

在PROFINET中使用LAN9662/LAN9668

作者: *Torben Falkenberg* 和 *Lance Zimmerman*
Microchip Technology Inc.

1.0 简介

本应用笔记介绍了如何在PROFINET或基于TSN工业网络的PROFINET中使用和操作以下支持TSN的LAN966x系列以太网器件:

- LAN9662 4端口TSN端点芯片
- LAN9668 8端口TSN交换芯片

PROFINET是一种基于控制器与设备之间的实时数据传输的工业以太网控制协议。基于TSN的PROFINET在此基础上引入了TSN功能,具体如下所列:

- 流量整形
 - 基于信用的流量整形IEEE802.1av
 - 时间感知流量整形IEEE802.1bv(简称为TAS)。该机制在网络中为高优先级流量预留时隙
- 队列系统——缩短快速流量延时
 - 直通:这意味着在整个帧完全接收之前就开始传输该帧,从而缩短延时。目前针对直通传输尚未形成标准。
 - 抢占, IEEE802.Qbu + 802.3br:可以中断低优先级帧的传输,以便优先传输高优先级帧。当高优先级帧传输完成后,低优先级帧可以从中断处继续传输。
 - 逐流过滤和监管(PSFP), IEEE802.1Qci
- 时间同步
 - 目标是让参与的设备(基于IEEE 1588标准)对时间有共同的认知。
 - IEEE802.1AS(gPTP),是IEEE 1588标准的一个配置文件
 - 支持多个时间域
- 保护和网络冗余
 - 实现可靠性的帧复制和消除(Frame Replication and Elimination for Reliability, FRER) IEEE802.1CB
 - IEC-62439-2 2016介质冗余协议(Media Redundancy Protocol, MRP)
 - 线性 and 环形保护G.8031/G.8032
 - 设备级环网(Device Level Ring, DLR)由开放设备网络供应商协会(Open DeviceNet Vendors Association, ODVA)定义
 - IEC-61158-6-10 Profinet现场总线应用层(MRPD)

PROFINET和PROFIBUS在IEC 61784标准中进行了定义。在撰写本应用笔记之时,该标准的最新版本为*IEC CD 61784© IEC 2022*。在该标准中,定义了通信配置文件系列3(Communication Profile Family 3, CPF-3)。该系列是一组名为CP 3/1至CP 3/7的通信配置文件。前三个配置文件针对PROFIBUS,其余配置文件(即,CP 3/4至CP 3/7)针对PROFINET。

本应用笔记介绍了PROFINET配置文件。这四个PROFINET配置文件通常称为一致性类A到D(即,CC-A、CC-B、CC-C和CC-D)。

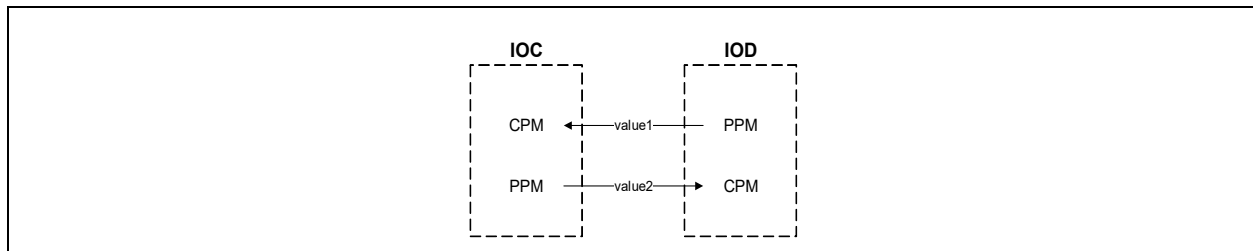
- CC-A(CP 3/4)也称为PROFINET-RT
 - 支持最短1 ms的周期时间。大多数情况下不会短于10 ms。
 - 需要集成LLDP,并支持SNMP和MRP等多项可选功能
 - LAN9662和P-NET协议栈支持该类
- CC-B(CP 3/5)为CC-A + SNMP
 - LAN9662支持该类。硬件和API与CC-A相同。
- CC-C(CP 3/6)也称为PROFINET-IRT

AN4826

- 周期时间较短，面向运动控制应用
- 起源于TSN之前，与标准以太网不兼容
- LAN9662不支持该类
- CC-D（CP 3/7）也称为基于TSN的PROFINET
 - 周期时间最短31.25 μs
 - 目标市场与CC-C相同，但技术基于IEEE标准
 - 使用帧抢占、gPTP和TAS
 - LAN9662专为支持CC-D而设计。

在PROFINET中，会用到术语IO控制器（IO Controller, IOC）和IO设备（IO Device, IOD）。IOC通常是可编程逻辑控制器（Programmable Logic Controller, PLC），IOD（也称为现场设备）可以读取和/或写入值。IOC与IOD通过运行状态机来交换值。该连接的一端运行提供者协议机（Provider Protocol Machine, PPM），另一端运行消费者协议机（Consumer Protocol Machine, CPM）。如果IOD读取的值将发送到IOC，则IOD必须为该值运行PPM，而IOC必须运行CPM。如果数值的传输方向相反，则协议机的角色互换：

图1： IOC与IOD之间的通信示例



如图1所示，value1从IOD发送到IOC，value2与之反向。

LAN9662配有能够为PPM和CPM状态机分担工作的硬件，并且可用于构建IOC和IOD。但必须注意的是，IOC与IOD的功能要求有所不同。P-NET支持在LAN9662上实现IOD。

注： 有关使用P-NET的更多信息，请访问<https://rt-labs.com/profinet/microchip-lan9662-integration-with-p-net-profinet-stack/>和https://docs.rt-labs.com/p-net/getting_started_LAN9662.html。

LAN9668无法为PPM或CPM分担工作。LAN9668专门用于构建TSN交换机。

1.1 章节

本文档包含以下主题：

- [第2.0章“LAN9662和LAN9668”](#)
- [第2.1节“硬件概述”](#)
- [第2.2节“软件概述”](#)
- [第2.3节“LAN9662 RT Labs PROFINET源代码和编译”](#)
- [第2.4节“LAN9662 RT Labs PROFINET映像安装和启动”](#)
- [第2.5节“Siemens S7-1200 PLC和TIA V17软件启动”](#)
- [第2.6节“RT-LABS PROFINET示例应用程序”](#)
- [第2.7节“独立工具”](#)

1.2 参考资料

有关本文中提及的特定器件的详细信息，请参见以下参考资料：

- [LAN9662 Data Sheet](#)
- [LAN9668 Data Sheet](#)
- [EVB-LAN9662 Evaluation Board User's Guide](#)
- [EVB-LAN9668 Evaluation Board User's Guide](#)
- [LAN9668 U-Boot Upgrade for EVB-LAN9668](https://www.microchip.com/myMicrochip/secure-document-download/440111/0) (<https://www.microchip.com/myMicrochip/secure-document-download/440111/0>)

2.0 LAN9662 和 LAN9668

LAN9662 和 LAN9668 器件均有配套的评估板：

- LAN9662: EVB-LAN9662 CPU 板（也称为 UNG8291 B）
- LAN9668: EVB-LAN9668 板（也称为 UNG8290 B）

注： 此外，还有一个 EVB-LAN9662 载板（也称为 UNG8309 B），它是 EVB-LAN9662 的扩展板，配有额外的端口连接器和 FPGA。

有关这些评估板的更多信息，请参见第 1.2 节“参考资料”中的文档。

2.1 硬件概述

EVB-LAN9662 评估板配有 SODIMM 类型的边缘连接器。该连接器上提供 GPIO1 至 GPIO77、QSPI、S0、S1、S2 以及 PCIe[®]。使用该边缘连接器将 EVB-LAN9662 插入 EVB-LAN9662 载板。该载板上配有 FPGA（IGLOO2 FPGA M2GL050），其中连接了 GPIO1 至 GPIO77 以及 QSPI 信号。

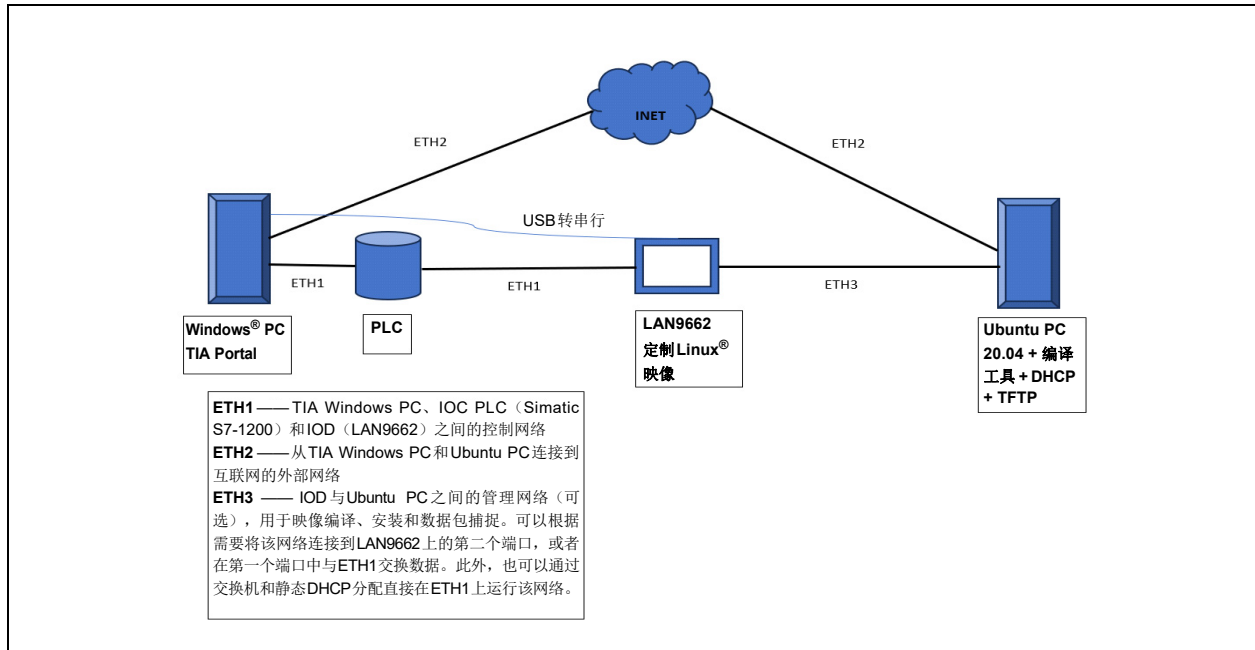
LAN9662 不属于交换芯片。若要构建 TSN 交换机，可以使用 LAN9668。LAN9662 配有处理 PROFINET 帧的硬件。该硬件称为实时引擎（Real-Time Engine, RTE）。RTE 运行 PPM 和 CPM 状态机。RTE 经过初始配置后即可处理 PROFINET 帧，无需 CPU 干预。可以完全通过硬件处理 PROFINET 帧，具体取决于要求。在这种情况下，通过 QSPI 接口交换 PROFINET 值。另一个用例是 RTE 改为通过芯片中的 RAM 区域交换值。CPU 可以从该区域读取和写入值。

