

Ridge Lahti

摘要

LM5168 是一款同步降压转换器，具有 6V 至 115V 的宽输入电压范围和 300mA 的最大输出电流。LM5168 可配置为反相降压/升压 (IBB) 转换器，生成负输出电压。本应用手册展示了 LM5168 如何用作反相降压/升压转换器，以及反相降压/升压转换器（例如 PGOOD 或 EN 电平转换器）的可选设计注意事项。如果需要更高的输出电流，LM5168 可与额定电流为 600mA 的 LM5169 引脚对引脚兼容。还提供汽车级版本 LM5168-Q1 和 LM5169-Q1。

内容

1 反相降压/升压拓扑.....	3
1.1 概念.....	3
1.2 输出电流计算.....	3
1.3 反相降压/升压配置的电压范围.....	4
2 设计注意事项.....	5
2.1 旁路电容器和可选的肖特基二极管.....	5
3 外部组件.....	6
3.1 电容器选型.....	6
3.2 电感器选型.....	6
4 数字引脚配置.....	7
4.1 可选使能 (EN) 电平转换器.....	7
4.2 电源正常 (PG) 引脚.....	8
5 典型性能.....	9
5.1 $V_{OUT} = -12V$ 典型性能.....	9
5.2 $V_{OUT} = -24V$ 典型性能.....	12
5.3 $V_{OUT} = -48V$ 典型性能.....	15
6 结论.....	18
7 参考文献.....	19

插图清单

图 1-1. 从降压转换为反相降压/升压拓扑.....	3
图 1-2. LM5168 的最大输出电流计算（假设效率为 85%）.....	4
图 2-1. 具有可选肖特基二极管的 LM5168 反相降压/升压转换器.....	5
图 4-1. EN 引脚电平转换器.....	7
图 4-2. PG 引脚电平转换器.....	8
图 5-1. 原理图.....	9
图 5-2. 物料清单.....	9
图 5-3. 效率与负载电流之间的关系.....	9
图 5-4. 负载调节与负载电流间的关系.....	9
图 5-5. 在 $V_{IN} = 12V$ 时启动.....	9
图 5-6. 在 $V_{IN} = 12V$ 时关断.....	9
图 5-7. 在 $V_{IN} = 24V$ 时启动.....	10
图 5-8. 在 $V_{IN} = 24V$ 时关断.....	10
图 5-9. $V_{IN} = 12V$ 时的满载瞬态.....	10
图 5-10. $V_{IN} = 12V$ 时的负载瞬态.....	10
图 5-11. $V_{IN} = 24V$ 时的满载瞬态.....	10
图 5-12. $V_{IN} = 24V$ 时的负载瞬态.....	10

图 5-13. $V_{IN} = 12V$ 时无负载输出纹波.....	11
图 5-14. $V_{IN} = 12V$ 时的满载输出纹波.....	11
图 5-15. $V_{IN} = 24V$ 时无负载输出纹波.....	11
图 5-16. $V_{IN} = 24V$ 时的满载输出纹波.....	11
图 5-17. 原理图.....	12
图 5-18. 物料清单.....	12
图 5-19. 效率与负载电流之间的关系.....	12
图 5-20. 负载调节与负载电流间的关系.....	12
图 5-21. 在 $V_{IN} = 24V$ 时启动.....	12
图 5-22. 在 $V_{IN} = 24V$ 时关断.....	12
图 5-23. 在 $V_{IN} = 48V$ 时启动.....	13
图 5-24. 在 $V_{IN} = 48V$ 时关断.....	13
图 5-25. $V_{IN} = 24V$ 时的满载瞬态.....	13
图 5-26. $V_{IN} = 24V$ 时的负载瞬态.....	13
图 5-27. $V_{IN} = 48V$ 时的满载瞬态.....	13
图 5-28. $V_{IN} = 48V$ 时的负载瞬态.....	13
图 5-29. $V_{IN} = 24V$ 时无负载输出纹波.....	14
图 5-30. $V_{IN} = 24V$ 时的满载输出纹波.....	14
图 5-31. $V_{IN} = 48V$ 时无负载输出纹波.....	14
图 5-32. $V_{IN} = 48V$ 时的满载输出纹波.....	14
图 5-33. 原理图.....	15
图 5-34. 物料清单.....	15
图 5-35. 效率与负载电流之间的关系.....	15
图 5-36. 负载调节与负载电流间的关系.....	15
图 5-37. 在 $V_{IN} = 48V$ 时启动.....	15
图 5-38. 在 $V_{IN} = 48V$ 时关断.....	15
图 5-39. 在 $V_{IN} = 60V$ 时启动.....	16
图 5-40. 在 $V_{IN} = 60V$ 时关断.....	16
图 5-41. $V_{IN} = 48V$ 时的满载瞬态.....	16
图 5-42. $V_{IN} = 48V$ 时的负载瞬态.....	16
图 5-43. $V_{IN} = 60V$ 时的满载瞬态.....	16
图 5-44. $V_{IN} = 60V$ 时的负载瞬态.....	16
图 5-45. $V_{IN} = 48V$ 时无负载输出纹波.....	17
图 5-46. $V_{IN} = 48V$ 时的满载输出纹波.....	17
图 5-47. $V_{IN} = 60V$ 时无负载输出纹波.....	17
图 5-48. $V_{IN} = 60V$ 时的满载输出纹波.....	17

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 反相降压/升压拓扑

1.1 概念

对于标准降压转换器而言，电感器连接到 LM5168 的 V_{OUT} 和开关引脚 (SW)。为了更改为反相降压/升压拓扑，电路的 V_{OUT} 和接地节点必须反转。反转节点后，LM5168 现在可以将输出电压与输入电压反转。

要将 LM5168 降压转换器更改为反相降压/升压转换器，请将降压转换器 V_{OUT} 重新分配至系统接地，并将旧的降压系统接地重新分配至 $-V_{OUT}$ 。需要将输入电容器重新连接到新的系统接地，并且需要在 V_{IN} 和 $-V_{OUT}$ 之间连接一个新的旁路电容器 C_{IO} 。正输入和反馈电阻器与降压转换器中保持相同。要调整反相降压/升压转换器的输出，请像降压转换器那样计算反馈电阻器值。有关反相降压/升压拓扑的更多信息，请参阅 [使用反相降压/升压转换器](#) 应用手册。图 1-1 中的原理图展示了将 LM5168 降压转换器配置为反相降压/升压转换器时必须进行的更改。

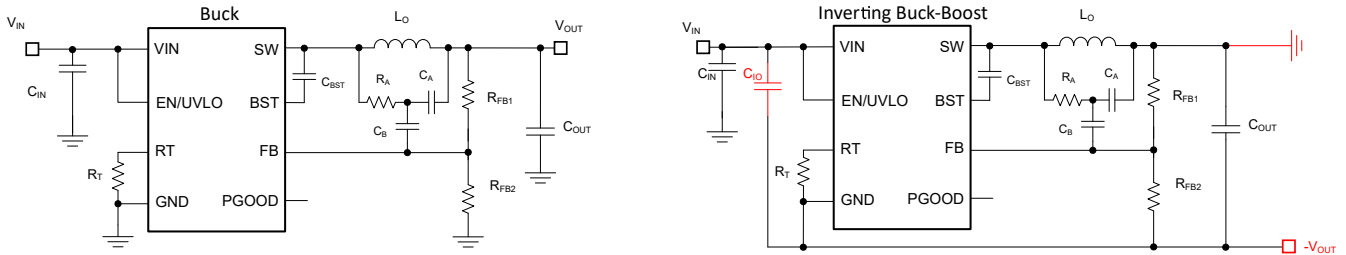


图 1-1. 从降压转换为反相降压/升压拓扑

1.2 输出电流计算

改为反相降压/升压拓扑将对可能的最大输出电流产生影响。对于反相降压/升压转换器，电感器电流将始终大于输出电流。因此，可通过以下公式计算可能的最大输出电流：

$$I_{OUT}(IBB) = I_{OUT_Buck} \times (1 - D) \quad (1)$$

其中：

- I_{OUT_Buck} 是降压转换器最大直流输出电流
- D 为占空比

占空比的计算公式为：

$$D = \frac{V_{out}}{V_{out} - V_{in} \times \eta} \quad (2)$$

V_{OUT} 表示反相降压/升压转换器的负输出电压。占空比公式中的效率项有助于将功率损耗纳入考虑范围，从而更准确地计算输出电流。例如，如果输出电压为 $-24V$ ，输入电压为 $12V$ ，假设效率为 85% ，则占空比为：

$$D = \frac{-24}{-24 - 12 \times 0.85} = 0.702 \quad (3)$$

鉴于 LM5168 的最大电流为 $300mA$ ，反相降压/升压转换器产生的最大输出电流为：

$$I_{OUT}(IBB) = 300 \text{ mA} \times (1 - 0.702) = 89 \text{ mA} \quad (4)$$

表 1-1. LM5168 的最大输出电流计算

V _{OUT} (V)	V _{IN} (V)	I _{OUT_Buck} (A)	η	D	I _{OUT} (A)
-12	24	0.3	0.85	0.370	0.189
-24	24	0.3	0.85	0.541	0.138
-36	24	0.3	0.85	0.638	0.109
-48	24	0.3	0.85	0.702	0.089

