

A man in a light blue shirt is seen from the side, looking at a tablet. The background is a blurred industrial factory floor with overhead lights and machinery. Overlaid on the scene are various digital graphics: a '24/7' icon with a circular arrow, a 'NEWS' icon with a person silhouette, a 'Home' icon, and a network diagram with three nodes. The text 'Industry Online Support' is also visible.

SIEMENS

Ingenuity for life

SMART

在同步灌装上的应用
传感器模式

STEP 7-Micro/WIN SMART V2.8

法律信息

法律信息

应用实例的使用

应用示例说明了通过文本、图形和/或软件模块形式的几个组件的交互来解决自动化任务。应用示例是西门子（中国）有限公司或其子公司（“西门子”）提供的免费服务。它们不具有约束力，也不要求关于配置和设备的完整性或功能。应用程序示例仅对典型任务提供帮助；它们不构成客户特定的解决方案。您自己有责任按照适用的法规正确和安全操作产品，还必须检查相应应用示例的功能并根据您的系统进行定制。您亦应当遵循警告、安全说明以及任何其他依法使用的信息（如适用），例如通用条件、文档或操作说明。西门子授予您非排他性的、不可再许可的和不可转让的权利，让经过技术培训的人员使用应用示例。对应用程序示例的任何更改都由您负责。仅在与您自己的产品结合使用时，与第三方共享应用示例，或复制应用示例或摘录方被允许。该应用实例无须接受收费产品的习惯测试和质量检验；它们可能具有功能和性能缺陷以及错误，其所包含的功能未必能满足您的要求。您有责任据此设计您的使用机制并以恰当的方式使用它们，从而确保可能发生的故障均不会导致环境、财产损失或人身伤害。

免责声明

西门子不基于任何法律原因而承担任何责任，包括但不限于应用示例的可用性、完整性和无缺陷性以及相关信息、配置和性能数据及其造成的任何损害。这不适用于适用法律有强制性规定的情况，或故意、重大过失造成的人身伤害。上述规定并不意味着对您不利的举证责任的任何改变。对于第三方因您使用应用示例而提出的任何索赔，您应向西门子作出赔偿，除非西门子负有法定赔偿责任。通过使用应用示例，您承认西门子对上述责任条款之外的任何损害不承担责任。

知识产权

应用示例及其所有权利，但不限于其中的专有权利(包括但不限于应用示例中包含的源代码、目标代码、图片、照片、动画、视频、音频、音乐、文本和小程序)、随附材料和每份副本，以及其中的所有知识产权(包括任何版权、专利、商标、商业秘密和公开权)均归西门子、其许可方或关联公司所有。除非本文件明确规定，西门子未就上述知识产权向您明示或默示授予任何权利。您同意，对于任何因您使用应用示例而引发的知识产权侵权索赔或诉讼或与之相关的任何其他损害，应由您(而非西门子)全权负责。

其他信息

西门子保留随时更改应用示例的权利，无需另行通知。如果应用实例中的建议与其他西门子出版物(如目录)之间存在差异，则应优先考虑其他文件的内容。如您发现应用示例的任何问题或缺陷，请及时与西门子取得联系。西门子会在技术可行和商业合理的范围内，自行决定调查和修复任何问题或缺陷，为您提供支持。

安全信息

西门子提供具有工业安全功能的产品和解决方案，支持工厂、系统、机器和网络的安全运行。为了保护工厂、系统、机器和网络免受网络威胁，有必要实施——并持续维护——一个整体的、最先进的工业安全概念。西门子的产品和解决方案构成了这一概念的一个元素。客户有责任防止对其工厂、系统、机器和网络的未经授权的访问。这些系统、机器和组件只应在必要的情况下连接到企业网络或 Internet，并且只有在适当的安全措施(例如防火墙和/或网络分割)到位的情况下才应连接到这种连接。有关可能实施的工业保安措施的其他资料，请浏览 <https://www.siemens.com/industrialsecurity>。西门子的产品和解决方案经过不断的发展，使其更加安全。西门子强烈建议，一旦产品更新可用，就立即应用产品更新，并使用最新的产品版本。使用不再受支持的产品版本以及未能应用最新更新可能会增加客户遭受网络威胁的风险。了解产品更新，请订阅西门子工业安全 RSS <https://www.siemens.com/industrialsecurity>。西门子已建立接收西门子产品和解决方案安全漏洞信息的平台。您可以通过向 productcert@siemens.com 或 src.cyscn.cn@siemens.com 发送邮件的方式报送您发现或遇到的西门子产品和解决方案的安全漏洞。西门子将在 <https://www.siemens.com/industrialsecurity> 上不时公布西门子产品和解决方案的安全漏洞和修补措施(如有)。用户应定期访问上述网站并及时采取相关修补措施。西门子强烈建议用户在上述网站登记并订阅 Security Advisory，从而以获取关于最新的安全漏洞和修补措施的及时推送。

目录

1 应用概述4

1.1 通用描述.....4

1.2 硬件及软件需求4

1.3 系统架构图5

2 控制思路6

2.1 物料流6

2.2 关键位置.....6

2.3 位置计算.....6

3 编程设计9

3.1 程序架构.....9

3.2 传送带速度测试库10

3.3 跟随测试库11

3.4 进给测试库13

3.5 灌装执行库14

3.6 Axis_Goto 指令16

4 应用样例17

4.1 画面介绍.....17

4.2 样例使用.....18

4.3 应用样例结果.....18

5 应用扩展19

5.1 灌装针的升降.....19

5.2 灌装头数量19

5.3 寻参操作.....19

6 更新日志20

© Siemens AG 2023 All rights reserved

1 应用概述

1.1 通用描述

灌装机广泛用于食品饮料、医药、化工等领域。以 S7-200 SMART PLC 作为控制器，由 SINAMICS V20 变频器控制传送带从左向右传送，由 SINAMICS V90 伺服驱动器控制灌装针，可实现自动灌装功能。

