

Application Note

利用智能高侧开关为电容负载充电



Rishika Patel

摘要

由于电流限制功能有助于抑制浪涌电流，TI 的智能高侧开关 (HSS) 可用于为电容负载充电。电流限制和热保护电路可限制电容负载引起的过流，有助于使系统更可靠、更稳健。本应用手册总结了电流限制和结温如何影响开关成功为电容器充电的能力。

内容

1 简介.....	4
1.1 电容负载性质.....	4
2 电流限制和热保护.....	5
3 测试设置和条件.....	6
3.1 探头和跳线配置.....	7
4 结果.....	8
4.1 示例波形.....	9
4.2 48V 应用器件.....	11
5 其他信息.....	12
6 总结.....	31
7 参考资料.....	31

插图清单

图 1-1. 概念图.....	4
图 3-1. EVM 跳线和探头配置.....	7
图 3-2. 设置.....	7
图 4-1. 电容负载充电行为 - 无热故障.....	9
图 4-2. 电容负载充电行为 - 热故障.....	9
图 4-3. 电容负载充电行为 - 故障情况.....	10
图 5-1. 测试条件 1.....	13
图 5-2. 测试条件 2.....	13
图 5-3. 测试条件 3.....	13
图 5-4. 测试条件 4.....	13
图 5-5. 测试条件 5.....	13
图 5-6. 测试条件 6.....	13
图 5-7. 测试条件 7.....	14
图 5-8. 测试条件 8.....	14
图 5-9. 测试条件 9.....	14
图 5-10. 测试条件 10.....	14
图 5-11. 测试条件 11.....	14
图 5-12. 测试条件 12.....	14
图 5-13. 测试条件 13.....	15
图 5-14. 测试条件 14.....	15
图 5-15. 测试条件 15.....	15
图 5-16. 测试条件 16.....	15
图 5-17. 测试条件 17.....	15
图 5-18. 测试条件 18.....	15
图 5-19. 测试条件 19.....	16

图 5-20. 测试条件 20.....	16
图 5-21. 测试条件 21.....	16
图 5-22. 测试条件 22.....	16
图 5-23. 测试条件 23.....	16
图 5-24. 测试条件 24.....	16
图 5-25. 测试条件 25.....	17
图 5-26. 测试条件 26.....	17
图 5-27. 测试条件 27.....	17
图 5-28. 测试条件 28.....	17
图 5-29. 测试条件 29.....	17
图 5-30. 测试条件 30.....	17
图 5-31. 测试条件 31.....	18
图 5-32. 测试条件 32.....	18
图 5-33. 测试条件 33.....	18
图 5-34. 测试条件 34.....	18
图 5-35. 测试条件 35.....	18
图 5-36. 测试条件 36.....	18
图 5-37. 测试条件 37.....	19
图 5-38. 测试条件 38.....	19
图 5-39. 测试条件 39.....	19
图 5-40. 测试条件 40.....	19
图 5-41. 测试条件 41.....	19
图 5-42. 测试条件 42.....	19
图 5-43. 测试条件 43.....	20
图 5-44. 测试条件 44.....	20
图 5-45. 测试条件 45.....	20
图 5-46. 测试条件 46.....	20
图 5-47. 测试条件 47.....	20
图 5-48. 测试条件 48.....	20
图 5-49. 测试条件 49.....	21
图 5-50. 测试条件 50.....	21
图 5-51. 测试条件 51.....	21
图 5-52. 测试条件 52.....	21
图 5-53. 测试条件 53.....	21
图 5-54. 测试条件 54.....	21
图 5-55. 测试条件 55.....	22
图 5-56. 测试条件 56.....	22
图 5-57. 测试条件 57.....	22
图 5-58. 测试条件 58.....	22
图 5-59. 测试条件 59.....	22
图 5-60. 测试条件 60.....	22
图 5-61. 测试条件 61.....	23
图 5-62. 测试条件 62.....	23
图 5-63. 测试条件 63.....	23
图 5-64. 测试条件 64.....	23
图 5-65. 测试条件 65.....	23
图 5-66. 测试条件 66.....	23
图 5-67. 测试条件 67.....	24
图 5-68. 测试条件 68.....	24
图 5-69. 测试条件 69.....	24
图 5-70. 测试条件 70.....	24
图 5-71. 测试条件 71.....	24
图 5-72. 测试条件 72.....	24
图 5-73. 测试条件 73.....	25
图 5-74. 测试条件 74.....	25
图 5-75. 测试条件 75.....	25
图 5-76. 测试条件 76.....	25
图 5-77. 测试条件 77.....	25

图 5-78. 测试条件 78.....	25
图 5-79. 测试条件 79.....	26
图 5-80. 测试条件 80.....	26
图 5-81. 测试条件 81.....	26
图 5-82. 测试条件 82.....	26
图 5-83. 测试条件 83.....	26
图 5-84. 测试条件 84.....	26
图 5-85. 测试条件 85.....	27
图 5-86. 测试条件 86.....	27
图 5-87. 测试条件 87.....	27
图 5-88. 测试条件 88.....	27
图 5-89. 测试条件 89.....	27
图 5-90. 测试条件 90.....	27
图 5-91. 测试条件 91.....	28
图 5-92. 测试条件 92.....	28
图 5-93. 测试条件 93.....	28
图 5-94. 测试条件 94.....	28
图 5-95. 测试条件 95.....	28
图 5-96. 测试条件 96.....	28
图 5-97. 测试条件 97.....	29
图 5-98. 测试条件 98.....	29
图 5-99. 测试条件 99.....	29
图 5-100. 测试条件 100.....	29
图 5-101. 测试条件 101.....	29
图 5-102. 测试条件 102.....	29
图 5-103. 测试条件 103.....	30
图 5-104. 测试条件 104.....	30
图 5-105. 测试条件 105.....	30
图 5-106. 测试条件 106.....	30
图 5-107. 测试条件 107.....	30
图 5-108. 测试条件 108.....	30

表格清单

表 4-1. TPS1HTC30-Q1 电容器充电时间.....	11
表 4-2. TPS1HTC100-Q1 电容器充电时间.....	11
表 5-1. TPS1HTC30-Q1 电容器充电关键参数.....	12
表 5-2. TPS1HTC100-Q1 电容器充电关键参数.....	12

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

许多应用中都使用 HSS 为与电阻负载并联的电容负载供电。通常还在系统的输出端放置电容器，以提高 EMI 性能、滤除电压瞬态等。根据电容的不同，可能会出现很大的浪涌电流；该行为也可以与对地短路情况进行比较。通过使用电流限制 (CL) 引脚设置电流限制，可以降低电容器消耗的浪涌电流。通过使用 [方程式 1](#)，用户可以预测系统经受的浪涌量，这取决于负载的电容和电压随时间的变化。

$$I_{INRUSH} = C_{LOAD} \times \frac{dV}{dT} \quad (1)$$

1.1 电容负载性质

当输出电压达到电源电压 (VS) 电平时，电容器被视为充满电。同时，电容器停止消耗电流，电阻负载开始灌入电流。图 1-1 显示在启动期间电流会沿橙色路径流动，直到电容器充满电，然后电流会沿绿色路径流动。在波形上，当电容器大约充电到 VS 时，电流稳定到电阻负载预期消耗的水平，即 $I = VS/R_{LOAD}$ 。

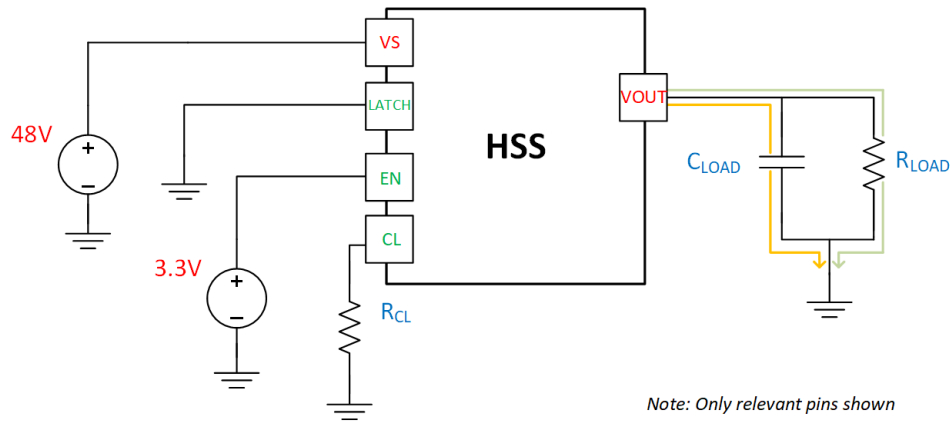


图 1-1. 概念图

基于以下几点，电容负载的总充电时间也会随着电容和温度而增加：

- 欧姆定律 $V = IR$ 时，电压的变化取决于电流和电阻。随着结温升高，开关的导通电阻也会增加，进一步限制电流。
- RC (电阻器 - 电容器) 时间常数 $\tau = RC$ ，其中充电时间等于电阻乘以电容。

2 电流限制和热保护

TI 的智能 HSS 包含高精度可调节电流限制功能。通常，电流限制环路需要几微秒的时间才能置为有效。在几微秒内，浪涌电流可能会超过限制，但有一个额外的内部快速跳变电平来限制电流以实现保护。电流限制引脚可通过以下三种方式之一进行配置（一种外部方式，两种内部方式）：

1. 通过一个电阻器将 CL 引脚接地，以便在器件的范围内调整电流限制。有关如何计算此值的公式或示例，请参阅每个数据表的 *应用信息* 部分。请确保在相关器件的规定范围内选择电阻器和电流限制，否则电流限制将视为 *超出范围*。
2. 让 CL 引脚悬空，以使 CL = 开路或超出内部电流限制范围。
3. 针对 CL = GND 内部电流限制，将 CL 引脚直接接地。

TI 强烈建议使用一个电阻器从外部设置电流限制。内部限制专为失效防护情况（例如外部电阻器损坏）而设计，因此该器件可以自行保护并将其视为器件故障。对于上述方法二和方法三，每个数据表的 *电气特性表* 中都规定了内部电流限制。

其他可用的 HSS 不包含此功能，也不允许用户根据应用调整电流限制。TI 的一些 HSS 还允许用户动态更改电流限制，这表示设置浪涌控制的初始限制并在正常运行期间更改为另一个值。

当达到过流阈值时，器件会根据器件相应地进行响应。对于 48V HTC 器件，该器件会将电流钳制在电流限制，直到达到热关断。有两种类型的热关断：相对，功率 FET 温度 (T_{FET}) 的上升速度比控制器 (T_{CON}) 快得多；绝对，器件达到绝对参考温度 (T_{ABS})。无论何种类型，当器件发生热故障时，输出会作为保护机制关闭。器件从故障中恢复后，器件是否最终重新打开取决于门锁引脚配置。如果门锁引脚被拉至低电平，则器件在自动重试模式下运行，如果门锁引脚被拉至高电平，则器件在闭锁模式。以下是热故障的简短总结。

- 相对热关断
 - $\Delta T = T_{FET} - T_{CON} > T_{REL}$
 - T_{REL} = 相对热关断阈值
 - 如果门锁 = 低电平，则当 t_{RETRY} 时间启动时，器件或输出会尝试重新启动。
 - 如果门锁 = 高电平，则输出将保持关闭状态，直到门锁或使能引脚切换。
- 绝对热关断
 - 器件达到 T_{ABS}
 - 如果门锁 = 低电平，当 t_{RETRY} 时间启动时， $T_J < T_{ABS} - T_{hys}$ 必须为真，器件才能尝试重新启动。
 - T_{hys} = 热关断磁滞阈值
 - T_J = 结温
 - 如果门锁 = 高电平，则输出将保持关闭状态，直到门锁或使能引脚切换。

3 测试设置和条件

对于下面所做的测试，一个电阻负载与电容负载并联。负载电流 ($I_{LOAD} = I_L$) 设置为外部设置电流限制的一半。

$$R_{LOAD} = \frac{VS}{I_{LOAD}}, I_{LOAD} = \frac{I_{CL}}{2} \quad (2)$$

该实验评估了电流限制 (MIN - CL 下限、TYP - CL 中点、MAX - CL 上限) 和温度 (25°C、85°C) 如何影响开关成功为电容负载充电的能力。

设备：

- TI EVMs - TPS1HTC30EVM 和 TPS1HTC100EVM
- 恒阻模式下的电子负载
- 函数发生器 - 3.3V 直流信号
- 电源 - 48V
- 电解电容器 (额定 50V 或更高)
- 温度室 (85°C)
- 0805 表面贴装电阻器 (10k Ω 、16.7k Ω 、20k Ω 、50k Ω)

备注

使用 51k Ω ，因为尚未提供 50k Ω 。

- 线缆
- 电压和电流探头
- 安全箱或外壳 (可选)

为了消除 TI HSS 发生的任何意外或异常行为，请确保在恒阻模式下使用电子负载。恒流模式无法准确描述纯电阻负载的行为，因为负载始终会不断消耗预设电流。请参阅 [\(+\)\[常见问题解答\] 为什么电子负载导致高侧开关关断? - 电源管理论坛 — 电源管理- TI E2E 支持论坛](#) 了解详情。

使用电子负载时，除非电阻负载主动 *打开*，否则该器件会检测到开路负载故障。对于每个测试，所遵循的步骤顺序如下：

1. 将电解电容器与电阻负载并联连接到输出端。阳极或正极 (较长) 引线连接到电源，阴极或负极 (较短) 引线接地。
2. 为所测试的电流限制配置适当的电阻后，打开电子负载。
3. 打开输入电源，使其处于高电平稳定状态。
4. 使用函数发生器触发 3.3V EN 高电平信号。
5. 记下结果并关闭电源。

3.1 探头和跳线配置

有关跳线配置 (黄色)、探头 (红色) 位置和测试设置图片, 请参阅图 3-1 和图 3-2。

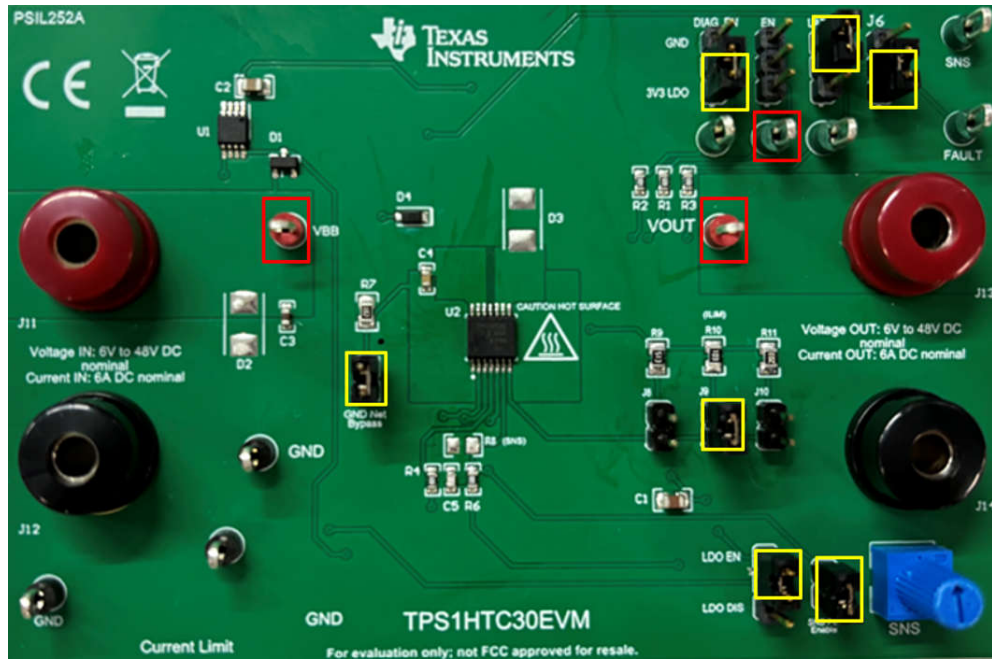


图 3-1. EVM 跳线和探头配置

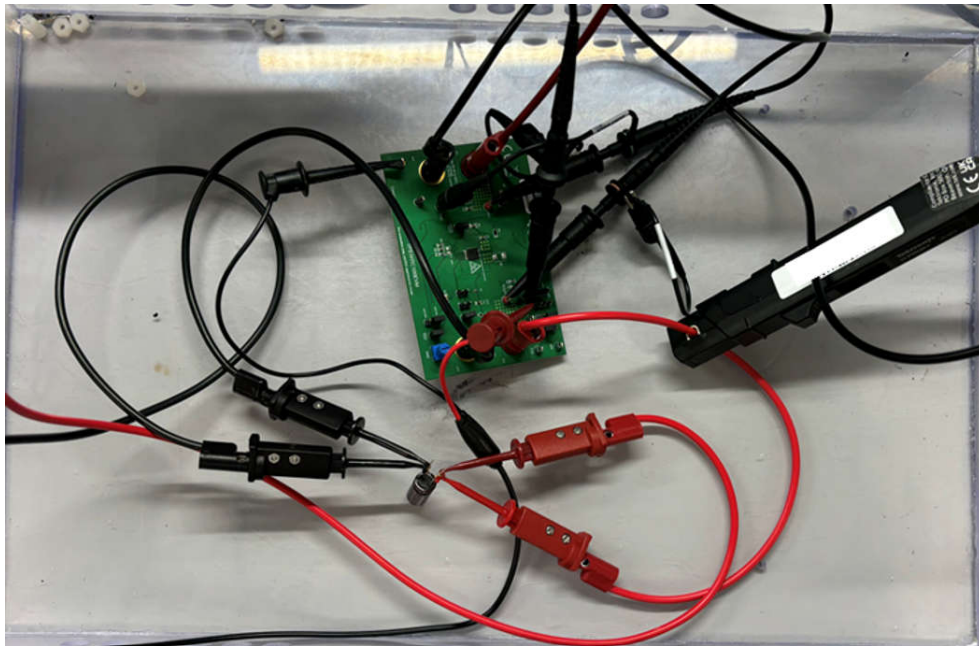


图 3-2. 设置

4 结果

表 4-2 和表 4-1 中的 **x** 指示器件开始进入热关断。高于该值的电容器可以充满电，但仅在器件自动重试几次后才充满。对于一些用户来说，某些应用中输出在电容负载充满电之前多次打开和关闭可能效率低下且不及时。图 4-1 展示了正常运行期间的示例波形，其中电容器充电时不会遇到热故障。

