

Application Note

如何在 BQ2575X 上实现外部 P&O 功能



Christian Moyer

摘要

本应用手册介绍了如何使用 MCU 主机控制器通过 I2C 调整 VAC_DPM 设置，从而在 BQ2575x 上实现外部扰动观测 (P&O) MPPT 控制。这种方法可以实时优化太阳能收集，并提高使用太阳能电池板输入时的充电效率。其中还概述了这种方法的测试过程和结果。

内容

1 简介.....	2
2 扰动观测法.....	3
3 使用 BQ2575x 实现 P&O.....	4
4 测试外部 P&O MPPT 算法.....	6
5 总结.....	8
6 参考资料.....	8

插图清单

图 1-1. 出色的太阳能 PV 运行曲线.....	2
图 1-2. BQ2575x MPPT 全电池板扫描.....	3
图 3-1. 外部 P&O MPPT 算法的工作原理.....	4
图 3-2. 用于 BQ2575x 的外部 P&O MPPT 控制算法.....	5
图 4-1. P&O MPPT 工作原理.....	6
图 4-2. P&O MPPT 对可用太阳能突然增加的响应.....	7
图 4-3. P&O MPPT 对可用太阳能突然减少的响应.....	7

表格清单

表 3-1. BQ2575x P&O 算法寄存器指南.....	5
---------------------------------	---

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

在太阳能系统中，最大功率点跟踪 (MPPT) 至关重要，它能确保光伏 (PV) 电池板输出尽可能高的功率，功率输出会因阳光强度、温度以及云覆或阴影等动态环境条件而变化。太阳能电池板产生的功率是电压和电流的乘积 ($P = V \times I$)，这种关系形成一条曲线，其峰值对应最大功率点 (MPP)。如果没有 MPPT，系统可能在非最佳的电压和电流水平下运行，导致可用能量显著减少。

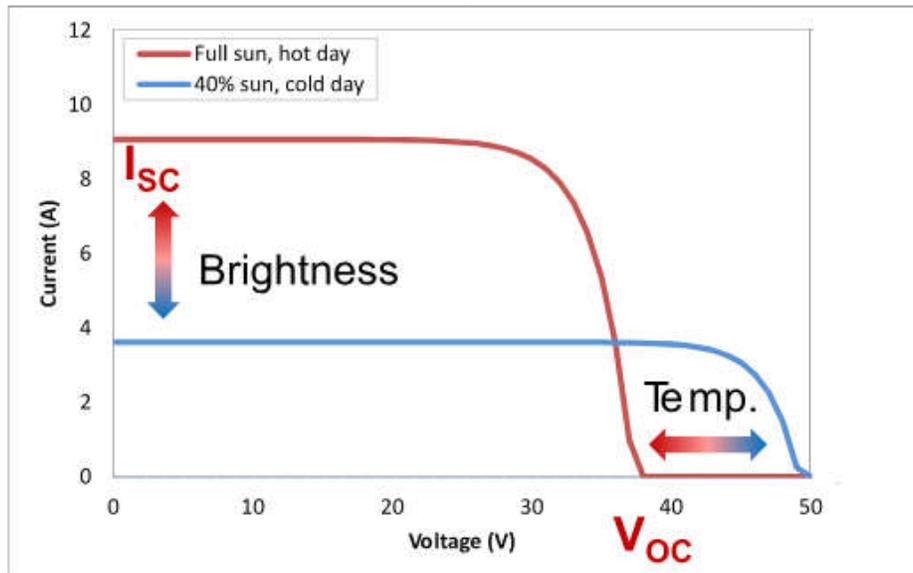


图 1-1. 出色的太阳能 PV 运行曲线

BQ2575x 系列降压/升压电池充电器包括基于全电池板扫描的内部 MPPT 功能，该功能在宽范围内逐步降低输入电压，同时监测充电电流。该方法可识别产生最高充电电流（进而产生最大功率）的电压。

