

# AN13644

i.MX RT工业驱动开发平台入门指南

第1.2版 — 2024年4月8日

应用笔记

## 文档信息

信息	内容
关键词	i.MX、RT1170、多电机控制、TSN
摘要	本文为恩智浦i.MX RT工业驱动开发平台的入门指南，详细介绍了如何组装硬件以及如何烧录并运行该平台的演示应用程序，旨在帮助用户利用FreeMASTER或TSN主设备控制并监视多至4台永磁同步电机（PMSM）。



## 1 缩略语

表1总结了本文中使用的缩略语。

表1. 缩略语

缩略语	说明
ACIM	交流感应电机
BLDC	无刷直流电机
EVK	评估套件
GUI	图形用户界面
IDE	集成开发环境
PMSM	永磁同步电机
PSB	功率平台板
RTC	实时时钟
SDK	软件开发工具包
SNVS	安全非易失性存储
SWD	串行线调试
TSN	时间敏感网络
TTL	晶体管-晶体管逻辑电路
UART	通用异步收发器

## 2 i.MX RT工业驱动开发平台简介

**i.MX RT工业驱动开发平台**是一个灵活的模块化板卡开发套件，可加速面向工业机器人、移动机器人、多轴机械、数字制造及许多其他工业应用场景的复杂多电机控制应用的开发、评估与验证。

i.MX RT工业驱动开发平台展示了如何利用**恩智浦i.MX RT1170跨界微控制器 (MCU)**同时控制多至四台永磁同步电机 (PMSM)，且同时处理多种高级功能，如数据记录、故障检测、确定性连接 (以太网TSN) 及复杂的用户界面。i.MX RT1170 MCU利用恩智浦EdgeLock SE05x安全芯片来安全地存储密钥和凭证，支持基于最新、最安全的加密算法及协议的强大网络安全性，为达到ISA/IEC 62443-4-2工业标准的最高安全级别打通了道路。

i.MX RT工业驱动开发平台包含功能全面的硬件与软件包，使用户能够快速开始开发多电机控制及其他工业应用：

- i.MX RT工业驱动开发平台的**硬件包**包括一个集成了i.MX RT1170跨界MCU的子卡、一个用于该子卡的扩展接口数字板，以及多至四块用于将控制命令转换为驱动多至四台伺服电机所需的功率信号的功率平台板。所有板卡均可灵活配置和调整，以满足所开发应用的具体需求。有关硬件包的更多详细信息，请参阅《i.MX RT工业驱动开发平台硬件概览》(文档[AN13642](#))。

- **i.MX RT工业驱动开发平台的软件包**包含了一个参考演示应用及API，展示了如何利用i.MX RT工业驱动开发平台的硬件能力，开发符合工业产品所要求、标准及最佳实践的安全、健壮且可靠的多电机控制系统。这样就可以大幅度减轻多电机控制应用的开发工作量，进而加快产品上市时间。有关软件包的更多详细信息，请参阅《i.MX RT工业驱动开发平台软件概览》（文档[AN13643](#)）。

## 2.1 如何使用本文

本文提供了一份逐步操作指南，指导用户如何组装i.MX RT工业驱动开发平台的硬件并运行演示应用。读完本文后，您应能够使用恩智浦的实时调试工具FreeMASTER同时控制和监视四台电机，并从TSN主设备接收电机控制命令。本文的结构如下：

- [第3章](#)列出了运行i.MX RT工业驱动开发平台演示所需的硬件和软件；
- [第4章](#)介绍了如何组装i.MX RT工业驱动开发平台的不同硬件组件；
- [第5章](#)介绍了如何在电脑中安装编译和调试i.MX RT工业驱动开发平台演示所需的工具；
- [第6章](#)介绍了如何导入、编译、烧录并执行i.MX RT工业驱动开发平台演示应用程序；
- [第7章](#)介绍了如何使用FreeMASTER工具控制连接到i.MX RT工业驱动开发平台的电机；
- [第8章](#)介绍了如何使用TSN主设备控制连接到i.MX RT工业驱动开发平台的电机。

## 3 所需硬件和软件

本章列出了运行i.MX RT工业驱动开发平台演示应用程序所需的硬件和软件。所需的硬件组件和软件工具分别如[表2](#)和[表3](#)所列。

**注：**使用TSN主设备控制电机时需要额外的硬件组件。更多详细信息请参见[第8章](#)。

表2. 硬件组件

组件名称	说明	图片
<a href="#">子卡</a> (ISI-QMC-DGC02)	子卡提供一个i.MX RT1176双核跨界MCU，配备一个1GHz（工业认证版本为800MHz）的Arm Cortex-M7内核和一个400MHz的Arm Cortex-M4内核。	

表2. 硬件组件 (续)

组件名称	说明	图片
<a href="#">数字板</a> (ISI-QMC-DB02)	数字板用作设计多电机控制应用原型的外部平台，包含广泛使用的工业通信和外设接口。	
<a href="#">功率平台板</a> (ISI-QMC-PSB02或 ISI-QMC-PSB02B)	功率平台板包括一个用于控制和连接电机的三相逆变器及门极驱动器。最多可以将4块功率平台板连接到数字板，通过i.MX RT1170跨界处理器控制多至4个电机。 功率平台板必须使用连接器通过外部电源供电。允许的最大电压为55V，过电流 (OC) 峰值为14.9A。该板包含基于MOSFET的三相逆变器、恩智浦GD3000门极驱动IC、增量式编码器连接端口，以及用于温度监控的模拟前端IC 13388。	
三相永磁同步电机 (PMSM)	i.MX RT工业驱动开发平台能够控制多至4个三相PMSM电机。本文中使用了Teknic工业级NEMA 23电机 ( <a href="#">M-2310P-LN-04K</a> )。也可以使用其他电机，但建议使用特征相似的电机 (最大电压为30V，最大功率为200W，增量式TTL编码器)。 <b>注：</b> i.MX RT工业驱动开发平台硬件包中不包含该组件。	
<a href="#">MCU-Link Pro调试探头</a> (或Segger J-Link调试 探头)	MCU-Link Pro是一种功能齐全的调试探头，可与MCUXpresso IDE一起使用。或者，也可以使用Segger J-Link调试探头。 <b>注：</b> i.MX RT工业驱动开发平台硬件包中不包含该组件。	

表2. 硬件组件 (续)

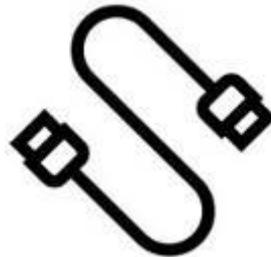
组件名称	说明	图片
电源	能够提供足够的电压和电流，为连接到功率平台板的电机供电的电源。 <b>驱动电机的最大电压建议不要超过30V</b> 。在本文中，我们使用24V的电压并将电流限制在3A。 <b>注：</b> i.MX RT工业驱动开发平台硬件包中不包含该组件。	
CR2032纽扣电池 (可选)	使用CR2032纽扣电池来为子卡中i.MX RT1176 MCU的SNVS_LP (低功耗) 供电，用于RTC备份。 <b>注：</b> i.MX RT工业驱动开发平台硬件包中不包含该组件。	
线缆	用于连接i.MX RT工业驱动开发平台的不同硬件组件的线缆： <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>30脚扁平电缆</b>和<b>10脚扁平电缆</b>，用于将功率平台板连接到数字板。功率平台板包中包含这些电缆；</li> <li>• 一根<b>微型USB线缆</b>，用于将数字板连接到电脑；</li> <li>• 一根<b>SWD线缆</b>，用于将调试探头连接到子卡。该电缆通常包含在调试探头包中；</li> <li>• 用于将电机连接到功率平台板的线缆。i.MX RT工业驱动开发平台中不包含这些线缆；</li> <li>• 用于将电源连接到功率平台板的线缆。i.MX RT工业驱动开发平台不包含这些线缆。</li> </ul>	
LCD显示屏	数字板支持连接MIPI DSI LCD显示屏，可作用户界面来显示数据；如果支持触摸功能，也可用作输入界面。提供两个MIPI DSI连接器（分别为J132和J44），用于连接5.5英寸LCD显示屏（恩智浦半导体模块或可兼容Raspberry Pi的LCD显示屏）。使用J53跳线来将兼容Raspberry Pi的LCD显示屏连接到5-V外部电源。	

表3. 软件工具

名称	说明
<a href="#">MCUXpresso IDE</a>	基于Eclipse的开发环境，适用于基于Arm Cortex-M内核的恩智浦MCU，包括通用跨界MCU和无线MCU。MCUXpresso IDE提供高级编辑、编译和调试功能。 <b>所支持的最低MCUXpresso版本为11.7.1。</b>
<a href="#">FreeMASTER</a>	FreeMASTER是一种用户友好的实时调试监控和数据可视化工具，能够实现嵌入式软件应用程序的运行时配置和调整。该工具用于控制和监视连接到i.MX RT工业驱动开发平台的电机。 <b>所支持的最低FreeMASTER版本为3.2。</b>

**注：**使用Windows电脑来运行表3中所列的软件工具。也可能支持其他操作系统。

## 4 硬件准备

本章介绍了如何连接i.MX RT工业驱动开发平台的不同硬件组件。读完本章内容后，您应该能够上电启动包含子卡、数字板和多至四个功率平台板（分别控制一个PMSM电机）的i.MX RT工业驱动开发平台。

- [准备子卡并将其连接到数字板](#)
- [将功率平台板连接到数字板](#)
- [连接电机并启动系统](#)
- [将LCD显示屏连接到数字板](#)

### 4.1 准备子卡并将其连接到数字板

子卡是i.MX RT工业驱动开发平台的核心，因为它提供了控制整个系统的i.MX RT1176跨界MCU。子卡可以同时控制多至四个电机。为此，子卡首先必须连接到提供外设连接的数字板上。然后将多至四个功率平台板（每个分别控制一个电机）连接到该数字板。

按照以下步骤准备子卡并将其连接到数字板：

1. （可选）如图1所示，将一块**CR2032纽扣电池**装入子卡的纽扣电池仓。该纽扣电池为i.MX RT1176 MCU的SNVS\_LP（低功耗）供电，用于RTC备份。

**注：**这一步是可选的。子卡可以在没有纽扣电池的情况下运行。

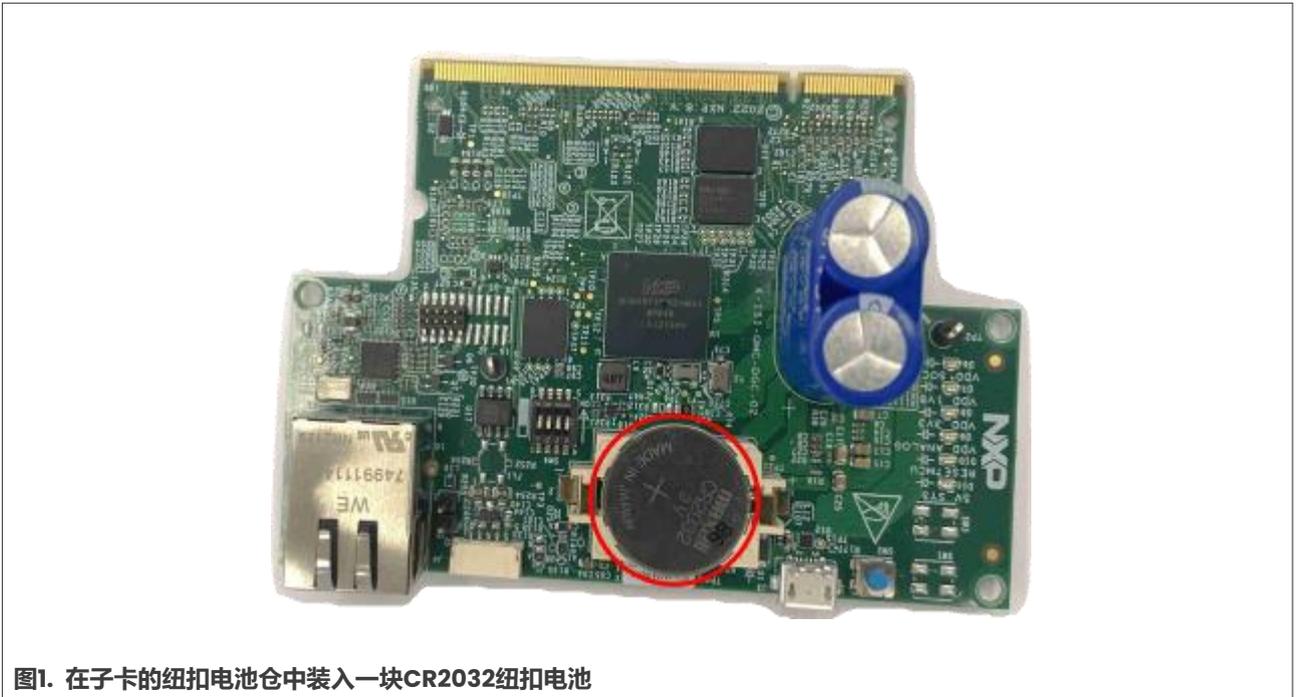


图1. 在子卡的纽扣电池仓中装入一块CR2032纽扣电池

2. 检查子卡的DIP开关配置是否如图2所示（SW4.1：开；SW4.2：关；SW4.3：关；SW4.4：关 - 串行下载模式（SDP））：

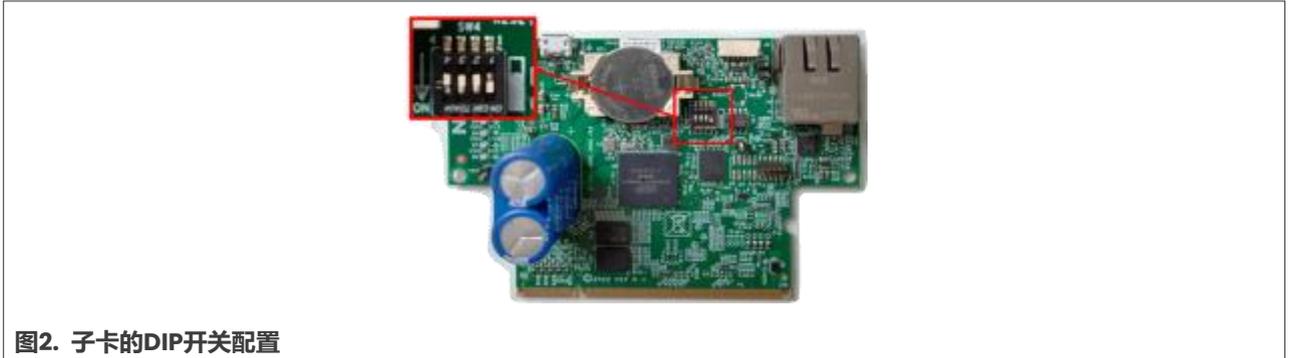


图2. 子卡的DIP开关配置

- 为检查子卡是否正常工作，可以通过其微型USB连接器（J3）将其连接到5V电源（例如，笔记本电脑），如图3所示。如果板子供电正常，LED状态指示灯D6、D7、D8、D9和D11应该变绿。  
**注：**子卡集成了一个超级电容，当电源断开的情况下可以为子卡供电几秒钟（例如，为了在关闭系统之前保存重要数据）。超级电容完全充满电大约需要10秒，而放电大约需要30秒（所有LED将熄灭）。  
**注：**只有当子卡作为独立设备使用时，才需使用微型USB连接器来给板子供电。
- 从子卡上拔下USB线缆，然后使用SODIMM-200连接器，将其连接到数字板的底部，如图4所示：



图3. 使用微型USB连接器为子卡供电（独立运行）



图4. 将子卡连接到数字板

5. 检查子卡是否如[图5](#)所示正确连接到数字板：

- (1) 通过一根微型USB线缆（J48连接器）将数字板连接到5V电源（例如，笔记本电脑）；
- (2) 将开关SW1置于**开通**位置；
- (3) 如果数字板供电正常，LED指示灯D94将亮起；
- (4) 如果子卡的连接和供电正常，卡上的LED状态指示灯D6、D7、D8、D9和D11也会亮起。

**注：**只有当没有连接功率平台板时，才需使用微型USB连接器来给数字板供电。如果至少有一个功率平台板连接到数字板，那么将由连接到数字板的功率平台板供电。

**注：**J48微型USB连接器还用于FreeMASTER通信。

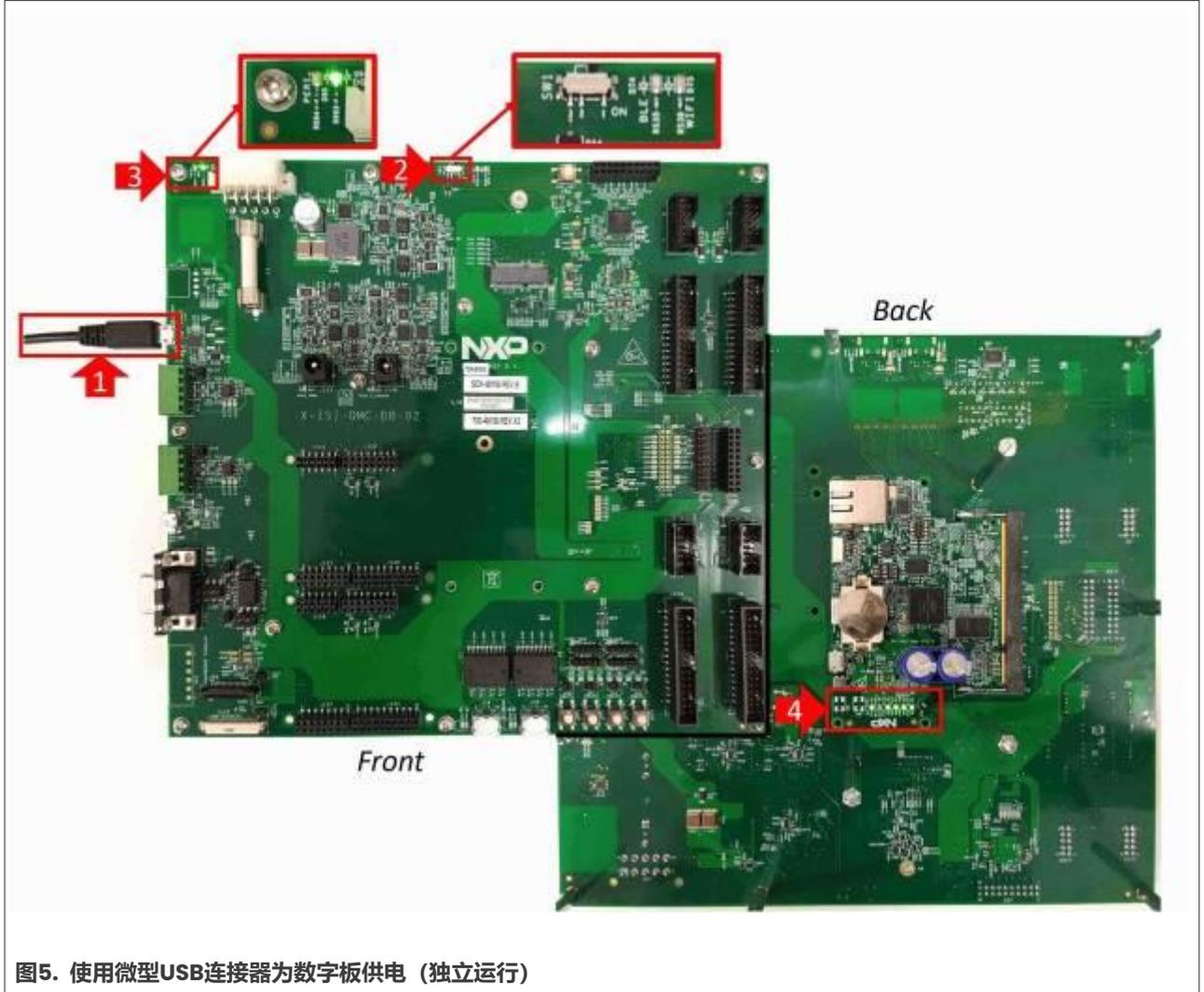


图5. 使用微型USB连接器为数字板供电（独立运行）

## 4.2 将功率平台板连接到数字板

最多可以将4个功率平台板连接到数字板，每个功率平台板可以连接并控制一个三相电机。按照下面的说明操作，将一个或多个功率平台板连接到数字板：

1. 数字板提供四对30脚和10脚连接器。30脚连接器（*J1*、*J153*、*J159*和*J161*）用于数字板与功率平台板之间的信号互连。10脚连接器（*J5*、*J154*、*J160*和*J162*）用于通过功率平台板提供的电源为数字板和子卡供电。连接器如图6所示：
  - (1) 控制电机1的功率平台板的连接器（*J153*、*J154*）；
  - (2) 控制电机2的功率平台板的连接器（*J161*、*J162*）；
  - (3) 控制电机3的功率平台板的连接器（*J1*、*J5*）；
  - (4) 控制电机4的功率平台板的连接器（*J159*、*J160*）。

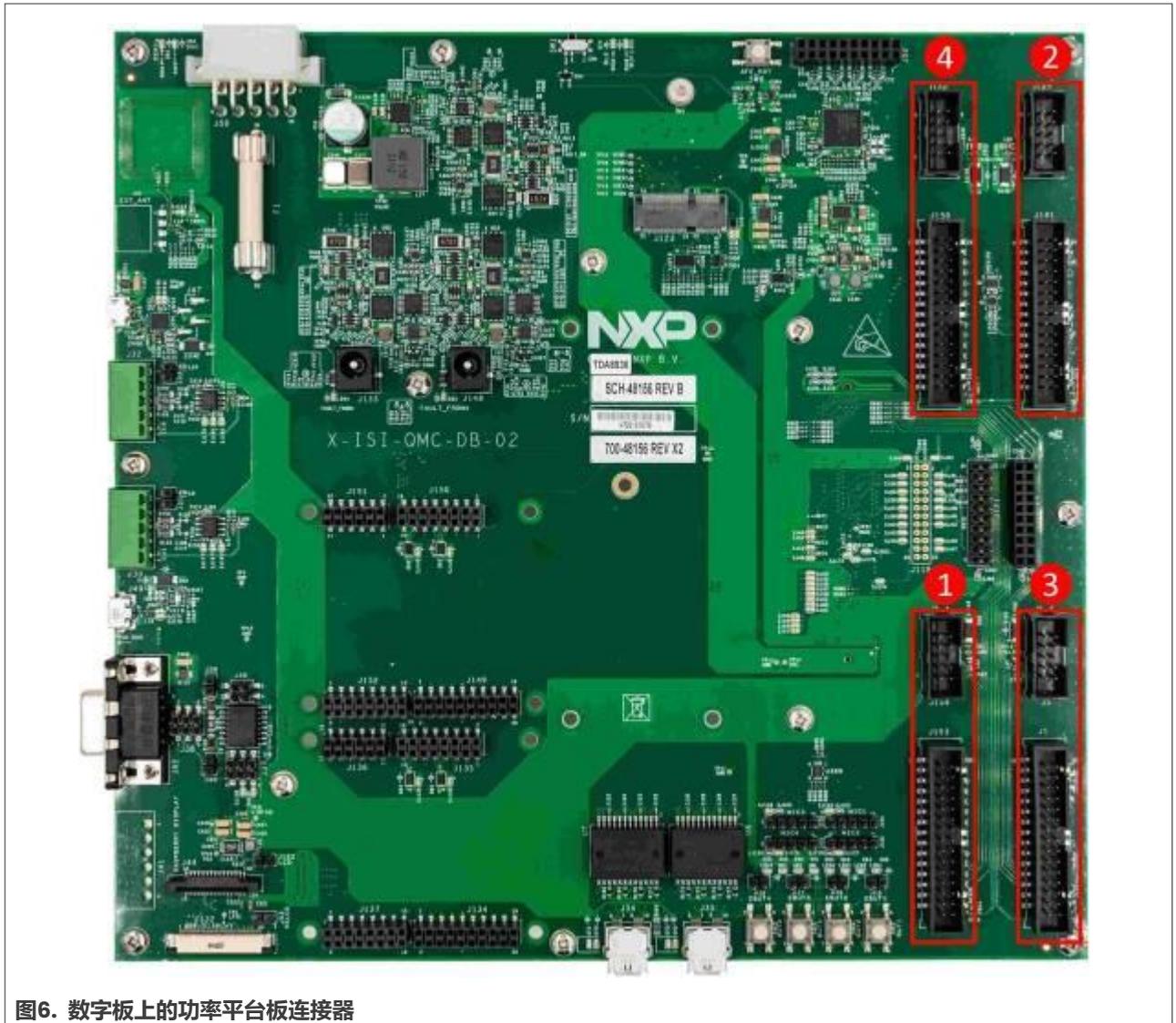
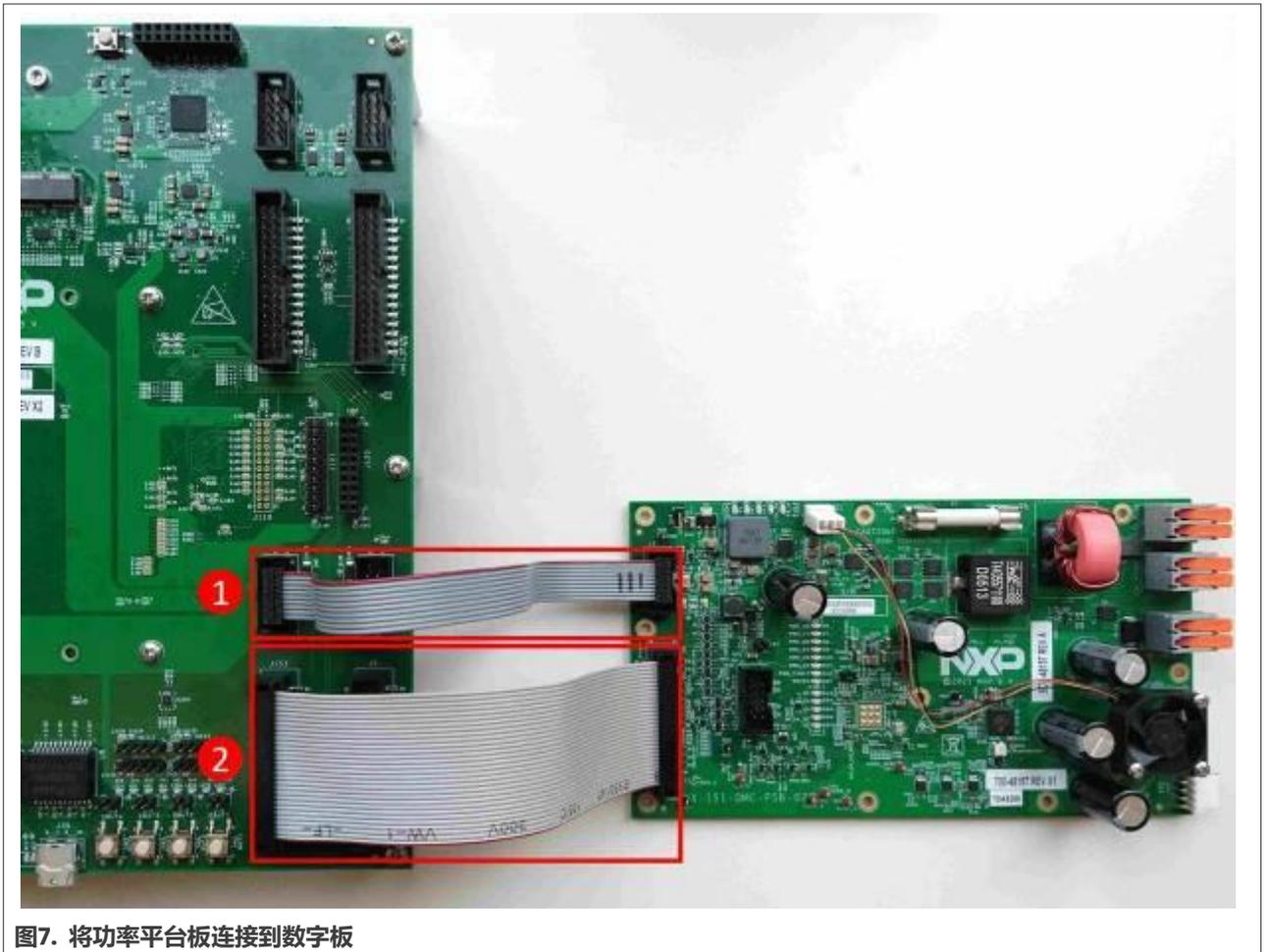


