



摘要

本用户指南介绍了 TPS65219 编程板的特性、运行和使用情况。为了支持 NVM 编程，TI 提供了两种插槽式 EVM，每种 EVM 采用不同的封装尺寸。TPS65219EVM-SKT 是 5x5 插槽式 EVM 的可订购器件型号，TPS65219EVM-RSM 是 4x4 插槽式 EVM 的可订购器件型号。每个 EVM 都是一个组装完备的平台，用于使用板载 USB 转 I²C 适配器对 TPS65219 NVM 存储器进行编程。该 PCB 包括电源端子、用于所有直流稳压器输入和输出的跳线以及用于常见测量的测试点。

内容

1 简介.....	3
2 要求.....	3
2.1 硬件.....	3
2.2 软件.....	3
3 TPS65219 资源概览.....	4
4 EVM 配置.....	6
4.1 配置 USB 转 I ² C 适配器.....	6
4.2 配置接头.....	6
4.3 测试点.....	9
5 NVM 编程.....	10
5.1 TPS6521905 默认 NVM 设置.....	10
5.2 初始化状态下的 NVM 编程.....	10
6 图形用户界面 (GUI).....	12
6.1 I ² C 通信端口和适配器调试.....	12
6.2 入门.....	12
6.3 配套资料页面.....	16
6.4 寄存器映射页面.....	17
6.5 NVM 配置页面.....	18
6.6 序列配置.....	19
6.7 NVM 编程页面.....	21
6.8 附加特性.....	21
7 原理图、PCB 布局和物料清单.....	22
7.1 TPS65219EVM-SKT 原理图.....	22
7.2 TPS65219EVM-SKT PCB 层.....	25
7.3 TPS65219EVM-RSM 原理图.....	26
7.4 TPS65219EVM-RSM PCB 层.....	29
7.5 物料清单.....	30
8 修订历史记录.....	35

插图清单

图 4-1. TPS65219EVM 默认配置 - 跳线.....	7
图 5-1. NVM 编程步骤.....	11
图 6-1. GUI Composer Gallery.....	12
图 6-2. 在“Gallery”中找到 PMIC GUI.....	13
图 6-3. GUI 软件下载选项.....	13
图 6-4. Gallery 中的 GUI 面板.....	14
图 6-5. PMIC GUI 桌面应用.....	15
图 6-6. GUI 主页.....	16

图 6-7. 配套资料页面.....	16
图 6-8. 寄存器映射页面.....	17
图 6-9. NVM 配置页面.....	18
图 6-10. 保存/加载寄存器选项.....	19
图 6-11. 序列绘制工具.....	20
图 6-12. NVM 编程页面.....	21
图 7-1. TPS65219EVM-SKT, 原理图 (第 1 页).....	22
图 7-2. TPS65219EVM-SKT, 原理图 (第 2 页).....	23
图 7-3. TPS65219EVM-SKT, 原理图 (第 3 页).....	24
图 7-4. TPS65219EVM-SKT 顶层.....	25
图 7-5. TPS65219EVM-SKT 信号层 1.....	25
图 7-6. TPS65219EVM-SKT 信号层 2.....	25
图 7-7. TPS65219EVM-SKT 信号层 3.....	25
图 7-8. TPS65219EVM-SKT 信号层 4.....	25
图 7-9. TPS65219EVM-SKT 底层.....	25
图 7-10. TPS65219EVM-RSM, 原理图 (第 1 页).....	26
图 7-11. TPS65219EVM-RSM, 原理图 (第 2 页).....	27
图 7-12. TPS65219EVM-RSM, 原理图 (第 3 页).....	28
图 7-13. TPS65219EVM-RSM 顶层.....	29
图 7-14. TPS65219EVM-RSM 信号层 1.....	29
图 7-15. TPS65219EVM-RSM 信号层 2.....	29
图 7-16. TPS65219EVM-RSM 信号层 3.....	29
图 7-17. TPS65219EVM-RSM 信号层 4.....	29
图 7-18. TPS65219EVM-RSM 底层.....	29

表格清单

表 2-1. TPS65219EVM 插座板.....	3
表 3-1. TPS65219 电源资源.....	4
表 3-2. TPS65219 与 TPS65219-Q1 的比较.....	4
表 3-3. TPS65219 多功能引脚.....	5
表 4-1. I2C 上拉电源选择 (J7).....	6
表 4-2. PMIC 电源选择 (J1).....	6
表 4-3. 适配器 PMIC 连接.....	6
表 4-4. TPS65219EVM 默认跳线配置.....	7
表 4-5. TPS65219 配置接头.....	8
表 4-6. TPS65219 EVM 测试点.....	9
表 5-1. TPS6521905 寄存器未配置为 0h.....	10
表 7-1. 物料清单.....	30

商标

Arm® and Cortex® are registered trademarks of Arm Limited.

Chrome® is a registered trademark of Google LLC.

Firefox® is a registered trademark of Mozilla Foundation.

Microsoft Edge® is a registered trademark of Microsoft Corporation.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

TPS65219 PMIC 是一款高度集成的电源管理设计，用于 Arm® Cortex®-A53 处理器和 FPGA。此器件包含三个降压转换器和四个低压降 (LDO) 稳压器。Buck1 降压转换器可支持高达 3.5A 的负载电流，适用于处理器的内核电压轨。全部三个降压转换器都支持非固定开关频率或固定频率模式。LDO1 和 LDO2 可在负载开关和旁路模式下配置，以支持 SD 卡配置。所有 LDO 电压输入都可以从降压转换器输出级联，或使用相同的系统电源以实现最大的设计和时序功能。TPS65219 配有三个 GPIO 和三个多功能引脚 (MFP)，为完全控制片上系统 (SoC) 的电源和时序提供了完整的封装。

2 要求

2.1 硬件

本节列出了运行该 EVM 所需的最低硬件要求。

• EVM

- 表 2-1 中列出的其中一个 TPS65219EVM 插座板：

表 2-1. TPS65219EVM 插座板

插座板器件型号	包含的 PMIC	封装尺寸
TPS65219EVM-SKT	TPS6521905RHBR	5mm x 5mm
TPS65219EVM-RSM	TPS6521905RSMR	4mm x 4mm

备注

该插槽式 EVM 可用于重新编程和基本测试（例如：测量输出电压以及收集上电序列波形等），但不得用于测试负载瞬态和效率等特定性能参数，因为插座引脚和插座的布局会引入不代表实际应用条件的寄生效应。

• 主机

- 使用 EVM 软件需要具有可用 USB 端口的计算机。EVM 软件在计算机上运行并通过 USB-A 转 Micro-B 电缆与 EVM 通信。

• 电源

- 对 VSYS 使用外部电源时，需要 5V 直流电源来为 EVM 供电。TPS65219 插槽式 EVM 还可通过 uUSB 电缆提供的 5V 电压为 VSYS 供电。

2.2 软件

TPS65219-GUI (PMIC 图形用户界面)

TPS65219-GUI 既可在浏览器中使用，也可作为独立应用程序使用。该软件提供了一种简单的方法，使用内置 USB2ANY 并利用 MSP430 通过 I2C 与器件进行通信。有关 GUI 安装和设置过程的详细信息，请参阅本指南的节 6。请注意，该 EVM 可在不使用软件的情况下上电和运行。

3 TPS65219 资源概览

TPS65219 PMIC 包含七个稳压器：3 个降压稳压器和 4 个低压降稳压器 (LDO)。Buck1 降压转换器能够支持高达 3.5A 的电流，其余的降压稳压器每个可支持 2A 电流。LDO1 和 LDO2 (2×400mA) 可配置为负载开关和旁路模式。LDO3 和 LDO4 (2×300mA) 可配置为负载开关。PMIC 的 VIN 范围在 2.5V 至 5.5V 之间，可以支持通用的 3.3V 或 5V 系统电压。表 3-1 汇总了每个模拟资源的电压和电流能力。TPS65219 PMIC 具有一个 I2C 接口、三个 GPIO 引脚和三个多功能引脚，可提供完整的电源组，满足各种 SoC 的要求。

表 3-1. TPS65219 电源资源

	输入电压	输出电压	电流功能	说明
BUCK1	2.5V - 5.5V	0.6V - 3.4V	3.5A	2.3MHz 开关频率 - 动态电压调节 - 可编程电源时序和默认电压。 - 集成了电压监控器，可实现欠压保护。
BUCK2	2.5V - 5.5V	0.6V - 3.4V	2A	
BUCK3	2.5V - 5.5V	0.6V - 3.4V	2A	
LDO1	1.5V 至 5.5V (LDO、负载开关) 1.5V 至 3.4V (旁路)	0.6V 至 3.4V (LDO) 1.5V 至 3.4V (旁路)	400mA	- 可编程电源时序和默认电压。 - 可配置为负载开关和旁路模式。 - 集成了电压监控器，可实现欠压保护
LDO2	1.5V 至 5.5V (LDO、负载开关) 1.5V 至 3.4V (旁路)	0.6V 至 3.4V (LDO) 1.5V 至 3.4V (旁路)	400mA	
LDO3	2.2V - 5.5V	1.2V - 3.3V	300mA	- 可编程电源时序和默认电压。 - 可配置为负载开关 - 集成了电压监控器，可实现欠压保护
LDO4	2.2V - 5.5V	1.2V - 3.3V	300mA	

TPS65219 与 TPS65219-Q1 的比较

此 PMIC 有两个版本：TPS65219 支持环境温度范围为 -40°C 至 +105°C 的工业应用，TPS65219-Q1 支持需要 -40°C 至 +125°C 更宽工作温度范围的汽车应用。表 3-2 展示了工业和汽车 PMIC 型号之间的差异。

表 3-2. TPS65219 与 TPS65219-Q1 的比较

特性	TPS65219 (工业)	TPS65219-Q1 (汽车)
目标处理器	AM62x 13mm x 13mm、0.5mm 间距、425 引脚 FCCSP BGA (ALW)	AM62x-Q1 17.2mm x 17.2mm、0.8mm 间距、441 引脚 FCBGA (AMC)
开关频率	高达 2.3MHz 准固定频率 - 汽车 PFM - 强制 PWM	高达 2.3MHz。能够根据器件配置实现准固定频率或固定频率 准固定频率 - 汽车 PFM - 强制 PWM 固定频率 - 可用扩频
自然通风工作温度范围 TA	40°C 至 105°C	40°C 至 125°C
运行结温 TJ	-40°C 至 125°C	-40°C 至 150°C
功能安全型	否	功能安全型 (TI 质量管理流程、功能安全时基故障率计算和故障模式分布可用)
封装	两个封装选项 4mm×4mm、0.4mm 间距 VQFN 5mm×5mm、0.5mm 间距 VQFN	一个封装选项 5mm×5mm、0.5mm 间距 VQFN (可湿性侧面)

TPS65219 多功能引脚

TPS65219 具有三个可根据功能用途进行配置的多功能引脚。表 3-3 展示了每个引脚的可用功能以及这些引脚是如何配置和运行的。

备注

只有 MODE/RESET 或 MODE/STBY 引脚之一可以配置为 MODE。如果两者都配置为 MODE，则优先采用 MODE/RESET，而 MODE/STBY 将被忽略。

表 3-3. TPS65219 多功能引脚

引脚名称	引脚配置	运行
VSEL_SD/VSEL_DDR	VSEL_SD SD 卡 IO 电压选择	触发电压在 1.8V 和基于寄存器的 VLDO1 或 VLDO2 之间变化。极性是可配置的。
	VSEL_DDR DDR 电压选择	硬接线上拉、下拉或悬空。将 VBUCK3 设置为 1.35V、1.2V 或基于寄存器的 VBUCK3。电平敏感。
MODE/RESET	模式 强制降压转换器进入 PWM 或自动进入 PFM 模式	连接到 SoC 或硬接线上拉/下拉。电平敏感。
	复位 强制进行热复位或冷复位。	连接到 SoC。 热复位：将输出电压复位为默认值 冷复位：按顺序关闭所有启用的电压轨，然后再次上电 边沿敏感。
MODE/STBY	模式 强制降压转换器进入 PWM 或自动进入 PFM 模式	引脚状态决定降压转换器的开关模式。将引脚设置为低电平并使持续时间超过 $t_{\text{DEGLITCH_MFP}}$ ，以强制降压稳压器进入 PWM 模式。通过写入 MFP_1_CONFIG 寄存器中的 MODE_I2C_CTRL，也可以选择 I ² C。
	STBY 低功耗模式	禁用选择的电源轨。将引脚设置为低电平，并使持续时间超过 MODE 和 STBY 可以组合。电平敏感。

4 EVM 配置

可按以下方式对 TPS65219EVM-SKT 进行配置。下述章节概述了如何配置 TPS65219EVM-SKT 以进行一般实验。

1. 使用电源电压设置 中指示的跳线为预期应用配置稳压器输入电源轨。
2. 使用多功能引脚设置 中指示的模式配置说明从外部配置多功能引脚。请注意，在 SD 或 DDR 电压选择中，稳压器选择的默认配置可能因不同的 NVM 配置而不同（极性可配置）。
3. 将 VSYS 连接到能够支持该应用的电源上，并启用该电源。
4. 如果使用配置为首次电源检测 (FSD) 的 TPS65219 版本，则只要将有效电源连接到 VSYS，就会执行上电序列。

备注

TPS6521905 NVM 默认禁用所有电源轨。使用这种型号时，必须通过按下并释放 SW1 按钮来触发开启请求，以便 PMIC 可以检测 EN/PB/VSENSE 引脚的上升沿并转换到“活动”状态。进入“活动”状态后，可通过写入寄存器 *ENABLE_CTRL*（地址 0x02）来启用电源轨。

4.1 配置 USB 转 I²C 适配器

板载 USB2ANY 充当连接到 PMIC 的 USB 适配器。该适配器可实现与主机 PC 的 I²C 通信以及 GPIO 置位和故障监控。默认情况下，板载 MSP430 由 uUSB 电缆提供的 5V 电压和分立式 3.3V LDO 供电。通过将跳线 J1 和 J7 置为有效（如表 4-1 和表 4-2 所示），可以实现其他配置。板载适配器必须通过有效配置供电。

表 4-1. I²C 上拉电源选择 (J7)

跳线引脚选择	说明
引脚 1 和 2 (默认)	外部 3.3V LDO 为 I ² C 引脚供电。
引脚 3 和 4	BUCK2 输出 (VBUCK2) 为 I ² C 引脚供电。

表 4-2. PMIC 电源选择 (J1)

跳线引脚选择	说明
引脚 1 和 2	VSYS 由外部电源 (EXTPWR) 供电
引脚 2 和 3 (默认)	VSYS 由 uUSB 电缆提供的 5V 电压 (5VUSB) 供电

表 4-3 中的以下跳线将 USB 适配器连接到 PMIC 功能引脚。为灵活起见，可禁用这些引脚接地。

表 4-3. 适配器 PMIC 连接

跳线	PMIC 引脚
J8	VSEL
J9	MODE/STBY
J10	MODE/RESET

4.2 配置接头

TPS65219EVM-SKT 具有多个可用于更改某些电源轨输入电源的接头。该 PCB 还包含允许使用多功能引脚更改 PMIC 特定功能的接头。每个接头的跳线选项概览如图 4-1 所示。表 4-4 列出了所有接头和每个选项的预期配置。

VIO supply selection

“MCU3V3” is an external discrete 3.3V LDO

“VBUCK2” is the PMIC BUCK2

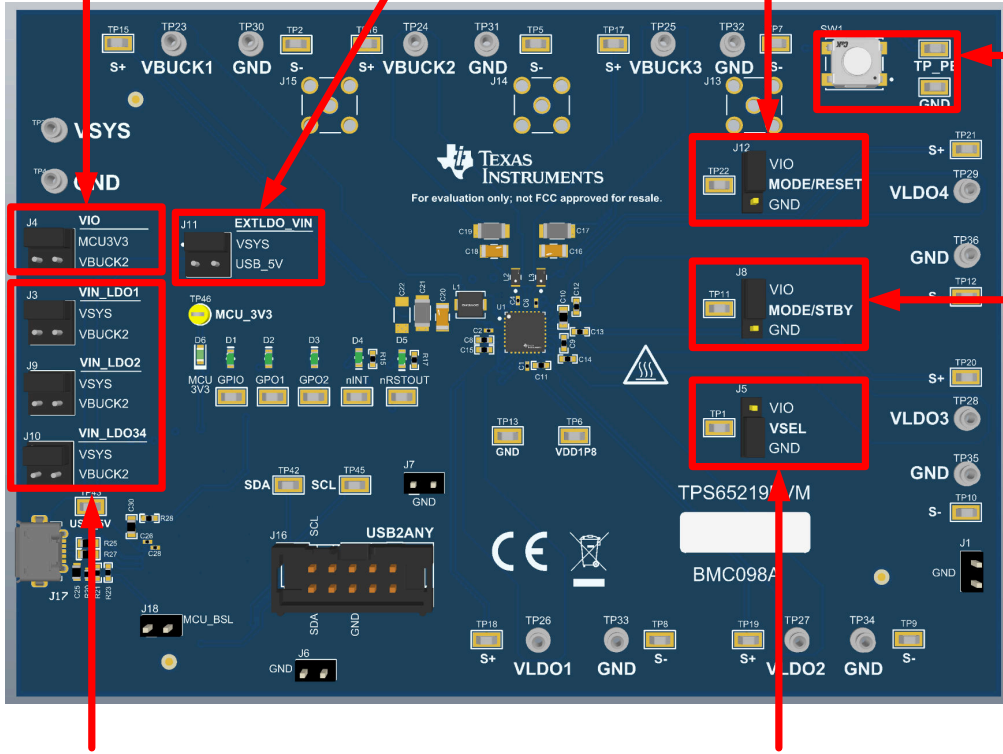
Configured as WARM reset

High: normal operation

Falling edge: warm reset

Input supply for discrete 3.3V LDO

Push-button connected
to PMIC enable pin



Bucks switching mode
High: forced-PWM
Low: auto-PFM

Supply selection for PMIC LDOs

Configured as VSEL_SD to set
the output voltage of LDO1

High: LDO1 = 3.3 (requires PVIN_LDO1=3.3V)