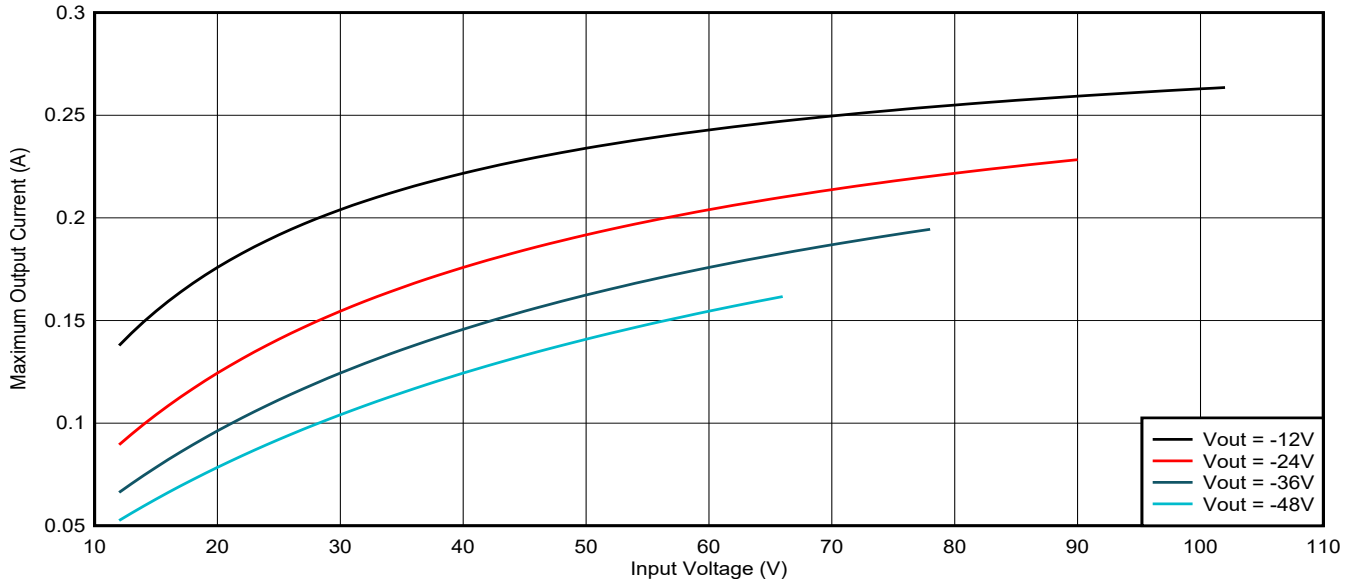


图 1-2. LM5168 的最大输出电流计算 (假设效率为 85%)

1.3 反相降压/升压配置的电压范围

将降压转换器用作反相降压/升压转换器时，连接变化会限制输入到输出之间器件可以安全运行的电压范围。IC 的接地 (GND) 引脚不再以 0V 为基准，而是以转换器的输出电压为基准。因此，IC 的最大电压计算方法为 V_{IN} 减去 $-V_{OUT}$ 。例如，如果输入电压为 60V，输出为 -80V，则 IC 上的电压为 140V。对于 LM5168，此配置将超过数据表中所列器件的最大输入电压 115V。将输入和输出电压差保持在 IC 的最大额定电压范围内是非常重要的。

2 设计注意事项

2.1 旁路电容器和可选的肖特基二极管

V_{IN} 和 $-V_{OUT}$ 之间的新增旁路电容可用于帮助应对负载瞬态。可以根据降压数据表中的输入电容建议来选择旁路电容值 C_{IO} ，但必须注意的是，该电容器两端的电压将是 $V_{IN} + |-V_{OUT}|$ 。使用的电容器应根据 V_{IN} 和 $-V_{OUT}$ 之间的电压差适当调整大小。输入电源打开时，旁路电容可能会导致输出在变为负值之前短暂地正向摆动。如果所需负载对正向摆动敏感，可以在输出端放置一个可选的肖特基二极管来钳制电压。

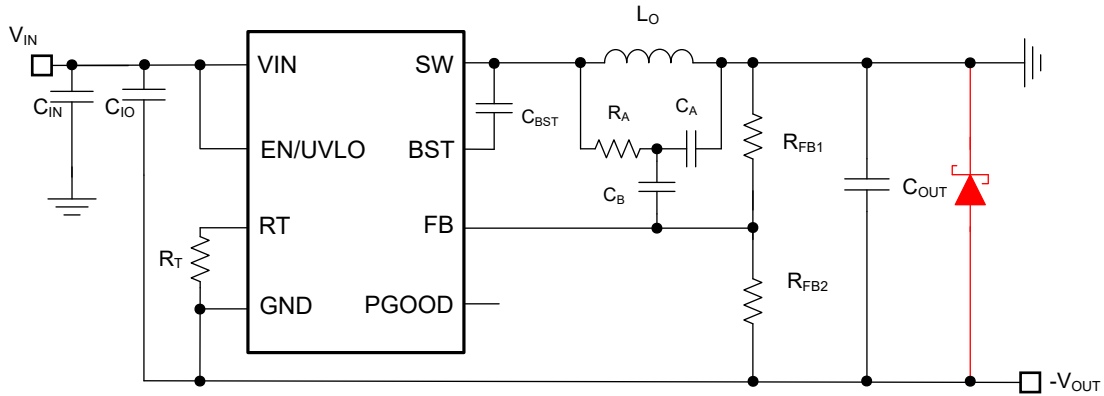


图 2-1. 具有可选肖特基二极管的 LM5168 反相降压/升压转换器

3 外部组件

LM5168 集成了功率 MOSFET，需要设计人员选择电感器、输入电容、输出电容和反馈电阻器。由于该器件采用恒定导通时间 (COT) 控制架构，因此还需要纹波注入网络来提供 LM5168 的反馈。请记住，电感器两端的电压现在仅为 V_{IN} ，反馈和纹波注入网络可根据降压转换器的数据表建议进行设计。

3.1 电容器选型

将 LM5168 用作降压转换器时， C_{IO} 的电容值可遵循输入电容的数据表建议。如有必要，可向反相降压/升压转换器添加额外的 C_{IN} 电容。可以根据需要增加 C_{IO} 和 C_{IN} 。输出电容也可以遵循降压转换器数据表中的建议，但可能需要增大该电容以提高性能。

3.2 电感器选型

电感值主要根据所需的电流纹波来选择，通常为 20% 和 40% 之间。选择电感器时，请务必选择额定电流最大的电感器，可使用输出电流部分的公式计算该电流。电感的计算方法为：

$$L = \frac{V_{in}}{F_s \times \Delta I_L} \times \frac{|V_{out}|}{V_{in} \times \eta + |V_{out}|} \quad (5)$$