尽管 CPU 可以自行处理 PROFINET 帧，但使用 LAN9662 可以加快 PROFINET 协议的数据传输。

一个简单的 IOC/IOD LAN9662 PROFINET 演示至少需要以下硬件：

- 配有 2 个以太网端口和至少 2 个 USB Type-C[®] 端口的 PC（Windows[®] 10）
- 配有 2 个以太网端口的 PC（Ubuntu 20.04）（仅在基于源代码进行编译或者使用 itb 映像时才需要）
- PLC - Siemens Simatic S7-1200 CPU 1215C AC/DC/RLY 6ES7 215-1BG40
- EVB-LAN9662
- EVB-LAN9662 载板
- Mini-USB 转 USB2 和以太网线缆

图2： 通用测试基准设置



2.2 软件概述

在本节中，EVB-LAN966x和LAN966x的相关内容对LAN9662和LAN9668均适用。

LAN9662中的硬件通过Switchdev和一些专有工具提供支持。该软件/工具包称为独立软件。该独立软件也可以在LAN9668运行。

EVB-LAN966x配有NOR和e-MMC™闪存器件。LAN966x可以从任一器件中引导，具体取决于EVB-LAN966x上的DIP开关设置。该DIP开关共有四个触点，分别标记为VCORE0、VCORE1、VCORE2和VCORE3。有关DIP开关设置的说明，请参见LAN9662/LAN9668 Data Sheet。

使用EVB-LAN966x之前，建议将自举程序升级到最新版本。有关升级说明，请参见LAN9668 U-Boot Upgrade for EVB-LAN9668。

可以访问<https://github.com/microchip-ung/arm-trusted-firmware>获取自举程序代码。GitHub页面上会显示可用的版本。在撰写本应用笔记之时，最新版本为1.0.5。单击**Latest**（最新）会显示多个文件，使用lan966x_b0-release-bl2normal-auth.fip文件。

除了自举程序之外，LAN966x硬件还需要Linux®应用程序与Switchdev支持。对于EVB-LAN966x板，可通过下载板级支持包（Board Support Package，BSP）获得Linux应用程序。请参见附录A：“安装BSP”。可通过运行以下命令获得标准的独立二进制文件：

```
$ find /opt/mscc/mscc-brsdk-arm-2023.06/ -name "*.ext4.gz"
```

获得brsdk_standalone_arm.ext4.gz文件后，可按照附录A：“安装BSP”中所述的步骤进行安装。

此外，也可以通过Microchip的通用交换应用程序（如WebStaX、SMBStaX和IStaX）为LAN9668提供支持。其中IStaX的相关度最高，因为它支持的TSN功能对PROFINET而言至关重要。IStaX是EVB-LAN9668板中的默认软件。交换应用程序文件名为istax_lan966x.ext4.gz。请注意，尽管文件名中包含lan966x，但该文件并不适用于LAN9662，仅适用于LAN9668。

一个简单的IOC/IOD LAN9662 PROFINET演示至少需要以下软件：

- Siemens TIA V17 PLC控制软件
- RT Lab Sample LAN9662映像
- RT Lab Sample Siemens TIA GSDML文件
- Ubuntu 20.04
- Windows 10
- DHCP/TFTP服务器
- 串行控制台（Tera Term）
- 所需的Linux软件包（见下文）

2.3 LAN9662 RT Labs PROFINET源代码和编译

以下源代码和编译步骤仅在LAN9662上使用B0版本进行了验证。请注意，下面引用的资源库或使用安装脚本访问的资源库目前属于私有资源库。我们计划将来公开这些内容，但在此之前，您可以通过Microchip联系人获取资源库和源代码的静态压缩包。如需获取其他源代码和编译文档，请访问https://docs.rt-labs.com/p-net/getting_started_LAN9662.html。

1. 在Ubuntu 20.04 LTS上，安装所需的软件包：

```
$ sudo apt-get install -y asciidoc bc build-essential cmake cpio dlatex file gettext-base git graphviz help2man iproute2 iputils-ping libacl1-dev libglade2-0 libgtk2.0-0 libncurses5 libncurses5-dev python3 python3-pip qt5-default rsync ruby-full sudo texinfo tree w3m wget
```

```
# 额外的Ruby软件包
```

```
$ sudo gem install nokogiri asciidoctor
```

```
# 允许使用`python`命令代替`python3`
```

```
$ sudo update-alternatives --install /usr/bin/python python /usr/bin/python3 100
```

```
# 启用额外的Python软件包
```

```
$ sudo python -m pip install matplotlib
```

2. 从主程序中提取最新的源代码并编译映像。在安装了Github身份验证密钥的Linux PC上，输入以下命令：

```
$ git clone git@github.com:microchip-ung/rtlabs-pnet-bsp-append.git (见图3)
```

图3: GIT CLONE

```
apps-ch-2@appsch2-HP-Compaq-Elite-8300-SFF:~/p3$ git clone git@github.com:microchip-ung/rtlabs-pnet-bsp-append.git
Cloning into 'rtlabs-pnet-bsp-append'...
Warning: Permanently added the ECDSA host key for IP address '140.82.112.3' to the list of known hosts.
remote: Enumerating objects: 238, done.
remote: Counting objects: 100% (238/238), done.
remote: Compressing objects: 100% (139/139), done.
remote: Total 238 (delta 107), reused 200 (delta 72), pack-reused 0
Receiving objects: 100% (238/238), 48.03 KiB | 862.00 KiB/s, done.
Resolving deltas: 100% (107/107), done.
```

```
$ cd rtlabs-pnet-bsp-append/
```

```
$ sudo ./prepare.sh
```

根据源代码版本，yaml config可能指向无法下载的BSP。这将导致编译错误。要更正该错误，应将cmake-presets.yaml中的第73行更新为：

```
:brsdk: "2021.09".
```

或者更新为您的Microchip联系人建议的任何新版本。

3. 将.itb编译文件放入TFTP服务器使用的文件目录下。

```
$ cp build-arm/lan9662_mera_pnet.itb ~/<YOUR_TFTP_DIR>/img
```

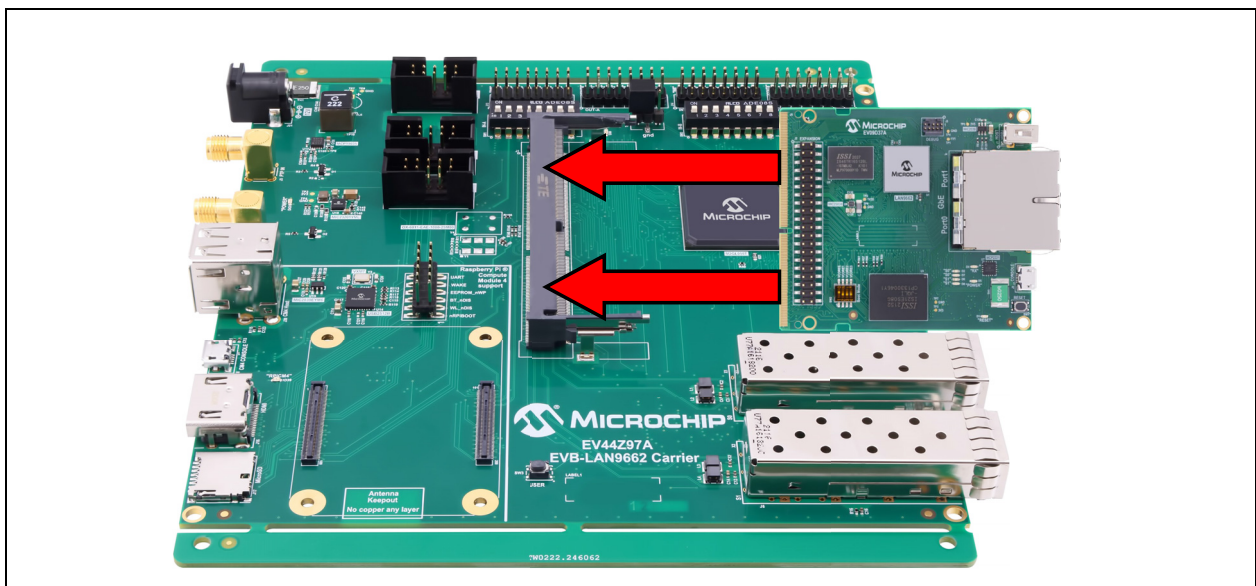
2.4 LAN9662 RT Labs PROFINET 映像安装和启动

以下安装代码和启动步骤仅在LAN9662上使用B0版本进行了验证。如需获取其他RT Labs参考指南，请访问<https://rt-labs.com/docs/p-net/reference-library/>。

1. 建立LAN9662连接。

- 将LAN9662 mini-USB端口连接到托管串行连接的Linux或Windows系统。
- 然后，将以太网端口1连接到托管DHCP和TFTP服务器的系统。
- 最后，将12V电源连接到供电设备。

图4: 带子板的LAN9662载板



2. 打开串行控制台后，为EVB-LAN9662上电并立即按任意键以进入u-boot。

图5: U-BOOT

```
U-Boot 2019.04-linux4sam_6.2-icp (Sep 27 2022 - 16:19:43 +0200)

CPU: SAMA7
board type: 1
DRAM: 1022 MiB
MMC: sdhci-host@e0830000: 0, emmc@e0830000: 1
Loading Environment from MMC... OK
In: serial
Out: serial
Err: serial
Net: eth0: port0
Warning: port1 (eth1) using random MAC address - 72:1e:b4:3a:99:64
, eth1: port1
Hit any key to stop autoboot: 0
m =>
```

3. 确保包括以下环境变量:

```
pcb=lan9662_ung8309_0_at_lan966x
```

```
ramboot=bootm start ${loadaddr}#${pcb}; bootm loados ${loadaddr}#${pcb}; bootm ram-
disk ${loadaddr}#${pcb}; run set_rootargs; run setup; bootm fdt ${loadaddr}#${pcb};
bootm prep ${loadaddr}#${pcb}; bootm go ${loadaddr}#${pcb}
```

```
loadaddr=0x64000000
```

这些变量可以使用“print”命令进行查看，还可以使用“setenv”和“saveenv”命令进行更改。

图6: 保存变量

```
m => setenv loadaddr 0x64000000
m => saveenv
Saving Environment to MMC... Writing to MMC<0>... OK
m =>
```

4. 通过u-boot加载并运行映像。

- a) 运行 `dhcp 0x64000000 img`。请参见图7。
- b) 然后，运行 `ramboot`。请参见图8。

图8: RAMBOOT

```
m => run ramboot
## Loading kernel from FIT Image at 64000000 ...
Using 'lan9662_ung8291_0_at_lan966x' configuration
Trying 'kernel' kernel subimage
  Description: Linux kernel
  Type: Kernel Image
  Compression: gzip compressed
  Data Start: 0x640000d0
  Data Size: 4730656 Bytes = 4.5 MiB
  Architecture: ARM
  OS: Linux
  Load Address: 0x60200000
  Entry Point: 0x60200000
Verifying Hash Integrity ... OK
## Loading ramdisk from FIT Image at 64000000 ...
Using 'lan9662_ung8291_0_at_lan966x' configuration
Trying 'ramdisk' ramdisk subimage
  Description: ramdisk
  Type: RAMDisk Image
  Compression: uncompressed
  Data Start: 0x6448308c
  Data Size: 16392192 Bytes = 15.6 MiB
  Architecture: ARM
  OS: Linux
  Load Address: 0x68000000
  Entry Point: unavailable
Verifying Hash Integrity ... OK
Loading ramdisk from 0x6448308c to 0x68000000
## Loading fdt from FIT Image at 64000000 ...
Using 'lan9662_ung8291_0_at_lan966x' configuration
Trying 'fdt_lan9662_ung8291_0_at_lan966x' fdt subimage
  Description: Flattened Device Tree blob
  Type: Flat Device Tree
  Compression: uncompressed
  Data Start: 0x65425148
  Data Size: 21012 Bytes = 20.5 KiB
  Architecture: ARM
  Load Address: 0x67e00000
Verifying Hash Integrity ... OK
Loading fdt from 0x65425148 to 0x67e00000
Booting using the fdt blob at 0x67e00000
Uncompressing Kernel Image ... OK
Using Device Tree in place at 67e00000, end 67e08213
Using Device Tree in place at 67e00000, end 67e0b213

Starting kernel ...

Starting syslogd: OK
Starting klogd: OK

Welcome to SMBStaX
ucoreiii login: root
#
```

