

Design Guide: TIDA-050026-23881

适用于多端口应用的 24 端口 (4 线对) 电源设备参考设计

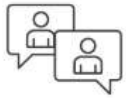


说明

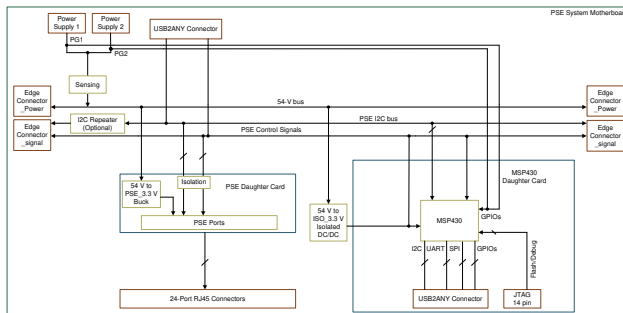
本参考设计采用适用于 24 端口 PSE 系统的评估模块，其中包含硬件套件、系统固件映像和系统固件 GUI。该硬件套件由主板 (PSEMPH24EVM-081)、MSP430 子卡 (PSEMCUDAUEVM-082) 或 MSPM0 子卡 (PSEM0DAUEVM-018) 以及 PSE 子卡 (TPS23881EVM-083) 组成。要评估系统 (硬件和软件)，还需要 USB2ANY 和 MSP-FET 适配器。本指南经过修订，反映了在多端口 PoE 系统中使用新型 MSPM0G1107 MCU 的硬件设计。

资源

TIDA-050026-23881	设计文件夹
TPS23881EVM-083 、 PSEMPH24EVM-081	工具文件夹
PSEMCUDAUEVM-082 、 PSEM0DAUEVM-018	工具文件夹
TPS23881 、 MSP430F5234	产品文件夹
MSPM0G1107 、 CSD19538Q3A	产品文件夹



请咨询我司 TI E2E™ 支持专家



特性

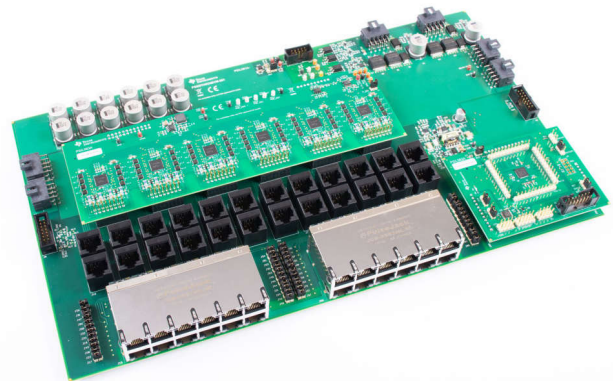
- 板载功率监测
- 4 线对 24 端口系统，可扩展至 48 端口系统
- 高度灵活的系统，具有可配置的 GUI 和可选主机接口 (I2C 或 UART)
- 多端口电源管理
- 多个电源
- 支持旧版受电端器件 (PD)

备注

PSEMCUDAUEVM-082 上的 MSP430F5234 和 PSEM0DAUEVM-018 上的 MSPM0G1107 使用预量产固件进行了编程，以用于 EVM 测试。在评估之前，请按照本用户指南中的说明刷写 TI.com 提供的最新固件。

应用

- 园区交换机和分支交换机
- 边缘路由器
- 录像机



1 系统说明

本参考设计为多端口、大功率应用提供了一种有竞争力的方法。

在多端口 PSE 系统中，系统级软件是最大的挑战。该软件处理复杂的情况并解决以下挑战：

- 由于尺寸和成本限制，电源在满负载时通常无法支持所有端口。系统软件管理端口功率，其首要任务是使总功耗保持在功率预算以下。
- 系统中存在多个电源。这些电源可以处于共享模式或备用模式。系统软件会以足够快的速度关闭低优先级端口，以使总功耗保持在剩余功率预算以下。
- 有些传统 PD 器件不提供标准 PoE PD 签名。系统软件可以找到为这些器件供电的方法。
- 系统软件根据 PD 等级或主机配置限制端口功率。
- 当多个端口出现负载阶跃变化时，系统软件将足够快地响应，以使功耗保持在功率预算以下。

1.1 主要系统规格

表 1-1. 主要系统规格

参数	规格	详细信息
输入电压	44V - 57V	
端口功率限制	2W - 120W	> 90W 被视为非标准功率
合规性	IEEE 802.3bt 3 类和 4 类	
支持的 PD 等级类别	0 级至 8 级	
支持的电源数量	1-2	在共享模式和冗余模式下
支持的最大端口数量	48	以 RJ45 端口为基准

1.2 说明

本参考设计采用 TPS23881 子卡、八通道、TPS23881 器件和 IEEE802.3bt 就绪型 PoE PSE 控制器。与 PSE 主板 PSEMTHR24-081 (单独出售) 和 MCU 子卡 PSEMCUDAUEVM-082/PSEM0DAUEVM-018 (单独出售) 配对使用时，用户可以评估 TPS23881 器件和 PSE 系统固件解决方案。

完整的 PoE 评估生态系统包括：

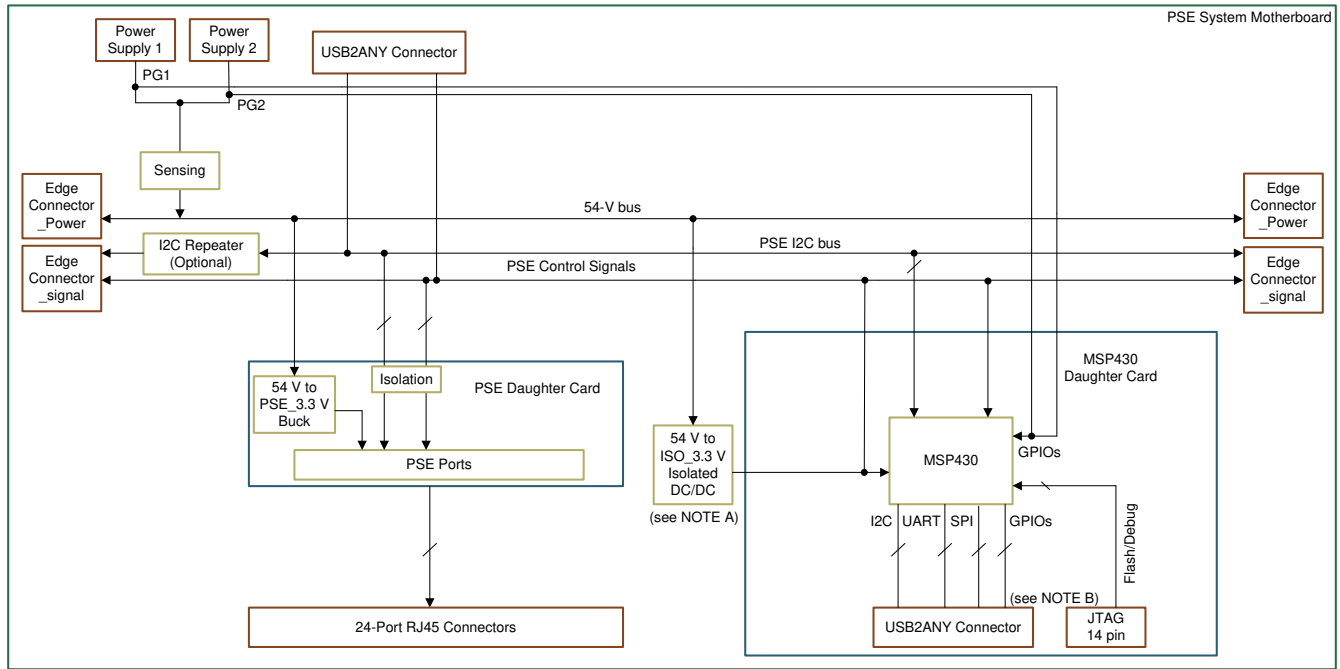
- PSEMTHR24EVM-081：适用于 24 端口 PoE PSE 应用的主板 (单独出售)
- PSEMCUDAUEVM-082：适用于 24 端口 PoE PSE 应用的主板 (单独出售)
- PSEM0DAUEVM-018：适用于 24 端口 PoE PSE 应用的主板 (单独出售)
- TPS23881EVM-083：适用于 24 端口 3 类和 4 类 PSE 应用的 TPS23881 子卡 (单独出售)
- USB2ANY 接口适配器：与 PSE System Firmware GUI 配合使用，用于与 MCU 子卡进行 I2C/UART 交互 (单独出售)
- MSP-FET 编程器：与 UniFlash GUI 配合使用，用于对 MSP430 或 MSPM0 器件进行编程
- PSE 系统固件代码映像 (通过 [TIDA-050026-23881 文件夹](#) 或 [PSEMCUDAUEVM-082 工具文件夹](#) 请求访问权限)
- PSE System Firmware GUI (通过 [TIDA-050026-23881 文件夹](#) 或 [PSEMCUDAUEVM-082 工具文件夹](#) 请求访问权限)
- 可向 PoE 团队请求使用 MSPM0 的 PSE System Firmware GUI 的访问权限，并可在以下位置访问：[FirmPSE MSPM0 GUI](#)

备注

PSEMCUDAUEVM-082 上的 MSP430F5234 使用预量产固件进行了编程，以用于 EVM 测试。在评估之前，请按照本用户指南中的说明刷写 [TIDA-050026-23881 文件夹](#) 或 [PSEMCUDAUEVM-082 工具文件夹](#) 中的最新固件。同样，PSEM0DAUEVM-018 上 MSPM0G1107 的最新固件可在 [TIDA-050026-23881 文件夹](#) 中找到。

2 系统概述

2.1 方框图



- A. 54V 至 3.3V 隔离式直流/直流电压仅用于演示目的，实际系统中不需要。
B. 仅连接 USB2ANY 连接器或 JTAG，以避免形成 GND 环路。

图 2-1. TIDA-050026-23881 方框图

2.2 设计注意事项

2.2.1 输入功率

2.2.1.1 V_{pwr}

直流输入电压经 J1 和 J3 提供。该电路板在共享模式和冗余模式下支持双电源。如果电源处于冗余模式，请确保主电源连接到 J1，备用电源连接到 J3 连接器。

最小 PSE 端口电压如下：44VDC (1 类器件)、50V (2 类和 3 类器件)、52V (4 类器件)。对于所有类型，VPWR 的最大直流电压均为 57V。在评估过程中，为不同类型环境选择合适的直流电源。

2.2.1.2 3.3V

用于本地器件的本地 3.3V 电压 (标记为 3.3V) 由板载 LM5017 降压转换器提供。LM5017 提供基本的上电序列并提供受到良好控制且一致的启动，防止出现运行不稳定情况。除了 44V 至 57V 电压外，TPS238x 还需要 3.3V 电压用于数字电路，并且每个 TPS238x 器件的典型电流消耗为 6mA，最大电流消耗为 12mA。

