

Application Note

使用 LM51772 进行电池或电容器备用操作



Stefan Schauer

摘要

当主电源电压下降或断电时，通常需要备用系统来验证运行情况。该备用时间的能量可以存储在电池或电容器中。本应用报告展示了如何使用 [LM51772](#) 来控制此类备用系统的充电和放电，同时保持稳定的应用电源电压。

内容

1 简介.....	2
2 功率级设计.....	3
3 功能块.....	4
3.1 平均电流.....	4
3.2 IVP 和 IVR.....	5
3.3 VDET.....	5
3.4 UVLO.....	5
3.5 FB.....	5
3.6 反向电流的 GUI 配置.....	5
4 QuickStart 配置工具.....	8
5 硬件实现和测量结果.....	9
5.1 硬件设置.....	9
5.2 测量结果.....	11
6 参考资料.....	12

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

若要实现备用系统，可以选择储能元件作为电池或电容器。根据应用要求，两者都有优缺点。

- 充电和放电周期数
- 储能大小

[LM51772](#) 可用作这两种型号的控制器的，并提供大多数所需的功能。本报告讨论了实现和用例。

在本文档中使用了以下名称：

- V_{System} ：目标应用的电源电压（支持备用电源）
- V_{Storage} ：储能元件（电池或电容器）的电源电压
- V_{Supply} ：用于应用的主电源电压，用作应用的标准电源并为备用电源充电

对于备用系统，必须实现恒压控制环路 (CV) 和恒流控制环路 (CC)。为了将电压保持在 V_{System} 稳定，备用电源的输出（当 V_{Supply} 不可用时）需要 CV。

2 功率级设计

为了首先为储能元件充电，需要 CC 控制来提供恒定的充电电流。达到最大充电电压后，CV 控制必须接管以停止充电并保持 V_{Storage} 电压。

在 LM51772 中，FB 引脚上提供了响应速率较高的电压控制 (CV)。因此，FB 通常用于维持系统电压 V_{System} 。因此，目标应用连接到 VOUT，储能元件连接到 VIN。

LM51772 支持两种不同的平均电流限制方法：

- I_{SET} ：电流限制由 ILIMCOMP/ISSET 引脚上的电流检测电阻器和电阻器设置。电流限值由此元件设置并固定。
- I_{LIMIT} ：电流限制由电流检测电阻和内部 DAC 设置，可通过 I2C 通过 ILIM_THRESHOLD 寄存器动态进行设置。

