

# 具有升压和有源电流辅助与模拟旁路 (ACB) 的 LM3248 2.7MHz, 2.5A 可调升压 - 降压直流/直流转换器

 查询样片: [LM3248](#)

## 特性

- **0.4V 至 4.0V** (典型值) 的可调输出电压  $V_{OUT}$
- **2.7V 至 5.5V** 的输入电压范围  $V_{IN}$
- 支持无缝转换的升压-降压和降压 (升压-旁路) 工作模式
- **2.5A** 负载电流能力
- 高转换效率 (典型值 **>90%**)
- 具有无缝转换的高效脉冲频率调制 (PFM) / 脉宽调制 (PWM) 模式
- 极快的瞬态响应: **10 $\mu$ s**
- **ACB** 减小了电感器尺寸要求
- 抖动以辅助接收频带噪声兼容

## 应用范围

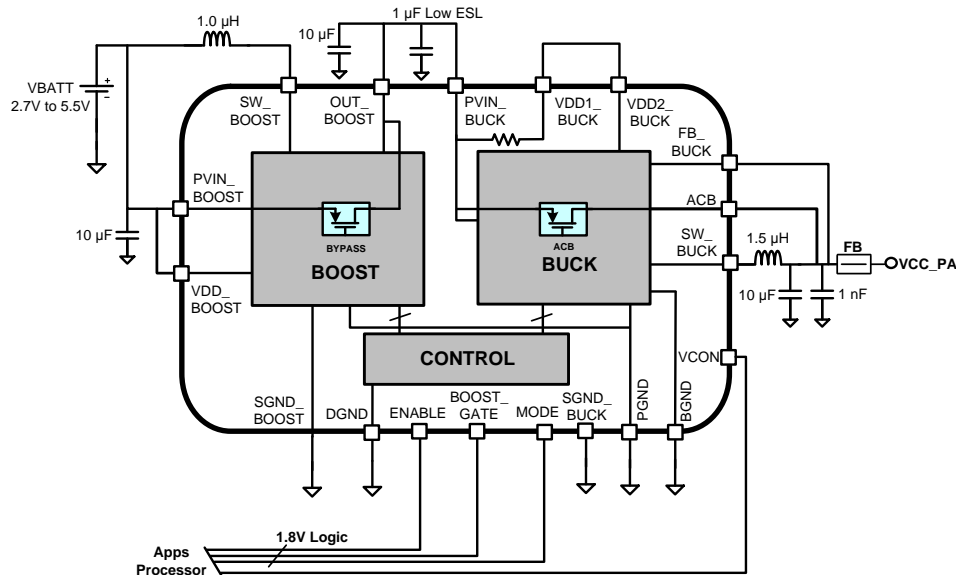
- 多模式 **2G/3G/4G** 和 **3GPP/LTE** 智能手机和平板电脑
- 手持无线电
- 射频 (RF) 移动器件

## 说明

LM3248 是一款 PWM/PFM 升压-降压直流/直流转换器, 此转换器在宽电压范围内有效利用电池电量。此器件架构适用于先进的 RF 前端系统, 此系统要求动态电压和电流以支持运行在 2G/3G/4G 和 3GPP/LTE 模式下的收敛功率放大器架构。例如, LM3248 被设计用来在保持某些全新功耗减少 CMOS 功率放大器 (PA) 所要求的 PFM 模式的同时, 产生更高的输出电压。超快速的升压-降压功能减少 RF PA 系统开销功率耗散, 从而延长了电池所支持的通话时间。此器件将运行在 2.7V 至 5.5V 的  $V_{IN}$  电压范围内, 并且可在 2.5A 的最大电流负载下, 在 0.4V 至 4.0V 的范围内调节输出电压  $V_{OUT}$ 。

LM3248 采用 30 焊锡凸点无引线薄型芯片级球栅阵列 (DSBGA) 封装。

## 典型应用图



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

All trademarks are the property of their respective owners.

## 说明（继续）

LM3248 采用升压和可变输出降压直流/直流转换器。一个单个封装内组合在一起的级联升压和降压转换器非常适合用于为最新的多模式/多标准 RF 功率放大器供电。此升压转换器提供 RF 电源子系统功能以便在较低的电池电压下运行，并且保持增加的 PA 线性以及在较宽的电池电压范围内发送功率裕度。

此降压转换器具有一个独特的有源电流辅助与模拟旁路 (ACB) 特性来大大减小电感器尺寸，而在压降前，在整个电池电压和 RF 输出功率范围内，不会对输出稳压造成任何损耗。ACB 可在需要时提供一条并联电流路径，以在仍然驱动 2.5A 负载的同时大大增加电感器电流。LM3248 也可被配置为一个仅降压转换器，此转换器具有一个升压旁路特性来在无需升压时用尽可能少的压降电压来实现尽可能的高效运行。

为了在满负载和轻负载情况下都实现高效运行，LM3248 在脉宽调制 (PWM) 和脉冲频率调制 (PFM) 之间进行自动且无缝转换。

## 连接图

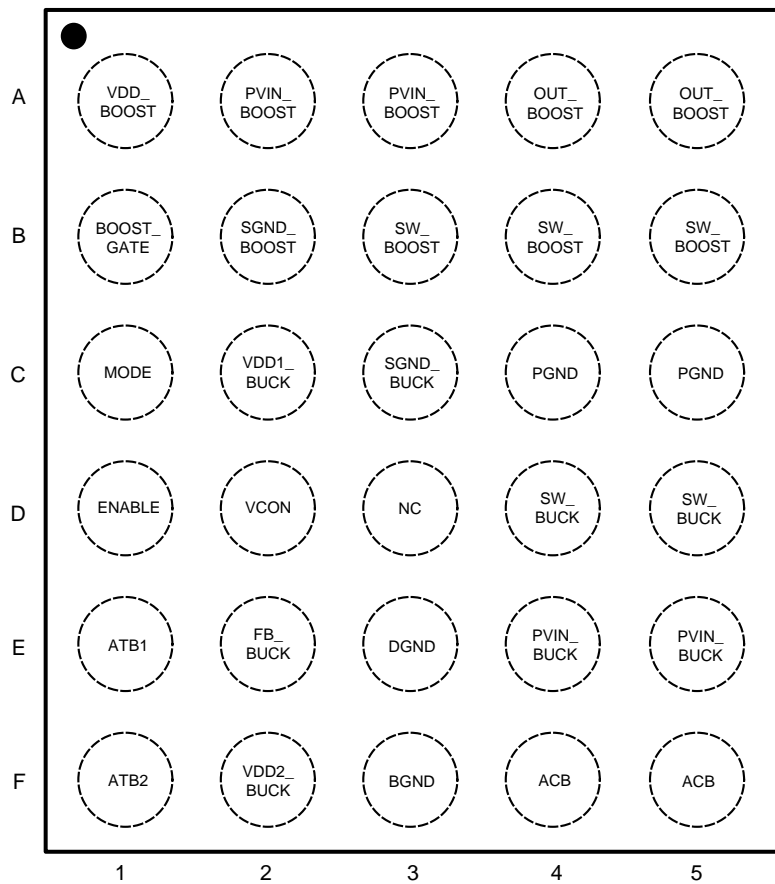


图 1. 30 焊锡凸点薄型芯片级球状引脚栅格阵列 (DSBGA) 封装 (焊球间距 0.4mm)  
(顶视图, 焊锡凸点在下方)

