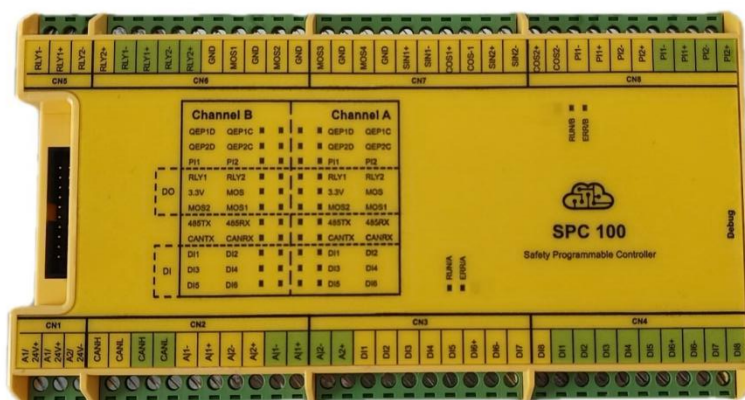


SPC-PP-001 USER MANUAL

<通用型安全控制器 SPC100>

<用户手册>



文档声明

<为求准确，本手册已经过验证和复审。本手册包含的指导和描述对出版时的 **SPC100** 通用型安全控制器是准确的。但是以后的 **SPC100** 控制器及其手册可能变动，恕不另行通知。对直接或间接地由于产品与手册之间的错误、遗漏或差异而引起的损害，若慧电子科技（上海）有限公司不承担任何责任。>






本文为若彗电子科技(上海)有限公司财产, 包含该公司的商业秘密。
对本文任何未经授权的使用和传播都是严格禁止的。

历史记录

版本号	编写日期	拟稿	描述
V1.00	2023-06-20	Kevin Zhang	初版
V1.01	2023-08-10	Kevin Zhang	增加说明

1. 标签说明

本文档会使用到以下标识，用以关键点注释以及危险警告：

标识	含义	详细说明
	重要信息	安全相关的使用指导和信息
	提醒	补充说明或使用建议
	警告	下一步动作前需注意的事项
	禁止	不可采取的行为措施
	必要	必须采取的行为措施

2. 产品介绍

2.1 产品简介

SPC100 通用型安全模块，是以各类移动机器人安全需求为核心，结合移动机器人实际使用场景，所设计的安全型控制器；

产品拥有丰富的接口：控制(DI, DO)，编码器(增量式，正余弦)，模拟采集(AI)，脉冲输入(PI)，通信(CAN, 485)；

经过安全等级 SIL 3/PL e 验证，经过 CE 认证与功能安全认证，适用于各类移动机器人，如 AGV，AMR，无人叉车，商用服务机器人，商用清洁机器人等。

2.2 产品特性

- 通过安全控制器的功能安全认证
- 硬件满足双回路设计，采用 Cortex-M4 MCU
- 具有开机功能自检，运行自检，交叉互检功能，保证运行的安全
- 硬件功能由 API 配置，可以灵活地配置为 Cat.2 或者 Cat.3 的安全功能
- 用户定义的安全控制逻辑，可以通过 USB 接口导入安全控制模块
- USB 接口可以导出运行数据和事件

证书类别	测试/评估标准
功能安全	IEC61508-1~7
	IEC62061
	ISO13849-1/2
电磁兼容	IEC61000-6-2/4/7
安规	IEC61010

2.3 主要技术参数

电气参数	工作电压	24VDC(18~28VDC)
	内部功耗	<2.5W (空载)
	供电类型	PELV or SELV
	配置和诊断方式	USB(Micro-USB 接口)
	硬件资源	DI: 8*2 DO-RLY: 2*2 DO-MOS: 4 AI: 2*2 PI2*2 QEP: 2
结构参数	尺寸	182*100*47mm
	连线方式	螺丝端子
环境参数	防护等级	IP20
	工作温度	-25℃~+55℃
	存储温度	-25℃~+70℃
	存储湿度	10%~90%, 无凝水

Note1: 最多支持 12 个安全类型的 DI。其中 2 个为安全 AI 复用为安全 DI; 2 个为安全 PI 复用为安全 DI

Note2: 最多支持 4 个安全类型的编码器。其中 2 个为安全 PI 复用为安全编码器接口

Note3: PI 接口的驱动电流需要大于 10mA

2.4 安全相关参数

安全完整性等级 (safety integrity level, SIL)	SIL3 (IEC 62061)
性能等级 (performance level, PL)	PLe (ISO 13849)
架构 (Category)	CAT.3 (ISO 13849) HFT=1(1oo2D)(IEC61508/IEC62061)
每小时危险失效概率 (mean probability of a dangerous failure per hour, PFH _D)	2.84x10 ⁻⁹
任务时间 (time mission, TM)	60.89Years
安全状态 (safe state)	DO Relay Output: Open Circuit DO MOS Output: High Impedence or Switch Off The MOS Output COM CAN/RS485: Send Out Alarm Information or Stopping Send Message

