控制量，通常是某控制输出值	0
MVMax	Input	LREAL	通道可以输出的最大控制量，其单位需要与控制模式下的控制量一致	100
MVMin	Input	LREAL	通道可以输出的最小控制量，其单位需要与控制模式下的控制量一致	0
CtrlPeriod	Input	LREAL	PWM 输出信号的周期（单位：秒） 通过该参数设置脉冲宽度调制的控制周期 当任务周期设定后，CtrlPeriod 设置越大，其占空比输出精度越高，但采样频率会降低；若 CtrlPeriod 设置越小，其采样频率越高，但占空比输出精度越低。 调用该功能块的任务周期一般设置为 10~100ms，CtrlPeriod 建议设置为调用该功能块任务周期的 10~100 倍	0
Reset	Input	BOOL	复位配置： TRUE：复位 FALSE：不复位	FALSE
DO_PWM	Output	BOOL	脉宽调制数字输出点，即用于控制的 DO 点	FALSE
Error	Output	BOOL	当输入参数非法时，该参数输出为 TRUE	FALSE
ErrorID	Output	CTRL_ALGO_LIB_ERR_LIST	VALID：无错误 其他：参见 错误码	VALID

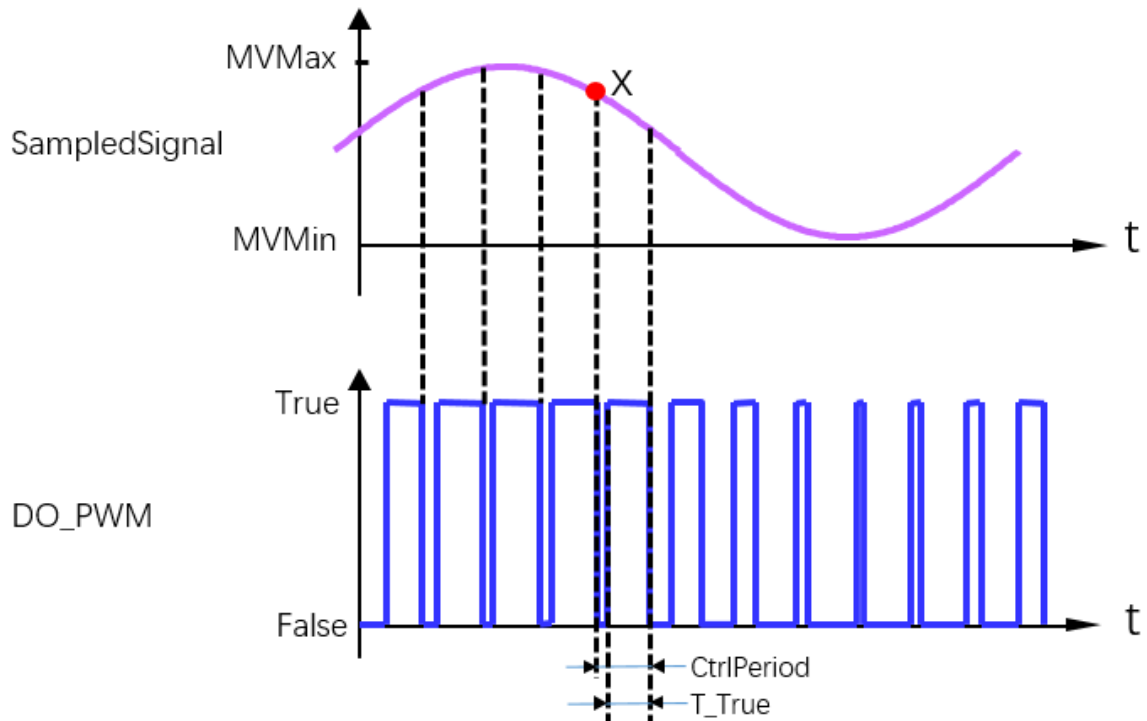
5.1.4 错误码

错误名	说明
SampledSignal_REQUIRED_FFINITE	SampledSignal 范围要求为 $-1 \times 10^{300} \sim 1 \times 10^{300}$
MVMax_REQUIRED_FFINITE	MVMax 范围要求为 $-1 \times 10^{300} \sim 1 \times 10^{300}$
MVMax_REQUIRED_GT_MVMin	MVMax 要求大于 MVMin
MVMin_REQUIRED_FFINITE	MVMin 范围要求为 $-1 \times 10^{300} \sim 1 \times 10^{300}$
ControlPeriod_REQUIRED_FFINITE	CtrlPeriod 范围要求为 $1 \times \text{任务周期时间} \sim 2 \times 10^9 \times \text{任务周期}$
TASK_IS_SINGLE	任务为单次
TASK_IS_FULLSPEED	任务为全速

5.1.5 示例

如图所示，Pulse_Width_Modulation_ZOH 是将采集的模拟量转化为数字量，在一个控制周期内，先输

出低电平（FALSE），再输出高电平（TRUE）。高电平（TRUE）占空比为： $\frac{X-MVMin}{MVMax-MVMin}$ 或 $\frac{T_True}{CtrlPeriod}$ ，低电平（FALSE）占空比为：1-高电平占空比。



注：

- **X**：SampledSignal 实际值。
- **T_True**：周期内高电平所占的时间

5.1.6 注意事项

MVMax 和 MVMin 表示输出限幅的上下限，因为实际物理系统中输出一定存在上下限，输出限幅为必需配置项，请注意上下限（MVMax 和 MVMin）设置。

该功能块需要在周期类型的 IEC 任务中调用。

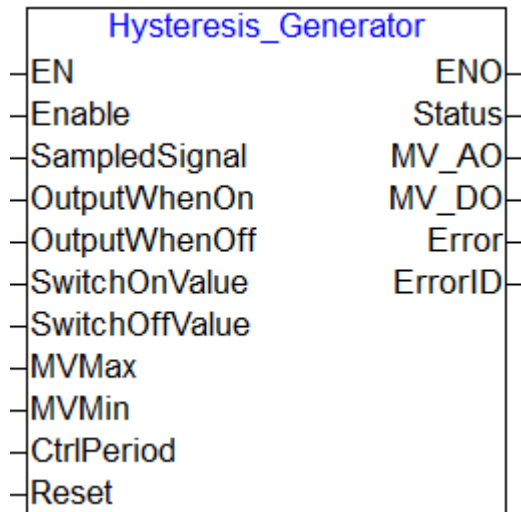
5.2 Hysteresis_Generator（含磁滞环节开关器）

5.2.1 版本

支持该功能块的软件版本为 V3.2.3 及以上，不支持该指令的控制器固件版本有 LX-CU500-A01（V1.0.0）和 LX-CU500-A02（V1.1.0）。

5.2.2 功能

该功能块用于处理输入信号因死区滞后问题而导致的继电器逻辑在某临界点上下频繁切换的场景。设定磁滞回环的开启值和关闭值后，当输入信号超过设定的开启值时，输出信号切换到打开状态；当输入信号低于设定的关闭值时，输出信号切换到关闭状态。



Hysteresis_Generator 功能块

5.2.3 参数

参数	声明	数据类型	说明	默认值
Enable	Input	BOOL	高电平使能开关	FALSE
SampledSignal	Input	LREAL	输入信号	0
OutputWhenOn	Input	LREAL	继电器打开状态下输出的信号值	0
OutputWhenOff	Input	LREAL	继电器关闭状态下输出的信号值	0

SwitchOnValue	Input	LREAL	回环磁滞关闭值，若输入信号大于或等于该值，输出信号会等于 OutputWhenOn 针脚的输入值	0
SwitchOffValue	Input	LREAL	回环磁滞开启值，若输入信号小于或等于该值，输出信号会等于 OutputWhenOff 针脚的输入值	0
MVMax	Input	LREAL	通道可以输出的最大控制量，其单位需要与控制模式下的控制量一致	0
MVMin	Input	LREAL	通道可以输出的最小控制量，其单位需要与控制模式下的控制量一致	0
CtrlPeriod	Input	LREAL	DO 输出信号的控制周期（单位：秒） 调用该功能块的任务周期一般设置为 10~100ms， CtrlPeriod 建议设置为调用该功能块任务周期的 10~100 倍	0
Reset	Input	BOOL	复位配置： TRUE：复位 FALSE：不复位	FALSE
Status	Output	BOOL	磁滞回环当前状态： TRUE：磁滞回环为开启状态 FALSE：磁滞回环为关闭状态	FALSE
MV_AO	Output	LREAL	连接至模拟量输出点	0
MV_DO	Output	BOOL	连接至继电器输出点	FALSE
Error	Output	BOOL	当输入参数非法时，该参数输出为 TRUE	FALSE
ErrorID	Output	CTRL_ALGO_LIB_ERR_LIST	VALID：无错误 其他：参见 错误码	VALID

5.2.4 错误码

错误名	说明
SampledSignal_REQUIRED_FFINITE	SampledSignal 范围要求为 $-1 \times 10^{300} \sim 1 \times 10^{300}$
MVMax_REQUIRED_FFINITE	MVMax 范围要求为 $-1 \times 10^{300} \sim 1 \times 10^{300}$
MVMax_REQUIRED_GT_MVMin	MVMax 要求大于 MVMin
MVMin_REQUIRED_FFINITE	MVMin 要求为 $-1 \times 10^{300} \sim 1 \times 10^{300}$
SwitchOffValue_REQUIRED_FFINITE	SwitchOffValue 范围要求为 $-1 \times 10^{300} \sim 1 \times 10^{300}$
SwitchOnValue_REQUIRED_GE_SwitchOffValue	SwitchOnValue 要求大于等于 SwitchOffValue
SwitchOnValue_REQUIRED_FFINITE	SwitchOnValue 范围要求为 $-1 \times 10^{300} \sim 1 \times 10^{300}$
ControlPeriod_REQUIRED_FFINITE	ControlPeriod 范围要求为 $1 \times \text{任务周期时间} \sim 2 \times 10^9 \times \text{任务周期}$
ControlPeriod_REQUIRED_GE_TimeStep	ControlPeriod 要求大于等于时间步长

OutputWhenOn_REQUIRED_GE_MVMin	OutputWhenOn 要求大于等于 MVMin
OutputWhenOn_REQUIRED_LE_MVMax	OutputWhenOn 要求小于等于 MVMax
OutputWhenOff_REQUIRED_LE_MVMax	OutputWhenOff 要求小于等于 MVMax
OutputWhenOff_REQUIRED_GE_MVMin	OutputWhenOff 要求大于等于 MVMin
TASK_IS_SINGLE	任务为单次
TASK_IS_FULLSPEED	任务为全速