**引脚说明**

引脚 #	名称	I/O	说明
A1	VDD_BOOST	-	针对升压模拟块的电源电压输入。被连接至 V <sub>BATT</sub> 电源。
A2	PVIN_BOOST	-	针对旁路场效应晶体管 (FET) 的电源电压输入。
A3			
A4	OUT_BOOST	O	升压转换器输出。当升压和降压激活时，OU_BOOST 必须被外部连接至 PVIN_BUCK。一个 10μF 电容器必须被放置在这个节点和接地之间。被内部连接至 BUCK 电压输入并反馈到升压误差放大器的反相输入。
A5			
B1	BOOST_GATE	I	数字输入。一个低电平到高电平转换唤醒升压转换器并将其置于高电平，以便为一个可能的 VCON 变换做好准备。
B2	SGND_BOOST	-	针对升压模拟块的模拟接地。
B3	SW_BOOST	I/O	升压转换器开关节点。当升压和降压被激活时，通常将 SW_BOOST 经由外部功率电感器连接到 V <sub>BATT</sub> 电源上。
B4			
B5			
C1	MODE	I	数字输入。低电平 = 3G/4G (PWM/PFM) 运行；高电平 = 2G (只适用于 PWM 模式) 运行。
C2	VDD1_BUCK	-	针对降压模拟 PWM 块的电源电压输入。当与升压模式一同使用时，被内部连接至 PVIN_BUCK。如果使用了仅降压模式，那么必须被直接连接至 V <sub>BATT</sub> 电源。
C3	SGND_BUCK	-	针对降压模拟块的模拟接地。
C4	PGND	-	针对输出场效应晶体管 (FET) 的电源接地。
C5			
D1	ENABLE	I	输入。芯片使能。设置 ENABLE = 高电平偏置降压并且初始化由降压转换器进行的 VCON 稳压。
D2	VCON	I	控制降压输出电压的模拟电压控制输入。
D3	NC	-	无连接；将这个引脚保持悬空。
D4	SW_BUCK	O	用于外部滤波器电感器连接的降压转换器开关节点。
D5			
E1	ATB1	-	测试引脚。连接至 SGND 或系统接地。
E2	FB_BUCK	-	到误差放大器的反相输入的反馈输入。将降压输出直接接至这个节点。
E3	DGND	-	针对升压、降压和 RFET 数字块的接地。
E4	PVIN_BUCK	-	针对 PFET 和 ACB FET 的电源输入。一个 10μF 电容器必须被放置在这个节点和 PGND 之间。必须被外部连接至 OUT_BOOST。
E5			
F1	ATB2	-	测试引脚。连接至 SGND 或系统接地。
F2	VDD2_BUCK	-	针对降压模拟 PWM 块的电源电压输入。当与升压模式一同使用时，被内部连接至 PVIN_BUCK。
F3	BGND	-	针对 ACB 旁路电路的接地。
F4	ACB	-	有源电流辅助和旁路输出。被连接至降压转换器输出滤波电容器。
F5			



ESD 可能会损坏该集成电路。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措施和安装程序，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。

最大绝对额定值<sup>(1)(2)</sup>

VBATT 引脚接地 (PVIN_BOOST, VDD_BOOST, SW_BOOST, PVIN_BUCK, VDD1_BUCK, VDD2_BUCK, SW_BUCK, ACB, SGND_BOOST, SGND_BUCK, BGND, PGND)	-0.2V 至 +6.0V
BOOST_GATE, MODE, ENABLE, OUT_BOOST, FB_BUCK, VCON	(GND -0.2V 至 P <sub>VIN_BOOST</sub> +0.2V)
结温 (T <sub>J-MAX</sub> )	+150°C
储存温度范围	-65°C 至 +150°C
持续功率耗散 <sup>(3)</sup>	受到内部限制
最大引线温度 (焊接时, 10 秒钟)	+260°C
静电放电 (ESD) 额定值 <sup>(4)</sup> 人体模型	2kV

- (1) 超出最大绝对额定值下列出的值的应力可能会对器件造成永久损坏。这些仅为在应力额定值下的工作情况，对于额定值下的器件的功能性操作以及在超出推荐的运行条件下标明的任何其它条件下的操作，在此并未说明。长时间处于最大绝对额定情况下会影响设备的可靠性。
- (2) 所有电压相对于 GND 引脚上的电压。LM3248 设计用于手机应用，在此类应用中，加电后接通由系统控制器控制并且为了实现内部欠压闭锁 (UVLO) 电路，对于小型封装尺寸的要求超过了对于增加裸片尺寸的需求。因此，在输入电压超过 2.5V 前，通过将 EN 引脚保持在低电平来将其保持在关断状态。
- (3) 内部热关断电路保护器件不受永久损坏。热关断在 T<sub>J</sub> = 150°C (典型值) 时起作用并在 T<sub>J</sub> < 130°C (典型值) 时失效
- (4) 人体模型是一个通过 1.5kΩ 电阻器对每个引脚放电的 100pF 电容器。(MIL-STD-883 3015.7)

推荐的运行条件<sup>(1)</sup>

输入电压范围 V <sub>BATT</sub>	2.7V 至 5.5V
升压输出, 降压输入范围	2.7V 至 5.5V
建议负载电流	0A 至 2.5A
结温 (T <sub>J</sub> ) 范围	-30°C 至 +125°C
环境温度 (T <sub>A</sub> 范围)	-30°C 至 +90°C

- (1) 所有电压相对于 GND 引脚上的电压。LM3248 设计用于手机应用，在此类应用中，加电后接通由系统控制器控制并且为了实现内部欠压闭锁 (UVLO) 电路，对于小型封装尺寸的要求超过了对于增加裸片尺寸的需求。因此，在输入电压超过 2.5V 前，通过将 EN 引脚保持在低电平来将其保持在关断状态。