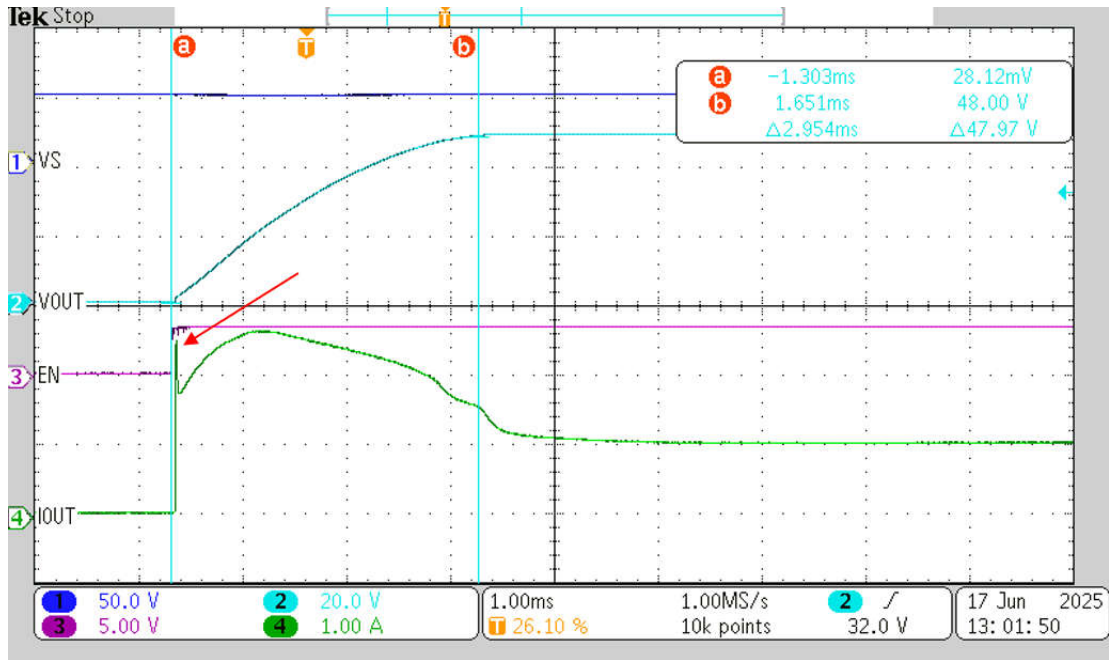
随着电流限制降低，可通过开关充电的电容量会增加。在某些情况下，当使用较低的电流限制为大电容器充电时，发生热关断但输出已成功充电，**VOUT** 曲线看起来更像一个阶跃函数，如图 4-2 中所示。在其他情况下，采用更高电流限制时，无论时间段长短，输出电压都无法充电至 **VS**，如图 4-3 中所示。浪涌或负载电流越高，FET 上的功率耗散就越多。器件升温越快，器件就越快达到热关断阈值。通过将器件配置为较低的电流限制，器件升温较低且恢复速度更快，逐步缓慢地为大电容器充电。

请注意由于测量设备的微小电压失调而导致的略微不准确，这也可能会影响总充电时间。预计与小电容器相比大电容器需要更多的时间来充电，并且这些电容器在较高温度下充电时间更长的。对于这些结果，一旦输出电压达到约 **46-48V**，电容器即被视为充满电。这基于输出电压停止增加的情况。在相同的电压点，电流也可能需要稍长的时间才能稳定在只有电阻负载消耗电流的负载电流电平下。这些数据表显示了所测试器件的近似充电时间，并且可能会因工艺、电压和温度 (PVT) 和电路板布局 (如果不使用 EVM) 而异。此处的关键概念是识别器件在哪个电容上开始发生热故障。

在较高的漏源电压 (如 **48V**) 以及较高的浪涌或负载电流时，器件限制电流的点可能高于目标限制。这是因为 FET 上的功率耗散更大。由于流经电流 I_{LOAD}/K_{CL} (电流镜机制) 要小得多，因此功率 FET 相对于电流限制传感 FET 温度会升得更高。最终，由于互热，功率 FET 会导致传感 FET 开始升温，从而使两个 FET 的温度更接近。逐渐地，该器件能够更好地调节电流。这不影响器件的可靠性。

4.1 示例波形

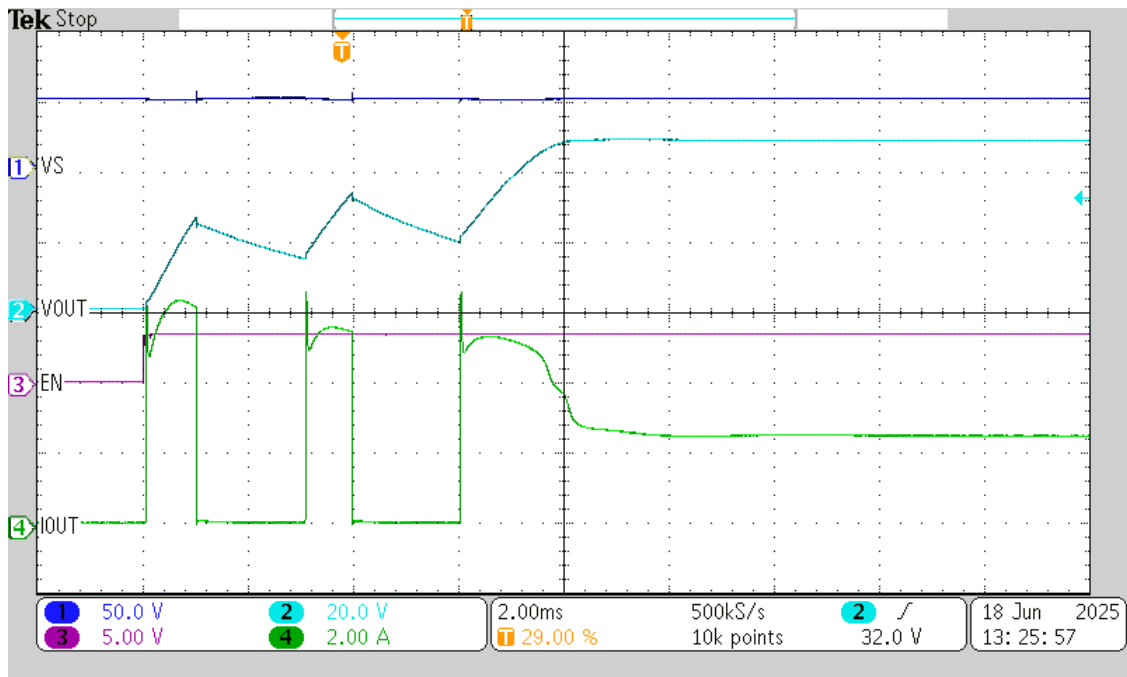
光标 a — 开关已使能。光标 b — 电容器已充满电。红色箭头显示在电流限制环路置为有效之前发生的浪涌电流。



A. TPS1HTC30-Q1 , CL 下限 - 2A、100uF、25°C

图 4-1. 电容负载充电行为 - 无热故障

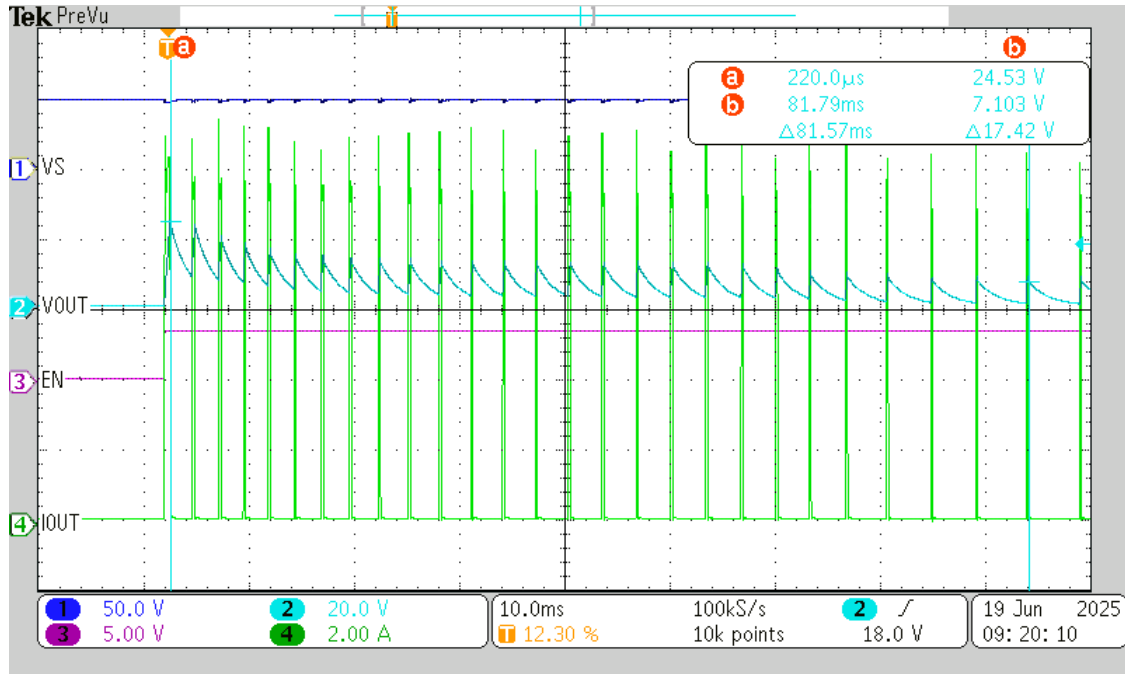
器件最终能够在打开或关闭 (自动重试) 几次后充电。



A. TPS1HTC30-Q1 , CL 中点 - 5A、220uF、25°C

图 4-2. 电容负载充电行为 - 热故障

器件无法将输出充电至 VS。



A. TPS1HTC30-Q1 , CL 上限 - 10A、180uF、25°C

图 4-3. 电容负载充电行为 - 故障情况

4.2 48V 应用器件

表 4-1. TPS1HTC30-Q1 电容器充电时间

TPS1HTC30Q1	电容器充电时间 (VS = 48V)					
	25°C			85°C		
	CL 下限	CL 中点	CL 上限	CL 下限	CL 中点	CL 上限
电容 (uF)	$R_{CL}=50k\Omega$ 、 $I_{CL}=2A$ 、 $R_L=48\Omega$ 、 $I_L=1A$	$R_{CL}=20k\Omega$ 、 $I_{CL}=5A$ 、 $R_L=19.2\Omega$ 、 $I_L=2.5A$	$R_{CL}=10k\Omega$ 、 $I_{CL}=10A$ 、 $R_L=9.6\Omega$ 、 $I_L=5A$	$R_{CL}=50k\Omega$ 、 $I_{CL}=2A$ 、 $R_L=48\Omega$ 、 $I_L=1A$	$R_{CL}=20k\Omega$ 、 $I_{CL}=5A$ 、 $R_L=19.2\Omega$ 、 $I_L=2.5A$	$R_{CL}=10k\Omega$ 、 $I_{CL}=10A$ 、 $R_L=9.6\Omega$ 、 $I_L=5A$
6.8	817.6us	748.0us	178.00us	810.8us	734.4us	179.2us
10	841.6us	772.8us	595.6us	868.8us	762.4us	631.2us
15	957.6us	816.8us	647.6us	978.8us	816.4us	649.2us
22	1.038ms	870.8us	667.6us	1.509ms	878.4us	693.2us
33	1.278ms	964.8us	731.6us	1.705ms	960.4us	741.2us
47	1.874ms	1.105ms	804.6us	1.994ms	1.096ms	805.2us
68	2.384ms	1.295ms	954.6us	2.537ms	1.314ms	1.001ms
75	2.404ms	1.311ms	972.6us	2.565ms	1.326ms	1.003ms
82	2.554ms	1.377ms	982.6us	2.728ms	1.398ms	1.037ms
100	2.954ms	1.533ms	1.061ms	3.156ms	1.634ms	1.105ms
180	4.291ms	2.162ms	X	4.706ms	2.370ms	X
220	5.302ms	X	-	5.792ms	X	-
330	X	-	-	X	-	-

表 4-2. TPS1HTC100-Q1 电容器充电时间

TPS1HTC100Q1	电容器充电时间 (VS = 48V)					
	25°C			85°C		
	CL 下限	CL 中点	CL 上限	CL 下限	CL 中点	CL 上限
电容 (uF)	$R_{CL}=50k\Omega$ 、 $I_{CL}=0.92A$ 、 $R_L=104.3\Omega$ 、 $I_L=0.46A$	$R_{CL}=16.7k\Omega$ 、 $I_{CL}=3A$ 、 $R_L=32\Omega$ 、 $I_L=1.5A$	$R_{CL}=10k\Omega$ 、 $I_{CL}=5.3A$ 、 $R_L=18.1\Omega$ 、 $I_L=2.65A$	$R_{CL}=50k\Omega$ 、 $I_{CL}=0.92A$ 、 $R_L=104.3\Omega$ 、 $I_L=0.46A$	$R_{CL}=16.7k\Omega$ 、 $I_{CL}=3A$ 、 $R_L=32\Omega$ 、 $I_L=1.5A$	$R_{CL}=10k\Omega$ 、 $I_{CL}=5.3A$ 、 $R_L=18.1\Omega$ 、 $I_L=2.65A$
6.8	911.4us	731.4us	699.6us	938.0us	745.0us	732.2us
10	991.4us	735.4us	713.6us	1.032us	757.0us	736.2us
15	1.143ms	751.4us	734.6us	1.196ms	770.5us	753.1us
22	1.323ms	771.4us	742.6us	1.380ms	779.5us	777.1us
33	1.583ms	829.4us	X	1.664ms	840.5us	X
47	1.929ms	X	-	2.065ms	X	-
68	X	-	-	X	-	-

5 其他信息

下面的识别表有助于参考每个测试的波形。节 4 中电容器充电时间的位置是一个与相关数字对应的数字。本节中的所有数字都标记为 5-#。第二个数字是关键参数表中的数字。例如，要查看表 5-1 中的波形 6，请参见图 5-6。

表 5-1. TPS1HTC30-Q1 电容器充电关键参数

TPS1HTC30-Q1	电容器充电时间 (VS = 48V)					
	25°C			85°C		
	CL 下限	CL 中点	CL 上限	CL 下限	CL 中点	CL 上限
电容 (uF)	R _{CL} =50k Ω、 I _{CL} =2A、 R _L =48 Ω、I _L =1A	R _{CL} =20k Ω、I _{CL} =5A、 R _L =19.2 Ω、I _L =2.5A	R _{CL} =10k Ω、I _{CL} =10A、 R _L =9.6 Ω、I _L =5A	R _{CL} =50k Ω、I _{CL} =2A、 R _L =48 Ω、I _L =1A	R _{CL} =20k Ω、I _{CL} =5A、 R _L =19.2 Ω、I _L =2.5A	R _{CL} =10k Ω、I _{CL} =10A、 R _L =9.6 Ω、I _L =5A
6.8	1	14	26	37	50	62
10	2	15	27	38	51	63
15	3	16	28	39	52	64
22	4	17	29	40	53	65
33	5	18	30	41	54	66
47	6	19	31	42	55	67
68	7	20	32	43	56	68
75	8	21	33	44	57	69
82	9	22	34	45	58	70
100	10	23	35	46	59	71
180	11	24	36	47	60	72
220	12	25	-	48	61	-
330	13	-	-	49	-	-