其中：

- F_s 为开关频率

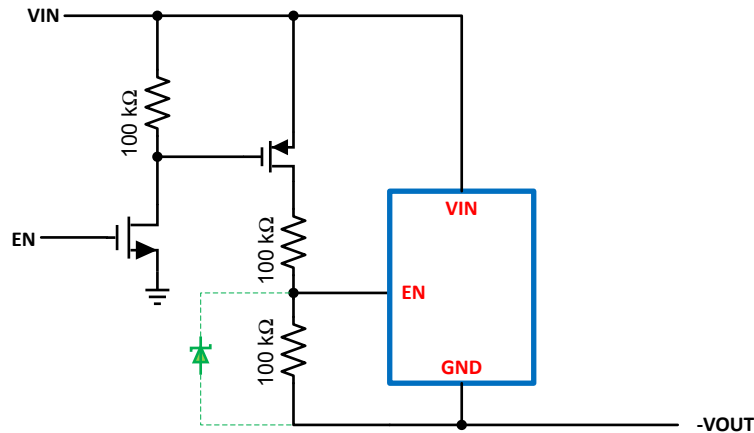
4 数字引脚配置

4.1 可选使能 (EN) 电平转换器

降压转换器 IC 的接地现在以负输出电压为基准，因此如果要在使能引脚上使用控制信号，则需要使用电平转换器。图 4-1 中的示例电路可用于对传入的使能信号进行电平转换。虽然此电路需要两个晶体管，但它没有迟滞，并且不需要来自控制信号的电流。如果使能引脚的额定电压未达到整个输入电压范围，必须使用齐纳二极管将使能引脚钳制在其最大电压以下。即使没有控制信号，也需要正确配置使能引脚，可以参考降压转换器数据表了解 EN 引脚的正确连接方法。

使能信号被拉低时，NMOS 开关将被关闭，将 PMOS 的栅极拉至 V_{IN} 。然后 PMOS 将关闭，将使能引脚拉至高电平阈值以下。

当使能信号被拉高时，NMOS 开关将打开，将 PMOS 的栅极拉低。然后 PMOS 会打开，将使能引脚从 V_{IN} 拉至高于高电平阈值。



-VOUT 是反相降压/升压转换器的负输出电压

图 4-1. EN 引脚电平转换器

4.2 电源正常 (PG) 引脚

与 EN 类似，如果电源正常标志用于反相降压/升压应用，需要进行电平转换。图 4-2 中所示的电路可用于对 PGOOD 逻辑进行电平转换，使其成为摆动至零伏的信号。使用该电路时，PGOOD 引脚的额定电压为 $|V_{OUT}|$ 。

当内部 PGOOD 开关断开时，第一个外部 MOSFET 的栅极被拉至接地，使 MOSFET 导通。在第一个 MOSFET 导通的情况下，第二个 MOSFET 的栅极被拉至 $-V_{OUT}$ ，将第二个 MOSFET 关闭。在第二个开关关闭的情况下，PGOOD 节点被拉至逻辑电压。

当内部 PGOOD 开关打开时，第一个外部 MOSFET 的栅极被拉至 $-V_{OUT}$ ，从而关闭此 MOSFET。在第一个外部 MOSFET 关闭的情况下，第二个外部 MOSFET 的栅极被拉至控制器的逻辑电压。这会导致第二个外部 MOSFET 导通，并将 PGOOD 节点拉至接地。

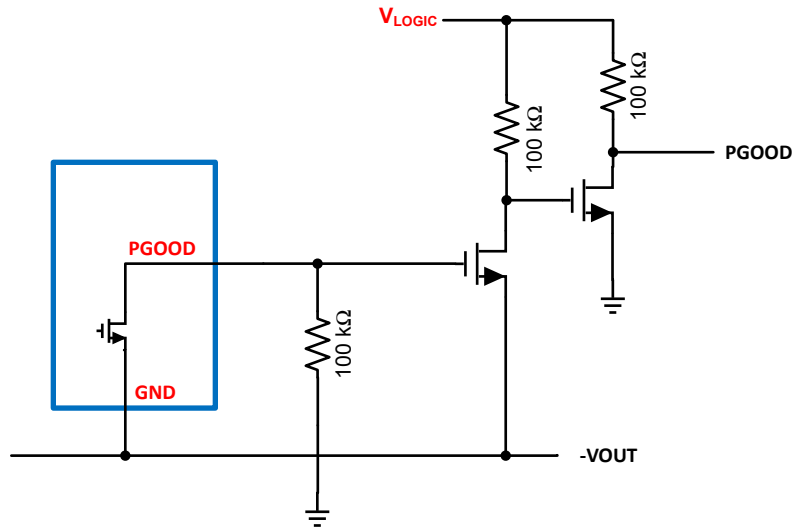


图 4-2. PG 引脚电平转换器

5 典型性能

5.1 $V_{OUT} = -12V$ 典型性能

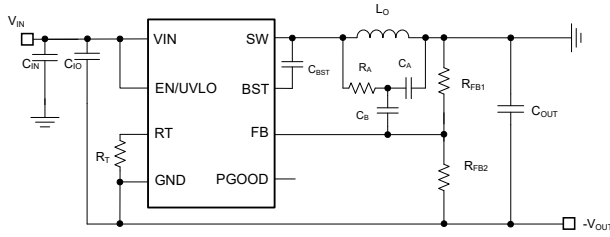


图 5-1. 原理图

COMPONENT VALUES FOR $V_{OUT} = -12V$			
C_{IN}	4 μ F	250V	X7R or X5R
C_{OUT}	60 μ F	100V	X7R or X5R
C_{IO}	4 μ F	250V	X7R or X5R
L_O	220 μ H		
R_{FBT}	453k Ω	1%	
R_{FBB}	49.9k Ω	1%	
R_A	182k Ω	1%	
C_A	3300pF	100V	X7R or X5R
C_B	56pF	50V	X7R or X5R
C_{BST}	2200pF	50V	X7R or X5R
R_T	60.4k Ω	1%	

图 5-2. 物料清单

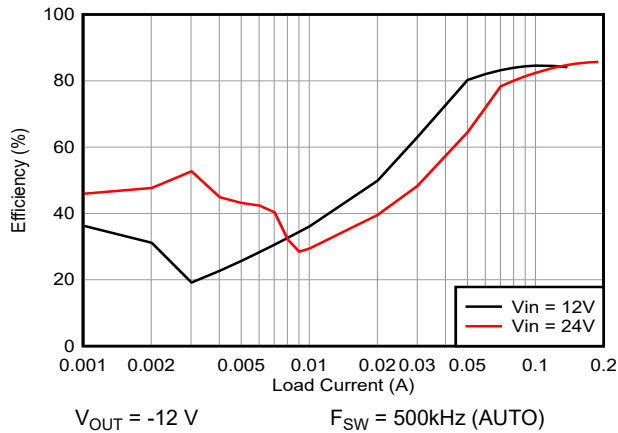


图 5-3. 效率与负载电流之间的关系

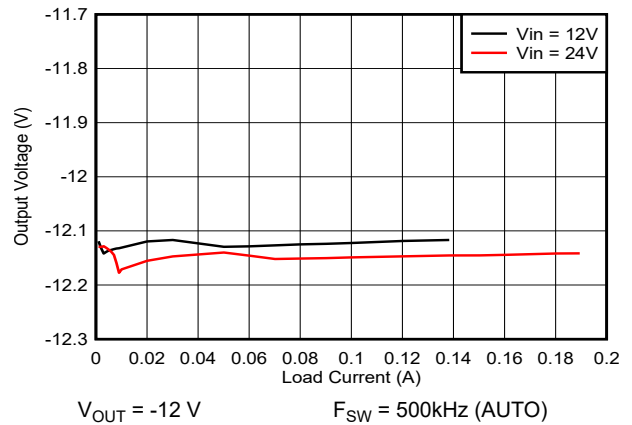
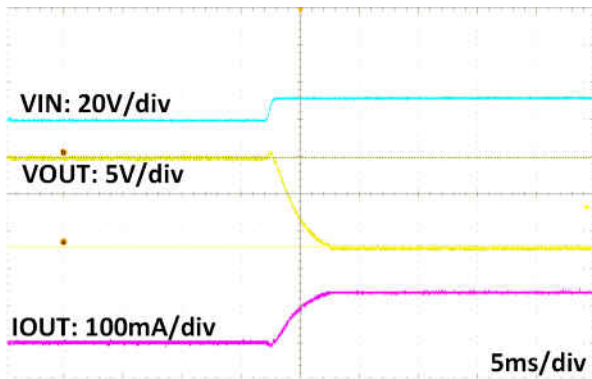
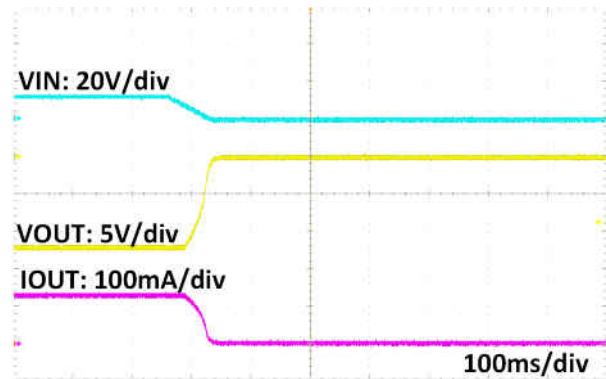