## 热属性

结至环境热阻 (θ <sub>JA</sub> ) <sup>(1)</sup> 30 焊锡凸点 DSBGA	38°C/W
---	--------

- (1) 结至环境热阻 (θ<sub>JA</sub>) 由热建模结果而定，JEDEC 标准 JESD51-7 中提出了热建模的执行条件和原则，并且视电路板而定。

## 电气特性（升压）

标准字体显示的是  $T_A = 25^\circ\text{C}$  时的限值。用黑体字显示的限值适用于整个运行环境温度范围 ( $-30^\circ\text{C} \leq T_A \leq +90^\circ\text{C}$ )。除非另外注明，否则全部技术规格适用于  $V_{\text{BATT}} = 3.0\text{V}$  并且升压转换器处于闲置 (IDLE) 状态时的情况。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值 40V	单位
$I_{\text{LIM-BOOST,PFET}}$	PFET 谷值电流限值	开环路 <sup>(1)</sup> , $V_{\text{CON}} = 1.44\text{V}$ , $V_{\text{OUT\_BUCK}} = 3.6\text{V}$		4.1		A
$F_{\text{OSC-Boost}}$	升压内部振荡器频率	2G/3G/4G 模式, PWM 模式, 平局值		2.7		MHz

(1) 电流限值是固有的、固定的并且不可调。

## 系统特性（升压）

以下技术规格表条目由设计和验证指定，此验证提供典型应用图中的组件值： $L = 1.0\mu\text{H}$  (东光 1276AS-H-1R0N)； $C_{\text{IN}} = 10\mu\text{F}$  (牧田 GRM155R61A106M)；和  $C_{\text{OUT}} = 1\mu\text{F}$  (太阳诱电 LWK107B7105KA-T) +  $10\mu\text{F}$  (牧田 GRM155R61A106M) 这些参数未经量产测试验证。<sup>(1)</sup> (在<sup>(2)</sup>中给出了升压级输出电压等式。) 最小和最大值在环境温度范围  $T_A = -30^\circ\text{C} \leq T_A \leq 90^\circ\text{C}$  内指定。除非另外注明，典型值是在  $V_{\text{BATT}} = 3.0\text{V}$ ，降压转换器处于闲置状态，并且  $T_A = 25^\circ\text{C}$  时指定的。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值 40V	单位
$V_{\text{OUT\_BOOST}}$	升压输出电压	升压旁路模式	2.7		5.5	V
		$V_{\text{CON}} = 1.60\text{V}$ , MODE = 低电平 (3G/4G), 负载 = 100mA <sup>(2)</sup>		4.45		
		$V_{\text{CON}} = 1.46\text{V}$ , MODE = 高电平 (2G), 负载 = 100mA <sup>(2)</sup>		4.65		
$V_{\text{GOTOBOOST}}$	升压接通阈值电压	MODE = 低电平; BOOST_GATE = 高电 平; SW_BOOST = 切换; $V_{\text{CON}} = (V_{\text{BATT}} - V_{\text{GOTOBOOST}}) / 2.5$	-50	0	37	mV
		MODE = 高电平; BOOST_GATE = 高电 平; SW_BOOST = 切换; $V_{\text{CON}} = (V_{\text{BATT}} - V_{\text{GOTOBOOST}}) / 2.5$		125		
$T_{\text{ENABLE to BOOST\_GATE}}$	从 ENABLE = 高电平 (并且保持 稳定) 到 BOOST_GATE 上升边 沿的最短时间	初始为闲置状态: 升压处于 0% 占空比 (旁 路)	25			$\mu\text{s}$
$T_{\text{BOOST\_GATE\_Active}}$	在下一个 TTI 槽边界到将 BOOST_GATE 信号置为有效的 最短时间	BOOST_GATE 信号在这个时间间隔内必须 保持高电平	45			
$I_{\text{IN-BOOST-MAX}}$	在一个 2G 突发上的平均最大输入 电流 (RMS)	$V_{\text{BATT}} = 2.7\text{V}$ , $V_{\text{OUT\_BOOST}} = 4.2\text{V}$ PA 在 GSM 突发期间激活 <sup>(2)</sup>	3.5			A
Duty Cycle <sub>MAX-BOOST</sub>	PWM 最大占空比	$I_{\text{OUT-BOOST}} < 1\text{mA}$		70		%
$V_{\text{LINE-TR}}$	线路瞬态响应	$V_{\text{BATT}} = 3.4\text{V}$ 至 $3.7\text{V}$ , $\Delta V = \pm 300\text{mV}$ , $T_{\text{R}} = T_{\text{F}} = 10\mu\text{s}$ , $V_{\text{OUT\_BUCK}} = 3.7\text{V}$ , $R_{\text{LOAD\_BUCK}} = 4\Omega$ , MODE = 3G/4G <sup>(2)</sup>		150		mVpp
$V_{\text{LOAD-TR}}$	负载瞬态响应	$V_{\text{BATT}} = 2.7\text{V}$ , $I_{\text{OUT\_BUCK}} = 10\text{mA}$ 至 850mA, $I_{\text{OUT}}$ , $T_{\text{R}} = T_{\text{F}} = 10\mu\text{s}$ $V_{\text{OUT\_BUCK}} = 3.7\text{V}$ , MODE = 3G/4G <sup>(2)</sup>		600		
$V_{\text{BOOST-RIPPLE}}$	最坏情况下的升压纹波电压	$V_{\text{BATT}} = 2.7\text{V}$ , $V_{\text{BOOST}} = 3.4\text{V}$ , $I_{\text{OUT}} = 2\text{A}$ , 2G 模式 ( $V_{\text{BOOST}}$ 和 $V_{\text{OUT}}$ 之间足够的净空)		100		mVpp

(1) 参数由设计、特性测试或统计分析指定。典型值未经生产验证，但是的确代表了大多数可能的标准。

(2)  $V_{\text{OUT-BOOST}} = V_{\text{CON}} * 2.5 + [\approx 450\text{mV}(3\text{G}/4\text{G}) \text{ 或 } \approx 950\text{mV}(2\text{G})]$ .

