

## LM5127-Q1 2.2MHz 宽输入电压汽车前级多轨直流/直流

## 1 特性

- 符合面向汽车应用的 AEC-Q100 标准
  - 温度等级 1 :  $-40^{\circ}\text{C}$  至  $+125^{\circ}\text{C}$  ,  $T_A$
- 提供功能安全**
  - 可帮助进行功能安全系统设计的文档
- 适合各种架构且可扩展
  - 三路输出同步控制器
  - 灵活的拓扑
    - CH1 : 升压/降压拓扑
    - CH2、CH3 : 两个单相降压/双相交错降压拓扑
  - 每个通道配备使能引脚和 PGOOD 指示器
  - 可选低  $I_Q$  电池监测器
- 针对汽车类应用具有宽工作电压范围
  - 3.8V 至 42V 输入电压工作范围
  - BIAS 电压大于等于 3.8V 时最小升压输入为 0.8V
  - 升压输出电压 : 可调节至高达 42V
  - 降压输出电压 : 固定 3.3V 或 5V, 或可调节 0.8V 至 42V
  - $V_{\text{SUPPLY}} > V_{\text{LOAD}}$  (升压) 时进行旁路操作
  - $V_{\text{SUPPLY}} \approx V_{\text{LOAD}}$  (降压) 时进行 LDO 操作
- 最小电池消耗**
  - 关断电流  $\leq 2.8 \mu\text{A}$
  - 自动转换至低  $I_Q$  睡眠模式
  - 睡眠模式下的电池消耗
    - 启用 3.3V 降压时,  $I_Q \leq 14 \mu\text{A}$
    - 启用 3.3V 和 5V 降压时,  $I_Q \leq 22 \mu\text{A}$
    - 启用 3.3V 和 5V 降压和旁边路升压时,  $I_Q \leq 32 \mu\text{A}$
  - 使用强大的 5V 驱动器可实现高效率
  - 双输入 VCC 和 VDD 稳压器
- 经济高效的小尺寸解决方案**
  - 最大开关频率 : 2.2MHz
  - 内部自举二极管 (升压)
  - 峰值电流限制保持恒定
  - 支持 DCR 电感器电流感应
  - 具有可湿性侧面的 QFN-48 封装
- 避免 AM 频带干扰和串扰**
  - 可选的时钟同步
  - 开关频率范围为 100kHz 至 2.2MHz
  - 可选开关模式 (FPWM、二极管仿真和跳跃模式)
- 降低 EMI**
  - 可选可编程扩展频谱
- 可编程性和灵活性**
  - 可编程的唤醒和睡眠阈值

- 动态开关频率编程
- 可调软启动时间
- 使用  $0.8V \pm 1\%$  基准电压时输出可调节
- 自适应死区时间控制
- 集成型保护特性**
  - 过流保护
    - 逐周期峰值电流限制
    - 可选断续模式保护 (降压)
    - 可选闭锁模式保护 (降压)
  - 过压保护
  - HB-SW 短路保护 (升压)
  - 热关断保护

## 2 应用

- 汽车信息娱乐系统/仪表组
- 汽车车身电子装置/照明
- 汽车 ADAS

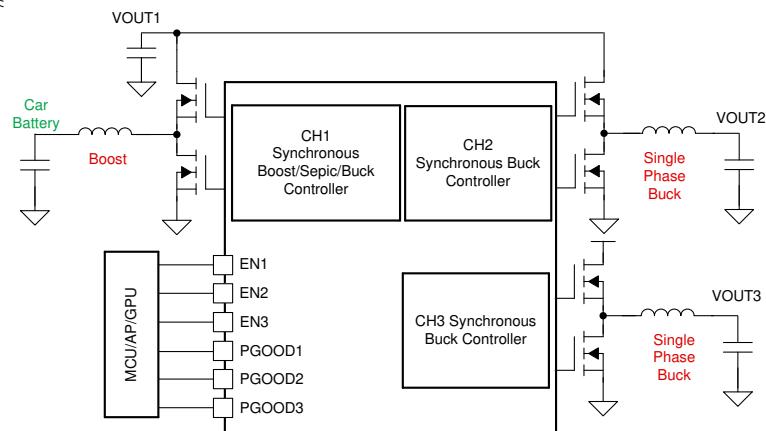
## 3 说明

LM5127-Q1 是一款功能齐全、具有宽输入范围的三通道直流/直流控制器，该控制器支持升压/降压的灵活拓扑，采用峰值电流模式控制。该器件设计为集成单片解决方案，适用于汽车信息娱乐、仪表组、车身控制以及 ADAS 系统中的前沿电源。(接下页)

## 器件信息

器件型号	封装 <sup>(1)</sup>	封装尺寸 (标称值)
LM5127-Q1	QFN (48)	7.00mm x 7.00mm

(1) 如需了解所有可用封装, 请参阅数据表末尾的可订购产品附录。



典型应用 (预升压 + 两个降压)



本文档旨在为方便起见, 提供有关 TI 产品中文版本的信息, 以确认产品的概要。有关适用的官方英文版本的最新信息, 请访问 [www.ti.com](http://www.ti.com), 其内容始终优先。TI 不保证翻译的准确性和有效性。在实际设计之前, 请务必参考最新版本的英文版本。

## 内容

<b>1 特性</b>	<b>1</b>	<b>9 应用和实施</b>	<b>43</b>
<b>2 应用</b>	<b>1</b>	9.1 应用信息	43
<b>3 说明</b>	<b>1</b>	9.2 典型应用	43
<b>4 修订历史记录</b>	<b>2</b>	9.3 系统示例	46
<b>5 说明 (续)</b>	<b>2</b>	<b>10 电源相关建议</b>	<b>49</b>
<b>6 引脚配置和功能</b>	<b>3</b>	<b>11 布局</b>	<b>50</b>
<b>7 规格</b>	<b>6</b>	11.1 布局指南	50
7.1 绝对最大额定值	6	11.2 布局示例	51
7.2 ESD 等级	6	<b>12 器件和文档支持</b>	<b>52</b>
7.3 建议运行条件	7	12.1 器件支持	52
7.4 热性能信息	7	12.2 文档支持	52
7.5 电气特性	8	12.3 接收文档更新通知	52
7.6 典型特性	12	12.4 支持资源	52
<b>8 详细说明</b>	<b>15</b>	12.5 商标	52
8.1 概述	15	12.6 静电放电警告	52
8.2 功能方框图	16	12.7 术语表	52
8.3 特性说明	17	<b>13 机械、封装和可订购信息</b>	<b>53</b>
8.4 器件功能模式	35		

## 4 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

<b>Changes from Revision * (October 2020) to Revision A (December 2020)</b>	<b>Page</b>
• 将器件状态从“预告信息”更改为“量产数据”	1

## 5 说明 (续)

输入电压范围涵盖汽车冷启动和负载突降两种情况。可通过外部电阻器对开关频率进行动态编程，范围为 100kHz 至 2.2MHz。2.2MHz 的开关频率可最大限度地降低 AM 频带干扰，并支持实现小解决方案尺寸和快速瞬态响应。

器件采用低关断  $I_Q$  和超低  $I_Q$  睡眠模式，可更大限度地减少无负载/轻负载条件下的电池消耗，并且无需在待机期间使用额外的低  $I_Q$  LDO 稳压器作为 CAN 电源。

该器件具有灵活的拓扑通道，可支持升压或 SEPIC 以及两个独立的单相降压或一个双相降压拓扑（可用作大电流汽车处理器电源）。在升压模式下，器件支持旁路操作，因此无需使用外部旁路开关。在降压模式下，器件支持低压降操作，可更大限度地缩小压降电压。当备份过程应该开始时，电池监测器可检测到低电池电压和信号。

通过低电流限制阈值和使用外部 VCC 电源，可以尽可能地降低功耗。该器件具有内置的保护功能，例如在 VIN 范围内保持恒定的峰值电流限制、可选断续模式过载保护、过压保护和热关断功能。

外部时钟同步、可编程扩展频谱开关频率以及具有超低寄生效应的无引线封装有助于降低 EMI 并避免串扰问题。附加功能包括 FPWM、DCR 感测、可编程的软启动、精密基准和电源正常状态指示器。

## 6 引脚配置和功能

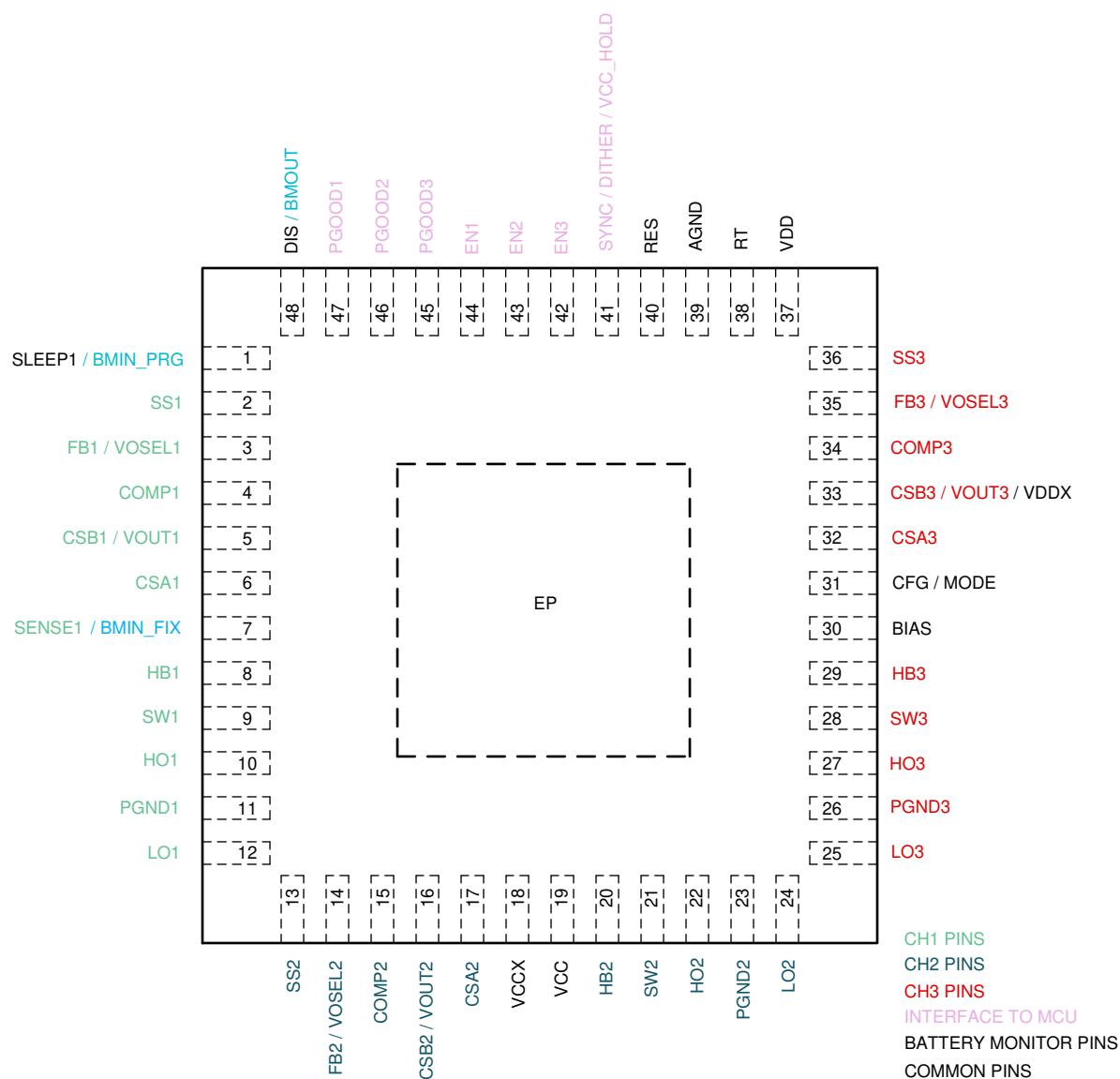


图 6-1. 具有可湿性侧面的 48 引脚 QFN/RGZ 封装 ( 顶视图 )

表 6-1. 引脚功能

引脚		I/O <sup>(1)</sup>	说明
编号	名称		
39	AGND	G	模拟接地引脚。通过一条宽而短的路径连接到模拟接地层。
30	BIAS	P	VCC 稳压器的电源电压输入。在该引脚与接地之间连接一个 $1 \mu\text{F}$ 本地 BIAS 电容器。
31	CFG/MODE	I	器件配置 ( 升压或降压、单相或双相 ) 和开关模式 ( FPWM 或跳跃模式 ) 选择引脚。在 FPWM 模式下，通过在 SS 和 AGND 之间连接 $57.6\text{k}\Omega$ 启用二极管仿真模式。
4	COMP1	O	内部跨导误差放大器的输出。在引脚和 AGND 之间连接环路补偿元件。
15	COMP2		
34	COMP3		

表 6-1. 引脚功能 (continued)

引脚		I/O <sup>(1)</sup>	说明
编号	名称		
6	CSA1	I	电流检测放大器输入引脚。在升压配置中，该引脚用作负输入引脚。在降压配置中，该引脚用作正输入引脚。
17	CSA2		
32	CSA3		
5	CSB1/VOUT1	I	电流检测放大器输入引脚。在升压配置中，该引脚用作正输入引脚。在降压配置中，该引脚用作负输入引脚并检测固定输出电压选项的输出电压。 <b>VDDX</b> 是 <b>VDD</b> 电源的可选输入。如果 <b>VOUT3</b> 稳压目标为 3.3V 且器件处于深度睡眠模式，则当 <b>VDD</b> 小于 3.4V (典型值) 时， <b>VDDX</b> 在内部连接到 <b>VDD</b> 。
16	CSB2/VOUT2		
33	CSB3/VOUT3/VDDX		
48	DIS/BMOUT	O	当 <b>CH1</b> 配置为预升压时， <b>DIS</b> 引脚用作电阻分压器断开引脚。当至少一个通道处于运行模式时，该引脚被拉低。为更大限度地减小流经电阻分压器的漏电流，当所有启用的通道都处于睡眠模式 ( <b>SLEEP1</b> > 1.02V, <b>SENSE1</b> > 6.0V) 时，引脚会在关断期间和深度睡眠模式期间断开。当 <b>CH1</b> 配置为降压时，该引脚用作电池监测器输出。当 <b>BMIN_FIX</b> 小于 5.7V 或 <b>BMIN_PRG</b> 小于 1.0V 时，该引脚被拉低。当 <b>BMIN_FIX</b> 大于 6.0V 时，该引脚断开。
44	EN1	I	启用引脚。如果 <b>EN</b> 小于 0.4，则通道处于关断模式。该引脚必须升至 2.0V 以上才能启用通道。不使用时连接至 <b>BIAS</b> 。
43	EN2		
42	EN3		
3	FB1/VOSEL1	I	误差放大器负反馈输入或固定输出电压选择引脚。在降压配置中，将此引脚连接到 <b>AGND</b> 可实现 3.3V 输出，将引脚连接到 <b>VDD</b> 可实现 5V 输出；或将反馈电阻器连接到此引脚，用于对输出稳压目标进行编程。在升压配置中，始终将反馈电阻器连接到此引脚，用于对输出稳压目标进行编程。
14	FB2/VOSEL2		
35	FB3/VOSEL3		
8	HB1	P	用于自举栅极驱动的高边驱动器电源。在升压配置中，自举二极管在内部从 <b>VCC</b> 连接到该引脚。在降压拓扑中，将外部自举二极管从该引脚连接到 <b>VCC</b> 。在该引脚和 <b>SW</b> 之间连接一个 0.1 $\mu$ F 电容器。将 <b>HB</b> 直接连接到 <b>VCC</b> 以进行非同步升压操作。
20	HB2		
29	HB3		
10	HO1	O	高边栅极驱动器输出。通过一条短的低电感路径连接到 N 沟道 MOSFET 的栅极。
22	HO2		
27	HO3		
12	LO1	O	低边栅极驱动器输出。通过一条短的低电感路径直接连接到 N 沟道 MOSFET 的栅极。
24	LO2		
25	LO3		
11	PGND1	G	电源地引脚。通过一条短的低电感路径直接连接到 N 沟道 MOSFET 的源极。
23	PGND2		
26	PGND3		
47	PGOOD1	O	具有开漏输出的电源正常状态指示器。在降压配置中，当 <b>VOUT</b> 超出稳压窗口时，该引脚被拉低。在升压配置中，当 <b>VOUT</b> 低于稳压目标时，该引脚被拉低。
46	PGOOD2		
45	PGOOD3		
40	RES	O	重新启动计时器引脚。 <b>RES</b> 和 <b>AGND</b> 之间的电容器决定了在断续模式下通道自动重新启动之前保持关断的时间。如果该引脚连接到 <b>AGND</b> ，则该通道在断续模式关断时间后从不会重新启动，直到切换 <b>EN</b> 。如果引脚在初始上电期间连接到 <b>VDD</b> ，则会禁用断续模式故障计数器，并且器件以非断续模式逐周期电流限制运行。每个通道的故障计数器独立运行。一个通道可以采用正常模式运行，而另一个通道受到断续模式过载保护。
38	RT	I/O	开关频率设置引脚。如果没有外部时钟应用于 <b>SYNC</b> ，则开关频率由 <b>RT</b> 和 <b>AGND</b> 之间的单个电阻器设置。
7	SENSE1/BMIN_FIX	I	当 <b>CH1</b> 配置为同步升压时， <b>SENSE1</b> 检测输出电压。在升压配置中，连接该引脚时，应尽可能靠近高边 MOSFET 的漏极连接。当 <b>CH1</b> 配置为降压时， <b>BMIN_FIX</b> 用作固定阈值电池监测器输入引脚。
1	SLEEP1/BMIN_PRG	I	当 <b>CH1</b> 配置为升压时，如果 <b>SLEEP1</b> 大于 1.0V，则允许进入睡眠模式。当 <b>CH1</b> 配置为降压时， <b>BMIN_PRG</b> 用作可编程阈值电池监测器输入引脚。

**表 6-1. 引脚功能 (continued)**

引脚		I/O <sup>(1)</sup>	说明
编号	名称		
2	SS1	I/O	软启动时间编程引脚。该器件会在软启动期间强制进行二极管仿真。通过在 <b>FPWM</b> 模式下将 $57.6\text{k}\Omega$ 接地，该器件可在二极管仿真中工作，而不进入睡眠模式。当 <b>SS</b> 接地时，开关停止。
13	SS2		
36	SS3		
9	SW1	P	
21	SW2		开关节点。通过一条短的低电感路径直接连接到高边 <b>MOSFET</b> 的源极和低边 <b>MOSFET</b> 的漏极。将 <b>SW</b> 直接连接到 <b>PGND</b> 以进行非同步升压操作。
28	SW3		
41	SYNC/DITHER / VCC_HOLD	I/O	外部同步时钟输入或抖动频率编程引脚。内部振荡器可以在运行期间与外部时钟同步。如果 <b>VCC_HOLD</b> $> 2.0\text{V}$ ，则当所有 <b>EN</b> 引脚接地时，器件将保持 <b>VCC</b> 引脚电压高于 <b>VCC</b> UVLO 阈值，这有助于在不重新配置的情况下立即重新启动开关操作。如果在该引脚和 <b>AGND</b> 之间连接一个电容器，则启用抖动。在此模式下，通过 $20\text{\mu A}$ 拉电流/灌电流对电容器进行充电和放电。随着引脚上的电压上升和下降，振荡器频率在由 <b>RT</b> 电阻设置的标称频率的 $-7\%$ 和 $+7\%$ 之间调制。通过将引脚下拉至地，可以在运行期间禁用抖动。如果不使用该引脚，则将该引脚连接到 <b>AGND</b> 。
19	VCC	P	<b>VCC</b> 辅助电源引脚。在该引脚和电源地之间连接一个 $10\text{\mu F}$ <b>VCC</b> 电容器。
18	VCCX	P	用于外部 <b>VCC</b> 电源的可选输入。如果 <b>VCCX</b> $> 4.5\text{V}$ ，则 <b>VCCX</b> 在内部连接到 <b>VCC</b> 。在该引脚和 <b>PGND</b> 之间连接一个 $0.47\text{\mu F}$ 本地 <b>VCCX</b> 电容器。如果未使用 <b>VCCX</b> ，则必须将该引脚接地。
37	VDD	P	<b>VDD</b> 辅助电源引脚。在该引脚和 <b>AGND</b> 之间连接一个 $0.1\text{\mu F}$ <b>VDD</b> 电容器。
-	EP		封装的裸露焊盘。 <b>EP</b> 在内部连接至 <b>AGND</b> 。必须将 <b>EP</b> 焊接到较大的模拟接地层以降低热阻。

(1) G = 地 , I = 输入 , O = 输出 , P = 电源

## 7 规格

### 7.1 绝对最大额定值

在建议的工作结温范围内<sup>(1)</sup>

		最小值	最大值	单位
输入 <sup>(4)</sup>	BIAS、SENSE1 至 AGND	- 0.3	50	V
	DIS、FB1、SLEEP1 至 AGND	- 0.3	SENSE1+0.3	
	ENx 至 AGND	- 0.3	BIAS+0.3	
	VCCX 至 AGND	- 0.3	5.8 <sup>(2)</sup>	
	SWx 至 AGND (50ns)	-	-1	
	HBx 至 AGND	- 0.3	50	
	HBx 至 SWx	- 0.3	5.8 <sup>(2)</sup>	
	HB1 至 BIAS	-	40	
	CSBx 至 AGND	- 0.3	50	
	CSAx 至 CSBx	- 0.3	0.3	
	CFG、FB2、FB3 至 AGND	- 0.3	5.5	
	SYNC、RES、RT 至 AGND	- 0.3	VDD+0.3	
输出 <sup>(4)</sup>	PGNDx 至 AGND	- 0.3	0.3	V
	HOx 至 SWx (50ns)	- 1	-	
	LOx 至 PGND (50ns)	- 1	-	
	VCC、VDD 至 AGND	- 0.3	5.8 <sup>(2)</sup>	
PGOODx <sup>(5)</sup> 、SSx、COMPx 至 AGND		- 0.3	5.5	
结温, $T_J$ <sup>(3)</sup>		-40	150	°C
存储温度, $T_{stg}$		-55	150	

(1) 应力超出**绝对最大额定值**下所列的值可能会对器件造成永久损坏。这些列出的值仅仅是应力等级, 这并不表示器件在这些条件下以及在**建议运行条件**以外的任何其他条件下能够正常运行。长时间在最大绝对额定条件下运行会影响器件可靠性。

(2) 当引脚电压大于 5.5V 时, 工作寿命会缩短。

(3) 高结温会缩短工作寿命。结温高于 125°C 时, 工作寿命会缩短。

(4) 不允许向 COMPx、SSx、RT、CFG、LOx、HOx 引脚施加外部电压。

(5) 当  $V_{PGOOD} > V_{BIAS}$  时, 最大灌电流限制为 1mA

### 7.2 ESD 等级

			值	单位
$V_{(ESD)}$	静电放电	人体放电模型 (HBM), 符合 AEC Q100-002 <sup>(1)</sup> HBM ESD 分类等级 2	$\pm 2000$	V
		充电器件模型 (CDM), 符合 AEC Q100-011 CDM ESD 分类等级 C4B	$\pm 750$ $\pm 500$	

(1) AEC Q100-002 指示应当按照 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 规范执行 HBM 应力测试。

## 7.3 建议运行条件

在建议的工作结温范围内<sup>(1)</sup>

		最小值	标称值	最大值	单位
V <sub>SUPPLY(BOOST)</sub>	升压转换器输入 (当 BIAS $\geq 3.8V$ 时)	0.8		42	V
V <sub>LOAD(BOOST)</sub>	升压转换器输出			42	V
V <sub>SUPPLY(BUCK)</sub>	降压转换器输入			42	V
V <sub>LOAD(BUCK)</sub>	降压转换器输出	0.8		42	
V <sub>BIAS</sub>	BIAS 输入	3.8		42	V
V <sub>VCCX</sub>	VCCX 输入	4.5		5.25	V
V <sub>EN</sub>	使能输入	0		42	V
V <sub>SYNC</sub>	同步脉冲输入	0		5.25	V
V <sub>CSA1</sub> 、V <sub>CSB1</sub> 、 V <sub>CSA2</sub> 、V <sub>CSB2</sub> 、 V <sub>CSA3</sub> 、V <sub>CSB3</sub>	电流检测输入	0		42	V
V <sub>SENSE1</sub>	升压输出检测, 电池监测器输入	0		42	V
V <sub>FB</sub>	反馈输入 (FB1)	0		42	V
V <sub>FB</sub>	反馈输入 (FB2、FB3)	0		5.25	V
F <sub>SW</sub>	典型开关频率	100		2200	kHz
F <sub>SYNC</sub>	同步脉冲频率	200		2200	kHz
T <sub>J</sub>	工作结温 <sup>(2)</sup>	-40		150	°C

(1) **运行额定值**是指器件预期正常工作的条件。有关规格和测试条件, 请参阅**电气特性**

(2) 高结温会缩短工作寿命。结温高于 125°C 时, 工作寿命会缩短。

## 7.4 热性能信息

热指标 <sup>(1)</sup>		LM5127-Q1	单位
		RGZ (QFN)	
		48 引脚	
R <sub>qJA</sub>	结至环境热阻 (LM5127EVM) <sup>(2)</sup>	28.9	°C/W
R <sub>qJA</sub>	结至环境热阻	31.8	°C/W
R <sub>qJC(top)</sub>	结至外壳 (顶部) 热阻	21.9	°C/W
R <sub>qJB</sub>	结至电路板热阻	13.0	°C/W
Ψ <sub>JT</sub>	结至顶部特征参数 (LM5127EVM) <sup>(2)</sup>	0.2	°C/W
Ψ <sub>JT</sub>	结至顶部特征参数	0.3	°C/W
Ψ <sub>JB</sub>	结至电路板特征参数 (LM5127EVM) <sup>(2)</sup>	13.6	°C/W
Ψ <sub>JB</sub>	结至电路板特征参数	12.9	°C/W
R <sub>qJC(bot)</sub>	结至外壳 (底部) 热阻	2.5	°C/W

(1) 有关新旧热指标的更多信息, 请参阅**半导体和 IC 封装热指标**应用报告。

(2) 仅适用于无空气流量的 EVM。

## 7.5 电气特性

典型值对应于  $T_J=25^\circ\text{C}$ 。最小值和最大值限值适用于  $T_J=-40^\circ\text{C}$  至  $125^\circ\text{C}$  的温度范围。除非另有说明，否则  $V_{\text{BIAS}} = 12\text{V}$ ， $R_T = 9.09\text{k}\Omega$