表 5-2. TPS1HTC100-Q1 电容器充电关键参数

TPS1HTC100-Q1	电容器充电时间 (VS = 48V)					
	25°C			85°C		
	CL 下限	CL 中点	CL 上限	CL 下限	CL 中点	CL 上限
电容 (uF)	R _{CL} =50k Ω、 I _{CL} =0.92A、 R _L =104.3 Ω、I _L =0.46A	R _{CL} =16.7k Ω、I _{CL} =3A、 R _L =32 Ω、I _L =1.5A	R _{CL} =10k Ω、I _{CL} =5.3A、 R _L =18.1 Ω、I _L =2.65A	R _{CL} =50k Ω、 I _{CL} =0.92A、 R _L =104.3 Ω、I _L =0.46A	R _{CL} =16.7k Ω、I _{CL} =3A、 R _L =32 Ω、I _L =1.5A	R _{CL} =10k Ω、I _{CL} =5.3A、 R _L =18.1 Ω、I _L =2.65A
6.8	73	80	86	91	98	104
10	74	81	87	92	99	105
15	75	82	88	93	100	106
22	76	83	89	94	101	107
33	77	84	90	95	102	108
47	78	85	-	96	103	-
68	79	-	-	97	-	-

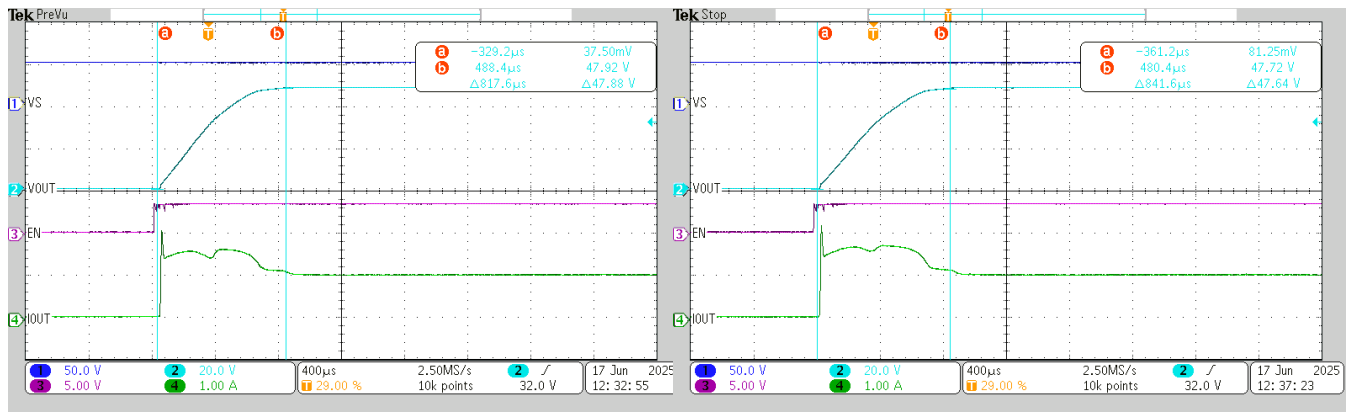


图 5-1. 测试条件 1

图 5-2. 测试条件 2

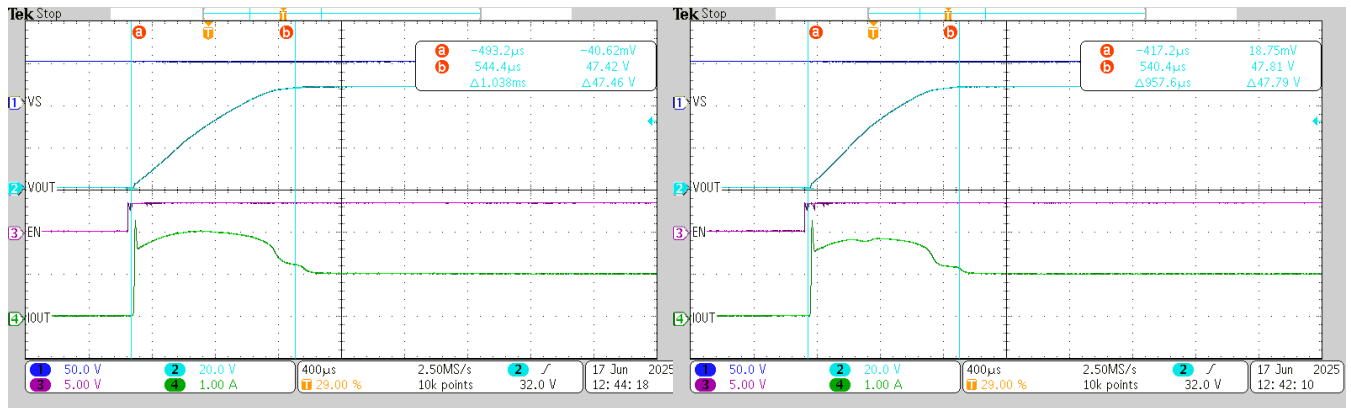


图 5-3. 测试条件 3

图 5-4. 测试条件 4

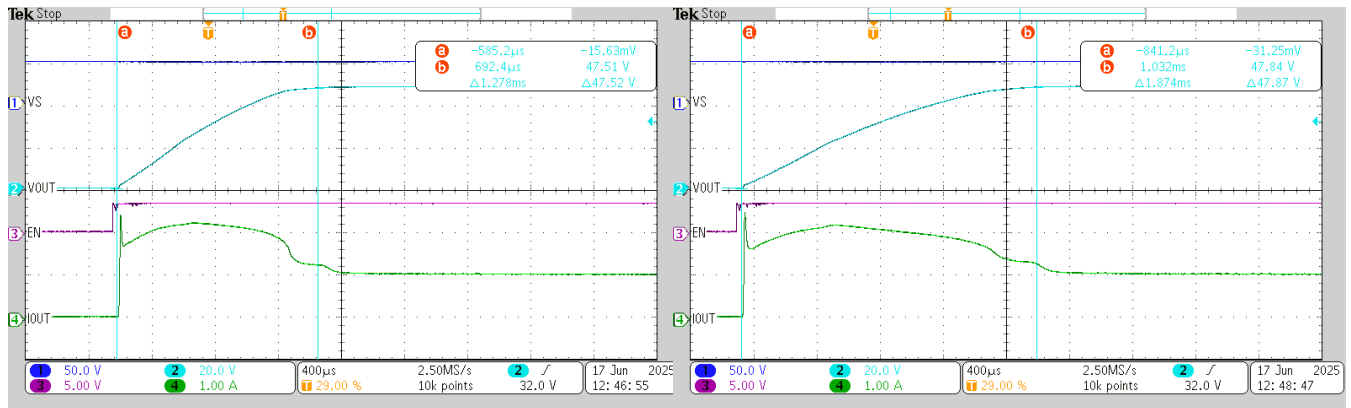


图 5-5. 测试条件 5

图 5-6. 测试条件 6

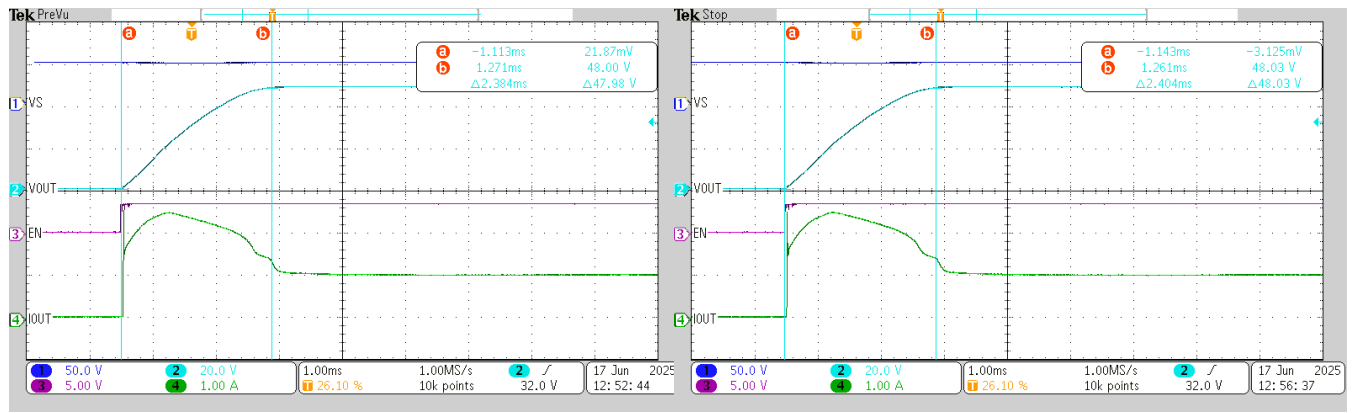


图 5-7. 测试条件 7

图 5-8. 测试条件 8

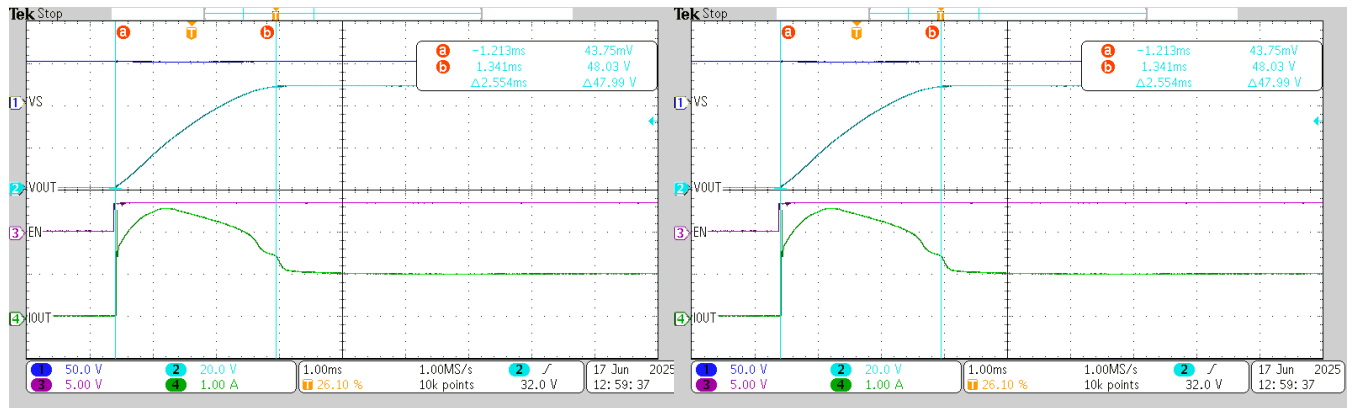