--	--

2.5 订货号

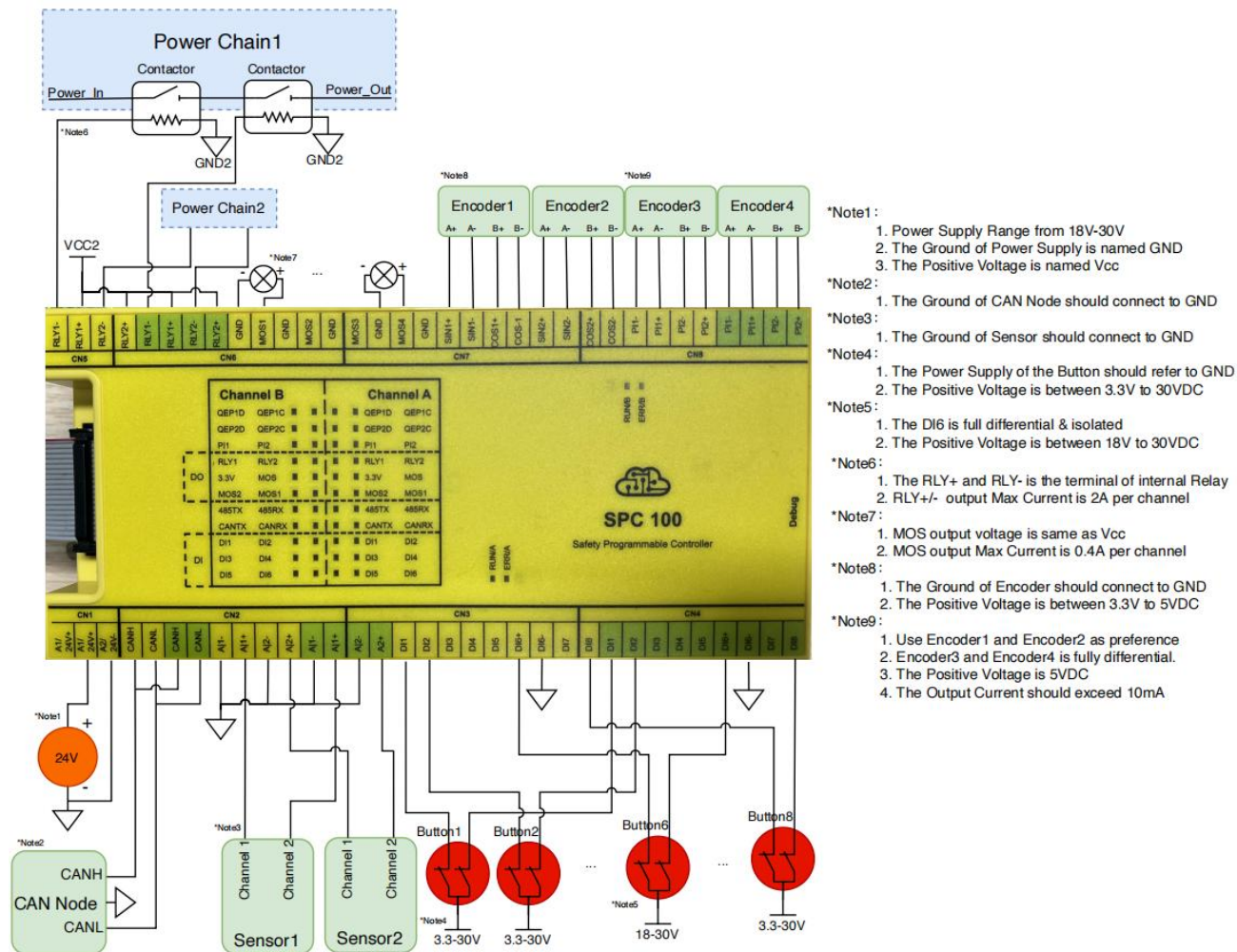
序号	订货号	产品名称	产品型号	备注
1	6100	通用型安全控制器	SPC100	

2.6 资源介绍

电源	24VDC 供电，输入电压范围支持 18Vdc – 30Vdc
DI 输入	A/B 通道各提供 8 路 DI 输入，支持 2 种配置方式： 可配置成双通道 DI 接口，最大支持 8 路安全输入 DI，且满足 Cat.3 / HFT=1 或配置成单通道输入接口，最大支持 16 路 DI，此配置为非安全型输入接口使用
编码器输入	A/B 分别提供一路正余弦输入接口，满足电机安全控制相关应用
PI 输入	A/B 通道各提供 2 路 PI 输入接口，可配置成 2 路冗余的安全 PI 输入，或 4 路非安全型 PI 输入
AI 输入	A/B 通道各提供 2 路 AI 输入接口，输入电压范围 0-30V，可配置成 2 路冗余的安全 AI 输入，或 4 路非安全型 AI 输入
MOS 输出	A/B 通道各提供 4 路 MOS 型 DO 输出接口，且任一路 MOS 单独使用可满足 Cat.3 / HFT=1，最大支持 4 路安全型 MOS 输出 DO
继电器输出	A/B 通道各提供 2 路继电器 DO 输出接口，仅当 A&B 组合使用时满足 Cat.3 / HFT=1，单独使用时作为非安全输出接口，此时最大支持 4 路继电器型输出 DO
CAN 输出	A/B 通道各提供 1 路非隔离 CAN 通信接口，满足实际通信需求

