

UR205PN 使用说明

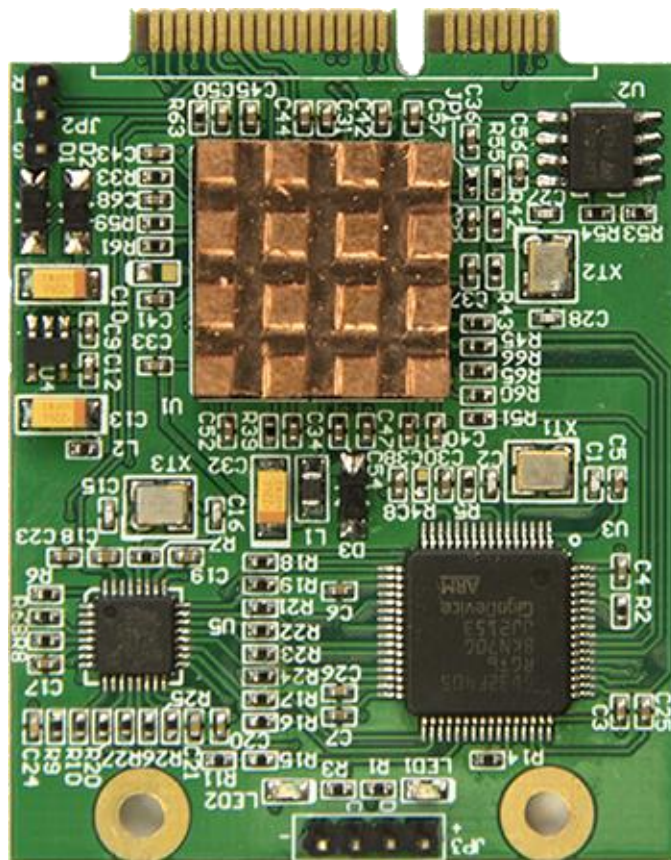
一 产品概要

UR205PN 是一款专为英创 SBC884 工控板开发的 PROFINET IO 模块接口板，为 SBC884 系统提供 PROFINET 从站功能，使其可以快速稳定的接入具备 PROFINET 主站协议的各类型控制器，如 PLC，工控机等。

PROFINET 是由 PROFIBUS 国际组织 (PI) 推出的新一代基于工业以太网技术的自动化总线标准，解决了传统工业总线和以太网总线的兼容问题，使得工业现场可铺设一条总线，却同时在运行高质量的工业总线协议的同时，支持传统的网络浏览和访问。相较于 TCP/IP 以太网通信的不可靠，PROFINET 并专门为实时数据通信开辟了 IRT 专用通道，以保证高响应速度和低延迟波动。

二 产品构造


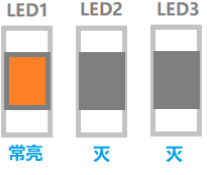


本产品构造如下图所示：



安装于 SBC884 的 PCIE 插槽上。SBC884 板载了三颗 LED 等用于显示 PN 的工作状态, 分别是 LED1,LED2,LED3,其定义如下表：

LED 灯序号	名称	现象	含义
LED1	LINK	常亮	已建立连接
		闪烁	线路正常但未建立连接
LED2	BF	常亮	无 PN 连接
		闪烁	正在建立连接
		灭	已建立连接
LED3	DIA	灭	无诊断信息
		常亮	存在 PN 诊断信息

一般来说可能出现的几种状态如下表

未连接	已连接	连接中断	出现诊断信息
			

三 PN 卡通信协议

通信参数	端口数量	2 路 PN, 1 路 USB
	接口形式	PCIE(自定义)
	PN 总线接口	PROFINET 工业以太网
	工控机总线接口	USB CDC-ACM
	PN 通信速率	100Mb/s
	PN RT 通信周期	4MS

3.1 工控机与 PN 卡之间的通信协议原理

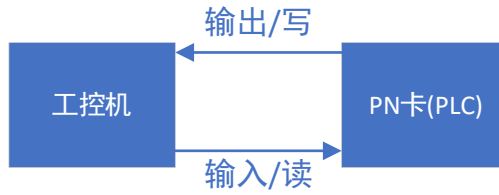
在 PN 协议中, 以 PLC 为主站, 工控机为从站。所有数据对象的描述, 都基于 PLC 视角。

