

插板式模组应用

插板式 EtherCAT 系列从站

AN01010101 1.00 Date:2025/10/22

类别	内容
关键词	插板式EtherCAT模组、ZMC900E主站、AWStudio
摘要	本文介绍了使用ZMC900E主站和AWStudio软件对插板式数字输入模块的应用示例

插板式模组应用

插板式 EtherCAT 系列从站

修订历史

版本	日期	原因
V1.00	2025/10/13	•创建文档

插板式模组应用

插板式 EtherCAT 系列从站

目 录

1. 适用范围	1
2. 原理概述	2
2.1 EtherCAT 简介	2
2.2 EtherCAT 状态	2
2.3 EtherCAT 数据对象	3
2.3.1 SDO 服务对象	3
2.3.2 PDO 过程对象	3
2.3.3 SDO 和 PDO 对比	4
2.4 EtherCAT 同步模式	4
2.4.1 SM 事件同步模式	5
2.4.2 分布时钟同步模式	5
2.5 EtherCAT 从站信息	5
3. 开发环境	6
4. 实现过程	7
5. 免责声明	14

插板式模组应用

插板式 EtherCAT 系列从站

1. 适用范围

本文档适用于搭配 ZMC900E 主站控制器适配插板式 EtherCAT 数字输入从站模组的应用。

产品概述

为满足个性化大型系统的控制需求，致远电子推出了插板式模组。该系统采用 EtherCAT 总线，尺寸小巧，采用 40 脚标准排针接口。用户按需制作分线底板，从站板插在底板上通过 EtherCAT 网络级联，最大支持 255 个节点。

- **以不变应万变**，只需最少的工作量，按需制作分线底板；电机驱动、数字量、模拟量、编码器等多种模组选择组合。
- **小体积大系统**，在最小的体积下集成最多的从站，实现大型系统的控制。
- **高精度快布局**，基于 EtherCAT，实现高精度分布控制，以及即插即用快速布局。

产品应用

- ◆ 物流装备
- ◆ 电子制造
- ◆ 新能源
- ◆ 纺织
- ◆ 包装

插板式模组应用

插板式 EtherCAT 系列从站

2. 原理概述

2.1 EtherCAT 简介

EtherCAT (Ethernet Control Automation Technology) 是一种高性能实时以太网通信协议，用于在工业自动化领域中进行实时控制和通信。它是由德国 Beckhoff 自动化公司在 2003 年开发的，并被国际电工委员会 (IEC) 标准化为 IEC 61158 标准。

EtherCAT 的设计目标是实现极低的通信延迟和高带宽的数据传输，以满足高速控制和数据采集的需求。它通过一种特殊的主从架构实现，其中一个主站 (Master) 负责协调整个网络，而从站 (Slave) 则负责提供输入输出功能。具有实现性强、带宽高、灵活方便、集成容易、标准开发等优点。

EtherCAT 从器件含有 2 个以太网端口，以支持级联的网络结构。一般情况，主站需要 1 个以太网端口，但为了达到冗余的目的，主站要有 2 个以太网端口。一个 EtherCAT 网络能够支持多达 65535 个从站。

2.2 EtherCAT 状态

EtherCAT 执行的通讯状态机，主要用于管理主从站之间的通讯，通讯功能主要包含邮箱和过程数据的通讯。EtherCAT 状态机如图 2.1 所示。

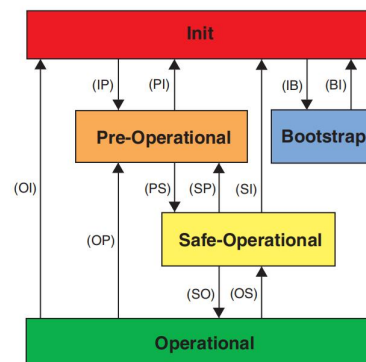


图 2.1 EtherCAT 状态机

EtherCAT 的状态机有如下特点：

- 1) 从 Init 初始化到 Operational 操作，必须严格按照 Init 初始化—>Pre-Operational 预操作—>Safe-Operational 安全操作—>Operational 操作的顺序从低到高进行转换，不可越级。
- 2) 从高到低转换时，可以越级转换。
- 3) 主站是所有的状态转换的发起者，从站响应主站所状态转换的请求。
- 4) 如果主站请求的状态转换失败，从站发送错误信息给主站。
- 5) 在 Bootstrap 引导状态，主站设备会通过 EtherCAT 网络向其他设备发送引导数据，这些数据包含了主站设备的配置信息和参数。从站设备接收到引导数据后，会根据这些信息进行相应的配置和初始化操作，以实现与主站的通信。
- 6) 一般运行到 Operational 操作状态后，才执行具体的应用协议，如 CiA402 电机控制通讯框架协议。

