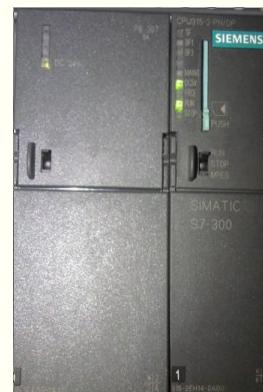




第五章 PLC

一、系统的组成与结构

二、硬件配置与扩展



一、系统的组成与结构

1、S7 系列PLC简介

3



S7-400系列:大型PLC系统,适用于中高性能、复杂任务要求



S-1500 系列:新推出的模块化PLC系统, S7-300/400的“升级版”
尤其是通信功能Profibus→**ProfiNet**



S7-1200:新小型、紧凑型模块化控制器, **编程风格与300/400相同**



S7-300系列:中型PLC系统,满足大/中/小规模的性能要求;功能强大、性价比高,应用十分灵活广泛



S7-200/CN:小型、紧凑模块化控制器
编程风格与主品有所不同

控制柜



PLC系统

2、S7-1500 PLC硬件组成

4



电源模块
PS/PM
(可选)

CPU模块

一个机架最多 30 个模块：DI、DO、AI、AO、CM/CP等模块



常用部件

安装导轨

电源模块PM、PS

中央处理单元CPU

通讯接口扩展模块CP、CM

分布式IO接口模块：ET200

信号模块SM：AI/AQ/DI/DQ

工艺模块TM：高速计数等某块



存储卡

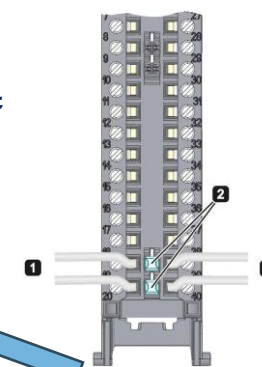
S7-1500使用存储卡作为程序、DB数据块存储器



背板总线连接器



导轨



前连接器 (40针)



网线

(1) CPU模块

类型	CPU	PROFIBUS-DP接口	PROFINET IO RT/IRT接口	PROFINET IO RT接口	基本PROFINET功能
紧凑型	CPU 1511C-1 PN	-	1	-	-
	CPU 1512C-1 PN	-	1	-	-
标准型	CPU 1511-1 PN	-	1	-	-
	CPU 1513-1PN	-	1	-	-
	CPU 1515-2PN	-	1	1	-
	CPU 1516-3PN/DP	1	1	1	-
	CPU 1517-3PN/DP	1	1	1	-
	CPU 1518-4PN/DP	1	1	1	1
	CPU 1518-4PN/DP MFP	1	1	1	1
冗余型	CPU 1513R-1PN	-	1	-	-
	CPU 1515R-2PN	-	1	-	1
	CPU 1517H-3PN	-	1	-	1
	CPU 1518HF-4PN	-	1	-	2
运动控制型	CPU 1511T-1 PN	-	1	-	-

	CPU 1518T-4 PN/DP	1	1	1	1
故障安全型	CPU 1511F-1 PN	-	1	-	-
	CPU 1511TF-1 PN	-	1	-	-

****-1PN: 带1个Profinet通信接口

****-3PN/DP: 带2个Profinet
1个DP通信接口)

1500 CPU不支持MPI接口

Profibus vs ProfiNet

7



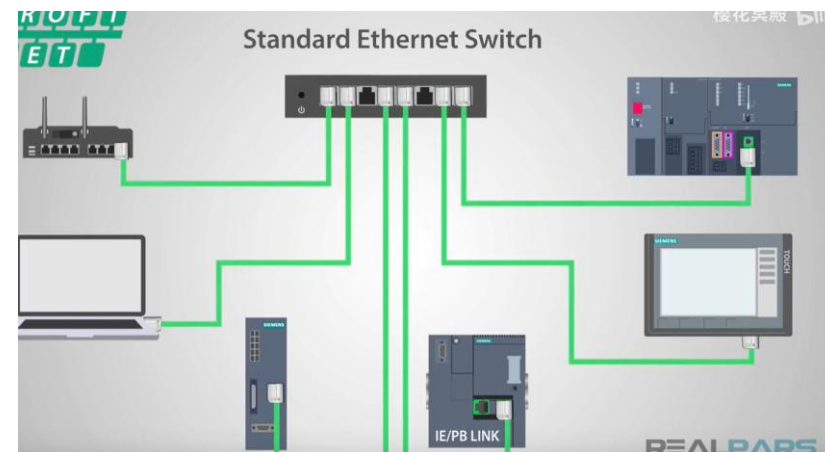
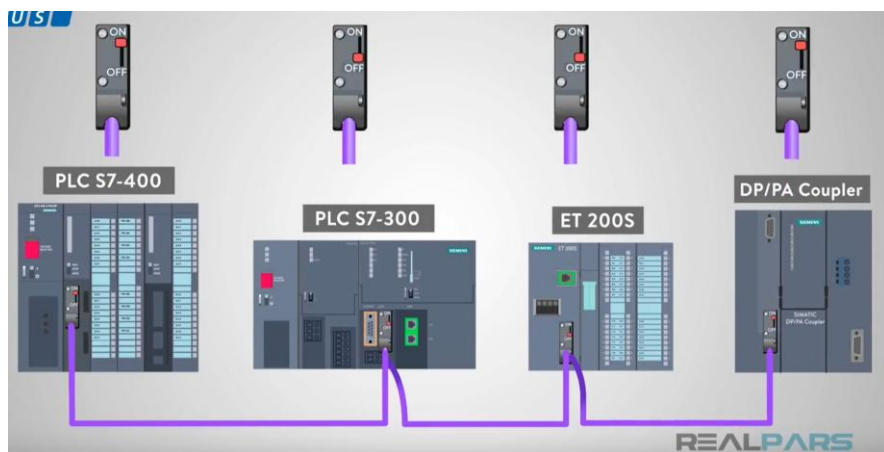
DP总线连接器

- ◆ 基于RS485网络的现场总线协议
- ◆ Profibus电缆通过Profibus总线连接器与PLC上的Profibus总线接口相连
- ◆ Profibus网络的通讯波特率为9.6Kbit/s~12Mbit/s, 长距离通信可使用中继器, 最多可挂127个站点



网线

- ◆ 基于工业以太网的现场总线协议
- ◆ 使用RJ45以太网接口, 通讯波特率达100Mbit/s, 电缆长度可达100米, 最多可挂512个站点
- ◆ 有三种不同类型的地址: IP地址、MAC地址、设备名称, 配置网络时, 主要关注设备名称和IP地址



(2) 电源模块 两种：负载电源(PM)、系统电源(PS)

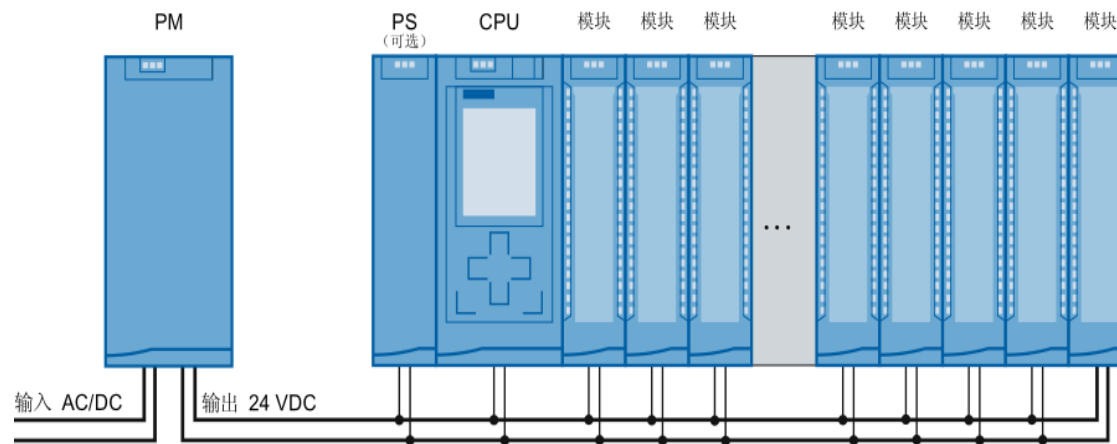
8

◆ 负载电源 (PM)

- 为各种模块、其他负载提供外接24V电源
- 为部分PS模块提供24V电源

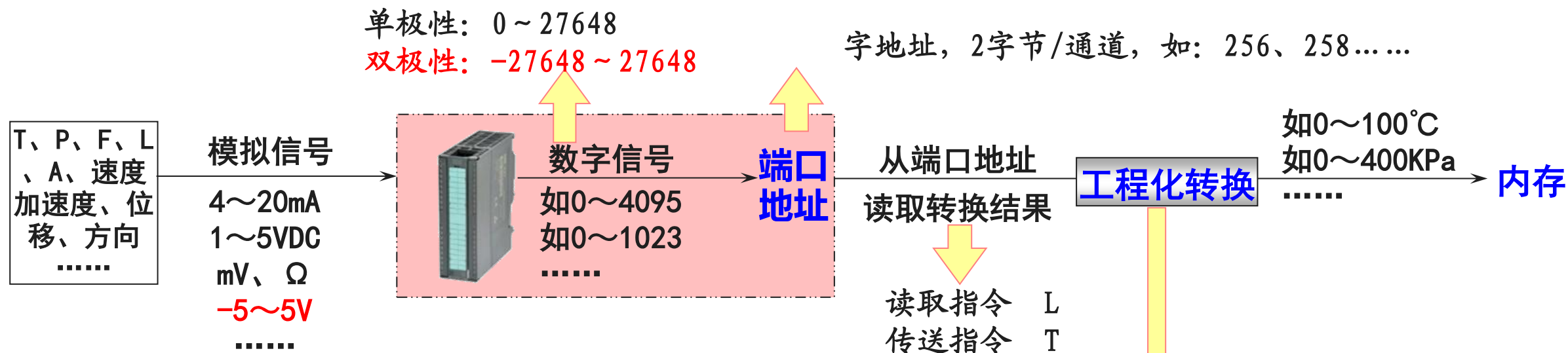
◆ 系统电源 (PS)

- 通过背板总线为模块提供内部所需的电源（外部负载回路还需由PM接线来供电）
- 只能为CPU和本机加模块供电



思考题： PS供电模式可以有PM替代，为什么绝大多数系统还是希望配置PS电源？

(3) 模拟量输入模块



L %IW 256:P //从端口地址(如256)读入转换结果
T #Dec_in //存入临时变量Dec_in, #abc表示临时变量, 变量名abc

CALL "SCALE"

//直接调用系统函数, 以下是输入输出参数

IN :=# Dec_in/

/入口参数: 十进制转换结果

HI_LIM :=2.000000e+002

//入口参数: 工程量上限200 (PLC本身没有单位概念)

LO_LIM :=0.000000e+000

//入口参数: 工程量下限0

BIPOLAR :=FALSE

//入口参数: TRUE为双极性, FALSE为单极性

RET_VAL :=#ret

//出口参数: 返回值 (准确—0, 错误—其它值)

OUT :=#In_result

//出口参数: 工程量转换结果

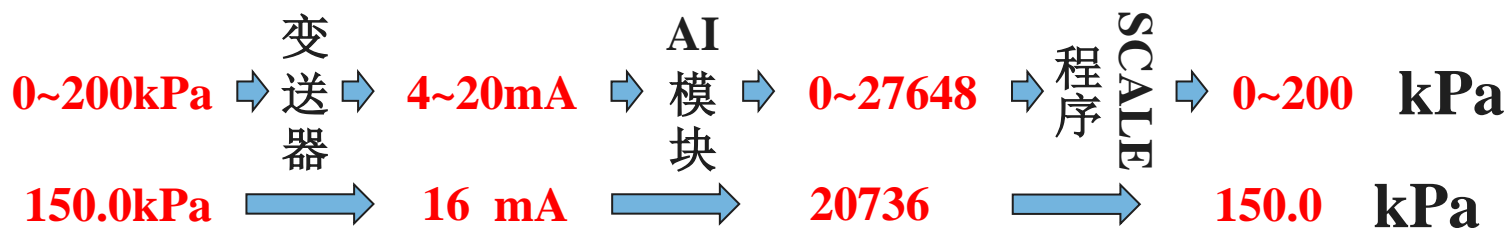
模拟量读取:

如0~200kPa的压力变送器信号

模拟量读取：如0-200kPa的压力变送器信号

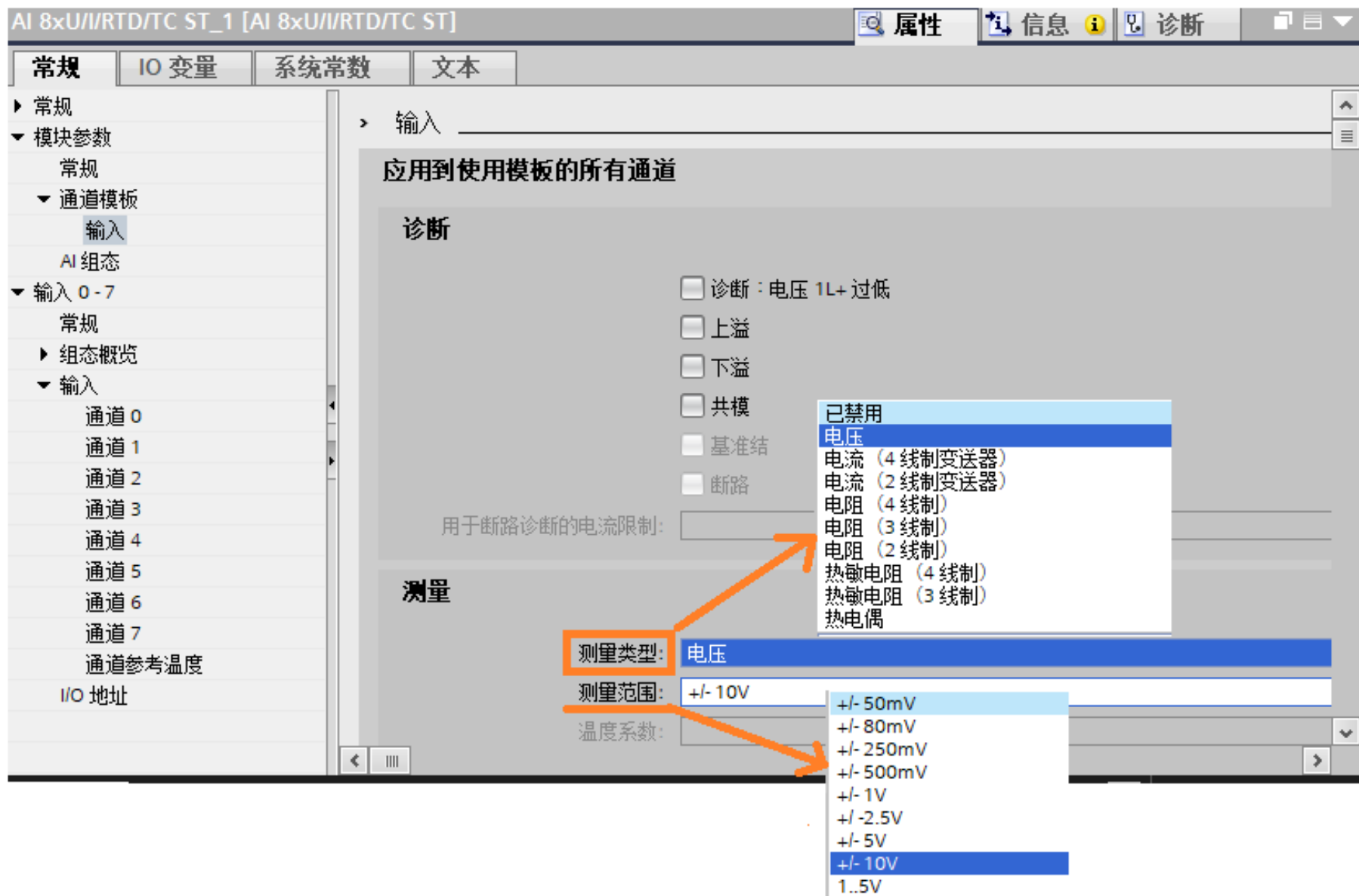
```

L   %IW 256:P           //从端口地址(如256)读入转换结果
T   #Dec_in             //存入临时变量Dec_in, #abc表示临时变量, 变量名abc
CALL "SCALE"            //直接调用系统函数, 以下是输入输出参数
    IN                  :=# Dec_in/           /入口参数: 十进制转换结果
    HI_LIM              :=2.000000e+002       //入口参数: 工程量上限200,kPa (本身没有单位概念)
    LO_LIM              :=0.000000e+000       //入口参数: 工程量下限0
    BIPOLAR             :=FALSE               //入口参数: TRUE为双极性, FALSE为单极性
    RET_VAL             :=#ret                //出口参数: 返回值 (准确-0, 错误-其它值)
    OUT                 :=#In_result          //出口参数: 工程量转换结果
  
```

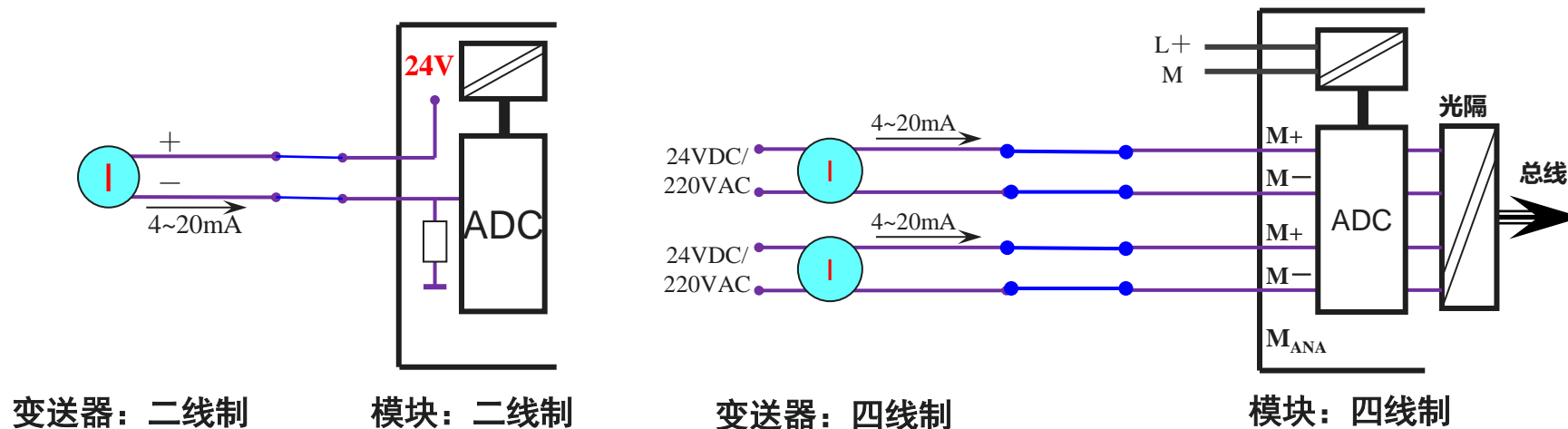


思考：为什么是27648而不是32768 (2^{15})

SM531 AI模块的软件设置



- **二线制电流输入** 关键：模块**带24V配电**并接收4~20mA电流，1路信号占1个通道



- **四线制电流输入** 关键：模块**不给**变送器供电，1路信号占1个通道

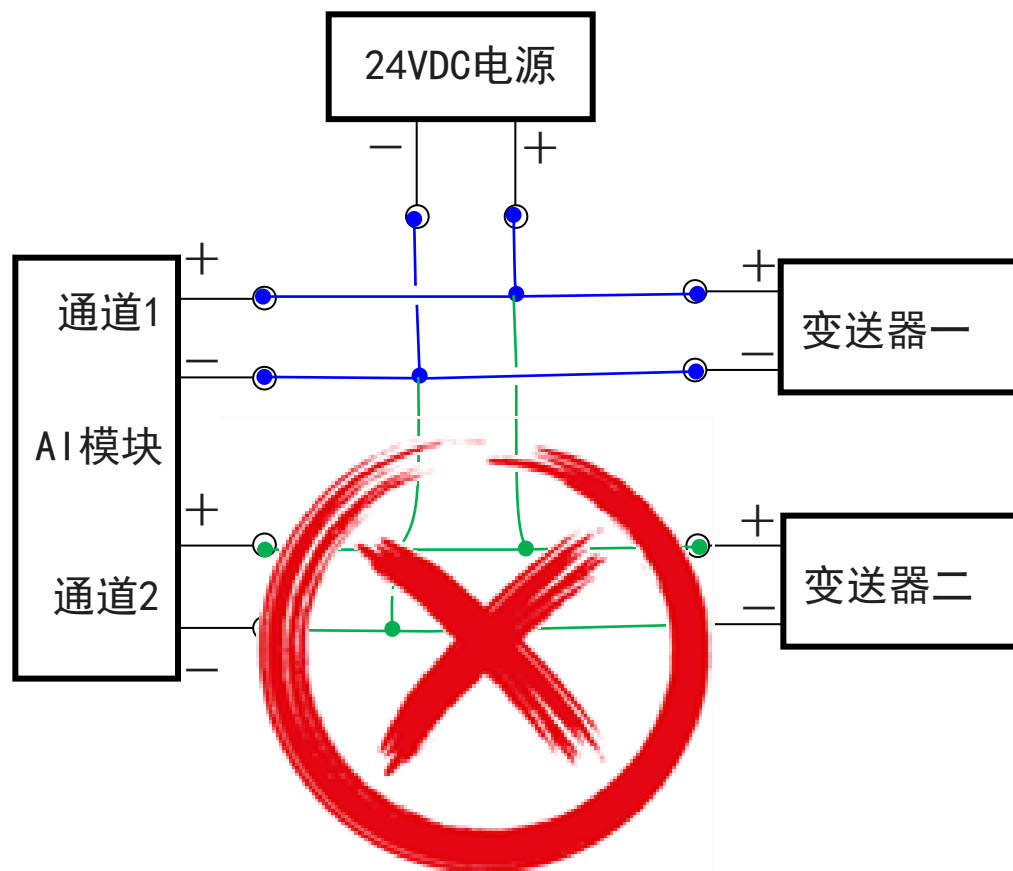
问：两线制变送器与四线制电流输入(C)端口怎么连接？

可以，需外置电源 顺带思考几个问题，究竟怎么接？

AI输入需要注意的几个现场问题:

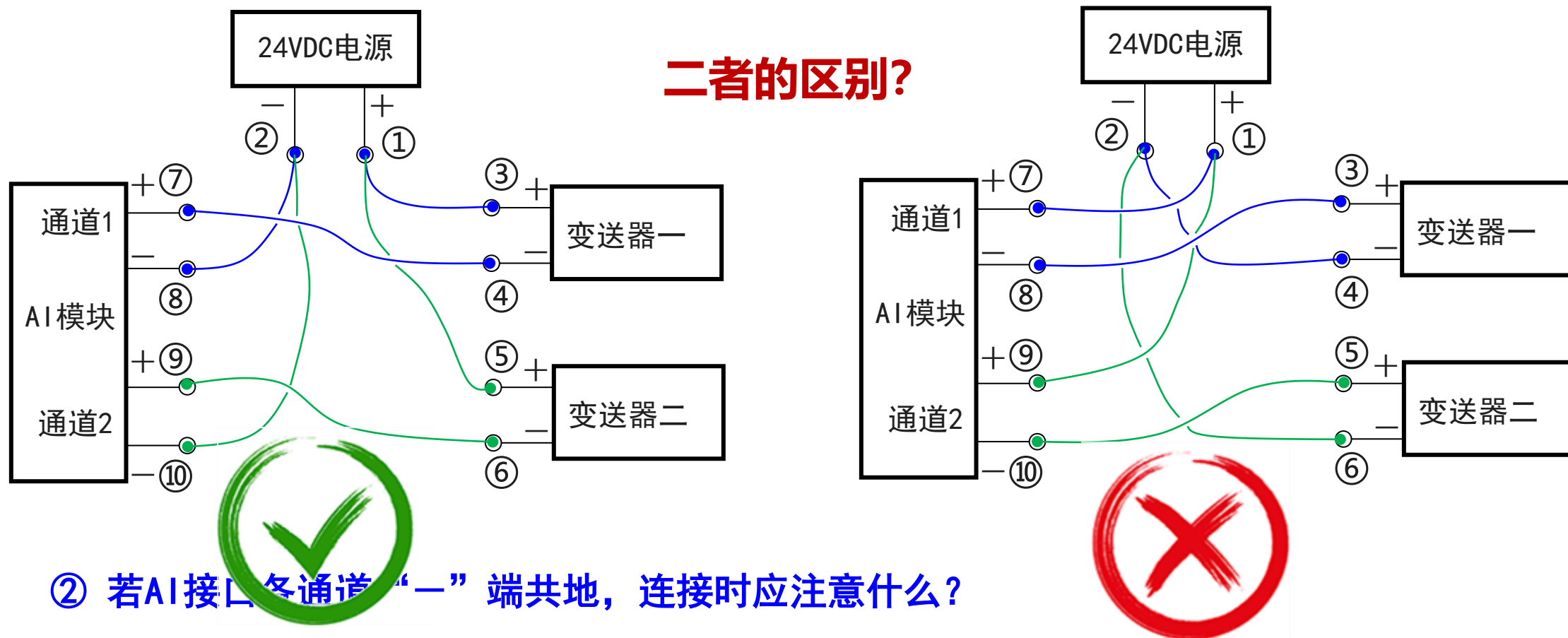
多通道AI模块（无配电），多台二线制变送器，一台24VDC电源

① 若AI接口接收4~20mA电流输入，如何连接？



需要注意的现场问题：多通道AI模块（无配电），多台二线制变送器，一台24VDC电源

① 若AI接口接收4~20mA电流输入，如何连接？

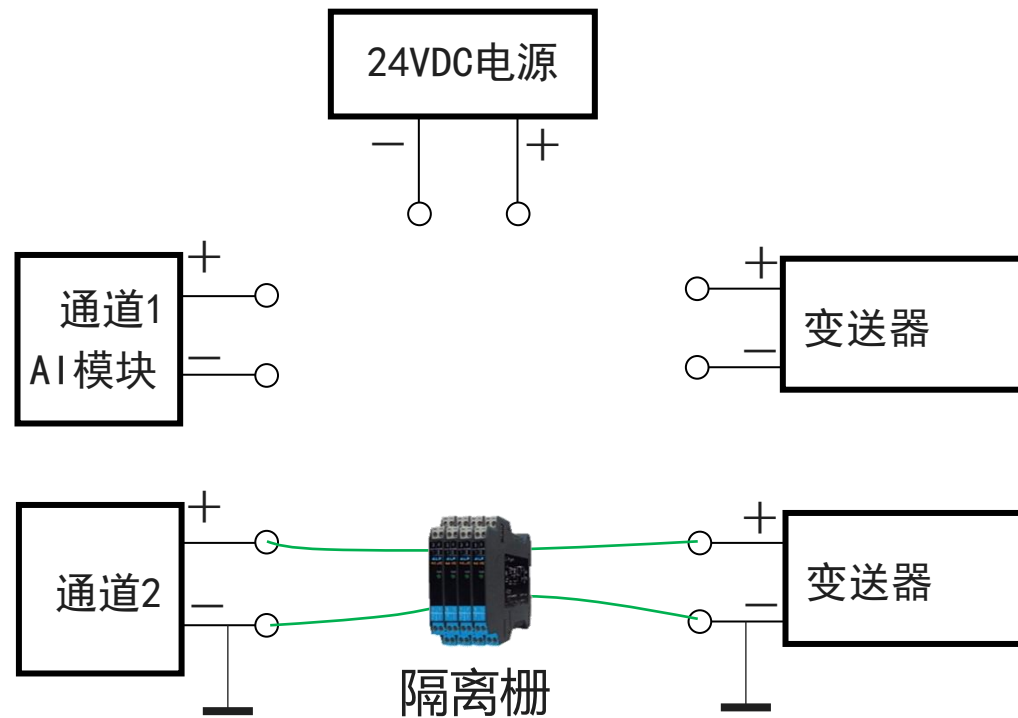
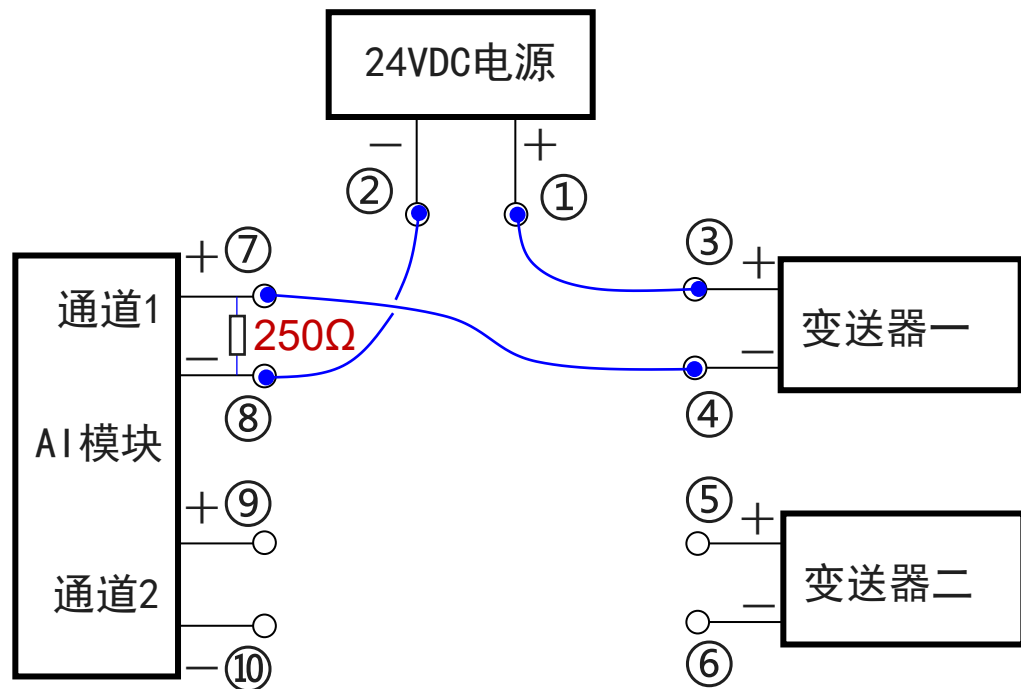


② 若AI接口各通道“-”端共地，连接时应注意什么？

需要注意的现场问题：多通道AI模块（无配电），多台二线制变送器，一台24VDC电源

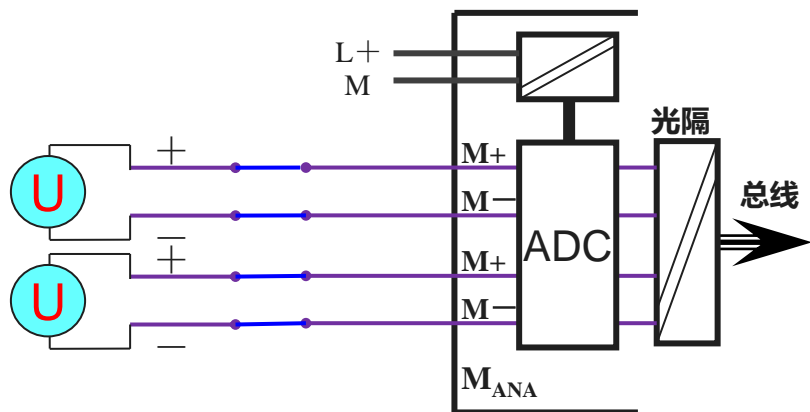
15

③ 若AI接口接收1~5VDC电压输入，如何连接？

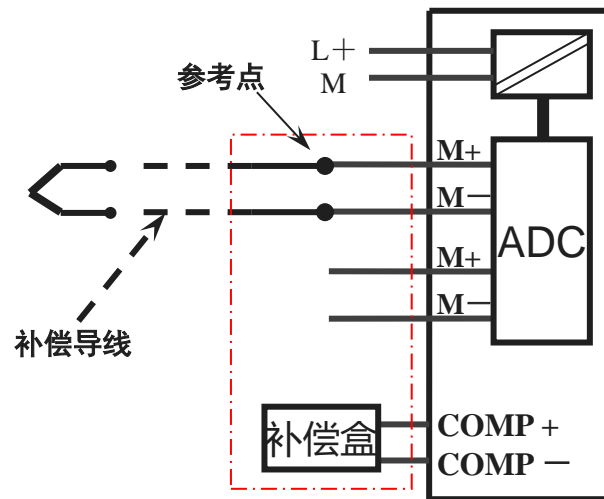


④ 若变送器需要现场接地，连接时应注意什么？

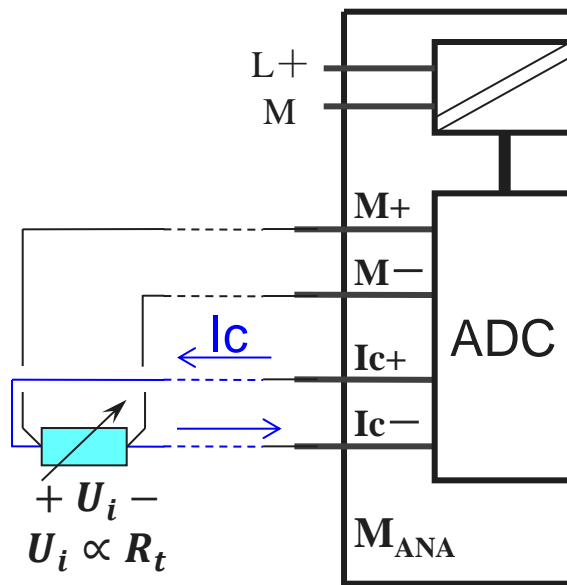
- **电压输入** 1路信号占用1个通道



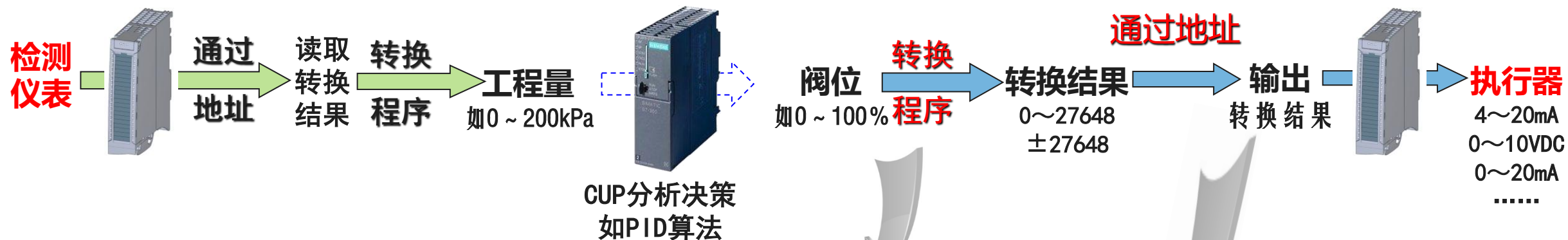
- **毫伏输入** 1路信号占用1个通道



- **电阻信号连接** 1路信号占用2个通道



(4) 模拟量输出模块 (SM532)



CALL "UNSCALE"

IN := #Out

HI_LIM := 1.000000e+002

LO_LIM := 0.000000e+000

BIPOLAR := FALSE

RET_VAL := #Err

OUT := #Out_result

L #Out_result

T %QW416:P

//直接调用系统提供的转换函数，以下是输入输出参数

//入口参数：阀位值0 ~ 100%浮点数

//入口参数：阀位上限100

//入口参数：阀位下限0

//入口参数：TRUE为双极性输出，FALSE单极性输出

//出口参数：返回值

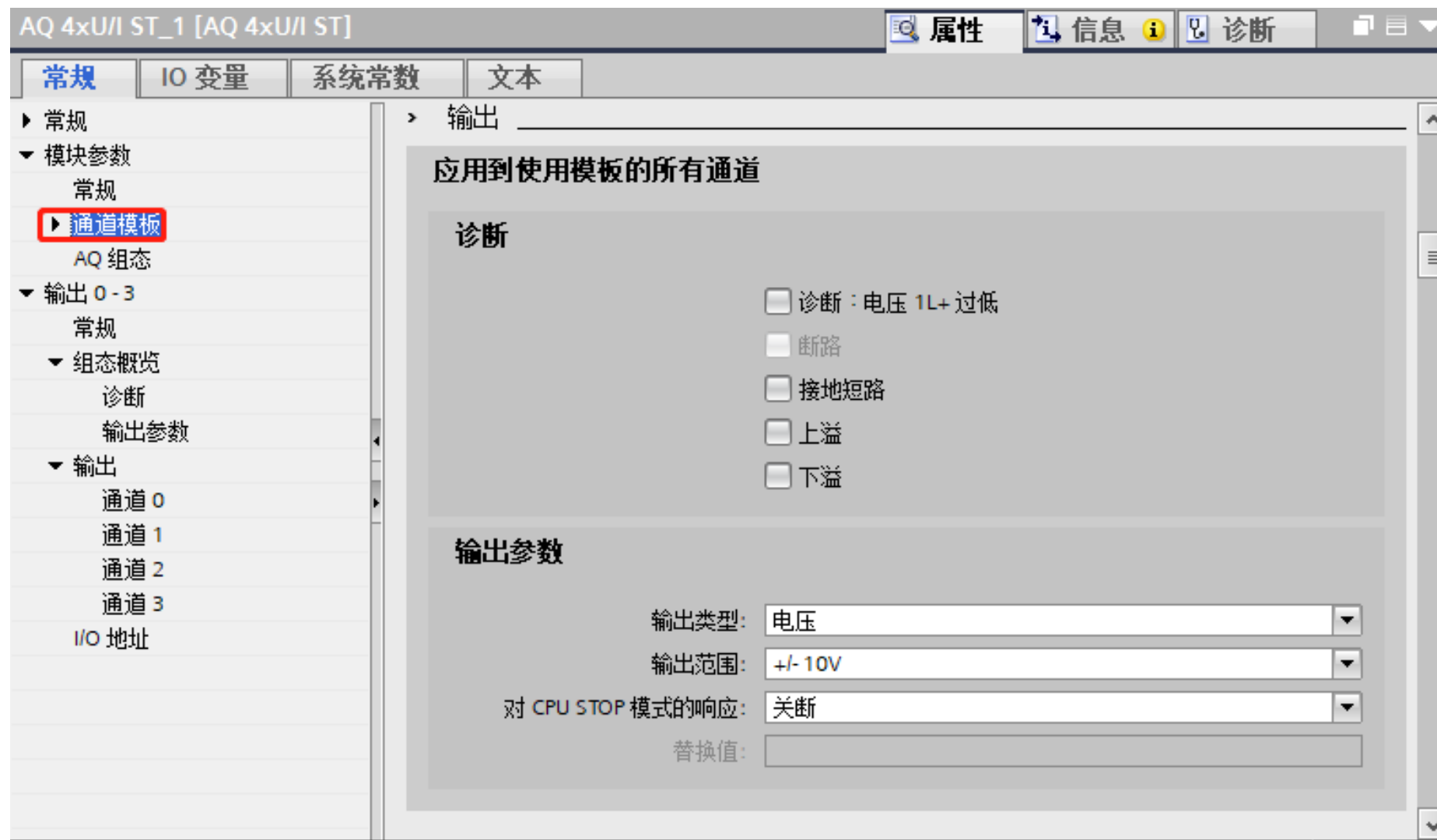
//出口参数：十进制转换结果存入临时变量

//十进制转换结果输出到过程输出缓冲区，如416

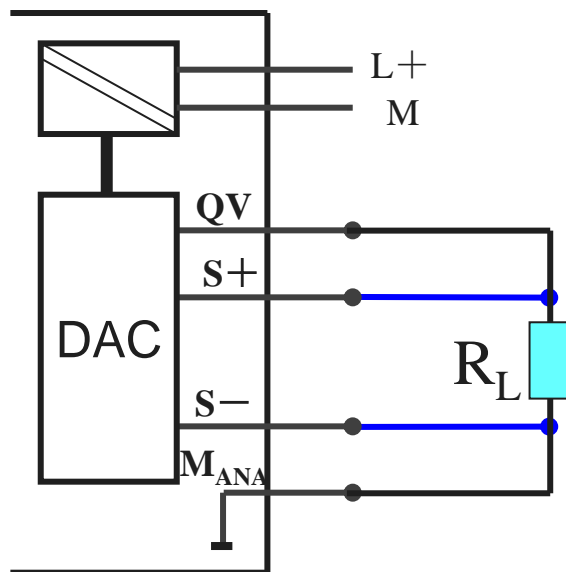
SM532 AQ模块的软件设置

AO的信号类型和范围

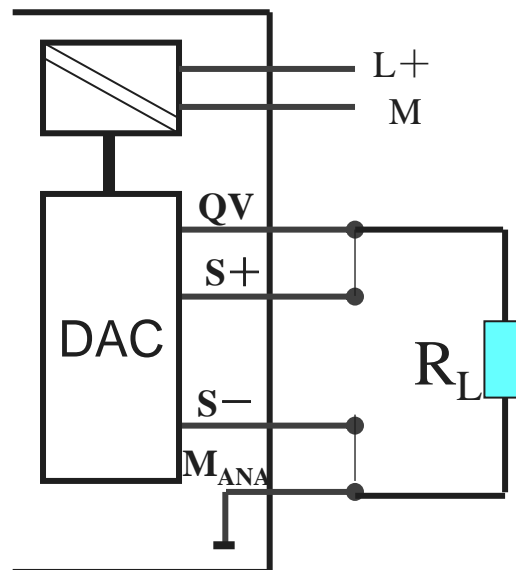
输出类型	输出范围
电流	0-20mA 4-20mA ±20mA
电压	1-5V 0-10V ±10V