在另一侧的 CDC-ACM 协议上, 对工控机的用户程序而言, PN 卡是 PLC 的代理, 向 PN 卡发送的数据, 实际上发送给 PLC; 而从 PN 卡获取的数据, 则来自 PLC。所以, 将 PN 卡下发到工控机的数据, 称为“输出数据”。工控机上传到 PN 卡的数据, 称为“输入数据”

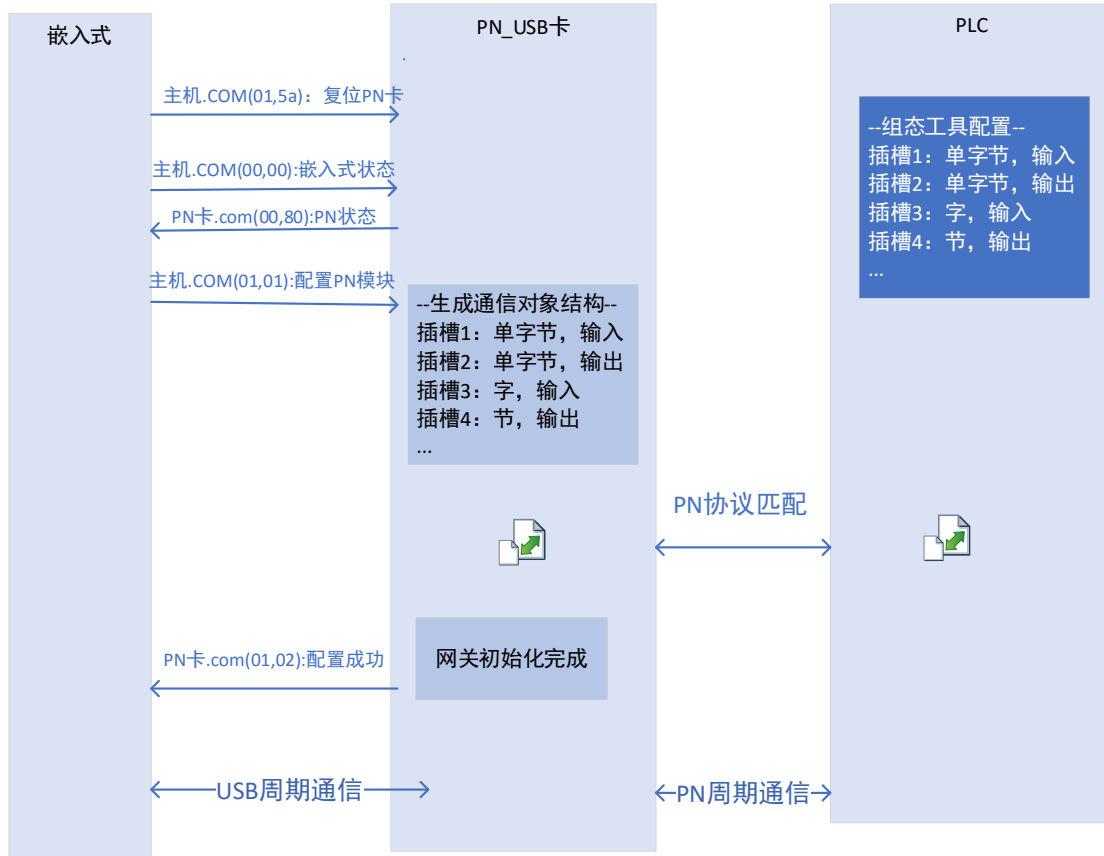
输出, 指 PLC 向工控机发送的数据;