图6. 数字板上的功率平台板连接器

2. 使用上一步描述的连接器和功率平台板连接到数字板。[图7](#)显示了控制电机的功率平台板的连接，作为示例：
  - (1) 使用10脚扁平电缆，将数字板上的J154连接器连接到功率平台板上的J5连接器；
  - (2) 使用30脚扁平电缆，将数字板上的J153连接器连接到功率平台板上的J1连接器。



3. 对您想要连接到系统的所有功率平台板重复上述步骤。您可以使用i.MX RT工业驱动开发平台硬件包中包含的螺母柱和螺丝，将两个功率平台板堆叠在一起。连接好所有功率平台板后，结果应与图8类似。

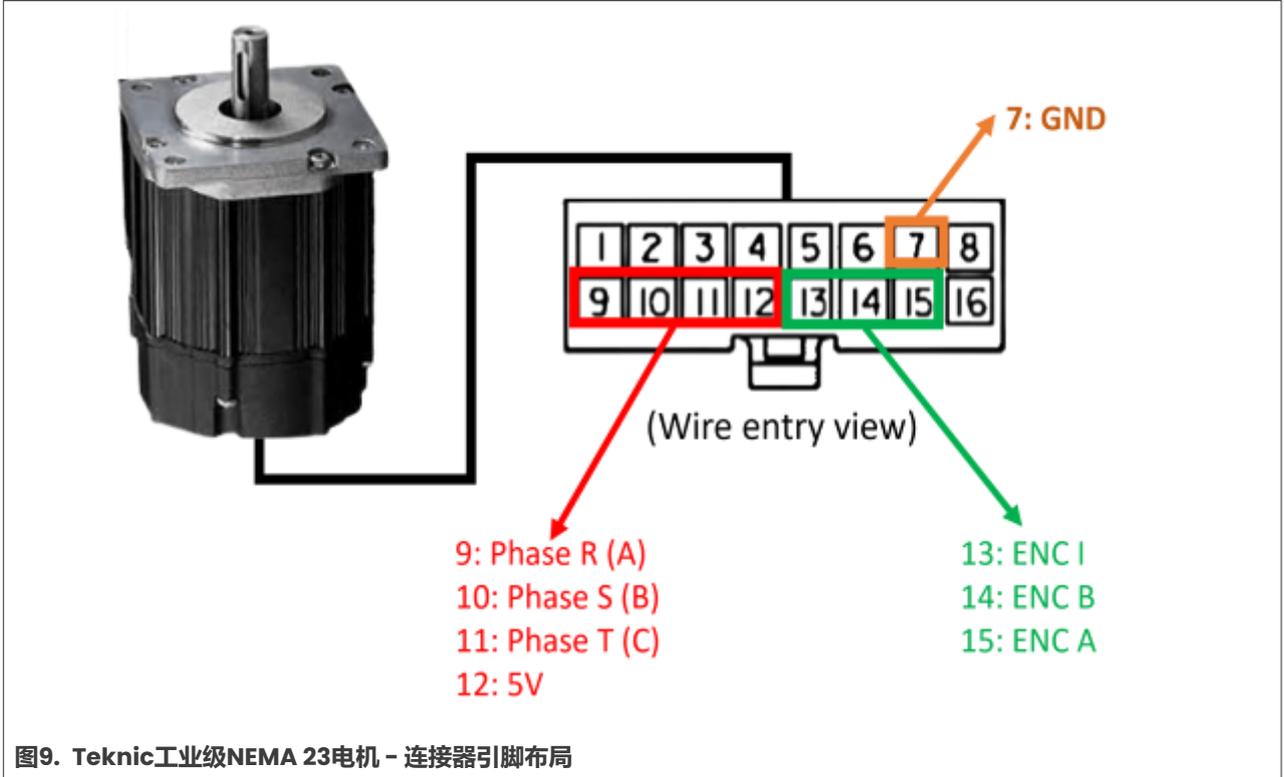


图8. 四个功率平台板连接到数字板

### 4.3 连接电机并启动系统

按照以下步骤操作，将PMSM电机连接到功率平台板并上电启动系统：

1. 在电机连接器中识别 **增量式编码器信号** ( $5V$ 、 $GND$ 、 $ENC\_A$ 、 $ENC\_B$ 、 $ENC\_I$ ) 和 **电机相位信号** ( $R$ 、 $S$ 、 $T$ 或 $A$ 、 $B$ 、 $C$ )。必须根据电机制造商推荐的线径规格，使用适当的线缆，将这些信号连接到功率平台板。本文中作为参考的Teknic工业级NEMA 23电机 ([M-2310P-LN-04K](#)) 的引脚布局如图9所示：



2. 如图10所示，将电机连接到功率平台板：

(1) 电机的编码器信号必须按照表4的描述连接到功率平台板的5脚J14连接器：

表4. J14引脚到增量式编码器信号的映射

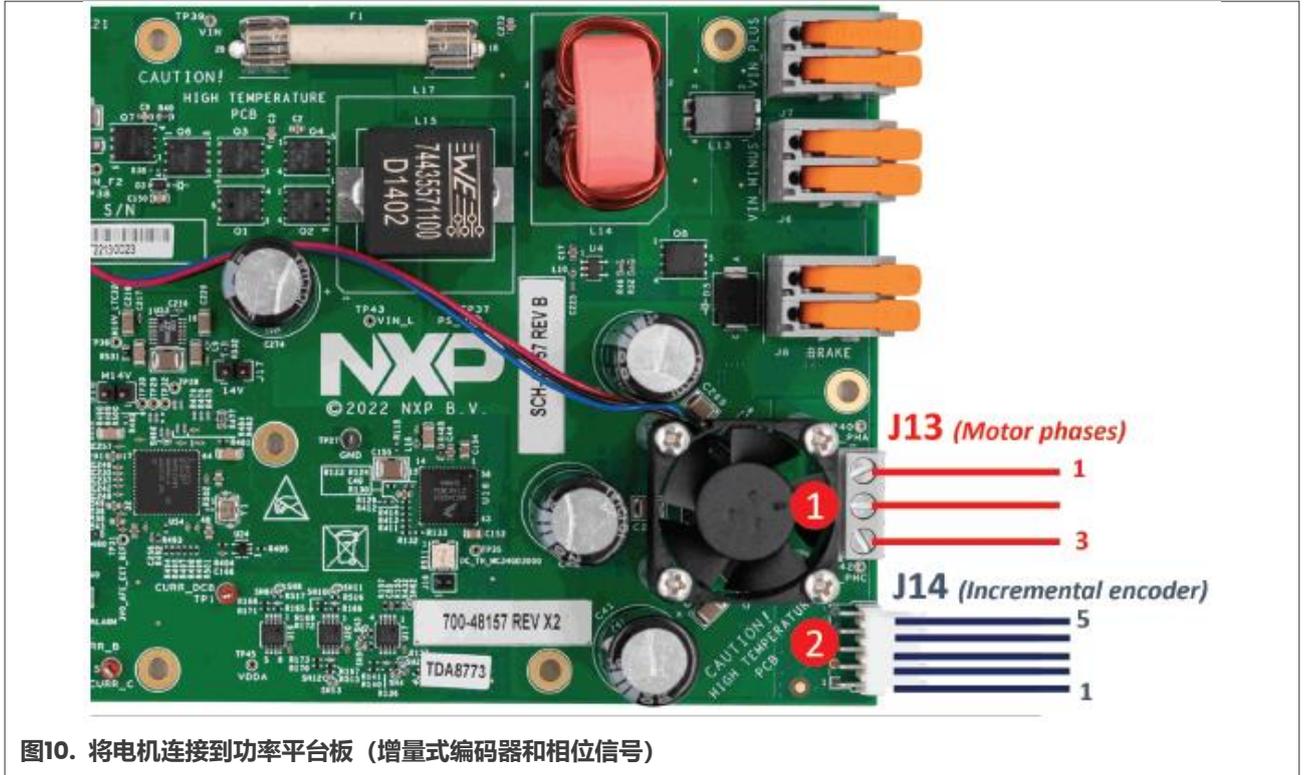
J14引脚	信号
1	5VDC_IN
2	GND
3	ENC_A
4	ENC_B
5	ENC_I

(2) 电机的三相引线必须按照表5的描述连接到功率平台板的J13连接器：

**注：** 插入线缆前先松开连接器的螺丝，插入线缆后再拧紧。

表5. J13引脚到相位信号的映射

J13引脚	信号
1	PHASE R (A)
2	PHASE S (B)
3	PHASE T (C)



3. 如图11所示，将电源连接到功率平台板：
- (1) 将电源的正极线连接到所有已连接功率平台板的J7连接器的任意一个引脚（共两个）。见图11；
  - (2) 将电源的地线连接到所有已连接功率平台板的J6连接器的任意一个引脚（共两个）。见图11；
  - (3) 将电源的最大输出电压设置为24V，最大电流输出设置为0.5A，然后打开电源；
  - (4) 如果功率平台板的供电正常，功率平台板的LED状态指示灯应该变绿，风扇应该开始旋转。如果功率平台板正确连接到数字板，数字板和子卡也应该上电；
- 注：** 确保数字板的SW1开关处于开启位置；否则不会向数字板供电。

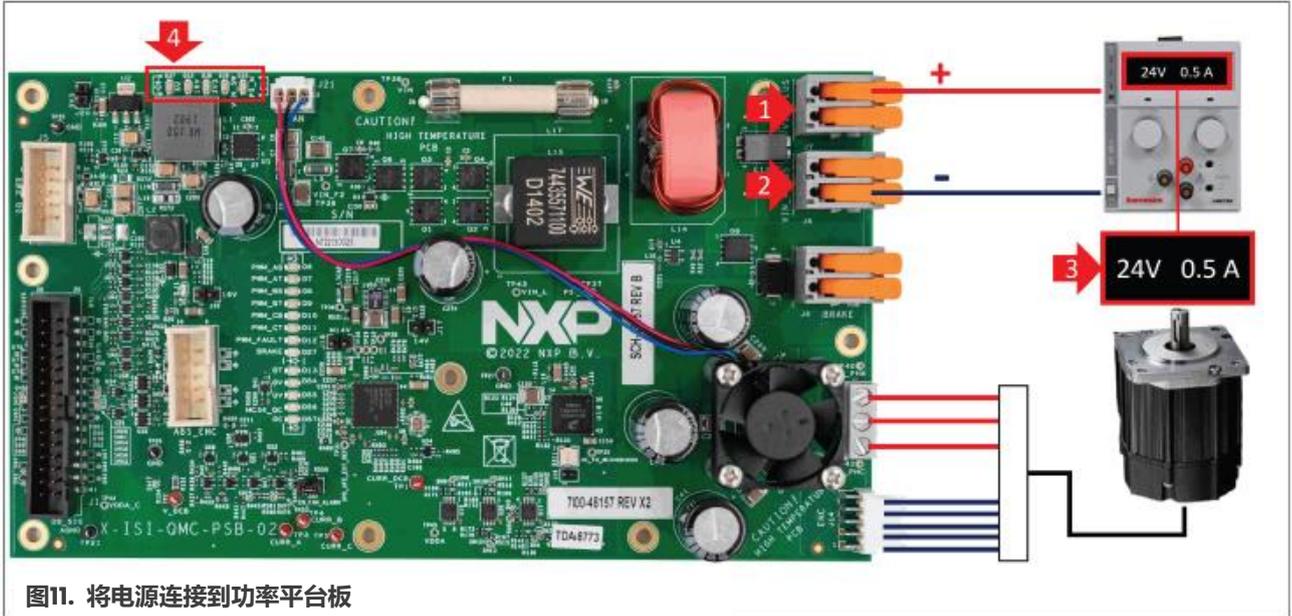


图11. 将电源连接到功率平台板

4. 如果功率平台板供电正常且没有发生故障，将电源的最大输出电流增加到3A。最后，整个系统必须如图12所示。

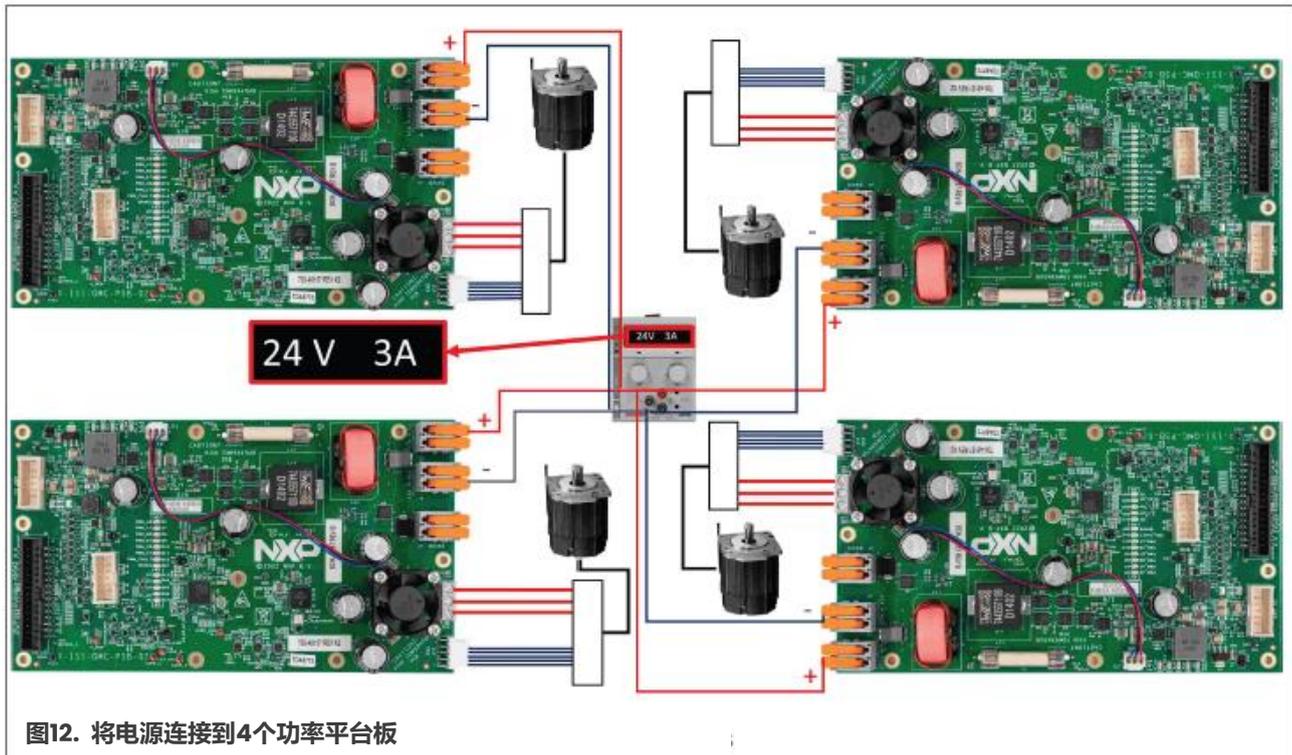


图12. 将电源连接到4个功率平台板

### 4.4 将LCD显示屏连接到数字板

数字板可以连接MIPI DSI LCD显示屏，可作用户界面来显示数据；如果支持触摸功能，也可用作输入界面。提供两个MIPI DSI连接器（分别为J132和J44），用于连接RK055HDMI4MA0 NXP LCD模块或兼容Raspberry Pi的LCD显示屏。使用J53跳线来将兼容Raspberry Pi的LCD显示屏连接到5-V外部电源。

要启用J132连接器，必须将J122跳线置于打开位置。这样就可以使用[RK055HDMIPI4MA0 NXP LCD模块](#)。

**注：**显示输出存在已知问题。由于帧缓冲区存储在Octal RAM中，而日志存储在Octal FLASH中，对两者的写入和读取共享同一Octal总线。竞争状况可能会导致显示屏闪烁和“滚动”效果。这纯粹是外观上的问题，一旦显示内容趋于稳定，应用程序将继续运行而不会有任何问题。



图13. 连接LCD显示屏

## 5 软件环境准备

本章介绍如何在电脑中安装编译和调试i.MX RT工业驱动开发平台演示所需的工具：

- 安装 **MCUXpresso IDE**，如[第5.1节](#)所述；
- 安装 **FreeMASTER** 工具，如[第5.2节](#)所述；
- 配置 **MCU-Link Pro** 调试探头，如[第5.3节](#)所述；
- 安装 **USB 转UART 驱动程序**，如[第5.4节](#)所述。

## 5.1 安装MCUXpresso IDE

MCUXpresso是一个基于Eclipse的开发环境，适用于基于Arm Cortex-M内核的恩智浦MCU，提供高级编辑、编译和调试功能。在本文档中，MCUXpresso被用于构建和运行i.MX RT工业驱动开发平台软件工程。按以下步骤安装MCUXpresso：

1. 访问[MCUXpresso](#)网页并点击“下载”按钮，如图14所示：

**注：**要下载MCUXpresso，需要有恩智浦账号。



图14. 下载MCUXpresso IDE - 主页

2. 下载提供的最新版MCUXpresso（在Current选项卡下），如图15所示：

**注：**推荐的最低MCUXpresso版本为11.7.1。建议始终使用最新版本。



图15. 下载MCUXpresso IDE - 选择版本

- 运行下载的安装文件，并按照安装向导操作，直到MCUXpresso安装完成。在安装过程中，确保允许安装MCUXpresso所需的更多驱动程序，如图16所示。有关如何使用MCUXpresso IDE的详细信息，请参阅《MCUXpresso IDE用户指南》（文档[MCUXPRESSO-UG](#)）。



图16. 安装MCUXpresso IDE - 驱动程序

## 5.2 安装FreeMASTER

FreeMASTER是一个用户友好的实时调试监视和数据可视化工具，能够实现嵌入式软件应用程序的运行时配置和调整。该工具用于控制和监视连接到i.MX RT工业驱动开发平台的电机。按以下步骤操作，在电脑中安装FreeMASTER：

- 访问[FreeMASTER](#)网页并点击“下载”按钮，如图17所示：



图17. 下载FreeMASTER - 主页

- 点击适合您的操作系统的FreeMASTER版本旁边的“下载”按钮，如图18所示。本文档中使用的是FreeMASTER Windows版本。安装程序下载完毕后，双击可执行文件以启动安装向导。  
**注：**接受许可协议后才可下载安装程序。此外还需要使用您的恩智浦账号登录。

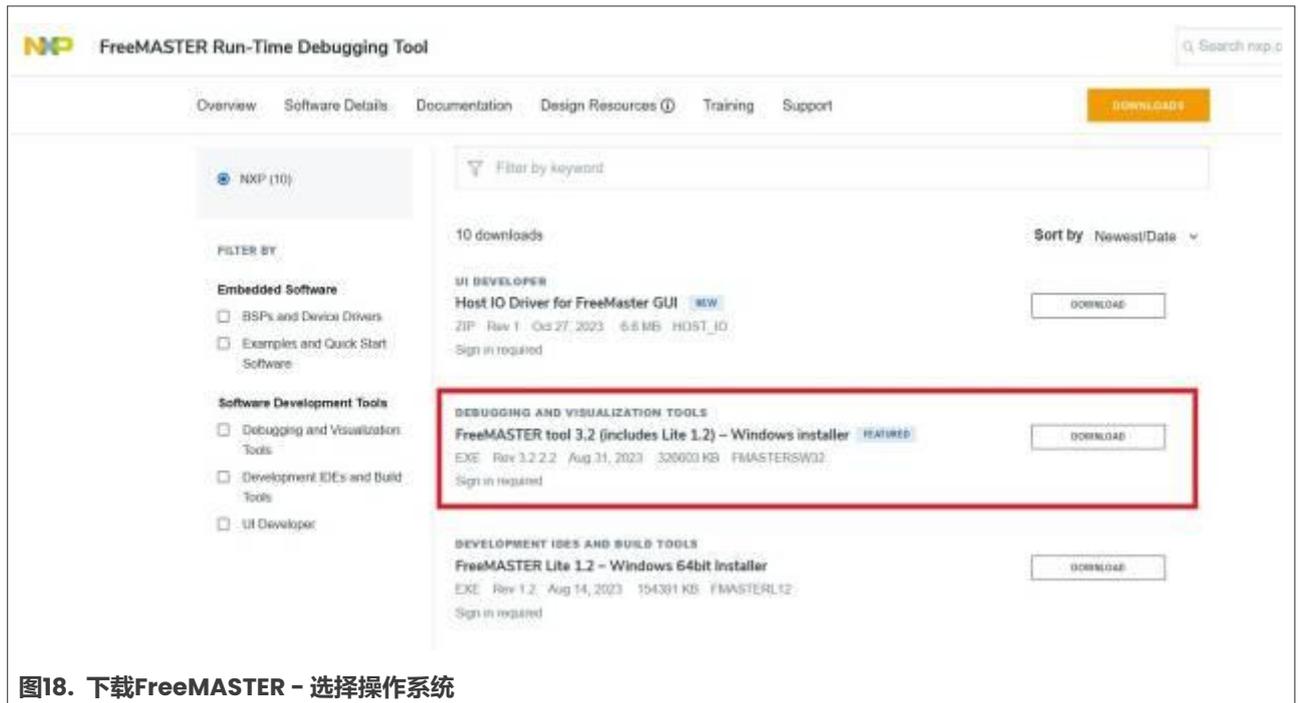


图18. 下载FreeMASTER - 选择操作系统

3. 在安装过程中，需要一个激活码来激活FreeMASTER Lite。如图19所示获取激活码：
  - (1) 屏幕提示您访问恩智浦许可门户网站以获取激活码时，点击“确认”按钮；
  - (2) 激活密钥位于网站的license keys选项卡下。按提示输入激活密钥，然后继续安装。

**注：**也可以通过[本链接](#)访问软件许可网页。

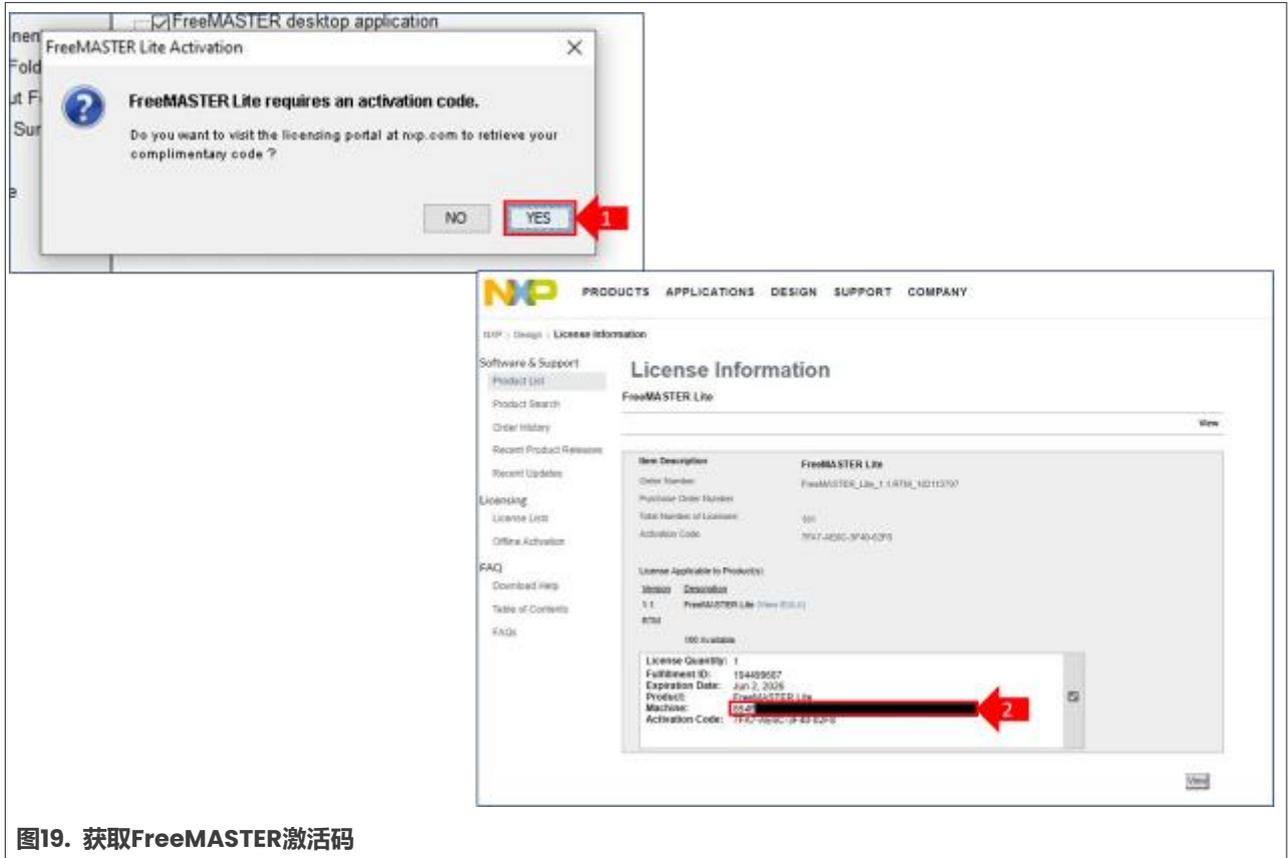


图19. 获取FreeMASTER激活码

### 5.3 配置MCU-Link Pro进行L-Link调试

MCU-Link Pro是一种功能齐全的调试探头，可与MCUXpresso IDE或其他支持CMSIS-DAP和/或J-Link协议的IDE一起使用。要在子卡中烧录i.MX RT工业驱动开发平台演示软件，需要用户配置MCU-Link Pro来进行J-Link调试。

