

SIMATIC

模糊控制

用户手册

前言，目录	
模糊系统的结构 以及它们如何工作	1
功能块 模糊控制	
产品总览	2
模糊控制 功能块	3
组态 模糊控制	
产品总览	4
模糊控制组态工具	5
组态与启动 模糊应用	6
词汇表，索引	

安全指南

本手册包含了为确保用户人身安全并保护产品以及所连接设备所应该遵守的注意事项。这些注意事项在手册中通过警告三角形突出显示，并根据危险等级标记如下：



危险

指示如果未采取正确的预防措施，**将会导致死亡**、严重的人身伤害或者实物财产损失。



警告

指示如果未采取正确的预防措施，**可能会导致死亡**、严重的人身伤害或者实物财产损失。



警惕

指示如果未采取正确的预防措施，可能会导致轻微的人身伤害或财产损失。

注意

提醒用户注意关于产品以及使用产品的尤其重要的信息或文档中的特定部分。

合格人员

只有**合格人员**才被允许安装和操作该设备。“合格人员”是指那些被授权可以按照已建立的安全规范和标准来调试、接地以及标记电路、设备和系统的人员。

正确使用

注意下列事项:



警告

本设备及其组件只能用于在目录和技术描述中规定的应用，并且只能与通过西门子认证或推荐的第三方制造商提供的设备或组件一起使用。

只有在正确运输、存储、装配和安装并按照西门子建议的方式操作和维护时，本产品才能安全地正常工作。

商标

SIMATIC®和SINEC®是SIEMENS AG的注册商标。

第三方出于自身目的而使用本文档中其他涉及商标的名称时，可能会侵犯相应商标拥有者的权利。

版权所有© Siemens AG 1996，保留所有权利。

在没有明确的书面授权的情况下，不允许复制、传播或使用本文档或其内容。违反者将被追究相应责任。保留所有权利，包括由实用新型或设计的专利授予或登记所衍生的权利。

Siemens AG
Bereich Automatisierungstechnik
Geschäftsgebiet Industrie-Automatisierung
Postfach 4848, D- 90327 Nürnberg

Siemens Aktiengesellschaft

免责声明

我们已经检查了本手册的内容，以了解是否与所描述的硬件和软件相一致。由于错误在所难免，我们不能保证本手册的内容与实际完全一致。但是，我们会定期检查本手册中的数据，所有必需的更正都会包含在随后发布的版本中。非常欢迎用户提出宝贵意见，帮助我们对手册进行改进。

© Siemens AG 1996
技术数据如有更改，恕不另行通知。

订货号A5E01156039-02

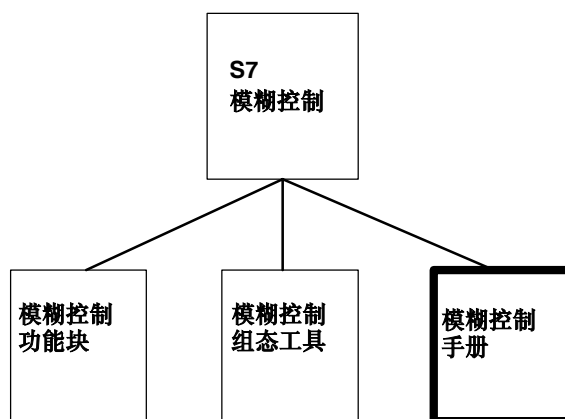
前言

手册用途

本手册用于帮助用户选择、组态和分配参数，为用户自己的控制任务设计最优的模糊控制块。

通过阅读本手册，用户将熟悉模糊控制块的功能，以及如何使用组态工具来完成组态工作。

本手册在“S7模糊控制”产品范围中所处的位置



“S7模糊控制”软件包由三个独立的产品组成：

- 产品“模糊控制”主要包含控制块(FB)和数据块(背景数据块)。
- 产品“模糊控制组态工具”主要包含了用于组态控制块的工具。在本手册的其余部分中，也将此产品称为“组态工具”。
- 本手册是一个单独的产品，描述了产品“模糊控制”和“模糊控制组态”。

软件包“S7模糊控制”

使用常规控制原理解决自动化任务只能产生受限制的结果，或者需要在控制质量方面有所妥协。软件包“S7-300模糊控制”提供了用于创建在解决自动化任务中使用的控制功能的完整理念。

控制块(功能块)的性能涵盖完整的性能范围，具有用于组态和分配参数的所有算法。

它提供了一个用户友好的工具，可为该功能块组态和参数分配。

根据模糊控制的基本原理，模糊控制器的组态非常容易，因为它们的功能仅限于定义和执行模糊理论中的核心功能。即使用户仅具有一般闭环控制知识，也能在很短时间内创建高质量的控制系统。

手册内容

 第1章	概述模糊系统的结构以及模糊系统是如何工作的
 第2章	概述模糊控制的功能块
 第3章	介绍模糊控制功能块的功能
 第4章	概述模糊控制组态工具
 第5章	介绍模糊控制组态工具的功能
 第6章	介绍如何使用模糊控制组态工具

目标读者

本手册供下列用户使用:

- S7程序员
- 闭环回路控制程序员
- 操作和维修人员

本手册中使用的惯例

我们在本手册中使用了很多惯例，从而使用户能更加便捷地访问手册中的信息：

- 左边的标题和块标签帮助用户快速访问特定主题，同时为用户提供了与手册内容相关的信息。
- 主题块通常回答了与工具功能相关的问题，或者给出了与要求的或建议的序列相关的信息。
- 对其他章节中与该主题相关的更多信息的引用显示在括号内(参见第 x.y 节)。对其他文档的引用以斜体显示。
- 过程中的步骤通过黑点来指示。
- 对于过程中顺序比较重要的步骤进行了编号。
- 过程或决策中的选项通过短划线来指示。

附加支持

如果您在使用本手册中描述的产品时有疑问，而又在本手册中找不到答案，请联系您的本地西门子代理商或销售办事处。

例如，可以在 S7-300 可编程控制器硬件和安装手册的附录“全球 SIEMENS”中，找到某个国家范围中主要的西门子办事处的地址。

如果您对手册本身有任何问题，或者对手册有评论或建议，请填写手册结尾处的评语表，并将其寄到所给出的地址。非常感谢您能将自己的个人观点和对手册的评价通过评语表发给我们。

为了使您能够更容易地学习 SIMATIC S7 自动化系统，我们提供了一系列教程。请联系您当地的培训中心，或位于德国纽伦堡的中央培训中心，电话：(+49) 911 985 3154。

目录

1	模糊系统的结构以及它们如何工作	1-1
1.1	过程特征与模糊应用	1-2
1.2	通过模糊控制进行信号处理	1-5
1.3	模糊编程语言	1-11
1.4	模糊控制中的方法和算法	1-15
1.5	边缘情况下的系统反应	1-23

功能块模糊控制

2	产品总览	2-1
2.1	模糊控制的用途和功能	2-2
2.2	结构	2-4
2.3	工作环境	2-6
3	模糊控制功能块	3-1
3.1	功能块Fuzzy	3-2
3.2	输入一个模拟值(函数FUZZY_AI)	3-8
3.3	输出模拟值(函数FUZZY_AO)	3-14
3.4	功能块FUZZY的技术规范	3-19

组态模糊控制

4	产品总览	4-1
4.1	组态工具的用途和功能	4-2
4.2	组态工具的结构	4-4
4.3	工作环境	4-6
5	模糊控制组态工具	5-1
5.1	“组态模糊控制” 工具	5-2

6	组态与启动模糊应用	6-1
6.1	规划和设计模糊应用	6-2
6.2	打开或调用要处理的项目	6-6
6.3	定义结构和编辑输入与输出	6-8
6.4	定义隶属函数	6-9
6.5	定制规则基础	6-13
6.6	模糊应用的离线分析，显示项目	6-15
6.7	模糊应用监视	6-17
6.8	下载和启动模糊应用	6-22
 词汇表		 词汇表-1
索引		索引-1

图

1-1	模糊逻辑和二进制逻辑中隶属函数	1-5
1-2	用(四个)隶属函数描述的过程变量	1-6
1-3	生成语言数值“A”的补集	1-7
1-4	计算两个规则的隶属函数	1-8
1-5	模糊应用与过程一起工作	1-9
1-6	包含p个输入、n条规则和一个输出的模糊系统常规结构	1-16
1-7	输入变量“温度”和“压力”以及输出变量“阀”的模糊处理	1-17
1-8	模糊控制对包含两个输入变量和一个输出变量的规则集的处理	1-22
2-1	模糊控制系统的示意图	2-3
2-2	软件产品“模糊控制”的内容	2-4
2-3	数据结构	2-5
2-4	“模糊控制”软件包的工作环境	2-6
3-1	块调用的结构	3-3
4-1	组态工具的结构	4-4
4-2	数据结构	4-5
6-1	连接启动块到模糊功能块	6-22

表

3-1	功能块FUZZY(Fuzzy数据块)的输入参数	3-7
3-2	功能块FUZZY(Fuzzy数据块)的输出参数	3-7
3-3	功能块FUZZY(Fuzzy数据块)的控制参数和内部区域	3-7
3-4	FUZZY_AI的输入参数	3-13
3-5	FUZZY_AI的输出参数	3-13
3-6	FUZZY_AO的输入参数	3-18
3-7	FUZZY_AO的输出参数	3-18

模糊系统的结构以及它们如何工作

本章介绍了
哪些主题？

本章包含与下列主题相关的信息：

- 过程特征与模糊应用之间的关系
- 通过模糊控制进行信号处理
- 模糊编程语言(FPL)
- 模糊控制中的方法和算法
- 边缘情况下的系统反应

1.1 过程特征与模糊应用

过程特征与模糊控制

规划和使用模糊系统时，无需对要自动化的过程进行数学公式化的描述。这是一个非常大的优点，因为计算闭环过程模型通常需要很高层级的描述，特别是那些涉及大量作用变量的复杂系统。常规方法所需要的理论知识层级比大部分实践用户完成这些任务所实际具备的理论知识层级要高。

尽管目前已经有了高级的自动化理论，但很多过程依然无法进行完整的描述。在创建最优开环或闭环控制策略时所遇到的困难意味着这些理论还无法在实际中得到充分的应用。

在给定的应用中，通过**S7模糊控制**软件包，可以使在理论上难以进行记录的过程能够在全自动开环或闭环系统中得到最佳的控制。要应用模糊应用，用户只需知道如何影响具体过程才能引起所需要的特性即可。设备操作员和过程操作员因其实践经验而具备此类知识。

如果将此类知识用文字描述出来，则不难创建一个模糊系统，其产生的效果至少能够与在有经验的设备操作员协助下常规系统所产生的效果相媲美。模糊应用的非线性特性代表了人为技能的有效复制。

过程分析

对自动化系统的阐释基础始终是过程分析，过程分析用于记录过程中的物理特性。在传统情况下，过程分析的数据被用于过程模型的定量定义。而在模糊应用中，这些分析被从质量上描述过程特性的规则所代替。

即使是可测量的具体过程特性，也可以包含到模糊规则中。**S7模糊控制**软件包中的组态工具使用户可以借助于“曲线记录器”功能来监视过程变量。

应用领域

自动化的主要目的是在控制和参考变量的整个工作范围内实现连续的且尽可能(不考虑过程干扰所产生的影响, 过程干扰是不可避免的)最优的自动运行。在线性控制系统中, 不论系统的动态响应有多少阶, 都可以使用包含传统P/PI/PID控制器以及稳定或不稳定输出信号的闭环回路控制来达到该目的。

如果传统过程需要设备操作员频繁地进行矫正性干涉, 或者过程只能进行手动控制, 则使用模糊控制非常有利。特别是有大量频繁变化的过程参数影响自动化结果的情况。控制车辆在轨道上的运行便是这类应用的一个典型实例; 在此实例中, 行程时间、制动距离或精确定位等与负载、行程以及车辆的状态密切相关。

常规下难以控制的工艺过程通常以多变量控制为特征, 或者具有非线性和随时间变化的过程特性。这些过程只能通过数学模型进行不完全适当的描述。对于此类情况, 可以在进行传统控制的同时采用模糊应用, 或者可以用模糊应用来代替传统控制。因此, 带有已定义输入/输出特性的模糊控制块可以以与其他用于过程控制的S7软件组件相同的方式在相同的自动化系统上使用, 甚至可以与其他块的功能配合使用。

典型的模糊应用成功实例:

- 包括协调次级控制行为的过程控制
- 控制非线性单变量和多变量系统
- 对产品众多功能的质量控制
- 随时间变化的控制参数的分配或可调节变量的修正
- 控制过程中的逻辑结构

规划模糊项目

修改所设置的模糊应用, 使其符合过程。必须设置合适的“隶属函数”和“规则”(参见1.4), 才能完成此修改。因此, 规划的重点便是使用多个真实度来解释其他变量。这些真实度及其使用会使输入/输出因果关系变得越来越复杂。因此, 我们推荐只将真正相关的过程变量包含在模糊应用中。

使用模糊控制的优势

模糊系统的功能非常强大, 因为它将与环境中的过程相关的人为模糊知识转换成了具体的操作。这些知识(特别是关于过程和设备的静态和动态行为的知识)通过使用模糊系统被用于实现过程自动化。处理自动化任务需要经验方法, 而不是刚性理论。

模糊应用的创建过程可以归纳为两个主要任务:

1. 使用“含糊”或“模糊”的定义来描述相关输入和输出变量的瞬时值特性, 并对这些特性进行量化, 例如: *很多*、*少数*、*几乎没有*、*暖*、*冰冷*、*快速*等。
2. 将相关过程或设备的经验或知识形式化成通俗的规则。

输入对过程输出的影响总是不断变化, 这可以借助逻辑语句(If/Then规则)进行描述。然后便可以使用算法对其进行处理。

模糊控制的过程和特征

各区域中的“隶属函数”确定了输入和输出的数值样式, 这些输入和输出值在“规则集”中进行处理。“隶属函数”和“规则”为模糊应用提供了计算瞬时输出值所需要的所有信息。输出变量根据模糊理论的算法进行计算。可以在1.4节中找到对计算过程的简要描述。

下列术语描述了模糊系统的内部子功能:

- 模糊化 将输入的瞬时值转换成真实度;
- 推理 借助最小值操作符链接输入的真实度来处理规则集(IF部分), 然后为各个输出-计算真值(THEN部分);
- 逆模糊化 通过对生成的隶属函数进行加权, 并生成重心区来计算数字输出值。

通过模糊方法实现的自动化问题解决方案具有下列特征:

- 面向经验
- 清晰生动
- 所需的时间和体力相对较低
- 适合实际使用
- 通常是稳定的

1.2 通过模糊控制进行信号处理

模糊逻辑

模糊系统组态中应用的基本理念是模糊逻辑。模糊系统由具有模糊(或含糊)逻辑的规则集构成，它有一个非常独特的优点，那就是能够清晰明确地表达隶属关系(二进制逻辑)的双值逻辑：这种逻辑表达与对设备和系统中过程的人为理解非常接近。

在日常生活中，人们经常会使用一些通俗的词语来描述某些事情和过程，例如很多、有些、很少、更多等；而不会考虑给出具体的数值。然而，在二进制逻辑中，必须要定义相对任意的限制，并保持在严格的 Either-Or 逻辑所定义的范围之内。

例如，如果要描述某个“热”过程中的温度，则可以说成高于90°C 的温度确定是处于“热”范畴之内。设备操作员可能会对80°C 的温度是否属于“热”这一范畴有不同意见，但70°C 的温度则很明显不再属于“热”范畴了。在模糊逻辑中，这类含糊的表达可以使用隶属函数来描述；如左图1-1所示。

与模糊逻辑不同的是，在二进制逻辑中，必须定义用于限制“热”温度类别的下限值。正如实例中所示，如果用户要将该类别的限制值固定在80°C 上，则79°C 的温度便已经不再属于“热”类别。

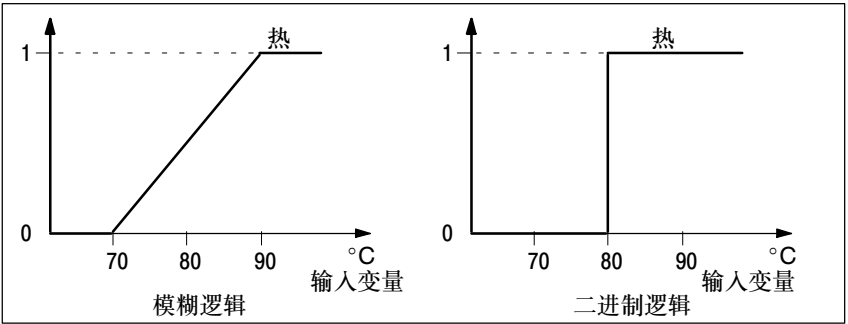


图 1-1 模糊逻辑和二进制逻辑中的隶属函数

隶属函数

对于模糊应用的每个输入和输出变量，可以设置一个数值范围，变量(例如温度)可以在此范围内变化。**隶属函数**定义了与输入或输出变量数值范围内的特定过程状态之间的关系。通过中间状态的**真值**的斜坡形描述表述隶属函数的特征。

因此，隶属函数便具有三角形或梯形(参见图1-2)这两种外形。当然也可能是矩形，它对应二进制状态描述的效果。隶属关系图由两个基点坐标和两个顶点坐标确定。对于三角形，则是两个顶点重合的情况。

某个特定当前过程变量值与关于该变量的不同语句之间的隶属度以真值(0到1)表示(参见图1-2)。模糊系统始终可以通过隶属函数(或通过它的定义坐标)来精确计算出真实度。

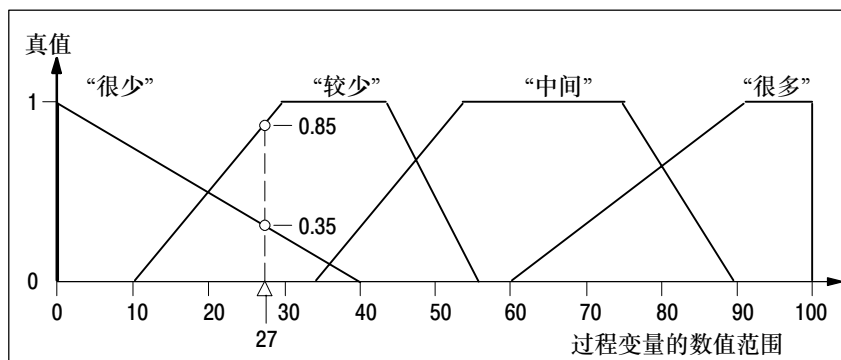


图 1-2 用(四个)隶属函数描述的过程变量

语言数值和隶属函数

在模糊理论中，语言数值这一概念的作用非常重要。例如，如果我们来看“冷”、“暖”和“热”这几个温度数值在温度变量的整个数值范围内的模糊区域，则可以使用“冷”、“暖”和“热”作为变量“温度”的**语言数值**。语言数值是为无法明确定义的物理变量选择的地址区域(模糊集)。

在输入或输出变量的数字数值范围内进行状态分类(在模糊控制中最多可以有七个不同类别)需要定义这些不同状态的特征。这些状态定性地描述了相关过程变量的特性。变量的描述使用这些所谓的语言数值，而语言数值都是通过隶属函数“模糊”定义的。

隶属函数声明了所发生的过程变量的每个数字值与特定语言数值之间的隶属度。(此过程可以描述为定量语言数值的定性语句。)