5. 启动RT Labs LAN9662示例应用程序。请参见图9。

switchdev-profinet-example.sh <MODE>

<MODE> = 'none'

禁止RTE。应用程序过程数据映射到共享存储器。

<MODE> = 'cpu'

使能RTE。RTE将过程数据映射到SRAM。应用程序过程数据映射到共享存储器。

<MODE> = 'full' <DEFAULT>

使能RTE。RTE将过程数据映射到QSPI。应用程序过程数据映射到io-fpga。

图9: RT-LABS PROFINET 示例

```

# switchdev-profinet-example.sh
Starting switchdev-profinet-example
mount: mounting /dev/mmcblk0p2 on /tmp/pn_data failed: Invalid argument - 0x000000ff -> 0x000001ff
#ns_PGD[61]
net_ipw6.conf.br0.disable_ipv6 = 1
QSVS_SW_PORT_MODE[41]
Starting LAN9662 Profinet sample application
RTE mode: full
#
*** Starting P-Net sample application 0.2.0 ***
Number of slots: 13 (incl slot for DAP module)
P-net log level: 3 (DEBUG-0, FATAL=4)
App log level: 0 (DEBUG-0, FATAL=4)
Max number of ports: 2
Network interfaces: br0,eth0,eth1
Button1 file:
Button2 file:
Default station name: lan9662-dev
Management port: br0 12:99:2D:16:93:89
Physical port [1]: eth0 62:27:5F:6F:12:11
Physical port [2]: eth1 62:27:5F:6F:12:12
Hostname: ucoreiii
IP address: 0.0.0.0
Netmask: 0.0.0.0
Gateway: 0.0.0.0
Storage directory: /tmp/pn_data

Application RTE mode "Full"
[1.1."Digital Input 1x8"] mapped to FPGA address 0x100
[2.1."Digital Output 1x8"] mapped to FPGA address 0x104
[3.1."Digital Input 1x64"] mapped to FPGA address 0x108
[4.1."Digital Input 2x32 a"] mapped to FPGA address 0x110
[5.1."Digital Input 2x32 b"] mapped to FPGA address 0x118
[6.1."Digital Input 1x800"] mapped to FPGA address 0x120
[7.1."Digital Output 1x64"] mapped to FPGA address 0x184
[8.1."Digital Output 2x32 a"] mapped to FPGA address 0x18c
[9.1."Digital Output 2x32 b"] mapped to FPGA address 0x194
[10.1."Digital Output 1x800"] mapped to FPGA address 0x19c
[11.1."Digital Input Port A"] mapped to FPGA address 0x200
[12.1."Digital Output Port A"] mapped to FPGA address 0x10
Profinet signal LED indication. New state: 0
LED 2 new state 0
Network script for br0: Set IP 0.0.0.0 Netmask 0.0.0.0 Gateway 0.0.0.0 Permanent: 1 Hostname: lan9662-dev Skip setting hostname: true
No valid default gateway given. Skipping setting default gateway.
LED 1 new state 0
Plug DAP module and its submodules
Module plug indication API 0
[0] Pull old module.
[0] Plug module. Module ID: 0x1 "DAP 1"
Submodule plug indication API 0
[0.1] Pull old submodule.
[0.1] Plug submodule. Submodule ID: 0x1 Data Dir: NO_IO In: 0 Out: 0 "DAP Identity 1"
Submodule plug indication API 0
[0.32768] Pull old submodule.
[0.32768] Plug submodule. Submodule ID: 0x8000 Data Dir: NO_IO In: 0 Out: 0 "DAP Interface 1"
Submodule plug indication API 0
[0.32769] Pull old submodule.
[0.32769] Plug submodule. Submodule ID: 0x8001 Data Dir: NO_IO In: 0 Out: 0 "DAP Port 1"
Submodule plug indication API 0
[0.32770] Pull old submodule.
[0.32770] Plug submodule. Submodule ID: 0x8002 Data Dir: NO_IO In: 0 Out: 0 "DAP Port 2"
Waiting for PLC connect request

```

EVB-LAN9662变为在线状态，等待PLC连接。TIA V17和示例应用程序启动的后续步骤成功完成后，将显示一系列连接消息。请参见图10。

图10: 连接消息

```

COM21 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window Help
PLC connect indication. AREP: 1
Event indication PNET_EVENT_STARTUP AREP: 1
PLC dcontrol message. AREP: 1 Command: PRM_END
Event indication PNET_EVENT_PRMEMD AREP: 1
[0.1."DAP Identity 1"] Set input data and IOPS. Size: 0 IOPS
: GOOD
[0.32768."DAP Interface 1"] Set input data and IOPS. Size: 0 IOPS
: GOOD
[0.32769."DAP Port 1"] Set input data and IOPS. Size: 0 IOPS
: GOOD
[0.32770."DAP Port 2"] Set input data and IOPS. Size: 0 IOPS
: GOOD
Data status indication. AREP: 1 Data status changes: 0x25 Data status: 0x25
Stop. Valid. Primary. Normal operation. Evaluate data status
Application will signal that it is ready for data, for AREP 1.
Event indication PNET_EVENT_APPLRDY AREP: 1
Event indication PNET_EVENT_DATA AREP: 1
Cyclic data transmission started

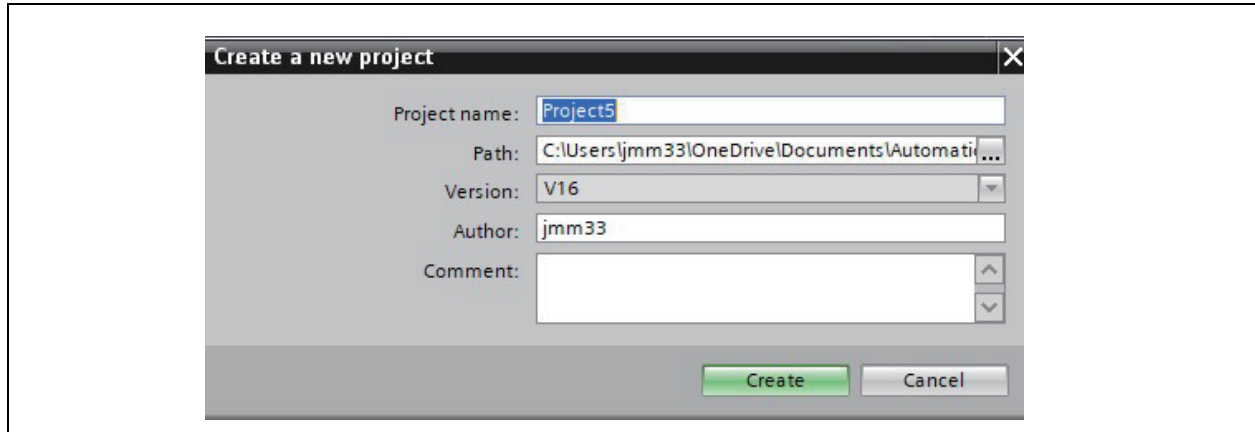
```

2.5 Siemens S7-1200 PLC和TIA V17软件启动

按照以下步骤启动Siemens S7-1200 PLC和TIA V17软件。

1. 在用户的Windows系统中安装TIA V17。如需获取Siemens提供的完整说明，请访问https://github.com/rtlabs-com/p-net/blob/master/doc/use_with_siematic.rst。
2. 添加项目和设备。
 - a) 通过在Windows开始菜单中搜索“TIA portal”启动该应用程序。
 - b) 在Start（开始）屏幕中，选择Create new project（新建项目），然后输入Project name（项目名称）。Path（路径）、Version（版本）和Author（作者）可保留默认设置。单击Create（创建）。请参见图11。

图11： 新建项目



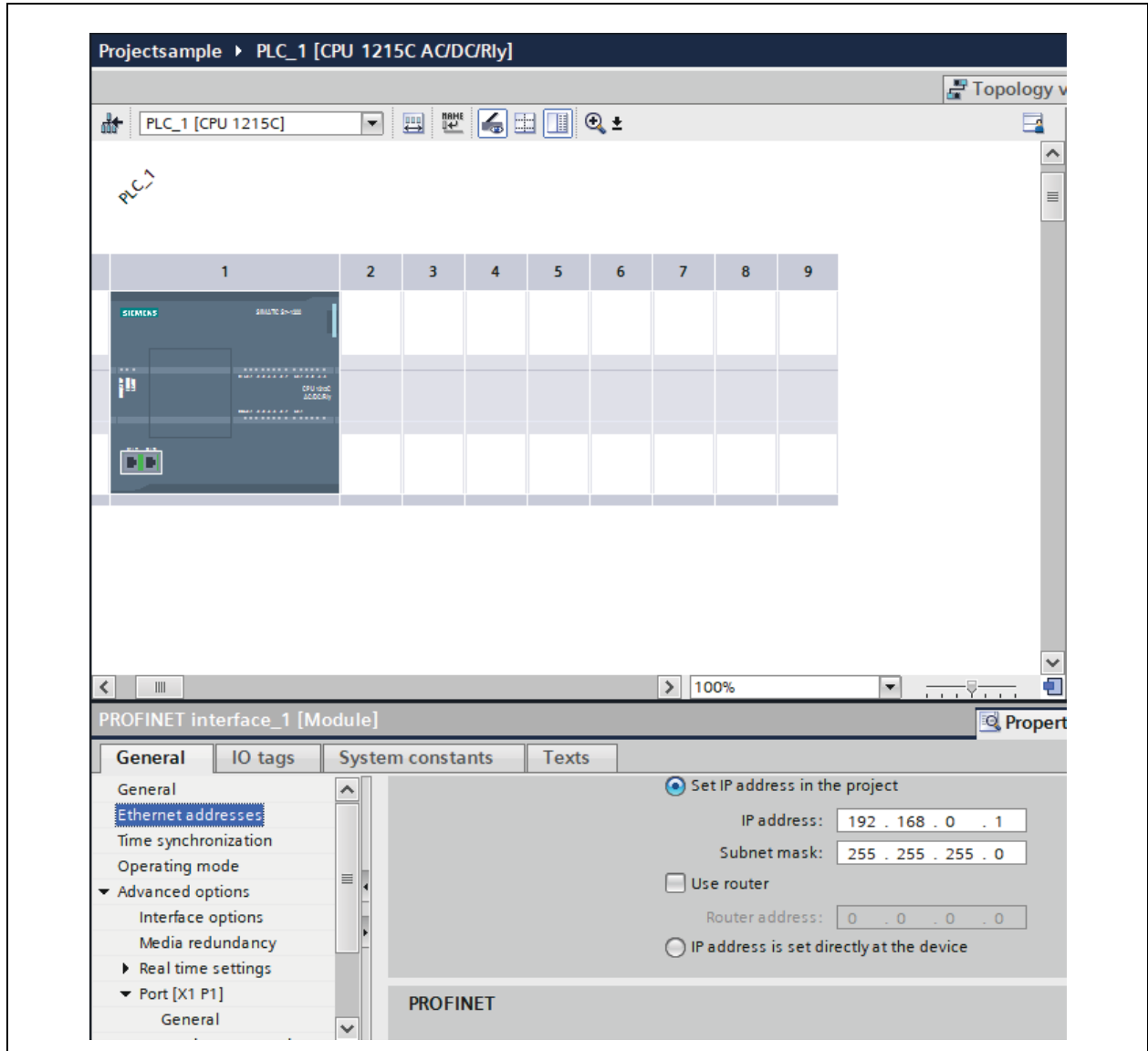
- c) 在Start屏幕的项目树中选择Add new device（添加新设备），然后选择所需的PLC型号（将充当IO控制器的CPU）并单击Add（添加）。请参见图12。