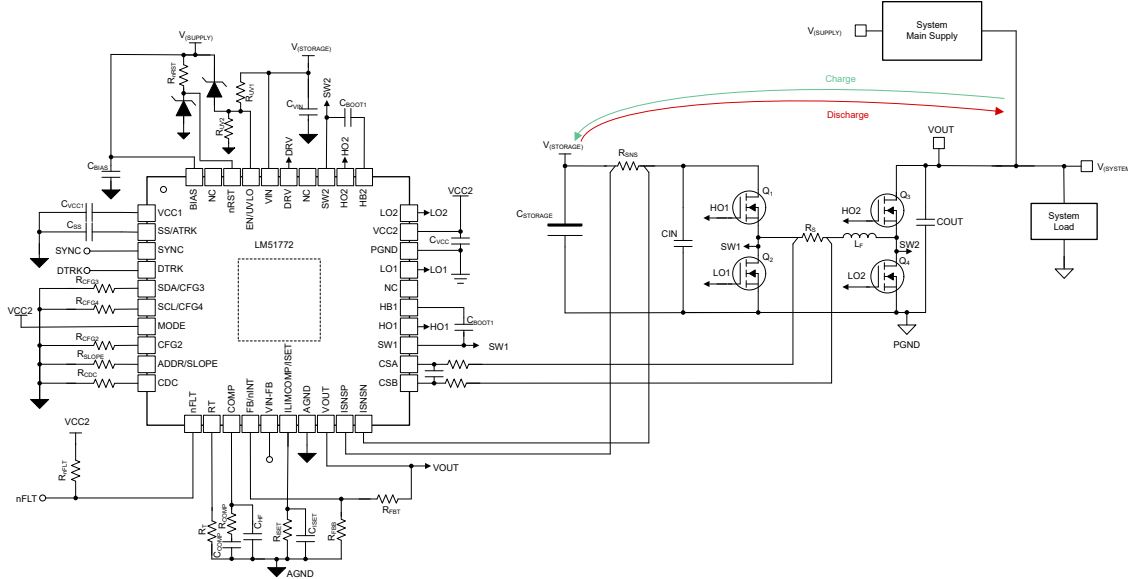


图 2-1. 包含 I_{SET} 但无 I2C 的原理图

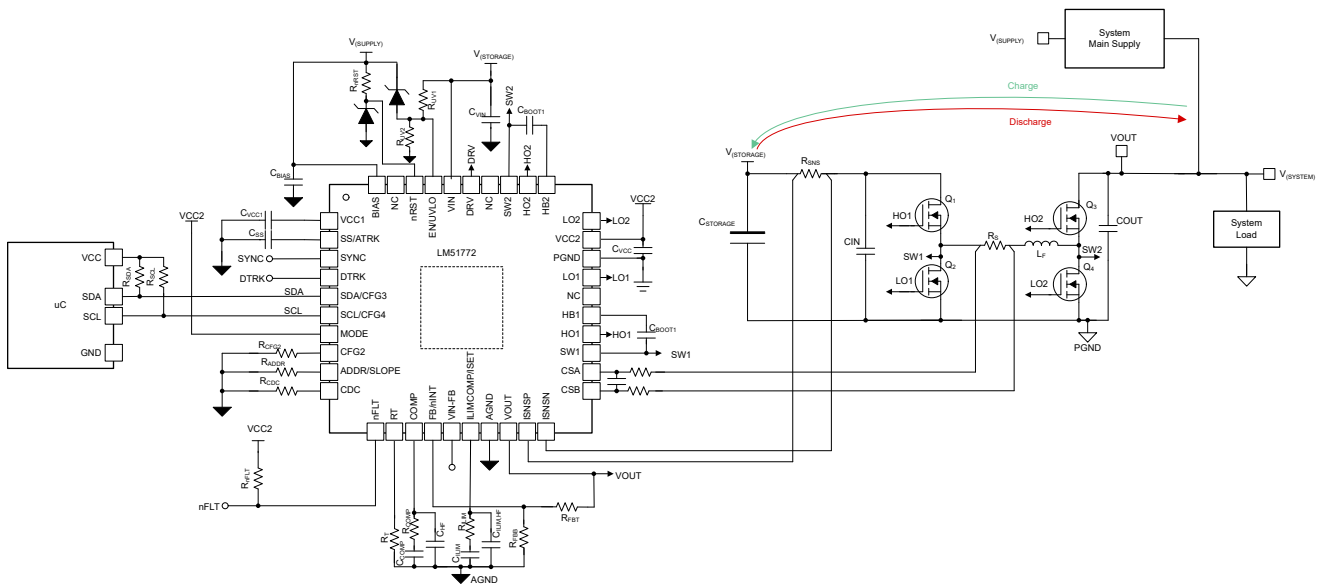


图 2-2. 包含 I_{LIMIT} 和 I2C 的原理图

3 功能块

3.1 平均电流

连接到 ISNSx 输入端的电流传感器用作平均电流传感器，控制器会根据该信息调节和限制平均电流。

对于备用系统，用于此电流测量的分流器必须放置在 $V_{Storage}$ 侧，并且分流器必须配置为负方向的电流限制。这使得能够使用恒定充电电流对储能元件充电。可通过以下方式完成该设置：

