

Application Note

TPLD 在生产环境中的编程

Nikki Dengel

摘要

本文档为希望对支持内联编程的 TI 可编程逻辑器件 (TPLD) 进行内部编程的设计人员和制造商提供了全面的指南。尽管 TPLD 有免费的预编程版本可供订购，但用户可以利用 TPLD 提供的内联编程选项来提高设计和制造流程的灵活性。本指南概述了如何在您自己的工厂生产线末端对 TPLD 进行编程，以及如何使用 TPLD 的“始终配置”模式。

内容

1 简介.....	2
2 编程流程图.....	2
3 硬件要求和可选 I ² C/SPI 接口.....	3
4 临时配置流程.....	4
5 永久编程流程.....	8
6 总结.....	8
7 参考资料.....	8

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

本文档针对具有`一次性可编程 (OTP)` 存储器且支持内联编程的 `TI 可编程逻辑器件 (TPLD)` 提供了编程流程。使用 `TPLD` 时，有三个编程选项：

1. 可以直接向 `TI` 订购预编程的 `TPLD`，无需额外费用。有关更多信息、请参阅 [TPLD 订购流程](#)。
2. 可按照本文档中概述的配置和永久编程流程，在工厂生产线末端（内联）对 `TPLD` 进行编程。
3. 可以将 `TPLD` 置于 `始终配置` 模式下运行，在该模式下，器件启动时无配置（空白），并在启动后完成配置，且不锁定 `OTP`。此流程也在本文档中进行了说明。