各通道接口详细说明请参考《SPC100datasheet》

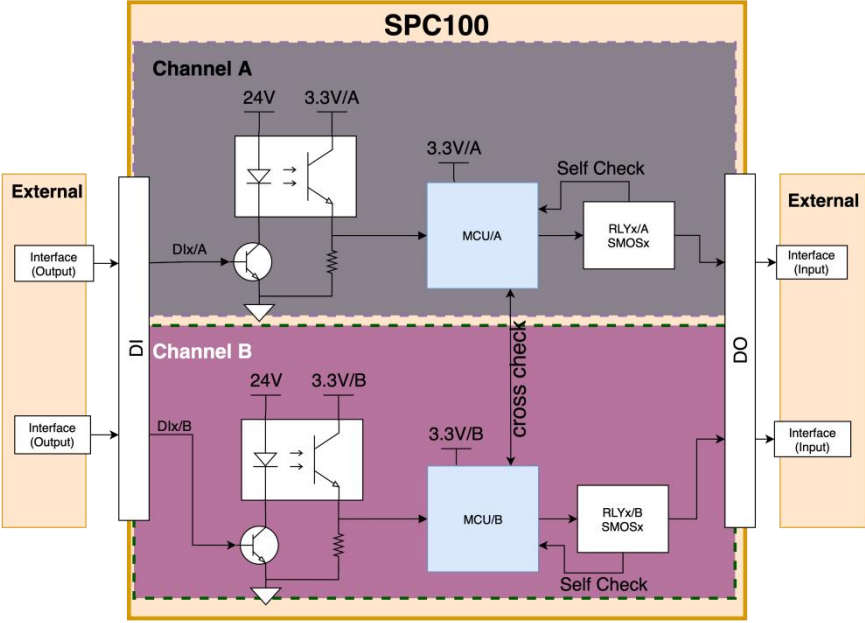
2.7 接线原理图



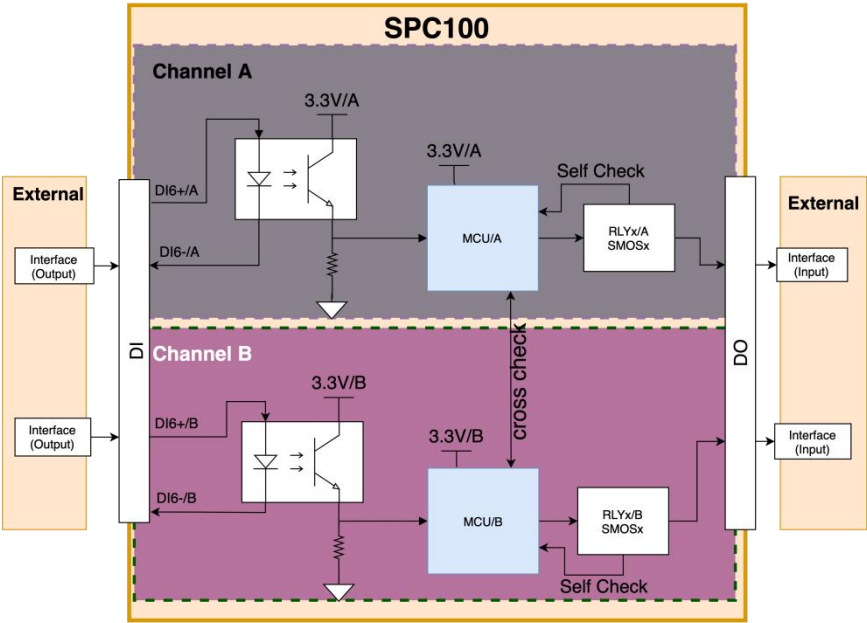
2.8 端口参数

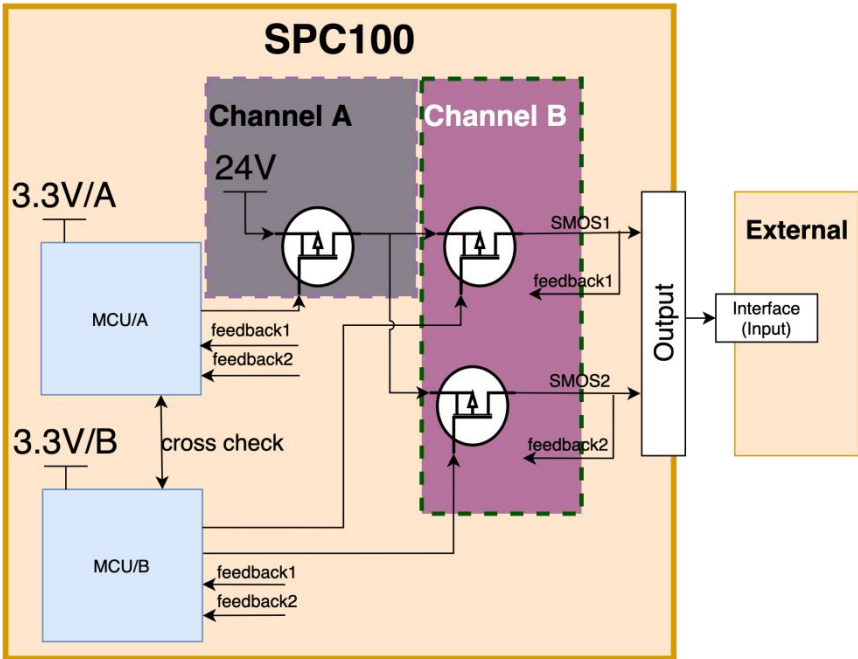
No	功能	数量	电气参数		说明
			电压	电流	
1	数字输入 DI: 单端	7	3.3VDC~30VDC	< 10mA@24VDC	反接保护
2	数字输入 DI: 全差分	1	20VDC~30VDC	< 10mA@24VDC	反接保护
3	输出 DO: 半导体	2	24VDC(accroding to power supply)	< 400mA@24VDC (per channel)	
4	输出 DO: 继电器	2	24VDC(accroding to power supply)	< 5A@250VAC Or < 3A@30VDC	触点材料: AgNi 接触电阻: < 100mΩ

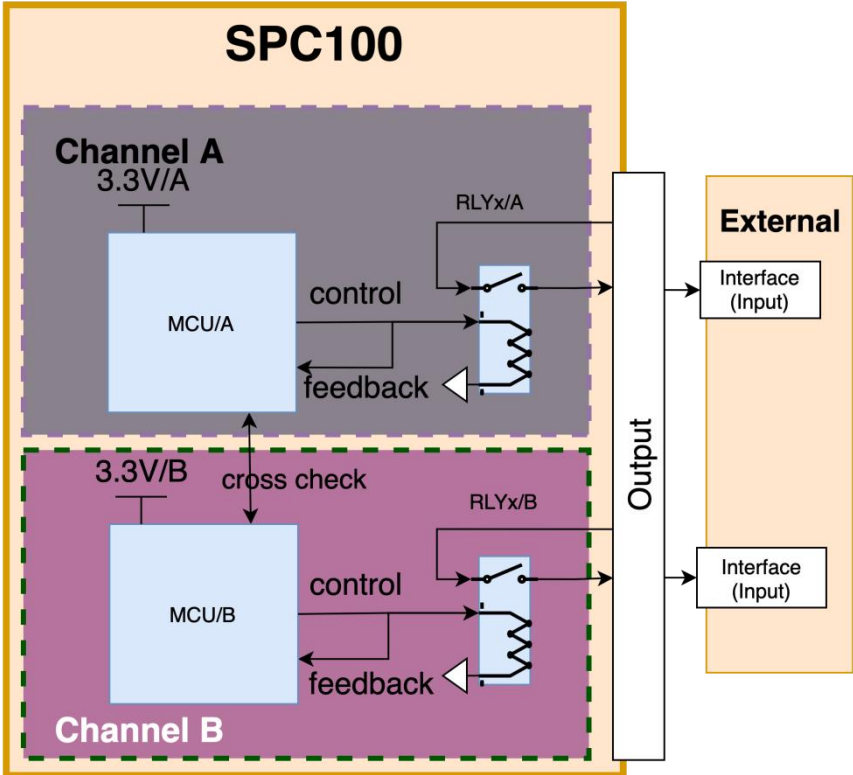
5	模拟输入 AI：差分	2	<30VDC	<1mA@30VDC	
6	编码器：差分	2	3.3V or 5VDC	<1mA@5VDC	Freq ≤ 200KHz
7	高速输入 PI：差分	2	5VDC	<10mA@24VDC	Freq ≤ 200KHz
8	外部数字通信：CAN	1	5VDC	-	最大通信速率：1Mbps
9	外部数字通信：USB 转 UART	1	5VDC	-	板卡内置 USB 转 USART 驱动 IC，可以用于代码升级和输出 LOG

数字输入 DI：单端	参数
数量	7 对
针脚	5.08mm 工业螺丝端子
原理图	<p>DI -> Logic -> DO</p>  <p>Channel A</p> <p>Channel B</p> <p>External</p> <p>Interface (Output)</p> <p>DI</p> <p>DO</p> <p>Interface (Input)</p> <p>External</p> <p>3.3VDC~30VDC</p> <p><10mA@24VDC</p>
电压范围（触发）	3.3VDC~30VDC
输入电流	<10mA@24VDC