输入, 指工控机向 PLC 发送的数据。

读, 指 PLC 读取工控机的数据; 写, 指 PLC 修改工控机的数据。



协议分为两个大的阶段，初始化，和周期通信阶段。过程如下图。



在初始化阶段，用于配置参与通信的数据模块，并操作 PN 卡与 PLC 建立起通信。
在周期通信阶段，工控机，PN 卡，PLC 三方之间进行周期的数据通信。

3.1.1 建立通信阶段

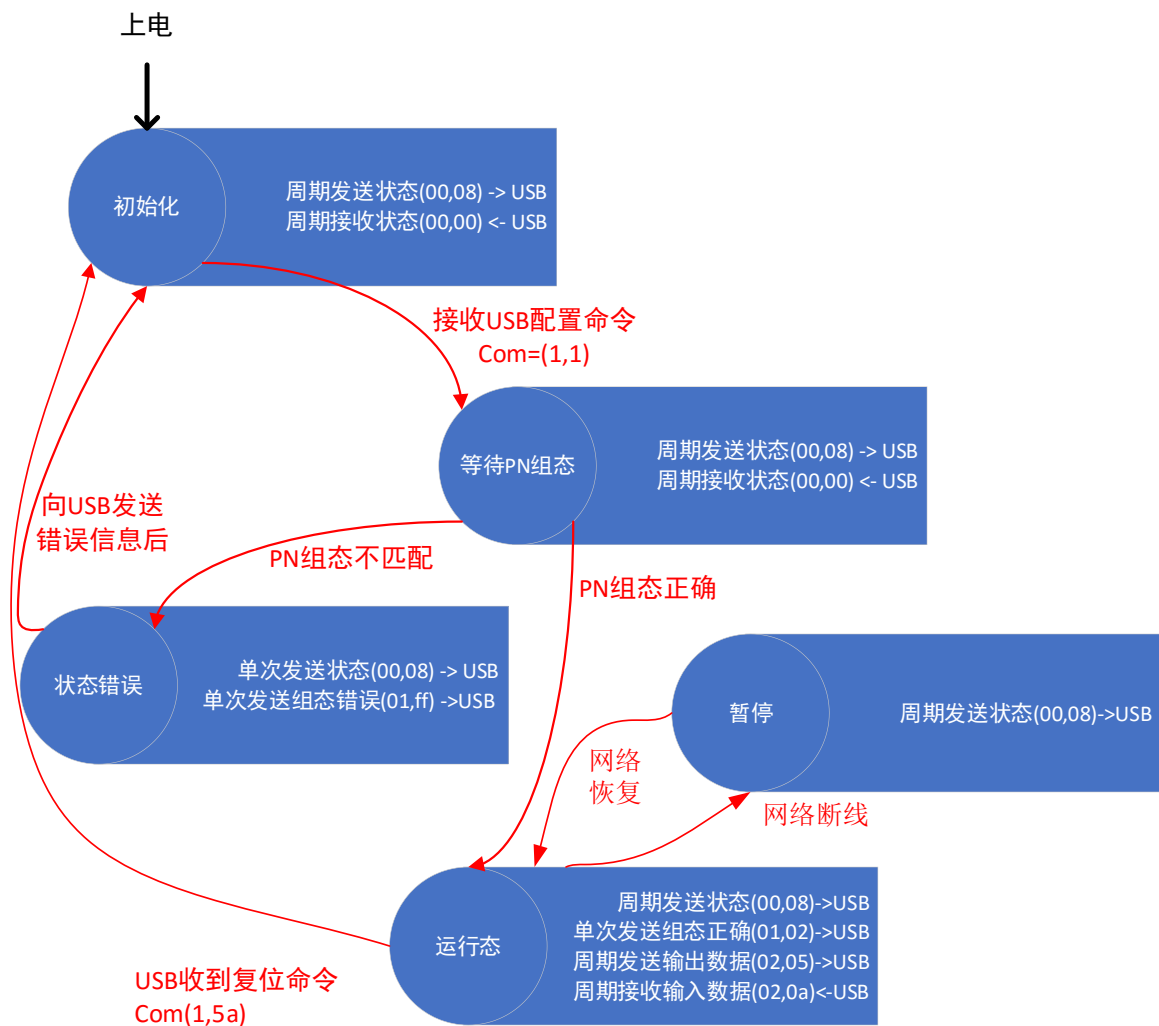
为了实现周期通信，整个系统需要经过多个状态机，完成初始化配置，最后进入运行态，开始周期发送数据。

