

Application Note

TPLD1202 在 BMS 系统中的应用



Nanxiao Zhong

摘要

分立式逻辑器件广泛用于电池管理系统 (BMS)，用于故障诊断和状态保持，但也带来了 PCB 尺寸和低功耗设计方面的显著挑战。借助德州仪器 (TI) 的[可编程逻辑器件 \(TPLD\)](#)，设计人员能够配置内部宏单元，以将不同的逻辑设计集成到单芯片设计中。本文是设计人员在 BMS 应用中部署 TPLD 架构的实用实施指南，有助于有效优化布板空间和硬件开发灵活性。

内容

1 简介.....	2
2 TPLD 在 BMS 系统中的应用.....	3
2.1 低功耗唤醒.....	3
2.2 保护逻辑和看门狗集成.....	5
2.3 状态锁存和干扰滤波.....	7
3 总结.....	9
4 参考资料.....	9

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

在汽车和工业储能系统 (ESS) 和电池管理系统 (BMS) 中，实现独立的硬件冗余对于满足严格的功能安全标准至关重要。因此，分立式逻辑器件广泛部署在 BMS 设计中。这些元件主要包括：(1) 看门狗 IC 和模拟多路复用器；(2) 故障和保护逻辑集成；(3) 在 EMI 噪声下实现状态保持的锁存器网络和触发器。

为了解决这些布局 and 成本限制，本应用手册介绍了一种使用德州仪器 (TI) 可编程逻辑器件 (TPLD) 的高度集成的硬件冗余解决方案。通过利用单个 TPLD 芯片的图形编程低功耗内部宏单元，工程师可以将不同的逻辑路径整合到一个紧凑的器件尺寸中。本文档是关于在下一代 BMS 平台中优化布板空间和开发灵活性的实用部署指南。