5.2.5 示例

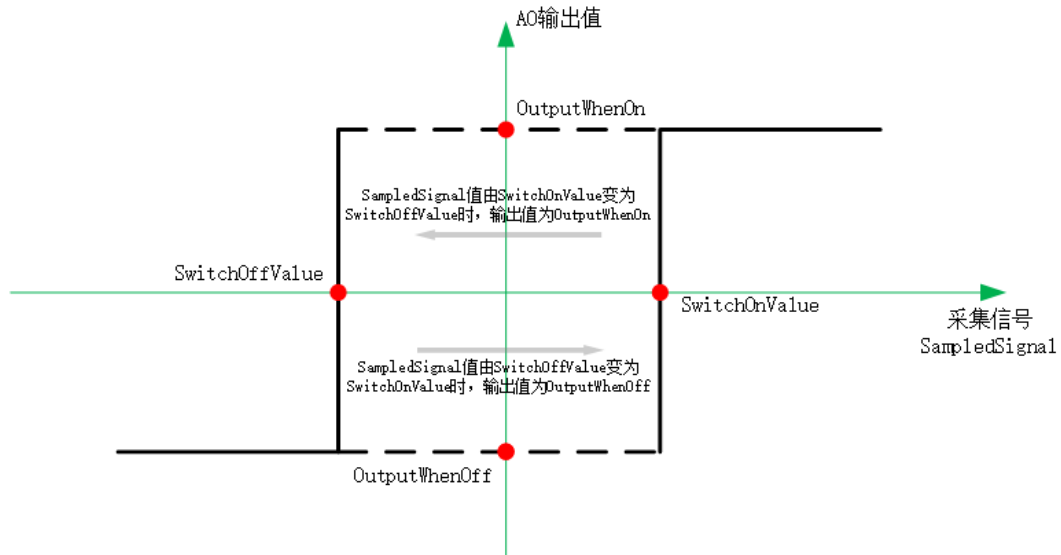
■ AO 输出说明如下：

基本设定参数说明如下：

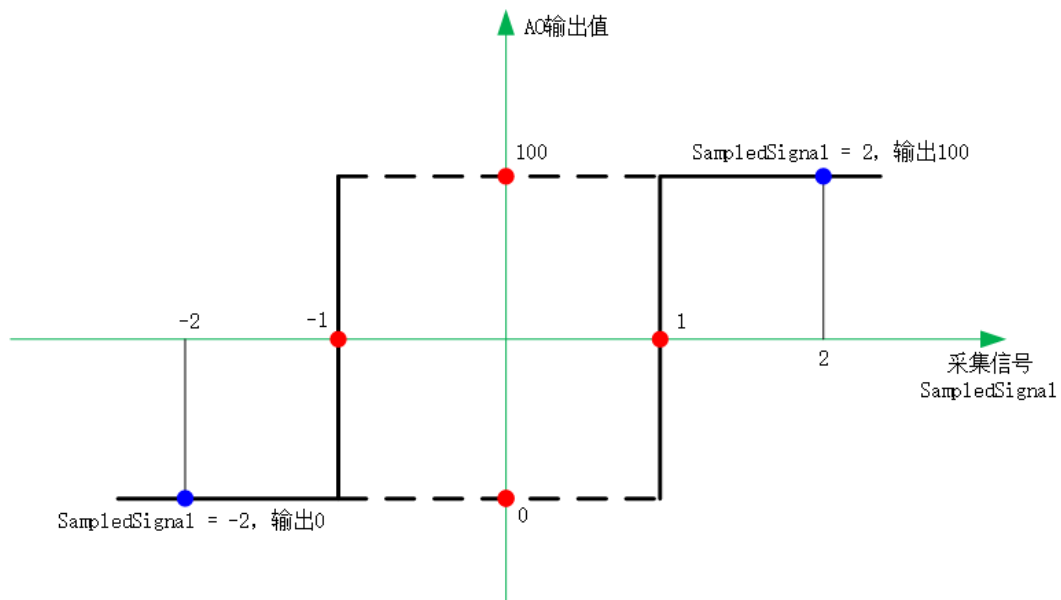
- SwitchOnValue（接通点）：输入信号大于或等于此值时，输出切换到“On”值
- SwitchOffValue（断开点）：输入信号小于或等于此值时，输出切换到“Off”值
- OutputWhenOn（接通时输出）：继电器接通时的输出值
- OutputWhenOff（断开时输出）：继电器断开时的输出值

功能块逻辑说明如下：

- 当输入信号 $\geq$ SwitchOnValue 时，输出变为 OutputWhenOn
- 当输入信号 $\leq$ SwitchOffValue 时，输出变为 OutputWhenOff
- 当输入信号在 SwitchOffValue 和 SwitchOnValue 之间时，输出保持当前状态不变



例如，将 SwitchOnValue，SwitchOffValue，OutputWhenOn，OutputWhenOff 分别设置为 1，-1，100，0，如下图所示。



程序示例说明如下：

当 SampledSignal 为 2（大于 SwitchOnValue）时，此时输出 100。

当 SampledSignal 为-2（小于 SwitchOffValue）时，此时输出 0。

当 SampledSignal 介于 SwitchOnValue 和 SwitchOffValue 时，分两种情况：

- 若 SampledSignal 是由 2 逐渐减小至-1 的过程中，输出状态一直是 100，直至 SampledSignal 达到 SwitchOffValue，也就是-1，输出才会切换至 0。

- 若 SampledSignal 是由-2 逐渐增大至 1 的过程中，输出状态一直是 0，直至 SampledSignal 达到 SwitchOnValue，也就是 1，输出才会切换至 100。
- DO 输出以占空比的形式输出高电平或低电平，详细说明可参见 [Pulse_Width_Modulation_ZOH（零阶保持脉冲宽度调制器）示例](#)。

5.2.6 注意事项

实际使用时，对于 TC 模块、AI 模块、AO 模块采集到的信号码值，需进行换算后，得到实际值（温度值、电压值等），作为 SampledSignal 原始信号。

MVMax 和 MVMin 表示输出限幅的上下限，因为实际物理系统中输出一定存在上下限，所以输出限幅是强制开启且无法为空，请注意上下限（MVMax 和 MVMin）设置。

该功能块需要在周期类型的 IEC 任务中调用。

第6章 PID 控制相关

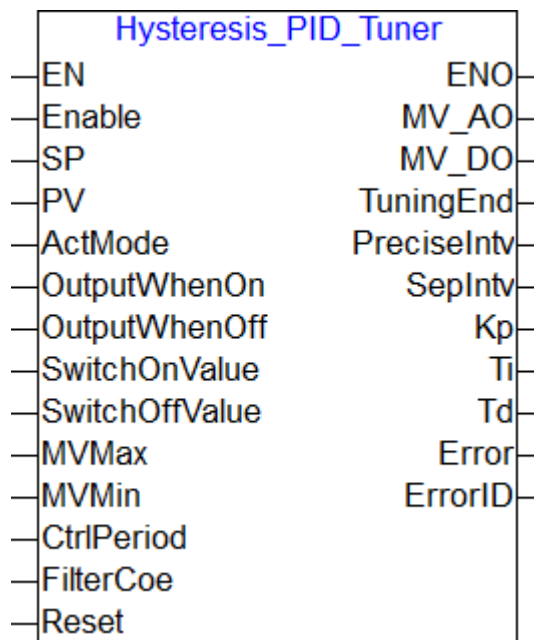
6.1 Hysteresis_PID_Tuner (继电器振荡 PID 参数整定器)

6.1.1 版本

支持该功能块的软件版本为 V3.2.3 及以上，不支持该指令的控制器固件版本有 LX-CU500-A01 (V1.0.0) 和 LX-CU500-A02 (V1.1.0)。

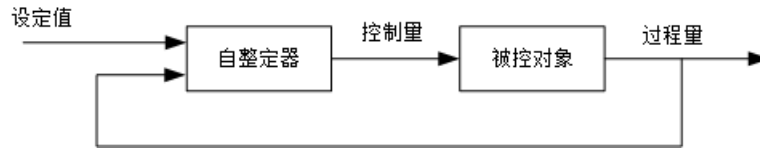
6.1.2 功能

该功能块采用继电器振荡的方法对被控对象进行激励，使其过程值在设定值附近上下波动两个周期，通过采集到的相关数据辨识出被控对象的关键频域参数，获得 PID 控制器的相关参数。



Hysteresis_PID_Tuner 功能块

关于 PID 自整定器的被控对象、设定值、过程值、控制量，其关系和流程图如下。



6.1.3 参数

参数	声明	数据类型	说明	默认值
Enable	Input	BOOL	高电平使能开关	FALSE
SP	Input	LREAL	控制目标设定值	0
PV	Input	LREAL	被控对象的过程值信号	0
ActMode	Input	BOOL	控制量增大使误差变大时置为 TRUE(正作用, 如制冷控制) 控制量增大使误差变小时置为 FALSE(反作用, 如加热控制)	FALSE
OutputWhenOn	Input	LREAL	继电器打开状态下输出的信号值	0
OutputWhenOff	Input	LREAL	继电器关闭状态下输出的信号值	0
SwitchOnValue	Input	LREAL	若输入信号大于该值, 输出信号会等于 OutputWhenOn 针脚的输入值	0
SwitchOffValue	Input	LREAL	若输入信号小于该值, 输出信号会等于 OutputWhenOff 针脚的输入值	0
MVMax	Input	LREAL	通道可以输出的最大控制量, 其单位需要与控制模式下的控制量一致	0
MVMin	Input	LREAL	通道可以输出的最小控制量, 其单位需要与控制模式下的控制量一致	0
CtrlPeriod	Input	LREAL	DO 输出信号的控制周期 (单位: 秒) 调用该功能块的任务周期一般设置为 10~100ms, CtrlPeriod 建议设置为调用该功能块任务周期的 10~100 倍	0
FileCoe	Input	LREAL	自整定模块内置的一阶滤波器的时间常数	0
Reset	Input	BOOL	复位配置: TRUE: 复位 FALSE: 不复位	FALSE
MV_AO	Output	LREAL	连接至模拟量输出	0
MV_DO	Output	BOOL	连接至继电器输出	FALSE
TuningEnd	Output	BOOL	自整定结束标识, 当该参数输出量从 FALSE 变为 TRUE 时, 自整定结束	FALSE
PreciseIntv	Output	LREAL	系统的惯性区间, 其可作为 PID 控制器的非精确控制模	0

			式相关设定数值的参考	
Seplntv	Output	LREAL	系统的振幅，可作为 PID 控制器的积分分离区间相关设定数值的参考	0
KP	Output	LREAL	PID 控制器的比例系数	0
TI	Output	LREAL	PID 控制器的积分时间（单位：秒）	0
TD	Output	LREAL	PID 控制器的微分时间（单位：秒）	0
Error	Output	BOOL	当输入参数非法时，该参数输出为 TRUE	FALSE
ErrorID	Output	CTRL_ALGO_LIB_ERR_LIST	VALID：无错误 其他：参见 错误码	VALID

6.1.4 错误码

错误名	说明
MVMax_REQUIRED_FFINITE	MVMax 范围要求为 $-1 \times 10^{300} \sim 1 \times 10^{300}$
MVMin_REQUIRED_FFINITE	MVMin 范围要求为 $-1 \times 10^{300} \sim 1 \times 10^{300}$
MVMax_REQUIRED_GT_MVMin	MVMax 要求大于最小 MVMin
SwitchOffValue_REQUIRED_FFINITE	SwitchOffValue 范围要求为 $-1 \times 10^{300} \sim 1 \times 10^{300}$
SwitchOnValue_REQUIRED_GE_SwitchOffValue	SwitchOnValue 大于等于 SwitchOffValue
SwitchOnValue_REQUIRED_FFINITE	SwitchOnValue 范围要求为 $-1 \times 10^{300} \sim 1 \times 10^{300}$
ControlPeriod_REQUIRED_FFINITE	ControlPeriod 范围要求为 $1 \times \text{任务周期时间} \sim 2 \times 10^9 \times \text{任务周期}$
ControlPeriod_REQUIRED_GE_TimeStep	ControlPeriod 要求大于等于 TimeStep
OutputWhenOn_REQUIRED_GE_MVMin	OutputWhenOn 要求大于等于 MVMin
OutputWhenOn_REQUIRED_LE_MVMax	OutputWhenOn 要求小于等于 MVMax
OutputWhenOff_REQUIRED_LE_MVMax	OutputWhenOff 要求小于等于 MVMax
OutputWhenOff_REQUIRED_GE_MVMin	OutputWhenOff 要求大于等于 MVMin
FilterCoe_REQUIRED_NON_NEGA	FilterCoe 要求为非负数
FilterCoe_REQUIRED_FFINITE	FilterCoe 范围要求为 $0 \sim 1 \times 10^{300}$
TASK_IS_SINGLE	任务为单次
TASK_IS_FULLSPEED	任务为全速