图 5-4. 负载调节与负载电流间的关系



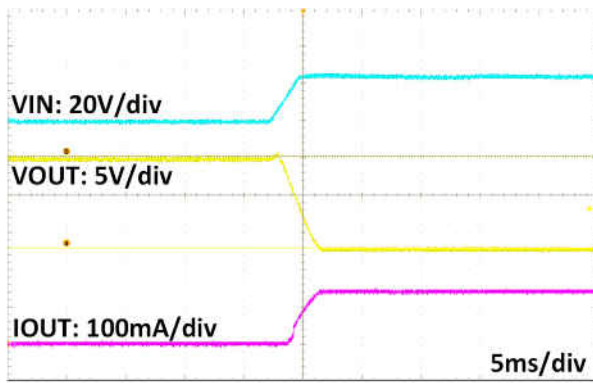
$V_{OUT} = -12V$ $I_{LOAD} = 138mA$

图 5-5. 在 $V_{IN} = 12V$ 时启动



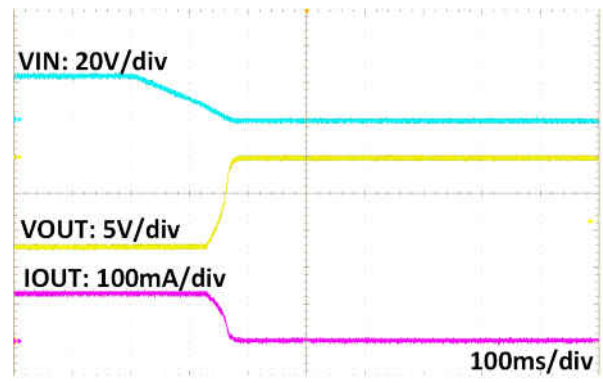
$V_{OUT} = -12V$ $I_{LOAD} = 138mA$

图 5-6. 在 $V_{IN} = 12V$ 时关断



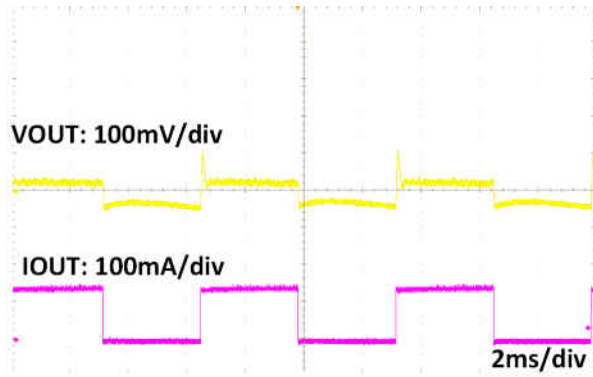
$V_{OUT} = -12\text{ V}$ $I_{LOAD} = 138\text{ mA}$

图 5-7. 在 $V_{IN} = 24\text{V}$ 时启动



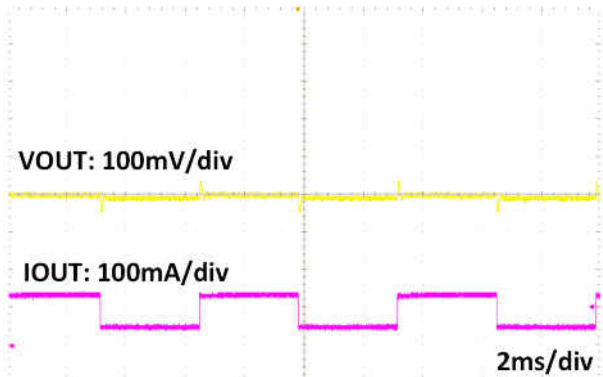
$V_{OUT} = -12\text{ V}$ $I_{LOAD} = 138\text{ mA}$

图 5-8. 在 $V_{IN} = 24\text{V}$ 时关断



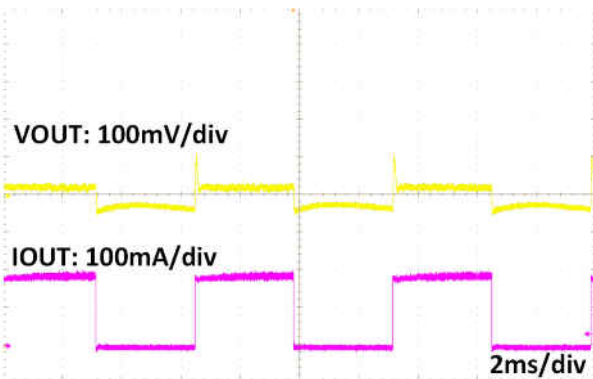
$V_{OUT} = -12\text{ V}$ $I_{LOAD} = 0\text{mA}$ 至 138mA

图 5-9. $V_{IN} = 12\text{V}$ 时的满载瞬态



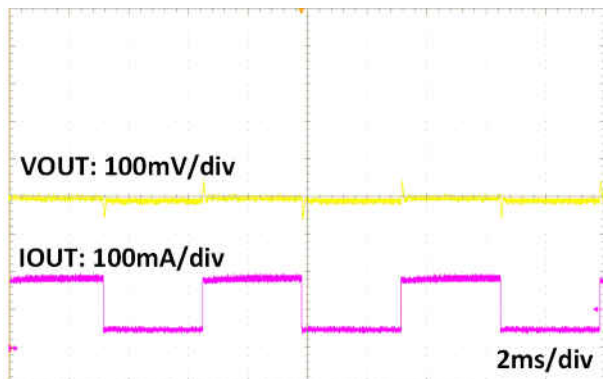
$V_{OUT} = -12\text{ V}$ $I_{LOAD} = 50\text{mA}$ 至 138mA

图 5-10. $V_{IN} = 12\text{V}$ 时的负载瞬态



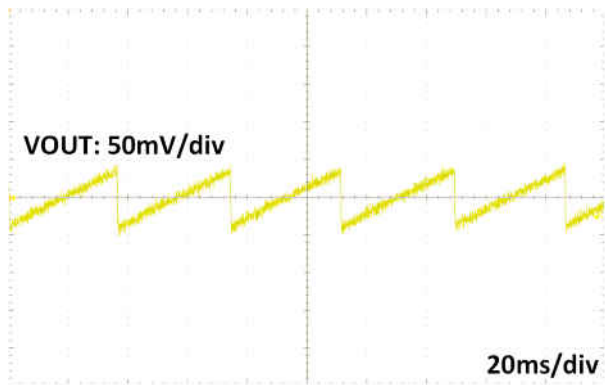
$V_{OUT} = -12\text{ V}$ $I_{LOAD} = 0\text{mA}$ 至 189mA

图 5-11. $V_{IN} = 24\text{V}$ 时的满载瞬态



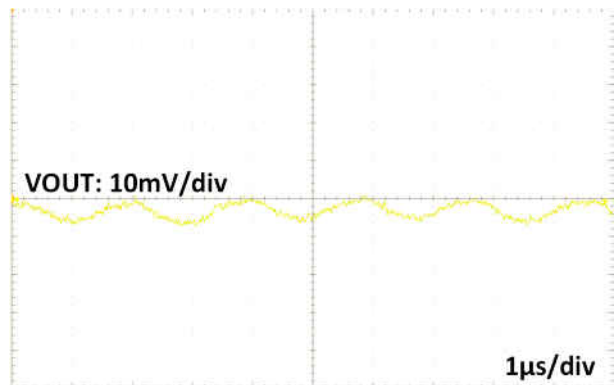
$V_{OUT} = -12\text{ V}$ $I_{LOAD} = 50\text{mA}$ 至 189mA