2.2.1.3 3.3V_ISO

本参考设计套件使用数字隔离器提供 PoE 电源侧和主机侧之间的电隔离。主机侧电源由 3.3V_ISO 提供。

2.2.2 通信接口

2.2.2.1 PSE I2C 通信

主板提供两个用于与 PSE 通信的 I2C 接口：

1. 主板 (PSEMTHR24EVM-081) 上的 J10 直接提供对所有 PSE 器件的 I2C 访问。TPS2388x GUI 可以通过 USB2ANY 接口适配器与 PSE 器件通信。
2. 主板 (PSEMTHR24EVM-081) 上的 J11 和 J12 向 MCU 子卡提供 I2C 访问和系统控制信号。

2.2.2.2 MCU - 主机通信

MSP430 子卡通过 MSP430 子卡 (PSEMCUDAUEVM-082) 上的 J12 至 J14 为主机提供 I2C/UART 通信端口。MSPM0 子卡 (PSEM0DAUEVM-018) 通过 J12、J13 和 J16 为主机提供 I2C 通信。PSE 系统 GUI 为 PSE 系统提供主机配置

可以从 [TIDA-050026-23881 文件夹](#) 访问主机接口协议用户指南。

2.2.3 MSP430F523x 和 MSPM0G1107x 硬件设计

表 2-1. MSP430 GPIO 引脚分配

引脚编号 MSP430F5234 (48RGZ)	终端	功能	注释
通信			
22	P3.0	I2C SDA USCI_B0	I2C 至和 PSE
23	P3.1	I2C SCL USCI_B0	I2C 至和 PSE
30	P4.1	I2C SDA USCI_B1	I2C 至主机
31	P4.2	I2C SCL USCI_B1	I2C 至主机
33	P4.4	UART TX USCI_A1	UART 至主机 (仅调试)
34	P4.5	UART RX USCI_A1	UART 至主机 (仅调试)
21	P2.7	SPI CLK USCI_A0	SPI 至主机 (保留)
24	P3.2	SPI 从器件 TX 使能、USCI_A0	SPI 至主机 (保留)
25	P3.3	UART TX、USCI_A0, 或 SPI 从器件输入、主器件机输出	UART 至主机 TX 或 SPI 至主机 (保留)
26	P3.4	UART RX、USCI_A0, 或 SPI 从器件输出、主器件机输入	UART 至主机 RX 或 SPI 至主机 (保留)
硬件中断			
13	P1.0	PSE INT	连接到 PSE INT 引脚
16	P1.3	OC 警报	连接到外部电流检测电路, 如果不使用, 则连接到 3.3V
18	P1.5	电源 1	连接到电源 1 电源正常信号。在 RPS 模式下, P1.5 必须连接至主电源。 如果只有一个电源, 则电源正常信号必须连接到 P1.5。
19	P1.6	电源 2	连接到电源 2 电源正常信号, 如果不使用, 则连接到 GND。在 RPS 模式下, P1.6 必须连接至备用电源
20	P1.7	禁用所有端口	这适用于硬件禁用端口 (保留)
通用 I/O			
4	P5.0	复位	PSE RESET 连接到 PSE RESET 引脚
17	P1.4	OSS	PSE OSS 连接到 PSE OSS 引脚
46	P6.0	中断引脚至主机	
35	P4.6	BSL 模式指示至主机	MCU 配置为输出。如果 MCU 处于 BSL 模式, 则输出高电平。如果处于正常运行模式, 则输出低电平。
48	P6.2	保护频带指示	需要外部 LED
47	P6.1	在 I2C 和 SPI 及 UART 之间进行选择	需要上拉或下拉
程序下载和调试			

表 2-1. MSP430 GPIO 引脚分配 (续)

引脚编号 MSP430F5234 (48RGZ)	终端	功能	注释
44	PJ.3	TCK	JTAG 时钟输入
43	PJ.2	TMS	JTAG 状态控制
42	PJ.1	TDI/TCLK	JTAG 数据输入, TCLK 输入
41	PJ.0	TDO	JTAG 数据输出
40		TEST/SBWTCK	使能 JTAG 引脚
45		RSTDVCC/SBWDIO	外部复位
外部晶体			
7	P5.4	XTIN	外部低频时钟 (需要时使用)
8	P5.5	XTOUT	外部低频时钟 (需要时使用)

通过硬件预配置主机接口协议, 如表 2-2 所示。

表 2-2. 主机接口协议

	P6.1	CS (P3.2)
I2C	高	不用考虑
UART	低	低
SPI (CS 低电平有效)	低	高

表 2-3 显示了 MSPM0 GPIO 引脚分配 :

表 2-3. MSPM0 GPIO 引脚分配

引脚编号 MSPM0G1107 (48RGZ)	终端	功能	注释
通信			
31	PA16	I2C SDA 主器件	I2C1_SDA
30	PA15	I2C SCL 主器件	I2C1_SCL
1	PA0	I2C SDA 从器件	I2C0_SDA
2	PA1	I2C SCL 从器件	I2C0_SCL
18	PA10	UART TX (通信和 BSL)	UART0 发送到主机 (保留) 、 引导加载程序
19	PA11	UART RX (通信和 BSL)	UART0 接收到主机 (保留) 、 引导加载程序
29	PA14	UART TX (调试)	UART3 TX 调试
28	PA13	UART RX (调试)	UART3 RX 调试
23	PB9	SPI CLK	SPI1 时钟信号 I/O
20	PB6	SPI 从器件 TX 使能	SPI1 芯片选择 0
24	PB14	SPI 从器件输入/主器件输出	SPI1 POCI
25	PB15	SPI-C 从器件输出/主器件输入	SPI1 PICO
硬件中断			
13	PA7	PSE INT	连接到 PSE INT 引脚
16	PA18	OC 警报	连接到外部电流检测电路, 如果不使用, 则连接到 3.3V
21	PB7	电源 1	连接到电源 1 电源正常信号。在 RPS 模式下, PB7 必须 连接至主电源。如果只有一个电源, 则电源正常信号必须 连接到 PB7。

表 2-3. MSPM0 GPIO 引脚分配 (续)

引脚编号 MSPM0G1107 (48RGZ)	终端	功能	注释
22	PB8	电源 2	连接到电源 2 电源正常信号, 如果不使用, 则连接到 GND。在 RPS 模式下, PB8 必须连接至备用电源
17	PA9	禁用所有端口	这适用于硬件禁用端口 (保留)
32	PA17	I2C 复位	连接到主机 GPIO 引脚, 以在主机 I2C 发生故障时复位 I2C 模块。
通用 I/O			
14	PB2	复位	PSE RESET 连接到 PSE RESET 引脚
15	PB3	OSS	PSE OSS 连接到 PSE OSS 引脚
46	PA26	中断引脚至主机	
36	PB17	BSL 模式指示至主机	MCU 配置为输出。如果 MCU 处于 BSL 模式, 则输出高电平。如果处于正常运行模式, 则输出低电平。
33	PA18	BSL 调用	用于调用引导加载程序的输入引脚
45	P6A25	保护频带指示	需要外部 LED
47	PA27	在 I2C 和 SPI 及 UART 之间进行选择	需要上拉或下拉
程序下载和调试			
35	PA20	SWCLK	串行线调试输入时钟
34	PA19	SWDIO	串行线调试 I/O
外部晶体和电源			
9	PA3	XTIN	外部低频时钟 (需要时使用)
10	PA4	XTOUT	外部低频时钟 (需要时使用)
11	PA5	HFXIN	额外高频时钟
12	PA6	HFXOUT	额外高频时钟
8		ROSC	高频 HFXT 的输出
7	VSS	M0+ 接地电源	有关原理图要求, 请参阅 MSPM0 数据表
6	VDD	M0+ 电源	有关原理图要求, 请参阅 MSPM0 数据表
48	VCORE	M0+ 稳压内核电源输出	有关原理图要求, 请参阅 MSPM0 数据表

2.3 重点产品

2.3.1 TPS23881

TPS2388x 器件是处理 PoE 功能的主 IC, 可通过以太网电缆为 PD 供电。

TPS23881 器件是一款 8 通道电源设备 (PSE) 控制器, 旨在按照 IEEE 802.3bt (草案) 标准向以太网电缆提供电力。这 8 个单独的电源通道可以按 2 线对 (单通道) 或 4 线对 (双通道) PoE 端口的任意组合进行配置。PSE 控制器可以检测具有有效特征的 PD, 根据分级确定器件的功率要求, 并进行供电。

可编程 SRAM 支持通过 I2C 实现现场固件可升级性, 从而提供 IEEE 合规性和与支持最新 PoE 器件的互操作性。

各端口专用 ADC 可提供持续的端口电流监控和执行并行分级测量的功能, 以实现更快的端口开启速度。 $\pm 2.5\%$ 精度的可编程端口功率限制可将最大功率扩展到 95W (不超过 100W), 同时对于非标准应用, 可以将功率限制设置为高达 125W。200m Ω 电流检测电阻器和外部 FET 架构使设计能够平衡尺寸、效率、散热和解决方案成本要求。

端口重映射以及与 TPS23880 和 TPS2388 器件的引脚对引脚兼容性可轻松实现上一代 PSE 设计的迁移, 并实现可互换 2 层 PCB 设计, 从而适应不同系统 PoE 功率配置。

2.3.2 MSP430F523x 和 MSPM0G1107x

TI MSP 系列超低功耗微控制器种类繁多，各成员器件配备不同的外设集以满足各类应用的需求。此架构与多种低功耗模式配合使用，是延长便携式测量应用电池寿命的最优选择。该器件具有一个强大的 16 位 RISC CPU、16 位寄存器和有助于实现出色编码效率的常数发生器。此数控振荡器 (DCO) 可在 3.5 μs (典型值) 内实现从低功耗模式唤醒至激活模式。MSP430F524x 系列采用微控制器配置，具有 4 个 16 位计时器、1 个高性能 10 位 ADC、2 个 USCI、1 个硬件乘法器、DMA、1 个比较器和 1 个具有警报功能的 RTC 模块。MSP430F523x 系列微控制器包含 MSP430F524x 系列的所有外设，但没有 ADC。

TI MSPM0G1107 超低功耗微控制器系列的成员器件配备各种不同外设，以满足各类应用的需求，包括工业、医疗和消费类电子产品。此架构与多种低功耗模式配合使用，是延长便携式测量应用电池寿命的最优选择。器件采用功能强大的 32 位 Arm Cortex-M0+ CPU、高达 128KB 的闪存和高达 32KB 的 SRAM。器件还包括一系列外设，例如两个 12 位 ADC、两个 I2C 接口、两个 SPI、四个 UART 接口和一个具有警报功能的实时时钟 (RTC) 模块。MSPM0G1107 系列还具有一系列低功耗模式，包括睡眠、停止和待机模式，可用来最大程度降低功耗。该器件是各种应用的理想选择，包括工业控制、医疗设备和消费类电子产品。

MSP430F523x 和 MSPM0G1107x 是主控制器，通过 I2C 总线控制 PSE 器件 (TPS2388x)，还通过 I2C 或 UART 与主机 CPU 通信以接收配置并报告系统状态。