Low: LDO1 = 1.8V (LDO1 behaves as a fixed 1.8V LDO)

图 4-1. TPS65219EVM 默认配置 - 跳线

表 4-4. TPS65219EVM 默认跳线配置

	接头		跳线默认位置
电源电压设置	J3	VIN_LDO1	LDO1 的电源选择 默认：设置为使用 BUCK2 为 LDO1 供电
	J9	VIN_LDO2	LDO2 的电源选择 默认：设置为使用 VSYS 为 LDO2 供电
	J10	VIN_LDO34	LDO3 和 LDO4 的电源选择 默认：设置为使用 VSYS 为 LDO3/4 供电
	J11	EXTLDO_VIN	外部分立式 LDO 的电源选择。 默认：设置为使用 VSYS 为分立式 3.3V LDO 供电
	J4	VIO	VIO 电源选择 默认：设置为使用外部 3.3V 分立式 LDO 作为 I2C 引脚和数字输入引脚的上拉电源

表 4-4. TPS65219EVM 默认跳线配置 (续)

	接头		跳线默认位置
多功能引脚设置	J5	VSEL	高电平 = 如果 LDO 由 3.3V 电源供电, 则在 LDO1 上设置 3.3V 输出电压。 低电平 = 在 LDO1 上设置 1.8V 输出电压 (默认 EVM 配置)
	J8	MODE/STBY	降压开关模式 高电平 = 强制 PWM (默认 EVM 配置) 低电平 = 自动 PFM
	J12	MODE_RESET	高电平 = 正常工作 (默认 EVM 配置) 低电平 = 执行热复位 (将目标电压和旁路模式配置重置为默认 NVM 值)

表 4-5. TPS65219 配置接头

	接头名称	说明	配置
J1	EXTLDO_VIN	外部 3.3V LDO 的输入电压选择	引脚 1 和 2 : 外部 LDO 由 VSYS 供电
			引脚 2 和 3 : 外部 LDO 由 USB 提供的 5V 电压供电
J2	VIN_BUCK1 和 VIN_BUCK2	Buck1 和 Buck2 输入电压连接	引脚 1 和 2 : PVIN_B1 由 VSYS 供电
			引脚 3 和 4 : PVIN_B2 由 VSYS 供电
J3	VIN_BUCK3	Buck3 输入电压选择	引脚 1 和 2 : PVIN_B3 由 VSYS 供电
			引脚 3 和 4 : PVIN_B3 由 Buck2 输出 (VBUCK2) 供电
J4	VIN_LDO1	LDO1 输入电压选择	引脚 1 和 2 : PVIN_LDO1 由 VSYS 供电
			引脚 3 和 4 : PVIN_LDO1 由 BUCK2 输出 (VBUCK2) 供电
J5	VIN_LDO2	LDO2 输入电压选择	引脚 1 和 2 : PVIN_LDO2 由 VSYS 供电
			引脚 3 和 4 : PVIN_LDO2 由 BUCK2 输出 (VBUCK2) 供电
J6	VIN_LDO34	LDO3/LDO4 输入电压选择	引脚 1 和 2 : PVIN_LDO34 由 VSYS 供电
			引脚 3 和 4 : PVIN_LDO34 由 BUCK2 输出 (VBUCK2) 供电
J7	I2C_SELECT	I2C 引脚的上拉电源	引脚 1 和 2 : 外部 3.3V LDO 用于 I2C 上拉电源
			引脚 3 和 4 : BUCK2 输出用于 I2C 上拉电源
J8	VSEL	VSEL_SD/VSEL_DDR 引脚的高电平/低电平选择	引脚 1 和 2 : VSEL_SD/VSEL_DDR 引脚被拉至高电平 (3.3V)
			引脚 2 和 3 : VSEL_SD/VSEL_DDR 下拉
J9	MODE/STBY	MODE/STBY 引脚的高电平/低电平选择	引脚 1 和 2 : MODE/STBY 引脚被拉至高电平 (3.3V)
			引脚 2 和 3 : MODE/STBY 引脚下拉
J10	MODE/RESET	MODE/RESET 的高电平/低电平选择	引脚 1 和 2 : MODE/RESET 引脚被拉至高电平 (3.3V)
			引脚 2 和 3 : MODE/RESET 引脚被拉至低电平
J14	GND	GND 连接	不适用
J15	GND	GND 连接	不适用

4.3 测试点

TPS65219EVM-SKT EVM 包含用于各种测量的多个测试点。测试点的引线分配如下表所示。

表 4-6. TPS65219 EVM 测试点

测试点	相关引线
TP1	EXTPWR
TP2	GND
TP3	GPIO
TP4	GPO1
TP5	TP_PB
TP6	GPO2
TP7	nINT
TP8	nRSTOUT
TP9-20	GND
TP21	MCU3V3
TP22-23	GND
TP27	VDD1P8
TP28	VSEL_SD/VSEL_DDR
TP29	LDO 1 输出
TP30	LDO 2 输出
TP31	降压转换器 1 输出
TP32	降压转换器 2 输出
TP33	降压转换器 3 输出
TP34	MODE/STBY
TP35	LDO 1 输出 SENSE
TP36	LDO 2 输出 SENSE
TP37	降压转换器 1 输出 SENSE
TP38	降压转换器 2 输出 SENSE
TP39	降压转换器 3 输出 SENSE
TP40	MODE/RESET
TP41	LDO 3 输出
TP42	LDO 4 输出
TP43	LDO 3 输出 SENSE
TP44	LDO 4 输出 SENSE
TP45	SDA
TP46	SCL
TP47	GND
TP50	USB_5V

5 NVM 编程

TPS65219EVM-SKT 是德州仪器 (TI) 用户可编程 PMIC 的一部分。该器件集成了一个 NVM 存储器，可用于配置电源和数字资源。NVM 编程特性使 TPS65219EVM-SKT PMIC 成为一种灵活的电源设计，可满足不同处理器和 SoC 的要求。可编程 NVM 字段包括输出电压、时序、监控阈值、GPIO 控制等。不支持 OTA (无线) 编程，该编程无需更改寄存器设置即可直接更改 EEPROM。对 NVM 重新编程的方法是：首先通过串行接口 (I2C) 写入寄存器映射，然后将寄存器设置保存到 NVM 中。一个器件的 EEPROM 最多只能编程 1000 次。要将寄存器设置保存到 NVM 中，需要 3.3V 或更高的输入电压 (VSYS)。此外，将 I2C 引脚上拉至 3.3V 电源，进而启用串行通信。概括地说，编程流程可分为三个步骤：确定系统要求，更新寄存器设置，然后将新值保存到 NVM 存储器中。有关非易失性存储器编程的详细信息，请参阅 ti.com 上的 TPS65219EVM-SKT 产品页面中技术文档下的 *NVM 编程指南*。

备注

向寄存器地址 0x34 写入 0x0A 会将当前寄存器设置提交到 NVM 存储器，使其成为新的上电默认设置。客户可编程寄存器对应于地址 0x0 至 0x27。只有寄存器映射的复位列中标有 (X) 的位才具有 EEPROM 可编程默认设置。所有其他位均保持寄存器映射中所列的出厂设置。

5.1 TPS6521905 默认 NVM 设置

用户可编程型号默认禁用所有降压稳压器、LDO 和 GPIO，并将相应的输出电压寄存器设置为最低值。除下表所列设置外，其他所有 NVM 寄存器设置均配置为 0h。

表 5-1. TPS6521905 寄存器未配置为 0h

寄存器地址	位	字段名称	值
0x01	7-0	TI_NVM_ID	0x05
0x05	7	LDO2_SLOW_PU_RAMP	0x1
0x08	7	BUCK3_BW_SEL	0x1
0x09	7	BUCK2_BW_SEL	0x1
0x0A	7	BUCK1_BW_SEL	0x1
0x20	5-4	EN_PB_VSENSE_CONFIG	0x1
0x25	7	MASK_INT_FOR_PB	0x1
0x26	6-0	I2C_ADDRESS	0x30

5.2 初始化状态下的 NVM 编程

可在“初始化”或“活动”状态下完成 NVM 编程。可从 POWER_UP_STATUS_REG 寄存器中的 STATE 位 (位 4-3) 读取当前状态。将有效电源连接到 VSYS 后，器件会进入“初始化”状态，并将默认 NVM 内容加载到寄存器映射中。加载 NVM 内容大约需要 2.3ms。一旦寄存器映射加载了默认设置，PMIC 就可以进行 NVM 编程了。图 5-1 展示了 PMIC 电源轨关闭期间在“初始化”状态下对 NVM 重新编程所需的步骤。该过程从启用振荡器进行 I2C 通信开始。这项命令还会禁用电源轨有源放电。然后，更新 NVM 寄存器字段并将新设置保存到存储器中。有多项寄存器设置可用于指示 I2C 命令的状态。例如，寄存器字段 CUST_PROG_DONE (位 5，地址 0x34) 指示执行 CUST_PROG_CMD 后的 NVM 编程状态。同样，寄存器字段 CUST_NVM_VERIFY_DONE (位 6，地址 0x34) 指示执行 CUST_NVM_VERIFY_CMD 后的 NVM 验证状态 (而不是结果)。

备注

对于电路内编程，建议在使用外部 3.3V 电压对 NVM 重新编程时，暂时断开 PMIC 电源轨与 I2C 线路的连接。由于稳压器在“初始化”状态下被禁用，因此其有源放电被启用。如果外部 3.3V 电源与 PMIC 电源轨共享同一电压节点，则这种有源放电特性会耗散该电源的功率。如果无法断开 PMIC 电源轨，则必须在以“初始化”状态提供 3.3V VIO 后立即 (约 10 秒内) 发送 EN_OSC_DIY 命令。接收到 EN_OSC_DIY 命令后禁用放电。

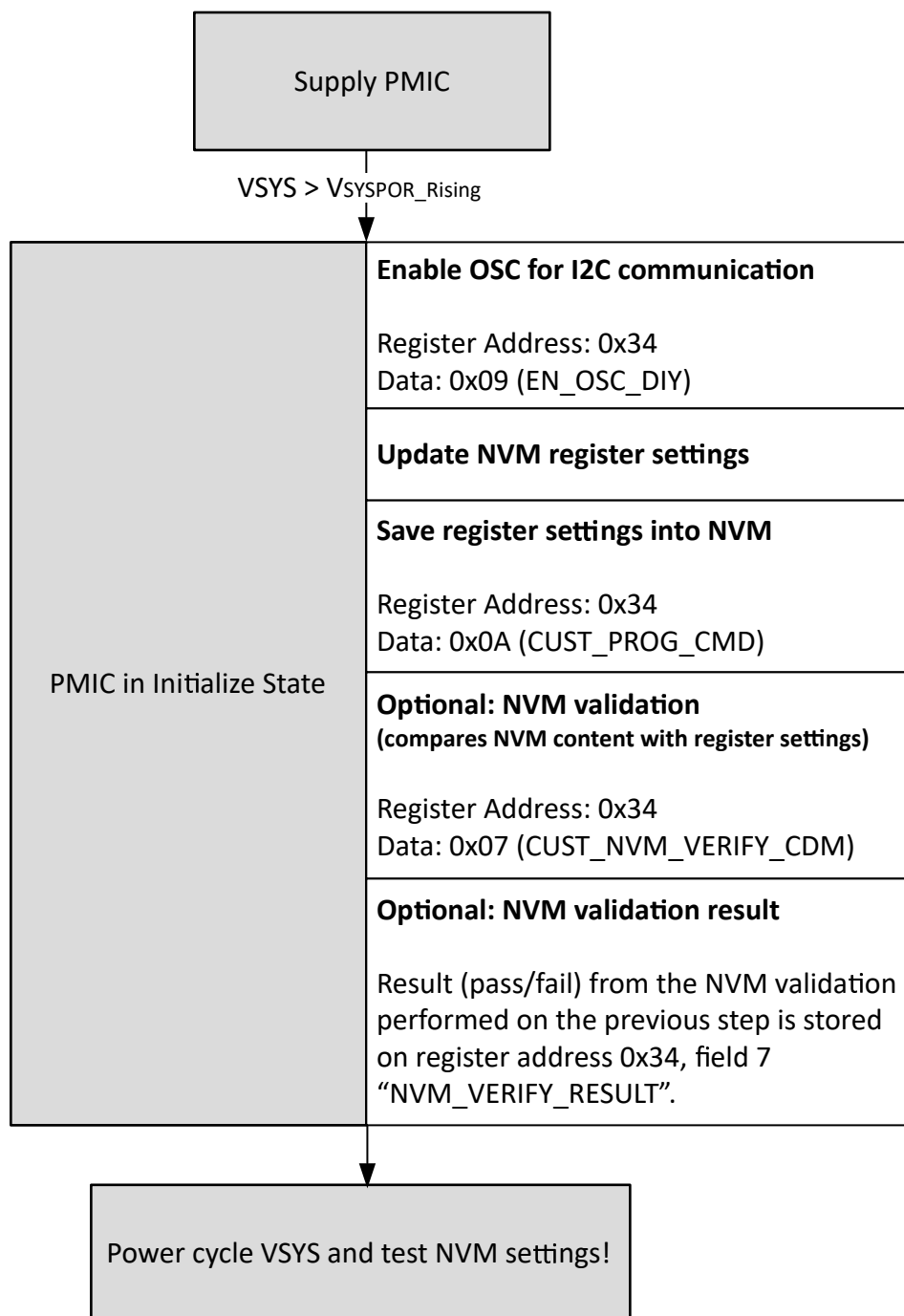


图 5-1. NVM 编程步骤

6 图形用户界面 (GUI)

本部分介绍了德州仪器 (TI) [TPS65219/TPS65220 图形用户界面 \(GUI\)](#) 工具的使用和功能。

6.1 I²C 通信端口和适配器调试

默认情况下，GUI 可识别 EVM 适配器的两个串行端口，但可能不会自动选择 I²C 桥。EVM 通电且 USB 电缆连接到计算机后，点击 GUI 左下角的“Connect”图标。如果底部通知更新为 *Hardware Not Selected*：

6.2 入门

入门涉及以下步骤：

1. 在“Gallery”中找到该 GUI
2. 下载所需软件
 - a. GUI Composer Runtime (用于从 Web 浏览器运行该 GUI)
 - b. 该 GUI 的离线版本
3. 启动 GUI。

6.2.1 查找 GUI

PMIC GUI 基于与 Chrome® (46 以上版本) 或 Firefox® (38 以上版本) 兼容的 GUI Composer。建议使用 Chrome 网络浏览器，而本文档通篇使用该浏览器进行演示。PMIC GUI 还与 Microsoft Edge® (自版本 111.0.1661.41 起) 兼容。可以通过 [TI DevTools](#) 页面中的 TI 开发工具找到该 GUI。从“Tools”选项卡 (在图 6-1 中以蓝色突出显示) 导航至“Gallery”是进入“Gallery”的一种方式。