图12： 项目树



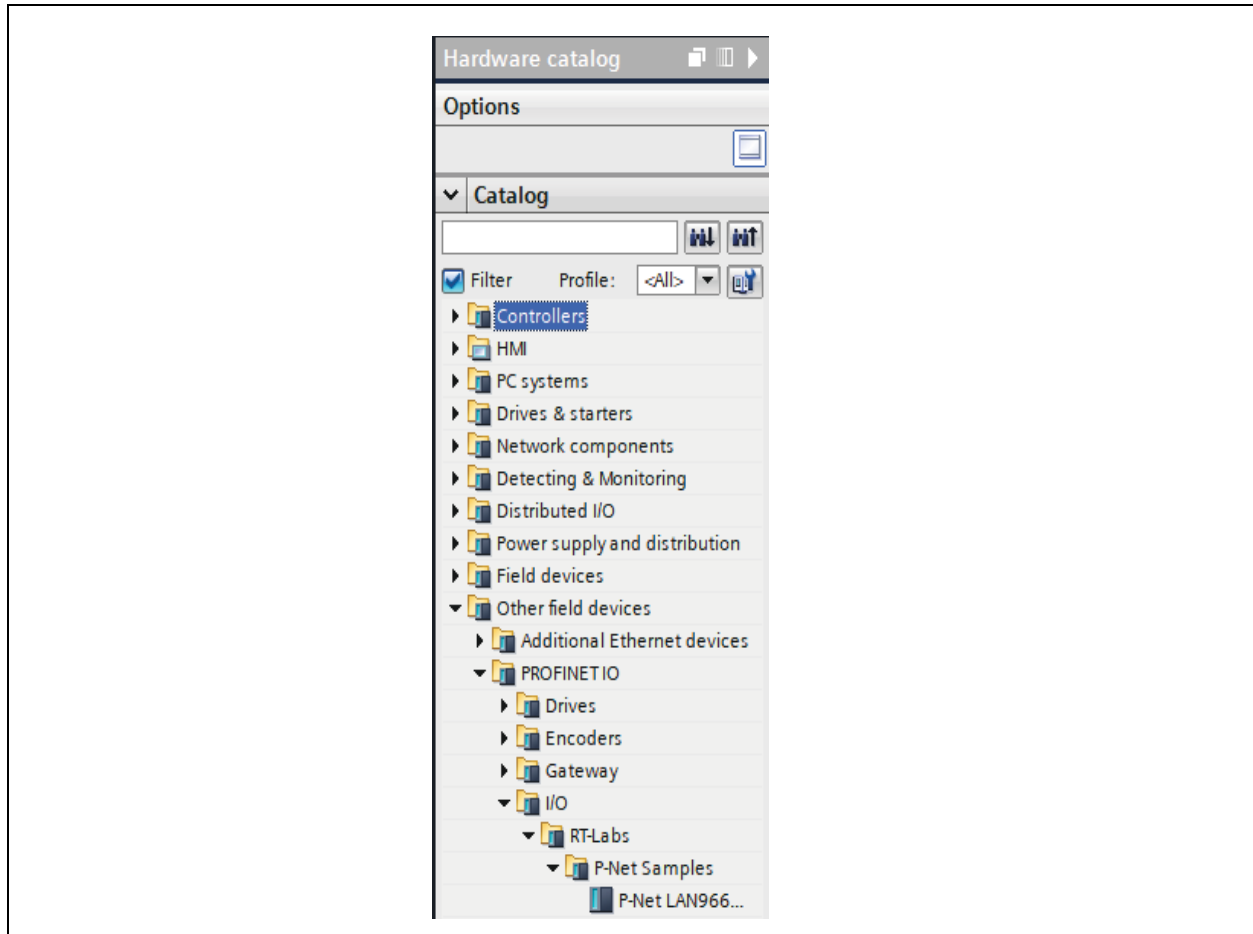
- d) 从设备视图中双击**PROFINET Interface_1**，然后双击RJ45图标。在**General**（常规）选项卡下的**Ethernet addresses**（以太网地址）部分的**IP protocol**（IP协议）字段中，选择**Set IP address in the project**（设置项目的IP地址），然后输入“192.168.0.1”，并在**Subnet mask**（子网掩码）中输入“255.255.255.0”。（见图13）。运行TIA V17的PC的以太网地址必须与PLC在同一网络中才能连接。

图13: 带RJ45图标的PLC



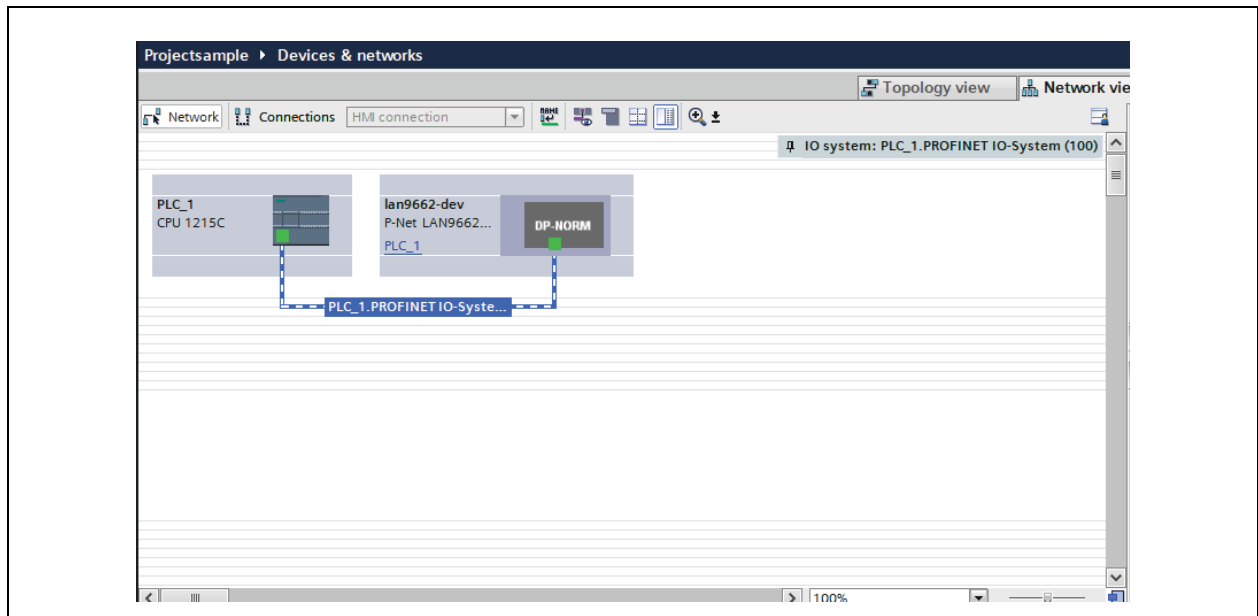
- e) 使用菜单 **Options > Manage general station description files (GSD)**（选项 > 管理通用站描述文件（GSD））导入GSD文件。浏览到包含所需GSD文件的目录。选中该文件所在行的复选框，然后单击**Install**（安装）。
- f) 在项目视图中，转到左侧菜单并选择PLC和子项设备配置。单击**Network view**（网络视图）选项卡。在右边缘打开**Hardware catalog**（硬件目录）。选择**Other field devices > Profinet IO > I/O > RT-Labs > P-Net Samples > P-Net LAN9662 Sample App**（其他现场设备 > Profinet IO > I/O > RT-Labs > P-Net示例 > P-Net LAN9662示例应用程序）（见图14）。双击P-Net LAN9662示例应用程序，它将显示在主窗口中。

图 14: 硬件目录



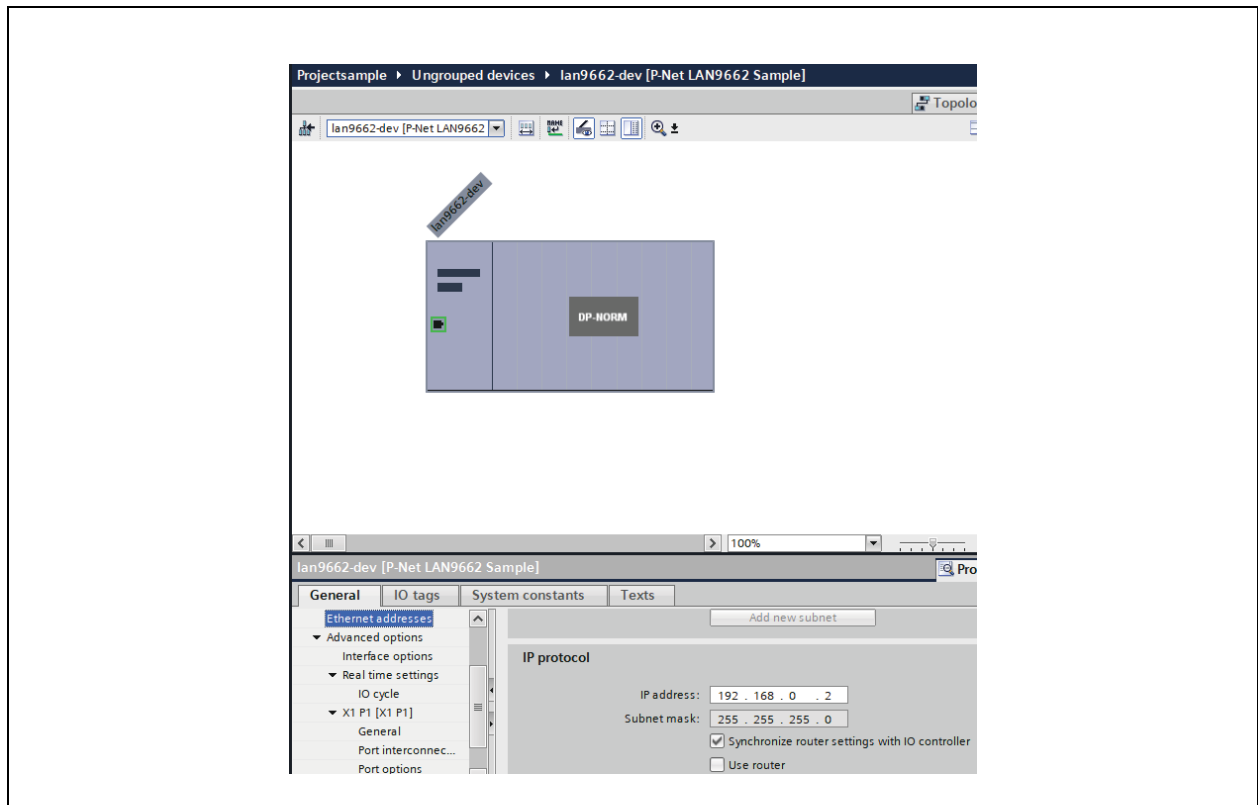
- g) 单击 **Network View** 选项卡，然后右键单击 Not assigned on the rt-labs-dev（未在 rt-labs-dev 中分配）图标。选择 Assign to new IO-controller and PLC_1.PROFINET interface_1（分配给新的 IO 控制器和 PLC_1.PROFINET interface_1），随后网络视图中的 LAN9662 与 PLC 之间会形成一条链路。请参见图 15。