由于隶属函数通常都是重叠的，因此大量等于零的隶属函数可以为特定过程值提供不同的真值。在图1-2中，语言数值“少”和“很少”的隶属函数定义了过程值“27”在真值分别为多少时属于“少”和“很少”。

语言数值的补集

除了定义和定量语言数值以外，还可以将语言数值的补集链接到模糊控制的规则集中某个规则的IF部分。此处，语言数值或隶属函数A的补集C用关系式 $C = 1 - A$ 来描述(图1-3)。

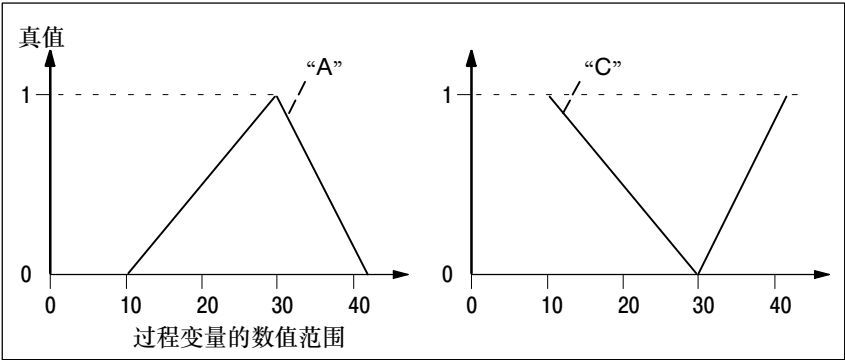


图 1-3 生成语言数值 “A” 的补集

模糊规则集

模糊应用的特征是直接使用模糊经验知识，在输入变量的所有可能数值组群中创建输出变量的最优行为。这种关于过程如何反应的知识是使用此方法以下列规则总结的。

IF <条件> ... THEN <结论>

这些IF-THEN规则对应最简单类型的人为决策过程。条件和结论均为模糊语句，例如：

IF “the pressure is high” ,
THEN “open the valve a little” 。

或链接的语句，例如：

IF “the pressure is high”
AND “the temperature rises steeply ” ,
THEN “open the valve a little” 。

每一个这样的语言规则，也被称为生产规则，描述了确定模糊应用的行为的部分策略。

为了能够以数学方式处理这些IF THEN规则，必须找到一个操作，将IF部分的模糊值和THEN部分的模糊值链接在一起(或链接它们的隶属函数)。在模糊控制中，生成最小值便是用于此目的。

此方法(图1-4，上部)清楚实现了下列目的：结论部分最多只能具有和条件部分相同的真实度。通过将THEN部分的隶属函数限制为IF部分的当前真值，得到规则的隶属函数。

IF部分还可以是一个逻辑操作网，其复杂程度依据需要而定。THEN部分通常只是将语言数值简单地分配给输出变量。通过相应地对规格进行格式化，可以创建这样一种状况：一条规则的最大值可以产生输出变量的每一个语言数值。

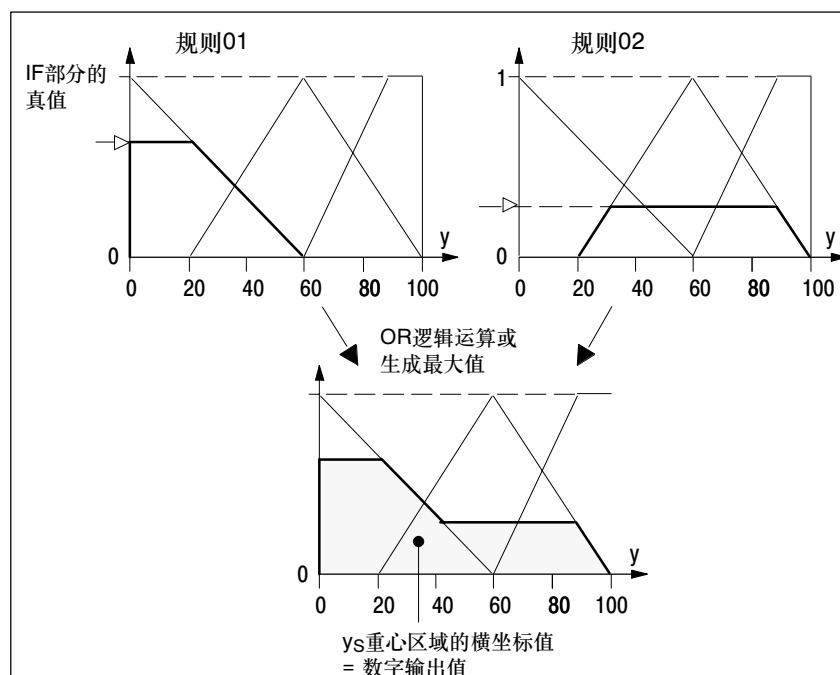


图 1-4 计算两个规则的隶属函数

在模糊控制中，已经实现了相应的算法，可以根据模糊逻辑的原理来使用这些规则。这些规则的总和，或者称为**规则集**，构成了模糊应用的核心部分。规则的重叠生成了模糊控制算法系统的全部隶属函数(图1-4，下部)。它刻画了规则集当前影响的特征。

从隶属函数的形状中，通过生成重心区域(逆模糊化)来生成数字值。此运算完成了模糊系统中规则集的全部处理。

1.4一节对使用的方法和数学公式进行了总结。

使用模糊应用的过程处理

由于模糊逻辑不但可以定义两个二进制状态，还可以定义0和1之间的中间数值，这样对过程的描述便更为完整和真实，从而与实际状况更接近。隶属关系概念的扩展使我们使用功能块**模糊控制**的算法来计算以语言形式表达的专业知识。

使用标准功能块创建的模糊应用是一个纯粹的软件解决方案，用于创建数字采样系统。它们的输入和输出值借助于数字算法在CPU (S7-300或S7-400)上进行处理。可以由CPU的操作系统以时间驱动的方式调用模糊应用，也可以周期性地调用。在用户程序中，它们是独立调用的。特定模糊应用的处理频率由程序处理层级决定。

处理器中的算法在实时条件下模拟模糊应用。在精确的采样时间点之间，系统并不会对过程变量中的变化作出响应；输出变量保持不变。

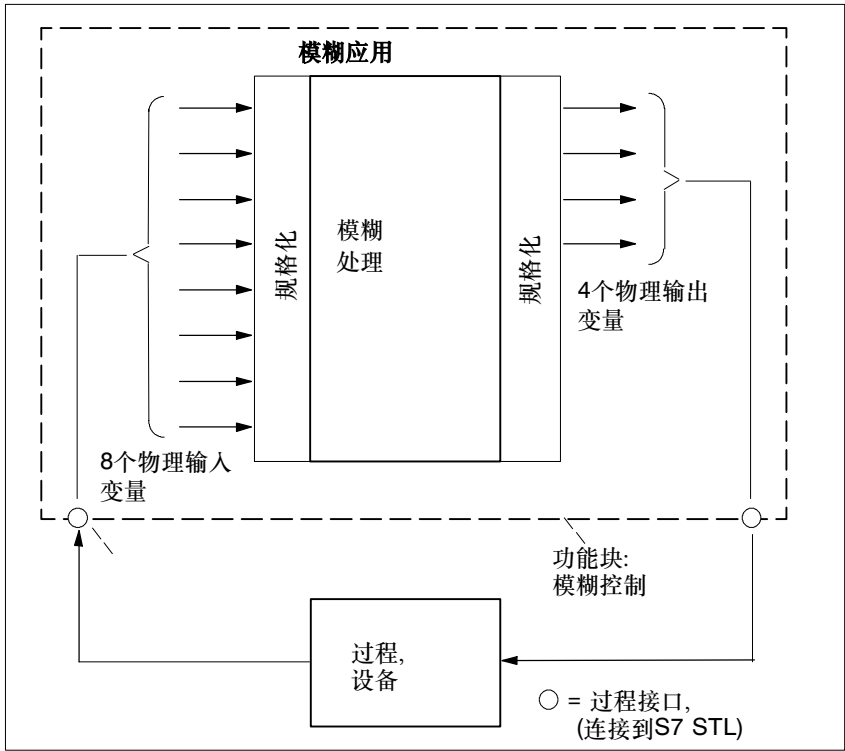


图 1-5 模糊应用与过程一起工作

在图1-5中，以结构示意图的形式说明了在闭环或开环控制系统中使用模糊应用的情况。本结构在最大程度上使用了可用的输入与输出，为您提供可以设置的组态的总览。

模糊控制的组态和结构

组态模糊应用的过程可以分为以下三步：

- 定义输入与输出
- 确定隶属函数
- 建立模糊规则

所有这些步骤都是借助“组态模糊控制”工具完成的。

通过定义输入和输出变量，可以创建多维的开环或闭环控制系统。模糊应用的策略通过相应的非线性图形集来表达多维、纯静态的非线性。

组态完成后，推荐执行一些离线测试，以检查模糊应用的功能和行为是否正确。为此，我们提供了一个可以为其分配参数的曲线记录器，这些参数在所需要的输入上设置三角形函数或常数数字值。

现在，将组态工具(安装在编程设备或PC上)连接到S7-CPU。通过多点接口(MPI)或总线链接，将功能块“模糊控制”和以背景数据块形式存在的模糊应用下载到目标硬件。在目标系统上必须已经安装了执行环境，并且与系统环境链接在一起。在系统中，应该已经连接了输入与输出。

仅将与执行相关的数据下载到CPU中。输入与输出的分配状态仅存储在编程设备的离线数据库中。

在从CPU中回读模糊应用时，如果没有相应的离线数据库，则使用最初形式的分配状态。

使用组态工具中的监视功能，可以检查模糊应用在实时条件下的行为。输入与输出的数值以时间曲线的形式显示。通过参考控制效果，对模糊应用的效果进行结论扫描。测量值被存储，这样用户便可以进行回顾分析。

这些函数排列在“组态模糊控制”的Windows兼容窗口中，可以通过菜单激活(参见章节 4.1)。

1.3 模糊编程语言

FPL标准

模糊控制并不是西门子独有的方法。用于存储模糊应用的数据格式是模糊编程语言(FPL)。FPL标准由Togai InfraLogic公司制定，已在大量模糊工具中得到应用。通过使用此标准，可以在不同开发工具之间交换模糊项目。

FPL标准的限制 模糊控制

处理工具“组态模糊控制”使用FPL标准的子集来描述模糊应用。例如，所有模糊项目均可使用TIL-Shell来处理。与此相反，如果遵循以下语言范围限制，则TIL-Shell的项目只能使用“组态模糊控制”来处理：

- 只允许使用一个规则集(控制字FUZZY)。
- 在模糊应用中，不允许使用任何模块化模糊系统。不允许使用控制字PACKAGE。
- 最多可存在8个输入、4个输出和200条规则(包含2个输入和1个输出)。
- 每个输入最多可包含7个隶属函数。
- 每个输出最多可包含9个隶属函数。
- 对于模糊控制中的名称标识，输入与输出只能包含10个字符，而语言变量只能包含7个字符。
- 在模糊规则中，只能使用AND运算符。不允许使用OR和NOT。
- 输入的隶属函数只能具有矩形、三角形或梯形这三种外形，在具有四个点的图像中，第一个点和第四个点必须具有真值0，第二个点和第三个点则必须具有真值1。上面的点仅通过垂直线便可指定。也就是说，矩形隶属函数可以只使用两个点来描述。
- 在模糊控制中，只能单模式函数才能被作为输出的隶属函数进行处理。当在TIL-Shell中输入数据时，必须为输出选择窄矩形函数(宽度=整个范围的 $\frac{1}{200}$)，这样才能在模糊控制中处理这些函数。
- 隶属函数的坐标必须存储在点列表中。当使用“组态模糊控制”时，不允许指定隶属函数的方程式。

FPL控制字

下表给出了“模糊控制”所使用的FPL语法中的控制字。

/*注释*/	注释包含在字符串/*...*/内
PROJECT	项目的起点, 从项目分配开始
VAR	变量描述(输入/输出)的起点
TYPE	变量的类型(在“模糊控制”中始终为FLOAT)
MIN、MAX	变量的限制值
MEMBER	隶属函数定义的起点
POINTS	隶属函数的点列表
FUZZY	规则集的起点
RULE	规则的定义
IF、IS、AND、THEN、=	模糊规则的描述元素
CONNECT	确定输入、输出、规则集等之间的联系
FROM、TO	CONNECT中的连接元素
END	对象的结束

容许的FPL元素

FPL中有大量的语言元素不能在“模糊控制”中使用, 但是可以容许在“模糊控制”中存在。也就是说, 这些控制字不会对应“模糊控制”中的任何功能。用于合并C代码中的程序部分的FPL元素可被接受, 但不能包含任何注释。

MAP	WARNING (警告), 无任何映射
INITIALLY	WARNING (警告), 不允许进行预分配
DEFAULT	WARNING (警告), 不允许存在使用非激活规则的数值输出
OPTIONS	对象的附加信息
SOURCE	合并C代码中的组成部分
FRAGMENT	合并C代码中的组成部分
#CODE..#END_CODE	合并C源代码

FPL文件的实例

以下实例说明了由“组态模糊控制”生成的模糊应用。在此项目中, 使用了两个输入和一个输出。第一个输入分配为**Temperature** (温度), 第二个输入分配为**Pressure** (压力)。为输出分配了**Valve** (阀)。定义了四个模糊规则。

STL

解释

```
/*Copyright (c) Siemens AG 1995*/
/*FPL-File generiert von Fuzzy Control am 05.06.95*/
```

```
PROCECT FPLTEST
```

```
VAR Temp
```

```
TYPE float
```

```
MIN 0.00
```

```
MAX 30.00
```

```
MEMBER cold
```

```
POINTS 0.00,1.0 3.00,1.0 27.00,0.0
```

```
END
```

```
MEMBER hot
```

```
POINTS 3.00,0.0 27.00,1.0 30.00,1.0
```

```
END
```

```
END
```

```
VAR Pressure
```

```
TYPE float
```

```
MIN 50.00
```

```
MAX 100.00
```

```
MEMBER low
```

```
POINTS 50.00,1.0 55.00,1.0 95.00,0.0
```

```
END
```

```
MEMBER high
```

```
POINTS 55.00,0.0 95.00,1.0 100.00,1.0
```

```
END
```

```
END
```

```
VAR Valve
```

```
TYPE float
```

```
MIN -101.0
```

```
MAX 101.0
```

```
Member drainage
```

```
POINTS -101.0,1.0 -99.0,1.0
```

```
END
```

```
Member closed
```

```
POINTS -1.0,1.0 1.0,1.0
```

```
END
```

```
MEMBER inlet
```

```
POINTS 99.0,1.0, 101.0,1.0
```

```
END
```

```
END
```

1

STL	解释
<pre> FUZZY ProFuzzy RULE Rule_01 IF (Temp is cold) AND (Pressure is low) THEN Valve = inlet END RULE Rule_02 IF (Temp is cold) AND (Pressure is high) THEN Valve = closed END RULE Rule_03 IF (Temp is hot) AND (Pressure is low) THEN Valve = closed END RULE Rule_04 IF (Temp is hot) AND (Pressure is high) THEN Valve = drainage END END CONNECT FROM Temp TO ProFuzzy END CONNECT FROM Pressure TO ProFuzzy END CONNECT FROM FROM ProFuzzy TO Valve END END </pre>	

1.4 模糊控制中的方法和算法

背景信息

本部分介绍了与下列主题相关的信息:

- “模糊控制” 处理信号所使用的方法
- 模糊功能块中用于计算输出变量的算法。

本部分属于理论性比较强的内容，如果用户主要对使用模糊算法实际处理和解决自动化任务感兴趣，则不需要阅读。

首先，使用输出的梯形隶属函数实例来介绍计算算法。在本部分的稍后内容中，我们将会使用单模式函数来介绍输出值计算的特殊性。

1

内部算法

用于从数字输入值的瞬时组群计算数字输出值的模糊算法在通过下列子操作在内部执行(参见图1-6):

- 模糊化(输入变量特性的含糊描述);
- 推理(IF...THEN规则处理);
- 逆模糊化(通过加权规则集的THEN部分，然后计算重心来计算输出变量)。

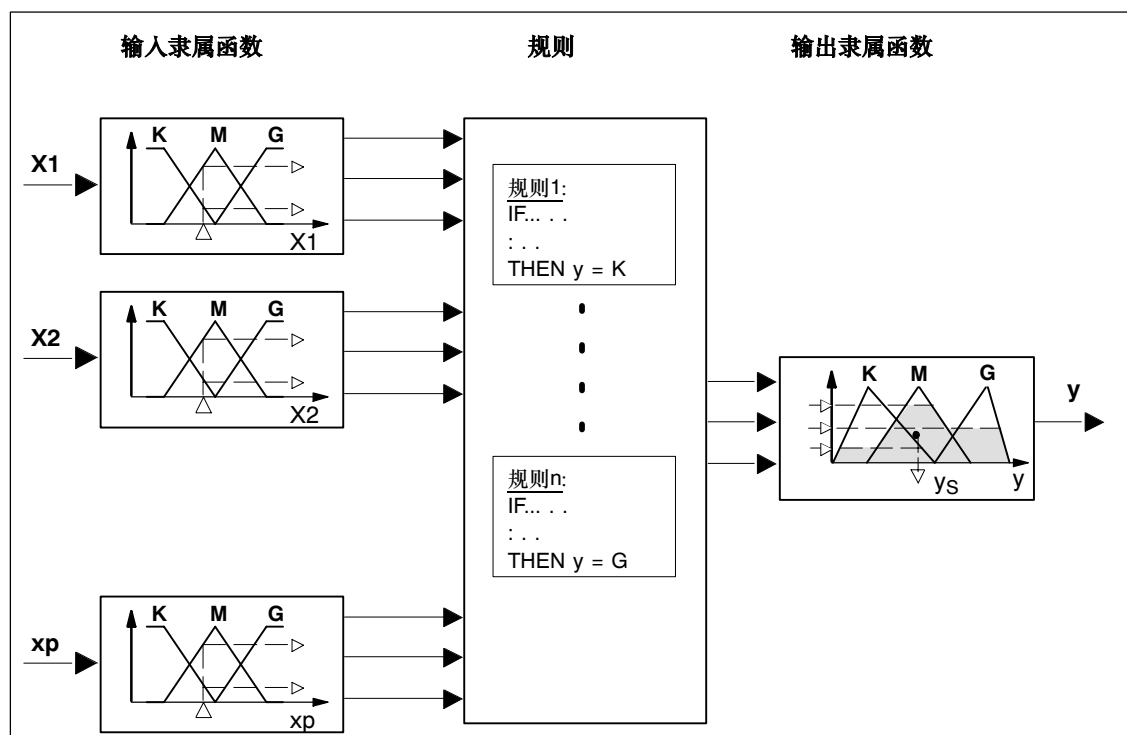


图 1-6 包含 p 个输入、n 条规则和一个输出的模糊系统常规结构

模糊化 和推理

在第一步(即**模糊化**)中，语言变量的真实度根据输入信号的当前值来计算。图1-7中包含了温度和压力输入变量的模糊化。对于温度，从模糊化中得到下列真实度：

$$\vartheta_{\text{cold}} = 0, \vartheta_{\text{warm}} = 0.95, \vartheta_{\text{hot}} = 0.35$$

