

## 2026 年 CIMC“西门子杯”中国智能制造挑战赛

## 智能制造创新研发类赛项：工业硬件研发方向

## 题目 1：远程分布式 I/O 系统设计

## 方案评分表（拟定）

为了专家在对参赛队伍方案进行评审时应用统一标准，体现公平公正，制定此初赛评分表。主要在以下方面对参赛队伍方案进行评审，评审规则如下表所示。

序号	评分项	方案表现	满分	实际得分	
1	硬件	结构适配	接口模块电路板可以稳定安装在外壳内，无松动	5	
2			接口模块的输入输出电气接口通过连接器接到外壳外部，这些接口包括：电源、接地、扩展、RJ45	2	
3			扩展模块电路板可以稳定安装在外壳内，无松动	5	
4			扩展模块的输入输出电气接口通过连接器接到外壳外部，这些接口包括：电源、接地、扩展、IO、IO 需要的电源	2	
5			系统上电、运行、故障、IO 输入输出、以太网通信有 LED 指示，该 LED 指示可在不破坏或拆卸结构的情况下从外部清晰观察到	4	
6		接口模块	外部 24V DC 供电，供电范围：18-36V DC 内能正常工作	1	
7			实现 100Base-T RJ45 以太网接口，与西门子 S7-1200 或 S7-1500 PLC 实现互通	1	
8			通过连接器实现与扩展模块的通信	1	
9		数字量扩展模块	实现 8 位晶体管数字量输入	1	
10			具备至少 4 路数字量输入通道可以输入脉冲频率不低于 100Khz 的脉冲序列，输入脉冲计数误差不超过 0.1%	3	
11			实现 8 位晶体管数字量输出	1	
12			具备至少 4 路数字量输出通道，其输出脉冲频率不低于 100Khz，同时输出脉冲计数误差不超过 0.1%	3	
13			具备至少 2 路数字量输出通道，可以输出 PWM 波	3	

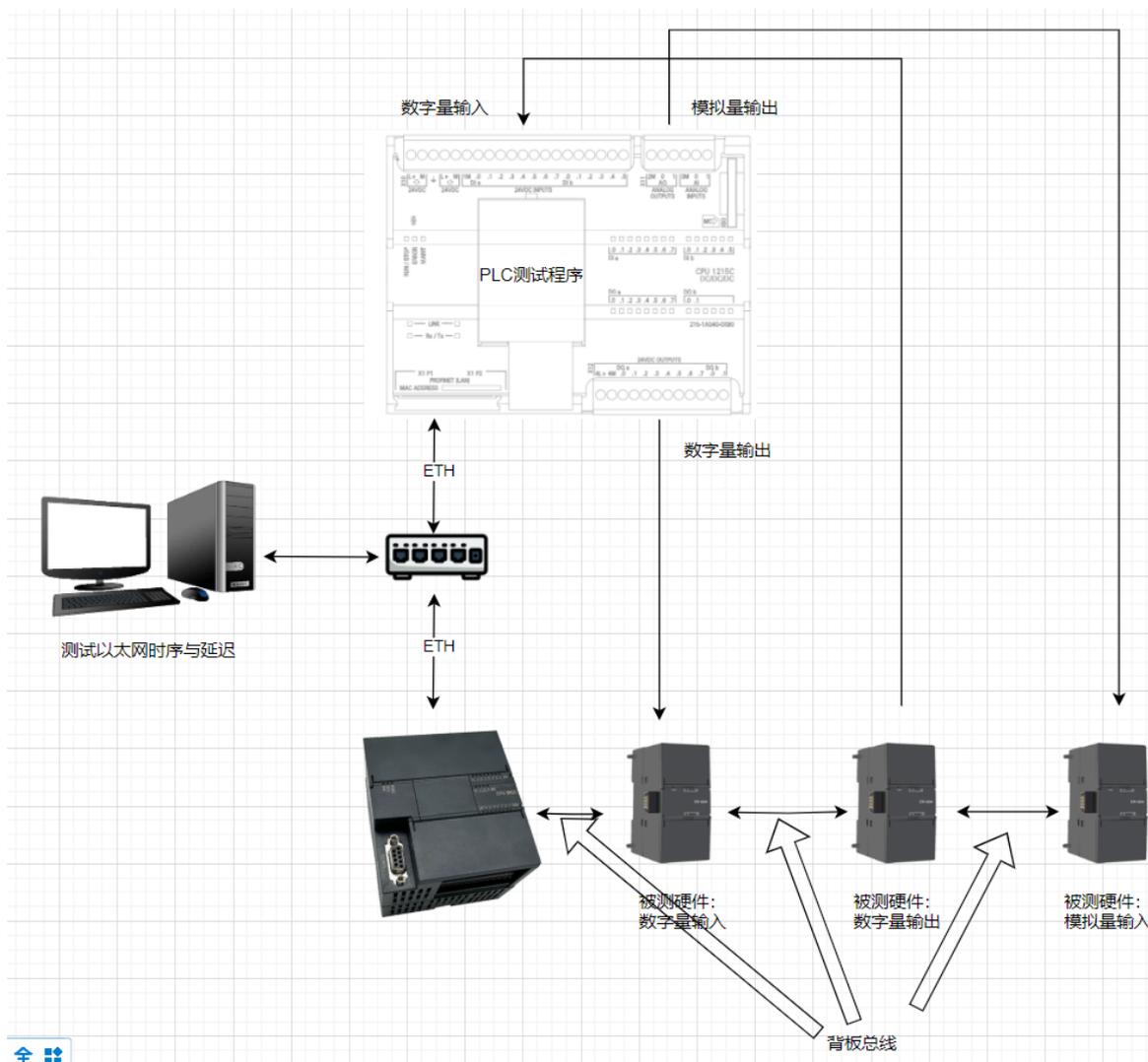
14	软件		通过连接器实现与接口模块和其他扩展模块的通信	1		
15			能根据扩展接口接收到的接口模块转发来的 PLC 输出指令，输出数字量信号	1		
16			能将输入的数字量信号通过扩展接口传输给接口模块以转发给 PLC	1		
17			可以实现最少 4 个扩展模块（必须包含全部 3 种扩展模块）与接口模块的互联	2		
18		模拟量扩展模块	实现至少 2 路模拟量 0~10 V 输入	6		
19			模拟量端子在无输入情况下，漂移不超过±3%，漂移越低，得分越高	3		
20			模拟量输入检测精度不低于实际输入的 5%，精度越高得分越高	5		
21			模拟量输入检测速度（含全部通信时延）不低于 100ms，时延越低得分越高	5		
22		Modbus TCP 协议		实现 01 命令字，实现对 1-9999 地址的随机读访问	0.5	
23				实现 02 命令字，实现对 10001-19999 地址的随机读访问	0.5	
24				实现 03 命令字，实现对 40001-49999 地址的随机读访问	0.5	
25				实现 04 命令字，实现对 30001-39999 地址的随机读访问	0.5	
26				实现 05 命令字，实现对 1-9999 地址的随机写访问	0.5	
27				实现 06 命令字，实现对 40001-49999 地址的随机写访问	0.5	
28				实现 08 命令字的 0，10 号子功能码	2	
29				实现 15 命令字，实现对 1-9999 范围内的任意多个地址的随机写访问，访问长度 2-1024（具体根据接入的扩展模块数与 IO 数量决定）	1	
30				实现 16 命令字，实现对 40001-49999 范围内的任意多个地址的随机写访问，访问长度 2-120（具体根据接入的扩展模块数与 IO 数量决定）	1	
31				通信配置	接收报文与发送报文的间隔时间固定（波动不超过±10%）且 PLC 可配置	7
32		经济性		得分=（各队最低成本/本队成本）× 15	15	