- R2D 接口：

使用 CFG4 引脚进行设置：负电流限制和电流限制设置

- I2C 接口：

设置 MFR_SPECIFIC_D0 寄存器位：IMON_LIMITER_EN 和 EN_NEG_CL_LIMIT

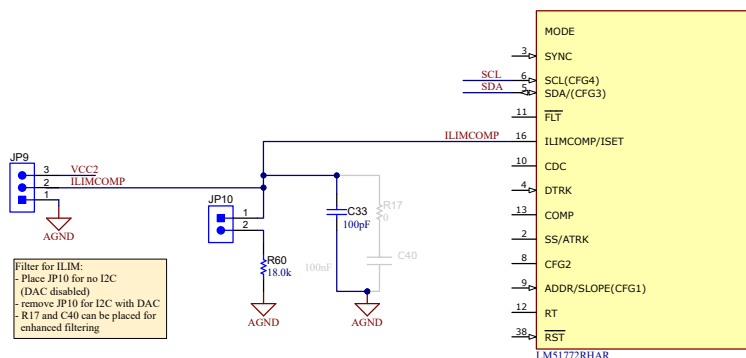


图 3-1. ISET 配置

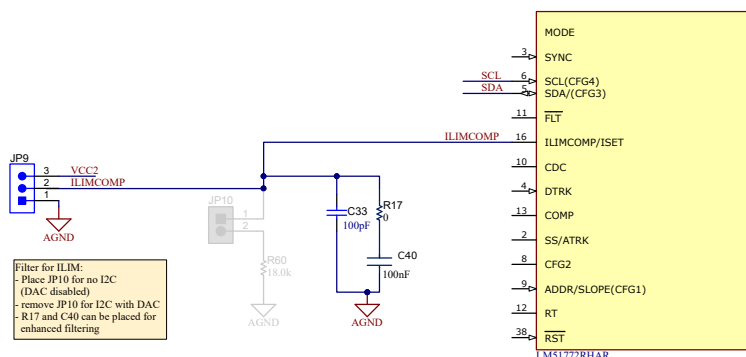


图 3-2. ILIMIT 配置

查看 LM51772 数据表一章：电流监测器/限制器用于电流限制的计算和元件选择。

3.2 IVP 和 IVR

LM51772 提供输入电压保护 (IVP) 和输入电压调节 (IVR)。可通过 I2C 启用 IVR，也可通过 I2C 设置 IVP 和 IVR 的电平。一旦作为 IVR 启用，就会观察到输入电压，一旦输入电压达到定义的电压电平，充电电流就会停止。

3.3 VDET

除了 UVLO 外，LM51772 的输入侧有一个 VDET，该器件仅在达到特定电压电平时才启用。这可用于储能元件为电池的备用系统，使电池不会放电至低于定义的电平。但是，如果触发电池，则需要另一种方法来重新启用系统进行充电，例如，如果 V_{Supply} 再次可用，则将电平设置为较低电平或禁用 VDET。这可以通过一个 I2C 来实现。

对于采用电容器作为储能元件的系统，通常必须禁用 VDET 功能，以便在 V_{Supply} 可用时立即对电容器充电。

可通过 CFG2 引脚或通过 I2C 寄存器 MFR_SPECIFIC_D3 位 VDET_EN 禁用 VDET。

当必须使用 VDET 时，例如将电池用作充电元件时，也可以通过 I2C 寄存器 MFR_SPECIFIC_D3 和 MFR_SPECIFIC_D4 设置下降和上升电平。

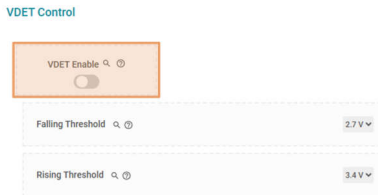


图 3-3. 通过 GUI 完成的 VDET 配置

3.4 UVLO

UVLO 输入可用于：

- 防止系统深度放电
- 在备用操作中保护功率级，防止其在过低输入电压下运行。如果备用电源 $V_{Storage}$ 已放电至非常低的电压电平，则可能需要大输入电流和功率级中的电流来提供所需的输出功率。
- 防止功率级在 I2C 配置完成之前开始操作（如果需要）