2.3.3 ISO1541

ISO1541 双向隔离器用于隔离 PSE 器件和 MCU 之间的 I2C 信号。

ISO1540 和 ISO1541 器件为兼容 I2C 接口的低功耗双向隔离器。凭借 TI 的电容隔离技术使用，这些器件的逻辑输入和输出缓冲器由二氧化硅 (SiO_2) 绝缘栅进行隔离。与隔离电源配合使用时，这些器件可阻止高电压、隔离接地，并防止噪声电流进入本地接地和干扰或损坏敏感电路。

2.3.4 ISO7731

ISO7731 数字隔离器用于隔离 MSP430 和 PSE 器件之间的控制信号 (OSS、RESET、INT)。

ISO773x 器件是高性能三通道数字隔离器，可提供符合 UL 1577 的 5000V_{RMS} (DW 封装) 和 3000V_{RMS} (DBQ 封装) 隔离额定值。

该系列器件具有符合 VDE、CSA、TUV 和 CQC 标准的增强绝缘等级。

在隔离 CMOS 或 LVCMOS 数字 I/O 时，ISO773x 系列器件可提供高电磁抗扰度和低辐射，并具备低功耗特性。每条隔离通道的逻辑输入和输出缓冲区均由二氧化硅 (SiO_2) 绝缘栅相隔离。该器件配有使能引脚，可用于将各自输出置于高阻态以适用于多主驱动应用中，并降低功耗。ISO7730 器件具有三条正向通道，而 ISO7731 器件具有两条正向通道和一条反向通道。如果输入电源或信号丢失，不带后缀 F 的器件默认输出高电平，带后缀 F 的器件默认输出低电平。更多详细信息，请参阅器件功能模式部分。

与隔离式电源结合使用时，该器件有助于防止数据总线或者其他电路中的噪声电流进入本地接地端，进而干扰或损坏敏感电路。凭借出色的芯片设计和布线技术，ISO773x 器件的电磁兼容性得到了显著增强，可缓解系统级 ESD、EFT 和浪涌问题并符合辐射标准。

2.3.5 CSD19538

这款 100V、49m Ω 、SON 3.3mm \times 3.3mm NexFET™ 功率 MOSFET 旨在最大程度降低导通损耗并减少 PoE 应用中的板面占用空间。

2.3.6 LM5017

LM5017 器件用于生成 3.3V 电压，为 PSE 器件供电。

LM5017 是一款集成了高侧和低侧 MOSFET 的 100V、600mA 同步降压稳压器。LM5017 器件采用的恒定导通时间 (COT) 控制方案无需环路补偿，可提供出色的瞬态响应，并且可实现超高压比。导通时间与输入电压成反比，因此在整个输入电压范围内，频率几乎保持恒定。高压启动稳压器提供偏置电源，支持 IC 的内部运行和集成栅极驱动器。峰值电流限制电路可防止过载情况。欠压锁定 (UVLO) 电路支持对输入欠压阈值和迟滞进行单独编程。其他的保护特性包括热关断和偏置电源欠压锁定 (VCC UVLO)。

2.3.7 LM5020

LM5020 器件用于生成隔离式 LM5020，为 MSP430 和隔离器供电。

LM5020 高压脉宽调制 (PWM) 控制器包含实现单端初级电源转换器拓扑所需的所有功能。输出电压调节基于电流模式控制，这简化了环路补偿的设计，同时提供固有的线路前馈。LM5020 器件包括一个高压启动稳压器，后者可在高达 100V 的宽输入电压范围内工作。PWM 控制器专为实现高速功能而设计，包括高达 1MHz 的振荡器频率范围和小于 100ns 的总传播延迟。附加功能包括误差放大器、精密基准、线路欠压锁定、逐周期电流限制、斜率补偿、软启动、振荡器同步功能和热关断。

2.3.8 LM5050

LM5050 器件用于支持系统中的 2 个电源，以在备用模式下工作。

LM5050-1 和 LM5050-1-Q1 高侧 ORing FET 控制器与外部 MOSFET 配合工作，当与电源串联时则用作理想的二极管整流器。此 ORing 控制器可使 MOSFET 替换电源分配网络中的二极管整流器，从而降低功率损耗和压降。

LM5050-1 和 LM5050-1-Q1 控制器为外部 N 沟道 MOSFET 和快速响应比较器提供电荷泵 MOSFET 栅极驱动，以在电流反向流动时关断 FET。LM5050-1 和 LM5050-1-Q1 器件可以连接 5V 至 75V 的电源，可承受高达 100V 的瞬态电压。

2.3.9 INA240

INA240 放大器用于测量来自输入端的总电流，以便在负载阶跃变化时支持快速关断。

INA240 器件是一款具有增强型 PWM 抑制功能的电压输出、电流检测放大器，能够在 -4V 到 80V 的宽共模电压范围内感测分流电阻两端的压降，并且与电源电压无关。负共模电压允许器件的工作电压低于接地电压，从而适应典型螺线管应用的反激周期。增强型 PWM 抑制功能可在使用 PWM 信号的系统中高水平抑制较大的共模瞬变 ($\Delta V/\Delta t$) (电机驱动器和电磁阀控制系统)。该功能可实现精确的电流测量，同时不会使输出电压上出现较大瞬变和相关恢复纹波。该器件由一个电压为 2.7V 至 5.5V 的单电源供电，消耗的最大电源电流为 2.4mA。共有四种固定增益可供选择：20V/V、50V/V、100V/V 以及 200V/V。零漂移架构的低偏移使得该器件能够在分流器上的最大压降低至 10mV (满量程) 的情况下进行电流感应。

2.3.10 REF3425

REF3425 器件用于提供阈值至 INA240 的输出端并为 MCU 生成信号，而实现过流警报。

REF34xx 器件是低温漂 (6ppm/°C)、低功耗、高精度 CMOS 电压基准，具有 $\pm 0.05\%$ 初始精度、低运行电流以及小于 95 μA 的功耗。该器件还提供 3.8 $\mu V_{p-p/V}$ 的超低输出噪声，这使得它在用于噪声关键型系统中的高分辨率数据转换器时能够保持较高的信号完整性。REF34xx 采用小型 SOT-23 封装，具有更高的规格参数并且能够以引脚对引脚方式替代 MAX607x 和 ADR34xx。REF34xx 系列与大多数 ADC 和 DAC 兼容，如 ADS1287、ADUCM360 和 ADS1112 器件。器件的低输出电压迟滞和低长期输出电压漂移进一步提高了稳定性和系统可靠性。此外，器件的小尺寸和低运行电流 (95 μA) 特性使其非常适合便携式和电池供电应用。

2.3.11 TPS3890

TPS3890 器件用于监测电源是否存在并向 MCU 生成电源正常信号。MCU 可以调整系统的总功率预算。

TPS3890 器件是一款精密电压监控器，静态电流小，可监测低至 1.15V 的系统电压，在 SENSE 电压降至低于预设阈值或手动复位 (MR) 引脚降为逻辑低电平时，将开漏 RESET 信号置为有效。在 SENSE 电压和手动复位 (MR) 返回至相应阈值以上之后，RESET 输出会在用户可调节延迟时间内保持低电平。TPS3890 系列采用精密基准，可实现 1% 的阈值精度。通过将 CT 引脚连接到外部电容器，用户可以在 40 μs 和 30s 之间调整复位延迟时间。TPS3890 器件具有超低的 2.1 μA 静态电流，并采用小型 1.5mm \times 1.5mm 封装，因此非常适合电池供电和空间受限的应用。

3 硬件、软件、测试要求和测试结果

3.1 所需的硬件和软件

3.1.1 硬件

开始使用本参考设计时，需要用到以下硬件：

- PSEMTHR24EVM-081：适用于 24 端口 PoE PSE 应用的主板（单独出售）
- PSEMCUDAUEVM-082：适用于 24 端口 PoE PSE 应用的 MSP430 子卡（单独出售）
- PSEM0DAUEVM-018：适用于 24 端口 PoE PSE 应用的 MSPM0 子卡（单独出售）
- TPS23881EVM-083：适用于 24 端口 3 类和 4 类 PSE PoE PSE 应用的 TPS23881 子卡（单独出售）
- USB2ANY 接口适配器：与 PSE System Firmware GUI 配合使用，用于与 MCU 子卡进行 I2C/UART 交互（单独出售）
- MSP-FET 编程器：与 UniFlash GUI 配合使用，用于对 MSP430 器件进行编程

3.1.2 软件

- FirmPSE 代码映像（通过 [TIDA-050026-23881 文件夹](#)、[PSEM0DAUEVM-018 工具文件夹](#)或 [PSEMCUDAUEVM-082 工具文件夹](#)请求代码映像的访问权限）
- FirmPSE GUI MSP430（通过 [TIDA-050026-23881 文件夹](#)或 [PSEMCUDAUEVM-082 工具文件夹](#)请求 GUI 的访问权限）
- FirmPSE GUI MSPM0（请联系 TI PoE 团队成员请求访问权限并在[此处](#)访问 GUI）

3.2 测试和结果

3.2.1 测试设置

3.2.1.1 硬件设置

图 3-1 显示了生态系统的硬件测试设置。

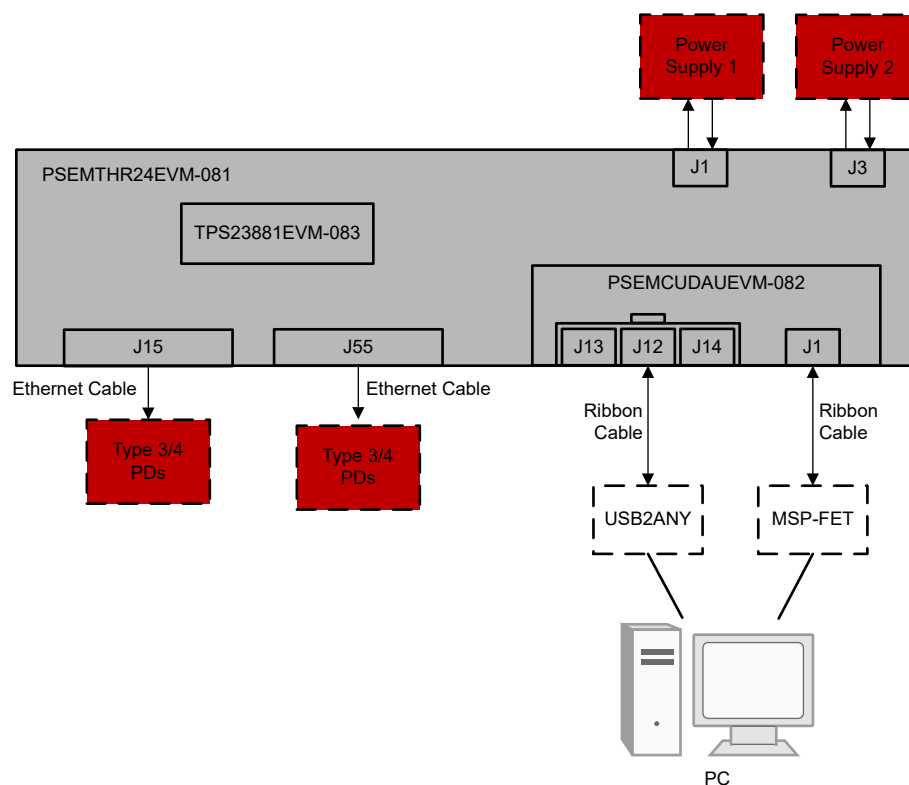


图 3-1. 生态系统设置

备注

需要使用 30 引脚带状电缆来启用 PSE System Firmware GUI 的全部功能。

3.2.1.2 LED、测试点、跳线和连接器设置

3.2.1.2.1 EVM LED

表 3-1 列出了 EVM LED 和 LED 说明。

表 3-1. EVM LED

LED	颜色	说明
PSEMTHR24EVM-081		
J15、J55	绿色、黄色	每个 RJ45 端口上都有一个绿色和黄色的 LED
PSEMCUDAUEVM-082		
D1	绿色	总功耗保持在预配置的保护频带限值范围内
PSEM0DAUEVM-018		
D1	绿色	总功耗保持在预配置的保护频带限值范围内。