## 电气特性（降压）

标准字体显示的是  $T_A = T_J = 25^\circ\text{C}$  时的限值。黑体字显示的限值适用于整个运行环境温度范围 ( $-30^\circ\text{C} \leq T_A \leq +90^\circ\text{C}$ )。除非另外注明，否则全部技术规格在  $V_{\text{BATT}} = 3.8\text{V}$  时适用。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值 <b>40V</b>	单位
$V_{\text{FB,MIN}}$	低电平设置时的反馈电压	$V_{\text{CON}} = 0.16\text{V}$ , $\text{MODE} = \text{高电平}^{(1)(2)}$	<b>0.35</b>	0.4	<b>0.45</b>	V
$V_{\text{FB,MAX}}$	高电平设置时的反馈电压	$V_{\text{CON}} = 1.6\text{V}$ , $\text{MODE} = \text{高电平}$ , $V_{\text{BATT}} = 5.0\text{V}^{(1)(2)}$	<b>3.88</b>	4.0	<b>4.12</b>	
$I_{\text{LIM,PFET,Steady State}}$	正稳定状态峰值电流限值	$V_{\text{OUT}} = 1.5\text{V}^{(3)}$	<b>1.34</b>	1.45	<b>1.65</b>	A
$I_{\text{P-ACB, 2G}}$	正有源电流辅助峰值电流限值	$V_{\text{CON}} = 0.6\text{V}$ , $V_{\text{ACB}} = 2.8\text{V}^{(3)}$	<b>1.40</b>	1.70	<b>2.0</b>	
$I_{\text{LIM, NFET}}$	NFET 开关负峰值电流限值	$V_{\text{CON}} = 1.0\text{V}^{(3)}$		-1.50	<b>-1.31</b>	$\mu\text{A}$
$I_{\text{SHDN}}$	关断电源电流 $I_{\text{BATT}}$	$\text{ENABLE} = \text{低电平}^{(4)}$		0.02	<b>4</b>	
$I_{\text{Q\_PFM}}$	来自 $V_{\text{BATT}}$ 的直流偏置电流	$\text{ENABLE} = \text{高电平}$		260	<b>350</b>	$\mu\text{A}$
$I_{\text{Q\_PWM}}$		$\text{ENABLE} = \text{高电平}$		1010	<b>1100</b>	
$F_{\text{OSC}}$	内部振荡器频率	2G/3G/4G 模式, PWM 模式, 平均值	<b>2.484</b>	2.7	<b>2.916</b>	MHz

- (1) 电气特性表内的参数在开环路条件 ( $V_{\text{BATT}} = 3.8\text{V}$  时) 下进行的测试，除非另外指定。要获得输入电压范围内的性能和闭环测试结果，请参考数据表曲线图。
- (2)  $V_{\text{OUT-BOOST}} = V_{\text{CON}} * 2.5 + [\approx 450\text{ mV}(3\text{G}/4\text{G}) \text{ 或 } \approx 950\text{ mV}(2\text{G})]$ 。
- (3) 电流限值是固有的、固定的并且不可调。
- (4) 关断电流包括 PFET 的泄漏电流。

**系统特性（降压）**

以下的技术规格表条目由设计和验证指定，验证提供了**典型应用图**中被使用的组件值： $L = 1.5\mu\text{H}$  (东光 1285AS-H-1R5N)； $C_{\text{IN}} = 10\mu\text{F}$  (牧田 GRM155R61A106A)；并且  $C_{\text{OUT}} = 10\mu\text{F} + 4.7\mu\text{F}$  (牧田 GRM155R61A106A, GRM155R61A475MEAA) +  $4 \times 1.0\mu\text{F}$  (牧田 GRM033R60J105M)。这些参数未经量产测试验证。<sup>(1)</sup>最小和最大值在环境温度范围  $T_A = -30^\circ\text{C} \leq T_A \leq 90^\circ\text{C}$  内指定。典型值在  $V_{\text{BATT}} = 3.8\text{V}$  并且  $T_A = 25^\circ\text{C}$  时指定，除非另外说明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值 40V	单位
T	BOOST_GATE = 高电平之后（在 VCON 能够变化前）所需要的时间延迟	ENABLE = 高电平	30			$\mu\text{s}$
T <sub>RESPONSE</sub>	V <sub>OUT</sub> 从 0V 上升至 3.4V（90% 或 3.06V）的时间	V <sub>BATT</sub> = 3.8V, R <sub>LOAD</sub> = 68 $\Omega$ , VCON = 0V 至 1.36V			15	
	V <sub>OUT</sub> 从 3.4V 下降至 0V（10% 或 0.34V）的时间	V <sub>BATT</sub> = 3.8V, R <sub>LOAD</sub> = 68 $\Omega$ , VCON = 1.36V 至 0V				
	V <sub>OUT</sub> 从 0.8V 上升至 3.3V（90% 或 3.05V）的时间	V <sub>BATT</sub> = 3.8V, R <sub>LOAD</sub> = 20 $\Omega$ , VCON = 0.32V 至 1.32V			10	$\mu\text{s}$
	V <sub>OUT</sub> 从 3.3V 下降至 0.8V（10% 或 1.05V）的时间	V <sub>BATT</sub> = 3.8V, R <sub>LOAD</sub> = 20 $\Omega$ , VCON = 1.32V 至 0.32V				
	V <sub>OUT</sub> 从 1.4V 上升至 3.4V（90% 或 3.2V）的时间	V <sub>BATT</sub> = 3.8V, R <sub>LOAD</sub> = 6.8 $\Omega$ , VCON = 0.56V 至 1.36V			10	
	V <sub>OUT</sub> 从 3.4V 下降至 1.4V（10% 或 1.6V）的时间	V <sub>BATT</sub> = 3.8V, R <sub>LOAD</sub> = 6.8 $\Omega$ , VCON = 1.36V 至 0.56V				
	V <sub>OUT</sub> 从 1.8V 上升至 2.8V（93% 或 2.73V）的时间	V <sub>BATT</sub> = 3.8V, R <sub>LOAD</sub> = 2.2 $\Omega$ , VCON = 0.72V 至 1.12V MODE = 2G			15	
I <sub>LIM,PFET,Transient</sub>	正瞬态峰值电流限值	V <sub>OUT</sub> = 1.5V <sup>(2)</sup>		1.9	2.1	A
I <sub>OUT_MAX, PWM</sub>	PWM 模式中最大负载电流	V <sub>BATT</sub> $\geq$ 2.88V, VCON = 1.48V (V <sub>OUT</sub> = 3.7V), PWM 模式, 开关加上 ACB 电流	2.0			A
		V <sub>BATT</sub> $\geq$ 3.0V, VCON = 1.48V (V <sub>OUT</sub> = 3.7V), PWM 模式, 开关加上 ACB 电流	2.3			
		VCON = 1.2V (V <sub>OUT</sub> = 3.0V), PWM 模式, 开关加上 ACB 电流	2.5			
I <sub>OUT_PFM</sub>	负载电流在高占空比时进入 PFM 模式 (D > 0.85 并且升压处于旁路)	V <sub>BATT</sub> /V <sub>OUT</sub> = 3.6/3.3V, 4.2/4.0V, BOOST_GATE = 低电平	35			mA
I <sub>OUT_MAX, PFM</sub>	进入 PFM 模式的最大负载电流	D < 0.85 或 SW_BOOST = 切换		85		mA
I <sub>OUT, PU</sub>	最大输出瞬态上拉电流限值	PWM 模式 <sup>(2)</sup> , 开关加上 ACB 电流	3.0			A
I <sub>OUT, PD_PWM</sub>	PWM 最大输出瞬态下拉电流限值				-3.0	
V <sub>OUT_ACC</sub>	输出电压范围内的 V <sub>OUT</sub> 精确度	V <sub>OUT</sub> = 0.6V 至 3.6V <sup>(3)</sup>	-3		+3	%
V <sub>OUT_RIPPLE</sub>	无脉冲跳跃情况下的纹波电压	V <sub>OUT</sub> = 0.4V 至 3.6V, R <sub>OUT</sub> = 2.2 $\Omega$ , 2G 模式 <sup>(4)</sup>		4	10	mVpp
	脉冲跳跃情况下的纹波电压	V <sub>BATT</sub> = 4.2V 至 压降电压, V <sub>OUT</sub> = 3.6V, R <sub>OUT</sub> = 2.2 $\Omega$ , 2G 模式 <sup>(4)</sup>		14	20	
	PFM 纹波电压	V <sub>OUT</sub> = 1.0V, I <sub>OUT</sub> = 40mA <sup>(4)</sup>		9	15	

