

UR205PN 使用说明

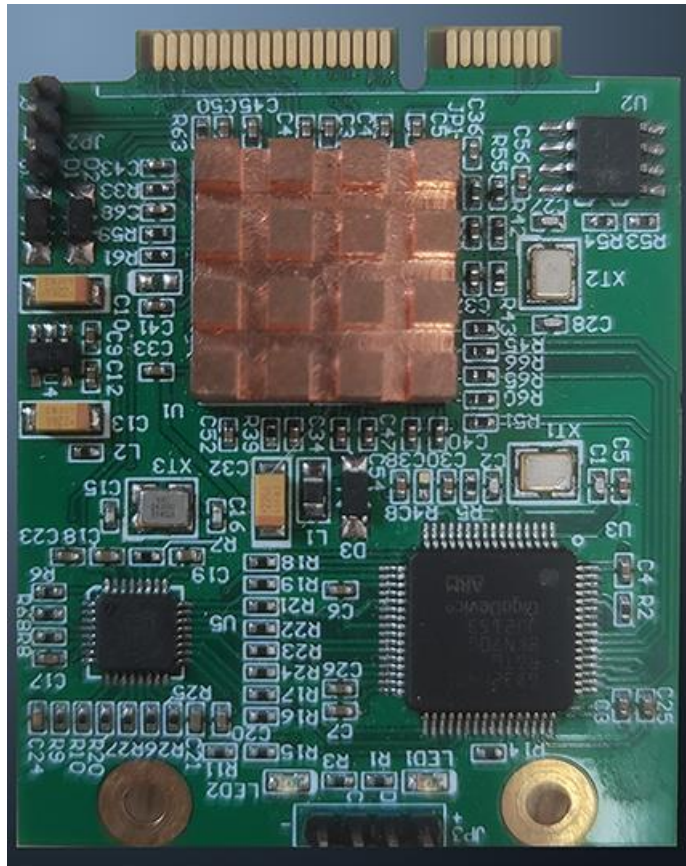
一 产品概要

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

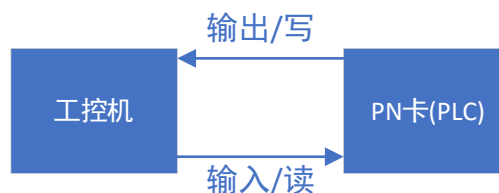
在 PN 协议中，以 PLC 为主站，工控机为从站。所有数据对象的描述，都基于 PLC 视角。

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”