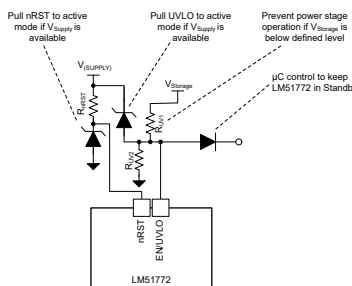


图 3-4. UVLO 控制电路

3.5 FB

进行通过 FB 引脚实现输出电压调节，会观察输出电压并控制功率级中的能量流方向。

只要输出电压高于设置的电平，功率级就会反向运行。CC 模式处于活动状态，并且储能元件被充电，直到 IVR 停止负电流。

3.6 反向电流的 GUI 配置

LM51772 可以在通过 CFG 引脚完成的配置设置下运行。要访问所有可能的设置，必须使用 I2C 接口。

LM51772 GUI 允许通过集成式 I2C 接口配置和控制 LM51772。

以下是备用工作模式的重要设置：

- 转换器启用
- IMON 限制器启用
- ISET 启用或禁用 (取决于电流限制器的运行模式 : ISET 或 ILIM)
- 负电流限制启用 (负 CL 限制启用)

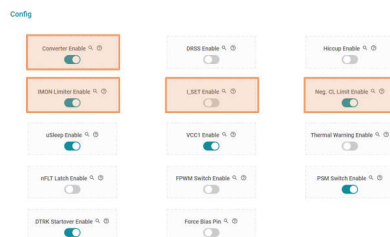


图 3-5. GUI 配置元素

3.6.1 EVM 配置和设置

图 3-6 展示了 EVM 配置设置，其中使用 I2C 来配置和控制器件。

图 3-7 显示了不使用 I2C 的 EVM 配置设置。

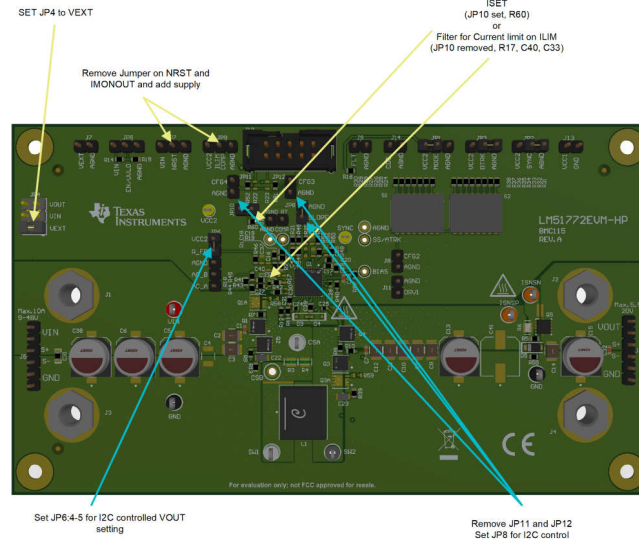


图 3-6. 用于使用 I2C 的备用操作的 EVM 设置和控制元件

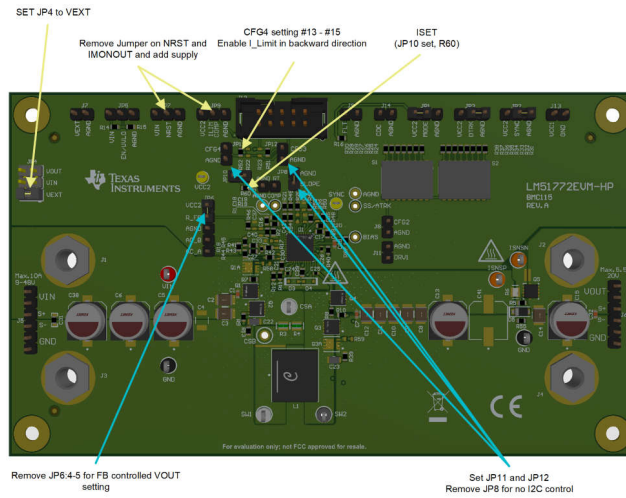


图 3-7. 用于不使用 I2C 的备用操作的 EVM 设置和控制元件

备注

LM51772EVM-HP 具有分流器，用于测量输出侧的平均电流，而对于备用配置，该分流器通常放置在输入侧，为储能元件实现恒定充电电流。

4 QuickStart 配置工具

LM51772 降压/升压快速入门计算器工具可用于配置和选择此应用设置所需的外部元件。由于该工具目前在反向运行模式下未提供 C_{ILIM} 滤波器的计算，因此请输入此配置步骤的储能电容作为输出电容器。