按以下说明操作，配置MCU-Link Pro来进行J-Link调试：

- 1 首先，您必须在MCU-Link Pro中烧录J-Link固件。为此，您需要访问[MCU-Link Pro网站](#)并下载适合您的操作系统的MCU-Link安装程序软件，如图20所示。

**注：**本文档中使用的是Windows安装程序。

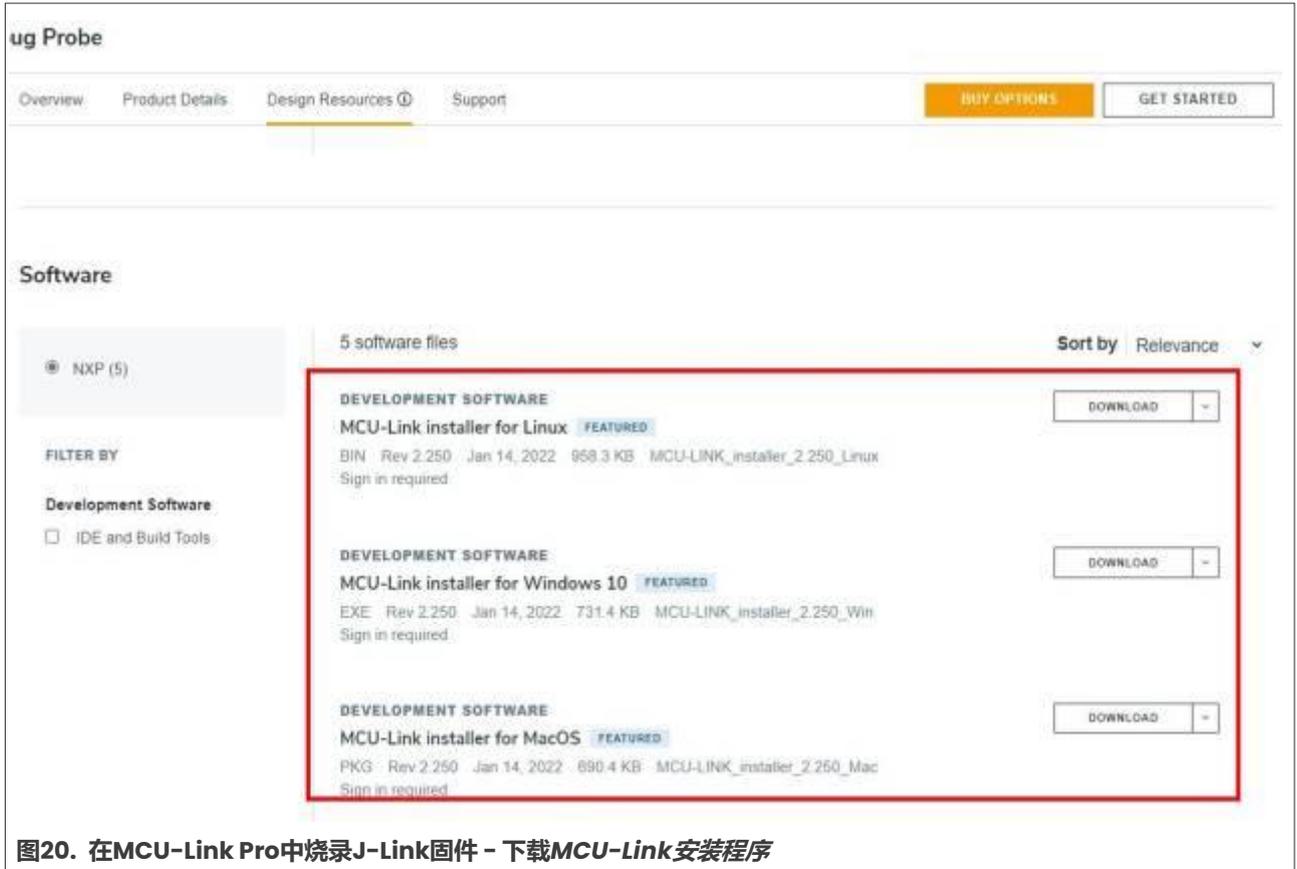


图20. 在MCU-Link Pro中烧录J-Link固件 - 下载MCU-Link 安装程序

- 运行MCU-Link 安装程序可执行文件，并按照安装向导操作。默认情况下，安装程序会在C:\nxp下创建一个MCU-LINK\_installer文件夹，如图21所示。

**注：**根据所下载的安装程序版本，文件夹的名称可能会有变化。

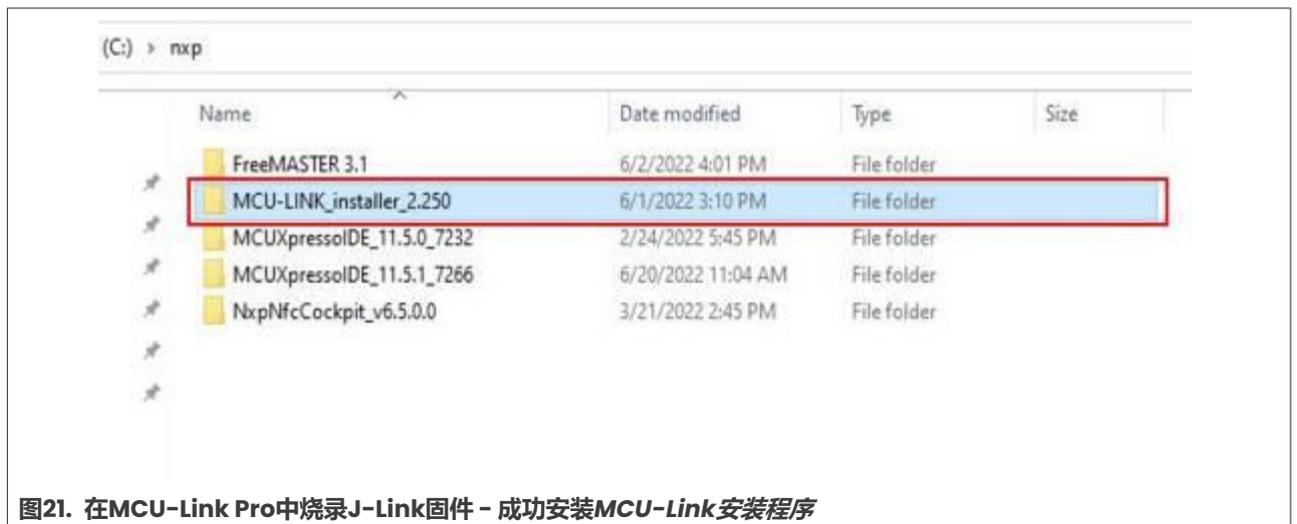


图21. 在MCU-Link Pro中烧录J-Link固件 - 成功安装MCU-Link 安装程序

- 按以下步骤操作，配置MCU-Link Pro调试探头的跳线，以烧录J-Link固件。见图22：

- (1) 关闭MCU-Link Pro的J4跳线；
- (2) 通过微型USB连接器（J1）将MCU-Link Pro连接到电脑。

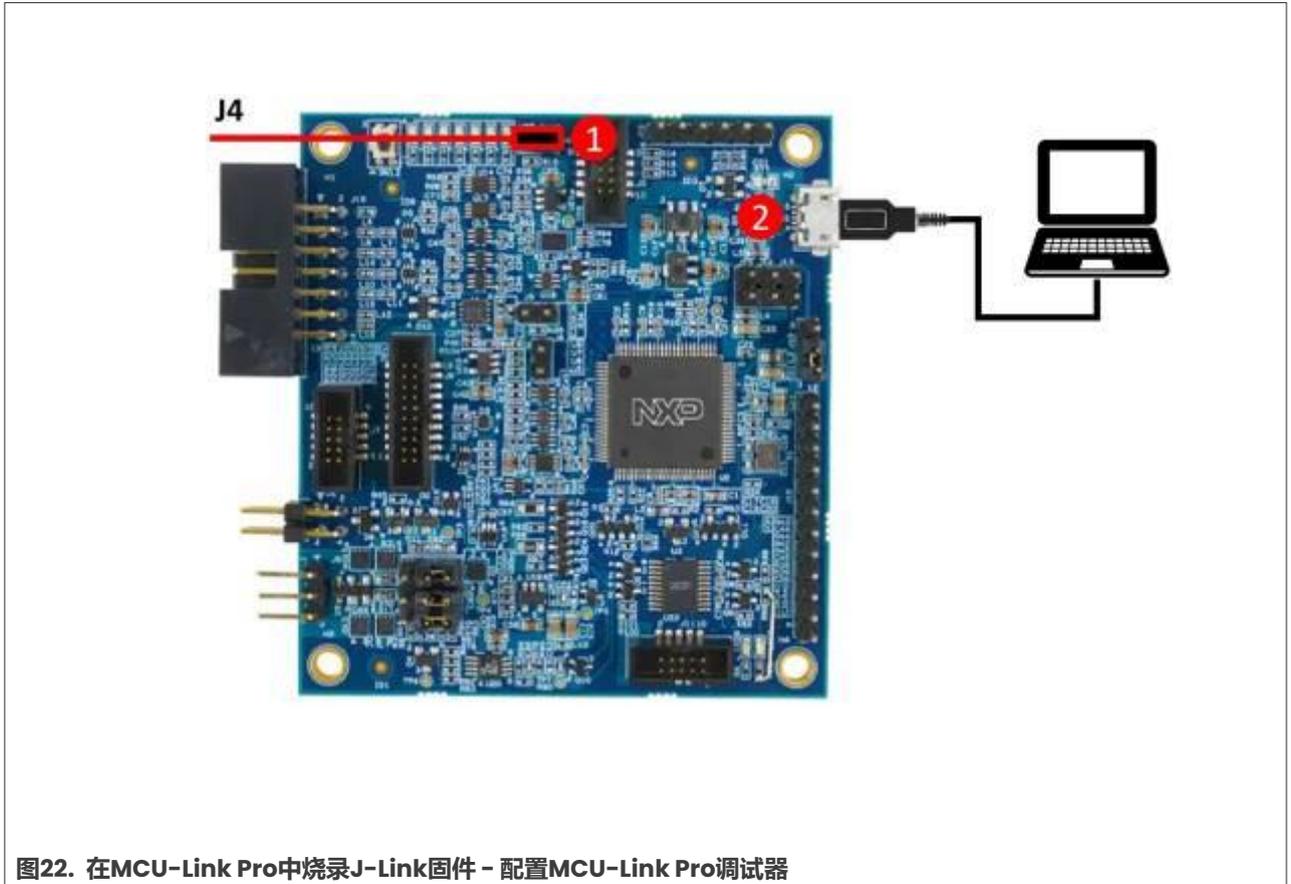


图22. 在MCU-Link Pro中烧录J-Link固件 - 配置MCU-Link Pro调试器

4. 在MCU-Link Pro调试探头中烧录J-Link固件。在已安装MCU-Link 安装程序的文件夹中打开一个命令提示符（默认为C:\nxp\MCU-LINK\_installer\_2.250），然后发送以下命令来烧录J-Link固件：

```
.\scripts\program_JLINK
```

如果烧录成功，应该会看到图23所示的消息。然后MCU-Link PRO就可以用于J-Link调试和烧录。

```
Programming "Firmware_J-Link-MCU-Link_210930.s19"  
Programmed successfully - To use: remove ISP jumper and reboot.
```

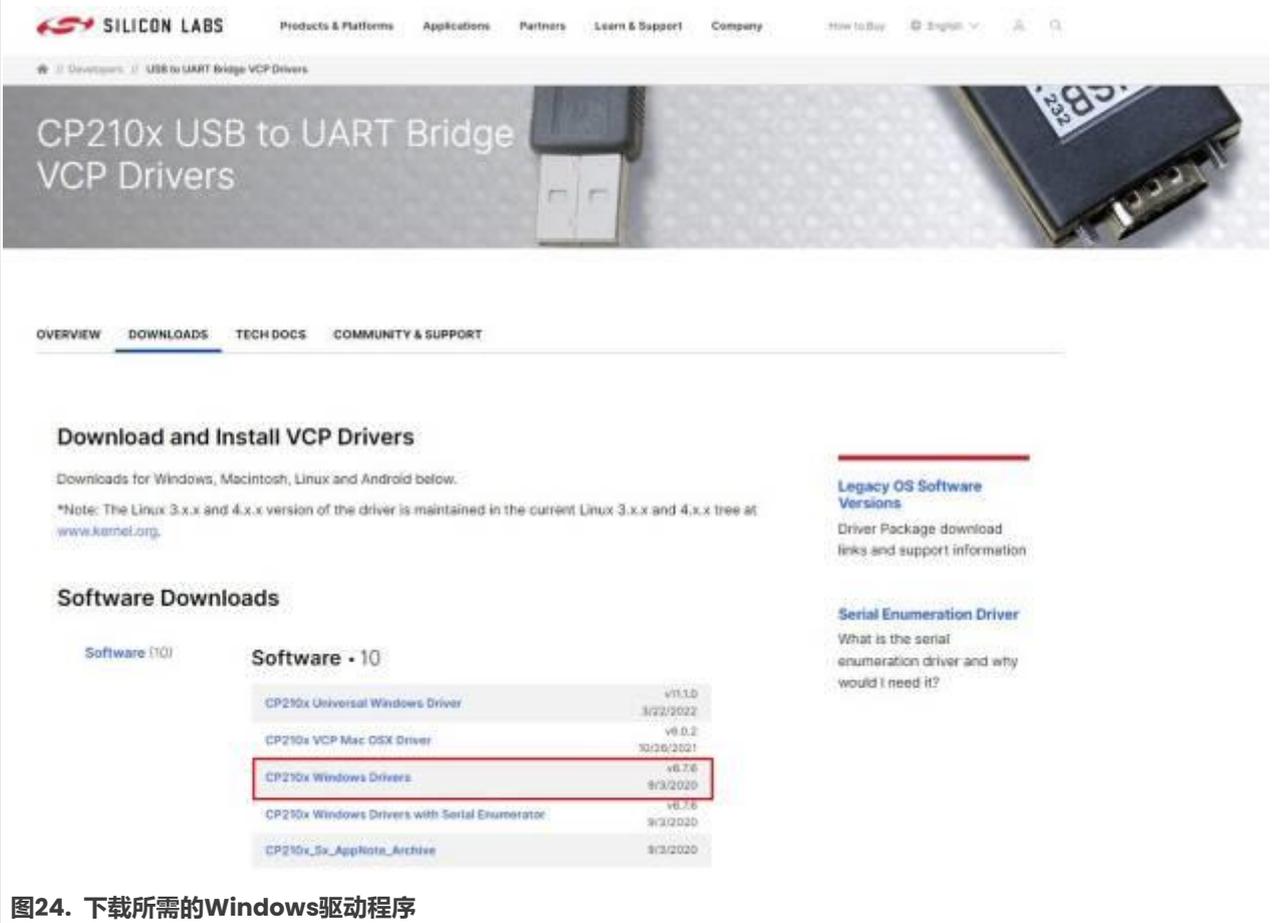
图23. 在MCU-Link Pro中烧录J-Link固件

**注：**脚本烧录完成后，必须从MCU-Link Pro调试探头上断开J4跳线。

## 5.4 安装USB转UART驱动程序

将数字板连接到电脑后，需要USB转UART驱动程序来检测COM端口。按以下说明操作，在您的电脑中下载并安装USB转UART驱动程序：

1. 访问以下[网站](#)并下载CP210x Windows驱动程序软件包，如[图24](#)所示：



**SILICON LABS** Products & Platforms Applications Partners Learn & Support Company How to Buy English

Developers USB to UART Bridge VCP Drivers

## CP210x USB to UART Bridge VCP Drivers

OVERVIEW **DOWNLOADS** TECH DOCS COMMUNITY & SUPPORT

### Download and Install VCP Drivers

Downloads for Windows, Macintosh, Linux and Android below.

\*Note: The Linux 3.x.x and 4.x.x version of the driver is maintained in the current Linux 3.x.x and 4.x.x tree at [www.kernel.org](http://www.kernel.org).

### Software Downloads

Software (10)

Software	Version
CP210x Universal Windows Driver	v11.1.0 3/22/2022
CP210x VCP Mac OSX Driver	v8.0.2 10/16/2021
<b>CP210x Windows Drivers</b>	<b>v6.7.6</b> <b>9/3/2020</b>
CP210x Windows Drivers with Serial Enumerator	v6.7.6 9/3/2020
CP210x_Sx_AppNote_Archive	9/3/2020

**Legacy OS Software Versions**  
Driver Package download links and support information

**Serial Enumeration Driver**  
What is the serial enumeration driver and why would I need it?

图24. 下载所需的Windows驱动程序

- 运行可执行文件并按照安装向导的步骤安装驱动程序。点击“完成”按钮，完成安装，如图25所示：



图25. 完成USB转UART桥驱动程序的安装

3. 通过J1微型USB连接器将数字板连接到电脑，然后使用Windows设备管理器，检查能否正确检测到数字板的两个COM端口，如图26所示。增强型COM端口用于FreeMASTER通信，而标准COM端口用于打印调试消息。

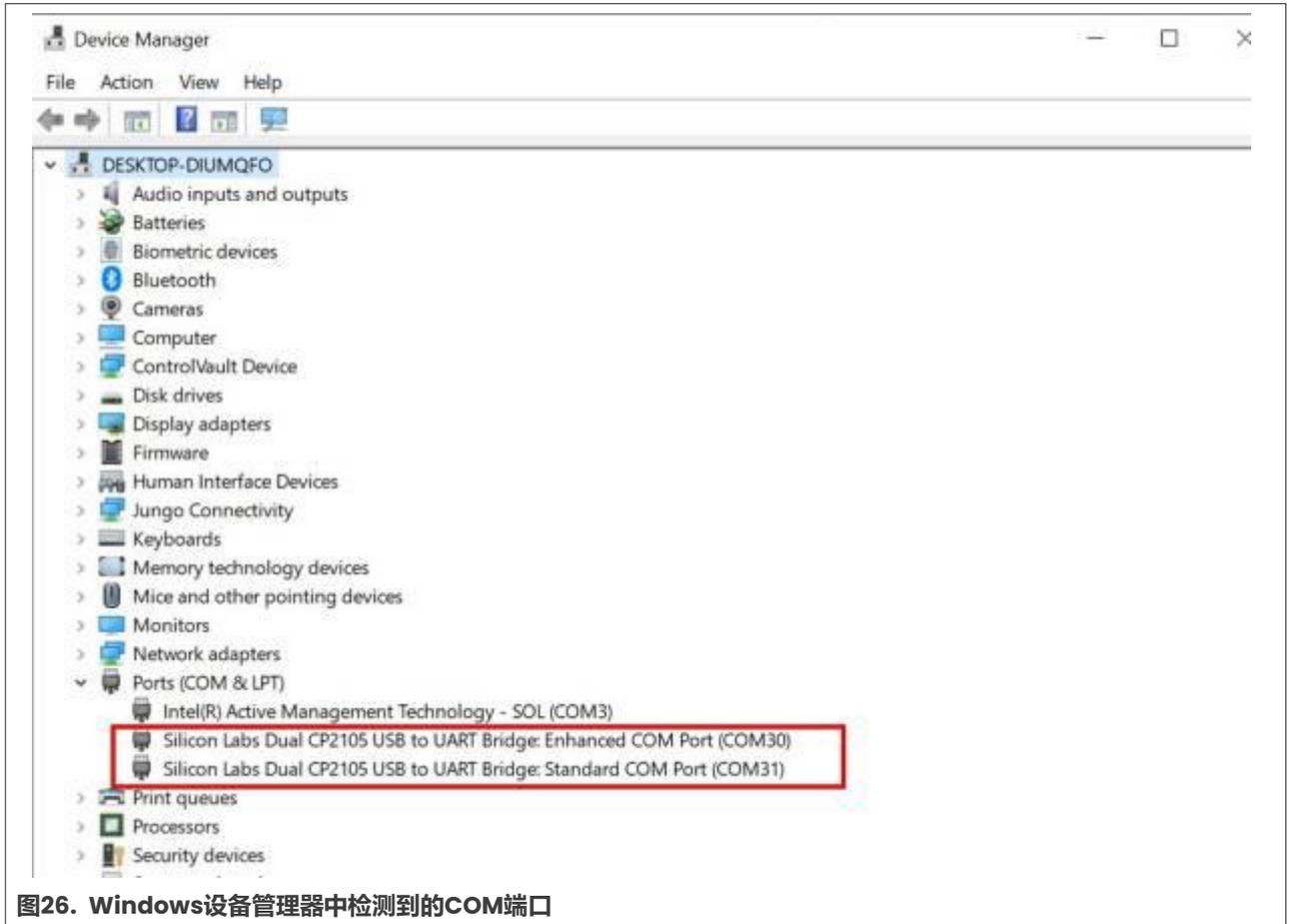


图26. Windows设备管理器中检测到的COM端口

## 6 软件准备

i.MX RT工业驱动开发平台软件包包含一个演示应用程序，演示了如何监视和控制连接到系统的多至四个PMSM电机。按照本章的说明，通过一个预处理工具制备安全芯片，在MCUXpresso中导入并配置i.MX RT工业驱动开发平台演示应用程序，进行编译，烧录到子卡中，然后执行。以下小节提供了有关软件准备的详细信息：

- [制备安全芯片](#)
- [导入 i.MX RT 工业驱动开发平台演示应用程序](#)
- [配置 i.MX RT 工业驱动开发平台演示应用程序](#)
- [编译 i.MX RT 工业驱动开发平台演示应用程序](#)
- [安装 J-Link 软件并配置 flashloader](#)
- [烧录 i.MX RT 工业驱动开发平台演示应用程序并运行](#)
- [通过 Web 界面控制平台](#)

### 6.1 制备安全芯片

要制备板载的安全芯片，请使用数字板产品包中包含的NFC读写器。制备需要几个步骤，如下所述。若要使用此应用程序提供的全部安全功能，拿到ACS ACRI252 1S CL的读写器PICC 0后，打开/tools/Release/Qmc2gProvisioningTool.ini，

注释掉默认的CARD READER，取消注释ACS ACRI252，并跳过本小节描述的步骤10至14。本小节末尾介绍了另一种方法。



图27. 硬件包中包含的默认GMMC Pocket NFC CCID 0读写器

1. 关闭硬件电源，以启用通过NFC进行制备。
2. 将NFC读写器插入电脑并开始安装。安装成功后，LED指示灯会闪烁红色/蓝色/白色。
3. 进入根目录下的tools文件夹，并将ProvisioningTool.zip文件解压到tools文件夹中。解压密码为“123”。
4. 运行ProvisioningTool.exe。所有文件都存放在工作文件夹中并从中提取。根据您的喜好更改工作文件夹（将image\_enc.exe拷贝到您自定义的工作文件夹中）。
5. 转到 Create Identities选项卡，点击Quick Create and Issue All Identities。所有生成的内容都会放置在您的工作文件夹中。

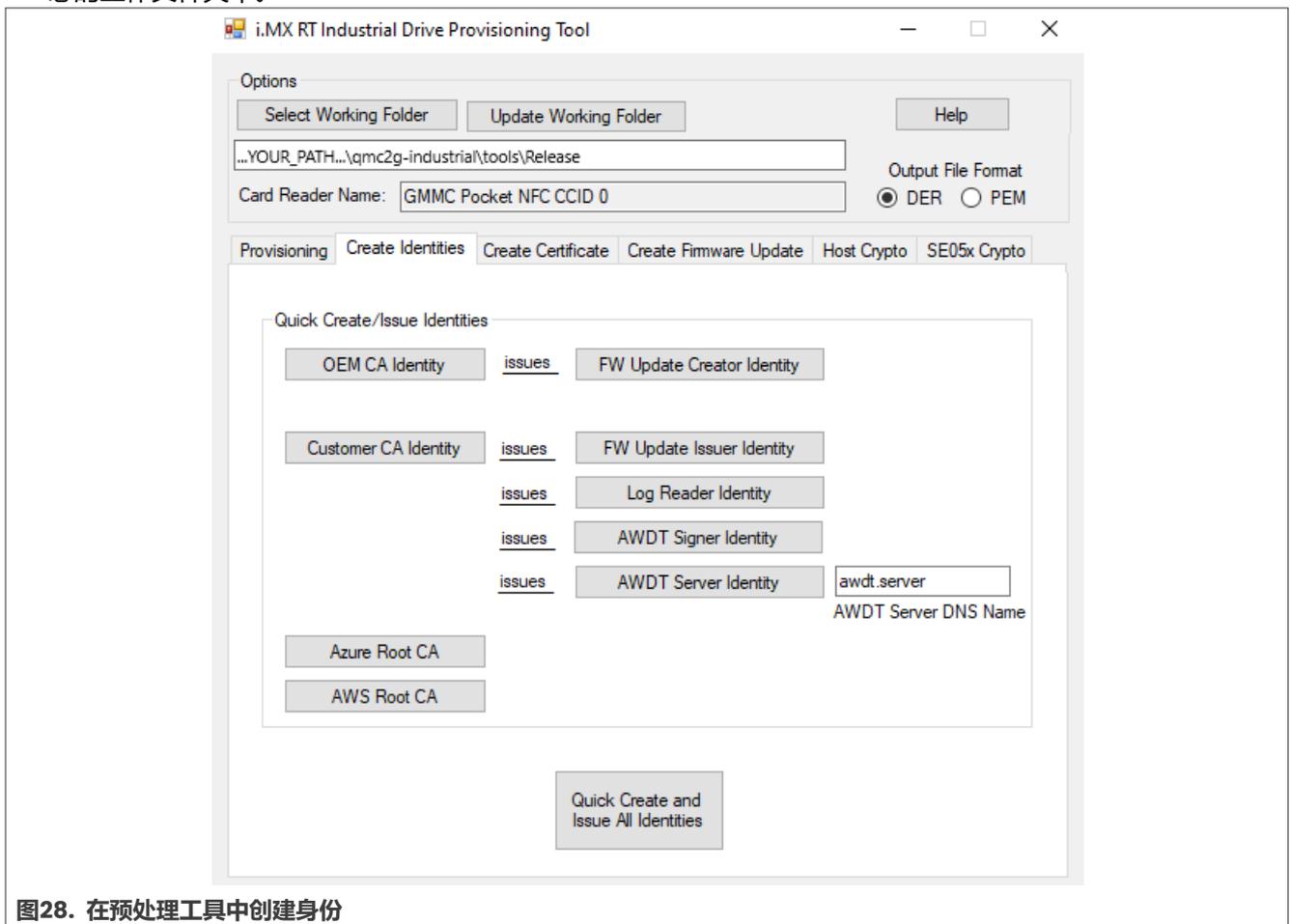


图28. 在预处理工具中创建身份

6. 转到SE05x\_Crypto选项卡。

- 取下未通电的数字板，并放在NFC读写器下方的NFC天线旁。成功建立连接后，LED指示灯颜色会变为白色。为了确保可靠且不间断的连接，务必将NFC读写器正确地放置在数字板的NFC天线上方。