PN 卡有以下个状态：

状态	状态值	说明
初始化状态	0	上电默认进入初始化状态，等待用户通过 USB 配置模块
等待 PN 连接状态	1	用户通过 USB 配置完模块后，进入该状态，等待 PN 完成组态和连接

运行态	2	如果 PN 完成正常连接, 则进入运行态, 开始周期通信
PN 暂时离线, 等待恢复	0xf0	当 PN 原本在运行态, 却因为网络中断等原理暂时离线时, 进入该状态, 等待重新连接。
组态错误	0xff	如果 PN 组态错误, 则进入组态错误状态, 发送错误回应帧, 之后回到初始态

状态机描述如下：



3.1.2 周期通信阶段

在周期通信时, 工控机和 PN 卡通过周期通信帧来交换数据。

我们将此时, 通信的数据对象, 分为两种: 1.索引访问对象, 2.周期通信对象。协议的核心内容, 就是通过周期通信帧, 来访问这两种数据对象。

索引访问对象:属于非周期访问的数据。每个数据具有唯一的索引值, 和 4 字节对应的

value 值。其 VALUE 的具体含义由用户根据实际应用定义。在周期通信帧中，有一个专门的 PKW 区域用于索引访问对象。每轮周期通信帧可以访问一个索引对象。

周期通信对象：在周期通信帧中固定发送和接收的数据。每一轮周期通信帧中，包括所有周期通信对象。周期通信对象目前设定为 6 种类型：1 字节输入，2 字节输入，4 字节输入，1 字节输出，2 字节输出，4 字节输出。