参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>电源电流 (BIAS、VCCX、VDDX)</b>					
$I_{\text{BIAS-SD}}$	关断时的 BIAS 电流 ( $V_{\text{CCX}}=0\text{V}$ ) $V_{\text{EN1}} = 0\text{V}$ , $V_{\text{EN2}} = 0\text{V}$ , $V_{\text{EN3}} = 0\text{V}$ , $V_{\text{VCC\_HOLD}} = 0\text{V}$	2.8	4.5	4.5	$\mu\text{A}$
$I_{\text{BATTERY-SLEEP}}$	深度睡眠模式下的电池消耗 ( $V_{\text{BATTERY}} = 12\text{V}$ , $V_{\text{CCX}} = 5\text{V}$ (CH2), $V_{\text{DDX}} = 3.3\text{V}$ (CH3), 非开关 )	$V_{\text{EN1}} = 2.5\text{V}$ , $V_{\text{EN2}} = 2.5\text{V}$ , $V_{\text{EN3}} = 2.5\text{V}$ , CH1 升压模式	33	33	$\mu\text{A}$
		$V_{\text{EN1}} = 0\text{V}$ , $V_{\text{EN2}} = 2.5\text{V}$ , $V_{\text{EN3}} = 2.5\text{V}$ , CH1 升压模式	22	22	$\mu\text{A}$
		$V_{\text{EN1}} = 0\text{V}$ , $V_{\text{EN2}} = 2.5\text{V}$ , $V_{\text{EN3}} = 0\text{V}$ , CH1 升压模式	20	20	$\mu\text{A}$
		$V_{\text{EN1}} = 0\text{V}$ , $V_{\text{EN2}} = 0\text{V}$ , $V_{\text{EN3}} = 2.5\text{V}$ , CH1 升压模式	14	14	$\mu\text{A}$
		$V_{\text{EN1}} = 2.5\text{V}$ , $V_{\text{EN2}} = 2.5\text{V}$ , $V_{\text{EN3}} = 2.5\text{V}$ , CH1 降压模式	32	32	$\mu\text{A}$
$I_{\text{BIAS-SLEEP1}}$	睡眠模式下的 BIAS 电流 ( $V_{\text{DDX}} = 3.3\text{V}$ , $V_{\text{CCX}} = 5\text{V}$ )	$V_{\text{EN1}} = 2.5\text{V}$ , $V_{\text{EN2}} = 2.5\text{V}$ , $V_{\text{EN3}} = 2.5\text{V}$ , CH1 升压模式	2.0	2.0	$\mu\text{A}$
$I_{\text{BIAS-SLEEP2}}$	睡眠模式下的 BIAS 电流 ( $V_{\text{DDX}} = 0\text{V}$ , $V_{\text{CCX}} = 0\text{V}$ )	$V_{\text{EN1}} = 0\text{V}$ , $V_{\text{EN2}} = 0\text{V}$ , $V_{\text{EN3}} = 0\text{V}$ , $V_{\text{VCC\_HOLD}} = 2.5\text{V}$ , CH1 降压模式	25	38	$\mu\text{A}$
$I_{\text{VDDX-SLEEP}}$	睡眠模式下的 VDDX 电流 ( $V_{\text{DDX}} = 3.3\text{V}$ , $V_{\text{CCX}} = 0\text{V}$ )	$V_{\text{EN1}} = 2.5\text{V}$ , $V_{\text{EN2}} = 2.5\text{V}$ , $V_{\text{EN3}} = 2.5\text{V}$ , CH1 升压模式	100	115	$\mu\text{A}$
$I_{\text{BIAS-ACTIVE1}}$	运行模式下的 BIAS 电流 ( $V_{\text{CCX}} = 0\text{V}$ )	$V_{\text{EN1}} = 2.5\text{V}$ , $V_{\text{EN2}} = 2.5\text{V}$ , $V_{\text{EN3}} = 2.5\text{V}$ , CH1 升压模式	3300	3900	$\mu\text{A}$
		$V_{\text{EN1}} = 2.5\text{V}$ , $V_{\text{EN2}} = 2.5\text{V}$ , $V_{\text{EN3}} = 0\text{V}$ , CH1 升压模式	2400	2850	$\mu\text{A}$
		$V_{\text{EN1}} = 2.5\text{V}$ , $V_{\text{EN2}} = 0\text{V}$ , $V_{\text{EN3}} = 0\text{V}$ , CH1 降压模式	1700	2000	$\mu\text{A}$
$I_{\text{BIAS-ACTIVE2}}$	运行模式下的 BIAS 电流 ( $V_{\text{CCX}} = 5\text{V}$ )	$V_{\text{EN1}} = 2.5\text{V}$ , $V_{\text{EN2}} = 2.5\text{V}$ , $V_{\text{EN3}} = 2.5\text{V}$ , CH1 升压模式	125	175	$\mu\text{A}$
		$V_{\text{EN1}} = 2.5\text{V}$ , $V_{\text{EN2}} = 2.5\text{V}$ , $V_{\text{EN3}} = 0\text{V}$ , CH1 升压模式	125	175	$\mu\text{A}$
		$V_{\text{EN1}} = 2.5\text{V}$ , $V_{\text{EN2}} = 0\text{V}$ , $V_{\text{EN3}} = 0\text{V}$ , CH1 降压模式	125	175	$\mu\text{A}$
<b>使能 (EN1, EN2, EN3)</b>					
$V_{\text{EN-RISING}}$	使能阈值 (ENx)	EN 上升	2	2	V
$V_{\text{EN-FALLING}}$	使能阈值 (ENx)	EN 下降	0.4	0.4	V
<b>升压模式下为 SLEEP1，降压模式下为 BMIN_PRG</b>					
$V_{\text{SLEEP1-FALLING}}$	SLEEP1/BMIN_PRG 阈值	SLEEP1 下降	0.95	1	1.05
$V_{\text{SLEEP1-HYS}}$	SLEEP1/BMIN_PRG 迟滞	SLEEP1 上升	15	15	mV
$I_{\text{SLEEP1}}$	迟滞电流 (灌电流)		30	30	$\mu\text{A}$
$t_{\text{D-WAKE1}}$	唤醒延迟	SENSE1 下降至 DIS 下降	5	5	$\mu\text{s}$
<b>降压时为 BMIN_FIX</b>					
$V_{\text{BMIN_FIX-FALLING}}$	BMIN_FIX 阈值	BMIN_FIX 下降	5.415	5.7	5.985
$V_{\text{BMIN_FIX-RISING}}$	BMIN_FIX 阈值	BMIN_FIX 上升	5.7	6.0	6.3
$I_{\text{BMIN_FIX}}$	BMIN_FIX 偏置电流	$V_{\text{BMIN1}} = 12\text{V}$	1	3	$\mu\text{A}$
<b>VCC 和 VCCX</b>					

## 7.5 电气特性 (continued)

典型值对应于  $T_J=25^\circ\text{C}$ 。最小值和最大值限值适用于  $T_J=-40^\circ\text{C}$  至  $125^\circ\text{C}$  的温度范围。除非另有说明，否则  $V_{\text{BIAS}} = 12\text{V}$ ， $R_T = 9.09\text{k}\Omega$

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{\text{VCC-REG}}$	VCC 稳压	$V_{\text{BIAS}} = 7.0\text{V}$ ， $I_{\text{VCC}} = 250\text{mA}$	4.75	5	5.25	V
	VCC 稳压	$V_{\text{BIAS}} = 7.0\text{V}$ ，空载	4.75	5	5.25	V
	压降期间的 VCC 稳压	$V_{\text{BIAS}} = 3.8\text{V}$ ， $I_{\text{VCC}} = 250\text{mA}$	3.42			V
$V_{\text{VCC-UVLO-RISING}}$	VCC UVLO 阈值	VCC 上升	3.55	3.65	3.75	V
$V_{\text{VCC-UVLO-FALLING}}$	VCC UVLO 阈值	VCC 下降	3.2	3.3	3.4	V
$I_{\text{VCC-CL}}$	VCC 拉电流限值	$V_{\text{CC}} = 4\text{V}$	250			mA
$V_{\text{VCCX-RISING}}$	VCCX 转换阈值	VCCX 上升	4.2	4.3	4.4	V
$V_{\text{VCCX-FALLING}}$	VCCX 转换阈值	VCCX 下降	4.0	4.1	4.2	V
	VCCX 至 VCC 压降	$V_{\text{VCCX}} = 4.5\text{V}$ ， $I_{\text{VCC}} = 250\text{mA}$	4.2			V

### VDD 和 VDDX

$V_{\text{VCC-REG}}$	VDD 稳压	$V_{\text{BIAS}} = 7.0\text{V}$ ，VCC 无负载， $V_{\text{CCX}}=\text{GND}$	4.75	5	5.25	V
$V_{\text{VDD-UVLO-RISING}}$	VDD UVLO 阈值	VDD 上升	3.0	3.1	3.2	V
$V_{\text{VDD-UVLO-FALLING}}$	VDD UVLO 阈值	VDD 下降	2.9	3	3.1	V

### SYNC/DITHER/VCC\_HOLD

$V_{\text{SYNC-RISING}}$	SYNC 阈值/SYNC 检测阈值	SYNC 上升		2		V
$V_{\text{SYNC-FALLING}}$	SYNC 阈值	SYNC 下降	0.4			V
	最小 SYNC 脉冲宽度			100		ns
$I_{\text{DITHER}}$	抖动拉/灌电流		16	20	24.5	$\mu\text{A}$
$\Delta f_{\text{SW1}}$	$f_{\text{SW}}$ 调制 ( 上限 )			+7		%
$\Delta f_{\text{SW2}}$	$f_{\text{SW}}$ 调制 ( 下限 )			-7		%
$V_{\text{DITHER-FALLING}}$	抖动禁用阈值		0.65	0.75	0.85	V

### RT

$V_{\text{RT}}$	RT 稳压		0.5			V
-----------------	-------	--	-----	--	--	---

### 断开连接 (DIS)、电池监测器输出 (BMOUT)

$r_{\text{DIS}}$	DIS 下拉开关 $r_{\text{DS(on)}}$		17	34		$\Omega$
------------------	------------------------------	--	----	----	--	----------

### SS

$I_{\text{SS1}}$	软启动电流	$SS < 1.0\text{V}$	17	20	23	$\mu\text{A}$
$I_{\text{SS2}}$	软启动电流	$SS > 1.5\text{V}$		2		$\mu\text{A}$
$r_{\text{SS-PD}}$	SS 下拉开关 $r_{\text{DS(on)}}$			50	93	$\Omega$
$V_{\text{SS-DONE}}$	MODE 转换	SS 上升		1.5		V
$V_{\text{SS-DIS}}$	SS 放电检测阈值		50	75	105	mV

### 脉宽调制 (PWM)

$f_{\text{SW1}}$	开关频率	$R_T = 220\text{k}\Omega$	85	100	115	kHz
$f_{\text{SW2}}$	开关频率	$R_T = 9.09\text{k}\Omega$	1980	2200	2420	kHz
$t_{\text{ON-MIN-BUCK}}$	最短可控导通时间 ( 降压模式下的 HO 导通时间 )	$R_T = 9.09\text{k}\Omega$	12	20	31	ns
$t_{\text{OFF-MIN-BUCK}}$	压降期间的最短 HO 关断时间 ( 降压 )	$R_T = 9.09\text{k}\Omega$	85	110	150	ns
$t_{\text{ON-MIN-BOOST}}$	最短可控导通时间 ( 升压模式下的 LO 导通时间 )	$R_T = 9.09\text{k}\Omega$		25		ns

## 7.5 电气特性 (continued)

典型值对应于  $T_J=25^\circ\text{C}$ 。最小值和最大值限值适用于  $T_J=-40^\circ\text{C}$  至  $125^\circ\text{C}$  的温度范围。除非另有说明，否则  $V_{\text{BIAS}} = 12\text{V}$ ， $R_T = 9.09\text{k}\Omega$

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{\text{OFF-MIN-BOOST}}$	最短可控关断时间 ( 升压模式下的 LO 关断时间 )	$R_T = 9.09\text{k}\Omega$	70	90	118	ns
$D_{\text{MAX-BOOST1}}$	升压模式下的最大占空比限制	$R_T = 220\text{k}\Omega$	90	94	98	%
$D_{\text{MAX-BOOST2}}$	升压模式下的最大占空比限制	$R_T = 9.09\text{k}\Omega$	75	80	83	%
	低压降模式下的最大脉冲跳跃			16		周期
<b>低 IQ 睡眠模式</b>						
$V_{\text{WAKE-FB}}$	FB 唤醒阈值	参考 $V_{\text{REF}}$		-1		%
$V_{\text{WAKE-COMP}}$	COMP 唤醒阈值			316		mV
$t_{\text{D-WAKE2}}$	唤醒延迟	$R_T = 9.09\text{k}\Omega$		4.4		μs
$V_{\text{MINCLTH}}$	跳跃模式下的最小峰值电流	电流检测输入		10		mV
<b>电流检测 ( CSPx、CSNx )</b>						
$V_{\text{SLOPE}}$	峰值斜坡补偿振幅	$R_T = 220\text{k}\Omega$ ，参考 CS 输入		80		mV
$A_{\text{CS}}$	电流检测放大器增益			10		V/V
$V_{\text{CLTH1}}$	正峰值电流限制阈值 ( CS 输入 )	$\text{CSBx} = 3.3\text{V}$ ( 降压 )	52	60	68	mV
$V_{\text{CLTH2}}$	正峰值电流限制阈值 ( CS 输入 )	$\text{CSBx} = 0\text{V}$ ( 降压 )	48	60	69	mV
$I_{\text{CSA}}$	CSA 偏置电流			1		μA
$I_{\text{CSB}}$	CSB 偏置电流			120		μA
	CS 放大器切换			2.5		V
<b>断续模式保护 ( RES )</b>						
	故障计数器超时			256		周期
	复位故障计数器的正常周期			8		周期
$I_{\text{RES}}$	RES 电流源		16	20	24	μA
$V_{\text{RESTH}}$	RES 阈值		0.95	1.0	1.05	V
$R_{\text{RES}}$	RES 下拉开关 $r_{\text{DS(on)}}$			20	40	Ω
$V_{\text{RES-DIS}}$	RES 放电检测			100		mV
<b>误差放大器 ( COMPx、FBx )</b>						
$V_{\text{OUT-REG1}}$	VOUT 稳压 (3.3V)		3.26	3.3	3.34	V
$V_{\text{OUT-REG2}}$	VOUT 稳压 (5.0V)		4.94	5.0	5.06	V
$V_{\text{REF}}$	误差放大器参考	升压模式	0.788	0.8	0.812	V
$V_{\text{REF}}$	误差放大器参考	降压模式	0.792	0.8	0.808	V
$G_m$	跨导			1		mA/V
$I_{\text{SOURCE-MAX}}$	最大 COMP 拉电流	$V_{\text{COMP}} = 0\text{V}$		80		μA
$I_{\text{SINK-MAX}}$	最大 COMP 灌电流	$V_{\text{COMP}} = 2.2\text{V}$		80		μA
$V_{\text{CLAMP-MAX}}$	COMP 钳位电压	COMP 上升		2.6		V
$V_{\text{OFFSET}}$	COMP 至 PWM 输入失调电压		0.264	0.300	0.336	V
$V_{\text{FB-SS}}$	内部 FB 至 SS 钳位	$V_{\text{FB}} = 0\text{V}$		80	115	mV
<b>PGOOD、OVP</b>						
$V_{\text{OVTH-RISING}}$	过压阈值 ( 降压模式下的 OVP )	FB 上升 ( 参考 $V_{\text{REF}}$ )	105	107	109	%
$V_{\text{OVTH-FALLING}}$	过压阈值 ( 降压模式下的 OVP )	FB 下降 ( 参考 $V_{\text{REF}}$ )	103	105	107	%
$V_{\text{UVTH-RISING}}$	欠压阈值	FB 上升 ( 参考 $V_{\text{REF}}$ )	93	95	97	%
$V_{\text{UVTH-FALLING}}$	欠压阈值	FB 下降 ( 参考 $V_{\text{REF}}$ )	91	93	95	%

## 7.5 电气特性 (continued)

典型值对应于  $T_J=25^\circ\text{C}$ 。最小值和最大值限值适用于  $T_J=-40^\circ\text{C}$  至  $125^\circ\text{C}$  的温度范围。除非另有说明，否则  $V_{\text{BIAS}} = 12\text{V}$ ， $R_T = 9.09\text{k}\Omega$

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
	PGOOD 抗尖峰脉冲滤波器	双边沿		23		$\mu\text{s}$
$R_{\text{PGOOD}}$	PGOOD 下拉开关 $R_{\text{DSON}}$			42	82	$\Omega$
<b>MOSFET 驱动器, SENSE1</b>						
$V_{\text{HO-H}}$	高态电压降 ( HO 驱动器 )	100mA 灌电流	0.1	0.15		V
$V_{\text{HO-L}}$	低态电压降 ( HO 驱动器 )	100mA 拉电流	0.05	0.1		V
$V_{\text{LO-H}}$	高态电压降 ( LO 驱动器 )	100mA 灌电流	0.1	0.15		V
$V_{\text{LO-L}}$	低态电压降 ( LO 驱动器 )	100mA 拉电流	0.05	0.1		V
$V_{\text{HB-UVLO-FALLING}}$	HB-SW UVLO 阈值	HB-SW 下降	2.2	2.50	2.75	V
$I_{\text{HB-SLEEP}}$	睡眠模式下的 HB 静态电流	$\text{HB-SW} = 5\text{V}$	3.5	7		$\mu\text{A}$
$t_{\text{DHL}}$	从 HO 关断至 LO 导通死区时间		12	22	35	ns
$t_{\text{DLH}}$	从 LO 关断至 HO 导通死区时间		12	22	35	ns
$V_{\text{ZCD-BOOST}}$	用于升压的 SENSE1 至 SW ZCD 阈值			6		mV
$V_{\text{ZCD-BUCK}}$	用于降压的 SW 至 PGND ZCD 阈值			-5		mV
$I_{\text{CHG}}$	电荷泵电流	$\text{BIAS} = 3.8\text{V}$	10			$\mu\text{A}$
<b>热关断</b>						
$T_{\text{TSD-RISING}}$	热关断阈值	温度上升		175		$^\circ\text{C}$
$T_{\text{TSD-HYS}}$	热关断迟滞			15		$^\circ\text{C}$

## 7.6 典型特性

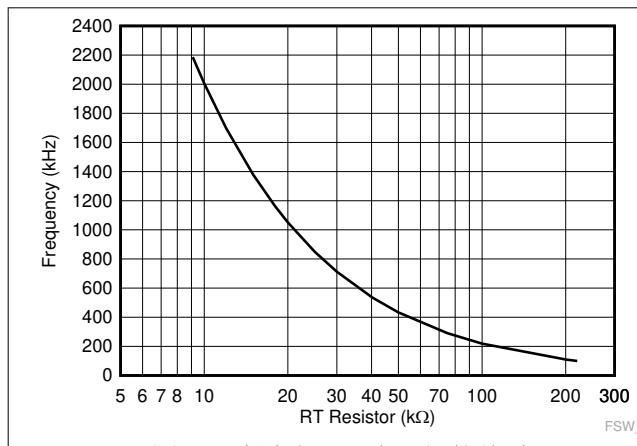


图 7-1. 频率与 RT 电阻间的关系

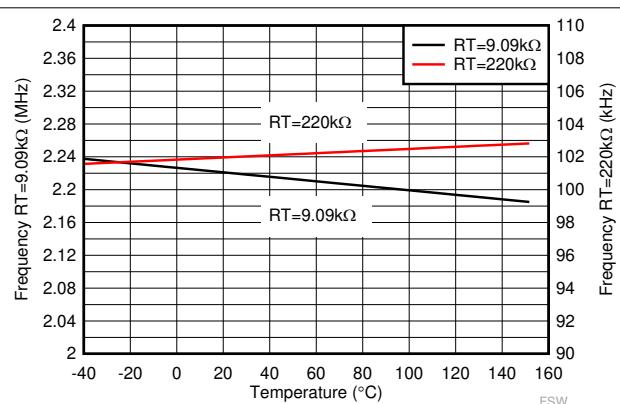


图 7-2. 频率与温度间的关系

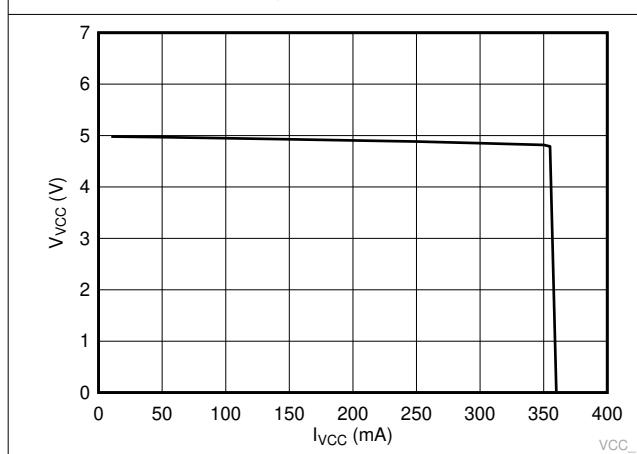


图 7-3. VVCC 与 IVCC 间的关系

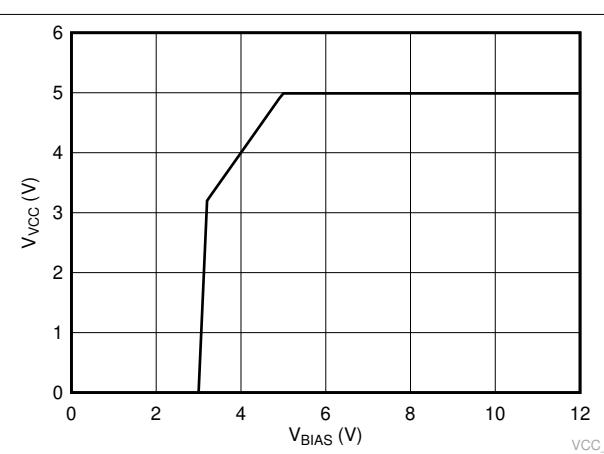


图 7-4. VVCC 与 VBIAS 间的关系 (空载)

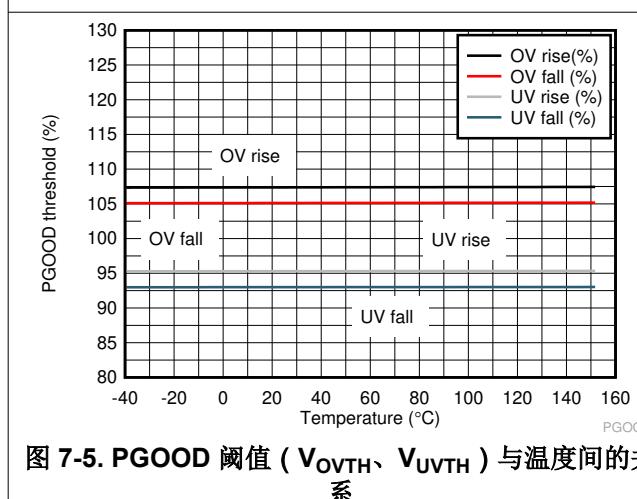
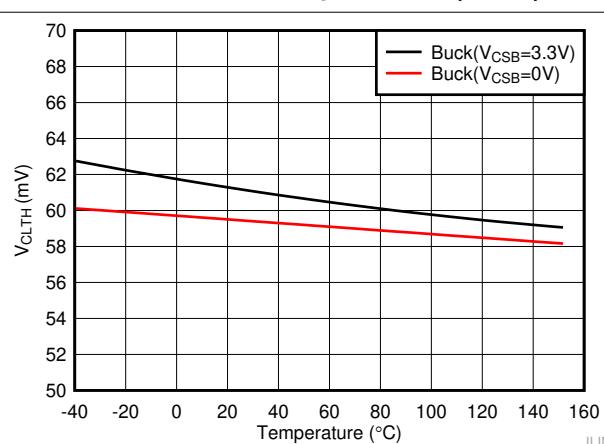
图 7-5. PGOOD 阈值 ( $V_{OVT\text{H}}$ 、 $V_{UVT\text{H}}$ ) 与温度间的关系

图 7-6. 电流限制阈值与温度间的关系

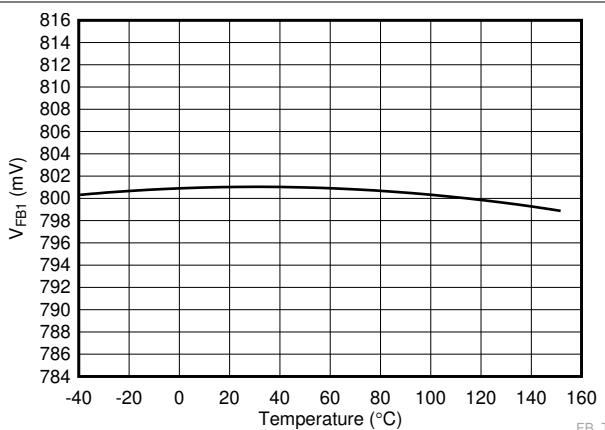


图 7-7. FB 基准与温度间的关系

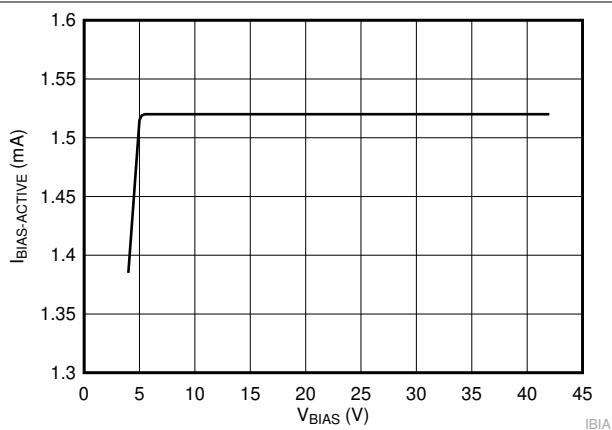


图 7-8. I<sub>BIAS-ACTIVE</sub> 与 V<sub>BIAS</sub> 间的关系 (单通道)