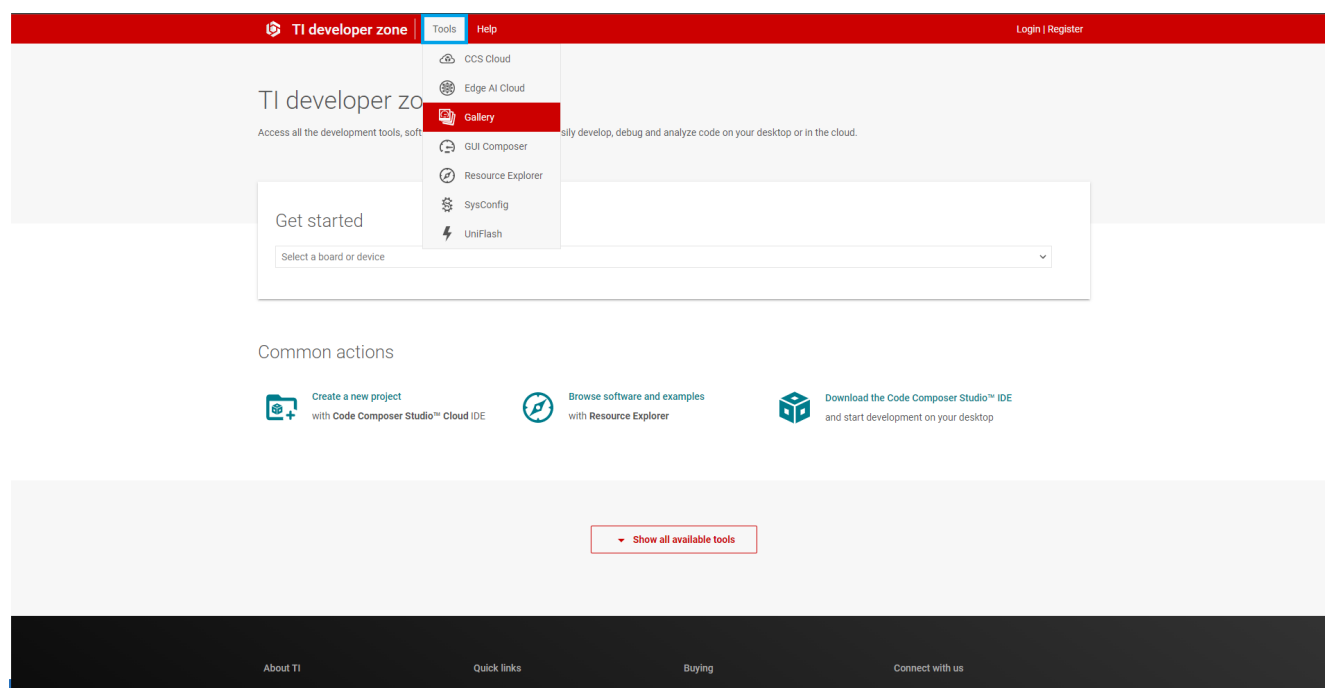


图 6-1. GUI Composer Gallery

在“Gallery”中，使用搜索栏并输入 TPS65219_GUI，找到 TPS65219_GUI 面板 (如图 6-2 所示)。

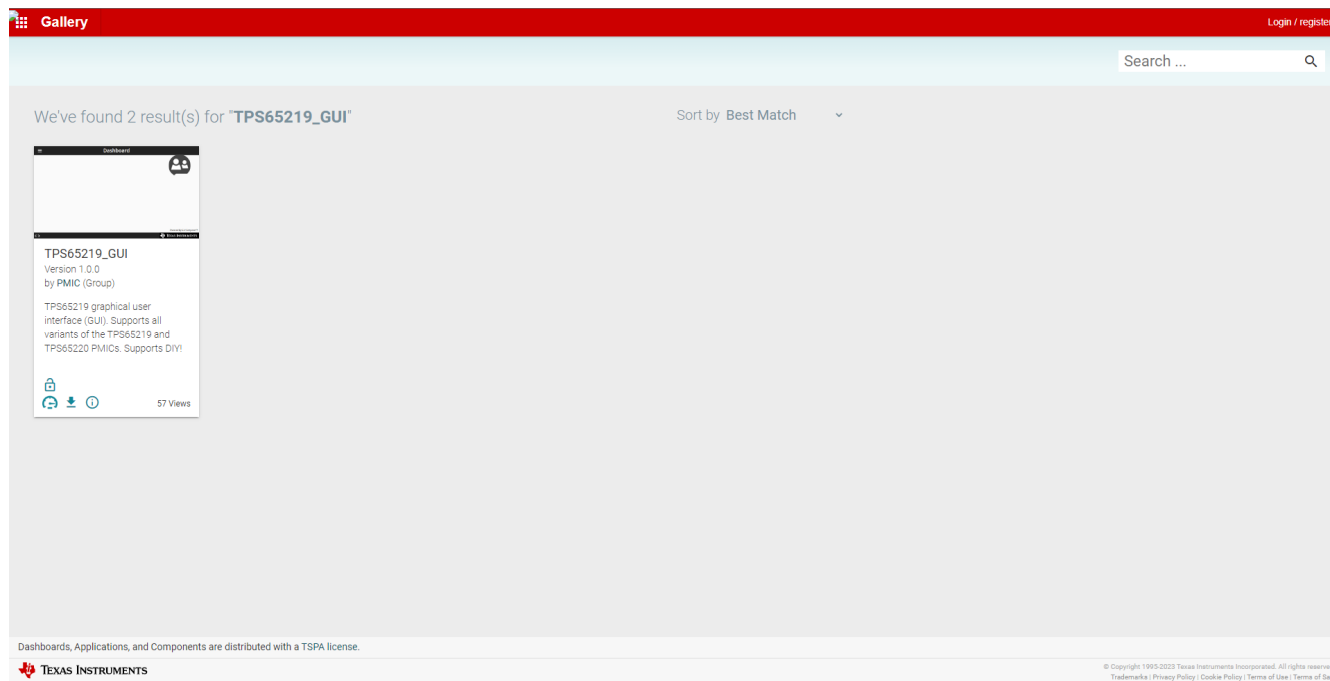


图 6-2. 在“Gallery”中找到 PMIC GUI

6.2.2 下载所需的软件

独立的 GUI 和 GUI Composer Runtime 都可通过“PMIC”面板获取。同样，GUI Composer Runtime 使 GUI 能够通过 Web 浏览器运行，但需要连接互联网才能运行 GUI。相比之下，独立的 GUI 要大得多，但不需要连接互联网。

如图 6-3 所示，在将光标放置在下载图标上时，弹出窗口中会显示下载选项。上部三个选项提供相应操作系统的独立下载，而下部三个选项提供 GUI Composer Runtime 的独立下载。

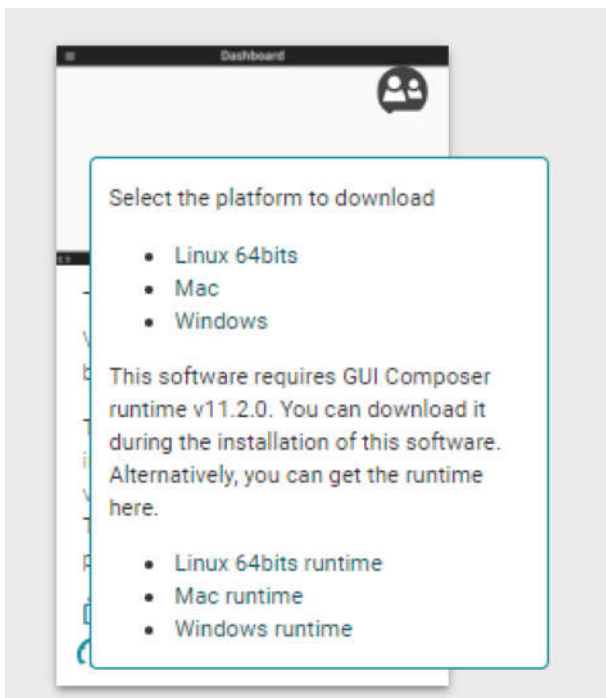


图 6-3. GUI 软件下载选项

6.2.3 启动 GUI

下载相应的软件后，可以通过 PC 应用在本地启动 GUI，也可以使用 Gallery 通过 TI 云启动。若要使用 TI 云版本的 GUI，只需点击面板中与下载或信息图标无关的任意位置，如图 6-4 所示。

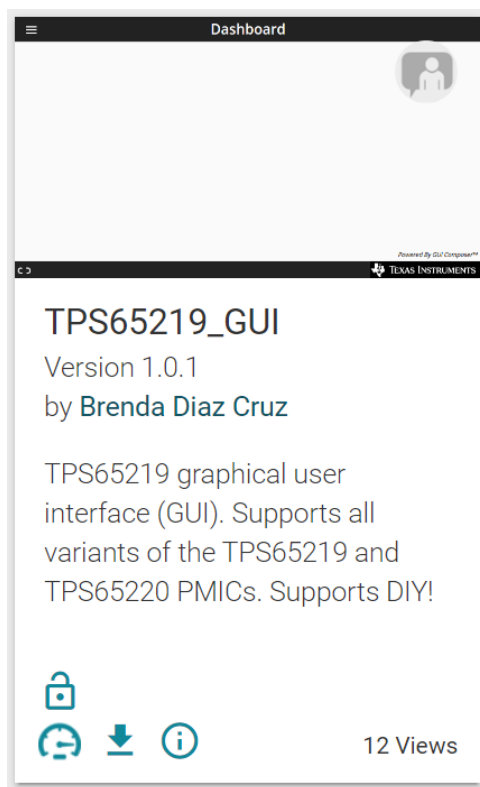


图 6-4. Gallery 中的 GUI 面板。

图 6-5 展示了 PC 应用的一个示例。

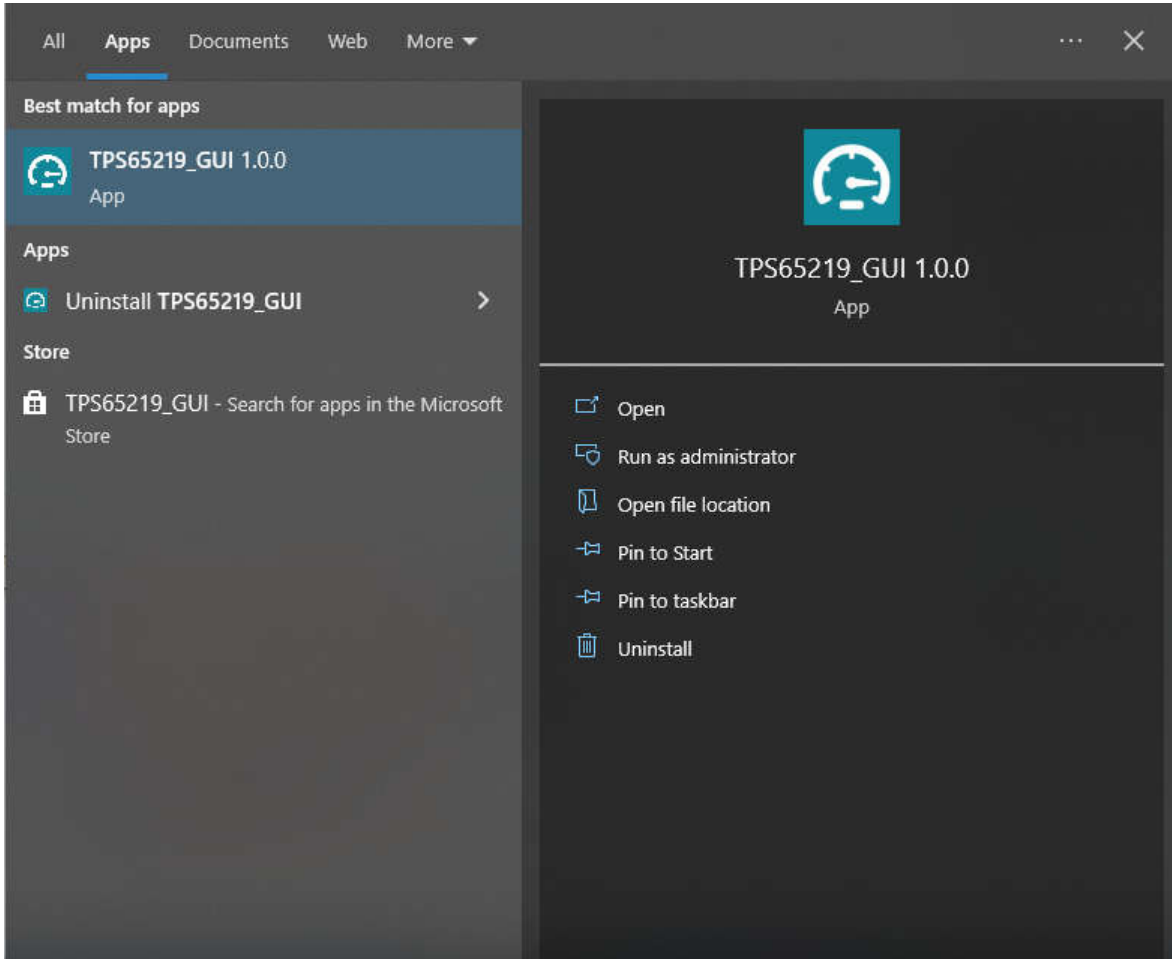


图 6-5. PMIC GUI 桌面应用

6.2.4 连接到 EVM

借助自述文件文本框，用户可将 EVM 电路板连接到计算机。如果用户要再次查看自述文件，可从 GUI 仪表板左上角的 **Help** 选项卡访问自述文件。用户还可以在此找到 **About** 选项，获取有关 GUI 版本和其他文档的信息。

用户取消自述文件消息框后，GUI 将显示主页，如图 6-6 所示。在这里，用户可以看到 TPS65219 电源结构概览。分支部分显示了 TPS65xxx 系列的替代版本可为设计提供哪些功能。

在主页底部，用户可以导航至后续部分中介绍的其他 GUI 页面。也可以在 GUI 界面的左侧找到这些页面。

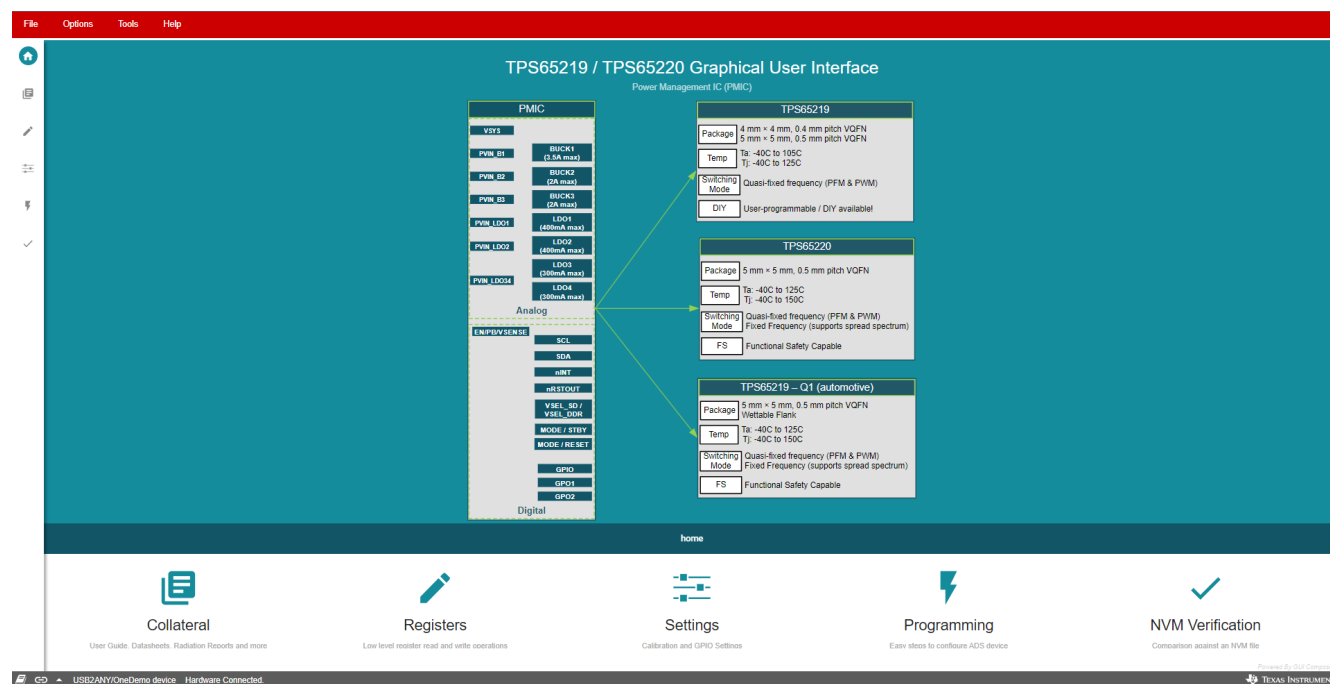


图 6-6. GUI 主页

6.3 配套资料页面

图 6-7 中所示的“Collateral”页面包含使用 TPS65219 或 TPS65220 PMIC 的相关文档。您可以在此处找到指向 EVM 用户指南、数据表、处理器电源设计应用手册以及效率和热估算工具的链接。