而对于压力，则得到：

$$p_{\text{low}} = 0.25, p_{\text{medium}} = 0.85, p_{\text{high}} = 0$$

在下一步(即**推理**)中，模糊规则被应用。在规则的IF部分，通过模糊运算符链接在模糊化计算中得到的真实度。模糊算法中使用了大量运算符，用于计算AND和OR逻辑运算。在大多数情况下，**最小值**用于计算AND，而**最大值**用于计算OR。

对于在IF部分中处理的输入变量给定数值，应用以下原则：THEN部分的隶属函数限制为IF部分的结果值。在“模糊控制”中，使用生成最小值作为计算规则隶属函数的算术标准。

在实例中，对于规则01

$\vartheta_{\text{warm}} = 0.95$ 和 $p_{\text{medium}} = 0.85$ 通过AND = 0.85链接起来

对于规则02:

$\vartheta_{\text{hot}} = 0.35$ 和 $p_{\text{low}} = 0.25$ 通过AND = 0.25链接起来

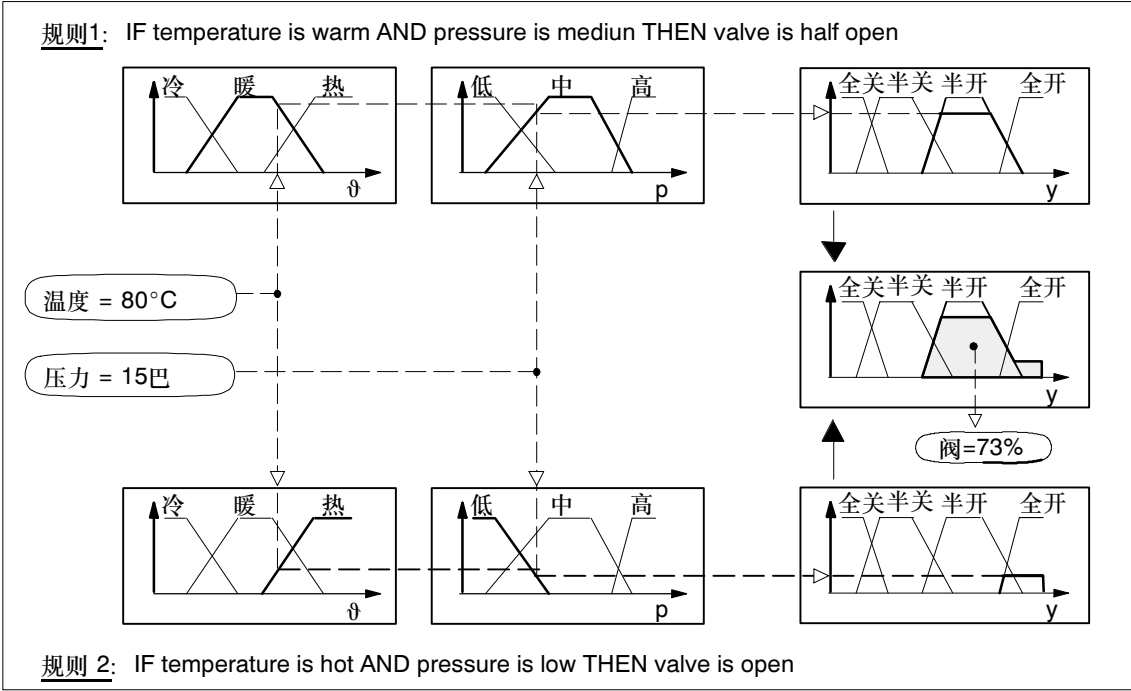


图 1-7 输入变量“温度”和“压力”以及输出变量“阀”的模糊处理

将多个规则的隶属函数链接在一起就是所谓的推理。此处，使用一个OR逻辑运算或生成最大值作为算术规则。借助这种最大-最小推理方法实现复合运算。此运算允许所有规则的有效部分都参与其中。大量截断隶属函数的重叠部分被加在一起，生成一个结果隶属函数(多边形，图1-7右侧)。

逆模糊化

“模糊控制”的推理与合成方法的结果是生成一个含糊或模糊的输出变量：提供隶属函数作为输入变量给定瞬时值的规则集输出信息。在模糊系统中，这个不明确信息必须转换成一个有代表性的数字值，这是因为(例如)可调节变量不能处理隶属函数。该数字值的计算过程称为逆模糊化。

对于输出值的计算，首先使用当前的真实度来加权输出的隶属函数。

可以根据不同方法来执行此加权过程:

- 根据各个规则分析的THEN部分截断相应的隶属函数(图1-7)。
- 将隶属函数与真实度相乘。

这两种方法的优缺点将在下面进行介绍。

在模糊计算的第三步(即逆模糊化)中, IF部分的计算结果必须以真实度的形式应用到规则的THEN部分。换句话说, 也就是THEN部分必须通过IF部分的结果进行加权。

在实例中, 预期结果如下:

规则1: 阀 = 半开, 真实度为0.85

规则2: 阀 = 全开, 真实度为0.25。

必须为阀计算与真实度加权相对应的可调节变量。它必须介于“半开”和“全开”之间, 而且语言变量“半开”的权重要更大一些。

通常使用**重心法**来计算输出值。该方法将位于输出隶属函数下面的区域重心的横坐标作为输出值。加权的区段形成统一区域。该统一区域的重心便是逆模糊化的结果, 它将输出到过程中以作为可调节变量的数值。在实例(图1-7)中, 重心由打开度为73%的阀表示。

计算重心

计算位于函数 $y = f(x)$ 下面的 $x = x_A$ 到 $x = x_E$ 之间区段的重心 $S(x_s, y_s)$ 的坐标 x_s 的常规公式用数学表示如下:

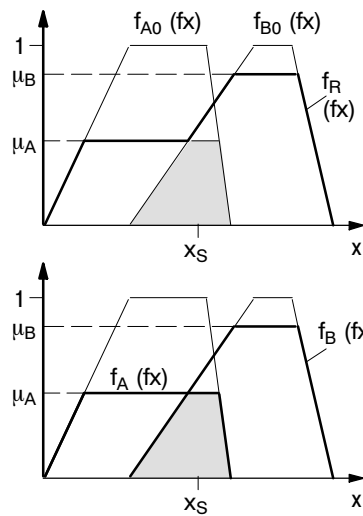
$$x_s = \frac{\int_{x_A}^{x_E} x f_R(x) dx}{\int_{x_A}^{x_E} f_R(x) dx}$$

逆模糊化中的问题

1. 在截断隶属函数时, 必须计算出输出区域与水平直线的交叉点(对应于真实度)。
2. 在生成统一区域时, 必须计算出每条模糊规则输出隶属函数(折线)的交叉点。
3. 必须执行复杂的综合运算, 才能计算出重心(参见上面的内容)。

出于对上述原因的考虑，建议使用计算速度尽可能快且内存要求低的方法。计算的起始点是生成统一区域的截断区段。

22



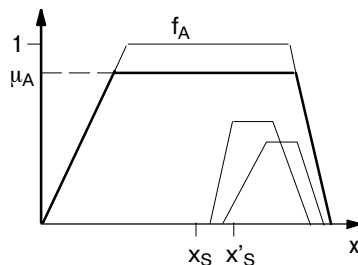
输出隶属函数的两个区段在阴影区域重叠。在统一区域的计算中，该阴影区域仅被考虑一次。

而另一方面，如果两个区段被单独考虑，则不需要计算结果函数 f_R (多边形)。相应地，需要对两个区域进行求和运算，而不是OR运算。在这种情况下，将会在计算中多次包含重叠区段。

根据下列关系计算重心：

$$x_S = \frac{\int x f_A(x) dx + \int x f_B(x) dx + \dots}{\int f_A(x) dx + \int f_B(x) dx + \dots}$$

在计算中对重叠部分仅考虑一次(OR运算)还是考虑多次(求和)很显然会影响计算结果。具体选择哪种方法只是一个简单的看法问题。

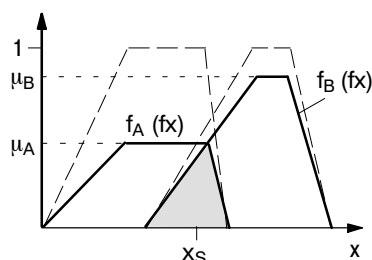


旁边的图形显示了重叠的一个极端情况，即隶属函数的所有两个区段都完全位于一个隶属函数内。如果不考虑重叠部分，则会为区域生成重心 x_S 。

如果将位于内部的部分以加性方式考虑在内，则得到重心坐标 x'_S 。如果主要考虑函数 f_A ，则 x_S 是较好的解决方案。而如果需要考虑生成内部部分的模糊规则的影响，则 x'_S 将会提供较好的结果。

使用乘法加权

如果分别对区段进行计算，然后以加性方式处理重叠部分，这可以简化重心的计算过程。在这种情况下，使用乘法进行隶属函数与真实度的加权运算。



加权区段 f_A 和 f_B 以及重心的计算公式如下：

$$f_A(x) = \mu_A \cdot f_{A0}(x)$$

$$f_B(x) = \mu_B \cdot f_{B0}(x)$$

$$x_{S'} = \frac{\mu_A \int x f_{A0}(x) dx + \mu_B \int x f_{B0}(x) dx + \dots}{\mu_A \int f_{A0}(x) dx + \mu_B \int f_{B0}(x) dx + \dots}$$

在用于 $x_{S'}$ 计算方程式的积分部分，只有原函数仍然存在。由于这些函数不再依赖于过程的输入变量，因此可以在生成项目的阶段，离线执行积分部分的计算。分式分子中的积分部分对应于时刻 M ，而分母中的积分部分对应于区段 A 。在这些假设条件下，计算公式进一步简化，从而得到下式：

$$x_{S'} = \frac{\mu_A M_{A0} + \mu_B M_{B0} + \dots}{\mu_A A_{A0} + \mu_B A_{B0} + \dots}$$

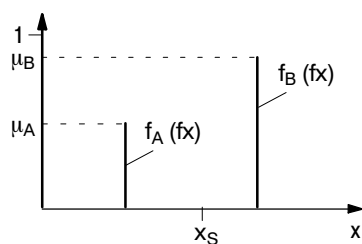
在此公式中，只有输出隶属函数的时刻 M 和区域 A 被包含在计算中。隶属函数的形状对计算结果不再有任何影响。只有区域大小和在 x 轴上的位置才是决定因素。

单模式函数

从最后一个等式开始，仅仅需要一小步就可以获得单模式函数的计算方法：

- 选择隶属函数 f_{A0} 和 f_{B0} ，它们与 x 无关。（例如，具有函数值1的矩形。）
- 现在，可以在积分之前拉长和缩短 f_{A0} 和 f_{B0} 。
- 然后使矩形的宽度趋向于零，并跨越限制。

在等式中，仅保留与位置 x 相关的部分。



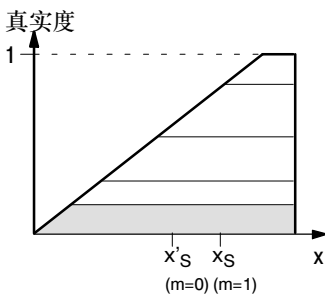
这样便得到了最能使用“线函数”或单模式函数的几何形状直观解释的关系:

$$x_S = \frac{\mu_A x_A + \mu_B x_B + \dots}{\mu_A + \mu_B + \dots}$$

这种计算方法在“模糊控制”中用于逆模糊化。通过单模式函数计算输出值为模糊应用提供了众多优点:

1. 简单、快速且只需很少内存。
2. 对用户来讲，为输出定义单模式函数要比为区域定义单模式函数简单地多。举例来讲，如果使用了单模式函数，则“阀 = 全关”的值实际上便为零。

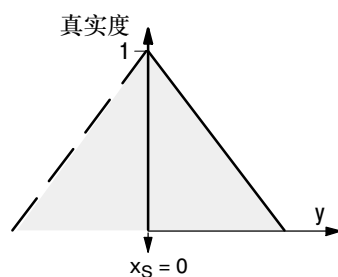
区域隶属函数应用的另一个副作用会导致下列结果:



如果使用了非对称区域和截断方法，则单个区域的重心(!)将取决于真实度。例如，如果仅有单个要求“阀 = 全关”的规则起作用，则输出值将取决于控制行为的强度。

3. 在将区域用作输出的隶属函数时，总是会发生数值范围无法完全利用的问题，这是因为区域的重心不在边缘处。

如果定义了一个从**最小值**至**最大值**的范围，并且使用了区域函数，则将会获得可以达到范围限制的输出值。



要解决这个问题，需要将隶属函数映射到最小值和最大值中的边缘处。这样便可以人为地将边缘函数的重心放置在最小值和最大值上。这种方法将会改变用户的数据输入。

4. 通过模糊方法处理含糊信息的基本思想不会因为使用单模式函数而受到限制，这一事实引出了对其用途的另一个争论。

算法的推导过程说明，所定义的隶属函数的形状仅对输入有决定性影响。对于输出，它们的形状仅仅具有次级重要性。在输出信息的逆模糊化中，通过加权隶属函数并计算重心来实现“软”模糊转换。

图1-7中的实例使用了下列形状(图1-8)，前提是通过模糊控制来实现。

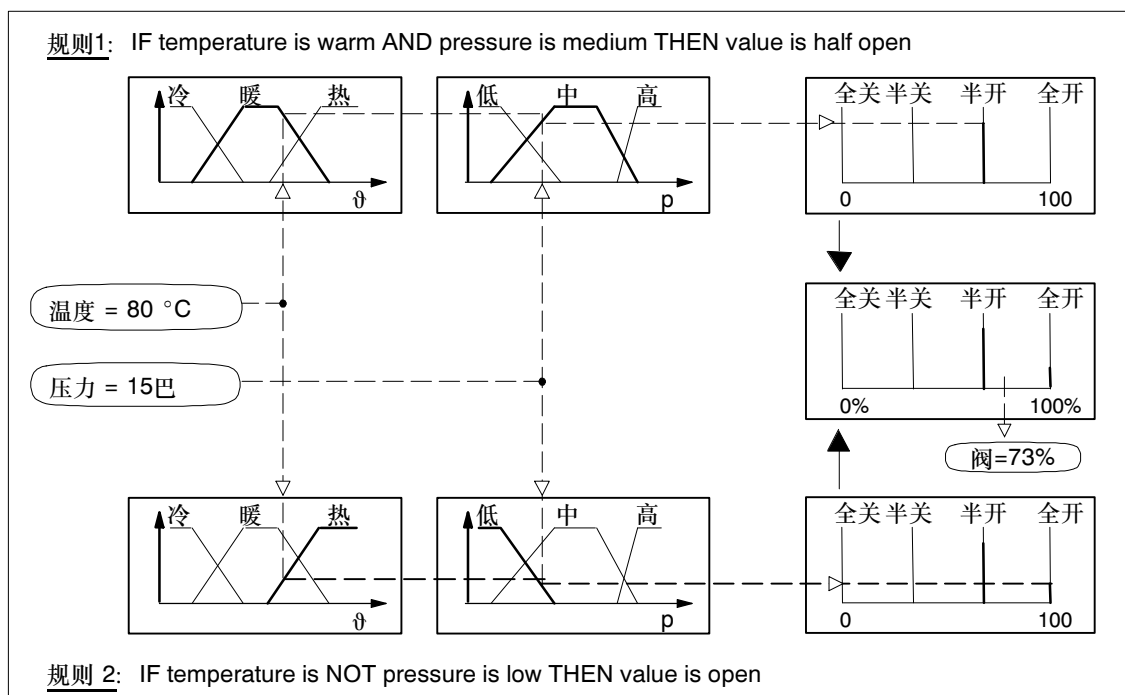


图 1-8 模糊控制对包含两个输入变量和一个输出变量的规则集的处理

1.5 边缘情况下的系统反应

在组态期间可能会出现的问题

在使用“模糊控制”期间可能会碰到很多问题，这些问题具体取决于您的组态，下面是对其中一些问题的回答。

如果模糊系统中的某个规则只有IF部分，而没有THEN部分，则会发生什么情况？

没有THEN部分的规则对输出值没有任何影响，但是在目标系统上会需要处理时间。因此，为了进行测试，可以删除THEN部分，而只保留IF部分；而在最终的模糊系统中，应该删除此类规则片段。

如果模糊系统中的某个规则只有THEN部分，而没有IF部分，则会发生什么情况？

没有IF部分的规则仍然对输出结果有影响，也可以在模糊系统中有建设性地使用。如果没有IF部分，则真实度1始终作用于THEN部分。也就是说，此规则一直发挥作用，就像IF部分的条件完全满足一样。

如果没有任何激活的规则用于正在处理的输出，则会发生什么情况？

如果没有激活的规则，则相应输出的数值未定义。但是，由于“未定义”并不是一个数字值，因此必须在输出上显示替代值。在这种情况下，有最常用的两种响应方法：一种是输出缺省值，另一种是输出最后定义的数值。在“模糊控制”中输出最后定义的数值。

如果没有输入任何规则或者规则表的所有栏都为空，则会发生什么情况？

模糊系统将处于和上一个问题相同的状态。由于没有输入任何规则，所以没有任何规则对输出信号有影响。输出未定义，保持最后定义的状态。如果并不存在先前定义的状态，则所有输出的值均为零。

如果必须在PLC中监视那些并非是在模糊系统中输入的信号，则会发生什么情况？

在“模糊控制”中，总共可以定义八个输入。仅在极少数情况下才需要此最大数。如果用户现在要监视并非是在模糊系统中输入的信号，则可以将这些信号切换为自由输入，然后使用“组态模糊控制”来监视它们。只需要为这些“监视的输入”指定数值范围限制和名称即可。

未定义隶属函数。为了保持CPU中的最优计算时间，应该将这些“监视的输入”放置在输入列表的末尾。

如果输入信号超出定义的限制范围，则会发生什么情况？

如果输入信号小于定义的“最小值”，或者大于定义的“最大值”，则“模糊控制”会将它们修正为相应的限制值。这样，对于超出数值范围限制值的过程数据数值，模糊系统的响应行为与使用限制值时的响应行为相同。

产品总览

2

本章介绍了
哪些主题？

本章描述的主题包括:

- 模糊控制的用途和功能
- 结构
- 工作环境

2.1 模糊控制的用途和功能

用途

使用传统的控制原理解决自动化任务时，在控制质量方面，只能生成有限的结果或在某些方面必须有所妥协。“S7-300模糊控制”软件包应用领域广泛，为解决自动化任务提供了非常先进的替代方案。这尤其适用于具有非线性特性的过程，这类过程的特征随工作点的变化而显著改变。当输出变量取决于多个过程变量时，模糊控制也能够提供特别好的控制结果。

功能

模糊应用是可以通过模糊控制来实现的自动化功能。在其完整的功能状态下，使用模糊应用的所有算法进行编程，并包含在S7标准功能块中。此功能块可以在所有SIMATIC S7-300和S7-400可编程控制器上使用。该功能块的处理要么是由时间驱动，要么就是在用户程序调用它时被触发。

我们提供了用户友好的工具“组态模糊控制”，可帮助用户组态模糊应用以及对模糊应用进行修改，从而满足用户过程的具体要求。在用户界面的对话框窗口中提供了少量简单易用的编辑菜单，以帮助用户一步步地完成模糊应用的创建过程。用户所要做的所有组态仅仅是命名变量、定义数值范围和函数坐标，以及填写规则表。

通过“模糊控制”软件包，可以为特定自动化任务组态模糊应用或模糊控制器。模糊控制的功能内容通过规则集自由决定，在规则集中，最多可设计200条IF...THEN关系式。