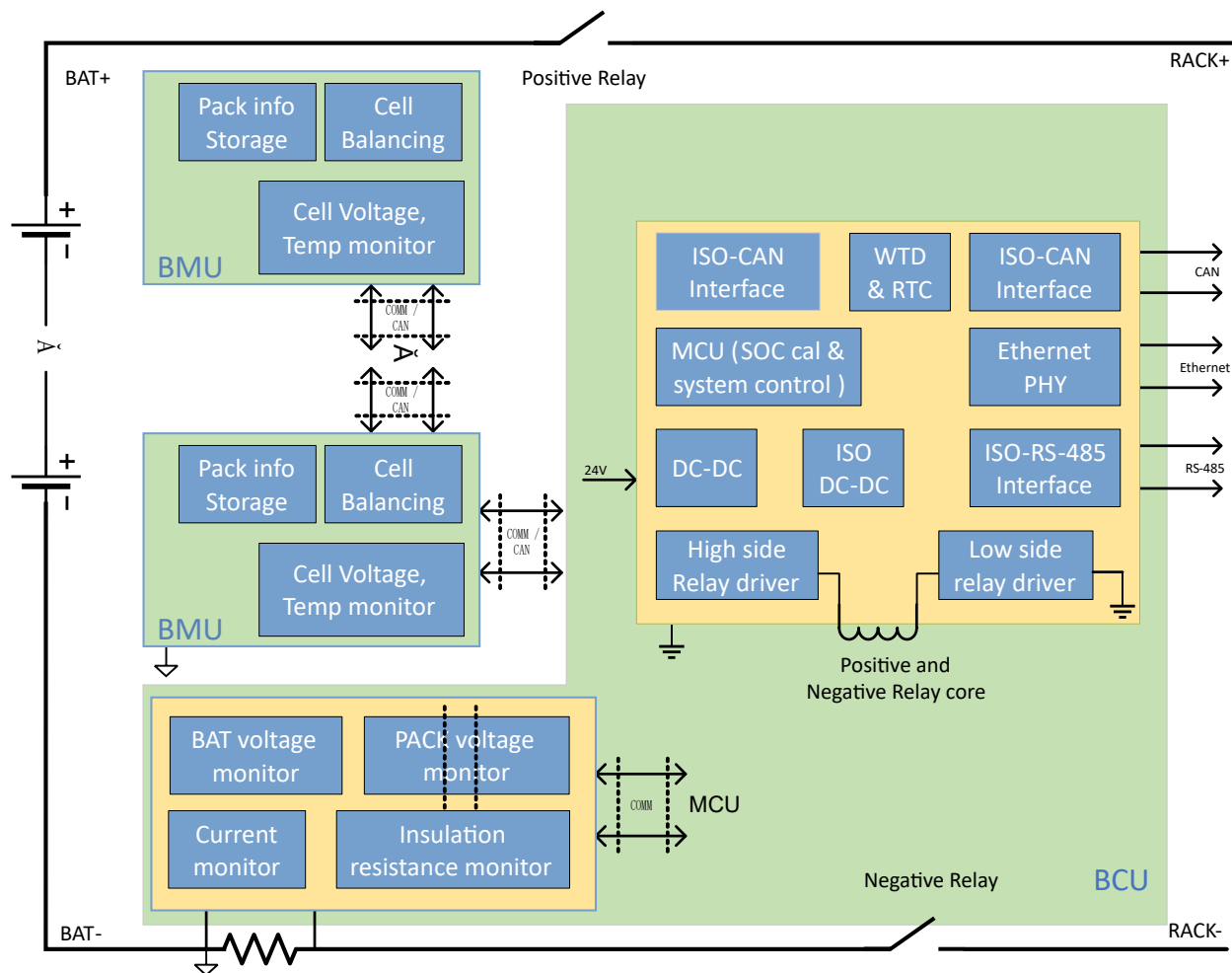


图 1-1. 通用 BMS 方框图

2 TPLD 在 BMS 系统中的应用

2.1 低功耗唤醒

PARAMETER			TEST CONDITIONS	V _{CC} = 1.8V ± 0.09V			V _{CC} = 3.3V ± 0.3V			V _{CC} = 5V ± 0.5V			UNIT
				MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
Standby													
I _{CC}	Quiescent current		Inputs = static, Outputs = open, I _O = 0, OSC powered off, ACMP powered off		0.88			0.88			0.90		μA
Oscillator													
I _{CC}	Quiescent current	OSC0 enabled: 2kHz	Predivide = 1		1.94			2.03			2.57		μA
I _{CC}	Quiescent current	OSC0 enabled: 2kHz	Predivide = 8		1.95			2.03			2.57		μA
I _{CC}	Quiescent current	OSC0 enabled: 10kHz	Predivide = 1		1.96			2.05			2.59		μA
I _{CC}	Quiescent current	OSC0 enabled: 10kHz	Predivide = 8		1.95			2.05			2.56		μA
I _{CC}	Quiescent current	OSC1 enabled: 25MHz	Predivide = 1		431.0			432.9			433.1		μA
I _{CC}	Quiescent current	OSC1 enabled: 25MHz	Predivide = 8		264.6			266.0			266.2		μA

图 2-1. TPLD 电源电流特性

TPLD 在待机状态下可实现超低静态电流 (<1uA)。这种出色的效率使器件能够直接从电池连接到常开型电源轨。在 [InterConnect Studio \(ICS\)](#) 中，通过启用内部低频振荡器 (LF_OSC) 来优化主时钟路由。该配置可更大限度地降低动态开关损耗，并在主微控制器 (MCU) 系统初始化之前验证高度可靠的硬件监控基线。有关更多详细信息，请参阅在 [TI 可编程逻辑器件 \(TPLD\) 中实现低功耗运行](#)。