图 5-9. 测试条件 9

图 5-10. 测试条件 10

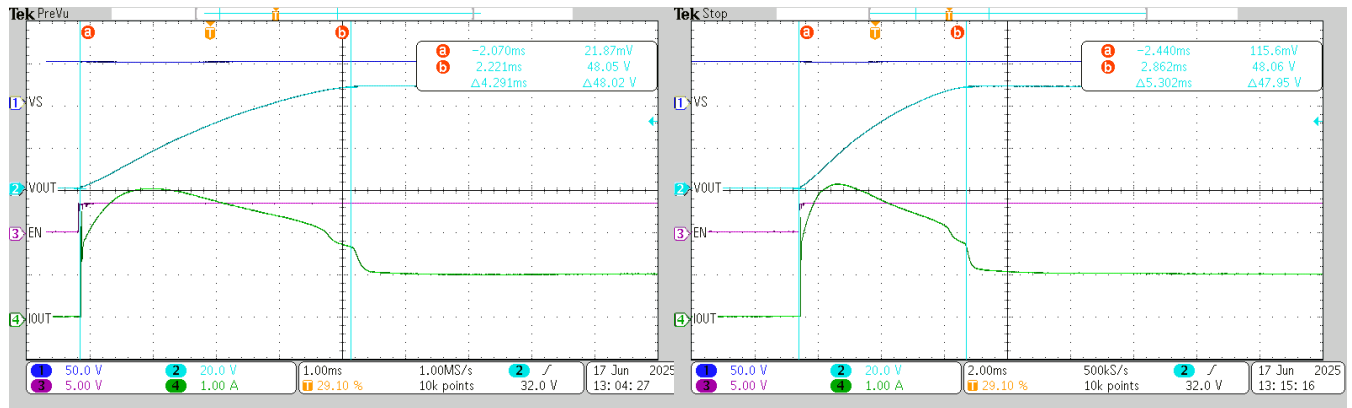


图 5-11. 测试条件 11

图 5-12. 测试条件 12

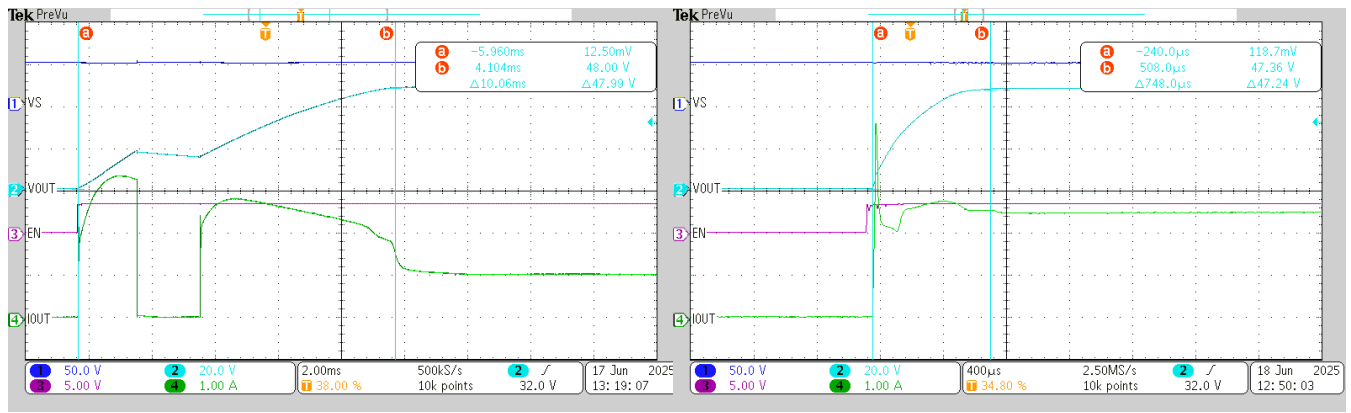


图 5-13. 测试条件 13

图 5-14. 测试条件 14

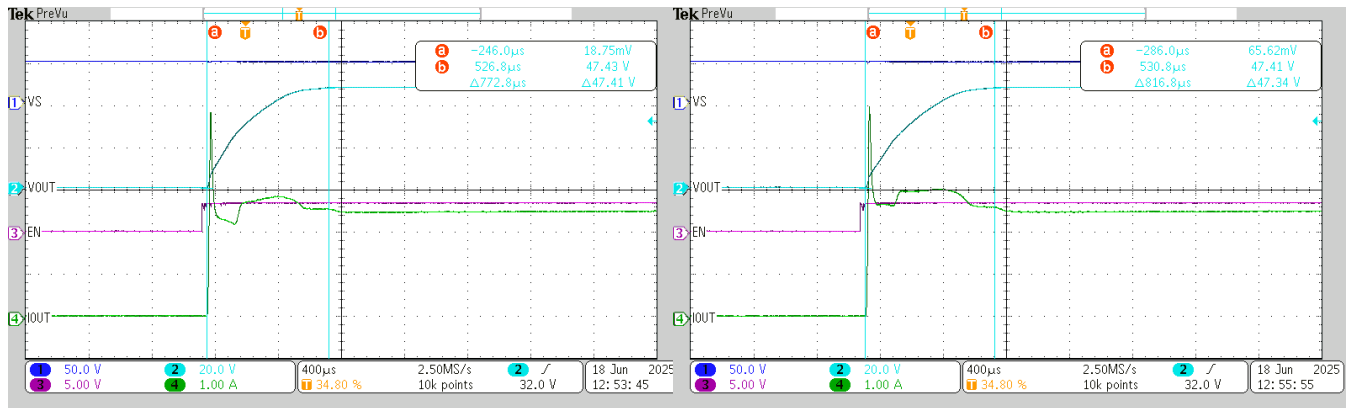


图 5-15. 测试条件 15

图 5-16. 测试条件 16

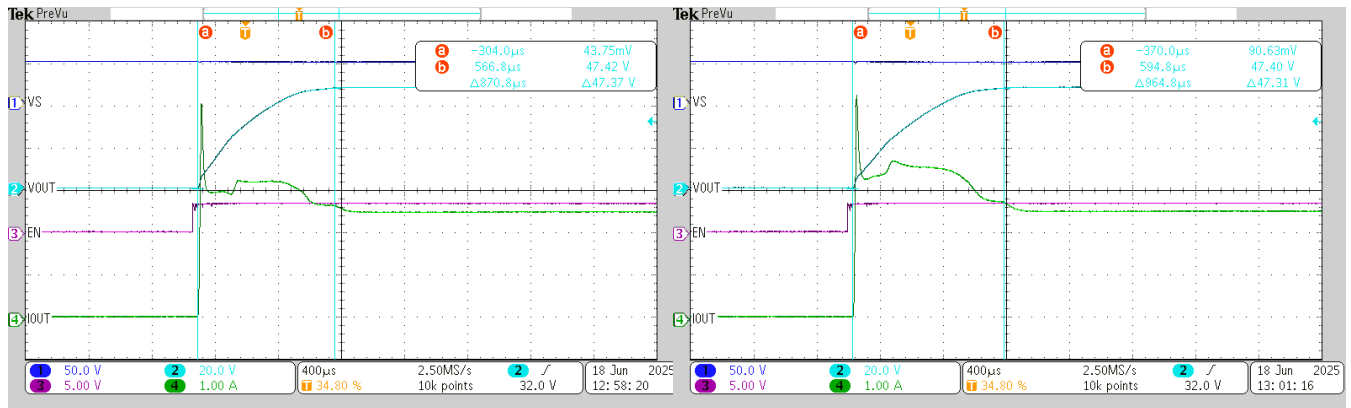


图 5-17. 测试条件 17

图 5-18. 测试条件 18

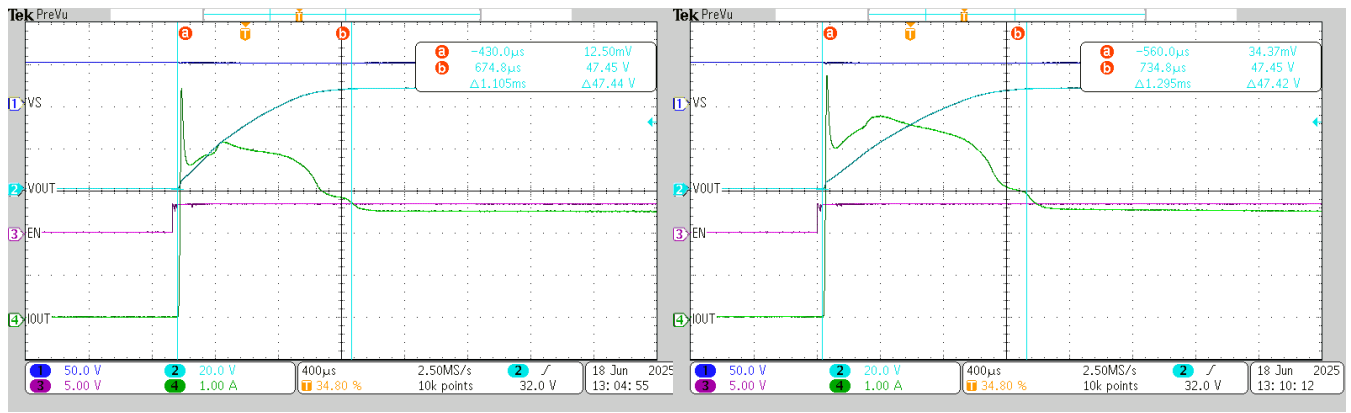


图 5-19. 测试条件 19

图 5-20. 测试条件 20

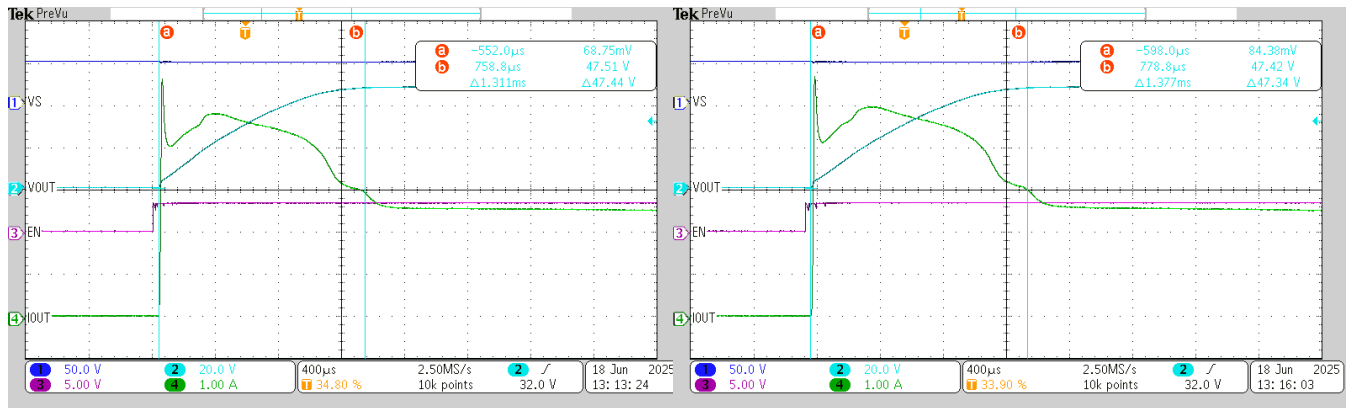


图 5-21. 测试条件 21

图 5-22. 测试条件 22

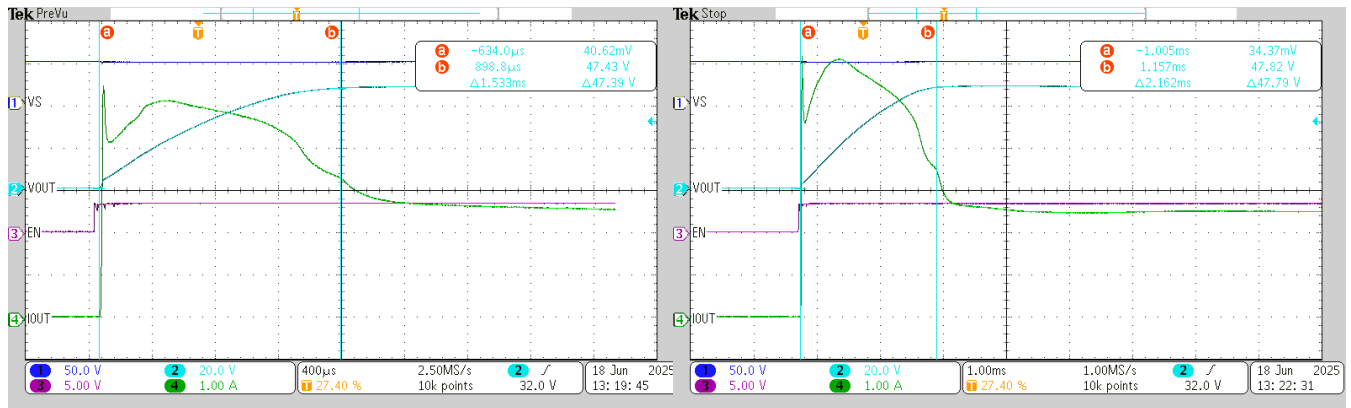


图 5-23. 测试条件 23

图 5-24. 测试条件 24

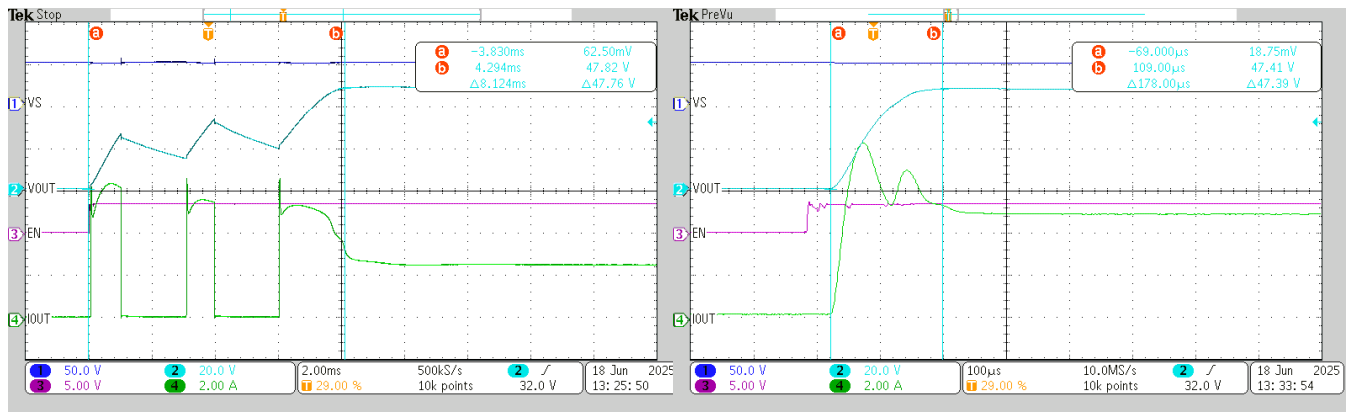


图 5-25. 测试条件 25

图 5-26. 测试条件 26

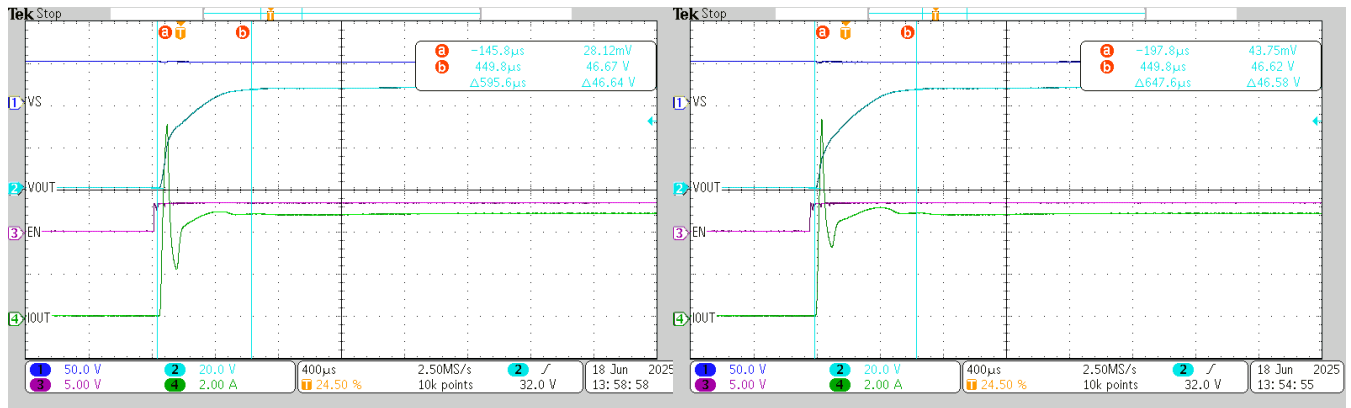


图 5-27. 测试条件 27

图 5-28. 测试条件 28

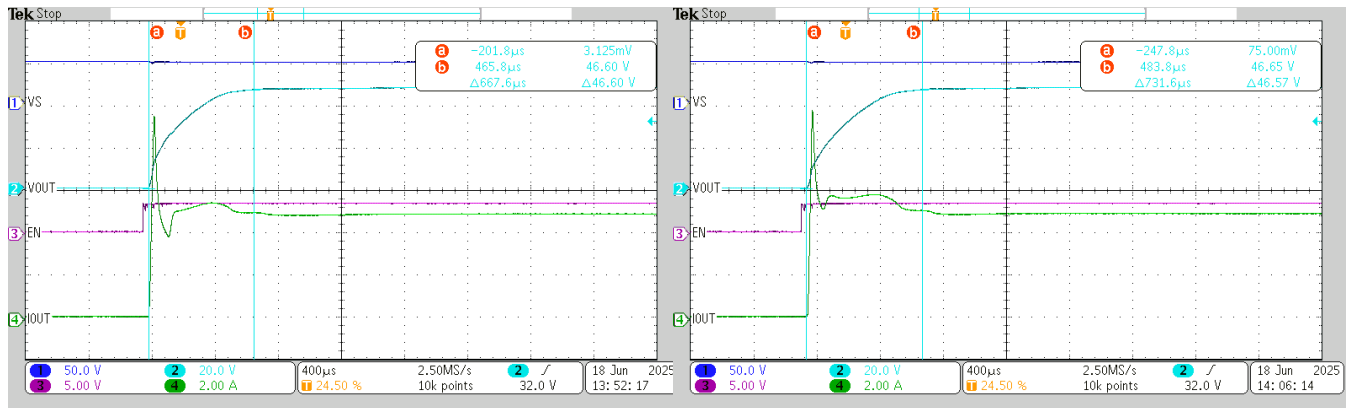


图 5-29. 测试条件 29

图 5-30. 测试条件 30

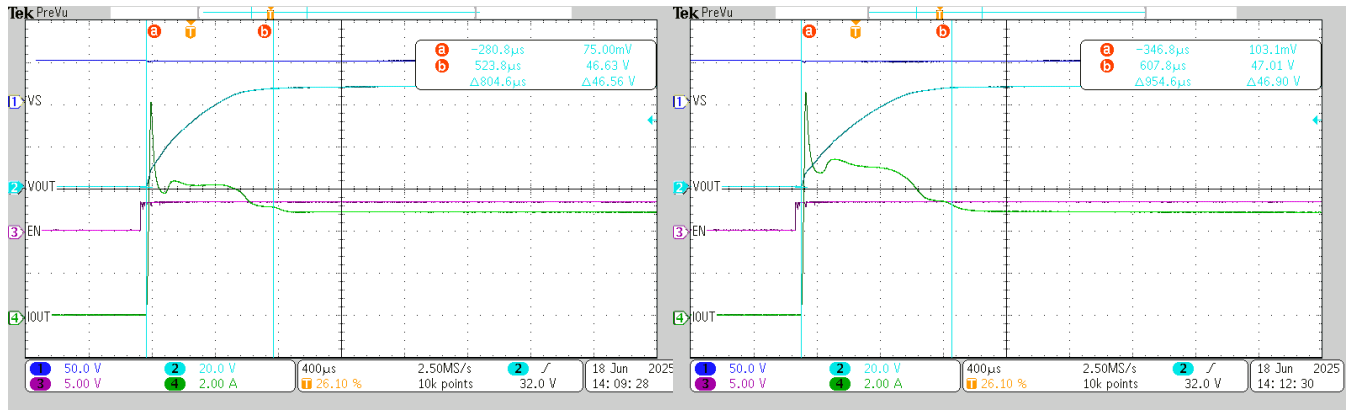


图 5-31. 测试条件 31

图 5-32. 测试条件 32

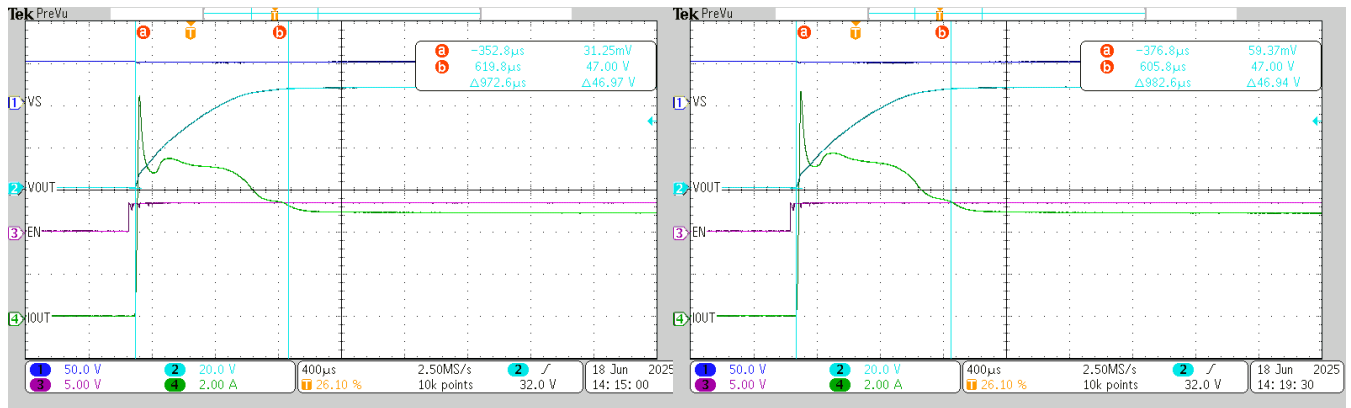