对于工艺过程的自动化，模糊应用的主要结构类似于图2-1中所示。模糊应用根据规则原则中的规则，从特别准备的输入变量创建以需要的方式影响工艺过程的输出变量。该应用是完全根据可以使用通俗术语来表达的对过程的经验知识来设计的。要理解模糊系统，并不需要微分方程以及传递函数等理论知识。

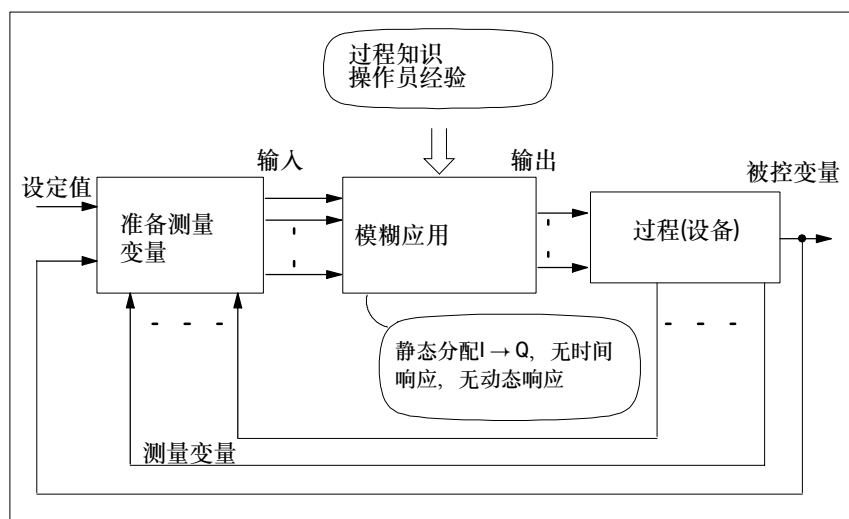


图2-1 模糊控制系统的示意图

2

就像被用作控制器一样，也可以将模糊系统包含在自动化结构中，用于生成被控变量和有选择性地更正系统参数。

2.2 结构

产品结构

软盘形式提供的“模糊控制”的供货范围包括带数据库的标准功能块，以及预编程好的典型应用标准实例。

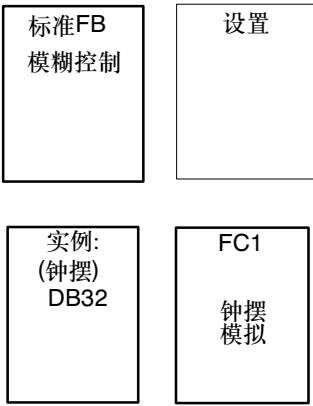


图2-2 软件产品“模糊控制”的内容

- 标准功能块**模糊控制**包含了功能强大的模糊系统实现模糊化、规则判断、推理和逆模糊化所需要的所有算法。
- 包含预编程实例的背景数据块已准备完毕，随时可以运行、加载和调用。“钟摆”实例中补充了一个钟摆软件模拟(FC)，这样便可以建立起闭环控制电路。

该软件包还包含了**安装**程序，用于将“模糊控制”安装在编程设备或PC上。

程序和数据结构

软件产品“模糊控制”的主要组成部分是一个功能块(FB)，该功能块包含了用于规范模糊应用的行为的程序和算法。也就是说，它是一个基于软件程序的自动化工具，在其中，标准功能块通过若干输入和输出来实现模糊应用的全部功能。

实际应用的行为通过功能块中的逻辑算法和数值计算来决定。这些周期性计算所需要的数据存储在美国应用专用的数据块中。只需一个功能块便可创建多个模糊应用。

每个模糊应用都由一个**背景数据块**来表达，因此必须为每个应用创建专用的背景数据块。在使用组态工具时，软件已经以隐含方式为用户创建了该背景数据块。也就是说，用户只需在用户界面的编辑窗口中定义输入与输出、隶属函数以及规则集来完成特定应用的信息即可。

在由用户程序绝对调用或以时间驱动的时间间隔周期性调用之后，特定模糊应用的算法在S7可编程控制器(PLC)的处理器中进行计算。计算结果(测量变量和可调节变量)存储在相应的背景数据块中，或者传送到过程I/O。

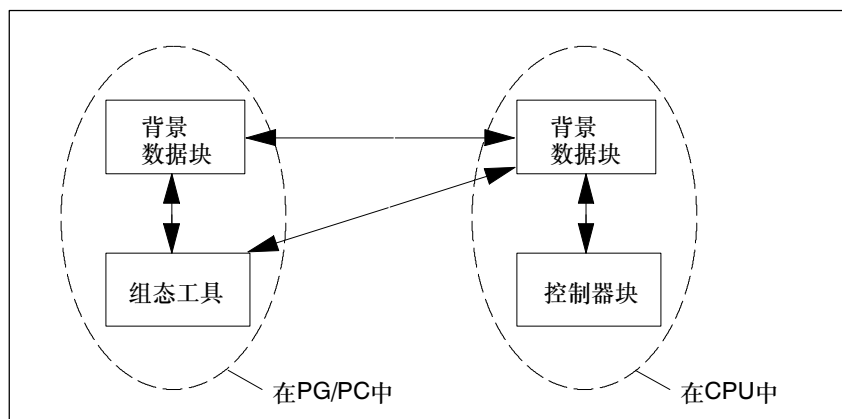


图2-3 数据结构

2.3 工作环境

硬件和软件需求

软件产品“模糊控制”可以在安装了STEP 7编程软件的所有SIMATIC S7编程设备上使用。

通过编程设备创建和启动模糊应用。编程设备直接通过点对点链接(MPI)或通过局域网总线(SINEC L2或SINEC H1)和通讯模块(CP)连接到目标可编程控制器中的CPU上。如果编程设备没有多点接口,则需要一条PC/MPI电缆,用于连接到编程设备的通讯端口上以实现直接连接。

使用“模糊控制”软件包创建的模糊应用运行在S7-300和S7-400系列产品的CPU (具有实数和日期中断功能)上。

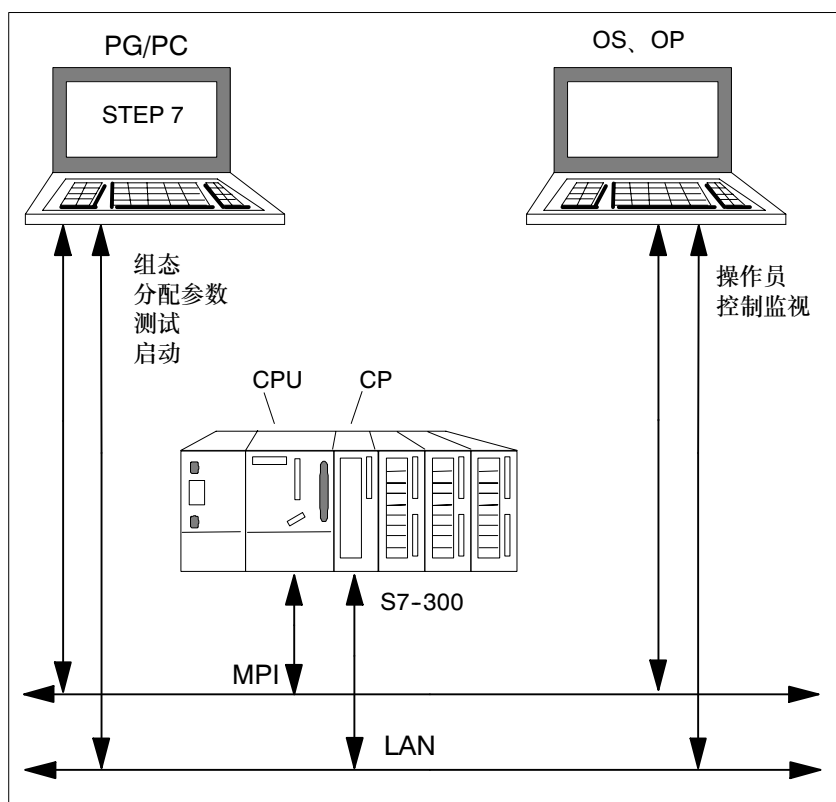


图2-4 “模糊控制”软件包的工作环境

系统变量

基于软件创建模糊功能总是会包含计算负荷很高的运算(字处理)。这意味着，检查相关的CPU是否有能力处理模糊功能非常重要。参考第3.4节中的技术规格。

- 具体模糊应用的处理速度完全取决于所使用的CPU的性能。

使用给定的CPU时，必须在模糊应用的数量和处理单个系统的频率之间进行折衷。每单位时间内必须执行的输出变量计算次数越多，可以安装的模糊应用的数量就越少。

- 对于所需要的用户内存区域大小以及理论上可以安装的模糊应用的数量(自动化任务使用50%的工作内存)，可以根据模糊功能块的代码长度和背景数据块的长度进行计算。

创建控制块需要的环境

关于创建和组态控制器块的硬件和软件需求，请参考第4.3节。

模糊控制功能块

本章介绍了
哪些主题？

本章描述的主题包括:

- 模糊控制功能块
- 模糊控制的技术规范

3.1 功能块FUZZY

功能的常规信息

在标准功能块FUZZY中，已经实现了执行高性能模糊应用的所有功能所必需的所有算法和程序。

- 输入的模糊化
- 编辑规则
- 输出的逆模糊化和数值输出

可以在规则集或规则原则中编辑下列内容：

- 最多8个输入，每个输入最多可包含7个隶属函数
- 最多4个输出，每个输出最多可包含9个隶属函数
- 规则数可选择(最多可包含200条规则，带有2个输入和1个输出)

需要的知识

下列任务是创建模糊系统的部分内容：

- 定义隶属函数
- 表述规则
- 在合适的时刻，在系统程序中调用模糊应用

使用组态工具，只需花费最小的编程成本便可创建模糊系统。然而，这需要用户具有使用STEP 7程序编辑器进行编程的经验。

模糊控制的功能经过精心选择，限制为模糊理论核心功能的定义和执行。这使得基于模糊控制的模糊应用很容易进行组态。这仅适用于正式创建项目时所需要的活动和操作。

但不适用于以下活动：

- 定量定义输入变量的数值到模糊集的分配
- 定性设置控制如何将这模糊集映射到输出变量模糊集的规则

成功处理此项目部分的强制性要求是，具有该过程行为的经验知识或作为操作员手动控制相关设备的经验。

块结构

可编程控制器CPU中的背景数据块构成了功能块、组态工具和用户之间的接口。在调用功能块之前，必须在此数据块中输入相关输入的地址。在功能块执行完毕时，可以从背景数据块中读出存储在输出上的数值。

隶属函数和规则由组态工具以隐含方式输入到背景数据块中。可以下载多个模糊应用到CPU，然后在CPU中运行这些应用。每个应用都存储在单独的数据块中；数据块的编号可以自由分配。

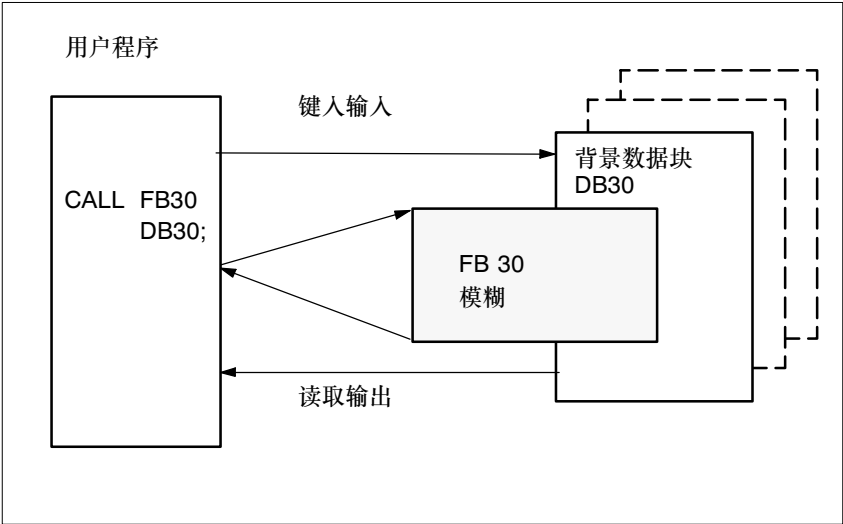


图3-1 块调用的结构

调用功能块FUZZY

- 1. 功能块**FUZZY**必须由用户调用。
此调用可以编程在周期性或由时间驱动的程序处理级别中。
功能块**必须**以绝对方式调用。
- 2. 在调用功能块时，必须指定所需要的背景数据块(FUZZY数据块)，其中包含了使用组态工具创建的应用特定模糊项目。
- 3. 用户只需指定规则集所需参数即可。不必连接那些未分配的输入或输出。
- 4. 实例：
包含参数INFO的最小调用列出如下：

STL	解释
CALL FB30, DB30	
(INFO := MB30);	

对于新模糊应用，必须在数据块中输入功能块的标识。完成这些输入之后，组态工具就会将数据块识别为模糊数据块，并进行相应处理。

注意

可以在CPU的限制范围内自由分配功能块FUZZY的编号。缺省设置为FB30。对数据块的重命名只能在对话框“功能块类型描述”中进行，该对话框在选择菜单命令“另存为”时显示。

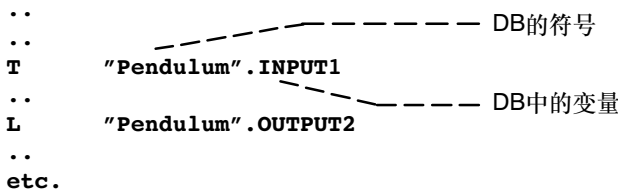
功能块FUZZY在用户程序中必须以绝对方式调用。这通过背景数据块中的变量START_STOP来控制。

外部提供输入/输出

如果某数据块已经创建为背景数据块，并且分配了符号名，则也可以在用户程序中对模糊应用进行外部访问。

实例:

```
..
..
T      "Pendulum".INPUT1
..
L      "Pendulum".OUTPUT2
..
etc.
```



控制处理

模糊应用的处理必须通过数据块中的变量START_STOP来控制。可以修改或评估此变量。组态工具也可以修改变量START_STOP。

用户可以直接通过变量START_STOP的数值来影响模糊应用的处理。

START_STOP	含义
= W#16#0000	模糊应用未被处理
≠ W#16#0000	模糊应用已处理

注意

如果模糊应用不是周期性地处理，则可以通过变量START_STOP的内容来控制模糊应用的处理。例如，通过调用OB1中的功能块，以及通过时间驱动的组织块中创建时间片。

来自组态工具的影响

模糊应用在处理器中的执行情况还受到组态工具的控制。在从编程设备/PC中传送模糊应用之前，通过在变量START_STOP中输入

“W#16#0000”来停止模糊应用的执行。在完成传送之后，组态工具在变量START_STOP中输入数值“W#16#FFFF”，执行重新被启用。实例：

STL	解释
L 0	
T "Pendulum".START_STOP	不处理规则集
l 123	
T "Pendulum".START_STOP	处理规则集
l "Pendulum".START_STOP	
l W#16#FFFF	
==I	
= M 10.0	使用组态工具修改模糊应用

注意

即使在传送之前用户程序将变量START_STOP的内容设置为W#16#0000，组态工具在模糊应用传送完成之后也总是会启用模糊应用的执行。

评估 “INFO”

功能块通过参数INFO提供与模糊应用的状态相关的信息。该信息分为三类：无错、警告、错误。

无错

如果模糊应用的执行未发生任何错误，则变量INFO的内容为B#16#00。

警告

如果变量START_STOP的内容是W#16#0000(模糊应用当前未被处理)，则参数INFO的内容为B#16#01。这表明，还没有重新计算输出的内容，输出中给出的仍然是原值。

错误

- 如果在CPU中有长度正确的背景数据块可用，但尚未从组态工具中下载模糊应用，则INFO参数的内容为B#16#11。
- 如果所指定背景数据块的长度不够用，则INFO参数的内容是B#16#21#。

输出INFO提供了与模糊应用相关的信息。其数据类型为BYTE，缺省值为B#16#00。关于INFO参数的各种含义，请参见下表：

内容 (B#16#...)	含义
00	在处理期间没有发生任何错误
01	规则集的处理被用户程序或组态工具禁止
11	在背景数据块中没有有效的模糊规则集
21	数据块的长度不够(非模糊数据块)

注意

如果发现错误，或者有警告产生，则功能块不会清除输出。在评估了INFO之后，用户必须自己决定是要处理输出值(原值)，还是要输出定义的数值。



危险

如果功能块发现警告或错误，则功能块的执行立即停止。

评估状态位BR(梯形图参数ENO)

功能块影响状态位BR。用户可以在调用功能块之后评估状态位:

- BR 1 功能块在执行期间没有发现错误或警告。INFO参数的内容为B#16#00。
- BR 0 功能块在执行期间发现了错误或警告。INFO参数的内容不等于B#16#00。

功能块FUZZY的块图表和参数

功能块FUZZY的块图表如下:

FUZZY		
INPUT1		OUTPUT1
INPUT2		OUTPUT2
INPUT3		OUTPUT3
INPUT4		OUTPUT4
INPUT5		INFO
INPUT6		
INPUT7		
INPUT8		

输入参数 下表给出了功能块FUZZY的输入参数的数据类型和结构。

表3-1 功能块FUZZY (Fuzzy数据块)的输入参数

字节	参数	数据类型	解释	缺省值
0	INPUT1	REAL	模糊应用的第1个输入	0.0
4	INPUT2	REAL	模糊应用的第2个输入	0.0
8	INPUT3	REAL	模糊应用的第3个输入	0.0
12	INPUT4	REAL	模糊应用的第4个输入	0.0
16	INPUT5	REAL	模糊应用的第5个输入	0.0
20	INPUT6	REAL	模糊应用的第6个输入	0.0
24	INPUT7	REAL	模糊应用的第7个输入	0.0
28	INPUT8	REAL	模糊应用的第8个输入	0.0

输出参数 下表给出了功能块FUZZY的输出参数的数据类型和结构。

表3-2 功能块FUZZY (Fuzzy数据块)的输出参数

字节	参数	数据类型	解释	缺省值
32	OUTPUT1	REAL	模糊应用的第1个输出	0.0
36	OUTPUT2	REAL	模糊应用的第2个输出	0.0
40	OUTPUT3	REAL	模糊应用的第3个输出	0.0
44	OUTPUT4	REAL	模糊应用的第4个输出	0.0
48	INFO	BYTE	与处理相关的信息	B#16#0

其他参数 除了输入和输出参数外，功能块还具有其他两个参数:

表3-3 功能块FUZZY (Fuzzy数据块)的控制参数和内部区域

字节	参数	数据类型	解释	缺省值
50	START_ STOP	WORD	>< 0 处理模糊应用 == 0 不处理模糊应用	W#16#0
52至2126	FUZZY	BYTE	用于功能块的内部区域	B#16#0

3.2 输入一个模拟值(函数FUZZY_AI)

应用

必须满足下列条件:

传感器或模拟量输入模块提供物理变量形式的输入值, 必须对该值进一步处理。

然后:

模拟变量及其测量范围或I/O数值(数字范围-27648至27648)必须规格化成实数, 随后的模糊控制处理需要使用该实数。

函数FUZZY_AI

函数(或FC) FUZZY_AI将模拟量输入值规格化成上限和下限, 即数值MINIMUM和MAXIMUM, 通过这两个数值定义相关输入的数值范围。然后将规格化后的数值输入到背景数据块中。