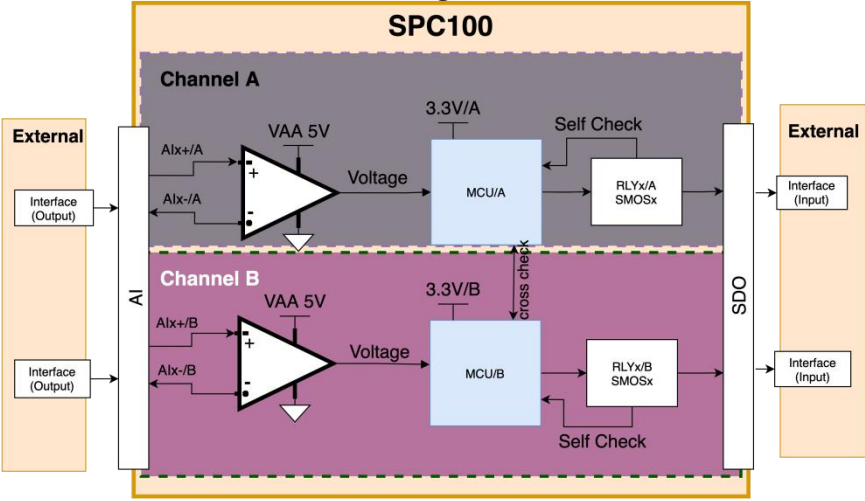
数字输入 DI：全差分	参数
数量	1 对
针脚	5.08mm 工业螺丝端子

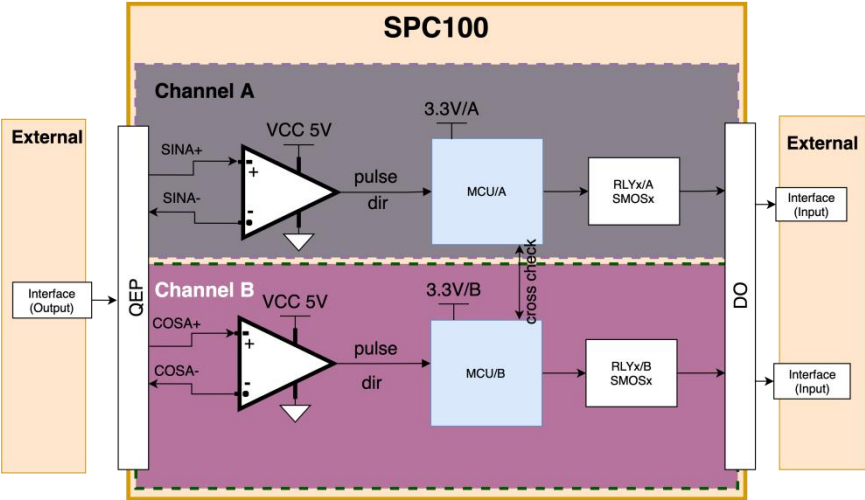
原理图	<p>DI -> Logic -> DO</p> 
电压范围（触发）	20VDC~30VDC
输入电流	<10mA@24VDC

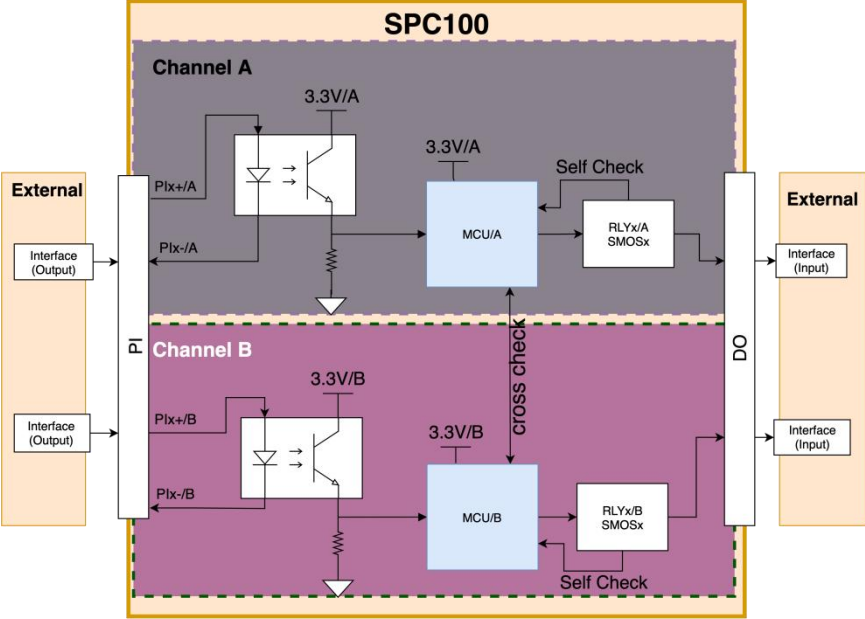
输出 DO：半导体	参数
数量	4 组
针脚	5.08mm 工业螺丝端子
原理图	<p>Logic -> MOS</p> 
输出电压范围	24VDC(accroding to power supply)
最大输出电流	<400mA@24VDC （per channel）

输出 DO：继电器	参数
数量	2 对
针脚	5.08mm 工业螺丝端子
原理图	<div><p>Logic -> RLY</p><p>The diagram illustrates the internal logic of the SPC100 controller. It features two parallel processing channels, Channel A and Channel B. Channel A includes an MCU/A powered by 3.3V/A, which sends a 'control' signal to a relay (RLYx/A) and receives a 'feedback' signal back. Channel B similarly includes an MCU/B powered by 3.3V/B, sending a 'control' signal to a relay (RLYx/B) and receiving a 'feedback' signal. A 'cross check' line connects the two MCUs. The relays are connected to a common 'Output' bus, which then connects to an 'External' interface block containing two 'Interface (Input)' points.</p></div>
输出电压范围	24VDC(accroding to power supply)
最大输出电流	<400mA@24VDC （per channel）

模拟输入 AI：差分	参数
数量	2 对
针脚	5.08mm 工业螺丝端子


原理图	<div>AI -> Logic -> DO</div> <div></div>
最大输入电压范围	<30VDC
最大输入电流	<1mA@30VDC

编码器：差分	参数
数量	2 组
针脚	5.08mm 工业螺丝端子
原理图	<div>QEP -> Logic -> DO</div> <div></div>
最大输入电压范围	3.3V or 5VDC
最大输入电流	<1mA@5VDC
最大输入频率	Freq ≤ 200KHz