6.1.5 示例

该示例仅用于进一步说明 Hysteresis_PID_Tuner 的使用，而非实际应用场景。

以某加热设备为被控对象，通过运行介绍 PID 自整定使用。为简化管理且与实际结合，可将被控对象

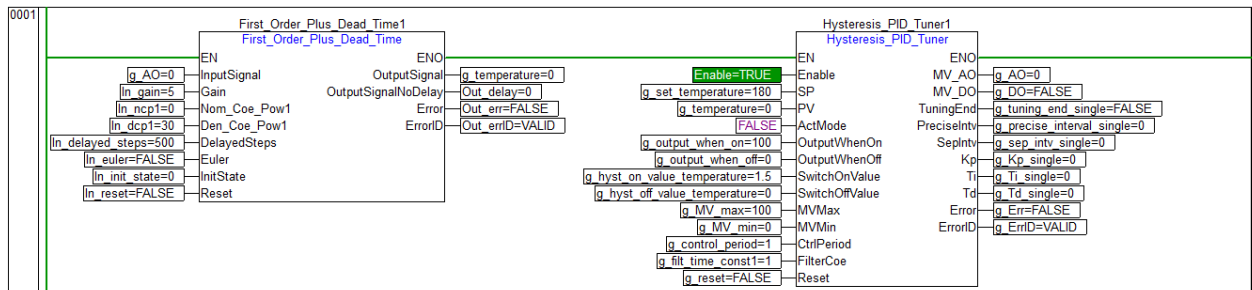
的输入直接看作功率，输出看作温度。

在程序编辑区调用功能块 First_Order_Plus_Dead_Time，用于模拟过程信号 PV。在模拟信号中，对应的是传递函数 $\frac{5}{30s+1}e^{-5s}$ 被控对象的输出，Gain 为 5，Den_Coe_Pow1 为 30，DelayedSteps 为 500。

下图为未开始进行整定的示例程序。

Hysteresis_PID_Tuner 参数设置说明：

- 对于输入引脚，Enable 为高电平触发，SP 为设定值，PV 为过程值（实际工程中对应的就是 TC、AI 等通道采集到的被控变量，在此示例中，对应的是某加热设备被控对象的输出）。
- ActMode 为 FALSE(制冷模式下为 TRUE)。
- OutputWhenOn、OutputWhenOff、SwitchOnValue、SwitchOffValue 为磁滞回环的四个变量，参数一般建议分别设置为 100，0，1.5，0。磁滞回环的使用说明可参见 [Hysteresis_Generator（含磁滞环节开关器）](#)。
- MVMax 和 MVMin 为输出最大值最小值，参数一般设置为 100，0。工程中可能存在 MVMax 为 1000 的情况，此时需对 OutputWhenOn 和 SwitchOnValue 进行调整，一般情况下分别调整至 1000 和 15。也可根据现场实际情况，自行对磁滞回环设定相关参数。
- CtrlPeriod 为 DO 输出的控制周期，设置为任务周期的 10~100 倍，一般为 1，FilterCoe 为 PV 的滤波系数，一般设置为 1。



参数设置说明如下：

OutputWhenOn 为 100，其含义是打开输出时，输出为 100；OutputWhenOff 为 0，其含义是关闭输出时，输出为 0；此处的打开或关闭输出。

SwitchOnValue 为 1.5，其含义为 SP 减 PV 的滤波值小于 1.5 时，输出为 OutputWhenOn，即此时过

程温度较小，需要加热，输出为 100，加热功率为满功率。

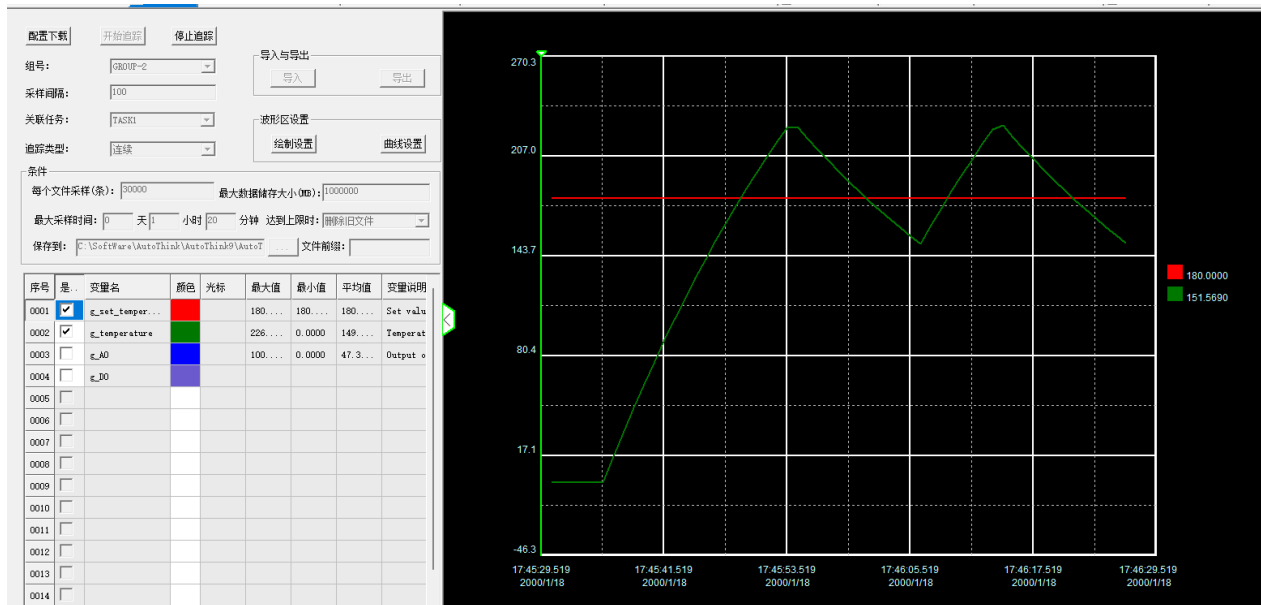
SwitchOffValue 为 0，其含义为 SP 减 P 的滤波值大于 0 时，输出为 OutputWhenOff，即此时过程温度达到设定值，输出为 0，加热功率为 0。

MVMax 和 MVMin 是对输出值 MV 进行限幅，其参数设置需包含 OutputWhenOn 和 OutputWhenOff 的区间，否则程序运行后，Error 和 ErrorID 会报错并显示报错信息。

对于输出引脚，若使用模拟量控制，将 MV_AO 传递给输出通道即可，若使用数字量控制，则是 MV_DO，详细说明可参见 [Pulse_Width_Modulation_ZOH（零阶保持脉冲宽度调制器）](#) 和 [Hysteresis_Generator（含磁滞环节开关器）](#)。请注意模拟量码值的转化，以及数字量的对应通道设置。

下图为用数据追踪到的完整的整定过程。

- 红色线条：设定值 SP。
- 绿色线条：过程值 PV。



整定结束的 Hysteresis_PID_Tuner 如下图所示。

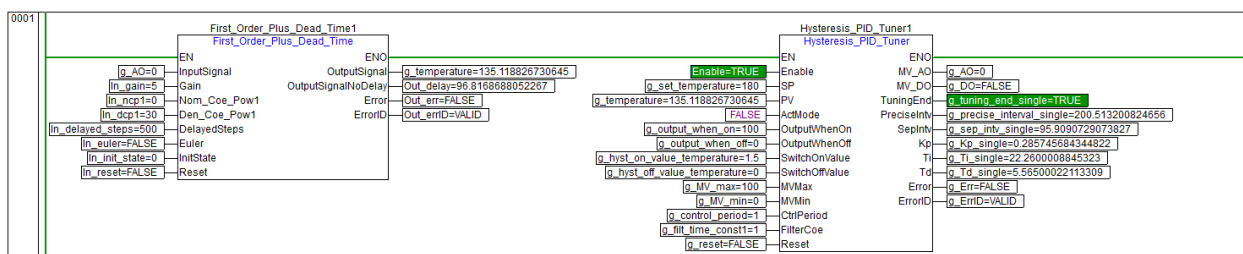
TuningEnd 为整定结束标志，若其为 TRUE，即表示整定结束，PreciseIntv、SepIntv、Kp、Ti、Td 也会刷新。输出参数说明如下：

- PreciseIntv：推荐的精调区间（在设定值±PreciseIntv 区间外，进行 bang-bang 调节，即满功率或

零功率调节，在其区间内，进行 PID 调节)

- SepIntv: 推荐的积分分离区间
- Kp/Ti/Td: 分别为比例系数、积分时间、微分时间

-  为避免手动记录整定结果，以上 5 个输出参数请设置为全局变量。



当发生错误时，Error 为 TRUE，ErrorID 显示错误信息。

6.1.6 注意事项

实际使用时，对于 TC 模块、AI 模块、AO 模块采集到的信号码值，需进行换算后，得到实际值（温度值、电压值等），作为 PV 原始信号。

请注意区分打开输出参数 OutputWhenOn、关闭输出参数 OutputWhenOff 和硬件通道的打开关闭，避免混淆。

MVMax 和 MVMin 表示输出限幅的上下限，因为实际物理系统中输出一定存在上下限，所以输出限幅是强制开启且无法关闭的，请注意上下限（MVMax 和 MVMin）设置。

建议将 PreciseIntv、SepIntv、Kp、Ti、Td 设置为全局变量并调整为掉电保持类型，且 Hysteresis_PID_Tuner 的输出参数（PreciseIntv、SepIntv、Kp、Ti、Td）和 PID_Controller 的输入参数（PreciseIntv、SepIntv、Kp、Ti、Td）设置一致，可避免手动记录 Hysteresis_PID_Tuner 整定结果，以及手动输入 PID_Controller 控制参数。