这两种通信对象，在工控机中模型如下：



而在周期通信帧中，他们的位置如下：

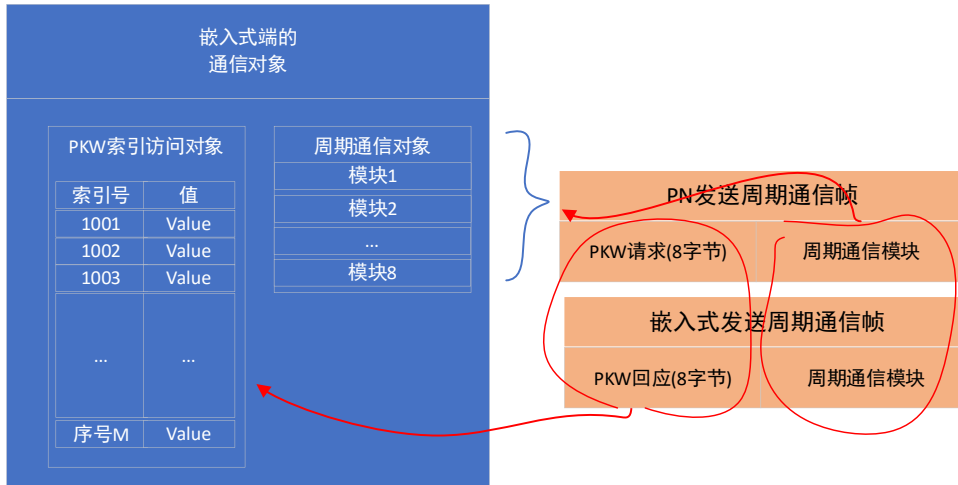
PN卡周期数据帧

帧头	命令	子命令	数据长度	数据区		CRC
P N 0X20 0X3E	0X02	0X05	SIZE	PKW访问请求 (8字节)	周期通信对象	CRC

工控机周期数据帧

帧头	命令	子命令	数据长度	数据区		CRC
P N 0X20 0X3E	0X02	0x0a	SIZE	PKW访问回应 (8字节)	周期通信对象	CRC

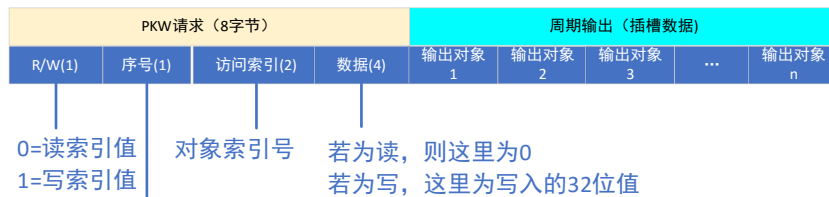
则对应的模型如下图：



3.1.3 PKW 访问方式：

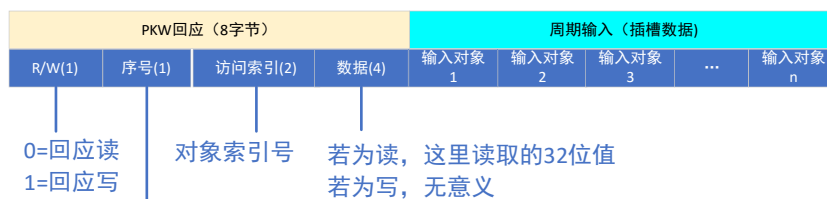
PLC(PN 卡端)通过发送 PKW “请求”，来“读/写”工控机上的“索引访问对象”在周期通信帧中，PKW 区的数据定义如下所示：

PN端发起通信帧



访问序号，每次访问+1，到255后归0，
序号N的请求，对应序号N的回应。
例：PKW请求序号=102，则对应PKW回应序号=102

嵌入式周期通信帧



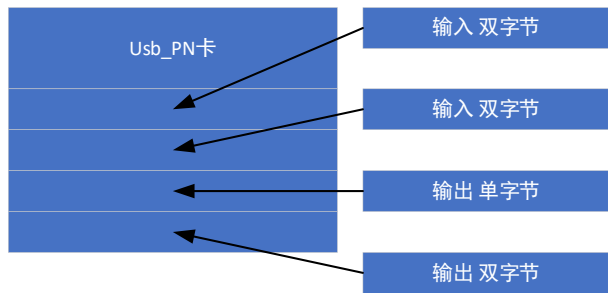
访问序号，每次访问+1，到255后归0，
序号N的请求，对应序号N的回应。
例：PKW请求序号=102，则对应PKW回应序号=102

3.1.4 周期通信对象描述

划分为 6 种固定的格式的数据，1 字节对象，2 字节对象，4 字节对象。



我们将 PN 上的设备，理解成一个网关，具备 8 个周期数据插槽，每个插槽中可以配置 1 个数据对象：

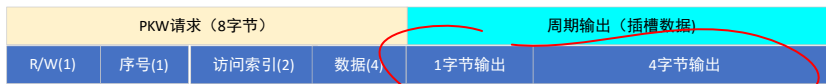


在插槽中插入数据对象

zhou

例如，我们设定系统种有 4 个周期通信对象：1 字节输入，2 字节输入，1 字节输出，4 字节输出，则周期通信帧如下：

PN端发起通信帧



嵌入式周期通信帧



3.1.5 CDC-ACM 通信帧定义

在工控机和 PN 卡之间的通信帧，基于如下基本格式：

字节序号	1	2	3	4	5	6	后续
定义	帧头				命令		后续
内容	'P'	'N'	0x20	0X3e	com	subcom	后续

承前	字节序号	7	8	9~(SIZE+9)	N-1	N
承前	定义	数据长度		数据区	CRC	
承前	内容	SIEZ_H	SIZE_L	DATA	CRC_L	CRC_H

说明如下：

1. 帧头：固定为 0X50+0X4E+0X20+0X3E

2. 命令：由命令“COM”和子命令“SUBCOM”组成
3. 命令区分了帧所属的过程，例如配置，状态访问，或者数据交换。子命令则是更具体的指令。如输入，输出等
4. 数据长度，指数据区的字节数
5. 数据区，存放通信的内容，具体的定义由之前的命令来决定
6. CRC。采用16位CRC算法。计算公式使用： $X^{16}+X^{15}+X^2+1$ (MODBUS CRC 校验公式)

下面介绍所有通信帧的具体定义。

3.1.6 工控机状态帧 (0,0)