(1) 参数由设计、特性测试或统计分析指定。典型值未经生产验证，但是的确代表了大多数可能的标准。

(2) 电流限值是固有的、固定的并且不可调。

(3) 精度限值为  $\pm 3\%$  或  $\pm 50\text{mV}$ ，取其中的较大值。

(4) 应该在设计良好的 PC 电路板的 C<sub>OUT</sub> 节点上测量纹波电压，使用推荐的电感器和电容器。纹波电压被定义为在一个 100 $\mu\text{s}$  期间内测得的最大峰值到峰值电压变化。

### 系统特性（降压）（接下页）

以下的技术规格表条目由设计和验证指定，验证提供了典型应用图中被使用的组件值： $L = 1.5\mu\text{H}$  (东光 1285AS-H-1R5N)； $C_{\text{IN}} = 10\mu\text{F}$  (牧田 GRM155R61A106A)；并且  $C_{\text{OUT}} = 10\mu\text{F} + 4.7\mu\text{F}$  (牧田 GRM155R61A106A, GRM155R61A475MEAA) +  $4 \times 1.0\mu\text{F}$  (牧田 GRM033R60J105M)。这些参数未经量产测试验证。<sup>(1)</sup>最小和最大值在环境温度范围  $T_{\text{A}} = -30^{\circ}\text{C} \leq T_{\text{A}} \leq 90^{\circ}\text{C}$  内指定。典型值在  $V_{\text{BATT}} = 3.8\text{V}$  并且  $T_{\text{A}} = 25^{\circ}\text{C}$  时指定，除非另外说明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值 40V	单位
$V_{\text{LINE-TR}}$	线路瞬态响应	$V_{\text{BATT}} = 3.6\text{V}$ 至 $4.2\text{V}$ , $T_{\text{R}} = T_{\text{F}} = 10\mu\text{s}$ , $V_{\text{OUT}} = 1.0\text{V}$ , $I_{\text{OUT}} = 600\text{mA}$		70		mVpk
$V_{\text{LOAD-TR}}$	负载瞬态响应	$V_{\text{OUT}} = 3.0\text{V}$ , $T_{\text{R}} = T_{\text{F}} = 10\mu\text{s}$ , $I_{\text{OUT}} = 0\text{A}$ 至 $1.2\text{A}$ , 2G 模式		150		
$F_{\text{SW\_PFM}}$	最小 PFM 频率	$V_{\text{BATT}} = 3.2\text{V}$ , $V_{\text{OUT}} = 1.0\text{V}$ , $I_{\text{OUT}} = 10\text{mA}$		100		kHz

### 系统特性（升压-降压）

测试条件请见系统特性（升压）和系统特性（降压）。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值 40V	单位
$\eta$	升压-降压效率	$V_{\text{BATT}} = 4.0\text{V}$ , $V_{\text{OUT}} = 3.4\text{V}$ , $I_{\text{OUT}} = 2\text{A}$ (2G, PWM 模式)		86		%
		$V_{\text{BATT}} = 4.0\text{V}$ , $V_{\text{OUT}} = 2.5\text{V}$ , $I_{\text{OUT}} = 800\text{mA}$ (2G, PWM 模式)		89		
		$V_{\text{BATT}} = 4.0\text{V}$ , $V_{\text{OUT}} = 3.0\text{V}$ , $I_{\text{OUT}} = 400\text{mA}$ (2G, PWM 模式)		93		
		$V_{\text{BATT}} = 3.4\text{V}$ , $V_{\text{OUT}} = 4.0\text{V}$ , $I_{\text{OUT}} = 850\text{mA}$ (3G/4G, PWM 模式)		90		
		$V_{\text{BATT}} = 3.4\text{V}$ , $V_{\text{OUT}} = 3.0\text{V}$ , $I_{\text{OUT}} = 500\text{mA}$ (3G/4G, PWM 模式)		94		
		$V_{\text{BATT}} = 3.4\text{V}$ , $V_{\text{OUT}} = 2.5\text{V}$ , $I_{\text{OUT}} = 70\text{mA}$ (3G/4G, PFM 模式)		90		
		$V_{\text{BATT}} = 3.4\text{V}$ , $V_{\text{OUT}} = 0.9\text{V}$ , $I_{\text{OUT}} = 200\text{mA}$ (3G/4G, PWM 模式)		86		
		$V_{\text{BATT}} = 3.6\text{V}$ , $V_{\text{OUT}} = 3.3\text{V}$ , $I_{\text{OUT}} = 20\text{mA}$ (3G/4G PFM 模式)		92		
		$V_{\text{BATT}} = 3.4\text{V}$ , $V_{\text{OUT}} = 0.6\text{V}$ , $I_{\text{OUT}} = 20\text{mA}$ (3G/4G, PFM 模式)		78		
$T_{\text{响应}}$	$V_{\text{OUT}}$ 从 $0.4\text{V}$ 上升至 $4.0\text{V}$ (93% 或 $3.75\text{V}$ ) 的时间	$V_{\text{BATT}} = 2.7, 3.2\text{V}$ . $R_{\text{LOAD}} = 11.4\Omega$ , $V_{\text{CON}} = 0.16\text{V}$ 至 $1.6\text{V}$ ; $T_{\text{上升}} = T_{\text{下降}} = 1\mu\text{s}$ MODE = 2G (高电平)			15	$\mu\text{s}$
	$V_{\text{OUT}}$ 从 $4.0\text{V}$ 下降至 $0.4\text{V}$ (7% 或 $0.65\text{V}$ ) 的时间	$V_{\text{BATT}} = 2.7, 3.2\text{V}$ . $R_{\text{LOAD}} = 11.4\Omega$ , $V_{\text{CON}} = 1.6\text{V}$ 至 $0.16\text{V}$ ; $T_{\text{上升}} = T_{\text{下降}} = 1\mu\text{s}$ MODE = 2G (高电平)				