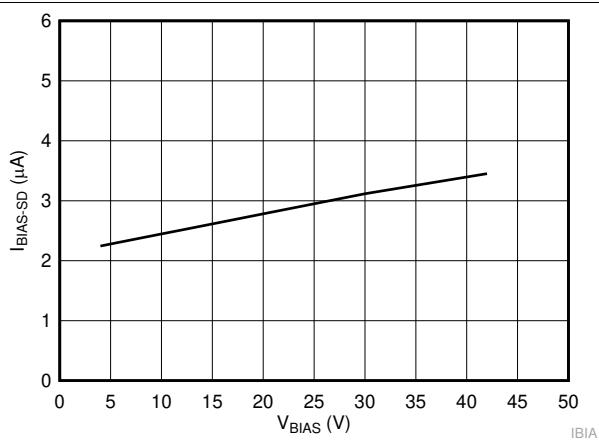


图 7-9. I<sub>BIAS-SD</sub> 与 V<sub>BIAS</sub> 间的关系

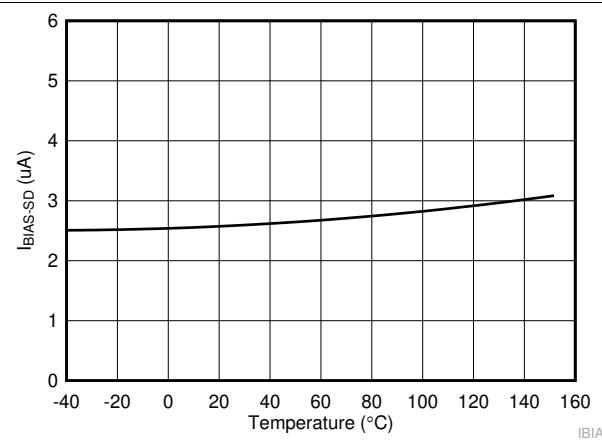


图 7-10. I<sub>BIAS-SD</sub> 与温度间的关系

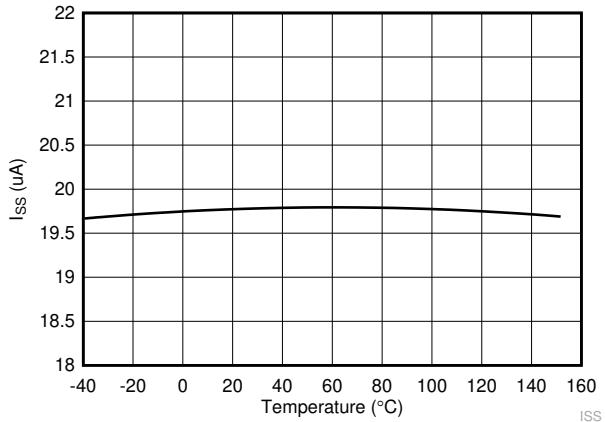


图 7-11. I<sub>SS</sub> 与温度间的关系

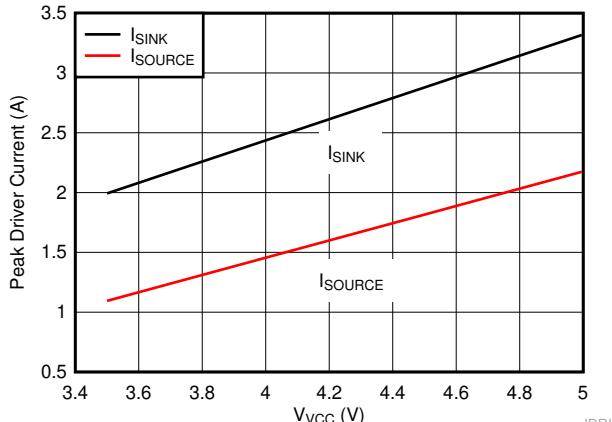


图 7-12. 峰值驱动器电流与 V<sub>VCC</sub> 间的关系

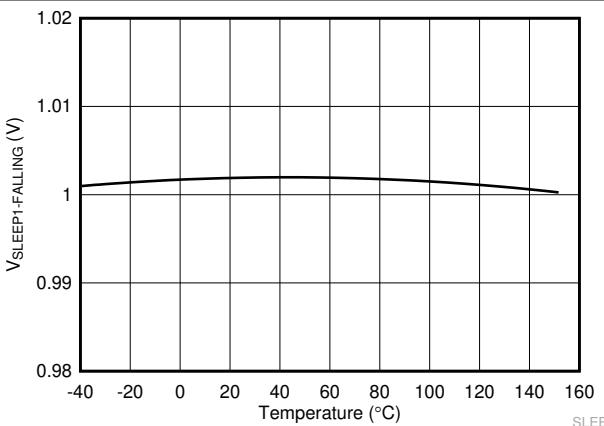


图 7-13. SLEEP1 阈值与温度间的关系

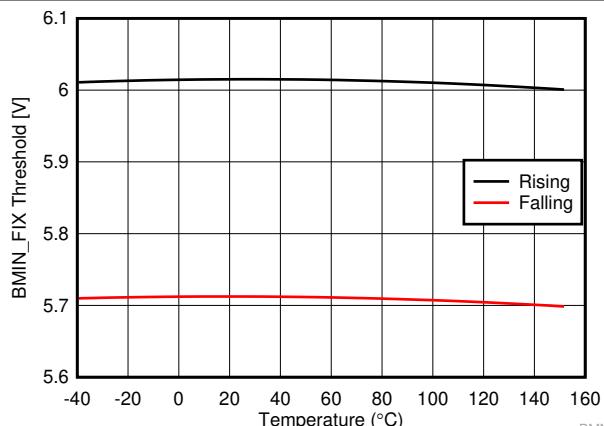


图 7-14. BMNI\_FIX ( 上升、下降 ) 与温度间的关系

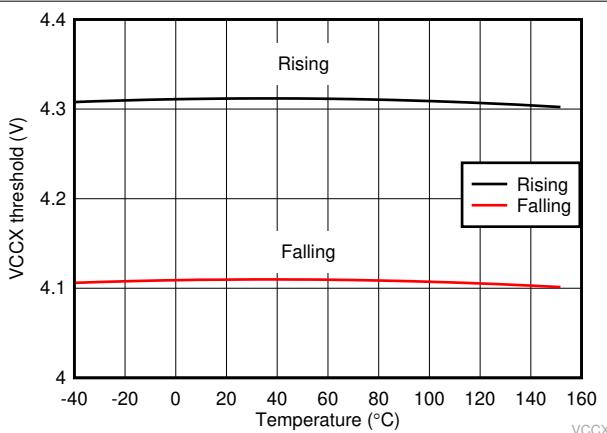


图 7-15. VCCX 转换阈值 ( 上升、下降 ) 与温度间的关系

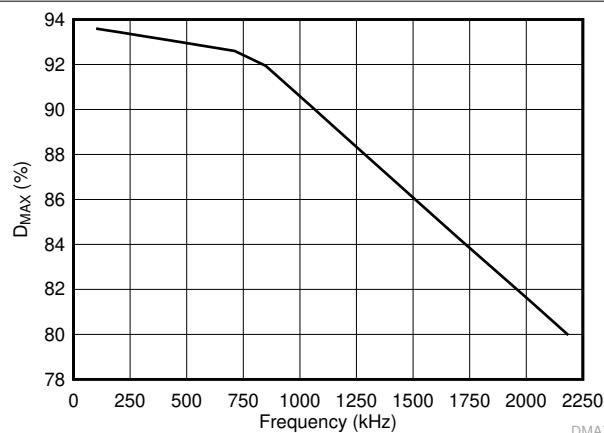


图 7-16. D<sub>MAX</sub> 与频率间的关系

## 8 详细说明

### 8.1 概述

LM5127-Q1 是一款功能齐全、具有宽输入范围的三通道直流/直流控制器，该控制器支持升压/降压的灵活拓扑，采用峰值电流模式控制。该器件设计为集成式单片解决方案，适用于汽车信息娱乐、仪表组、车身控制以及 ADAS 系统中的前级电源。

输入电压范围涵盖汽车冷启动和负载突降情况。可通过外部电阻器对开关频率进行动态编程，范围为 100kHz 至 2.2MHz。2.2MHz 的开关频率可最大限度地降低 AM 频带干扰，并支持实现小解决方案尺寸和快速瞬态响应。

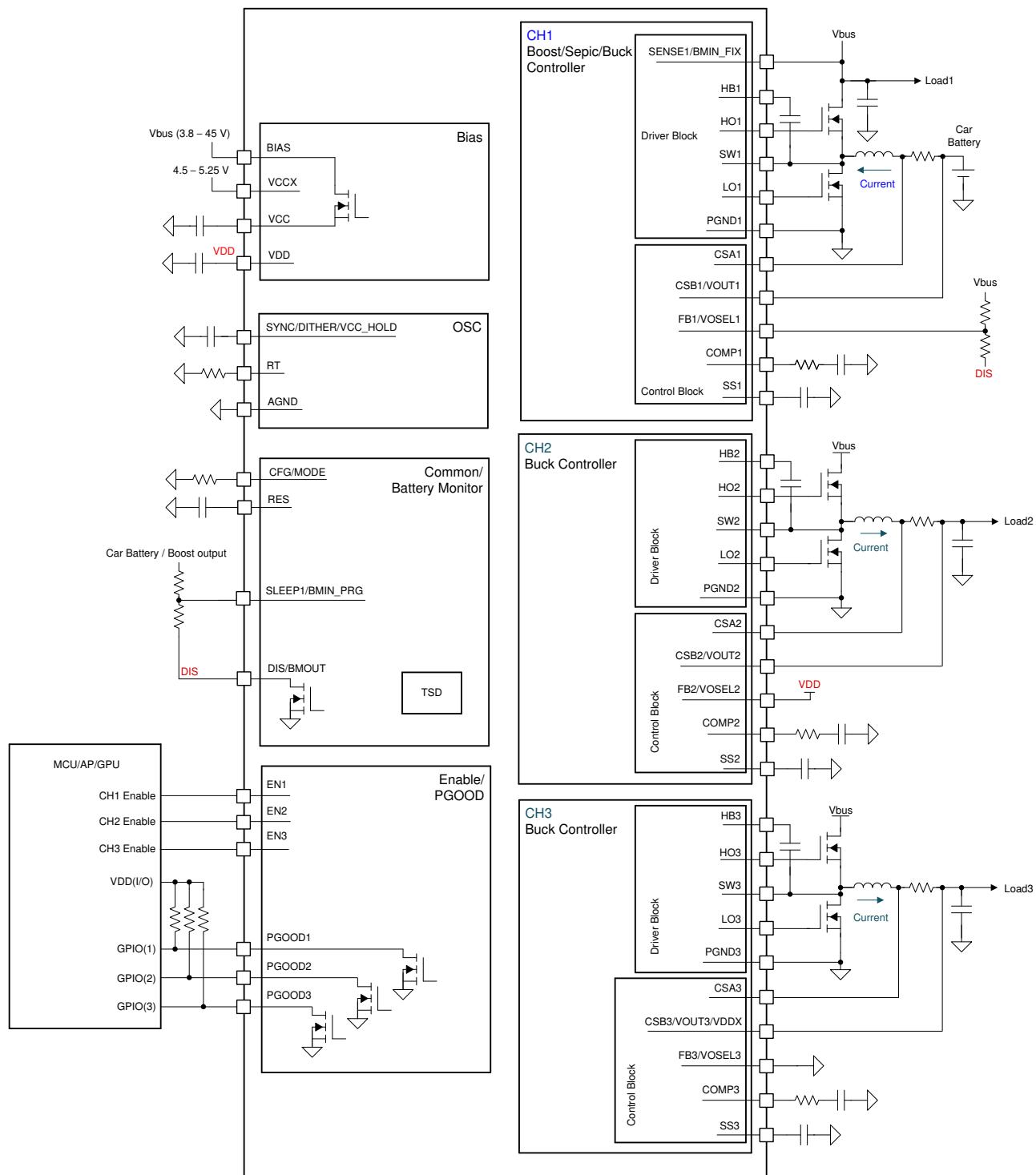
器件采用低关断  $I_Q$  和超低  $I_Q$  睡眠模式，可更大限度地减少无负载/轻负载条件下的电池消耗，并且无需在待机期间使用额外的低  $I_Q$  LDO 稳压器作为 CAN 电源。

该器件具有灵活的拓扑通道，可支持升压或 SEPIC 以及两个独立的单相降压或一个双相降压拓扑（可用作大电流汽车处理器电源）。在升压模式下，器件支持旁路操作，因此无需使用外部旁路开关。在降压模式下，器件支持低压降操作，可更大限度地缩小压降电压。当备份过程应该开始时，电池监测器可检测到低电池电压和信号。

通过低电流限制阈值和使用外部 VCC 电源，可以尽可能地降低功耗。该器件具有内置的保护功能，例如在 VIN 范围内保持恒定的峰值电流限制、可选断续模式过载保护、过压保护和热关断功能。

外部时钟同步、可编程扩展频谱开关频率以及具有超低寄生效应的无引线封装有助于降低 EMI 并避免串扰问题。附加功能包括 FPWM、DCR 感测、可编程的软启动、精密基准和电源正常状态指示器。

## 8.2 功能方框图



## 8.3 特性说明

### 备注

请先快速通读 [节 8.4](#)，然后阅读器件的详细说明。建议了解器件支持哪些器件状态以及什么类型的轻负载开关模式。

除非另有说明，否则本节中提到的参数或阈值均为参考值。请参阅 [节 7.5](#)，以查找所确保的最小值、最大值和典型值。

### 8.3.1 器件启用 ( EN、VCC\_HOLD )

当至少一个 EN 引脚大于 EN 阈值 ( $V_{EN}$ ) 或 VCC\_HOLD 大于 SYNC 阈值 ( $V_{SYNC}$ ) 时，启用器件；当所有 EN 引脚都小于  $V_{EN}$  且 VCC\_HOLD 引脚小于  $V_{SYNC}$  时，器件关断。启用后，器件会在  $40\ \mu\text{s}$  延迟后导通内部 VCC 稳压器和 VCC 至 VDD 开关，并在 VDD 大于  $3.1\text{V}$  时开始初始配置。该器件会在  $130\ \mu\text{s}$  初始配置时间后完全启用。

初始配置结束后，EN 引脚作为每个通道的独立使能引脚工作。如果 EN 引脚下拉至低于  $V_{EN}$ ，适用的通道将停止开关操作，SS 和 PGOOD 引脚接地，并且 COMP 引脚放电。

EN 引脚具有内部  $0.5\ \mu\text{A}$  下拉灌电流，以防止错误导通。如果需要更强的下拉，则连接一个外部下拉电阻。EN 引脚还有一个连接到 BIAS 引脚的内部二极管路径。通过在 EN 引脚上添加一个  $5\text{k}\Omega$  电阻器，可以在对 BIAS 引脚进行偏置之前为 EN 引脚供电。如果 EN 引脚不受用户输入控制，则将 EN 引脚连接到 BIAS 引脚。

### 8.3.2 双输入 VCC 稳压器 ( BIAS、VCCX、VCC )

此器件具有一个双输入 VCC 稳压器，此稳压器由 BIAS 引脚或 VCCX 引脚供电。VCC 稳压器在器件启用  $40\ \mu\text{s}$  后启用。

高压 VCC 稳压器可让将 BIAS 引脚直接连接到  $3.8\text{V}$  至  $47\text{V}$  的电源电压。当 BIAS 引脚电压高于  $5\text{V}$  VCC 稳压器目标 ( $V_{VCC-REG}$ ) 时，VCC 稳压器提供  $5\text{V}$  稳压输出。当 BIAS 引脚电压低于  $V_{VCC-REG}$  且未使用 VCCX 时，VCC 输出将跟踪 BIAS 引脚电压，从而有小幅压降。

在初始配置期间或在器件处于运行模式时，VCC 稳压器的最小电流限制为  $250\text{mA}$  ( $I_{VCC-CL}$ )。应选择外部功率 MOSFET 的  $5\text{V}$  栅极电荷 ( $Q_{G@5V}$ ) 以满足以下不等式。

$$6 \times Q_{G@5V} \times f_{SW} < I_{VCC-CL} \quad (1)$$

在深度睡眠模式下，或当 VCC\_HOLD 大于  $V_{SYNC}$  且所有 EN 引脚均小于  $V_{EN}$ ，VCC 稳压器电流限制降至  $1\text{mA}$ 。建议的最小 VCC 电容 ( $C_{VCC}$ ) 值为  $10\ \mu\text{F}$ 。

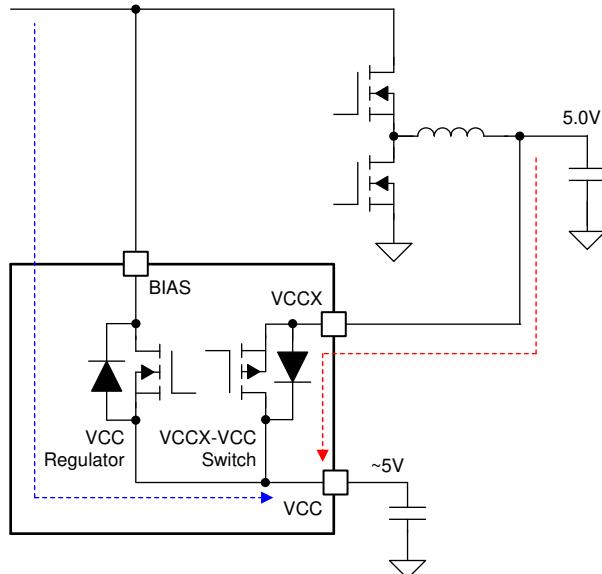
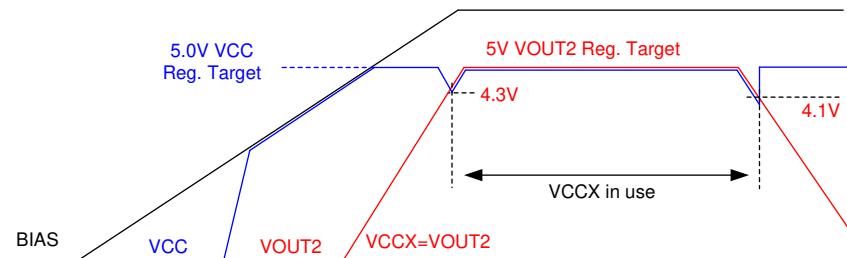


图 8-1. 双输入 VCC 稳压器

通过将 VCCX 引脚连接到大于 4.5V 且小于 5.5V 的外部电源，可以更大程度地减少深度睡眠模式下的电池消耗和 VCC 稳压器的内部功耗。当 VCCX 引脚大于 VCCX 转换阈值 ( $V_{VCCX}$ ) 时，将禁用 VCC 稳压器。当 VCC 引脚电压小于 VCCX 引脚电压时，内部 VCCX 至 VCC 开关导通。如果 5V 降压输出连接到 VCCX 引脚，则在负载瞬态期间，5V 输出应稳定在  $\pm 10\%$  的容差范围内。

图 8-2. 当  $V_{VCCX} = V_{OUT2} = 5V$  时的 BIAS 至 VCCX 转换

VCCX 至 VCC 开关没有有效的电流限制。此外，如果 VCCX 大于 BIAS + 0.6V，则需要在输入电源和 BIAS 引脚之间连接一个外部反向阻断二极管。外部反向阻断二极管可防止外部 VCCX 电源通过 VCC 稳压器和 VCCX 至 VCC 开关将电流传递到 BIAS 引脚。仅当外部 VCCX 电源的电流限制为小于 200mA 时，外部 VCCX 电源电压才可以在不使用外部阻断二极管的情况下大于 BIAS 引脚电压。如果不使用 VCCX，则 VCCX 引脚必须接地。

该器件提供  $130\ \mu s$  的  $V_{VCC-UVLO-RISING}$  至开关延迟，以确保在开关前 VCC 稳压器为  $C_{VCC}$  充满电。如果由于 BIAS 引脚电压上升缓慢而导致超过  $130\ \mu s$  的延迟，则可以在 EN 引脚上添加一个外部 RC 滤波器，以便在 BIAS 引脚电压足够高时启用该器件。

如果 CH1 配置为升压且需要旁路操作，则应将 BIAS 引脚连接到升压转换器的输出。通过将 BIAS 引脚连接到升压转换器的输出，升压转换器的启动电压会受到影响，因为在启动前，升压转换器输出为转换器输入电压减去一个二极管压降，但是一旦转换器启动，该器件允许 0.8V 的最小升压输入电压。有关更多详情，请参阅 [节 8.3.16](#)。

### 8.3.3 双输入 VDD 开关 (VDD、VDDX)

此器件也具有一个双输入 VDD，它由 VDD 引脚或 VDDX 引脚供电。

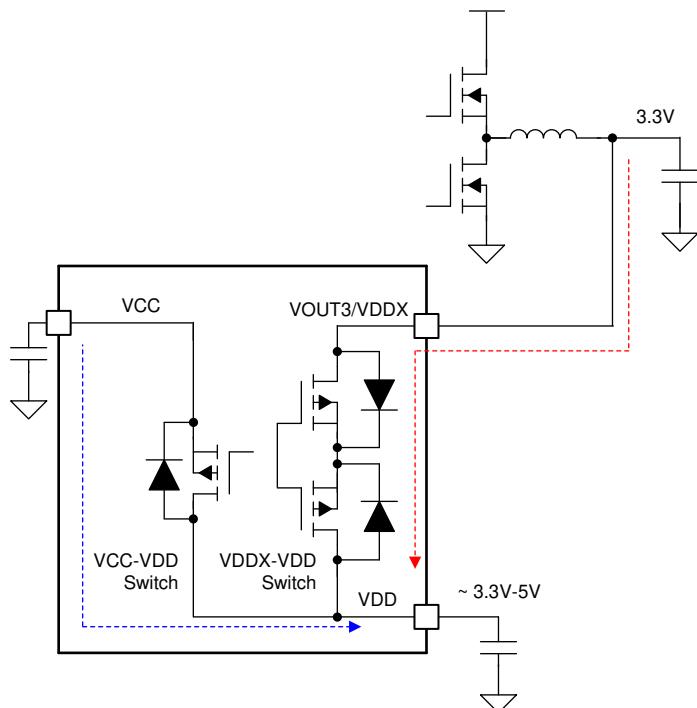


图 8-3. 双输入 VDD 和内部 VDD 开关

通过使用 VDDX 引脚，深度睡眠模式下的电池消耗也降至更低。当 VOUT3 配置为固定 3.3V 时，VCC 至 VDD 开关在深度睡眠模式下断开，而 VDDX 至 VDD 开关在 VDD 引脚电压低于 3.4V 时导通。推荐的 VDD 电容 ( $C_{VDD}$ ) 值为  $0.1 \mu F$  或更大。

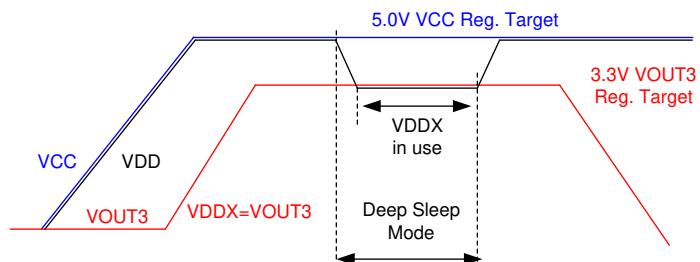


图 8-4. VDDX=VOUT3 = 3.3V 时的 VCC 至 VDDX 转换

#### 8.3.4 器件配置和轻负载开关模式选择 (CFG/MODE)

在初始配置期间，可通过连接在 CFG 和 AGND 之间的外部电阻器对器件配置和轻负载开关模式进行编程。当 VDD 引脚电压大于 3.1V 时，器件配置开始。要复位和重新配置器件，所有 EN 引脚和 VCC\_HOLD 引脚应分别小于  $V_{EN}$  和  $V_{SYNC}$ ，否则 VCC 必须完全放电。重新配置器件的推荐方法是一起切换所有三个 EN 和 VCC\_HOLD 引脚。

表 8-1. 器件配置和模式选择

#	R <sub>CFG</sub> <sup>(1)</sup>	配置				模式	
		CH1	CH2	CH3	电池监测器	轻负载开关模式 <sup>(2)</sup>	深度睡眠模式 <sup>3</sup>
1	GND	升压	单相降压	单相降压	不适用	跳跃模式	所有启用的通道都应处于睡眠状态。VCCX 或 VDDX 应处于使用状态。
2	9.53k $\Omega$	降压			可提供		
3	19.1k $\Omega$	升压			不适用	FPWM/DE 模式	
4	29.4k $\Omega$	降压			可提供	不适用	
5	41.2k $\Omega$	升压	双相降压	双相降压	不适用	CH1：跳跃模式 CH2、CH3： FPWM/DE 模式	CH1 应处于睡眠状态，而 CH2 和 CH3 处于关断状态。VCCX 应处于使用状态。
6	54.9k $\Omega$	降压			可提供		
7	71.5k $\Omega$	升压			不适用	FPWM/DE 模式	
8	90.9k $\Omega$	降压			可提供	不可用	

(1) 电阻容差应等于/小于  $\pm 3\%$

(2) 在 FPWM 模式下，通过在与 C<sub>SS</sub> 并联的 SS 引脚处连接/断开 57.6k $\Omega$  R<sub>SS</sub>，可在 DE 和 FPWM 之间动态且独立地配置每个通道。

(3) SLEEP1 应大于 V<sub>SLEEP1</sub> 且 SENSE1 应大于 V<sub>BMIN\_FIX</sub>，才能断开 DIS 引脚。

### 8.3.5 固定或可调输出稳压目标 (V<sub>OUT</sub>、FB)

在初始配置期间，还要选择输出稳压目标。如果通道配置为降压，则可以通过使用最大 2.0k $\Omega$  电阻将 FB 连接到 AGND，将输出稳压目标编程为固定 3.3V 输出；或通过使用最大 2.0k $\Omega$  电阻将 FB 连接到 VDD，将输出稳压目标编程为固定 5.0V 输出。通过连接并联电阻大于 4.0k $\Omega$  的外部反馈电阻器（请参阅方程式 2），可以在运行期间调整输出稳压目标。

$$4k\Omega < \frac{R_{FBT} \times R_{FBB}}{R_{FBT} + R_{FBB}} \quad (2)$$

如果 CH2 和 CH3 配置为双相降压，它们将作为双相交错降压一起运行，并且公共输出电压由 FB2 编程。

如果 CH1 配置为升压，则该通道需要外部反馈电阻器来设置输出稳压目标。

内部误差放大器基准电压为 0.8V。要调整输出稳压目标，请按如下所示选择反馈电阻值。

$$V_{LOAD} = 0.8 \times \left( \frac{R_{FBT}}{R_{FBB}} + 1 \right) \quad (3)$$

R<sub>FBT</sub> 的建议最小值为 10k $\Omega$ 。

表 8-2. 输出稳压目标

FB 选择	单相				双相
	CH1：升压	CH1：降压	CH2：降压	CH3：降压	CH2//CH3：降压 <sup>(1)</sup>
FB = VDD	不适用				5.0V <sup>(2)</sup>
FB = AGND	不适用				3.3V <sup>(2)</sup>
FB = FB 电阻器	可调 (V <sub>OUT</sub> 范围：0.8V - 42V)				

(1) 在双相配置中，输出电压由 FB2 编程。

(2) 如果需要其他固定输出稳压目标，请联系销售办事处/分销商以了解是否可提供。

要复位和重新配置器件，所有 EN 引脚和 VCC\_HOLD 引脚应分别小于 V<sub>EN</sub> 和 V<sub>SYNC</sub>，否则 VCC 必须完全放电。重新配置器件的推荐方法是一起切换所有三个 EN 和 VCC\_HOLD 引脚。

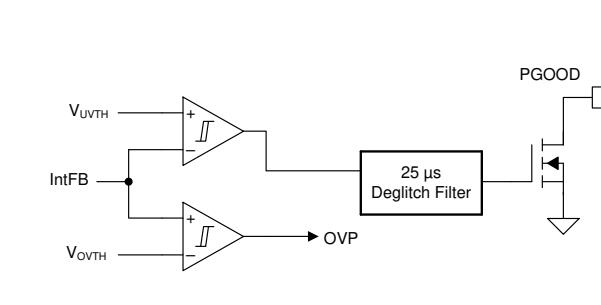
### 8.3.6 过压保护 (VOUT、FB)

该器件提供输出过压保护 (OVP)。OVP 比较器监控一个内部 FB 节点，该节点通过内部 FB 电阻器连接到外部 FB 引脚或者连接到 VOUT 引脚。当内部 FB 节点或外部 FB 引脚上的电压升至高于过压阈值 ( $V_{OVTH}$ ) 时，将触发 OVP。在降压配置中，如果轻负载开关模式为 DE 或 SKIP 模式，则高边驱动器在 OVP 期间关闭，而低边驱动器开启，直至检测到零电流。在 FPWM 中，器件强制开启低边驱动器，直到高边开关再次开启。

当 FB 在升压模式下在 16 个连续的时钟周期内大于  $V_{OVTH}$  时，低边驱动器关闭，而强制高边驱动器 100% 开启。尤其是在升压跳跃模式下，当 FB 大于  $V_{OVTH}$  时，低边驱动器立即关闭，而高边驱动器开启，直到检测到零电流。