页面底部有一条指向我们 E2E 论坛的链接，其中包含有关 GUI 或 PMIC 的技术问题。

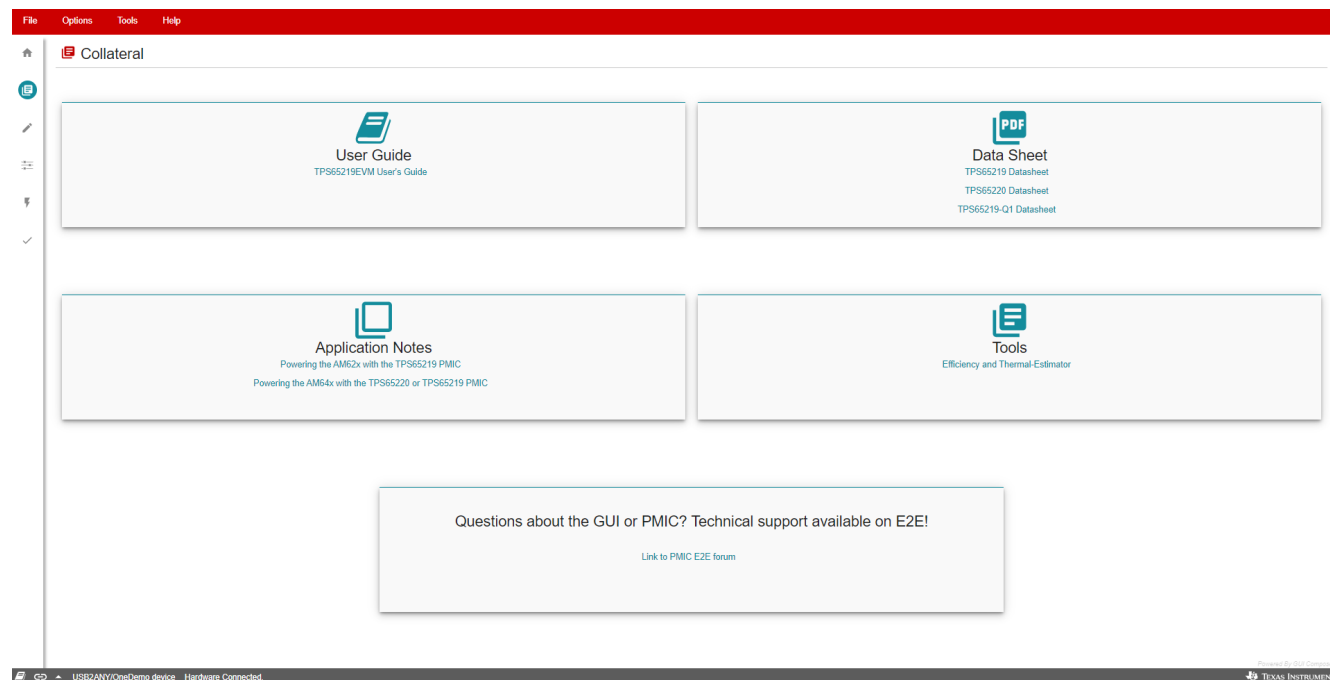


图 6-7. 配套资料页面

6.4 寄存器映射页面

“Register Map” 页面列出了可用于配置的不同寄存器，旨在用于直接读取和写入 PMIC 寄存器，如图 6-8 所示。寄存器读取和写入操作可以单独完成，也可以一次性全部完成。可以使用 **READ ALL REGISTERS** 按钮旁的下拉菜单选择自动读取时序，从而启用 “Auto Read” 特性。使用页面顶部的搜索栏，按名称或地址搜索寄存器。

搜索栏下方的前三列依次显示每个寄存器的名称、十六进制地址和数据值。**Bits** 列包含每个寄存器的位值，可通过取消选中页面顶部 **READ ALL REGISTERS** 按钮下方的 **Show Bits** 框将这些列隐藏。双击此部分中的位可更改位值。

页面右侧的 “Field View” 部分显示了按相应控制块分组的寄存器位。用户可以点击任何位字段框以查看 **Bits** 列中以黄色突出显示的相应位。每个字段都有一个名称，以每个框顶部的蓝色文本显示。通过选中 **Search Bitfields** 框（在 **Show Bits** 旁边），可以使用搜索栏找到这些名称。

在 **Immediate Write** 模式（位于页面右上角的下拉选项）下，写入按钮呈灰色显示，因为每次在 “Field View” 中进行更改（位更改或十六进制值更改）后，会立即对各个寄存器分别进行写入。在 **Deferred Write** 模式下，选择 **WRITE REGISTER** 或 **WRITE ALL REGISTERS** 按钮后，单个寄存器或所有寄存器才会执行写入。

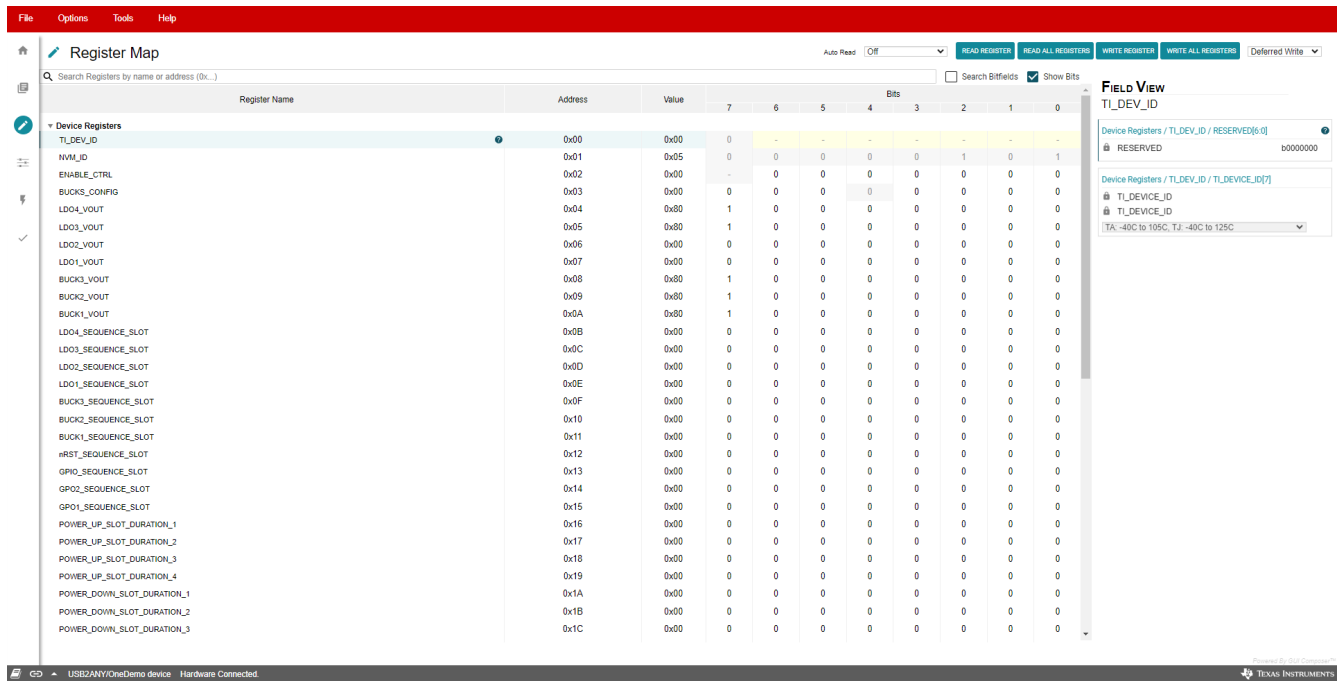


图 6-8. 寄存器映射页面

备注

尽管所有寄存器都显示在 “Register Map” 页面中，但并非所有寄存器都可以通过该页面进行编辑。尝试写入只读寄存器不会生成错误。由于每次写入都会伴随一次相关的读取，因此 “Register Map” 的显示内容会更新，以反映写入尝试并未更改这些位。

6.5 NVM 配置页面

NVM 配置页面 (如图 6-9 所示) 是 GUI 的主要特性，突出了 PMIC 的可配置性。在该页面上，寄存器字段根据用例进行分组，并进行标记以指示每个块控制 PMIC 的哪一部分。NVM 配置页面还提供了一个界面，用于保存自定义配置或将现有配置加载到目标器件的 NVM 中。使用页面左上角的 **READ ALL REGISTERS** 按钮可读取所有寄存器。

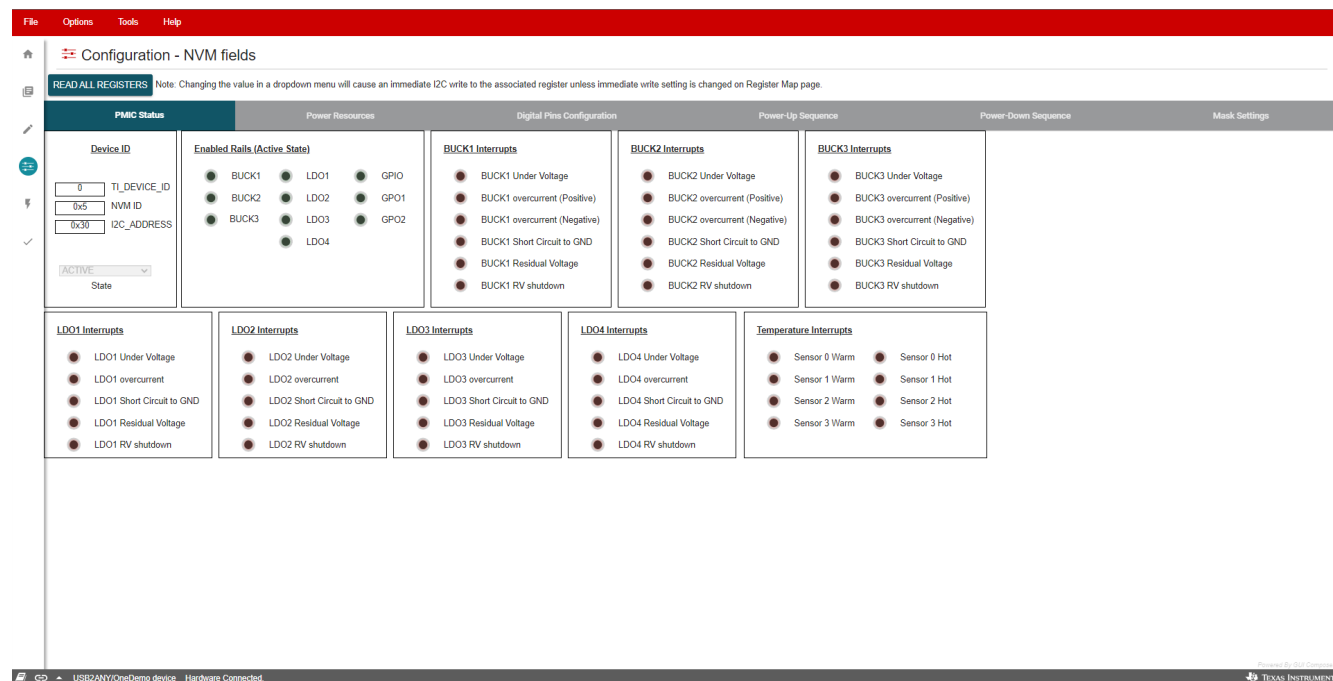


图 6-9. NVM 配置页面

6.5.1 NVM 字段

可以在 NVM 配置页面上更改寄存器设置，并遵循“Register Map”页面上指定的寄存器写入设置（“Immediate Write”或“Deferred Write”）。

PMIC Status 选项卡包含一组只读状态寄存器，这些寄存器会显示器件 ID 值以及所有电源轨启用和中断（显示为数字 LED）。本部分提供有关 PMIC 及运行条件的快速视觉反馈。

Power Resources 选项卡包含 PMIC 每个电源轨的寄存器设置。用户还可以在此处找到 LDO1 和 LDO2 配置设置的参考表（有关负载开关和旁路模式的更多信息，请参阅“Collateral”页面中包含的器件数据表）。

Sequence 选项卡用于控制电源轨序列和时序寄存器以进行上电和下电。

Digital Pins Configuration 选项卡用于控制数字 I/O 引脚的设置（有关多功能引脚的详细信息，请参阅 PMIC 数据表）。

Mask Settings 选项卡可供用户控制 PMIC 保护特性的故障报告，包括对欠压、温度和中断信号的屏蔽。

6.5.2 创建和加载自定义配置

“NVM 配置”页面无需硬件来开发 NVM 配置。只有在尝试将配置上传到目标器件中时才需要连接实际器件。

将寄存器设置为所需配置后，请使用屏幕顶部 **File** 选项卡下的 **Register File Format** 选项，为配置文件选择一种格式（如图 6-10 所示）。寄存器配置可保存为 CSV（逗号分隔值）或 JSON（JavaScript 对象表示法）格式。接下来，使用 **Save Registers As...** 选项以所选格式保存您的配置。创建文件后，您可以使用 **Save Registers** 选项保存对寄存器配置所做的任何更改。该选项会将更改保存到当前加载的配置。

要将现有配置加载到 NVM 中，请使用 **Load Registers** 选项并浏览至配置文件位置。

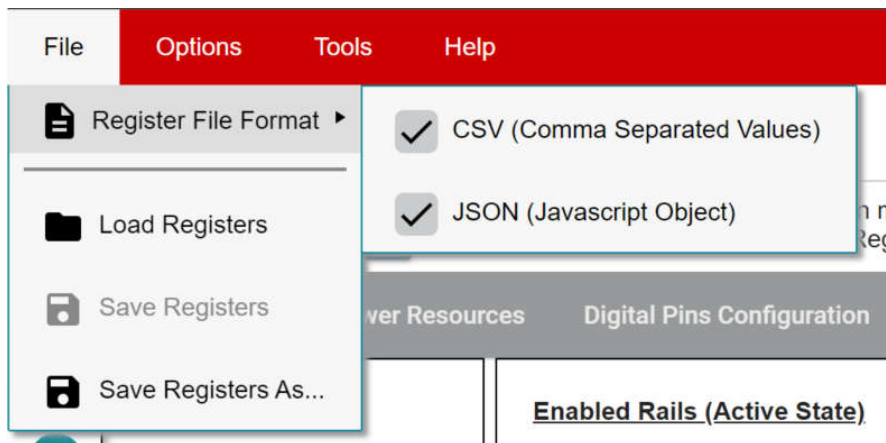


图 6-10. 保存/加载寄存器选项

6.6 序列配置

TPS65219 GUI 具有序列配置选项卡，用于修改和绘制上电和下电序列。**Power-Up Sequence** 和 **Power-Down Sequence** 选项卡根据相应的设置，将每个信号的电压电平绘制为时间的函数。

绘制特性

图 6-11 展示了序列配置选项卡的特性。

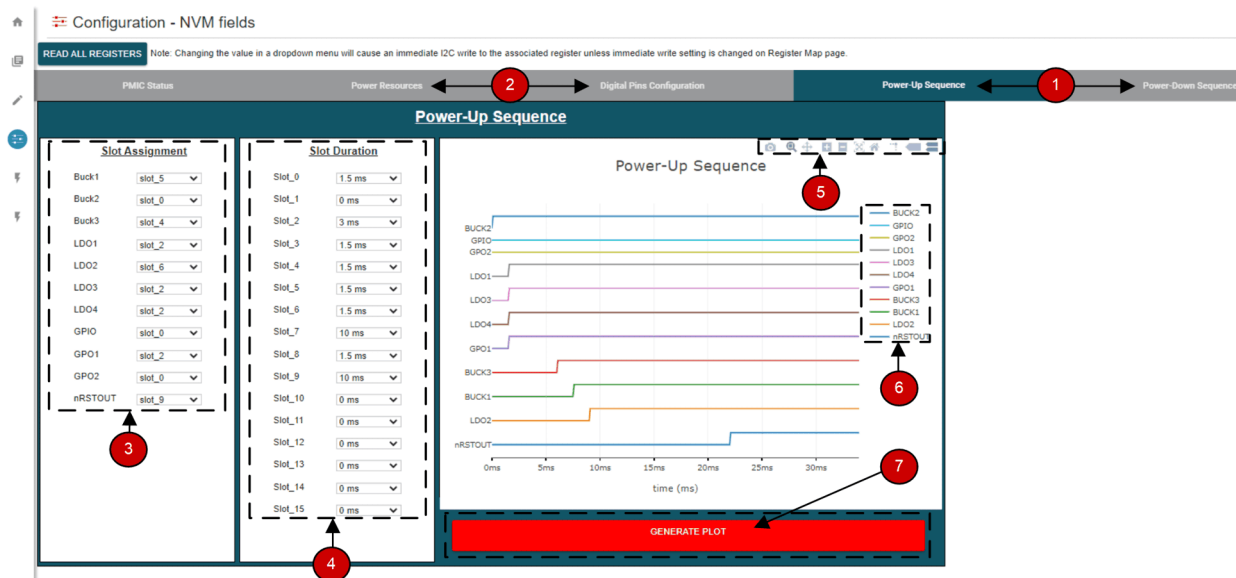


图 6-11. 序列绘制工具

备注

图中的上升和下降持续时间不准确。实际上升和下降时间取决于负载电容和其他变量。

1. **Power-Up Sequence** 和 **Power-Down Sequence** 绘制选项卡。
2. 绘制时，在活动状态下禁用的电源轨始终保持低电平。在 **Power Resources** 或 **Digital Pins Configuration** 选项卡中配置这些设置。
3. 时隙分配：具有 16 种可能的时隙分配（时隙 0 至时隙 15），可将这些时隙分配给每个电源轨，以实现灵活的电源序列。
4. 时隙持续时间：具有四个可能的时隙持续时间（0ms、1.5ms、3ms、10ms），可将这些时隙持续时间分配给每个时隙，以实现灵活的电源序列。
5. 将鼠标悬停在图上时，将显示绘制菜单栏。[菜单栏选项](#)对该特性进行了详细说明
6. 点击图例中的信号可更改可见性。
7. 按下 **Generate Plot** 按钮可绘制设计。根据哪个信号先上升或先下降来对信号进行排序