图29. 将NFC读写器放在数字板NFC天线上

- 在预处理工具中，当NFC读写器连接到数字板上的安全芯片时点击*Factory reset*按钮。

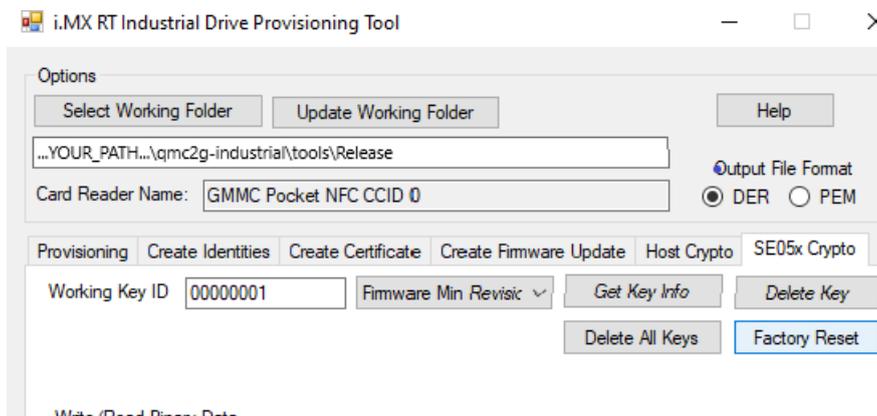


图30. 对安全芯片进行出厂复位

- 要使用安全信息制备安全芯片，转到*Provisioning*选项卡。必须按照下面描述的步骤进行配置，因为安全对象的策略尚未完全定义。
- 通过点击*Yes*单选按钮并选择*Auth Objects*，应用策略。将NFC读写器放到数字板上的安全芯片上方，保持连接，同时点击*Provision Selected*按钮。

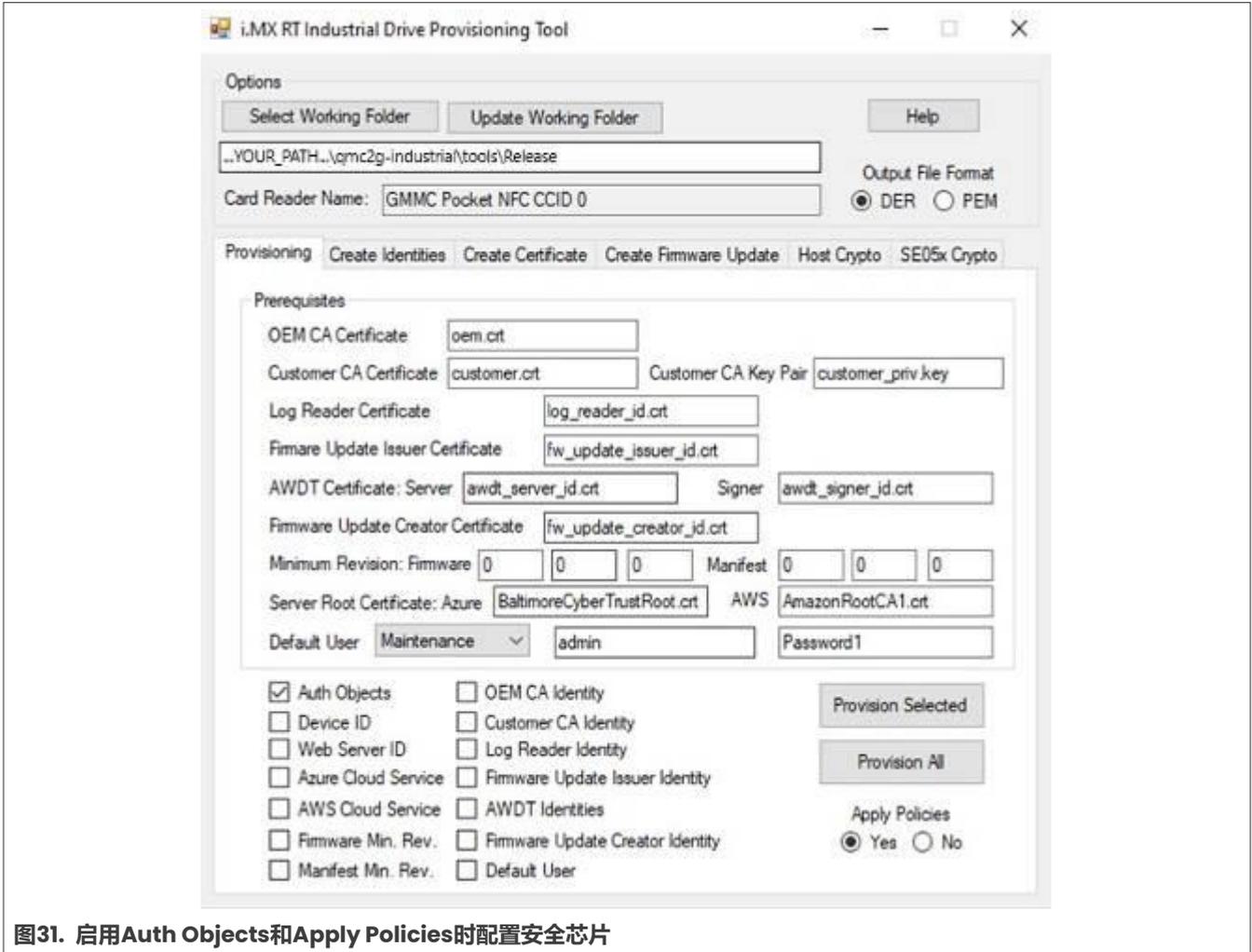


图31. 启用Auth Objects和Apply Policies时配置安全芯片

11. 取消选择Auth Objects并将Apply Policies设置为NO。
12. 选择所有其余复选框。
13. 再次点击Provision Selected按钮，同时继续将NFC读写器放到数字板的安全芯片上方，保持连接。完成这一操作需要几秒钟。



图32. 使用其余选项且禁用Apply Policies时配置安全芯片

14. 数字板上的安全芯片已制备就绪，您可以开始编程板子并试用应用程序。

**注：** ACS ACRI252 IS CL Reader PICC 0的可选步骤：

10. 点击Yes单选按钮，应用策略，并在NFC读写器连接到数字板上的安全芯片的同时点击Provision All按钮。

11. 数字板上的安全芯片已备制就绪，可以开始编程板子并试用应用程序。

## 6.2 导入i.MX RT工业驱动开发平台演示应用程序

1. 启动MCUXpresso IDE。屏幕提示您选择工作区时，按图33所示操作：

(1) 选择一个您将导入工程的现有工作区，或创建一个新的工作区。

**注：**您的文件夹名称可能与图33所示的不同。

(2) 点击**Launch**按钮，打开选定的工作区。

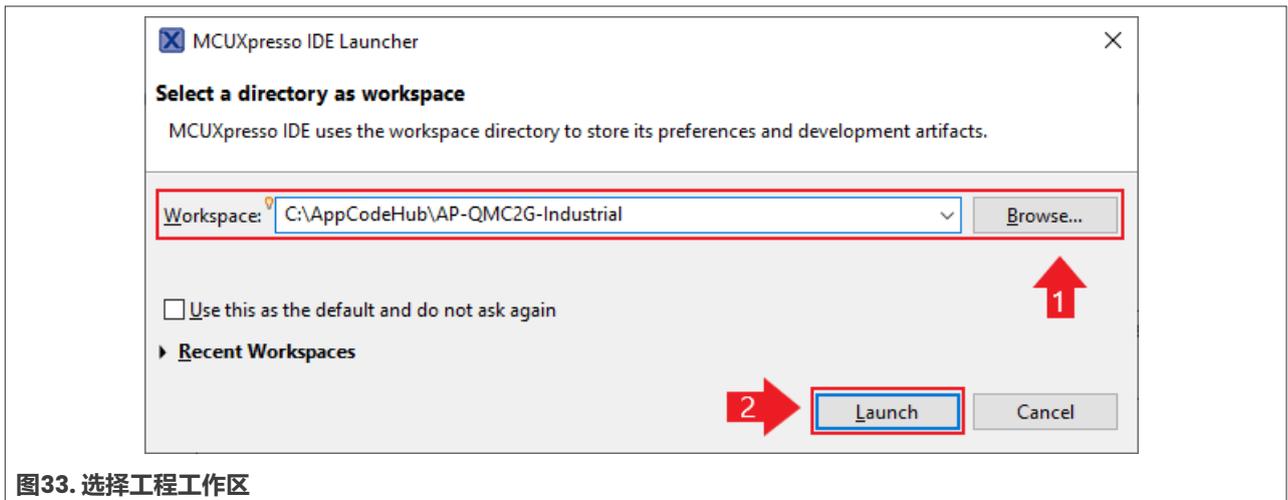


图33. 选择工程工作区

2. 下载和安装i.MX RT工业驱动开发平台软件包的方法有两种。一是使用命令行和West工具，二是让MCUXpresso直接下载和安装软件包。该软件包作为一个应用软件包发布。必需安装West和Git并在PATH变量中进行配置，以进行后续操作。

### 6.2.1 选项1：使用MCUXpresso IDE获取应用软件包

1. 打开MCUXpresso IDE并在一个空目录中选择一个工作区位置。

2. 右键单击底部**Installed SDKs**面板的空白区域，选择**Import remote SDK Git repository...**。

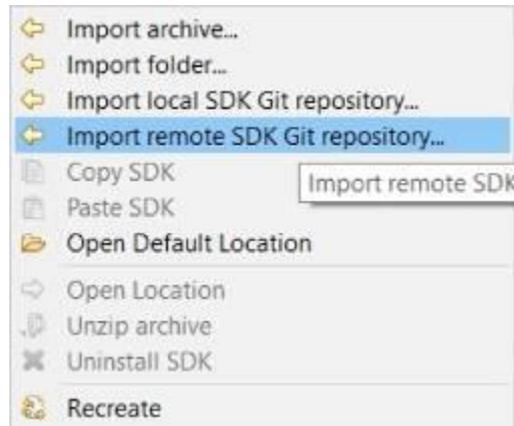


图34. 导入远程SDK Git仓库

3. 在弹出的对话框中：
  - a. 在Location字段中，点击Browse按钮并创建一个名为"ap-qmc2g-industrial"的空目录，用于下载应用软件包。请记住此位置，因为整个实验中都会用到。
  - b. 在Repository字段中键入"https://github.com/nxp-appcodehub/ap-qmc2gindustrial"。
  - c. 在Revision字段中，键入"main"。然后点击OK，下载应用软件包。

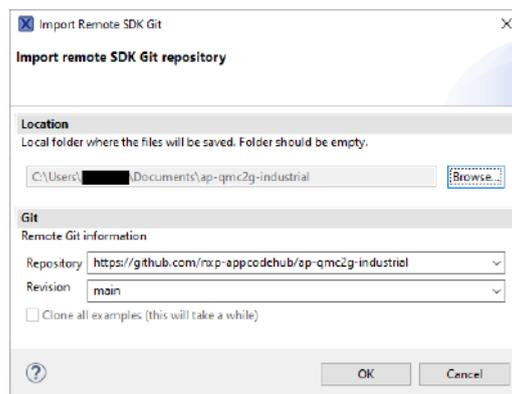


图35. 导入远程SDK Git

4. 导入完毕后，Installed SDKs选项卡如图36所示：

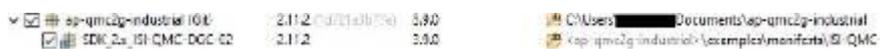


图36. Installed SDKs选项卡

## 6.2.2 选项2：使用命令行

1. 打开Windows命令提示符并执行以下操作：

```
west init -m https://github.com/nxp-appcodehub/ap-qmc2g-industrial --mr main
ap-qmc2gindustrial
cd ap-qmc2g-industrial
west update
```

2. 打开MCUXpresso IDE并在一个空目录中选择一个工作区位置。

3. 将上一步中创建的"ap-qmc2g-industrial directory"拖放到屏幕下方*Installed SDKs*选项卡下的*Installed SDKs*窗口中。在如图37和图38所示弹出的窗口中，点击OK：

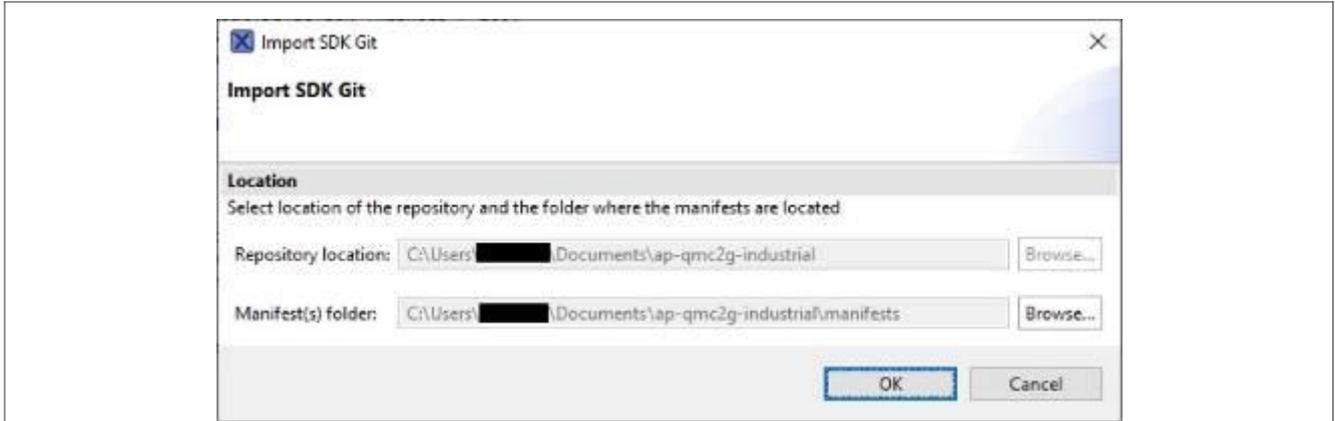


图37. 通过命令行导入SDK Git

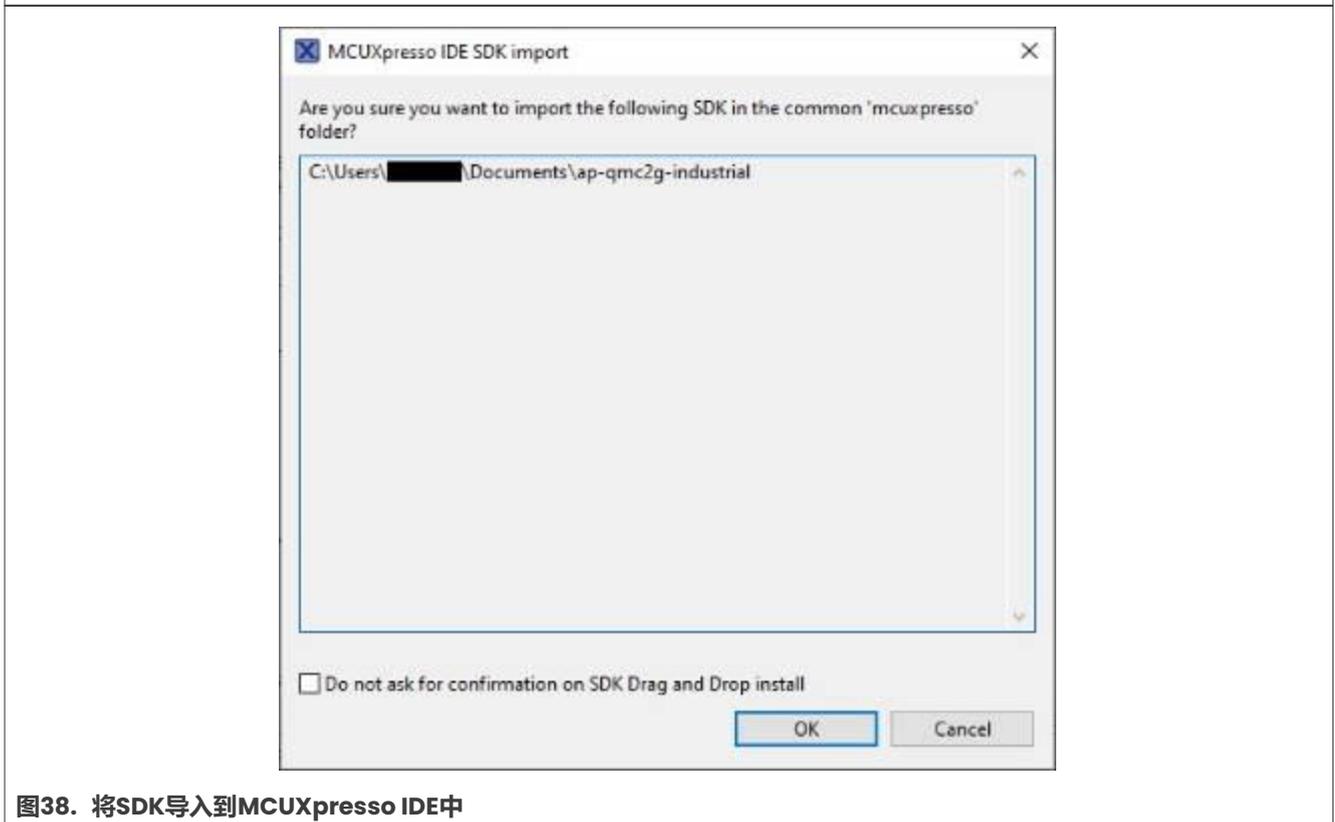


图38. 将SDK导入到MCUXpresso IDE中

4. 导入后，*Installed SDKs*面板如图39所示。



图39. *Installed SDKs*选项卡

5. 选择要导入的i.MX RT工业驱动开发平台演示工程，如图40所示：
- (1) 从*Quickstart*面板中选择*Import SDK examples*选项。
  - (2) 选择“*isi\_qmc\_dgc板*”图标。
  - (3) 点击*Next*按钮。

(4) 选择Industrial Application下的所有三个工程：

- Industrial\_app\_master\_cm7
- Industrial\_app\_slave\_cm4
- Industrial\_bootloader

6. 点击Finish按钮，将工程导入到MCUXpresso中。

**注：**“Industrial”是i.MX RT工业驱动开发平台的内部标识符。

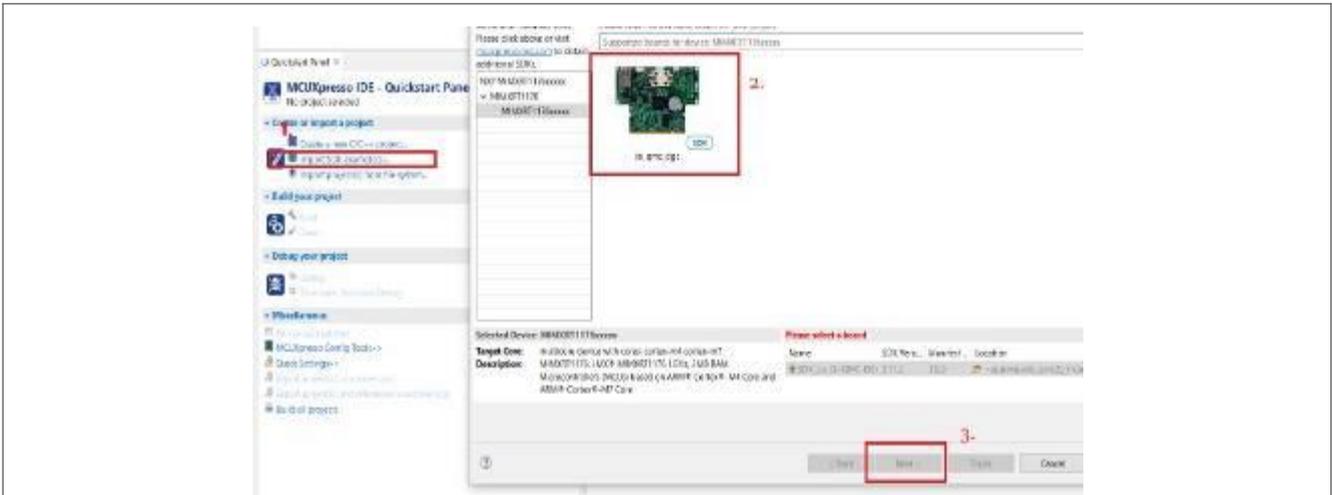


图40. “导入SDK示例”板选择

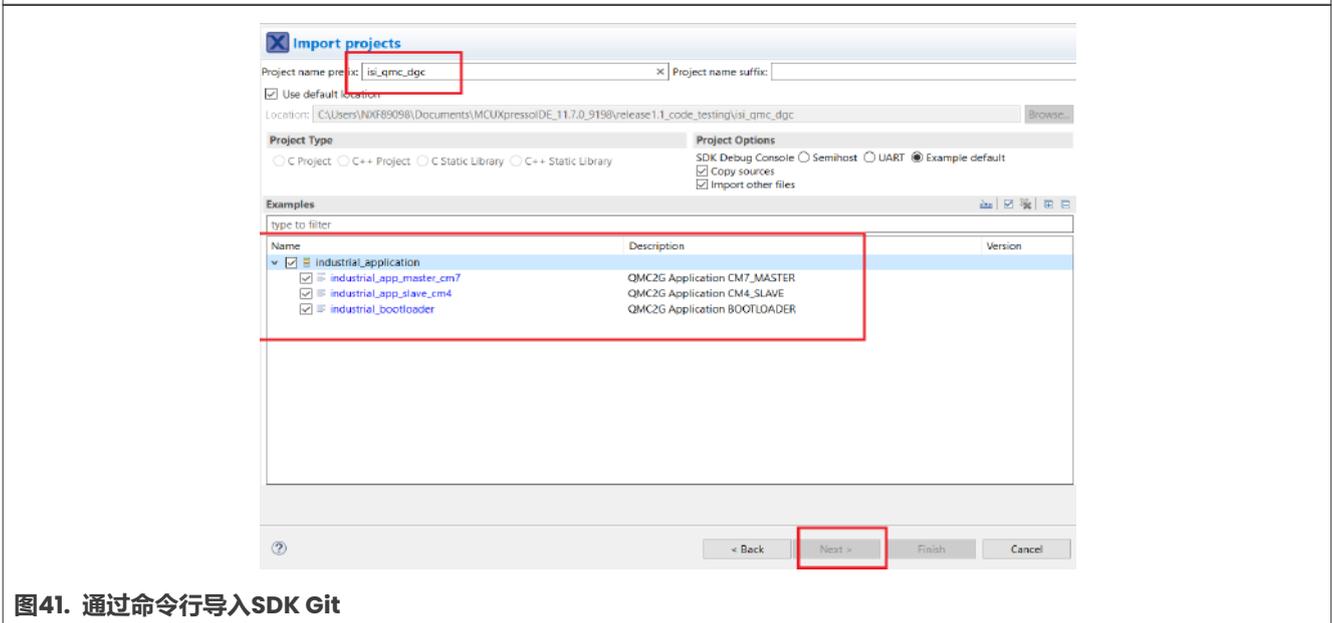


图41. 通过命令行导入SDK Git

### 6.3 配置应用程序

应用程序可以通过CM4和CM7工程中的`source/qmc_features_config.h`文件进行配置。确保使不同工程中共享名称的配置保持同步。在第一次运行之前，最重要的配置在CM7工程的第38行和第75-78行：根据所连接的功率平台板的数量，必须在`MC_MAX_MOTORS`中配置相同或更小的数量。

数字板上有四个连接器：电机1 (J153)、电机2 (J161)、电机3 (J1)和电机4 (J159)。应用程序假定，如果只连接了一个功率平台板，则该功率平台板连接到数字板上的电机1 (J153)连接器。同样，如果连接了两个功率平台板，则假定它们连接到电机1 (J153)和电机2 (J161)，依此类推。

```
#define MC_MAX_MOTORS          (4)          /* Number of supported motors */
```

功率平台板上可能焊接也可能没有焊接NAFE芯片，具体取决于功率平台板的类型。必须相应地配置这四个宏，否则应用程序将无法正常运行。如果使用的功率平台板少于4个，将未使用的功率平台板对应的宏也设置为0。

```
#define MC_HAS_AFE_MOTOR1 (1) /* Defines if PSB1 has the AFE soldered on. 1  
means the AFE is soldered, 0 means the AFE is missing. */  
#define MC_HAS_AFE_MOTOR2 (1) /* Defines if PSB2 has the AFE soldered on. 1  
means the AFE is soldered, 0 means the AFE is missing. */  
#define MC_HAS_AFE_MOTOR3 (1) /* Defines if PSB3 has the AFE soldered on. 1  
means the AFE is soldered, 0 means the AFE is missing. */  
#define MC_HAS_AFE_MOTOR4 (1) /* Defines if PSB4 has the AFE soldered on. 1  
means the AFE is soldered, 0 means the AFE is missing. */
```

其他配置可以控制TSN和安全芯片调试信息、应用程序是否应该支持FreeMASTER连接、各种阈值、延迟、大小和其他配置值、GUI配色方案及引脚使用等。

## 6.4 编译i.MX RT工业驱动开发平台演示应用程序

所有三个工程都有几个构建目标。CM7和CM4工程有Debug、Release、Debug\_SBL和Release\_SBL目标。

Debug和Release目标需要将调试探头连接到板上。以这种方式构建应用程序时，它必须由调试探头初始化并通过IDE手动启动。然而，这种情况下不需要编译Bootloader工程，对于开始测试和调试也更简单。