高速输入 PI：差分	参数
数量	2 对
针脚	5.08mm 工业螺丝端子
原理图	<div>PI -> Logic -> DO</div> 

3. 安装说明

3.1 安装前检查

 安装前请检查供电电源、接线是否完整对应，产品状态是否完好、无磕碰。

3.2 外形尺寸

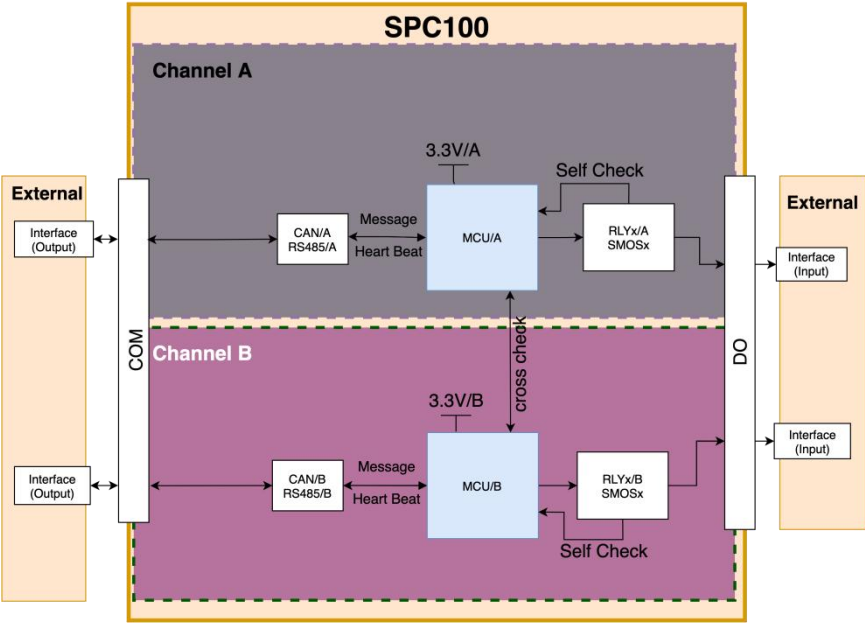
182*100*47mm

3.3 安装方式

! SPC100 采用了工业级可拆卸接线端子，输入侧导线的软铜线截面必须大于 0.85mm²，输出侧必须大于 0.5mm²，导线裸露长度约 10mm。本产品需安装在常规导轨，用宽度不超过 6mm 的螺丝刀插入下端金属卡扣，螺丝刀向上推使金属卡扣向下脱离导轨，轻微向上拔，即可完成拆卸。

4. 通讯端口

4.1 CAN

外部数字通信：CAN	参数
数量	1 对（建议把 SPC100 的两个 CAN 接到一起）
针脚	5.08mm 工业螺丝端子
原理图	<div>COM -> Logic -> DO</div>  <p>The diagram illustrates the internal architecture of the SPC100. It is divided into two main channels, Channel A and Channel B. Channel A contains a CAN/A RS485/A interface connected to an MCU/A, which is also connected to a Self Check block and an RLYx/A SMOSx output. Channel B contains a CAN/B RS485/B interface connected to an MCU/B, which is also connected to a Self Check block and an RLYx/B SMOSx output. A cross check connection exists between the two MCUs. The entire unit is powered by 3.3V/A and 3.3V/B. External interfaces for COM (Output) and DO (Input) are shown on the sides.</p>

5. MTTFD 参数

Table 1, Safety Goal					
Item	Target of Safety Integrity Level and Failure Rate				
	SG	Work Mode [drop-down]	PFD [drop-down]	PFH [drop-down]	SFF
/	SIL 3	Low Demand High Demand / Continuous Working Mode	$10^{-4} \leq X < 10^{-3}$	$10^{-8} \leq X < 10^{-7}$	90%
<p>1, SG: Safety Goal 2, PFH: Average Frequency of Dangerous Failure [h⁻¹] 3, PFD: Probability of Dangerous Failure on Demand 4, SFF: Safety Failure Fraction, the product designed with HFT=1 (1oo2) architecture, so the SFF shall not less than 60%;</p>					

S1 Specify the key safe parameters 确定几个重要的安全参数 [MTTR,MRT,PTI]

Item Description	Parameter	Value
Mean Time To Restoration	MTTR	8
Mean Repair Time (MTTR=MRT=8h)	MRT	8
Proof Testing Interval	PTI	20 years (175200)

S2 Assess the fraction of Common Cause Failure (CCF) 评估共因失效分数

CCF could be assessed referring to the sheet of "CCF Calc.", both β & β_d shall be calculated.

$\beta =$	5.00%	0	$\beta_d =$	1.00%	0
-----------	-------	---	-------------	-------	---

Ident. No	Safety Function Description	Calculation Result for Each Channels						Calculation Result for System / Dual Channels				
		$\Sigma\lambda_s$	$\Sigma\lambda_{dd}$	$\Sigma\lambda_{du}$	$\Sigma\lambda_H$	SFF	MTTFd-ch	Tce	Tge	PFD	PFH	MTTFd-sys
SF01-M	SDI -> Logic -> SDO-MOS	3.45E-07	2.11E-06	4.06E-08	2.26E-07	98.38%	84	833.09	550.36	1.82E-04	2.17E-09	83.79
SF01-R	SDI -> Logic -> SDO-Relay	2.97E-07	2.14E-06	4.40E-08	1.96E-07	98.22%	85	891.60	589.39	1.97E-04	2.36E-09	85.43
SF02	SDI -> Logic -> Data COM	2.64E-07	2.09E-06	4.03E-08	2.06E-07	98.32%	88	837.16	553.07	1.81E-04	2.15E-09	87.78
SF03-M	SPI -> Logic -> SDO-MOS	3.50E-07	2.10E-06	4.05E-08	2.16E-07	98.38%	84	834.71	551.44	1.81E-04	2.16E-09	84.25
SF03-R	SPI -> Logic -> SDO-Relay	3.01E-07	2.13E-06	4.39E-08	1.86E-07	98.22%	86	893.44	590.62	1.97E-04	2.35E-09	85.91
SF04	SPI -> Logic -> Data COM	2.68E-07	2.08E-06	4.03E-08	1.96E-07	98.32%	88	838.81	554.18	1.80E-04	2.15E-09	88.28
SF05-M	Encoder Input -> Logic -> SDO-MOS	3.37E-07	1.94E-06	3.88E-08	2.48E-07	98.32%	89	866.77	572.83	1.74E-04	2.07E-09	88.99
SF05-R	Encoder Input -> Logic -> SDO-Relay	2.88E-07	1.97E-06	4.22E-08	2.18E-07	98.16%	91	929.87	614.92	1.89E-04	2.26E-09	90.84
SF06	Encoder Input -> Logic -> Data COM	2.55E-07	1.92E-06	3.86E-08	2.28E-07	98.26%	94	871.59	576.04	1.73E-04	2.05E-09	93.50
SF07-M	SAI -> Logic -> SDO-MOS	3.56E-07	1.99E-06	3.93E-08	2.48E-07	98.35%	87	856.55	566.01	1.76E-04	2.10E-09	86.64
SF07-R	SAI -> Logic -> SDO-Relay	3.08E-07	2.01E-06	4.27E-08	2.18E-07	98.19%	88	918.26	607.17	1.92E-04	2.29E-09	88.40
SF08	SAI -> Logic -> Data COM	2.75E-07	1.97E-06	3.91E-08	2.28E-07	98.29%	91	861.13	569.06	1.75E-04	2.08E-09	90.91
SF09-M	Data COM -> Logic -> SDO-MOS	3.37E-07	1.91E-06	3.85E-08	2.23E-07	98.31%	91	873.87	577.57	1.72E-04	2.05E-09	91.03
SF09-R	Data COM -> Logic -> SDO-Relay	2.88E-07	1.93E-06	4.19E-08	1.93E-07	98.15%	93	937.92	620.29	1.88E-04	2.24E-09	92.97
SF10	Max. Safety Configurable Function	4.10E-07	2.95E-06	5.22E-08	3.33E-07	98.47%	61	769.07	507.66	2.35E-04	2.84E-09	60.89

6. 安全配置参数

本章对 SPC100 安全控制器内的安全参数进行详细说明，安全参数的参数内容在 SPC100 配置工具内设置。

1. CANOPEN

- **Baudrate**
CAN 的波特率参数，目前 SPC100 安全控制器 CAN 波特率仅支持 250k/500k/1000k
- **ASlave nodeID**
MCUA 的 CANopen 节点 ID，此 ID 不可与 MCUB 的节点 ID 相同
- **ASlave nodeID**
MCUB 的 CANopen 节点 ID，此 ID 不可与 MCUA 的节点 ID 相同
- **Master nodeID**
用户主机节点 ID
- **CheckBeaconTimeout**
用户主机节点的心跳间隔，单位为 ms，参数范围为 0-30000ms，当此参数值为 0 时默认不检查主机心跳，当不为 0 时检查主机心跳，在此间隔内未检测到主机心跳时将产生系统错误，进入系统安全状态。
- **SendBeaconInterval**
SPC100 设备节点发送心跳间隔，单位为 ms，参数范围为 0-30000ms。
- **PdoPeriodicInterval**
CANopen 发送 PDO 数据的时间间隔，单位为 ms，参数范围为 0-30000ms，当此参数值为 0 时，默认为事件发送(当数据状态发生改变时发送一次数据)。

2. SAMPLE INTERVAL

此参数类为采样间隔类，有四个参数需要设置，分别为 SAI、SPI、PI_QEP、SQEP，分别对应模拟输入，脉冲输入，PI 复用为 QEP 时的编码器输入以及编码器输入，参数单位为 ms，参数范围为 10-200ms。

3. FAULT CODE2SS

- **STATUS**
是否使能“当发生硬件故障时进入安全状态”功能，如果使能，当发生硬件故障时将进入系统安全状态，执行默认的安全输出模式。
- **DELAY TIME**
如果 STATUS 参数为使能状态，当硬件故障发生时延迟一段时间后再进入系统安全状态，单位为 ms，参数范围为 0-30000ms。

4. CROSSCHECK DEVIATION

此参数类主要设置互检允许差异范围与互检间隔，SPC100 设备有安全的 SAI、SPI、PI_QEP、SQEP，它们的数据都是一个数值而非一个简单的逻辑值，所以需要给他们的互检设置允许的误差值，误差值由两个参数决定，一个为满量程百分比(Full)x，一个为实时数据百分比(Actual)y，容忍误差值=满量程*x%+实时数据*y%。

如 SAI 的误差允许范围设置, AI 输入满量程为 24V, 如果 x 设为 1, y 设为 3, 则容忍误差值=24*0.01+当前实际输入电压*0.03; 由此可知，当输入电压发生变化时，容忍误差值也会发生变化
此参数类单位为%，参数范围为 1-100。

- **Cross CheckTime**
此参数为互检间隔，单位为 25ms，参数范围 0-200。MCUA 与 MCUB 之间的 CAT3 类的输入会进行周期互检，此参数设置互检周期。

5. SS LEVEL

此参数类主要设置输入资源的架构等级，支持的架构等级为 CAT2/CAT3，在 CAT3 架构下输入会进行互检，当 MCUA 与 MCUB 输入不一致时，产生硬件错误

6. AF

此参数类主要设置输入的复用，SPC100 设备的 PI 输入可以分别复用为 DI 和 QEP 使用，AI 可以复用为 DI 使用；其中 AI1 可复用为 DI9，AI2 可复用为 DI10，PI1 可复用为 DI11，PI2 可复用为 DI12。

7. DEFAULT SS

此参数项设置默认的安全输出模式，SPC100 内有两种安全功能，一种为用户设置的安全功能，一种为系统安全功能，即系统本身检测到故障时也会进入安全状态，当触发系统安全功能(非用户设置)时会执行默认的安全输出。

针对安全输出模式进行解释，SPC100 设备有 6 个输出，分别为 Realy1、Relay2、Mos1、Mos2、Mos3、Mos4，输出模式可选择输入进行绑定，当输出资源被设置为相关(relevant)时，输出与输出模式绑定，当输出模式被调用时，绑定的输出被切断，而没有绑定的输出则不会有任何改变。

如默认安全输出模式仅 Relay1 为 relevant，其他输出都设置为 not relevant，则系统安全功能触发调用默认输出安全模式时仅会切断 Relay1 的输出，而不会不影响其他输出。

用户在设置自己需要的安全功能时也可以绑定默认的安全输出模式，除此之外用户也可以设置自己的安全输出模式，但每一个安全功能只能绑定一个输出模式，而一个输出模式可以被多个安全功能绑定。

7. 软件配置说明

SPC100 通用型安全控制器的软件配置和调试分为以下几步：

1. 软件安装
2. 连接 SPC100
3. Option: 升级 APP 固件
4. 使用配置工具进行图形化编程和配置
5. 运行调试
6. 测试

1. 软件安装 L

a. 安装“USB 转 UART 驱动”