各状态的通讯功能如表 2.1 所示。

插板式模组应用

插板式 EtherCAT 系列从站

表 2.1 EtherCAT 通讯功能

状态	通讯功能
Init 初始化	主从站之间无通讯
Pre-Operational 预操作	邮箱通讯有效，无过程数据通讯，即 SDO 功能有效
Safe-Operational 安全操作	邮箱通讯及发送过程数据对象有效，即 SDO 及 TxPDO 有效
Operational 操作	邮箱通讯、接收及发送过程数据对象有效，即 SDO、RxPDO 及 TxPDO 有效
Bootstrap 引导	一般使用 FOE 协议的邮箱通讯。

2.3 EtherCAT 数据对象

2.3.1 SDO 服务对象

SDO 用于传输非周期数据，如通信参数配置和伺服运行参数配置。EtherCAT 主站可以通过使用 SDO 读写驱动系统的对象字典，从而配置、监控、控制驱动系统等等。

SDO 采用的是客户端/服务器模型，主站为客户端，驱动器为服务器，所有传输都必须是客户发起，服务器响应。发送方通过邮箱轮流发送数据，接收方通过轮询邮箱的方式，查找接收到的信息，所以 SDO 传输速度较慢。

2.3.2 PDO 过程对象

PDO 用于传输周期数据。周期数据是指在每个网络周期中，主站与从站之间传输的数据。这些数据都是驱动器运行所必需的，如：控制字，状态字，设定点等等。

PDO 一般用于实时的数据更新；其分为接收 PDO(RxPDO)和发送 PDO(TxPDO)，前者的数据流方向是主站到从站，后者则是从站到主站。PDO 传输数据前，主从站必须预先定义好多组 RxPDO 和 TxPDO 映射，如[图 2.2](#)所示的 CiA402 电机协议常用的四组 PDO 映射。

以第二组为例说明。使用前，主从站同时登记：RxPDO 是在地址为 0x1601 开始的对象，并按顺序填入 Controlword 控制字和 Target Position 目标位置的地址 0x6040 和 0x607A 以及其他必要的信息；TxPDO 是在地址为 0x1A01 开始的对象，并按顺序填入 Statusword 状态字和 Actual Position 实际位置的地址 0x6041 和 0x6064 以及其他必要的信息。当主站发送第二组 RxPDO 后，因为从站预先被配置好的，硬件电路自动将收到的数据分配到 Controlword 和 Target Position 所在的对象字典，驱动器被 PDO 中断唤醒，直接使用 Controlword 和 Target Position 的数据，无需轮询。同理，从站在接收完成 RxPDO 后，硬件自动通过 TxPDO 发送 Statusword 和 Actual Position 两个对象的数据给主站。PDO 的传输速度远高于 SDO，但仅适用于需要从站快速响应的小量数据。

插板式模组应用

插板式 EtherCAT 系列从站

第一组

RxPDO (0x1600)	Control Word (0x6040)	Target Position (0x607A)	Target Velocity (0x60FF)	Target Torque (0x6071)	Mode of Operation (0x6060)
TxPDO (0x1A00)	Status Word (0x6041)	Actual Position (0x6064)	Actual Velocity (0x606C)	Actual Torque (0x6077)	Mode of Operation Display (0x6061)

第二组

RxPDO (0x1601)	Control Word (0x6040)	Target Position (0x607A)
TxPDO (0x1A01)	Status Word (0x6041)	Actual Position (0x6064)

第三组

RxPDO (0x1602)	Control Word (0x6040)	Target Velocity (0x60FF)	
TxPDO (0x1A02)	Status Word (0x6041)	Actual Position (0x6064)	Actual Velocity (0x606C)

第四组

RxPDO (0x1603)	Control Word (0x6040)	Target Torque (0x6071)	
TxPDO (0x1A03)	Status Word (0x6041)	Actual Position (0x6064)	Actual Torque (0x6077)