3.2.1.2.2 EVM 测试点

表 3-2 列出了 EVM 测试点。

表 3-2. EVM 测试点

TP	标签	说明
PSEMTHR24EVM-081		
TP1	55VDC	VPWR
TP2	GND	VPWR 接地
TP3	OC 警报	系统过流警报信号
TP4	SDA	I2C 数据
TP5	SCL	I2C 时钟
TP6	PG1	电源 1 的电源正常信号
TP7	PG2	电源 2 的电源正常信号
TP8	PSE_3.3V	对于 PSE 器件为 3.3V
TP9	GND	PSE_3.3V 接地
TP10	3.3V_ISO	对于 MSP430 为隔离式 3.3V
TP11	3.3V	3.3V 用于调试
TPS12, TP13	GND_ISO	3.3V_ISO 接地
TP14	OSS	从 MCU 到 PSE 的 OSS 信号
TPS23881EM-083		
TP1	VPWR	VPWR
TP2	PSE_3.3	对于 PSE 器件为 3.3V
TP3、TP4、TP14、TP18	GND	VPWR 和 PSE_3.3V 接地
TP5	复位	来自 MCU 的复位信号
TP6	OSS	来自 MCU 的 OSS 信号
TP7	INT	提供到 MCU 的 INT 信号
TP8	SCL	来自 MCU 的 I2C 时钟
TP9	SDA	进出 MCU 的 I2C 数据
TP10	3.3V_ISO	隔离式 3.3V
TP11	PSE_RST	提供到 PSE 的复位信号
TP12	PSE_OSS	提供到 PSE 的 OSS 信号
TP13	PSE_INT	来自 PSE 的 INT 信号
TP15	GND_ISO	3.3V_ISO 接地
TP16	PSE_SDA	进出 PSE 的 I2C 数据

表 3-2. EVM 测试点 (续)

TP	标签	说明
TP17	PSE_SCL	I2C 时钟到 PSE

3.2.1.2.3 EVM 跳线

表 3-3 列出了 EVM 测试跳线和说明。

表 3-3. EVM 测试跳线

跳线	默认引脚位置	说明
PSEMTHR24EVM-081		
J13	1-2	3.3V 来自 PSE 子卡
J14	1-2	连接 3.3V_ISO 为电路供电
J17、J22、J38、J43、J19、J23、J32、J28、J52、J47、J31、J26	1-2	端口 LED 使能
J45、J42、J24、J21、J44、J49、J53、J30、J33、J51、J54	1-2	端口 LED 使能
J57、J62、J78、J83、J59、J63、J72、J68、J92、J87、J71、J66	1-2	端口 LED 使能
J85、J82、J64、J61、J84、J80、J89、J93、J70、J91、J94	1-2	端口 LED 使能

3.2.1.2.4 EVM 输入和输出连接器

表 3-4 列出了 EVM 输入和输出连接器。

表 3-4. EVM 输入和输出连接器

连接器	说明
PSEMTHR24EVM-081	
J1、J3	直流电源输入 (44 – 57V VDC、41A)
J2、J4、J6、J7	将 2 个电路板连接在一起时用于直流母线的边缘连接器
J5	为 PSE 子卡供电
J8、J9	将 2 个电路板连接在一起时用于 PSE 信号 (I2C、OSS、RESET 和 INT) 的边缘连接器
J10	连接到 USB2ANY 的连接器，可直接对 PSE 器件进行 I2C 访问 (仅用于调试)
J11	连接到 PSE 子卡的连接器，用于 PSE 信号 (I2C、OSS、RESET 和 INT)
J12	连接到 MSP430 子卡的连接器，用于 PSE 信号 (I2C、OSS、RESET 和 INT)、系统级信号 (OC-ALERT、PG) 和隔离式 3.3V 电压
J15、J55	PSE 端口 MagJack
J34、J35、J36、J74、J75、J76	连接到 PSE 子卡的 PSE 端口连接器
J95、J96	用于 MSP430 子卡机械安装
TPS23881EVM-083	
J1	与主板上的 J5 配对
J4	与主板上的 J11 配对
J5	与主板上的 J34、J35、J36、J74、J75、J76 配对
PSEMCUDAUEVM-082	
J1	JTAG 连接器
J3、J7、J8、J9	扩展 GPIO 访问
J11	与主板上的 J12 配对
J12、J13、J14	USB2ANY 连接器 (30 引脚)
J17、J18	用于 MSP430 子卡机械安装
PSEM0DAUEVM-018	
J3、J4、J6、J10	扩展 GPIO 访问
J9	与主板上的 J12 配对
J12、J13、J14	USB2ANY 连接器 (30 引脚)

表 3-4. EVM 输入和输出连接器 (续)

连接器	说明
J11、J15	用于 MSP430 子卡机械安装

3.2.1.3 系统固件 GUI 设置

3.2.1.3.1 PSE System Firmware GUI 安装

TI 的 PSE System Firmware GUI 与 PSE 系统 EVM 套件 (PSEMTHR24EVM-081、PSEMCUDAUEVM-082/ PSEM0DAUEVM-018、TPS23881EVM-083) 配合使用, 以配置系统、生成代码映像并刷写 MSPM0/MSP430 器件。从 [TIDA-050026-23881 文件夹](#) 或 [PSEMCUDAUEVM-082 工具文件夹](#) 下载 PSE System Firmware GUI。

3.2.1.3.2 PSE System Firmware GUI 操作

双击 GUI 图标并点击“开始”按钮, 启动 PSE System Firmware GUI。这时将出现一个类似于图 3-2 的窗口。默认选择离线模式。

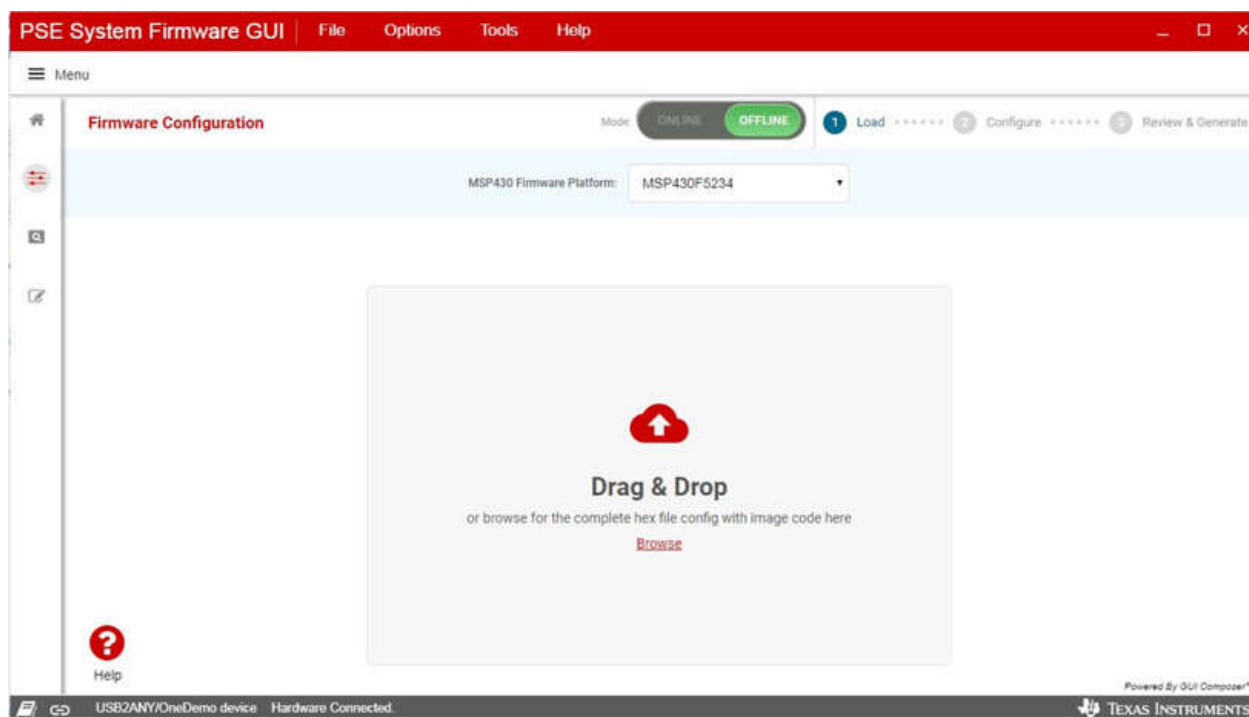


图 3-2. GUI 启动

选择要启动的 MSPM0/MSP430 器件，然后加载 PSE 系统固件代码映像（从 [TIDA-050026-23881 文件夹](#)、[PSEM0DAUEVM-018 工具文件夹](#)或 [PSEMCUDAUEVM-082 工具文件夹](#)中请求）。完成后，点击 **Proceed**（继续）转至配置页面。