电压信号输出

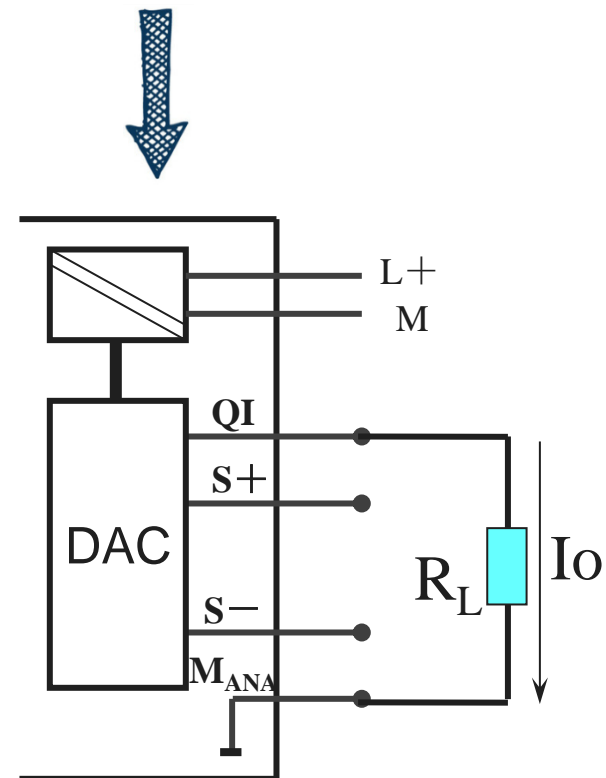


电压输出（4线）



电压输出（2线）

电流信号输出



电流输出



(5) 开关量输入模块 (SM521)

订货号	6ES7521-1BH00-0AB0	6ES7521-1BL00-0AB0	6ES7521-1BH50-0AA0	6ES7521-1FH00-0AA0
简介	DI 16x24VDC HF	DI 32x24VDC HF	DI 16x24VDC SRC BA	DI 16x230VAC BA
输入数量	16	32	16	16
通道间的电气隔离	-	√	-	√
电势组数	1	2	1	4
额定输入电压	24 V DC	24 V DC	24 V DC	120/230 V AC
诊断错误中断	√	√	-	-
硬件中断	√	√	-	-
支持等时同步操作	√	√	-	-
输入延时	0.05 ms 到 20 ms	0.05 ms 到 20 ms	3 ms	25 ms

HF: High feature

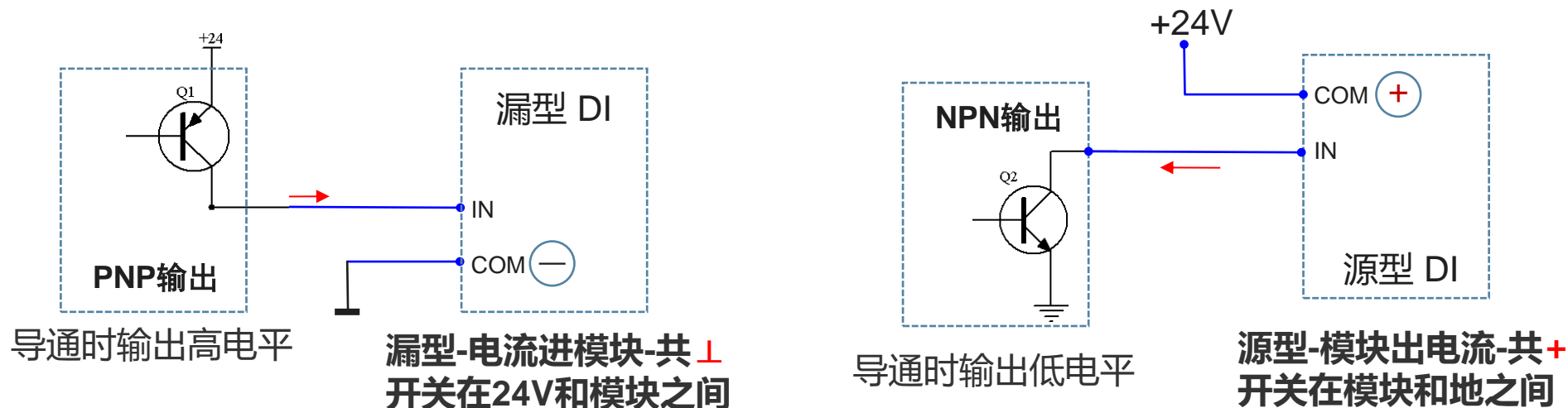
BA: Basic

SRC: Source Input, 源型输入 (共+, 电流从输入端流出)

未标识: Sinking Input, 为漏型输入 (共⊥, 电流从输入端流入)

DI回路的端口耗电很小

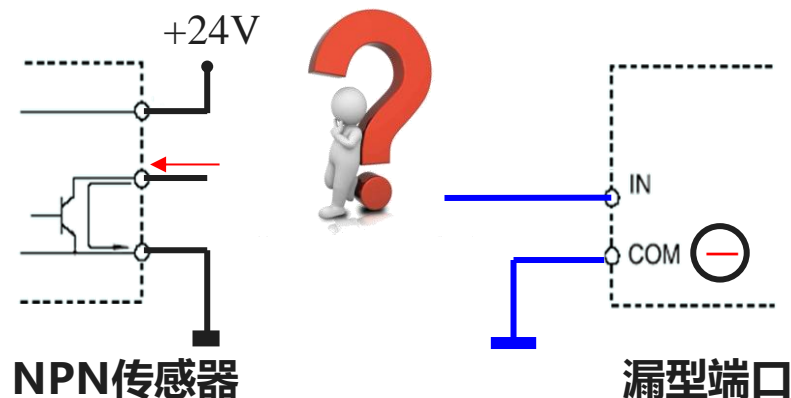
DI输入有源型和漏型之分，开关信号还分为NPN和PNP两种



SIEMENS DI模块通常默认为漏型

思考题:

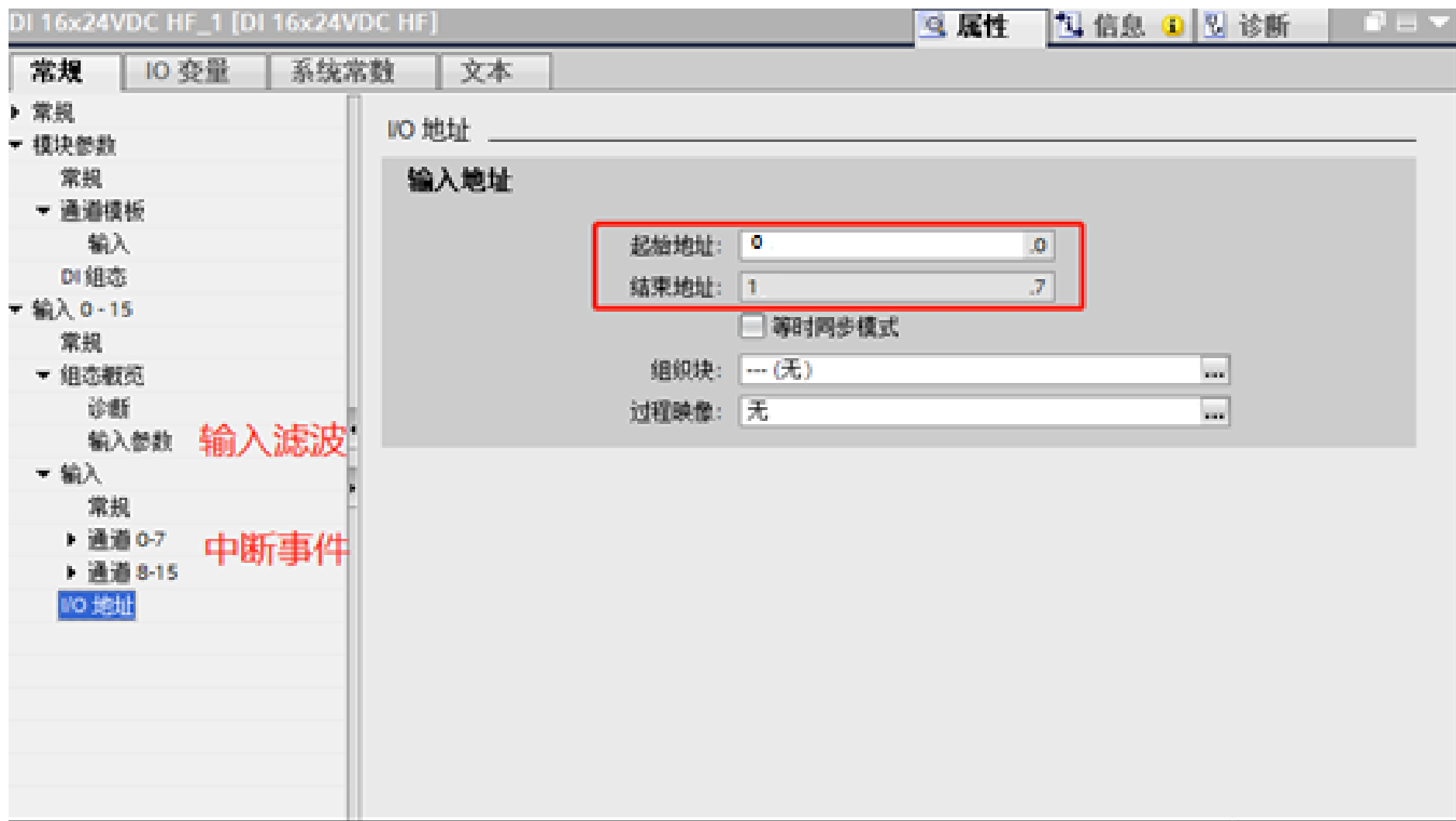
1. 如果传感器输出的开关量信号与DI不匹配怎么办?