图 15: 设备和网络



- h) 在项目树下（PLC_1在右侧），从Device configuration（设备配置）中左侧中间位置的下拉菜单中选择lan9662-dev设备。请参见图16。双击RJ45图标。在底部**General**选项卡中的Ethernet addresses下的IP protocol部分添加IP地址“192.168.0.2”和子网掩码“255.255.255.0”。

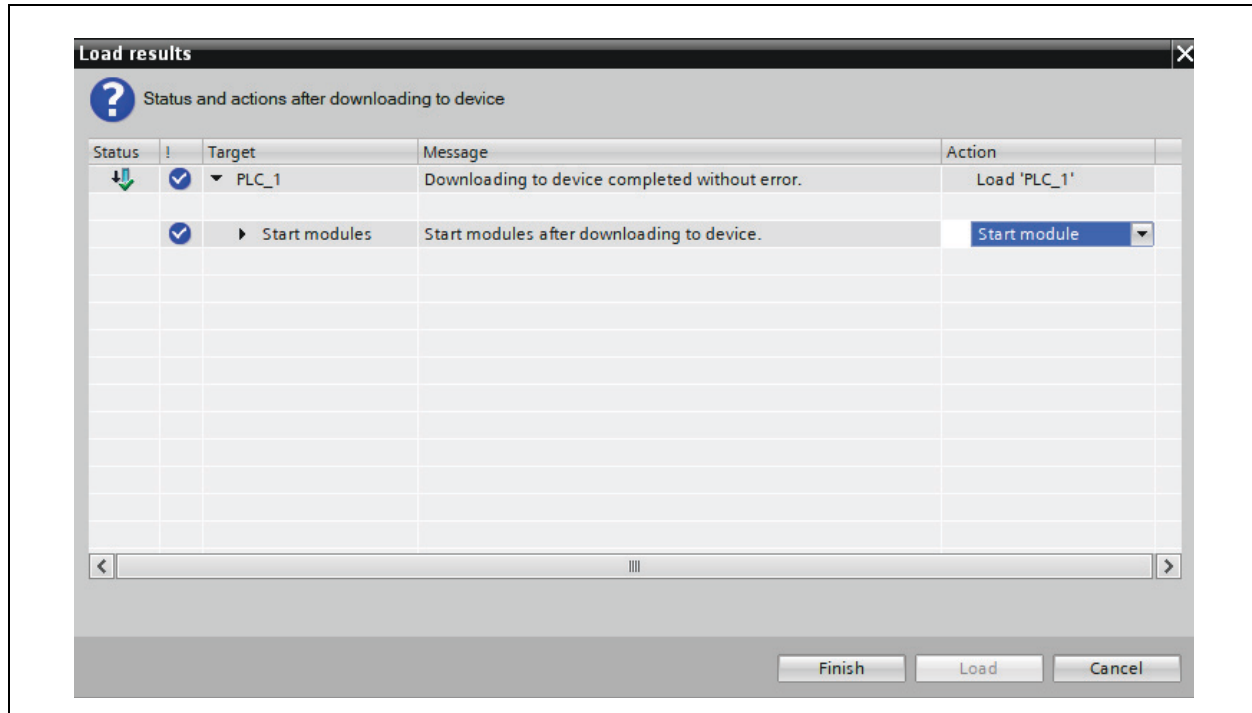
图 16: 设备配置



3. 运行应用程序。

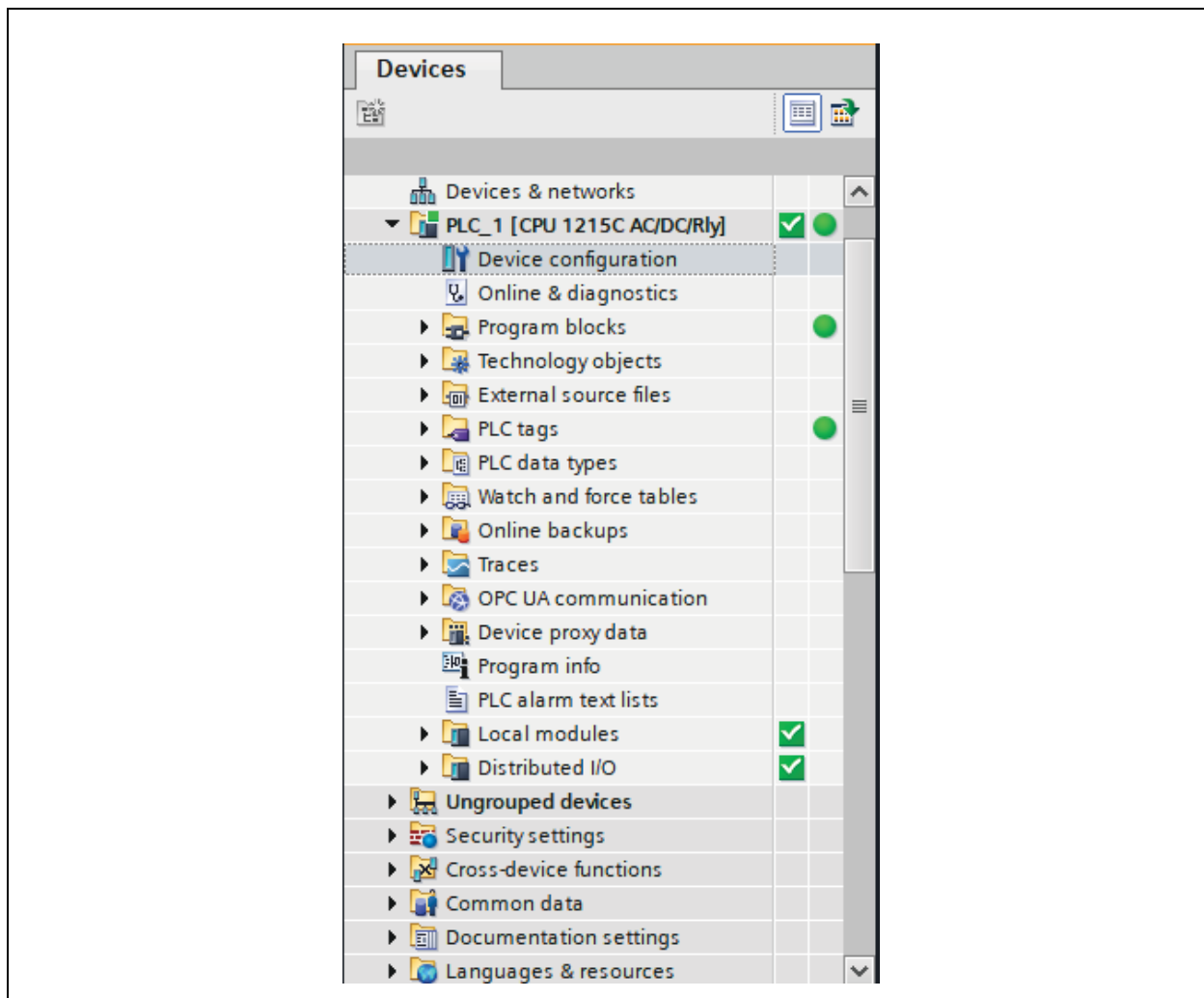
- 在网络视图中，右键单击PLC图标并选择 **Compile > Hardware (rebuild all)** (编译 > 硬件 (全部重新编译))。
- 在网络视图中，右键单击PLC图标并选择 **Compile > Software (rebuild all)** (编译 > 软件 (全部重新编译))。
- 右键单击PLC图标。下载至 **设备 > 硬件配置** (device>Hardware configuration)。在弹出的 **Extended download to device** (扩展下载到设备) 窗口中，确保已选中 PLC_1 设备，然后单击 **Load** (加载) (如果尚未显示该设备，可单击窗口左下方的 **Start search** (开始搜索) 按钮)。选择 **Start module** (启动模块)，然后单击 **Finish** (完成)。请参见图17。

图17: 加载结果



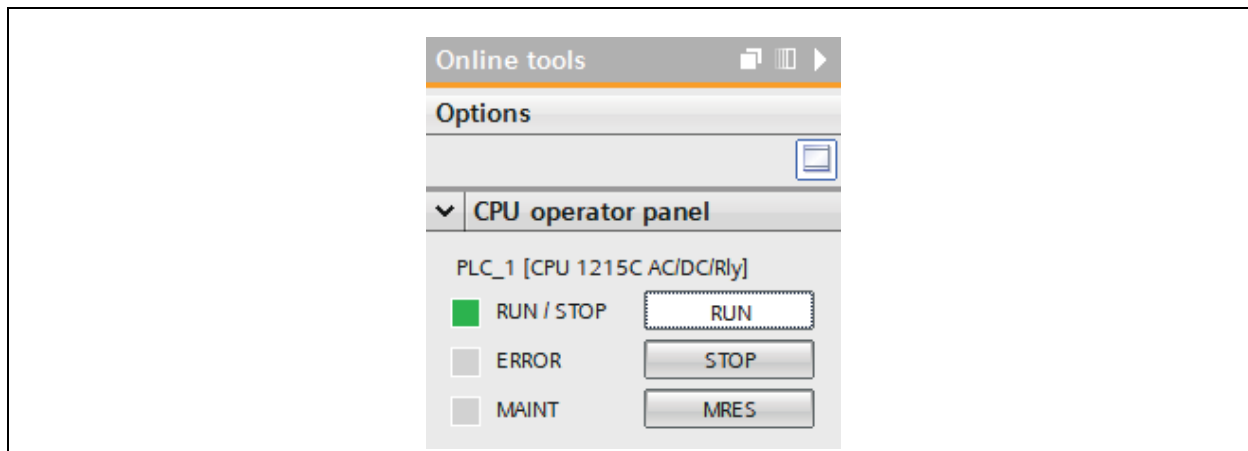
- 重复执行 **Download to device > Software (all)** (下载到设备 > 软件 (全部))。确保已停止模块 (即停止所有操作)，然后单击 **Load**。在显示 **Start module** 选项后，单击 **Finish**。
- 在主菜单中，单击 **Online > Go online** (在线 > 上线)。设备项目树中不能存在错误。请参见图18。