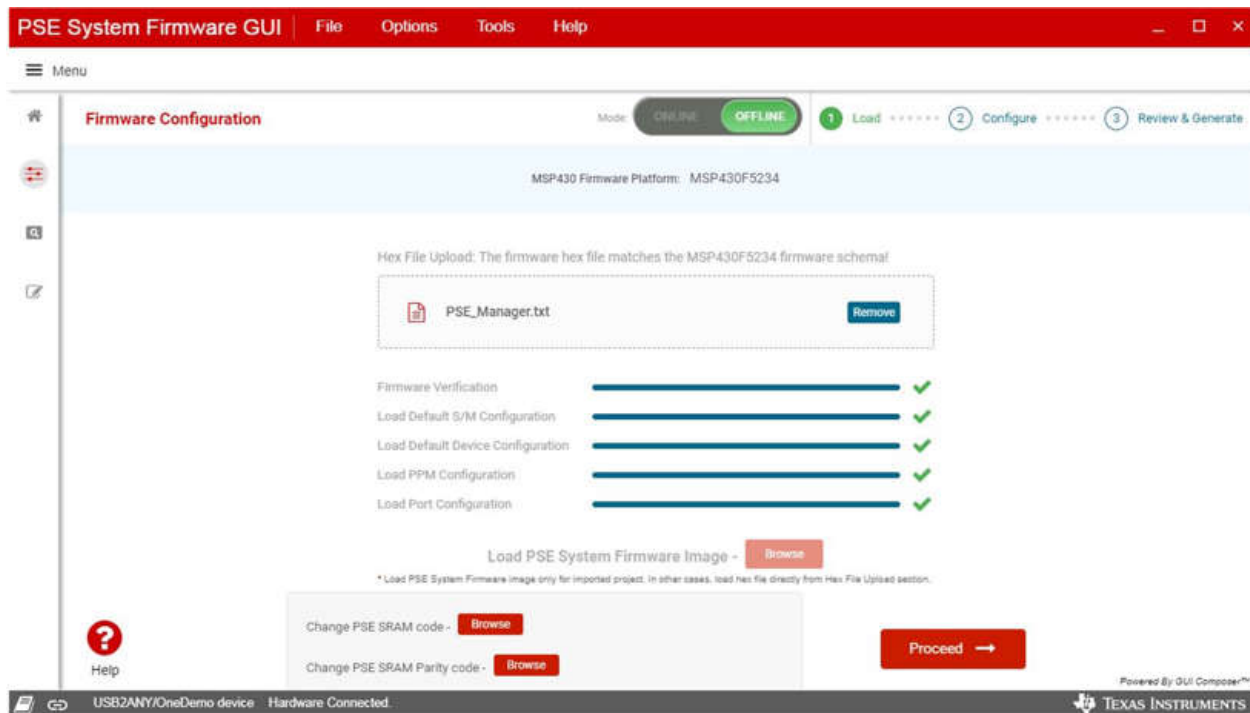


图 3-3. GUI 器件选择和映像加载

配置分为 4 个部分：系统配置、PPM（端口电源管理）配置、器件配置和端口配置。

系统配置应用于整个系统。该选项卡始终位于 GUI 右侧。以下参数可通过系统配置选项卡进行配置：

- 旧版检测功能

在 PoE 标准之前发布的旧版器件可以通过以太网电缆供电。PSE 系统固件会检测这些旧版 PD 并在上电时提供保护。
- 使用外部检测电路

外部检测电路用于测量系统的总功耗。一旦电流超过功率预算，MCU 就会关断低优先级端口。这会增强系统对负载阶跃变化的响应。
- 系统启动设置
 1. 上电后立即开启 PSE 端口。
 2. 主机发送 PoE 使能命令后开启 PSE 端口
- 端口过载重试模式
 1. 立即重新启用：发生过载后，会立即重新启用端口。如果过载仍然存在，最多进行 5 次重新启用，并且如果在 5 次重试中未消除过载，关闭端口。从端口移除 PD 并重新连接到端口后，会重新启用该端口。
 2. PD 断开并连接后重新启用：发生过载后，端口会立即禁用，并在 PD 从端口移除并重新连接到端口后重新启用。
 3. 计时器控制：过载发生后立即重新启用端口。端口在一段时间（由计时器控制）内持续重试并在计时器到期后禁用。从端口移除 PD 并重新连接到端口后，会重新启用该端口。
- OSS 信号源（来自 MCU 或 CPLD）：在多电源系统中，当一个电源出现故障而另一个电源无法为当前功耗供电时，请关闭低优先级端口以保护该电源。PSE 的 OSS 功能用于快速关断低优先级端口。有 2 个信号源可生成 OSS 信号：
 1. MSPM0/MSP430 生成 OSS 信号

2. CPLD 生成 OSS 信号

- 中断屏蔽

图 3-4 中的中断屏蔽可配置为启用中断事件，以通过 MSP430 P6.0 或 MSPM0 PA26 通知主机。

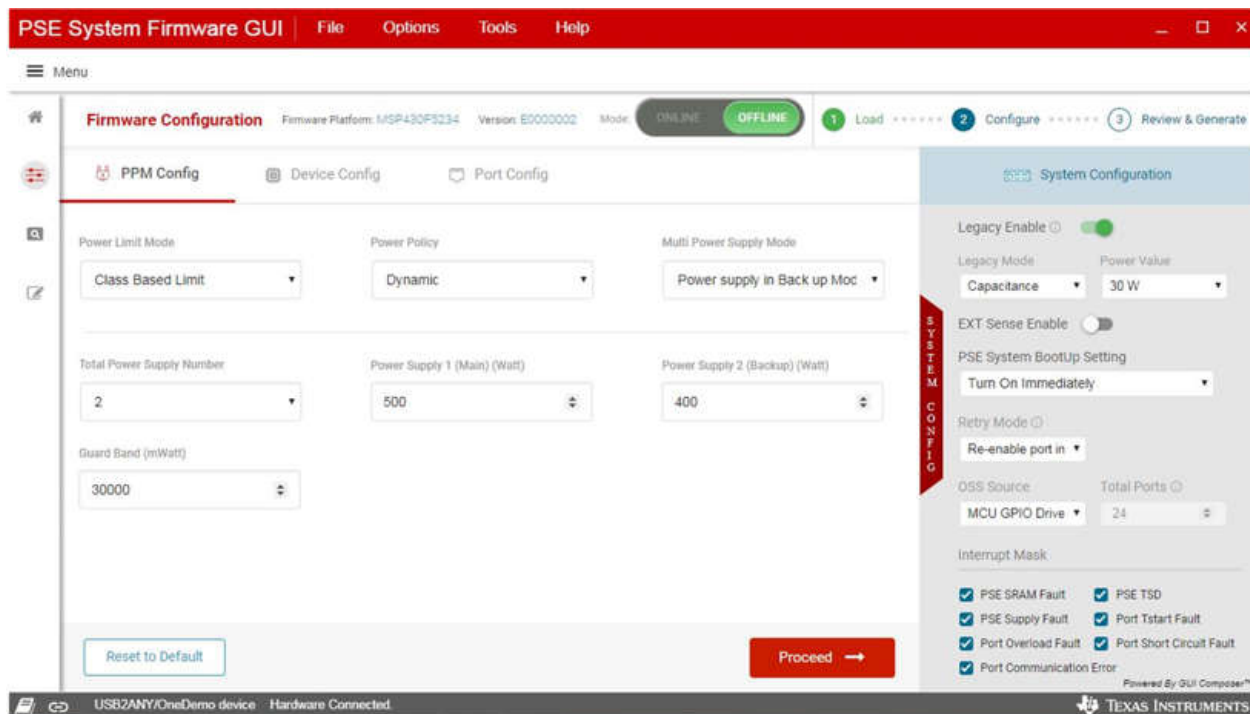


图 3-4. GUI 系统配置和 PPM 配置

PPM 配置应用于端口功率管理机制。以下参数可通过 PPM 配置选项卡进行配置：

- 功率限制模式：等级限制模式和端口限制模式
 - 等级限制模式：在等级限制模式下，端口功率受 PD 等级限制。例如，如果 PD 为 8 级，则端口功率限制 (PCUT) 设置为 90W。
 - 端口限制模式：在端口限制模式下，端口功率受主机限制。主机必须在端口上电之前设置端口功率限制。
- 功率策略：静态模式和动态模式
 - 静态模式：在静态模式下，端口功率分配设置为端口功率限制。因此，在等级限制模式下，端口功率分配是 PD 的等级功率，在端口限制模式下，端口功率分配是在主机中配置的端口功率限制。
 - 动态模式：在动态模式下，端口功率分配等于端口的实际消耗功率。该模式将未使用的端口功率分配给其他端口。
- 多电源模式：RPS 模式和共享模式：
 - 冗余电源 (RPS) 模式：在 RPS 模式下，当主电源和备用电源都连接时，总功率预算等于主电源的功率预算。在主电源断开时，总功率预算等于备用电源的功率预算。
 - 共享电源模式：在共享模式下，当两个电源都连接时，总功率预算等于两个电源的功率预算之和。如果其中一个电源断开连接，总功率预算等于电源的剩余功率预算。
- 电源总数和每个电源的功率预算。如果只有一个电源，则电源正常信号必须连接到 MSP430 上的 P1.5 或 MSPM0 上的 PB7。
- 功率保护频带：当分配的总功率 < 总功率预算 - 保护频带时，不会再开启更多低优先级端口，并且保护频带 LED 亮起。

器件配置主要用于配置 PSE 器件通道与逻辑 RJ45 端口之间的映射。映射 4 线对端口时，只有同一四通道 (通道 1-4 或通道 5-8) 内的通道才能映射到一个 4 线对端口。