电气特性 (控制接口)

标准字体显示的是  $T_A = 25^\circ\text{C}$  时的限值。黑体字显示的限值适用于整个运行环境温度范围 ( $-30^\circ\text{C} \leq T_A \leq +90^\circ\text{C}$ )。除非另外注明, 否则全部技术规格在  $V_{\text{BATT}} = 2.7\text{V}$  至  $5.5\text{V}$  的范围内适用。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值 40V	单位
$V_{\text{IH}}$	输入高电平阈值 BOOST_GATE, MODE, ENABLE		<b>1.35</b>			V
$V_{\text{IL}}$	输入低电平阈值 BOOST_GATE, MODE, ENABLE				<b>0.50</b>	V
$I_{\text{IN}}$	MODE, ENABLE, BOOST_GATE 引脚 - 高电平输入电流	VDD_BOOST = VDD2_BUCK = PVIN_BOOST = 3.8V SW_BOOST = OUT_BOOST = VDD1_BUCK = PVIN_BUCK = 无连接 1) ENABLE = 1.8V, 全部剩余引脚 = GND 2) MODE = 1.8V, 全部剩余引脚 = GND 3) BOOST_GATE = 1.8V, 全部剩余引脚 = GND	-1	0	1	$\mu\text{A}$
	MODE, ENABLE, BOOST_GATE 引脚 - 低输出电流	VDD_BOOST = VDD2_BUCK = PVIN_BOOST = 3.8V SW_BOOST = OUT_BOOST = VDD1_BUCK = PVIN_BUCK = 无连接 1) ENABLE = 0V, 全部剩余引脚 = 1.8V 2) MODE = ENABLE = 0V, 全部剩余引脚 = 1.8V 3) BOOST_GATE = ENABLE = 0V, 全部剩余引脚 = 1.8V				

启动时序

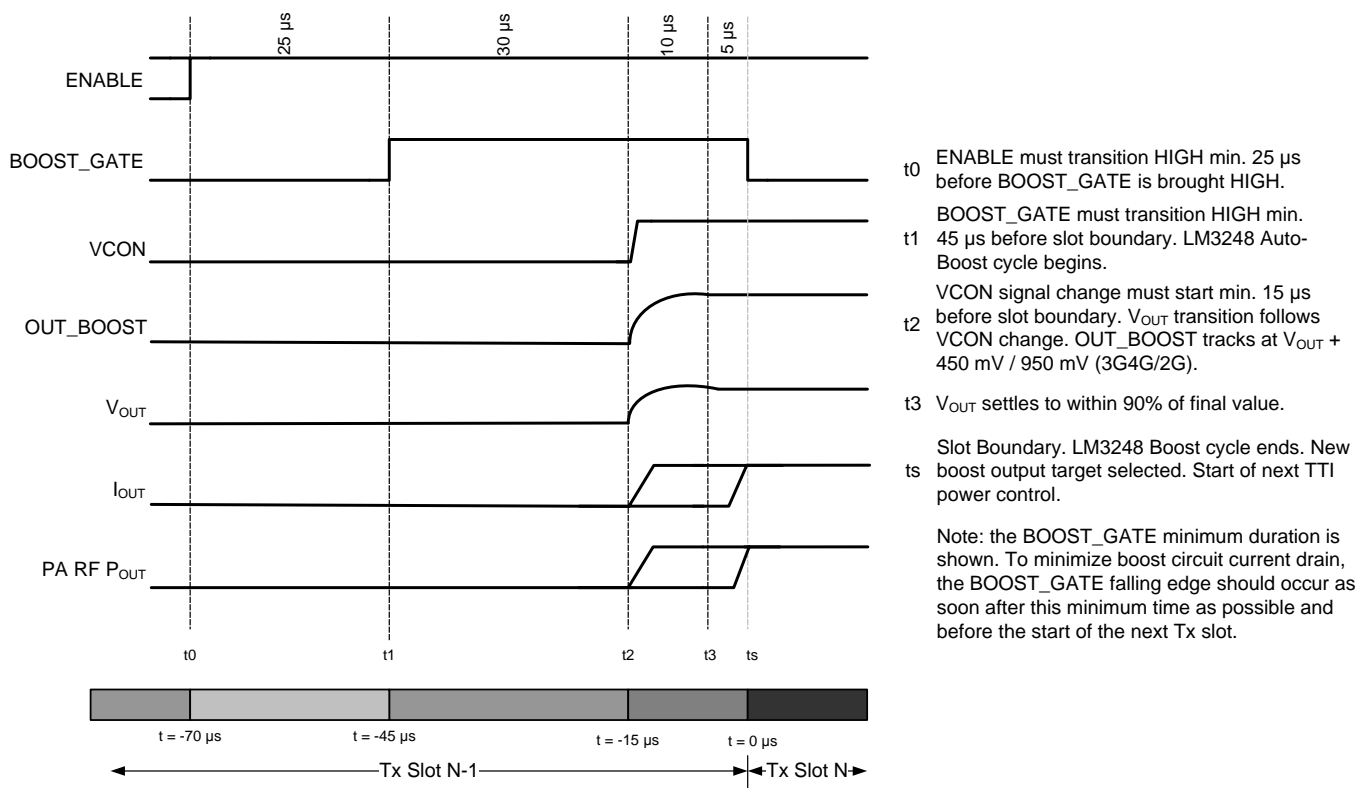


图 2. 启动 + 可选升压时序序列

典型特征

对于全部频率与负载电流关系曲线图, L1 = 1276AS-H-1R0N, L3 = 1285AS-H-1R5N.