**注：**Release目标禁用了一些调试符号，将影响到调试体验。

Debug\_SBL和Release\_SBL目标还需要编译Bootloader工程。要运行使用这些目标之一构建的应用程序，请参阅“tools/”文件夹中的《Provisioning and Secure Bootloader User Guide》文档。这种情况下设置更复杂但应用程序能够自行启动。

Bootloader工程有Debug\_Non\_Secure、Debug和Release目标。Debug\_Non\_Secure是最简单的版本，它不启用任何安全功能，只用于测试和调试目的。Debug目标会启用大多数安全功能，但不包括FW加密，并且不需要烧录所有与安全相关的熔丝。Release目标是生产目标，需要烧录一些关键的安全熔丝。该操作不可撤销，可能会对应用程序的调试和测试产生负面影响。

1. 构建isi\_qmc\_dgc\_industrial\_app\_slave\_cm4工程，如图42所示：
  - (1) 从左侧窗格中选择isi\_qmc\_dgc\_industrial\_app\_slave\_cm工程。
  - (2) 点击顶部工具栏中锤子图标旁边的箭头。选择Debug (Debug build)选项。等待几秒钟完成编译。

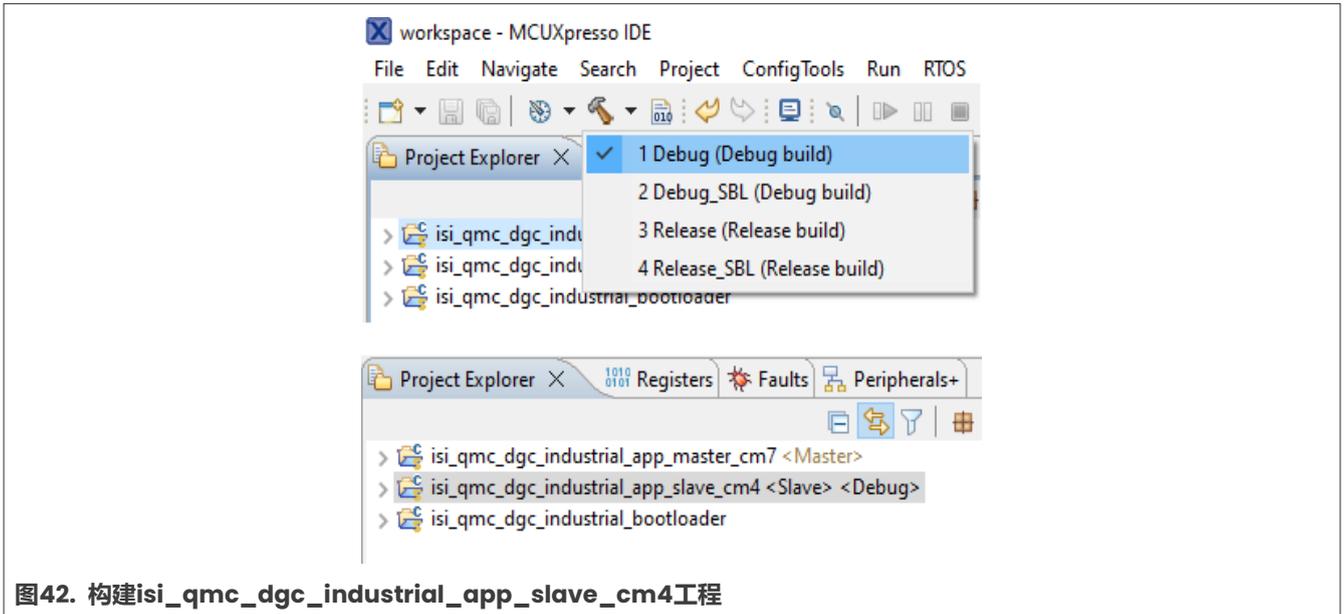


图42. 构建isi\_qmc\_dgc\_industrial\_app\_slave\_cm4工程

2. 构建isi\_qmc\_dgc\_industrial\_app\_master\_cm7工程，如图43所示：

(1) 从左侧窗格中选择isi\_qmc\_dgc\_industrial\_app\_master\_cm7工程。

(2) 点击顶部工具栏中锤子图标旁边的箭头。选择Debug (Debug build)选项。等待工程编译完成，这需要几秒钟时间。

**注：**有一点很重要，即需要在编译isi\_qmc\_dgc\_industrial\_app\_master\_cm7工程之前先编译isi\_qmc\_dgc\_industrial\_app\_slave\_cm4工程。

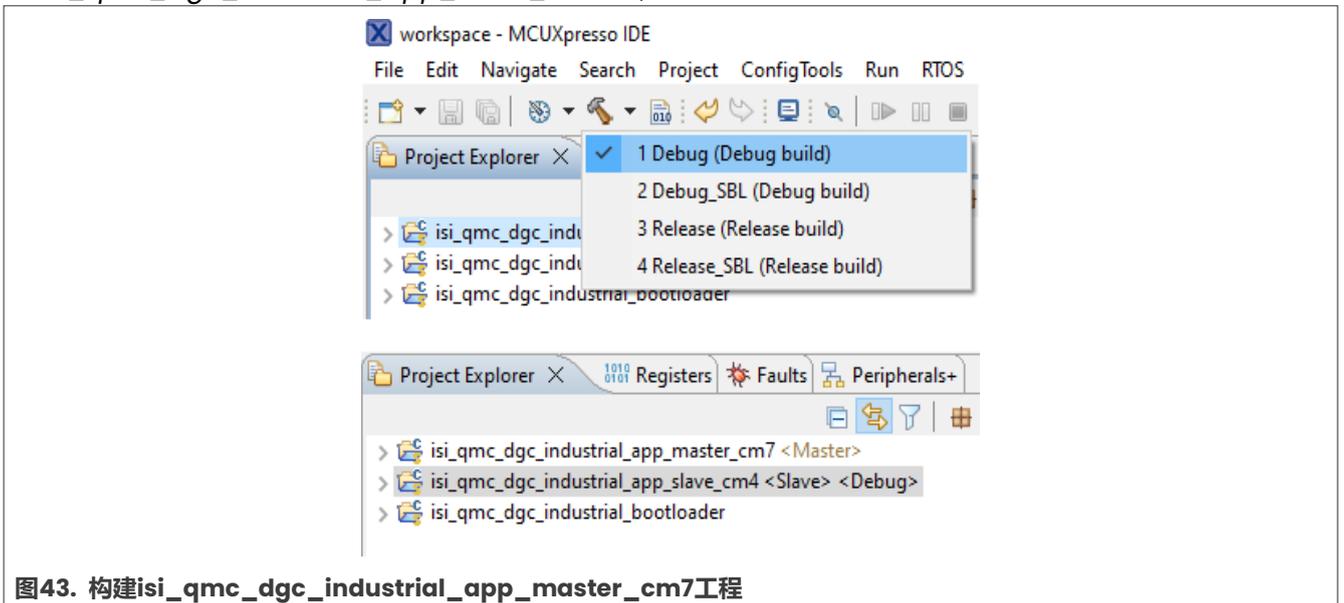


图43. 构建isi\_qmc\_dgc\_industrial\_app\_master\_cm7工程

## 6.5 安装J-Link软件并配置flashloader

在烧录i.MX RT工业驱动开发平台演示应用程序之前，需要安装J-Link软件并配置J-Link flashloader。按照以下步骤操作：

**注：**在按本章说明开始操作之前，请确保您的电脑中已安装MCUXpresso。如果在完成本章说明的操作后再安装MCUXpresso，可能会覆盖一些已有的配置。

1. 访问[SEGGER J-Link网站](#)并下载适合您的操作系统的J-Link安装程序，如图44所示。

运行可执行文件并按照安装向导操作，直至成功完成安装。点击以下链接以获取更多J-Link安装的信息：  
[https://wiki.segger.com/UM08001\\_J-Link/\\_/J-Trace\\_User\\_Guide](https://wiki.segger.com/UM08001_J-Link/_/J-Trace_User_Guide)。

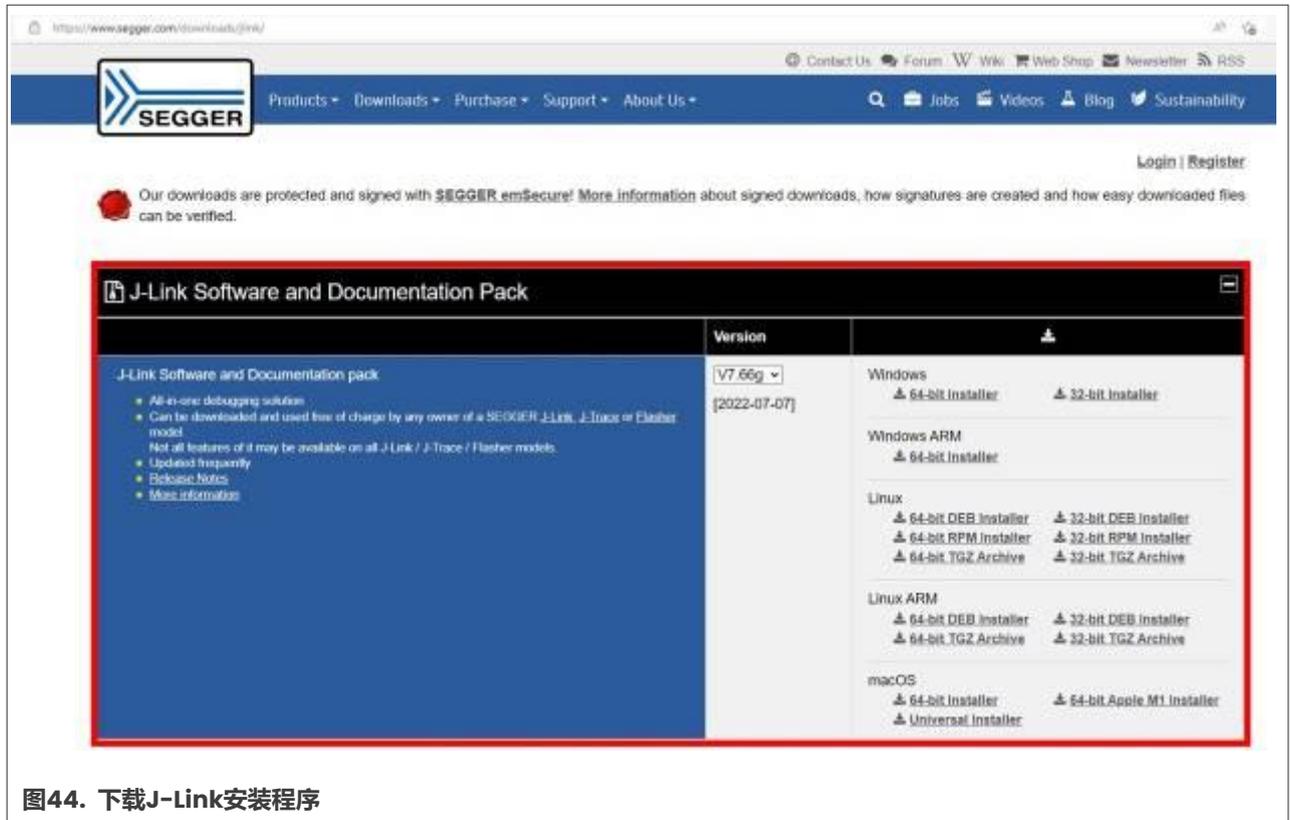


图44. 下载J-Link安装程序

2. 会在"%APPDATA%/SEGGER/"下创建一个J-Link配置文件夹。将JLinkDevices文件夹从应用软件包的"tools"文件夹中拷贝到"%APPDATA%/SEGGER/"文件夹中，如图45所示。

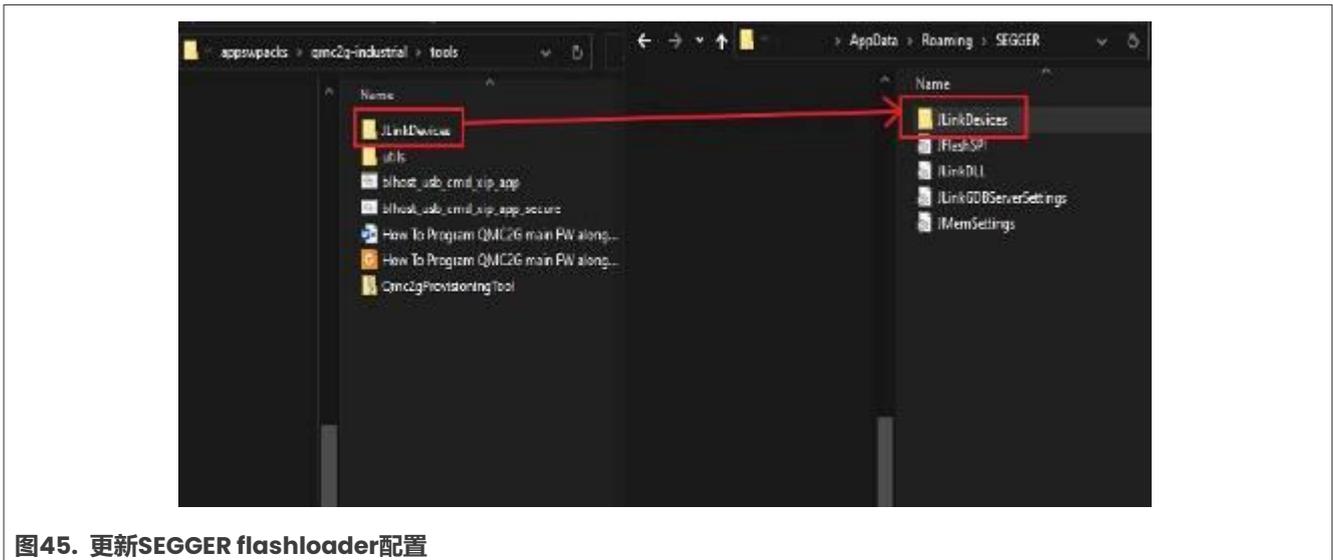


图45. 更新SEGGER flashloader配置

**注：**对于不同的操作系统，必须在不同的位置更新J-Link设备文件。使用以下位置：

表6. 设备文件位置

操作系统	位置
Windows	C:\Users\ <user&gt;\appdata\roaming\segger\jlink devices<="" td=""> </user&gt;\appdata\roaming\segger\jlink>
Linux	\$HOME/.config/SEGGER/JLinkDevices
macOS	\$HOME/Library/Application Support/SEGGER/JLinkDevices

## 6.6 烧录i.MX RT工业驱动开发平台演示应用程序并运行

按照下面的说明操作，将i.MX RT工业驱动开发平台演示应用程序烧录到子卡中并执行：

**注：**在本章中，使用MCU-Link Pro调试探头来烧录软件。然而，以类似的方式也可使用Segger J-Link调试探头，将演示应用程序烧录到子卡中。

- 如图46所示，将MCU-Link Pro调试探头连接到系统：
  - 首先使用一根微型USB线缆将MCU-Link Pro连接到电脑。确保MCU-Link Pro的J4跳线（固件更新跳线）未连接；
  - 使用一根10脚到10脚Cortex SWD线缆，将MCU-Link Pro的SWD连接器（J7）连接到子卡的SWD连接器（J1）。确保SWD线缆插入子卡SWD连接器的方向与图片所示的方向相同。  
**注：**SWD线缆的红线必须连接到子卡的SWD连接器的2号针脚。
  - 确保子卡正常供电，使LED状态指示灯亮起。如果没有亮起，请确保系统正常供电，并且数字板的SW1开关处于开启位置。

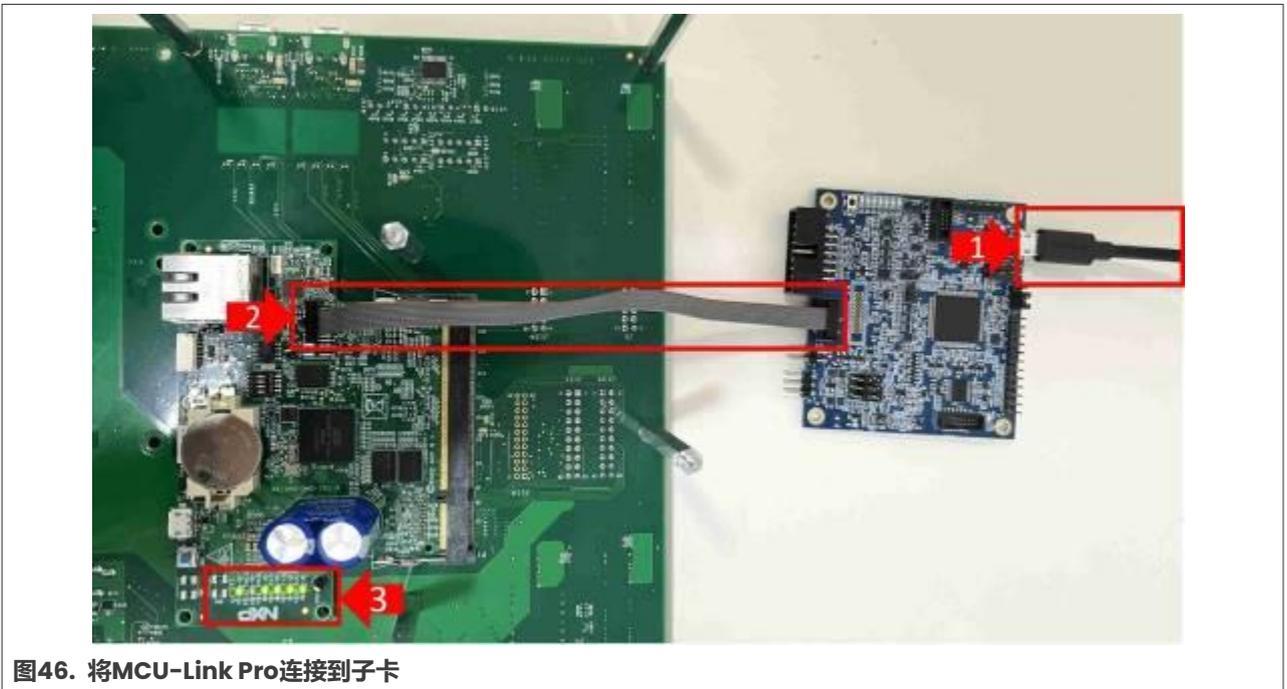


图46. 将MCU-Link Pro连接到子卡

- 如果您还没有这样做，请如图47所示，使用J48连接器将数字板连接到电脑。

如果打开Windows设备管理器，您应该看到两个Silicon Labs Dual CP2105 USB转UART桥接端口：*增强型COM端口*用于FreeMASTER通信，而*标准COM端口*用于在终端打印调试日志。记住两个COM端口号。

**注：**如果看不到这两个UART端口，请确保您已按照[第5.4节](#)的描述正确安装了USB转UART驱动程序。

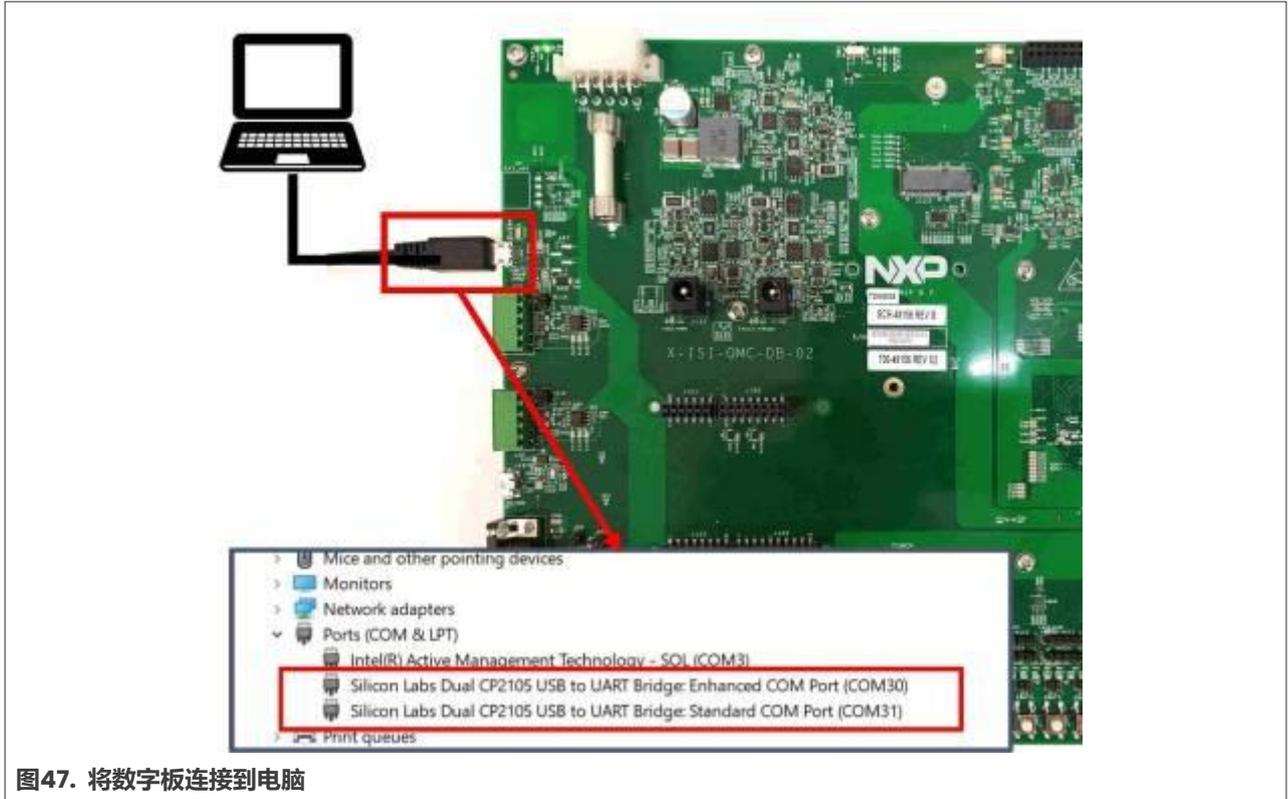


图47. 将数字板连接到电脑

- 在MCUXpresso中打开一个串口终端窗口，如[图48](#)所示。这个串口终端窗口将用于在软件运行时查看调试日志。
  - 点击MCUXpresso IDE底部窗格中的Terminal选项卡；
  - 点击Open a New Terminal图标；
  - 选择Serial Terminal；
  - 从下拉菜单中选择串行通信端口号。这对应于上一步中得到的标准COM端口；
  - 将波特率设置为115200；
  - 其他设置保留默认值（数据大小：8，奇偶校验：无，停止位：1，编码：默认）；
  - 点击OK按钮打开串口终端窗口。

**注：**或者也可以使用您喜欢的终端应用程序来打印调试日志。确保使用与[图48](#)相同的设置。

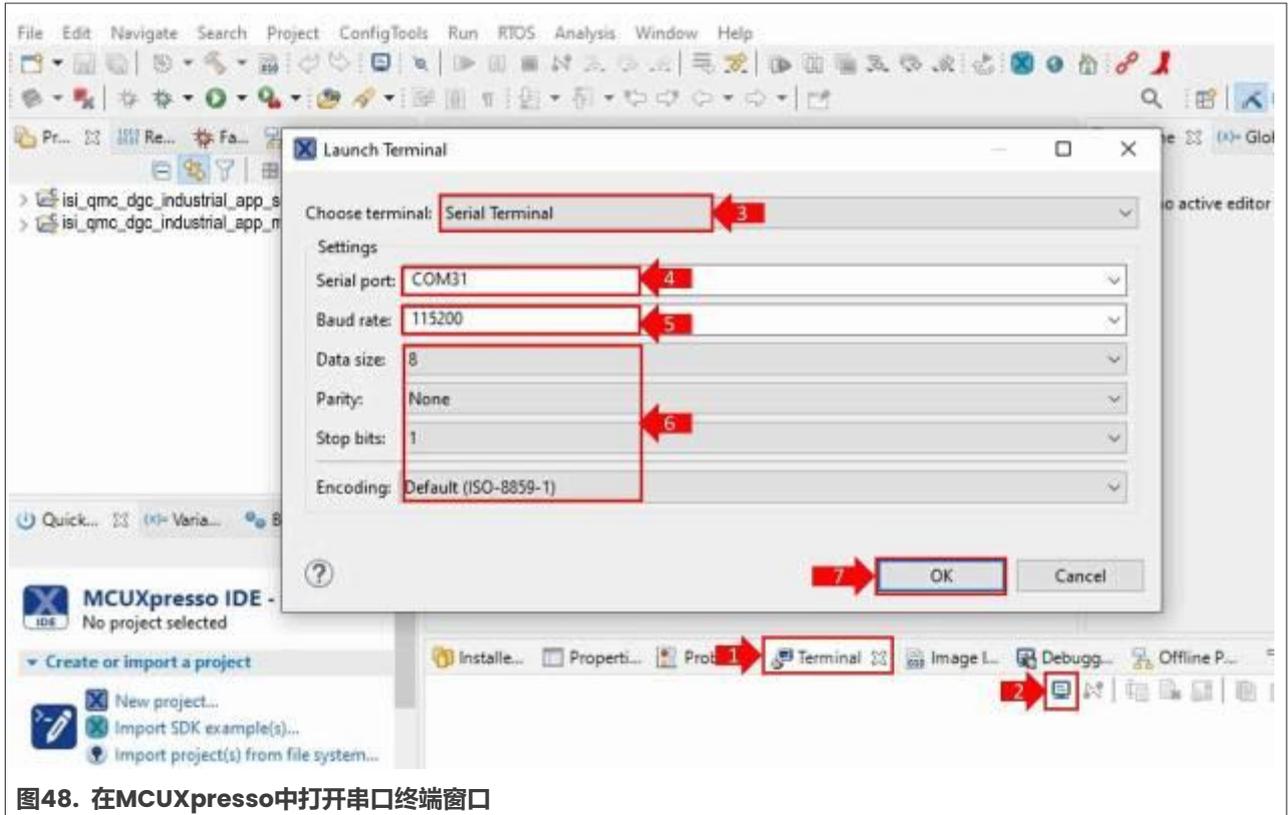
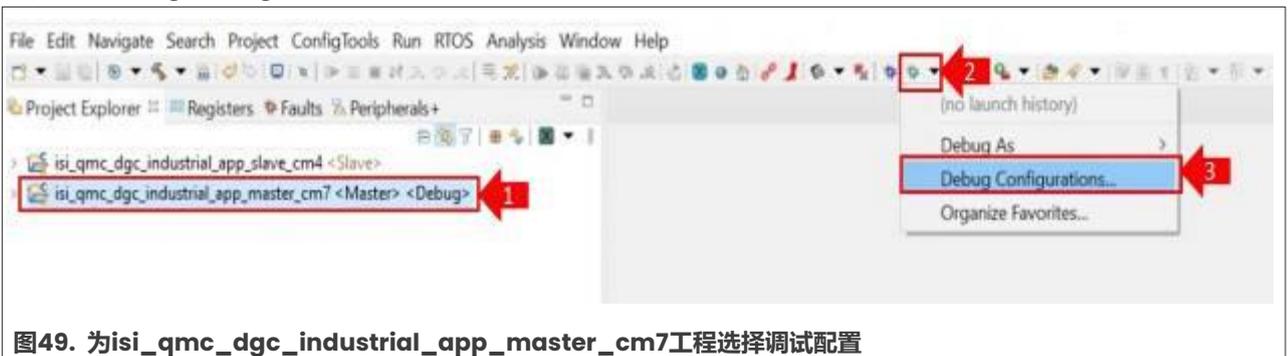


图48. 在MCUXpresso中打开串口终端窗口

4. 开始调试`isi_qmc_dgc_industrial_app_master_cm7`工程，如图49所示：

- (1) 选择`isi_qmc_dgc_industrial_app_master_cm7`工程；
- (2) 点击绿色Debug图标旁边的箭头；
- (3) 选择Debug configurations.