2 编程流程图

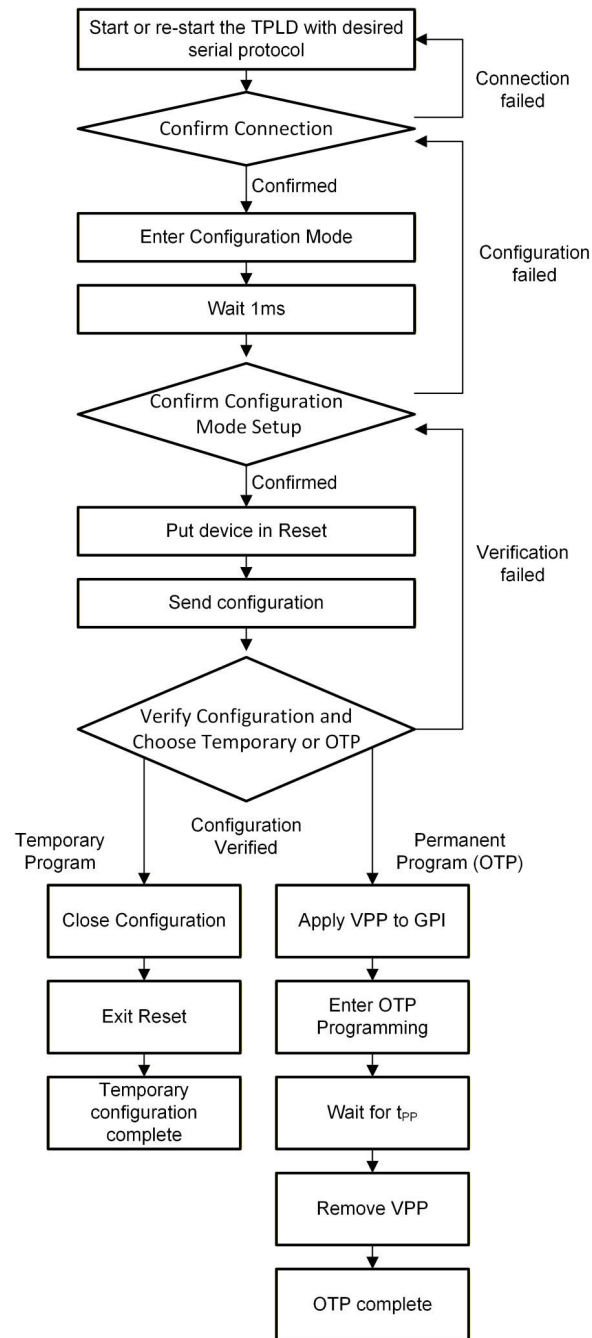


图 2-1. TPLD 编程流程图

3 硬件要求和可选 I²C/SPI 接口

不同的 TPLD 器件具有不同的硬件要求。请查阅具体器件的数据手册，以确定其支持的串行通信模式、速度以及 I/O 和引脚编号关联，具体涉及以下方面：

- 编程规格：编程电压 (VPP)、编程时间 (t_{pp}) 和启动时间 (t_{su})。
- I²C 的引脚配置和功能：VPP、接口选择 (可选)、SCL、SDA、地址 6 (A6)、A5、A4 和 A3。
- SPI 的引脚配置和功能：VPP、接口选择、nCS、SCLK、SDI (COPI) 和 SDO (CIPO)。

在未编程的 TPLD 中，在器件上电时对接口选择引脚进行采样，以确定 TPLD 在 t_{su}(max) 之后用于启动的接口。

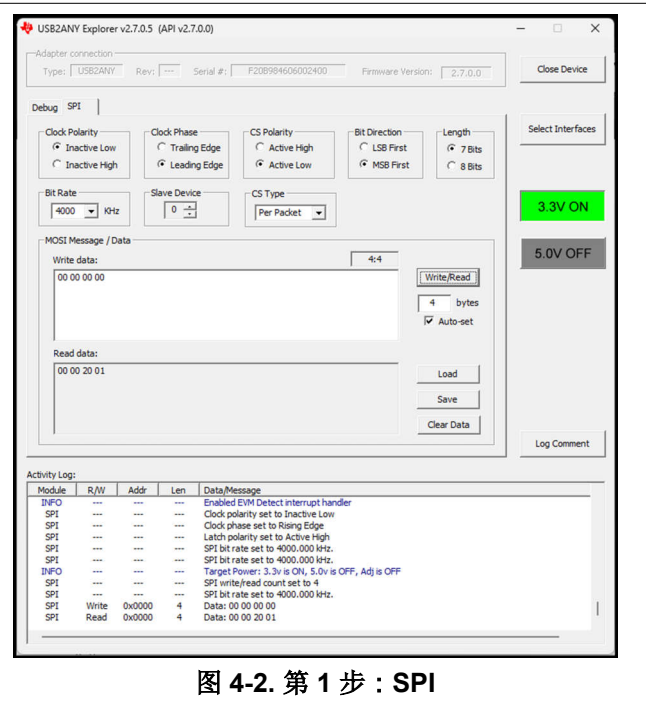
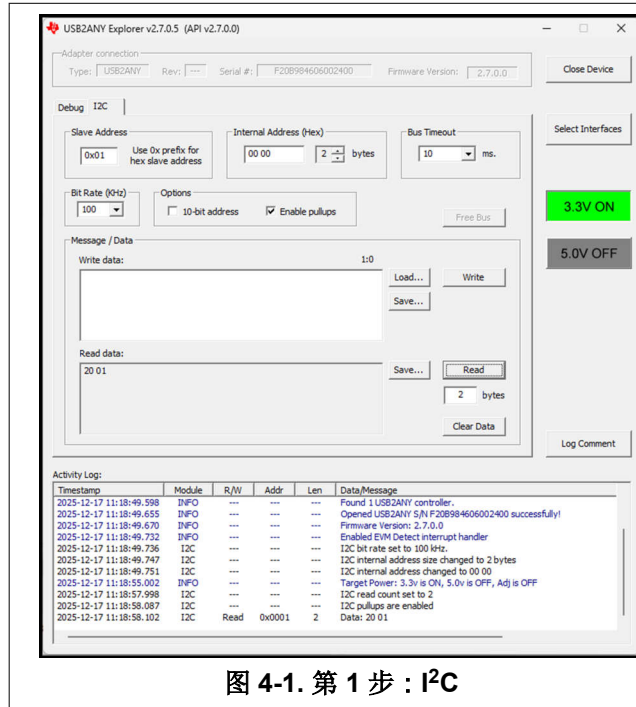
当 TPLD2001 的接口选择引脚连接到 GND (逻辑低电平) 或悬空时，TPLD2001 将配置 I²C 接口，目标地址的前四位由相应的硬件地址 IO 决定，接下来的三位默认为 001b、或 ADDR = [A6][A5][A4][A3][0][0][1] (以下称为 ADDR)。