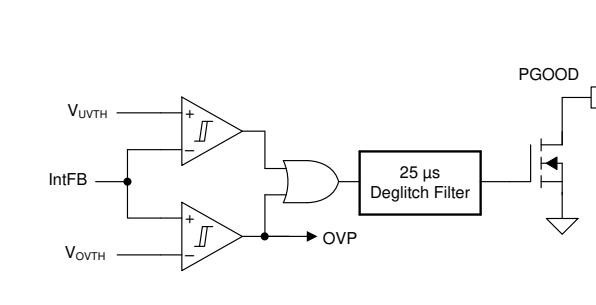
### 8.3.7 电源正常状态指示器 (PGOOD)

该器件针对每个通道提供一个专用的电源正常状态指示器 (PGOOD)，以简化时序控制和监控。PGOOD 是一个开漏输出，可从外部连接一个介于  $5\text{k}\Omega$  和  $100\text{k}\Omega$  之间的上拉电阻。在升压配置中，当内部 FB 大于欠压阈值 ( $V_{UVTH}$ ) 时，PGOOD 开关断开。在降压配置中，当内部 FB 大于 FB 欠压阈值但小于 FB 过压阈值时，PGOOD 开关断开。如果 EN 小于  $V_{EN}$  并且要求 VCC 引脚电压大于  $V_{VCC-UVLO}$  才能正常工作，则 PGOOD 引脚被下拉至地。在双相降压配置中，PGOOD3 处于禁用状态。此外，在双相降压配置中，FB3 应接地。



(a)

图 8-5. 电源正常状态指示器 (a) 升压配置



(b)

图 8-6. 电源正常状态指示器 (b) 降压配置

### 8.3.8 可编程开关频率 (RT)

如果未对 SYNC 施加外部同步时钟，则通过在 RT 和 AGND 之间连接的单个 RT 电阻器设置开关频率。用于设置 RT 开关频率的电阻值由 [方程式 4](#) 给出。

$$R_T = \frac{2.21 \times 10^{10}}{f_{RT(TYPICAL)}} - 955 \quad (4)$$

当器件处于运行模式或在初始配置期间，RT 引脚由内部 RT 稳压器稳压至 0.5V。CH1 时钟与 CH3 同相。CH2 和 CH3 为 180° 异相。可以在运行期间对开关频率进行动态编程，如图 8-7 所示。

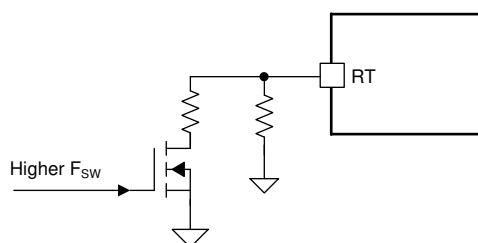


图 8-7. 跳频示例

### 8.3.9 外部时钟同步 (SYNC)

通过直接向 **SYNC** 施加外部脉冲信号，开关频率可以与外部时钟同步。内部 CH1 和 CH3 时钟在外部同步脉冲的上升沿同步。CH2 的内部时钟使用内部 PLL 从 CH3 时钟相移 180°。不使用时将 **SYNC** 接地。

在高逻辑状态下，外部同步脉冲必须大于  $V_{SYNC-RISING}$ ，而在低逻辑状态下必须小于  $V_{SYNC-FALLING}$ 。外部同步脉冲的占空比不受限制，但最小导通脉冲宽度和最小关断脉冲宽度应大于 100ns。外部同步脉冲的频率应满足以下两个不等式。

$$200\text{kHz} \leq f_{SYNC} \leq 2.2\text{MHz} \quad (5)$$

$$0.75 \times f_{RT(\text{typical})} \leq f_{SYNC} \leq 1.5 \times f_{RT(\text{typical})} \quad (6)$$

例如，350kHz 开关操作需要 RT 电阻器，以便在不更改 RT 电阻值的情况下实现 263kHz 至 525kHz 时钟同步。

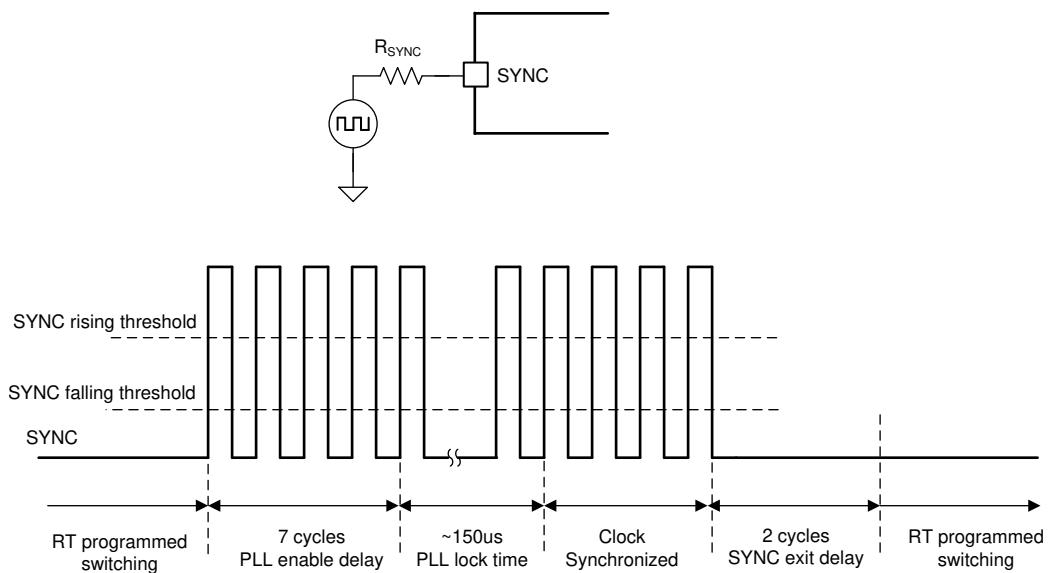


图 8-8. 外部时钟同步

在任何情况下，如果 **BIAS** 引脚电压小于 **SYNC** 引脚电压，则通过最小  $1\text{k}\Omega$  的电阻器驱动 **SYNC** 引脚。

### 8.3.10 可编程展频 (DITHER)

该器件提供可选的展频 (时钟抖动) 功能，可通过在 **DITHER** 和 **AGND** 之间连接一个电容器来启用该功能。在抖动电容器两端产生一个以 1.0V 为中心的三角波形。此三角波形会在 RT 电阻器所设定频率的  $\pm 7\%$  范围内对振荡器频率进行调制。抖动电容值设置低频调制的速率。为了使抖动电路能够有效地降低峰值 EMI，调制速率必须远低于 RT 开关频率。给定调制频率 ( $f_{MOD}$ ) 所需的抖动电容可通过以下公式计算。将  $f_{MOD}$  设置为 9kHz 或 10kHz 是一个很好的起点。

$$C_{DITHER} = \frac{20\mu\text{A}}{f_{MOD} \times 0.29} \quad (7)$$

将 **DITHER** 连接到 **AGND** 可禁用时钟抖动，并且内部振荡器以 RT 电阻器设置的固定频率运行。当应用外部同步脉冲时，时钟抖动也被禁用。

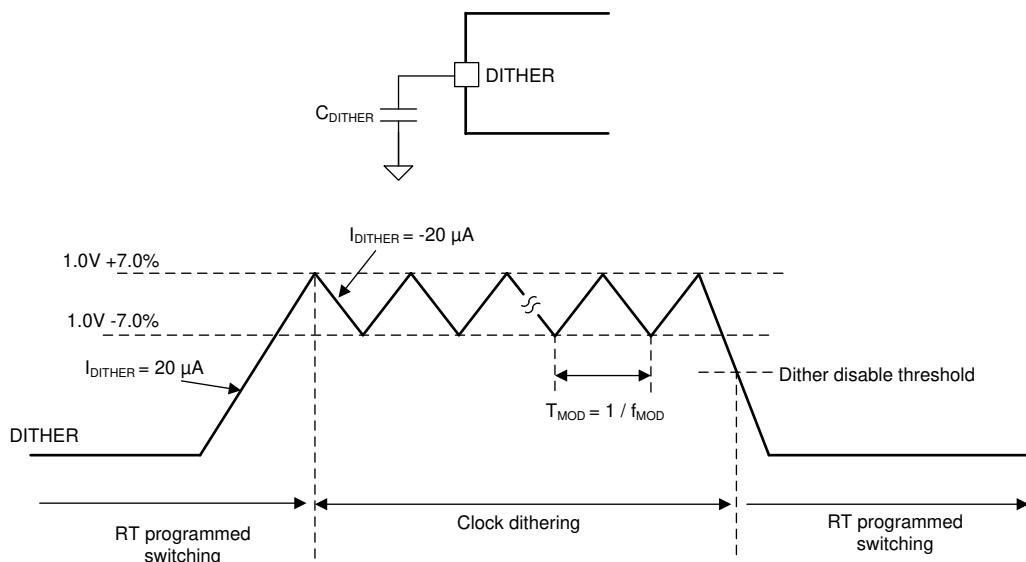


图 8-9. 开关频率抖动

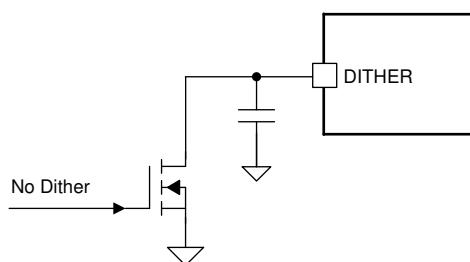


图 8-10. 动态抖动开/关示例

### 8.3.11 可编程软启动 (SS)

软启动特性有助于转换器逐渐到达稳态工作点。为减少启动应力和浪涌，该器件将误差放大器基准电压调节为 SS 引脚电压或内部 0.8V 基准电压，以较低者为准。

在 VCC 引脚电压超过  $V_{VCC-UVLO}$  后，内部  $20 \mu A$  软启动 ( $I_{SS1}$ ) 电流导通达  $130 \mu s$ 。 $I_{SS1}$  逐渐增加外部软启动电容器 ( $C_{SS}$ ) 上的电压。这会导致输出电压逐渐上升。

在 FPWM 模式下，当 SS 引脚电压小于  $1.5V$  时，该器件会强制进行二极管仿真。当 SS 引脚电压大于  $1.5V$  时，外部软启动电容器将由  $2 \mu A$  软启动电流 ( $I_{SS2}$ ) 充电，并且该器件逐渐更改零电流检测阈值 ( $V_{ZCD}$ )，以实现从强制二极管仿真到 FPWM 的平稳过渡。

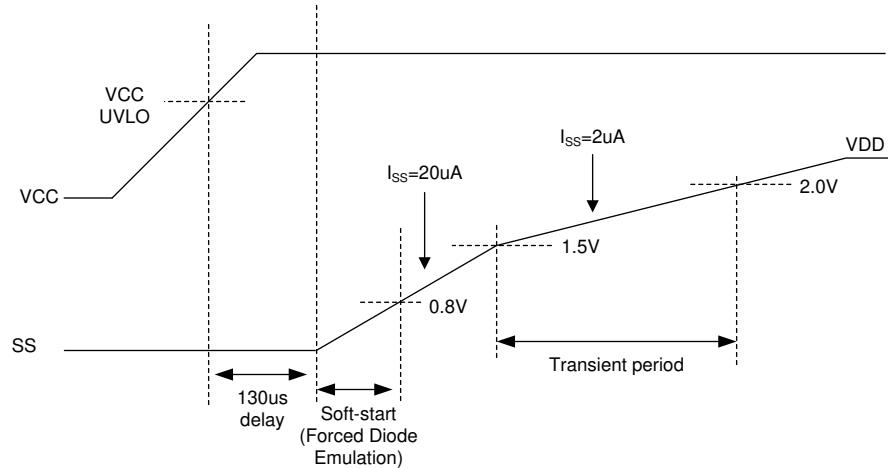


图 8-11. 软启动和平稳过渡到 FPWM

在降压或 SEPIC 拓扑中，软启动时间 ( $t_{SS}$ ) 由方程式 8 进行计算。

$$t_{SS} = 0.8 \times \frac{C_{SS}}{20\mu\text{A}} \quad (8)$$

在升压拓扑中， $t_{SS}$  随输入电源电压而变化，因为升压输出电压等于开始软启动开关时的升压输入电压。升压拓扑中  $t_{SS}$  的计算公式为方程式 9。

$$t_{SS} = 0.8 \times \frac{C_{SS}}{20\mu\text{A}} \times \left( 1 - \frac{V_{SUPPLY}}{V_{LOAD}} \right) \quad (9)$$

通常，建议选择足够长的软启动时间，以便转换器可以在不进入过流状态的情况下启动。

该器件还具有内部 80mV FB 至 SS 钳位，该钳位在八个电流限制周期后启用。该钳位有助于在输出短路或过载情况下更大限度地减少启动浪涌。

### 8.3.12 使用 VCC\_HOLD 快速重新启动 (VCC\_HOLD)

如果在初始配置完成后，所有 EN 引脚都小于  $V_{EN}$  而 VCC\_HOLD 大于  $V_{SYNC}$ ，则器件会关断所有三个通道，但会将 VCC 和 VDD 保持为活动状态，以便快速重新启动而不出现初始配置延迟。如果 CH1 配置为降压，则在此模式下也会启用电池监测器。

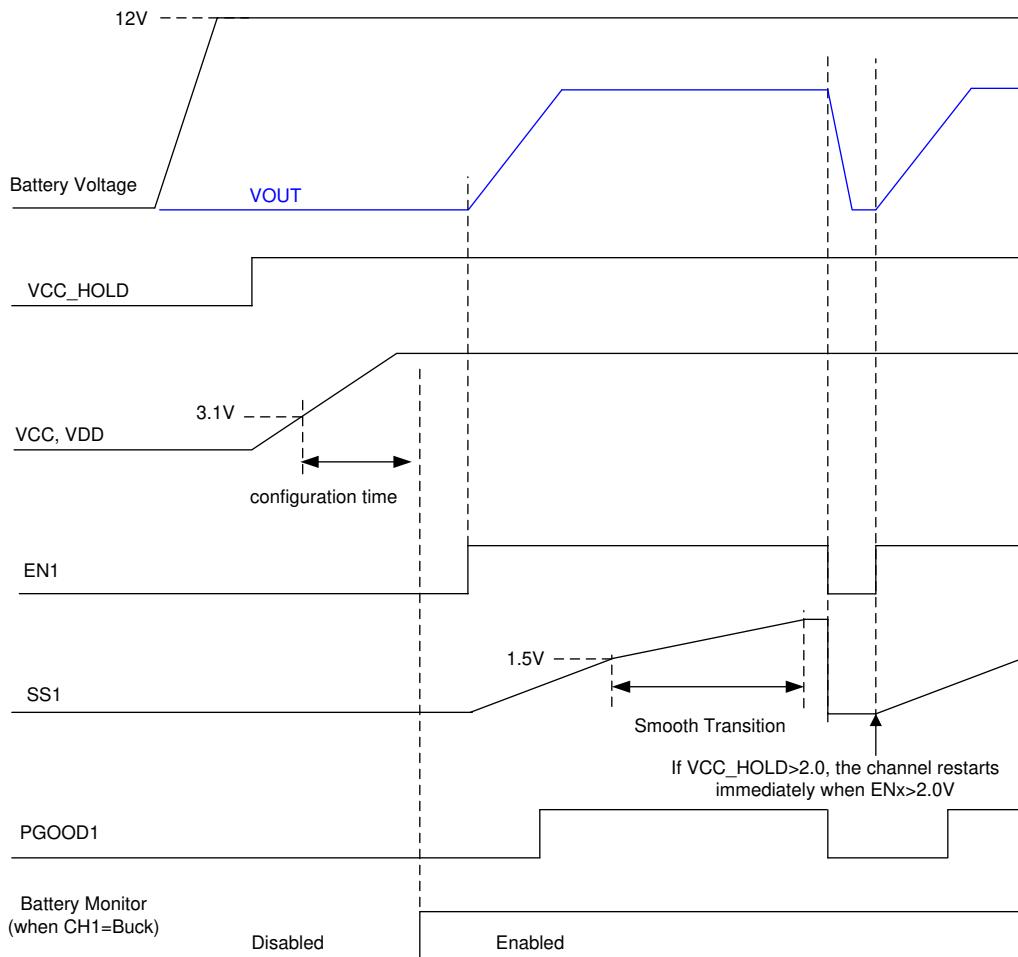


图 8-12. 启动序列 ( **VCC\_HOLD > 2.0V , CH1 = 降压** )

### 8.3.13 跨导误差放大器和 PWM (COMP)

内部 ( 或外部 ) 反馈电阻分压器连接到内部跨导误差放大器，该放大器具有高输出电阻 ( $R_O = 10M\Omega$ ) 和高带宽 ( $BW = 3MHz$ )。内部跨导误差放大器会灌入 ( 或拉取 ) 电流，这一电流与 FB 引脚 ( 或内部 FB 节点 ) 和误差放大器基准之间的差值成正比。

此误差放大器的输出端连接到 COMP 引脚，允许使用 2 类环路补偿网络。 $R_{COMP}$ 、 $C_{COMP}$  以及可选的  $C_{HF}$  环路补偿元件配置误差放大器增益和相位特性，用于实现稳定的环路响应。这种补偿网络会产生一个频率非常低的极点、一个中波段零点和一个高频极点。

图 8-13 中的 PWM 比较器将检测到的电感器电流、斜率补偿斜坡和 0.3V 内部 CS 至 PWM 失调电压 ( $V_{OFFSET}$ ) 的总和与 COMP 引脚电压进行比较，如果该总和大于 COMP 引脚电压，则终止当前周期。

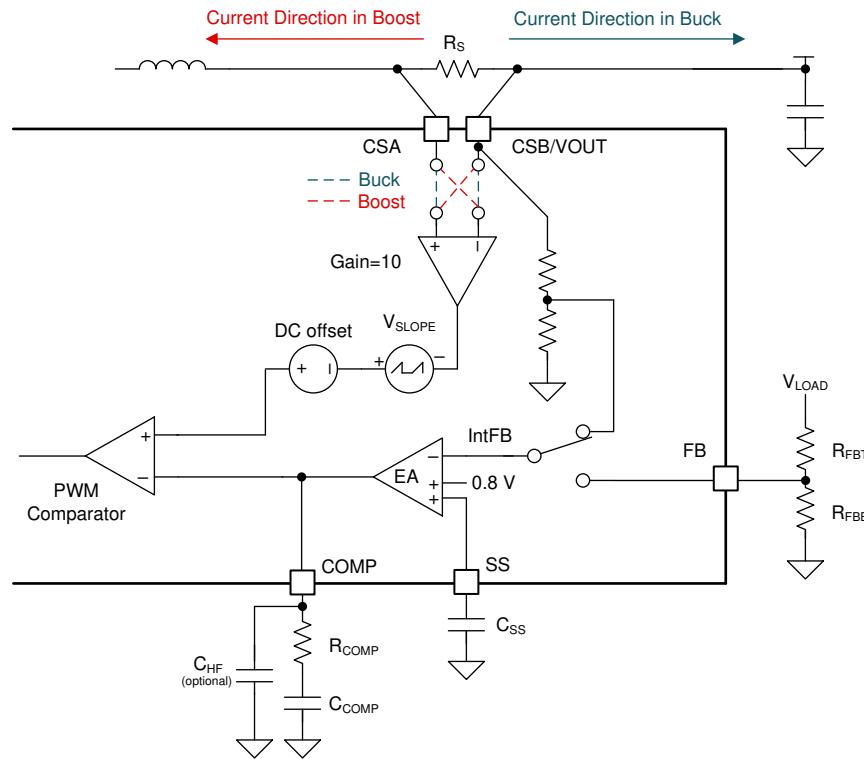


图 8-13. 误差放大器、电流检测放大器和 PWM

### 8.3.14 电流检测和斜率补偿 ( CSA、CSB )

该器件具有有效增益为 10 的高边电流检测放大器 (A<sub>CS</sub>)，并为 PWM 比较器提供内部斜率补偿斜坡，以防止高占空比下的次谐波振荡。该器件在 PWM 比较器输入端产生 0.8V 峰值（占空比为 100%）斜率补偿斜坡。

根据峰值电流模式控制理论，斜率补偿斜坡的斜率必须大于检测到的电感器电流下降斜率的至少一半，以防止高占空比下的次谐波振荡。因此，斜率补偿的最小值应满足以下不等式。

$$0.5 \times \frac{V_{LOAD}}{L_M} \times R_S \times 10 \times Margin < 0.8 \times f_{SW}(Buck) \quad (10)$$

$$0.5 \times \frac{V_{LOAD} - V_{SUPPLY}}{L_M} \times R_S \times 10 \times Margin < 0.8 \times f_{SW}(Boost) \quad (11)$$

其中

- 建议将 1.5-1.7 作为涵盖非理想因素的裕度。

### 8.3.15 恒定峰值电流限制 ( CSA、CSB )

在升压配置中，如果电流检测放大器输入超过 60mV 逐周期电流限制阈值 (V<sub>CLTH</sub>)，则电流限制比较器会立即终止 LO 并导通 HO。在降压配置中，如果电流检测放大器输入超过 V<sub>CLTH</sub>，则电流限制比较器会立即终止 HO 并导通 LO。

该器件提供恒定峰值电流限制，其峰值电感器电流限制在输入和输出电压范围内保持恒定。对于电感器电流可能过冲的情况（例如电感器饱和），电流限制比较器会跳过脉冲，直到电流衰减到低于电流限制阈值。

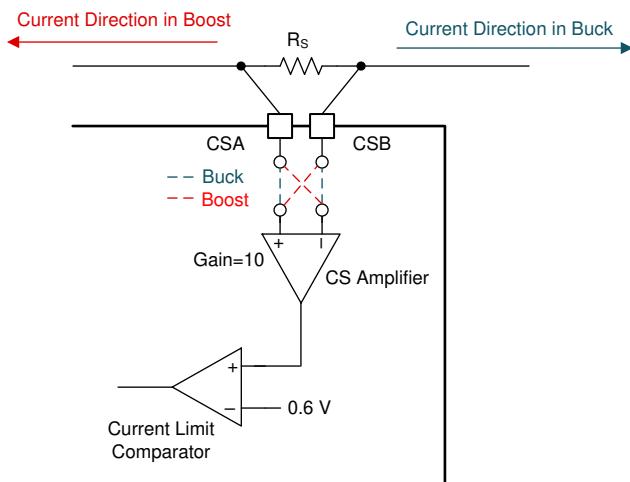
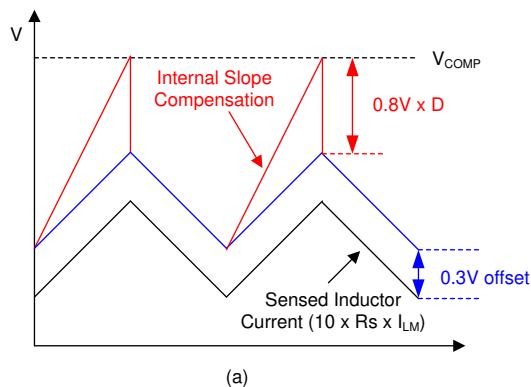


图 8-14. 电流限制比较器

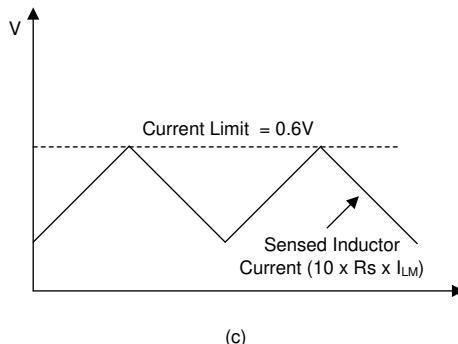
逐周期峰值电流限制计算如下：

$$I_{PEAK-CL} = \frac{0.06}{R_S} \quad (12)$$



(a)

图 8-15. (a) PWM 比较器输入



(c)

图 8-16. (b) 电流限制比较器输入 (降压和升压)

升压转换器具有通过高边 MOSFET 体二极管从电源到负载的自然直通路径。由于直通路径和最短可控导通时间的限制，当输出电压接近或低于输入电源电压时，升压转换器无法提供电流限制保护。

### 8.3.16 最大占空比和最小可控导通时间限制 (升压)

在升压配置中，该器件会限制低边驱动器的最大占空比。这个最大占空比限制 ( $D_{MAX-BOOST}$ ) 决定了在 CCM 运行期间可以实现目标输出电压的最小输入电源电压。在 DCM 运行期间可实现目标输出电压的最小输入电源电压 ( $V_{SUPPLY(MIN)}$ ) 不受  $D_{MAX-BOOST}$  限制。可使用方程式 13 估算在 CCM 下实现目标输出电压的最小输入电源电压。

$$V_{SUPPLY(MIN)} \approx V_{LOAD} \times (1 - D_{MAX-BOOST}) + I_{SUPPLY(MAX)} \times (R_{DCR} + R_S + R_{DS(ON)}) \quad (13)$$

在轻负载条件下或当输入电压接近 CCM 中的目标输出电压时，如果所需导通时间小于升压最小可控导通时间 ( $t_{ON-MIN-BOOST}$ )，则器件跳过低边驱动器脉冲。此脉冲跳跃表现为随机行为。

如果输入电压进一步增加到高于目标输出电压的电压，所需导通时间将变为零，且器件最终进入旁路模式，当  $V_{FB}$  大于  $V_{OVTH}$  时，此旁路模式将 100% 导通高边驱动器。

### 8.3.17 旁路模式 (升压)

在升压配置中，当升压通道用作预升压时，旁路模式运行有助于在转换器输入电压高于转换器输出稳压目标时降低高边 MOSFET 的损耗。该器件通过使用在运行模式下启用的内部电荷泵来支持旁路模式运行。由于内部电荷泵生成  $V_{BIAS} + 5V$  来为 HB1 供电，因此，当转换器输入电压高于转换器输出稳压目标时，BIAS 引脚应连接到升压转换器的输出端或输入端，以便为 HB1 提供足够的电压。

在 CCM 运行期间或当器件配置为 FPWM 模式时，如果所需的导通时间变为小于零且输入电压大于目标输出电压，则高边驱动器自然会 100% 导通，无需任何开关操作来充电。如果输入电源电压在 CCM 中满足以下不等式，则升压通道开始进行随机脉冲跳跃，最终进入旁路模式。

$$V_{SUPPLY(PulseSkip)} > V_{LOAD} \times (1 - f_{SW} \times t_{ON-MIN-BOOST}) + I_{SUPPLY} \times (R_{DCR} + R_S + R_{DS(ON)}) \quad (14)$$

表 8-3. 在 CCM 中开始脉冲跳跃的典型升压输入电源电压

	7V 输出	8.5V 输出
$f_{SW} = 440\text{kHz}$	> 6.8V - 6.9V	> 8.2V - 8.3V
$f_{SW} = 2.2\text{MHz}$	> 5.9V - 6.0V	> 7.2V - 7.3V

在 DCM 运行期间，器件在 FB1 引脚电压大于  $V_{OVTH}$  达 16 个周期后进入旁路模式。在此旁路模式下，器件会强制使高边驱动器 100% 导通。