开关频率  
与  
输入电压  
间的关系

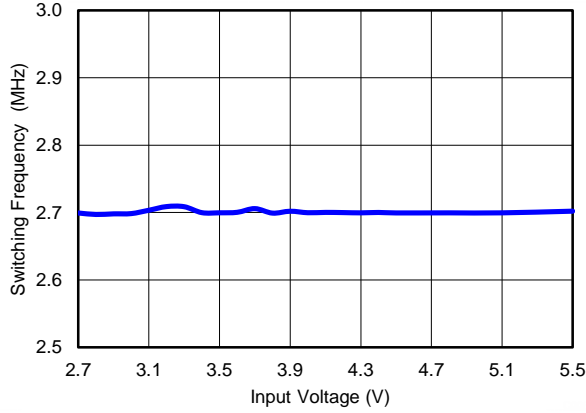


图 3.

输出电压  
与  
输入电压 (V<sub>OUT</sub> = 3.0V)  
间的关系

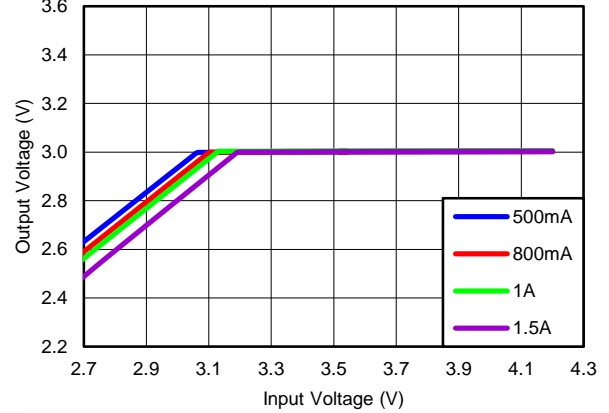


图 4.

输出电压  
与  
输入电压 (V<sub>OUT</sub> = 3.2V)  
间的关系

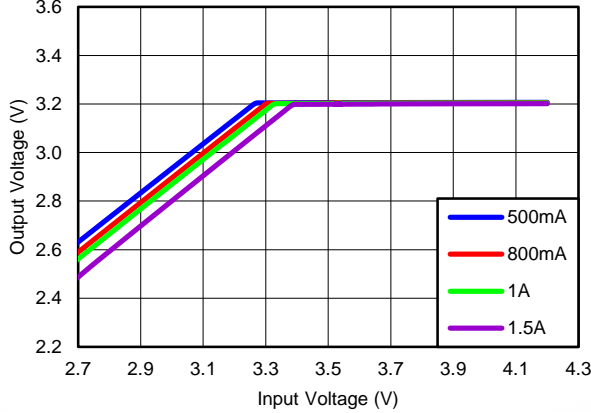


图 5.

输出电压  
与  
输入电压 (V<sub>OUT</sub> = 3.4V)  
间的关系

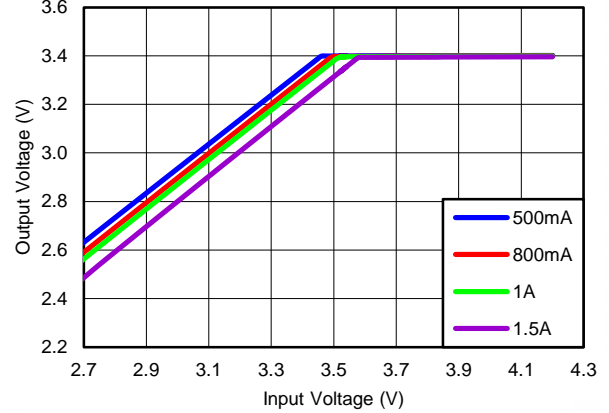


图 6.

效率与负载电流间的关系  
V<sub>BATT</sub> = 3.4V, MODE = 3G4G, T<sub>BOOSTGATE</sub> = 1ms

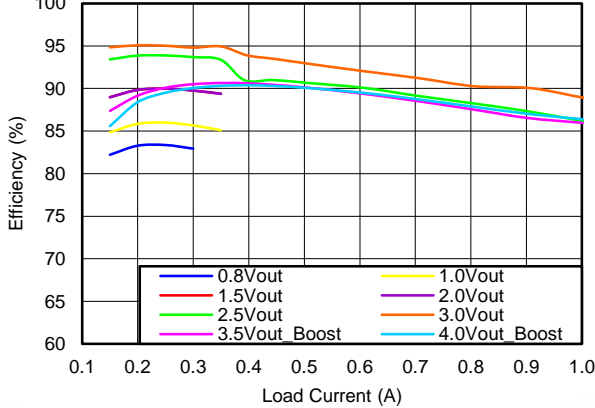


图 7.

效率与负载电流间的关系  
V<sub>BATT</sub> = 3.7V, MODE = 3G4G, T<sub>BOOSTGATE</sub> = 1ms

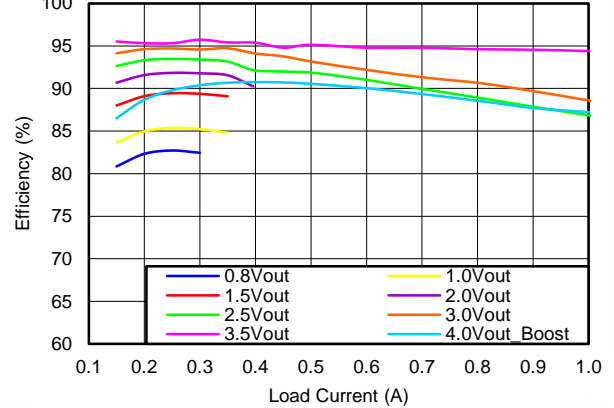


图 8.

典型特征 (接下页)

对于全部频率与负载电流关系曲线图, L1 = 1276AS-H-1R0N, L3 = 1285AS-H-1R5N.

效率与负载电流间的关系

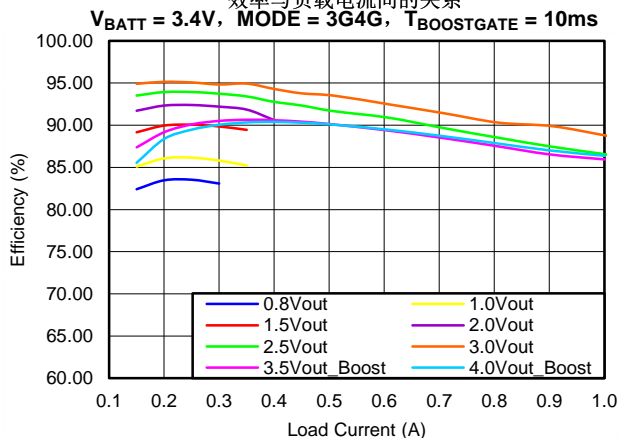


图 9.