正常生产时，传送带匀速前进，灌装针从原点启动，在灌装起始点开始灌装，完成灌装后，灌装针回到原点。详细的控制思路，将会在下文方案概述部分介绍。

1.2 硬件及软件需求

本应用软硬件的需求

为了使得本应用案例成功运行，建议使用以下硬件和软件。

硬件

- ST20/ST30/ST40/ST60 固件版本 V2.8
- SINAMICS V90 PTI 伺服驱动器
- SINAMICS S200 PTI 伺服驱动器
- SINAMICS V20 变频器

软件

- STEP 7-Micro/WIN SMART V2.8
- V-ASSISTANT V1.06

1.3 系统架构图

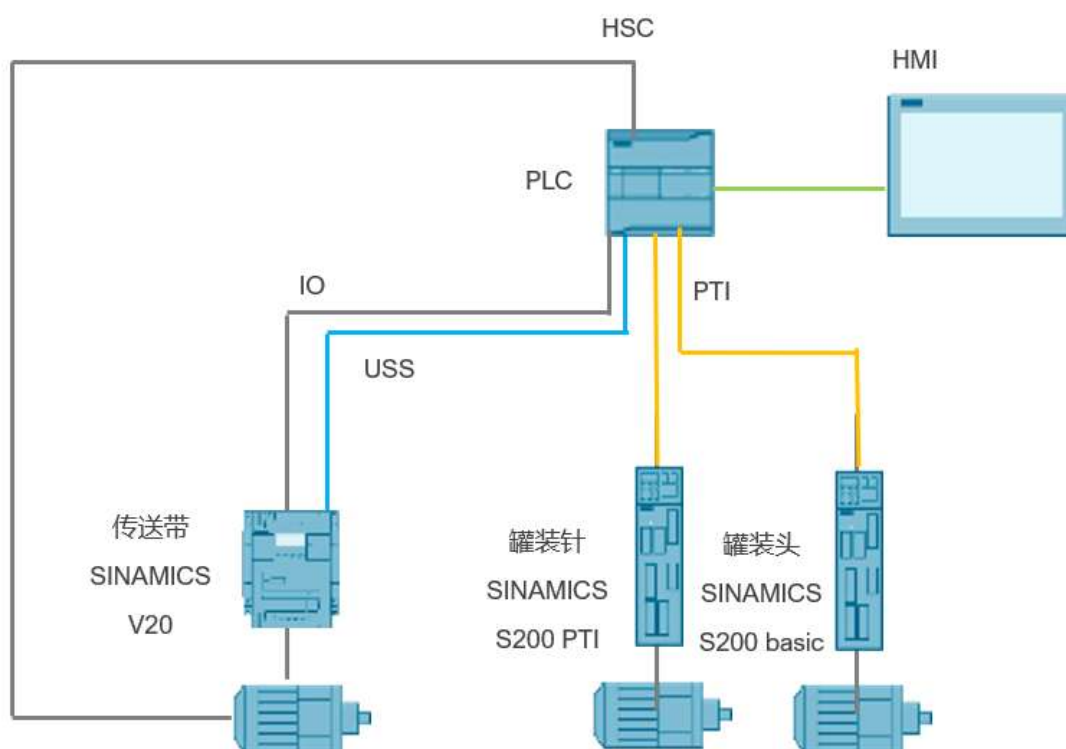


图 1-1 设备架构图

2 控制思路

2.1 物料流

如图所示，瓶子在传送带上经过检测开关 1 时系统开始灌装控制，通过计时器和传送带速度计算出瓶子的当前位置，当瓶子到达预定位置 2 时启动灌装针，并在位置 3 处完成灌装针和瓶子的速度和位置同步，在位置 4 处完成灌装针向下进给并开始灌装，在位置 5 处根据灌装完成的判定条件，判定完成灌装，收灌装针，灌装针返回原点。

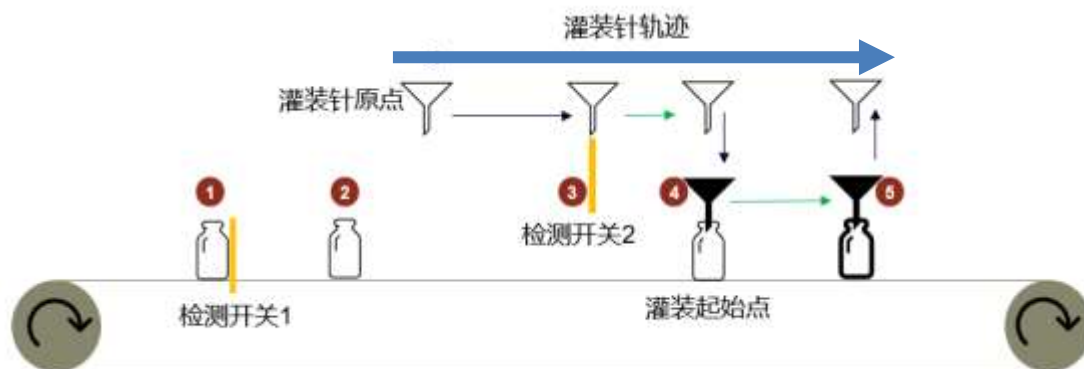


图 2-1 物料流

2.2 关键位置

上述流程中，关键在于确定位置 2，也就是要确定瓶子运行到什么位置的时候，启动灌装针。要实现正常灌装，灌装针从原点到灌装起始点的时间与瓶子从位置 2 到灌装起始点的时间 t 需要一致。