图 18: 设备配置



f) 在屏幕右侧，使用Online tools（在线工具）查看PLC LED状态以及进入RUN和STOP模式。请参见图19。

图 19: 在线工具

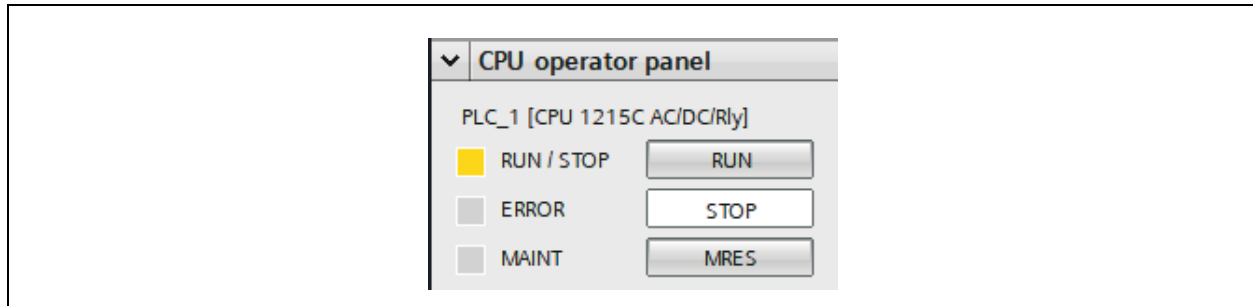


2.6 RT-LABS PROFINET 示例应用程序

该应用程序专注于过程数据及其到RTE的映射。如需获取源代码，请访问https://github.com/microchip-ung/rtlabs-pnet/tree/master/samples/pn_dev_lan9662。按照以下步骤进行演示：

1. 使用运行示例应用程序的LAN9662与PLC（两者已在前述步骤中建立连接）开始演示。
 - a) 在Online tools的CPU operator panel（CPU操作面板）窗口中，按下**STOP**（停止）按钮。RUN/STOP（运行/停止）按钮旁的方块将显示黄色（见图20）。PLC上的RUN/STOP LED同样显示黄色，以指示设备处于停止状态。

图20： 停止状态



- b) 如果从运行状态停止，检查LAN9662串行控制台是否显示以下内容：

```
#Data status indication. AREP:      1  Data status changes: 0x10  Data status: 0x25
Stop, Valid, Primary, Normal operation, Evaluate data status
[1,1,"Digital Input 1x8"]          PLC reports Consumer Status (IOCS) 0x60 Is
it in STOP mode?
[2,1,"Digital Output 1x8"]         PLC reports Provider Status (IOPS) 0x60 Is
it in STOP mode?
```

2. 将演示置于RUN状态。

- a) 在Online tools的CPU operator panel窗口中，按下**RUN**（运行）按钮。如果启动过程中没有出现错误，则RUN/STOP按钮旁的方块将显示绿色（见图21）。PLC上的RUN/STOP LED同样显示绿色，以指示设备处于RUN状态（见图22）。
- b) 检查LAN9662串行控制台是否显示以下内容：

```
PLC control message confirmation. AREP: 1 Status codes: 0 0 0 0
Data status indication. AREP: 1 Data status changes: 0x10  Data status: 0x35
Run, Valid, Primary, Normal operation, Evaluate data status
[1,1,"Digital Input 1x8"]          PLC reports Consumer Status (IOCS) GOOD
[2,1,"Digital Output 1x8"]         PLC reports Provider Status (IOPS) GOOD
```

图21： 运行状态

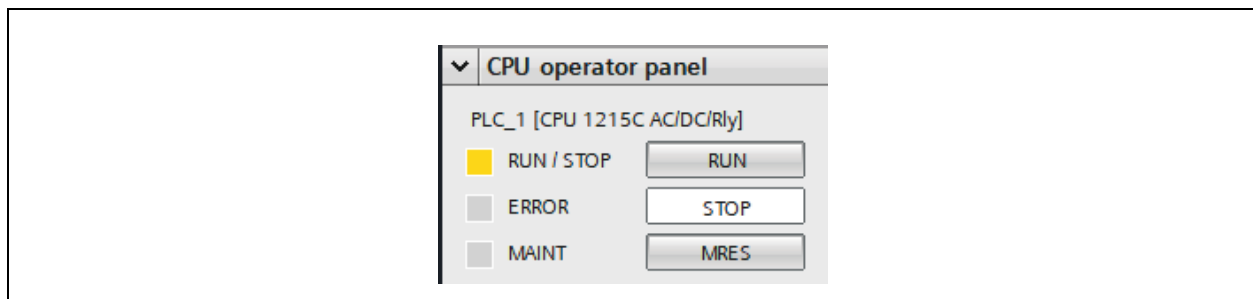
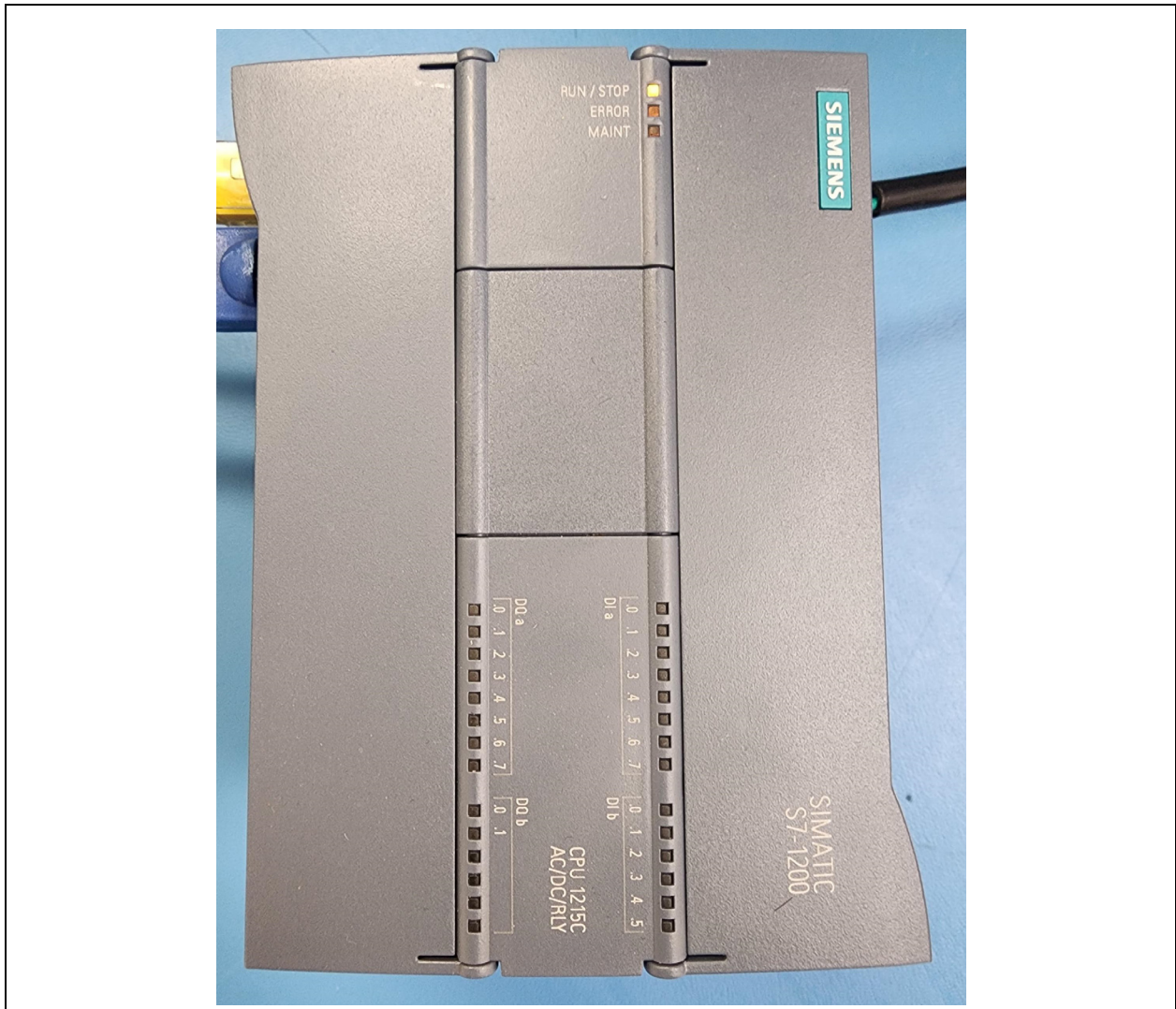


图 22: 运行状态的LED指示灯



3. 将演示置于**ERROR**状态。

- a) 断开LAN9662与PLC之间连接的以太网线缆。Online tools的CPU operator panel窗口中的**ERROR**（错误）按钮旁的方块将呈红色闪烁。PLC上中间的**ERROR**红色LED将亮起。
- b) 检查LAN9662串行控制台是否显示以下内容：

```
Event indication PNET_EVENT_ABORT   AREP: 1

Error class: 0xfd Real-Time Acyclic Protocol
Error code:  0x05 Device missed cyclic data deadline, device terminated AR
Connection closed

Waiting for PLC connect request
```

4. 将演示从**ERROR**状态恢复。

- a) 重新连接LAN9662与PLC之间的以太网线缆。Online tools的CPU operator panel窗口中的**ERROR**按钮将停止闪烁。PLC上中间的**ERROR**LED也将停止闪烁。
 - b) 检查LAN9662串行控制台是否显示以下内容：
- ```
LC connect indication. AREP: 1
```

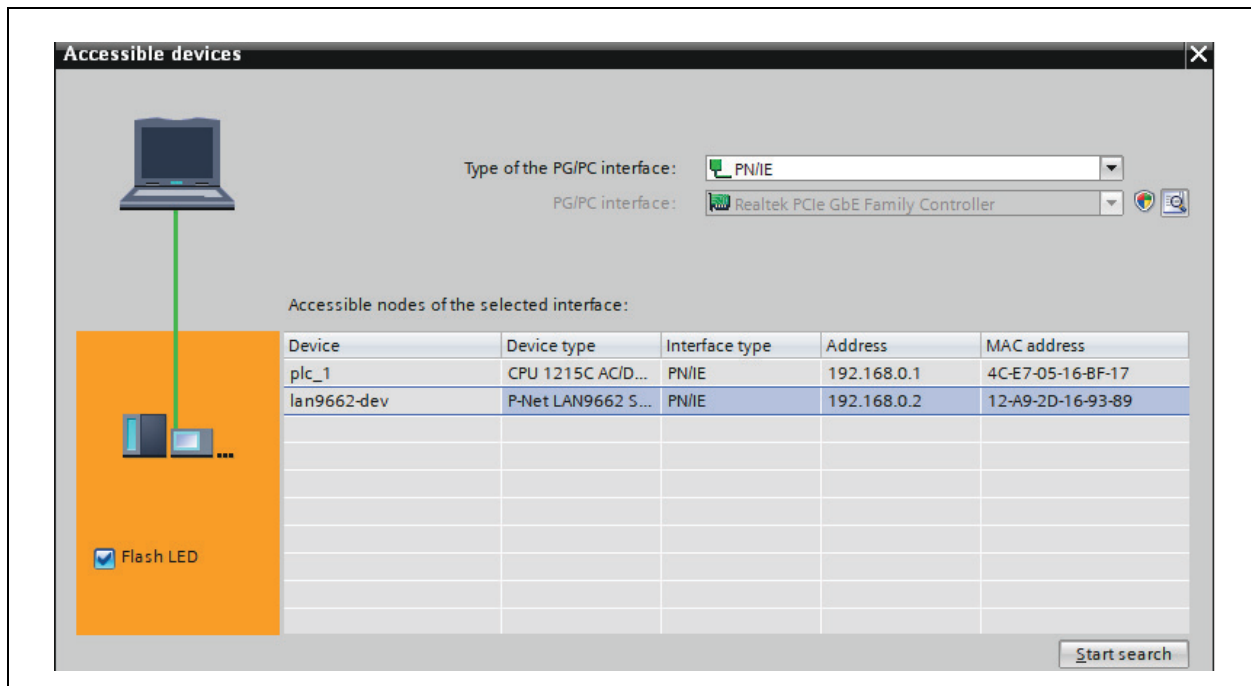
```
Event indication PNET_EVENT_STARTUP AREP: 1
Data status indication. AREP: 1 Data status changes: 0x25 Data status: 0x25
Stop, Valid, Primary, Normal operation, Evaluate data status
PLC dcontrol message. AREP: 1 Command: PRM_END
Event indication PNET_EVENT_PRMEMD AREP: 1
[0,1,"DAP Identity 1"] Set input data and IOPS. Size: 0 IOPS: GOOD
[0,32768,"DAP Interface 1"] Set input data and IOPS. Size: 0 IOPS: GOOD
[0,32769,"DAP Port 1"] Set input data and IOPS. Size: 0 IOPS: GOOD
[0,32770,"DAP Port 2"] Set input data and IOPS. Size: 0 IOPS: GOOD
[1,1,"Digital Input 1x8"] Set input data and IOPS. Size: 1 IOPS: GOOD
[2,1,"Digital Output 1x8"] Set output IOCS: GOOD
Application will signal that it is ready for data, for AREP 1.
Event indication PNET_EVENT_APPLRDY AREP: 1
Event indication PNET_EVENT_DATA AREP: 1
Cyclic data transmission started
```