Full Panel Sweep Max Power Operation

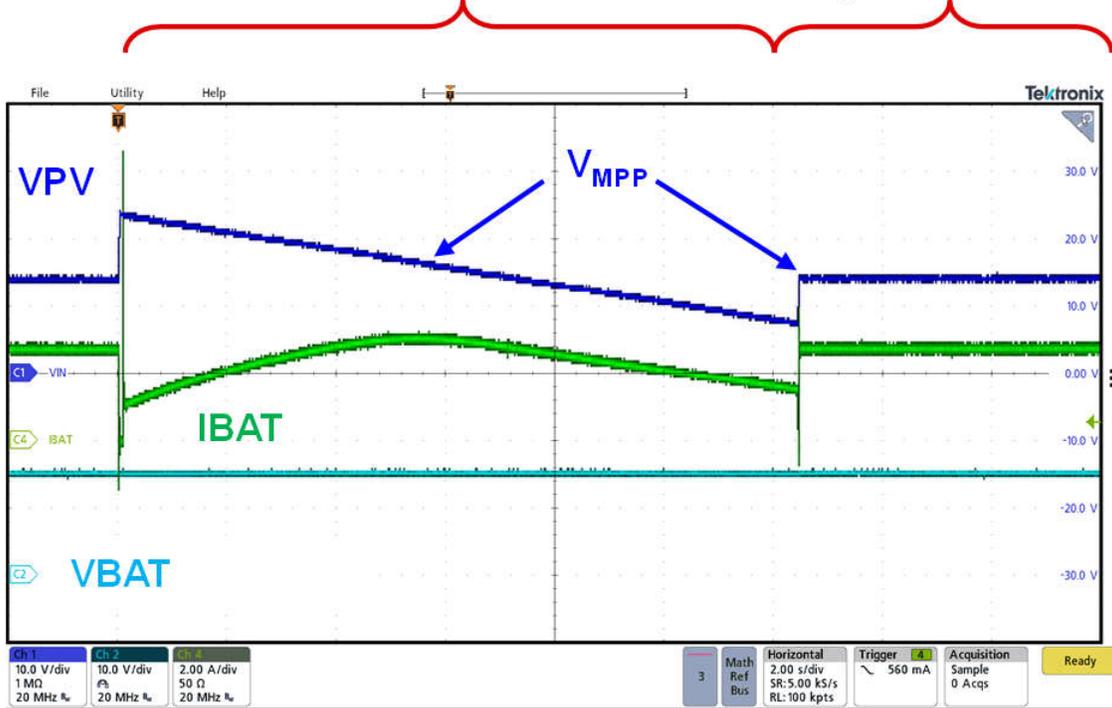


图 1-2. BQ2575x MPPT 全电池板扫描

虽然全电池板扫描可以准确找到最大功率点，是大多数太阳能充电应用的理想选择，但每次需要更新 MPP 时都需要对电池板进行扫描。如图 1-2 所示，扫描期间工作电压经常远离 MPP，导致充电电流暂时下降。这会降低平均收集功率并降低效率。此外，若计时器设定为最短的三分钟，该窗口内的环境变化可能导致系统偏离真实 MPP，直至下一次扫描发生，这会进一步降低效率，因此在快速变化的条件下并非理想选择。

对于需要更快或更连续跟踪的应用（如移动或有阴影的太阳能环境），可使用主机微控制器在外部实现扰动观测（P&O）算法来提升 MPPT 性能。

2 扰动观测法

扰动观测法的工作原理是：定期调整太阳能电池板的工作电压（扰动），并测量由此导致的输入功率变化（观测）。这使得系统能够实时动态跟踪电池板的 MPP。

P&O 算法使用简单的比较逻辑来升高或降低 PV 运行点，从而逐渐收敛至最大功率点。如果功率增加，则系统继续沿同一方向增加 PV 运行点。如果功率降低，则调转方向。一旦接近 MPP，系统会自然地在峰值功率点附近轻微振荡，因为系统必须持续扰动才能保持在最大功率点附近。

扰动步长 (Δ) 可根据系统需求进行调整：步长越小，波动就越精细，并且与 MPP 的偏差也越小，但是在快速变化的条件下，控制器到达 MPP 所需的时间可能更长，而步长越大，变化就越大，功率摆幅也越大。