图 5-12. $V_{IN} = 24\text{V}$ 时的负载瞬态



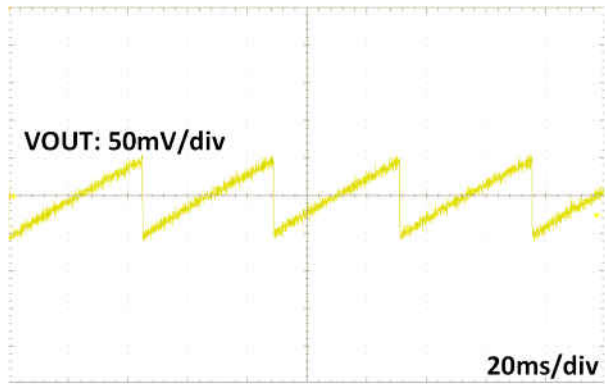
$V_{OUT} = -12\text{ V}$ $I_{LOAD} = 0\text{ A}$

图 5-13. $V_{IN} = 12\text{ V}$ 时无负载输出纹波



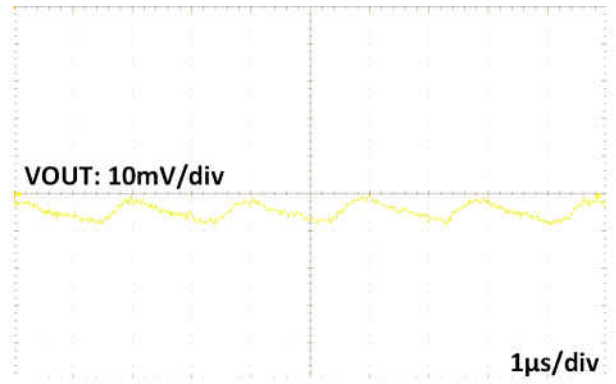
$V_{OUT} = -12\text{ V}$ $I_{LOAD} = 138\text{ mA}$

图 5-14. $V_{IN} = 12\text{ V}$ 时的满载输出纹波



$V_{OUT} = -12\text{ V}$ $I_{LOAD} = 0\text{ A}$

图 5-15. $V_{IN} = 24\text{ V}$ 时无负载输出纹波



$V_{OUT} = -12\text{ V}$ $I_{LOAD} = 189\text{ mA}$

图 5-16. $V_{IN} = 24\text{ V}$ 时的满载输出纹波

5.2 $V_{OUT} = -24V$ 典型性能

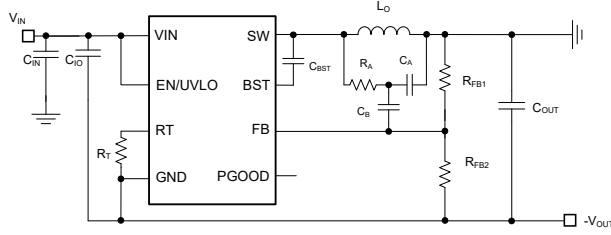


图 5-17. 原理图

COMPONENT VALUES FOR $V_{OUT} = -24V$			
C_{IN}	4µF	250V	X7R or X5R
C_{OUT}	60µF	100V	X7R or X5R
C_{IO}	4µF	250V	X7R or X5R
L_O	220µH		
R_{FBT}	953kΩ	1%	
R_{FBB}	49.9kΩ	1%	
R_A	182kΩ	1%	
C_A	3300pF	100V	X7R or X5R
C_B	56pF	50V	X7R or X5R
C_{BST}	2200pF	50V	X7R or X5R
R_T	121kΩ	1%	

图 5-18. 物料清单

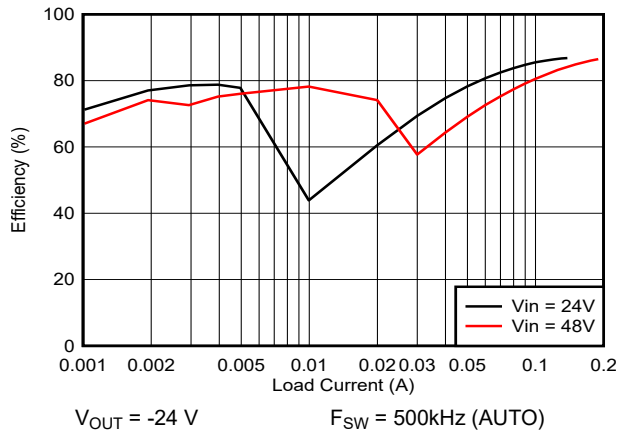


图 5-19. 效率与负载电流之间的关系

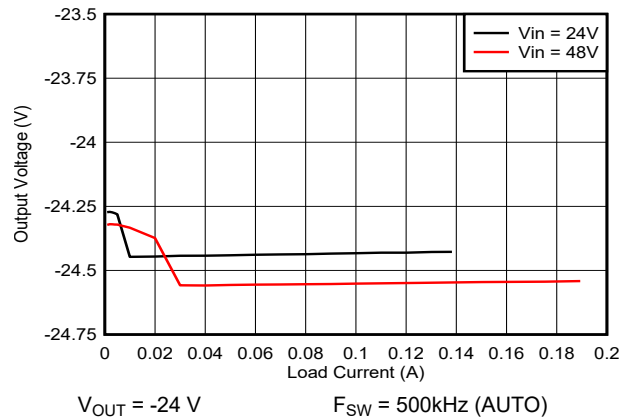


图 5-20. 负载调节与负载电流间的关系

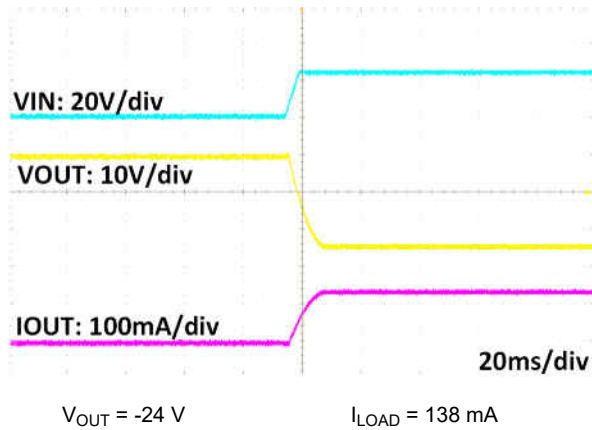


图 5-21. 在 $V_{IN} = 24V$ 时启动

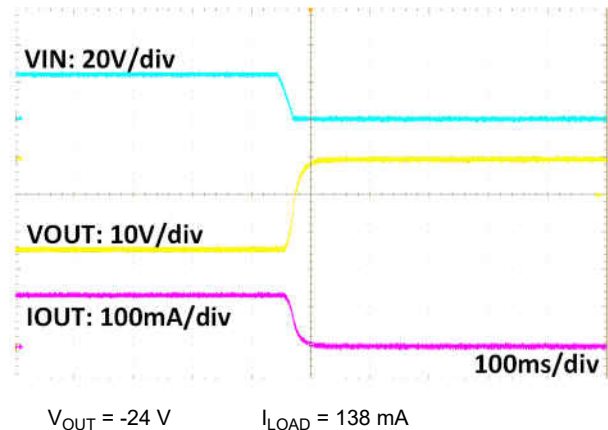
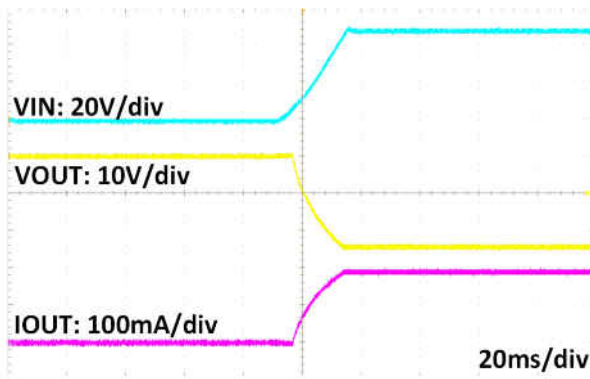
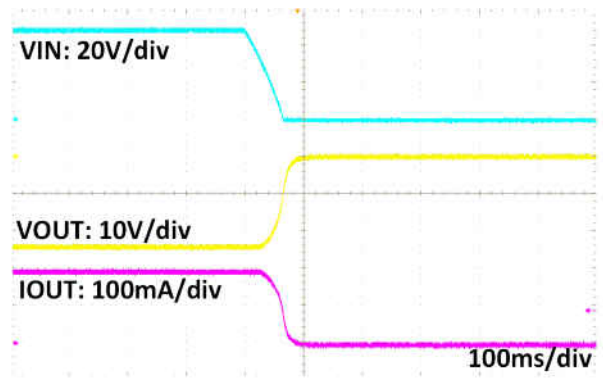