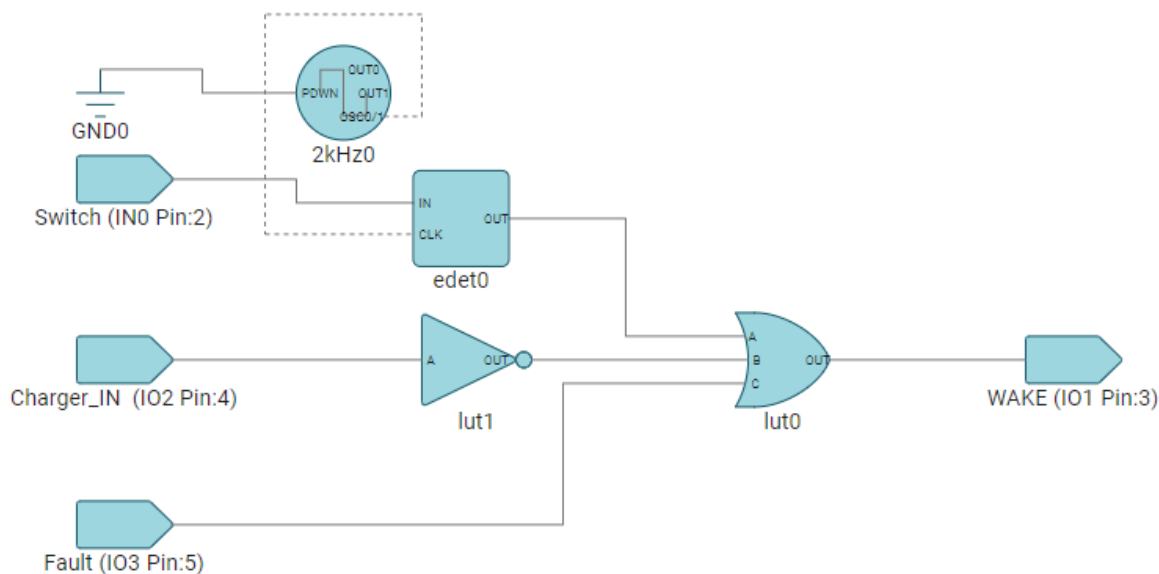


图 2-2. TPLD 的 BMS 唤醒图

在 BMS 系统中，主机 MCU/AFE 在运输或存储模式下关闭，当按下按钮、插入充电器或不同异步外部信号（脉冲、高电平有效或低电平有效）发生故障时必须唤醒。在系统运行期间，实施窗口看门狗计时器 (WDT) 来降低 MCU 固件冻结风险。通过将 TPLD 置于一个芯片中，轻松设计唤醒编排和 WDT，从而减小布局尺寸和静态电流。

如图 2-2 所示，TPLD 利用一个三输入或门来聚合不同的唤醒信号。在此仿真模型中，TPLD 采用逆变器来配置所需的信号逻辑反相，并采用边沿触发式触发器来可靠地捕获瞬态或脉冲信号。