图49. 为`isi_qmc_dgc_industrial_app_master_cm7`工程选择调试配置

5. 按图50所示的步骤开始调试过程：

- (1) 在GDB SEGGER Interface debugging下选择`isi_qmc_dgc_industrial_app_master_cm7` JLink Debug配置；
- (2) 打开JLink Debugger选项卡；
- (3) 查JLink Interface Settings是否如图50所示。尤其需要注意的是，Device字段的取值应该为MIMXRT1170\_FLEXSPI2\_UFL；
- (4) 确保取消勾选Reset before running选项。

**注：**如果Device字段没有正确设置，请检查您是否已按照第6.5节的说明正确应用了Segger flashloader配置。

- (5) 点击Debug按钮，开始调试软件。等待MCUXpresso将软件镜像加载到子卡中，这需要几秒钟时间。

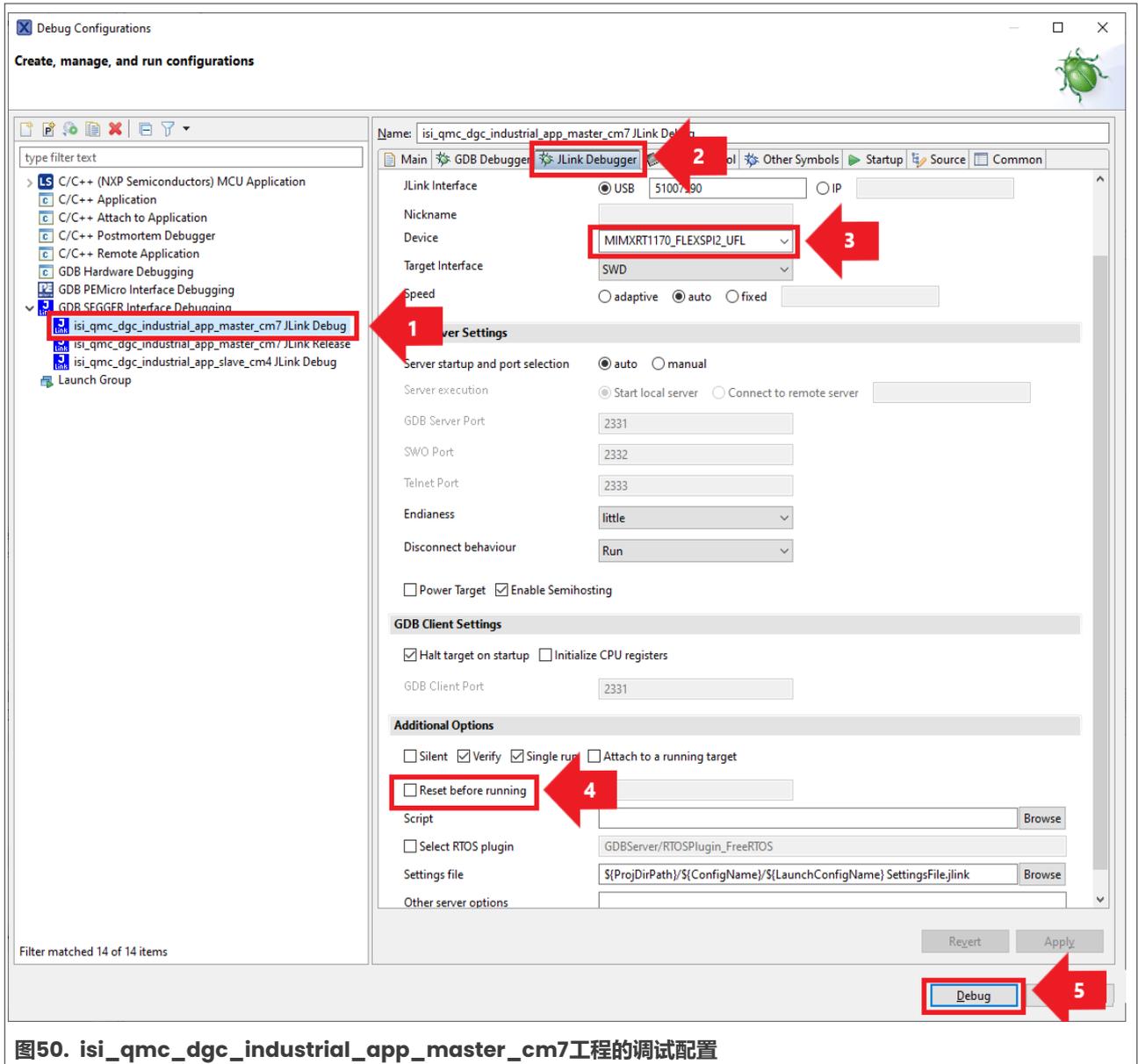


图50. isi\_qmc\_dgc\_industrial\_app\_master\_cm7工程的调试配置

6. 软件开始在子卡上运行，并将在此处停止。设置第二个断点，如图51所示：
- (1) 双击在Thread #1中运行的main()函数；
  - (2) 在第184行 (CLOCK\_GetFreqFromObs(CCM\_OBS\_ADC1\_CLK\_ROOT);) 设置一个断点，就在BOARD\_InitBootPeripheral()函数之后。为此，请双击您想要设置断点的行号旁边的蓝线。设置完成后应该出现一个小蓝点，表明断点已正确设置；
  - (3) 点击Resume按钮，运行软件，直到第184行的断点。

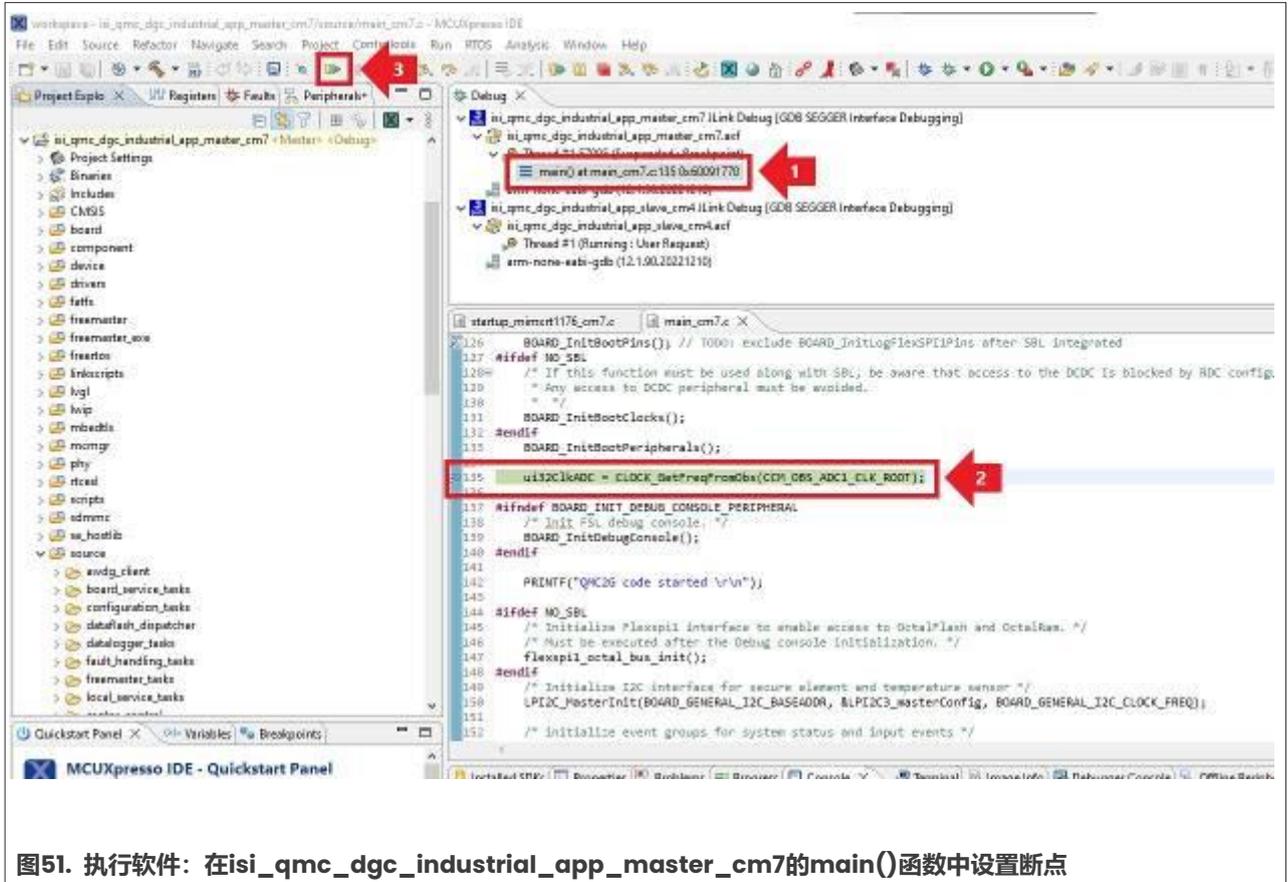


图51. 执行软件：在isi\_qmc\_dgc\_industrial\_app\_master\_cm7的main()函数中设置断点

7. 按照与isi\_qmc\_dgc\_industrial\_app\_master\_cm7相同的步骤（第4步）开始isi\_qmc\_dgc\_industrial\_app\_slave\_cm4的调试会话。选择适当的调试配置，如图52所示：
  - (1) 在GDB SEGGER Interface debugging下选择isi\_qmc\_dgc\_industrial\_app\_slave\_cm4 JLink Debug配置；
  - (2) 打开J-Link Debugger选项卡；
  - (3) 检查JLink Interface Settings是否如图52所示。尤其需要注意的是，Device字段的值应为MIMXRT1176xxxA\_M4；取消Attach to a Running Target选项。
  - (4) 点击Debug按钮，开始调试软件。等待MCUXpresso将软件映像加载到子卡中，这需要几秒钟时间。

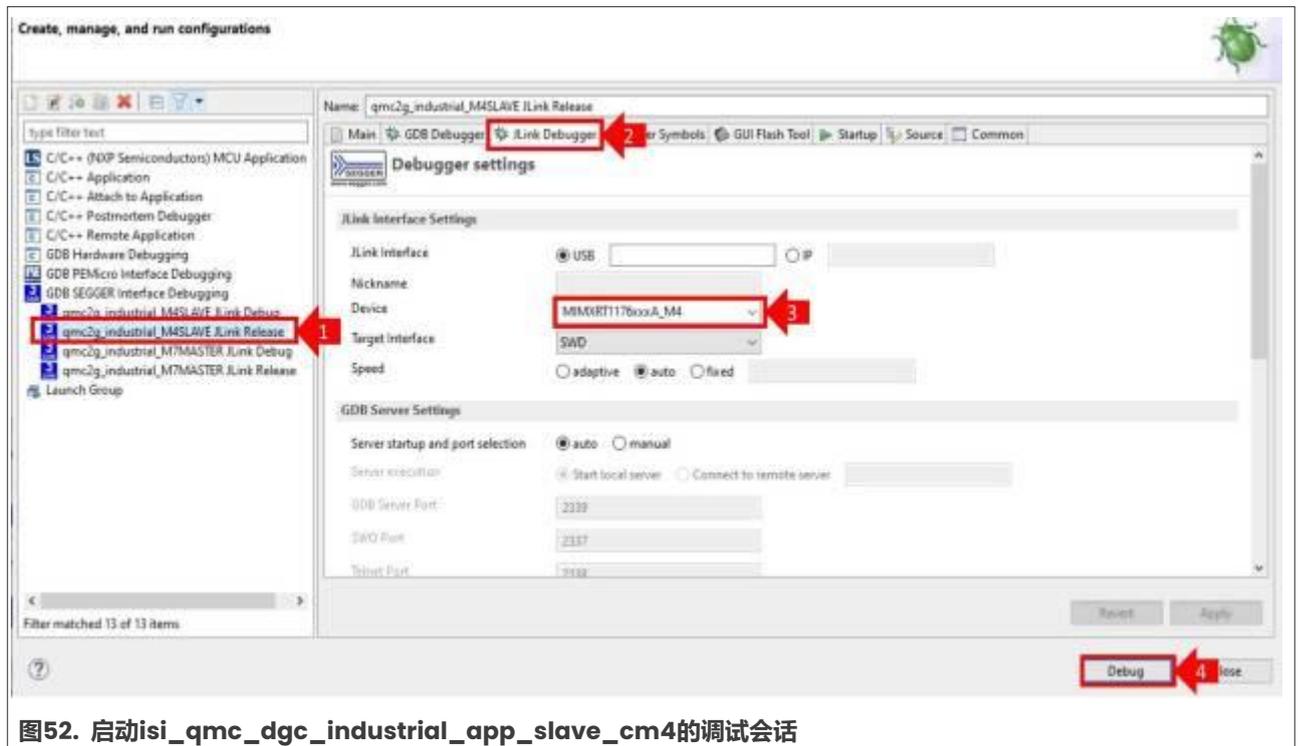


图52. 启动isi\_qmc\_dgc\_industrial\_app\_slave\_cm4的调试会话

8. 软件加载完成后，(1) 双击isi\_qmc\_dgc\_industrial\_app\_slave\_cm4的main()函数；(2) 按图53所示点击Resume按钮。

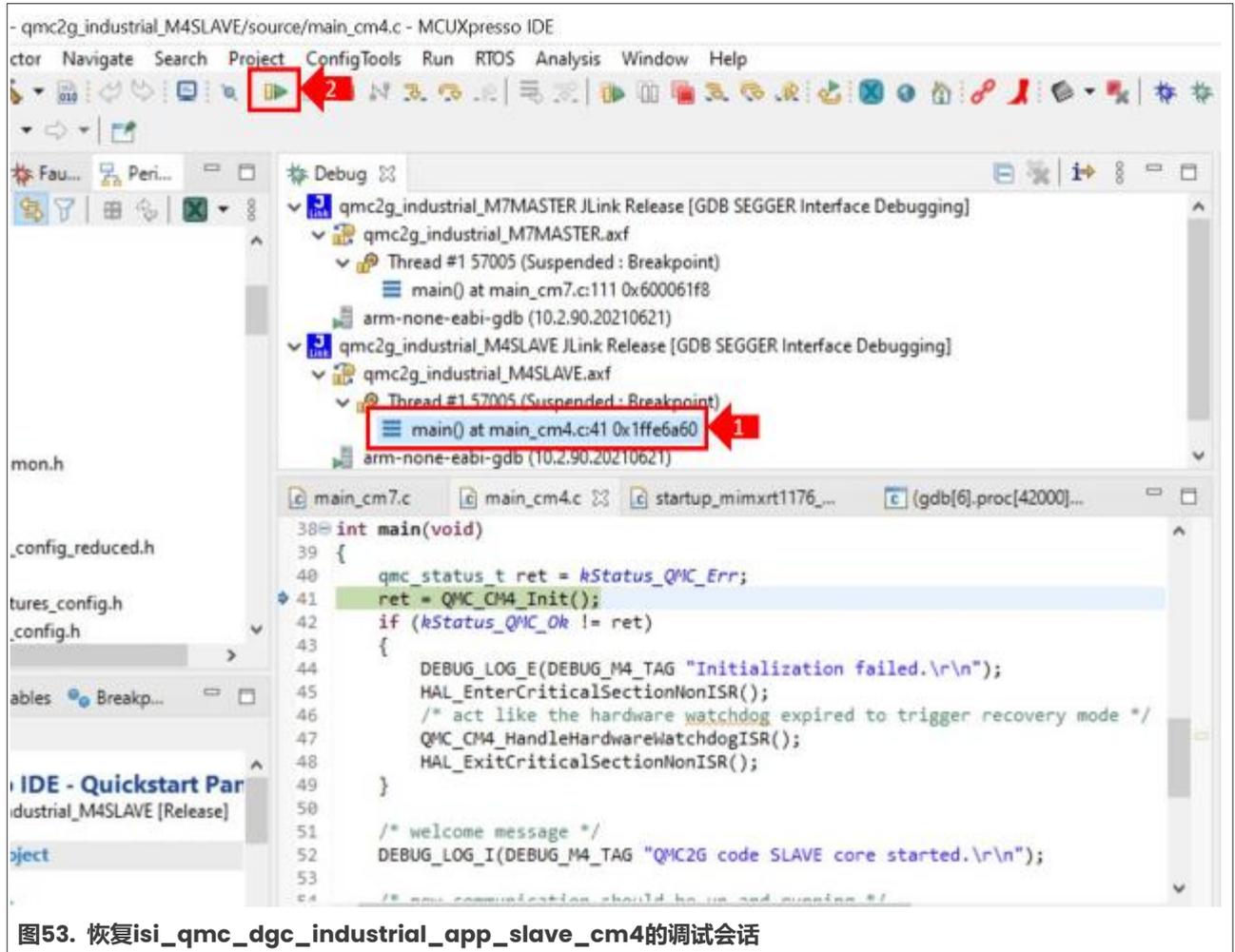


图53. 恢复isi\_qmc\_dgc\_industrial\_app\_slave\_cm4的调试会话

9. 返回到isi\_qmc\_dgc\_industrial\_app\_master\_cm7的main()函数，并点击Resume按钮，在断点后继续运行软件。如果软件在子卡上正常运行，您应该在第3步中打开的终端窗口中看到如图54所示的消息。现在，您可以使用FreeMASTER或TSN主设备来控制电机。

**注：** QMC2G code started消息之后可能会显示其他日志。



图54. i.MX RT工业驱动开发平台软件正常运行

## 6.7 通过Web界面控制平台

该应用程序可以通过用于与i.MX RT工业驱动开发平台上运行的Web服务器通信的Web API进行控制。为此，需要一台与平台有以太网连接的主机。该主机可以是运行Linux或Windows操作系统的独立电脑，也可以是用于编程

板子的同一台电脑。如果使用同一台电脑，需要设置双网络以确保服务器连接正确工作。一种简单的方法是为电脑使用静态IP地址，如下所述：

1. 确保应用程序正在平台上正常运行。
2. 用一根以太网线缆将子卡和主机连接起来。
3. Web服务器的IP地址默认设置为10.42.0.10。将主机IP地址设置在同一子网IP地址范围内。导航到IPv4属性并按下图所示进行配置：