S7-200 SMART PLC 控制 V90 伺服驱动器，运动控制的重复精度很高，可以理解为，每次灌装针从原点启动，到运行至位置 3 处，需要的时间 t 是相同的。因为后续逻辑是按照灌装针和瓶子的线速度相同进行计算的，所以要确保在位置 3 之前，灌装针已完成加速阶段，进入匀速运行阶段。

2.3 位置计算

时间测量

有两种方式可以计算灌装针从原点到灌装起始点的时间，一种是编码器方式，还有一种是检测开关模式。

模式 1：通过高速计数器采集灌装针运动轴的编码器反馈信号，位置 3 或 4 处对应的编码器数值是可以指定的。根据高速计数器数值，判定灌装针到达位置 3 或 4，然后记录下灌装针从启动到到达位置 3 或 4 处需要的时间。

模式 2：计算灌装针从启动到运行到检测开关 2 处需要的时间。

测量步骤

不同的传送带速度，测得的时间 t 不一样。因此，在传送带速度随工艺修改后，需要进行一次时间测量。

无论用何种时间测量模式，程序都通过定时中断执行 Axis_GOTO 指令，并通过定时中断程序完成计时工作。

执行灌装针 Axis_GOTO 指令后，开始计时，程序会实时的读取轴的当前位置和当前速度，当轴的当前速度达到设定速度时，会将轴的当前位置 S 保存下来。检测开关 2 或者是开始灌装的位置，要在这个位置后面。这个位置值 S 会保存在库指令的 V 区中。通常位置值 S 是比较小的一个数值，因为轴的加速度很快。

使用模式 1 时，结合上文中测得的位置值 S 和机械，设定灌装针运行到什么位置开始进行灌装，比如说运行到 200mm 处开始灌装。在中断程序中，启动 Axis_GOTO 指令开始计时，高速计数器计回的轴的实际位置大于等于设定值 200mm 时停止计时，确定灌装针运行到 200mm 处需要的时间 t。

使用模式 2 时，结合上文中测得的位置值 S 和机械，安装检测开关 2。启动 Axis_GOTO 指令开始计时，检测到检测开关 2，停止计时，这样可测得灌装针从启动到运行到灌装起始位需要的时间 t。

不考虑其他的误差，单纯考虑计算方法，时间 t 的测量误差，理论上小于所用定时中断时基，本例使用 1ms 定时中断，本例误差小于 1ms。并根据该时间和传送带速度，可以得出加速所需的距离。

灌装针启动时瓶子需要的运行距离计算

总过上述步骤得出的距离，可从灌装起始点到检测开关 1 的距离反向推导出灌装针启动之前，传送带运行的距离。

使用模式 1 时，可通过编码器反馈距离 L1，传送带速度 v，定时中断事件 t，计算距离 $L2 = v * t - L1$ 。

使用模式 2 时，设传送带的线速度为 v，测量得到时间 t 后， $L1 = v * t + \Delta L$ ，位置 1 和 4 之间的距离 L 可直接测量，则 $L2 = L - L1 = L - v * t - \Delta L$ 。

瓶子经过检测开关 1 后，开始计算瓶子的移动距离，当瓶子移动 L2 时，启动灌装针，在灌装针运行到位置 3 时，瓶子和灌装针完成速度和位置的同步。距离 L2 可以通过传送带编码器获得。或者通过 $L2 = v * t1$ 计算出 t1，在定时中断中计算瓶子经过检测开关 1 之后，运行的时间，当计算得到的运行时间大于等于 t1 时，启动灌装针。