在用户程序中, 必须为模糊应用中连接到模拟变量的每个输入通道调用该块(FC)。

注意

可以在CPU的限制范围内自由分配函数FUZZY_AI的编号。缺省设置为FC30。

如果使用了该函数, 则在调用该函数时必须连接所有参数。

规格化和信号类型

使用输入参数THERM_EL, 用户可以决定规格化应该使用什么作为参考:

或者:

- 单极和/或双极电压或电流信号

或者:

- 相关模拟量输出上作为传感器的热电偶。

借助于参数BIPOLAR, 用户可以指定是否应该在相关输入上处理单极或双极电压或电流信号。

二进制输入参数THERM_EL和BIPOLAR的价具有下列影响:

THERM_EL	BIPOLAR	含义或影响
FALSE (:= 2#0)	FALSE (:= 2#0)	输入上是单极电压或电流信号 函数FUZZY_AI对信号进行规格化。
FALSE (:= 2#0)	TRUE (:= 2#1)	输入上是双极电压或电流信号 函数FUZZY_AI对信号进行规格化
TRUE (:= 2#1)	FALSE (:= 2#0)	输入上是热电偶 在模拟量输入模块上执行规格化。此函数仅通过参数FACTOR和OFFSET来执行修改。

模拟量输入上的电压 或电流信号

在这种情况下, 函数FUZZY_AI将模拟量输入信号规格化成模糊应用相关输入通道的数值范围。从模糊数据块中读出定义数值范围的MINIMUM和MAXIMUM这两个限制值。在此函数中, 它们被作为限制值进行处理。然后, 将规格化后的数值输入到模糊数据块的相应输入内。

用于**双极**信号的规格化数值INPUT是从相应的输入数值 X_i 计算得到的:

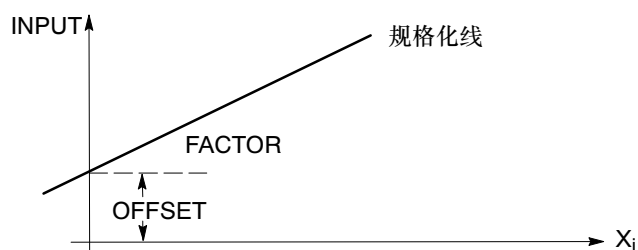
$$\text{INPUT} = \left(\frac{X_{\min} * (27648 - X_i) + X_{\max} * (X_i + 27648)}{2 * 27648} \right) * \text{FACTOR} + \text{OFFSET}$$

单极信号的相应关系表达式是:

$$\text{INPUT} = \left(\frac{X_{\min} * (27648 - X_i) + X_{\max} * X_i}{27648} \right) * \text{FACTOR} + \text{OFFSET}$$

其中:

INPUT	输入到背景数据块中的规格化后的数值
$X_{\max}$	输入数值范围的上限
$X_{\min}$	输入数值范围的下限
FACTOR	规格化线的因子(斜率)
OFFSET	规格化线在零点处的偏移量
X_i	模拟模块提供的数值



在调用函数时，将传送参数FACTOR和OFFSET的数值。

注意

如果连接了具有单极范围的模拟信号(例如，±10 V/ ±20 mA)作为输入信号，则相应输入的数值范围的MINIMUM-和MAXIMUM值必须对称指定(例如，-100.0和+100.0)。否则，在函数FUZZY_AI中使用这些数值之后，输入数值(INPUT)的计算可能会不正确。

输入为电压或电流信号时函数FUZZY_AI的调用实例

STL	解释
<pre>call fc30 (AI_ADR := 348, BIPOLAR := TRUE, THERM_EL := FALSE, FACTOR := 1.0, OFFSET := 0.0, FUZZY_DB := db30, INPUT_NR := 1, INFO := mb 30);</pre>	

模拟量输入上的热电偶信号

温度信号由热电偶提供，并通过模拟模块记录。当将这些温度信号连接为模拟量输入时，已经在此模块中执行了到°C的规格化。

在这种情况下，函数FUZZY_AI执行I/O数值从WORD到REAL的转换，或者从定点数(27648到27648)到实数的转换。通过参数FACTOR和OFFSET对温度进行调整。

热电偶	测量范围
Pt 100	-200.0 °C至850.0 °C
Ni 100	-60.0 °C至250.0 °C
型号K (NiCr-Ni)	-270.0 °C至1372.0 °C
型号N (NiCrSi-NiSi)	-270.0 °C至1300.0 °C
型号J (Fe-CuNi IEC)	-210.0 °C至1200.0 °C
型号E (NiCr-CuNi)	-210.0 °C至1000.0 °C

作为温度传感器的热电偶的规格化数值INPUT根据以下关系式从输入数值 X_i 计算而来:

$$\text{INPUT} = \frac{X_i}{10.0 * \text{FACTOR} + \text{OFFSET}}$$

其中:

INPUT	输入到背景数据块中的规格化后的数值
FACTOR	规格化线的因子(斜率)
OFFSET	规格化线在零点处的偏移量
X_i	模拟模块提供的数值

在这种情况下, 将热电偶规格化成 $^{\circ}\text{C}$ 的过程在模拟量输入模块中执行, FUZZY_AI只是进行调整。也就是说, 用户可以在测量范围的限制之内自由选择相关模糊输入的MINIMUM和MAXIMUM数值。

实例:

测量范围Pt100: -200.0°C 至 850.0°C
 工艺范围: 80°C 至 100°C (沸水) Fuzzy-INPUT
 MINIMUM = 75°C 至MAXIMUM = 105°C

输入为来自热电偶传感器的模拟信号时函数FUZZY_AI的调用实例

3

STL	解释
<pre> call fc30 (AI_ADR := 348, BIPOLAR := FALSE, THERM_EL := TRUE, FACTOR := 1.0, OFFSET := 0.0, FUZZY_DB := db30, INPUT_NR := 1, INFO := mb 30); </pre>	

通过函数(FC) 控制处理

函数FUZZY_AI的处理必须通过模糊数据块中的变量START_STOP来控制。用户程序可以修改和评估此变量。组态工具也可以修改变量START_STOP。

可以直接通过变量START_STOP的数值来影响函数FUZZY_AI的处理。

START_STOP	含义
= W#16#0000	FUZZY_AI未被处理
$\neq$ W#16#0000	FUZZY_AI已处理

来自组态工具的影响

函数在处理器中的执行还受到组态工具的控制。在从编程设备/PC中传送模糊应用之前，通过在变量START_STOP中输入W#16#0000来停止模糊应用的执行。在完成传送之后，组态工具在变量START_STOP中输入数值W#16#FFFF，执行重新被启用。

即使在传送之前用户程序将变量START_STOP的内容设置为W#16#0000，组态工具在模糊应用传送完成之后也总是会启用模糊应用的执行。

评估 “INFO”

函数FUZZY_AI通过参数INFO给出与模糊应用的状态相关的信息。该信息分为三类：无错、警告、错误。

无错
如果函数的执行未发生任何错误，则变量INFO的内容为B#16#00。

警告
如果变量START_STOP的内容是W#16#0000(模糊应用当前未被处理)，则参数INFO的内容为B#16#01。这表明，还没有重新计算输出的内容，输出中给出的仍然是原值。

错误

- 如果在CPU中有长度正确的背景数据块可用，但尚未从组态工具中下载模糊应用，则INFO参数的内容为B#16#11。
- 如果指定的背景数据块的长度不够用，则INFO参数的内容是B#16#21#。
- 如果输入号(INPUT_NR)不在范围1至8内，则函数将INFO参数的内容设置成B#16#31。

INFO参数的含义:

INFO (B#16 #...)	含义
00	在处理期间没有发生任何错误
01	模糊应用的处理被用户程序或组态工具禁止
11	在背景数据块中没有有效的模糊应用
21	数据块的长度不够(非模糊数据块)
31	参数INPUT_NR不在范围1至8内

注意

如果发现错误，或者有警告产生，则函数不会输入输入值。在评估了INFO之后，用户必须自己决定是要处理原值，还是要使用定义的数值。

**危险**

如果函数发现警告或错误，则函数的执行立即停止。

评估状态位BR(梯形图参数ENO)

功能块影响状态位BR。函数影响状态位BR。用户可以在调用函数之后评估状态位：

BR 1 在函数执行期间没有发现错误或警告。INFO参数的内容为B#16#00。

BR 0 功能块在执行期间发现了错误或警告。INFO参数的内容不等于B#16#00。

FUZZY_AI的块图表和参数

函数FUZZY_AI的块图表如下：

FUZZY_AI		
AI_ADR		INFO
BIPOLAR		
THERM_EL		
FACTOR		
OFFSET		
FUZZY_DB		
INPUT_NR		

表3-4 FUZZY_AI的输入参数

参数	数据类型	解释	允许的数值范围	缺省值
AI_ADR	INT	模拟量输入的地址		
BIPOLAR	BOOL	测量值单极或双极		FALSE
THERM_EL	BOOL	连接到一个热电偶测量值的模拟量输入		FALSE
FACTOR	REAL	用于修改测量值的因子	整个数值范围(无方向)	1.0
OFFSET	REAL	用于修改测量数值的偏移量	整个数值范围(无方向)	0.0
FUZZY_DB	BLOCK_DB	模糊数据块的编号		DB30
INPUT_NR	INT	模糊输入的编号	1至8	1

表3-5 FUZZY_AI的输出参数

参数	数据类型	解释	缺省值
INFO	BYTE	与处理相关的信息	

3.3 输出模拟值(函数FUZZY_AO)

应用 如果要进一步处理来自模拟量输出模块的输出值，函数FUZZY_AO可用于将实数格式的模糊输出变量规格化到I/O范围。

函数FUZZY_AO 函数FUZZY_AO用于输出值规格化到相关的模拟量输出范围。该范围的上下限从模糊数据块中读出，然后在函数中作为限制值进行处理。然后，规格化后的数值通过参数FACTOR和OFFSET进行调整，并被写入到模拟量输出中。

注意
可以在CPU的限制范围内自由分配函数FUZZY_AO的编号。缺省设置为FC31。
如果使用了该函数，则在调用该函数时必须连接所有参数。

规格化和信号类型 借助于参数BIPOLAR，用户可以指定在相关输出(通过模拟量输出模块)上创建的信号类型：单极或双极电压或电流信号。二进制输入参数BIPOLAR的价具有下列影响：

BIPOLAR	含义或影响
FALSE (:= 2#0)	输出上是单极信号 FUZZY_AO对信号进行规格化。
TRUE (:= 2#1)	输出上是双极信号 FUZZY_AO对信号进行规格化。

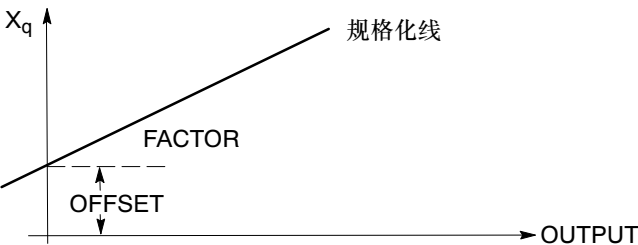
函数FUZZY_AO为将被传送到模拟量输出模块的**双极**信号计算规格化数值X_q。此计算根据下面的关系式从模糊输出的当前值OUTPUT执行。

$$X_q = \left(\frac{27648 * (2 * OUTPUT - X_{\max} - X_{\min})}{X_{\max} - X_{\min}} \right) * FACTOR + OFFSET$$

单极信号的相应关系表达式为：

$$X_q = \left(\frac{27648 * (OUTPUT - X_{\min})}{X_{\max} - X_{\min}} \right) * FACTOR + OFFSET$$

其中:	OUTPUT	模糊应用的输出值
	$X_{\max}$	模糊输出的上限
	$X_{\min}$	模糊输出的下限
	FACTOR	规格化线的因子(斜率)
	OFFSET	规格化线在零点处的偏移量
	X_q	写入到模拟模块的数值



在调用该函数时，将会传送参数FACTOR的OFFSET的数值。

注意

如果具有双极范围的模拟信号(例如， $\pm 10\text{ V}$ / $\pm 20\text{ mA}$)被用作模糊输出，则输出的MINIMUM和MAXIMUM限制必须对称指定(例如-100.0和+100.0)。否则，在函数FUZZY_AO中使用这些数值之后，输出数值(X_q)的计算可能会不正确。

3

输出为双极信号时函数FUZZY_AO的调用实例:

STL	解释
<pre>call fc31 (AI_ADR := 348, BIPOLAR := TRUE, FACTOR := 1.0, OFFSET := 0.0, FUZZY_DB := db30, OUTPUT_NR := 1, INFO := mb 30);</pre>	

控制处理

函数FUZZY_AO的处理必须通过模糊数据块中的变量START_STOP来控制。用户程序可以修改和评估此变量。组态工具也可以修改变量START_STOP。

可以直接通过变量START_STOP的数值来影响函数FUZZY_AO的处理。

START_STOP	含义
= W#16#0000	FUZZY_AO未被处理
≠ W#16#0000	FUZZY_AO已处理

来自组态工具的影响

函数在处理器中的执行还可以由组态工具控制。在从编程设备/PC中传送模糊应用之前，通过在变量START_STOP中输入W#16#0000来停止模糊应用的执行。在完成传送之后，组态工具在变量START_STOP中输入数值W#16#FFFF，执行重新被启用。

即使在传送之前用户程序将变量START_STOP的内容设置为W#16#0000，组态工具在模糊应用传送完成之后也总是会启用模糊应用的执行。

评估 “INFO”

函数FUZZY_AO通过参数INFO向用户程序提供与模糊应用的状态相关的信息。该信息分为三类：无错、警告、错误。

无错
如果函数的执行未发生任何错误，则变量INFO的内容为B#16#00。

警告
如果变量START_STOP的内容是W#16#0000(模糊应用当前未被处理)，则参数INFO的内容为B#16#01。这表明，还没有重新计算输出的内容，输出中给出的仍然是原值。

错误

- 如果在CPU中有长度正确的背景数据块可用，但尚未从组态工具中下载模糊应用，则INFO参数的内容为B#16#11。
- 如果所指定背景数据块的长度不够用，则INFO参数的内容是B#16#21#。
- 如果输出号(OUTPUT_NR)不在范围1至4内，则函数将INFO参数的内容设置成B#16#31。

INFO参数的含义:

INFO (B#16 #...)	含义
00	在处理期间没有发生任何错误
01	模糊应用的处理被用户程序或组态工具禁止
11	在背景数据块中没有有效的模糊应用
21	数据块的长度不够(非模糊数据块)
31	参数OUTPUT_NR不在范围1至4内

注意

如果发现错误，或者有警告产生，则函数不会输入输出值。在评估了INFO之后，用户必须自己决定是要处理原值，还是要使用定义的数值。



危险

如果函数发现警告或错误，则函数的执行立即停止。

3

评估状态位BR(梯形图参数ENO)

函数影响状态位BR。用户可以在调用函数之后评估状态位:

- BR 1 在函数执行期间没有发现错误或警告。INFO参数的内容为B#16#00。
- BR 0 功能块在执行期间发现了错误或警告。INFO参数的内容不等于B#16#00。

FUZZY_AO的块图表和参数

函数FUZZY_AO的块图表如下:

FUZZY_AO		
AO_ADR		INFO
BIPOLAR		
FACTOR		
OFFSET		
FUZZY_DB		
OUTPUT_NR		

输入参数 下表给出了FUZZY_AO的输入参数的数据类型和结构。

表3-6 FUZZY_AO的输入参数

参数	数据类型	解释	允许的数值范围	缺省值
AO_ADR	INT	模拟量输出的地址		
BIPOLAR	BOOL	输出信号双极或单极		FALSE
FACTOR	REAL	用于调整输出信号的因子		1.0
OFFSET	REAL	用于调整输出信号的偏移量	整个数值范围 (无方向)	0.0
FUZZY_DB	BLOCK_DB	模糊数据块的编号	整个数值范围 (无方向)	0.0
OUTPUT_N R	INT	模糊输出的编号	1至4	1

输出参数 下表给出了FUZZY_AO的输出参数的数据类型和结构。

表3-7 FUZZY_AO的输出参数

参数	数据类型	解释	缺省值
INFO	BYTE	与处理相关的信息	

3.4 功能块FUZZY的技术规范

技术数据

块名称	FUZZY FB 30	FUZZY_AI FC 30	FUZZY_AO FC 31
系列	FUZZYCON	FUZZYCON	FUZZYCON
运行时的块长度	1024个字节	370个字节	344个字节
内存中的块长度	1226个字节	510个字节	478个字节
调用长度	-		
背景数据块或共享数据块	DB_FUZZY		
系列	FUZZYCON		
运行时的块长度	2126个字节		
内存中的块长度	2248个字节		

3

执行时间

下表给出了在分配了2个输入、1个输出和25条规则等参数时，块的典型执行时间。

块名称	FUZZY FB 30	FUZZY_AI FC 30	FUZZY_AO FC 31
系列	FUZZYCON	FUZZYCON	FUZZYCON
执行时间(ms) CPU 314	13	3	3
执行时间(ms) CPU 416	0.7	1.3	1.3

产品总览

本章介绍了
哪些主题？

本章描述的主题包括

- 组态工具的用途和功能
- 结构
- 应用环境

4.1 组态工具的用途和功能

用途	组态工具使用户可以创建和启动模糊应用。使用组态工具，用户可以定义标准功能块FUZZY的输入和输出，以及表述和编辑相应模糊应用的规则集或规则原则。 要使用模糊原理解决自动化任务，则需要一个能在组态和设置模糊应用时提供有效支持的工具。组态的功能有详细的划分，从而使得处理更容易，同时它还具有很多监视功能。这使得在执行设置应用所必需的步骤时更加容易和安全。
功能	组态和处理工具“组态模糊控制”能够满足用户的最高需求，同时也适合缺少经验的用户对简单且友好的工具的要求。 此组态工具经过特别设计，使用起来很容易，用户可以将主要精力集中在自动化任务的实际解决上。 组态工具的完整功能范围分成多个子功能，用于分别处理创建模糊应用所包含的各个任务。其中每个子功能都有自己的运行窗口：
基本功能	打开项目或调用项目以进行处理。 • 生成和命名新模糊应用，或调用一个已经存在的模糊应用以进行处理 • 组态模糊应用的结构
编辑输入	定义输入的隶属函数。 • 命名输入 • 确定输入的数值范围 • 定义输入的隶属函数
编辑规则	表述或编辑规则集。 • 通过选择语言数值来表述模糊规则 • 通过增加、删除或修改操作来编辑规则
编辑输出	定义输出的隶属函数。 • 命名输出 • 确定输出的数值范围 • 定义输出的隶属函数

3D图形显示

多个输入变量和一个输出变量之间的因果关系的静态表达。

- 分配输入/输出变量到显示轴
- 设置系列参数
- 空间表示的动画(旋转)