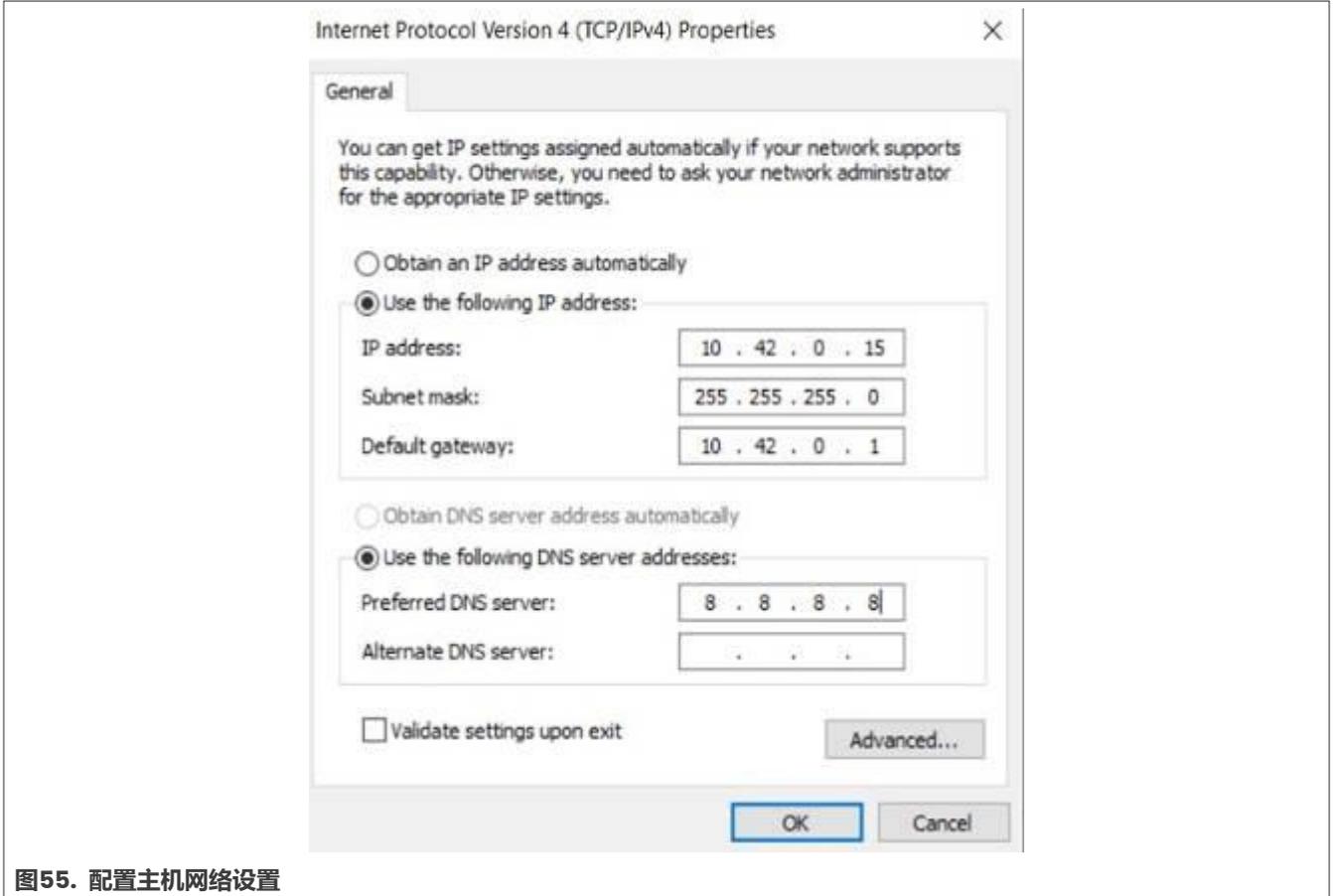


图55. 配置主机网络设置

4. 可选：使用ping测试连接是否正常。
5. 在Web浏览器中打开10.42.0.10。应该会出现以下网页：

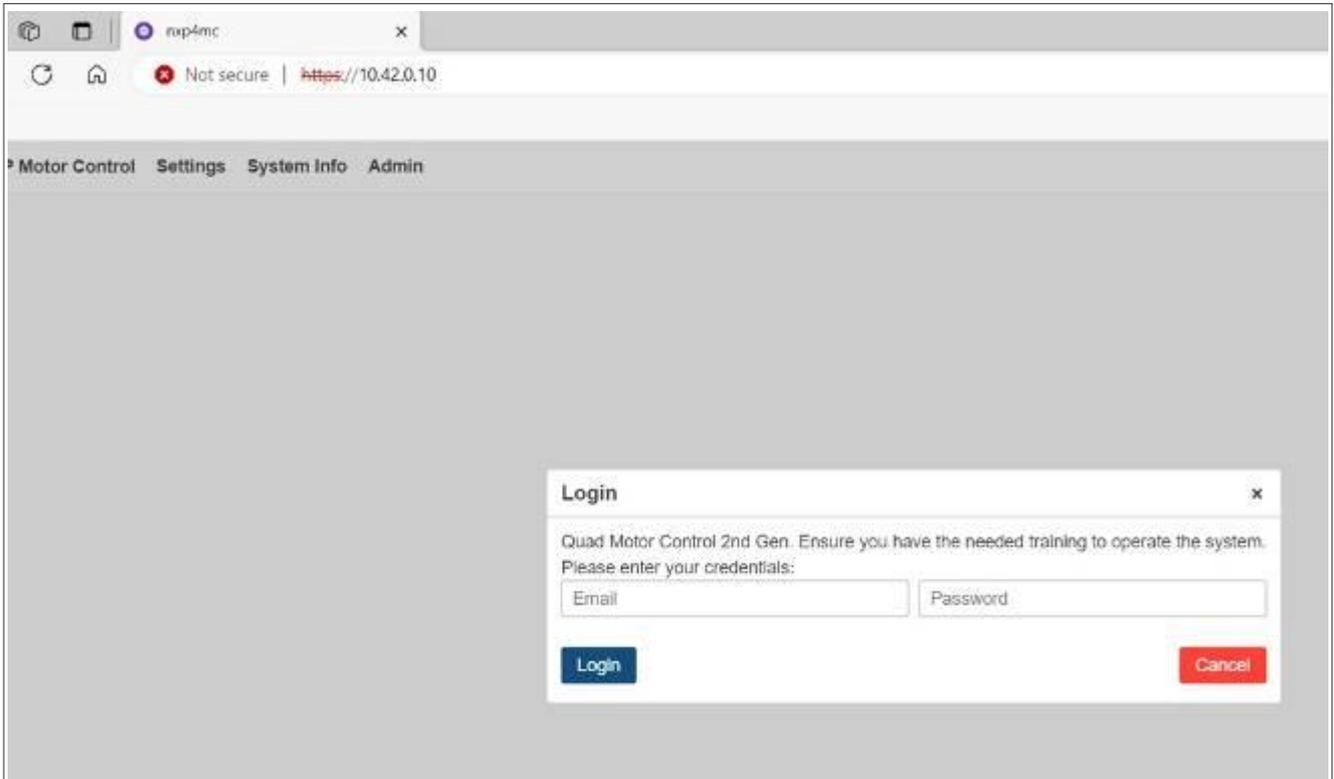


图56. 登录界面

6. 登录凭证是在备制步骤中配置的。管理员的默认登录是 *admin - Password1*。

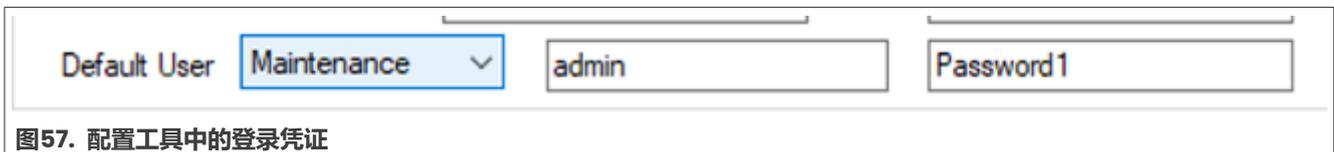


图57. 配置工具中的登录凭证

7. 登录后，应该能看到电机控制仪表盘。在这里配置和发送电机命令并控制电机，就像在FreeMASTER中一样。



图58. Motor Control选项卡

8. Logs选项卡会显示应用程序报告的最新日志。
9. Settings选项卡可用于重新配置各种设备设置：

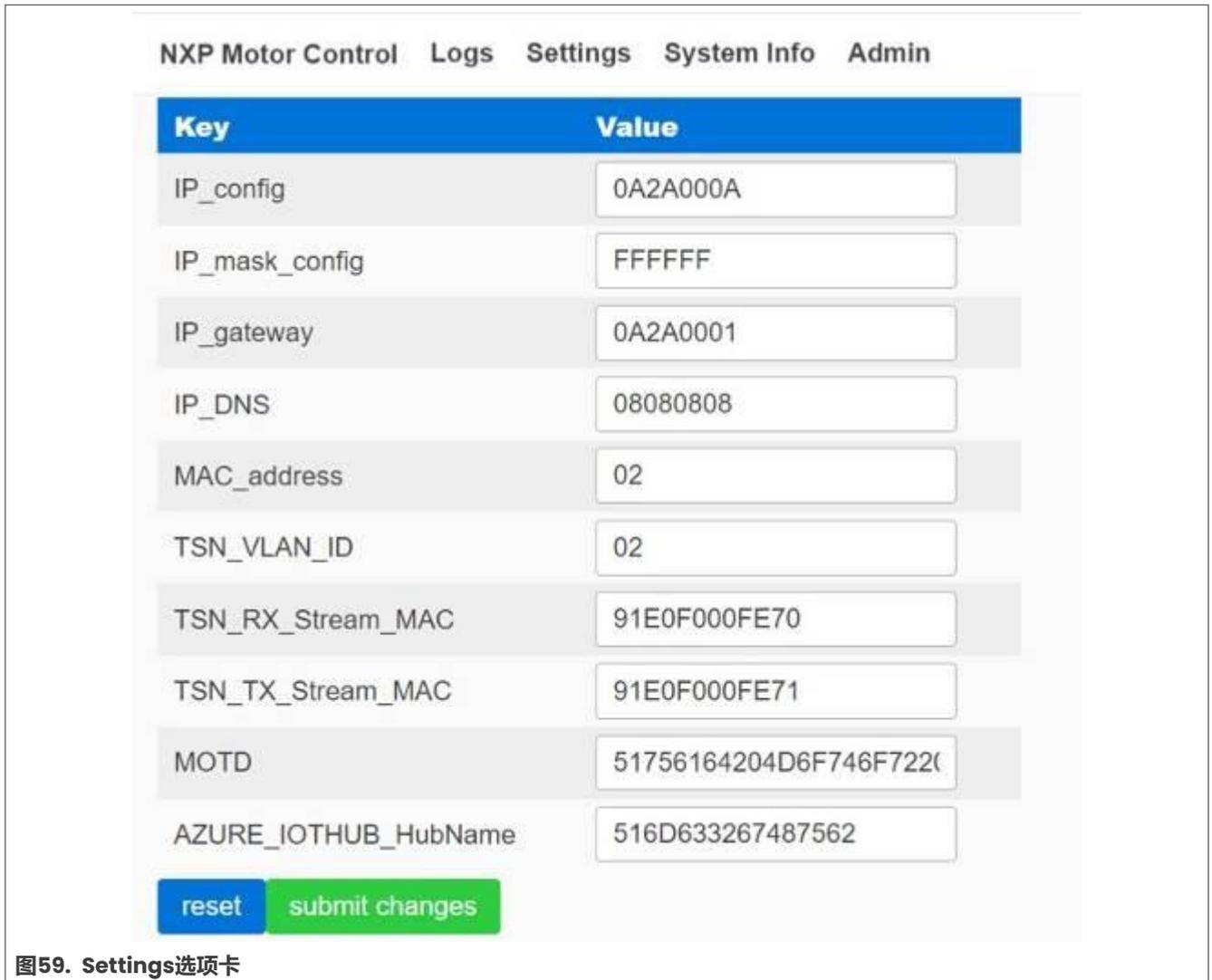


图59. Settings选项卡

10. System Info选项卡用于系统时间和生命周期状态配置以及固件更新：

NXP Motor Control   Logs   Settings   System Info   Admin

DeviceId	FwVersion	Lifecycle
93CFD5670023DA97DC45AD9D5373906C3AAD21BB2812E7F7A3093D911E576562	1.0.0	maintenance

### Set System Time

Thu Feb 08 2024 15:22:08 GMT+0530 (India Standard Time)

set Time

### Update Firmware

Choose File   No file chosen

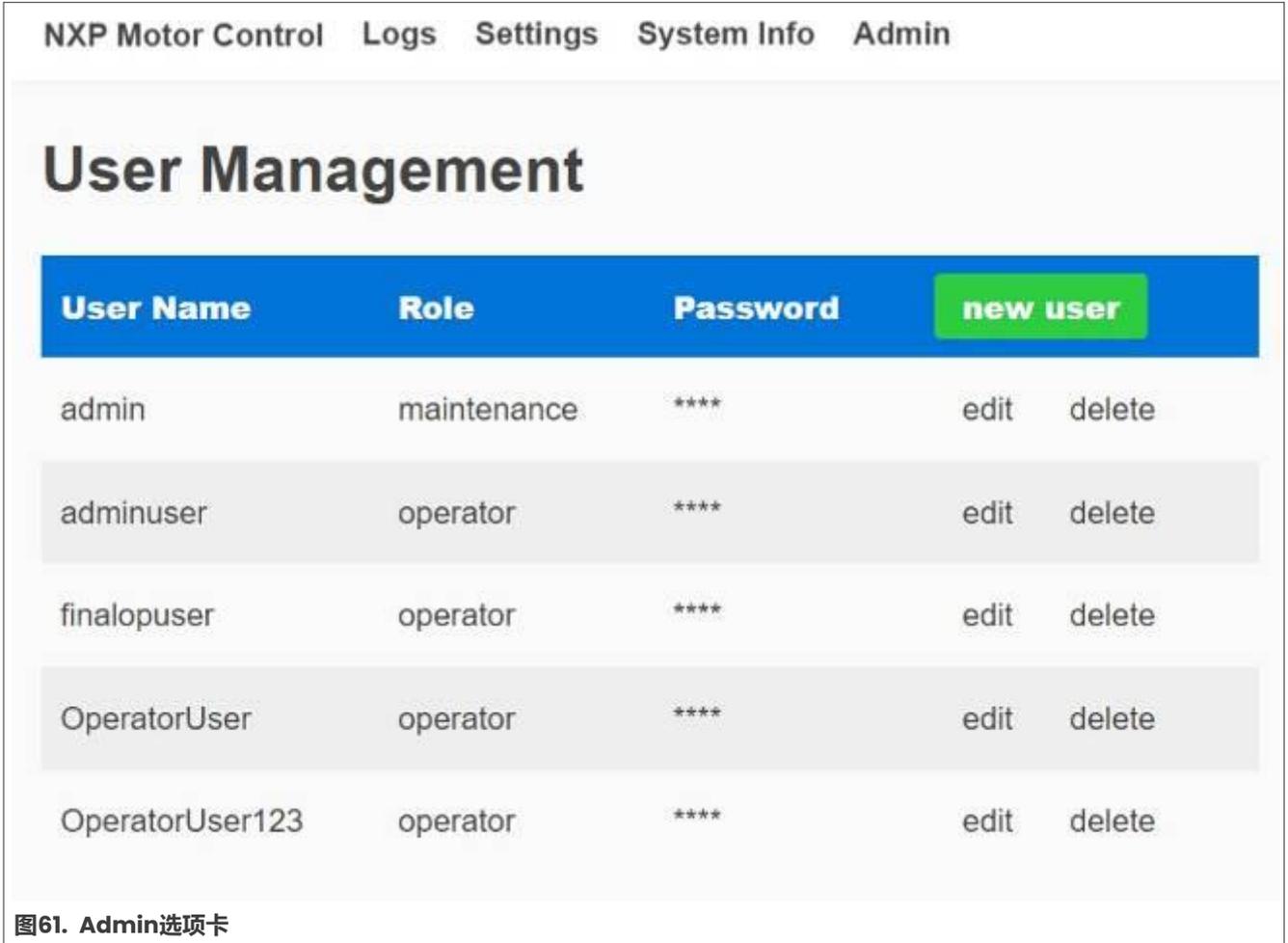
upload

### Lifecycle State

maintenance

**图60. System Info选项卡**

11. Admin选项卡用于用户管理。其功能仅对管理员可用：



## 7 使用FreeMASTER驱动电机

本章描述如何使用FreeMASTER GUI来驱动连接到i.MX RT工业驱动开发平台的电机。如果您尚未安装FreeMASTER，请按照[第5.2节](#)的说明下载并安装该工具。确保已正确组装硬件（见[第4章](#)）并且软件在i.MX RT工业驱动开发平台上正常运行，如[第6章](#)所述。

1. 在MCUXpresso中，双击位于`isi_qmc_dgc_industrial_app_master_cm7`工程的`freemaster_exe`文件夹中的`pmsm_demo_QUAD_release.pmp`文件，如[图62](#)所示。FreeMASTER应该打开并显示如[图63](#)所示的界面。

**注：**在下一步中当FreeMASTER连接到系统后，每个电机旁边的错误消息将消失。

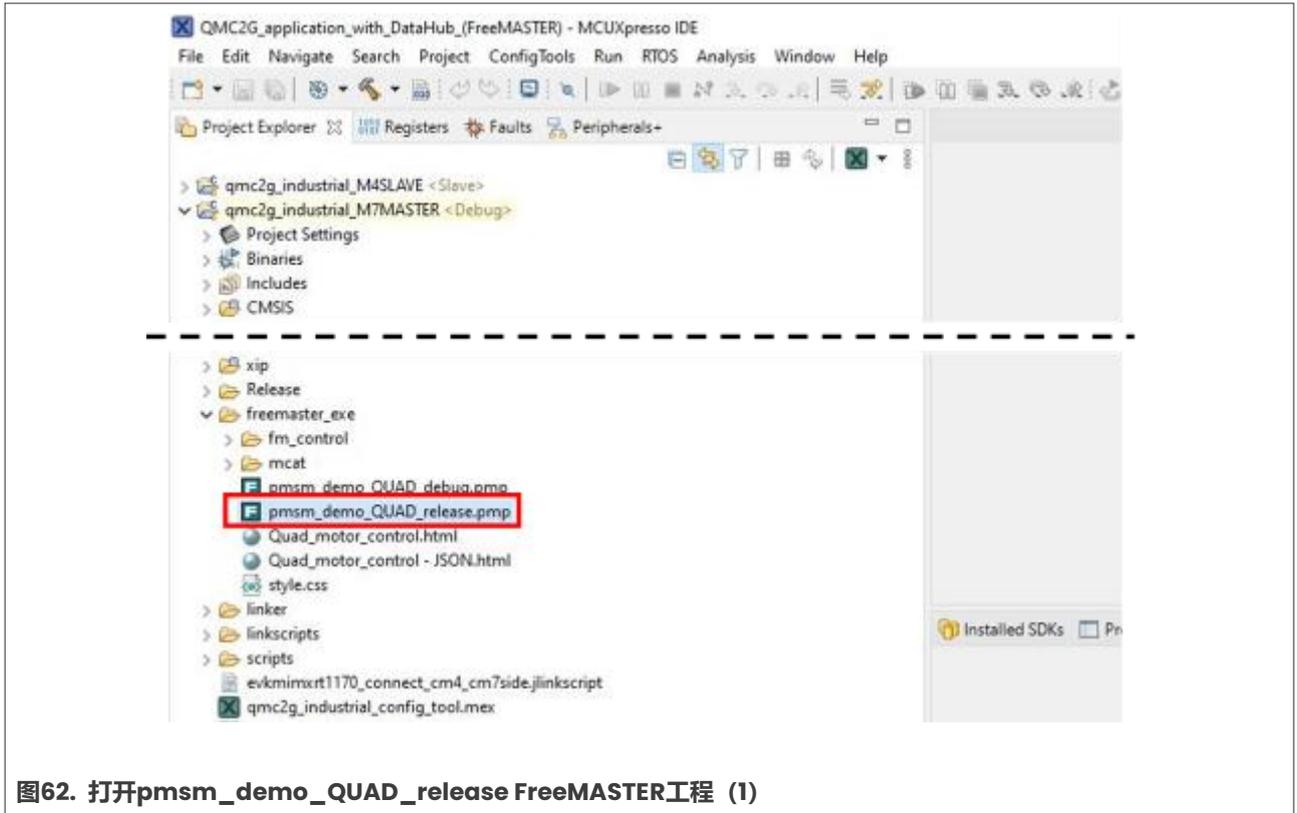


图62. 打开pmsm\_demo\_QUAD\_release FreeMASTER工程 (I)

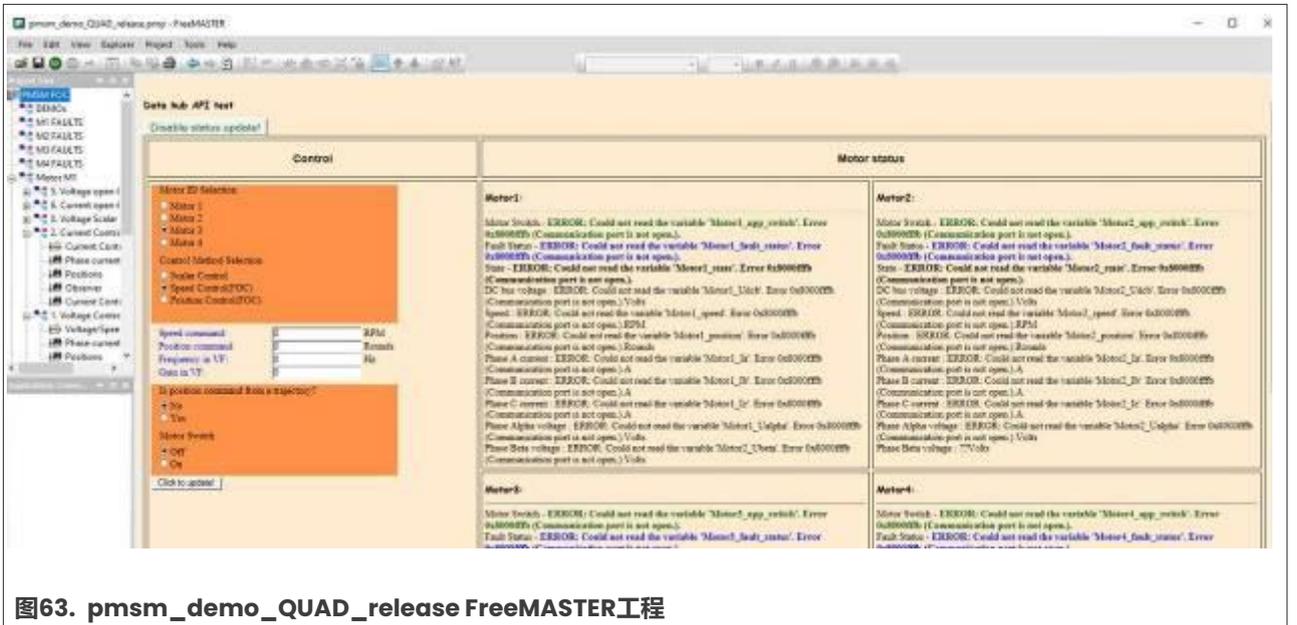


图63. pmsm\_demo\_QUAD\_release FreeMASTER工程

2. 打开与子卡的FreeMASTER通信，如图64所示。在执行此步骤前，请确保数字板通过J48微型USB连接器连接到电脑（见图47）。
  - (1) 点击顶部工具栏中的Start Communication按钮；
  - (2) 如果通信成功建立，电机的状态将从错误0x8000fffb（通信端口未打开）变为kMC\_NoFaultMC（故障状态）、kMC\_App\_Off（电机开关）和kMC\_Stop（状态）。如果连接的电机少于四个，未连接的电机仍会显示故障，但不妨碍已连接电机的运行。

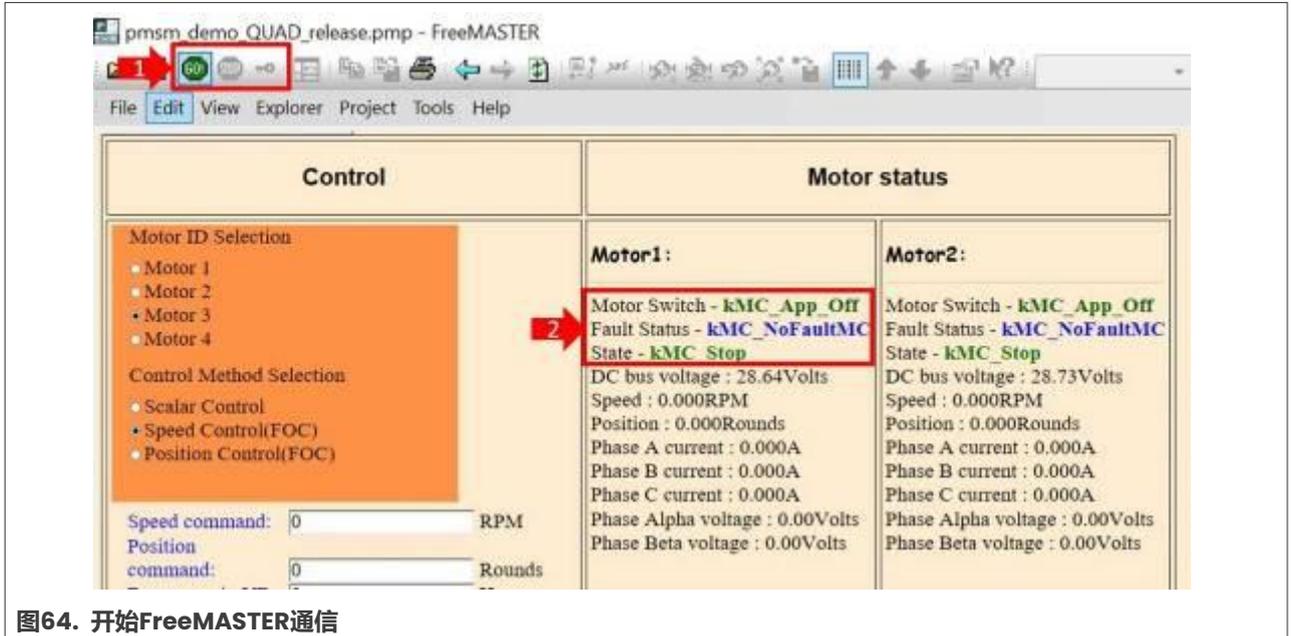


图64. 开始FreeMASTER通信

3. 现在，可以使用FreeMASTER GUI控制电机，如图65所示：

- (1) 选择想要发送命令的电机；
- (2) 选择控制方法。如果选择速度控制，电机将由速度命令（以RPM为单位）控制。如果选择位置控制，电机将由位置命令（以圈数为单位）控制。如果选择标量控制，电机将由VF中的频率（Hz）和VF中的增益控制；
- (3) 设置速度命令值（如果设置了速度控制）、位置命令值（如果设置了位置控制）或VF中的频率（Hz）和VF中的增益（如果设置了标量控制）；
- (4) 如果选择了位置控制，请指明位置命令是否来自轨迹；
- (5) 指明是否要打开或关闭选定的电机；
- (6) 点击Click to update按钮，将电机控制命令发送给系统；
- (7) 选定的电机应该开始旋转，并且电机控制数据将实时显示在FreeMASTER中。

**注：** 确保设置的电机控制值不超出所控制的电机的限值。请参阅电机数据表或联系电机制造商以获取更多信息。

**注：** 在当前发布的版本中，按钮被禁用。系统假设其受锁定的盖罩保护，直接访问而不打开盖罩将导致篡改事件。要启用按钮并测试此行为，必须将qmc\_features\_config.h中的FEATURE\_HANDLE\_BUTTON\_PRESS\_EVENTS宏设为1。

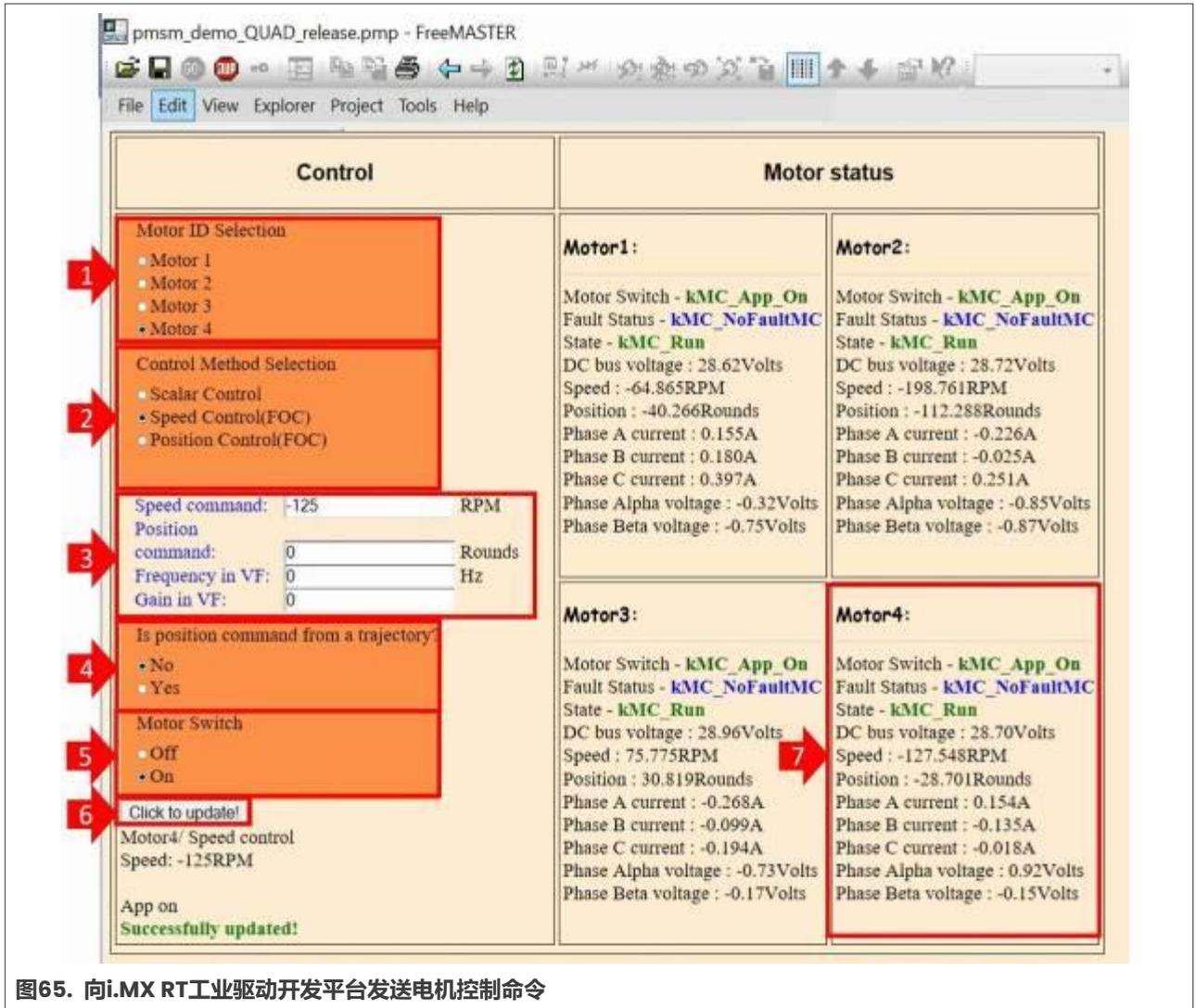


图65. 向i.MX RT工业驱动开发平台发送电机控制命令

## 8 使用TSN主设备驱动电机

本章描述如何使用TSN主设备控制连接到i.MX RT工业驱动开发平台的电机。这里使用i.MX RT1170 EVK板来模拟TSN主设备。示例应用程序通过以太网连接发送预定义的电机控制命令序列。本章包括以下小节：

- [需要的额外硬件](#)
- [使用i.MX RT1170 EVK设置TSN主设备](#)
- [烧录TSN主设备并驱动电机](#)

### 8.1 需要的额外硬件

本节列出了设置TSN主设备和运行示例应用程序所需的额外硬件组件。所需的硬件组件如表7所列：

表7. 需要的硬件 (TSN主设备演示)

组件名称	说明	图片
<a href="#">i.MX RT1170 EVK</a>	i.MX RT1170 EVK集成了i.MX RT1170跨界MCU，在一块高度集成的板上提供了一种高性能方案。i.MX RT1170 EVK用作TSN主设备。	
RJ45以太网线缆	需要一根RJ45以太网线缆，来将i.MX RT1170 EVK (TSN主设备) 连接到i.MX RT工业驱动开发平台。	

## 8.2 使用i.MX RT1170 EVK设置TSN主设备

本节介绍如何准备i.MX RT1170 EVK板并使用以太网线缆将其连接到i.MX RT工业驱动开发平台：

- 如[图66](#)所示，使用5V直流输入给板子供电：
  - 将电源选择跳线 (J38) 置于位置1-2；
  - 将DIP开关 (SW1) 设置为内部启动模式：SW1.1：关闭；SW1.2：关闭；SW1.3：打开；SW1.4：关闭；
  - 使用5V直流输入连接器 (J45)，将板子连接到电源；
  - 使用SW5开关启动板子。该开关旁边的DI6 LED指示灯应该亮起，表明板子供电正常。