图 5-33. 测试条件 33

图 5-34. 测试条件 34

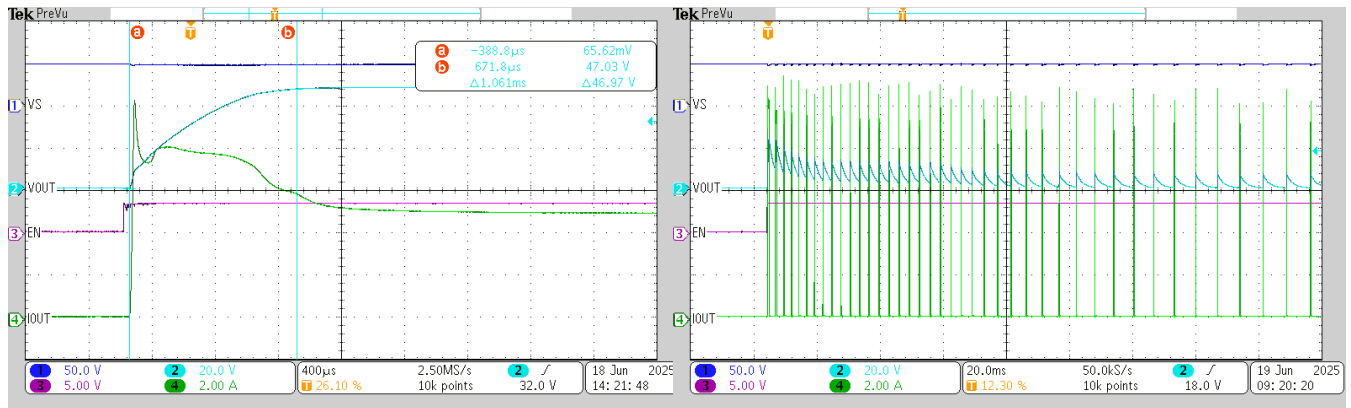


图 5-35. 测试条件 35

图 5-36. 测试条件 36

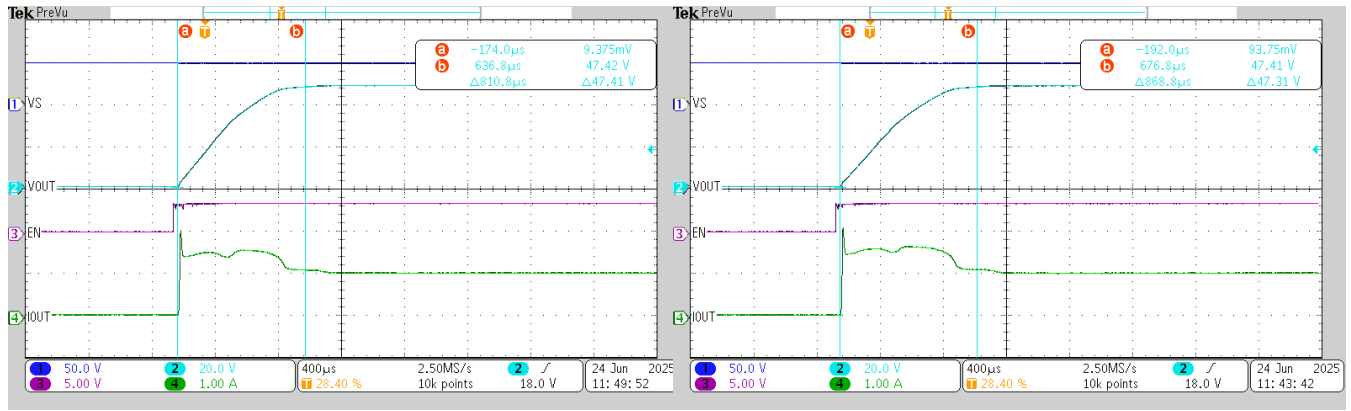


图 5-37. 测试条件 37

图 5-38. 测试条件 38

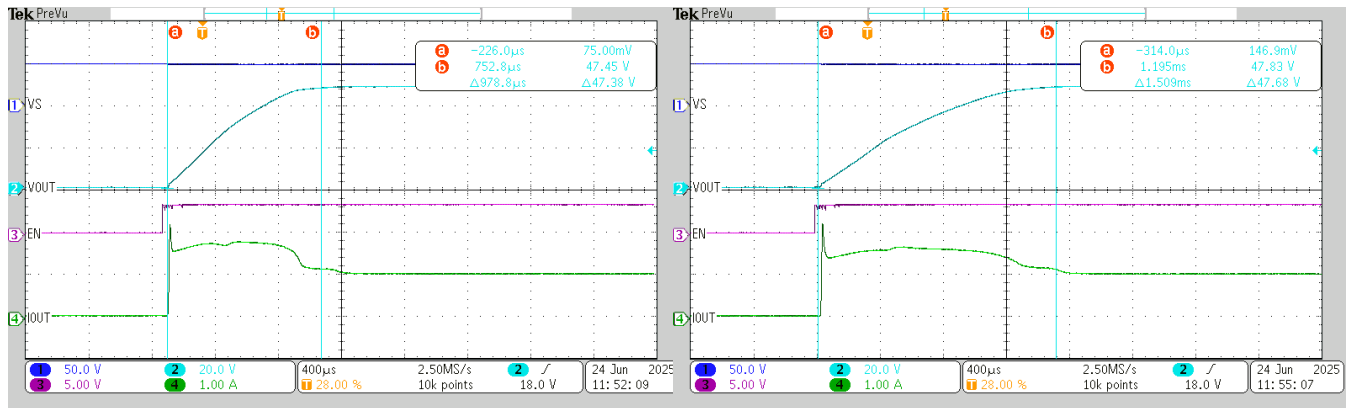


图 5-39. 测试条件 39

图 5-40. 测试条件 40

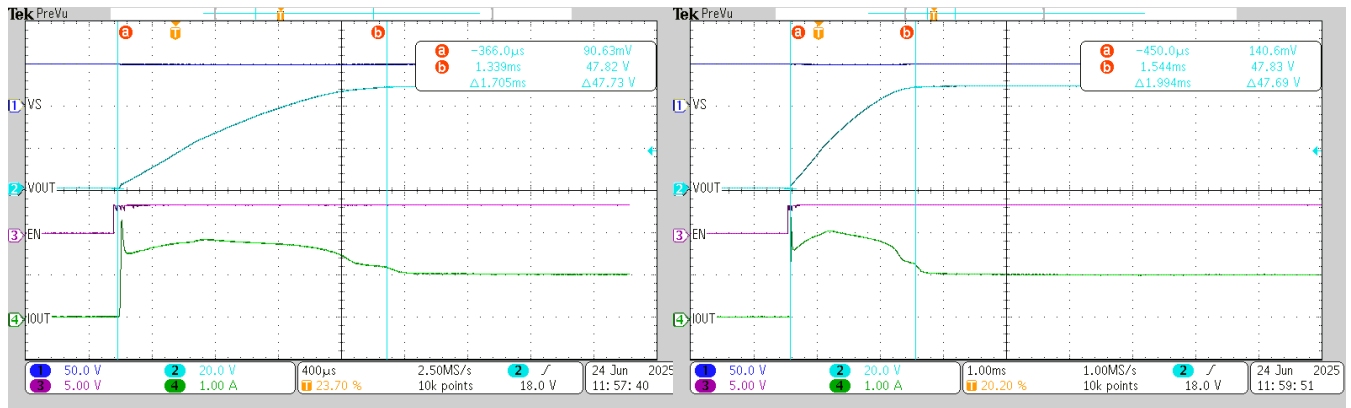


图 5-41. 测试条件 41

图 5-42. 测试条件 42

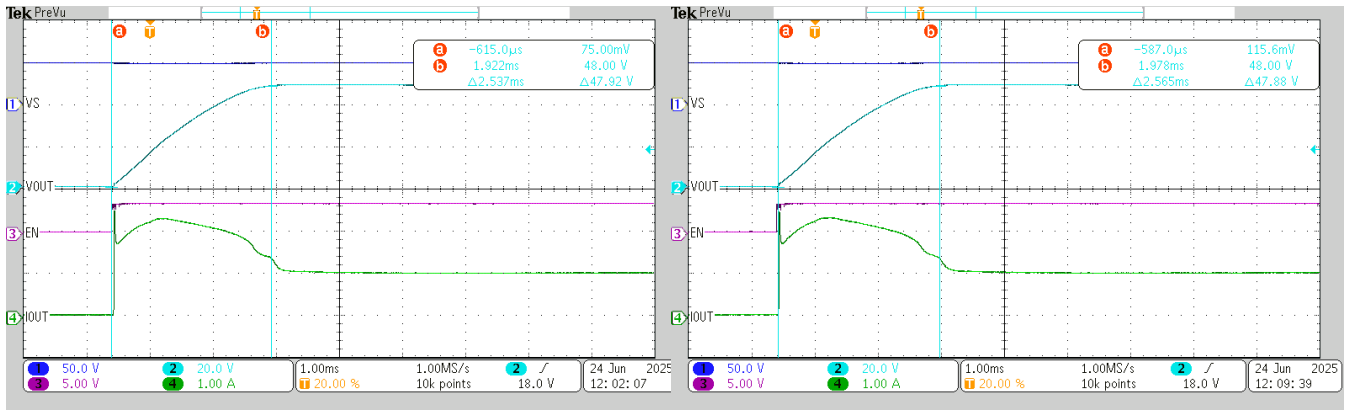


图 5-43. 测试条件 43

图 5-44. 测试条件 44

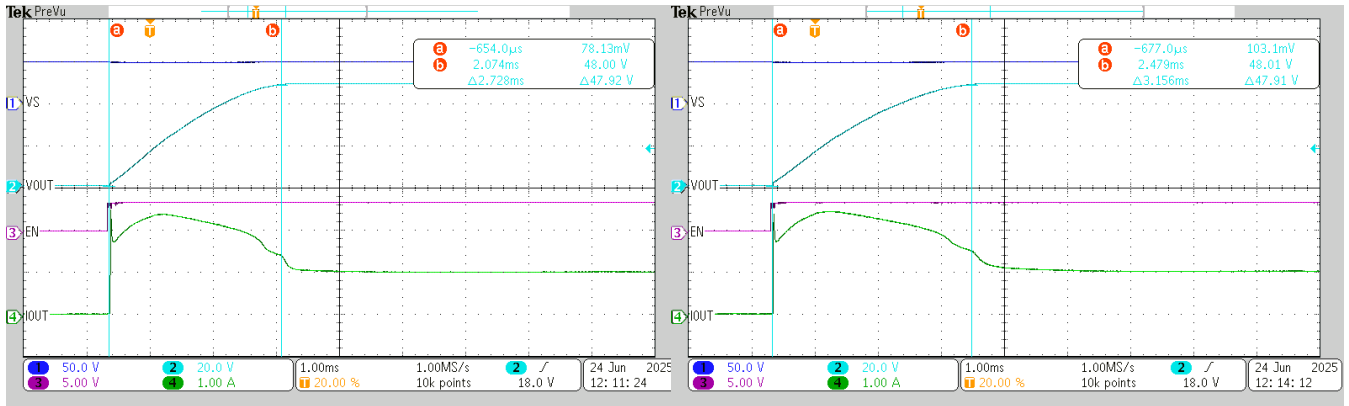


图 5-45. 测试条件 45

图 5-46. 测试条件 46

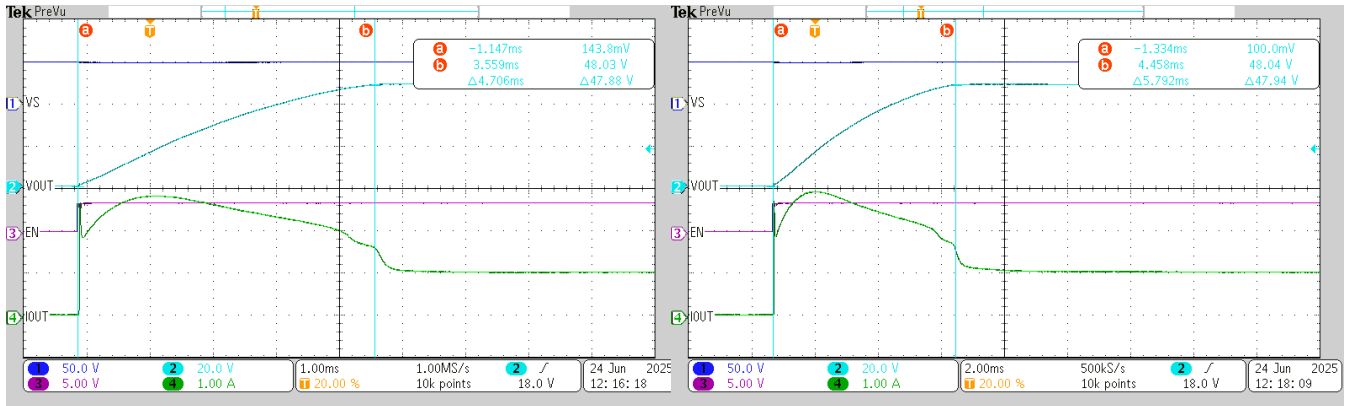


图 5-47. 测试条件 47

图 5-48. 测试条件 48

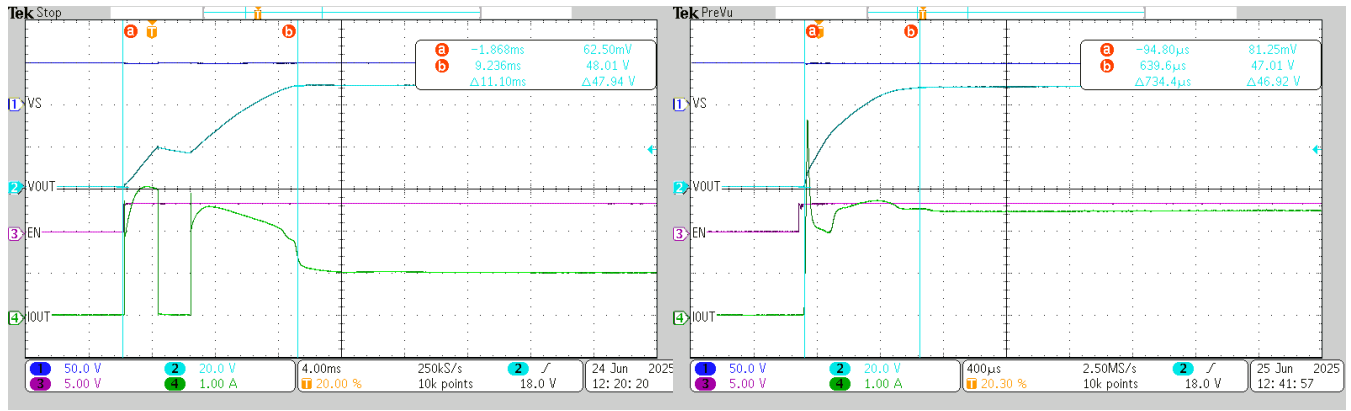


图 5-49. 测试条件 49

图 5-50. 测试条件 50

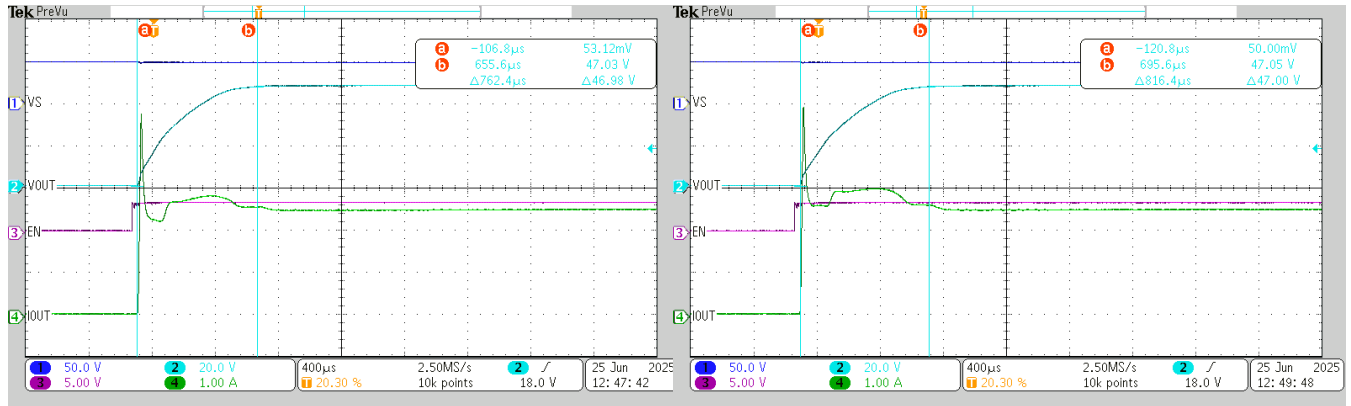


图 5-51. 测试条件 51

图 5-52. 测试条件 52

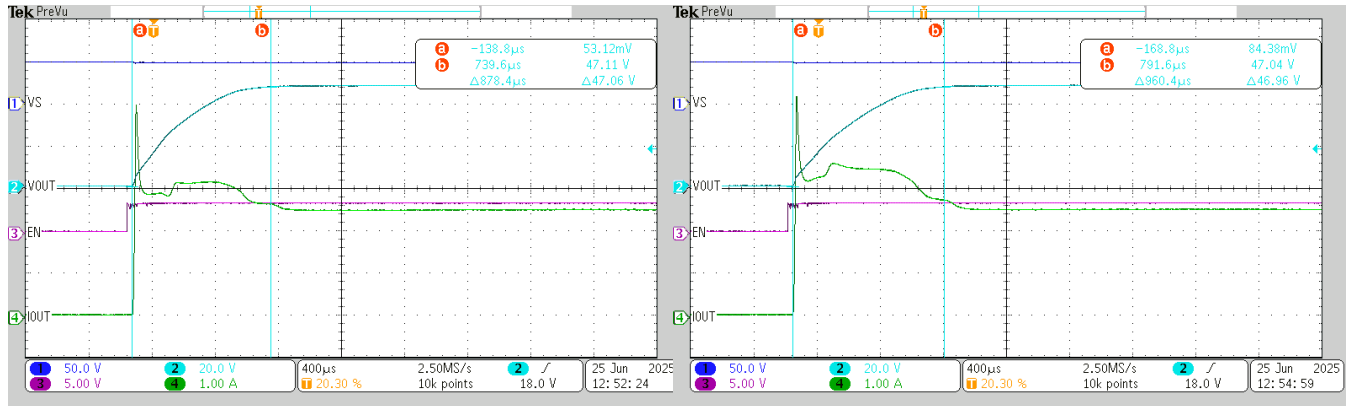


图 5-53. 测试条件 53

图 5-54. 测试条件 54

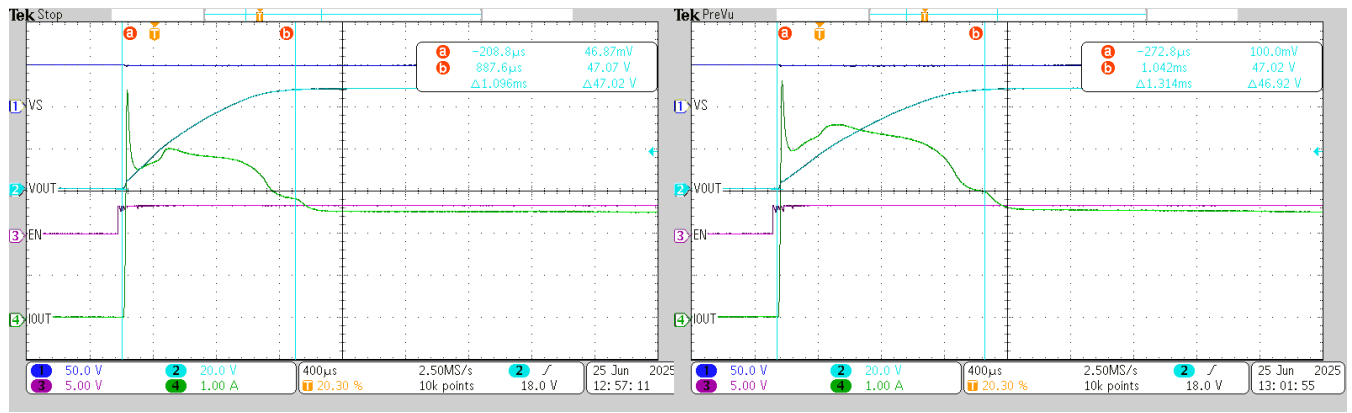


图 5-55. 测试条件 55

图 5-56. 测试条件 56

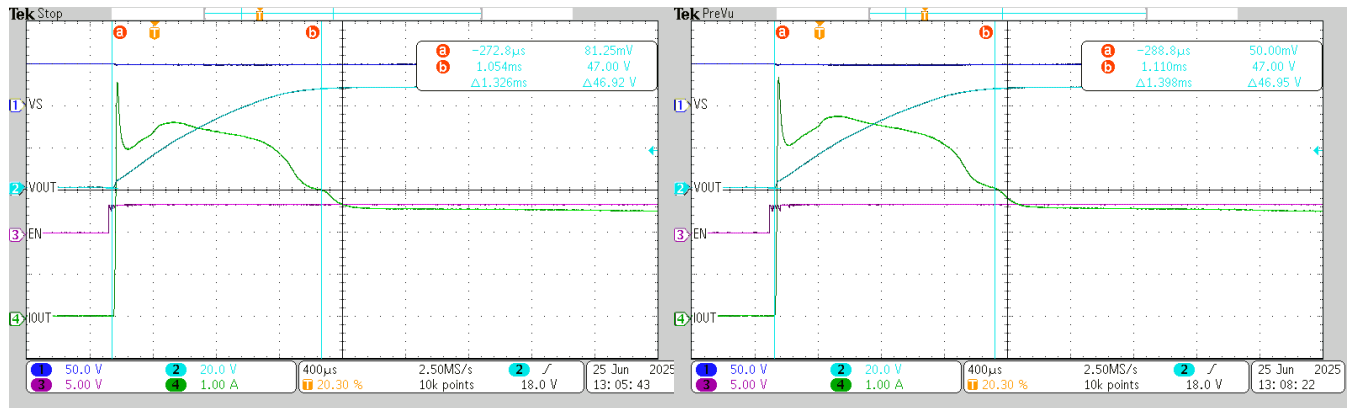