当 TPLD2001 的接口选择引脚连接到 VCC (逻辑高电平) 时，TPLD2001 将以 SPI 接口启动。

4 临时配置流程

本节将概述配置流程。以下示例使用 TI USB2ANY 和 TPLD2001。该流程可重复用于任何 I²C 或 SPI 主机/控制器以及任何支持内联编程的 TPLD。

第 1 步：使用所需的串行通信协议启动或重新启动器件，然后从寄存器 0x000 和 0x001 中读取 DEVICE_ID，以确认已与器件建立通信。



第 2 步：进入配置模式。

- 对于 SPI，发送以下四个帧，各帧之间至少间隔 200 μ s：0x9000B9、0x90003E、0x9000AF、0x900058。
- 对于 I²C，使用四个写入事务，发送以下内容且事务之间至少间隔 500 μ s：
 - 事务 1：BYTE0 = ADDR，BYTE1 = 0x01，BYTE2 = 0xB9
 - 事务 2：BYTE0 = ADDR，BYTE1 = 0x01，BYTE2 = 0x3E
 - 事务 3：BYTE0 = ADDR，BYTE1 = 0x01，BYTE2 = 0xAF
 - 事务 4：BYTE0 = ADDR，BYTE1 = 0x01，BYTE2 = 0x58