			<p>最终成本=物料总价+PCB 价格+装配成本</p> <p>其中,</p> <p>1.物料总价: 根据参赛队提交的 BOM 清单, 以立创商城的器件价格计算物料总价。如果立创商城没有的器件, 以给供应商的采购合同与付款凭证为依据计算物料总价</p> <p>2.PCB 价格: 板层数*板面积 (平方厘米) /5 计算价格</p> <p>3.装配成本: 贴片点数*0.017+插件点数*0.1</p>		
33	整体技术水平		技术门槛、可生产性、可维护性、易用性、扩展性等	15	
34	ESD 防护	加分项	暴露金属接口 (包括跟与电源、PLC、各个扩展板相互互联) 在断电情况下能耐受±8 kV 空气放电, 放电完成以后能正常工作	10	
35			暴露金属接口 (包括跟与电源、PLC、各个扩展板相互互联) 在断电情况下能耐受±2 kV 接触放电, 放电完成以后能正常工作	10	
	合计			120	

## 推荐的验证测试与案例说明

### ● 测试环境

下面是一套示例的测试环境。具体测试环境，各个队伍可以根据自身情况自己决定。



## ● 测试案例

### 1、结构适配测试（测试得分项 1, 2, 3, 4, 5）测试步骤：

- (1) 拿起装配完成的接口与数字量模块，在空中沿 6 个方向进行摇晃，观察是否有异响、撞击、器件松脱。
- (2) 观察各个模块的电气接口是否都通过连接器引出到外部，可以接线测试。
- (3) 对系统上电、下电、输入输出数据，从外部观察是否有 LED 显示系统状态的变化。

### 2、基本电气测试（测试得分项 6, 10）测试步骤：

- (1) 接通 24V 电源观察有无异常状况。
- (2) 通过可调电源分别调节供电电压至 18V 和 36V 观察模组工作状态是否正常及 LED 输出是否正常。