2. 如何在同一块DI模块上接入不同类型的开关量输入信号? 如直流电压、交流电压、无源触点

SM521 DI模块的软件设置

22

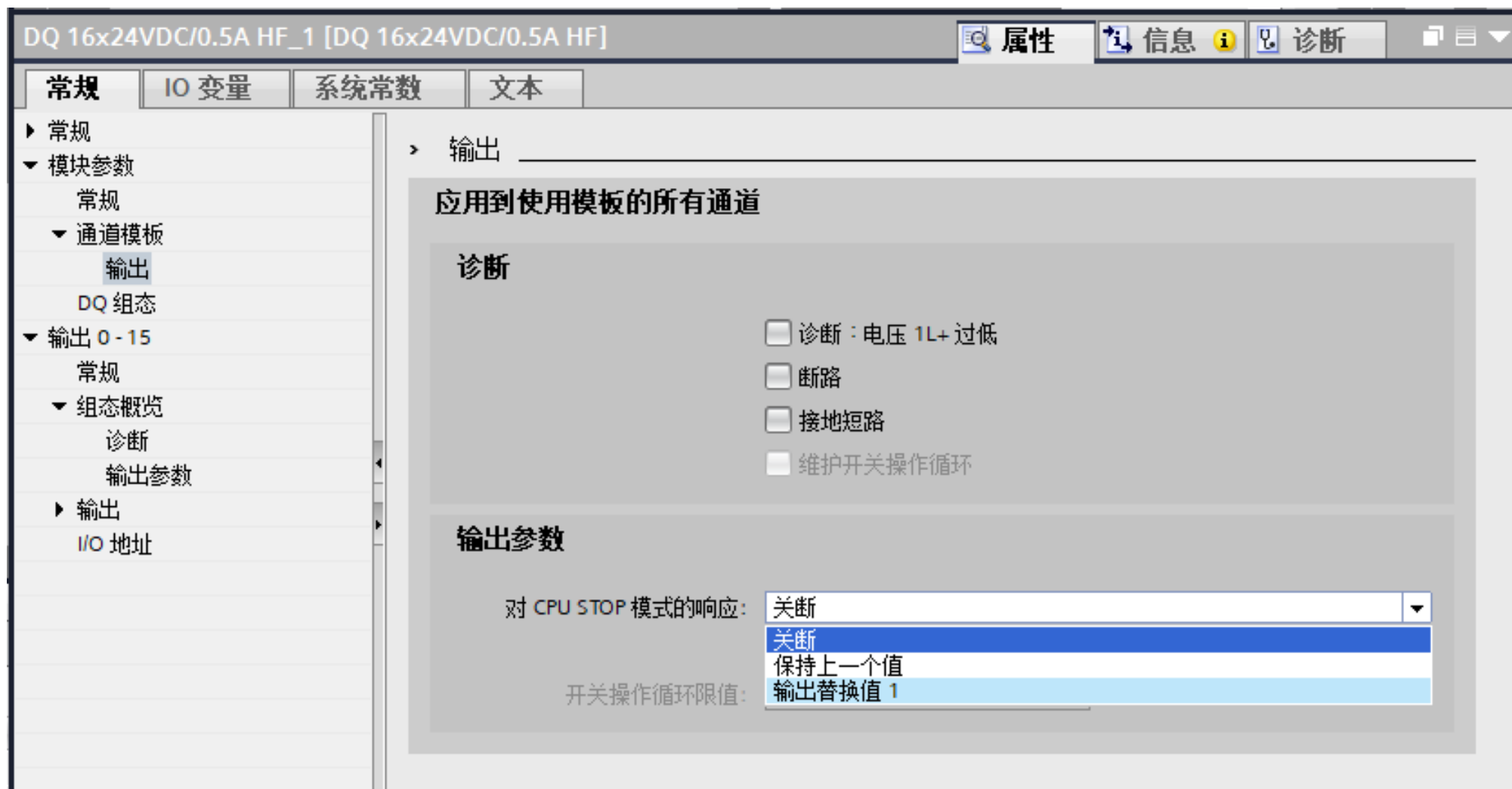


(6) 开关量输出模块 (SM522)

数字量输出模块	DQ16×DC 24V/ 0.5A ST	DQ32×DC 24V/ 0.5A ST	DQ8×DC 24V/ 2A HF	DQ8×AC230V/ 5AST	DQ8×AC230V/ 2A ST
订货号	6ES7522-1BH00-0AB0	6ES7522-1BL00-0AB0	6ES7522-1BF00-0AB0	6ES7522-5HF00-0AB0	6ES7522-5FF00-0AB0
输出点数	16DO, 2个电势组	32DO, 4个电势组	8DO, 2个电势组	8DO, 8个电势组	8DO, 8个电势组
输出类型	晶体管			继电器	晶闸管
通道间电气隔离	×			√	
额定输出电流	0.5A		2A	5A	2A
继电器线圈电压	-			DC 24V	-
额定输出电压	DC.24V			AC230V	
支持时钟同步	√		×	×	×
诊断中断	√				×
通道诊断LED指示	×		√ (红色LED指示灯)	×	
模块诊断LED指示	√ (红色LED指示灯)				
替换值输出	√				

提别提醒：DQ输出通常直接驱动负载，每个通道负载电流可能会比较大，应关注通道的额定输出电流

SM522 DQ模块的设置



二、硬件配置与扩展

根据自动化系统的实际规模和要求配置PLC硬件系统，问题：

(1) 构成一个控制系统需要哪些、多少数量的模块？

- S7系列PLC采用模块化结构，可根据系统规模选择不同型号、不同数量的模块

(2) 这些模块怎么安装？

- 这些模块安装在一个或多个机架上

- 每一个机架最多可安装的模块是有限的

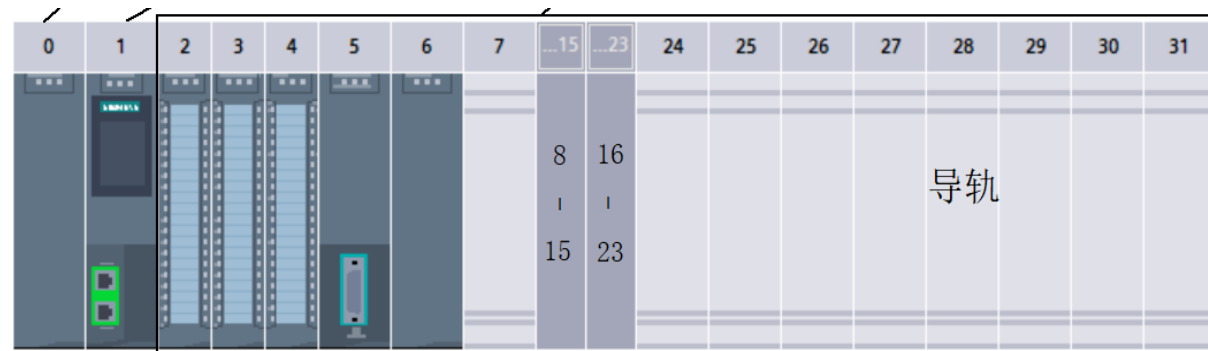
(3) 多个机架怎么连在一起形成系统？

- 通过通信接口模块把各机架连载一起

- PLC系统的最大配置能力(包括I/O点数、机架数等)与CPU型号相关

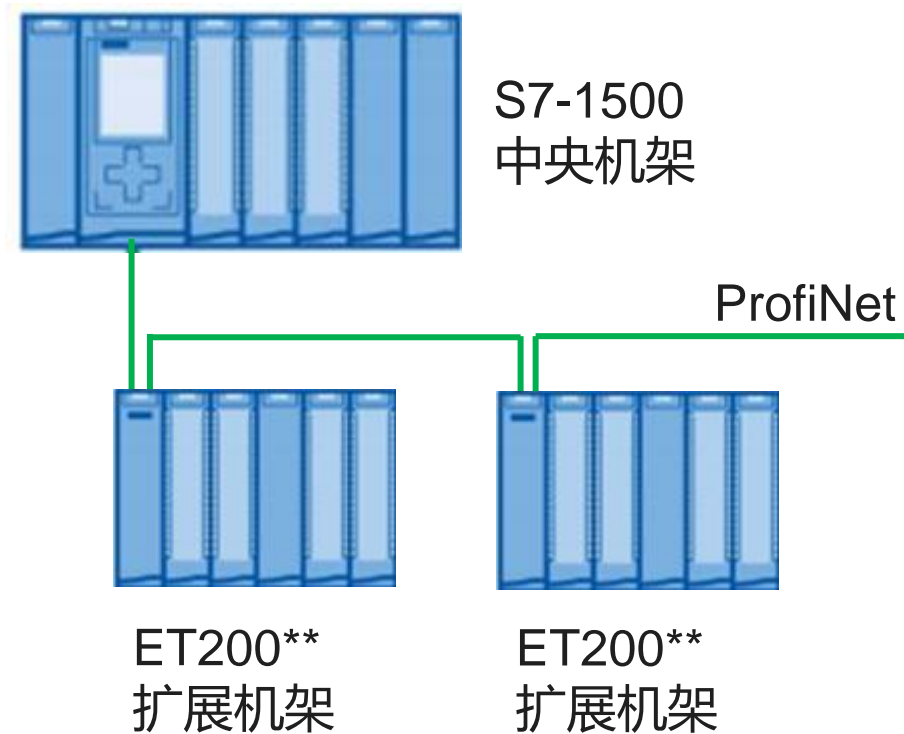
1、系统配置

- 每个机架安装模块时从左到右有逻辑插槽的限制（只是左右顺序要求，位置不固定）
- 0号插槽可配置系统电源PS或者负载电源模块PM（PM通过外接线供电，也可以不进行硬件配置）
- CPU占用1号插槽
- 中央机架中最多可放入32个模块（含电源和CPU模块，一般不会配那么多模块，太长了！）
- 如IO模块很多，可通过ET200模块安装到IO扩展机架上，不同型号ET200最多可支持的IO模块数不同



2、系统的扩展

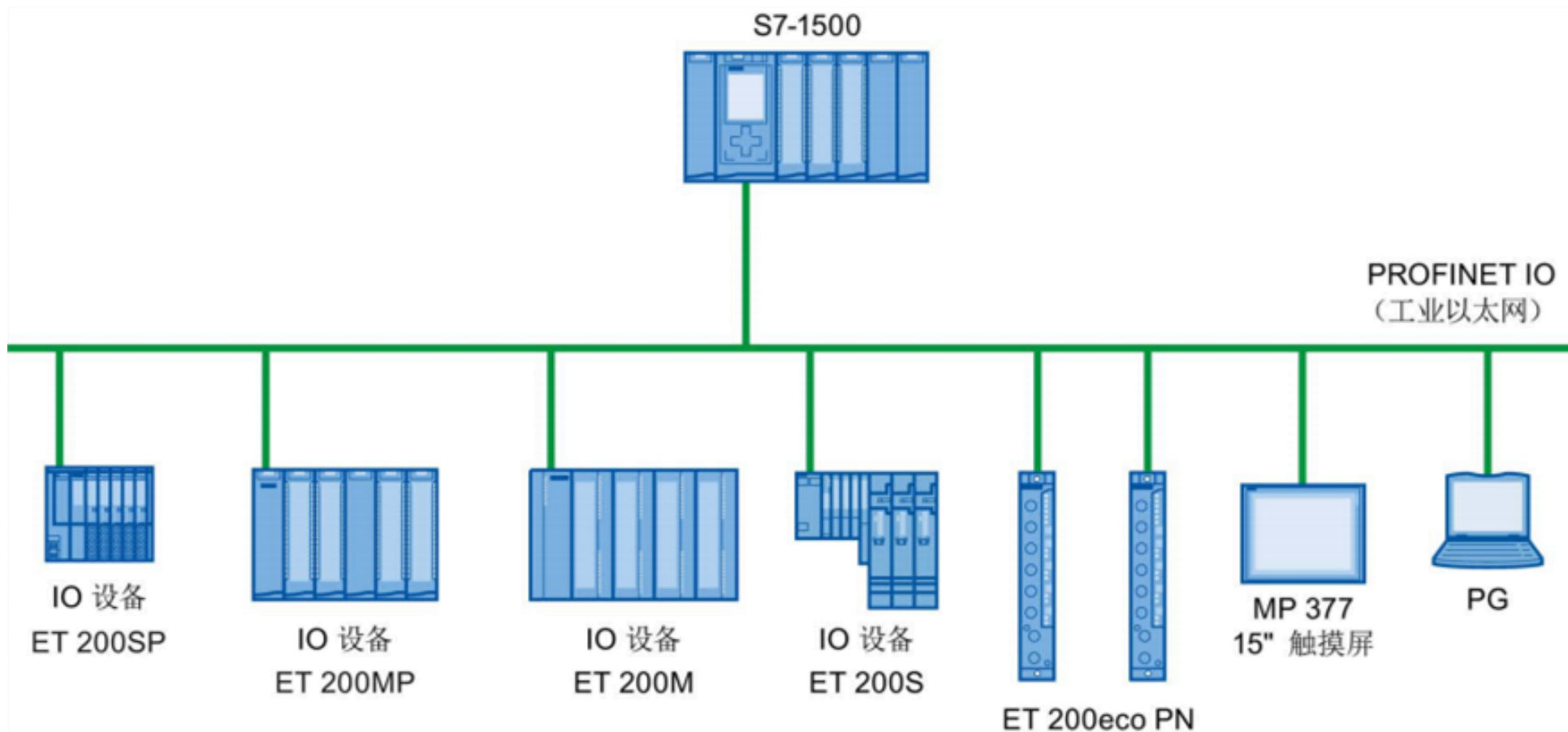
(1) 在机架空槽位上增加模块 (适用于少量扩展)