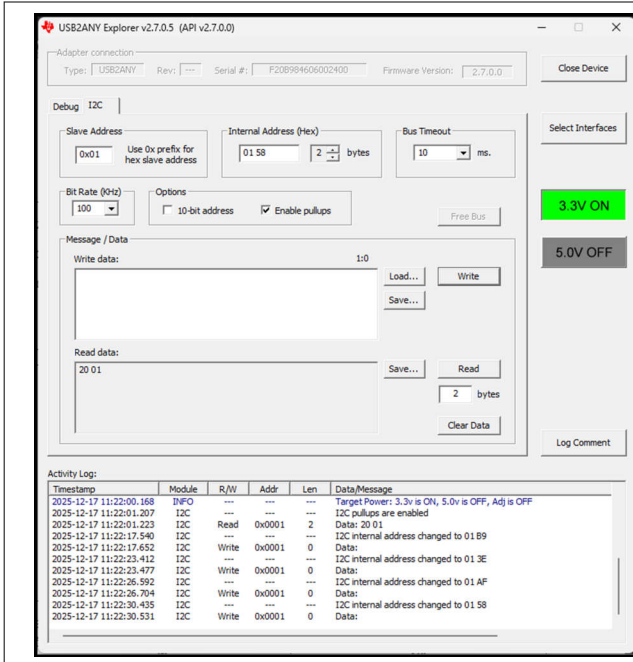


图 4-3. 第 2 步 : I²C

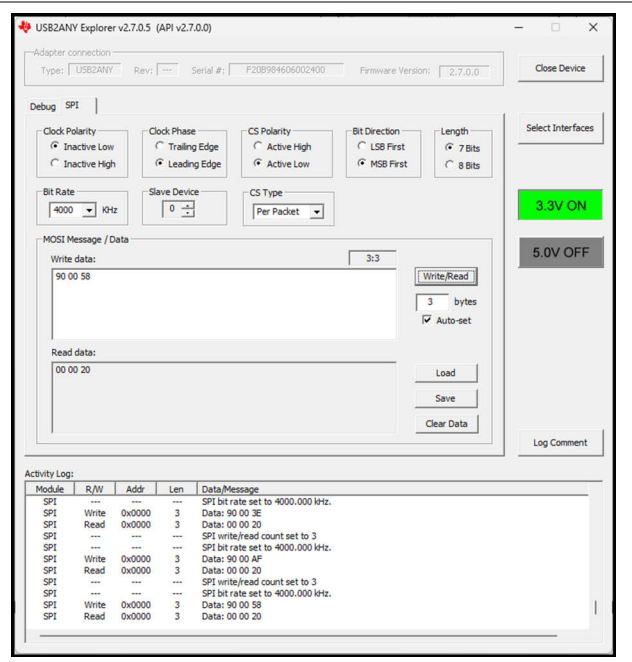


图 4-4. 第 2 步 : SPI

第 3 步 : 发送最后一帧后，等待 1ms。

第 4 步 : 通过从寄存器 0x400 读取 0x10 来确保已正确进入配置模式。