### 3、互通性测试（测试得分项：7, 8, 18）测试步骤：

- (1) 运行 PLC 的 Modbus TCP 通信程序，检查是否与被测模组实现了 Modbus TCP 通信，PLC 是否报错。
- (2) 强制 PLC 与被测模组相连的数字量输出引脚输出 0 或者 1，观察通过 Modbus TCP 接口读到的被测模组的对应输入是否与强制输出引脚的值一致。
- (3) 级联 4 个扩展模块，重复上面的 i, ii 项，观察各个模块的输入是否与 PLC 输出一致。其中模拟量输入值以跟模拟量输出值的误差 $\pm 5\%$ 为判定误差上限。在输出值 $\pm 5\%$ 内的，判定为一致。

### 4、Ethernet 总线配置测试（测试得分项 7, 8, 31）测试步骤：

通过 PLC 配置接收于发送报文的间隔时间固定。通过示波器抓取多组间隔数据于配置参数进行比较，波动应不超过 $\pm 10\%$ 。

### 5、脉冲输出测试（测试得分项：7, 8, 11, 12）测试步骤：

运行 PLC 高速脉冲计数程序，通过 Modbus TCP 通信协议控制模组向 PLC 发送不超过 100 kHz 的高速脉冲信号（脉冲频率及数量由 PLC 指定），统计模组发出和 PLC 接收到的脉冲数

量其误差不应超过 0.1%。

#### 6、脉冲输入测试（测试得分项：7，8，9，10）测试步骤：

运行 PLC 高速脉冲输出程序，通过 PLC 向模组发送不超过 100 kHz 的高速脉冲信号，统计 PLC 发出和模组接收到的脉冲数量其误差不应超过 0.1%。

#### 7、PWM 输出测试（测试得分项：13）测试步骤：

- (1) 运行 PLC 程序，向特定 IO PWM 输出地址写入对应输出值。
- (2) 用示波器测试输出波形的占空比是否与 PLC 值一致。
- (3) 改变 PLC 输出值，观察输出波形的占空比是否变为与新的 PLC 值一致。

#### 8、模拟量输入测试（测试得分项：18~21）测试步骤：

- (1) 运行 PLC 程序，用 Modbus TCP 总线读取模拟量输入值在无输入情况下的数值。
- (2) 运行 PLC 程序，向 PLC 的模拟量输出地址写入对应输出值。
- (3) 用 Modbus TCP 总线读取被测系统的模拟量输入值是否与 PLC 模拟量输出值一致，计算其误差偏差比例。
- (4) 通过定时器按照一定的时间间隔改变 PLC 模拟量输出值，观察 ModbusTCP 总线读取到模拟量输入值是否与的 PLC 值一致，时延是否满足相应的得分要求。

#### 9、Modbus TCP 协议栈测试（测试得分项：22-30）测试步骤：

运行 PLC 的 Modbus TCP 通信程序，检查是否实现以下功能。

- (1) 实现 01、05 和 15 命令字：
  - a) 将被测模组数字量输出与 PLC 输入连接。
  - b) 控制被测模组的数量输出 0 或者 1，查看 PLC 输入是否与模组输出一致。
  - c) 修改代码，将 8 位数字量输出的 Modbus 地址改为 1-9999 地址空间内的任意其他地址，重新下载程序。
  - d) 用 PLC 程序分别通过 05 和 15 命令字对 8 位数字量输出地址进行写入，同时通过 01 命令字读取输出地址并确认是否与 PLC 通过 Modbus 命令写入值及 PLC 输入一致。

(2) 实现 02 命令字，

a) 控制 PLC 与被测模组相连的数字量输出引脚输出 0 或者 1。

b) 读取数字量输入的 Modbus 地址值，确认是否与 PLC 输出值一致。

c) 修改代码，将 8 位数字量输入的 Modbus 地址改为 10001-19999 地址空间内的任意其他地址，重新下载程序。

d) 用 PLC 程序读取新的 Modbus 地址数值，确认是否与 PLC 输出值一致。

(3) 实现 03、06 和 16 命令字，

a) 分别通过 Modbus TCP 通讯程序的 06 与 16 命令字对 40001-49999 地址进行 1-120 不同长度的随机数值写入。

b) 在模组调试软件中检查是否接收到输入。

c) 通过 Modbus TCP 通讯程序的 03 命令字读取写入值的地址确认与写入值是否一致。

(4) 实现 04 命令字，通过 PLC 的 Modbus TCP 通讯程序对 30001-39999 地址的随机读访问检查是否出现报错。

(5) 实现 08 命令字的 0 号子功能码，通过 PLC 的 Modbus TCP 通讯程序发送 08 命令字的 0 号子功能码检查是否准确回复。

(6) 实现 08 命令字的 10 号子功能码，运行 PLC 的 Modbus TCP 通讯程序，发送 08 命令字的 10 号子功能码对应格式的数据，观察接收数据是否准确。