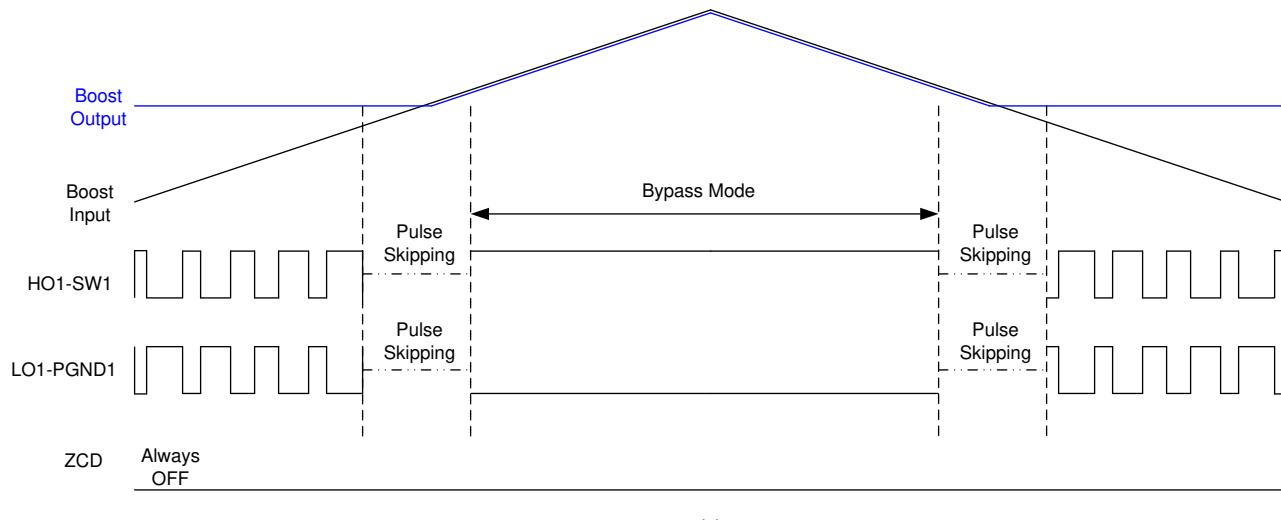


图 8-17. CCM 期间 PWM 至旁路模式转换 (a)

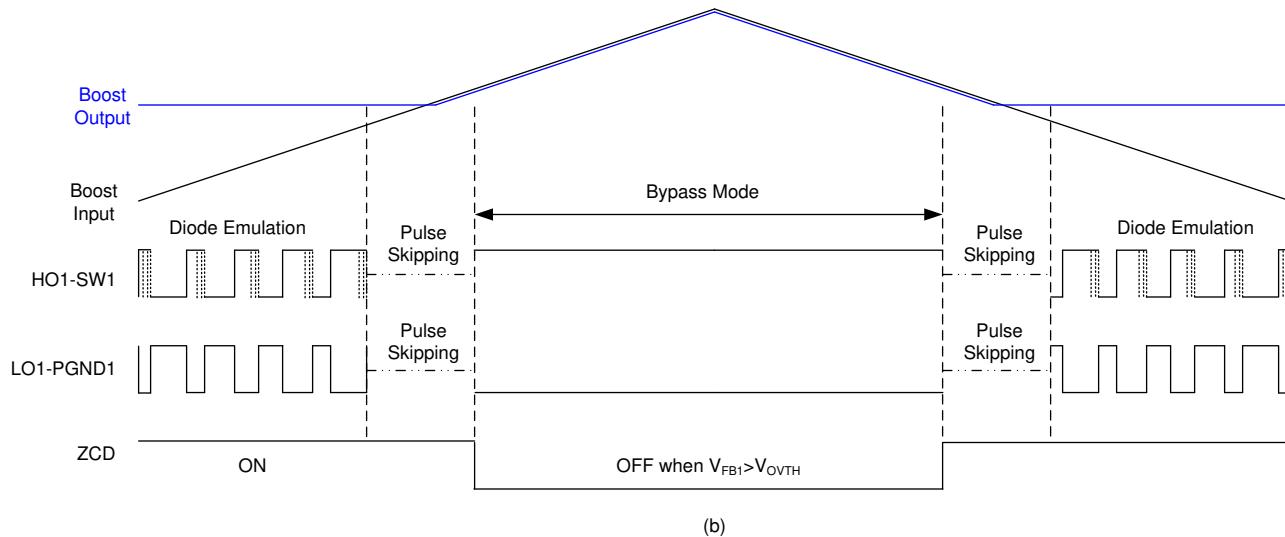


图 8-18. DCM 期间 PWM 至旁路模式转换 (b)

表 8-4. 升压配置中的开关运行

条件	轻负载开关模式				
	跳跃模式	二极管仿真 (在 FPWM 中使用 $R_{ss}$ )	FPWM 模式		
$V_{SUPPLY} > V_{LOAD}$	当 $V_{FB1} > V_{OVTH}$ 时，进入旁路模式 ( HO 100% 导通 )。在 CCM 期间，如果所需的导通时间为零，HO 将 100% 导通。				
$V_{SUPPLY} \approx V_{LOAD}$ 或在轻负载条件下	一旦 LO 驱动器导通，器件将使 LO 驱动器保持导通状态，直至满足最小峰值电流限制。当所需峰值电流小于最小峰值电流时，会发生随机脉冲跳跃。	当所需导通时间小于最短导通时间时，会发生随机脉冲跳跃。			
$V_{SUPPLY} < V_{LOAD}$	具有二极管仿真的 PWM 运行				
$V_{SUPPLY} \ll V_{LOAD}$	FPWM 模式下的 PWM 运行				
	当所需占空比大于最大占空比限制时超出稳压范围				

### 8.3.18 最短可控导通时间和最短可控关断时间限制 (降压)

在降压配置中，器件在轻负载条件下或当输入电压远高于 CCM 下的目标输出电压时开始脉冲跳跃。如果所需导通时间小于降压最短可控导通时间 ( $t_{ON-MIN-BUCK}$ )，则器件将跳过高边驱动器脉冲。此脉冲跳跃表现为随机行为。

如果输入电源电压在 CCM 中满足以下不等式，则降压通道开始随机脉冲跳跃。

$$V_{SUPPLY(PulseSkip)} > \frac{V_{LOAD} + I_{LOAD} (R_{DCR} + R_S + R_{DS(ON)})}{t_{ON-MIN-BUCK} \times f_{SW}} \quad (15)$$

表 8-5. 在 CCM 中启动脉冲跳跃的典型降压输入电源电压

	3.3V 输出	5.0V 输出
$f_{SW} = 440\text{kHz}$	CCM 中无脉冲跳跃	CCM 中无脉冲跳跃
$f_{SW} = 2.2\text{MHz}$	$> 20\text{V} - 23\text{V}$	$> 31\text{V} - 34\text{V}$

在降压配置中，高边驱动器的最大占空比受降压最短可控关断时间 ( $t_{OFF-MIN-BUCK}$ ) 限制。 $t_{OFF-MIN-BUCK}$  决定了在 PWM 正常运行情况下可实现目标输出电压的最小输入电源电压。如果输入电压在 PWM 正常运行时降至低于此最低输入电源电压，则器件会进入低压降 (LDO) 模式，以进一步降低最低输入电压。如果输入电源电压满足以下不等式，则降压通道将进入低压降模式。

$$V_{SUPPLY(LDO)} < \frac{V_{LOAD} + I_{LOAD} (R_{DCR} + R_S + R_{DS(ON)})}{1 - t_{OFF-MIN-BUCK} \times f_{SW}} \quad (16)$$

表 8-6. 进入 LDO 模式的典型降压输入电源电压

	3.3V 输出	5.0V 输出
$f_{SW} = 440\text{kHz}$	< 3.6V - 3.8V	< 5.5V - 5.6V
$f_{SW} = 2.2\text{MHz}$	< 4.3V - 4.5V	< 6.6V - 6.7V

### 8.3.19 用于扩展的最小输入电压的低压降模式 ( 降压 )

软启动完成后，如果所需占空比大于最大占空比（受  $t_{OFF-MIN-BUCK}$  限制），则降压通道可进入 LDO 模式。在 LDO 模式期间，降压通道单独将其导通时间脉冲延伸到下一个周期，直到 PWM 比较器跳闸。当充电脉冲计数器检测到有 15 个周期的连续低边驱动器脉冲跳跃时，降压通道强制关闭高边驱动器达 110ns。在 LDO 模式期间可以实现目标输出电压的最小输入电源电压可通过以下公式进行估算。

$$V_{SUPPLY(MIN)} \approx \frac{V_{LOAD} + I_{LOAD(MAX)} \times (R_{DCR} + R_S + R_{DS(ON)})}{1 - \frac{t_{OFF-MIN-BUCK}}{16} \times f_{SW}} \quad (17)$$

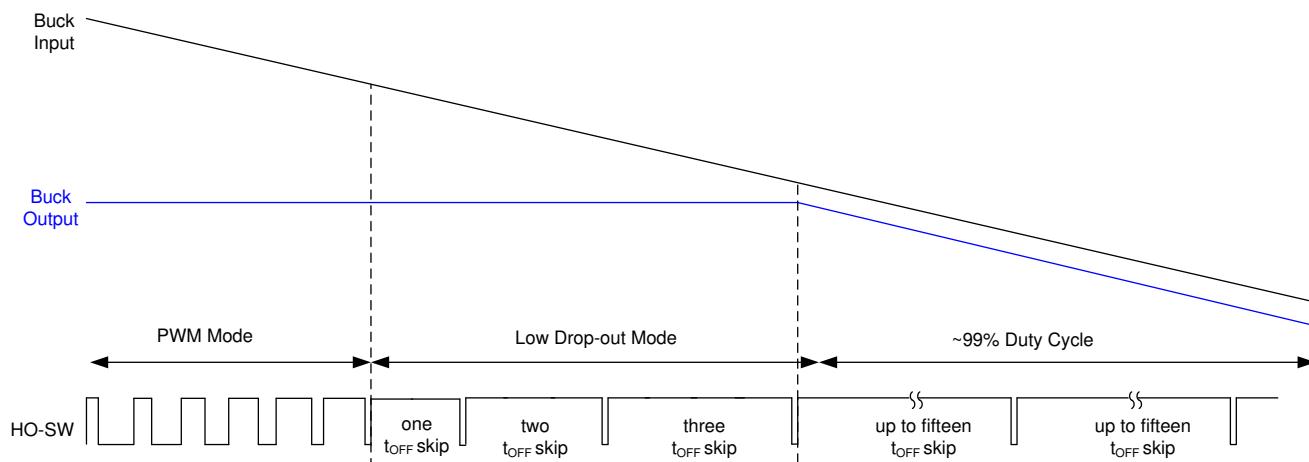


图 8-19. PWM 到 LDO 模式转换

表 8-7. 降压配置中的开关操作

条件	轻负载开关模式		
	跳跃模式	二极管仿真 ( 在 FPWM 中使用 $R_{SS}$ )	FPWM 模式
$V_{SUPPLY} \gg V_{LOAD}$ 或轻负载条件下	一旦 HO 驱动器导通，器件将使 HO 驱动器保持导通状态，直至满足最小峰值电流限制。当所需峰值电流小于最小峰值电流时，会发生随机脉冲跳跃。	当所需导通时间小于最短导通时间时，会发生随机脉冲跳跃。	
$V_{SUPPLY} > V_{LOAD}$	具有二极管仿真的 PWM 运行		FPWM 模式下的 PWM 运行
$V_{SUPPLY} \approx V_{LOAD}$	当所需占空比大于由 $t_{OFF-MIN-BUCK}$ 定义的最大占空比限制时，进入 LDO 模式。		
$V_{SUPPLY} < V_{LOAD}$	当所需占空比大于大概 99% 时超出稳压范围		

### 8.3.20 可编程断续模式过载保护 (RES)

该器件包括可编程断续模式过载保护功能，当电容器 ( $C_{RES}$ ) 连接到降压配置中的 RES 引脚时，将启用该功能。在升压配置中断续模式过载保护功能处于禁用状态，或者在初始上电期间 RES 连接到 VDD。

在正常运行中， $C_{RES}$  放电至接地，当发生逐周期电流限制时，内部故障计数器对时钟进行计数。当故障计数器检测到任何降压通道上有 256 个电流限制开关周期时，内部断续模式关断计时器会强制适用的通道停止开关操作，并开始将  $20 \mu A$  的电流 ( $I_{RES}$ ) 提供给  $C_{RES}$ 。在这种断续模式过载保护期间，通道重新启动之前的关断时间 ( $T_{RES}$ ) 由  $C_{RES}$  进行编程。在  $T_{RES}$  期间，HO 和 LO 输出被禁用， $C_{SS}$  由  $I_{RES}$  充电。当 RES 引脚电压达到  $V_{RESTH}$  时， $C_{RES}$  由内部 RES 下拉开关放电， $C_{SS}$  开始充电，延迟为  $30\mu s$ 。如果在没有电流限制的情况下发生八个连续开关周期，则将复位 256 周期故障计数器。

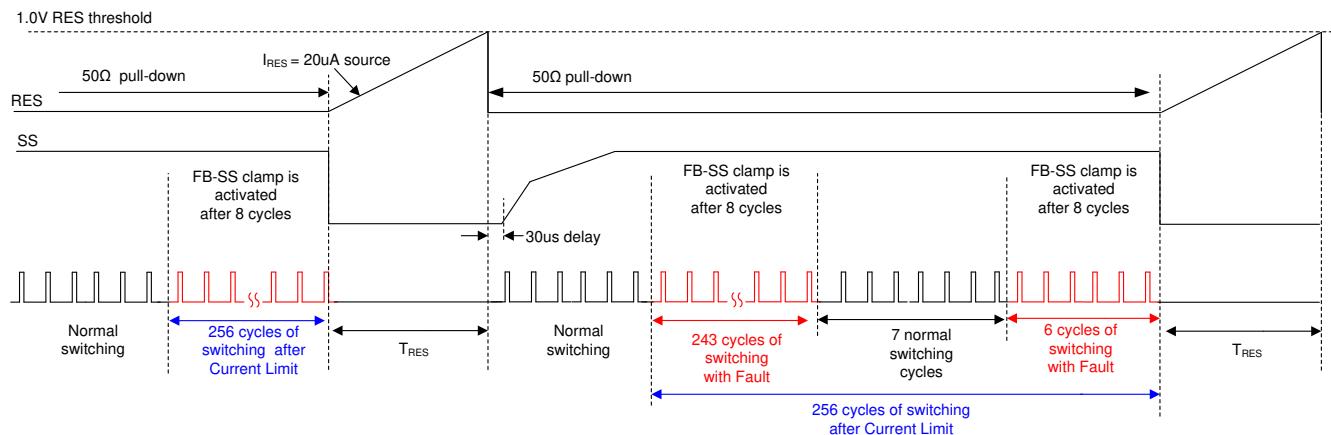


图 8-20. 断续模式过载保护 (单通道故障)

该器件为每个通道提供一个独立的故障计数器，但 RES 引脚由所有通道共享。该器件允许一个通道处于间断模式关闭状态，而其他通道正常运行。如果多个通道处于故障状态，最后一个故障计数器会将 RES 引脚拉低并启动 RES 电容器充电周期。然后，当 RES 引脚电压达到  $V_{RESTH}$  时，处于故障状况的多个通道一起重新启动。如果 CH2 和 CH3 配置为交错双相降压，则故障计数器会独立对故障进行计数，但 CH2 和 CH3 会同时停止开关操作并重新启动。

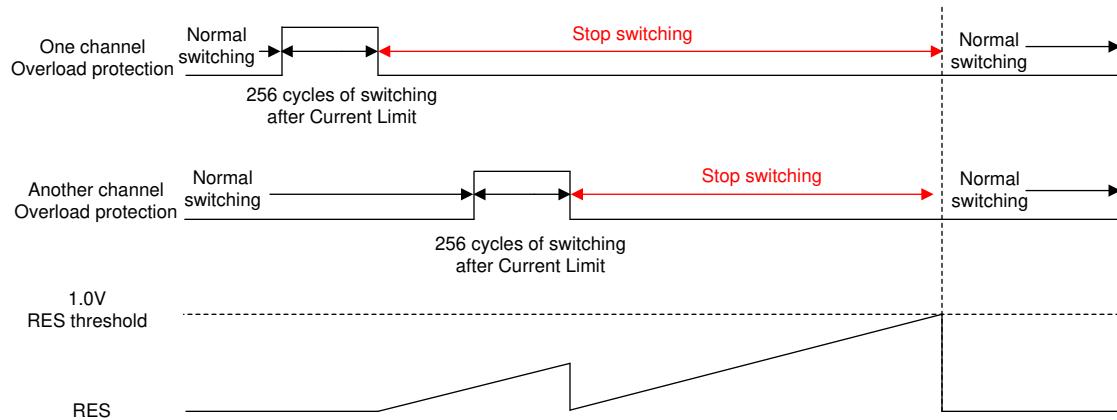


图 8-21. 断续模式过载保护 (多通道故障)

在初始配置期间，也会对断续模式保护功能进行编程。如果在初始配置期间将 RES 连接到 VDD，则会禁用内部故障计数器，并且器件以非断续模式逐周期电流限制运行。如果 RES 连接到 AGND，则检测到 256 个电流限制周期的适用通道将停止开关操作，然后在切换适用通道的 EN 引脚之前从不会重新启动。

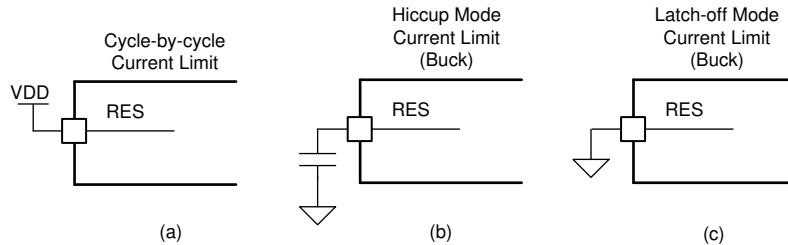


图 8-22. 断续模式配置

表 8-8. 过载保护配置

RES 选择	单相				双相
	CH1 : BOOST	CH1 : 降压	CH2 : 降压	CH3 : 降压	CH2//CH3 : 降压
RES = VDD	逐周期电流限制				
RES = C <sub>RES</sub>	断续模式电流限制				
RES = AGND	闭锁模式电流限制				

### 8.3.21 MOSFET 驱动器和断续模式故障保护 ( LO、HO、HB )

该器件提供 N 沟道逻辑 MOSFET 驱动器，此类驱动器可拉取 2.2A 的峰值电流和灌入 3.3A 的峰值电流。这些驱动器由 VCC 或 HB 供电，并在 EN 大于 V<sub>EN</sub> 且 VCC 大于 V<sub>VCC-UVLO</sub> 时启用。

当低边驱动器导通时，SW 引脚电压大概为 0V，而 C<sub>HB</sub> 通过自举二极管从 VCC 充电。在升压配置中，自举二极管在内部从 VCC 连接到 HB1。在降压配置中连接外部自举二极管。C<sub>HB</sub> 的建议最小值为 0.1  $\mu$  F。

LO 和 HO 输出采用自适应死区时间方法进行控制，这可确保两个输出不会同时启用。当器件命令启用 LO 时，自适应死区时间逻辑会先禁用 HO，并等待 HO-SW 电压下降。LO 在一小段延迟后启用。类似地，HO 导通会延迟，直到 LO-PGND 电压已放电。HO 在一小段延迟后启用。自适应死区时间电路可确保当 Q<sub>G@5V</sub> 在整个温度范围内小于 40nC 时，不会同时启用这两个输出。

如果最小 BIAS 引脚电压低于 V<sub>VCC-REG</sub>，则选择 MOSFET 时应格外小心。尤其是在以低 BIAS 输入电压启动期间，MOSFET 的栅极平坦电压应小于 BIAS 引脚电压，以全面增强 MOSFET。如果在启动期间驱动器输出电压低于 MOSFET 栅极平坦电压，则转换器可能无法正常启动，并且可能会在高功耗状态下保持在最大占空比。通过选择阈值较低的 MOSFET 或在 BIAS 引脚电压足够时导通通道，可以避免这种情况。

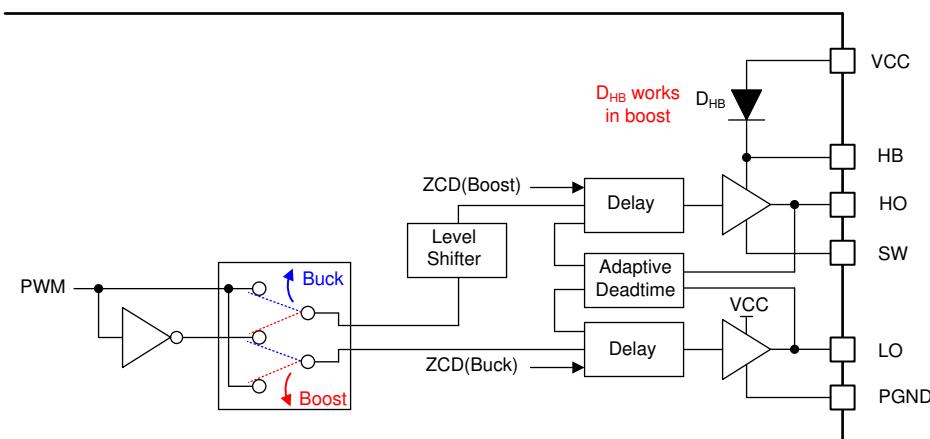


图 8-23. 驱动器结构 ( 内部自举二极管仅在升压模式下可用 )

在升压配置中，断续模式保护由 HB UVLO 触发。如果 HB 至 SW 电压低于 HB UVLO 阈值 (V<sub>HB-UVLO</sub>)，则 LO 将导通达 75ns 来为升压电容器充电。该器件允许多达四次连续的开关操作用于充电。在四次连续的开关操作 ( 用于

自举充电)后,通道将在后面的12个周期跳过该开关操作。如果通道在四组(每组四次)连续的开关操作(用于充电)后未能为升压电容器充满电,通道将停止开关操作,并进入断续模式故障保护。

如果需要,开关节点电压的压摆率可由与HB引脚串联的电阻器(在降压配置中可高达5Ω)调节。如果需要,请使用与下拉PNP晶体管并联的栅极电阻器。按这种方式添加栅极电阻器时务必小心,因为这可能导致有效死区时间缩短。

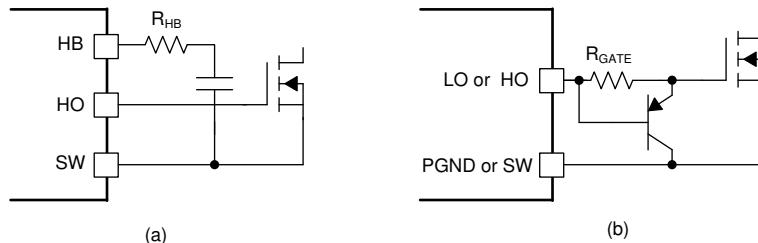


图 8-24. 压摆率控制 (a) 用于降压的 HB 电阻器 , (b) 具有下拉 PNP 晶体管的栅极电阻器

### 8.3.22 电池监测器 (BMOUT、BMIN\_FIX、BMIN\_PRG)

当CH1配置为降压且至少有一个EN引脚大于V<sub>EN</sub>或V<sub>CCHOLD</sub>大于V<sub>SYNC</sub>时,将启用电池监测器功能。如果BMIN\_PRG小于BMIN\_PRG阈值(V<sub>SLEEP</sub>)并且BMIN\_FIX大于BMIN\_FIX阈值(V<sub>BMIN\_FIX</sub>),则BMOUT连接到AGND。当BMIN\_FIX大于V<sub>BMIN\_FIX</sub>或BMIN\_PRG大于V<sub>SLEEP</sub>时,BMOUT断开。通过在BMIN\_PRG处使用电阻分压器,可以对电池监测器的阈值进行编程,但电阻分压器和内部30μA迟滞电流(I<sub>SLEEP1</sub>)将消耗电池电量。

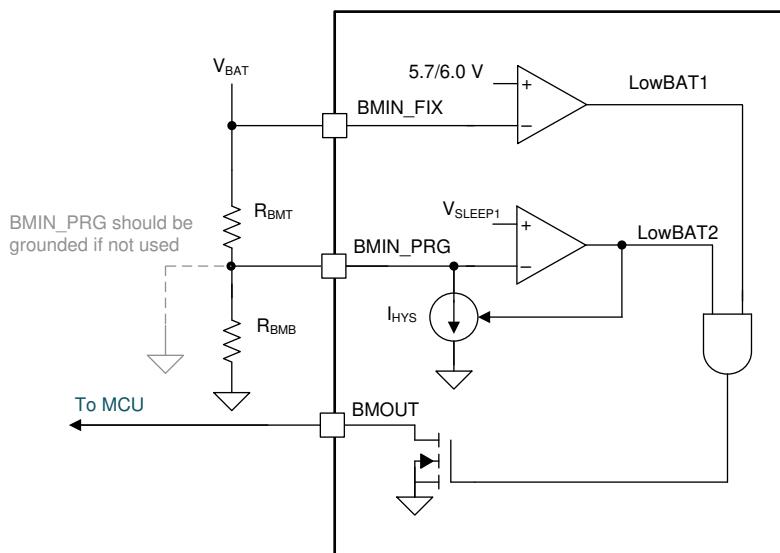


图 8-25. 电池监测器

要调节低电池电压检测电平,请按如下方式选择电池监测器电阻值。要进行编程,低电池电量下降检测电平应低于5.7V,而低电池电量上升检测电平应高于6.0V。

$$R_{BMT} = \frac{(V_{LOWBAT-RISING} - 1.022 \times V_{LOWBAT-FALLING})}{30\mu\text{A}} \quad (18)$$

$$R_{BMB} = \frac{R_{BMT}}{(V_{LOWBAT-FALLING} - 1.0\text{V})} \quad (19)$$

### 8.3.23 大电流电源的双相交错配置 (CFG)

该器件支持双相交错降压配置，尤其适用于大电流汽车处理器电源。在双相配置中，COMP3 和 SS3 应悬空，因为这些引脚在内部分别连接到 COMP2 和 SS2。另外，FB3 应接地，而 PGOOD3 不起作用。在该配置中，允许在 CH3 关断时导通 CH2，但不允许在 CH2 关断时导通 CH3。

在双相配置中，EN2 引脚用作 CH2 和 CH3 的主要使能引脚。当 EN2 引脚小于  $V_{EN}$  时，CH2 和 CH3 均关断。在双相配置中，EN3 引脚仅控制 CH3，这有助于仅添加或减少一个相位。