图 5-57. 测试条件 57

图 5-58. 测试条件 58

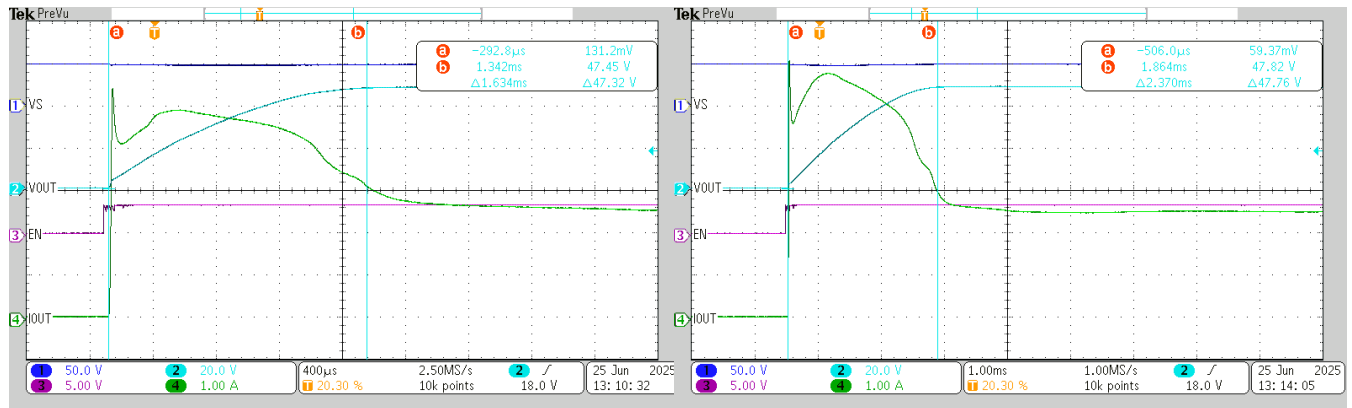


图 5-59. 测试条件 59

图 5-60. 测试条件 60

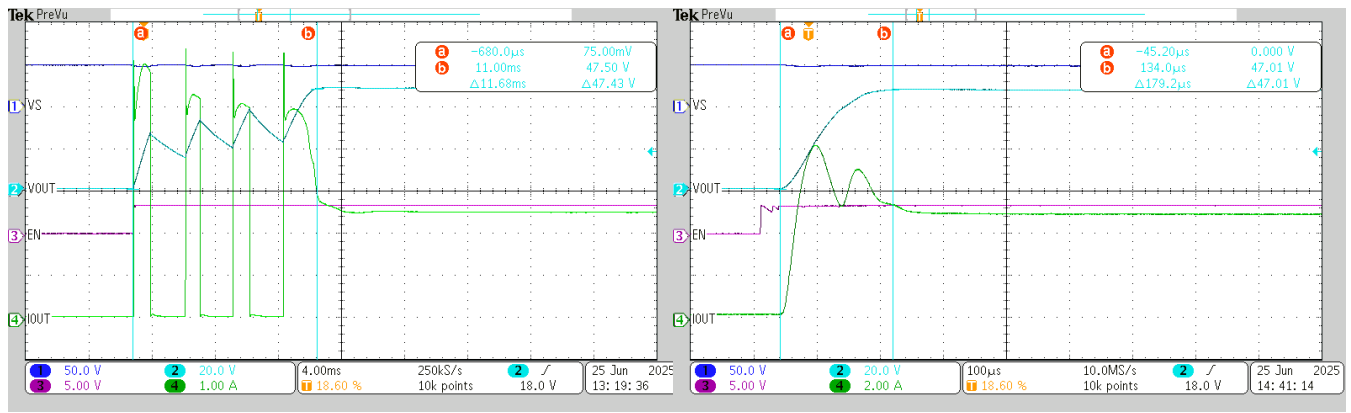


图 5-61. 测试条件 61

图 5-62. 测试条件 62

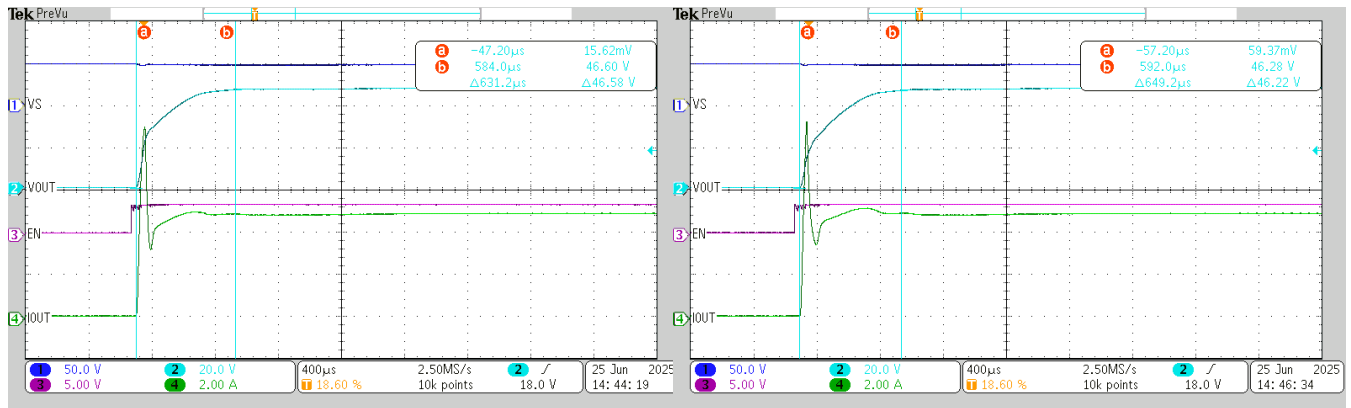


图 5-63. 测试条件 63

图 5-64. 测试条件 64

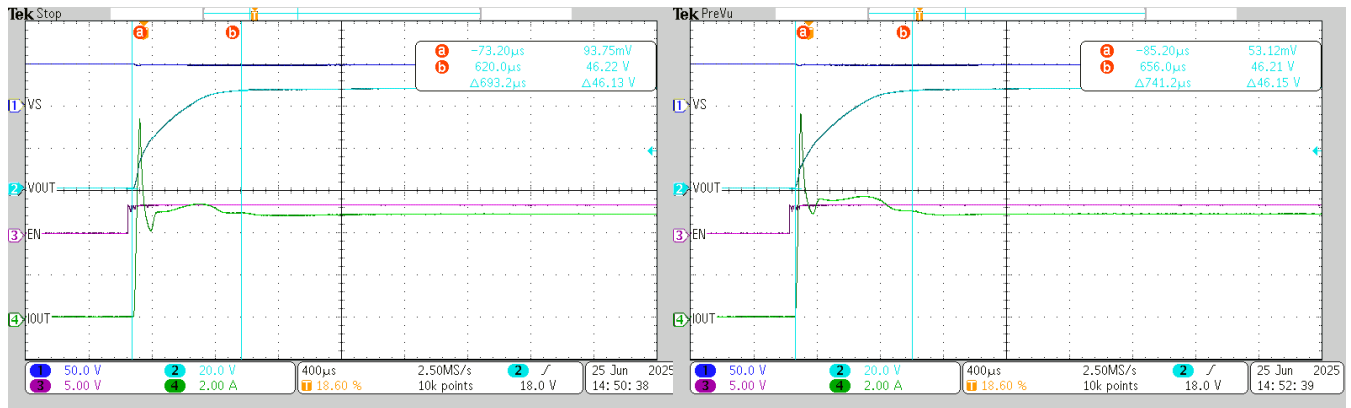


图 5-65. 测试条件 65

图 5-66. 测试条件 66

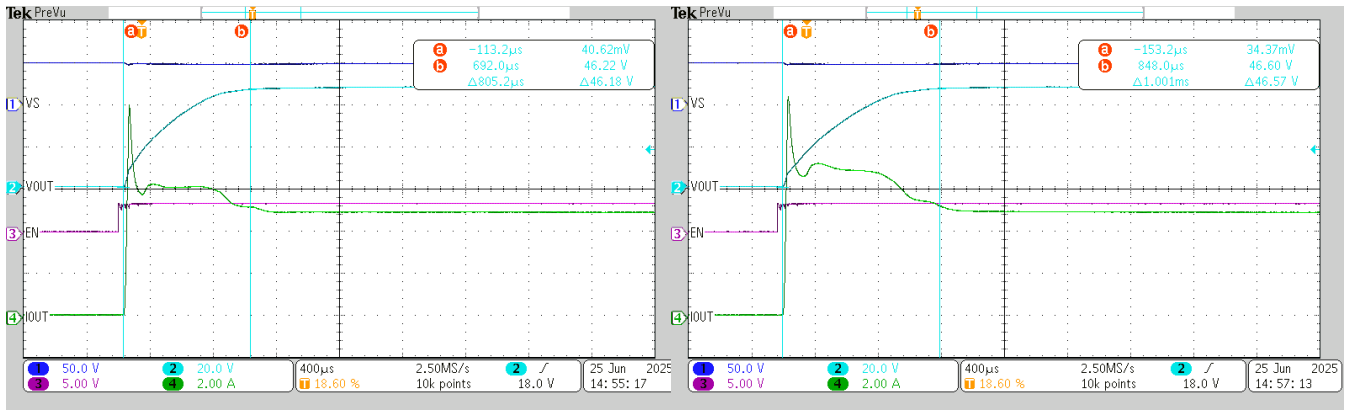


图 5-67. 测试条件 67

图 5-68. 测试条件 68

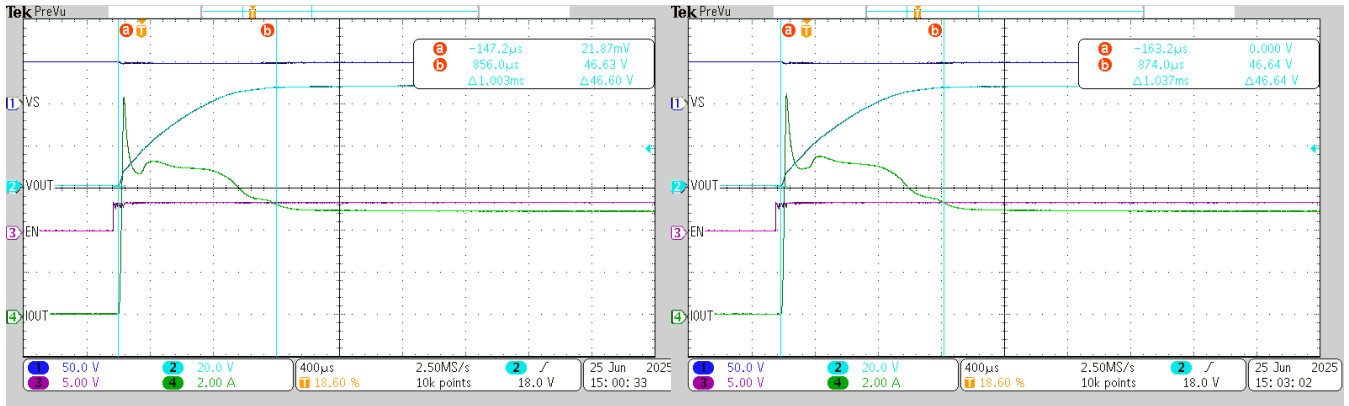


图 5-69. 测试条件 69

图 5-70. 测试条件 70

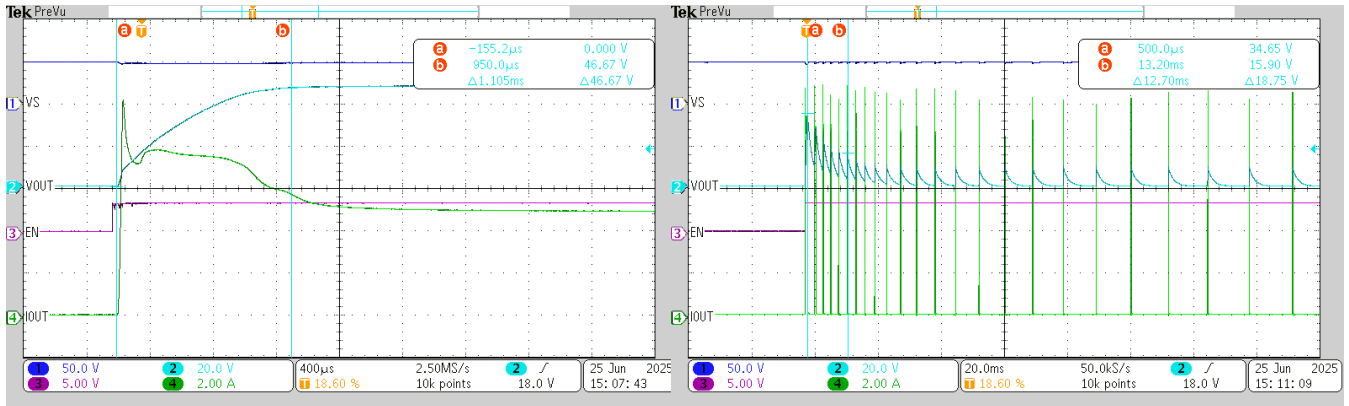


图 5-71. 测试条件 71

图 5-72. 测试条件 72

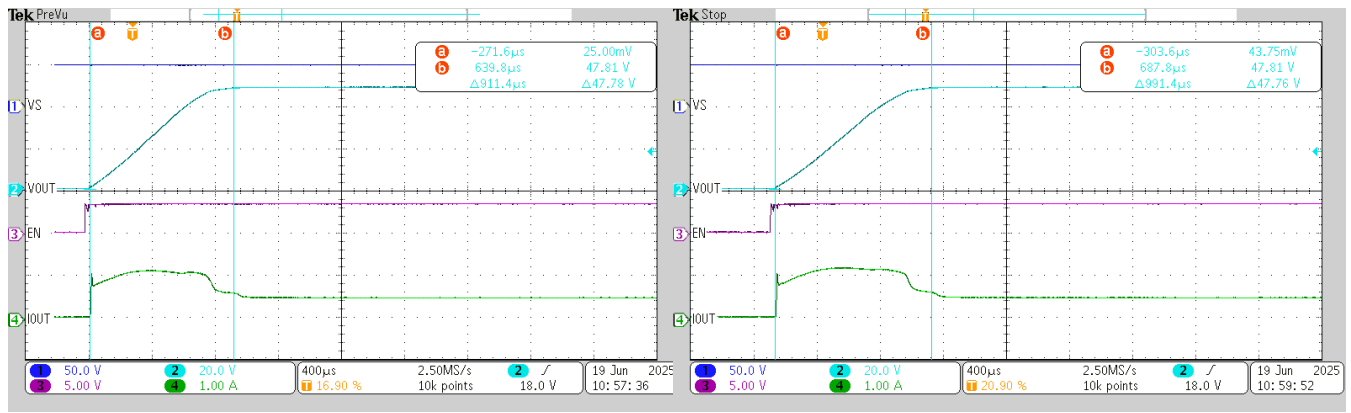


图 5-73. 测试条件 73

图 5-74. 测试条件 74

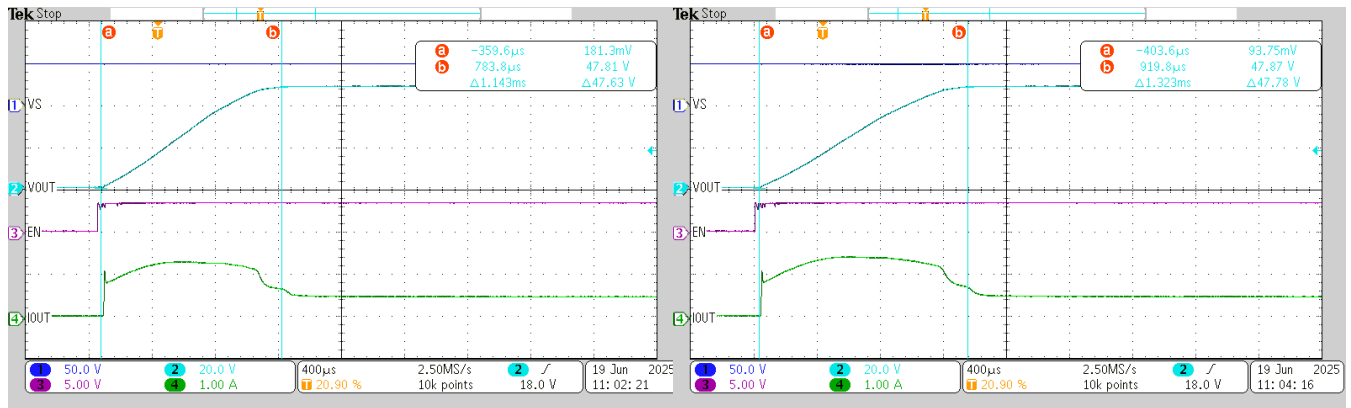


图 5-75. 测试条件 75

图 5-76. 测试条件 76

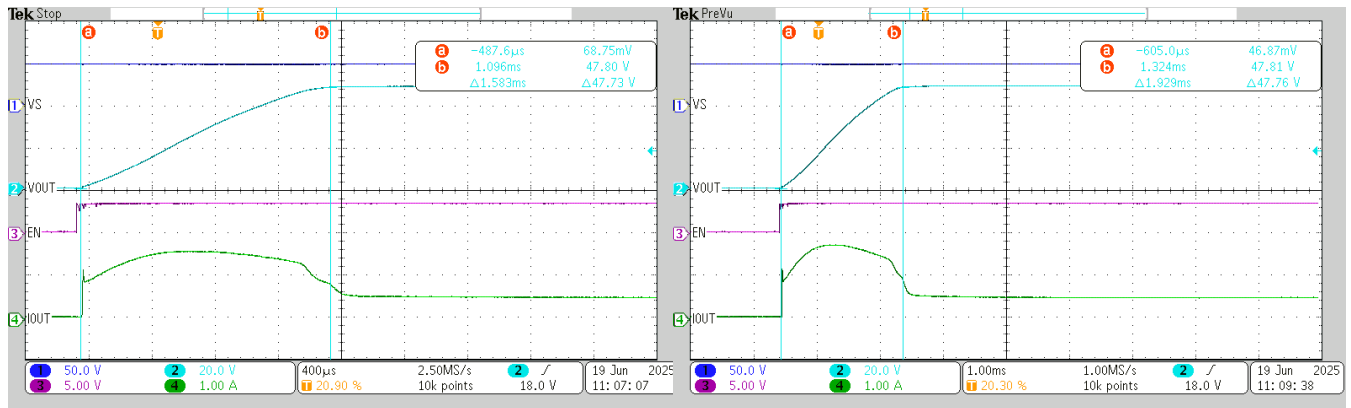


图 5-77. 测试条件 77

图 5-78. 测试条件 78

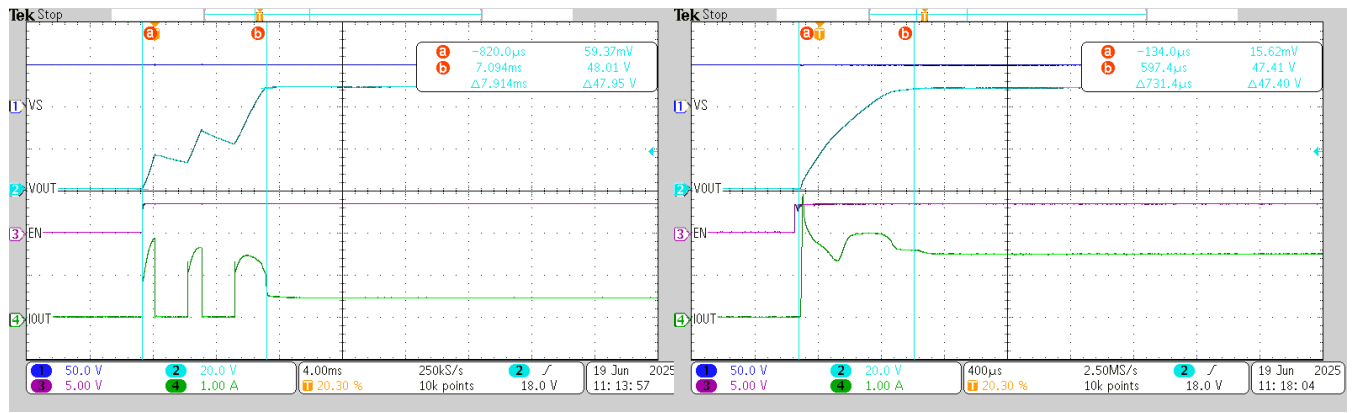


图 5-79. 测试条件 79

图 5-80. 测试条件 80

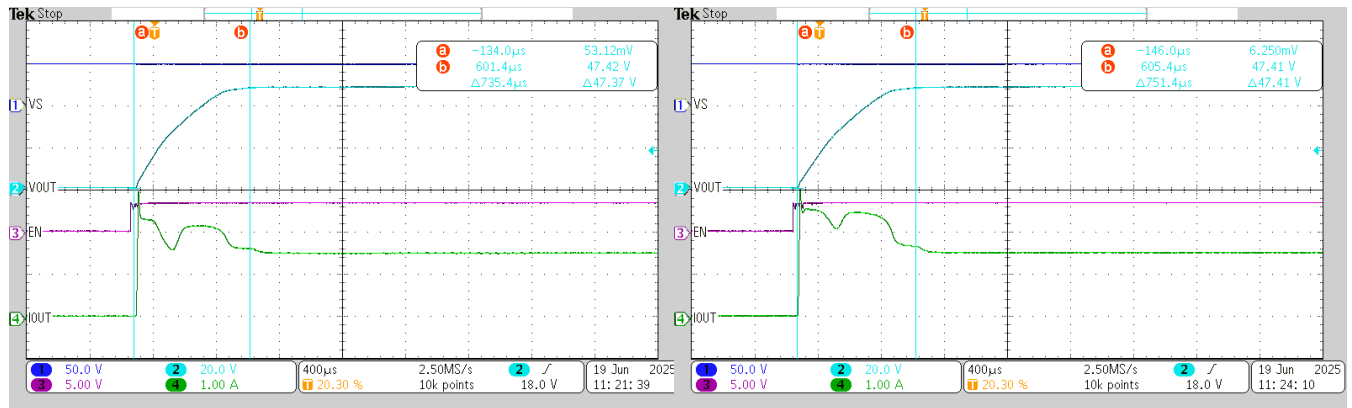