整定操作作用时较长，建议及时保存整定结果，避免操作不当导致结果丢失，引发再次整定。

该功能块需要在周期类型的 IEC 任务中调用。

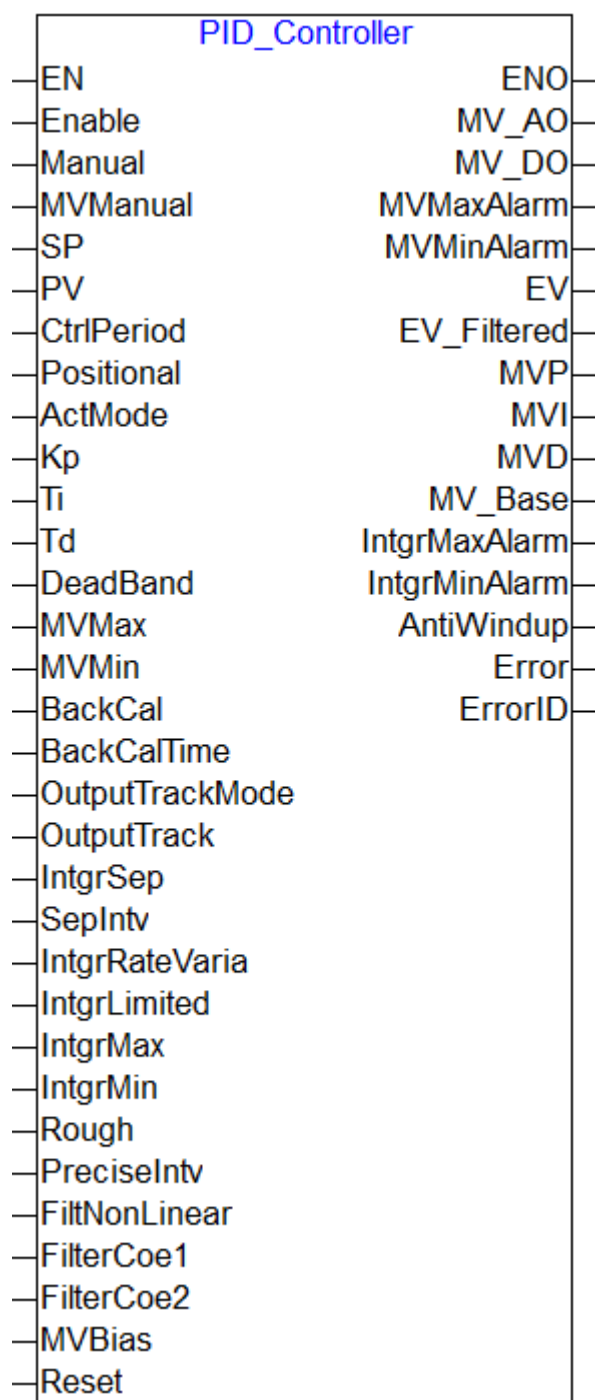
6.2 PID_Controller (PID 控制器)

6.2.1 版本

支持该功能块的软件版本为 V3.2.3 及以上，不支持该指令的控制器固件版本有 LX-CU500-A01 (V1.0.0) 和 LX-CU500-A02 (V1.1.0)。

6.2.2 功能

面向过程控制领域的 PID 控制器，其可以通过对误差的检查自行调整控制量，使得被控对象的过程值稳定在设定值附近。



PID_Controller 功能块

PID_Controller 的功能描述如下。

- 手自动无扰切换通过增量式模式实现，即：

$$action_pid = manual_mv + \Delta action$$

- 增量式和位置式 PID 会同时进行计算。Positional 引脚则会最终决定输出何种计算方式所得到的控制量。
- 在正作用模式下，通过对误差取相反数的方式，可以将一个正作用被控对象转换成等效的反作用被控对象。
- 过程值经过了微分先行处理，设定值的突变不会导致微分分量的突变。
- 过程值经过了滤波处理，滤波器可根据 FiltNonLinear 引脚进行选择。
- 进入死区后，仅有积分控制分量会保持计算，比例和微分控制分量都会归零。
- 通过对未约束的 MV 和约束 MV 作差，可获得积分反馈，进而实现反算抗饱和。
- 输出跟踪模式适用于 MV 指令和执行存在数值差异的控制场景，可通过传感器读取实际执行的 MV 后，将其值反馈给 PID 模块，使 PID 模块可以更为准确地进行增量运算、抗饱和运算与手自动无扰切换运算。
- 积分变速仅在积分分离启用时才会投入作用，其积分的变速系数 r 计算公式如下：

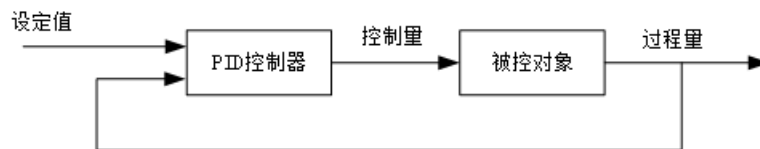
$$r = \frac{error - dead_zone}{sep_intv - dead_zone}$$

- PID 采用如下的标准形式进行计算：

$$\frac{Y(s)}{X(s)} = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right)$$

在使用此功能块之前，一般需要设置温度或过程值的通道采集，以及模拟量或数字量的输出控制，使用时请注意码值的转换。此类外部设置请参考 TC、AO、DO 等模块的使用说明。

关于 PID 控制器的被控对象、设定值、过程值、控制量，其关系和流程图如下。



6.2.3 参数

参数	声明	数据类型	说明	默认值
Enable	Input	BOOL	高电平使能开关	FALSE

Manual	Input	BOOL	模式切换 TRUE: 手动模式 FALSE: 自动模式 手动模式下会直接将 MVManual 的输入量赋值至输出参数	FALSE
MVManual	Input	LREAL	手动模式下的控制量，在手动模式下将使用此参数的输入量作为 PID 的控制量进行输出，不再进行 PID 控制	0
SP	Input	LREAL	所设定的控制目标值	0
PV	Input	LREAL	需要进行控制的过程量	0
CtrlPeriod	Input	LREAL	DO 输出信号的控制周期（单位：秒） 建议设置为调用该功能块任务周期的 10~100 倍。	0
Positional	Input	BOOL	置式/增量式模式开关 TRUE: 位置式 PID FALSE: 增量式 PID 一般的温度场景下，建议使用默认的增量式控制，其对抗饱和处理更好	FALSE
ActMode	Input	BOOL	制冷/加热模式开关 FALSE: 加热模式，控制量与过程量同向变化——即控制量与误差反向变化时，应采用该模式(如加热器的加热功率会导致温度的增加) TRUE: 制冷模式，控制量与过程量反向变化——即控制量与误差正向变化时，应采用该模式(如冷却器的冷却功率会导致温度的减小)	FALSE
Kp	Input	LREAL	PID 控制器的比例系数	0
Ti	Input	LREAL	PID 控制器的积分时间（单位：秒）	0
Td	Input	LREAL	PID 控制器的微分时间（单位：秒）	0
DeadBand	Input	LREAL	PID 控制器的死区，在设定值±DeadBand 范围内，只进行积分控制	0
MVMax	Input	LREAL	通道可以输出的最大控制量，其单位需要与控制模式下的控制量一致	0
MVMin	Input	LREAL	通道可以输出的最小控制量，其单位需要与控制模式下的控制量一致	0
BackCal	Input	BOOL	反算法的开关 FALSE: 采用钳位的方式抗积分饱和 TRUE: 采用反算的方式抗积分饱和	FALSE
BackCalTime	Input	LREAL	采用反算抗饱和时，此参数输入反算抗积分饱和的积分时间，当输入为 0 时取消抗饱和作用	0

OutputTrackMode	Input	BOOL	输出跟踪模式 TRUE：启用 FALSE：不启用 当执行的实际控制量与 PID 控制器计算出的控制量存在差别时，若控制机构有相应传感器，则可启用此引脚 若执行机构的输入有较大变化，而输出基本无变化（执行机构内可能存在类似积分饱和现象），将执行机构的输出作为积分的参考，可避免执行机构的积分饱和	FALSE
OutputTrack	Input	LREAL	用于输入执行机构实际发出的控制量 BackCal 和 OutputTrackMode 置 TRUE，且设置 BackCalTime 参数，OutputTrack 为执行机构输出转化后的值（转化的目的是为了和 MV 进行比较）	0
IntgrSep	Input	BOOL	积分分离开关 TRUE：控制量的积分分量将仅在误差进入积分分离区间时积累 FALSE：积分分量全程进行积累	FALSE
SepIntv	Input	LREAL	积分分离数值，若积分分离开关置 TRUE，则在 $SP \pm SepInt$ 范围内，积分控制才会起作用，否则只进行 PD 控制	0
IntgrRateVaria	Input	BOOL	积分变速的模式 FALSE：不启用 TRUE：启用 若启用（需先开启积分分离），则在积分分离的区间内，积分分量还会乘上系数（大于零，小于一），此模式的作用是在积分分离的基础上，进一步减弱积分作用。适用于极其容易产生超调的被控对象	FALSE
IntgrLimited	Input	BOOL	积分限幅开关 TRUE：可设定积分分量的上限 FALSE：积分分量不设上限 当 IntgrLimited 为 TRUE，积分分量的最大值为 IntgrMax，最小值为 IntgrMin，若为 FALSE，则无限制	FALSE
IntgrMax	Input	LREAL	手动设定积分分量的上限值	0
IntgrMin	Input	LREAL	手动设定积分分量的下限值	0
Rough	Input	BOOL	粗调/细调开关 TRUE：细调，PID 调节。置 TRUE 时，则在细调区域（设定值±细调区域内）进行 PID 调节，在细调区域外	FALSE

			进行全功率调节， FALSE：粗调，全功率调节（满功率或零功率）。置 FALSE 时，则全过程为 PID 调节。	
PreciseIntv	Input	LREAL	细调区域值设置	0
FiltNonLinear	Input	BOOL	跟踪微分/一阶滤波微分开关 TRUE：PID 控制器模块采用跟踪-微分器的方式对过 程量进行滤波与微分 FALSE：PID 控制器模块采用传统一阶滤波器的方式 对过程量进行滤波和微分	FALSE
FilterCoe1	Input	LREAL	当 FiltNonLinear 引脚输入为 TRUE 时：此引脚输入 PID 控制器模块内置的跟踪-微分器的滤波因子，设定 可参考 Tracker Differentiator（跟踪微分器） 的相关说明 当 FiltNonLinear 引脚输入为 FALSE 时：此引脚输入 PID 控制器模块内置的用于处理过程值的一阶滤波器的 时间常数，设定可参考 First Order Differentiator（一 阶滤波微分滤波器） 的相关说明	0
FilterCoe2	Input	LREAL	当 FiltNonLinear 引脚输入为 TRUE 时：此引脚输入 PID 控制器模块内置的跟踪-微分器的跟踪速度因子， 设定可参考 Tracker Differentiator（跟踪微分器） 的相 关说明 当 FiltNonLinear 引脚输入为 FALSE 时：此引脚输入 PID 控制器模块内置的一阶滤波器的时间常数，设定可 参考 First Order Differentiator（一阶滤波微分滤波 器） 的相关说明	0
MVBias	Input	LREAL	前馈控制量，PID 控制器的输出量为其自行计算得到的 控制量加上该参数输入的控制量之和	0
Reset	Input	BOOL	复位配置： TRUE：复位 FALSE：不复位	FALSE
MV_AO	Output	LREAL	连接至模拟量输出	0
MV_DO	Output	BOOL	连接至开关量占空比输出	FALSE
MV_MaxAlarm	Output	BOOL	该标识为 TRUE 时，PID 控制器模块所计算出的控制 量大于最大控制量	FALSE
MV_MinAlarm	Output	BOOL	该标识为 TRUE 时，PID 控制器模块所计算出的控制 量小于最小控制量	FALSE
EV	Output	LREAL	误差值	0
EV_Filtered	Output	LREAL	滤波后的误差值	0