方向：工控机→PN

该帧是周期性通信帧，每1秒发送一次，用于指明系统当前的状态

方向	帧头	命令	数据长度	数据区	CRC
工控机→PN	'PN' ,20,3e	00, 00	00,02	序号, 状态	CRC_L,CRC_H

数据区描述：

序号：1字节的生命信号，从0-255不断累加，超过255后清0

状态：1字节的标志，表明工控机的状态

0=初始状态，1=等待配置，2=运行状态，0xf0=PN断线 0xff=故障处理

状态

3.1.7 PN卡状态帧 (0,80)

方向：PN→工控机

该帧是周期性通信帧，每1秒发送一次，用于指明PN卡的状态

方向	帧头	命令	数据长度	数据区	CRC
PN→工控机	'PN' ,20,3e	00, 80	00,02	序号, 状态	CRC_L,CRC_H

数据区描述：

序号：1字节的生命信号，从0-255不断累加，超过255后清0

状态：1字节的标志，表明PN卡状态

0=初始状态，1=正在配置，2=运行状态，0xf0=PN断线，等待重连，0xff=

故障导致复位

3.1.8 复位命令(01,5a)

方向：工控机→PN

该帧为非周期通信帧。需要复位PN模块时，工控机从USB发送该帧。

方向	帧头	命令	数据长度	数据区	CRC
PN→工控机	'PN' ,20,3e	01, 5a	00,00	无	CRC_L,CRC_H

例子：

50 4e 20 3e 01 5a 00 00 e4 79 //复位PN卡

3.1.9 配置组态(01,01)

方向：工控机→PN

该帧为 非周期通信。只有在 PN 卡处于“初始化态”时，工控机才可以发送该帧。该帧用于配置周期通信对象。PN 卡接收该帧后，会进入“01=等待 PLC 连接”状态，若 PLC 建立正确连接，PN 卡进入“02 =运行态”；若配置失败，则 PN 卡进入“0xff=配置失败”状态

方向	帧头	命令	数据长度	数据区	CRC
工控机→PN	'PN' ,20,3e	01, 01	N	N 字节 (N<=8)	CRC_L,CRC_H

数据区每个字节代表一个“数据对象号”，对应不同的数据对象。系统最多可以配置 8 个数据对象。其取值范围如下所示：

数据对象	对象号
1 字节输入	0x01
2 字节输入	0x02
4 字节输入	0x04
1 字节输出	0x81
2 字节输出	0x82
4 字节输出	0x84

举例，配置系统周期通信为“1 字节输入，1 字节输出”，则其通信帧如下：

帧头	配置命令	数据长度	数据区	CRC
50, 4E ,20 ,3E	01 ,01	00 ,02	01, 81	8F ,1F

3.1.10 组态配置正确回应帧(01,02)

方向：PN→工控机

当组态被 PLC 正确接收，并建立其运行态后，PN 卡向工控机发送组态正确回应帧

方向	帧头	命令	数据长度	数据区	CRC
PN →工控机	'PN' ,20,3e	01, 02	N	N 字节 (N<=8)	CRC_L,CRC_H

数据区是 PLC 组态数据，正确的情况下，与配置帧相同。

3.1.11 组态参数不正确回应(01,03)

方向：PN→工控机

当组态参数不正确时，PN 回应该帧

方向	帧头	命令	数据长度	数据区	CRC
PN →工控机	'PN' ,20,3e	01, 03	1	1：模块类型无法识别 2：模块数量超过限制	CRC_L,CRC_H

3.1.12 组态与 PLC 端不匹配，回应帧(01,ff)

方向：PN→工控机

如果工控机的组态，和 PLC 的组态不匹配，则 PN 卡会主动断开 PLC 连接，然后通知工控机“组态错误”。其帧内容如下

方向	帧头	命令	数据长度	数据区	CRC
PN →工控机	'PN' ,20,3e	01, ff	N	N 字节 (N<=8)	CRC_L,CRC_H

其中，数据区是 PLC 的组态内容。工控机收到后可以和自己的组态对比。

PN 卡发送次帧后，会自动进入复位状态，重新等待新的配置。

3.1.13 PN 卡周期发送帧(02,05)

方向：PN→工控机

如果 PN 卡进入了运行状态，则会以 10MS 一帧的速度，发送周期通信帧

方向	帧头	命令	数据长度	数据区	CRC
PN →工控机	'PN' ,20,3e	02, 05	N	N 字节	CRC_L,CRC_H

其中，数据区又分为两个部分，头 8 字节是 PKW 请求，后面的字节是周期通信对象：

数据区					
PKW 请求			周期输出对象		
读/写	序号	索引	访问索引值	对应配置中，升序排列的周期输出对象的值	

PKW 请求解析表：

读/写	0=读, 1=写
序号	0-255, 超过 255 归 0. 每发出新的请求时, 序号加 1, 若无新的请求, 序号不变。(即使访问同一个索引, 只要是新的请求, 序号+1)
索引	访问的索引
索引值	读, 无意义; 写, 写入的值