图 4-1 显示了使用 ILIM 功能的配置设置，可以选择通过 I2C 调整电流限制。

图 4-2 显示了使用 ISET 功能的配置设置，具有通过 R_{SNS} 和 R_{SET} 设置的固定电流限制。

ILIMIT: ILIM_DAC

Step 4: Output Capacitor

Output Voltage Ripple Spec	150 mV _{pk-pk}
Minimum Output Capacitance	14.1 μ F
Output Capacitance, C_{OUT}	47000 μ F
Maximum Permitted ESR	30.0 m Ω
Output Capacitor ESR	5 m Ω
Resulting Output Voltage Ripple (max)	25 mV _{pk-pk}
Output Capacitor RMS Current (max)	2.9 A (rms)

Current Limiter via I2C

Average Current Limit	1 A
DAC ILIM_THRESHOLD	100
Recommended Current Sense, $R_{SNS(out/in)}$	50.0 m Ω
Used Current Sense, $R_{SNS(out/in)}$	10.0 m Ω
Effective average Current Limit	5 A
ILIMCOMP Capacitor, C_{ILIM}	15.00 nF
C_{OUT2} Output Capacitance	820 μ F

图 4-1. 通过具有 ILIM 功能的快速入门计算器配置电流限制

Step 4: Output Capacitor

Output Voltage Ripple Spec	150 mV _{pk-pk}
Minimum Output Capacitance	14.1 μ F
Output Capacitance, C_{OUT}	47000 μ F
Maximum Permitted ESR	30.0 m Ω
Output Capacitor ESR	5 m Ω
Resulting Output Voltage Ripple (max)	25 mV _{pk-pk}
Output Capacitor RMS Current (max)	2.9 A (rms)

Neg. Current Limit: on ILIMIT: ISET R_CFG4 20.5 K11

isabled

Current Limiter via ISET

Average Current Limit	1 A
Recommended Current Sense, $R_{SNS(out/in)}$	50.0 m Ω
Used Current Sense, $R_{SNS(out/in)}$	10.0 m Ω
ILIMCOMP Resistance, R_{ILIM}	100 k Ω
ILIMCOMP Capacitor, $C_{ILIM,HF}$	5.60 pF
C_{OUT2} Output Capacitance	12 μ F

图 4-2. 通过具有 ISET 功能的快速入门计算器配置电流限制

5 硬件实现和测量结果

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 器件规格的范围，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客户应负责确定器件是否适用于其应用。客户应验证并测试其设计，以确保系统功能。

5.1 硬件设置

以下测量使用了简化的硬件设置。以下列表显示了设置。

- BIAS 电源来自外部电源 (电压为 7V)
- nRST 连接到 BIAS
- UVLO 连接到 BIAS
- 存储电容：47mF/40V (KEMET ALS30A473KE040)
- 应用负载 (V_{System}) = 0.5A (CC)
- V_{Supply} = 12V
- 通过 GUI 进行的设置
 - VOUT = 11.5V
 - 通过 DAC 将电流限制设置为 1A (寄存器中的十进制值= 10)，负方向
 - VDET 禁用
- LM51772EVM-HP 在输出侧组装了平均电流检测电阻。这样可在输出侧实现恒定电流控制。对于该应用，最好向储能电容器提供恒定充电电流，平均电流检测电阻必须位于电路板的输入侧。EVM 已针对性地进行了修改。有关电路板修改，请参阅 图 5-1 和 图 5-2。