MVP	Output	LREAL	比例作用在总控制量中所贡献的分量	0
MVI	Output	LREAL	积分作用在总控制量中所贡献的分量	0
MVD	Output	LREAL	微分作用在总控制量中所贡献的分量	0
MV_Base	Output	LREAL	PID 模式处于增量式时，此引脚显示内部自动模式下的控制器输出(从手动模式切换为自动模式，此引脚发挥作用)	0
IntgrMaxAlarm	Output	BOOL	该标识为 TRUE 时，PID 控制器模块所计算出的积分分量大于积分分量设定上限	FALSE
IntgrMinAlarm	Output	BOOL	该标识为 TRUE 时，PID 控制器模块所计算出的积分分量小于积分分量设定下限	FALSE
AntiWindup	Output	BOOL	该标识为 TRUE 时，PID 控制器模块处于抗积分饱和状态下	FALSE
Error	Output	BOOL	当输入参数非法时，该参数输出 TRUE	FALSE
ErrorID	Output	CTRL_ALGO_LIB_ERR_LIST	VALID：无错误 其他：参见 错误码	VALID

6.2.4 错误码

错误名	说明
MVManual_REQUIRED_FFINITE	手动模式下控制量要求有限
SampledSignal_REQUIRED_FFINITE	SampledSignal 范围要求为 $-1 \times 10^{300} \sim 1 \times 10^{300}$
Kp_REQUIRED_FFINITE	Kp 范围要求为 $0 \sim 1 \times 10^{300}$
Kp_REQUIRED_NON_NEGA	Kp 要求为非负数
RECIPROCAL_OF_Ti_REQUIRED_FFINITE	Ti 的倒数范围要求为 $0 \sim 1 \times 10^{300}$
Ti_REQUIRED_NON_NEGA	Ti 要求为非负数
TD_REQUIRED_FFINITE	TD 范围要求为 $0 \sim 1 \times 10^{300}$
TD_REQUIRED_NON_NEGA	TD 要求为非负数
CtrlPeriod_REQUIRED_FFINITE	CtrlPeriod 要求为 $1 \times \text{任务周期时间} \sim 2 \times 10^9 \times \text{任务周期}$
CtrlPeriod_REQUIRED_GE_TimeStep	CtrlPeriod 要求大于等于 TimeStep
DeadBand_REQUIRED_FFINITE	DeadBand 范围要求为 $0 \sim 1 \times 10^{300}$
DeadBand_REQUIRED_NON_NEGA	DeadBand 要求为非负数
MVMax_REQUIRED_FFINITE	MVMax 范围要求为 $-1 \times 10^{300} \sim 1 \times 10^{300}$
MVMin_REQUIRED_FFINITE	MVMin 范围要求为 $-1 \times 10^{300} \sim 1 \times 10^{300}$
MVMax_REQUIRED_GT_MVMin	MVMax 要求大于 MVMin
BackCalTime_REQUIRED_FFINITE	BackCalTime 范围要求为 $1/1 \times 10^{300} \sim 1 \times 10^{300}$
BackCalTime_REQUIRED_NON_NEGA	BackCalTime 要求为非负数

SepIntv_REQUIRED_FINITE	SepIntv 范围要求为大于死区且小于 1×10^{300}
SepIntv_REQUIRED_GT_DeadBand	SepIntv 区间要求大于死区
IntgrMax_REQUIRED_FINITE	IntgrMax 范围要求为 $1/1 \times 10^{300} \sim 1 \times 10^{300}$
IntgrMax_REQUIRED_GT_IntgrMin	IntgrMax 要求大于 IntgrMin
IntgrMin_REQUIRED_FINITE	IntgrMin 范围要求为 $1/1 \times 10^{300} \sim 1 \times 10^{300}$
PreciseIntv_REQUIRED_FINITE	PreciseIntv 要求为大于等于 SepIntv 且小于 1×10^{300}
PreciseIntv_REQUIRED_GE_Sepintv	PreciseIntv 要求大于等于 SepIntv
FilterCoe1_REQUIRED_FINITE	FilterCoe1 要求为 $0 \sim 1 \times 10^{300}$
FilterCoe1_REQUIRED_NON_NEGA	FilterCoe1 为非负值
FilterCoe2_REQUIRED_FINITE	FilterCoe2 要求为 $0 \sim 1 \times 10^{300}$
FilterCoe2_REQUIRED_NON_NEGA	FilterCoe2 为非负值
TASK_IS_SINGLE	任务为单次
TASK_IS_FULLSPEED	任务为全速

6.2.5 示例

该示例仅用于进一步说明 PID_Controller 的使用，而非实际应用场景。

本示例以某加热设备为被控对象，介绍 PID 控制功能块的使用。为简化理解且与实际结合，可将被控对象的输入直接看作功率，输出看作温度。

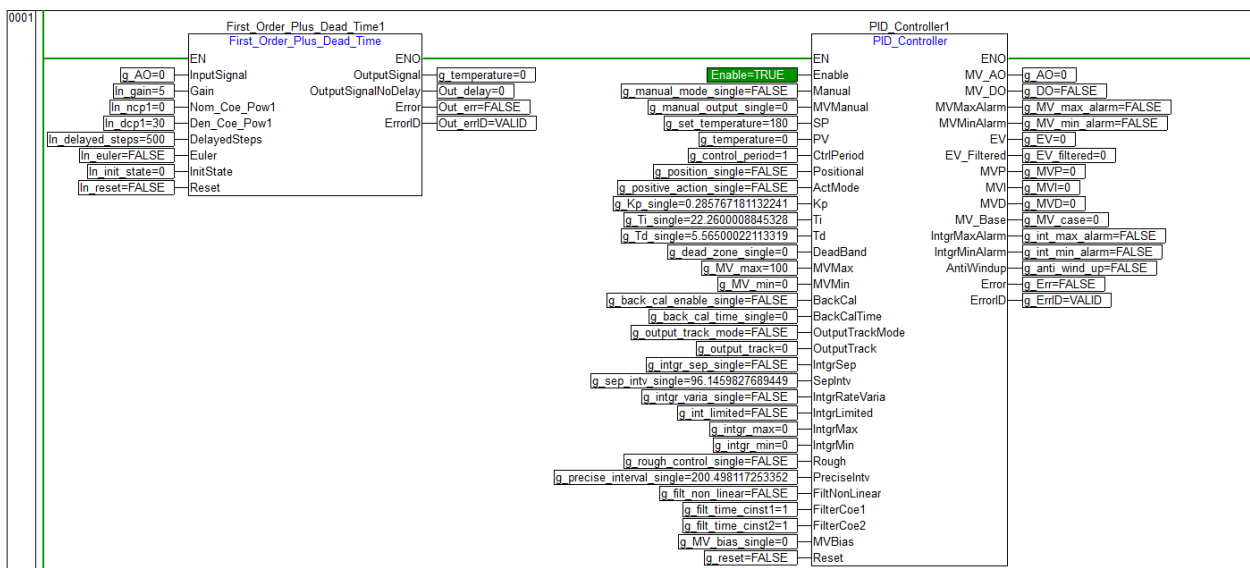
在程序编辑区调用功能块 First_Order_Plus_Dead_Time，用于模拟过程信号。在此示例中，对应的是传递函数 $\frac{5}{30s+1}e^{-5s}$ 被控对象的输出，Gain 为 5，Den_Coe_Pow1 为 30，DelayedSteps 为 500。

下图为未开始进行控制的示例程序。

输入参数 PreciseIntv、SepIntv、Kp、Ti、Td 为 PID 自整定结果，请设置为全局变量。

AO 输出 (MV_AO) 说明请参见 [Hysteresis_Generator \(含磁滞环节开关器\)](#)。

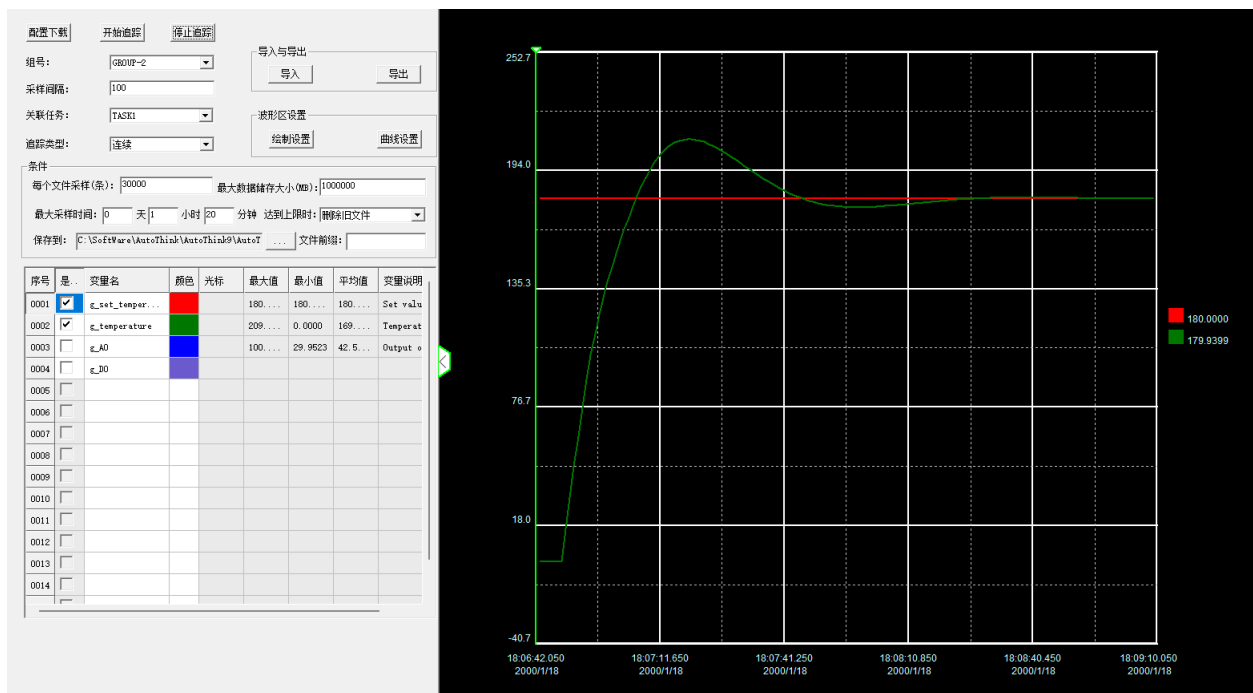
DO 输出 (MV_DO) 说明请参见 [Pulse_Width_Modulation_ZOH \(零阶保持脉冲宽度调制器\)](#)。



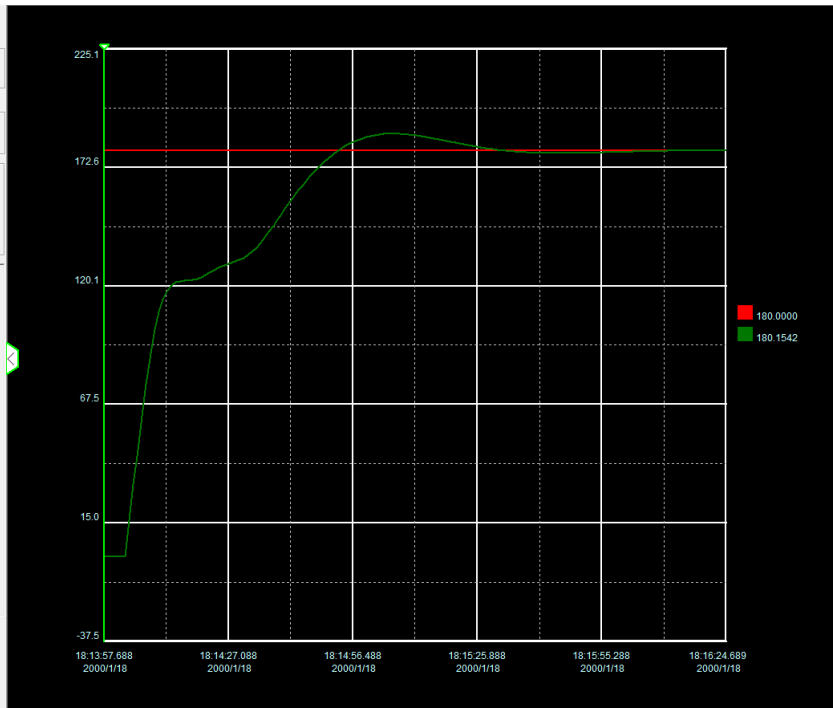
下图是针对某加热设备被控对象，分别是单纯用 PID 控制，添加积分分离（IntgrSep 置为 TRUE），再添加积分变速(IntgrSep 和 IntgrRateVaria 置为 TRUE)的设定值与过程值。