PLC ccontrol message confirmation. AREP: 1 Status codes: 0 0 0 0

## 5. 使用搜索功能使LAN9662 LED 闪烁。

- a) 从Online菜单中选择Accessible devices（可访问的设备）。单击Accessible devices窗口中右侧中间位置Start search按钮。选择LAN9662设备并勾选Flash LED（使LED闪烁）框（见图23）。

图23: 使LED闪烁

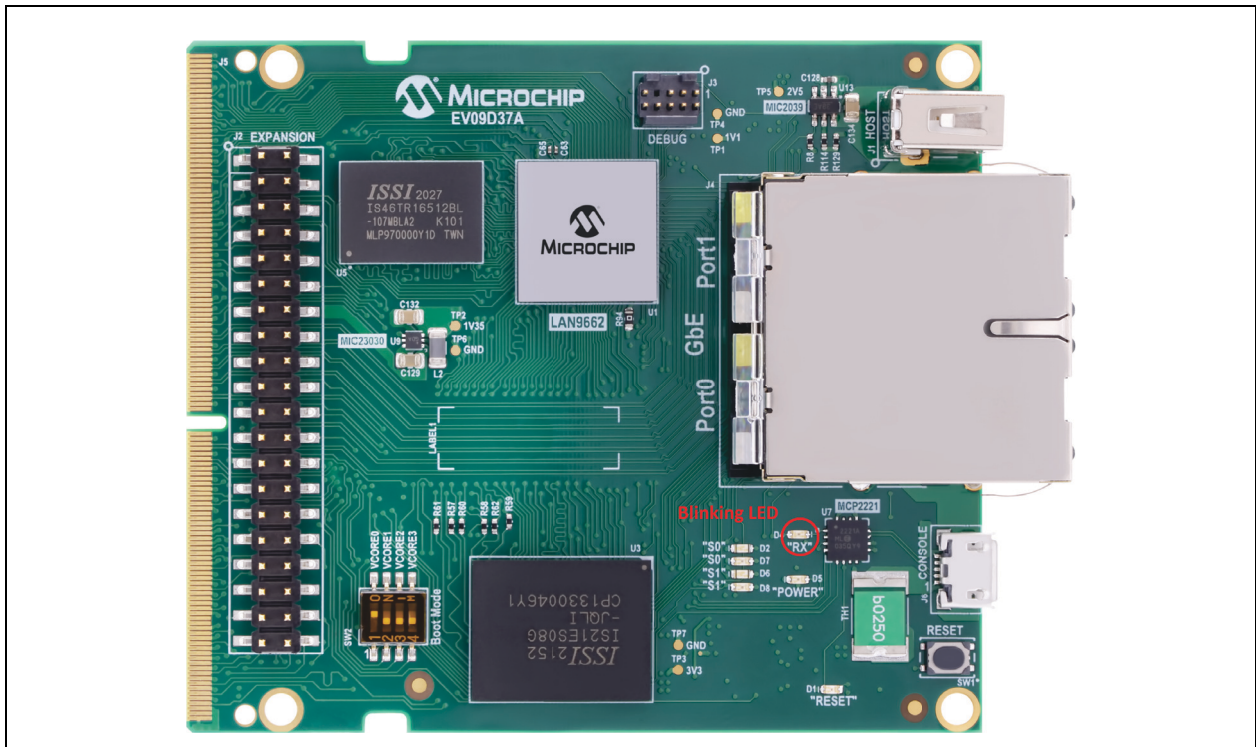


- b) 检查LAN9662串行控制台是否显示以下内容：
- Profinet signal LED indication. New state: 0
  - LED 2 new state 0
  - Profinet signal LED indication. New state: 1
  - LED 2 new state 1

- Profinet signal LED indication. New state: 0
- LED 2 new state 0
- Profinet signal LED indication. New state: 1
- LED 2 new state 1
- Profinet signal LED indication. New state: 0
- LED 2 new state 0
- Profinet signal LED indication. New state: 1
- LED 2 new state 1

图24中圈出了通过这种方法控制的LED。

图24: 通过搜索功能激活LED



无需进行额外的PLC编程即可执行所有示例。如需进行更深入的演示，可以添加定制模块。

## 2.7 独立工具

表1列出了该版本中所用的工具：

表1: 独立工具

| 名称          | 来源        | 示例             |
|-------------|-----------|----------------|
| Iproute2 套件 | Linux 社区  | ip、bridge 和 tc |
| ethtool     | Linux 社区  | ethtool        |
| ptp4l       | Linux 社区  | ptp4l          |
| tiny-llpd   | Linux 社区  | tllpd          |
| QoS 工具      | Microchip | qos            |
| VCAP        | Microchip | vcap           |

注 1: Microchip 提供的工具显示不带参数运行时的语法。

# AN4826

---

---

**表1:** 独立工具 (续)

| 名称     | 来源        | 示例   |
|--------|-----------|------|
| FP工具   | Microchip | fp   |
| PSFP工具 | Microchip | psfp |
| FRER   | Microchip | frer |

注 1: Microchip 提供的工具显示不带参数运行时的语法。

表2列出了调试工具:

**表2:** 调试工具

| 名称             | 来源        | 示例                                        |
|----------------|-----------|-------------------------------------------|
| 调试消息           | Linux社区   | dmesg                                     |
| 数据包捕捉          | Linux社区   | tcpdump                                   |
| 数据包注入和捕捉       | Microchip | ef和ef-loop                                |
| ProcFS和DebugFS | Microchip | cat /proc/...<br>cat /sys/kernel/info/... |
| 符号寄存器访问        | Microchip | symreg                                    |

## 附录 A: 安装 BSP

要安装 BSP，请按以下步骤操作：

1. 访问 <http://mscc-ent-open-source.s3-website-eu-west-1.amazonaws.com>。
2. 单击 **bsp**/ 密钥链接。
3. 找到 [http://mscc-ent-open-source.s3-eu-west-1.amazonaws.com/public\\_root/bsp/mscc-brsdk-arm-2022.06.tar.gz](http://mscc-ent-open-source.s3-eu-west-1.amazonaws.com/public_root/bsp/mscc-brsdk-arm-2022.06.tar.gz) 并下载该文件。
4. 使用以下命令解压文件：

```
$ mkdir -p /opt/mscc
$ tar xzf mscc-brsdk-arm-2023.06.tar.gz -C /opt/mscc
```
5. 下载并安装工具链：
  - a) 确定要下载的工具链的版本。在 `opt/mscc/mscc/mscc-brsdk-arm-2023.06/sdk-setup.mk` 中，工具链文件的版本为 **2023.02-101**；因此，应安装 `mscc-toolchain-bin-2023.02-101.tar.gz`。
  - b) 在 <http://mscc-ent-open-source.s3-website-eu-west-1.amazonaws.com> 页面上，单击 **toolchain/**。
  - c) 下载 `mscc-toolchain-bin-2023.02-101.tar.gz`。
  - d) 使用以下命令安装下载的文件：

```
$ tar xzf mscc-toolchain-bin-2023.02-101.tar.gz -C /opt/mscc
```

**注 1:** BSP 的文档位于 `bsp/mscc-brsdk-doc-2023.06.html` 路径下。在该文档中，转到 *Supported HW > LAN966x*（支持的硬件 > LAN966x）获取与 LAN966x 相关的详细信息。

**2:** 相关源代码位于 `bsp/mscc-brsdk-source-2023.06.tar.gz` 路径下。使用源代码可以编译 BSP，并且可以制作不同的版本。相关说明，请参见 BSP 文档（`bsp/mscc-brsdk-doc-2023.06.html`）。

## 附录 B： 应用笔记版本历史

表B-1： 版本历史

| 版本与日期                        | 节/图/条目                                                                                                                                                              | 更正                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| DS00004826D<br>(2024年7月19日)  | 全部                                                                                                                                                                  | 将网址 <a href="https://rtlabs.com/docs/p-net/reference-library/lan9662/">https://rtlabs.com/docs/p-net/reference-library/lan9662/</a> 更改为 <a href="https://docs.rt-labs.com/p-net/getting_started_LAN9662.html">https://docs.rt-labs.com/p-net/getting_started_LAN9662.html</a> 。 |
|                              |                                                                                                                                                                     | 进行了少量格式更改。                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| DS00004826C<br>(2024年1月17日)  | 第2.1节“硬件概述”                                                                                                                                                         | 增加了最低硬件要求。                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                              | 第2.2节“软件概述”                                                                                                                                                         | 增加了最低软件要求。                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                              | 第2.3节“LAN9662 RT Labs PROFINET 源代码和编译”、<br>第2.4节“LAN9662 RT Labs PROFINET 映像安装和启动”、<br>第2.5节“Siemens S7-1200 PLC 和 TIA V17 软件启动”和<br>第2.6节“RT-LABS PROFINET 示例应用程序” | 这些为新增章节。                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                              |                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| DS00004826B<br>(2023年9月19日)  | 全部                                                                                                                                                                  | 更新了参考链接。                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|                              |                                                                                                                                                                     | 更新了板级支持包的链接、文件路径和软件版本。                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                              |                                                                                                                                                                     | 从页脚中删除了“Microchip机密信息”标识并进行了少量格式更改。                                                                                                                                                                                                                                             |
| DS00004826A<br>(2022年11月29日) | 初始版本                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

注:

## MICROCHIP 网站

Microchip 网站 ([www.microchip.com](http://www.microchip.com)) 为客户提供在线支持。客户可通过该网站方便地获取文件和信息。我们的网站提供以下内容：