图 2.2 PDO 映射

2.3.3 SDO 和 PDO 对比

SDO 和 PDO 的对比如表 2.2 所示。

表 2.2 SDO 和 PDO 对比

对比内容	PDO	SDO
数据量	32 字节(E)/8 字节(C)	多为 4 字节(快速传输)
效率	高	低
优先级	高	低
实时性	实时	非实时
传输主动性	主动	被动
对象字典访问	间接访问 PDO 映射的对象	直接访问任意对象
同步性	同步或异步	异步
应用场合	实时数据传输	参数设置

2.4 EtherCAT 同步模式

同步模式需要使用 PDO，周期性地同步收发数据，例如 CiA402 协议中周期同步位置模式，主站定时通过 PDO 更新从站的目标位置。

插板式模组应用

插板式 EtherCAT 系列从站

2.4.1 SM 事件同步模式

在 SM 事件同步模式下，EtherCAT 总线通信的机制就是 Frame 数据帧到达从站后会触发 SM Event 事件信号，从站通过这个信号得知最新的 Frame 数据帧到达，并收发数据。

2.4.2 分布时钟同步模式

在分布时钟同步模式下，连接主站的第一个从站会产生一个高精度的时钟信号源，周期性地报告给主站和其他从站。主从站之间也会周期性地通 PDO 交换数据，但不同是，每个从站只有接收到时钟信号的瞬间，才会执行上一周期收到的 RxPDO 数据，并更新下一周期要发送的 TxPDO 数据。这种模式下，主站无需精确把控时间，但要比每个时钟信号提前一段时间收发完 PDO。

2.5 EtherCAT 从站信息

EtherCAT 中的 ESI 文件，即 EtherCAT Slave Information（EtherCAT 从站信息），是从站设备的配置文件，以 XML 格式呈现。此文件包含两部分关键内容：一是制造商信息，如制造商名称和 ID；二是从站描述信息，它涉及从站的基本信息和数据通讯的相关变量配置。

在 EtherCAT 系统中，ESI 文件的作用至关重要。当从设备上电时，系统会通过 I2C 总线读取 EEPROM 中的 ESI 文件内容，进而配置芯片内部的寄存器。此外，主站也会通过扫描来确定从设备的信息并进行一系列的处理工作。因此，ESI 文件在 EtherCAT 系统的连接和功能实现上起到了关键的作用。

插板式模组应用

插板式 EtherCAT 系列从站

3. 开发环境

(1) ZCPB-80600 耦合器模组、ZPWB-240302 电源模组、ZIOB-E1600DN 或 ZIOB-E1600DP 数字输入模组、ZIOB-MB8 分线底板各一块。

(2) ZMC900E 主站控制器一台。

(3) 安装 AWStudio 软件的 PC 一台。

插板式模组应用

插板式 EtherCAT 系列从站

4. 实现过程

(1) 将 ZCPB-80600 耦合器、ZPWB-240302 电源模组、ZIOB-E1600DN 或 ZIOB-E1600DP 数字输入模组，从左到右分别插入 ZIOB-MB8 分线底板；分别在 EtherCAT 24V 端子和系统 24V 端子接上两路独立的 24V 电源，对于简单测试也可共用一组 24V 电源，底板的大地 EARTH 可以悬空。

(2) 用网线连接 ZCPB-80600 耦合器的“IN”口和 ZMC900E 的“EtherCAT”口；再用网线连接 ZMC900E 的任意一个“EtherNet”口和 PC 的网口；最后给 ZMC900E 接通 24V 电源。

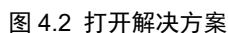
(3) 在 PC 端打开 AWStudio 软件，AWStudio 以解决方案的形式来管理各类文件，因此，第一步先新建或打开一个解决方案。AWStudio 启动后默认没有解决方案，点击界面中“新建”按钮或者工具栏的“新建”按钮，可弹出“新建解决方案”对话框。解决方案类型选择“主站控制器/卡配置”，解决方案名称和解决方案路径按需要修改，点击“创建”按钮即可创建一个新的解决方案，如图 4.1 所示。



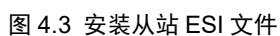
图 4.1 新建解决方案

或者点击界面中“打开”按钮或者工具栏的“打开”按钮，可弹出“打开解决方案”对话框。选择解决方案文件（.solution）后，点击“打开”按钮即可打开解决方案，如图 4.2 所示。