3 使用 BQ2575x 实现 P&O

外部 P&O MPPT 的运行始于一个初始化序列，该序列使充电器做好跟踪最大功率点的准备。启动后，微控制器启用电池电流 ADC 以实时监测充电电流。微控制器将强制扫描计时器配置为定期触发全电池板扫描（例如每 20 分钟一次），并将 VAC_DPM 寄存器设置为自定义选择的最低电池板电压。该电压值还单独存储为变量 PAN_MIN_V，在运行时调整期间用作安全下限。此外还配置了一个自定义计时器，以强制对运行点执行定期复位。

初始化完成后，系统执行一次全电池板扫描。微控制器监测中断引脚和 MPPT 状态寄存器，以检测扫描何时完成。扫描完成后，主机读取 VAC_MPP 寄存器，并更新 VAC_DPM 设置以匹配检测到的最大功率点。此时会禁用内部 MPPT，以允许完全外部控制。

随后，微控制器进入连续 P&O 控制循环。微控制器首先测量并存储基线充电电流。然后通过增加 VAC_DPM 值对其进行轻微扰动，并测量由此产生的充电电流。如果新电流大于先前值，则系统通过进一步增加 VAC_DPM 继续沿相同方向扰动。如果新电流减小，则反转扰动方向，改为减小 VAC_DPM。每次调整后，都会重新测量电流以确定下一步操作。

在整个过程中，系统会检查 VAC_DPM 是否仍高于保存的 PAN_MIN_V 阈值。如果 VAC_DPM 降至低于该最小值，则将其强制复位回 PAN_MIN_V。此外，自定义计时器计时结束后，器件会执行另一次全电池板扫描，以复位 VAC_DPM 设置。这样可确保系统始终正确锚定至最大功率点，并最大限度减少长时间扰动循环导致的漂移。

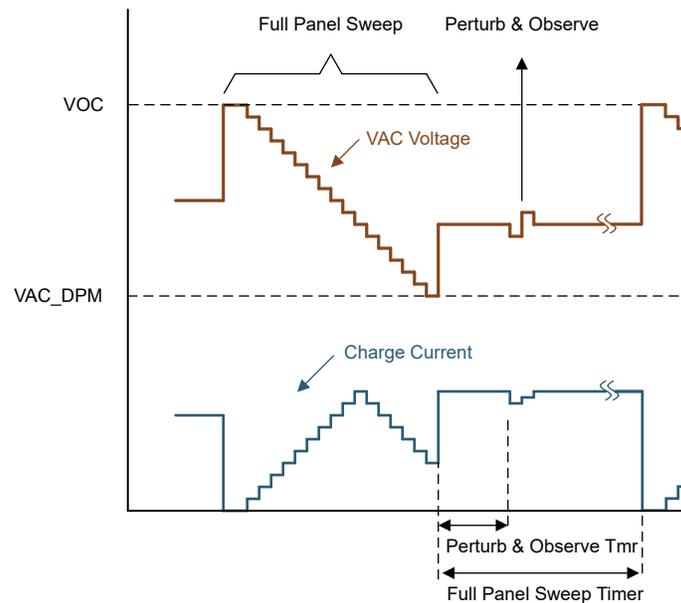


图 3-1. 外部 P&O MPPT 算法的工作原理

表 3-1. BQ2575x P&O 算法寄存器指南

寄存器地址	位	位名称	功能	选项
0x08	[13:2]	VAC_DPM	设置 MPP 搜索的低电压	4.2-65 V
0x1A	[2:1]	FORCE_SWEEP	强制执行新电池板扫描以搜索 MPP	0 或 1
0x1A	[2:1]	FULL_SWEEP_TMR	控制全电池板扫描的间隔时间 (分钟)	3 分钟、10 分钟、15 分钟、20 分钟
0x1A	[0]	EN_MPPT	启用最大功率点跟踪功能	0 或 1
0x1F	[13:2]	VAC_MPP	只读值, 保存最近搜索到的 VAC 最大功率点	4.2-65 V
0x2F	[15:0]	IBAT_ADC	使用 5mΩ RBAT_SNS 时的 IBAT ADC 读数	-20A 至 20A
0x22	[1:0]	MPPT_STATUS	最大功率点跟踪算法状态	禁用 MPPT; 启用但未运行 MPPT; 正在进行全电池板扫描; 检测到最大功率电压