图 5-81. 测试条件 81

图 5-82. 测试条件 82

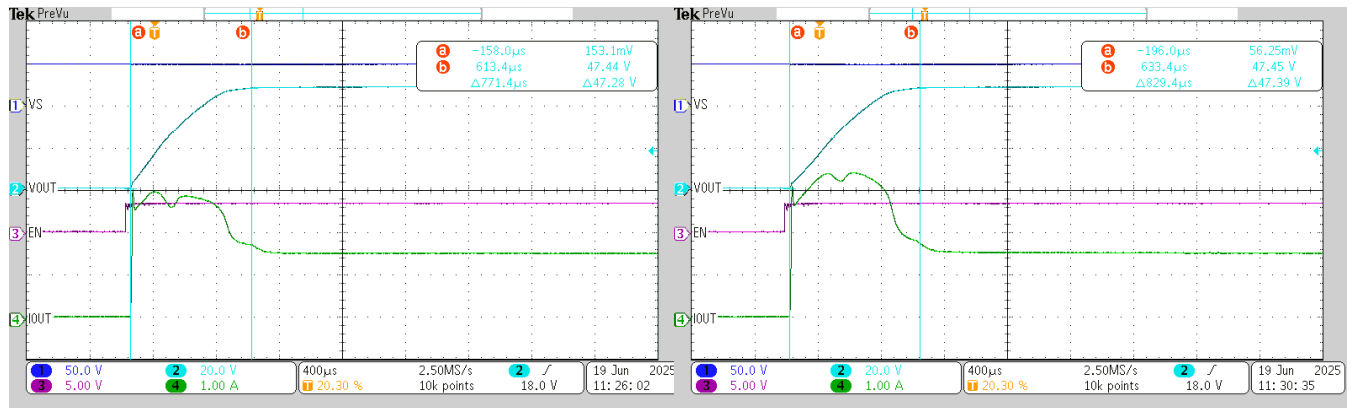


图 5-83. 测试条件 83

图 5-84. 测试条件 84

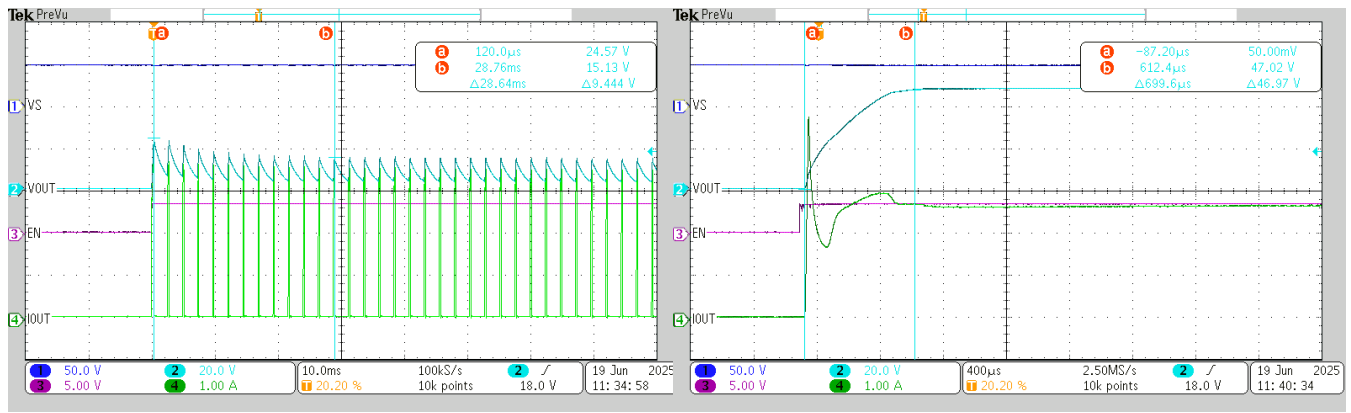


图 5-85. 测试条件 85

图 5-86. 测试条件 86

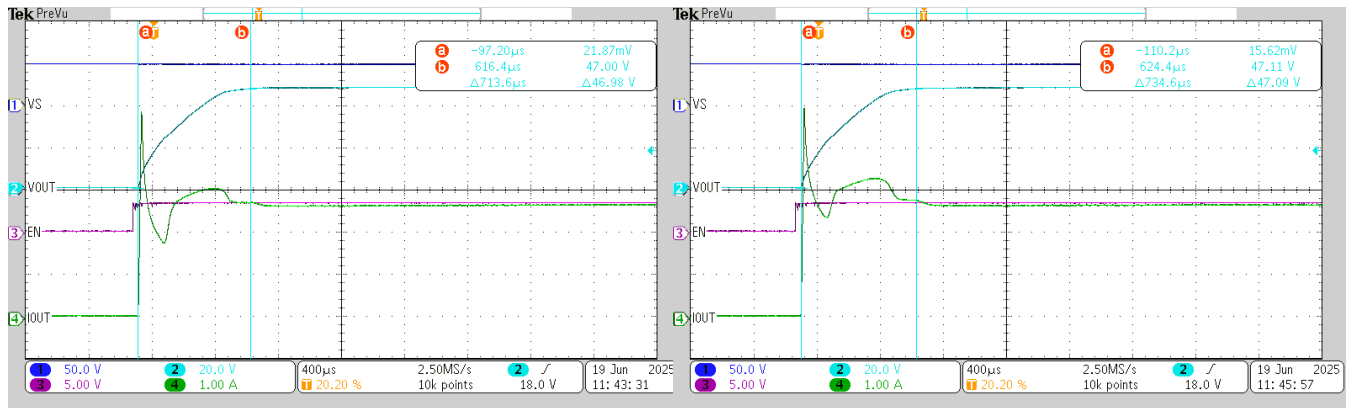


图 5-87. 测试条件 87

图 5-88. 测试条件 88

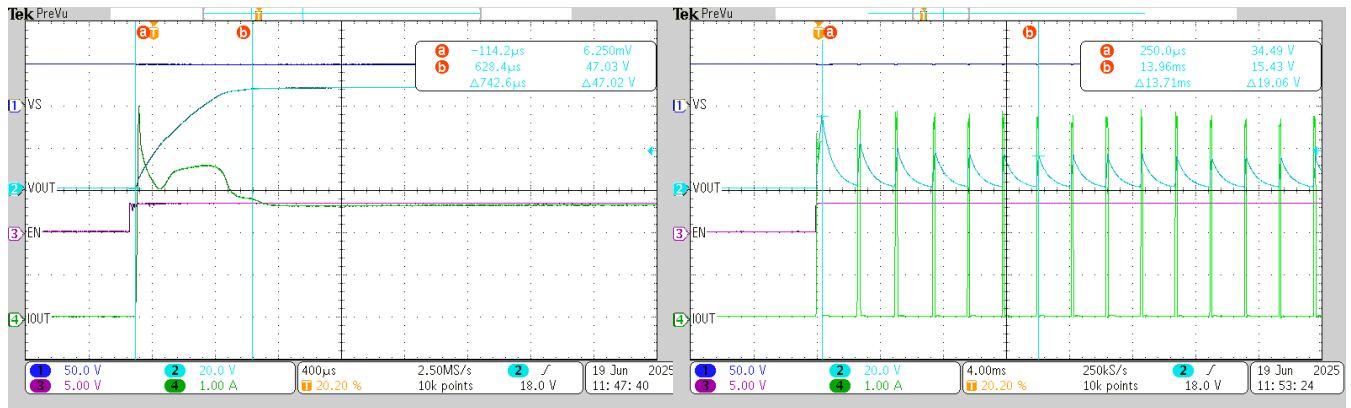


图 5-89. 测试条件 89

图 5-90. 测试条件 90

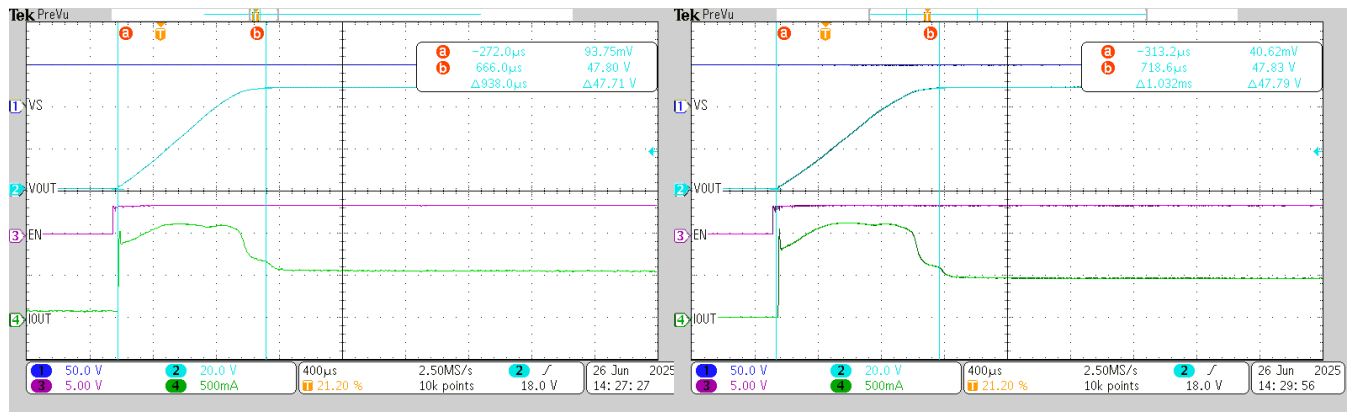


图 5-91. 测试条件 91

图 5-92. 测试条件 92

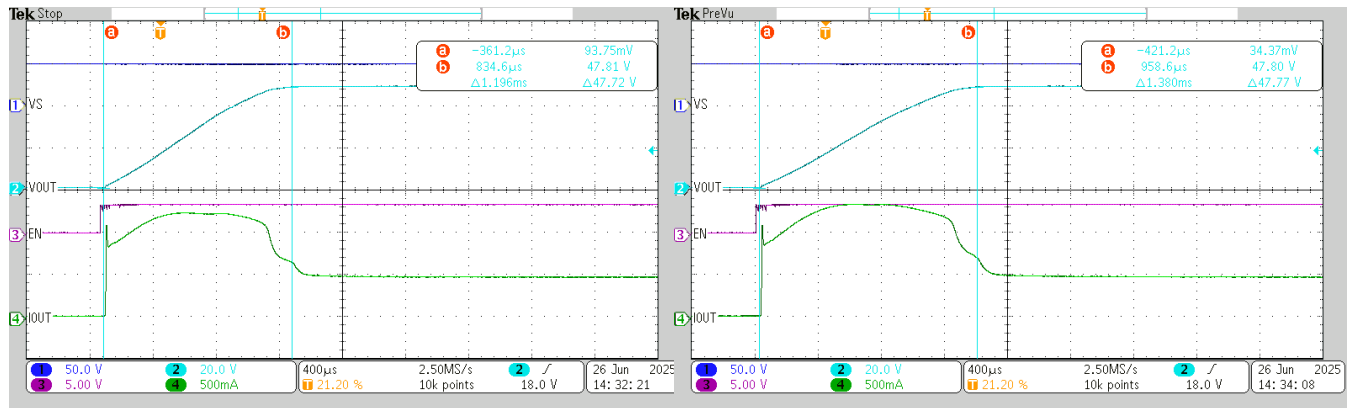


图 5-93. 测试条件 93

图 5-94. 测试条件 94

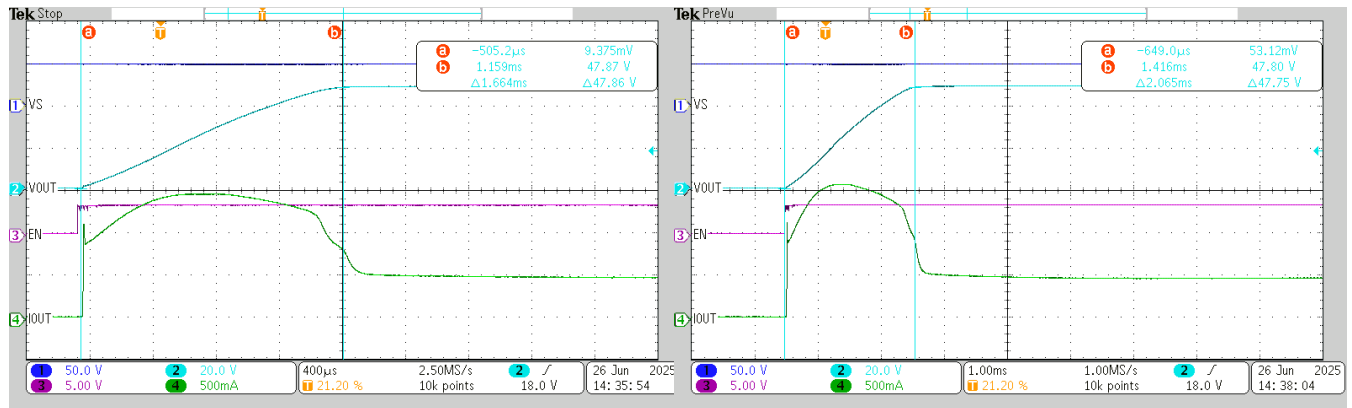


图 5-95. 测试条件 95

图 5-96. 测试条件 96

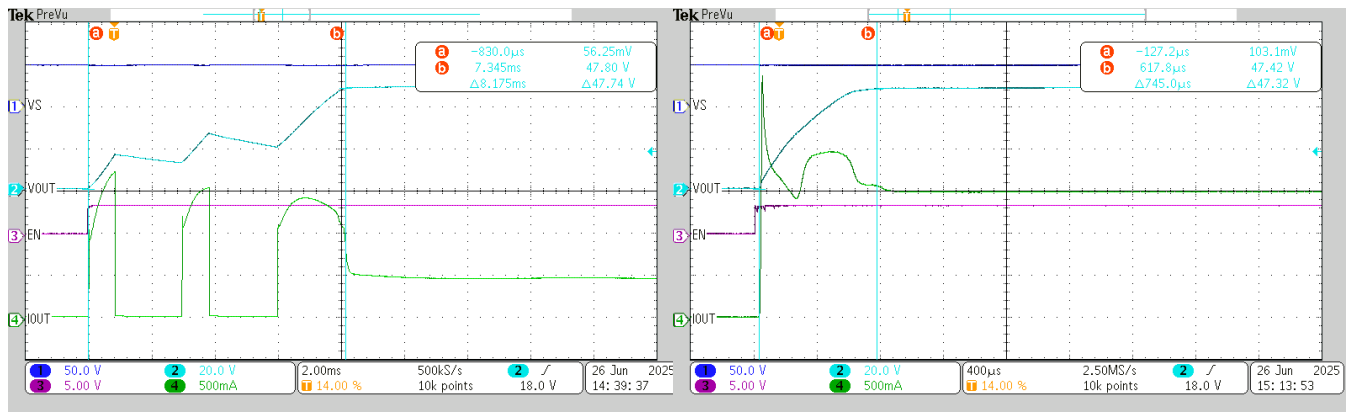


图 5-97. 测试条件 97

图 5-98. 测试条件 98

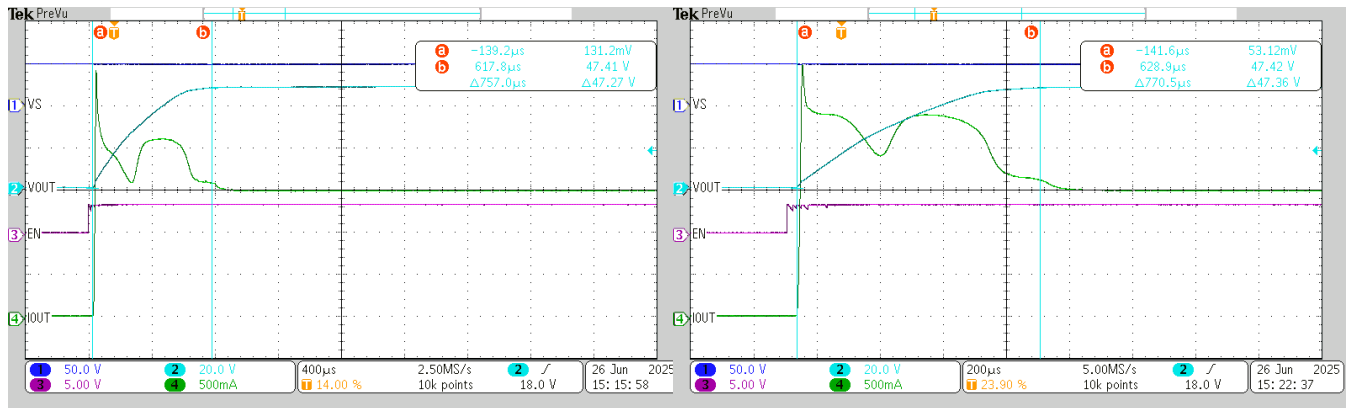


图 5-99. 测试条件 99

图 5-100. 测试条件 100

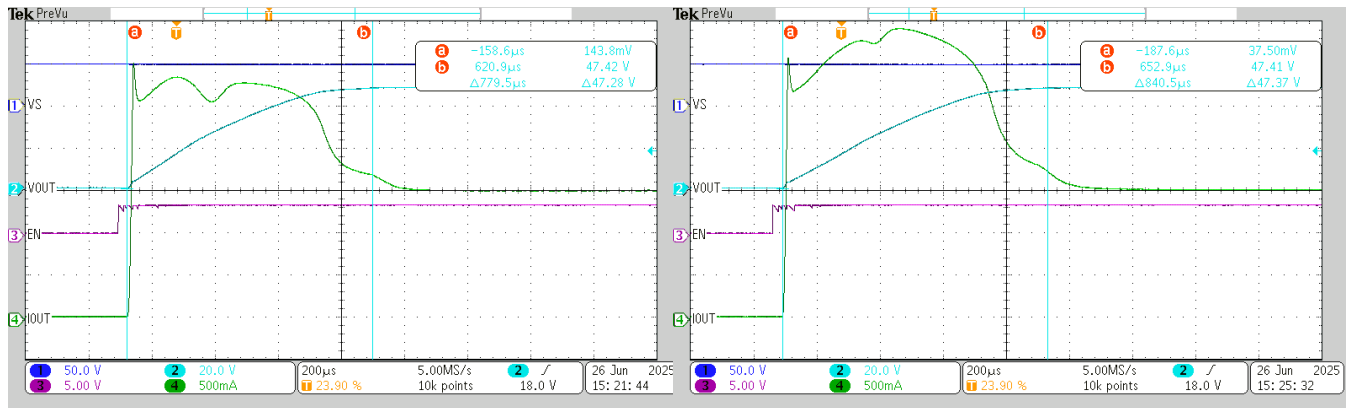


图 5-101. 测试条件 101

图 5-102. 测试条件 102

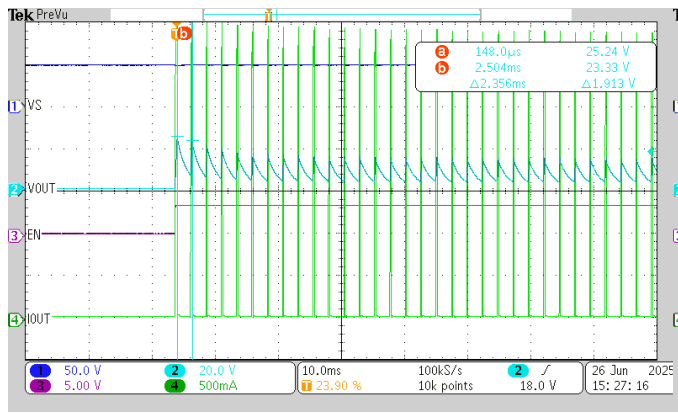


图 5-103. 测试条件 103

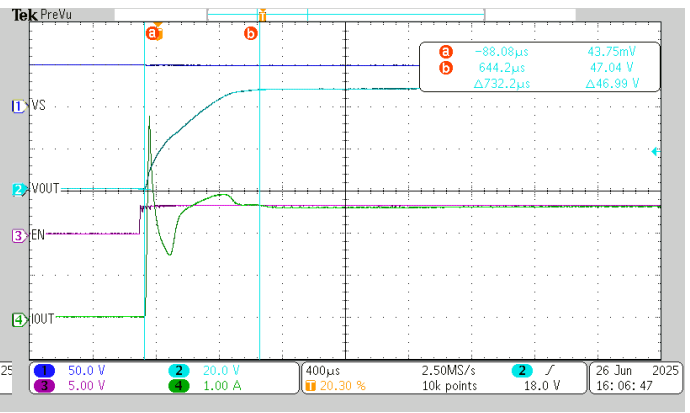


图 5-104. 测试条件 104