插板式 EtherCAT 系列从站



C:\Users\jain\Documents\AWStudioSolutions\vanshi



(5) 配置电脑 IP 地址。ZMC 运动控制器的 NET1 的出厂默认 IP 为 192.168.1.136, NET2 的 IP 为 192.168.2.136, 依此类推。以下过程需要通过上位机来连接设备, 因此需要将电脑的 IP 设置为和运动控制器相同的 IP 段, 例如电脑连接主站控制器的 NET1 口, 设置为

插板式模组应用

插板式 EtherCAT 系列从站

192.168.1.200 地址，如图 4.4 所示。设置成功后尝试 ping 192.168.1.136，确保连接成功。

注意：相同的 IP 段即 IP 地址的前三段相同。由于 NET1 的默认 IP 为 192.168.1.136，因此理论上可设置为 192.168.1.xxx（xxx 不能为 136），此处设置为 192.168.1.200。

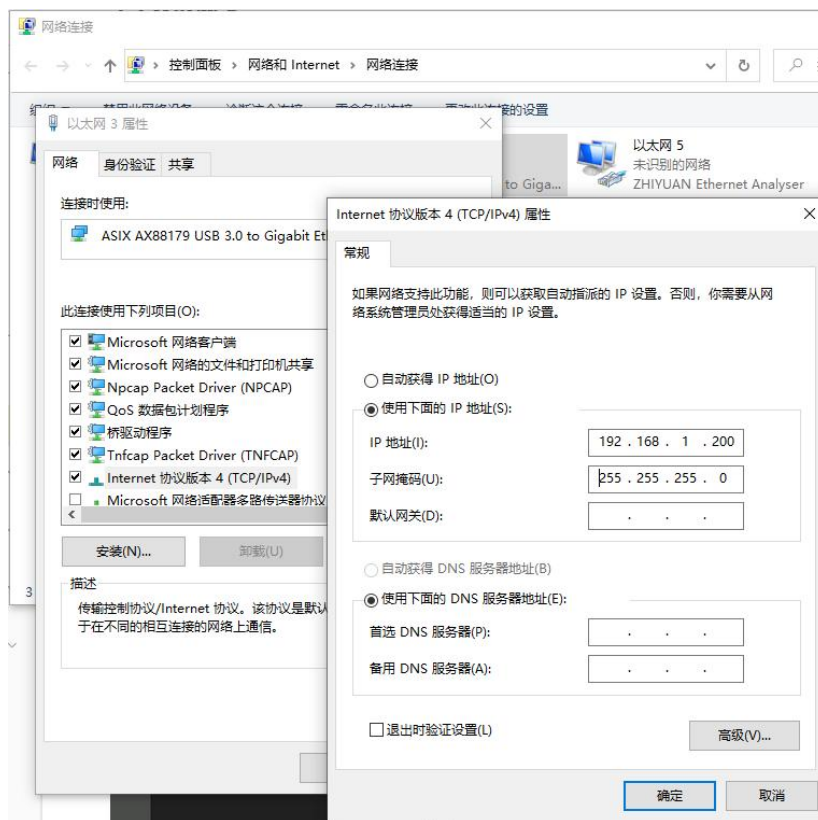