2.2 保护逻辑和看门狗集成

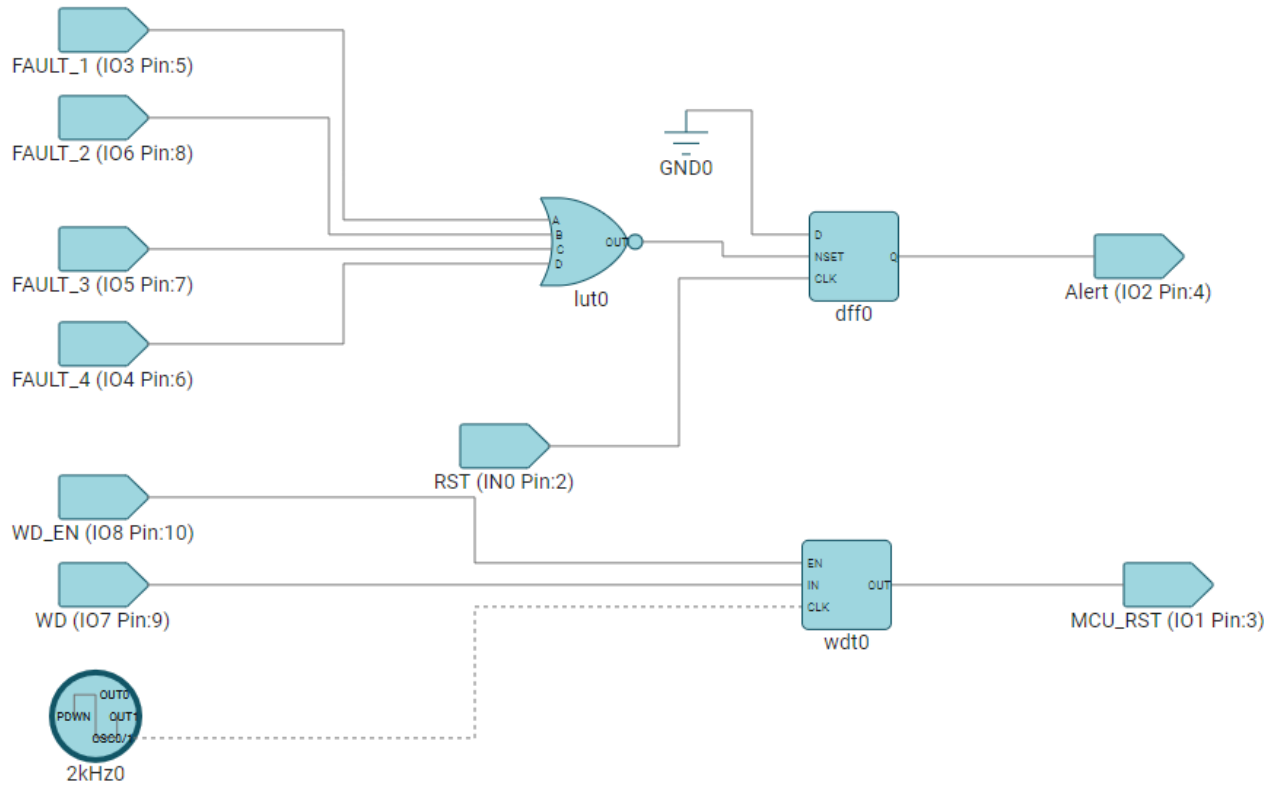


图 2-3. BMS 辅助控制中的 TPLD 示意图

BMS 系统运行期间，主机微控制器必须在发生故障时立即进入中断例程。大多数保护中断直接由 BMS AFE 发出，但仍有一些安全边界或冗余故障需要由主机识别。TPLD 可以捕获由外部模拟检测电路驱动的多故障信号，例如充电过流、放电过流、过压和欠压，并锁存故障以向主机发出警报。如图 2-3 所示，不同的异步故障信号通过内部 RS 触发器安全捕获，清除例程通过专用硬件复位 (RST) 引脚进行多路复用。此外，TPLD 具有内置模拟比较器，提供了一条进一步更大限度地减少外部模拟外设数量和优化电路板总占用空间的途径。有关单次触发锁存器的其他解决方案的详细信息，请参阅 [使用 TI 可编程逻辑器件配置单次触发](#)。