周期输出对象说明

举例，我们系统组态时，模块如下：

对象 1	对象 2	对象 3	对象 4	对象 5	对象 6
1 字节输入	1 字节输出	2 字节输出	4 字节输入	1 字节输出	1 字节输入

则在本通信帧中，周期数据区，共 4 字节，排列顺序如下

1	对象 2	1 字节输出
2	对象 3	2 字节输出
3	对象 5	1 字节输出

3.1.14 工控机 USB 端周期发送帧(02,0a)

方向：工控机→PN

如果系统进入了运行状态，则用户可以根据自己定义的周期，发送周期通信帧

方向	帧头	命令	数据长度	数据区	CRC
工控机→PN	'PN' ,20,3e	02, 0a	N	N 字节	CRC_L,CRC_H

其中，数据区又分为两个部分，头 8 字节是 PKW 回应，后面的字节是周期通信对象：

数据区				
PKW 回应			周期输入对象	
读/写	序号	索引	访问索引值	对应配置中，升序排列的周期输入对象的值

PKW 回应解析表：

读/写	0=读, 1=写, 0xff : 不支持的索引
序号	0-255, 超过 255 归 0. 序号等于回应的 PKW 帧序号。
索引	访问的索引
索引值	读, 读取出的值 ; 写, 无意义

注：PKW 的回应由工控机端的程序按照结构填写，PN 卡只负责数据通信。

周期输入对象说明:举例，我们系统组态时，模块如下：

对象 1	对象 2	对象 3	对象 4	对象 5	对象 6
1 字节输入	1 字节输出	2 字节输出	4 字节输入	1 字节输出	1 字节输入

则在本通信帧中，周期数据区，共 6 字节，排列顺序如下

1	对象 1	1 字节输入
2	对象 4	4 字节输入
3	对象 6	1 字节输入

3.2 工控机程序的状态描述表

工控机状态	接收帧	发送帧	接收/发送触发	特殊处理
初始态	00,00 状态帧		期待 2 秒一次	若超时则标记 若失调则发送 复位帧
		00,80 状态	每 S 发送一次	
		01,01 组态帧	当收到第一个 合法状态帧	进入等待态
		01,05 复位帧	当步骤失调	在初始态等待
等待组态	00,00 状态帧		期待 2 秒一次	若状态: 0:连续 10 次则 说明没收到,

				进入初始态重发 1：正在等待 PN 连接 2：连接，进入运行态 >2:错误，发送复位帧，并进入初始态
	01,02			组态正确。进入运行态
	01,03		PN 模块错误	可以 PRINTF 模块不正确，进入 FAULT，等待用户处理
	01,ff		PN 和 PLC 组态不匹配	可以 PRINTF 组态不匹配，进入 FAULT，等待用户处理
		01,05 复位帧	当步骤失调	在初始态等待
		00,80 状态	每 S 发送一次	
运行态	00,00 状态帧			
		00,80 状态	每 S 发送一次	
	02 05 周期数据		由 PLC 通信决定	
		02,0a 周期数据	由 PLC 通信决定	
		01,05 复位帧	当步骤失调	在初始态等待