菜单栏选项

绘制菜单栏有多项设置，包括：

- 摄像机: 将绘图下载为 PNG 格式
- 缩放：在图上左键点击并拖动鼠标可放大所选区域。默认启用。
- 平移：左键点击并拖动鼠标可导航绘图。
- 放大
- 缩小
- 自动缩放图形
- 复位轴
- 像尖峰那样切换
- 悬停时显示最近的数据
- 悬停时比较数据。默认启用。

6.7 NVM 编程页面

可在 NVM 编程页面对器件 NVM 存储器重新编程，以更改默认寄存器设置。本页包含四个主要功能，分别与图 6-12 中所示的按钮相对应。仅当从“初始化”状态 (PMIC 电源轨关闭) 对 PMIC 重新编程时，才需要前两个步骤，即 *I2C OFF REQUEST* 和 *ENABLE I2C COMMUNICATION*。

- **I2C OFF REQUEST** 按钮通过 I2C 触发关闭请求，并将 PMIC 发送至“初始化”状态。
- **ENABLE I2C COMMUNICATION** 按钮可在“初始化”状态下启用 I2C 通信。
 - 启用 I2C 通信后，可以转到 NVM 配置页面，以选择所需的寄存器设置，或使用 *File* 选项卡选项加载预配置的 JSON 或 CSV 文件。
- **NVM PROGRAMMING** 按钮可将所选的寄存器设置编程到 NVM 中。
- **VALIDATE NVM PROGRAMMING** 按钮可用于读取 NVM 内容，并将其与所选寄存器设置进行比较。结果 (PASS 或 FAIL) 存储在寄存器 0x34 的字段 7 *NVM_VERIFY_RESULT* 中。

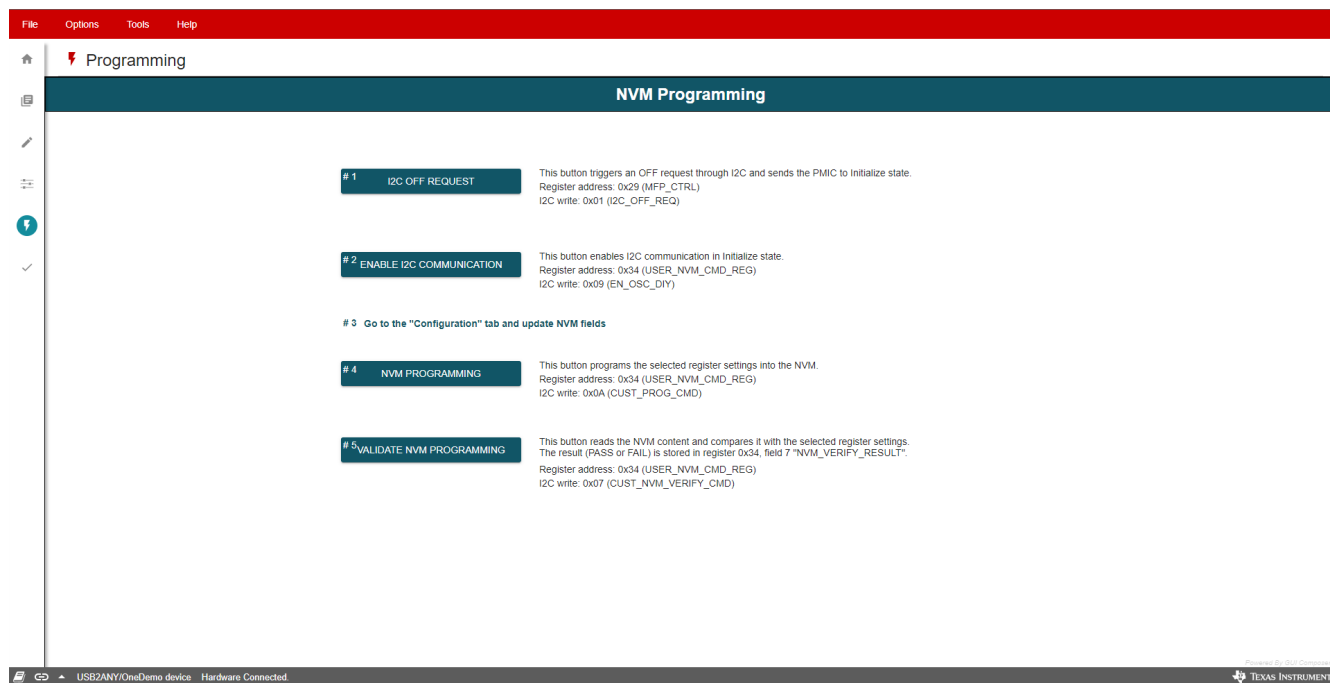


图 6-12. NVM 编程页面

6.8 附加特性

在 GUI 界面顶部的“Options”选项卡中，用户可以选择 *Serial Port...* 来显示有关 EVM 与计算机连接的信息。

Tools 选项卡包括 *Log pane* 选项。选择该选项可打开一个窗口，其中列出了来自 GUI 应用程序的最新消息和警告。这些报告标有收到每份报告的日期和时间。在日志窗口的右上角，用户可以滤除不同的信息类型，保存事件列表，以及清除或关闭日志窗口。

7 原理图、PCB 布局和物料清单

7.1 TPS65219EVM-SKT 原理图

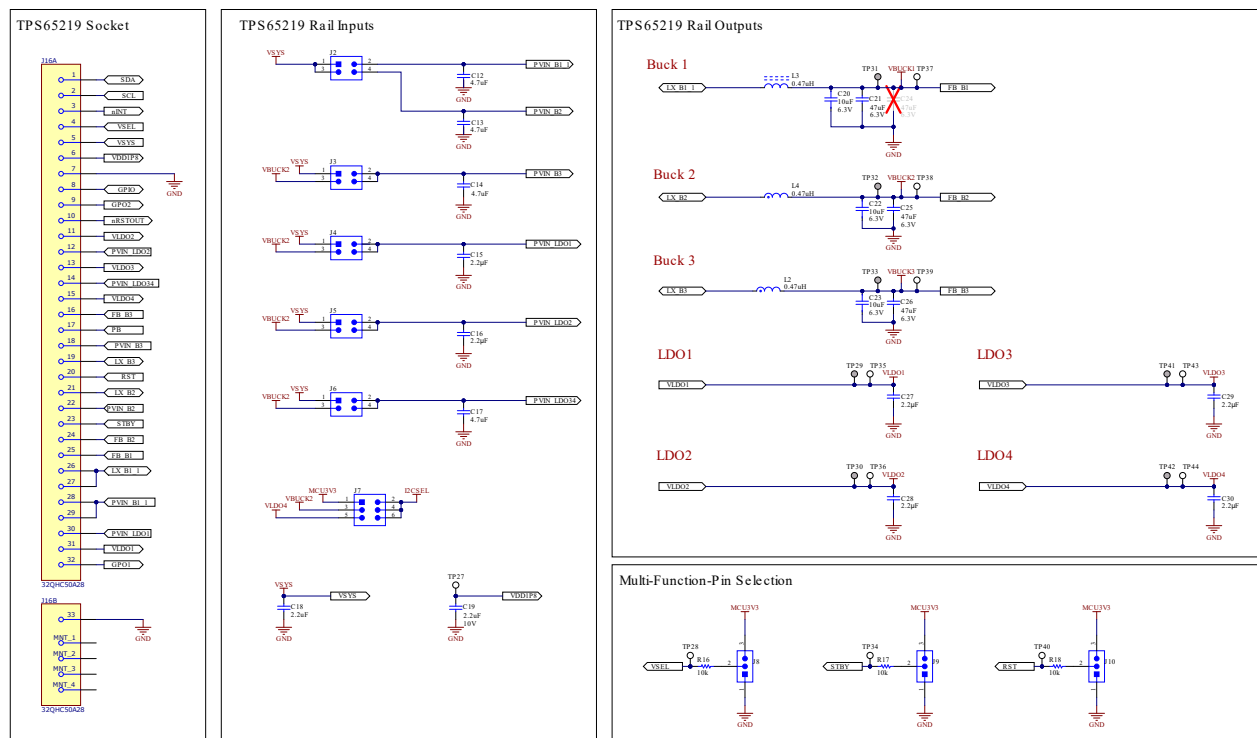


图 7-1. TPS65219EVM-SKT，原理图 (第 1 页)

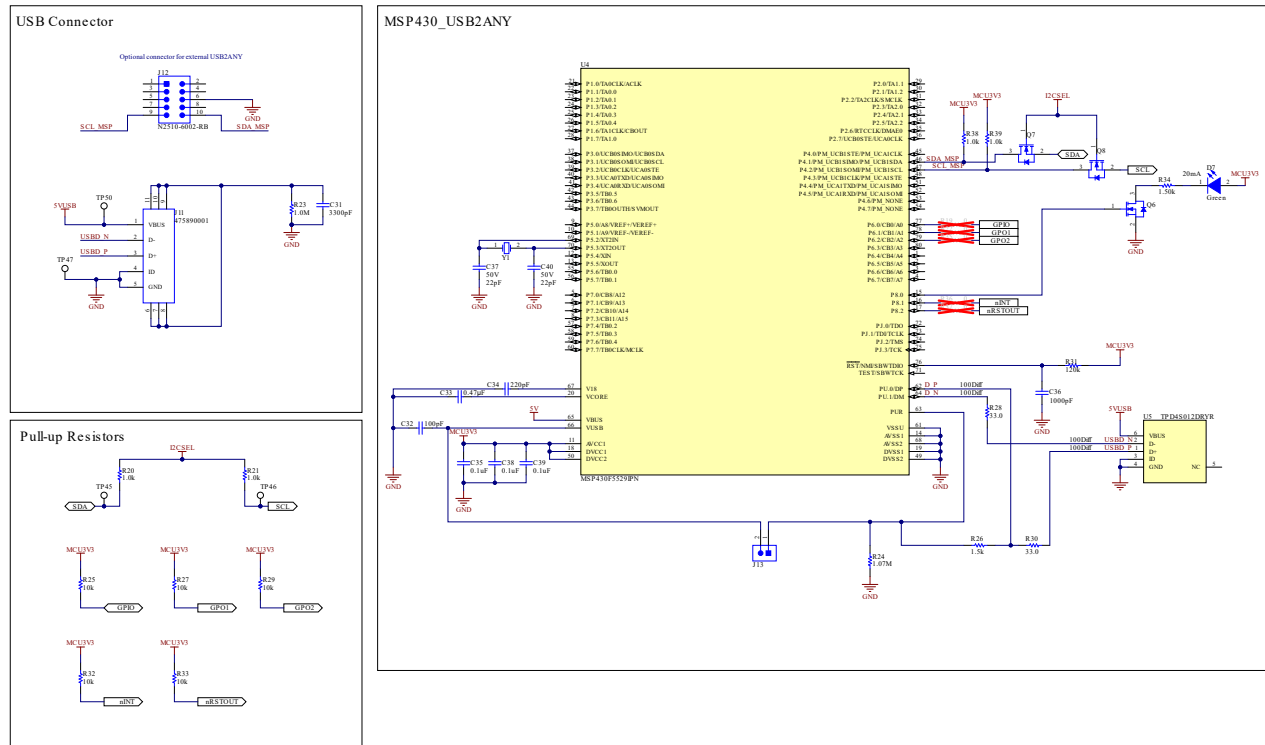


图 7-2. TPS65219EVM-SKT，原理图 (第 2 页)

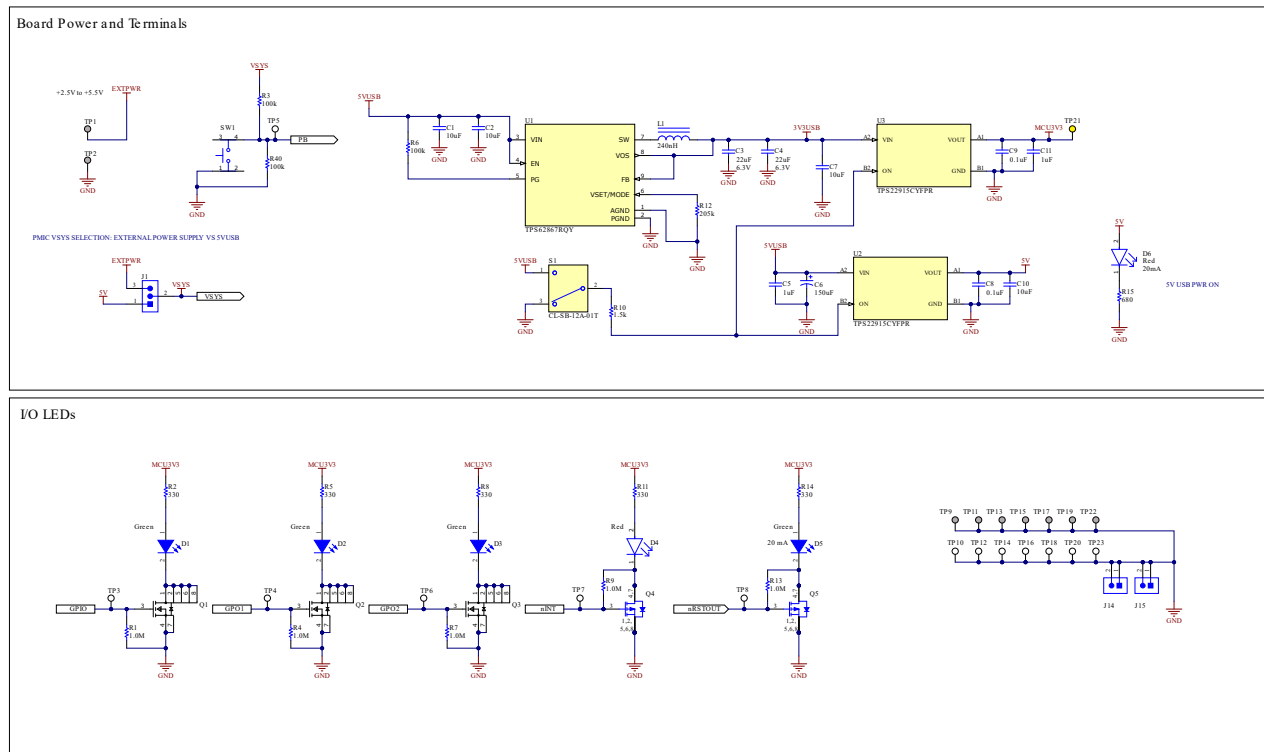


图 7-3. TPS65219EVM-SKT，原理图 (第 3 页)