曲线记录器

在时间曲线上动态表示最多五个变量和在棒状图中动态表示输出变量

- 在可缩放的时间曲线上随时间显示最多五个过程变量
- 通过可视化过往事件来监视归档数值
- 棒图显示所选定输出的单模式函数

离线测试

定义具有可分配参数的三角形函数，用于在模糊应用的离线测试中连接输入。

- 根据振幅、形状和频率定义测试函数(三角形函数)，然后将其传送到相关输入中

4.2 组态工具的结构

程序结构 用户界面对应于STEP 7的用户界面。所有功能均通过窗口和菜单来激活。

下图中显示了组态工具结构中最重要编辑和监视窗口：

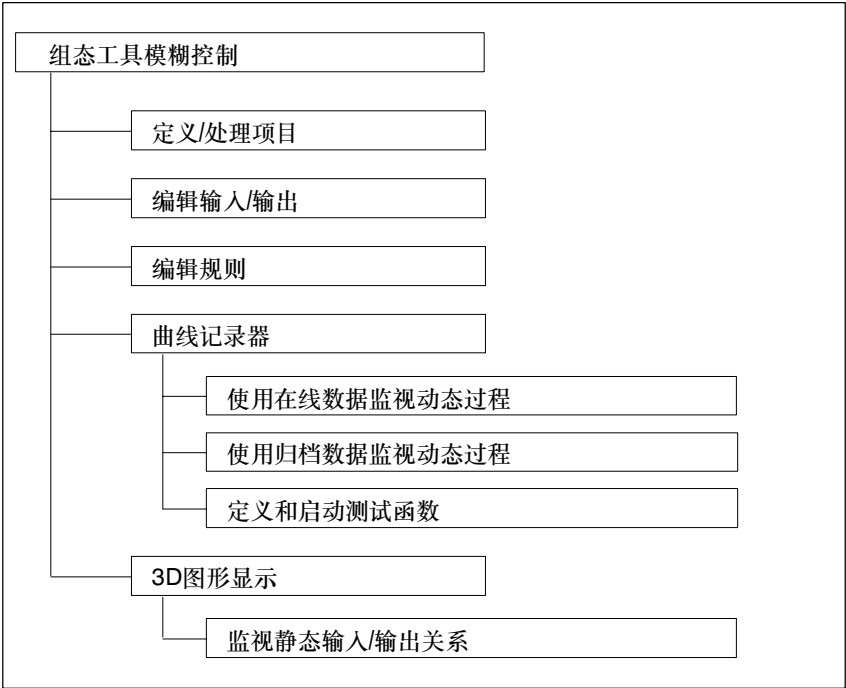


图4-1 组态工具的结构

数据结构

功能块FUZZY需要的所有数据都存储在分配给功能块的背景数据块内。此数据块中的内容是由组态工具以隐含方式输入的，这意味着用户在组态模糊应用期间无需在数据块中输入任何数据。

如果数据块是存储在编程设备或PC中，则只能离线访问相应的模糊应用。

如果已经使用STEP 7的功能将数据块下载到CPU中，则也可以进行在线访问。

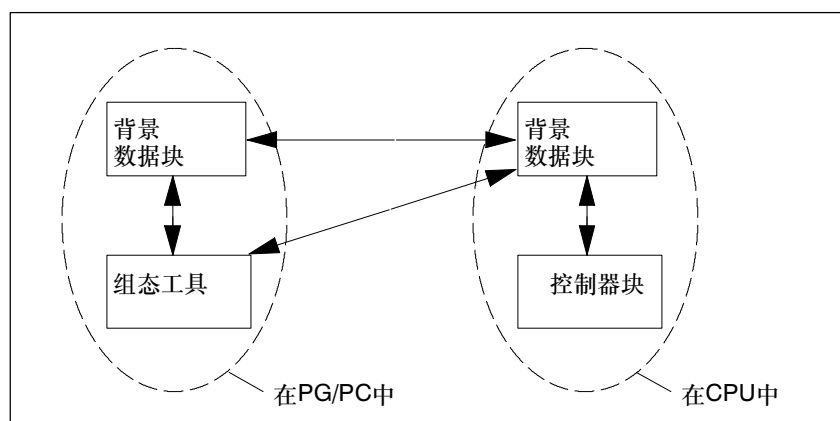


图4-2 数据结构

4.3 工作环境

软件和硬件需求

模糊应用的组态工具所需要的工作环境STEP 7相同。

可以在PC或编程设备上本地安装，也可以在中央网络驱动器上进行网络安装。

模糊控制组态工具

本章介绍了
哪些主题？

本章描述的主题包括:

- “组态模糊控制” 工具

5.1 “组态模糊控制”工具

功能范围

可以通过图形化用户界面来选择组态工具的各种不同功能，用户界面的窗口设计符合人机工程学原理，可以在其中定义模糊系统的参数和规则。在处理每个模糊应用时，最重要的步骤包括：

- 定义输入和输出变量
- 为输入与输出组态模糊隶属函数
- 设置基本模糊规则原则
- 执行设计草案的离线分析

下图说明了组态工具的子功能，每一个子功能都有其自己的专用编辑窗口：



功能结构和用户界面

用于创建模糊应用的每个子任务都在其自己的窗口中单独处理。在启动该工具后显示的主窗口中，可以直接输入模糊应用的输入/输出结构。通过软件给出的菜单，调用文件功能并为参数和变量的数值创建所需要的条目。还可以显示输入输出关系表达形式和时间曲线。

• 为输入/输出组态隶属函数

要生成的输入和输出的数量通过菜单“编辑”来定义。然后，便可以通过在各个专用窗口中输入参数来定义每个输入和输出的隶属函数：

- 对话框窗口：“编辑输入”
- 对话框窗口：“编辑输出”

- **设置规则原则 “If ... Then”**

输入和输出之间的经验关系收集在表格中。如果需要，可以通过选中表格中的域来对其进行修改：

- 对话框窗口：“编辑规则”

- **测试、监控和优化应用**

包含3D或4D显示的窗口可以通过“视图”菜单来调用。这将按照规则原则中的定义可视化输入与所选输出之间的静态关系。

- 对话框窗口：“3D图形显示”

表示曲线的菜单命令使用户可以选择并输入静态参数和随时间变化的参数。这些参数用于表示测试函数和在线过程变量以及各个输出变量的行为之间的因果关系。

- 对话框窗口：“曲线记录器”

组态和启动模糊应用

本章中介绍了
哪些主题？

这一章描述了：

- 规划和设计模糊应用
- 打开和调用项目
- 定义应用结构和输入与输出
- 定义隶属函数
- 定制规则集
- 模糊应用的离线分析：显示和监视
- 下载和启动模糊应用

6.1 规划和设计模糊应用

指定任务

在使用模糊控制创建模糊应用之前，应该清晰地规划您的过程控制或自动化任务，决定要使用的可编程控制器，并规划运行和监视环境。为了能够指定任务，需要：

1. 精确分析自动化任务，这意味着需要计算设备的特征(不同工作点处的特性，根据工作条件考虑影响变量，根据状态修改策略等)。
2. 与解决任务相关的过程变量特征的知识，以及确定将在模糊系统中使用的输入和输出。
3. 确定用于安装和处理各模糊应用的CPU。
4. 如果与模糊应用相关，则以REAL格式的统一内部数字范围规格化或反规格化I/O信号(输入与输出)。

前期知识和要求

通过使用“模糊控制”软件，基于S7块系列的标准功能块(此处使用的是FB30)生成应用系统。也就是说，用户需要具有使用S7块所需的知识，并且熟悉S7用户程序的结构(例如，在S7编程语言表达式“语句表”中的结构)。

需创建的模糊应用的功能可完全通过分配参数来定义。尽管如此，连接模糊块与过程I/O，以及将模糊块连接到CPU的调用层级需要关于过程的一些知识，这些知识并未在本手册中讲述。必须具有：

- 关于如何使用STEP 7的信息
/用户手册：用于S7和M7的标准软件，STEP 7/;
- 使用STEP 7进行编程的基本信息
/编程手册：用于S7-300和S7-400程序设计的系统软件/，/手册：用于S7-300和S7-400的语句表(STL)，编程/;
- 与要使用的可编程控制器相关的数据

规划序列

系统地规划和设计模糊应用需要有一个正确的操作过程，可以按照下列逻辑规划步骤来执行该过程：

- 分析要解决的自动化任务：
闭环回路控制 - 开环控制 - 参数调整 - 产生参考变量 - 策略更改 - 前馈可调节变量 - 等等
- 使用模糊应用使用的评估标准

- 定义过程变量(命名、规格化、数值范围、语言值)
- 通过定义隶属函数来量化语言值
- 定制规则基础
- 对生成的模糊应用执行离线分析
- 下载和启动模糊应用
- 在线操作期间, 更正和修整那些确定运行在可编程控制器上的“模糊控制”系统的特性的参数

分析自动化任务

模糊应用的一些主要目标是实现工艺过程完全自动化(在各种情况下, 都不必由操作员干涉), 改进控制质量, 实现运动和传输过程的最优时间控制, 增加生产率和产品质量, 以及降低能源成本等。

这些目标都可以使用针对特定自动化任务的模糊应用来实现, 例如:

- 依赖于链接很多影响变量来生成过程映像的自动化系统
- 具有多个自由度(策略)的系统, 要对其进行控制, 需要满足多个不同过程状态
- 时变或非线性自动化结构, 这类系统无法实现完全自动化, 因为过程的数学模型不存在或者太过复杂而无法创建
- 需要部分手动干预或者手动干预将对产品质量产生负面影响的控制回路(例如, “不良”手动操作之后将其拒绝)
- 单个设备操作员无法安全操作的多变量系统
- 过程的复杂启动和停机(例如, 化学反应器或高压釜), 以及以前只能使用手动操作控制和执行的子设备。

模糊应用中分配因果关系很简单, 这样用户便可以很容易地在工作状态处修正不期望的过程特性。系统可以根据设备的特定状态而作出不同反应。模糊应用通常都很容易创建, 也很容易理解。即使多年之后, 用户仍然很容易就可以理解每条规则都代表什么意思。

模糊应用的评估标准

为了能够成功使用模糊应用，并产生最优结果，在设计阶段根据下列标准来评估自动化任务非常关键：

- 常规方法(例如，PID控制器、P/PI状态控制器)和优化程序(例如，设定值控制、前馈控制、参数调整)是否无法为该任务提供满意的解决方案？
- 设备操作员是否有足够的经验，能够提供模糊应用所需的规则基础？
注意：操作人员能够“描述”该知识非常重要；只能简单提供对该工作的一点认识，而不能清晰地表达出来是远远不够的。
- 成本效益比率：由实现自动化目标而预期的经济优势所获得的利益(人力和能源成本的节省，更好的产品质量等)。对于复杂的模糊应用，常规解决方案可能需要许多个人月的人力成本；与此相比，它的成本增加主要是由于工程设计工作的增加。
- 要计算模糊解决方案的优势，还需要测量和评估当前状况(手动操作、控制质量)。通过记录设备操作员的干预活动，还可以检查操作员提供的用于创建基本规则的陈述是否正确。

定义过程变量

模糊应用是一个多维数的图形系统，每个图形系统最多有八个输入和四个输出。要将模糊控制应用(FB30)链接到可编程逻辑控制器系统中，需要计算和指定要分配给输入和输出的过程变量。

如果所需要的过程变量在可编程控制器中还不可用，则必须通过附加的传感器和模拟量输入模块将丢失的I/O变量提供给可编程控制系统。这类实例有：

- 原料的实验室分析值
- 可用的相关设备和仪器的能量消耗，例如，主机计算机的能量消耗
- 环境影响，例如天气对发酵过程的影响

必须使用STEP 7软件定义这些变量。然后必须在用户内存区中表示这些变量(符号形式或绝对形式)，并连接到模糊功能块的输入和输出参数。

如果所有相关的输入和输出变量在可编程控制器中已经存在, 则可以直接将模糊系统链接到可编程控制系统中。使用已存在的输入与输出规划模糊应用的实例是将设备操作员的手动操作转换成等价的模糊规则。这种情况下, 两到三个输入和一个输出已足以满足模糊控制器的使用要求。

设置规则基础

模糊应用的核心是规则基础(所有模糊规则的集合), 它们代表了以“模糊方式”制定的、经验丰富的设备操作员在过程操作方面的经验知识(专家知识)。模糊规则是一条If ... Then关系表达式(参见第2章), 形式如下:

IF ... <条件> THEN ... <结论>

规则集的IF部分中, 最多可以逻辑链接56个条件(8个输入, 每个可有7个隶属函数)。

设置规则基础的目标是记录尽可能多的工作点(不同输入变量的组合); 这些工作点是操作员手动操作时必须考虑的, 或者在运行时过程可以接受的。然后, 分别将各个输出变量的语言(模糊)值分配给这些工作点。

模糊应用的离线分析

可以借助于组态工具, 离线模拟和测试所规划的模糊应用在编程设备上的运行特性(也就是说, 无需链接到可编程控制器上)。为此, 可以使用下列功能:

- “3D图形显示”: 通过它, 可以在空间坐标内自由选择输入和输出的组合, 表示模糊规则的影响效果。
- “曲线记录器”: 通过它, 可以监视测试功能(根据变化速率和振幅确定其大小的斜坡函数)对所选择的模糊系统输入的影响

这样便可以一步步地检查输出变量对特定输入变量变化的反应。任何误差或与给定目标的偏差, 都可以在组态对话框中通过修改隶属函数或规则来修正。

装载和启动

一旦包含离线分析的模糊应用规划完成, 便可以将模糊应用下载到S7可编程控制器的CPU中。使用STEP 7语句表, 首先仅将模糊功能块连接到过程I/O的输入。如果可调节变量的行为符合预期(组态工具中的3D图形显示或曲线记录器), 便可以将输出连接到执行器。

更正和优化

对于在启动之后与预期特性不符的模糊应用, 必须使用组态工具修正或优化。可以通过改变隶属函数, 修改或扩充规则基础, 来干预模糊应用系统。

6.2 打开或调用要处理的项目

生成新项目

在调用组态工具时，主窗口就会出现。下图给出了创建新项目的操作过程。

1. 选择菜单命令**文件**→**新建**。
2. 在“定义项目”对话框中，输入项目名称(最多8个字符)。删除缺省名称，以执行此操作。
3. 通过输入规划的输入数(最多8个)和输出数(最多4个)，为项目定义模糊应用的组态。

可在以后使用“编辑”菜单修正这些条目。

4. 一旦单击**确定**，系统就会生成一个项目文件，其名称为用户输入的名称，并以图形方式显示所组态的模糊结构。除输入与输出以外，同时还会显示一个用于规则基础 “If ... Then” 的块。
5. 单击输入、输出域或规则基础域，可以访问更多编辑窗口，进行更详细的模糊应用组态。
6. 选择**文件**→**保存**时，将项目保存到所选择的项目目录中。如果要将文件保存在其他目标目录中，可以单击**另存为...**，然后在对话框“文件另存为”中输入路径名和驱动器。

打开项目进行编辑

当调用组态工具时，主窗口就会出现。要编辑归档中已经存在的项目，可如下操作：

1. 选择菜单命令**文件**→**打开...**。
2. 在对话框“打开文件”中，选择要编辑的项目的目录和文件名。
3. 当所需项目的文件名显示在名称框中时，单击**确定**确认要加载此文件。

系统加载所选择的项目文件，并以图形方式显示相应的模糊结构及其输入与输出和规则基础。

4. 单击输入、输出域或规则基础域，可以访问更多编辑窗口，进行更详细的模糊应用组态(参见第6.4节)。

5. 选择**文件→保存**，将模糊应用及所做的所有改动都保存到项目目录中。

如果要将文件保存在其他目标目录中，可以单击**另存为...**，然后在对话框“文件另存为”中输入路径名和驱动器。在对话框“功能块类型接口”中，选择预置的FB30，或者使用新FB号来复制该功能块。在最后一个对话框中，输入DB号。

6. 如果要退出或取消编辑，不保存任何改动，则单击菜单命令**文件→退出**，项目文件保持其原先保存的状态不变并退出组态工具。

6.3 定义结构和编辑输入与输出

修改现有的模糊结构 一旦生成具有两个输入和一个输出的项目 **demo.fpl**(如第6.2节所述), 便可以使用“编辑”菜单, 在模糊控制允许的框架内, 通过添加输入和/或输出来扩展该项目。

这些输入与输出始终在结构的结尾处插入或删除。

编辑窗口(总览) 一旦定义好模糊项目的结构, 必须立即定义输入与输出的特征以及这些变量之间的关系。组态工具为此提供了编辑窗口“编辑输入”、“编辑输出”和“编辑规则”。

6.4 定义隶属函数

编辑：输入

当双击模糊结构中的输入时，会显示一个窗口，可以在其中定义条目，为输入定义数值范围和隶属函数。在设置项目时，按照下列步骤进行。

1. 命名输入

为输入分配您在项目中定义的名称。为此，删除预置的名称，然后键入该输入的当前名称。名称最多可以有10个字符。第一个字符不能是数字；除了“_”以外，不能使用特殊字符和重音符号。

2. 设置数值范围

缺省数值范围是-100至100。例如，如果要通过输入记录房间温度，则可将此输入的数值范围设为0至40 [°C]。在范围“最小值”和“最大值”域中输入数值，隶属函数图的刻度将相应调整。

3. 创建和命名隶属函数

使用“插入”按钮，创建用于描述输入变量特性的隶属函数：

如果将缺省设置5重写为4(在实例中，通过四个隶属函数来定义输入的特性)，并通过**确定**确认，系统将生成四个隶属关系的三角形图形，均匀分布于数值范围内。在隶属函数的显示域(在右边)内，将显示第一个图形的预置名称**n_big**。

注意：最多允许七个隶属函数。如果输入的数值大于7，系统将仍只创建七个图形。

每个隶属函数对应一个“语言值”。这代表相关输入变量特性的模糊描述。因此，用户应在项目中使用当前语言值替换规则中的系统缺省值。为此，将光标放置在显示域中，删除缺省值。然后键入所需名称。

注意：最多只允许七个字符。

如果单击显示域一边的箭头，则可以访问其他隶属函数的名称。

4. 插入和删除隶属函数

如果要将其他隶属函数添加到列表中，只需简单地单击“插入”按钮。将会出另外一个图形，并在描述列表的末尾附加**MBF_x**。如果单击“删除”按钮，将会删除显示域中所显示名称的隶属函数。

5. 更改数值范围

如果在编辑项目时，需要更改某个输入的数值范围，则有两种截然不同的情况：

- 数值范围被减小；
这种情况下，系统显示消息：“*有一些点位于所选择的范围之外。是否调整所有隶属函数？*”单击**确定**，接受新数值范围；或者取消操作。
- 数值范围被扩大；
这种情况下，系统显示消息：“*是否要将隶属函数调整为新取值范围？*”
可以使用**是**或**否**来响应此消息。如果选择**否**，则会保留所有点数值。由于范围增加，水平方向将会压缩显示。

6. 输入隶属函数的点坐标

如果选择隶属函数列表中的描述(通过单击箭头)，系统可将此描述名传送到显示域中，并以不同颜色显示各个图形或通过圆圈高亮显示。

在显示域中显示其描述的隶属函数的第一个基点通过一个圆圈高亮显示。隶属函数梯形的四个插值点的坐标值显示在“点”列表中。当前点的数值通过一个圆圈高亮显示。点1和4始终是基点，而点2和3是顶点，在三角形中这两个点重合。