图 4.4 配置电脑 IP 地址

（6）设置好 IP 地址后，可通过以下方式确认设备是否正常连接，键盘按 WIN 键+R 快捷键打开运行窗口，输入 CMD 打开命令行窗口，如图 4.5 所示。

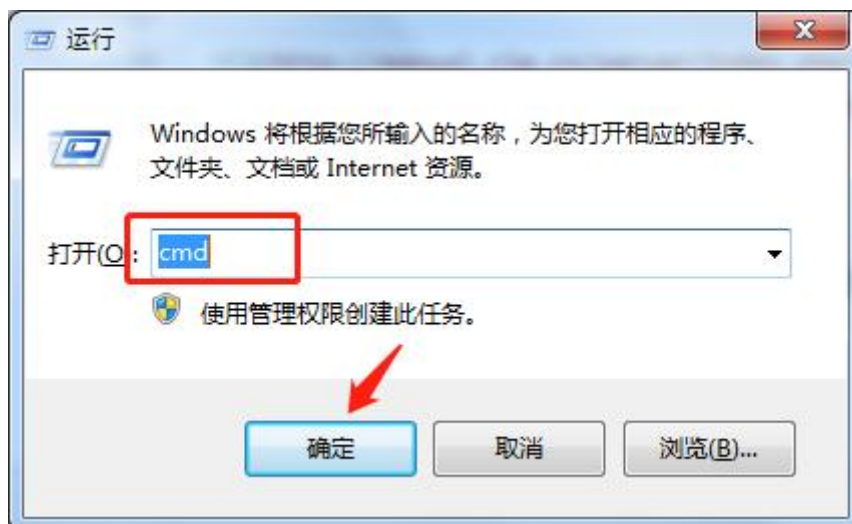


图 4.5 打开命令行窗口

在命令行窗口，输入 ping 192.168.1.136 来确认是否能正常连接设备主站控制器，有收到回复正面正常连接了主站，如图 4.6 所示。

插板式模组应用

插板式 EtherCAT 系列从站

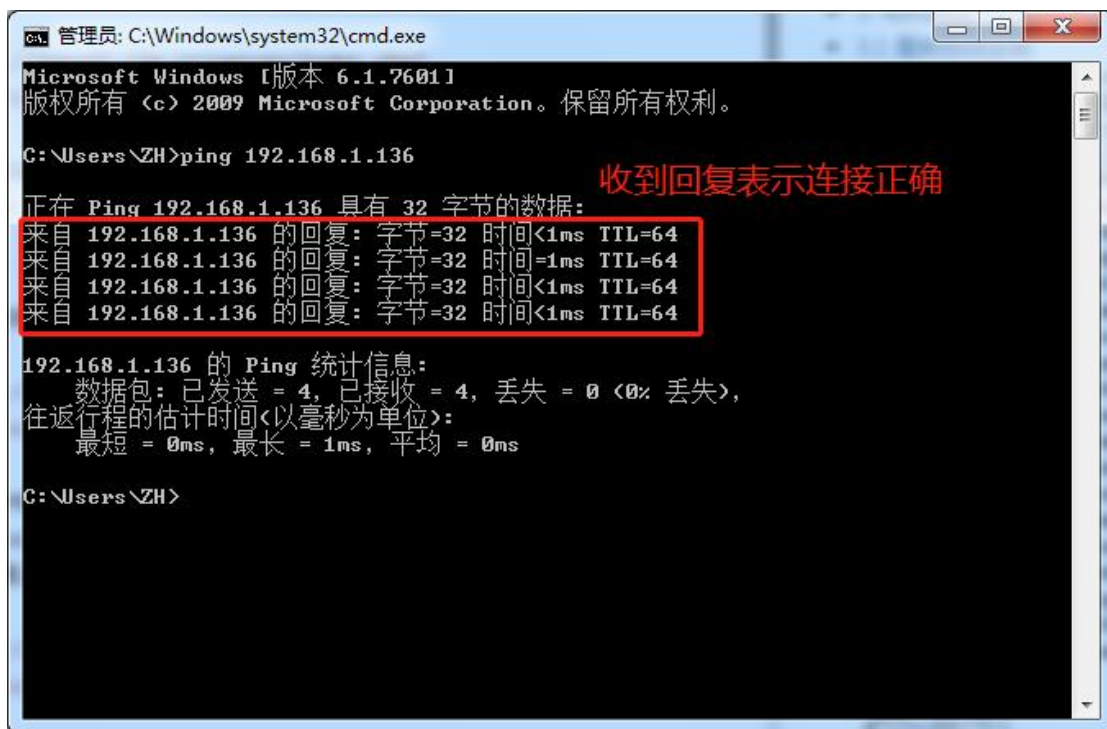


图 4.6 测试网络连接

(7) 启动主站。AWStudio 需要启动 EtherCAT 主站才能正常使用。打开“开发资料包/tools/常用辅助工具/winscp553setup.exe”工具，输入 IP: 192.168.1.136，用户名: root，密码: root，点击登录，如图 4.7 所示。