图 5-22. 在 $V_{IN} = 24V$ 时关断



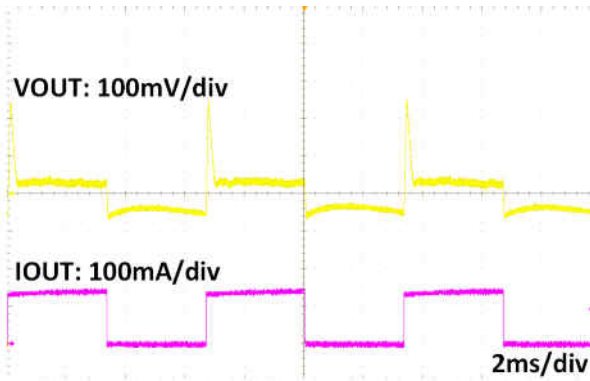
$V_{OUT} = -24\text{ V}$ $I_{LOAD} = 189\text{ mA}$

图 5-23. 在 $V_{IN} = 48\text{V}$ 时启动



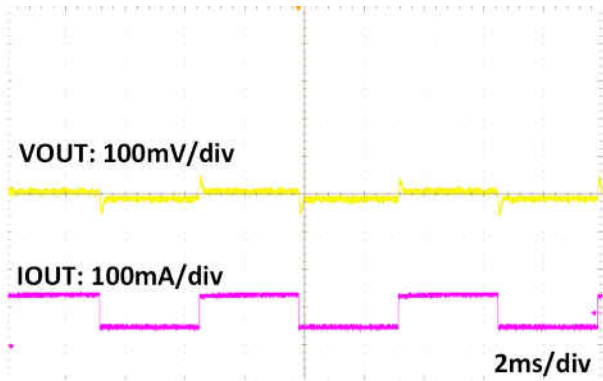
$V_{OUT} = -24\text{ V}$ $I_{LOAD} = 189\text{ mA}$

图 5-24. 在 $V_{IN} = 48\text{V}$ 时关断



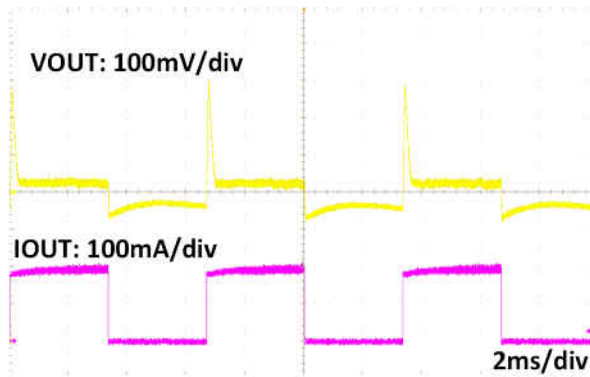
$V_{OUT} = -24\text{ V}$ $I_{LOAD} = 0\text{mA}$ 至 138mA

图 5-25. $V_{IN} = 24\text{V}$ 时的满载瞬态



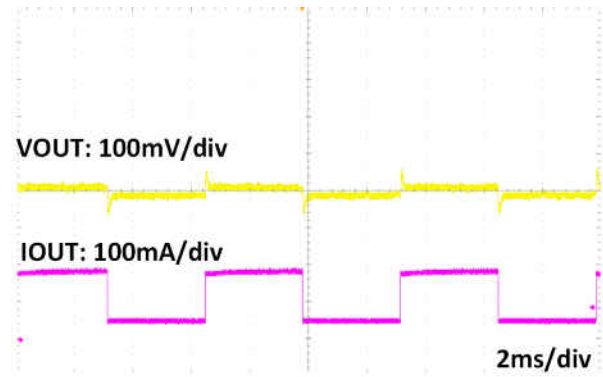
$V_{OUT} = -24\text{ V}$ $I_{LOAD} = 50\text{mA}$ 至 138mA

图 5-26. $V_{IN} = 24\text{V}$ 时的负载瞬态



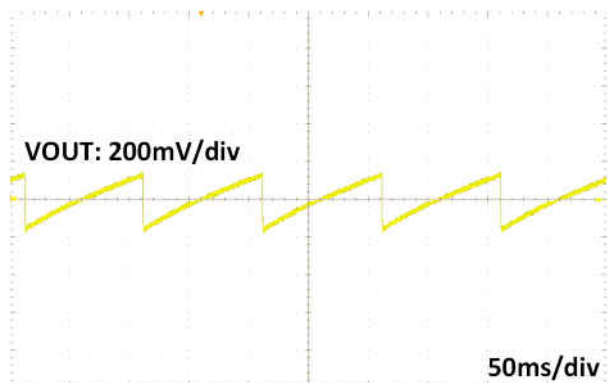
$V_{OUT} = -24\text{ V}$ $I_{LOAD} = 0\text{mA}$ 至 189mA

图 5-27. $V_{IN} = 48\text{V}$ 时的满载瞬态



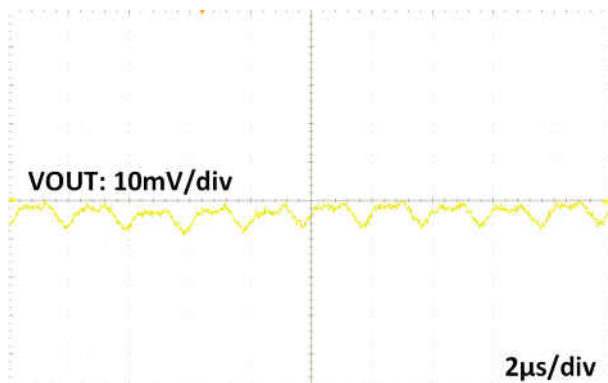
$V_{OUT} = -24\text{ V}$ $I_{LOAD} = 50\text{mA}$ 至 189mA

图 5-28. $V_{IN} = 48\text{V}$ 时的负载瞬态



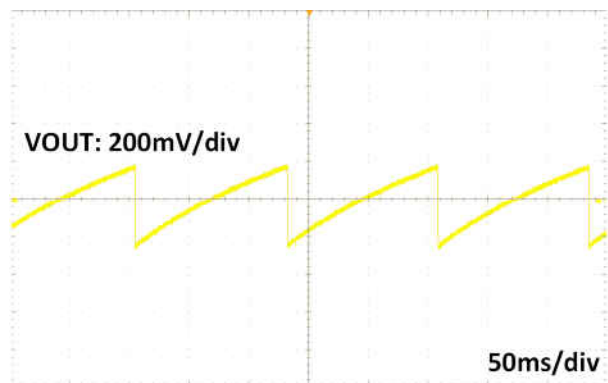
$V_{OUT} = -24\text{ V}$ $I_{LOAD} = 0\text{ A}$

图 5-29. $V_{IN} = 24\text{ V}$ 时无负载输出纹波



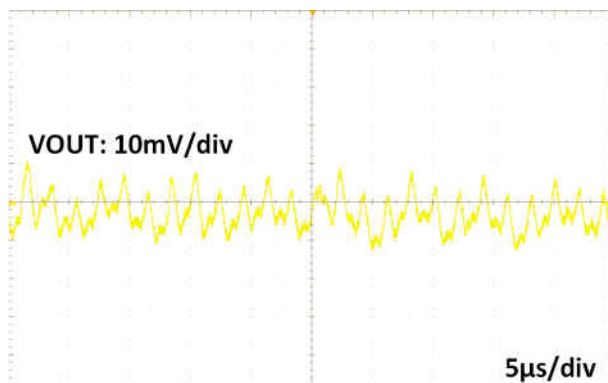
$V_{OUT} = -24\text{ V}$ $I_{LOAD} = 138\text{ mA}$