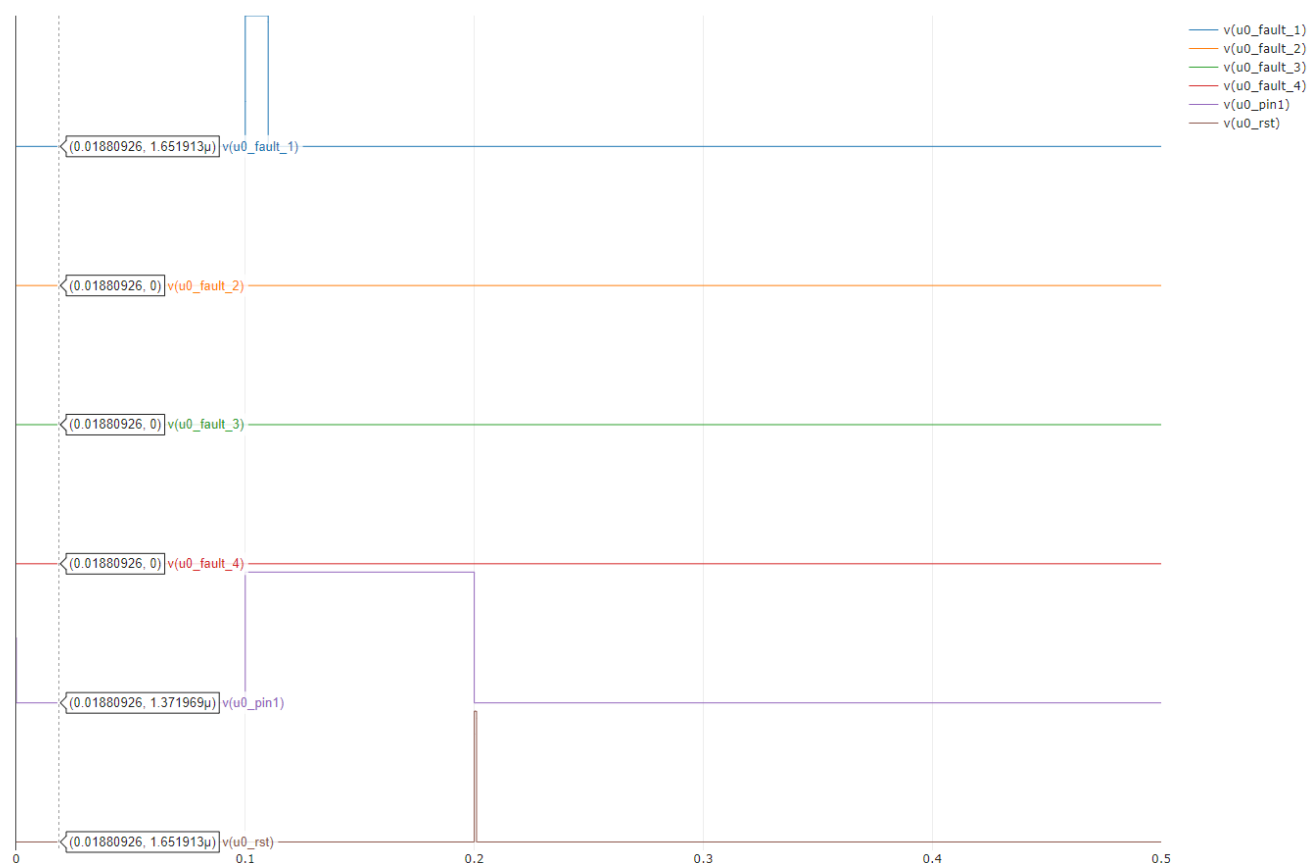


图 2-4. 多通道故障锁存器仿真结果

TPLD 还可以配置为自主看门狗计时器 (WDT) 以进行主机监控。如图 2-3 所示，WDT 利用内部低频振荡器 (LF_OSC) 作为时基。在正常执行期间，主机 MCU 会周期性地切换 GPIO 以发送看门狗输入 (WDI) 脉冲，从而清除 TPLD 计数器。为了防止 MCU 的启动消隐窗口引起无限复位环路，最简单的方法是利用 WDT 使能功能。通过将无源 RC 延迟网络或早期 MCU 电源正常信号路由到 EN 引脚，TPLD 预分配延长的启动延迟，使 WDT 保持暂时禁用，直到主机完成固件初始化。有关看门狗计时器设置的更多详细信息，请参阅[使用 TPLD 中的看门狗计时器](#)。

2.3 状态锁存和干扰滤波

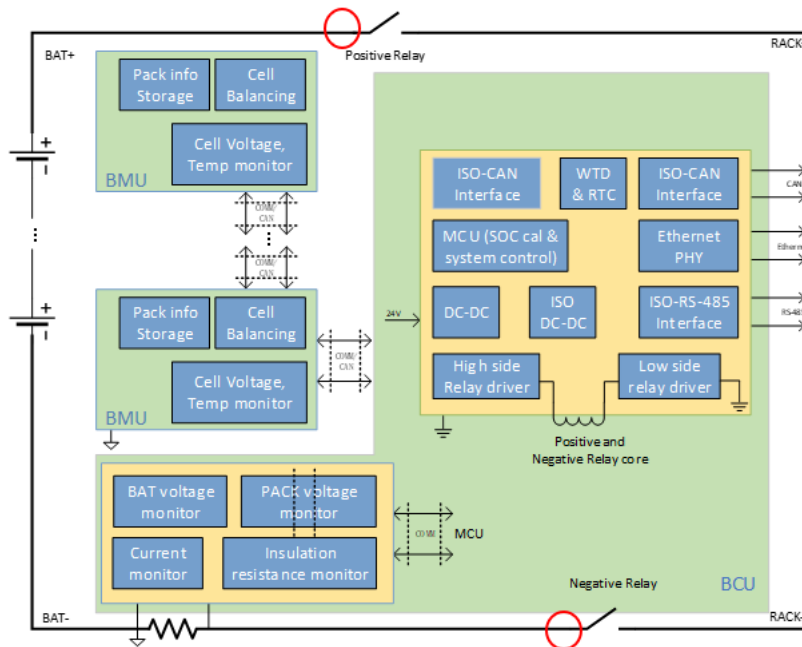


图 2-5. BMS 继电器和 FET 锁存

在 BMS 系统从工作模式转换到低功耗模式期间，或在主机控制器发生不可预测的软件复位期间，主机的 GPIO 引脚将瞬时转换为高阻抗 (Hi-Z) 或悬空状态。如果高压继电器的驱动器直接由这些主机 GPIO 驱动，则浮动级很容易引起意外的继电器抖动或错误状态切换。在高压、大电流应用中，这种浮动瞬变会在物理接触器端子上造成灾难性的电弧损坏。在常见的 BMS 设计中，SN74HC373/SN74HC175 等分立式逻辑可广泛用作具有高静态电流的驱动器锁存器。