7.2 TPS65219EVM-SKT PCB 层

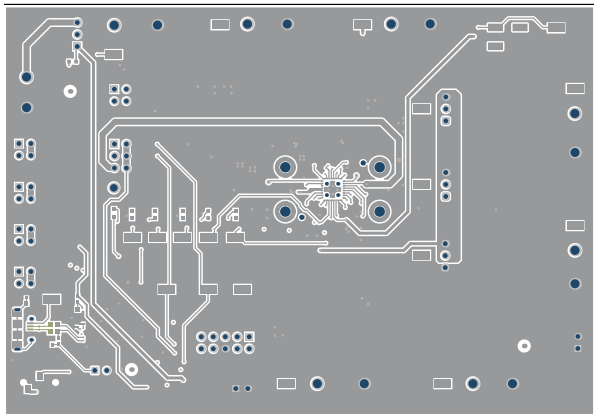


图 7-4. TPS65219EVM-SKT 顶层

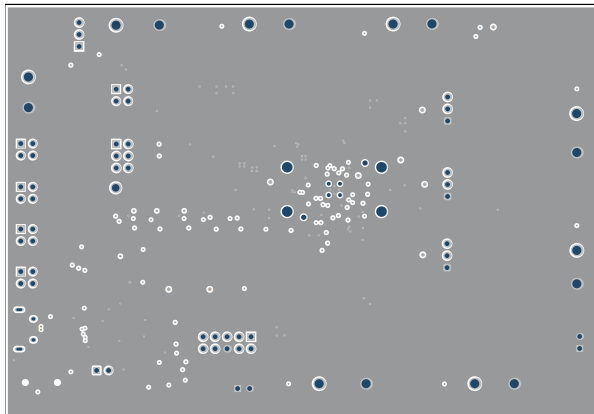


图 7-5. TPS65219EVM-SKT 信号层 1

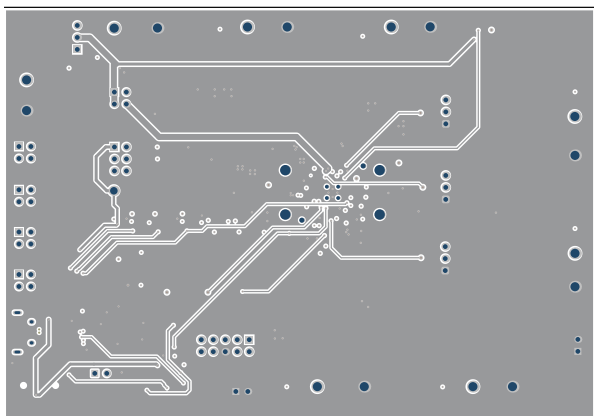


图 7-6. TPS65219EVM-SKT 信号层 2

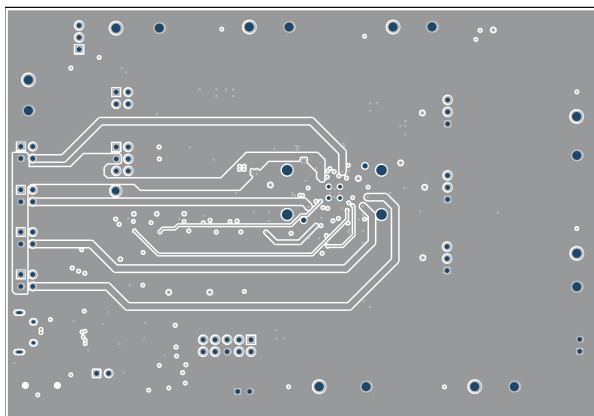


图 7-7. TPS65219EVM-SKT 信号层 3

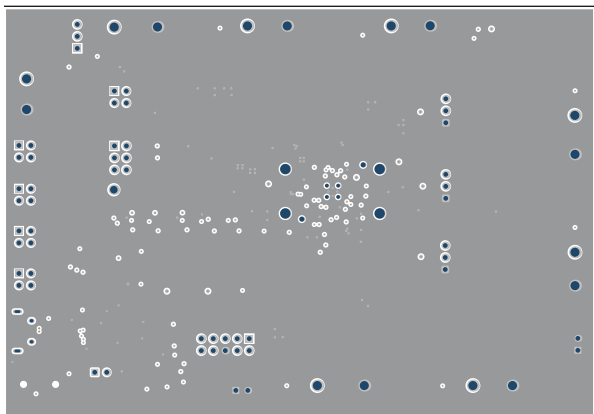


图 7-8. TPS65219EVM-SKT 信号层 4

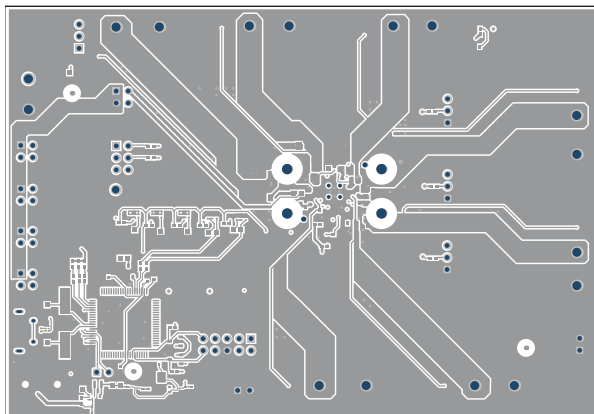


图 7-9. TPS65219EVM-SKT 底层

7.3 TPS65219EVM-RSM 原理图

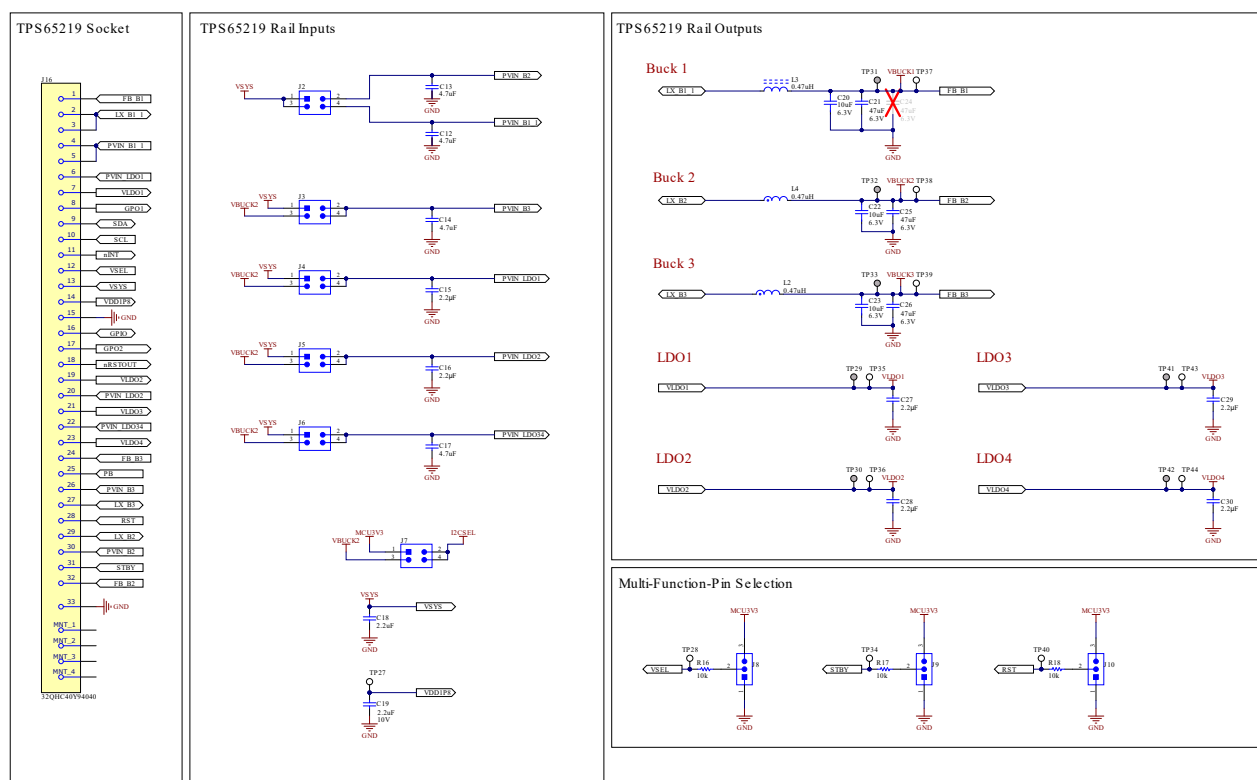


图 7-10. TPS65219EVM-RSM，原理图 (第 1 页)

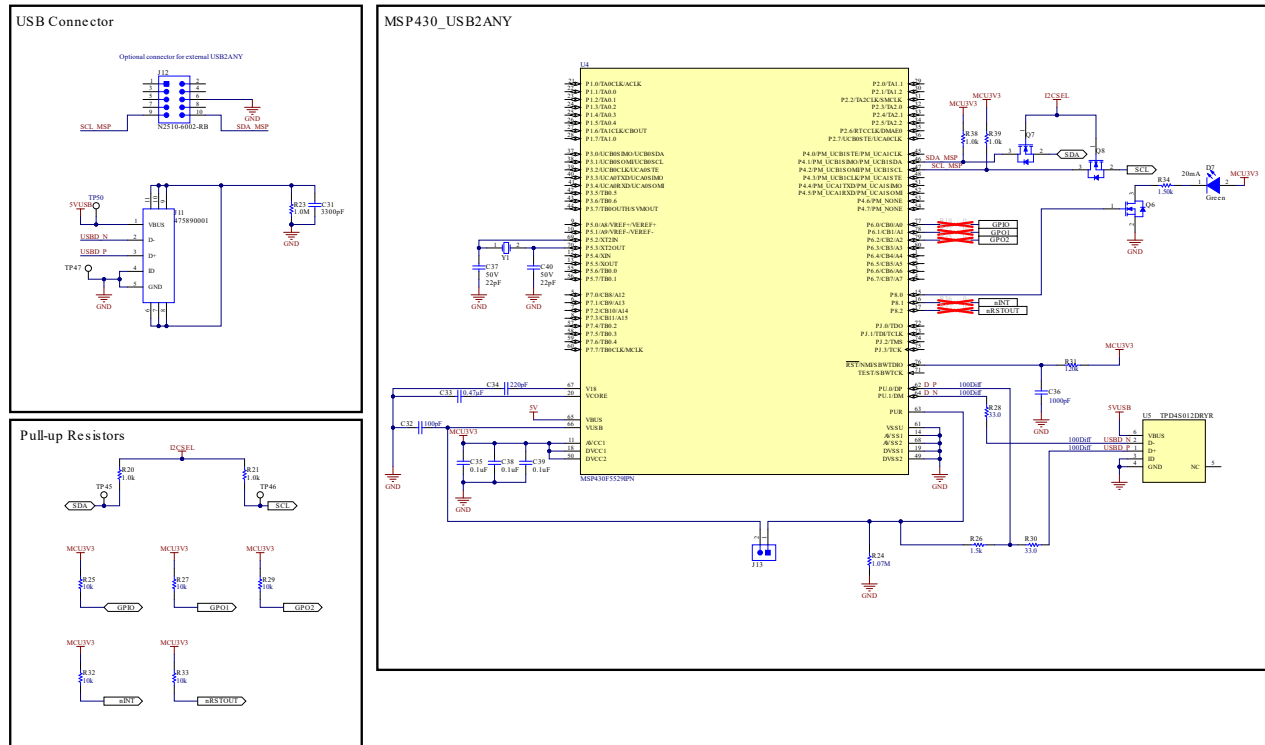


图 7-11. TPS65219EVM-RSM，原理图 (第 2 页)

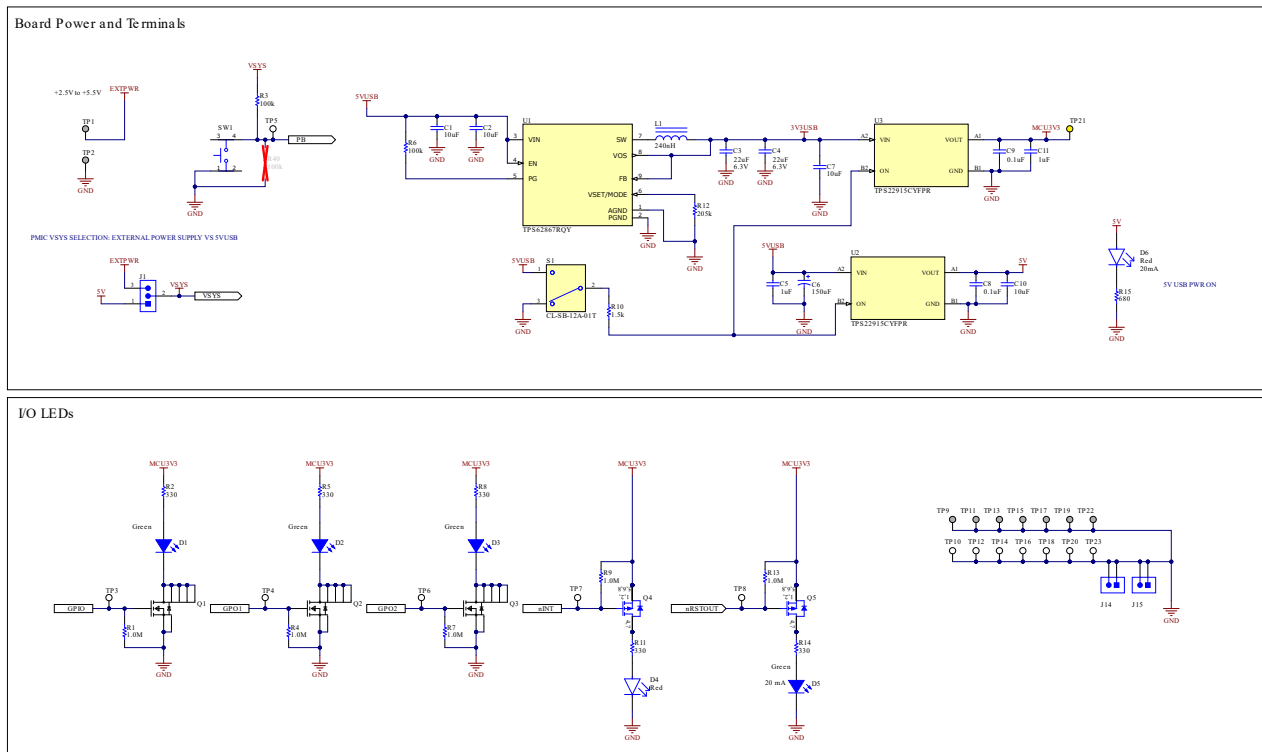


图 7-12. TPS65219EVM-RSM，原理图 (第 3 页)