可以通过下列方式选择坐标点：

- 在点列表中选择
- 单击所选择图形一角的插值点(图形域)。

所选择的点的坐标值可以更改：

- 通过更改点列表中的数字值(5位数字)，以数值方式修改
- 通过单击各个插值点，然后沿水平坐标轴“拖动”，以图形方式修改

当两个点重合时，每次单击鼠标将会交替地选择另一个点。当移动插值点时，相应的数字值会同时显示在点列表中。这样，用户便可以精确设置所需要的数字值。

使用按钮“+”，可以打开具有五个级别的缩放功能，这意味着可以所需要的精度设置移动一个点。使用“-”或“1:1”关闭缩放功能。

编辑：输出

当双击模糊结构中的输出时，将出现一个窗口，可在其中设置条目，为输出定义数值范围和隶属函数。

输出的编辑方式与输入非常相似。要建立项目，可一步步地按照“编辑：输入”中的步骤进行操作(第6-9页)。

1. 命名输出

给所选择的输出分配在项目中定义的名称(最多10个字符)。

2. 设置数值范围

缺省数值范围是-100至100。例如，如果要通过输出，将加热元件作为执行器来控制，则此输出的数值范围将是0到100 [%]。在范围“最小值”和“最大值”域中输入起始值和结束值，隶属函数图的刻度将相应地调整。

3. 创建和命名隶属函数

创建隶属函数的过程与输入相同。使用“插入”按钮，创建五个单独的隶属函数，保持缺省设置。五个“线函数”均匀分布在数值范围上。在隶属函数的显示域中，显示第一个图形的预置名称n_big。

注意：最多允许七个隶属函数。

每个隶属函数对应一个“语言值”。这代表相关输出变量特性的模糊描述。因此，用户应在项目中使用当前语言值替换规则中的系统缺省值。为此，将光标放置在显示域中，键入所需要的名称。最多只允许七个字符。

如果单击显示域一边的箭头，则可以访问其他隶属函数的名称。

4. 插入和删除隶属函数

如果添加其他隶属函数到列表中，只需简单地单击“插入”按钮。将会出另外一个线图形，并在描述列表的末尾附加**MBF_x**。如果单击“删除”按钮，将会删除显示域中所显示名称的隶属函数。

5. 更改数值范围

此操作过程与前面的输入操作相同，并且会出现相同的消息。

6. 输入隶属函数的单个坐标

如果选择隶属函数列表中的描述(通过单击箭头)，系统可将此描述名传送到显示域中，并以不同颜色显示各个图形或通过圆圈高亮显示。由于单隶属函数只有一个坐标点，所以不需要输入单个坐标值。如果使用鼠标设置坐标，则整个线图形将会水平移动。还可以在“点数值”域中，以数字方式进行此设置。

6.5 定制规则基础

AND逻辑操作

在组态工具的一个单独的编辑窗口中，以表格形式定制和输入模糊结构“if ... Then”部分的规则。所有模糊规则的加在一起，便构成了模糊应用的规则基础。

表格中的每列对应一条模糊规则，其中IF部分(在上)中的语言值通过AND逻辑操作链接到THEN部分(在下)中的语言值。还可以通过AND逻辑操作链接这些变量。

例如，规则2:

IF insidtemp. is cool AND outsidtemp. is cold AND humidity is medium
THEN heater is full

或规则5:

IF insidtemp. is warm AND outsidtemp. is cool THEN heater is low

最多允许使用200条这样的规则。然而，为了能够总览系统以及不显著增加系统的响应时间，我们建议在模糊应用中使用的规则不要超过50条。模糊规则的编号分别在各个列中给出。

OR逻辑操作

如果要使用OR逻辑操来链接输入，则可以通过为输出的同一隶属函数定制一些AND规则来实现此目的。在这些规则的IF部分中，只需输入要链接的语言值之一，而保留其他条目为空。

下面两条规则也可以看成是OR逻辑操作:

IF insidtemp. is hot and outsidtemp. is cool THEN heater is off
IF insidtemp. is hot and outsidtemp. is warm THEN heater is off

这两条规则合在一起:

IF insidtemp. is hot AND (outsidtemp. is cool OR warm)
THEN heater is off.

6

编辑表格的方法

表格中的行被分配给已定义的输入与输出。通过单击“附加”或“插入”按钮，可以在所选择的列右边添加，或者在其前面插入一个空规则列。

窗口中可以显示九个规则列。如果创建的规则超过了九个，则在表格底部会出现一个滚动条，单击左边或右边的箭头向左或向右水平移动表格的显示部分，或者沿所需方向拖动滑动条。

如果要删除一条规则，只需选中它，然后单击“删除”按钮即可。使用“压缩”功能，可以删除空白的表格列。注意，这可能会对规则重新进行编号。

输入规则

当在主窗口的结构图中单击If ... Then块时，就会出现规则编辑窗口。一开始，仅在左侧竖直列出输入与输出的名称，其余则是空白。

1. 表格域顶行周围框有一个边框。将光标放置在此域内。将出现一个选择菜单，其中包含为此输入定义的语言值和隶属函数。
2. 为要定制的规则选择所需要的隶属函数。系统将它的描述插入到所选择的表格域中。
3. 将光标放置在该列中下一个域内。各输入或输出的隶属函数也在此显示和选择。
4. 通过选择菜单行“-空白-”，可以删除在所选表格域中输入的值。
如果在该区域之外单击鼠标，则选择菜单消失。所选择的(加边框的)表格域保持不变。
5. 要输入下一条规则，则单击“附加”；或者如果要将规则插入到最后一条规则之前，则单击“插入空白”。
通常，在表格中所选择的规则通过加边框的规则号高亮显示，而所选择的域则以加边框的域来高亮显示。

6.6 模糊应用的离线分析，显示项目

显示模糊结构的特征

在“视图”菜单中，有很多功能用于监视模糊应用的动作类型。通过选项“显示3D图形”，可以用三维立体方式，显示所选择的两个输入对输出影响效果的特征。

当选择菜单命令“视图”→“显示3D图形”时，将显示“3D图形显示”窗口，可在其域中设置要在X和Y轴上显示的输入变量，以及要在Z轴上显示的输出变量。使用单击箭头(名称域的右边)时出现的菜单，完成选择和分配操作。

这些选择菜单包含当前模糊结构的所有输入/输出变量，这样便可以任意选择组合，并一步步地逐渐建立模糊应用的效果图。

确定显示动画

识别空间显示中的细节很大程度取决于观察的角度。因此，可以以您喜欢的任意方式沿垂直坐标轴旋转3D图形，或者改变顶视图的角度。还可以使用底部的滚动条中的滑块，或者也可以使用动画功能自动改变显示参数。

1. 拖动水平滚动条，沿垂直坐标轴，旋转显示在Z方向上的两个输入变量对输出变量的影响的三维显示。拖动垂直滚动条，例如上移，增加函数 $Z = F(X, Y)$ 的显示表面的查看角度。
2. 当单击“动画”按钮时，将显示对话框“动画参数”。有两种显示类型：
 - 以可以设置的角度步幅，由系统持续旋转。
 - 一幅3D显示的图像不动，动画显示另外一个输入变量的影响(4D显示)。

旋转3D显示

由于创建新图像的步幅是固定的，角度5到45°的设置变量立即影响屏幕上坐标系统的旋转速度。

如果激活了“旋转”，设置了所需要的角度大小(使用列表框上的箭头和选择菜单)，并且通过“确定”进行确认，则显示开始以所设步幅旋转。“动画”按钮上的标签变为**停止**。然后，可以通过单击“停止”来暂停旋转运动。这时，按钮标签重新变回到**动画**，可再次单击它继续进行旋转。

在停止状态，还可以使用滚动条更精确地设置图形。

4D显示

组态工具的可视化功能不但允许空间显示并使用系统控制的旋转来改变查看角度，还可以“动画”显示一个附加的输入变量对所研究输出的影响。这具有逐步地动态改进输出显示域的效果。

当激活“4D显示”时，可以通过选择菜单“输入”指定一个附加的输入变量。将计算它在空间显示上的效果，并以定义的百分比显示。

例如，对于2%的百分比，所查看的输出变量的数值相对此输入的数值范围(包含在50步中)，周期性地循环重新计算50次。此处，输出变量的数值表示作为显示在X轴和Y轴上的其他两个输入变量的数值范围的表面显示的输出数值的编号。

设置完所需要的百分比步幅的大小(通过使用列表框上的箭头和选择菜单)，然后通过**确定**确认，显示表面便开始以所设步幅改变其形状。“动画”按钮上的标签变为**停止**。然后，可以在需要时通过单击“停止”来冻结运动过程。这时，按钮标签变回到**动画**，这样如果单击它便可以继续改变图像的形状。

这种类型的动画还可以使滚动条来旋转。可以使用这种方式设置最合适的查看角度。

设置“系列参数”

很多模糊应用都有三个以上输入变量。如果要在显示中包含它们对特定输出变量的影响，则可以参数设置的形式，通过在其数值范围内指定有关的数值来实现此目的。当单击“参数”按钮时，将显示带有参数值的条目列表的对话框。

参数描述对应模糊结构可能具有的八个输入变量的描述。除了显示在X轴和Y轴上的输入值的两个“运行”参数以外，还可以在此处为每个真实输入分配特定值(7位数字)。当通过**确定**确认时，系统为此新/更改过的输入值重新计算三维显示的输出变量的所有数值。

除直接在坐标系统中表示的两个输入和第三个自动动画的输入变量的影响以外，用户可以监视模糊结构的其他五个输入在特定执行器上的影响。由于对于离散值，每次只能操作一个点，我们建议仅设置所谓的关键数值，或者位于数值范围边沿处的数值。

6.7 模糊应用监视

曲线记录器

“曲线记录器”功能允许在10秒到9999秒的范围之内，显示最多五个可自由选择的输入或输出变量的时间曲线。图形窗口的下边沿是时间测量刻度，该刻度来自于所定义的曲线显示长度。每条曲线可以显示150个数值；在这些点之间，曲线是线性插值的。

在图形窗口中，曲线从左向右记录，并且按照所生成的采样时间的步幅进行处理。当曲线到达图形窗口的末端，整个图形以图形长度大约 $\frac{1}{4}$ 的步幅向左移动。曲线将被归档。归档的长度可以是曲线显示长度的整数倍。通过沿滚动条拖动滑块，或者单击左/右箭头，可以显示存储的曲线部分(在记录器停止时)。

显示规则的效果

在曲线记录器的下部图形窗口中，以棒图形式直观地显示规则的活动，并使用重心法来图解逆模糊化。

每个模糊规则分配一个棒图。各模糊规则的编号显示在棒图内。棒图的高度对应规则的效果，它的水平位置对应于相应输出的隶属函数(单函数)的位置。水平显示范围的限制对应所选输出的“最小值”和“最大值”。

读数线

在记录器处于停止状态时，可水平移动的垂直线可以数值方式显示过程变量在特定时间点处的数值，并将它们读到右边的相应数值域内。该“读数功能”具有同时移动旋转点或箭头用于显示棒图重心的效果，并且能够为读数线上输入变量的数值组合显示单棒图的当前位置。

输入/输出变量的曲线分配

可以在一个公共时间曲线上显示五个变量，每个变量以不同颜色的曲线相互区分。使用下列操作步骤，通过曲线记录器窗口中的“曲线选择”菜单，将过程变量分配到特定曲线：

1. 通过相应的选项按钮，在数字值列表(在图形的右边)中选择所需要的曲线。
2. 现在，在当前模糊应用的输入与输出的列表中单击箭头(曲线选择)之后，选择要使用所选曲线显示的变量。该输入或输出显示在“曲线选择”域中。
3. 如必要，使用同样的操作步骤，选中另外一个选项按钮，然后将其他变量分配到曲线。

对于每条曲线，系统在选项按钮一边的显示域中，显示5位数字的当前实时值。

4. 选择其中一个选项按钮(通过黑色圆来标记该按钮)意味着分配给此曲线的变量的名称显示在图形域的上面和域“曲线选择”中。同时，图形纵坐标的刻度切换为所选过程变量的数值范围。
5. 在下面的图形中，通过“棒图选择”菜单为它的棒图分配一个输出。此分配过程与前述的曲线选择的分配过程相同。

**指定显示的时帧：
“定义采样时间”**

一旦为模糊应用中的特定曲线分配了相关的输入与输出后，还必须为时间轴设置合适的刻度，以此来指定显示的时间刻度。根据被监视过程的惯量以及根据事件显示所需要的时间分辨率，可以选择一个小的或大的“曲线显示长度”。

“曲线显示长度”是所设置的跨越可见图形整个时间轴的时间间隔。可以在10秒到9999秒(= 166.6分钟)的限制范围内设置该参数。

在对话框“曲线记录器的时间值”中选择时间轴参数的数值；可以通过菜单命令**视图**→**设置采样时间**来访问该对话框。小参数值可以足够高的时间分辨率，记录快速过程。较慢过程则需要较大的数值。

在所选择的时间间隔内，显示的每条曲线总共可以记录150个数值。也就是说，显示所需要的采样时间位于0.1 s (20秒的时间轴)和66.6 s (9999秒的时间轴)之间。采样时间的当前值(单位为秒)也显示在对话框中。

归档功能

当激活“曲线记录器”功能时，记录的测量值临时存储在一个归档内；该归档的尺寸可以设置，最多可以存储500条数据记录。该归档功能使用户可以回顾并分析模糊应用的特性。所有输入数据都存储在测量值归档中，包括那些当前没有显示的输入数值。

归档的总长度，或者存储数值的总数，最大约为所显示的曲线长度的三倍。也可以在10秒到9999秒的范围内设置该参数。下限与曲线显示的长度相等，而上限大约是曲线长度的三倍。

如果要分析归档，则必须停止曲线记录器。这会中断来自CPU的数据传送；或者在离线模式下，中断来自曲线发生器的数据传送。记录过程在要记录的最后一数值的右边沿处停止。通过向左拖动滚动条，可以显示被隐藏的归档区域。

在归档信息的分析期间，将在屏幕上更新显示数据。输入和输出信号的数值，规则效果的棒图以及重心显示的三角形对应于读数线当前位置所给出的测量值。在归档分析期间，还可以更改所显示的输入与输出。如果选择了新的输入或输出信号，则会重绘图形并更新数值。

当单击**启动**时，将删除归档，系统重新开始接收并显示数据。

使用“曲线记录器”功能

在模糊应用的在线操作期间，除了能够记录和监控所选择的过程变量以外，“曲线记录器”功能还包含了一个用于执行离线测试的重要辅助工具：借助于曲线发生器，创建测试信号的功能。这些测试函数具有一个三角形包络线，它具有模糊应用的一个或多个输入变量连续斜坡形变化的效果，这取决于它们是如何分配的。

借助于曲线发生器的记录功能，可以同时观察输出变量在各输入变量经过整个数值范围期间的响应特性。我们建议每次只改变其中一个输入变量，而保持其他变量固定不变。这样更容易掌握总的概况。在“曲线参数”对话框中可以很方便地将曲线记录器的测试函数切换到另一个输入。

设置输入值

使用菜单命令**视图→设置曲线参数**，可以访问用于选择和设置定义离线测试条件所需参数的对话框。在“曲线参数”对话框中，相关模糊应用的输入显示在左侧，而输出显示在右侧。通过在输入上输入数字值，可以控制“模糊控制”计算的输出上的数值。

单击箭头，然后选择菜单点**常数**，设置数值。在“常数”对话框内输入数字值之后，通过**确定**确认，该数值便被存储并显示出来。系统还会为当前的输入组合计算输出的新数值，并显示这些新输出值。这样便可进行初始的简单离线测试。

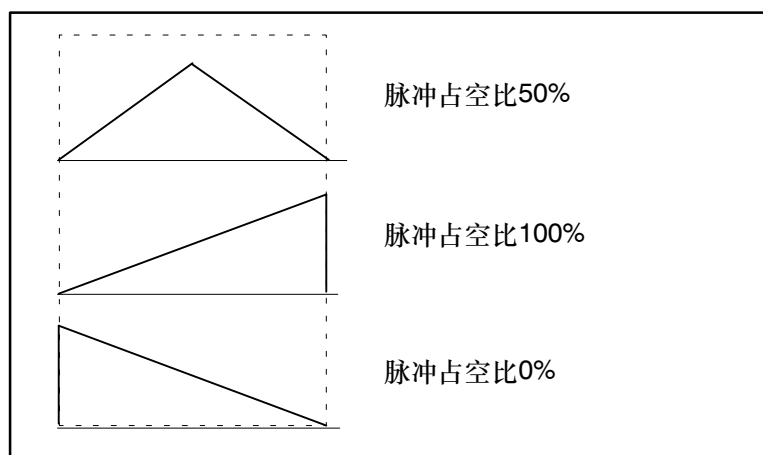
为了判断输入变量在它们的数值范围限制处对输出的影响，在离线测试中，可使用菜单点**最大值**和/或**最小值**，将相应的输入设置成接近它们的极限值。通过菜单点**归零**，可以取消激活相应的输入。

设置曲线参数

如果具有固定输入组合的模糊应用的静态视图还无法满足您的要求，则还可以在其中一个输入上放置连续变化的斜坡形测试信号(三角形函数)；这些测试信号的时间和振幅特征可以通过参数设置。还可以将这些独立定义的三角形信号分配给多个输入。

单击菜单点**曲线**，将显示“曲线”对话框，可在此设置测试信号的特征。操作如下：

1. 通过输入“**最大值**”和“**最小值**”之值，设置测试信号的振幅。当这些数值与输入变量的范围限制相一致时，斜坡函数仅仅到达查看窗口的水平上限和水平下限。允许使用较小或较大的数值。
2. 现在为“**周期数**”输入一个数值。它代表周期性测试函数在曲线显示长度内运行的周期数。该数值越大，向上和向下的斜坡越陡峭。
3. “**脉冲占空比**”的数值以百分数的形式，给出了三角形信号向上斜坡的持续时间与整个周期持续时间的关系。缺省设置是50%。
 - 脉冲占空比 = 50%意味着：
向上和向下斜坡在整个持续时间内按1:1的关系等分，它们的斜度相同。
 - 脉冲占空比 = 0%意味着：
向上斜坡的斜率 ∞ ，而向下斜坡占据了脉冲的整个持续时间(锯齿形)。
 - 脉冲占空比 = 100%意味着：
向上斜坡占据了脉冲的整个持续时间，而向下斜坡的斜率为 ∞ (锯齿形)。



4. “相位角”定义了测试函数相对于图形中的曲线显示的起始点。例如，将相位角设置为25%会将测试信号向右移动图形显示时间的25%。缺省设置为0%。

使用鼠标单击对话框中的任意区域即可激活输入。然后，系统重新计算曲线参数，并在“曲线”对话框的图形窗口中显示三角形信号的示意曲线。当输入所有必需的曲线参数，并通过**确定**确认之后，将保存数值并关闭对话框。

在“曲线参数”对话框中，现在将显示菜单点**曲线**，替代相应输入的数字值。输出的数字值用???替换。如果至少有一个输入连接到曲线，则输出的数值便不再显示为单个的数字值，因此使用符号“???”来表示它们。

通过这种方式，可以为所有输入分配常数或曲线形式，以便借助“曲线记录器”功能，离线检验模糊应用的特性。如前文所述，还可以同时为多个输入分配曲线。在大多数实际应用中，通常更为有用的是只连接一个输入到测试信号，而为剩余的其他输入分配常数。这样用户更容易分析输出特性与该输入的关系。

通常都可以使用曲线记录器检验用户开发的模糊应用的输入和输出特性。但不要忘了，现在所监视的模糊系统仍然是独立于过程的。在将模糊系统在线连接到过程后，可能需要在闭环函数电路中执行更多测试。

6.8 下载和启动模糊应用

下载模糊应用 将模糊应用的背景数据块及程序，以及调用OB和功能块FUZZY一起下载到可编程控制器的CPU中。可使用SIMATIC管理器应用程序执行此操作。

模糊控制的处理调用 功能块FUZZY必须由用户调用。可以在周期性和/或时间驱动程序处理层级中编程该调用。该块必须以绝对方式调用。处理过程通过背景数据块中的变量START_STOP进行控制。