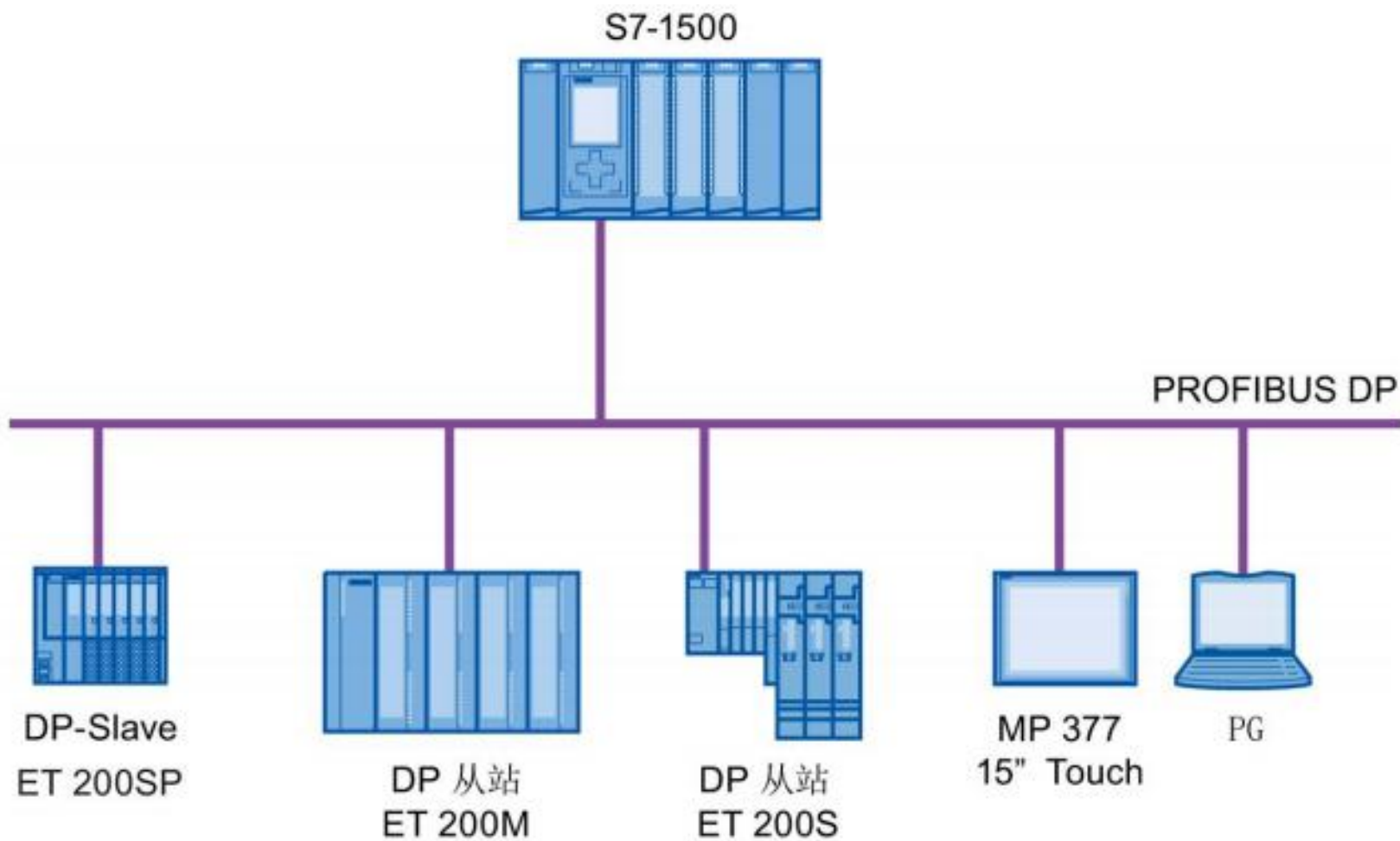
(2) 通过IM155增加新机架 (适用于较大规模扩展)

3、其他设备的集成

(1) 通过ProfiNet网络集成（其他设备和系统也支持ProfiNet通信协议）

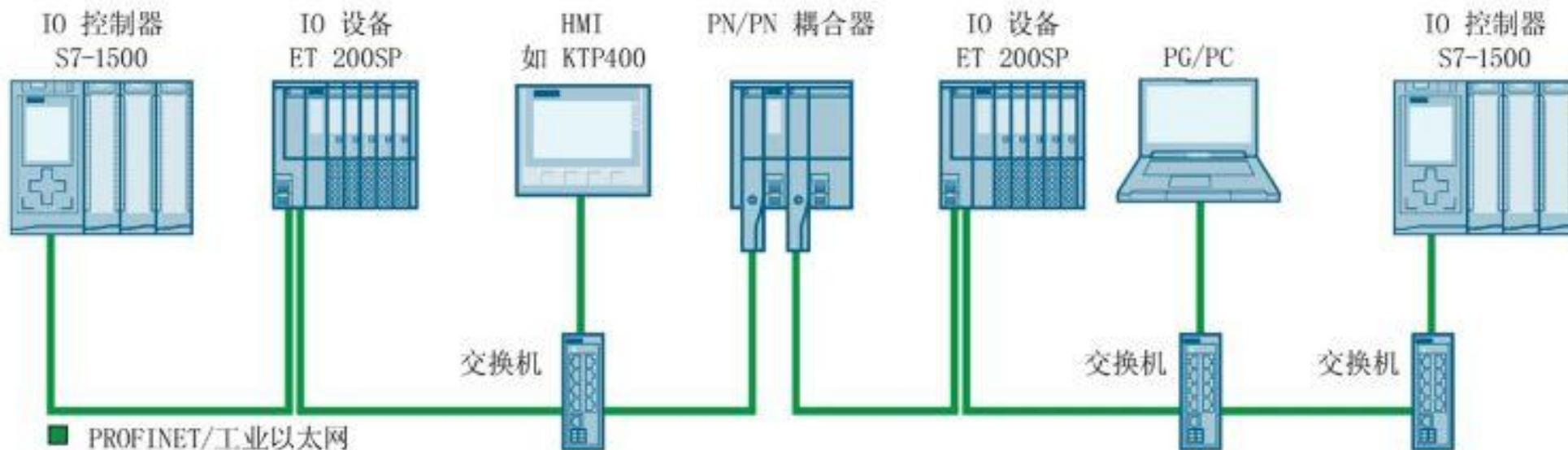


(2) 通过PROFIBUS DP网络集成

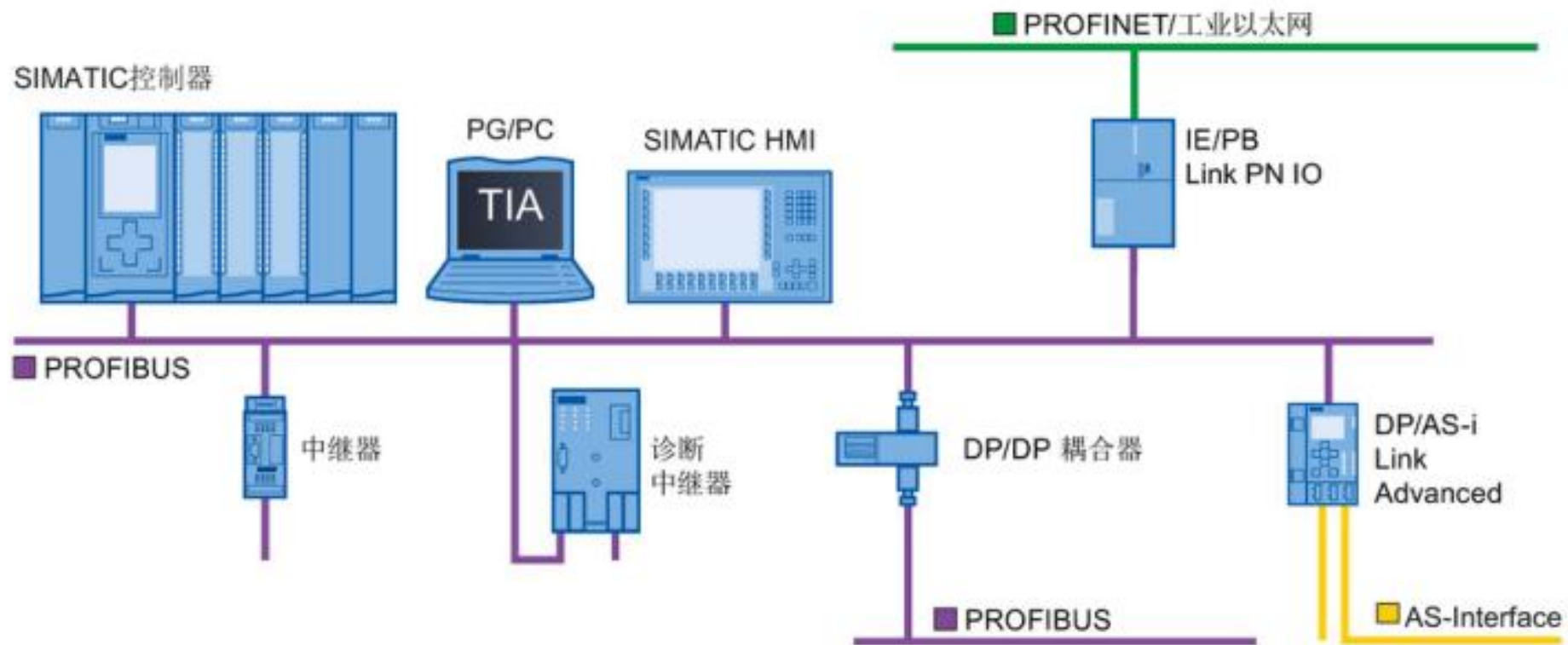


4、其他控制系统的集成

(1) 两个不同的S7-1500系统，可通过PN/PN Coupler实现两个不同以太网子网进行数据交换



(2) ProfiNet控制系统与Profibus控制系统之间，可通过IE/PB LINK 网关两种网络类型的系统，实现二者的数据交换。



(3) 两个不同的Profibus系统之间，可通过DP/DP Coupler连接，实现二者的数据交换。

(4) 通过DP-AS-I网关可以连接带有as-interface通信芯片的智能传感器/执行器。

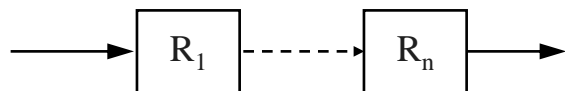
(1) 单元的可靠度

单元设备在规定的环境温度、湿度、振动和使用方法及维护措施等条件下，在规定的工作期限内，设备无故障地发挥规定功能的概率。

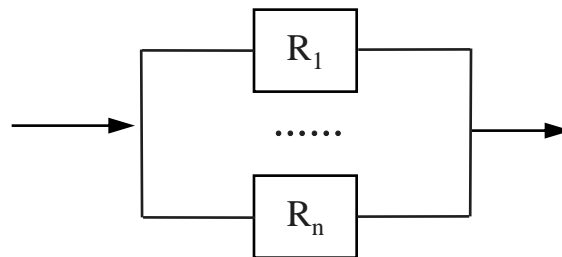
(2) 系统的可靠性

除了与构成系统的子系统或元器件的可靠度有关，还与系统构成方式有关

一个失效
系统失效



$$R_{\text{串}} = R_1 \cdot R_2 \dots R_n$$



全部失效
系统失效

$$R_{\text{并}} = 1 - (1 - R_1) \cdot (1 - R_2) \dots (1 - R_n)$$

并联连接可以提高系统可靠性！【冗余】

为了保险起见，采取两套同样独立配置的硬件、软件或设计等，保证在其中一套系统出现故障时，另一套系统能立即启动，代替工作。

一套单独的系统也许运行的故障率很高，但采取冗余措施后，在不改变内部设计的情况下，这套系统的可靠性立即可以大幅度提高。



(3) 系统的安全性

□ 冗余设计的几种结构形式：

◆ 1oo1 (“oo” —out of) : 将1个信号连接到模块的一个通道 (非冗余)

◆ 1oo2 (二取一) : 设计双机, 能够切换运行 (单机保证安全, 双机保证可靠)

冗余方式: 冷冗余, 热冗余, 温冗余.....

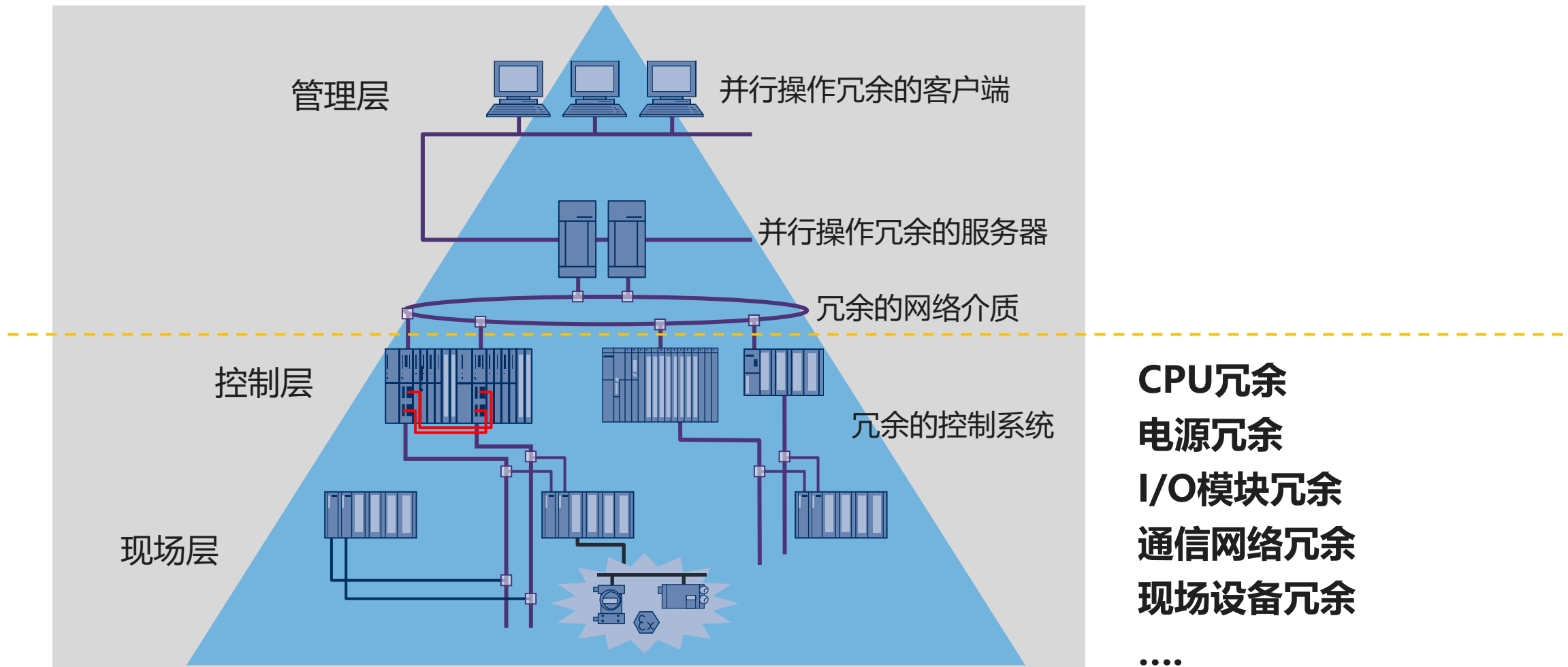
◆ 2oo2 (二取二) : 由两个功能完全相同的单元构成, 且仅当两个单元取得一致时才能执行规定的功能, 否则导向安全状态, 以避免风险, 典型的最基本的安全性基本冗余结构。如I/O