图 5-30. $V_{IN} = 24\text{ V}$ 时的满载输出纹波



$V_{OUT} = -24\text{ V}$ $I_{LOAD} = 0\text{ A}$

图 5-31. $V_{IN} = 48\text{ V}$ 时无负载输出纹波



$V_{OUT} = -24\text{ V}$ $I_{LOAD} = 189\text{ mA}$

图 5-32. $V_{IN} = 48\text{ V}$ 时的满载输出纹波

5.3 $V_{OUT} = -48V$ 典型性能

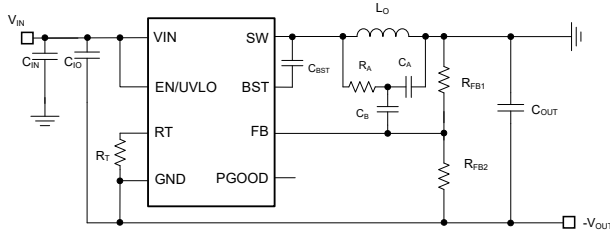
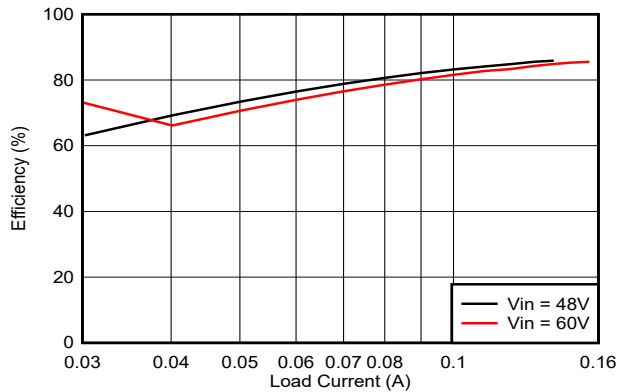


图 5-33. 原理图

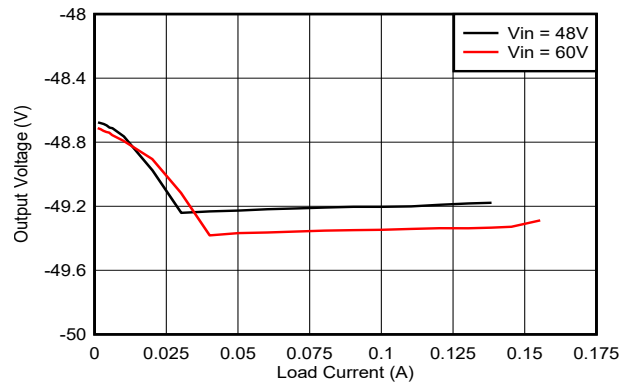
COMPONENT VALUES FOR $V_{OUT} = -48V$			
C_{IN}	4 μ F	250V	X7R or X5R
C_{OUT}	60 μ F	100V	X7R or X5R
C_{IO}	4 μ F	250V	X7R or X5R
L_O	220 μ H		
R_{FBT}	1.96M Ω	1%	
R_{FBB}	49.9k Ω	1%	
R_A	182k Ω	1%	
C_A	3300pF	100V	X7R or X5R
C_B	56pF	50V	X7R or X5R
C_{BST}	2200pF	50V	X7R or X5R
R_T	243k Ω	1%	

图 5-34. 物料清单



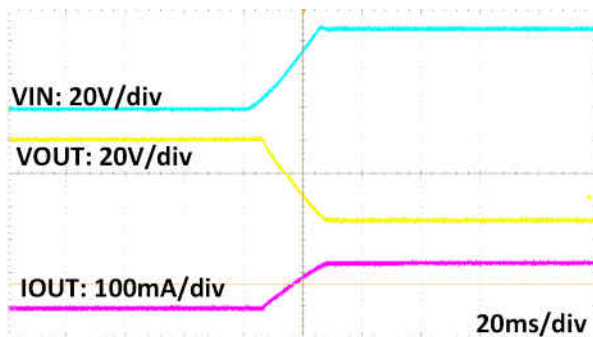
$V_{OUT} = -48V$ $F_{SW} = 500kHz$ (AUTO)

图 5-35. 效率与负载电流之间的关系



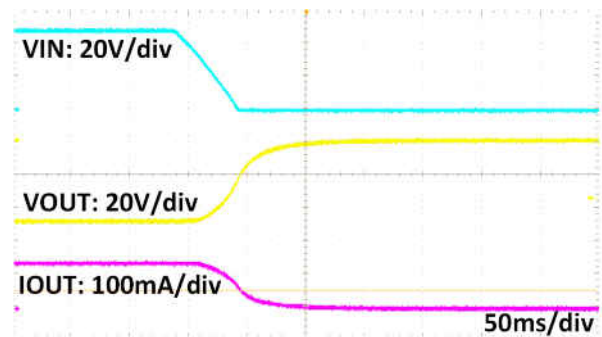
$V_{OUT} = -48V$ $F_{SW} = 500kHz$ (AUTO)

图 5-36. 负载调节与负载电流间的关系



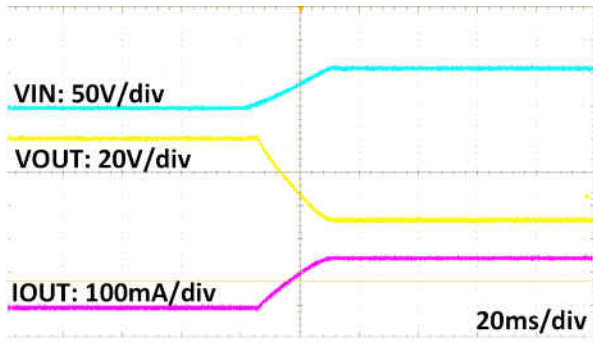
$V_{OUT} = -48V$ $I_{LOAD} = 138mA$

图 5-37. 在 $V_{IN} = 48V$ 时启动



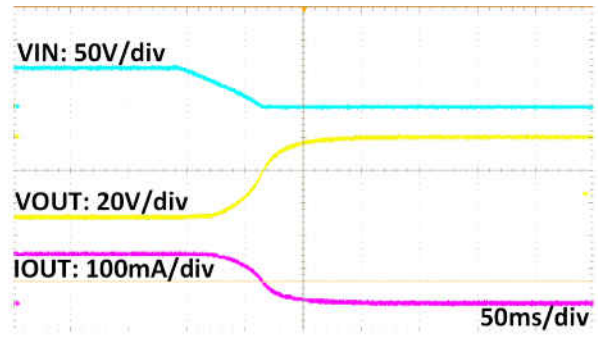
$V_{OUT} = -48V$ $I_{LOAD} = 138mA$

图 5-38. 在 $V_{IN} = 48V$ 时关断



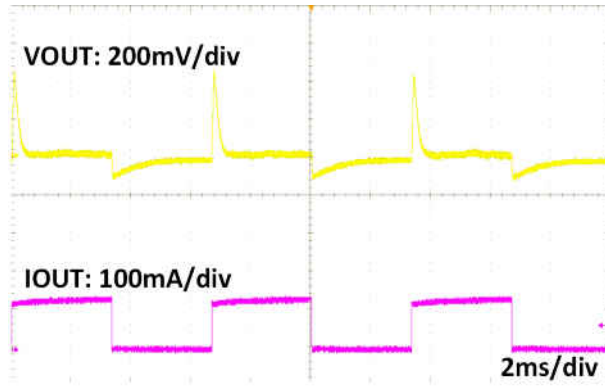
$V_{OUT} = -48\text{ V}$ $I_{LOAD} = 155\text{ mA}$