3.3 实际举例

这里贴出一份正常建立通信时，USB 接口上的收发帧：

上位机 USB 接口 (红色是命令)	备注
[09:58:10.714]收←◆50 4E 20 3E 00 80 00 02 03 00 73 D0 [09:58:11.714]收←◆50 4E 20 3E 00 80 00 02 04 00 71 E0 [09:58:12.714]收←◆50 4E 20 3E 00 80 00 02 05 00 70 70	初始态, USB 接收到一秒一次的 PN 卡状态帧
[09:58:23.504]发→◇50 4E 20 3E 01 01 00 06 01 02 04 81 82 84 2A D7	USB 向 PN 发送组态请求, 组态为 6 个模块: 1 字节输入, 2 字节输入, 4 字节输入, 1 字节输出, 2 字节输出, 4 字节输出
[09:58:24.608]收←◆50 4E 20 3E 00 80 00 02 10 01 BF 20	USB 进入等待状态, 接收到 1 秒 1

<p>[09:58:25.604]收←◆50 4E 20 3E 00 80 00 02 11 01 BE B0</p> <p>[09:58:26.604]收←◆50 4E 20 3E 00 80 00 02 12 01 BE 40</p> <p>[09:58:27.604]收←◆50 4E 20 3E 00 80 00 02 13 01 BF D0</p>	<p>次的 PN 状态帧；此时 PN 正等待 PLC 建立连接状态。</p>
<p>[10:57:06.632]收←◆50 4E 20 3E 01 02 00 08 01 02 04 81 82 84 00 00 1C 1A</p>	<p>PN 卡通知 USB 上位机，已与 PLC 建立正确连接，组态为 8 个模块：1 字节输入，2 字节输入，4 字节输入，1 字节输出，2 字节输出，4 字节输出，空模块，空模块</p>
<p>[10:57:07.632]收←◆50 4E 20 3E 02 05 00 0F 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 BF 44</p> <p>[10:57:07.652]收←◆50 4E 20 3E 02 05 00 0F 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 BF 44</p> <p>[11:02:35.769]收←◆50 4E 20 3E 00 80 00 02 12 02 FE 41</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 模块进入运行态，通过 USB 向上位机发送周期通信数据(8 字节 PKW, 1 字节输出*, 2 字节输出, 4 字节输出)*输出是从 PLC 视角看。 2. 同时也接收到 PN 卡的状态(运行态) 3. 此时 USB 需要周期向 PN 卡发送 PKW 回应和输入数据帧

这里贴出组态不匹配时，USB 接口上的收发帧：

上位机 USB 接口	备注
<p>[11:07:41.737]收←◆50 4E 20 3E 00 80 00 02 02 00 72 40</p> <p>[11:07:42.737]收←◆50 4E 20 3E 00 80 00 02 03 00 73 D0</p> <p>[11:07:43.732]收←◆50 4E 20 3E 00 80 00 02 04 00 71 E0</p>	<p>初始态，USB 接收到一秒一次的 PN 卡状态帧</p>
<p>[11:07:46.682]发→◇50 4E 20 3E 01 01 00 02 01 81 8F 1F</p>	<p>USB 向 PN 发送组态请求，组态为 2 个模块：1 字节输入，1 字节输出</p>
<p>[11:07:47.788]收←◆50 4E 20 3E 00 80 00 02 07 01 B0 D0</p> <p>[11:07:48.784]收←◆50 4E 20 3E 00 80 00 02 08 01 B5 20</p> <p>[11:07:49.785]收←◆50 4E 20 3E 00 80 00 02 09 01 B4 B0</p>	<p>USB 进入等待状态，接收到 1 秒 1 次的 PN 状态帧；此时 PN 正等待 PLC 建立连接状态。</p>
<p>[11:07:50.202]收←◆50 4E 20 3E 01 FF 00 08 01 02 04 81 82 84 00 00 24 B5</p> <p>[11:07:50.787]收←◆50 4E 20 3E 00 80 00 02 0A FF 35 C0</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. PN 卡组态错误，USB 通知上位机，组态不匹配，PN 组态为 1 字节输入，2 字节输入，4 字节输入，1 字节输出，2 字节输出，4 字节输出，空，空 2. PN 卡进入错误复位状态
<p>[15:41:13.652]收←◆50 4E 20 3E 00 80 00 02 01 00 72 B0</p> <p>[15:41:14.652]收←◆50 4E 20 3E 00 80 00 02 02 00 72 40</p> <p>[15:41:15.652]收←◆50 4E 20 3E 00 80 00 02 03 00 73 D0</p>	<p>重新进入初始态，等待配置</p>