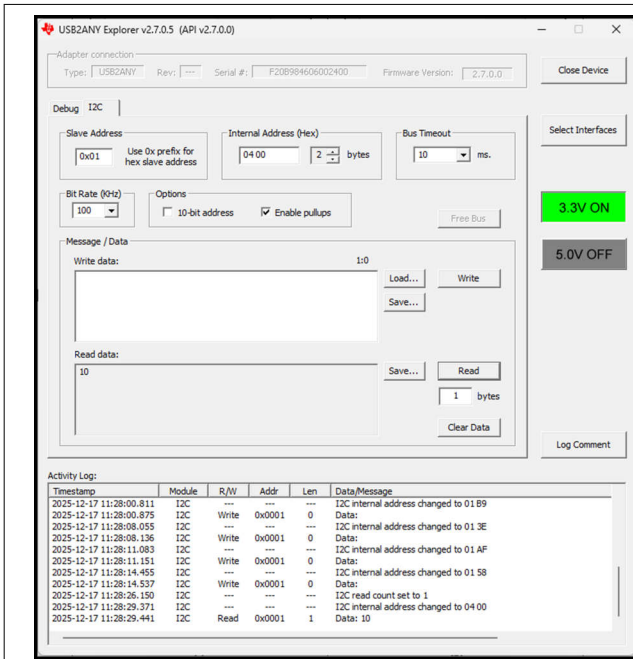


图 4-5. 第 4 步 : I²C

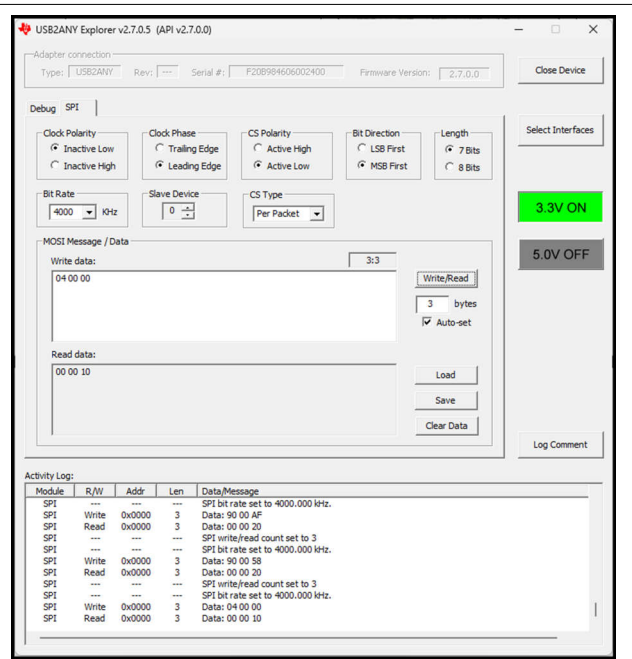
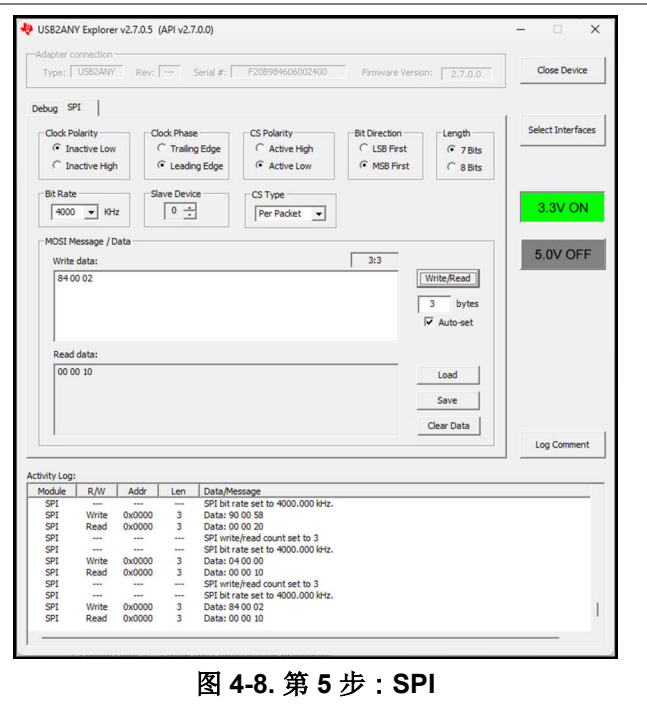
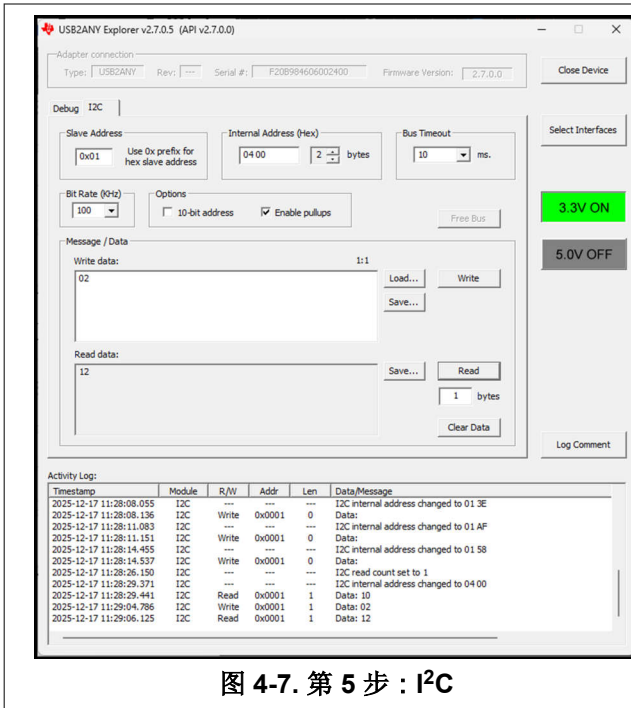