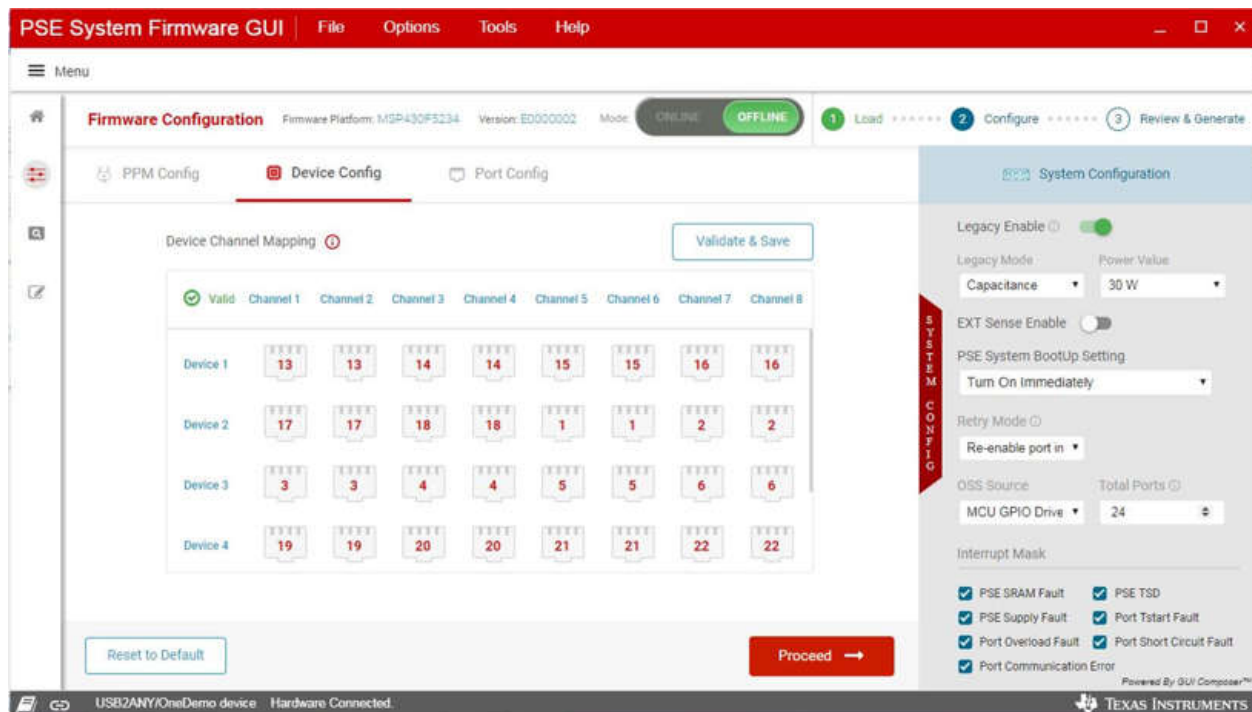


图 3-5. GUI 器件配置

端口配置按端口设置应用于端口，例如端口 PoE 启用和禁用、端口优先级和端口功率限制（仅在端口限制模式下）。

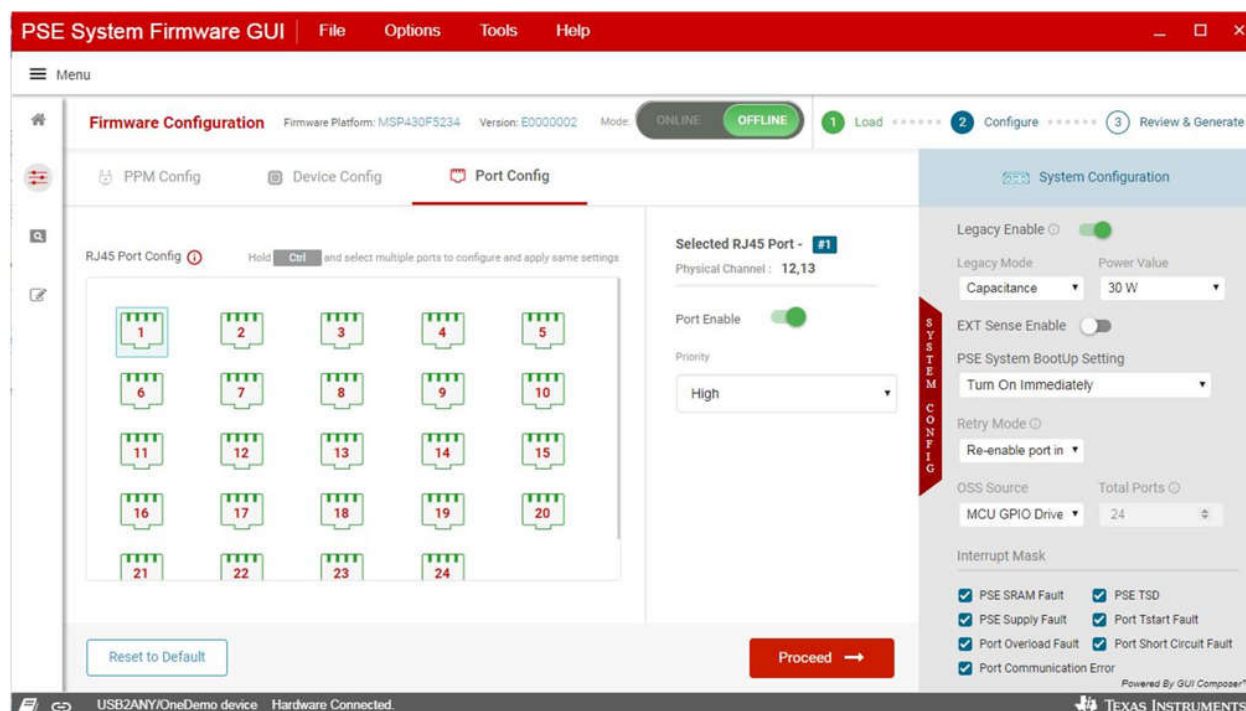


图 3-6. GUI 端口配置

配置完所有参数后，点击 **Proceed**（继续）按钮。摘要页面显示了设定的所有配置，并有出厂默认配置进行比较。检查完所有配置后，可以生成十六进制文件或直接将代码刷写到 MSPM0/MSP430 器件。

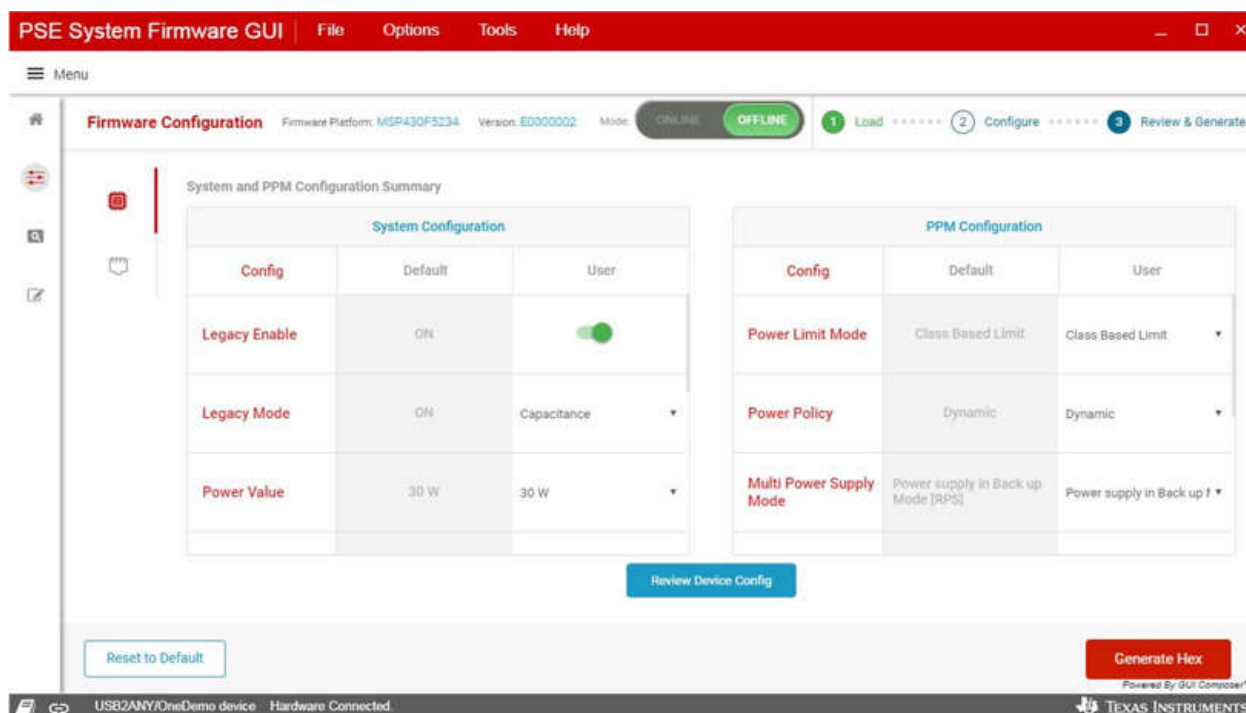


图 3-7. GUI 配置摘要

检查完配置后，GUI 可以生成默认代码映像，并通过 **MSP-FET** 直接对器件进行编程。

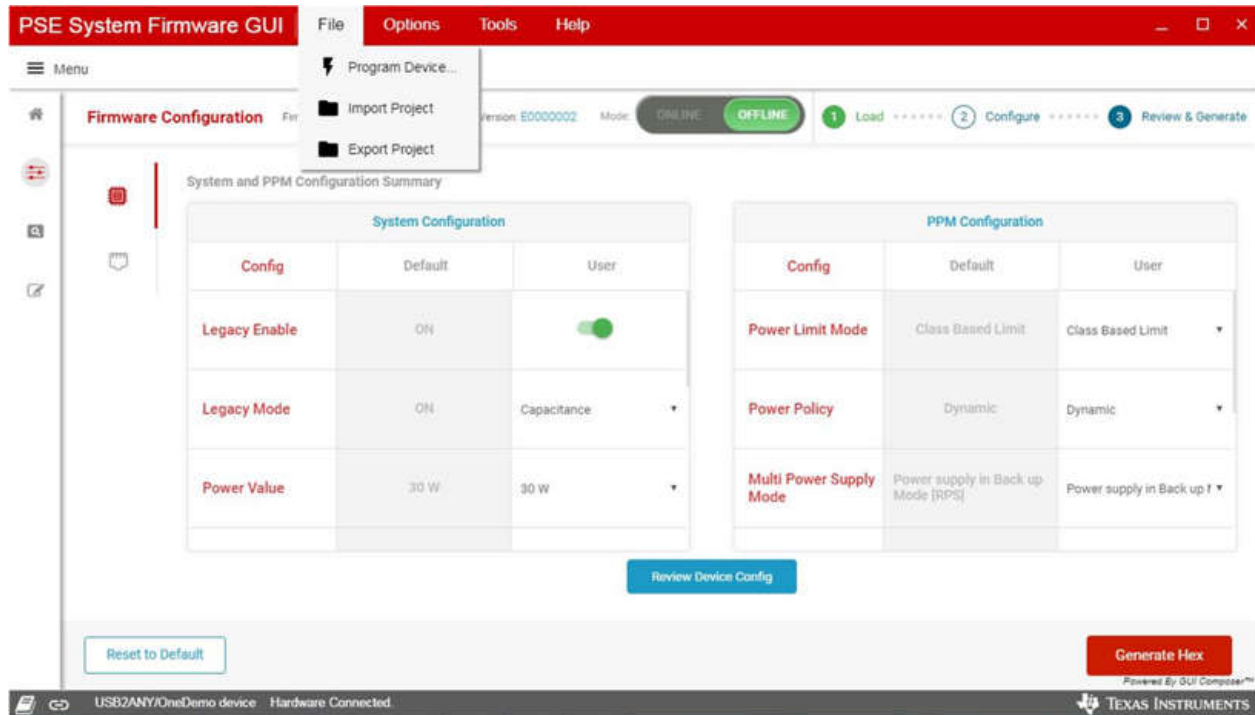


图 3-8. GUI 对器件进行编程并生成十六进制文件

代码成功刷写到 MCU 中后，系统启动并运行。MSP-FET 可与笔记本电脑或 PC 断开连接。将 USB2ANY (使用 30 引脚带状电缆) 连接到笔记本电脑或 PC，并且在选择主机接口协议后 GUI 处于在线模式。