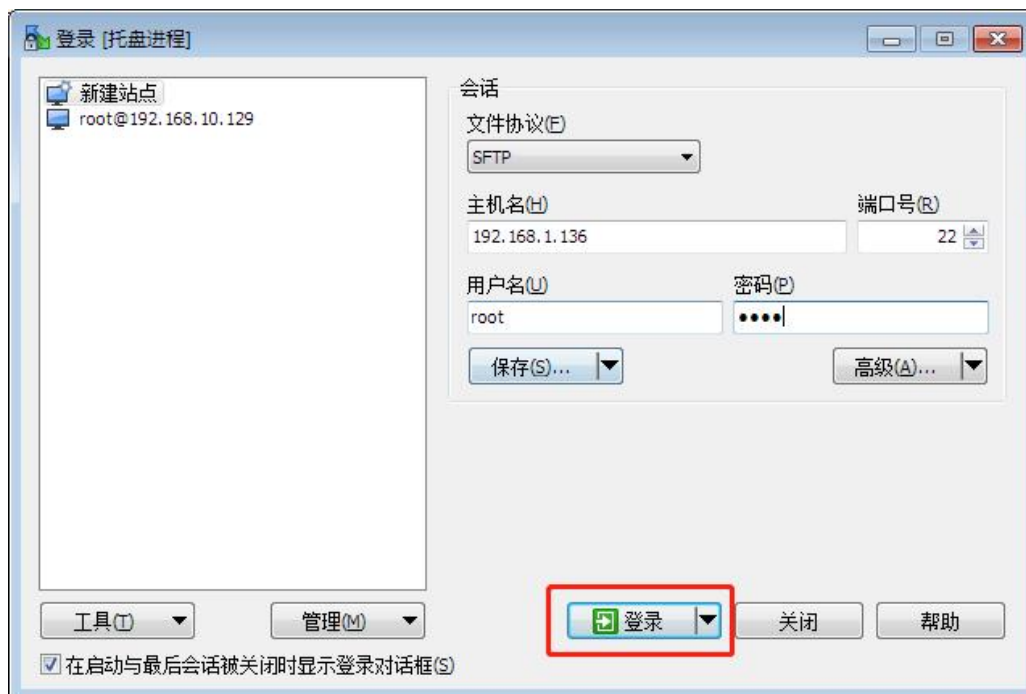


图 4.7 登录主站

然后将“开发资料包/tools/ecat_test”目录下的所有文件，上传到运动控制器的目录: /opt 下。如图 4.8 所示。

插板式模组应用

插板式 EtherCAT 系列从站

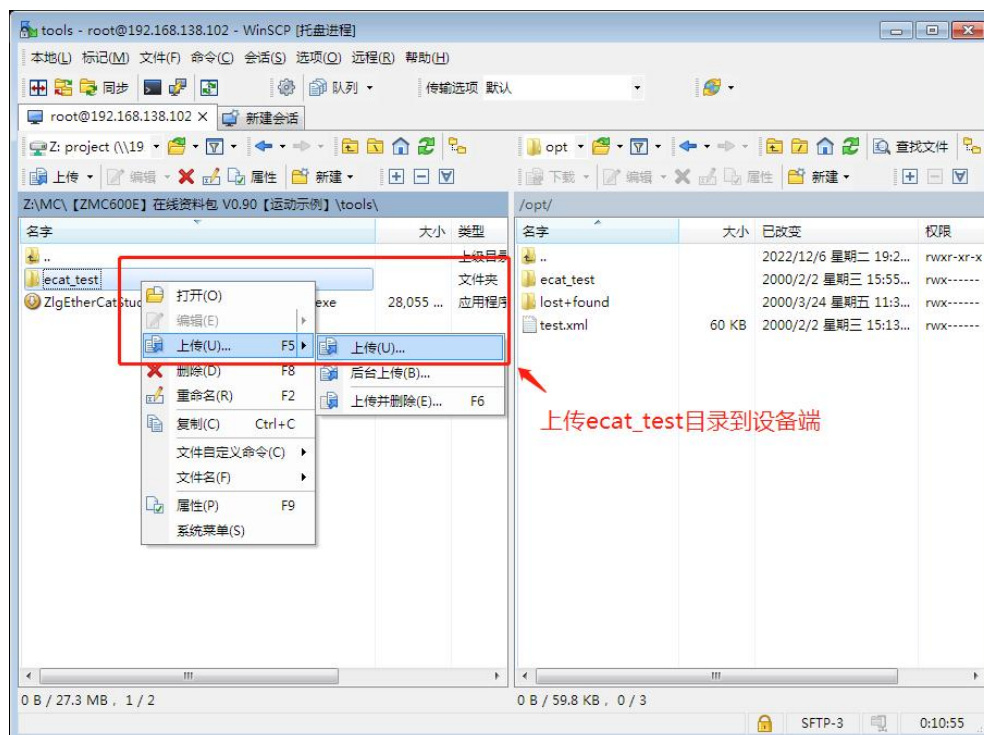


图 4.8 上传文件

打开“开发资料包/tools/常用辅助工具/putty.exe”工具，设置 IP 地址为 192.168.1.136，点击打开。输入账号 root，密码 root。成功后，请执行以下命令启动 EtherCAT 主站测试程序。