- 红色线条：设定值 SP。
- 绿色线条：过程值 PV。

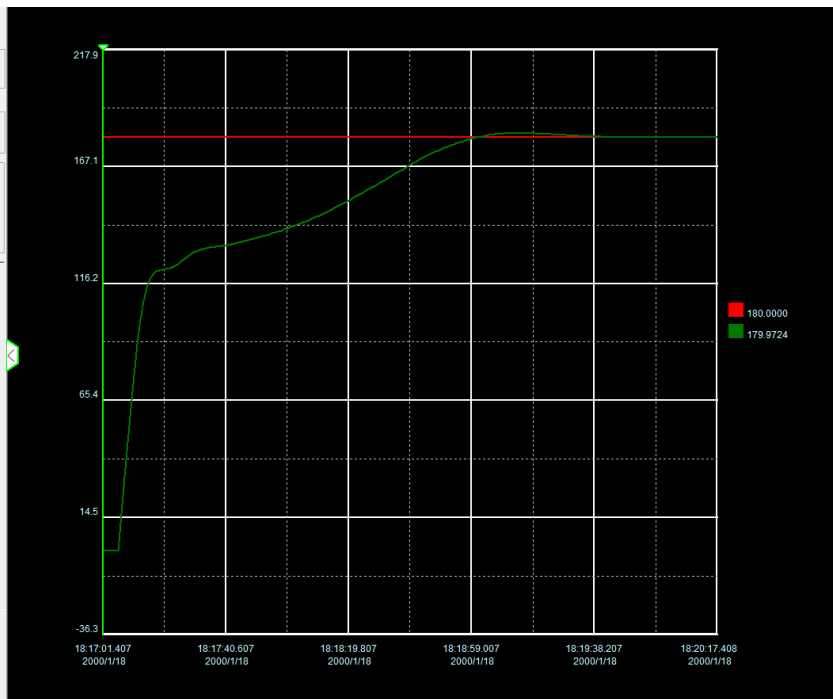
在线追踪纯 PID 控制下的 SP 与 PV 的结果如下图所示：



在线追踪添加积分分离后的 SP 与 PV 的结果如下图所示：



在线追踪添加积分分离和积分变速后的 SP 与 PV 的结果如下图所示：



若使用串级控制，将两个 PID 模块串联即可，注意外环 PID 的 AO 与内环的 PV 进行连接。

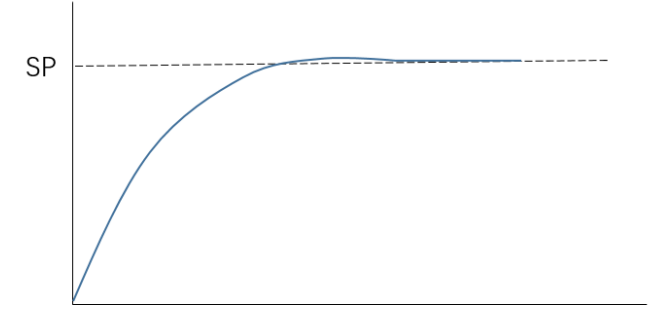
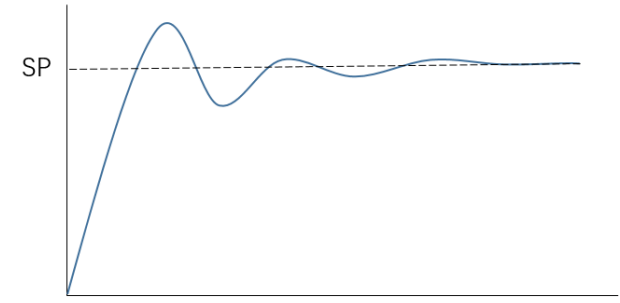
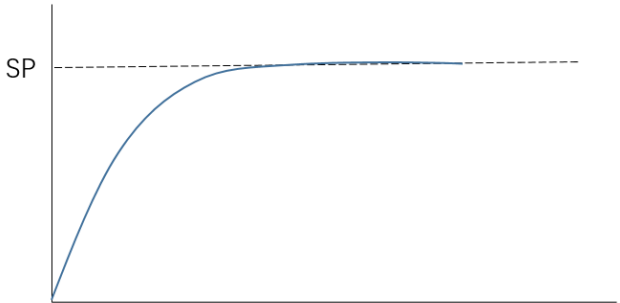
若使用斜率追踪，可先组态实现。代码逻辑如下：

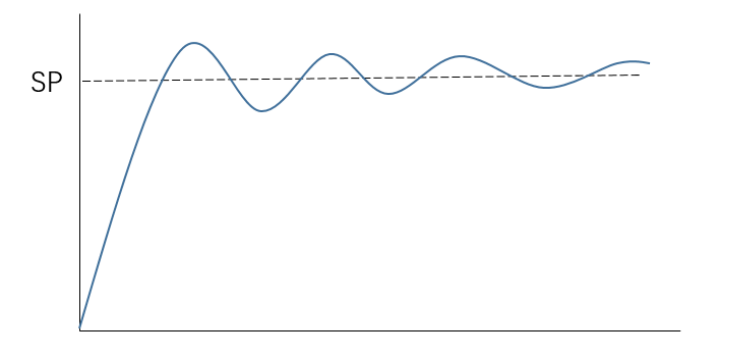
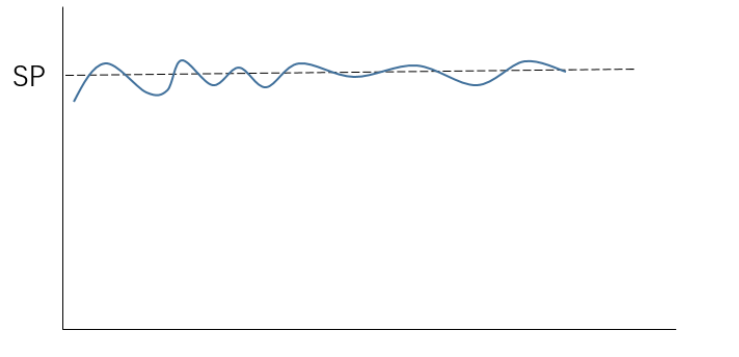
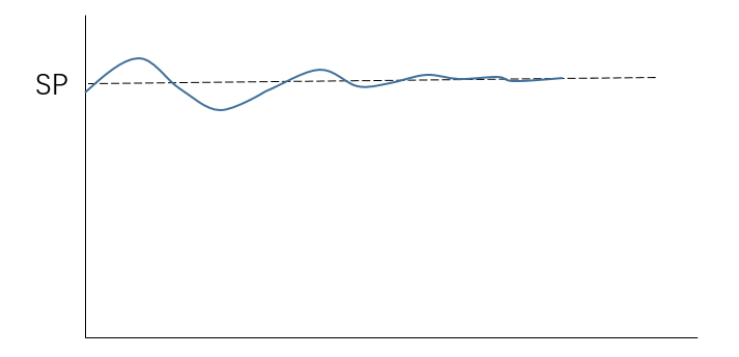
```
IF set_temperature < target_temperature THEN
    set_temperature := set_temperature + set_ramp * time_step;
```

```
ELSE
    set_temperature := target_temperature;
END_IF
```

其中 `target_temperature` 是指最终的目标温度，`set_temperature` 是当时的设定温度，`set_ramp` 为设定斜率，`time_step` 为时间步长，也就是任务周期。代码的整体逻辑是在未达到最终目标温度时，先按照设定的斜率变化，当达到最终目标温度时，停止斜率追踪，设定温度即为最终目标温度。

若对自整定参数的控制效果不满意，可以手调参数。手调 PID 常数时，过程值的变化一般如下所示。

测量值的变化		
比例系数 (Kp) 减小		曲线逐渐上升，稳定时间延长，可避免超调
比例系数 (Kp) 增大		虽然会发生超调和波动，但能更快达到目标值
积分时间 (Ti) 增大		达到目标值的时间变长，稳定时间较长，波动、超调及欠调会减小。

积分时间 (Ti) 减小		发生波动，能快速启动
微分时间 (Td) 增大		超调、欠调稳定时间均减少，在设定值附近会发生细微的波动
微分时间 (Td) 减小		超调、欠调较大，恢复到设定值花更长时间

6.2.6 注意事项

实际使用时，对于 TC 模块、AI 模块、AO 模块采集到的信号码值，需进行换算后，得到实际值（温度值、电压值等），作为 PV 原始信号。

MVMax 和 MVMin 表示输出限幅的上下限，因为实际物理系统中输出一定存在上下限，所以输出限幅是强制开启且无法关闭的，请注意上下限（MVMax 和 MVMin）设置。

建议将 PreciseIntv、SepIntv、Kp、Ti、Td 设置为全局变量，且 Hysteresis_PID_Tuner 的输出参数（PreciseIntv、SepIntv、Kp、Ti、Td）和 PID_Controller 的输入参数（PreciseIntv、SepIntv、Kp、Ti、Td）设置一致，可避免手动记录 Hysteresis_PID_Tuner 整定结果，以及手动输入 PID_Controller 控制参

数。

该功能块需要在周期类型的 IEC 任务中调用。

第7章 自抗扰控制相关

自抗扰控制器（Auto/Active Disturbances Rejection Controller, ADRC）技术，是发扬 PID 控制技术的精髓并吸取现代控制理论的成就，运用计算机仿真实验结果的归纳和总结 and 综合中探索而来的，是不依赖被控对象精确模型的、能够替代 PID 控制技术的、新型实用数字控制技术。

自抗扰控制技术的特点和优点如下：

- 自抗扰控制器采用“观测+补偿”的方法来处理控制系统中的非线性与不确定性，同时配合非线性的反馈方式，提高控制器的动态性能。
- 自抗扰控制器算法简单、易于实现、精度高、速度快、抗扰能力强。
- 统一处理确定系统和不确定系统的控制问题；扰动抑制不需外扰模型或者外扰是否观测；控制算法不需辨识控制对象；统一处理非线性和线性系统；可以进行时滞系统控制；解耦控制只要考虑静态耦合，不用考虑动态耦合等。

7.1 自抗扰控制组件

7.1.1 Tracker_Differentiator（跟踪微分器）

7.1.1.1 版本

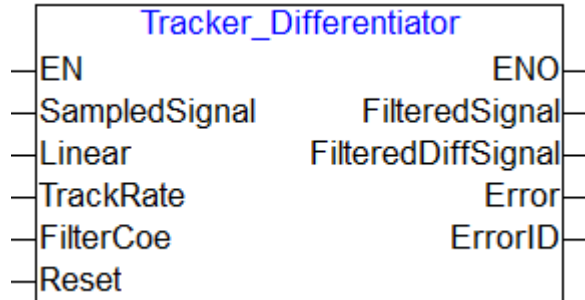
支持该功能块的软件版本为 V3.2.3 及以上，不支持该指令的控制器固件版本有 LX-CU500-A01 (V1.0.0) 和 LX-CU500-A02 (V1.1.0)。