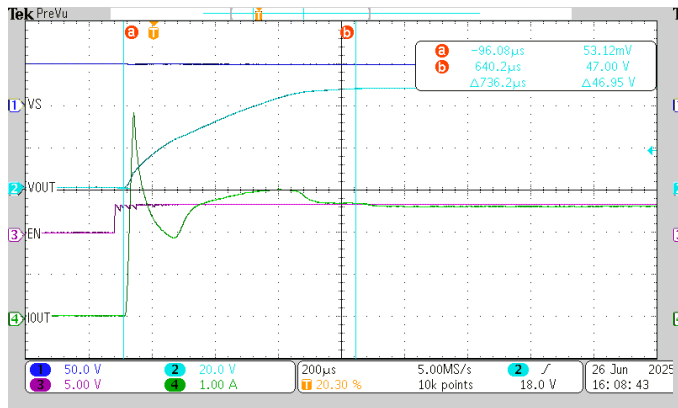


图 5-105. 测试条件 105

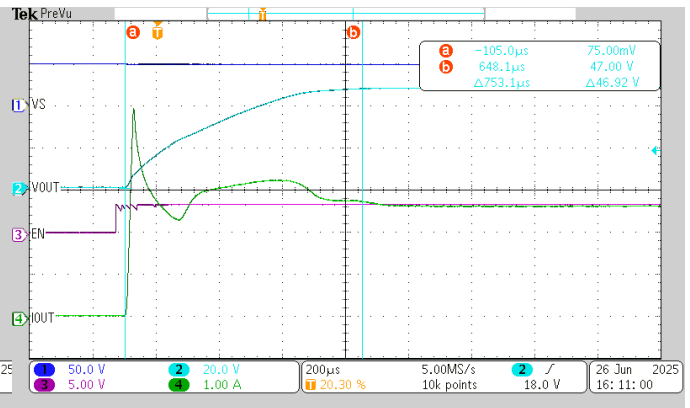


图 5-106. 测试条件 106

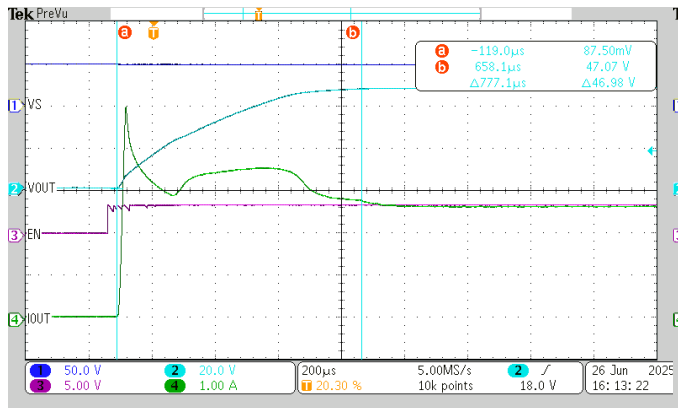


图 5-107. 测试条件 107

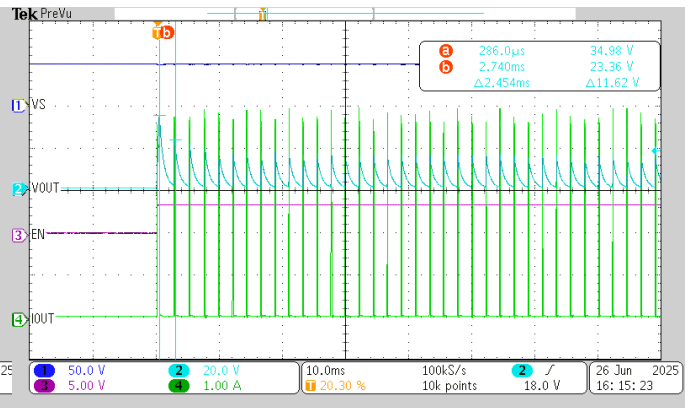


图 5-108. 测试条件 108

6 总结

为电容负载供电是使用 TI 的智能 HSS 的常见应用。驱动此类负载时的主要障碍是产生的浪涌电流。TI 的开关具有电流限制和热保护功能，有助于抑制大浪涌电流并打造更可靠的系统。电流限制阈值和结温会影响开关为电容器充电的能力。通过设置低电流限制和较低温度，HSS 可以成功充电的电容量会增加。

7 参考资料

- 德州仪器 (TI), [如何驱动电阻、电感、电容负载和照明负载应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [智能电源开关的可调节电流限制应用手册](#)
- 德州仪器 (TI), [TPS1HTC30-Q1 30m \$\Omega\$ 6A 单通道汽车智能高侧开关, 数据表](#)
- 德州仪器 (TI), [TPS1HTC30-Q1 评估模块 EVM 用户指南](#)
- 德州仪器 (TI), [TPS1HTC100-Q1 83m \$\Omega\$ 4A 单通道汽车智能高侧开关, 数据表](#)
- 德州仪器 (TI), [TPS1HTC100-Q1 评估模块 EVM 用户指南](#)
- 德州仪器 (TI), [\(+\)\[常见问题解答\] 为什么电子负载导致高侧开关关断? - 电源管理论坛 - 电源管理 - TI E2E 支持论坛](#)

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 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月