◆ 2oo3 (3取二)

□ 可靠度: $1oo2 > 2oo3 > 2oo2$

□ 安全度: $2oo2 > 2oo3 > 1oo2$

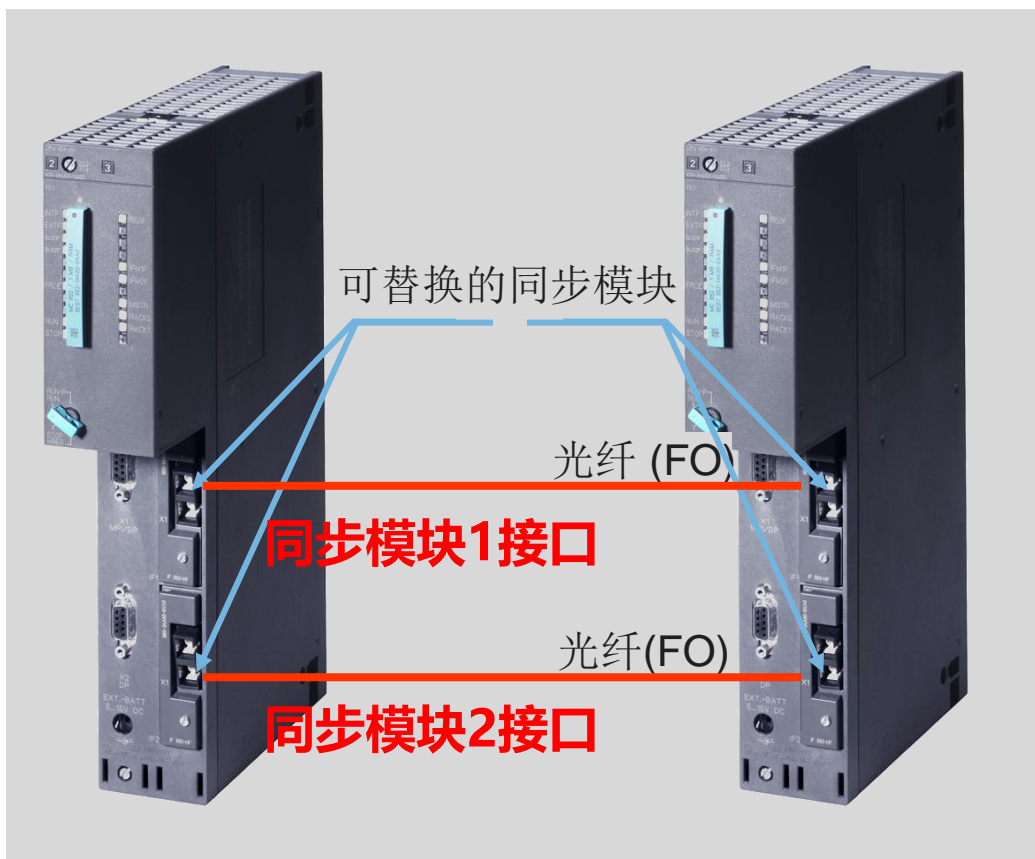
(4) 控制系统的冗余设计



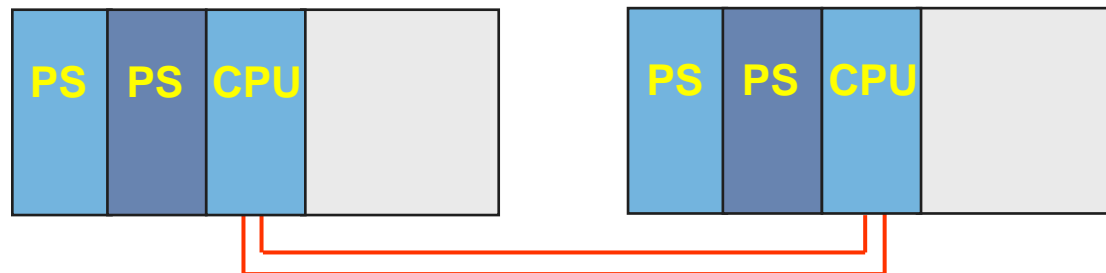
(5) 西门子PLC系统的冗余设计

部分S7-400CPU、1500CPU支持冗余设计，如S7-400H，I/O可实现2oo2冗余

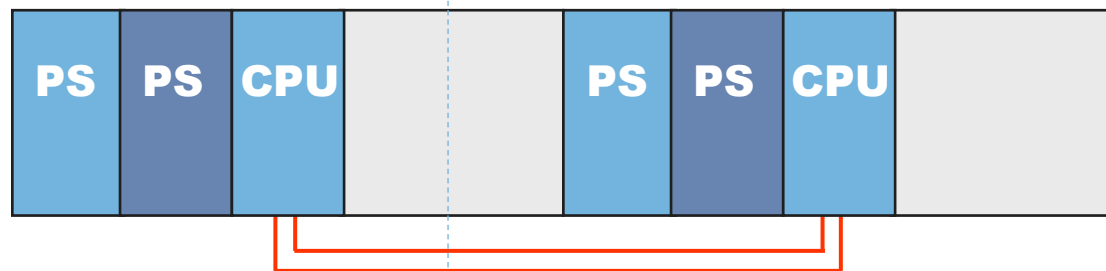
□ CPU的冗余配置方式



Redundant power supply (PS) optional

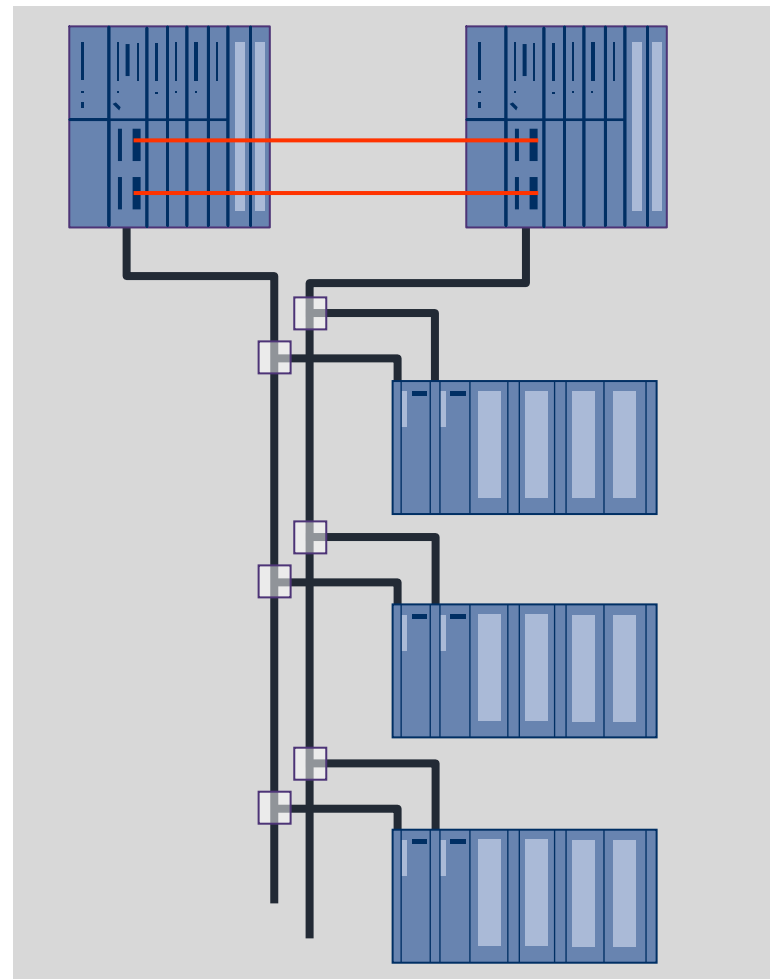
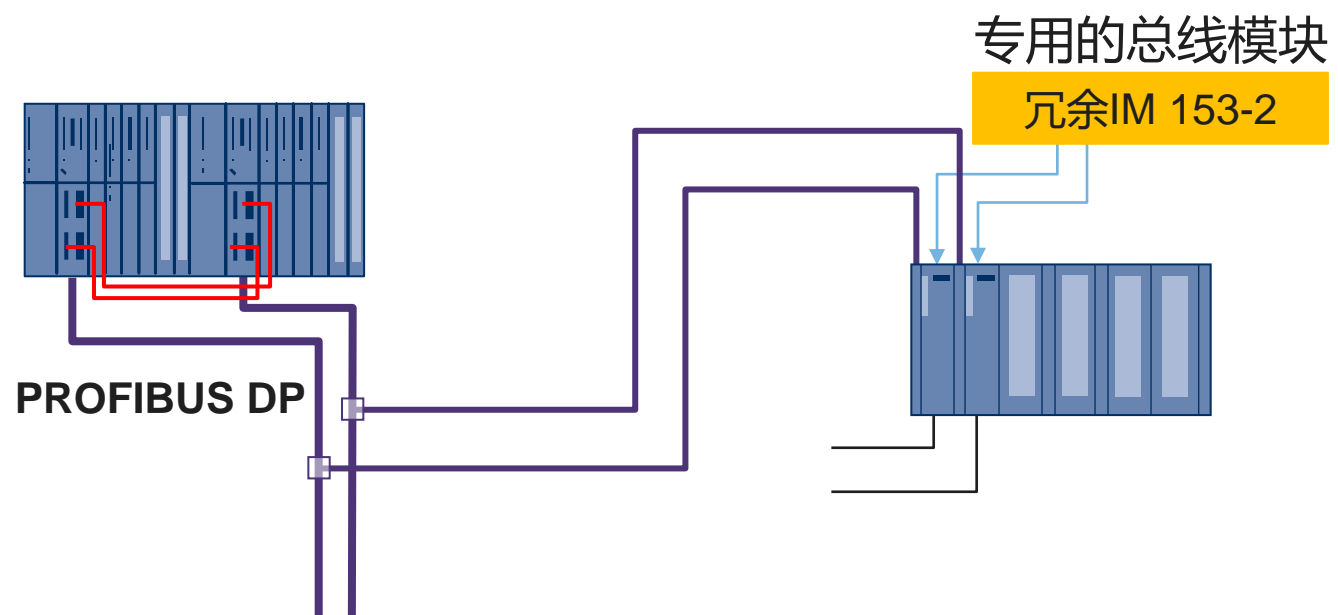


2个标准的机架



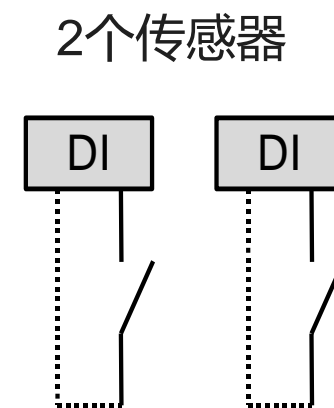
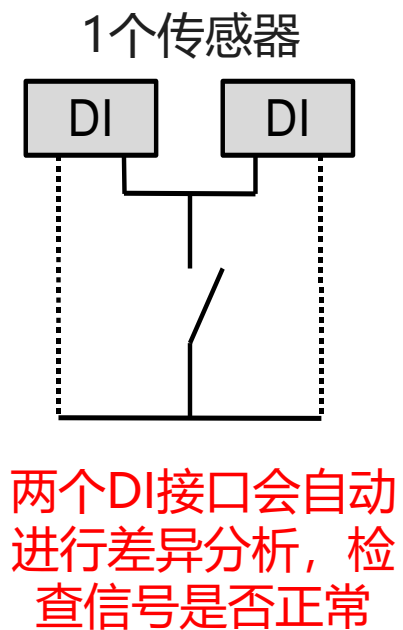
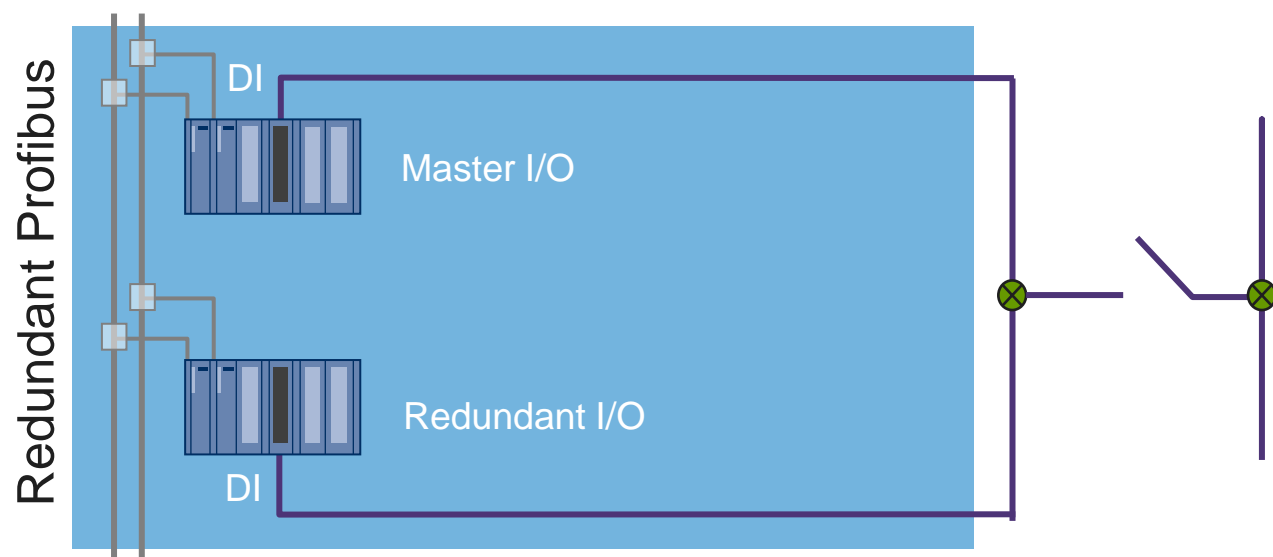
H型机架 (同一机架)