```
cd /opt/ecat_test/  
  
./master
```

显示如下图 4.9 所示界面，表示启动成功。

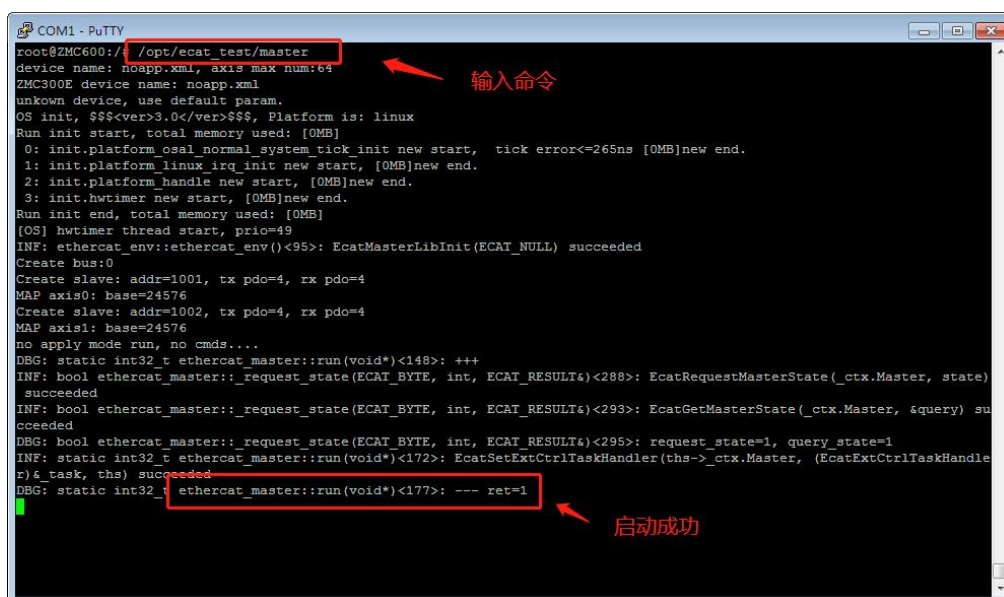


图 4.9 ZMC900E 启动成功界面

插板式模组应用

插板式 EtherCAT 系列从站

如果提示 Permission denied，是因为执行权限存在问题，需要执行以下命令添加执行权限。

```
chmod +x /opt/ecat_test/apply /opt/ecat_test/master
```