在调用功能块时，必须指定背景数据块。模糊应用的规则集存储在该数据块中。每个模糊规则集需要一个单独的数据块。在规则集中，只需要分配输入和输出参数即可。未使用的输入或输出无需连接。

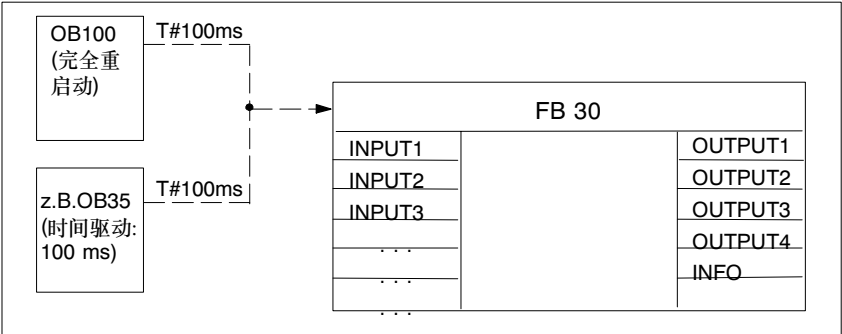


图6-1 连接启动块到模糊功能块

实例：仅使用参数INFO的最小型调用

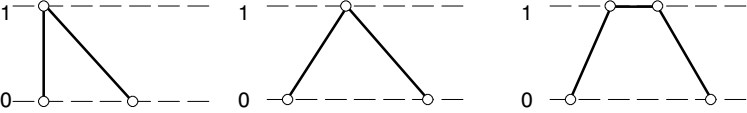
```
STL
CALL FB30, DB30 (
    INFO      := MB30);
```

外部提供输入/输出 如果已经创建数据块作为背景数据块，并且已经分配了符号名，则还可以在用户程序中外部访问模糊应用。实例：

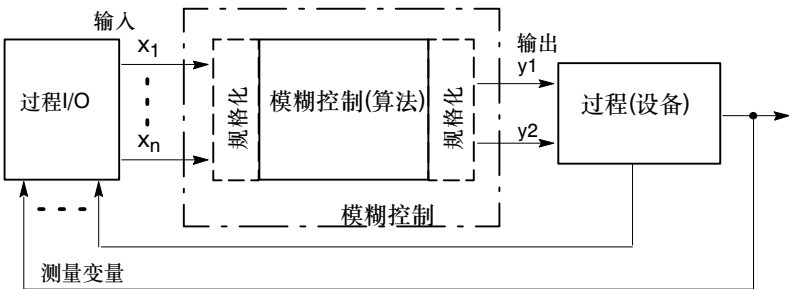
```
STL
..
T      "Pendulum".INPUT1      = DB DB
..
L      "Pendulum".OUTPUT2
etc.
```

词汇表

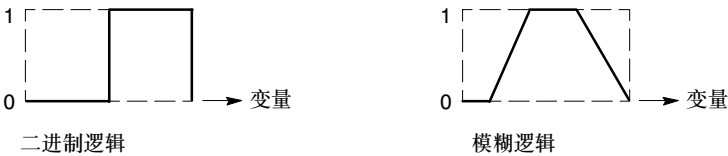
PLC	可编程控制器即可编程逻辑控制器，由一个或多个CPU，带有数字/模拟输入和/或输出的I/O设备，用于链接系统中其他设备并与之通讯的设备，以及电源(如果需要)组成。
背景数据块	用于存储所组态模糊应用的结构(输入/输出)和特性(规则集)的数据块。
被控变量	随着参考变量的瞬时值发生相应修改的过程变量(过程的输出变量)。其瞬时值也称为实际值。
参考变量	指定所需要的数值或相关过程变量的航线。其瞬时值就是所谓的设定值(SP)。
单模式函数	以直线形式表现的输出隶属函数，其纵坐标值表示与输出变量各个语言值的隶属程度。各个规则对输出变量特定语言值的影响被叠加在一起。
方框图	描绘可编程控制系统或过程中的因果关系。方框图由代表过程实际部分传输特性的功能块和代表信号流方向的流线组成。
干扰	除可调节变量外，所有影响被控变量的变量都被描述成干扰或干扰变量。
工作点	描述被控变量与设定值的偏差变为零时可调节变量的值。在无I组件的控制器中，该数值非常重要；对于这种情况，稳定状态中需要一个持续的系統偏差来维持所需要的可调节变量值。如果该偏差消失，则工作点参数必须进行相应的调整。
规格化	用于将输入变量的物理值转换成(内部处理的)数值范围($X_{\min} \dots X_{\max}$)，然后在输出上反向转换的程序(算法)。规格化线由初始值(OFFSET)和斜率(FACTOR)决定。执行规格化运算的块(函数或FC)必须单独调用。

规则集	模糊应用中的所有IF/THEN规则的总和(知识基础)。这些语言规则中的每一条用于描述模糊应用的一个子策略。
过程模拟	包含预设传送域的功能电路副本，用于模拟真实的过程。一旦因干扰变量或参考变量发生改变而激发了过程模拟，相关的过程变量便可以进行归档或变得可访问以使用曲线形式进行监视。
可调节变量	可编程控制系统的输出变量或过程的输入变量。驱动信号可以创建操作范围的映像，作为模拟百分比数值或者脉冲宽度值或脉宽。通过集成的执行器(例如电机)，便足以提供二进制的上/下和前/后切换信号。
隶属函数	隶属函数通过量化确定语言数值的定性表达式；该表达式给出了与特定子集的隶属度(真值)，将过程变量的每个数字值具体化成各个语言数值。每个隶属函数通过四个插值点来定义，因此可能表现为三角形或梯形这两种外形。 
模糊编程语言(FPL)	模糊应用以模糊编程语言或FPL的数据格式保存。FPL标准由Togai InfraLogic公司规定。
模糊规则	格式为IF A ... THEN B的语言规则，也称为产生式规则，用于描述决定模糊应用特性的策略组成部分。也可以将IF部分(条件)与逻辑运算链接，而THEN部分(结论)只用于将语言数值分配到输出变量。
模糊化	将输入的瞬时值转换成语言描述(语言值)的真实度。
模糊集	模糊集由其隶属函数完整描述。对于基本集中的每个元素，隶属函数使用位于0.0到1.0之间的一个实数(也被称为真值)形式来描述其与相关模糊集之间的隶属程度。

模糊控制 可编程控制器(PLC)的一个算法(功能块)，以固定或根据程序而不同的时间间隔来记录输入变量的新数值，然后根据在规则集中指定的经验知识来计算输出变量的新数值。



模糊逻辑 表述各元件的模糊集隶属关系的逻辑(真值)。



模糊应用 由已定义的输入和输出数以及用于根据应用和子域确定输入变量对输出变量的影响的完整规则集(规则集)所构成的组态。每个模糊应用都包含在其自身的特定背景数据块内。

模糊应用重启 当电源在掉电之后又重新接通时，会启动“自动重启”，“手动重启”是通过一个开关设置或通讯命令(完全重启，重启)来触发的。

模拟数值输入/输出 用于将I/O数据格式的输入值转换成实型数值并规格化成百分数，以及相应地将内部百分数转换成输出变量的I/O格式的算法(函数)。

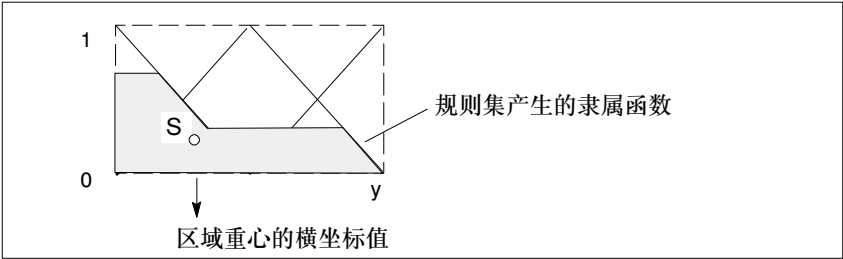
逆模糊化 从输出的模糊设定表示到具体数值的转换，表现为一个关系函数。规则对此输出的影响也同时被加权，另外还形成所生成关系函数的区域重心(重心法)。

曲线记录器 用于在模糊应用中的选定输入上创建常数数字值或时间相关的时间函数，以进行离线测试。

设定值 被控变量在受到自动化系统影响时应采取的数值。

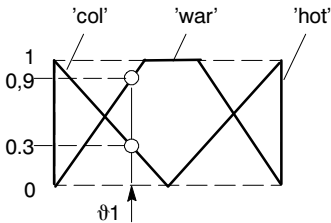
实际值	被控变量的当前值
数据库	背景数据块
数值范围	过程变量的数字值范围(例如, $-20^{\circ}\text{C} \dots +80^{\circ}\text{C}$), 该范围内的数值在内部被处理成范围为100.0至+100.0%的实数。介于STEP 7的数字范围内的物理值可以在输入上输入(数字表示)。
数字表示	在STEP 7中, 将模拟I/O变量的数值转换成范围为27648到27648之间的定点数(格式: WORD)。
推理	处理规则集, 包括通过最小运算符(IF部分)来链接输入的真实度, 通过覆盖多个规则的截断隶属函数来计算相应输出的真值(THEN部分)。
完全重启动	当在控制器上执行完全重启动时, 可以从定义的启动状态执行启动。控制器的输出参数以及局部或静态数据预设完全重启动例行程序中。如果在输入COM_RST上设置了完全重启动位, 则运行完全重启动例行程序。
线性标定	用于将输入变量的数值转换成输出变量的百分比数值的函数, 然后该百分比值将进一步用于内部比较和控制算法。 算法: $\text{OUTV} = \text{INV} * \text{FACTOR} + \text{OFFSET}$
线性标定	用于根据零点设置和线性转换函数(规格化)的斜率修改(模拟)模拟变量的函数。
语言数值	例如, 如果定义了一个温度范围, 并将该温度范围细分成了冷、暖和热温度值这三个模糊集, 则可以使用“冷”、“暖”和“热”作为变量“温度”的 <i>语言数值</i> 。语言数值是为不能明确性定义(模糊集)且不能使用具体数字值的物理变量确定区域范围的途径。

重心法 规则集的输出值是输出隶属函数下部区域的重心S的横坐标值。



执行器 用于影响过程输入上的可调节变量的设备。通常由定位器和最终控制元件组合而成。

真值 一个比例值，当输入变量的某个特定值达到该比例值时便可以分配语言数值“真”。在实例中，温度 θ_1 在达到30%的真实度时分配语言数值“冷”，而达到90%的真实度则分配语言数值“暖”。

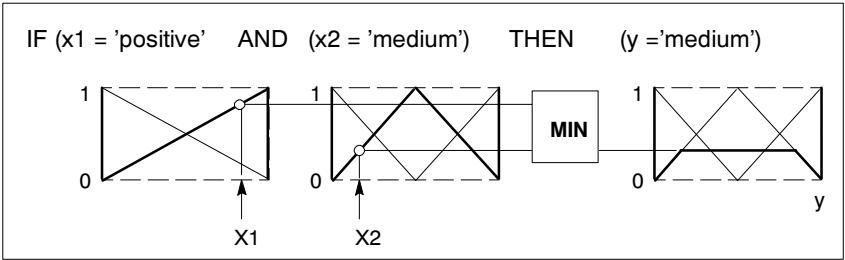


重启动 当模糊应用需要重启动时，它保持中断点处的操作模式和记录的结果。也就是说，模糊应用将从被中断时计算出的数值处继续运行。

组态工具 用于为标准控制系统创建和分配参数以及借助通过系统分析获得的数据来优化控制器的软件工具。

最小运算符

在规则的IF部分中选择瞬时真值的“最小”会创建一个AND逻辑运算，用于链接模糊表达。



索引

字母

FB Fuzzy, INFO-参数, 3-5
FPL-标准, 1-11
 模糊控制中的限制, 1-11
FPL-实例文件, 1-12
FPL-语言, 1-11, 词汇表-2
 “模糊控制”使用的控制字, 1-12
 容许的元素, 1-12
FUZZY_AI
 函数, 3-8
 输出参数(表), 3-13
 输入参数(表), 3-13
 应用, 3-8
FUZZY_AO, 3-14
 控制处理, 3-16
 输出参数(表), 3-18
 输入参数(表), 3-18
 应用, 3-14
INFO-参数, 3-5

B

背景-数据块, 2-5, 词汇表-1
被控变量, 词汇表-1
被控变量: START/STOP, 3-4
编程设备, 2-6
标准-控制
 工作环境, 2-6
 引言, iv

C

参考变量, 词汇表-1
处理, 3-4
传送模糊-应用, 3-5

D

打开项目, 6-6
打开项目进行编辑, 6-6
单模式-函数, 1-20, 词汇表-1
电压/电流信号, 3-9
调用项目, 6-6

读数线, 6-17

F

方框图, 词汇表-1

G

干扰, 词汇表-1
工具, 组态模糊控制, 5-2
工作点, 词汇表-1
功能块“模糊”, 3-2
功能块FUZZY
 调用, 3-3
 功能, 3-2
 技术规范, 3-19
 块图表和参数, 3-6
供货范围, 2-4
规格化, 词汇表-1
规划序列, 6-2
规则的效果, 6-17
规则基础, 定制, 6-13
规则基础(规则集)
 编辑表格, 6-13
 输入规则, 6-14
规则集, 词汇表-2
归档功能, 6-19
过程分析, 1-2
过程模拟, 词汇表-2
过程特征, 1-2

H

函数FUZZY_AI, 块图表和参数, 3-13
函数FUZZY_AO, 块图表和参数, 3-17

J

技术数据, 3-19
结构
 定义, 6-8
 修改, 6-8

K

可调节变量, 词汇表-2
块的执行时间, 3-19
块调用, 结构, 3-3
块结构, 3-2

L

离线分析, 6-5
隶属函数, 1-5, 词汇表-2
 插入, 删除, 6-9, 6-11
 创建, 命名, 6-11
 单个输入坐标, 6-12
 命名, 定义, 6-9
 语言数值, 1-6
 坐标输入, 6-10

M

模糊规则
 AND逻辑操作, 6-13
 OR逻辑操作, 6-13
模糊化, 词汇表-2
模糊集, 词汇表-2
模糊创建应用, 需要的知识, 3-2
模糊规则, 词汇表-2
模糊规则集, 1-7
模糊控制
 产品结构, 2-4
 结构和原理, 2-4
 介绍, 2-2
 应用领域, 1-3
模糊-逻辑, 1-5, 词汇表-3
模糊-输出, 6-11
模糊-应用, 词汇表-3
 规划, 1-3
 过程处理, 1-8
 控制处理, 3-4
 来自组态工具的控制, 3-5
 组态期间出现的问题, 1-23

模糊控制, 词汇表-3
 背景信息, 1-15
 边缘情况下的系统反应, 1-23
 方法和算法, 1-15
 过程和特征, 1-4
 过程特征, 1-2
 结构和组态, 1-9
 内部算法, 1-15
 使用的优势, 1-3
 知识和要求, 6-2
 组态, 3-2

模糊输入, 6-9

模糊应用

 处理调用, 6-22
 规划步骤, 6-2
 规划和设计, 6-2
 监视, 6-17
 离线分析, 6-5, 6-15
 评估标准, 6-4
 外部提供输入/输出, 6-22
 下载和启动, 6-22
 显示特征, 6-15
 指定任务, 6-2
 装载和启动, 6-5

模拟量输出

 规格化参数, 3-15
 规格化和信号类型, 3-14
 函数, 3-14
 来自组态工具的影响, 3-16
 状态位BR, 3-17
 INFO-参数, 3-16

模拟量输入

 电压或电流信号, 3-9
 规格化参数, 3-9
 规格化和信号类型, 3-8
 控制处理, 3-11
 来自组态工具的影响, 3-12
 热电偶信号, 3-10
 状态位BR, 3-13
 INFO-评估参数, 3-12

模拟值

输出, 3-14
输入, 3-8

N

逆模糊化, 1-17, 词汇表-3
实现-问题, 1-18
使用乘法加权, 1-20

Q

其他参数(功能块FUZZY), 3-7
曲线参数, 6-20
曲线记录器, 6-17, 6-19, 词汇表-3
定义时间参数, 6-18
读数线, 6-17
归档功能, 6-19
设置测试信号, 6-20
设置输入值, 6-20
输入/输出变量分配, 6-18
显示规则的效果, 6-17

R

热电偶信号, 3-10

S

设定值, 词汇表-3
生成项目, 处理, 6-6
实际值, 词汇表-4
输出参数(表), 3-7
输出命名, 6-11
输入/输出, 外部访问, 3-4
输入参数(表), 3-7
数值范围, 词汇表-4
更改, 6-10, 6-11
数值范围: 输入, 命名, 设置, 6-9
数值范围: 输出, 设置, 6-11
数字表示, 词汇表-4

T

推理, 1-16, 词汇表-4

W

完全重启动, 词汇表-4

X

系列参数, 6-16
系统反应, 1-23
系统框架, 2-7
下载模糊应用, 6-22
显示
3D-显示
动画, 6-15
旋转, 6-15
4D-显示, 6-16
显示特征, 6-15
动画, 6-15
显示域
设置“系列参数”, 6-16
3D-显示, 6-15
4D-显示, 6-16

Y

硬件-和软件需求, 2-6
用户内存, 2-7
语言数值, 1-6, 词汇表-4
补集, 1-6

Z

真值, 词汇表-5
执行器, 词汇表-5
重启动, 词汇表-5
重心-法, 词汇表-5
重心-计算, 1-18
装载和启动, 6-5
状态位BR, 3-6
自动化目标, 6-3
自动化任务, 6-2
分析, 6-3

组态, 3-2

编辑输出, 6-11

编辑输入, 6-9

处理, 2-2

定义过程变量, 6-4

定义结构, 6-8

定义隶属函数, 6-9

规划序列, 5-2

模糊-应用的评估标准, 6-4

设置规则基础, 6-5

显示项目, 6-15

组态工具, 词汇表-5

功能范围, 5-2

功能结构和用户界面, 5-2

最小-运算符, 词汇表-6

Siemens AG

AUT E 146

Östliche Rheinbrückenstr. 50

D-76181 Karlsruhe

Federal Republic of Germany

寄信人:

姓名: _____

职位: _____

公司名称: _____

街道: _____

城市, 邮编 _____

电话: _____

请选择您所从事的行业:

☐ 汽车制造

☐ 化工

☐ 电气机械

☐ 食品

☐ 仪表和控制

☐ 非电动机械

☐

☐ 制药

☐ 塑料

☐ 纸浆和造纸

☐ 纺织

☐ 运输

☐ 其他 _____



评语表

您的意见和建议对我们改进出版物的质量和有效性很有帮助。请尽可能早地填写本答卷，并寄回给西门子公司。

请对下列问题给出您的个人评分，范围为1 (非常好)到5 (差)。

- | | | |
|----|-------------------|--------------------------|
| 1. | 手册内容满足您的要求吗? | ☐ |
| 2. | 您需要的信息容易找到吗? | ☐ |
| 3. | 手册的行文易于理解吗? | ☐ |
| 4. | 技术说明的详细程度满足您的要求吗? | ☐ |
| 5. | 请对图形/表格的质量进行评分: | ☐ |
| 6. | | ☐ |
| 7. | | ☐ |
| 8. | | ☐ |

其他建议:
