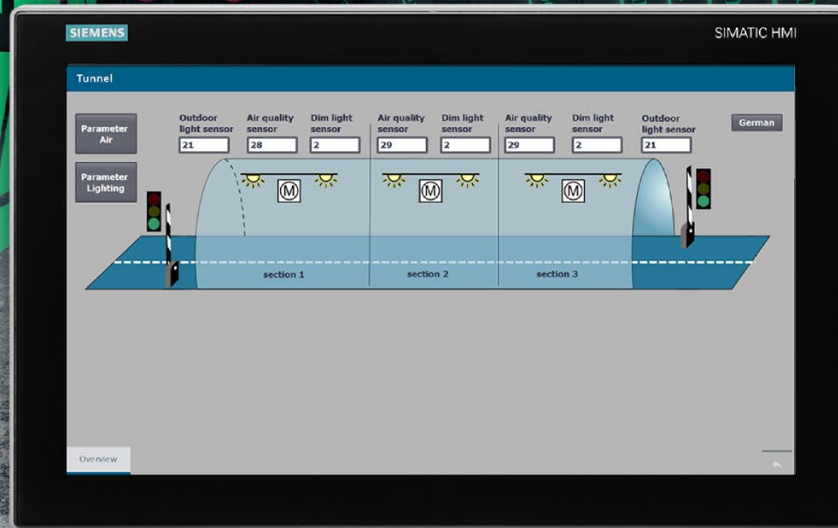


SIEMENS



入门指南

SIMATIC

S7-1500

S7-1500R/H 冗余系统

版本

10/2018

<https://support.industry.siemens.com>

SIEMENS

SIMATIC

S7-1500 S7-1500R/H 冗余系统

入门指南

示例简介

1

组态

2

编程

3

调试

4




更多信息

5

法律资讯

警告提示系统

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提示。人身安全的提示用一个警告三角表示，仅与财产损失有关的提示不带警告三角。警告提示根据危险等级由高到低如下表示。

 危险
表示如果不采取相应的小心措施， 将会 导致死亡或者严重的人身伤害。
 警告
表示如果不采取相应的小心措施， 可能 导致死亡或者严重的人身伤害。
 小心
表示如果不采取相应的小心措施，可能导致轻微的人身伤害。
注意
表示如果不采取相应的小心措施，可能导致财产损失。


当出现多个危险等级的情况下，每次总是使用最高等级的警告提示。如果在某个警告提示中带有警告可能导致人身伤害的警告三角，则可能在该警告提示中另外还附带有可能导致财产损失的警告。

合格的专业人员

本文件所属的产品/系统只允许由符合各项工作要求的**合格人员**进行操作。其操作必须遵照各自附带的文件说明，特别是其中的安全及警告提示。由于具备相关培训及经验，合格人员可以察觉本产品/系统的风险，并避免可能的危险。

按规定使用 Siemens 产品

请注意下列说明：

 警告
Siemens 产品只允许用于目录和相关技术文件中规定的使用情况。如果要使用其他公司的产品和组件，必须得到 Siemens 推荐和允许。正确的运输、储存、组装、装配、安装、调试、操作和维护是产品安全、正常运行的前提。必须保证允许的环境条件。必须注意相关文件中的提示。

商标

所有带有标记符号 © 的都是 Siemens AG 的注册商标。本印刷品中的其他符号可能是一些其他商标。若第三方出于自身目的使用这些商标，将侵害其所有者的权利。

责任免除

我们已对印刷品中所述内容与硬件和软件的一致性作过检查。然而不排除存在偏差的可能性，因此我们不保证印刷品中所述内容与硬件和软件完全一致。印刷品中的数据都按规定经过检测，必要的修正值包含在下一版本中。

目录

1	示例简介	4
1.1	安全信息	5
1.2	示例的结构和任务	6
1.3	操作步骤	10
1.4	要求	11
1.5	隧道段的接线图	13
2	组态	19
2.1	组态各组件	19
2.2	组态 H CPU	22
2.3	组态 ET 200SP	25
2.4	组态 HMI 设备	30
3	编程	35
4	调试	49
5	更多信息	53

示例简介

实际上，使用冗余自动化系统是为了实现更高的可用性。在冗余操作的系统中，个别自动化组件的故障不会妨碍工厂运营。

S7-1500R/H 冗余系统

S7-1500R/H 冗余系统包含 2 个 CPU，即冗余。两个 CPU 将并行处理相同的项目数据和相同的用户程序。两个 CPU 通过冗余连接进行同步。如果一个 CPU 出现故障，另一个 CPU 会接替它对过程进行控制。

需要的基本知识

本入门指南通过一个具体示例，指导用户完成 S7-1500H 冗余系统的组态和编程。要理解本入门指南中的内容，需要具备以下知识：

- 有关自动化技术的基本知识
- 了解自动化系统高可用性的需求。
- 了解工程组态系统 STEP 7 V15.1



警告

可能发生人员受伤或财产损失。

根据相关的应用领域，工厂或系统中的 S7-1500 组件需遵守特定的标准和规定。请遵循适用的安全和事故预防规定，例如 IEC 60204-1（通用机器安全要求）。

本入门指南中的示例介绍了 S7-1500H 冗余系统的组态和编程。但不保证该示例总是能够在各种不同的情况中正常运行。因此在执行该示例前，强烈建议您查阅最新版本的系统手册“SIMATIC S7-1500R/H 冗余系统”和所用模块的设备手册。必须始终注意以上手册中包含的警告和其它信息，即使它们未重复出现在本入门指南中。

如果不遵循这些规定，可能会造成严重的人身伤害并可能损坏机器和设施。

1.1 安全信息

Siemens 为其产品及解决方案提供了工业安全功能，以支持工厂、系统、机器和网络的安全运行。

为了防止工厂、系统、机器和网络受到网络攻击，需要实施并持续维护先进且全面的工业安全保护机制。**Siemens** 的产品和解决方案仅构成此类概念的其中一个要素。

客户负责防止其工厂、系统、机器和网络受到未经授权的访问。只有在必要时并采取适当安全措施（例如，使用防火墙和/或网络分段）的情况下，才能将系统、机器和组件连接到企业网络或 Internet。

此外，需遵循西门子发布的有关安全措施指南。更多关于可执行的工业安全措施的信息，请访问 (<https://www.siemens.com/industrialsecurity>)。

西门子不断对产品和解决方案进行开发和完善以提高安全性。**Siemens** 强烈建议您及时更新产品并始终使用最新产品版本。如果所用的产品版本不再支持，或未更新到最新版本，则会增加客户遭受网络攻击的风险。

要及时了解有关产品更新的信息，请订阅 **Siemens** 工业安全 RSS 源，网址为 (<https://www.siemens.com/industrialsecurity>)。

1.2 示例的结构和任务

隧道中的照明灯和风扇控制的自动化

交通流量的持续增长以及越来越严格的安全要求都需要先进的隧道系统提供保障。与此同时，这些设施对设备的要求也在不断提高，尤其在安全性和可用性至关重要时。

以下示例包含三个子任务：

- 根据隧道内的空气污染等级控制安全通风
- 根据隧道中的空气污染等级控制交通信号灯和障碍物
- 根据隧道外光线的光照强度控制隧道中的照明

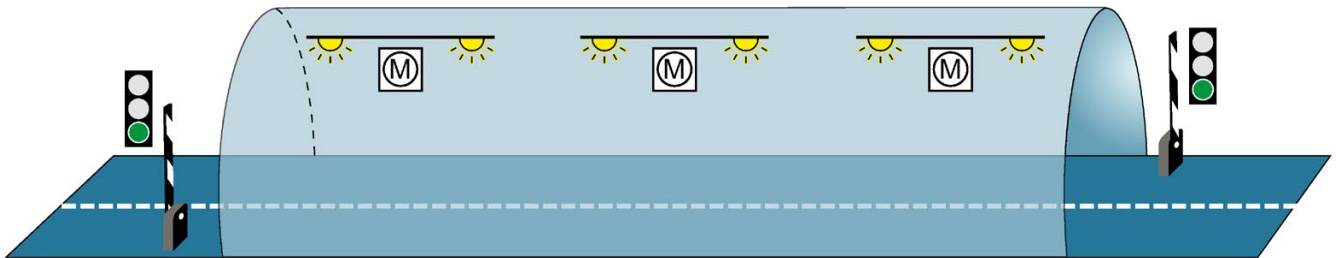


图 1-1 隧道照明灯和风扇控制示例

根据隧道内的空气污染等级控制安全通风

为了排出有害废气并供应新鲜空气，在隧道中安装了风扇。

通风系统需确保不间断操作，从而保持污染物浓度低于设定水平。为此，通风系统需确保始终可用，以从容应对自动化组件故障事件（如，因隧道内起火）。配有两个冗余 H-CPU 的 S7-1500H 冗余系统用于确保风扇可用性。使用三个风扇对隧道进行通风。

根据隧道中的空气污染等级控制交通信号灯和障碍物

隧道入口通过两个交通信号灯控制。出于安全原因，交通信号灯控制也需要更高的可用性。

如果隧道段中的污染物浓度超过最大值达 2 分钟以上，则会封闭隧道。

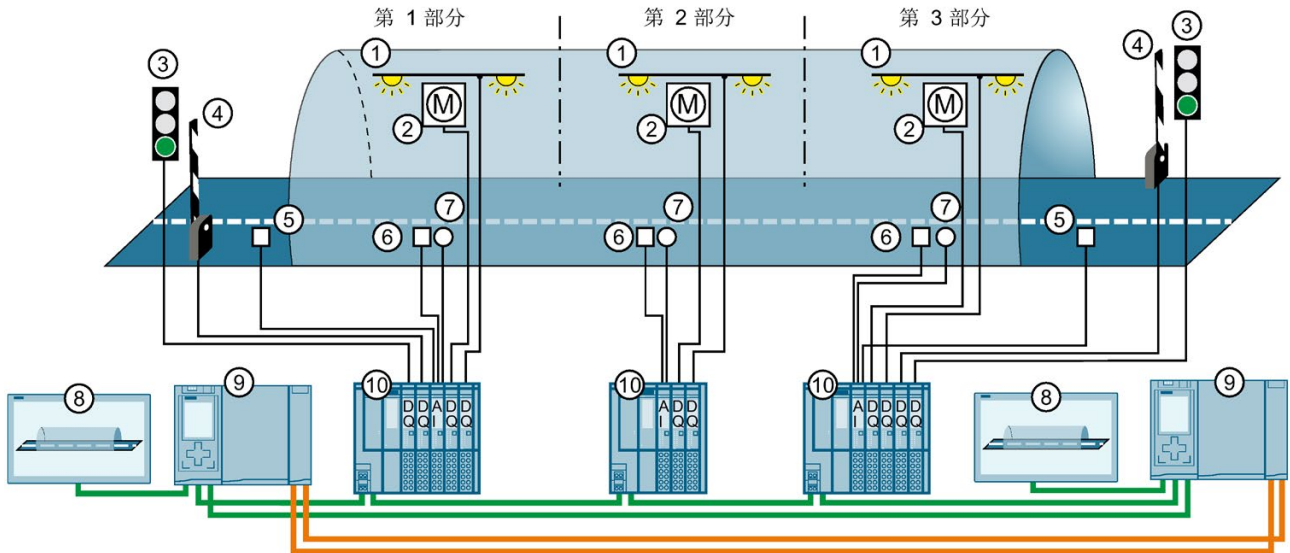
根据隧道外光线的光照强度控制隧道中的照明

隧道入口的光照强度反差通过不同隧道段的隧道照明调节。通过两个光传感器测量隧道外的光照强度。隧道入口照明灯的光照强度被相应控制。

隧道内照明灯根据白天/夜晚时间来控制。

工艺图

以下工艺图显示了自动化解决方案的结构。



- ① 隧道照明灯
- ② 风扇
- ③ 交通信号灯
- ④ 障碍物
- ⑤ 隧道外光传感器
- ⑥ 浊度传感器
- ⑦ 空气质量传感器
- ⑧ HMI 设备
- ⑨ H-CPU
- ⑩ 隧道 1 至 3 段的 IO 设备

图 1-2 工艺图

示例的自动化组件

组态包括：

2 个 S7-1500 H-CPU

- 冗余操作中如果一个 CPU 出现故障，另一个 CPU 会接替它对隧道操作进行控制。

3 个 ET 200SP 用作 PROFINET 环网中的 IO 设备

每个隧道段（1 至 3）配备一个 ET 200SP（IO 设备）分布式 IO 系统。传感器和执行器连接到每个 IO 设备，用于以下任务：

- 污染物浓度的测量，并发挥以下作用：
 - 控制风扇速度和气流
 - 控制交通信号灯和障碍物
- 测量隧道外光线：
 - 控制入口照明灯
- 根据白天/夜间时间控制隧道内照明灯。

2 个精智面板

操作员将精智面板用作监控隧道运行的控制中心。

工作原理

风扇速度控制以及交通信号灯和障碍物控制

每台风扇：

- 具有两种速度（阶段），可根据测得的污染物浓度选择打开或关闭。
- 支持 2 种旋转方向。根据是否测量到污染物，风扇选择是排气模式还是进气模式。

H-CPU 通过模拟量输入模块和空气质量传感器测量隧道中的污染物浓度。

如果污染物浓度超过最大限值，H-CPU 会通过数字量输出模块在 ET 200SP 中响应如下：

- 提高风扇电机的速度
- 两分钟后将交通信号灯切换为红色
- 两分钟后关闭障碍物

如果污染物浓度低于平均限值，H-CPU 会通过数字量输出模块在 ET 200SP 中响应如下：

- 将通风电机切换到停止模式
- 将交通信号灯切换为绿色
- 打开障碍物

控制隧道中的照明

H-CPU 使用模拟量输入模块测量隧道内外的光照强度。根据隧道外照明，数字量输出模块可将隧道入口照明灯的亮度调节为最佳的能见度。数字量输出模块还会根据白天/夜间时间控制隧道内照明灯。

CPU 中的**用户程序**会指定限值，并控制 ET 200SP 的输入和输出模块。

精智面板在 HMI 画面中显示 S7-1500H 冗余系统。如果需要，操作员可以通过 HMI 画面切换到手动操作并更改限值。

S7-1500H 和 S7-1500R 对比

作为 S7-1500H 的替代方案，可以使用 S7-1500R 冗余系统实现此自动化任务。在本例中，使用 S7-1500H 冗余系统，因为它在隧道自动化任务中具有以下优势：

- 性能优于 S7-1500R，具体体现在：
 - 通过光缆建立的单独冗余连接
 - 计算能力强
 - 可以使用更多的 PROFINET 设备
- 两个 H CPU 之间的距离最长 10 km

该解决方案的优势

- 系统的可用性高：如果某个 H-CPU 出现故障或正在维护，则照明和风扇控制可继续运行。不需要封闭隧道。
- 可靠地监视和控制两个 H-CPU 之间长达 10 km 的隧道设施
- 实时监控系统和操作工程师的目标信息
- 信号可直接在隧道中的 ET 200SP 分布式 I/O 系统中记录并输出。无需长距离传输。

1.3 操作步骤

任务

执行以下任务以实现示例：

表格 1-1 隧道自动化的操作步骤

步骤	操作步骤	更多信息
1	在 STEP 7 中进行硬件组态： 使用 2 个 H-CPU、3 个 ET 200SP 站及其 I/O 模块和 2 个精智面板组态系统。	“组态 (页 19)” 部分
2	在 STEP 7 中创建用户程序： <ul style="list-style-type: none"> 在组织块中编写用户程序。 创建 HMI 画面。 	“编程 (页 35)” 部分
3	安装模块并连接各组件： <ul style="list-style-type: none"> 安装全部模块。 连接负载电源、PROFINET 环网中的模块、冗余连接和精智面板。 	《冗余系统 S7-1500R/H (https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/109754833)》系统手册 《ET 200SP 分布式 I/O 系统 (https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/58649293)》系统手册 “隧道段的接线图 (页 13)”一章
4	调试示例： <ul style="list-style-type: none"> 在 H-CPU 中插入 SIMATIC 存储卡。 接通负载电流和 CPU。 调试时在组态中为 CPU 分配冗余 ID。 将用户程序（硬件配置和用户程序）加载到 CPU。 检查 LED 并评估 CPU 显示屏上的信息。 测试该示例的工作原理。 	“调试 (页 49)”一章

1.4 要求

示例要求

以下硬件和软件可用于执行该示例：

表格 1-2 硬件/软件要求

硬件/软件	模块/版本
2 H-CPU，带有同步模块和 SIMATIC 存储卡	<ul style="list-style-type: none"> • 2 个相同的 1517H-3 PN CPU，订货号、功能版本和固件版本完全相同 • 4 个同步模块，适用于长达 10 km 的光纤电缆 (6ES7960-1FB00-0AA5) • 2 个 SIMATIC 存储卡，容量为 256 Mb (6ES7954-8LL02-0AA0)
3 个 ET 200SP 分布式 I/O 系统	<p>隧道第 1 段和第 3 段的 2 个 ET 200SP，其中分别包含：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 个接口模块 IM 155-6 PN HF (6ES7155-6AU01-0CN0)，固件版本 V4.2 或更高版本（系统冗余 S2） • 4 个数字量输出模块： <ul style="list-style-type: none"> – 2 个 DQ 4x24VDC/2A ST，分别带有一个浅色 BaseUnit，BU 型号 A0：BU15-P16+A0+2D – 1 个 DQ 4x24VDC/2A ST，带有一个深色 BaseUnit，BU 型号 A0：BU15-P16+A0+2B – 1 个 DQ 4x24..230VAC/2A HF，带有一个浅色 BaseUnit，BU 型号 U0：BU20-P16+A0+2D • 1 个模拟量输入模块： <ul style="list-style-type: none"> – AI 4xU/I 2 线制 ST，带有一个深色 BaseUnit，BU 型号 A0：BU15-P16+A0+2B • 1 个服务模块 <p>隧道第 2 段的 1 个 ET 200SP，包含：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 个接口模块 IM 155-6 PN HF (6ES7155-6AU01-0CN0)，固件版本 V4.2 或更高版本（系统冗余 S2） • 2 个数字量输出模块： <ul style="list-style-type: none"> – 1 个 DQ 4x24VDC/2A ST，带有一个浅色 BaseUnit，BU 型号 A0：BU15-P16+A0+2D – 1 个 DQ 4x24..230VAC/2A HF，带有一个浅色 BaseUnit，BU 型号 U0：BU20-P16+A0+2D • 1 个模拟量输入模块： <ul style="list-style-type: none"> – AI 4xU/I 2 线制 ST，带有一个深色 BaseUnit，BU 型号 A0：BU15-P16+A0+2B • 1 个服务模块

1.5 隧道段的接线图

硬件/软件	模块/版本
2 个 HMI 设备	TP1900 Comfort
2 个用于 S7-1500R/H 的负载电流	PM 190 W 120/230 V AC
3 个用于 ET 200SP 的负载电流	24 V DC 输出电压的负载电流（具有安全电气隔离）
附件	1 根安装导轨，2 根光纤电缆，PROFINET 电缆
具有工程组态系统的 PC/PG	带以太网接口的 PG/PC 和以下正确安装的软件安装包： <ul style="list-style-type: none"> • SIMATIC STEP 7 Professional V15.1 或更高版本
PG/PC 连接的交换机	SCALANCE X-204IRT

附加要求

PG/PC 通过 PROFINET 接口连接到交换机。调试期间，需要在 PROFINET 环网中添加交换机。

安装模块并连接各组件

可以在组态和编写用户程序前后设置和连接硬件。

有关 ET 200SP 的安装和接线的更多信息，请参见《ET 200SP 分布式 I/O 系统 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/58649293>)》系统手册。

有关隧道段中 ET 200SP 的接线图，请参见“隧道段的接线图 (页 13)”一章。

有关 S7-1500R/H 冗余系统安装和接线的步骤，请参见《S7-1500R/H 冗余系统 (<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/109754833>)》系统手册。

约定

以下部分将详细介绍 S7-1500H 冗余系统的组态和编程的特定步骤和设置。将简要概述与组态和编程 SIMATIC S7-1500 类似的步骤。

1.5 隧道段的接线图

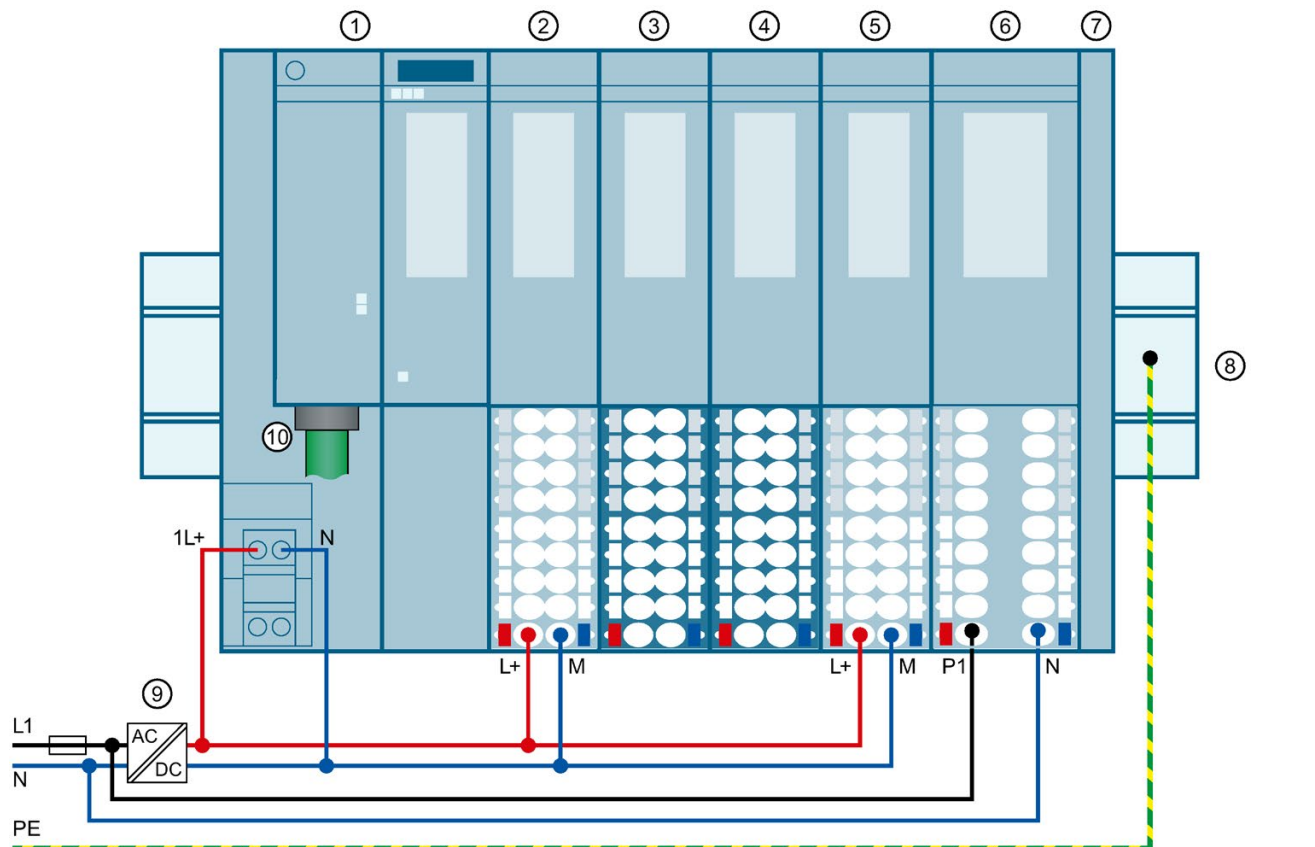
简介

下图显示了隧道段 1 或 3 内 ET 200SP 分布式 I/O 系统的 I/O 模块的布线。

对隧道第 2 段进行布线时，不对交通信号灯控制和障碍物控制的数字量输出模块进行布线，也不对模拟量输入模块上的隧道外光传感器进行布线。

连接电源电压、PROFINET 电缆并接地

下图显示了 ET 200SP 的电源电压、PROFINET 电缆和接地的布线。



- ① 接口模块 IM 155-6 PN HF (6ES7155-6AU01-0CN0 固件版本 V4.2 及更高版本)
- ② 交通信号灯控件: DQ 4x24VDC/2A ST 数字量输出模块, 带有一个浅色 BaseUnit BU15-P16+A0+2D (BU 型号 A0)
- ③ 障碍物控件: DQ 4x24VDC/2A ST 数字量输出模块, 带有一个深色 BaseUnit BU15-P16+A0+2B (BU 型号 A0)
- ④ 测量光照强度和空气污染等级: 4xU/I 2-wire ST 模拟量输入模块, 带有一个深色 BaseUnit BU15-P16+A0+2B (BU 型号 A0)
- ⑤ 风扇控制系统: DQ 4x24VDC/2A ST 数字量输出模块, 带有一个浅色 BaseUnit BU15-P16+A0+2D (BU 型号 A0)
- ⑥ 照明控制系统: DQ 4x24..230VAC/2A HF 数字量输出模块, 带有一个浅色 BaseUnit BU20-P16+A0+2D (BU 型号 U0)
- ⑦ 服务模块
- ⑧ 安装导轨在 PE 处接地
- ⑨ 24 V DC 输出电压的负载电流 (具有安全电气隔离)
- ⑩ 用于 PROFINET 环网的 PROFINET 电缆

图 1-3 接线图

连接交通信号灯控件

下图显示了 DQ 4x24VDC/2A ST 数字量输出模块 ② 上的交通信号灯布线。

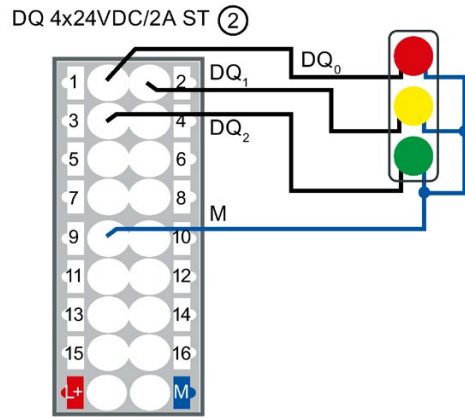


图 1-4 交通信号灯的布线

连接障碍物控件

下图显示了 DQ 4x24VDC/2A ST 数字量输出模块 ③ 上的障碍物控件布线。障碍物通过三相电机控制开关。三相电机的旋转方向由一个可逆接触器控制：

- 打开障碍物 → 接触器 K1 启动
- 关闭障碍物 → 接触器 K2 启动

如果障碍物已达到各自的最终位置，会通过限位开关自动关闭。

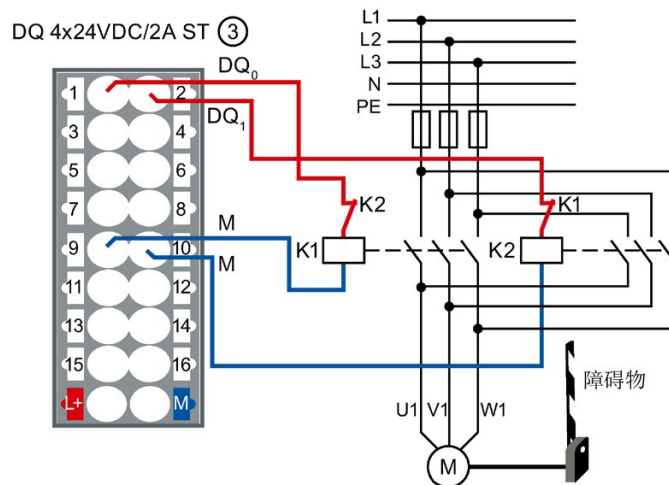


图 1-5 障碍物控件的布线

连接测量光照强度和空气污染等级的传感器

下图显示了 AI 4xU/I 2 线制 ST 模拟量输入模块 ④ 上用于测量光照强度和空气污染等级的传感器的布线。

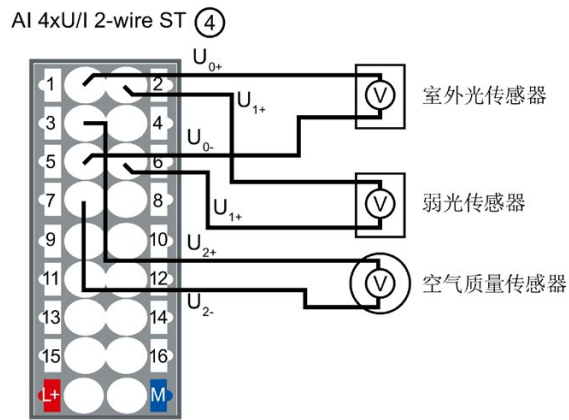


图 1-6 测量光照强度和空气污染等级的传感器的布线

连接照明控制功能

下图显示了 DQ 4x24VDC/2A ST 数字量输出模块 ⑤ 上的风扇控件布线。
 风扇的旋转方向（右/左）由一个可逆接触器控制：

- 风扇顺时针旋转 → 接触器 K1 启动
- 风扇逆时针旋转 → 接触器 K2 启动

风扇速度（高/低）通过达兰德电路控制：

- 风扇低速 → 接触器 K5 启动
- 风扇高速 → 接触器 K3 和 K4 启动

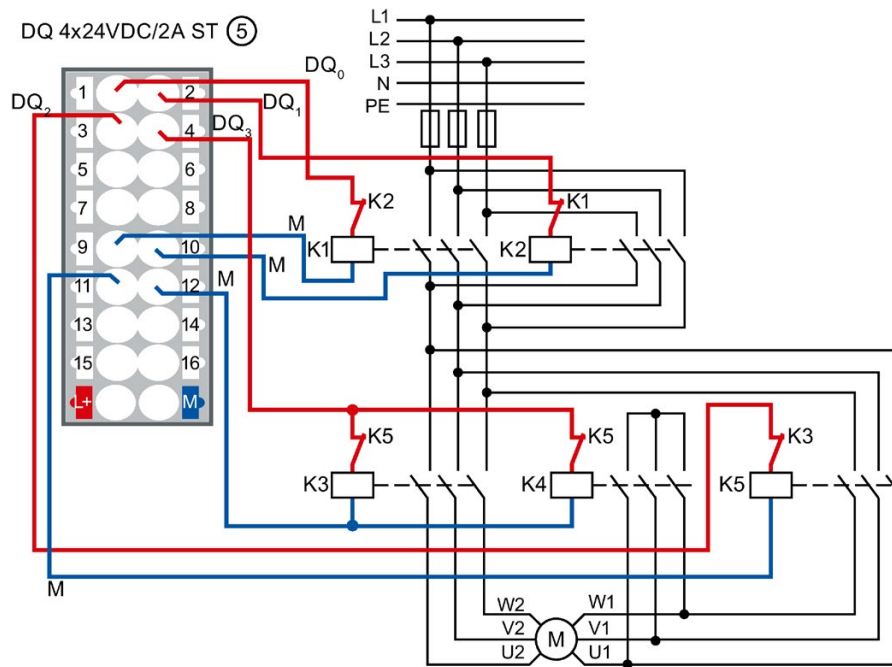


图 1-7 风扇控件的接线

连接照明控制功能

下图显示了 DQ 4x24..230VAC/2A HF 数字量输出模块 ⑥ 上的照明灯控件布线。通过数字量输出模式的相位控制 - 相位比例功能使灯变暗：

- L1 → 入口照明灯
- L2 → 内部照明灯

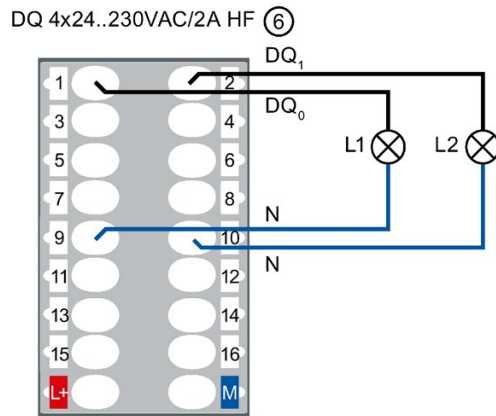


图 1-8 交通信号灯的布线

组态

2.1 组态各组件

简介

创建一个新项目，然后添加 CPU 1517H-3 PN 和 3 个 ET 200SP 分布式 I/O 系统。将组件连接到 PROFINET 环网。

将 2 个 HMI 设备 TP1900 Comfort 添加到组件中。

未组态 PM 190 W 120/230 V 交流负载电流。

要求

已设置 PG/PC 的 IP 地址，示例中为 192.168.0.50。

创建项目并分配硬件

1. 在 STEP 7 中创建新项目。将项目命名为“S7-1500H_GS”。



图 2-1 创建新项目

2. 选择“组态设备”(Configure a device)，然后选择“组态网络”(Configure networks)。网络视图随即打开。
3. 从网络视图的硬件目录中选择 CPU 1517H-3 PN。

4. 将 CPU 拖放到网络视图的任务窗口中。

结果:

- STEP 7 会自动创建冗余系统的两个 1517H-3 PN CPU。
- STEP 7 将自动为两个 CPU 的 PROFINET 接口 X1 分配 MRP 角色“管理员（自动）”(Manager (auto))。
- 这两个 CPU 将以图形方式显示在 STEP 7 的网络视图中。

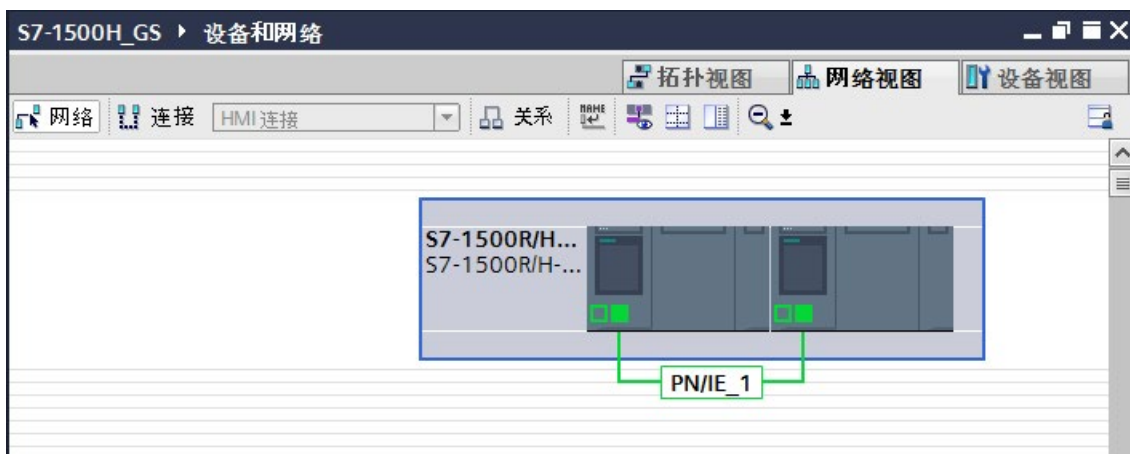


图 2-2 网络视图中的 CPU

5. 从硬件目录中选择 ET 200SP 接口模块 IM 155-6 PN HF（订货号 6ES7155-6AU01-0CN0）。
6. 将此接口模块拖放到网络视图的任务窗口中。
7. 将 2 个 IM 155-6 PN HF 接口模块拖放到网络视图的任务窗口中。
8. 从硬件目录中选择 SIMATIC 精智面板 TP1900 Comfort 作为 HMI 设备。
建议: 使用 HMI 设备向导 (页 30) 组态 HMI 设备。
9. 将 TP1900 Comfort 拖放到网络视图的任务窗口中。
10. 将另一个 TP1900 Comfort 拖放到网络视图的任务窗口中。

结果: 已创建项目。已插入硬件组件。已自动分配设备的 PROFINET 接口的 IP 地址。

按系统冗余 S2 分配 ET 200SP

要按照系统冗余的方式将 ET 200SP 分布式 I/O 系统分配到 S7-1500H，需要将各 IM 155-6 PN HF 接口模块连接到各 CPU。

为此，请执行以下步骤：

1. 在 IM 155-6 PN HF 的 PROFINET 接口与左侧 CPU 的 PROFINET 接口 X1 之间拖放一条连线。
2. 在 IM 155-6 PN HF 的 PROFINET 接口与右侧 CPU 的 PROFINET 接口 X1 之间拖放一条连线。
3. 以同样的方法将另外两个 IM 155-6 PN HF 设备分配给两个 CPU。

结果：分布式 I/O 系统 ET 200SP 按系统冗余的方式连接到 S7-1500H。

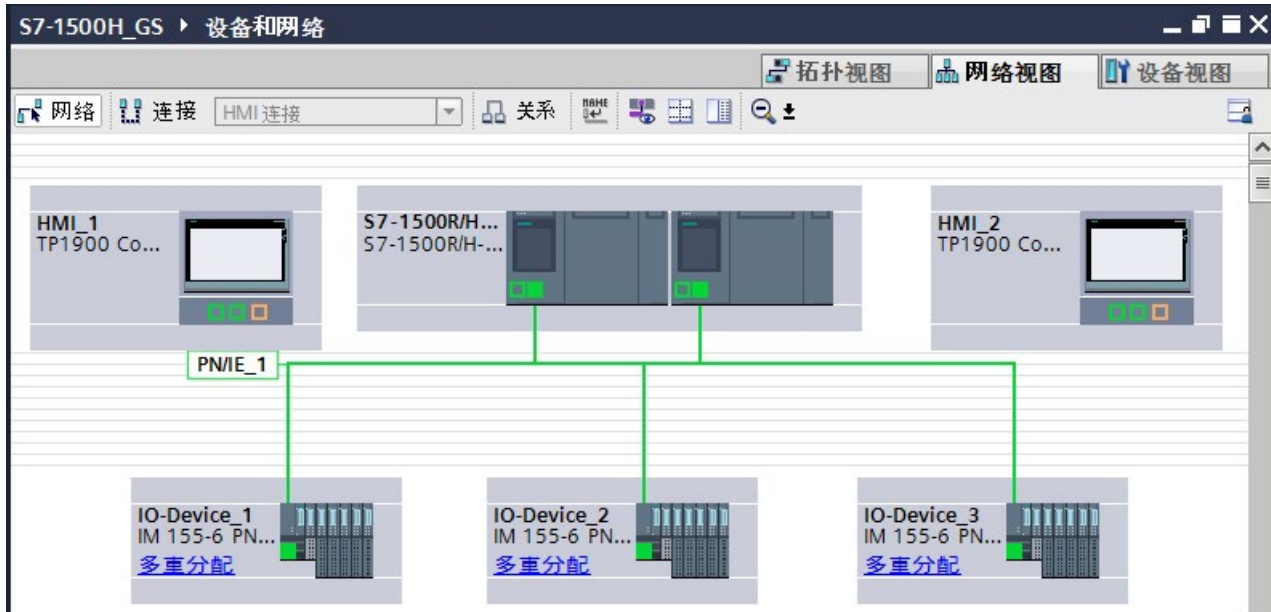


图 2-3 ET 200SP 按系统冗余的方式连接到 S7-1500H

2.2 组态 H CPU

简介

通过两根光纤电缆在两个 H-CPU 之间建立冗余连接，共使用四个同步模块（每个 H-CPU 使用两个）。可以在 STEP 7 中更换同步模块（适用于长达 10 km 的光纤电缆）。

STEP 7 会自动为 CPU 的每个 PROFINET 接口分配一个 IP 地址。用户也可手动分配 IP 地址。对于各 CPU 的 PROFINET 接口 X1，IP 地址必须位于同一个子网中。在本示例中，使用预设的 IP 地址。

STEP 7 会指定默认的最小和最大循环时间值。选择最小扫描循环时间时，应确保循环程序的执行频率不要高于过程要求的频率。

将同步模块分配给 H-CPU

在 STEP 7 中，将长度为 10 m 的电缆的同步模块分配给 H-CPU（默认设置）。

对于隧道应用，为 H-CPU 分配最长 10 km (6ES7960-1FB00-0AA5) 的电缆的同步模块，如下所示：

1. 切换到 H-CPU 的设备视图。
2. 从硬件目录中，将订货号为 6ES7960-1FB00-0AA5 的同步模块拖放到 H-CPU 的同步模块接口。

3. 将打开“更换设备 - 同步模块”(Replace device- Synchronization module) 对话框。单击“确定”(OK) 确认更换。

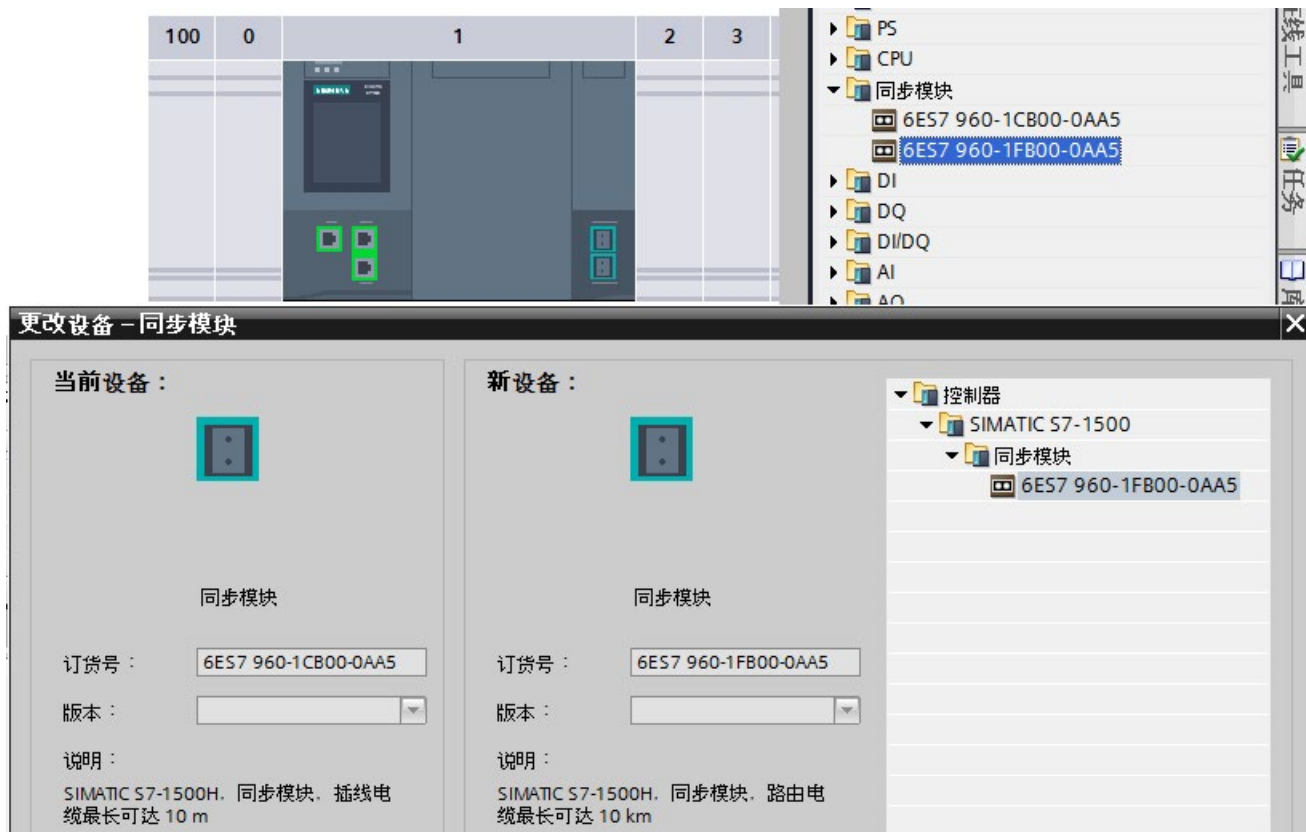


图 2-4 将同步模块分配给 H-CPU

结果：长达 10 km 的电缆的四个同步模块已分配到系统冗余的 H-CPU。

设置循环监视时间

默认值将显示在 CPU 属性的“循环”(Cycle) 区域中。

1. 例如，将最大循环时间设置为 6000 ms，将最小循环时间设置为 10 ms。
2. 采用其它参数的预设。

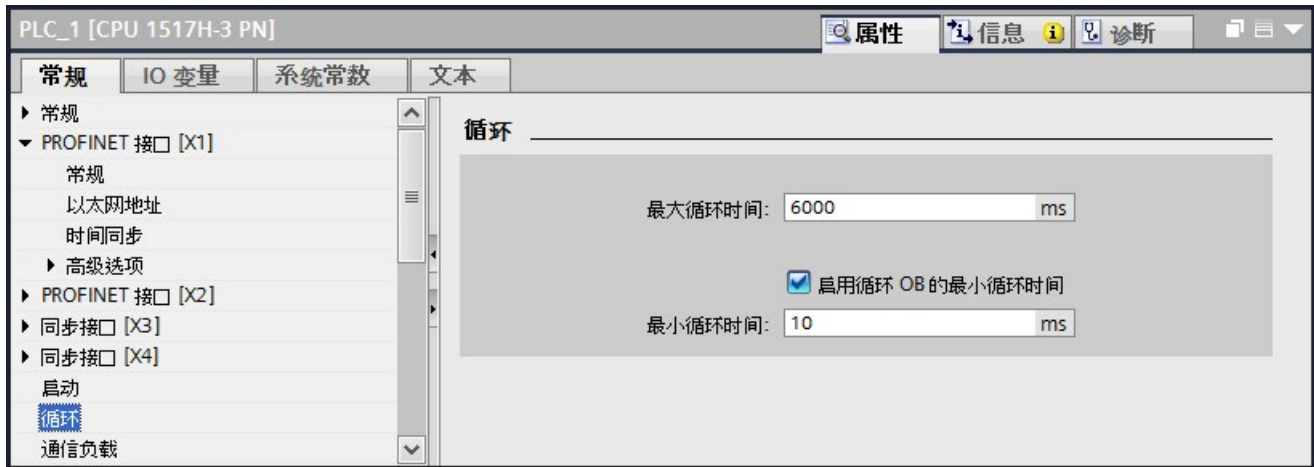


图 2-5 设置循环监视时间

结果：当更改 CPU 的上述参数时，这些参数会在 STEP 7 中自动用于冗余系统的另一个 CPU。

2.3 组态 ET 200SP

简介

在 S7-1500H 冗余系统中，设备通过 MRP 在 PROFINET 环网中进行通信。

定义设备的介质冗余角色。

将三个隧道段中各种自动化任务的 I/O 模块分配给三个 ET 200SP 分布式 I/O 系统。

为每个 ET 200SP 设置看门狗时间。如果设置的看门狗时间较长，则可以避免 IO 设备在 PROFINET 环网中断时发生故障。

定义 PROFINET 环网中 ET 200SP 的 MRP 角色

要将环网中 ET 200SP 分布式 I/O 系统的介质冗余角色定义为设备，请按以下步骤操作：

1. 在 STEP 7 的网络视图中，在两个 CPU 中选择一个 CPU 上的 PROFINET 接口 X1。
2. 在巡视窗口中，浏览到“属性 > 常规 > 高级选项 > 介质冗余”(Properties > General > Advanced options > Media redundancy)。

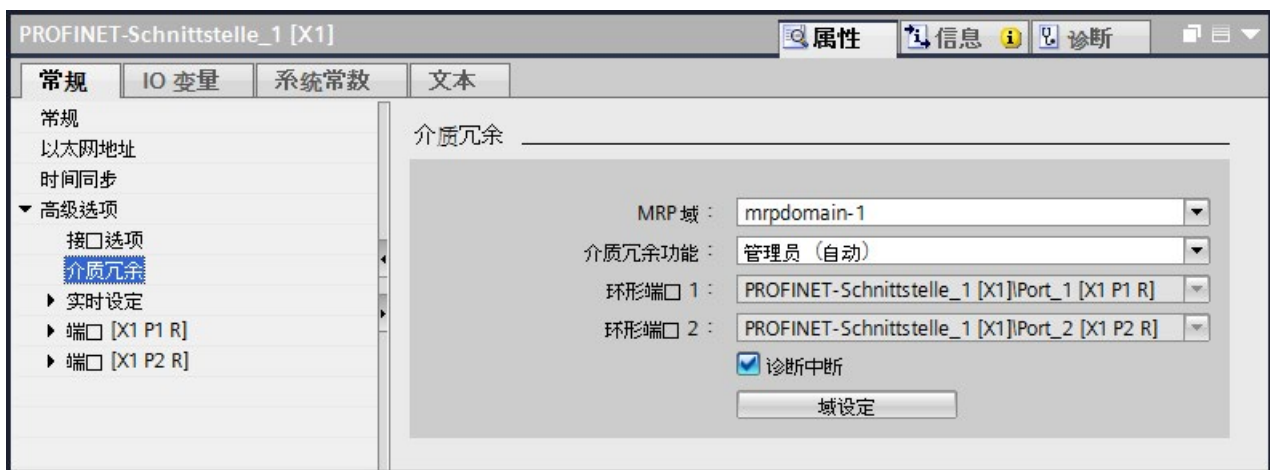


图 2-6 介质冗余域设置

3. 单击“域设置”(Domain settings) 按钮。

4. 在巡视窗口中，STEP 7 将显示该 CPU 中 PROFINET 接口 X1 所在 MRP 域的特性。CPU 在冗余系统中的角色为“管理员（自动）”(Manager (auto))。
5. 在“设备”(Devices) 表的“MRP 角色”(MRP role) 列中，为其它所有设备分配 MRP 角色“客户端”(Client)。



图 2-7 为 ET 200SP 分配 MRP 角色

将 I/O 模块分配到 ET 200SP 并设置参数

1. 切换到 IM 155-6 PN HF 的设备视图。
2. 在“常规”(General) 区域的接口模块属性中，指定“Section1”为隧道段 1 的名称。

3. 从硬件目录中连续选择以下模块。将模块从插槽 1 到 6 分配给接口模块：
- DQ 4x24VDC/2A ST（用于信号灯）
 - DQ 4x24VDC/2A ST（用于障碍物）
 - AI 4xU/I 2 线制 ST（用于隧道外照明、隧道内照明和空气质量传感器）
 - DQ 4x24VDC/2A ST（用于风扇）
 - DQ 4x24..230VAC/2A HF（用于隧道照明）
 - 1 个服务模块（作为组态终端）

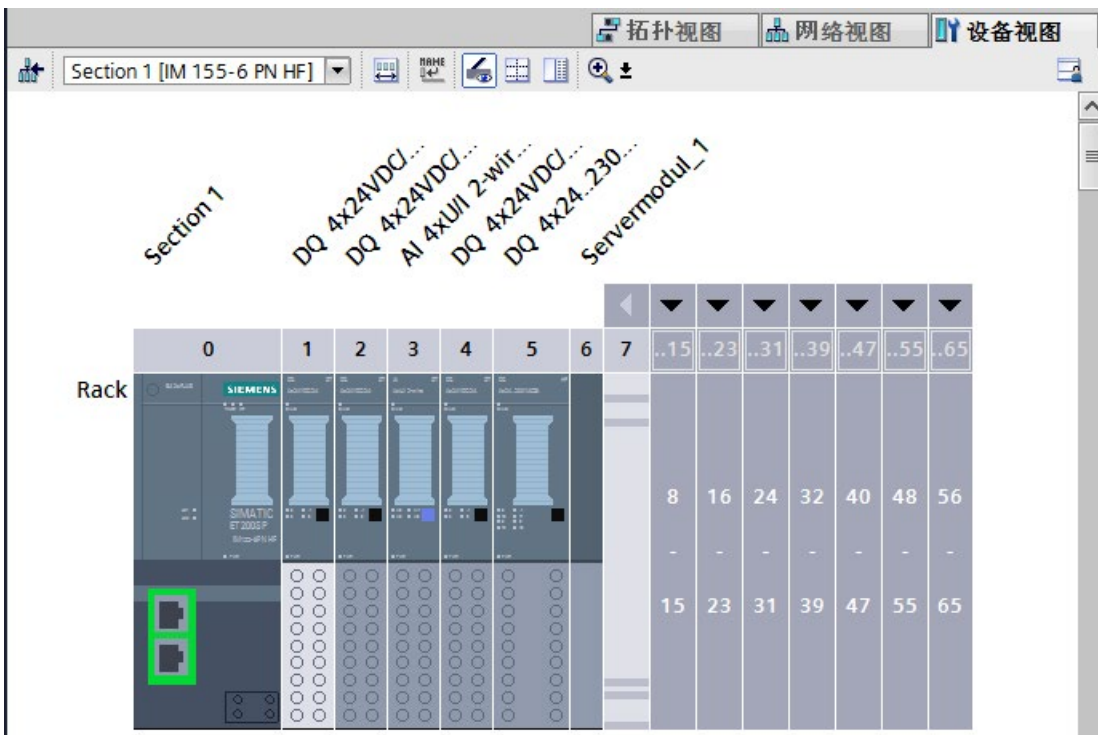


图 2-8 分配 ET 200SP I/O 模块

4. 双击组态中的第 3 个模块 DQ 4x24VDC/2A ST（用于风扇）。
5. 在模块属性“常规 > 电位组”(General > Potential group) 中，选择“启用新的电位组（浅色 BaseUnit）”(Enable new potential group (light-colored BaseUnit))。
6. 双击模块 DQ 4x24..230VAC/2A HF（用于隧道照明）
7. 在模块属性“常规 > 电位组”(General > Potential group) 中，选择“启用新的电位组（浅色 BaseUnit）”(Enable new potential group (light-colored BaseUnit))。
8. 双击模块 AI 4xU/I 2 线制 ST。

9. 在任何情况下，将模块属性中通道 0 到 2 的“输入”(Inputs) 下的测量类型设置为“电压”(Voltage)，测量范围设置为“0..10 V”。



图 2-9 设置测量类型和测量范围

10. 将通道 3 的测量类型设置为“已禁用”(Disabled)。
11. 对于模块 DQ 4x24..230VAC/2A HF，保留默认值，尤其是“相位控制 - 相位比例”模式。
12. 对于隧道段 3，按照步骤 1 至 11 进行操作。对于隧道段 2，不需要两个用于障碍物和交通信号灯控制的数字量输出模块 DQ 4x24VDC/2A ST。

结果：ET 200SP I/O 模块已完成组态可用于隧道应用。

设置看门狗时间

不要直接输入看门狗时间，而是通过“当 IO 数据丢失时可接受的更新周期次数”(Accepted number of update cycles when IO data is missing) 进行设置。最终的看门狗时间由“当 IO 数据丢失时可接受的更新周期次数”(Accepted number of update cycles when IO data is missing) 自动计算而得。

1. 选择接口模块 IM 155-6 PN HF。
2. 导航至“属性 > 高级选项 > 实时设置 > IO 循环 > 看门狗监控”(Properties > Advanced options > Real time settings > IO cycle > Watchdog monitoring)。

3. 将示例的更新周期设置为 112 (224 ms)。

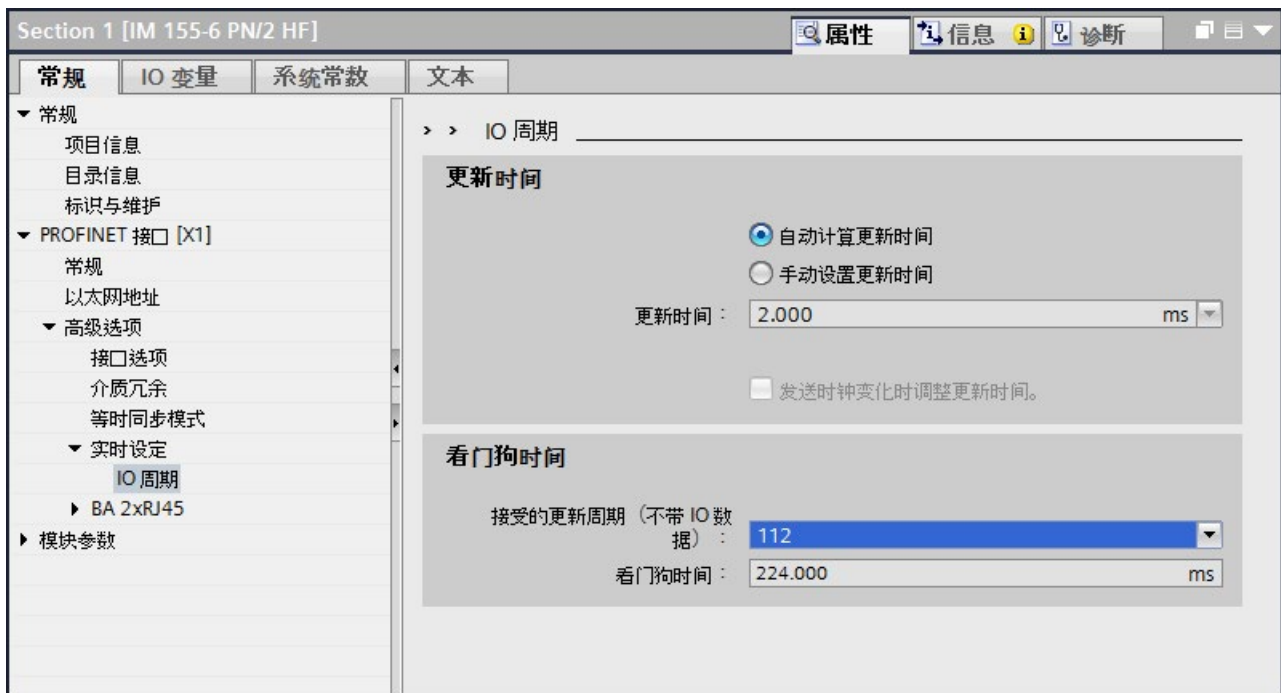


图 2-10 设置看门狗时间

4. 按照步骤 1. 至 3., 对另外两个接口模块 IM 155-6 PNHF (第 2 段和第 3 段) 进行设置。

2.4 组态 HMI 设备

简介

为两个 HMI 设备分配名称。

将 HMI 设备连接到冗余系统，如下所示：

- 在每种情况下，使用 H-CPU 将 HMI 设备联网。
- 组态两个 HMI 连接。
- 分配 H-CPU 的 PROFINET 接口的系统 IP 地址，或
- 使用两个 H-CPU 的相应 PROFINET 接口的设备 IP 地址

HMI 设备向导

建议：使用 HMI 设备向导组态 HMI 设备。HMI 设备向导将通过对话框指导，逐步完成 HMI 设备设置。

通过设备向导在项目中创建新的 HMI 设备时，HMI 设备向导将自行启动。

通过设备 IP 地址建立连接：

通过设备 IP 地址建立连接时，HMI 设备始终与连接的 CPU 进行通信。通信与系统状态无关。连接的 CPU 随后将与其它 CPU 同步数据。

要求：每个 HMI 设备通过单独的子网连接到 CPU。

在该示例中，TP1900 Comfort 在每种情况下通过 PROFINET 接口的设备 IP 地址与直接连接的 CPU 进行通信。

为 HMI 设备分配名称

1. 从网络视图中选择左侧 TP1900 Comfort。
2. 切换到设备视图。
3. 在“常规”(General) 区域的属性中，分配名称“HMI 左侧”。
4. 为 CPU 右侧的 TP1900 Comfort 分配名称“HMI 右侧”。

建立 HMI 连接

将 HMI 设备通过单独的 PROFINET 子网连接到 CPU。

1. 在“HMI 左侧”的 PROFINET 接口 X1 与左侧 CPU 的 PROFINET 接口 X2 之间拖放一条连线。
2. 在“HMI 右侧”的 PROFINET 接口 X1 与右侧 CPU 的 PROFINET 接口 X2 之间拖放一条连线。

结果：HMI 设备已与 CPU 联网。

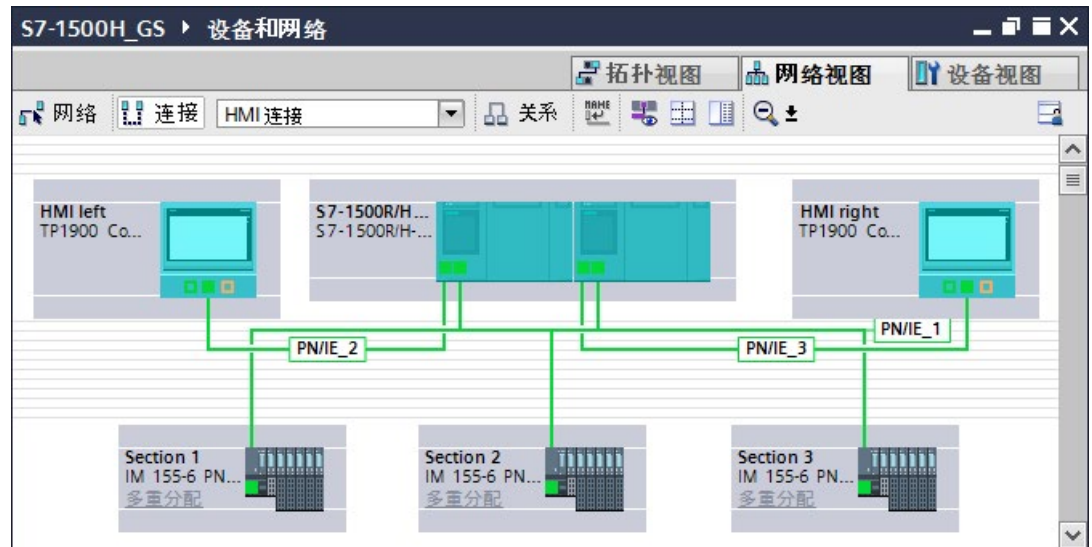


图 2-11 与 CPU 联网的 HMI 设备

3. 在网络视图中，单击“连接”(Connections)。该操作将激活连接模式。

- 在“HMI 左侧”联网的 PROFINET 接口与左侧 CPU 之间拖放一条连线。“连接伙伴”(Connection partners) 列表随即打开。

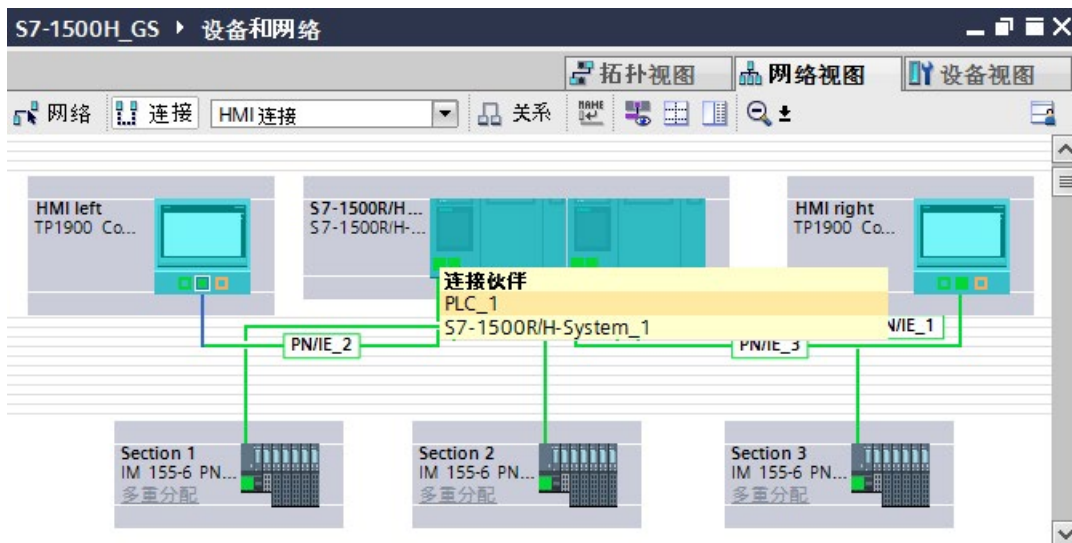


图 2-12 分配 HMI connection_1 连接伙伴

- 在“连接伙伴”(Connection partners) 列表中，选择 CPU“PLC_1”。
- 在“HMI 右侧”联网的 PROFINET 接口与右侧 CPU 之间拖放一条连线。“连接伙伴”(Connection partners) 列表随即打开。
- 在“连接伙伴”(Connection partners) 列表中，选择 CPU“PLC_2”。

结果：已设置从 HMI 设备 TP1900 Comfort 到 CPU 的 HMI 连接。

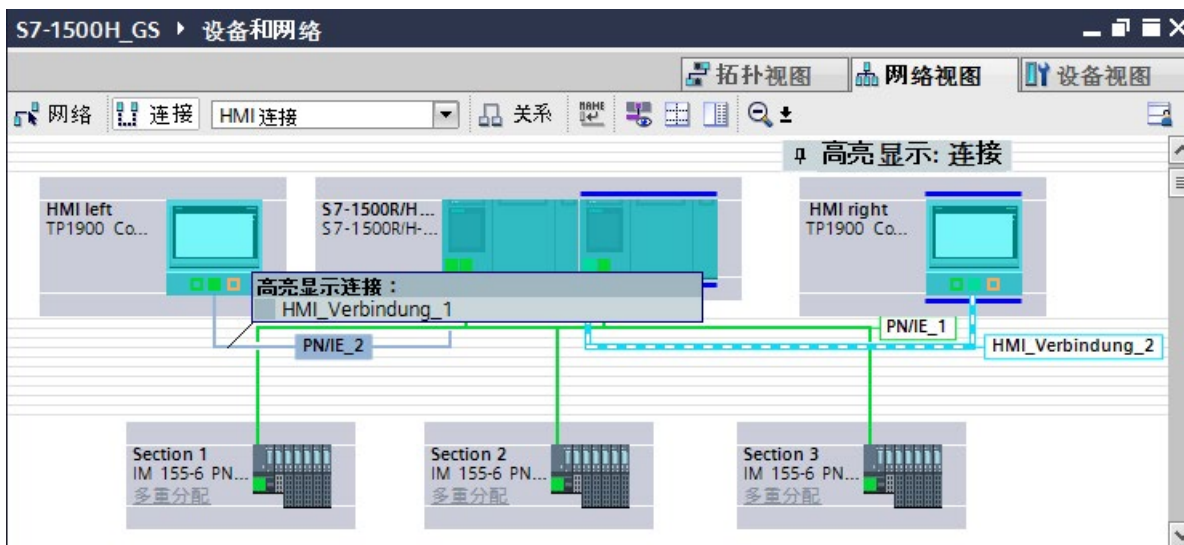


图 2-13 HMI 连接设置

设置 HMI 连接的设备 IP 地址

更改 HMI 设备的 PROFINET 接口的 IP 地址以及 PROFINET 子网 2 和 3 (PN/IE_2/3) 的 CPU。

1. 在网络视图选择设备对应的 PROFINET 接口。
2. 在“以太网地址”(Ethernet addresses) 区域将 IP 地址更改为子网中的有效部分。



图 2-14 到“HMI 左侧”的 HMI 连接的 IP 地址已更改

下表显示了示例中使用的所有 IP 地址：

表格 2-1 示例中使用的 IP 地址

PROFINET 接口	子网	IP 地址
PG/PC	PN/IE1	192.168.0.50
CPU 左侧的 X1	PN/IE1	192.168.0.1
CPU 右侧的 X1	PN/IE1	192.168.0.2
位于 ET 200SP“第 1 段”	PN/IE1	192.168.0.3
位于 ET 200SP“第 2 段”	PN/IE1	192.168.0.4
位于 ET 200SP“第 3 段”	PN/IE1	192.168.0.5
CPU 左侧的 X2	PN/IE_2	192.168.2.1
HMI 左侧的 X1	PN/IE_2	192.168.2.2

2.4 组态 HMI 设备

PROFINET 接口	子网	IP 地址
CPU 右侧的 X2	PN/IE_3	192.168.3.1
HMI 右侧的 X1	PN/IE_3	192.168.3.2

编程

简介

该示例包括三个部分：

- 隧道中的空气质量测量和风扇控制
- 交通信号灯和障碍物控制
- 隧道中的照明控制

以下部分基于流程图解释了用户程序的工作原理。

使用 HMI 画面，可以将隧道中的风扇和照明从自动模式切换到手动模式，并在必要时更改限值。

在装有 SIMATIC STEP 7 Professional V15.1 的 CPU 1517H-3 PN 上运行用户程序。

有关该示例的可执行用户程序，请参见 Internet (<https://support.industry.siemens.com/cs/cn/zh/view/109757712>) 中关于该条目的附录。

隧道中的状态

用户程序在隧道中实现了 3 种状态：

一切正常：空气质量传感器测量值处于允许的范围内：

- 交通信号灯为绿色。
- 障碍物打开。
- 通风电机处于停止模式，只有空气流动才能使风扇运转。

空气质量传感器测得的污染物浓度上升至平均值和最大值之间：

- 风扇立即以低级别速度（慢速）运行至少 30 秒。风扇的旋转方向取决于隧道段中的负载强度和到出口的距离。
- 交通信号灯仍保持绿色。
- 障碍物仍保持打开状态。

空气质量传感器测得的污染物浓度高于最大值：

- 风扇立即以最高级速度（快速）运行至少 30 秒。风扇的旋转方向取决于受影响的隧道段和到出口的距离。
- 如果在 2 分钟内风扇未提供足够的空气，则会封闭隧道。
 - 交通信号灯先变为黄色，然后变为红色。
 - 障碍物关闭。

默认变量表

标准变量表包含用户程序的 3 个部分的 PLC 变量。

名称	数据类型	地址	描述
隧道段 1 中的空气质量测量和风扇控制			
sectionOneAirVisibility	Int	IW3	第 1 段中浊度传感器的输入字
sectionOneAirPollution	Int	IW5	第 1 段中空气质量传感器的输入字
sectionOneVentBlowRight	Bool	Q2.0	第 1 段中顺时针旋转风扇的输出位
sectionOneVentDrawLeft	Bool	Q2.1	第 1 段中逆时针旋转风扇的输出位
sectionOneVentSlow	Bool	Q2.2	第 1 段中低速风扇的输出位
sectionOneVentFast	Bool	Q2.3	第 1 段中高速风扇的输出位
隧道段 1 中的交通信号灯和机柜控制			
section1TrafficLightRed	Bool	Q0.0	第 1 段中红色交通信号灯的输出位
section1TrafficLightYellow	Bool	Q0.1	第 1 段中黄色交通信号灯的输出位
sectionOneTrafficLightGreen	Bool	Q0.2	第 1 段中绿色交通信号灯的输出位
sectionOneBarrierUp	Bool	Q1.0	第 1 段中障碍物的输出位
sectionOneBarrierDown	Bool	Q1.1	第 1 段中障碍物的输出位
隧道段 1 中的照明控制			
sectionOneLuminance	Int	IW1	第 1 段中隧道外光传感器的输入字
sectionOneLightEntry	Word	QW21	第 1 段中入口照明灯亮度的输出字
sectionOneLightPassage	Word	QW23	第 1 段中内部照明灯亮度的输出字

名称	数据类型	地址	描述
隧道段 2 中的空气质量测量和风扇控制			
sectionTwoAirVisibility	Int	IW21	第 2 段中浊度传感器的输入字
sectionTwoAirPollution	Int	IW23	第 2 段中隧道外光传感器的输入字
sectionTwoVentBlowRight	Bool	Q6.0	第 2 段中顺时针旋转风扇的输出位
sectionTwoVentDrawLeft	Bool	Q6.1	第 2 段中逆时针旋转风扇的输出位
sectionTwoVentSlow	Bool	Q6.2	第 2 段中低速风扇的输出位
sectionTwoVentFast	Bool	Q6.3	第 2 段中高速风扇的输出位
隧道段 2 中的照明控制			
sectionTwoRightLightPassage	Word	QW13	第 2 段中右侧内部照明灯亮度的输出字
sectionTwoLeftLightPassage	Word	QW15	第 2 段中左侧内部照明灯亮度的输出字
隧道段 3 中的空气质量测量和风扇控制			
sectionThreeAirVisibility	Int	IW11	第 3 段中浊度传感器的输入字
sectionThreeAirPollution	Int	IW13	第 3 段中空气质量传感器的输入字
sectionThreeVentBlowRight	Bool	Q10.0	第 3 段中顺时针旋转风扇的输出位
sectionThreeVentDrawLeft	Bool	Q10.1	第 3 段中逆时针旋转风扇的输出位
sectionThreeVentSlow	Bool	Q10.2	第 3 段中低速风扇的输出位
sectionThreeVentFast	Bool	Q10.3	第 3 段中高速风扇的输出位
隧道段 3 中的交通信号灯和机柜控制			
sectionThreeTrafficLightRed	Bool	Q4.0	第 3 段中红色交通信号灯的输出位
sectionThreeTrafficLightYellow	Bool	Q4.1	第 3 段中黄色交通信号灯的输出位
sectionThreeTrafficLightGreen	Bool	Q4.2	第 3 段中绿色交通信号灯的输出位
sectionThreeBarrierUp	Bool	Q8.0	第 3 段中障碍物的输出位
sectionThreeBarrierDown	Bool	Q8.1	第 3 段中障碍物的输出位
隧道段 3 中的照明控制			
sectionThreeLuminance	Int	IW9	第 3 段中隧道外光传感器的输入字
sectionThreeLightPassage	Word	QW29	第 3 段中内部照明灯亮度的输出字
sectionThreeLightEntry	Word	QW31	第 3 段中入口照明灯亮度的输出字

用户程序 OB30 的流程图

OB30 包含隧道应用的用户程序，分为三个函数块：

- 隧道中的风扇控制 (FB10)
- 交通信号灯和障碍物控制 (FB20)
- 隧道中的照明控制 (FB30)
- DB1 包含 HMI 画面的 HMI 变量。

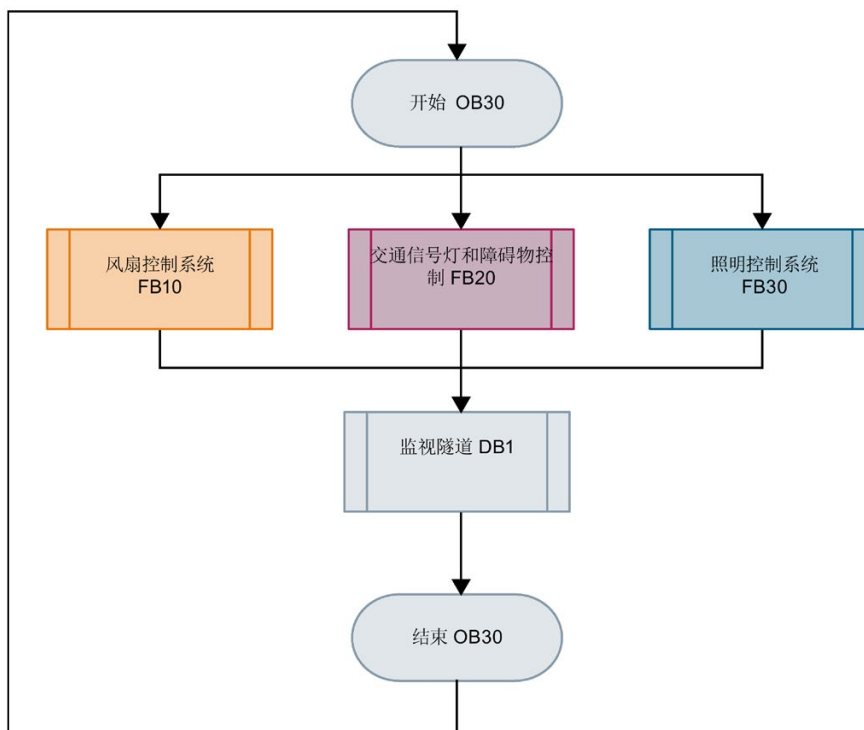


图 3-1 OB30 中用户程序的流程图

FB10 中风扇控制的流程图

浊度测量和空气质量测量：

FB10 调用 FB11。FB11 报告：

- 空气污染等级状态
- 污染物浓度高于最大值，持续时间超过 2 分钟即会封闭隧道

隧道段 1、2 和 3 中的通风：

FB12 根据隧道段中的空气污染等级 (FB13) 状态切换风扇的转速和旋转方向。

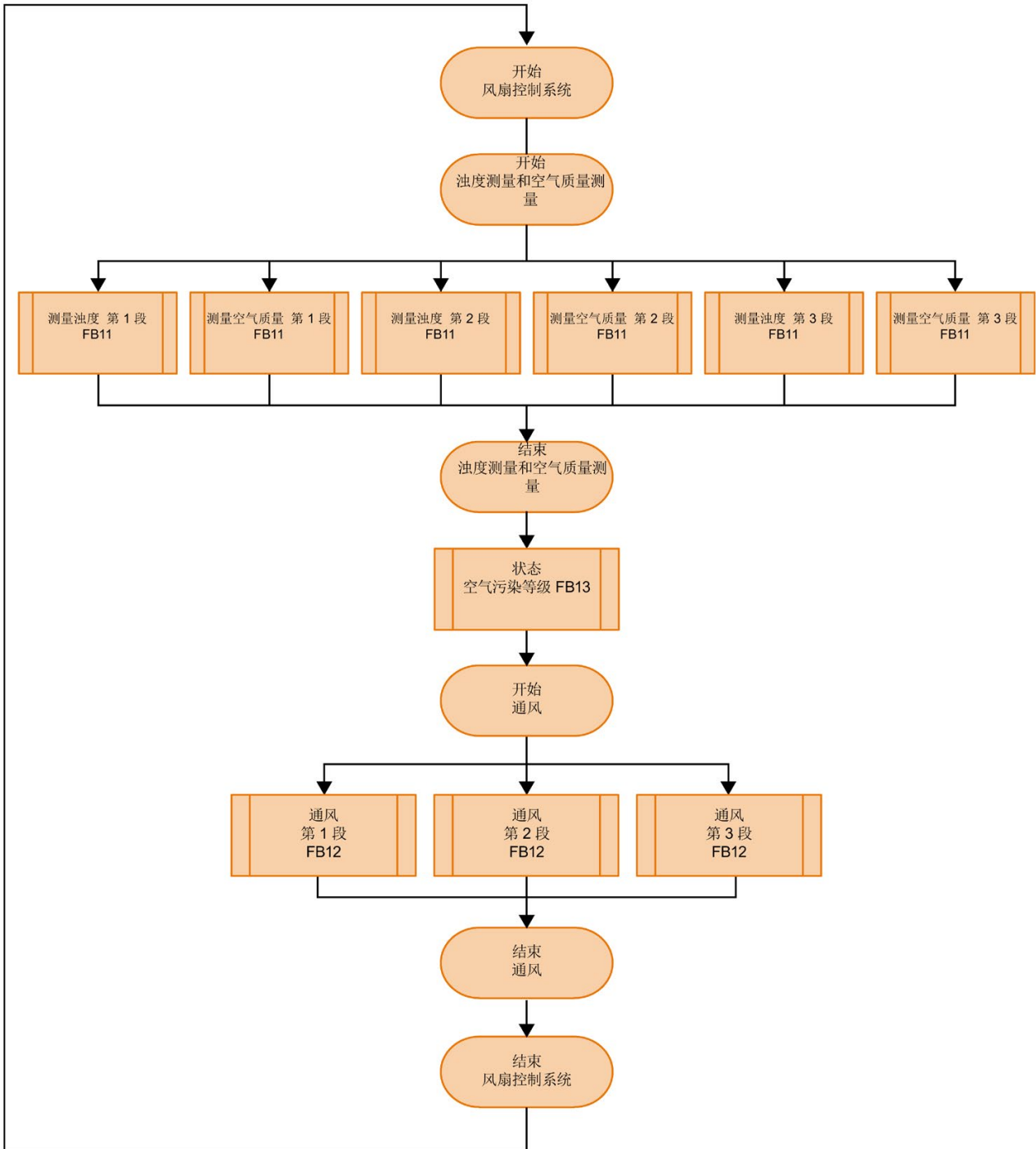


图 3-2 FB10 中风扇控制的流程图

交通信号灯和机柜控制 FB20 的流程图

FB20 调用 FB21。根据隧道段中的空气污染等级 (FB13) 状态，将两个交通信号灯都设置为绿色、黄色或红色，并打开或关闭障碍物。

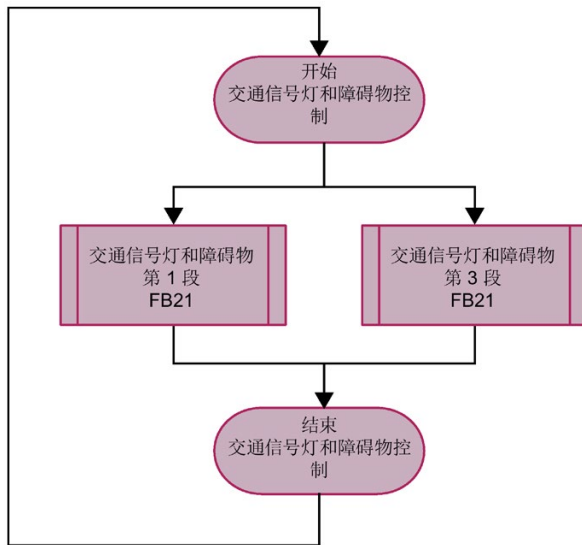


图 3-3 交通信号灯和机柜控制 FB20 的流程图

FB30 中照明控制的流程图

隧道段入口和内部的照明控制。

FB30 调用 FB31。用户程序根据隧道外光传感器的状态控制照明灯的开关。

用户程序根据相应的时间控制内部照明灯或启用手动模式：

- 白天照明灯：上午 8:00 至下午 6:00
- 夜晚照明灯：晚上 8:00 至早上 6:00
- 黄昏照明灯：早上 6:00 至上午 8:00，下午 6:00 至晚上 8:00

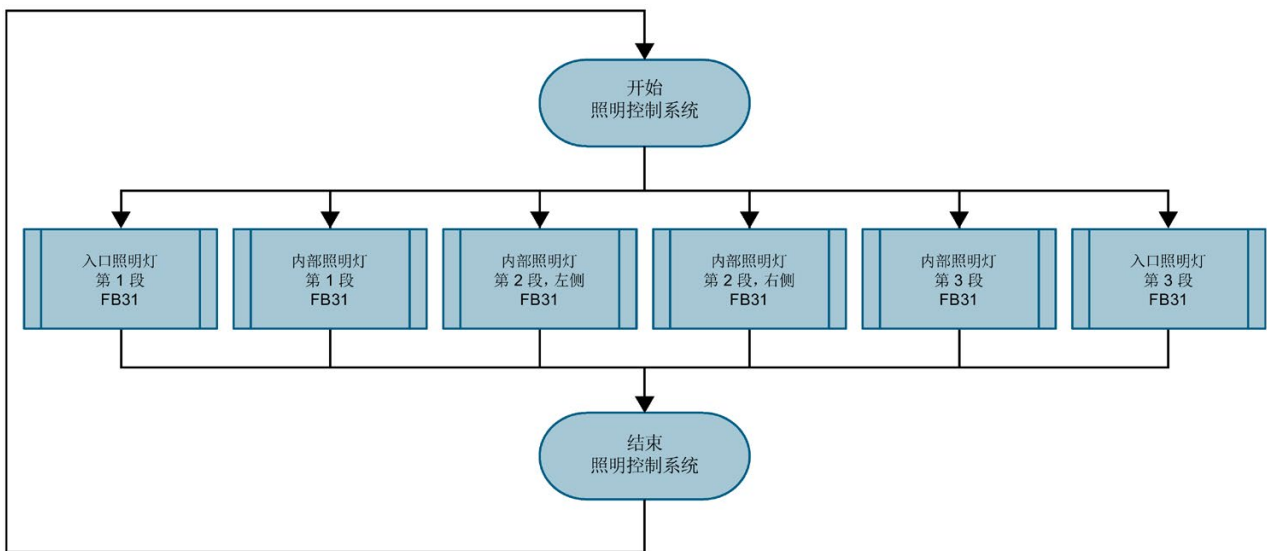


图 3-4 FB30 中照明控制的流程图

在面板上显示隧道的状态

两个精智面板上的 HMI 画面用于显示隧道状态和设置参数。白色字段用于显示传感器的当前测量值。

通过双击“空气参数”(Air parameters) 和“照明参数”(Lighting parameters) 按钮，可显示并更改参数设置。

通过双击灯和电机符号，可访问自动/手动操作模式。

通过双击传感器对应的框，可访问自动/手动操作模式以指定传感器值。

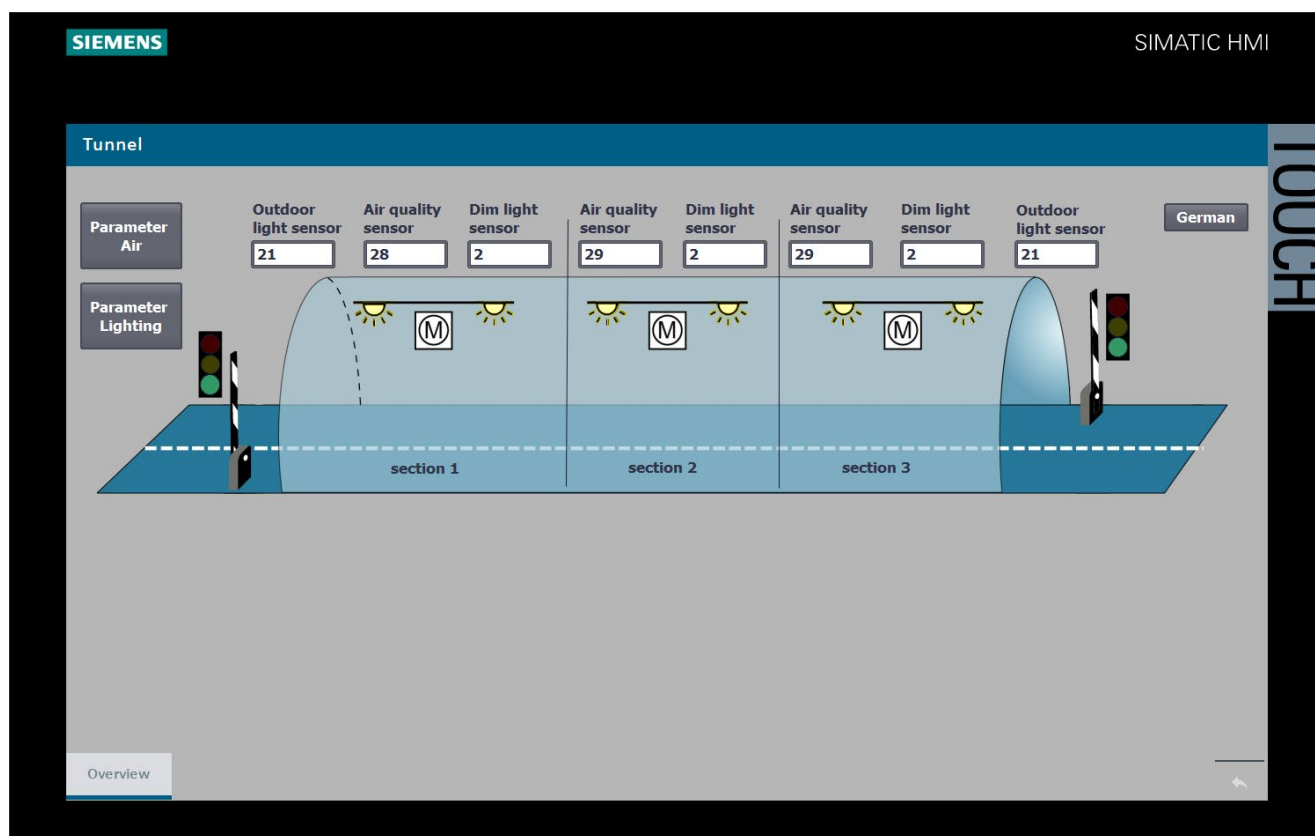


图 3-5 隧道的 HMI 总览画面

在 HMI 画面中可调整的限值 and 参数

在用户程序运行时，可使用 HMI 画面更改以下限值：

- 隧道段中的空气污染（一氧化碳和浊度）限值
- 隧道外光传感器的光照强度限值

在手动操作中，可使用 HMI 画面更改以下限值：

- 将隧道段中的风扇切换至停止/慢速/快速模式
- 更改隧道段中风扇的顺时针/逆时针旋转方向
- 更改隧道中调光控制的光照强度
- 隧道内照明灯在不同光照强度的白天、黄昏或夜晚模式之间切换
- 出于测试目的，设置隧道外光线、空气质量和浊度传感器的值

空气污染限值

“空气参数”(Air parameters) 按钮用于显示隧道段中的空气污染限值（一氧化碳和浊度）。

超过最大值达 2 分钟后：

- 交通信号灯为红色
- 障碍物关闭
- 风扇以高速吸入/吹出隧道段中的空气，例如向左侧方向（隧道出口）

对于画面中的示例，空气质量传感器在隧道段 1 中的测量值为 28，最大限值为 25。

对于画面中的示例，浊度传感器的测量值为 2。该值低于平均值，因此视图处于正常范围内。

超过平均值时:

- 交通信号灯为绿色
- 障碍物保持打开
- 风扇以低速吸入/吹出隧道段中的空气

可更改每个隧道段的平均值和最大限值。

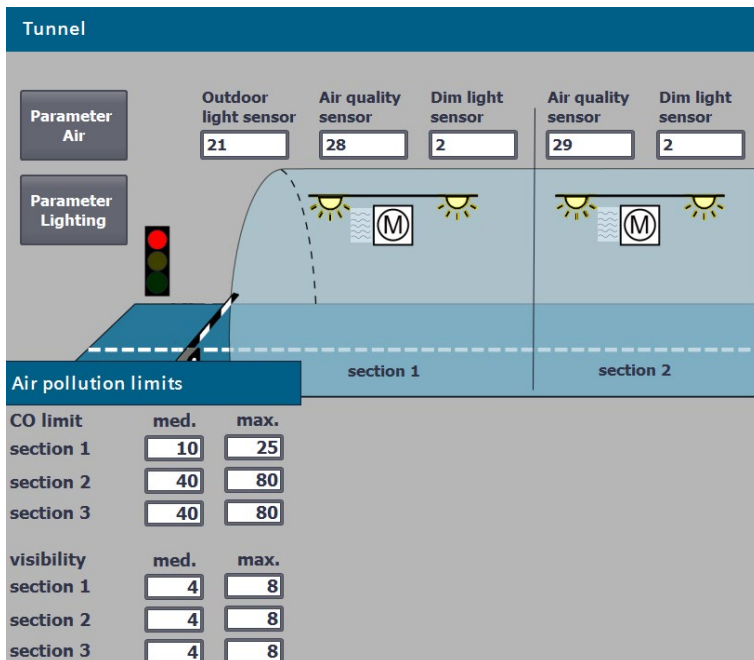


图 3-6 空气污染限值的 HMI 画面

隧道外光传感器的光照强度限值和光照强度

使用“照明参数”(Lighting parameters) 按钮可显示以下内容:

- 隧道外光传感器的限值
- 白天/黄昏/夜晚照明灯的限值
- 隧道中的光照强度取决于时间

隧道外光传感器控制相应的隧道入口照明灯。内部照明灯由时间控制。

在本示例中，隧道外光传感器的测量值为 1，因此夜晚照明灯设置（柔光）对于隧道入口是有效的。

可更改隧道的限值。

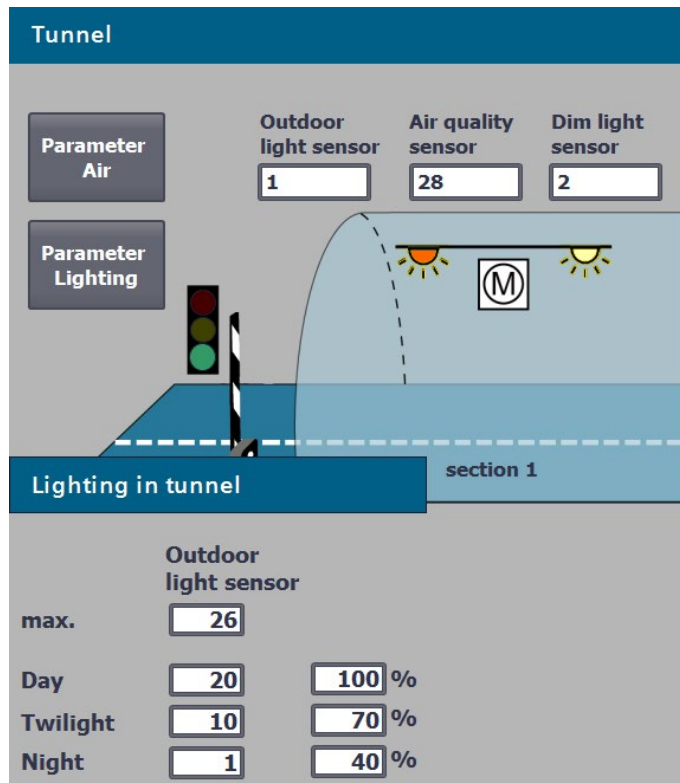


图 3-7 照明灯限值的 HMI 画面

更改风扇的手动模式速度和旋转方向

通过双击电机符号，可访问相应隧道段中风扇的自动/手动操作模式。

在本示例中，为隧道段 2 进行了下列设置：

- 手动操作风扇
- 低速（慢速）
- 顺时针

风扇以顺时针方向慢速吹动。

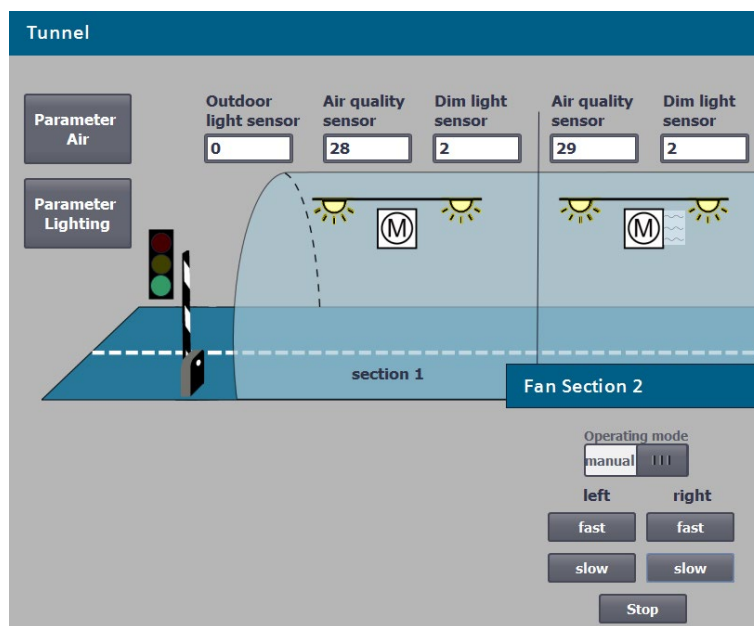


图 3-8 HMI 画面手动模式风扇速度和旋转方向

分别控制灯的手动操作

对于维护任务，建议手动设置隧道中的亮度。通过双击灯符号，可访问相应隧道段中照明的自动/手动操作模式。

在本示例中，为隧道段 2 中的左侧内部照明灯进行了下列设置：

- 手动模式
- 夜晚照明灯

灯发出柔和的光线。

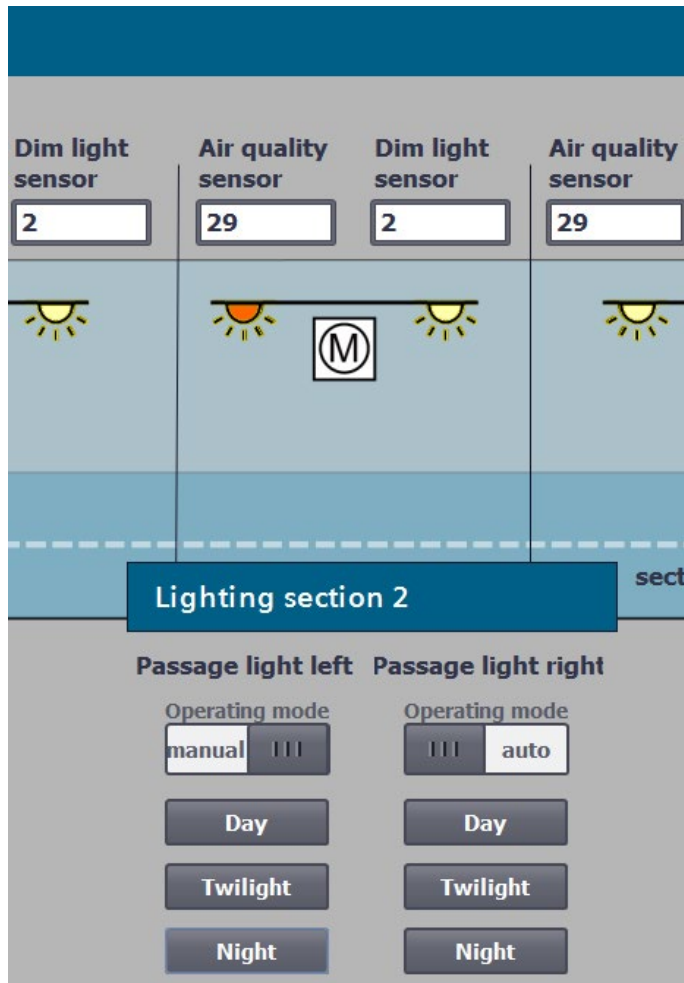


图 3-9 单独控制各个 HMI 画面灯

指定手动操作传感器值

通过指定传感器值，可测试隧道应用的功能。通过双击传感器对应的框，可访问自动/手动操作模式。

在本示例中，为隧道段 1 进行了下列设置：

- 手动设置 CO 限值（空气质量传感器）
- CO 限值为 28
- 手动指定能见度限值（浊度传感器）
- 能见度值为 2

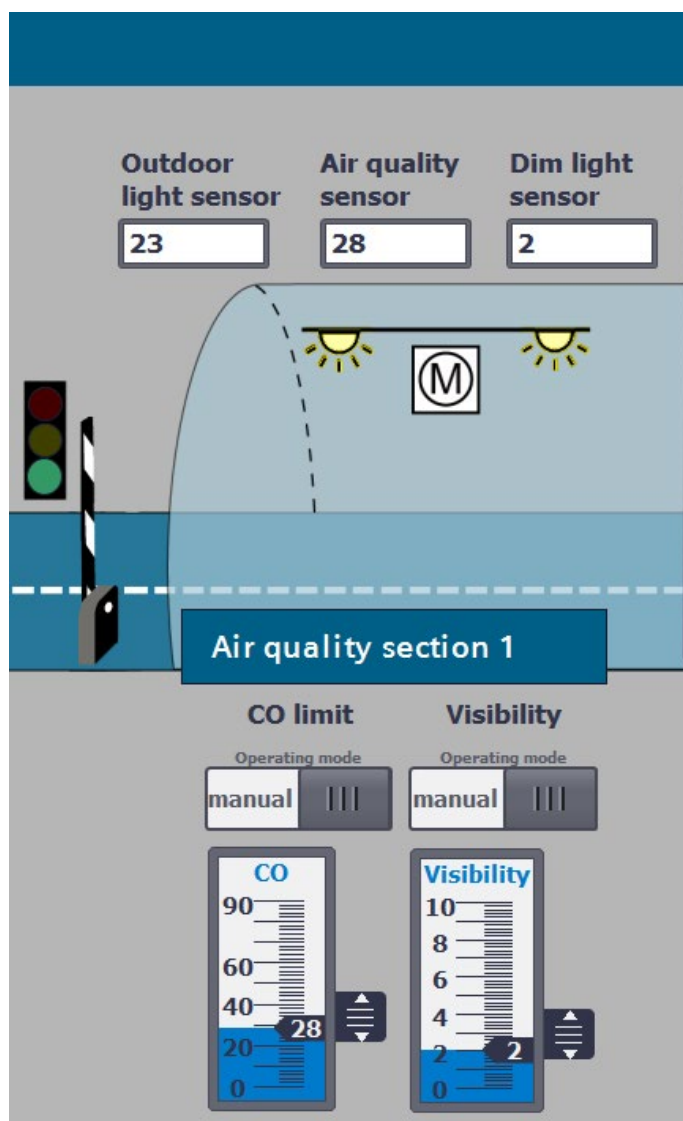


图 3-10 指定 HMI 画面传感器值

调试

简介

已经对隧道应用进行了组态和编程。以下章节中，将介绍如何调试隧道应用。

有关调试的更多信息，请参见《冗余系统 S7-1500R/H

(<https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/109754833>)》系统手册。

插入 SIMATIC 存储卡

要求:

CPU 仅支持预先格式化的 SIMATIC 存储卡。如果必要，在 CPU 中使用 SIMATIC 存储卡之前需要将其格式化。

操作步骤: 按照以下步骤将 SIMATIC 存储卡插入左侧 CPU。

1. 打开 CPU 的前盖。
2. 确保 CPU 已关断或处于 STOP 模式。
3. 如图所示，在 CPU 上，将 SIMATIC 存储卡插入 SIMATIC 存储卡插槽中。
4. 小心地将 SIMATIC 存储卡插入 CPU，轻轻按下，直至存储卡卡入到位。
5. 如步骤 1 到 4 所示，将另一个 SIMATIC 存储卡插入右侧 CPU。

接通负载电流和 CPU

要求:

SIMATIC S7-1500R/H 冗余系统已安装。系统已接线。SIMATIC 存储卡已插入 CPU。负载电流已连接电源。

操作步骤:

接通负载电流。

结果:

- CPU 运行闪烁测试，完成系统初始化后切换为 STOP 模式。两个 CPU 上的 RUN/STOP LED 指示灯均为黄色点亮。
- 在两个 CPU 之间实施配对。ERROR LED 指示灯红色闪烁。在 STEP 7 中 S7-1500R/H 系统的诊断状态（在线与诊断）中，检查是否成功配对。“配对状态”(Pairing state) 字段中显示“已配对”(Paired)。

在组态中为 CPU 分配冗余 ID

仅当两个 CPU 的冗余 ID 不同时，才能实现冗余操作。冗余 ID 的值可以是 1 和 2。默认组态下，两个 CPU 的冗余 ID 均为 1:

在 STEP 7 中，通过冗余 ID 将项目树分配给实际的 CPU。树中的两个 CPU 中，上方的 CPU 的冗余 ID 通常为 1。两个 CPU 中下方的 CPU 的冗余 ID 通常为 2。

要求:

两个 CPU 均处于 STOP 模式。两个 CPU 之间已配对。

操作步骤:

1. 在右侧 CPU 的 CPU 显示屏上，选择菜单项“总览 > 冗余”(Overview > Redundancy)。
2. 为该 CPU 分配冗余 ID 2。

结果: 组态中右侧 CPU 分配冗余 ID 2。

将项目数据下载到主 CPU

在本例中，通过在线连接将项目数据从 PG/PC 下载到主 CPU。仅当 CPU 处于 STOP 操作状态时，才能下载项目数据（所有组态数据和完整的用户程序）。

操作步骤：

1. 在项目树中右键单击选择 S7-1500R/H 系统。
2. 从快捷菜单中选择“下载到设备 > 硬件和软件（仅更改）”(Download to device > Software and software (only changes)) 命令。

结果：“下载扩展设置”(Extended download) 对话框窗口随即打开。

3. 选择 PG/PC 接口。
4. 选择 PG/PC 连接到的接口。
5. 单击“开始搜索”(Start search) 按钮。

结果：“选择目标设备”(Choose target device) 表会显示 S7-1500H 系统中的 CPU。已选择主 CPU。

6. 单击“加载”(Load)。

结果：在“加载预览”(Load preview) 对话框窗口中，将列出有关待运行加载程序的重要信息：

7. 如果 S7-1500R/H 系统未处于 STOP 状态，请使系统停止运行。为此，请在下拉菜单的“操作”(Action) 列选择“停止 RH 系统”(Stop RH system)。
8. 单击“下载”(Download) 按钮开始下载。

“加载结果”(Results of loading) 对话框窗口会显示加载过程的结果。

下载后启动 CPU

要求:

CPU 模式选择器位于 RUN 位置。

操作步骤:

1. 要在加载完成后启动主 CPU，请在“操作”(Action) 列选择“启动模块”(Start module)。
2. 要完成加载，请单击“完成”(Finish)。

结果: 主 CPU 切换为 RUN 操作状态。

3. 将备用 CPU 切换为 RUN 操作状态。

结果: 将主 CPU 和备用 CPU 成功同步后，S7-1500R/H 系统会切换为冗余模式（系统状态 RUN=Redundant）。

评估 CPU 上的 LED 和显示画面

如果 CPU 处于“目标”系统状态 RUN-Redundant 并且没有事件、要求和错误，则两个 CPU 显示以下 LED 画面:

- RUN/STOP LED 显示绿色
- ERROR-LED 熄灭
- MAINT LED 熄灭

CPU 的状态信息显示在显示屏上。在系统状态 RUN-Redundant 下，“RUN-Redundant”显示在两个 CPU 显示屏上的绿色栏中。

结果

已根据示例的任务完全创建并下载了组态和用户程序。

更多信息

更多信息

以下为链接集合：

- 有关入门指南中使用的系统和组件的其它信息
- 隧道自动化

表格 5-1 链接集合

主题	更多信息
S7-1500R/H 的组件、故障情况、设置、安装、布线和调试	《冗余系统 S7-1500R/H (https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/109754833)》系统手册
ET 200SP 的组件、设置、安装、布线和调试	系统手册《ET 200SP 分布式 I/O 系统 (https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/58649293)》
PM 190 W 120/230 V AC 负载电流	《PM 190 W 120/230 V AC 负载电流 (https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/68022506)》手册
HMI 设备 TP1900 Comfort	《SIMATIC HMI 精智面板 (https://support.industry.siemens.com/cs/de/en/view/49313233/zh)》操作说明
SIMATIC STEP 7 Professional: 组态、编程、HMI 可视化和诊断	STEP 7 在线帮助
S7-1500R/H 的 PROFINET、系统冗余 S2 和 介质冗余 (MRP)	《PROFINET (https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/49948856)》功能手册
与 S7-1500R/H 的 HMI 通信，系统 IP 地址	《通信 (https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/59192925)》功能手册

主题	更多信息
CPU 显示屏和 STEP 7 中的 S7-1500R/H 诊断	功能手册《诊断 (https://support.industry.siemens.com/cs/ww/zh/view/59192926)》
西门子隧道自动化	敬请访问 Internet (https://w3.siemens.com/topics/global/en/tunnelautomatisierung/Seiten/Default.aspx)