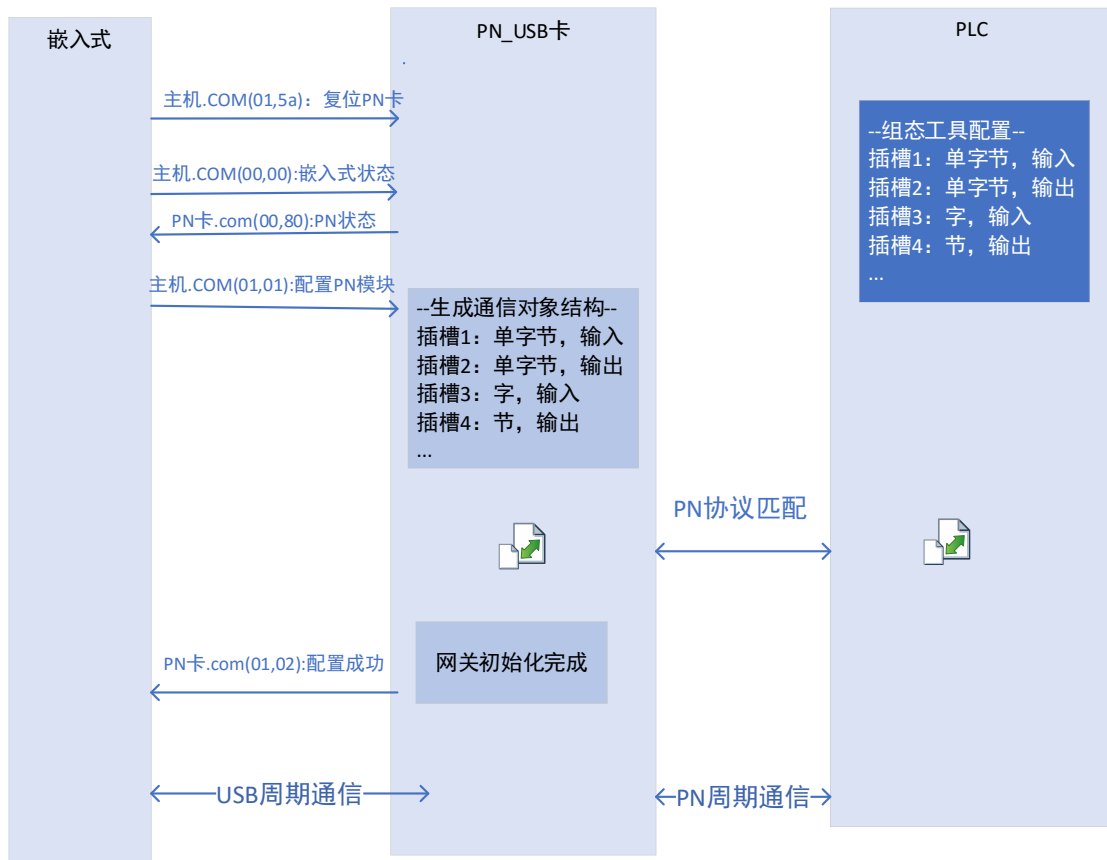
输出，指 PLC 向工控机发送的数据；

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

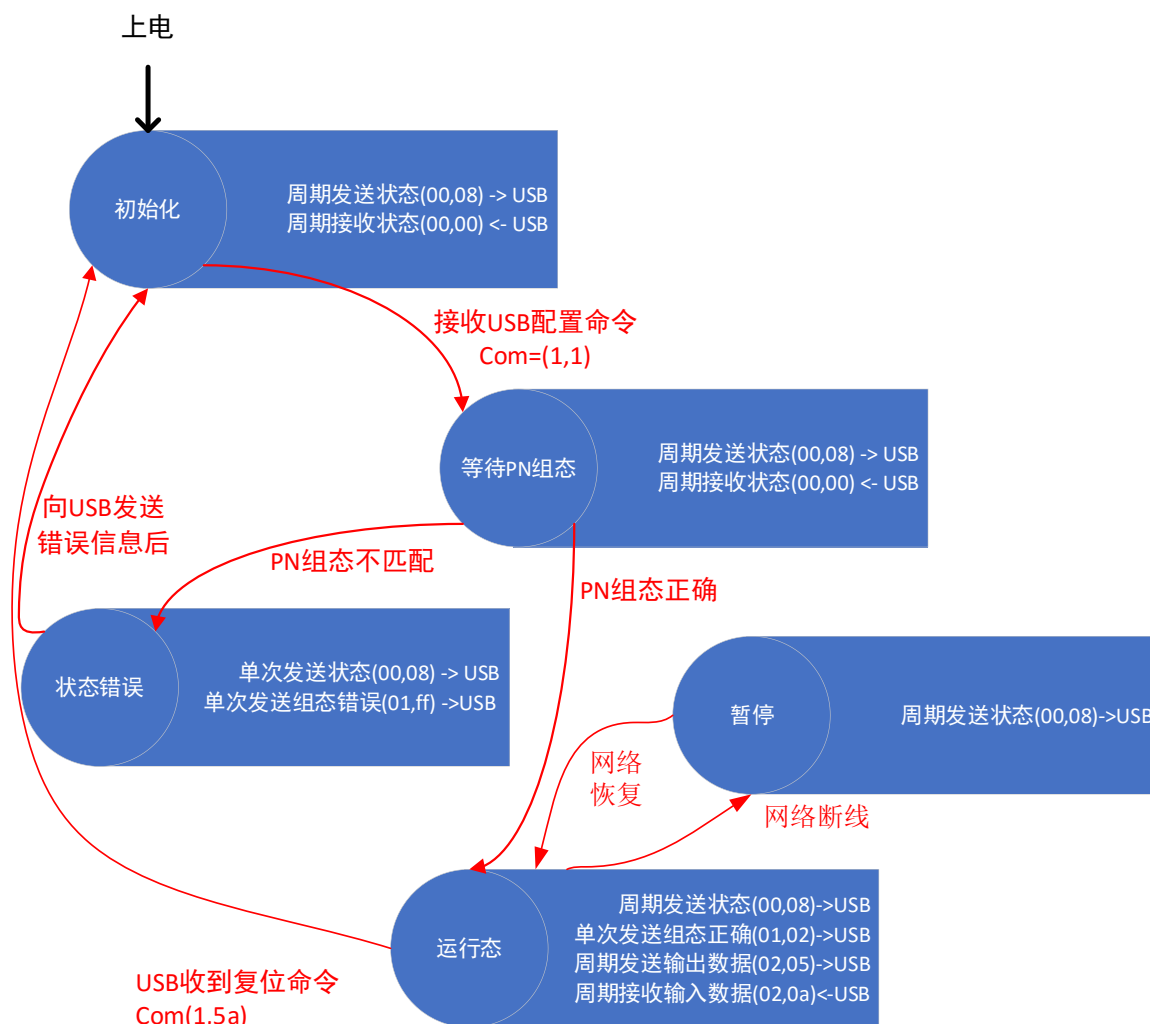
为了实现周期通信，整个系统需要经过多个状态机，完成初始化配置，最后进入运行态，开始周期发送数据。