- i. 进入文件夹：1.USB 转 UART 驱动
- ii. 双击“SETUP.EXE”开始安装
- iii. 如果有弹窗，点击“是”

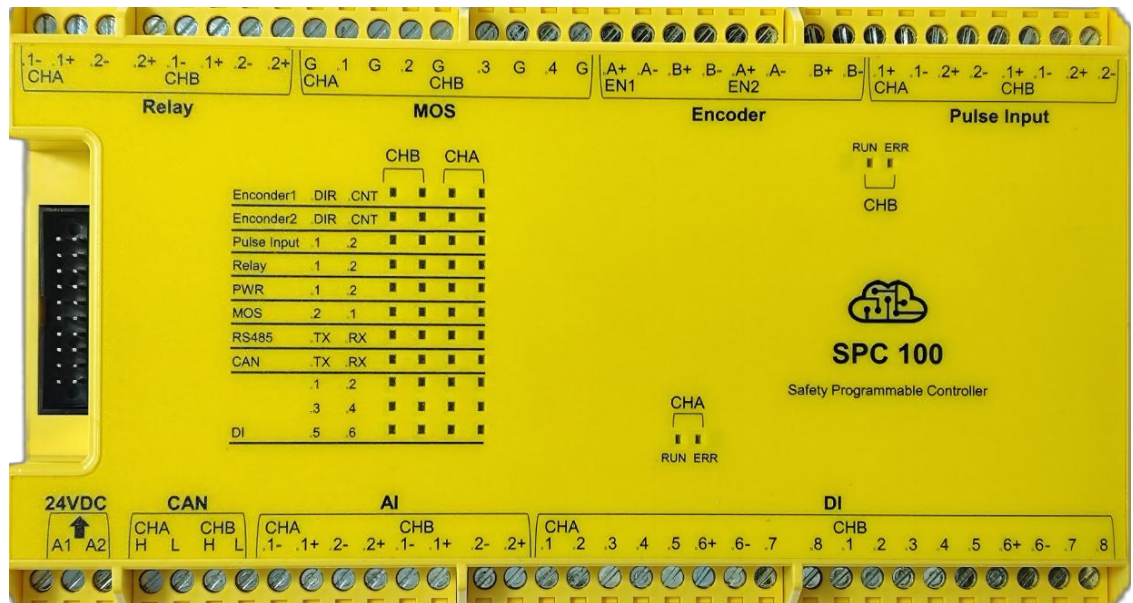


- iv. , 在这个弹窗上点击“安装”

- b. Option: 直接使用文本编辑器，或者安装“文本编辑软件”，如免费软件 Pycharm 或者 VS Code。
- i. 暂时 SPC100 的“安全功能”需要以代码的形式编写 50 行代码。可以直接用文本编辑器编写，也可以使用 EDA 工具如 Pycharm 编写。
 - ii. 文本编辑器没有文本补全，语法检错功能，所以建议安装一个 EDA。
 - iii. 双击 Pycharm 安装包进行安装，安装过程省略

2. 连接 SPC100

- a. 硬件连线：



- i.
- ii. 准备一个 24V 电源。下电情况下，CN1 的“A1/24V+”接电源正，CN1 的“A2/24V-”接电源负
- iii. 插上 USB 线，另一端接到电脑
- iv. 上电，然后观察“RUN”指示灯是否在上电时候闪烁
- b. 软件连接：
 - i. 双击“SPC100 配置工具.exe”
 - ii. 在“串口”标签下，选择对应的端口，SPC100 的端口会以“CH340”结尾。

端口



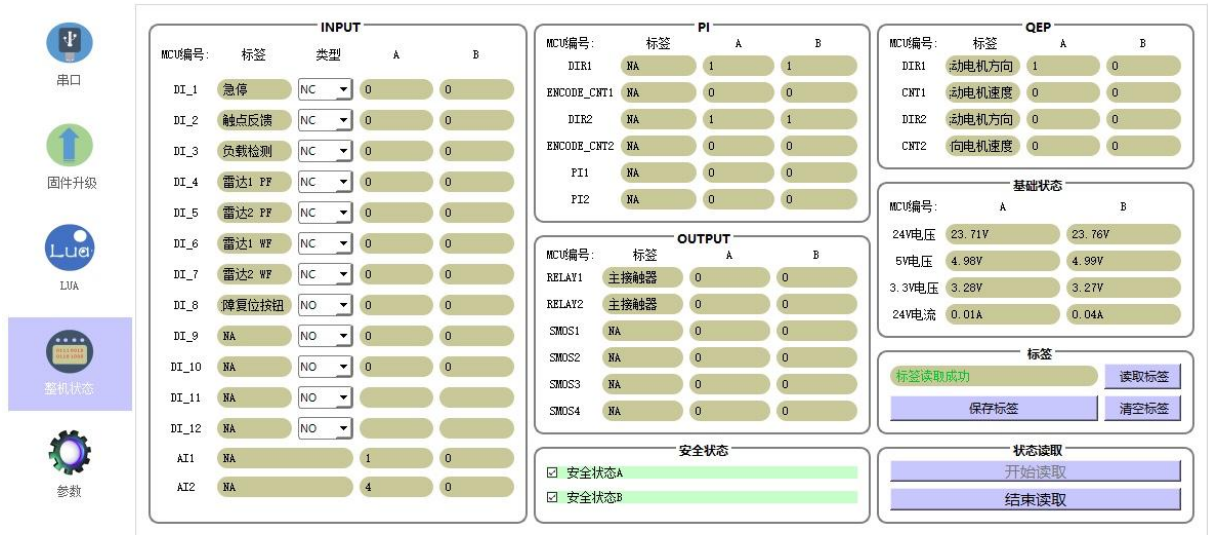
打开串口

- iii. 然后点击“打开串口”



- iv. 最后显示界面如下:
- C. 验证:

- i. 点击“整机状态”标签，然后点击“开始读取按钮”，就可以读取到 SPC100 的所有硬件资源的状态



3. OPTION: 升级 APP 固件

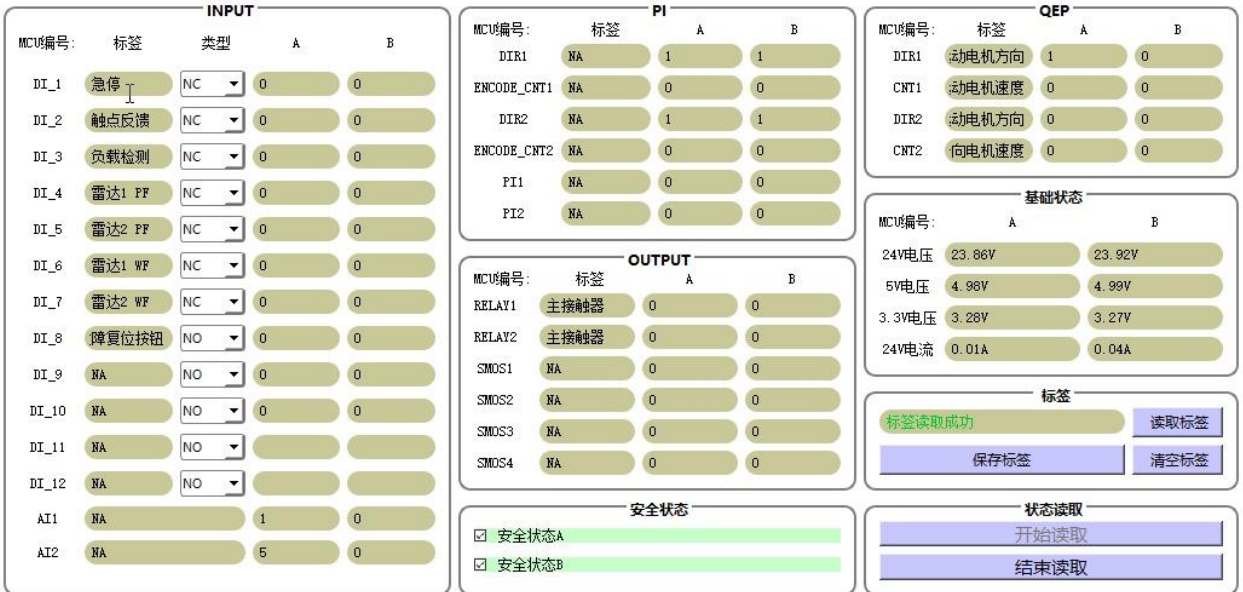
参考《Configure tool manual》

4. 使用配置工具进行配置

参考《SPC-ESW-015 Configure tool manual》

5. 运行调试

1. 硬件状态调试：在“整机状态”标签下，我们可以读到 SPC100 所有的硬件资源的状态，包括两个 MCU 是否处于安全状态/所有的 DI 输入/继电器的输出/编码器的值



2. 软件安全功能调试：如果需要简单的确认“安全功能”代码是否正常运行，可以在“安全功能”标签下，读取 MCUA 或者 MCUB 的日志系统，判断是否有进入对应的安全状态，操作如下

- a. 点击“clear”，然后点击“log A”，可以读取到系统日志

工作台

[0:00:00] Event:To SS Code:0x52 Info:BY RLY_Monitor
[2023-08-16 11:44:54.519]# MCUA
[0:00:00] ===== MODULE BOOT UP TIMES:5 =====
[0:00:00] Event:To SS Code:0x51 Info:BY ESTOP
[0:00:00] Event:To SS Code:0x52 Info:BY RLY_Monitor
[2023-08-16 11:44:54.621]# MCUA
[0:00:00] ===== MODULE BOOT UP TIMES:6 =====
[0:00:00] Error:CrossCheck Code:2005 Info:SELF1 PAIR3
[2023-08-16 11:44:54.723]# MCUA
[0:00:00] Event:To SS Code:0x51 Info:BY ESTOP
[0:00:00] Event:To SS Code:0x52 Info:BY RLY_Monitor
[2023-08-16 11:44:54.825]# MCUA
[0:25:34] Event:To SS Code:0x51 Info:BY ESTOP
[0:25:34] Event:To SS Code:0x52 Info:BY RLY_Monitor
[0:00:00] ===== MODULEBOOT UP TIMES:7 =====
[2023-08-16 11:44:54.927]# MCUA
[0:00:00] Event:To SS Code:0x51 Info:BY ESTOP
[0:00:00] Event:To SS Code:0x52 Info:BY RLY_Monitor

clear

save

log A1

log B1

- b. 从以上日志中，我们可以了解到最近一次开始计数是 7，一开机之后就因为 Estop 和 RLY_Monitor 两个事件进入了 SS(safe state)。
- c. 这个时候可以在机器上通过松开急停，然后再点击“log A”，可以看到退出 SS 的

[0:00:00]===== MODULE BOOT UP TIMES:7 =====
[2023-08-16 11:48:36.232]# MCUA
[0:00:00] Event:To SS Code:0x51 Info:BY ESTOP
[0:00:00] Event:To SS Code:0x52 Info:BY RLY_Monitor
[2023-08-16 11:48:36.334]# MCUA
[0:03:37] Event:Exit SS Code:0x51 Info:BY ESTOP

log

6. 测试

针对用户在配置工具内编辑的所有安全功能，需要用户在各自的触发条件下，进行功能测试。

8. 常见故障解决

8.1 指示灯状态

指示灯状态	描述
不亮	无供电
红灯：常亮	SPC100 进入了安全状态
红灯：闪烁	SPC100 有硬件错误
绿灯：上电闪烁 3 次	固件正常运行
绿灯：上电后 5s	用户控制状态

8.2 硬件常见故障

序号	常见问题	解决方案
1	通电后指示灯未亮	首先检查供电是否正常，如果供电正常，请与我们的服务人员联系沟通解决。
2	通电后“SPC100 配置工具”读取不到 SPC100 的串口	首先确认电脑驱动是否装好，然后确认 USB 线有没有接好。如果还是读不到，SPC100 的上方还有个备用的 debug 口
3	通电后红灯闪烁	先使用“SPC100 配置工具”的 log 功能，查看 MCUA 和 MCUB 的 log 然后参考《HW_SW Fault Definition》中的故障码，分析 log 中的异常事件 1. 1xxx-3xxx 的报错，为 SPC100 本身的硬件报错，如果出现，SPC100 本身可能有异常，请联系服务人员 2. 3xxx 以上的报错，为系统级报错，如 Cat3 架构的 DI，两个 MCU 检测到的 DI 状态不一致超过允许时间。请按照实际接线，先检查一下传感器的输出值。如果传感器输出都正常，请联系服务人员

8.3 软件常见故障

序号	常见问题	解决方案
1	升级 APP 固件失败	重启 spc100，如果不能解决，请与我们的服务人员联系沟通解决。
2	升级“安全功能”软件失败	重启 spc100，如果不能解决，请与我们的服务人员联系沟通解决。
3	“安全功能”未生效	请检查“安全功能”代码是否有问题，如果不能解决，请与我们的服务人员联系沟通解决。

9. 附录

9.1 附录 1

9.2 附录 2

End of document