(8) 双击主站节点，打开主站配置界面。输入主站的 IP，点击“获取网卡”，如图 4.10 所示。

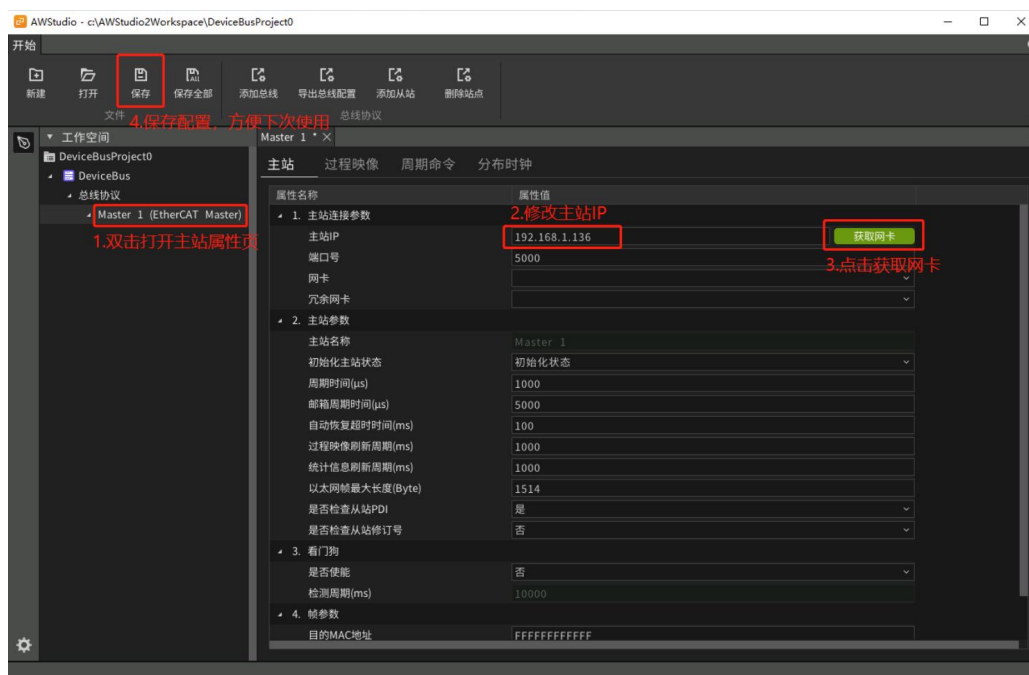


图 4.10 AWStudio 连接主站

(9) 扫描设备。选择主站节点，然后在右键菜单中点击扫描配置，将其网络拓扑添加到本地主站树节点，如下图 4.11 所示。

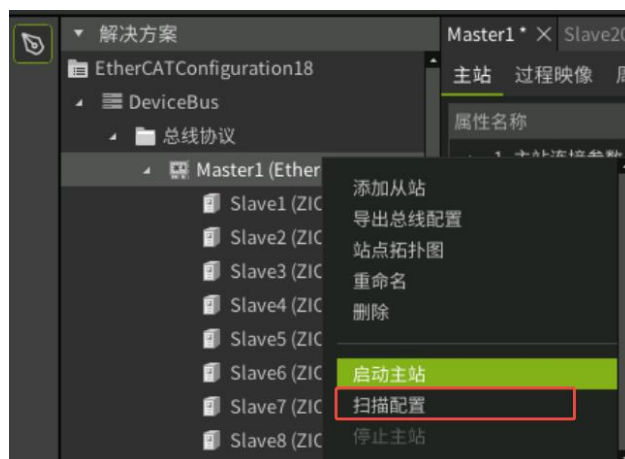


图 4.11 扫描从站设备

(10) 用 AWStudio 软件启动主站。选择主站节点，然后在右键菜单中点击启动主站，如图 4.12 所示。若弹窗提示是否重启主站，选择重启。启动后 ZMC900E 连通从站，这时 ZIOB-E1600D 板上的 RUN LED 和 IN LED 指示灯常亮。

插板式模组应用

插板式 EtherCAT 系列从站



图 4.12 启动 ZMC900E 主站

(11) AWStudio 可以实时读取数字输入模组的值。在 AWStudio 中，双击 master 主站节点，打开主站配置的界面，在“过程映像”界面中可以看到当前 EtherCAT 网络的过程映像数据结构和实时值。对于 ZIOB-E1600DN（NPN）模组，用电线分别连接分线底板“1”号插座的 17 脚 GND 和 1~16 任意一个信号脚，AWStudio 过程映像的对应的位将显示为 1，否则显示为 0；对于 ZIOB-E1600DP（PNP）模组，用电线分别连接分线底板“1”号插座的 18 脚 24V 和 1~16 任意一个信号脚，AWStudio 过程映像的对应的位将显示为 1，否则显示为 0。

插板式模组应用

插板式 EtherCAT 系列从站

5. 免责声明

本着为用户提供更好服务的原则，广州致远电子股份有限公司（下称“致远电子”）在本手册中将尽可能地为用户呈现详实、准确的产品信息。但鉴于本手册的内容具有一定的时效性，致远电子不能完全保证该文档在任何时段的时效性与适用性。致远电子有权在没有通知的情况下对本手册上的内容进行更新，恕不另行通知。为了得到最新版本的信息，请尊敬的用户定时访问致远电子官方网站或者与致远电子工作人员联系。感谢您的包容与支持！

诚信共赢，持续学习，客户为先，专业专注，只做第一

广州致远电子股份有限公司

更多详情请访问
www.zlg.cn

欢迎拨打全国服务热线
400-888-4005