7.1.1.2 功能

跟踪微分器（Tracking Differentiator, TD）是自抗扰控制器的核心组件，主要用于含噪信号的平滑跟踪与微分提取。通过设计过渡过程跟踪输入信号，结合微分算子提取变化率，实现噪声抑制与信号整形。

功能块对输入信号进行滤波（跟踪）与微分，在数据采集时可通过该功能块对数据进行预处理，并且可

在固定升温速率控制模式下使用该功能块监测升温速率。



Tracker_Differentiator 功能块

7.1.1.3 参数

参数	声明	数据类型	说明	默认值
SampledSignal	Input	LREAL	将采集到的温度信号(或其它需要监测的过程信号)输入该引脚，则跟踪微分器将对该信号进行滤波与微分	0
Linear	Input	BOOL	输入为 FALSE 时，将采用非线性模式 输入为 TRUE 时，将采用线性模式 建议使用非线性模式以获得更好的性能	FALSE
TrackRate	Input	LREAL	当且仅当 Linear 输入为 TRUE 时，本引脚将发挥作用 输入跟踪微分器的跟踪速度因子	0
FilterCoe	Input	LREAL	输入跟踪微分器的滤波因子	0
Reset	Input	BOOL	复位配置： TRUE：复位 FALSE：不复位	FALSE
FilteredSignal	Output	LREAL	采集信号滤波后的结果	0
FilteredDiffSignal	Output	LREAL	采集信号滤波后的微分结果	0
Error	Output	BOOL	当输入参数非法时，该参数输出为 TRUE	FALSE
ErrorID	Output	CTRL_ALGO_LIB_ERR_LIST	VALID：无错误 其他：参见 错误码	VALID

7.1.1.4 错误码

错误名	说明
SampledSignal_REQUIRED_FINITE	SampledSignal 范围要求 $-1 \times 10^{300} \sim 1 \times 10^{300}$
FilterCoe_REQUIRED_POSI	FilterCoe 要求为正

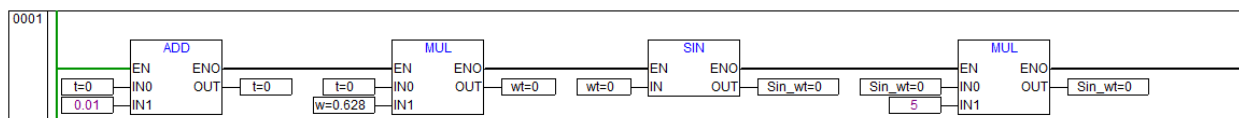
FilterCoe_REQUIRED_FINITE	FilterCoe 范围要求为 $0 \sim 1 \times 10^{300}$
TrackRate_REQUIRED_POSI	TrackRate 要求为正
TrackRate_REQUIRED_FINITE	TrackRate 范围要求为 $0 \sim 1 \times 10^{300}$
TASK_IS_SINGLE	任务为单次
TASK_IS_FULLSPEED	任务为全速

7.1.1.5 示例

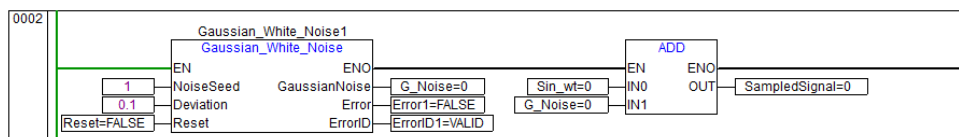
该示例仅用于进一步说明 Tracker_Differentiator 的使用，而非实际应用场景。

使用 Tracker_Differentiator 对信号进行滑动窗口平均处理。

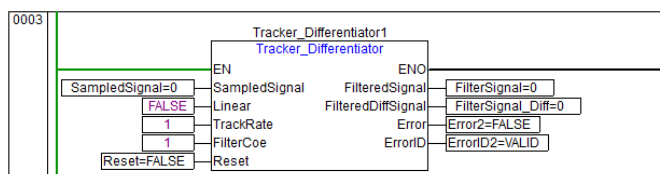
- 程序节 0001 用于模拟一个幅值为 5，频率为 0.628rad/s ，初始相位为 0 的正弦信号。



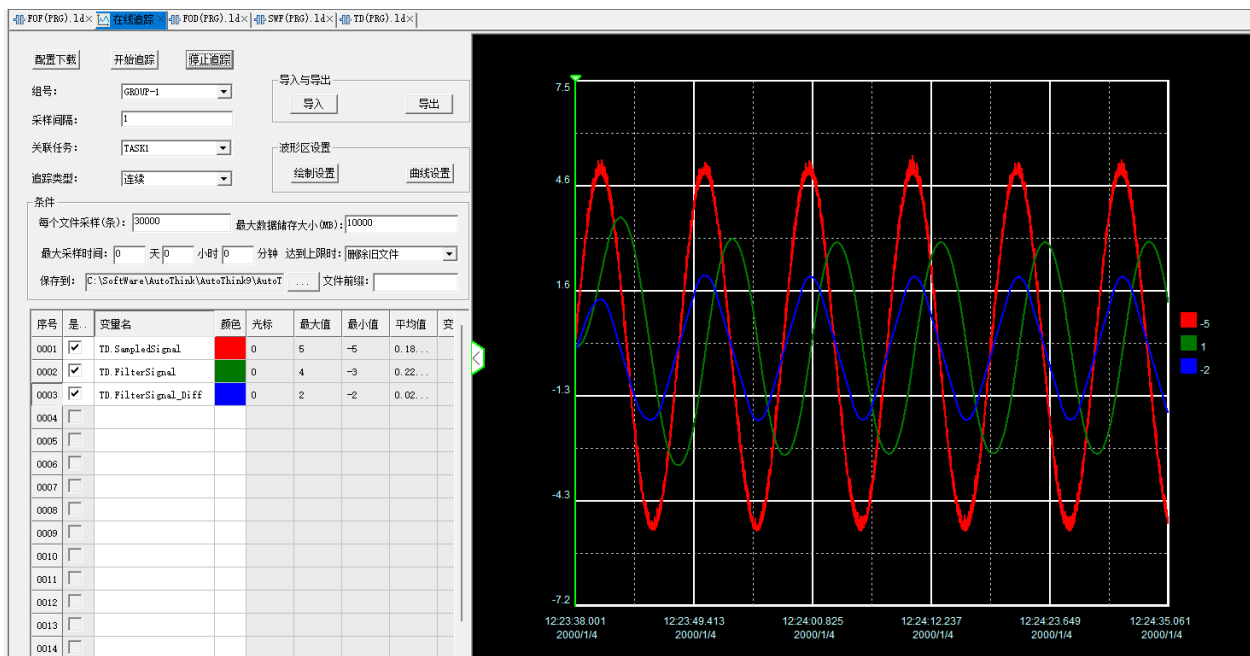
- 程序节 0002 中的 Gaussian_Write_Noise 为自定义功能块，用于模拟均方差为 0.1 的高斯白噪声，并将该噪声信号加到程序节 0001 中的正弦信号上，得到原始信号 SampledSignal。



- 程序节 0003 使用 Tracker_Differentiator 对带有噪声的 SampledSignal 信号进行滤波降噪。任务周期为 0.01s，TrackRate 和 FilterCoe 设置为 1。



在线追踪 SampledSignal、FilterSignal 和 FilteredDiffSignal 的结果如下图所示。图中为红色线条为原信号，绿色线条为滤波后信号，蓝色线条为滤波后的微分信号。可以看出，Tracker_Differentiator 对信号噪声具有明显的滤除效果。



7.1.1.6 注意事项

实际使用时，对于 TC 模块、AI 模块采集到的信号码值，需进行换算后，得到实际值（温度值、电压值等），作为 SampledSignal 原始信号。

TrackRate 和 FilterCoe 越大，滤波降噪效果越好，但其幅值缩减越小且相位滞后越大；TrackRate 和 FilterCoe 越小，滤波降噪效果越差，但其幅值接近原信号且相位滞后越小。因此使用者对 TrackRate 和 FilterCoe 的选取需慎重，选择合适信号的参数。

该功能块需要在周期类型的 IEC 任务中调用。

第8章 长时滞

8.1 Smith_Predictor_TF (Smith 预估器)

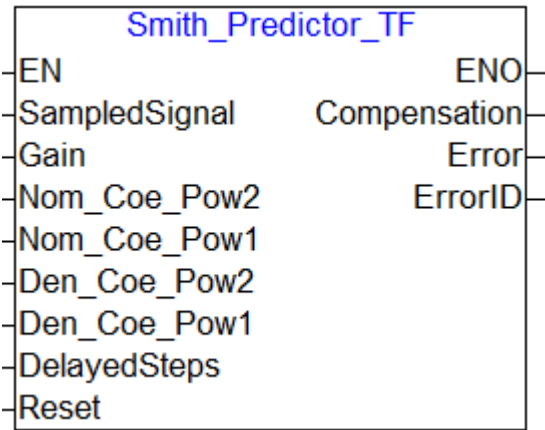
8.1.1 版本

支持该功能块的软件版本为 V3.2.3 及以上，不支持该指令的控制器固件版本有 LX-CU500-A01 (V1.0.0) 和 LX-CU500-A02 (V1.1.0) 。

8.1.2 功能

Smith 预估器的基本思想是利用系统的数学模型预测未来的输出，然后根据预测结果提前进行控制。这样，即使在实际的输出反馈中存在延迟，由于控制已经提前进行，所以系统的性能不会受到太大影响。

借助 Smith 预估器的作用，纯滞后对系统控制性能的负面影响被显著减弱，从而使系统能够更快地响应输入变化，使长时滞系统可以稳定控制。



Smith_Predictor_TF 功能块

8.1.3 参数

参数	声明	数据类型	说明	默认值
SampledSignal	Input	LREAL	采集的被控变量信号	0

Gain	Input	LREAL	被控对象传递函数的增益	0
Nom_Coe_Pow2	Input	LREAL	被控对象传递函数的分子阶次为 2 的系数	0
Nom_Coe_Pow1	Input	LREAL	被控对象传递函数的分子阶次为 1 的系数	0
Den_Coe_Pow2	Input	LREAL	被控对象传递函数的分母阶次为 2 的系数	0
Den_Coe_Pow1	Input	LREAL	被控对象传递函数的分母阶次为 1 的系数	0
DelayedSteps	Input	DINT	被控对象传递函数的延迟步长（延迟步长为延迟时间除以任务周期）	0
Reset	Input	BOOL	复位配置： TRUE：复位 FALSE：不复位	FALSE
Compensation	Output	LREAL	Smith 预估器的输出，是对系统时滞的补偿	0
Error	Output	BOOL	当输入参数非法时，该参数输出为 TRUE	FALSE
ErrorID	Output	CTRL_ALGO_LIB_ERR_LIST	VALID：无错误 其他：参见 错误码	VALID