□ I/O的冗余配置方式

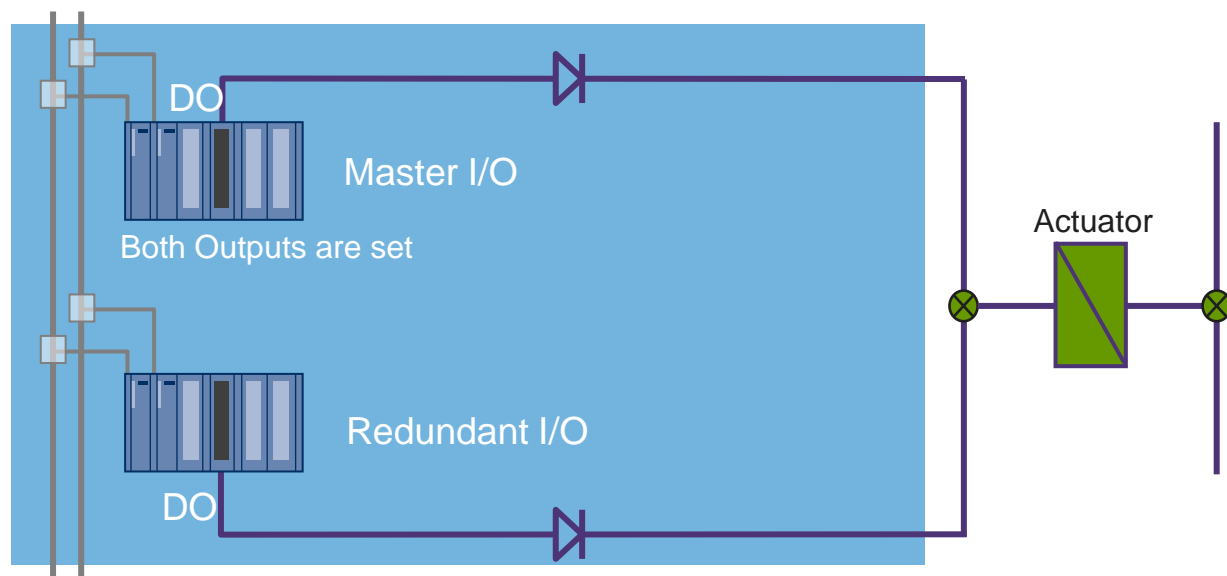


□ I/O的冗余连接

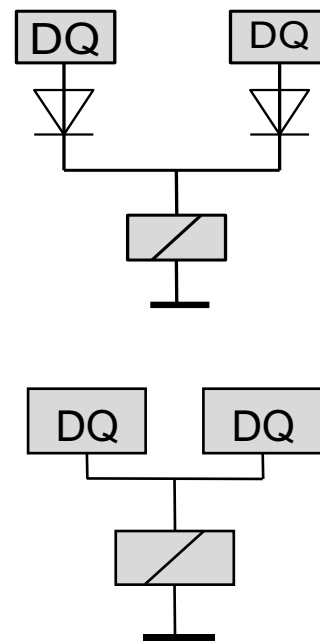
➤ 冗余的数字量输入 (DI)



➤ 冗余的数字量输出 (DO)



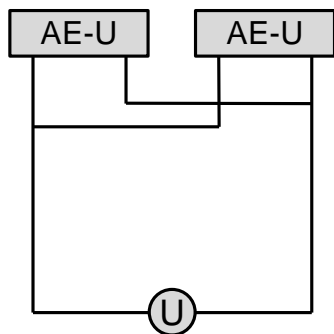
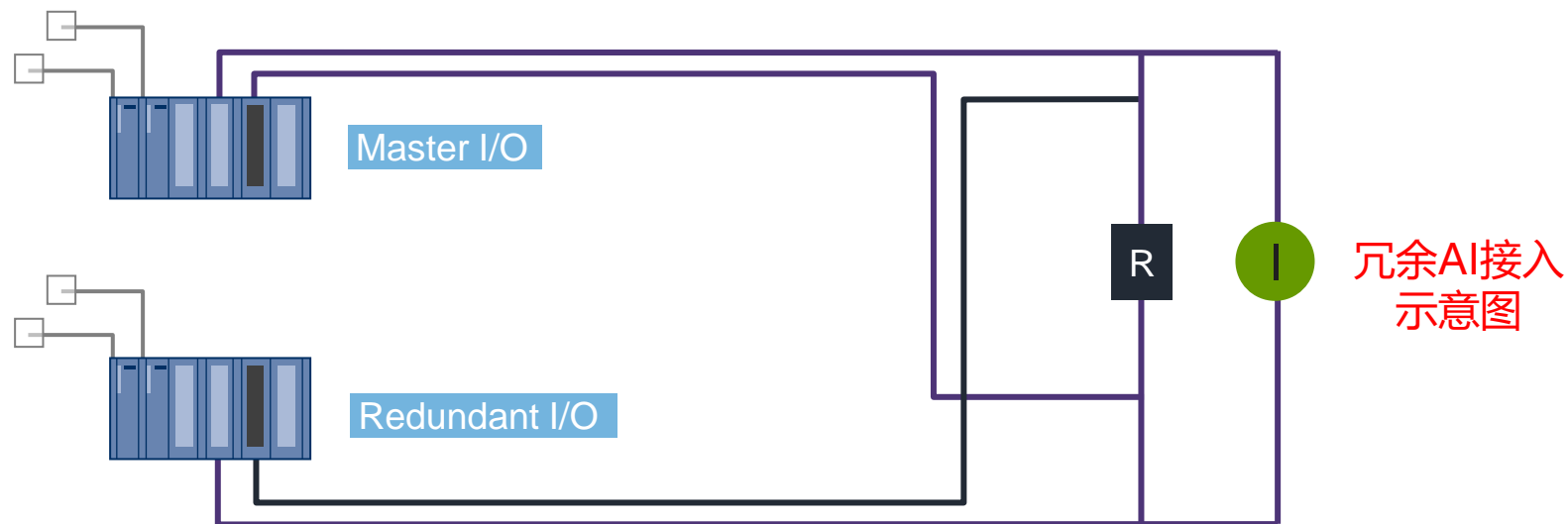
使用外部二极管进行互连



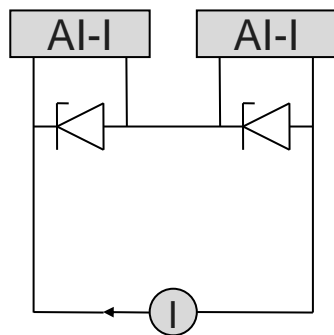
不使用外部二极管进行互连

通过并联两个DO模块的两个输出（2选1组态），系统自检查DO模块通道是否出现异常和不一致，从而可以实现最终控制元件的容错控制

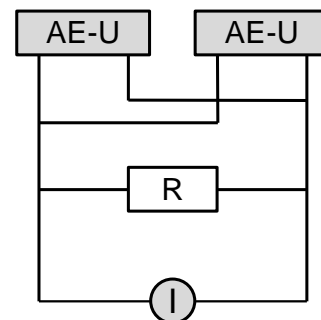
➤ 冗余的模拟量输入 (AI)



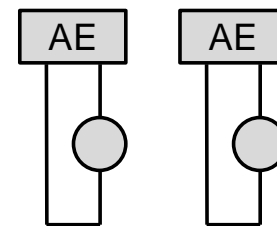
电压测量



直接电流测量

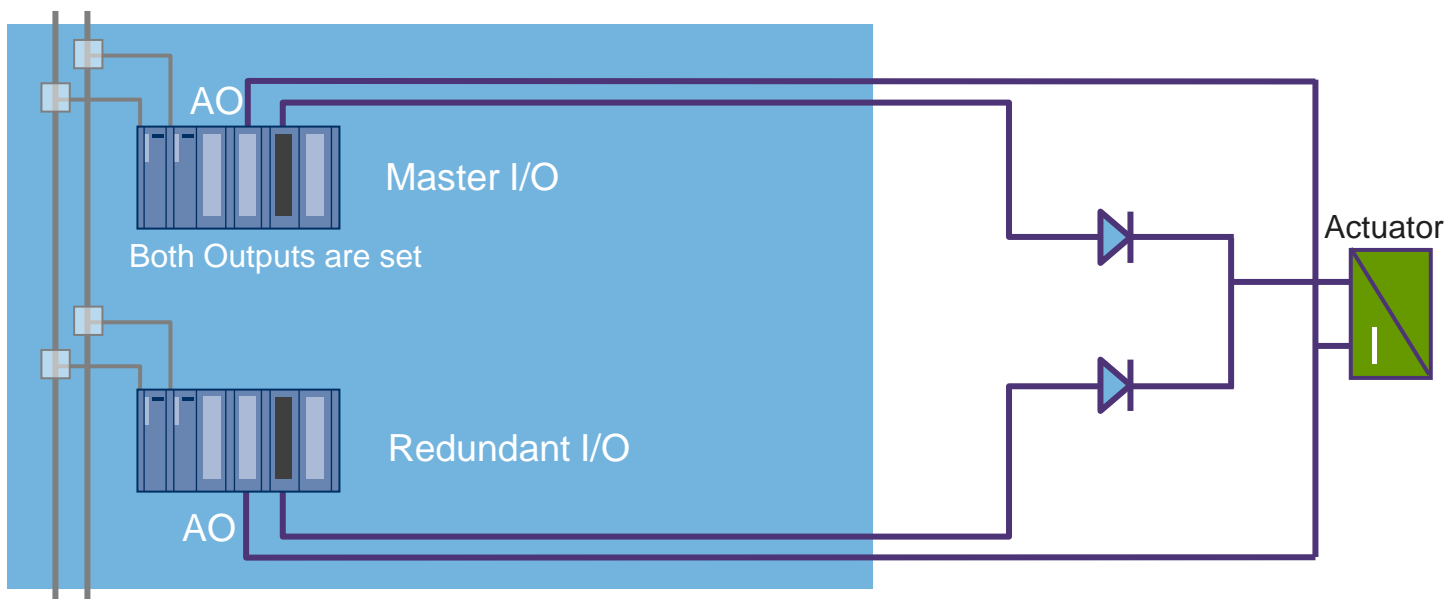


间接电流测量
 $I \rightarrow U$



冗余传感器

➤ 冗余的模拟量输出 (AO)



通过并联两个AO信号，实现最终控制元件的容错控制（2选1结构）

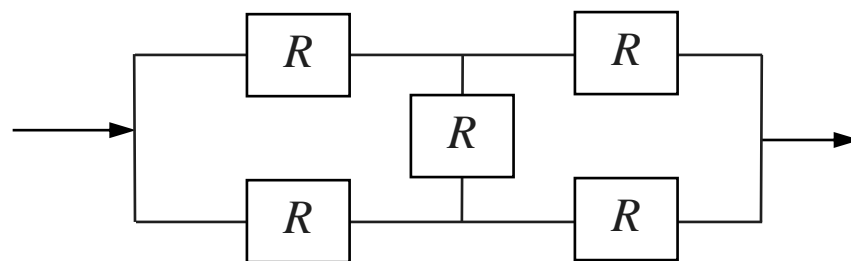
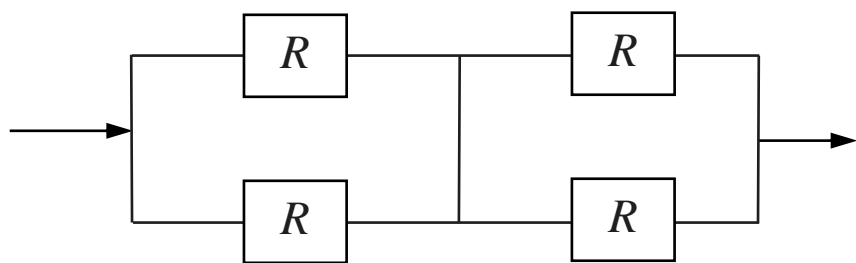
输出值除以2，两个模块各输出一半值。

如果其中一个模块出现故障，则故障会被检测出来，另一个模块就会输出完整的值。

这样，因错误而在输出模块上引起的电涌不会太高。

拓展作业（可做可不做，建议做）：

请分析以下两个系统的可靠度（各单元为断路失效，各单元可靠度 $R=0.8$ ）。





Thank You