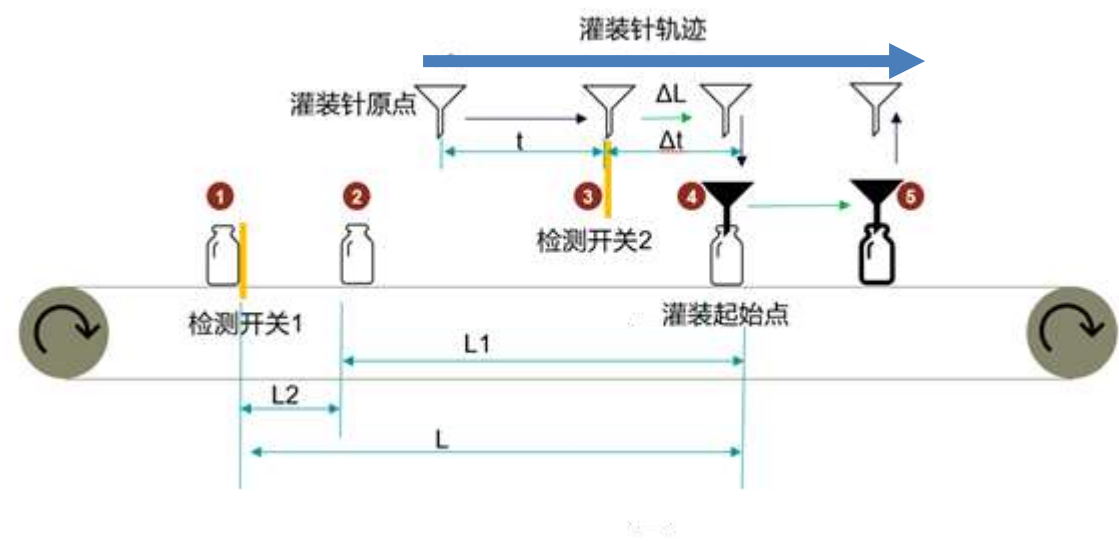


图 2-2 位置距离计算

3 编程设计

3.1 程序架构

简要说明

根据编码器模式和光电开关模式分别形成两个程序，每个程序中都包括测试和执行两部分，

程序块

该程序中主要包括以下控制部分：系统状态，轴的控制，传送带控制，传送带速度测试，灌装头跟随测试，灌装针进给测试，灌装执行。

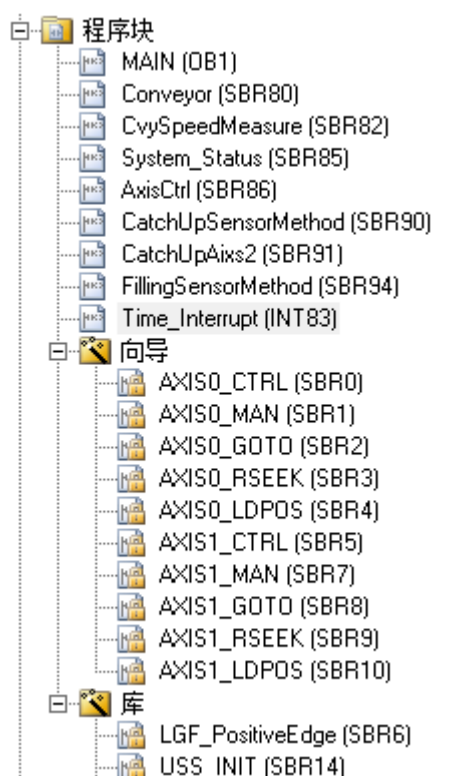


图 3-1 程序块

定时中断调用

传送带速度测试，灌装头跟随测试，灌装针进给测试和灌装执行由定时中断调用。

其他部分由主程序控制。

向导使用

该程序启用了运动向导。

3.2 传送带速度测试库

简要说明

根据编码器模式和光电开关模式分别形成两个程序，每个程序中也都包括测试和执行两部分，

程序块调用

样例中该程序段可由定时中断调用。

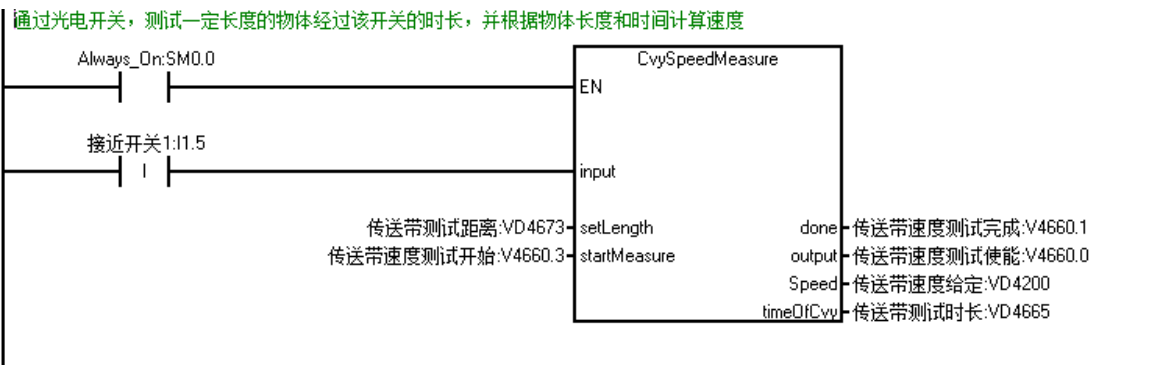


图 3-2 程序块调用

程序块引脚

| 参数 &类型 | | 数据类型 | 描述 |
|--------------|-----|------|---------------------|
| EN | | BOOL | 程序块使能 |
| input | IN | BOOL | 光电开关信号立即读取，取决输入是否取反 |
| setLength | IN | REAL | 被测物体长度，单位 mm |
| startMeasure | IN | BOOL | 开始测量信号 |
| done | OUT | BOOL | 测量完成 |
| output | OUT | BOOL | 传送带使能 |
| speed | OUT | REAL | 计算得出的速度，单位 mm/s |
| timeOfCvy | OUT | DINT | 测试经过的时间，ms |

表 3-1 程序块引脚

使用建议

该方案适用于变频器和 IO 点直接控制的电机。

同样适用于样机搭建阶段和性能测试阶段，获取系统最大性能。

若有变频器控制，可配合 USS 控制提供设定速度。

3.3 跟随测试库

简要说明

该程序库主要可以实现如下功能：通过测试控制机械机构，计算得出当前系统性能及所需的启动条件参数。

程序块调用

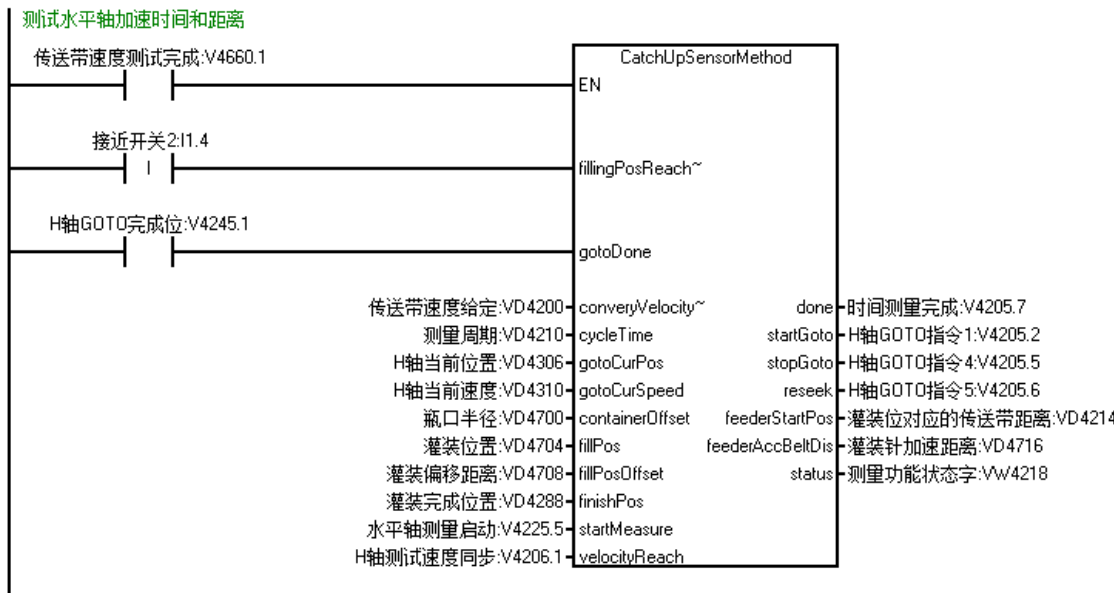


图 3-3 程序块调用

程序块引脚

| 参数 & 类型 | | 数据类型 | 描述 |
|---------------------|----|------|---------------------|
| EN | | BOOL | 程序块使能 |
| fillPosReached | IN | BOOL | 光电开关信号立即读取，取决输入是否取反 |
| gotoDone | IN | BOOL | GOTO 指令完成位 |
| conveyorVelocitySet | IN | REAL | 传送带设定速度，mm/s |
| cycleTime | IN | DINT | 定时中断时基，ms |
| gotoCurPos | IN | REAL | GOTO 指令当前位置反馈 |
| gotoCurSpeed | IN | REAL | GOTO 指令当前速度反馈 |
| containerOffset | IN | REAL | 瓶口半径，ms |
| fillPos | IN | REAL | 从光电开关 1 到灌装点的设定距离 |
| fillPosOffset | IN | REAL | 从光电开关 2 到灌装点的设定距离 |
| finishPos | IN | REAL | 灌装头设定最远运行距离 |

| 参数 & 类型 | | 数据类型 | 描述 |
|------------------|-------|------|---------------------|
| startMeasure | INOUT | BOOL | 测量开始信号 |
| velocityReach | INOUT | BOOL | 速度同步信号 |
| done | OUT | BOOL | 测试完成位 |
| startGoto | OUT | BOOL | 测试阶段灌装头（水平轴）前进使能 |
| stopGoto | OUT | BOOL | 测试阶段灌装头返回使能 |
| reseek | OUT | BOOL | 测试阶段灌装头寻参使能 |
| feederStartPos | OUT | REAL | 计算得出的灌装头启动时传送带运行距离 |
| feederAccBeltDis | OUT | REAL | 计算得出的灌装头加速阶段传送带运行距离 |
| status | OUT | WORD | 状态代码，由外部变量提供 |

表 3-2 程序块引脚

使用建议

1. 在使用该库前，需要预设参数，
 - a) conveyorVelocitySet - 传送带速度，该速度为灌装头跟随的目标速度
 - b) cycleTime - 定时中断时基，应与程序所用的定时中断输入相同，初期测试时可采用较大参数，本样例使用 1ms 定时中断，该参数即为 1
 - c) containerOffset - 瓶口半径，取决于光电开关检测点到容器中间的距离
 - d) fillPos - 由光电开关 1 监测点到预定的开始灌装的位置，即容器在传送带上运行至灌装点的距离，该值可在设备调试过程中优化
 - e) fillPosOffset - 由光电开关 2 监测点到预定的开始灌装的位置，即灌装头在传送带上运行至灌装点的距离，该值可在设备调试过程中优化，若设置为 0，即代表容器到达光电开关 2 时开始灌装。
 - f) finishPos - 灌装头设定最远运行距离，仅在测试时使用，可设置为灌装头最远工作距离
2. 通过该库，可以得出在该预设灌装点下，灌装头应延迟多少距离时启动，可确保灌装头在开始灌装时速度与容器一致，该距离为 feederStartPos。
3. 同时提供 feederAccBeltDis，提供灌装头加速阶段时长对应的灌装容器移动距离，便于设计者更改光电开关 2 的按照位置。
4. 若需要对状态字等进行更改，可参考程序中的静态变量，此处仅做为接口，方便后期扩展。

3.4 进给测试库

简要说明

该程序库主要可以实现如下功能：通过测试控制机械机构，计算得出当前系统性能。
该库计算得出的结果可供用户做后续处理和机械设计。

程序块调用

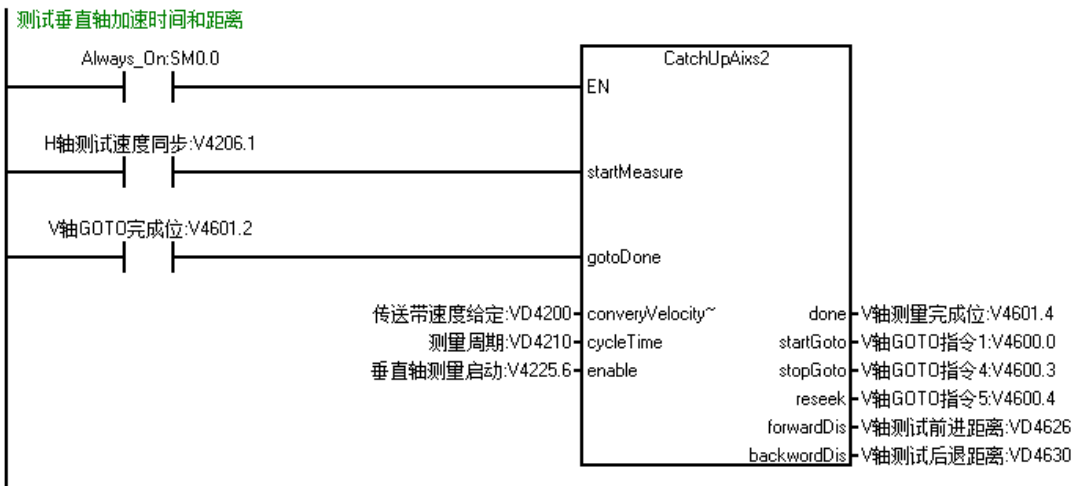


图 3-4 程序块调用

程序块引脚

| 参数 & 类型 | | 数据类型 | 描述 |
|---------------------|-----|------|---------------------|
| EN | | BOOL | 程序块使能 |
| startMeasure | IN | BOOL | 测量开始条件，例如灌装头速度同步时 |
| gotoDone | IN | BOOL | GOTO 指令完成位 |
| conveyorVelocitySet | IN | REAL | 传送带设定速度，mm/s |
| cycleTime | IN | DINT | 定时中断时基，ms |
| enable | IN | REAL | 激活测量 |
| done | OUT | BOOL | 测试完成位 |
| startGoto | OUT | BOOL | 测试阶段灌装针（垂直轴）下降使能 |
| stopGoto | OUT | BOOL | 测试阶段灌装针返回使能 |
| reseek | OUT | BOOL | 测试阶段灌装针寻参使能 |
| forwardDis | OUT | REAL | 计算得出的灌装头启动时传送带运行距离 |
| backwardDis | OUT | REAL | 计算得出的灌装头加速阶段传送带运行距离 |

表 3-3 程序块引脚

3.5 灌装执行库

简要说明

该库控制灌装过程中伺服轴和灌装执行，总共有 7 个输出使能。

程序块调用

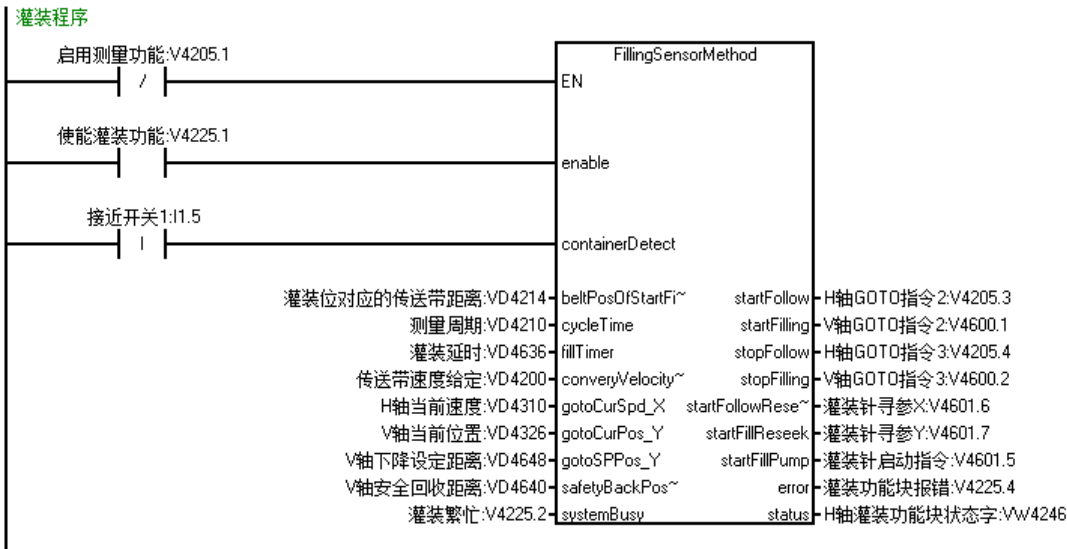


图 3-5 程序块调用

程序块引脚

| 参数 & 类型 | | 数据类型 | 描述 |
|-----------------------|-------|------|---------------------|
| EN | | BOOL | 程序块使能 |
| enable | IN | BOOL | 灌装激活信号 |
| containerDetect | IN | BOOL | 物料检测信号 |
| beltPosOfStartFilling | IN | REAL | 灌装头启动时传送带运行距离，mm |
| cycleTime | IN | DINT | 定时中断时基，ms |
| fillTimer | IN | DINT | 灌装定时，ms |
| converyVelocitySet | IN | REAL | 传送带设定速度，mm/s |
| gotoCurSpd_X | IN | REAL | 灌装头当前速度，mm/s |
| gotoCurPos_Y | IN | REAL | 灌装针当前位置，mm |
| gotoSPPos_Y | IN | REAL | 灌装针设定进给位置，mm |
| safetyBackPos_Y | IN | REAL | 灌装针安全回收位置，灌装头可返回，mm |
| systemBusy | INOUT | BOOL | 系统灌装中 |

| 参数 &类型 | | 数据类型 | 描述 |
|-------------------|-----|------|-----------|
| startFollow | OUT | BOOL | 灌装头开始跟随指令 |
| startFilling | OUT | BOOL | 灌装针开始进给指令 |
| stopFollow | OUT | BOOL | 灌装头返回指令 |
| stopFilling | OUT | BOOL | 灌装针返回指令 |
| startFollowReseek | OUT | BOOL | 灌装头寻参指令 |
| startFillReseek | OUT | BOOL | 灌装针寻参指令 |
| startFillPump | OUT | BOOL | 灌装针供液指令 |
| error | OUT | BOOL | 错误 |
| status | OUT | WORD | 状态代码 |

表 3-4 程序块引脚

使用建议

- 1. 在使用该库前，需要预设参数，
 - a) beltPosOfStartFilling - 由光电开关 1 监测点到预定的开始灌装的位置，即容器在传送带上运行至灌装点的距离，该值可在设备调试过程中优化
 - b) cycleTime - 定时中断时基，应与程序所用的定时中断输入相同，初期测试时可采用较大参数，本样例使用 1ms 定时中断，该参数即为 1
 - c) fillTimer - 灌装时长
 - d) conveyVelocitySet - 传送带速度，该速度为灌装头跟随的目标速度
 - e) gotoSPPos_Y - 设定灌装针进给距离
 - f) safetyBackPos_Y - 安全回收距离，当灌装针在该位置范围内时，可提前控制灌装头返回原点或灌装起始点。
- 2. systemBusy 系统忙碌信号需要由外部复位，用户可选择使用寻参完成指令复位该信号，或者使用返回完成信号复位该信号，提高该库的灵活性。
- 3. 考虑到每个机型的机械设计不同，寻参指令采用与否取决于现场机型，
- 4. 灌装针的错误和状态代码由外部静态变量赋值，此处仅作显示，便于后续开发扩展。

© Siemens AG 2023 All rights reserved

3.6 Axis_Goto 指令

简要说明

该指令控制灌装头和灌装针的运动。

程序块调用

该指令由定时中断调用。

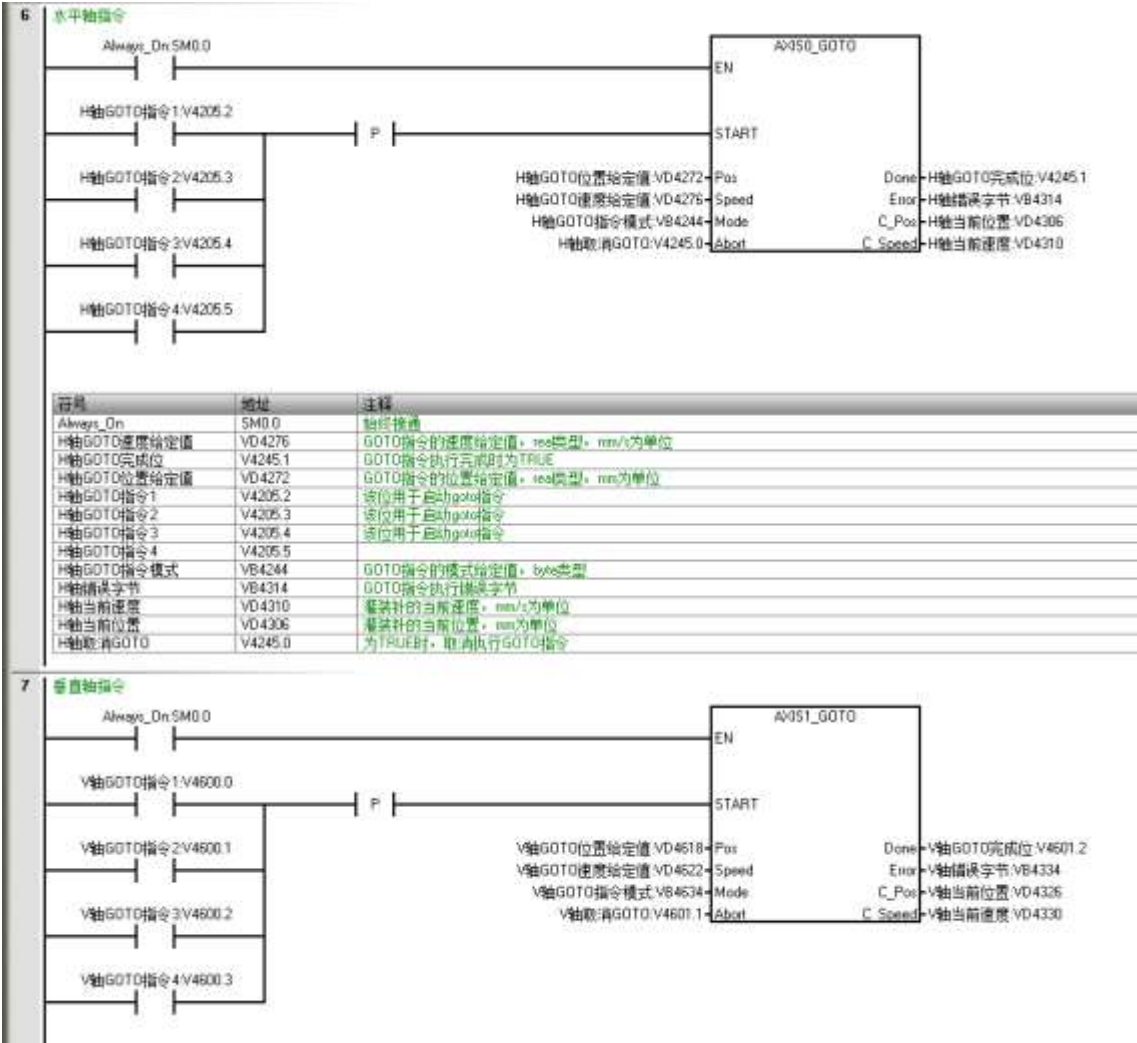


图 3-6 程序块调用

4 应用样例

4.1 画面介绍

系统主页

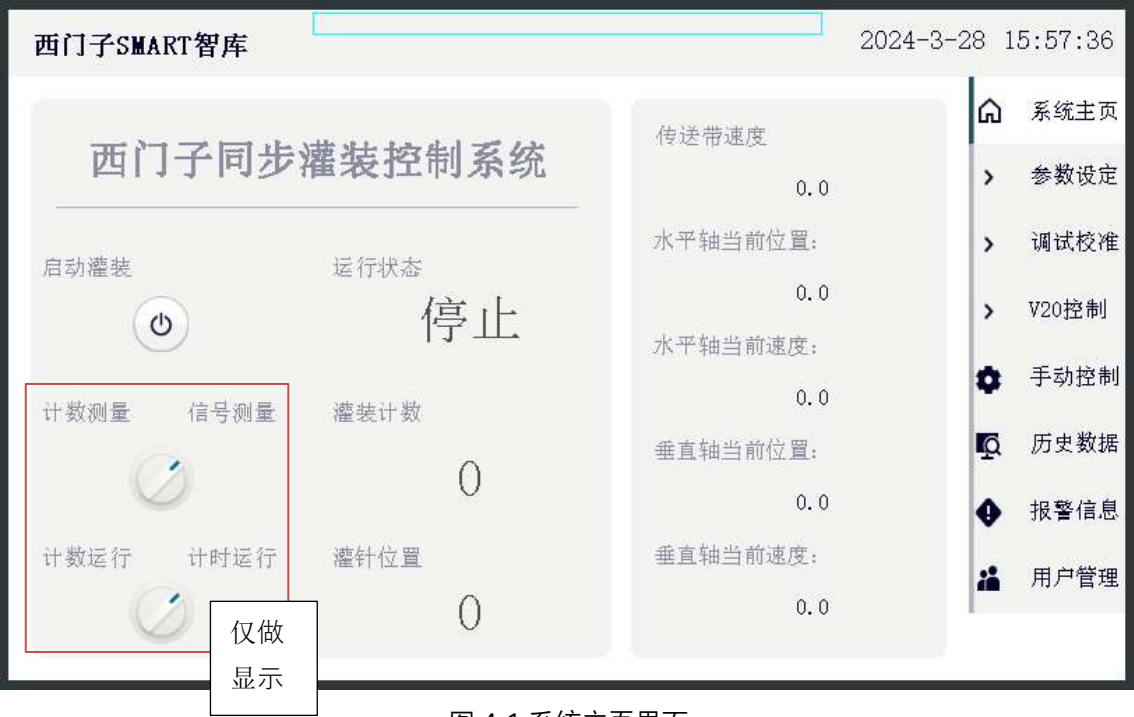


图 4-1 系统主页界面

参数设定



图 4-2 参数设定界面

参数测试



图 4-3 参数测定界面

4.2 样例使用

参数设置

系统中需要的参数都放置在参数设定界面，建议在改动参数后，及时进行系统测量，确认新参数是否适用。或可在程序中编程更新关键数据。

驱动设置

对于该系统中使用的伺服轴的控制，和 V20 变频器控制，可通过手动控制和 V20 控制界面设置。系统启动时应确保伺服轴和 V20 都处于自动模式，且进行必要原点设置。

参数测试

在进行参数测试前，设置光电开关 2 相对灌装点偏移，并开始皮带测试，确保系统中存在有效的传送带设定速度。该测试完成后在该界面进行伺服轴测试。

启动灌装

完成测量后，在系统主页中启动灌装，即可观测灌装效果。
系统测试过程中已禁用回原操作。

4.3 应用样例结果

应用样例结果

该样例实现的跟随精度 $\leq 2\text{mm}$ 。
且可大幅度缩短样机开发时间。

5 应用扩展

5.1 灌装针的升降

本样例的核心在于灌装头的跟随动作，若无需灌装针的进给动作，或者使用简单的数字量信号控制，易可使用本样例中的库进行控制。

本样例的速度控制和位置控制独立于测试库和灌装库之外，便于灵活选择机械装置。

5.2 灌装头数量

程序中使用系统繁忙信号，避免信号的误触发或者信号不稳定。

同时，通过合理采用检测信号，设置不同的灌装组，多头同时灌装。

系统中的测试库可以重复使用，灌装执行库可以通过简单复制，多次调用。

5.3 寻参操作

对于系统刚性好，累计误差小，定期维护的设备，可以考虑寻参操作对设备生产节拍的影响。可以通过设置合理的返回速度和返回目标位置，返回生产原点。

6 更新日志

| 版本& 日期 | 更新描述 |
|-------------------|------|
| V1.0.0 02/2024 | |