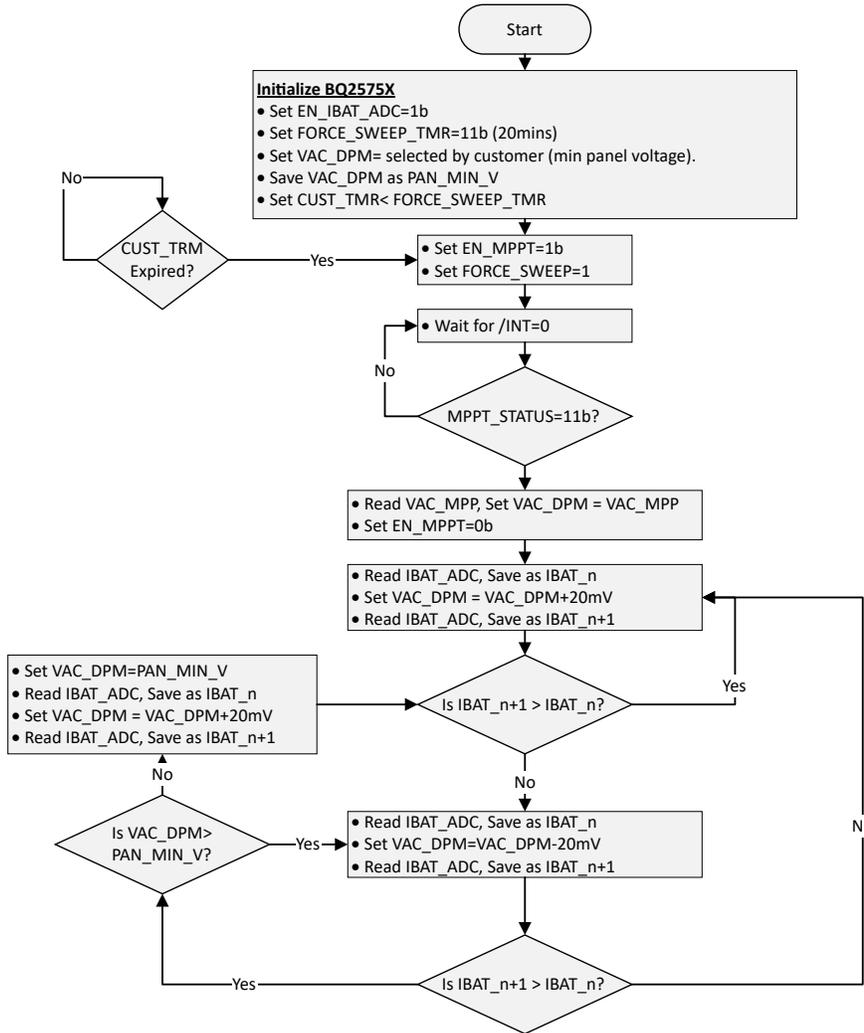


图 3-2. 用于 BQ2575x 的外部 P&O MPPT 控制算法

4 测试外部 P&O MPPT 算法

我们结合使用 BQ2575x 评估模块 (EVM) 和 LP-MSPM0L1306 LaunchPad 微控制器对所开发的 P&O MPPT 算法进行了验证。LP-MSPM0L1306 在编程时通过固件实现了图 3-1 中所示的流程图。测试的目的是验证外部 MPPT 控制环路是否正常运行，包括 VAC_DPM 调整是否适当、IBAT 测量值以及在动态条件下是否收敛至最大功率点 (MPP)。

尽管基本的 P&O MPPT 算法保持不变，但调整了 VAC_DPM 步长、延迟时间和 ADC 采样率等参数，以生成更干净、更稳定的波形。这些更改旨在改善波形外观，同时不影响算法的运行。可以进行进一步改进，调整 VAC_DPM 斜升速率、ADC 更新间隔和扰动步长，以更好地匹配太阳能电池板和负载行为。也可以实现一个计时器来定期 (而不是连续) 运行 P&O 功能，以便在稳态条件下进一步稳定系统性能。