图 5-39. 在 $V_{IN} = 60\text{ V}$ 时启动



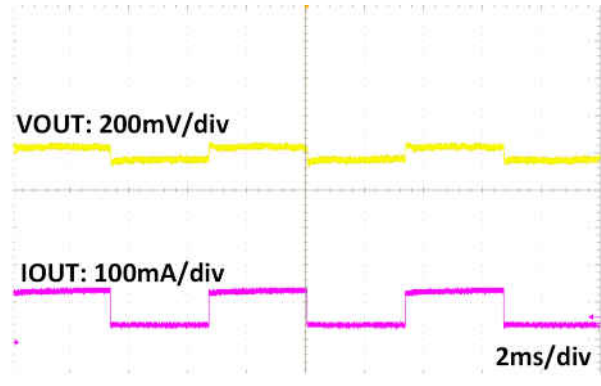
$V_{OUT} = -48\text{ V}$ $I_{LOAD} = 155\text{ mA}$

图 5-40. 在 $V_{IN} = 60\text{ V}$ 时关断



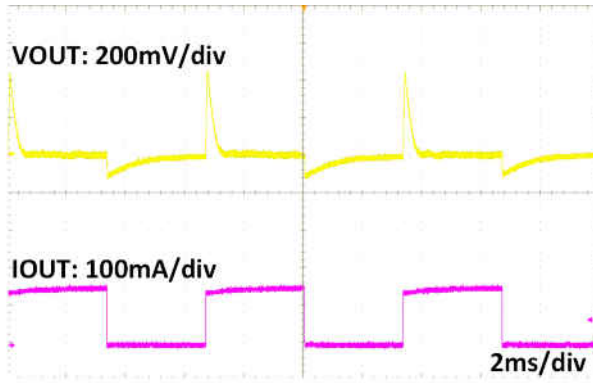
$V_{OUT} = -48\text{ V}$ $I_{LOAD} = 0\text{ mA 至 } 138\text{ mA}$

图 5-41. $V_{IN} = 48\text{ V}$ 时的满载瞬态



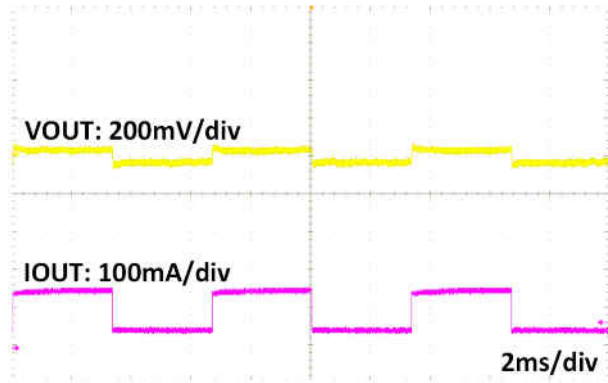
$V_{OUT} = -48\text{ V}$ $I_{LOAD} = 50\text{ mA 至 } 138\text{ mA}$

图 5-42. $V_{IN} = 48\text{ V}$ 时的负载瞬态



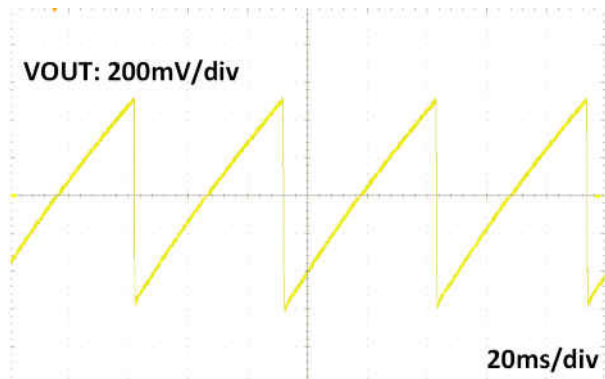
$V_{OUT} = -48\text{ V}$ $I_{LOAD} = 0\text{ mA 至 } 155\text{ mA}$

图 5-43. $V_{IN} = 60\text{ V}$ 时的满载瞬态



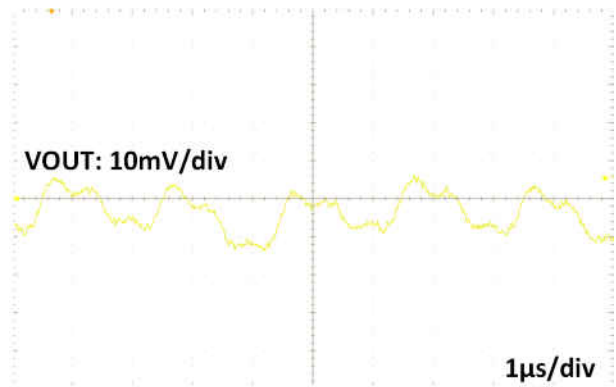
$V_{OUT} = -48\text{ V}$ $I_{LOAD} = 50\text{ mA 至 } 155\text{ mA}$

图 5-44. $V_{IN} = 60\text{ V}$ 时的负载瞬态



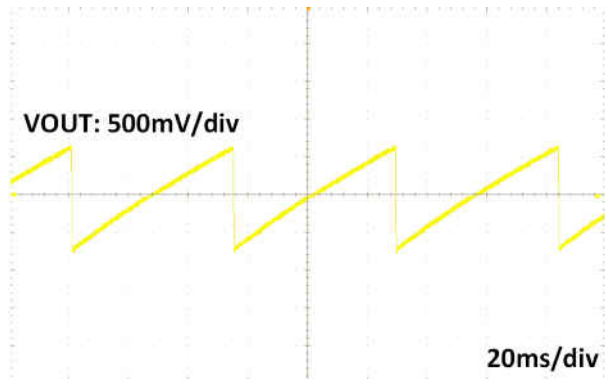
$I_{LOAD} = 0\text{ A}$

图 5-45. $V_{IN} = 48\text{V}$ 时无负载输出纹波



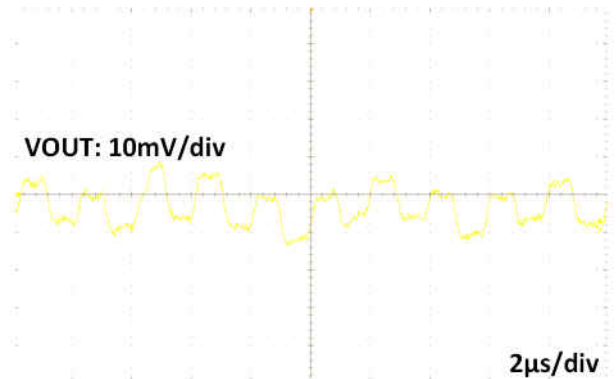
$I_{LOAD} = 138\text{ mA}$

图 5-46. $V_{IN} = 48\text{V}$ 时的满载输出纹波



$I_{LOAD} = 0\text{ A}$

图 5-47. $V_{IN} = 60\text{V}$ 时无负载输出纹波



$I_{LOAD} = 155\text{ mA}$

图 5-48. $V_{IN} = 60\text{V}$ 时的满载输出纹波

6 结论

LM5168 是一款降压转换器，可通过更改输出电压和接地连接配置为反相降压/升压 (IBB) 拓扑。由于 IBB 以 $-V_{OUT}$ 为基准，而不是以接地为基准，因此 LM5168 的输入电压范围会受到限制，具体取决于 $-V_{OUT}$ 的大小。可以达到的最大输出电流也会受到限制，因为电感器最大电流始终大于最大输出电流。本报告介绍了 IBB 拓扑以及如何为设计选择外部元件。数据由测试电路提供。有关反相降压/升压拓扑的更多信息，请参阅 [使用反相降压/升压转换器](#) 应用手册。

7 参考文献

1. 德州仪器 (TI), [使用反相降压/升压转换器](#) 应用手册。
2. 德州仪器 (TI), [LM5169、LM5168 具有 Fly-Buck™ 转换器功能的 0.65A/0.3A、120V 降压转换器](#) 数据表。
3. 德州仪器 (TI), [LMZM23601 和 LMZM23600 的反向应用](#) 应用手册。
4. 德州仪器 (TI), [使用 TPSM5601R5H-IBB-EVM](#) 用户指南。

重要声明和免责声明

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 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。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

Copyright © 2023，德州仪器 (TI) 公司