7.4 TPS65219EVM-RSM PCB 层

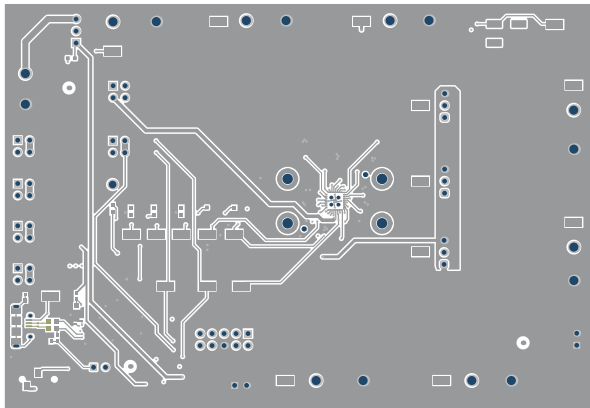


图 7-13. TPS65219EVM-RSM 顶层

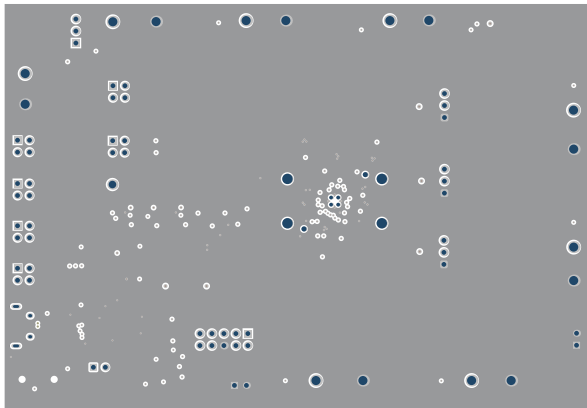


图 7-14. TPS65219EVM-RSM 信号层 1

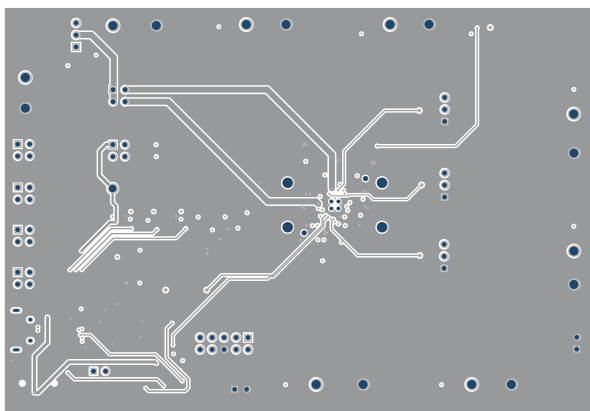


图 7-15. TPS65219EVM-RSM 信号层 2

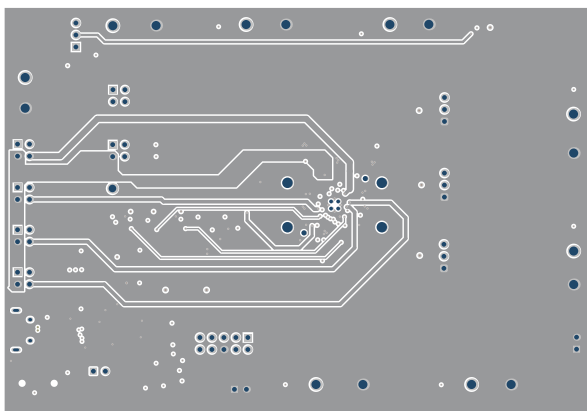


图 7-16. TPS65219EVM-RSM 信号层 3

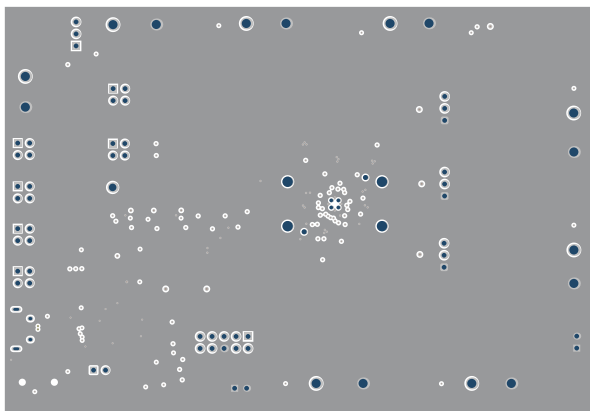


图 7-17. TPS65219EVM-RSM 信号层 4

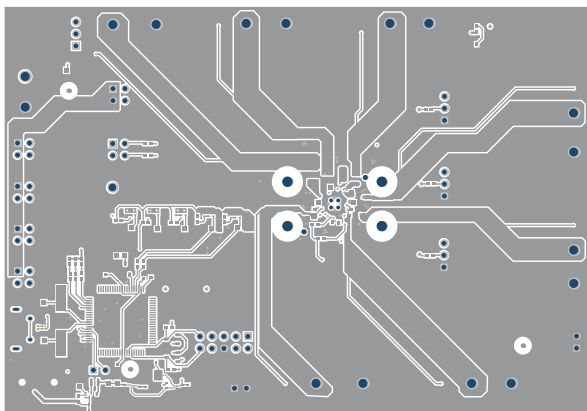


图 7-18. TPS65219EVM-RSM 底层

7.5 物料清单

表 7-1. 物料清单

标识符	数量	说明	封装参考	器件型号	制造商
C1、C2、C7、C10	4	电容, 陶瓷, 10 μ F , 10V, +/-20% , X5R, 0402	402	CL05A106MP5NUNC	Samsung Electro-Mechanics
C3、C4	2	电容, 陶瓷, 22 μ F , 6.3V, +/-20% , X5R, 0603	603	GRM188R60J226MEA0D	MuRata
C5、C11	2	电容, 陶瓷, 1 μ F , 35V, +/-20% , X5R, 0402	402	GRM155R6YA105ME11D	MuRata
C6	1	电容, 钽, 150 μ F , 6.3V, +/-20% , 0.025 Ω , SMD	3528-21	T520B157M006ATE025	Kemet
C8、C9	2	电容器, 陶瓷, 0.1 μ F, 10V , +/-20% , X5R, 0402	402	885012105010	Wurth Elektronik
C12、C13、C14、C17	4	电容, 陶瓷, 4.7 μ F , 10V, +/-10% , X7S, 0603	603	C1608X7S1A475K080AC	TDK
C15、C16、C18、C19、C27、C28、C29、C30	8	电容, 陶瓷, 2.2 μ F , 10V, +/-10% , X7S, 0402	402	C1005X7S1A225K050BC	TDK
C20、C22、C23	3	电容, 陶瓷, 10 μ F , 6.3V, X7R, $\pm$ 10% , SMD, 1206 , +125°C, 压纹 T/R	1206	CL31B106KQHNFE	Samsung
C21、C25、C26	3	电容, 陶瓷, 47 μ F , 6.3V, +/-20% , X7S, 1206	1206	C3216X7S0J476M160AC	TDK
C31	1	电容, 陶瓷, 3300pF, 50V , +/-10% , X7R, 0603	603	C0603C332K5RACTU	Kemet
C32	1	电容, 陶瓷, 100pF , 16V, +/-10% , X7R, 0201	201	GRM033R71C101KA01D	MuRata
C33	1	电容, 陶瓷, 0.47 μ F, 16V , +/-10% , X7S, 0402	402	CGA2B1X7S1C474K050BE	TDK
C34	1	电容, 陶瓷, 220pF , 16V, +/-10% , X7R, 0201	201	GRM033R71C221KA01D	MuRata
C35、C38、C39	3	电容, 陶瓷, 0.1 μ F , 16V, +/-10% , X7R, 0402	402	GCM155R71C104KA55D	MuRata

表 7-1. 物料清单 (续)

标识符	数量	说明	封装参考	器件型号	制造商
C36	1	电容, 陶瓷, 1000pF, 50V, +/-10%, X7R, 0603	603	C0603C102K5RACT U	Kemet
C37、C40	2	电容, 陶瓷, 22pF, 50V, +/-5%, C0G/ NP0, 0603	603	06035A220JAT2A	AVX
D1、D2、D3、D5	4	LED, 绿色, SMD	1.7x0.65x0.8mm	LG L29K-G2J1-24-Z	OSRAM
D4	1	红色 631nm LED 指示 - 分立式 2.2V 0603 (公制 1608)	603	HSMZ-C190	Broadcom
D6	1	红色 631nm LED 指示 - 分立式 2.2V 0603 (公制 1608)	603	HSMZ-C190	Broadcom
D7	1	LED, 绿色, SMD	LED_0603	150060VS75000	Würth Elektronik
H1、H2、H3、H4	4	Bumpon, 半球形, 0.44 X 0.20, 透明	透明 Bumpon	SJ-5303 (CLEAR)	3M
H5	1	要放置在插座 J16 中的 IC		TPS6521905RHBR、 TPS6521905RSMR ⁽¹⁾	德州仪器 (TI)
J1	1	接头, 100mil, 3x1, 金, TH	PBC03SAAN	PBC03SAAN	Sullins Connector Solutions
J2、J3、J4、J5、 J6、J7	6	接头, 100mil, 2x2, 锡, TH	接头, 2x2, 2.54mm, TH	PEC02DAAN	Sullins Connector Solutions
J8、J9、J10	3	接头, 100mil, 3x1, 金, TH	3x1 接头	TSW-103-07-G-S	Samtec
J11	1	连接器, 插座, Micro- USB Type AB, R/A, 底部安装 SMT	5.6mm x 2.5mm x 8.2mm	475890001	Molex
J12	1	接头 (有罩), 100mil, 5x2, 高温, 镀金, TH	5x2 有罩接头	N2510-6002-RB	3M
J13、J14、J15	3	接头, 100mil, 2x1, 锡, TH	接头, 2 引脚, 100mil, 锡	PEC02SAAN	Sullins Connector Solutions
J16 ⁽²⁾	1	C 系列 QFN, 4.0mm X 4.0mm 器件, 0.40mm 间距, 32 + 4X H 引脚	SOCKET_VQFN32	32QHC40Y94040	Plastronics
L1	1	电感器, 屏蔽, 金属 复合物, 240nH, 5A, 0.019 Ω , SMD	2x1.6mm	DFE201612E- R24M=P2	MuRata
L2、L4	2	薄膜功率电感器, 0.47uH, 20%, 4.5A, 29m Ω , 0805	805	TFM201208BLE- R47MTCF	TDK

表 7-1. 物料清单 (续)

标识符	数量	说明	封装参考	器件型号	制造商
L3	1	470nH 屏蔽线绕电感器, 7A, 23mΩ (最大值), 2-SMD	SMD2	SRP3020TA-R47M	Bourns
Q1、Q2、Q3	3	30V N 通道 NexFET 功率 MOSFET	WS0N6	CSD17318Q2	德州仪器 (TI)
Q4、Q5	2	MOSFET, P 沟道, -20V, -20A, DQK0006C (WS0N-6)	DQK0006C	CSD25310Q2	德州仪器 (TI)
Q6、Q7、Q8	3	MOSFET, N 沟道, 50V, 0.22A, SOT-23	SOT-23	BSS138	Fairchild Semiconductor
R1、R4、R7、R9、R13	5	电阻, 1.0MΩ, 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	603	CRCW06031M00JNEA	Vishay-Dale
R2、R5、R8、R11、R14	5	电阻, 330, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	402	CRCW0402330RJNE D	Vishay-Dale
R3、R6	2	电阻, 100k, 5%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0402	402	ERJ-2GEJ104X	Panasonic
R10、R26	2	电阻, 1.5k, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	402	CRCW04021K50JNE D	Vishay-Dale
R12	1	电阻, 205kΩ, 1%, 0.1W, 0603	603	RC0603FR-07205KL	Yageo
R15	1	电阻, 680, 5%, 0.1W, 0603	603	RC0603JR-07680RL	Yageo
R16、R17、R18、R25、R27、R29、R32、R33	8	电阻, 10k, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	402	CRCW040210K0JNE D	Vishay-Dale
R20、R21、R38、R39	4	电阻, 1.0k, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	402	CRCW04021K00JNE D	Vishay-Dale
R23	1	电阻, 1.0MΩ, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	402	CRCW04021M00JNE D	Vishay-Dale
R24	1	电阻, 1.07MΩ, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	402	CRCW04021M07FKE D	Vishay-Dale
R28、R30	2	电阻, 33.0, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	603	CRCW060333R0FKEA	Vishay-Dale
R31	1	电阻, 120k, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	402	CRCW0402120KJNE D	Vishay-Dale

表 7-1. 物料清单 (续)

标识符	数量	说明	封装参考	器件型号	制造商
R34	1	电阻, 1.50k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0603	603	CRCW06031K50FKEA	Vishay-Dale
S1	1	开关, 滑动式, SPDT, 0.2A, J 形引线, SMD	SMD, 3 引脚, 主体 8.5mm x 3.5mm, 间距 2.5mm	CL-SB-12A-01T	Copal Electronics
SH-J1、SH-J2、SH-J3、SH-J4、SH-J5、SH-J6、SH-J7、SH-J8、SH-J9、SH-J10、SH-J12	11	分流器, 100mil, 镀金, 黑色	顶部闭合 100mil 分流器	SPC02SYAN	Sullins Connector Solutions
SW1	1	开关, 触控式, N.O.SPST 圆形按钮弯头 32VAC 32VDC 1VA 100000 周期 3N SMD Tube/T/R	SMT_SW_7MM1_6M M3	KT11P3JM34LFS	C&K Components
TP1、TP2、TP9、TP11、TP13、TP15、TP17、TP19、TP22、TP29、TP30、TP31、TP32、TP33、TP41、TP42	16	PCB 引脚, 模锻支架, TH	PCB 引脚 (2505-2)	2505-2-00-44-00-00-07-0	Mill-Max
TP3、TP4、TP5、TP6、TP7、TP8、TP10、TP12、TP14、TP16、TP18、TP20、TP23、TP27、TP28、TP34、TP35、TP36、TP37、TP38、TP39、TP40、TP43、TP44、TP45、TP46、TP47、TP50	28	测试点, 微型, SMT	Testpoint_Keystone_Miniature	5015	Keystone
TP21	1	测试点, 通用, 黄色, TH	黄色通用测试点	5014	Keystone
U1	1	采用 1.5mm x 2.5mm QFN 封装的 2.4V 至 5.5V 输入、6A 降压转换器	VQFN-HR9	TPS62867RQYRCT-ND	德州仪器 (TI)
U2、U3	2	5.5V, 2A, 38m? 具有快速输出放电功能的负载开关, YFP0004AAAA (DSBGA-4)	YFP0004AAAA	TPS22915CYFPR	德州仪器 (TI)

表 7-1. 物料清单 (续)

标识符	数量	说明	封装参考	器件型号	制造商
U4	1	25MHz 混合信号微控制器, 具有 128KB 闪存、8192 B SRAM 和 63 GPIO, -40 至 85°C, 80 引脚 QFP (PN), 绿色 (符合 RoHS 标准, 无镉/溴)	PN0080A	MSP430F5529IPN	德州仪器 (TI)
U5	1	具有电源钳位的 4 通道 USB ESD 解决方案, DRY0006A (USON-6)	DRY0006A	TPD4S012DRYR	德州仪器 (TI)
XU1 ⁽²⁾	1	插座, QFN-32, 0.5mm 间距, TH	30.5mm x 16.7mm x 29mm	QFN-32_40_BT-0.5-02-00	Enplas Tech Solutions
Y1	1	晶振, 24.000MHz, 20pF, SMD	晶体, 11.4x4.3x3.8mm	ECS-240-20-5PX-TR	ECS Inc.

(1) 随附的 PMIC 取决于您所使用的电路板, 如下所示。

- TPS65219EVM-SKT : TPS6521905RHBR
- TPS65219EVM-RSM : TPS6521905RSMR

(2) 插座型号取决于您所使用的电路板, 如下所示。

- TPS65219EVM-SKT : 32QHC50A28
- TPS65219EVM-RSM : 32QHC40Y94040

8 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

Changes from Revision * (July 2023) to Revision A (August 2026)	Page
• 更新了电源资源表，注释栏中有更多详细信息.....	4
• 添加了 表 3-2 比较表.....	4
• 添加了 图 4-1 图片.....	6
• 添加了 表 4-4 默认配置表.....	6
• 删除了“初始化状态”部分中重复的 NVM 编程.....	10
• 将部分标题从 TPS65219EVM-SKT 默认 NVM 设置更改为 TPS6521905 默认 NVM 设置.....	10
• 将表标题从 TPS65219EVM-SKT 默认 NVM 设置更改为 TPS6521905 默认 NVM 设置.....	10
• 删除了重复的调试部分.....	12
• 更新了 TPS65219EVM-SKT 原理图图像，添加了 32QHC50A28 插座元件.....	22
• 更新了修订版 B 电路板的 TPS65219EVM-SKT PCB 图像.....	25
• 将过时元件 QFN-32_40_BT-0.5-02-00 更改为 32QHC50A28.....	30

STANDARD TERMS FOR EVALUATION MODULES

1. *Delivery:* TI delivers TI evaluation boards, kits, or modules, including any accompanying demonstration software, components, and/or documentation which may be provided together or separately (collectively, an "EVM" or "EVMs") to the User ("User") in accordance with the terms set forth herein. User's acceptance of the EVM is expressly subject to the following terms.
 - 1.1 EVMs are intended solely for product or software developers for use in a research and development setting to facilitate feasibility evaluation, experimentation, or scientific analysis of TI semiconductors products. EVMs have no direct function and are not finished products. EVMs shall not be directly or indirectly assembled as a part or subassembly in any finished product. For clarification, any software or software tools provided with the EVM ("Software") shall not be subject to the terms and conditions set forth herein but rather shall be subject to the applicable terms that accompany such Software
 - 1.2 EVMs are not intended for consumer or household use. EVMs may not be sold, sublicensed, leased, rented, loaned, assigned, or otherwise distributed for commercial purposes by Users, in whole or in part, or used in any finished product or production system.
2. *Limited Warranty and Related Remedies/Disclaimers:*
 - 2.1 These terms do not apply to Software. The warranty, if any, for Software is covered in the applicable Software License Agreement.
 - 2.2 TI warrants that the TI EVM will conform to TI's published specifications for ninety (90) days after the date TI delivers such EVM to User. Notwithstanding the foregoing, TI shall not be liable for a nonconforming EVM if (a) the nonconformity was caused by neglect, misuse or mistreatment by an entity other than TI, including improper installation or testing, or for any EVMs that have been altered or modified in any way by an entity other than TI, (b) the nonconformity resulted from User's design, specifications or instructions for such EVMs or improper system design, or (c) User has not paid on time. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary. TI does not test all parameters of each EVM. User's claims against TI under this Section 2 are void if User fails to notify TI of any apparent defects in the EVMs within ten (10) business days after delivery, or of any hidden defects with ten (10) business days after the defect has been detected.
 - 2.3 TI's sole liability shall be at its option to repair or replace EVMs that fail to conform to the warranty set forth above, or credit User's account for such EVM. TI's liability under this warranty shall be limited to EVMs that are returned during the warranty period to the address designated by TI and that are determined by TI not to conform to such warranty. If TI elects to repair or replace such EVM, TI shall have a reasonable time to repair such EVM or provide replacements. Repaired EVMs shall be warranted for the remainder of the original warranty period. Replaced EVMs shall be warranted for a new full ninety (90) day warranty period.