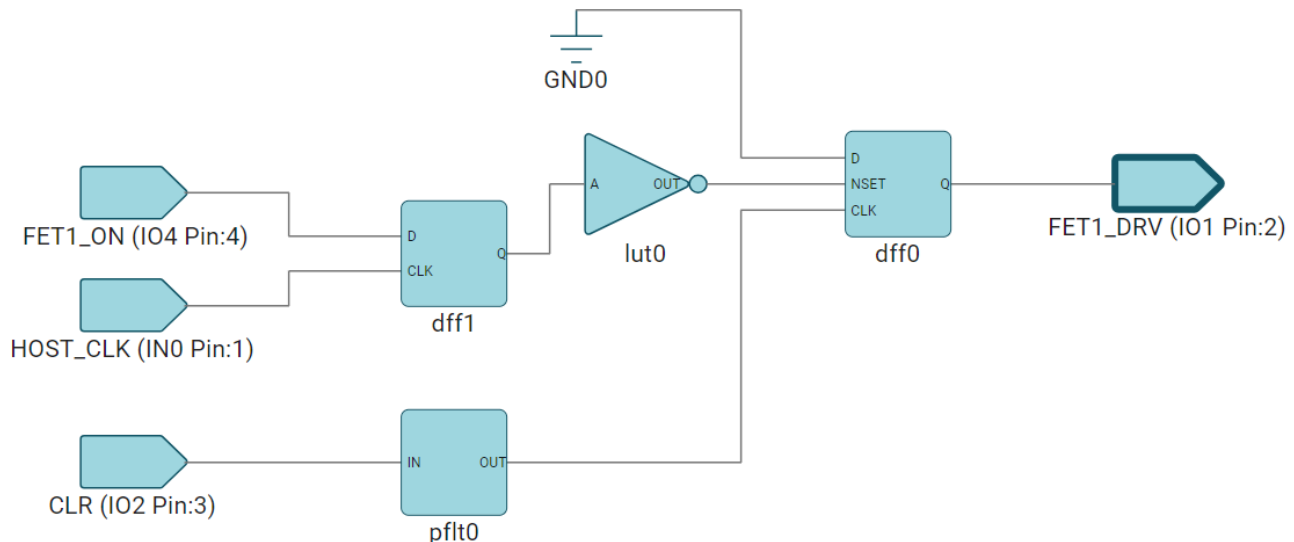


图 2-6. TPLD 级锁存和干扰滤波器

如图 2-6 所示，在主机断电或复位执行之前，TPLD 可以冻结并保持驱动状态电平。即使后续主机控制器引脚完全失去驱动能力并悬空，TPLD 也会通过纯硬件架构独立保持稳定输出，从而验证 HV DU 环路在整个瞬态断电窗口中的绝对状态稳定性。

此外，在高压接触器或高功率开关瞬时接合期间，通常会产生高频电磁干扰 (EMI) 噪声尖峰。在此设计中，TPLD 将其输入级配置为具有集成施密特触发器的数字引脚，并通过内部可编程滤波器 (PFLT) 模块路由信号。通过以图形方式配置纳秒级消隐窗口，TPLD 执行硬件级数字噪声抑制，以完全滤除高频开关干扰。这种方法从根本上阻止转换状态期间的噪声串扰和寄生误触发，从而显著提高硬件冗余拓扑的系统级稳健性。

3 总结

TPLD 利用图形编程的低功耗宏单元，可以整合自主看门狗、低功耗唤醒路由、故障保护聚合和浮动状态保持。设计分析表明，该方案取代了多个分立式逻辑 IC、多路复用器和外部看门狗计时器，从而大幅减小了 PCB 面积。最终，此拓扑消除了休眠期间的主机 IO 漂移，抑制了 EMI 开关瞬变，有助于硬件工程师进行快速、高度灵活的开发。如需了解有关 TPLD 的更多信息，请参阅 [可编程逻辑工程师指南](#)。

4 参考资料

1. 德州仪器 (TI)，[TPLD1202 具有 I2 C/SPI 和 10-GPIO 的可编程逻辑器件](#) 数据表。
2. 德州仪器 (TI)，[使用 TPLD 内的看门狗计时器](#) 应用简报。
3. 德州仪器 (TI)，[使用 TI 可编程逻辑器件通过反馈实现电源时序控制](#) 应用简报。
4. 德州仪器 (TI)，[使用 TI 可编程逻辑器件配置](#) 应用简报。

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