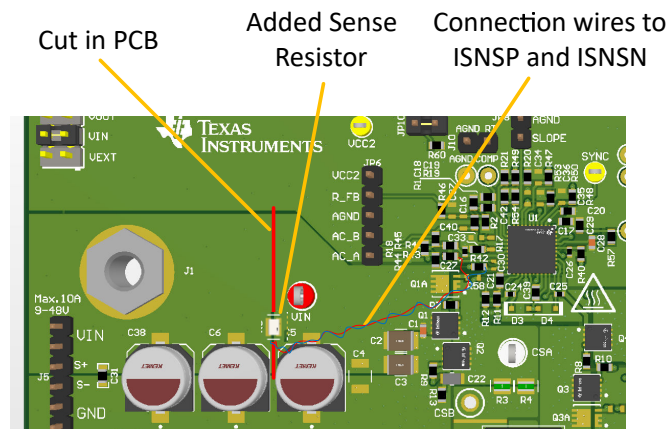


图 5-1. EVM 修改

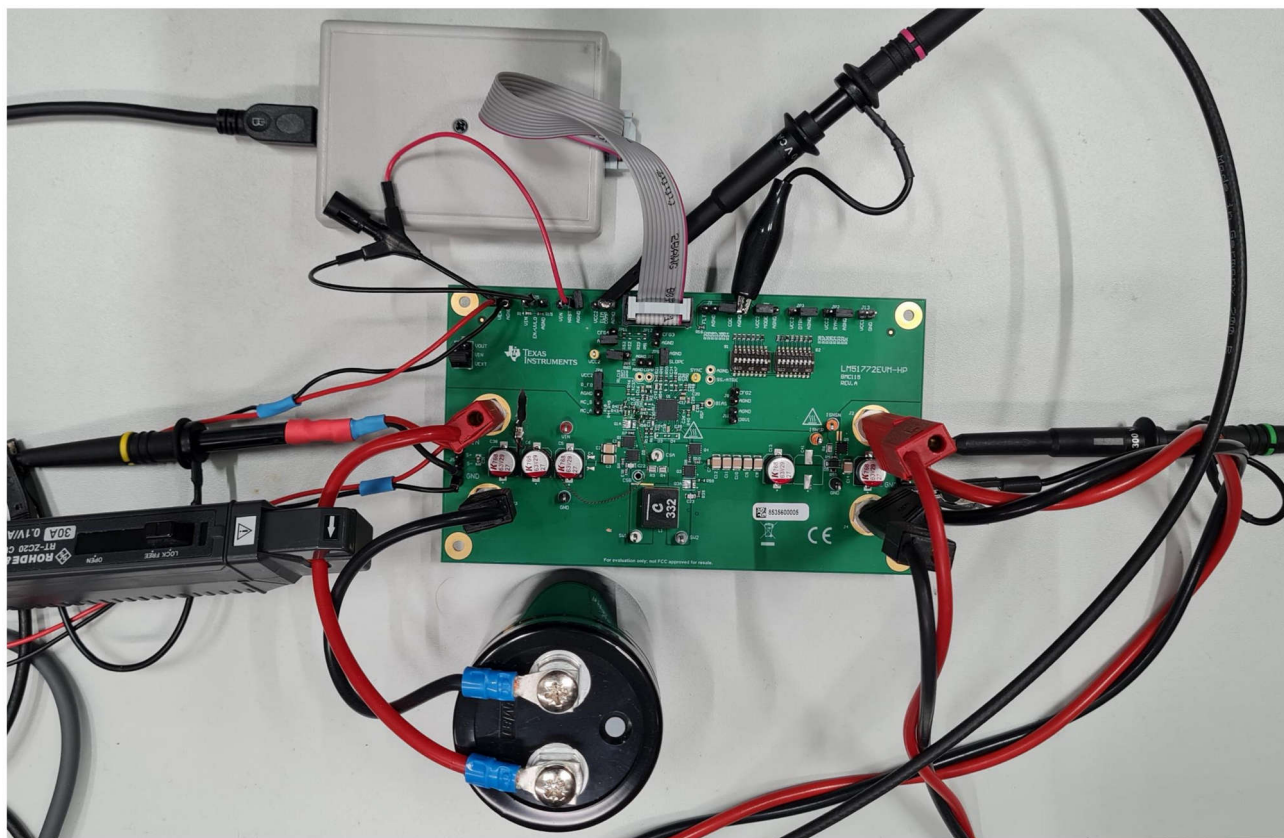


图 5-2. 硬件设置

5.2 测量结果

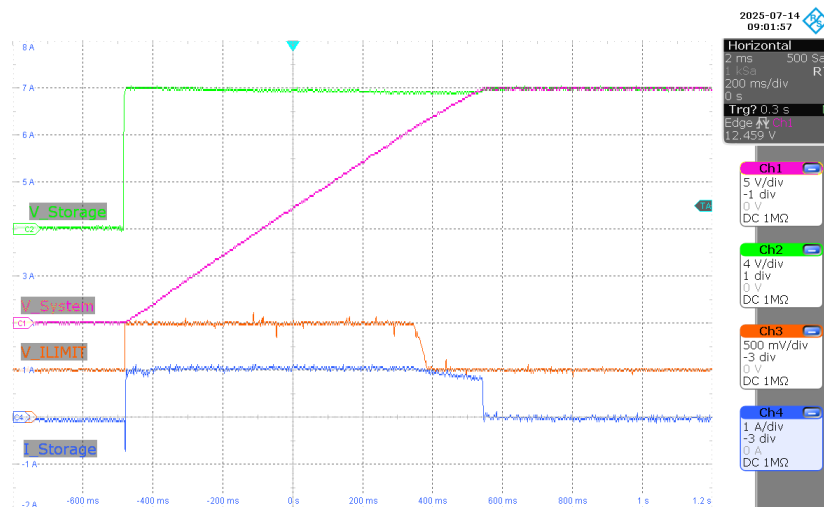


图 5-3. 示波器充电图，恒定电流为 1A，最高电压为 25V

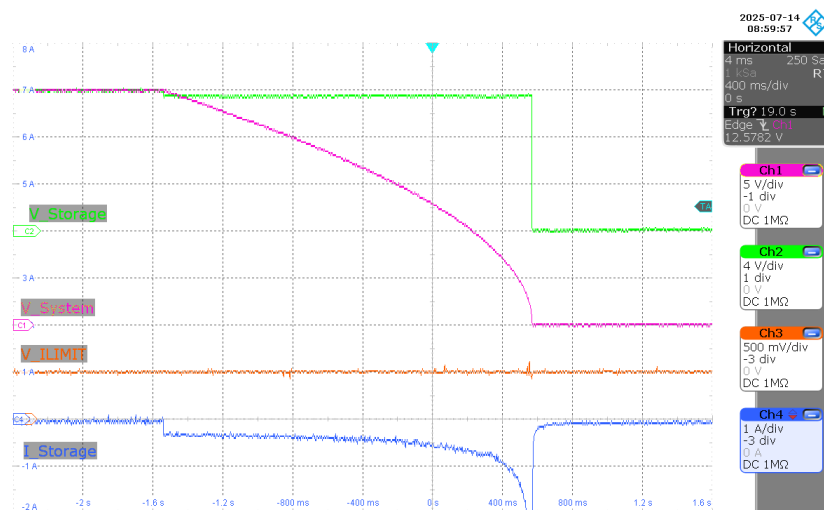


图 5-4. 示波器放电图，负载电流为 0.5A

6 参考资料

- 德州仪器 (TI), [LM51772 80V 宽 VIN 双向 4 开关降压/升压控制器](#) 数据表。
- 德州仪器 (TI), [LM51772 降压/升压快速入门计算器工具](#)
- 德州仪器 (TI), [LM51772 GUI, 用于通过 I2C 进行配置](#)
- 德州仪器 (TI), [使用内部限流器实现恒流运行](#) 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、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