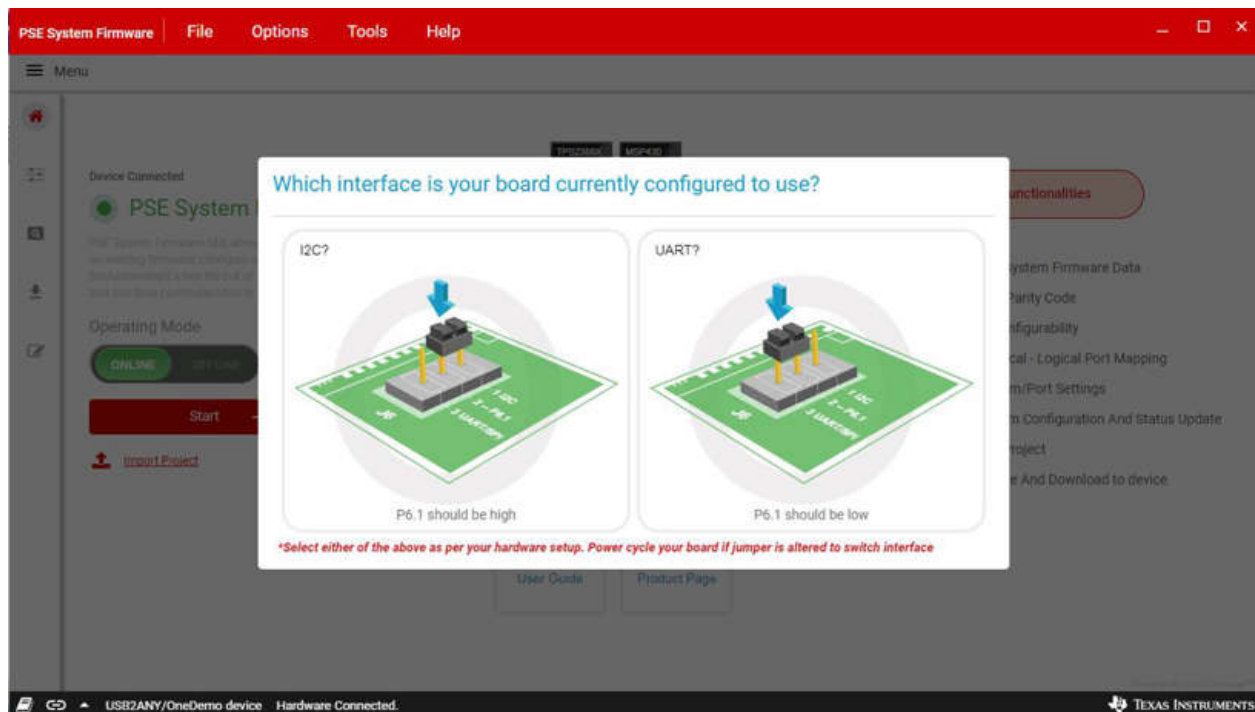


图 3-9. 在线模式下选择主机接口协议

器件连接到 GUI 后，可以在配置页面进行实时更改，而状态页面会显示实时系统状态。状态页面显示系统、器件和端口的实时状态。用户还可以在配置页面中更改系统配置：每项更改都转换为发送到 MCU 的主机命令。用户还可以按 **Save Configuration** (保存配置) 按钮将当前配置另存为默认设置。

备注

对于 FirmPSE MSPM0 GUI，主机接口协议选择仅显示 I2C 选项，因为 MSPM0 目前不支持 UART。

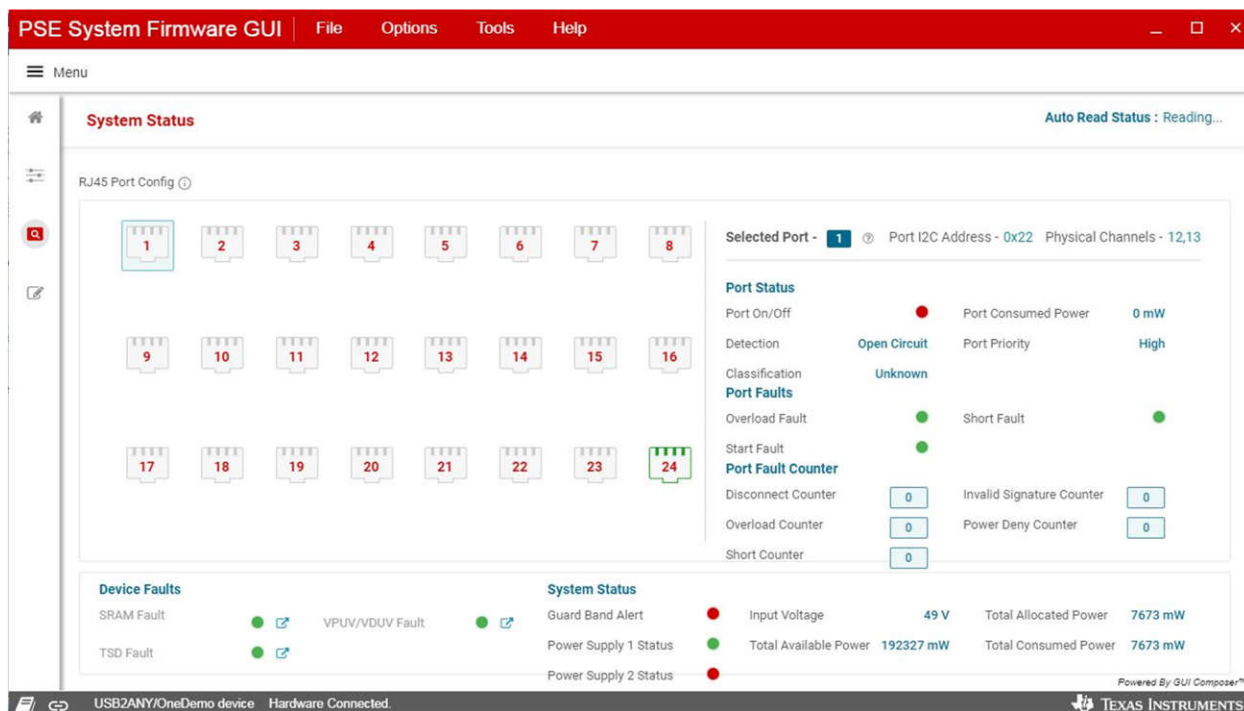


图 3-10. GUI 状态页面

BSL 固件更新页面提供现场固件升级功能，借助这一功能，固件可以通过与正常通信相同的 I2C 或 UART 端口进行升级。这有利于产品发布给客户后进行固件升级。

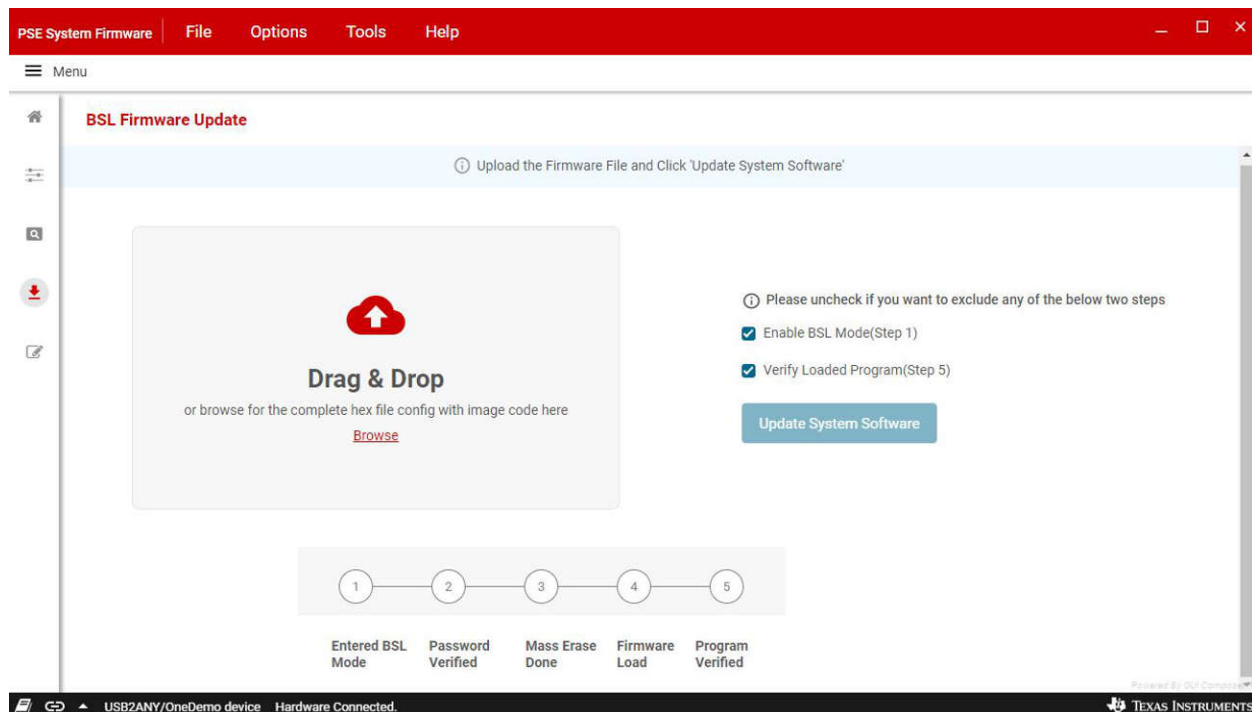


图 3-11. BSL 固件更新页面

在使用 BSL 页面更新 MCU 固件之前，如果未刷写 BSL 代码，则必须将其刷写到 MCU 中。从 [TI.com](https://www.ti.com) 下载 [UniFlash](#)，并按照以下步骤使用它刷写 BSL 代码：