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：

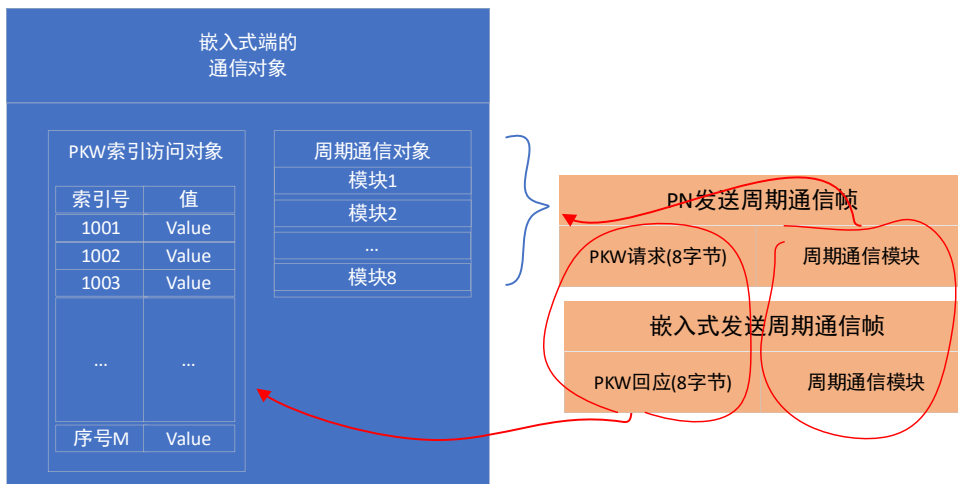
PN卡周期数据帧

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：



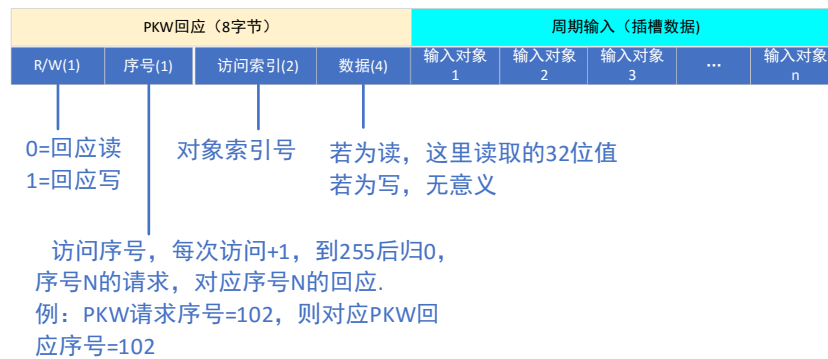
3.1.3 PKW 访问方式：

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



嵌入式周期通信帧

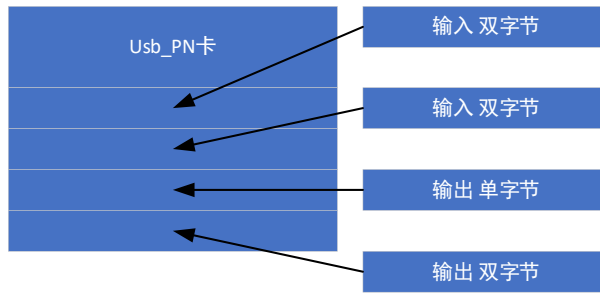


3.1.4 周期通信对象描述

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

PKW请求 (8字节)				周期输出 (插槽数据)	
R/W(1)	序号(1)	访问索引(2)	数据(4)	1字节输出	4字节输出

嵌入式周期通信帧

PKW回应 (8字节)				周期输入 (插槽数据)	
R/W(1)	序号(1)	访问索引(2)	数据(4)	1字节输入	2字节输入

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 字节的状态标志，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 字节的状态标志，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 D0 [09:58:25.604]收←◆50 4E 20 3E 00 80 00 02 11 01 BE B0 [09:58:26.604]收←◆50 4E 20 3E 00 80 00 02 12 01 BE 40 [09:58:27.604]收←◆50 4E 20 3E 00 80 00 02 13 01 BF D0	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。
[10:57:06.632]收←◆50 4E 20 3E 01 02 00 08 01 02 04 81 82 84 00 00 1C 1A	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
[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 BF 44	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

<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 00 00 BF 44</p> <p>[11:02:35.769]收←◆50 4E 20 3E 00 80 00 02 12 02 FE 41</p>	<p>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。</p> <p>2. 同时也接收到 PN 卡的状态(运行态)</p> <p>3. 此时 USB 需要周期向 PN 卡发送 PKW 回应和输入数据帧</p>
---	---

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>	<p>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</p> <p>2. PN 卡进入错误复位状态</p>
<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>