图 4-6. 第 4 步 : SPI

第 5 步 : 将 0x02 写入寄存器 0x400，将器件置于复位模式。

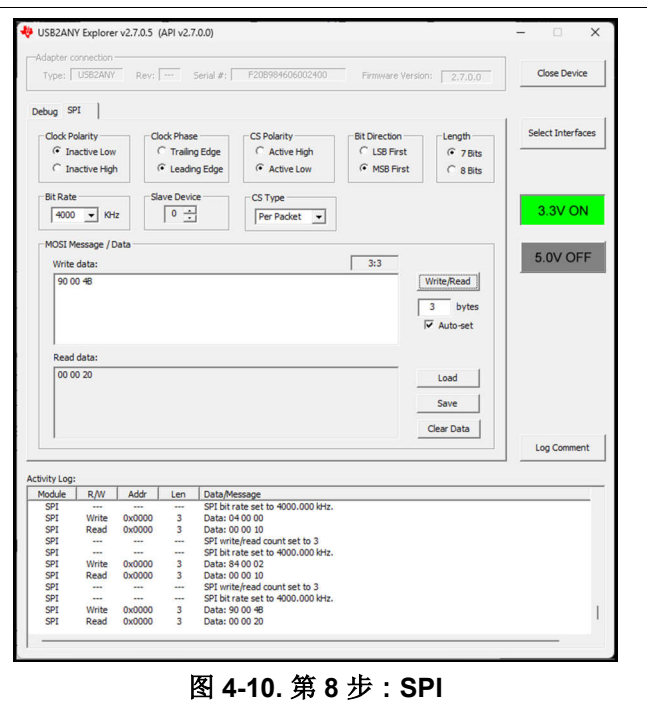
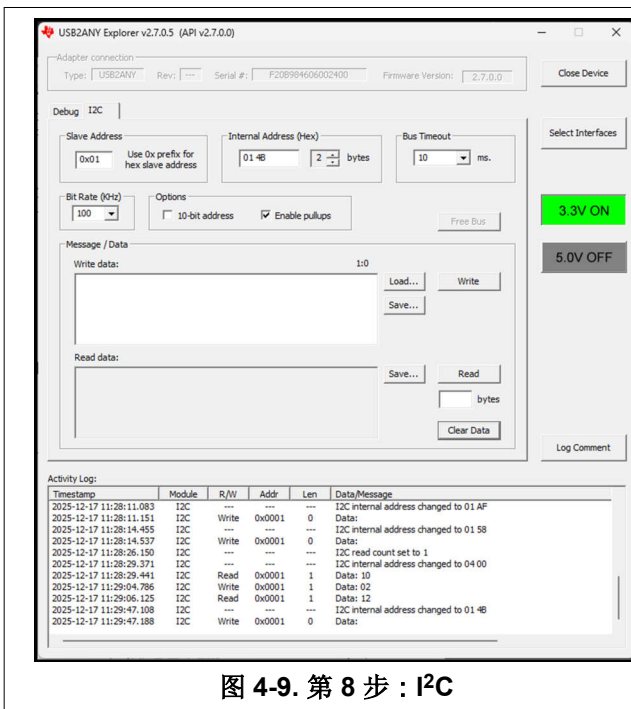