1. 选择连接到 MSP430F5234/MSPM0G1107 的 MCU 器件

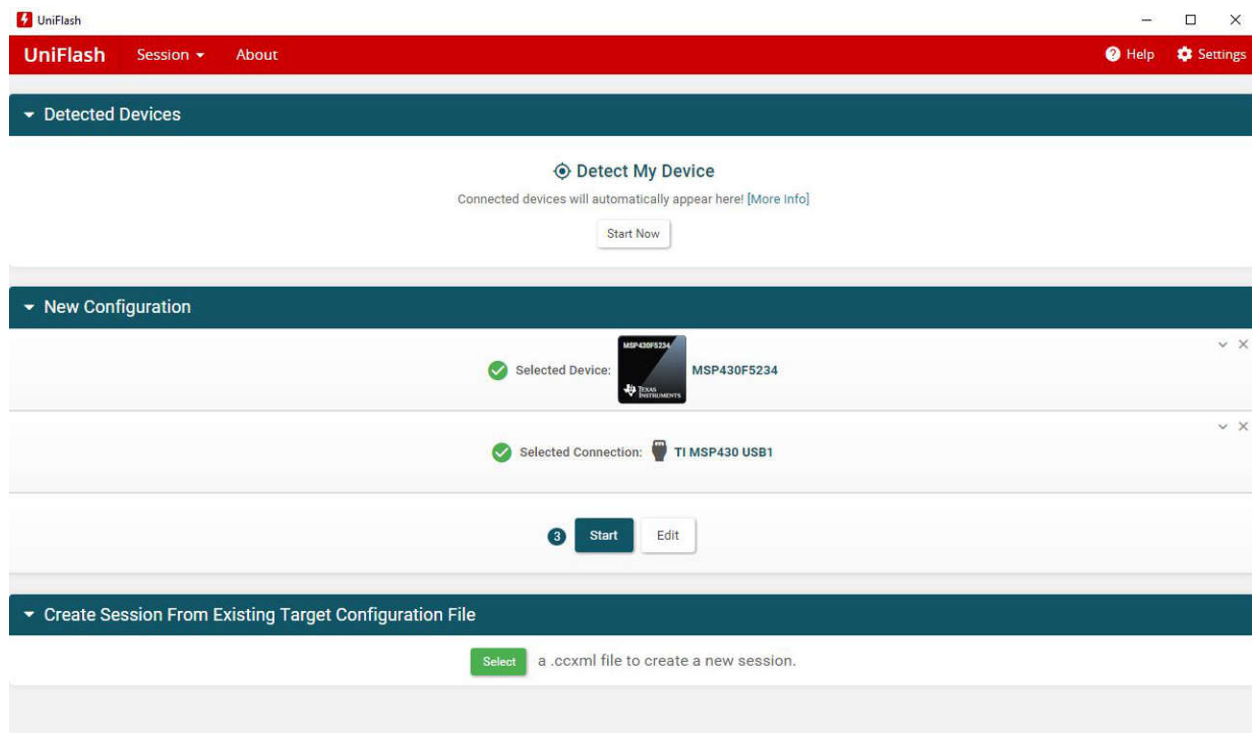


图 3-12. MCU 器件选择页面

2. 配置刷写部分。

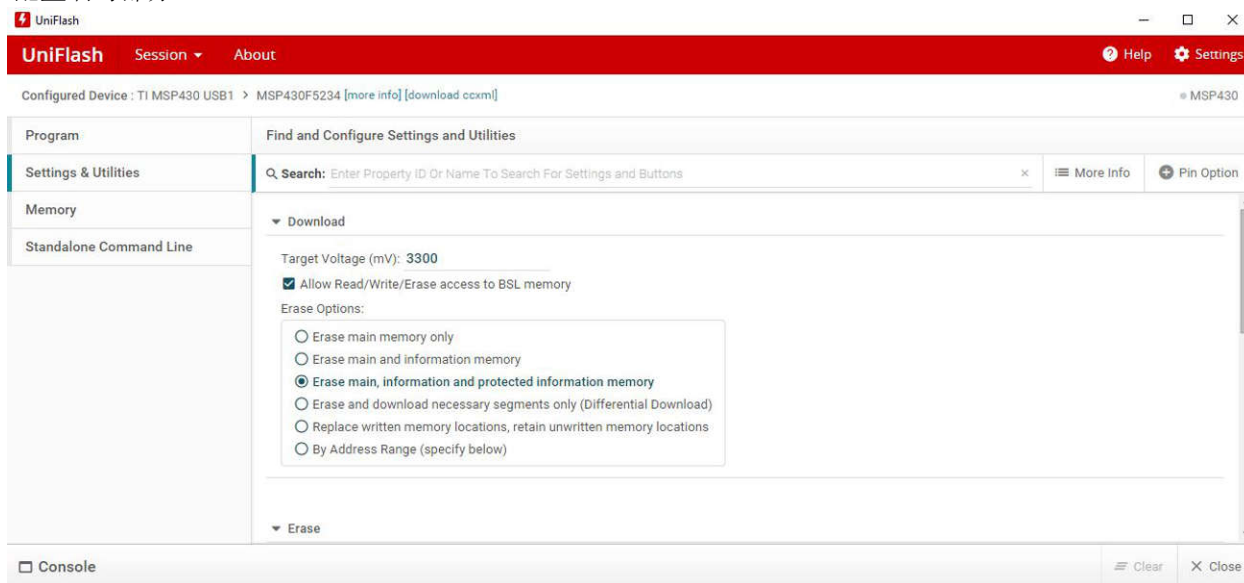


图 3-13. 配置 “Settings and Utilities” (设置和工具) 页面

3. 加载 BSL 代码并刷写到 MCU 中。

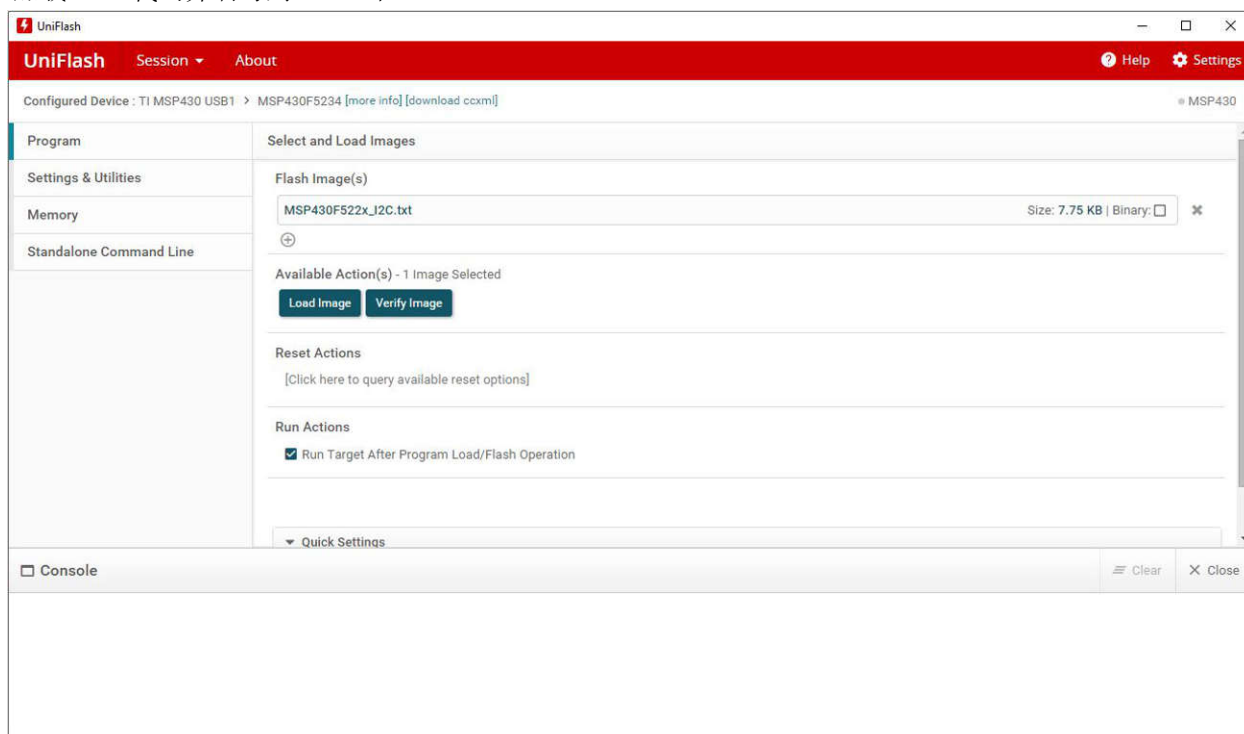


图 3-14. “Select and Load Images” (选择并加载映像) 页面

4. 在调试页面中，用户可以按照主机接口协议读取原始数据并将其写入 MCU，并通过提供 I2C 地址和寄存器编号写入每个 PSE 器件的寄存器。密码是“C430”。

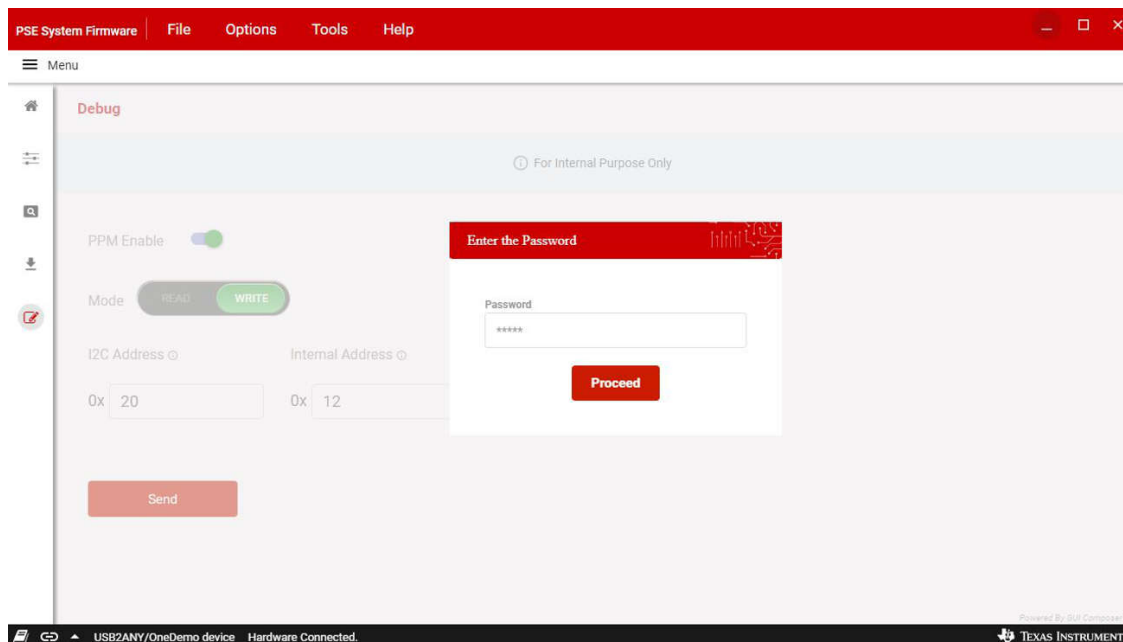


图 3-15. 调试页面

3.2.2 测试结果

IEEE 802.3bt 合规测试套件目前尚未提供。测试报告将在可用时添加。

4 设计和文档支持

4.1 设计文件

4.1.1 原理图

要下载原理图，请参阅 [TIDA-050026-23881](#) 中的设计文件。

4.1.2 物料清单

要下载物料清单 (BOM)，请参阅 [TIDA-050026-23881](#) 中的设计文件。

4.1.3 PCB 布局建议

KSENSA 在 SEN1 和 SEN2 之间共享，KSENSB 在 SEN3 和 SEN4 之间共享，KSENSEC 在 SEN5 和 SEN6 之间共享，而 KSENSED 在 SEN7 和 SEN8 之间共享。为了优化测量精度，必须仔细进行 PCB 布局，确保尽可能减少 PCB 布线电阻的影响。例如，请参阅 [TPS23881 具有 SRAM 和 200mΩ R_{SENSE} 的 4 类型 4 线对 8 通道 PoE PSE 控制器](#) 数据表的 布局部分。

4.1.3.1 布局图

要下载板层图，请参阅 [TIDA-050026-23881](#) 中的设计文件。

4.1.4 Altium 工程

要下载 Altium 工程文件，请参阅 [TIDA-050026-23881](#) 中的设计文件。

4.1.5 Gerber 文件

要下载 Gerber 文件，请参阅 [TIDA-050026-23881](#) 的设计文件。

4.1.6 装配图

要下载装配图，请参阅 [TIDA-050026-23881](#) 中的设计文件。

4.2 软件文件

要下载软件文件，请参阅 [TIDA-050026-23881](#) 中的设计文件。

4.3 相关文档

- 德州仪器 (TI)，[TPS23881 具有 200mΩ R_{SENSE} 的大功率、8 通道以太网供电 \(PoE\) PSE 数据表](#)
- 德州仪器 (TI)，[适用于 24 端口 PSE 系统的 TPS23882 3 类、30W、2 线对 PSE 子卡](#)

4.4 商标

TI E2E™ and NexFET™ are trademarks of Texas Instruments.
所有商标均为其各自所有者的财产。

5 修订历史记录

Changes from Revision A (October 2019) to Revision B (December 2025)	Page
• 更新了整个文档中的表格、图和交叉参考的编号格式.....	1
• 通篇添加了全面的 MSPM0G1107 器件系列说明。.....	1
• 通篇在相应的语句中添加了 MSPM0 和 MSP430 MCU。.....	1
• 在表 3-1 中为 PSEM0DAUEVM-018 添加了 LED。.....	11
• 在表 3-4 中为 PSEM0DAUEVM-018 添加了 EVM I/O 引脚。.....	13

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月