- **产品支持** —— 数据手册和勘误表、应用笔记和示例程序、设计资源、用户指南以及硬件支持文档、最新的软件版本以及归档软件
- **一般技术支持** —— 常见问题解答 (FAQ)、技术支持请求、在线讨论组以及 Microchip 设计伙伴计划成员名单
- **Microchip 业务** —— 产品选型和订购指南、最新 Microchip 新闻稿、研讨会和活动安排表、Microchip 销售办事处、代理商以及工厂代表列表

## 变更通知客户服务

Microchip 的变更通知客户服务有助于客户了解 Microchip 产品的最新信息。注册客户可在他们感兴趣的某个产品系列或开发工具发生变更、更新、发布新版本或勘误表时，收到电子邮件通知。

欲注册，请访问 [www.microchip.com/pcn](http://www.microchip.com/pcn)，然后按照注册说明进行操作。

## 客户支持

Microchip 产品的用户可通过以下渠道获得帮助：

- 代理商或代表
- 当地销售办事处
- 应用工程师 (ESE)
- 技术支持

客户应联系其代理商、代表或 ESE 寻求支持。当地销售办事处也可为客户提供帮助。本文档后附有销售办事处的联系方式。

也可通过 <http://microchip.com/support> 获得网上技术支持。



---

---

请注意以下有关 Microchip 产品代码保护功能的要点:

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术规范。
- Microchip 确信: 在正常使用且符合工作规范的情况下, Microchip 系列产品非常安全。
- Microchip 注重并积极保护其知识产权。严禁任何试图破坏 Microchip 产品代码保护功能的行为, 这种行为可能会违反《数字千年版权法案》(Digital Millennium Copyright Act)。
- Microchip 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是“牢不可破”的。代码保护功能处于持续发展之中。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。

---

提供本档的中文版本仅为了便于理解。请勿忽视文档中包含的英文部分, 因为其中提供了有关 Microchip 产品性能和使用情况的有用信息。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的英文原版文档。

本出版物及其提供的信息仅适用于 Microchip 产品, 包括设计、测试以及将 Microchip 产品集成到您的应用中。以其他任何方式使用这些信息都将被视为违反条款。本出版物中的器件应用信息仅为您提供便利, 将来可能会发生更新。如需额外的支持, 请联系当地的 Microchip 销售办事处, 或访问 <https://www.microchip.com/en-us/support/design-help/client-supportservices>。

**Microchip “按原样”提供这些信息。Microchip 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保, 包括但不限于针对非侵权性、适销性和特定用途的适用性的暗示担保, 或针对其使用情况、质量或性能的担保。**

在任何情况下, 对于因这些信息或使用这些信息而产生的任何间接的、特殊的、惩罚性的、偶然的或间接的损失、损害或任何类型的开销, **Microchip 概不承担任何责任, 即使 Microchip 已被告知可能发生损害或损害可以预见。在法律允许的最大范围内, 对于因这些信息或使用这些信息而产生的所有索赔, Microchip 在任何情况下所承担的全部责任均不超出您为获得这些信息向 Microchip 直接支付的金额 (如有)。**如果将 Microchip 器件用于生命维持和 / 或生命安全应用, 一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切损害、索赔、诉讼或费用时, 会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任。除非另外声明, 在 Microchip 知识产权保护下, 不得暗中或以其他方式转让任何许可证。

有关 Microchip 质量管理体系的更多信息, 请访问 [www.microchip.com/quality](http://www.microchip.com/quality)。

#### 商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、Adaptec、AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BesTime、BitCloud、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、flexPWR、HELDO、IGLOO、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LinkMD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、Microsemi、Microsemi 徽标、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 徽标、PolarFire、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SenGenuity、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash、Symmetricom、SyncServer、Tachyon、TimeSource、tinyAVR、UNI/O、Vectron 及 XMEGA 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国和其他国家或地区的注册商标。

AgileSwitch、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、Flashtec、Hyper Speed Control、HyperLight Load、Liberio、motorBench、mTouch、Powermite 3、Precision Edge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plus 徽标、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider 和 ZL 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国的注册商标。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、Augmented Switching、BlueSky、BodyCom、Clockstudio、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoAutomotive、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、Espresso T1S、EtherGREEN、EyeOpen、GridTime、IdealBridge、IGaT、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Intelligent Paralleling、IntelliMOS、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、Knob-on-Display、MarginLink、maxCrypto、maxView、memBrain、Mindi、MiWi、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、mSIC、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、Power MOS IV、Power MOS 7、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REAL ICE、Ripple Blocker、RTAX、RTG4、SAM-ICE、Serial Quad I/O、simpleMAP、SimpliPHY、SmartBuffer、SmartHLS、SMART-I.S.、storClad、SQL、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Switchtec、SynchroPHY、Total Endurance、Trusted Time、TSHARC、Turing、USBCheck、VariSense、VectorBlox、VeriPHY、ViewSpan、WiperLock、XpressConnect 和 ZENA 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 为 Microchip Technology Incorporated 在美国的服务标记。

Adaptec 徽标、Frequency on Demand、Silicon Storage Technology 和 Symmcom 均为 Microchip Technology Inc. 在除美国外的国家或地区的注册商标。

GestIC 为 Microchip Technology Inc. 的子公司 Microchip Technology Germany II GmbH & Co. KG 在除美国外的国家或地区的注册商标。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2025, Microchip Technology Incorporated 及其子公司版权所有。

ISBN: 979-8-3371-0807-0



# MICROCHIP

04/17/24

## 全球销售及及服务网点

### 美洲

公司总部 **Corporate Office**  
2355 West Chandler Blvd.  
Chandler, AZ 85224-6199  
Tel: 1-480-792-7200  
Fax: 1-480-792-7277

技术支持:  
<http://www.microchip.com/support>

网址: [www.microchip.com](http://www.microchip.com)

**亚特兰大 Atlanta**  
Duluth, GA

Tel: 1-678-957-9614  
Fax: 1-678-957-1455

**奥斯汀 Austin, TX**  
Tel: 1-512-257-3370

**波士顿 Boston**  
Westborough, MA  
Tel: 1-774-760-0087  
Fax: 1-774-760-0088

**芝加哥 Chicago**  
Itasca, IL  
Tel: 1-630-285-0071  
Fax: 1-630-285-0075

**达拉斯 Dallas**  
Addison, TX  
Tel: 1-972-818-7423  
Fax: 1-972-818-2924

**底特律 Detroit**  
Novi, MI  
Tel: 1-248-848-4000

**休斯敦 Houston, TX**  
Tel: 1-281-894-5983

**印第安纳波利斯 Indianapolis**  
Noblesville, IN  
Tel: 1-317-773-8323  
Fax: 1-317-773-5453  
Tel: 1-317-536-2380

**洛杉矶 Los Angeles**  
Mission Viejo, CA  
Tel: 1-949-462-9523  
Fax: 1-949-462-9608  
Tel: 1-951-273-7800

**罗利 Raleigh, NC**  
Tel: 1-919-844-7510

**纽约 New York, NY**  
Tel: 1-631-435-6000

**圣何塞 San Jose, CA**  
Tel: 1-408-735-9110  
Tel: 1-408-436-4270

**加拿大多伦多 Toronto**  
Tel: 1-905-695-1980  
Fax: 1-905-695-2078

### 亚太地区

**中国 - 北京**  
Tel: 86-10-8569-7000

**中国 - 成都**  
Tel: 86-28-8665-5511

**中国 - 重庆**  
Tel: 86-23-8980-9588

**中国 - 东莞**  
Tel: 86-769-8702-9880

**中国 - 广州**  
Tel: 86-20-8755-8029

**中国 - 杭州**  
Tel: 86-571-8792-8115

**中国 - 南京**  
Tel: 86-25-8473-2460

**中国 - 青岛**  
Tel: 86-532-8502-7355

**中国 - 上海**  
Tel: 86-21-3326-8000

**中国 - 沈阳**  
Tel: 86-24-2334-2829

**中国 - 深圳**  
Tel: 86-755-8864-2200

**中国 - 苏州**  
Tel: 86-186-6233-1526

**中国 - 武汉**  
Tel: 86-27-5980-5300

**中国 - 西安**  
Tel: 86-29-8833-7252

**中国 - 厦门**  
Tel: 86-592-238-8138

**中国 - 香港特别行政区**  
Tel: 852-2943-5100

**中国 - 珠海**  
Tel: 86-756-321-0040

**台湾地区 - 高雄**  
Tel: 886-7-213-7830

**台湾地区 - 台北**  
Tel: 886-2-2508-8600

**台湾地区 - 新竹**  
Tel: 886-3-577-8366

### 亚太地区

**澳大利亚 Australia - Sydney**  
Tel: 61-2-9868-6733

**印度 India - Bangalore**  
Tel: 91-80-3090-4444

**印度 India - New Delhi**  
Tel: 91-11-4160-8631

**印度 India - Pune**  
Tel: 91-20-4121-0141

**日本 Japan - Osaka**  
Tel: 81-6-6152-7160

**日本 Japan - Tokyo**  
Tel: 81-3-6880-3770

**韩国 Korea - Daegu**  
Tel: 82-53-744-4301

**韩国 Korea - Seoul**  
Tel: 82-2-554-7200

**马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur**  
Tel: 60-3-7651-7906

**马来西亚 Malaysia - Penang**  
Tel: 60-4-227-8870

**菲律宾 Philippines - Manila**  
Tel: 63-2-634-9065

**新加坡 Singapore**  
Tel: 65-6334-8870

**泰国 Thailand - Bangkok**  
Tel: 66-2-694-1351

**越南 Vietnam - Ho Chi Minh**  
Tel: 84-28-5448-2100

### 欧洲

**奥地利 Austria - Wels**  
Tel: 43-7242-2244-39  
Fax: 43-7242-2244-393

**丹麦 Denmark - Copenhagen**  
Tel: 45-4485-5910  
Fax: 45-4485-2829

**芬兰 Finland - Espoo**  
Tel: 358-9-4520-820

**法国 France - Paris**  
Tel: 33-1-69-53-63-20  
Fax: 33-1-69-30-90-79

**德国 Germany - Garching**  
Tel: 49-8931-9700  
**德国 Germany - Haan**  
Tel: 49-2129-3766400

**德国 Germany - Heilbronn**  
Tel: 49-7131-72400

**德国 Germany - Karlsruhe**  
Tel: 49-721-625370

**德国 Germany - Munich**  
Tel: 49-89-627-144-0  
Fax: 49-89-627-144-44

**德国 Germany - Rosenheim**  
Tel: 49-8031-354-560

**以色列 Israel - Hod Hasharon**  
Tel: 972-9-775-5100

**意大利 Italy - Milan**  
Tel: 39-0331-742611  
Fax: 39-0331-466781

**意大利 Italy - Padova**  
Tel: 39-049-7625286

**荷兰 Netherlands - Druenen**  
Tel: 31-416-690399  
Fax: 31-416-690340

**挪威 Norway - Trondheim**  
Tel: 47-7288-4388

**波兰 Poland - Warsaw**  
Tel: 48-22-3325737

**罗马尼亚 Romania - Bucharest**  
Tel: 40-21-407-87-50

**西班牙 Spain - Madrid**  
Tel: 34-91-708-08-90  
Fax: 34-91-708-08-91

**瑞典 Sweden - Gothenberg**  
Tel: 46-31-704-60-40

**瑞典 Sweden - Stockholm**  
Tel: 46-8-5090-4654

**英国 UK - Wokingham**  
Tel: 44-118-921-5800  
Fax: 44-118-921-5820