WARNING

Evaluation Kits are intended solely for use by technically qualified, professional electronics experts who are familiar with the dangers and application risks associated with handling electrical mechanical components, systems, and subsystems.

User shall operate the Evaluation Kit within TI's recommended guidelines and any applicable legal or environmental requirements as well as reasonable and customary safeguards. Failure to set up and/or operate the Evaluation Kit within TI's recommended guidelines may result in personal injury or death or property damage. Proper set up entails following TI's instructions for electrical ratings of interface circuits such as input, output and electrical loads.

NOTE:

EXPOSURE TO ELECTROSTATIC DISCHARGE (ESD) MAY CAUSE DEGRADATION OR FAILURE OF THE EVALUATION KIT; TI RECOMMENDS STORAGE OF THE EVALUATION KIT IN A PROTECTIVE ESD BAG.

3 Regulatory Notices:

3.1 United States

3.1.1 Notice applicable to EVMs not FCC-Approved:

FCC NOTICE: This kit is designed to allow product developers to evaluate electronic components, circuitry, or software associated with the kit to determine whether to incorporate such items in a finished product and software developers to write software applications for use with the end product. This kit is not a finished product and when assembled may not be resold or otherwise marketed unless all required FCC equipment authorizations are first obtained. Operation is subject to the condition that this product not cause harmful interference to licensed radio stations and that this product accept harmful interference. Unless the assembled kit is designed to operate under part 15, part 18 or part 95 of this chapter, the operator of the kit must operate under the authority of an FCC license holder or must secure an experimental authorization under part 5 of this chapter.

3.1.2 For EVMs annotated as FCC – FEDERAL COMMUNICATIONS COMMISSION Part 15 Compliant:

CAUTION

This device complies with part 15 of the FCC Rules. Operation is subject to the following two conditions: (1) This device may not cause harmful interference, and (2) this device must accept any interference received, including interference that may cause undesired operation.

Changes or modifications not expressly approved by the party responsible for compliance could void the user's authority to operate the equipment.

FCC Interference Statement for Class A EVM devices

NOTE: This equipment has been tested and found to comply with the limits for a Class A digital device, pursuant to part 15 of the FCC Rules. These limits are designed to provide reasonable protection against harmful interference when the equipment is operated in a commercial environment. This equipment generates, uses, and can radiate radio frequency energy and, if not installed and used in accordance with the instructions, may cause harmful interference to radio communications. Operation of this equipment in a residential area is likely to cause harmful interference in which case the user will be required to correct the interference at his own expense.

FCC Interference Statement for Class B EVM devices

NOTE: This equipment has been tested and found to comply with the limits for a Class B digital device, pursuant to part 15 of the FCC Rules. These limits are designed to provide reasonable protection against harmful interference in a residential installation. This equipment generates, uses and can radiate radio frequency energy and, if not installed and used in accordance with the instructions, may cause harmful interference to radio communications. However, there is no guarantee that interference will not occur in a particular installation. If this equipment does cause harmful interference to radio or television reception, which can be determined by turning the equipment off and on, the user is encouraged to try to correct the interference by one or more of the following measures:

- Reorient or relocate the receiving antenna.
- Increase the separation between the equipment and receiver.
- Connect the equipment into an outlet on a circuit different from that to which the receiver is connected.
- Consult the dealer or an experienced radio/TV technician for help.

3.2 Canada

3.2.1 For EVMs issued with an Industry Canada Certificate of Conformance to RSS-210 or RSS-247

Concerning EVMs Including Radio Transmitters:

This device complies with Industry Canada license-exempt RSSs. Operation is subject to the following two conditions:

(1) this device may not cause interference, and (2) this device must accept any interference, including interference that may cause undesired operation of the device.

Concernant les EVMs avec appareils radio:

Le présent appareil est conforme aux CNR d'Industrie Canada applicables aux appareils radio exempts de licence. L'exploitation est autorisée aux deux conditions suivantes: (1) l'appareil ne doit pas produire de brouillage, et (2) l'utilisateur de l'appareil doit accepter tout brouillage radioélectrique subi, même si le brouillage est susceptible d'en compromettre le fonctionnement.

Concerning EVMs Including Detachable Antennas:

Under Industry Canada regulations, this radio transmitter may only operate using an antenna of a type and maximum (or lesser) gain approved for the transmitter by Industry Canada. To reduce potential radio interference to other users, the antenna type and its gain should be so chosen that the equivalent isotropically radiated power (e.i.r.p.) is not more than that necessary for successful communication. This radio transmitter has been approved by Industry Canada to operate with the antenna types listed in the user guide with the maximum permissible gain and required antenna impedance for each antenna type indicated. Antenna types not included in this list, having a gain greater than the maximum gain indicated for that type, are strictly prohibited for use with this device.

Concernant les EVMs avec antennes détachables

Conformément à la réglementation d'Industrie Canada, le présent émetteur radio peut fonctionner avec une antenne d'un type et d'un gain maximal (ou inférieur) approuvé pour l'émetteur par Industrie Canada. Dans le but de réduire les risques de brouillage radioélectrique à l'intention des autres utilisateurs, il faut choisir le type d'antenne et son gain de sorte que la puissance isotrope rayonnée équivalente (p.i.r.e.) ne dépasse pas l'intensité nécessaire à l'établissement d'une communication satisfaisante. Le présent émetteur radio a été approuvé par Industrie Canada pour fonctionner avec les types d'antenne énumérés dans le manuel d'usage et ayant un gain admissible maximal et l'impédance requise pour chaque type d'antenne. Les types d'antenne non inclus dans cette liste, ou dont le gain est supérieur au gain maximal indiqué, sont strictement interdits pour l'exploitation de l'émetteur.

3.3 Japan

3.3.1 *Notice for EVMs delivered in Japan:* Please see http://www.tij.co.jp/sds/ti_ja/general/eStore/notice_01.page 日本国内に輸入される評価用キット、ボードについては、次のところをご覧ください。

<https://www.ti.com/ja-jp/legal/notice-for-evaluation-kits-delivered-in-japan.html>

3.3.2 *Notice for Users of EVMs Considered "Radio Frequency Products" in Japan:* EVMs entering Japan may not be certified by TI as conforming to Technical Regulations of Radio Law of Japan.

If User uses EVMs in Japan, not certified to Technical Regulations of Radio Law of Japan, User is required to follow the instructions set forth by Radio Law of Japan, which includes, but is not limited to, the instructions below with respect to EVMs (which for the avoidance of doubt are stated strictly for convenience and should be verified by User):

1. Use EVMs in a shielded room or any other test facility as defined in the notification #173 issued by Ministry of Internal Affairs and Communications on March 28, 2006, based on Sub-section 1.1 of Article 6 of the Ministry's Rule for Enforcement of Radio Law of Japan,
2. Use EVMs only after User obtains the license of Test Radio Station as provided in Radio Law of Japan with respect to EVMs, or
3. Use of EVMs only after User obtains the Technical Regulations Conformity Certification as provided in Radio Law of Japan with respect to EVMs. Also, do not transfer EVMs, unless User gives the same notice above to the transferee. Please note that if User does not follow the instructions above, User will be subject to penalties of Radio Law of Japan.

【無線電波を送信する製品の開発キットをお使いになる際の注意事項】 開発キットの中には技術基準適合証明を受けていないものがあります。技術適合証明を受けていないもののご使用に際しては、電波法遵守のため、以下のいずれかの措置を取っていただく必要がありますのでご注意ください。

1. 電波法施行規則第6条第1項第1号に基づく平成18年3月28日総務省告示第173号で定められた電波暗室等の試験設備でご使用いただく。
2. 実験局の免許を取得後ご使用いただく。
3. 技術基準適合証明を取得後ご使用いただく。

なお、本製品は、上記の「ご使用にあたっての注意」を譲渡先、移転先に通知しない限り、譲渡、移転できないものとします。

上記を遵守頂けない場合は、電波法の罰則が適用される可能性があることをご留意ください。 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社
東京都新宿区西新宿 6 丁目 2 4 番 1 号
西新宿三井ビル

3.3.3 *Notice for EVMs for Power Line Communication:* Please see http://www.tij.co.jp/sds/ti_ja/general/eStore/notice_02.page

電力線搬送波通信についての開発キットをお使いになる際の注意事項については、次のところをご覧ください。<https://www.ti.com/ja-jp/legal/notice-for-evaluation-kits-for-power-line-communication.html>

3.4 European Union

3.4.1 *For EVMs subject to EU Directive 2014/30/EU (Electromagnetic Compatibility Directive):*

This is a class A product intended for use in environments other than domestic environments that are connected to a low-voltage power-supply network that supplies buildings used for domestic purposes. In a domestic environment this product may cause radio interference in which case the user may be required to take adequate measures.

4 EVM Use Restrictions and Warnings:

4.1 EVMS ARE NOT FOR USE IN FUNCTIONAL SAFETY AND/OR SAFETY CRITICAL EVALUATIONS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO EVALUATIONS OF LIFE SUPPORT APPLICATIONS.

4.2 User must read and apply the user guide and other available documentation provided by TI regarding the EVM prior to handling or using the EVM, including without limitation any warning or restriction notices. The notices contain important safety information related to, for example, temperatures and voltages.

4.3 Safety-Related Warnings and Restrictions:

4.3.1 User shall operate the EVM within TI's recommended specifications and environmental considerations stated in the user guide, other available documentation provided by TI, and any other applicable requirements and employ reasonable and customary safeguards. Exceeding the specified performance ratings and specifications (including but not limited to input and output voltage, current, power, and environmental ranges) for the EVM may cause personal injury or death, or property damage. If there are questions concerning performance ratings and specifications, User should contact a TI field representative prior to connecting interface electronics including input power and intended loads. Any loads applied outside of the specified output range may also result in unintended and/or inaccurate operation and/or possible permanent damage to the EVM and/or interface electronics. Please consult the EVM user guide prior to connecting any load to the EVM output. If there is uncertainty as to the load specification, please contact a TI field representative. During normal operation, even with the inputs and outputs kept within the specified allowable ranges, some circuit components may have elevated case temperatures. These components include but are not limited to linear regulators, switching transistors, pass transistors, current sense resistors, and heat sinks, which can be identified using the information in the associated documentation. When working with the EVM, please be aware that the EVM may become very warm.

4.3.2 EVMs are intended solely for use by technically qualified, professional electronics experts who are familiar with the dangers and application risks associated with handling electrical mechanical components, systems, and subsystems. User assumes all responsibility and liability for proper and safe handling and use of the EVM by User or its employees, affiliates, contractors or designees. User assumes all responsibility and liability to ensure that any interfaces (electronic and/or mechanical) between the EVM and any human body are designed with suitable isolation and means to safely limit accessible leakage currents to minimize the risk of electrical shock hazard. User assumes all responsibility and liability for any improper or unsafe handling or use of the EVM by User or its employees, affiliates, contractors or designees.

4.4 User assumes all responsibility and liability to determine whether the EVM is subject to any applicable international, federal, state, or local laws and regulations related to User's handling and use of the EVM and, if applicable, User assumes all responsibility and liability for compliance in all respects with such laws and regulations. User assumes all responsibility and liability for proper disposal and recycling of the EVM consistent with all applicable international, federal, state, and local requirements.

5. *Accuracy of Information:* To the extent TI provides information on the availability and function of EVMs, TI attempts to be as accurate as possible. However, TI does not warrant the accuracy of EVM descriptions, EVM availability or other information on its websites as accurate, complete, reliable, current, or error-free.

6. Disclaimers:

6.1 EXCEPT AS SET FORTH ABOVE, EVMS AND ANY MATERIALS PROVIDED WITH THE EVM (INCLUDING, BUT NOT LIMITED TO, REFERENCE DESIGNS AND THE DESIGN OF THE EVM ITSELF) ARE PROVIDED "AS IS" AND "WITH ALL FAULTS." TI DISCLAIMS ALL OTHER WARRANTIES, EXPRESS OR IMPLIED, REGARDING SUCH ITEMS, INCLUDING BUT NOT LIMITED TO ANY EPIDEMIC FAILURE WARRANTY OR IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF ANY THIRD PARTY PATENTS, COPYRIGHTS, TRADE SECRETS OR OTHER INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

6.2 EXCEPT FOR THE LIMITED RIGHT TO USE THE EVM SET FORTH HEREIN, NOTHING IN THESE TERMS SHALL BE CONSTRUED AS GRANTING OR CONFERRING ANY RIGHTS BY LICENSE, PATENT, OR ANY OTHER INDUSTRIAL OR INTELLECTUAL PROPERTY RIGHT OF TI, ITS SUPPLIERS/LICENSORS OR ANY OTHER THIRD PARTY, TO USE THE EVM IN ANY FINISHED END-USER OR READY-TO-USE FINAL PRODUCT, OR FOR ANY INVENTION, DISCOVERY OR IMPROVEMENT, REGARDLESS OF WHEN MADE, CONCEIVED OR ACQUIRED.

7. *USER'S INDEMNITY OBLIGATIONS AND REPRESENTATIONS.* USER WILL DEFEND, INDEMNIFY AND HOLD TI, ITS LICENSORS AND THEIR REPRESENTATIVES HARMLESS FROM AND AGAINST ANY AND ALL CLAIMS, DAMAGES, LOSSES, EXPENSES, COSTS AND LIABILITIES (COLLECTIVELY, "CLAIMS") ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH ANY HANDLING OR USE OF THE EVM THAT IS NOT IN ACCORDANCE WITH THESE TERMS. THIS OBLIGATION SHALL APPLY WHETHER CLAIMS ARISE UNDER STATUTE, REGULATION, OR THE LAW OF TORT, CONTRACT OR ANY OTHER LEGAL THEORY, AND EVEN IF THE EVM FAILS TO PERFORM AS DESCRIBED OR EXPECTED.

8. *Limitations on Damages and Liability:*

8.1 *General Limitations.* IN NO EVENT SHALL TI BE LIABLE FOR ANY SPECIAL, COLLATERAL, INDIRECT, PUNITIVE, INCIDENTAL, CONSEQUENTIAL, OR EXEMPLARY DAMAGES IN CONNECTION WITH OR ARISING OUT OF THESE TERMS OR THE USE OF THE EVMS, REGARDLESS OF WHETHER TI HAS BEEN ADVISED OF THE POSSIBILITY OF SUCH DAMAGES. EXCLUDED DAMAGES INCLUDE, BUT ARE NOT LIMITED TO, COST OF REMOVAL OR REINSTALLATION, ANCILLARY COSTS TO THE PROCUREMENT OF SUBSTITUTE GOODS OR SERVICES, RETESTING, OUTSIDE COMPUTER TIME, LABOR COSTS, LOSS OF GOODWILL, LOSS OF PROFITS, LOSS OF SAVINGS, LOSS OF USE, LOSS OF DATA, OR BUSINESS INTERRUPTION. NO CLAIM, SUIT OR ACTION SHALL BE BROUGHT AGAINST TI MORE THAN TWELVE (12) MONTHS AFTER THE EVENT THAT GAVE RISE TO THE CAUSE OF ACTION HAS OCCURRED.

8.2 *Specific Limitations.* IN NO EVENT SHALL TI'S AGGREGATE LIABILITY FROM ANY USE OF AN EVM PROVIDED HEREUNDER, INCLUDING FROM ANY WARRANTY, INDEMNITY OR OTHER OBLIGATION ARISING OUT OF OR IN CONNECTION WITH THESE TERMS, EXCEED THE TOTAL AMOUNT PAID TO TI BY USER FOR THE PARTICULAR EVM(S) AT ISSUE DURING THE PRIOR TWELVE (12) MONTHS WITH RESPECT TO WHICH LOSSES OR DAMAGES ARE CLAIMED. THE EXISTENCE OF MORE THAN ONE CLAIM SHALL NOT ENLARGE OR EXTEND THIS LIMIT.

9. *Return Policy.* Except as otherwise provided, TI does not offer any refunds, returns, or exchanges. Furthermore, no return of EVM(s) will be accepted if the package has been opened and no return of the EVM(s) will be accepted if they are damaged or otherwise not in a resalable condition. If User feels it has been incorrectly charged for the EVM(s) it ordered or that delivery violates the applicable order, User should contact TI. All refunds will be made in full within thirty (30) working days from the return of the components(s), excluding any postage or packaging costs.
10. *Governing Law:* These terms and conditions shall be governed by and interpreted in accordance with the laws of the State of Texas, without reference to conflict-of-laws principles. User agrees that non-exclusive jurisdiction for any dispute arising out of or relating to these terms and conditions lies within courts located in the State of Texas and consents to venue in Dallas County, Texas. Notwithstanding the foregoing, any judgment may be enforced in any United States or foreign court, and TI may seek injunctive relief in any United States or foreign court.

Mailing Address: Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2023, Texas Instruments Incorporated

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