为了在两个通道之间实现更好的电感电流平衡，建议将 CSB1 和 CSB2 连接在 PC 板上的同一个点，靠近其中一个小 ESR 输出电容器。

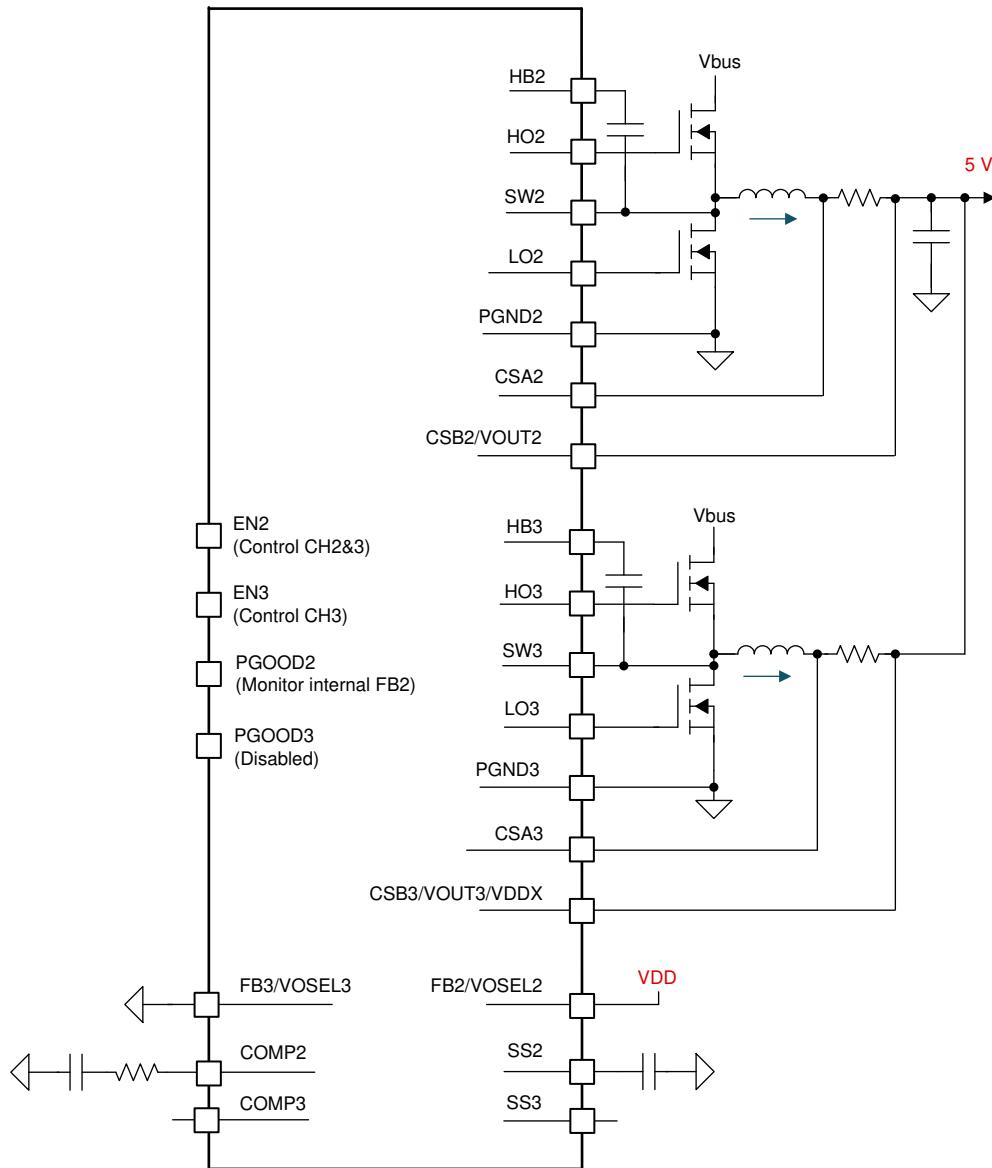


图 8-26. 双相降压配置中的引脚连接 (5V 输出示例)

### 8.3.24 热关断保护

提供了内部热关断功能，以便在结温超过  $175^{\circ}\text{C}$  时保护器件。激活热关断功能后，会强制器件进入低功耗热关断状态，同时禁用 MOSFET 驱动器和 VCC 稳压器。结温降低后（典型迟滞为  $15^{\circ}\text{C}$ ），器件会重新启动。

### 8.3.25 外部 VCCX 电源可降低功耗

器件的最大功耗受最高环境温度和器件功耗的限制。器件的功耗计算如下。

$$P_{IC} = V_{BIAS} \times \left( I_{BIAS} + \frac{0.5}{R_T} + 6 \times Q_{G@5V} \times f_{SW} \right) \quad (20)$$

通过提供外部 VCCX 电源，可以显著降低器件的功耗。具有 5V VCCX 的器件的功耗计算如下。

$$P_{IC} = V_{BIAS} \times I_{BIAS} + 5 \times \left( \frac{0.5}{R_T} + 6 \times Q_{G@5V} \times f_{SW} \right) \quad (21)$$

器件的结温估算如下。

$$T_J = T_A + R_{\theta JA} \times P_{IC} \quad (22)$$

## 8.4 器件功能模式

### 8.4.1 器件状态

#### 8.4.1.1 关断模式

当所有 EN 引脚均小于  $V_{EN}$  且 VCC\_HOLD 引脚小于  $V_{SYNC}$  时，器件会在禁用所有功能的情况下关断，而从 BIAS 引脚消耗的电流小于  $3 \mu A$ 。

#### 8.4.1.2 配置模式

在初始上电期间，当至少一个 EN 引脚大于  $V_{EN}$  或 VCC\_HOLD 大于  $V_{SYNC}$  时，器件会对轻负载开关模式、输出稳压目标、器件配置和断续模式保护进行编程。要复位和重新配置器件，所有 EN 引脚和 VCC\_HOLD 引脚应分别小于  $V_{EN}$  和  $V_{SYNC}$ ，否则 VCC 必须完全放电。重新配置器件的推荐方法是一起切换所有三个 EN 和 VCC\_HOLD 引脚。

#### 8.4.1.3 运行模式

初始配置完成后，器件进入运行模式，所有功能均启用。在该运行模式下，如果 CH1 配置为升压，则启用 HB1 电荷泵以支持旁路模式运行。

#### 8.4.1.4 睡眠模式

当器件配置为跳跃模式时，如果高边驱动器在轻负载/空载条件下的 16 个连续周期跳过开关操作，则降压通道进入睡眠模式。

#### 8.4.1.5 深度睡眠模式

当所有启用的通道处于睡眠模式、SLEEP1 大于  $V_{SLEEP1}$  且 SENSE1 大于  $V_{BMIN\_FIX}$  时，器件将停止内部振荡器并进入低  $I_Q$  深度睡眠模式。在深度睡眠模式期间，如果 SLEEP1 大于  $V_{SLEEP1}$  且 SENSE1 大于  $V_{BMIN\_FIX}$ ，DIS 开关将断开，以切断通过 SLEEP1 电阻分压器和 FB1 电阻分压器的泄漏路径。

##### 8.4.1.5.1 在深度睡眠模式下切断泄漏路径 (DIS、SLEEP1、SENSE1)

如果 CH1 配置为升压，则电池监测器功能被禁用，并且 BMIN\_FIX、BMIN\_PRG 和 BMOUT 分别用作 SENSE1、SLEEP1 和 DIS，以便在深度睡眠模式下更大限度地减少电池消耗。SENSE1 引脚应连接到 CH1 高边 MOSFET 的漏极连接。SLEEP1 电阻分压器可以通过电阻分压器连接到电池或者升压转换器的输出端。如果不需要深度睡眠模式，则可将 SLEEP1 引脚接地。

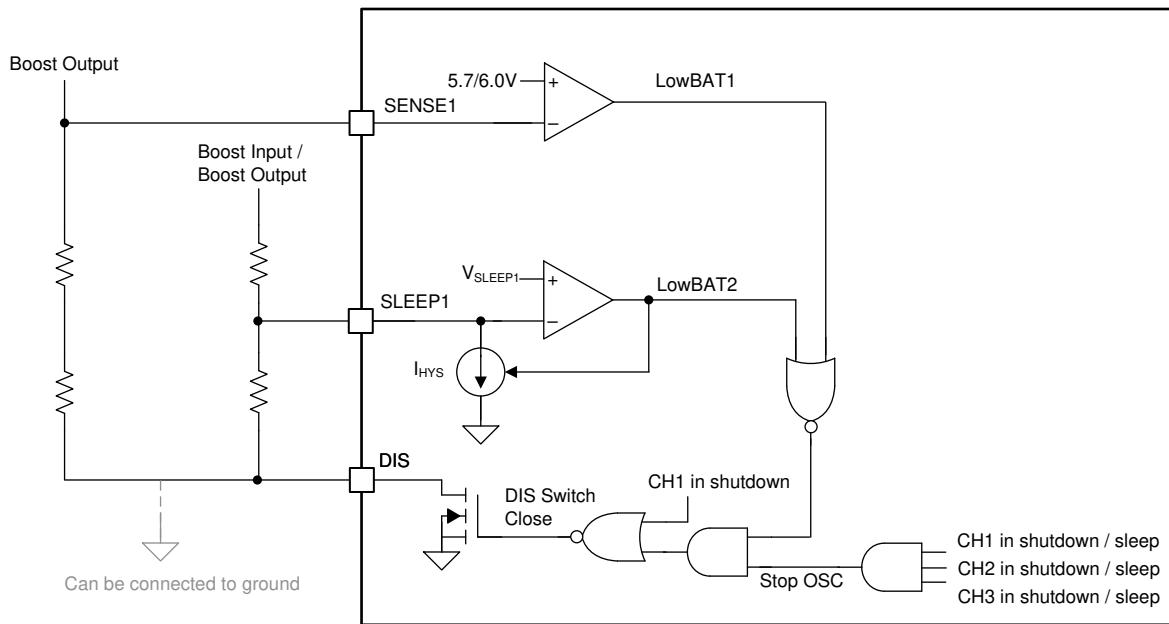


图 8-27. 当 CH1 = 升压时深度睡眠

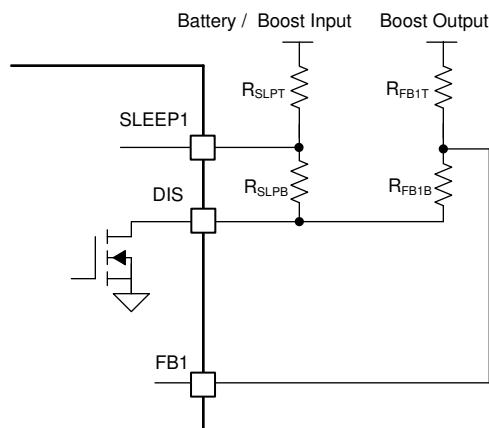


图 8-28. SLEEP1 电阻分压器和 FB 电阻分压器连接

#### 8.4.1.6 VCC HOLD 模式

初始配置完成后，如果所有 EN 引脚都小于  $V_{EN}$  且  $VCC\_HOLD$  大于  $V_{SYNC}$ ，则器件进入 VCC HOLD 模式。在 VCC\_HOLD 模式期间，VCC 和 VDD 保持不变，如果采用降压配置，则启用电池监测器。当器件需要在没有初始配置延时时间的情况下快速重新启动时，VCC\_HOLD 模式很有用。

表 8-9. 稳态 #1 中的引脚状态 (当 BIAS &gt; ~5.5V 时)

	关断	配置	活动 (通道基址)	睡眠 (通道基址)	深度睡眠	VCC HOLD
EN	所有 EN 引脚 < 0.4V	至少一个引脚 > 2.0V			至少一个引脚 > 2.0V	
VCC_HOLD/ SYNC/DITHER	< 0.4V	SYNC/DITHER 已启用		SYNC/DITHER 已禁用		> 2.0V
CFG/MODE	禁用	启用		禁用		
BIAS	$I_Q < 3 \mu A$	$I_Q < 150 \mu A$	$I_Q = 1.3mA - 3.0mA$	未指定	$I_Q = \sim 2 \mu A$	$I_Q < 25 \mu A$

**表 8-9. 稳态 #1 中的引脚状态 (当 BIAS > ~5.5V 时) (continued)**

	关断	配置	活动 (通道基址)	睡眠 (通道基址)	深度睡眠	VCC HOLD
VCC	放电	VCC 稳压器启用	如果不使用 VCCX，则启用 VCC 稳压器。		如果不使用 VCCX，则在 1mA 电流限制下处于活动状态。	
VCC-VCCX 开关	用二极管路径断开		如果 VCCX > 4.4V，则闭合			
VCC-VDD 开关	开路		如果至少有一个通道处于活动状态，则闭合		如果不使用 VDDX，则闭合。	闭合
VDDX-VDD 开关	开路		如果至少有一个通道处于活动状态，则闭合		如果使用 VDDX，则闭合 (VOUT3 = 固定 3.3V)	开路
RT	禁用		启用		禁用	
RES	禁用	RES 模式检测	如果至少有一个通道处于活动状态，则启用		禁用	
SENSE1 (升压)	禁用		启用			禁用
SLEEP1 (升压)	禁用		启用		禁用	
DIS 开关 (升压)	开路		GND		开路	
BMIN_FIX (降压)	禁用		如果至少有一个通道处于活动状态，则处于活动状态			
BMIN_PRG (降压)	禁用					被启用
BMOUT 开关 (降压)	开路					

**表 8-10. 稳态 #2 中的引脚状态 (当 BIAS > 5.5V 时)**

	关断	配置	活动 (通道基址)	睡眠 (通道基址)	深度睡眠	VCC HOLD
PGOOD (升压)	GND (弱下拉)	GND	已启用，监控 UV	监控 OV 以实现旁路操作。	开路	GND
PGOOD (降压)	GND (弱下拉)	GND	启用，同时监控 UV 和 OV	开路	开路	GND
FB (升压)	禁用	VOUT1 可供调节。	启用		禁用	
FB (降压)	禁用	FB 模式检测	如果 VOUT 可调，则启用。否则断开。			禁用
COMP (升压)	放电	GND	被启用		GND	
COMP (降压)	放电	GND	被启用。如果是双相降压，则 COMP3 = COMP2			GND
SS (升压)	放电	GND	被启用	上拉至 VDD	上拉至 VDD	GND
SS (降压)	放电	GND	被启用。如果是双相降压，则 SS3 = SS2	上拉至 VDD		GND
HB-SW (升压)	放电	电荷泵开启	HB-SW ≈5V	HB-SW ≈5V (来自电荷泵)	放电。电荷泵关闭	
HB-SW (降压)	放电	VOUT < VCC 时充电	HB-SW ≈5V	放电		
HO-SW (升压)	开路	2kΩ 上拉电阻器	开关	在旁路中上拉。否则下拉	上拉，但在 HB UV 时将关闭	下拉
HO-SW (降压)	开路	2kΩ 上拉电阻器	开关	下拉		

表 8-10. 稳态 #2 中的引脚状态 (当 BIAS &gt; 5.5V 时) (continued)

	关断	配置	活动 (通道基址)	睡眠 (通道基址)	深度睡眠	VCC HOLD
LO-PGND (升压)	开路	下拉	开关		下拉	
LO-PGND (降压)	开路	下拉	开关		下拉	

### 8.4.2 轻负载开关模式

在初始配置期间，器件的轻负载开关模式编程为强制 PWM 模式 (FPWM) 或跳跃模式。当器件编程为 FPWM 模式时，每个通道的轻负载开关行为可在 FPWM 和二极管仿真 (DE) 之间单独动态更改。有关更多详情，请参阅 [节 8.3.4](#)。

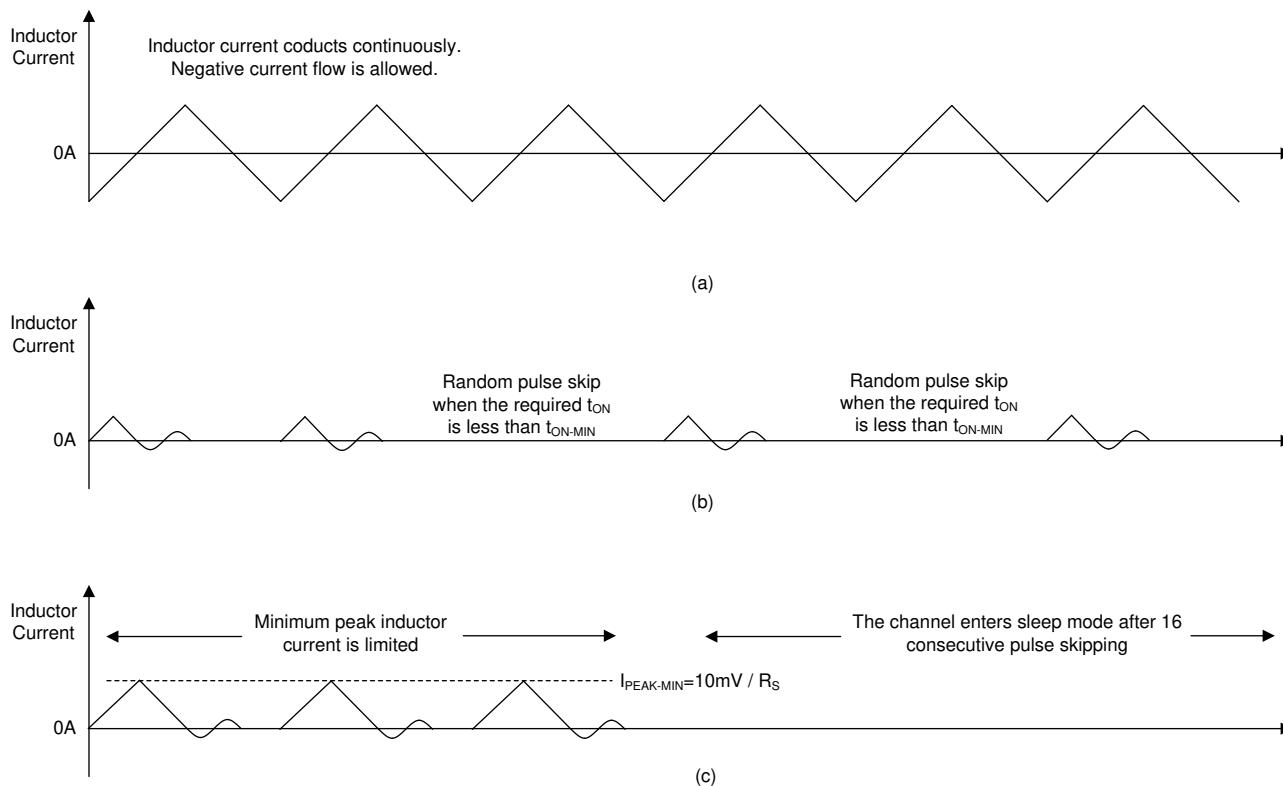


图 8-29. 轻负载条件下的电感器电流波形 (a) FPWM (b) 二极管仿真 (DE) (c) 跳跃模式

#### 8.4.2.1 强制 PWM (FPWM) 运行

在 FPWM 中，电感器电流在轻负载或空载条件下连续导通，从而实现连续导通模式 (CCM)。强制 PWM 模式的优点是轻负载到重负载的快速瞬态响应以及轻负载或空载条件下的恒定频率运行。FPWM 模式下最大反向电流限制为  $300mV/R_{DS(ON)}$

#### 8.4.2.2 二极管仿真 (DE) 运行 (在 SS 处连接 $R_{SS}$ )

在二极管仿真运行中，电感器电流只允许沿一个方向流动：从输入源到输出负载。在 FPWM 模式下，通过在 SS 引脚处与  $C_{SS}$  并联  $57.6k\Omega R_{SS}$ ，可以在 FPWM 和 DE 之间对每个通道动态、独立地进行编程。在升压配置下，该器件在高边开关导通期间监控 SENSE1-SW1 电压，并在 SENSE1-SW1 电压降至低于  $V_{ZCD-BOOST}$  时切断高边开关。通过在 PWM 周期的剩余时间内锁闭高边开关，可防止反向电流流过高边开关。在降压配置中，该器件在低边开关导通期间监控 SW-PGND 电压，并在 SW-PGND 电压超过  $V_{ZCD-BUCK}$  时切断低边开关。通过在 PWM 周期的剩余时间内锁闭低边开关，可防止反向电流流过低边开关。二极管仿真的主要优势是可降低轻负载条件下的功率损耗。

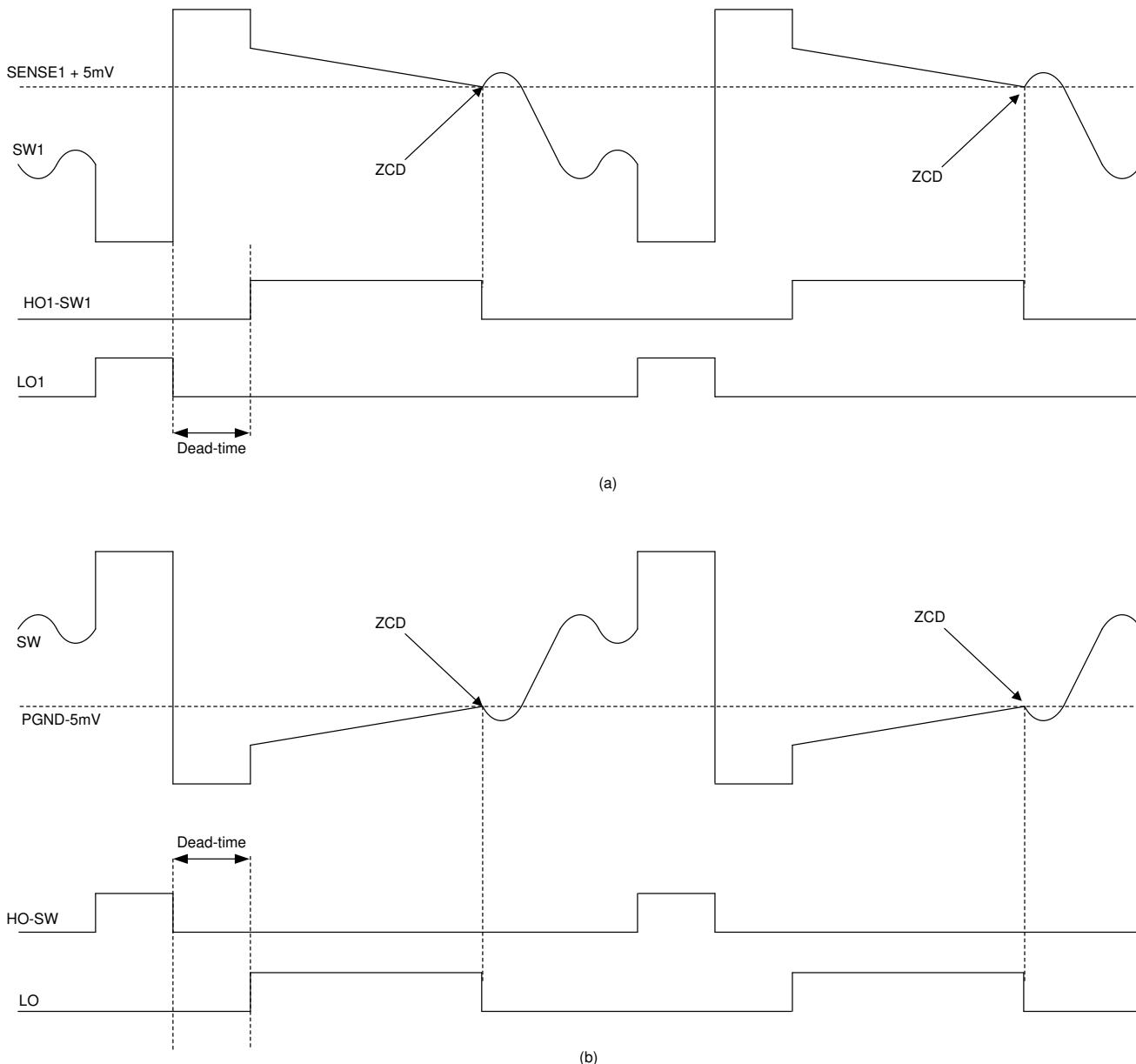


图 8-30. 零电流检测 (a) 升压 (b) 降压

#### 8.4.2.3 FPWM 模式下的强制二极管仿真操作

在软启动期间，器件会在 SS 引脚电压小于 1.5V 时强制进行二极管仿真。当 SS 引脚大于 1.5V 时，器件将软启动电流降至  $2 \mu A$ ，并在 SS 引脚电压之后将零电流检测 (ZCD) 阈值向上/向下斜升至  $\pm 300mV$ ，如图 8-31 所示，以便实现从二极管仿真到 FPWM 的平稳过渡。为了在空载条件下使 FPWM 保持正常运行，务必把峰峰值电感器电流  $x R_{DS(ON)}/2$  保持在 300mV 以下。

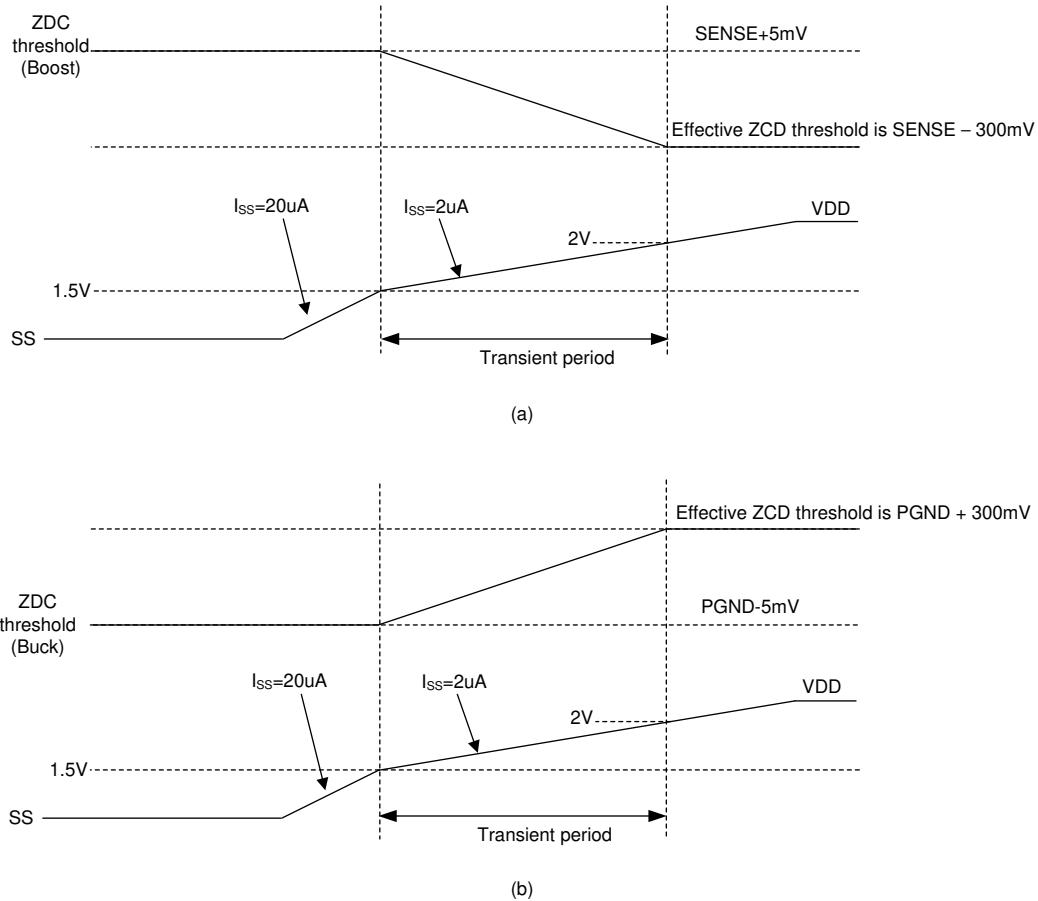
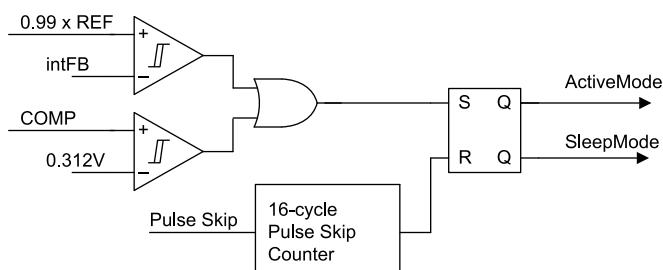