第 6 步 : 将配置位发送到 0x200 - 0x3FF。

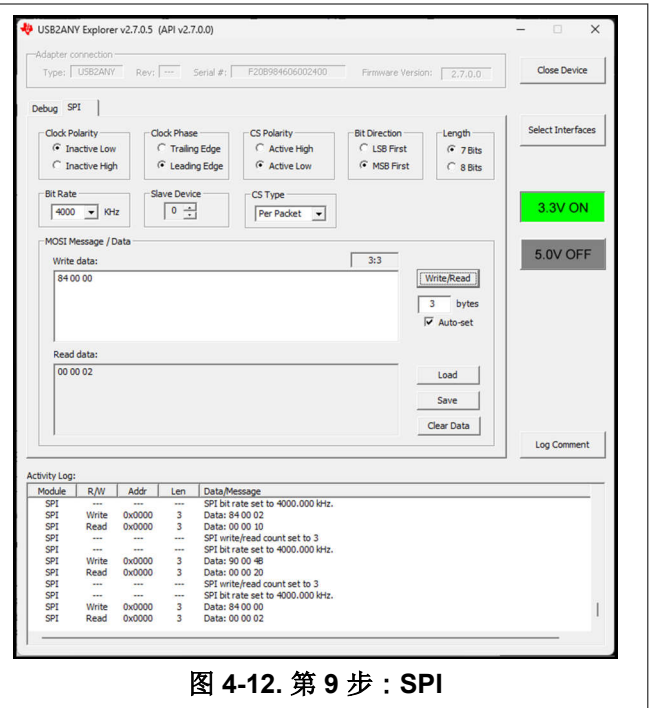
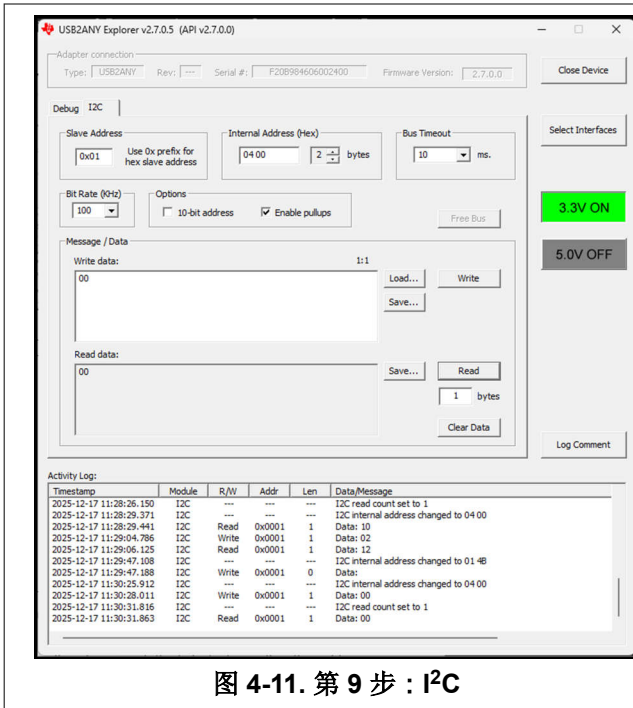
第 7 步 : 如果需要, 使用读取命令来验证是否将正确的数据写入器件。

第 8 步 : 然后发送以下命令以关闭配置 :

- 对于 SPI, 发送以下帧 : 0x90004B。
- 对于 I²C, 发送以下写入事务 : BYTE0 = ADDR, BYTE1 = 0x01, BYTE2 = 0x4B。



第 9 步 : 将 0x00 写入寄存器 0x400 以使配置生效并退出复位模式。



第 10 步 : 器件现已完成临时配置。此配置可通过对器件进行下电上电来清除。

5 永久编程流程

1. 如果已对器件进行临时配置，请对器件下电上电以清除配置寄存器。
2. 按照节 4 中的步骤 1 至步骤 7 进行操作。
3. 将 VPP 施加于 GPI 引脚。
4. 将 0x01 写入寄存器 0x401 以开始 OTP 编程。
5. 等待 t_{pp} ，让编程完成。
6. 从 GPI 引脚上移除 VPP。
7. 器件 OTP 现在已完成烧录。永久编程已完成。

6 总结

本文档提供了对具有内联编程功能的 TPLD 进行临时配置和永久编程的分步指南。内联编程功能让用户可以在工厂生产线上对器件进行编程。相比于订购预编程的 TPLD，内联编程提供了更大的编程灵活性和对 TPLD 内部配置的控制能力。这些器件可使用 I²C 或 SPI 接口进行配置，并且必须发送一系列帧或事务才能完成配置。

开始内联编程时，请查阅所编程具体器件的数据表，以确保遵循正确的编程流程。尽管本文档以 TPLD2001 和 TI 的 USB2ANY 为例，但本文档中定义的流程适用于任何支持内联编程的 TPLD 以及任何 I²C 或 SPI 控制器。

TPLD 让工程师能够将逻辑功能和电平转换器集成到同一器件中，从而简化 BOM 并减小设计尺寸。有关 TPLD 的更多信息，请访问具体器件的产品页面或在 TI E2E™ 支持论坛上向我们的工程师提问。

7 参考资料

- 德州仪器 (TI)，[TI 可编程逻辑器件](#)，网页。
- 德州仪器 (TI)，[TPLD 系统内开发](#)，应用简报。
- 德州仪器 (TI)，[TPLD 订购流程](#)，应用手册。

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