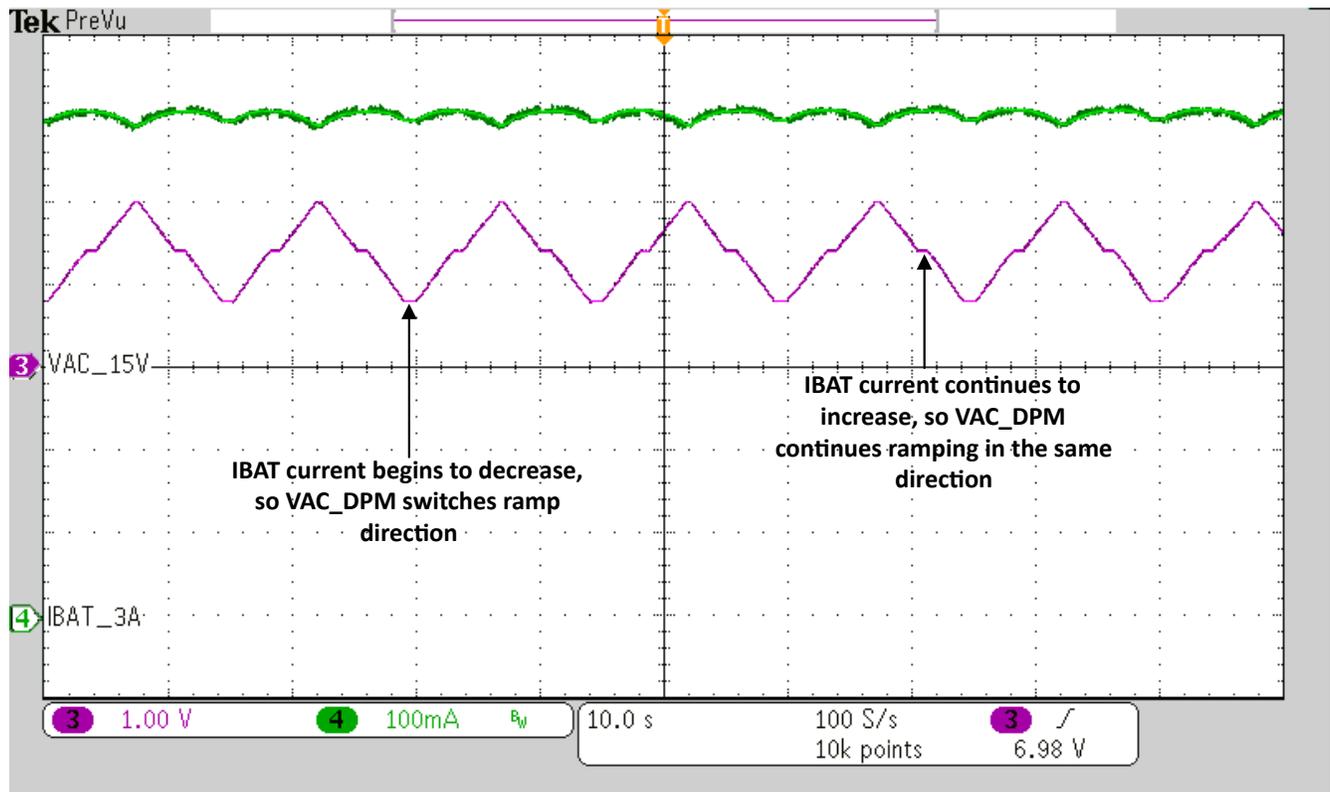


图 4-1. P&O MPPT 工作原理

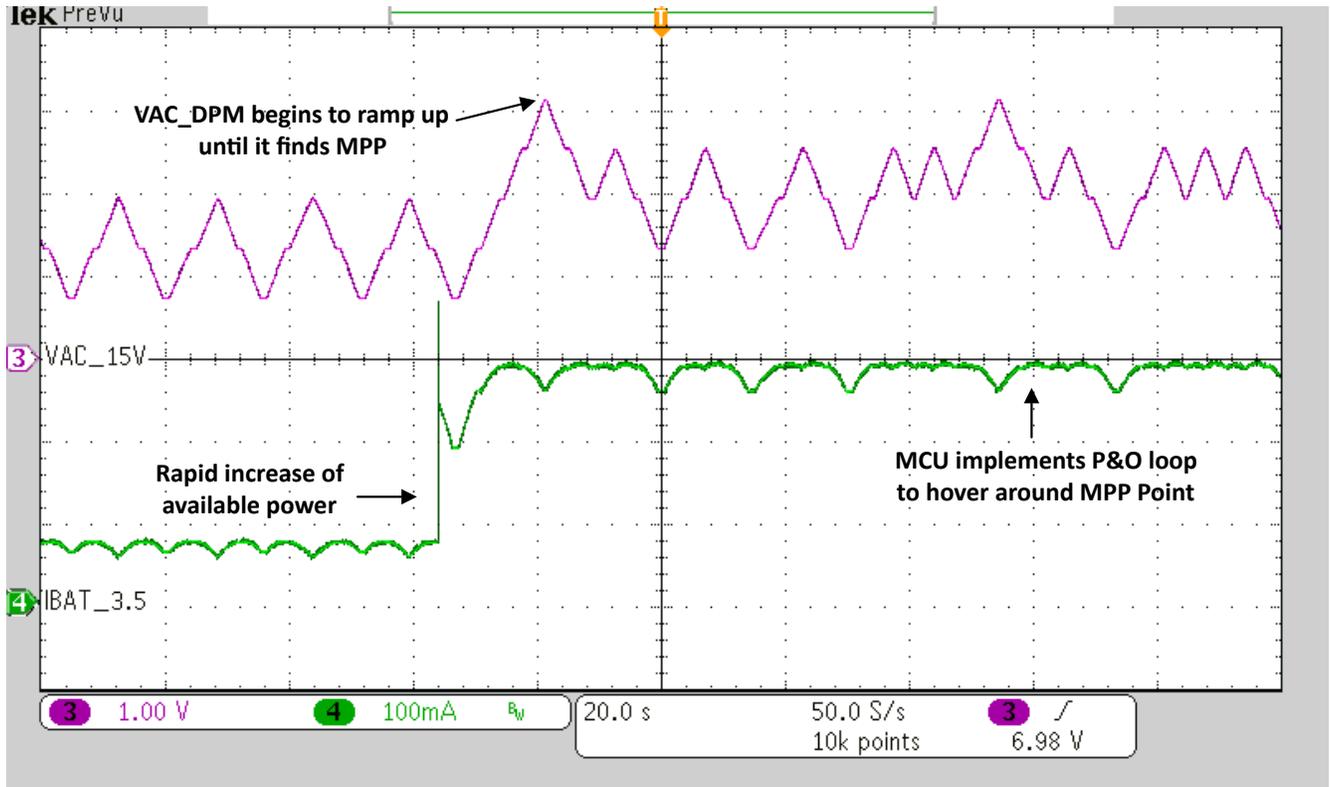


图 4-2. P&O MPPT 对可用太阳能突然增加的响应

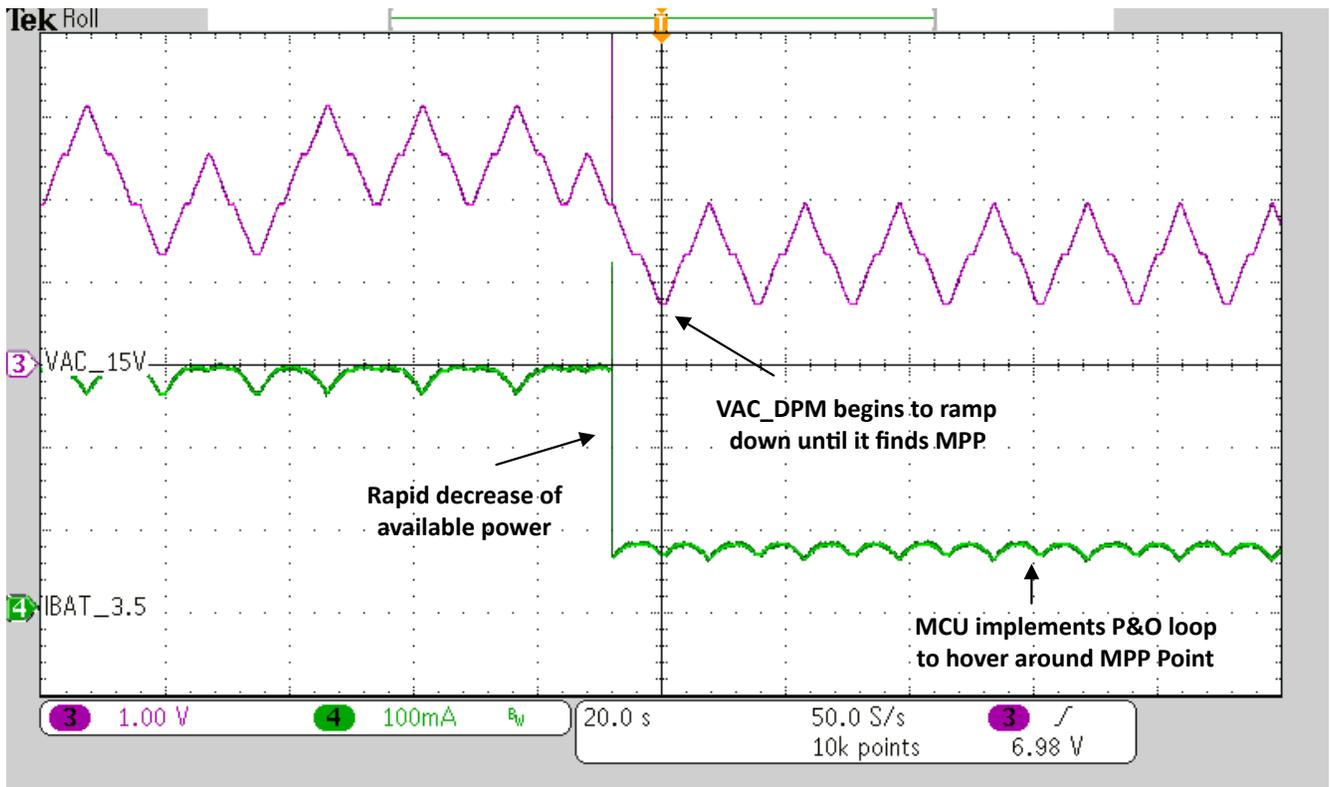


图 4-3. P&O MPPT 对可用太阳能突然减少的响应

5 总结

本应用手册演示了针对 BQ2575x 系列电池充电器的扰动观测 (P&O) 最大功率点跟踪 (MPPT) 算法的外部实现。通过使用 MCU 主机控制器从外部调整 VAC_DPM 寄存器，实现了太阳能电池板输出的实时优化，从而提高了整个系统的充电效率。使用 BQ2575x 评估模块 (EVM) 和 LP-MSPM0L1306 LaunchPad 对所提出的方法进行了验证，表明在动态工作条件下能够有效收敛至最大功率点。测试证实，外部 P&O 控制方法成功让系统维持在最大功率点附近运行，并能适应不断变化的太阳能输入条件。

6 参考资料

- 德州仪器 (TI)，[BQ25756：独立/I2C 控制型、1 至 14 节电池、双向降压/升压电池充电控制器](#)，数据表
- 德州仪器，[BQ25756 评估模块](#)，用户指南
- 德州仪器 (TI)，[BQ25750：具有直接电源路径控制功能的独立/I2C 控制型、1 至 14 节电池、双向降压/升压电池充电控制器](#)，数据表
- 德州仪器，[BQ25750 评估模块](#)，用户指南
- 德州仪器 (TI)，[MSPM0L1306 LaunchPad 开发套件 \(LP-MSPM0L1306\)](#)，用户指南

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、某特定用途方面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功能安全、信息安全、监管或其他要求。

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。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/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。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司