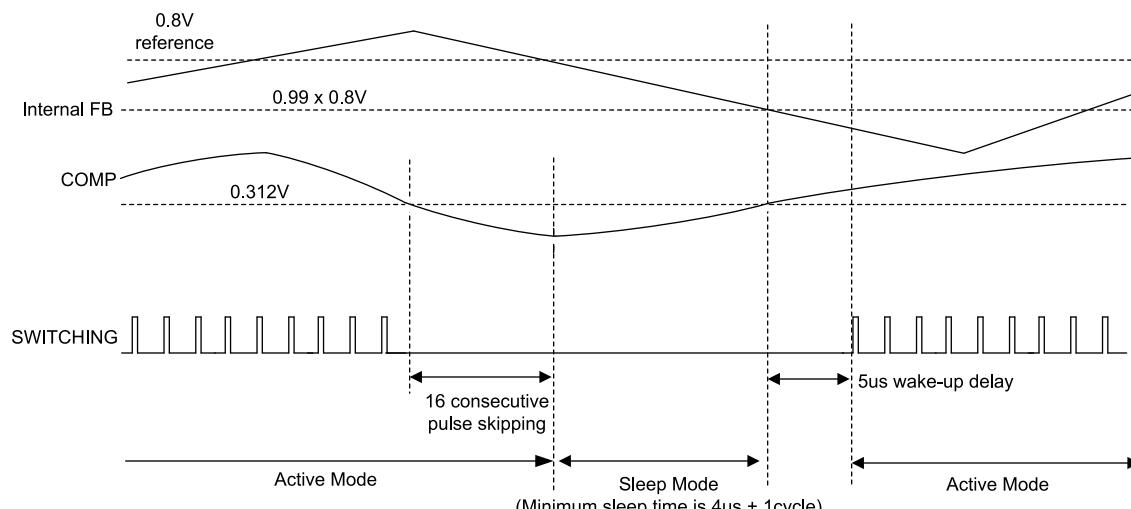
图 8-31. FPWM 和二极管仿真之间的动态转换

#### 8.4.2.4 跳跃模式运行

通过更频繁地进入睡眠模式并在睡眠模式下保持更长时间，可以进一步提高轻负载效率。在跳跃模式下，该器件以二极管仿真方式工作，但一旦开关导通，最小峰值电流将限制为  $10mV/R_S$ 。通过限制最小峰值电流，转换器提供的电流将大于所需的电流，转换器更频繁地进入睡眠模式，并在睡眠模式下保持更长的时间。在跳跃模式配置中，当脉冲跳跃计数器在运行模式下检测到 16 个连续的脉冲跳跃周期时，通道进入睡眠模式。一旦通道进入睡眠模式，通道将无法在  $4 \mu s +$  一个周期的最短睡眠时间内重新进入运行模式。在睡眠模式期间，误差放大器处于活动状态，而 FB 监视器监控内部 FB 节点。如果 COMP 大于 COMP 唤醒阈值 ( $V_{WAKE-COMP}$ ) 或内部 FB 小于 FB 唤醒阈值 ( $V_{WAKE-FB}$ )，通道将在  $5 \mu s$  延迟后进入运行模式。



(a)



(b)

图 8-32. 跳跃模式运行 (a) 睡眠模式控制 (b) 波形

### 8.4.3 LM5127 速查表

表 8-11. LM5127 速查表

器件配置	说明
升压/SEPIC + 降压+降压	配置在初始启动期间被锁存。
升压/SEPIC + 2PH 降压	配置在初始启动期间被锁存。
降压 + 降压 + 降压	配置在初始启动期间被锁存。
降压 + 2PH 降压	配置在初始启动期间被锁存。
输出稳压选择	说明
固定 3.3V	在降压模式下支持。稳压目标在初始启动期间被锁存。
固定 5.0V	在降压模式下支持。稳压目标在初始启动期间被锁存。
在 0.8V 至 42V 之间可调	在升压和降压模式下均支持。在运行期间可动态编程。
轻负载开关模式	说明
跳跃模式	应用于所有通道。此模式在初始启动期间被锁存。
FPWM 模式	应用于所有通道。此模式在初始启动期间被锁存。
FPWM 模式下的 DE 运行	在运行期间可在 FPWM 和 DE 之间动态变化。
断续模式保护	说明
断续模式保护	应用于所有通道。此模式在初始启动期间被锁存。
闭锁模式保护	应用于所有通道。此模式在初始启动期间被锁存。
逐周期电流限制	应用于所有通道。此模式在初始启动期间被锁存。
开关频率	说明
RT 编程	应用于所有通道。在运行期间可动态编程。
SYNC	应用于所有通道。在运行期间可动态编程。在运行期间可在 SYNC 和 RT 开关之间动态变化。
抖动	应用于所有通道。在运行期间可动态编程。在运行期间可在 DITHER 和 RT 开关之间动态变化。
功能	说明
启用	每个通道的专用引脚
软启动	每个通道的专用引脚。在双相降压中禁用 SS3。
PGOOD	每个通道的专用引脚。在双相降压中禁用 PGOOD3。
器件/通道状态	说明
关断模式	应用于所有通道。
配置模式	应用于所有通道。
工作模式	每个通道单独工作。
睡眠模式	每个通道单独工作。
深度睡眠模式	应用于所有通道。
VCC HOLD 模式	应用于所有通道。
脉宽调制类型	说明
正常 PWM 操作	同时可用于升压和降压。
脉冲跳跃运行	同时可用于升压和降压。
旁路模式运行	可用于升压。
LDO 模式运行	可用于降压。
特殊器件/通道状态	说明
断续模式关闭	每个通道单独进入断续模式关闭状态。在双相降压模式下，CH2 和 CH3 一起进入断续模式关闭状态。如果选择断续模式，则自动重新启动。
OVP 保护	每个通道单独停止开关操作。在升压模式下禁用。自然重新启动
热关断	所有通道都关断。自然重新启动。

## 9 应用和实施

### 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。

### 9.1 应用信息

TI 提供了应用手册，其中介绍了如何使用该器件进行单相升压、单相降压和双相降压设计。这份综合应用手册包括元件选型和环路响应优化

有关更多信息，请参阅[如何使用 LM5127 进行单相升压、单相降压和双相降压设计](#)。

### 9.2 典型应用

图 9-1 展示了此器件的典型应用。有关更多系统示例，请参阅[节 9.3](#)。

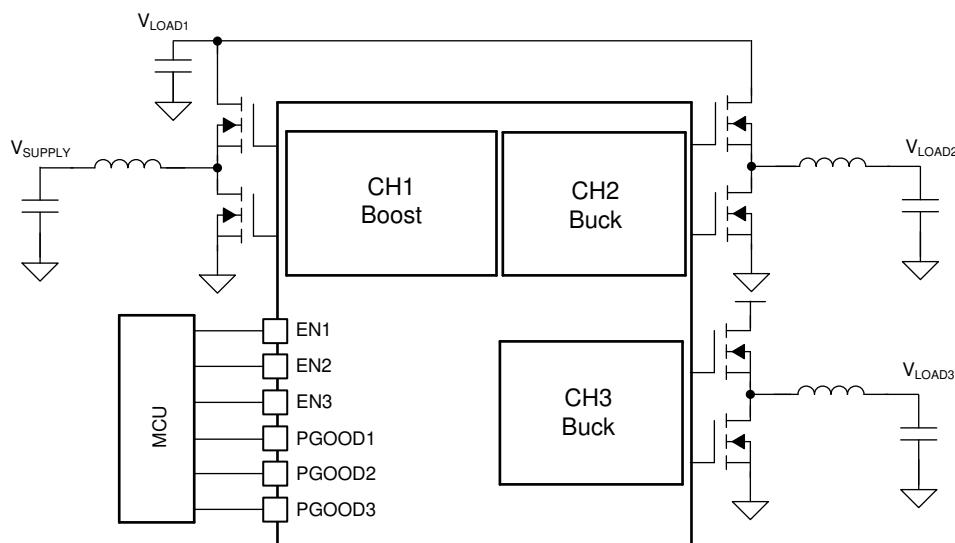


图 9-1. 预升压 + 两个单相降压

#### 9.2.1 设计要求

表 9-1 展示了此应用设计示例的预期输入、输出和性能参数。

表 9-1. 设计示例参数

设计参数	值
升压输入电压范围 ( $V_{SUPPLY}$ )	3V 至 42V (启动需要 5V)
CH1 升压输出电压 ( $V_{LOAD1}$ )	6.8V
CH2 降压输出电压 ( $V_{LOAD2}$ )	5.0V
CH3 降压输出电压 ( $V_{LOAD3}$ )	3.3V
CH1 最大负载电流 ( $I_{LOAD1}$ )	10A
CH2 最大负载电流 ( $I_{LOAD2}$ )	5A
CH3 最大负载电流 ( $I_{LOAD3}$ )	7A
典型开关频率 ( $f_{sw}$ )	440kHz

## 9.2.2 详细设计过程

使用快速入门计算器可加快基于 LM5127-Q1 器件为给定应用设计稳压器的过程。下载 [LM5127 快速入门计算器](#)，了解详细的设计过程。

有关推荐的元件和典型应用曲线，请参阅 [LM5127EVM-FLEX 评估模块 EVM 用户指南](#)。

### 9.2.2.1 建议的电源树架构

- 强烈建议至少有一个固定的 5V 电源轨，并将 5V 输出连接到 VCCX 引脚。
- 如果需要电池监测器，请配置 CH1 降压。
- 如果需要 3.3V 电源轨，则将 VOUT3 编程为固定的 3.3V 并利用 VDDX 功能。
- 当负载电流小于约 3A-4A 时，SEPIC 配置正常发挥作用。在 SEPIC 配置中，最大输入电压必须限制在 42V - V<sub>OUT1</sub> 以下，因为在 SEPIC 配置中 SW 节点电压为 V<sub>SUPPLY</sub> 加上 V<sub>LOAD</sub>，并且应该考虑开关噪声。
- 在适当的热管理下，单个降压通道的最大负载电流可高达约 20A。
- 在适当的热管理下，双相降压的最大负载电流可高达约 40A。
- 允许级联配置。
- BIAS 引脚应连接到系统中的最高电压轨，因为内部电荷泵会为 HB1 产生 BIAS + 5V 电压轨。尤其是，BIAS 引脚应连接到升压配置中升压转换器的输出。
- 如果 CH1 用作预升压，则组装 100pF C<sub>SS</sub>。
- CH2 降压输入电压可以高于或低于 CH3 降压输入电压，但 BIAS 引脚应始终连接到最高电位输入电压。

### 9.2.2.2 应用理念

对于要求成本更低且传导损耗更小的应用，可以使用电感器直流电阻 (DCR) 来检测电感器电流，而不是使用检测电阻。R<sub>DCRC</sub> 和 C<sub>DCRC</sub> 必须满足 [方程式 23](#) 才能匹配时间常数。

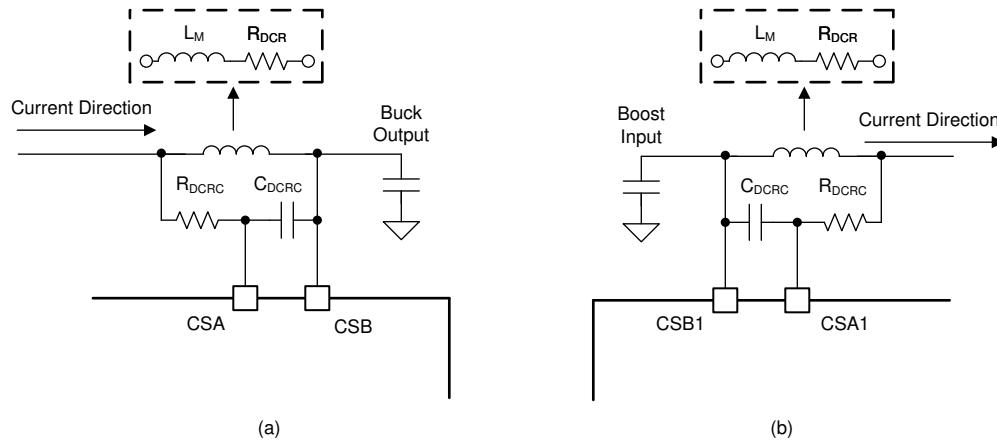


图 9-2. DCR 电流检测 (a) 降压, (b) 升压

$$\frac{L_M}{R_{DCR}} = R_{DCRC} \times C_{DCRC} \quad (23)$$

当 CH1 用作预升压时，可通过添加一个与低边反馈电阻器并联的 R-C，尽可能减少冷启动事件期间的输出下冲。R<sub>OS</sub> 值较低将导致输出下冲较低（请参阅 [图 9-3](#)）。C<sub>OS</sub> 值应足够大，以免影响正常运行中的环路响应。可以先使用 20k $\Omega$  和 4.7nF 组合，然后根据需要调整这些值。

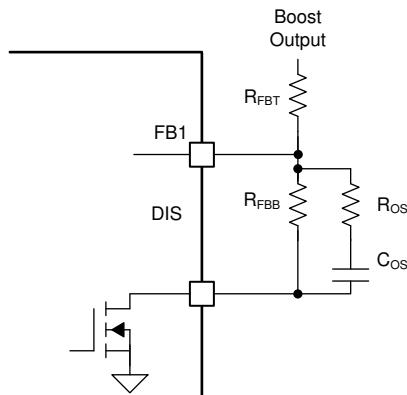


图 9-3. VOUT 升压电路

在 FPWM 和 DE 模式之间运行时，可以对轻负载开关模式进行动态编程。

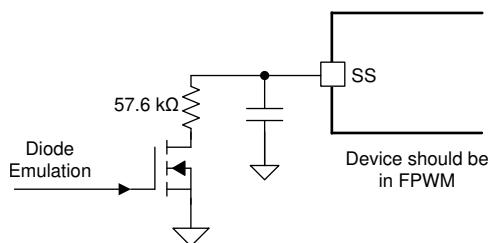


图 9-4. FPWM 和 DE 之间的动态转换

如果需要，可以使用外部电路对额外的 PGOOD 或 BMOUT 延迟进行编程。

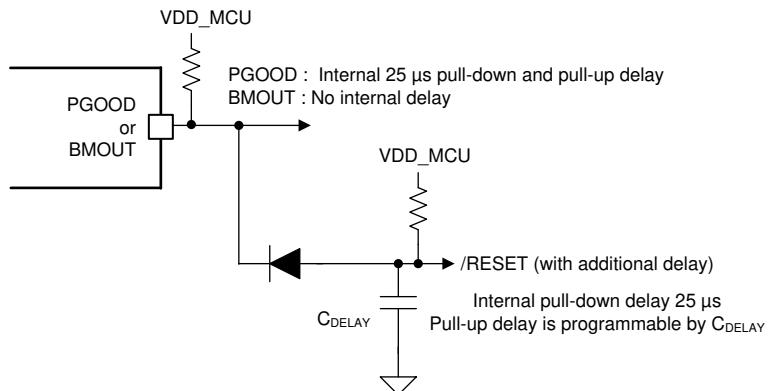


图 9-5. 额外的 PGOOD/BMOUT 延迟

可使用 PGOOD 引脚实现顺序启动。

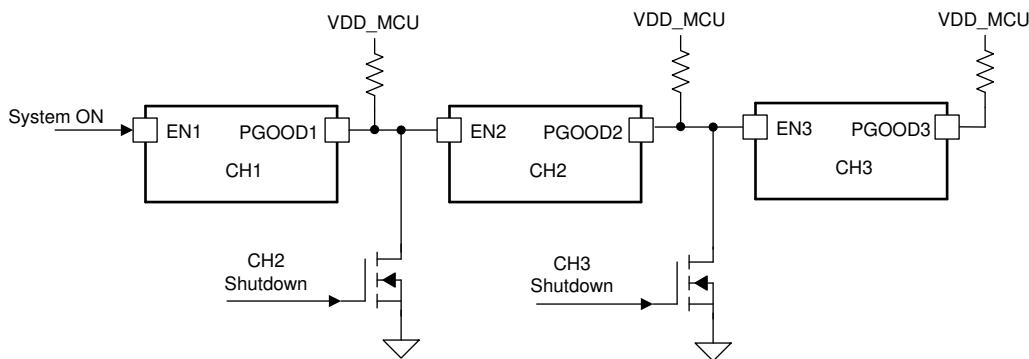


图 9-6. 顺序启动

可以通过拉低 SS 引脚来单独停止开关操作。

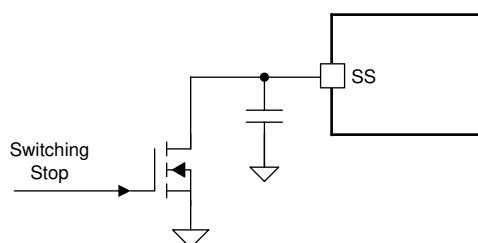
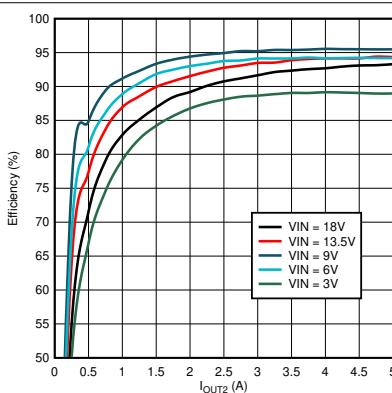
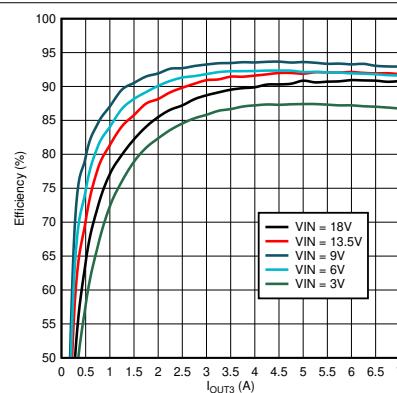


图 9-7. 使用 SS 引脚停止开关操作

### 9.2.3 应用曲线

图 9-8. 效率与  $I_{OUT2}$  间的关系 (FPWM)图 9-9. 效率与  $I_{OUT3}$  间的关系 (FPWM)

## 9.3 系统示例

在这一预升压 + 两个单相降压配置中，BIAS 和 SENSE1 引脚应连接至升压转换器的输出端。

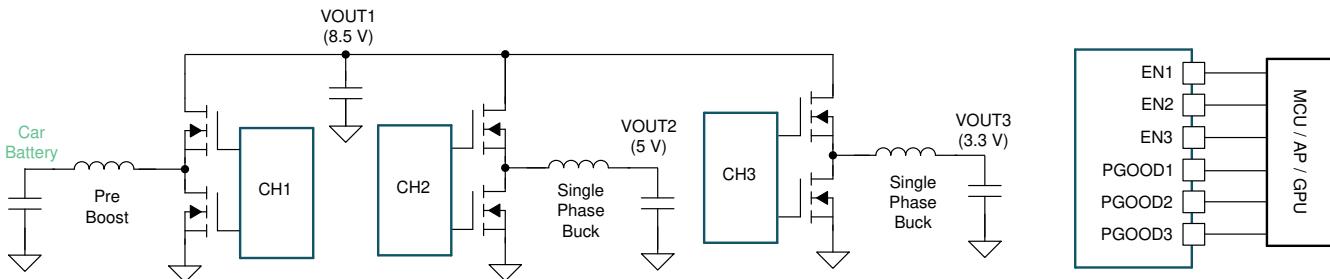


图 9-10. 预升压 + 两个单相降压配置

在这一预升压 + 双相降压配置中，BIAS 和 SENSE1 引脚应连接至升压转换器的输出端。

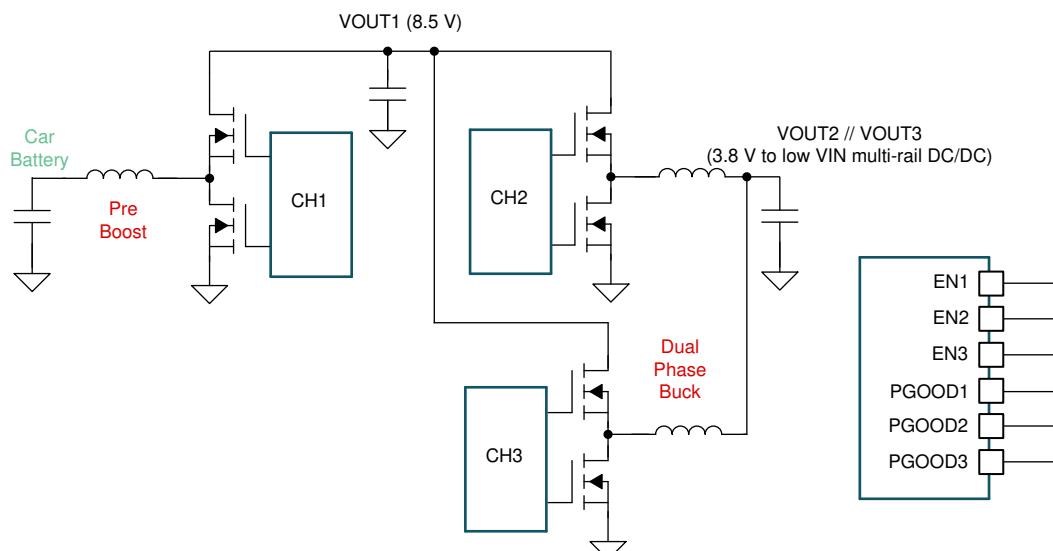


图 9-11. 预升压 + 双相降压配置

在此三个单相降压配置中，BIAS 引脚应连接到降压转换器的输入端。

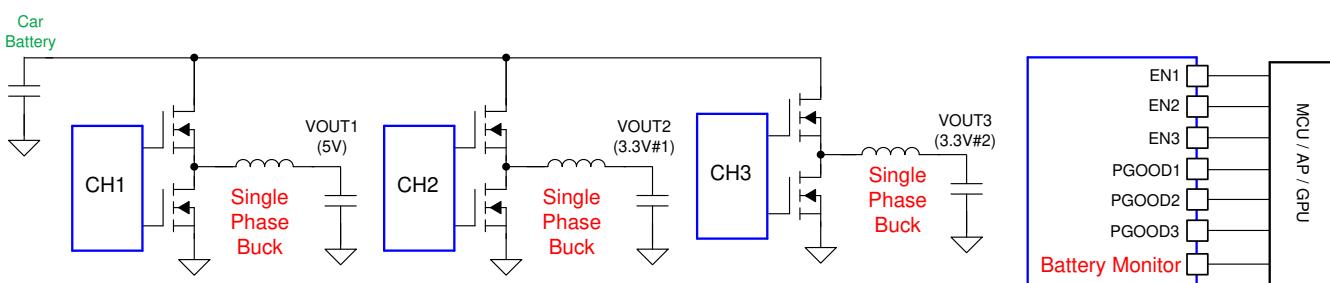


图 9-12. 三个单相降压 + 电池监测器配置

在这一双相降压 + 单相降压配置中，BIAS 引脚应连接至降压转换器的输入端。

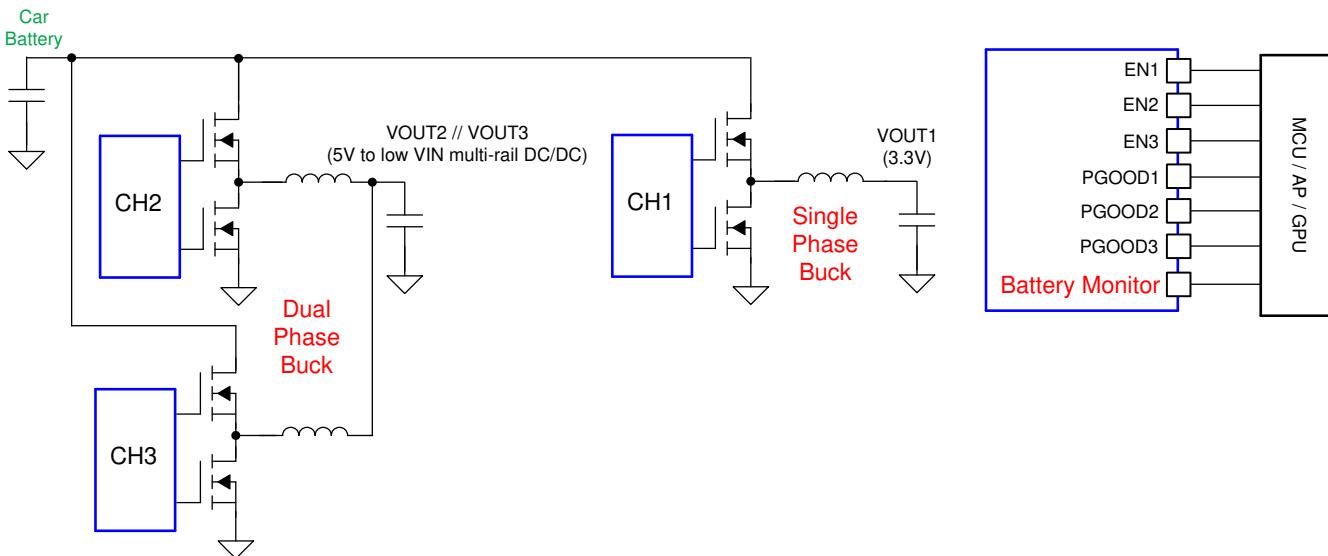


图 9-13. 双相降压 + 单相降压 + 电池监测器配置

在此配置中，BIAS 和 SENSE1 引脚应连接到升压转换器的输出端。

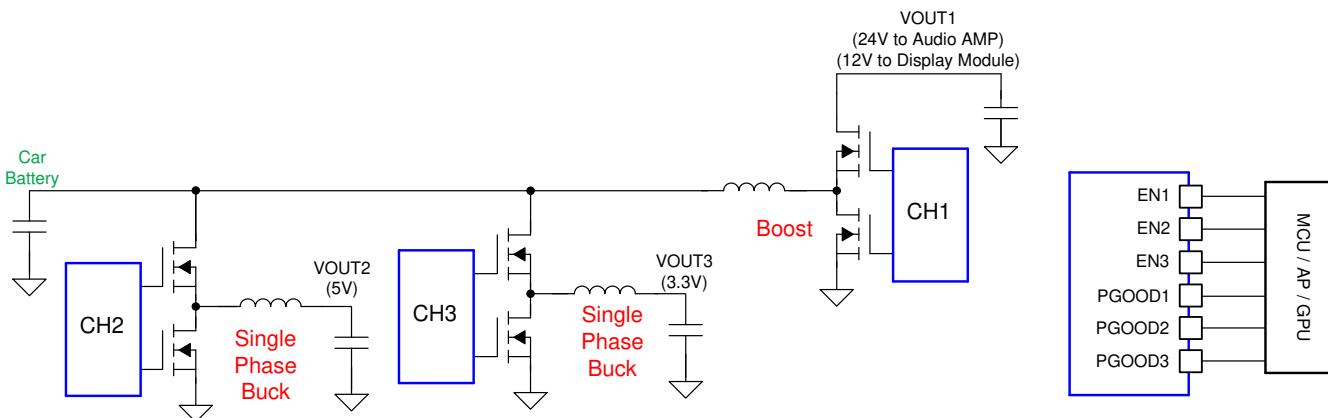


图 9-14. 两个单相降压转换器与升压并联配置

BIAS 和 SENSE1 引脚应连接到降压转换器输入端。SW1 引脚应连接到 PGND1 引脚。HO1 引脚可以保持悬空。在非同步升压配置中，HB1 引脚应连接到 VCC 引脚。