8.1.4 错误码

错误名	说明
SampledSignal_REQUIRED_FFINITE	SampledSignal 范围要求 $-1 \times 10^{300} \sim 1 \times 10^{300}$
ARITHMETIC_OVERFLOW	输出参数出现数值计算溢出
Gain_REQUIRED_FFINITE	Gain 范围要求为 $-1 \times 10^{300} \sim 1 \times 10^{300}$
Nom_Coe_Pow1_REQUIRED_FFINITE	Nom_Coe_Pow1 范围要求为 $-1 \times 10^{300} \sim 1 \times 10^{300}$
Nom_Coe_Pow2_REQUIRED_FFINITE	Nom_Coe_Pow2 范围要求为 $-1 \times 10^{300} \sim 1 \times 10^{300}$
Den_Coe_Pow1_REQUIRED_FFINITE	Den_Coe_Pow1 范围要求为 $0 \sim 1 \times 10^{300}$
Den_Coe_Pow2_REQUIRED_FFINITE	Den_Coe_Pow2 范围要求为 $0 \sim 1 \times 10^{300}$
DelayedSteps_REQUIRED_LE_2E4	DelayedSteps 要求小于等于 2×10^4
DelayedSteps_REQUIRED_NON_NEGA	DelayedSteps 要求为非负值
TimeStep_REQUIRED_POSI	时间步长要求为正
TimeConstant_REQUIRED_FFINITE	时间常数要求小于 30000
NatureFrequency_REQUIRED_FFINITE	自然频率要求小于 1000
DampingRatio_REQUIRED_FFINITE	阻尼比要求小于 1000
TASK_IS_SINGLE	任务为单次
TASK_IS_FULLSPEED	任务为全速

8.1.5 示例

该示例仅用于进一步说明 Smith_Predictor_TF 的使用，而非实际应用场景。

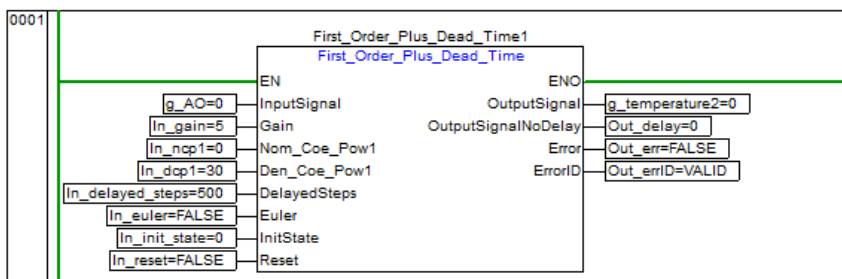
使用步骤：

- (1) 使用 Smith 预估器进行控制之前，需先利用辨识功能对系统进行辨识，得到其传递函数模型。
- (2) 利用 Hysteresis_PID_Tuner 对不带时滞的传递函数模型进行参数整定得到 PID 参数。
- (3) 通过 Smith_Predictor_TF 和 PID_Controller 对被控对象进行控制。

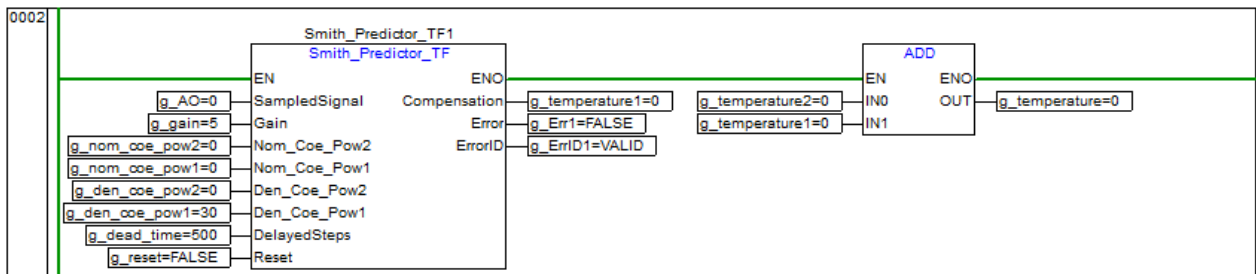
本示例以某加热设备为被控对象，系统有 100s 的时滞，且是时间常数的 3.3 倍，是典型的长时滞系统。本示例仅对 Smith 预估的控制进行描述。

系统组态如下图，其中对于 Smith 的输入，SampledSignal 为采集信号，Reset 为复位，其余参数均为某加热设备的传递函数模型参数。

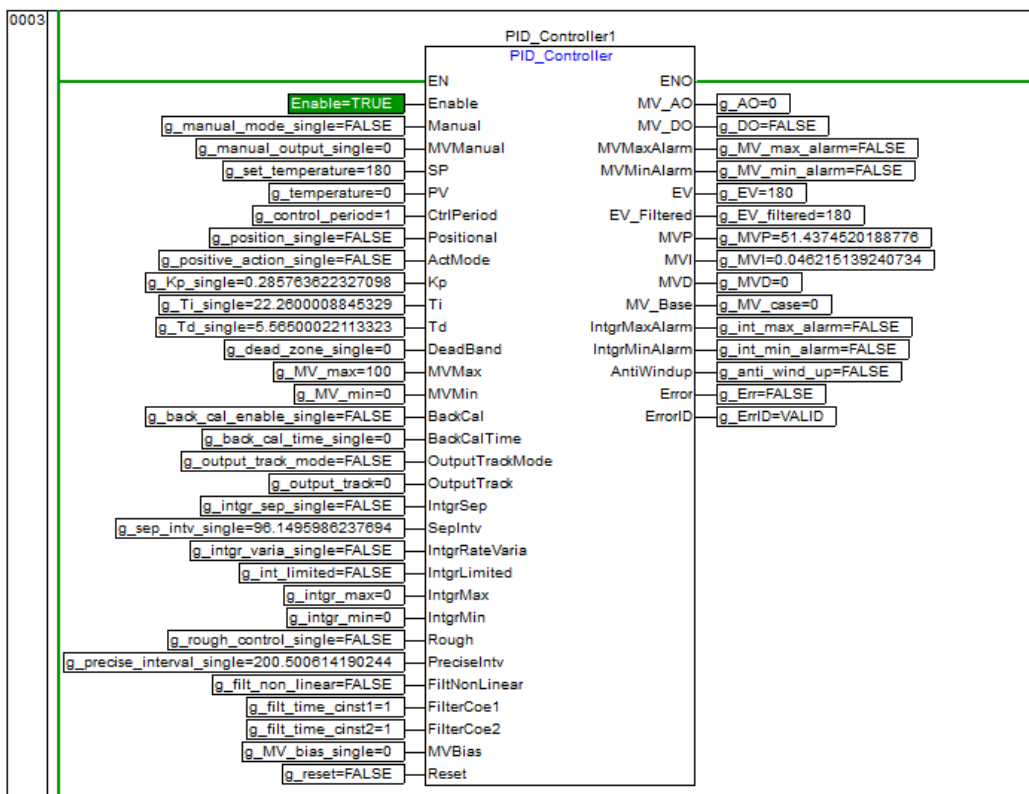
- 程序节 0001 通过功能块 First_Order_Plus_Dead_Time 模拟系统的输入输出。在此示例中，对应的是传递函数 $\frac{5}{30s+1}e^{-5s}$ 被控对象的输出，Gain 为 5，Den_Coe_Pow1 为 30，DelayedSteps 为 500。



- 程序节 0002 中通过 Smith_Predictor_TF 进行系统的时滞补偿，并将补偿后的信号加到程序节 0001 中的输出信号 OutputSignal 上，得到过程信号 PV。



- 程序节 0003 调用 PID 对被控对象进行控制，并将过程值稳定在设定值 180 附近。



最终控制效果图如下。

配置下载 开始追踪 停止追踪

组号: GROUP-2 导入与导出 导入 导出

采样间隔: 100

关联任务: TASK1 波形位设置 绘制设置 曲线设置

追踪类型: 连续

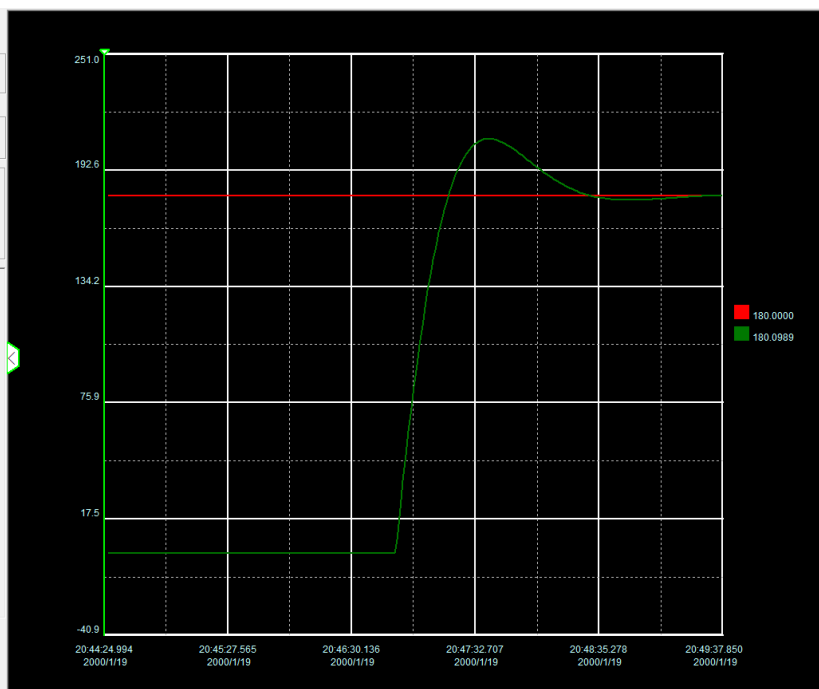
条件

每个文件采样(条): 30000 最大数据储存大小(MB): 1000000

最大采样时间: 0 天 1 小时 20 分钟 达到上限时: 删除旧文件

保存到: C:\Software\AutoThink\AutoThink9\AutoT... 文件前缀:

序号	是	变量名	颜色	光标	最大值	最小值	平均值	单位
0001	☒	g_set_temper...	红色		180.0000	180.0000	180.0000	St
0002	☒	g_temperature	绿色		208.4942	0.0000	93.9...	Tt
0003	☒	g_AO	蓝色		99.7223	0.0000	39.8...	0t
0004	☐	g_DO	紫色					
0005	☐							
0006	☐							
0007	☐							
0008	☐							
0009	☐							
0010	☐							
0011	☐							
0012	☐							
0013	☐							
0014	☐							



对于一般的现场，建议添加设定值斜坡追踪等辅助控温。

代码逻辑如下：

```
IF set_temperature < target_temperature THEN
    set_temperature := set_temperature + set_ramp * time_step;
ELSE
    set_temperature := target_temperature;
END_IF
```

其中 target_temperature 是指最终的目标温度，set_temperature 是当时的设定温度，set_ramp 为设定斜率，time_step 为时间步长，也就是任务周期。代码的整体逻辑是在未达到最终目标温度时，先按照设定的斜率变化，当达到最终目标温度时，停止斜率追踪，设定温度即为最终目标温度。

8.1.6 注意事项

该功能块需要在周期类型的 IEC 任务中调用。



北京和利时智能技术有限公司

Beijing HollySys Intelligent Technologies Co., Ltd..

地址：北京经济技术开发区地盛中路2号院

邮编：100176

电话：010-5898 1588

热线：400-811-1999

传真：010-5898 1558

和利时集团网址：<http://www.hollysys.com/>

FA业务官网：<https://fa.hollysys.com/>