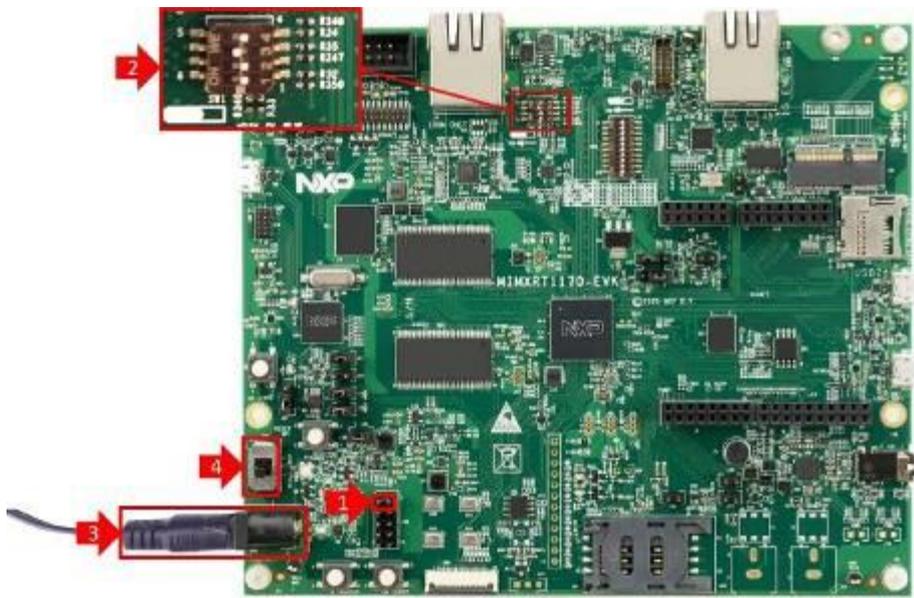


图66. 上电启动i.MX RT1170 EVK板

2. 如图67所示，使用一根RJ-45以太网线缆，将i.MX RT1170 EVK板连接到i.MX RT工业驱动开发平台：
  - (1) 将RJ-45以太网线缆的一端连接到i.MX RT1170 EVK板的千兆以太网连接器（J3）；
  - (2) 将RJ-45以太网线缆的另一端连接到子卡的TSN以太网连接器（J4）。

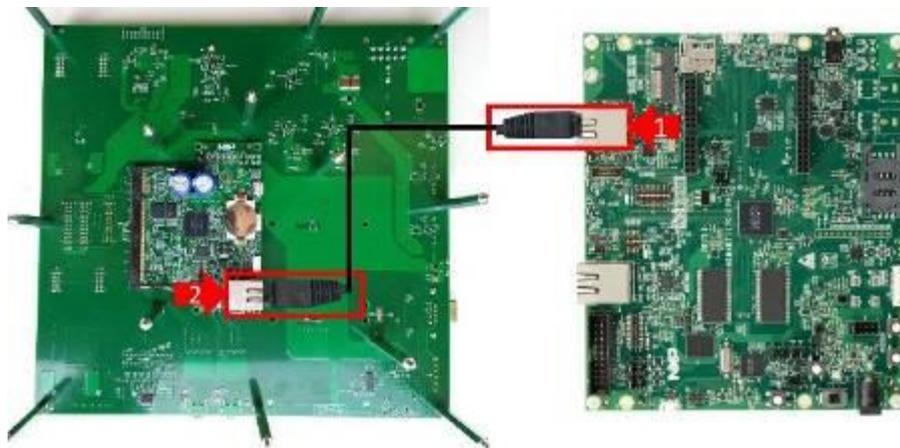


图67. 使用以太网电缆将i.MX RT1170 EVK板连接到子卡

### 8.3 烧录TSN主设备并驱动电机

按照本节描述的步骤操作，在i.MX RT1170 EVK中烧录演示应用程序。板子烧录完成后，软件开始运行并向i.MX RT工业驱动开发平台发送预定义的电机控制命令序列。子卡接收到电机控制命令后，连接到系统的电机开始旋转。

**注：**在执行本节描述的步骤之前，请确保i.MX RT工业驱动开发平台演示应用程序如[第6章](#)所述运行。

1. 如[图68](#)所示，使用一根微型USB线缆，将i.MX RT1170 EVK板连接到电脑：
  - (1) 将微型USB线缆连接到i.MX RT1170 EVK板的J11连接器；
  - (2) 如果打开Windows设备管理器，您应该看到一个新的USB串行设备。

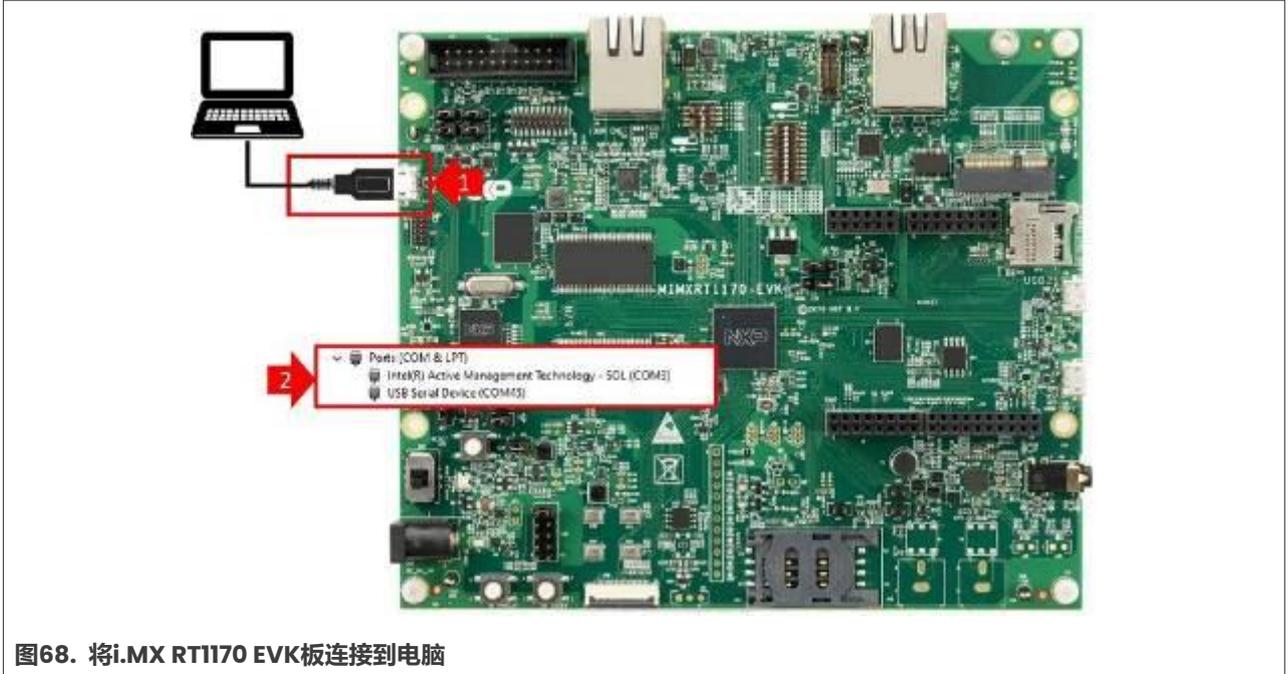


图68. 将i.MX RT1170 EVK板连接到电脑

2. 使用板上的DAP-Link接口，将包含演示应用程序的 `imxrt1170evk_industrial_app_tsn_motion_controller.bin` 文件烧录到i.MX RT1170 EVK板中，如[图69](#)所示。i.MX RT1170 EVK的这个二进制文件随[i.MX RT工业驱动开发平台软件包](#)提供，位于“tools/”文件夹中。
  - (1) 从Windows文件资源管理器打开RT1170-EVK驱动器；
  - (2) 将 `imxrt1170evk_industrial_app_tsn_motion_controller.bin` 二进制文件拖放到驱动器中。窗口将关闭片刻，软件成功烧录后再次打开。

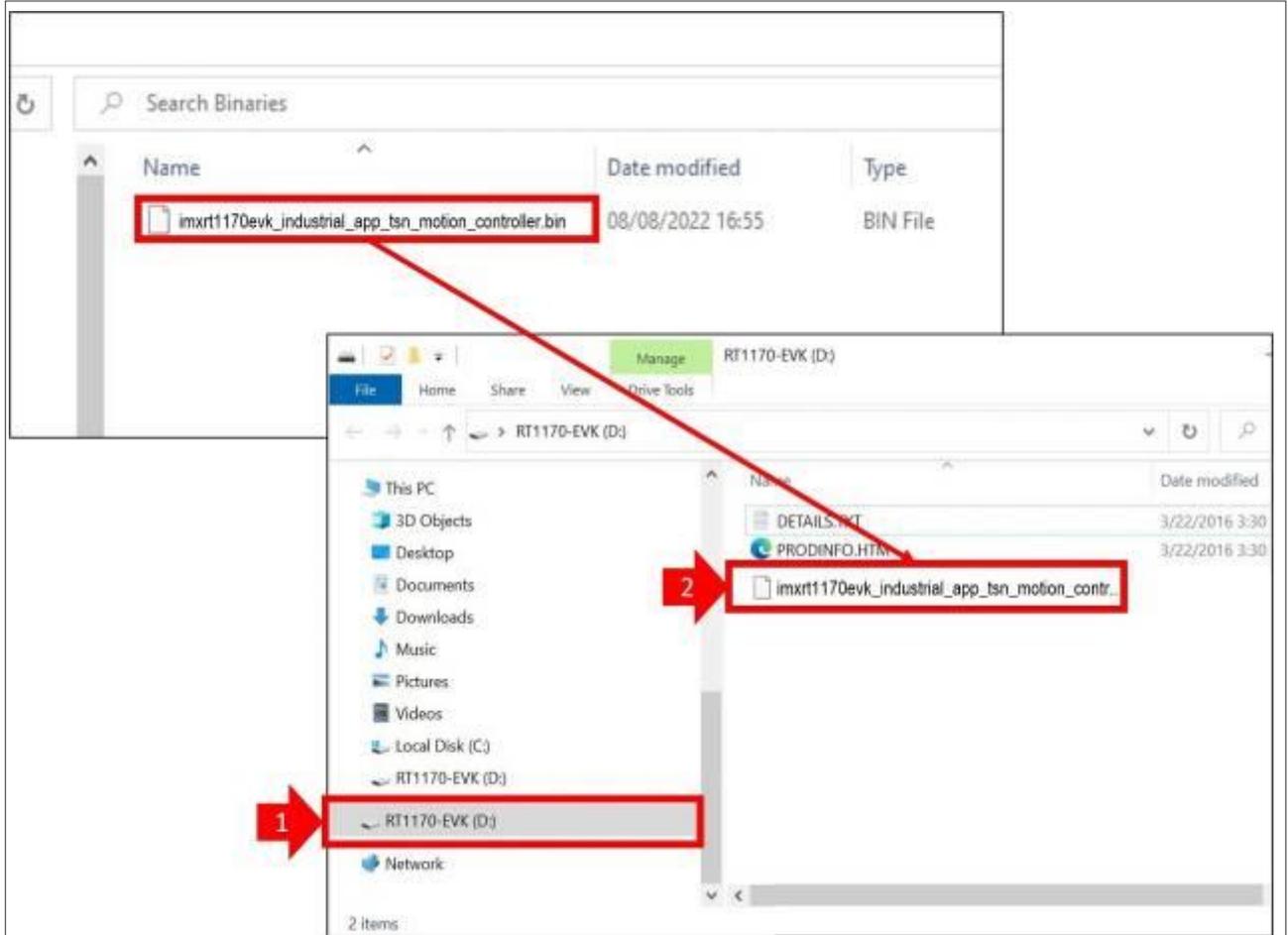


图69. 将imxrt1170evk\_industrial\_app\_tsn\_motion\_controller.bin二进制文件烧录到i.MX RT1170 EVK板中

3. 使用SW5开关对i.MX RT1170 EVK板进行重新上电。TSN主设备演示应用程序将开始运行，并向i.MX RT工业驱动开发平台发送电机控制命令。如果演示正常，应该看到电机按预定义的序列旋转。
4. 您可以使用任何终端应用程序（本文档中使用了[Tera Term](#)应用程序）打开与板子的串行连接，查看i.MX RT1170 EVK演示应用程序的日志：
  - (1) 从下拉菜单中选择第1步中获取的串行端口号；
  - (2) 将波特率设置为115200；
  - (3) 其他设置可以保留默认值（数据：8位，奇偶校验：无，停止位：1位，流控制：无）；
  - (4) 然后点击New open按钮，应该看到如图71所示的日志。

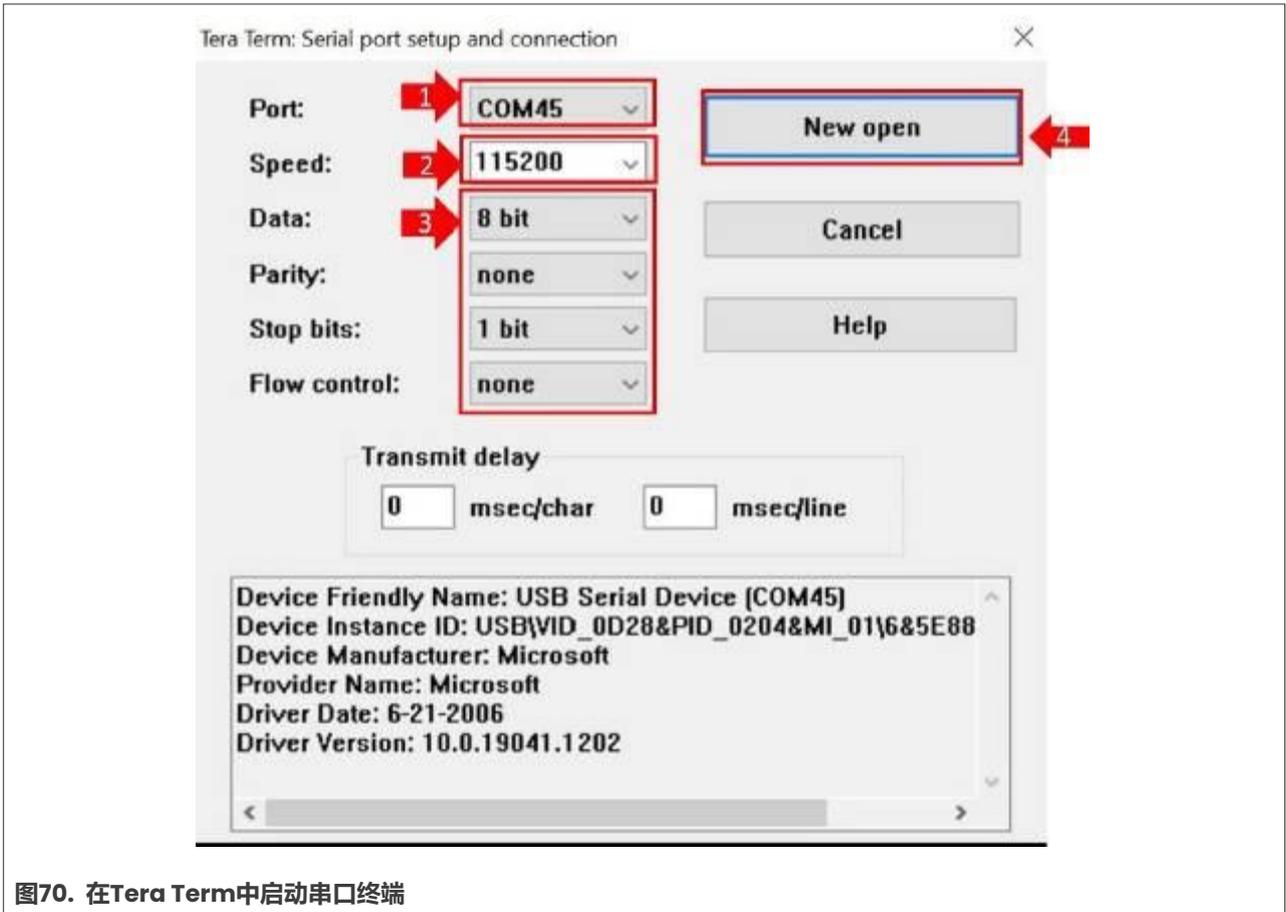


图70. 在Tera Term中启动串口终端



图71. i.MX RT1170 EVK演示应用程序的日志

### 9 关于本文中源代码的说明

本文中展示的示例代码具有以下版权。源代码根据2023年12月发布的LA\_OPT\_NXP\_Software\_License v53进行许可。更多详情请参见License.txt和SW-Content-Register.txt文件。

2024年恩智浦版权所有；在满足以下条件的情况下，可以源代码和二进制文件的形式重新分发和使用本源代码（无论是否经过修改）：

1. 重新分发源代码必须保留上述版权声明、这些条件和以下免责声明。
2. 以二进制文件形式重新分发时，必须在文档和/或随分发提供的其他材料中复制上述版权声明、这些条件和以下免责声明。
3. 未经事先书面许可，不得使用版权所有者的姓名或参与者的姓名为本软件的衍生产品进行背书或推广。

本软件由版权所有者和参与者“按原样”提供，不承担任何明示或暗示的担保责任，包括但不限于对适销性和特定用途适用性的暗示保证。在任何情况下，无论因何种原因或根据何种法律条例，版权所有或参与者均不对因使用本软件而导致的任何直接、间接、偶然、特殊、惩戒性或后果性损害（包括但不限于采购替代商品或服务；使用损失、数据损失或利润损失或业务中断）承担责任，无论是因合同、严格责任还是侵权行为（包括疏忽或其他原因）造成的，即使事先被告知有此类损害的可能性也不例外。

## 10 修订历史

表8. 修订历史

文档编号	发布日期	说明
AN13644_Rev.1.2	2024年4月8日	更新了属于应用软件包v1.2版本的更改
AN13644_Rev.1.1	2023年11月1日	更新了属于应用软件包v1.1版本的更改
AN13644_Rev.1.0	2023年9月8日	初始版本

## Legal information

### Definitions

**Draft** — A draft status on a document indicates that the content is still under internal review and subject to formal approval, which may result in modifications or additions. NXP Semiconductors does not give any representations or warranties as to the accuracy or completeness of information included in a draft version of a document and shall have no liability for the consequences of use of such information.

### Disclaimers

**Limited warranty and liability** — Information in this document is believed to be accurate and reliable. However, NXP Semiconductors does not give any representations or warranties, expressed or implied, as to the accuracy or completeness of such information and shall have no liability for the consequences of use of such information. NXP Semiconductors takes no responsibility for the content in this document if provided by an information source outside of NXP Semiconductors.

In no event shall NXP Semiconductors be liable for any indirect, incidental, punitive, special or consequential damages (including - without limitation - lost profits, lost savings, business interruption, costs related to the removal or replacement of any products or rework charges) whether or not such damages are based on tort (including negligence), warranty, breach of contract or any other legal theory.

Notwithstanding any damages that customer might incur for any reason whatsoever, NXP Semiconductors' aggregate and cumulative liability towards customer for the products described herein shall be limited in accordance with the Terms and conditions of commercial sale of NXP Semiconductors.

**Right to make changes** — NXP Semiconductors reserves the right to make changes to information published in this document, including without limitation specifications and product descriptions, at any time and without notice. This document supersedes and replaces all information supplied prior to the publication hereof.

**Suitability for use** — NXP Semiconductors products are not designed, authorized or warranted to be suitable for use in life support, life-critical or safety-critical systems or equipment, nor in applications where failure or malfunction of an NXP Semiconductors product can reasonably be expected to result in personal injury, death or severe property or environmental damage. NXP Semiconductors and its suppliers accept no liability for inclusion and/or use of NXP Semiconductors products in such equipment or applications and therefore such inclusion and/or use is at the customer's own risk.

**Applications** — Applications that are described herein for any of these products are for illustrative purposes only. NXP Semiconductors makes no representation or warranty that such applications will be suitable for the specified use without further testing or modification.

Customers are responsible for the design and operation of their applications and products using NXP Semiconductors products, and NXP Semiconductors accepts no liability for any assistance with applications or customer product design. It is customer's sole responsibility to determine whether the NXP Semiconductors product is suitable and fit for the customer's applications and products planned, as well as for the planned application and use of customer's third party customer(s). Customers should provide appropriate design and operating safeguards to minimize the risks associated with their applications and products.

NXP Semiconductors does not accept any liability related to any default, damage, costs or problem which is based on any weakness or default in the customer's applications or products, or the application or use by customer's third party customer(s). Customer is responsible for doing all necessary testing for the customer's applications and products using NXP Semiconductors products in order to avoid a default of the applications and the products or of the application or use by customer's third party customer(s). NXP does not accept any liability in this respect.

**Terms and conditions of commercial sale** — NXP Semiconductors products are sold subject to the general terms and conditions of commercial sale, as published at <https://www.nxp.com.cn/profile/terms>, unless otherwise agreed in a valid written individual agreement. In case an individual agreement is concluded only the terms and conditions of the respective agreement shall apply. NXP Semiconductors hereby expressly objects to applying the customer's general terms and conditions with regard to the purchase of NXP Semiconductors products by customer.

**Export control** — This document as well as the item(s) described herein may be subject to export control regulations. Export might require a prior authorization from competent authorities.

**Suitability for use in non-automotive qualified products** — Unless this document expressly states that this specific NXP Semiconductors product is automotive qualified, the product is not suitable for automotive use. It is neither qualified nor tested in accordance with automotive testing or application requirements. NXP Semiconductors accepts no liability for inclusion and/or use of non-automotive qualified products in automotive equipment or applications.

In the event that customer uses the product for design-in and use in automotive applications to automotive specifications and standards, customer (a) shall use the product without NXP Semiconductors' warranty of the product for such automotive applications, use and specifications, and (b) whenever customer uses the product for automotive applications beyond NXP Semiconductors' specifications such use shall be solely at customer's own risk, and (c) customer fully indemnifies NXP Semiconductors for any liability, damages or failed product claims resulting from customer design and use of the product for automotive applications beyond NXP Semiconductors' standard warranty and NXP Semiconductors' product specifications.

**Translations** — A non-English (translated) version of a document, including the legal information in that document, is for reference only. The English version shall prevail in case of any discrepancy between the translated and English versions.

**Security** — Customer understands that all NXP products may be subject to unidentified vulnerabilities or may support established security standards or specifications with known limitations. Customer is responsible for the design and operation of its applications and products throughout their lifecycles to reduce the effect of these vulnerabilities on customer's applications and products. Customer's responsibility also extends to other open and/or proprietary technologies supported by NXP products for use in customer's applications. NXP accepts no liability for any vulnerability. Customer should regularly check security updates from NXP and follow up appropriately. Customer shall select products with security features that best meet rules, regulations, and standards of the intended application and make the ultimate design decisions regarding its products and is solely responsible for compliance with all legal, regulatory, and security related requirements concerning its products, regardless of any information or support that may be provided by NXP.

NXP has a Product Security Incident Response Team (PSIRT) (reachable at [PSIRT@nxp.com](mailto:PSIRT@nxp.com)) that manages the investigation, reporting, and solution release to security vulnerabilities of NXP products.

**NXP B.V.** — NXP B.V. is not an operating company and it does not distribute or sell products.

### Trademarks

Notice: All referenced brands, product names, service names, and trademarks are the property of their respective owners.

**NXP** — wordmark and logo are trademarks of NXP B.V.

AMBA, Arm, Arm7, Arm7TDMI, Arm9, Arm11, Artisan, big.LITTLE, Cordio, CoreLink, CoreSight, Cortex, DesignStart, DynamIQ, Jazelle, Keil, Mali, Mbed, Mbed Enabled, NEON, POP, RealView, SecurCore, Socrates, Thumb, TrustZone, ULINK, ULINK2, ULINK-ME, ULINK-PLUS, ULINKpro,  $\mu$ Vision, Versatile — are trademarks and/or registered trademarks of Arm Limited (or its subsidiaries or affiliates) in the US and/or elsewhere. The related technology may be protected by any or all of patents, copyrights, designs and trade secrets. All rights reserved.

EdgeLock — is a trademark of NXP B.V.

i.MX — is a trademark of NXP B.V.

J-Link — is a trademark of SEGGER Microcontroller GmbH.

## 目录

<b>1</b>	<b>缩略语 .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>i.MX RT工业驱动开发平台简介 .....</b>	<b>2</b>
2.1	如何使用本文.....	3
<b>3</b>	<b>所需硬件和软件 .....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>硬件准备.....</b>	<b>6</b>
4.1	准备子卡并将其连接到数字板.....	6
4.2	将功率平台板连接到数字板 .....	9
4.3	连接电机并启动系统 .....	12
4.4	将LCD显示屏连接到数字板.....	15
<b>5</b>	<b>软件环境准备.....</b>	<b>16</b>
5.1	安装MCUXpresso IDE.....	17
5.2	安装FreeMASTER.....	18
5.3	配置MCU-Link Pro进行L-Link调试.....	20
5.4	安装USB转UART驱动程序 .....	22
<b>6</b>	<b>软件准备.....</b>	<b>25</b>
6.1	备制安全芯片.....	25
6.2	导入i.MX RT工业驱动开发平台演示应用程序.....	29
6.2.1	选项1: 使用MCUXpresso IDE获取应用软件包 ...	29
6.2.2	选项2: 使用命令行 .....	30
6.3	配置应用程序.....	32
6.4	编译i.MX RT工业驱动开发平台演示应用程序.....	33
6.5	安装J-Link软件并配置flashloader.....	34
6.6	烧录i.MX RT工业驱动开发平台演示应用程序并 执行 .....	36
6.7	通过Web界面控制平台 .....	42
<b>7</b>	<b>使用FreeMASTER驱动电机 .....</b>	<b>48</b>
<b>8</b>	<b>使用TSN主设备驱动电机 .....</b>	<b>51</b>
8.1	需要的额外硬件.....	51
8.2	使用i.MX RT1170 EVK设置TSN主设备 .....	52
8.3	烧录TSN主设备并驱动电机.....	53
<b>9</b>	<b>关于本文中源代码的说明.....</b>	<b>56</b>
<b>10</b>	<b>修订历史.....</b>	<b>57</b>
	<b>法律声明.....</b>	<b>58</b>

Please be aware that important notices concerning this document and the product(s) described herein, have been included in section 'Legal information'.

© 2024 NXP B.V.

All rights reserved.

For more information, please visit: <https://www.nxp.com.cn>

Date of release: 8 April 2024  
Document identifier: AN13644