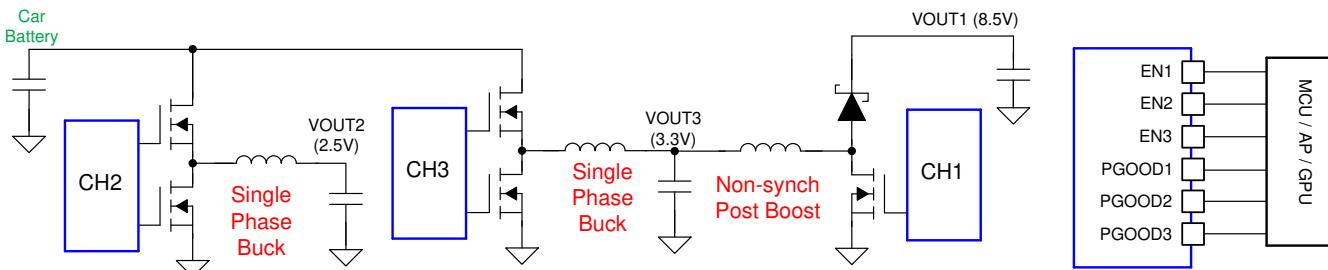


图 9-15. 两个单相降压 + 非同步后升压配置

BIAS 引脚应连接到降压转换器输入端。SENSE1 和 SW1 引脚应连接到 PGND1 引脚。HO1 应通过交流耦合电容器连接到高边 MOSFET。在这个同步 SEPIC 配置中，HB1 应连接至 VCC。

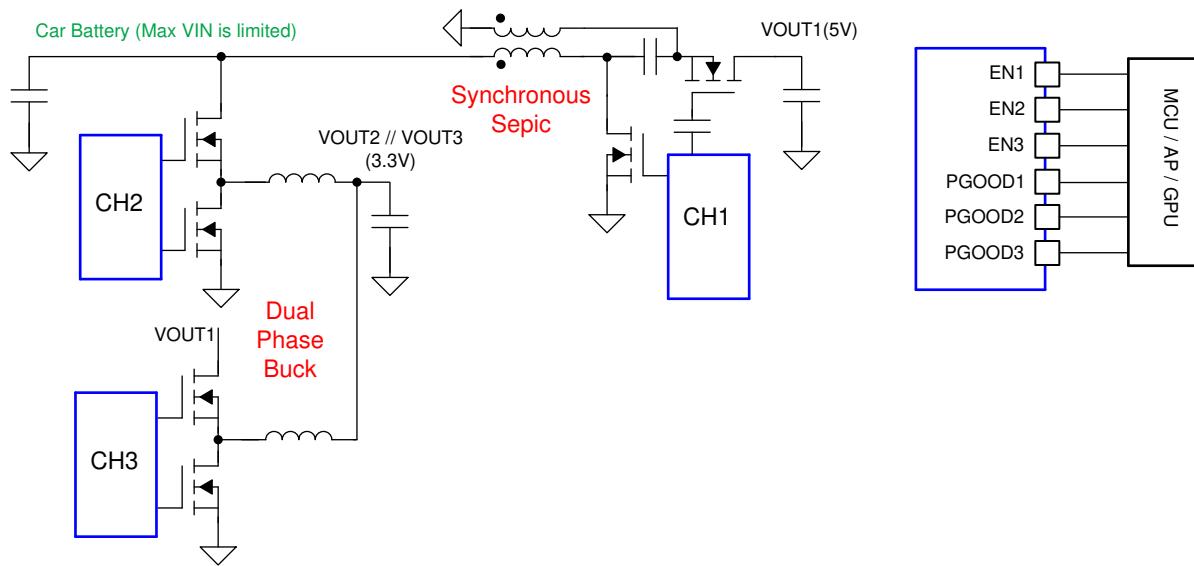


图 9-16. 双相降压与同步 SEPIC 并联配置

## 10 电源相关建议

该器件设计为使用电压范围为 0.8V 至 42V 的电源或电池运行。输入电源必须能够提供最大升压电源电压并在 0.8V 电压下处理最大输入电流。电源和电池 (包括电缆) 的阻抗必须足够低, 以使输入电流瞬态不会导致压降过大。转换器的电源输入端可能需要额外的输入陶瓷电容器。

## 11 布局

### 11.1 布局指南

以下项目必须应用于每个通道。

- 在顶层组装器件。
- 将 PGND1、PGND2 和 PGND3 引脚直接连接到顶层的 DAP。
- 在底层的 VCC 和 DAP 之间组装一个公共  $10 \mu F$  VCC 电容器。
- 在 CSA-CSB 处使用差模滤波器 (  $100 \Omega$  和  $220pF$  )。将  $100 \Omega$  连接到 CSA。
- 将 CSA 和 CSB 走线并联。
- 在顶层的 HB 和 SW 之间组装  $0.1 \mu F$  HB 电容器。
- 在升压模式下将 SENSE1 引脚连接到高边 MOSFET 的漏极连接。
- 将 SENSE1 引脚连接到 SEPIC 拓扑中的输出。
- 在 BIAS 和接地端之间连接一个  $1 \mu F$  BIAS 电容器。
- 在 VDD 和 AGND 引脚间连接一个  $0.1 \mu F$  VDD 电容器。
- 在 COMP 和 AGND 之间连接环路补偿元件。

以下项目必须应用于每个降压通道。

- 在顶层的 VCC 和 PGND 之间组装  $0.1 \mu F$  本地 VCC 电容器。
- 从本地 VCC 电容器的正极连接到顶层 HB 电容器的正极连接，组装本地自举二极管 ( 肖特基二极管 )。
- 从 HO 到高边 MOSFET 的栅极组装最小  $1.5 \Omega$  的栅极电阻器，并且并联组装下拉 PNP 晶体管。
- 从 LO 到低边 MOSFET 的栅极组装最小  $1.5 \Omega$  的栅极电阻器，并且并联组装下拉 PNP 晶体管。
- 使用其  $r_{DS(on)}$  在室温下大于  $8m\Omega$  的低边 MOSFET。
- 使用最小  $2.5mm$  宽的走线 ( 长度  $< 0.8$  英寸 ) 将低边 MOSFET 的源极连接直接连接到 PGND。
- 使用最小  $2.5mm$  宽的走线 ( 长度  $< 0.8$  英寸 ) 将低边 MOSFET 的漏极连接直接连接到 SW。
- 并联 SW 和 PGND。

当 CH2 和 CH3 配置为双相交错降压时，必须应用以下项目。

- 将两个  $R_S$  电阻器尽可能靠近放置。
- 在两个电阻器和输出接地之间的中点放置一个陶瓷输出电容器。

## 11.2 布局示例

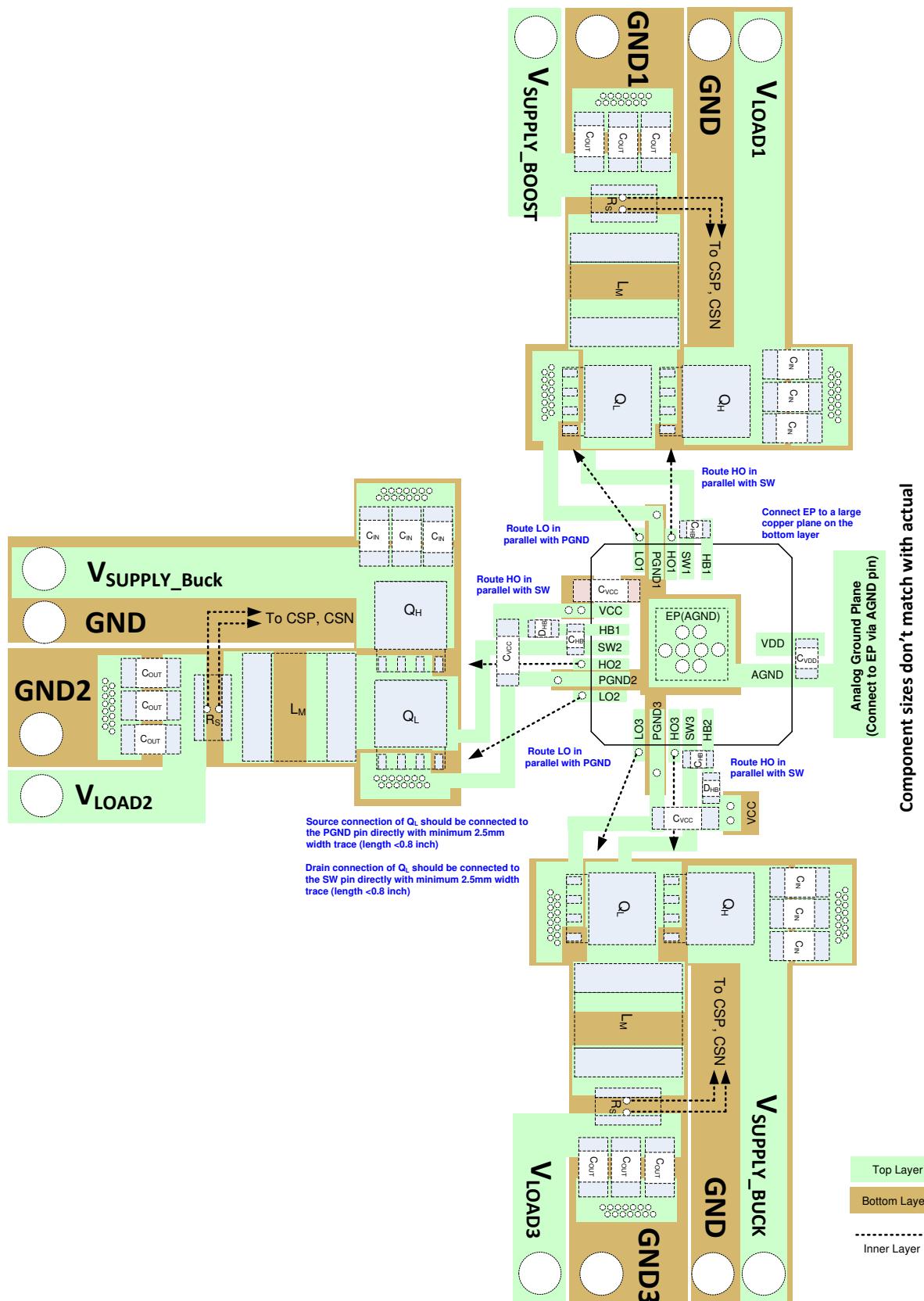


图 11-1. PCB 布局示例

## 12 器件和文档支持

### 12.1 器件支持

#### 12.1.1 第三方产品免责声明

TI 发布的与第三方产品或服务有关的信息，不能构成与此类产品或服务或保修的适用性有关的认可，不能构成此类产品或服务单独或与任何 TI 产品或服务一起的表示或认可。

#### 12.1.2 开发支持

相关开发支持请参阅以下资源：

- [LM5127-Q1 快速入门计算器](#)
- [如何使用 LM5127 进行单相升压、单相降压和双相降压设计](#)

### 12.2 文档支持

#### 12.2.1 相关文档

请参阅以下相关文档：

德州仪器 (TI) , [LM5127EVM-FLEX 评估模块](#)

#### 12.3 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 [ti.com](#) 上的器件产品文件夹。点击 [订阅/更新](#) 进行注册，即可每周接收产品信息更改摘要。有关更改的详细信息，请查看任何已修订文档中包含的修订历史记录。

### 12.4 支持资源

[TI E2E™ 支持论坛](#)是工程师的重要参考资料，可直接从专家获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题可获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的 [《使用条款》](#)。

### 12.5 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

### 12.6 静电放电警告



静电放电 (ESD) 会损坏这个集成电路。德州仪器 (TI) 建议通过适当的预防措施处理所有集成电路。如果不遵守正确的处理和安装程序，可能会损坏集成电路。

ESD 的损坏小至导致微小的性能降级，大至整个器件故障。精密的集成电路可能更容易受到损坏，这是因为非常细微的参数更改都可能会导致器件与其发布的规格不相符。

### 12.7 术语表

#### TI 术语表

本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

## 13 机械、封装和可订购信息

下述页面包含机械、封装和订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。有关此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

**PACKAGING INFORMATION**

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package   Pins	Package qty   Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
LM5127QRGZRQ1	Active	Production	VQFN (RGZ)   48	2500   LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 150	LM5127Q
LM5127QRGZRQ1.A	Active	Production	VQFN (RGZ)   48	2500   LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-40 to 150	LM5127Q

<sup>(1)</sup> **Status:** For more details on status, see our [product life cycle](#).

<sup>(2)</sup> **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

<sup>(3)</sup> **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the [TI RoHS Statement](#) for additional information and value definition.

<sup>(4)</sup> **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

<sup>(5)</sup> **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

<sup>(6)</sup> **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

**Important Information and Disclaimer:** The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

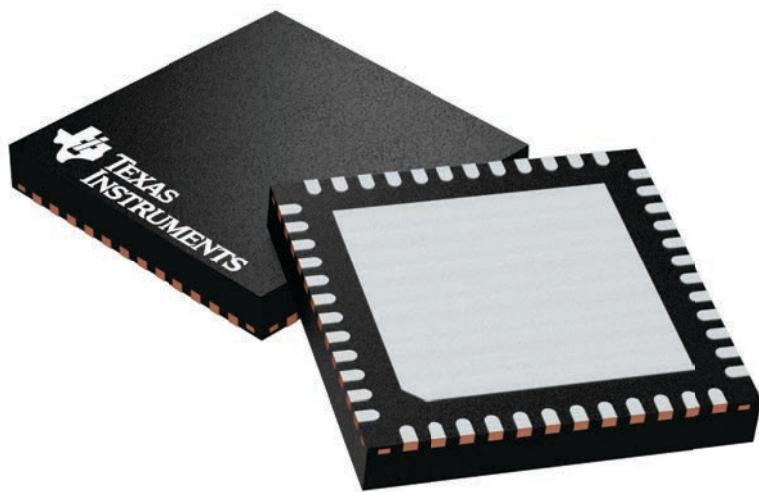
## GENERIC PACKAGE VIEW

**RGZ 48**

**VQFN - 1 mm max height**

7 x 7, 0.5 mm pitch

PLASTIC QUADFLAT PACK- NO LEAD



Images above are just a representation of the package family, actual package may vary.  
Refer to the product data sheet for package details.

4224671/A

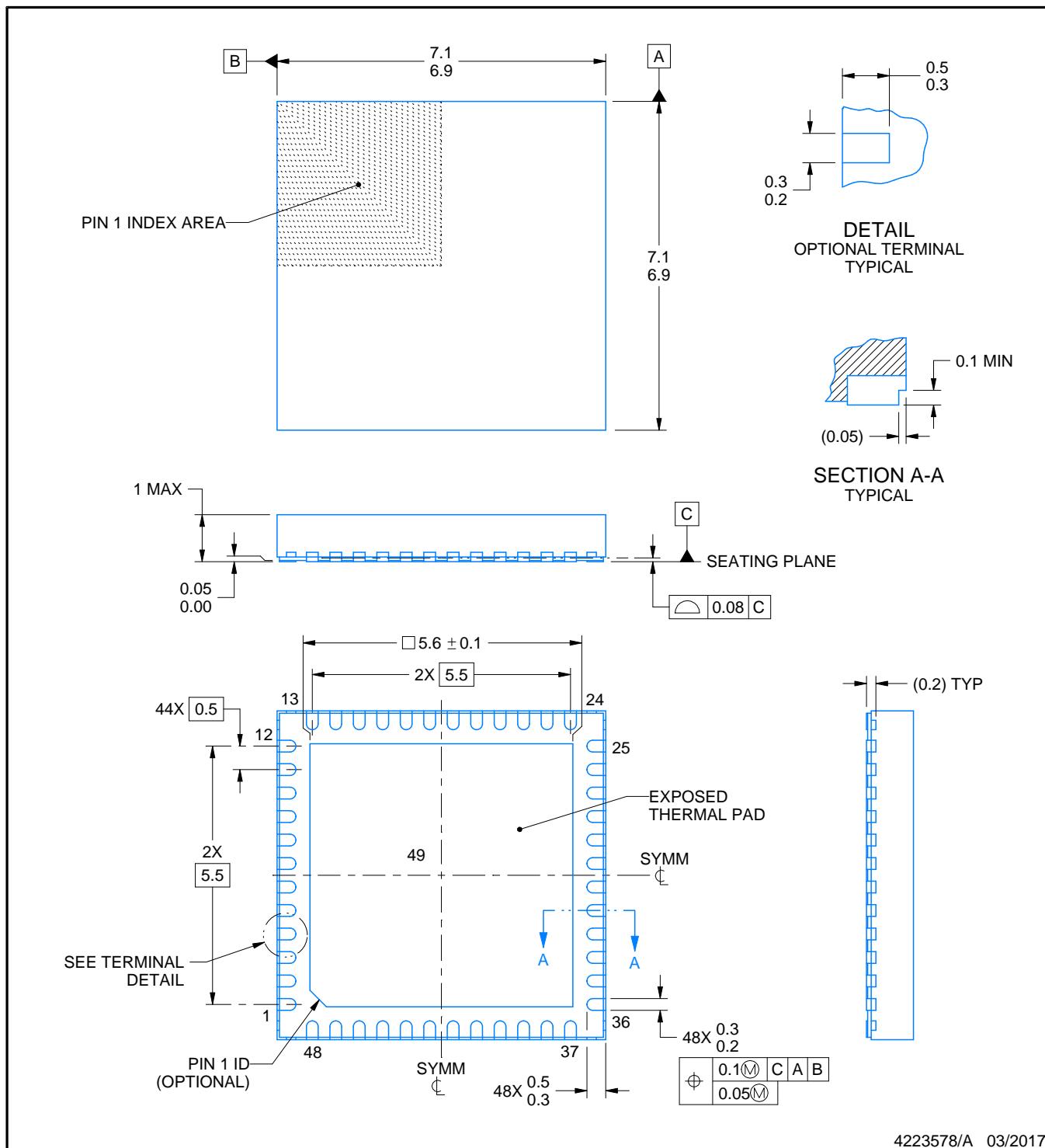
## PACKAGE OUTLINE

**RGZ0048M**



## VQFN - 1 mm max height

**PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD**



4223578/A 03/2017

## NOTES:

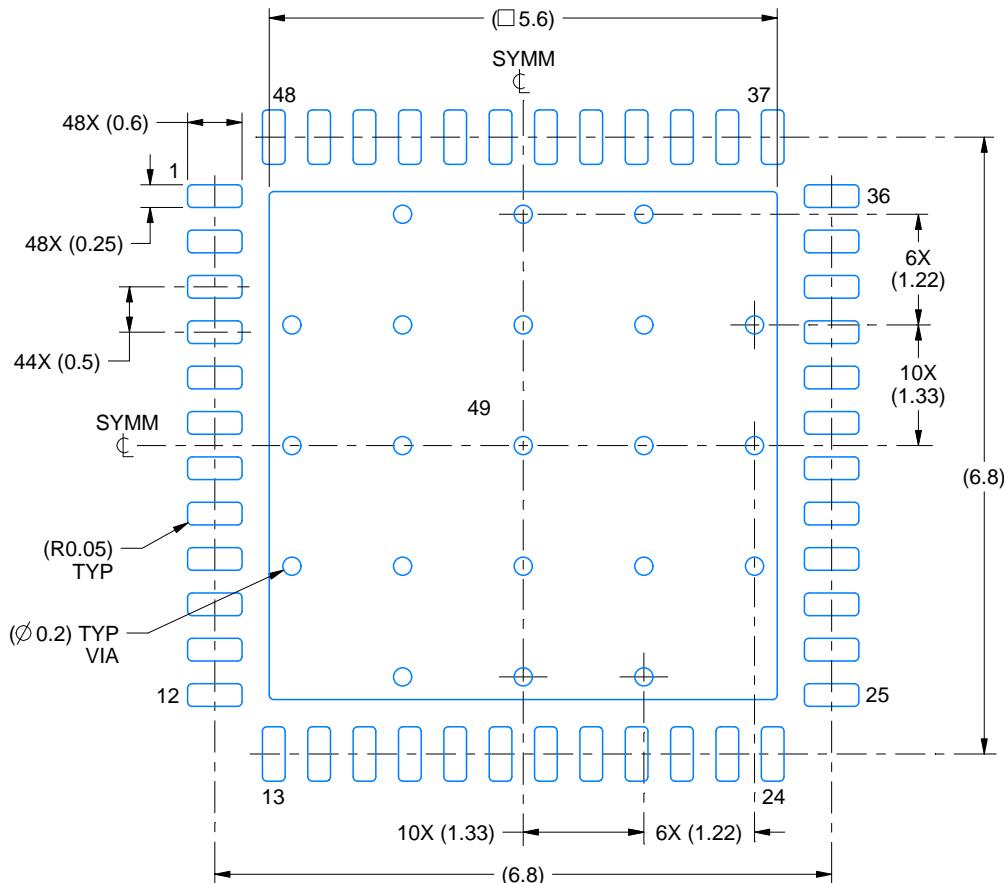
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
  2. This drawing is subject to change without notice.
  3. The package thermal pad must be soldered to the printed circuit board for thermal and mechanical performance.

# EXAMPLE BOARD LAYOUT

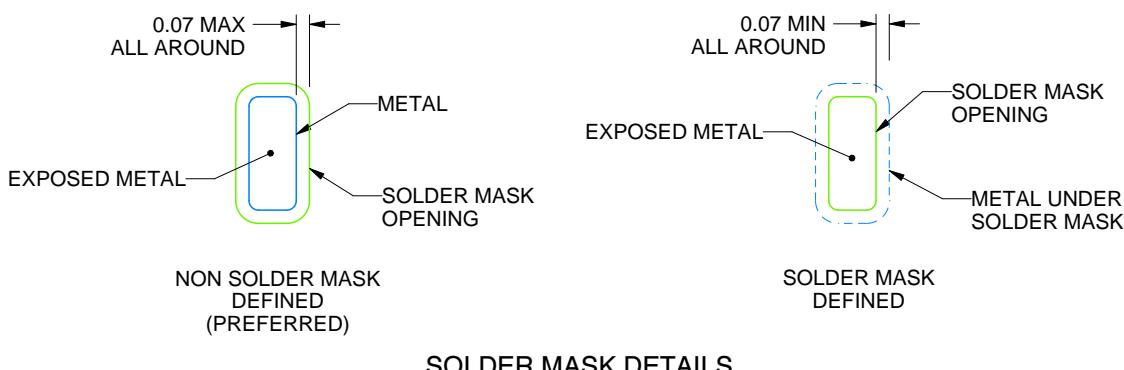
RGZ0048M

VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



LAND PATTERN EXAMPLE  
EXPOSED METAL SHOWN  
SCALE:12X



SOLDER MASK DETAILS

4223578/A 03/2017

NOTES: (continued)

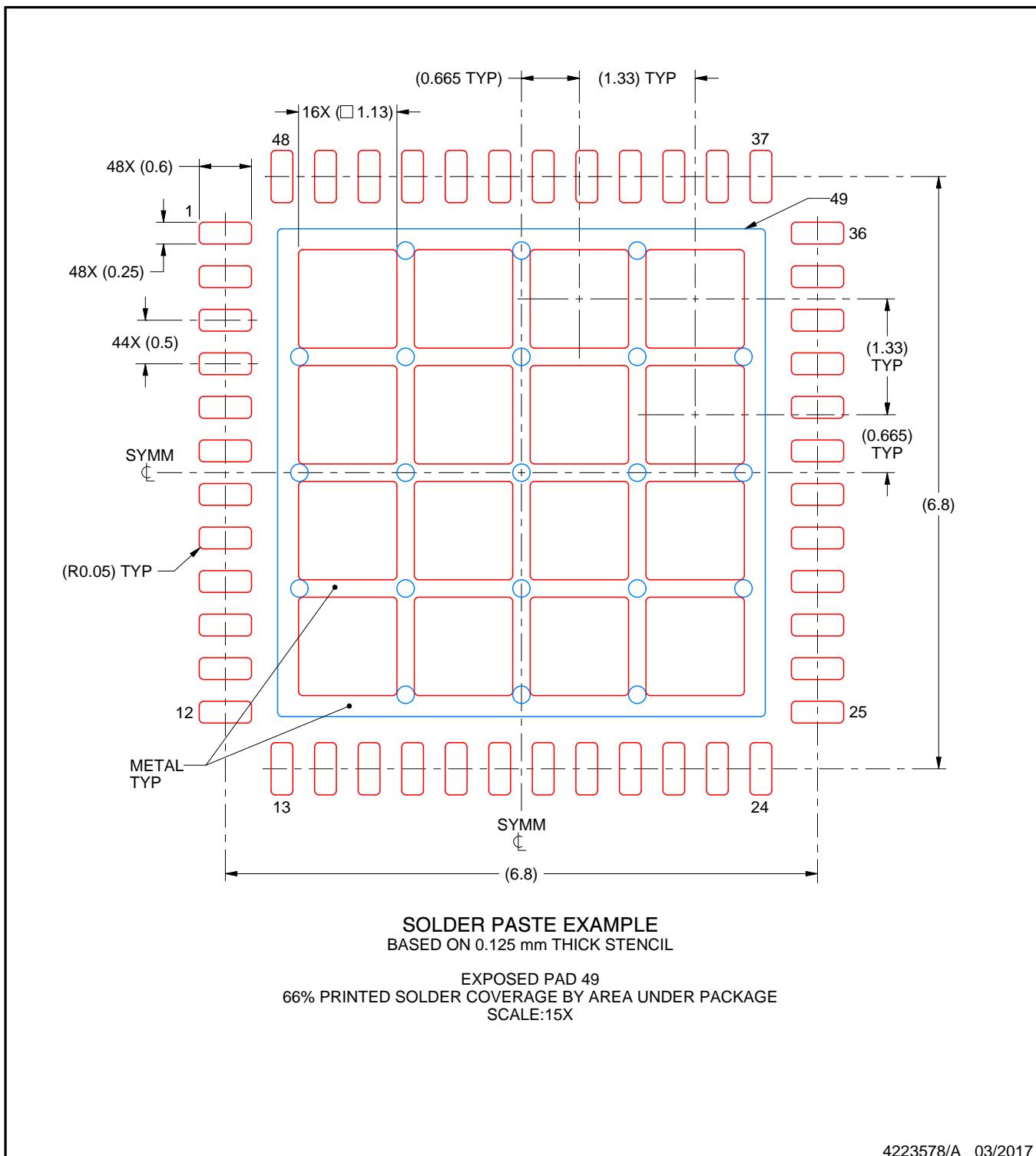
4. This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 ([www.ti.com/lit/slua271](http://www.ti.com/lit/slua271)).
5. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. If any vias are implemented, refer to their locations shown on this view. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.

# EXAMPLE STENCIL DESIGN

RGZ0048M

VQFN - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



NOTES: (continued)

6. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.

## 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出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