效率与负载电流间的关系

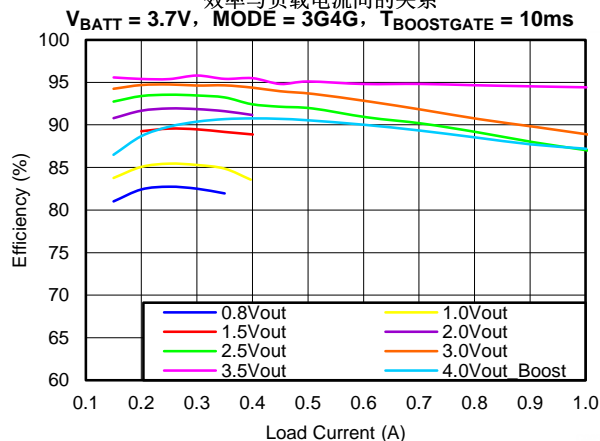


图 10.

效率与负载电流间的关系

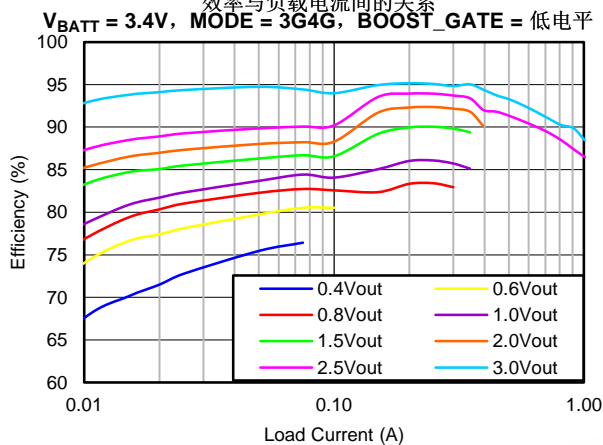


图 11.

效率与负载电流间的关系

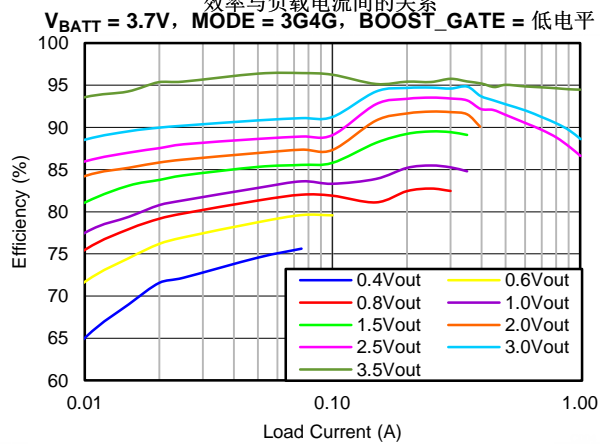


图 12.

效率与负载电流间的关系

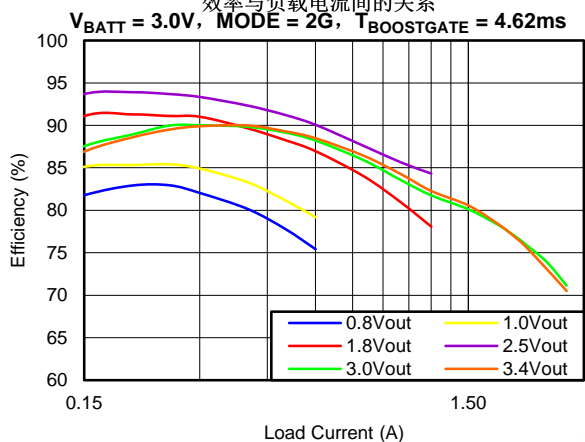


图 13.

效率与负载电流间的关系

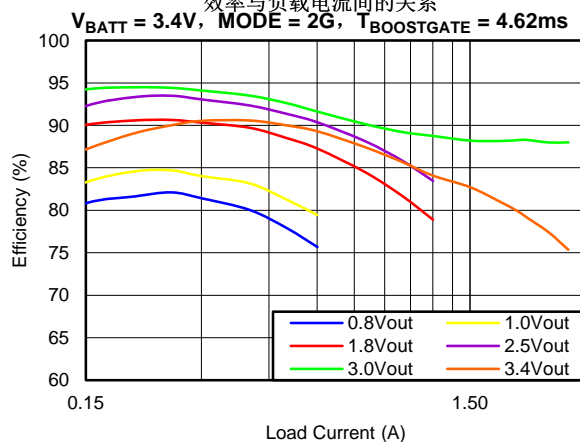


图 14.

典型特征 (接下页)

对于全部频率与负载电流关系曲线图, L1 = 1276AS-H-1R0N, L3 = 1285AS-H-1R5N.

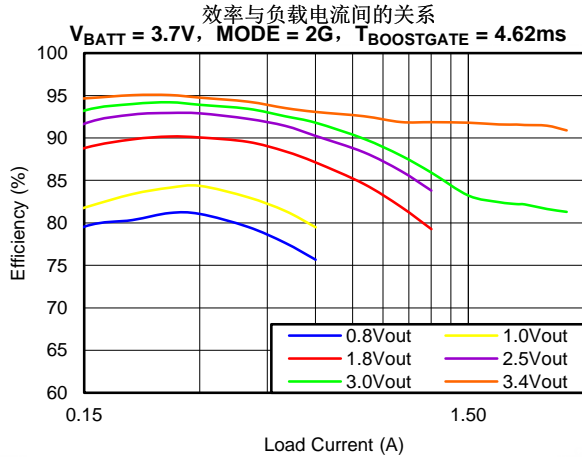


图 15.

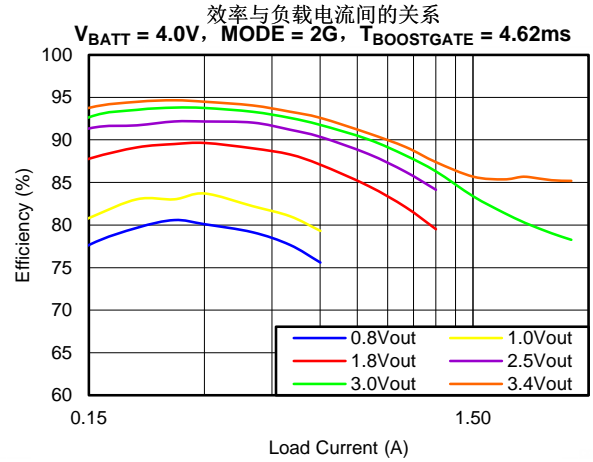


图 16.

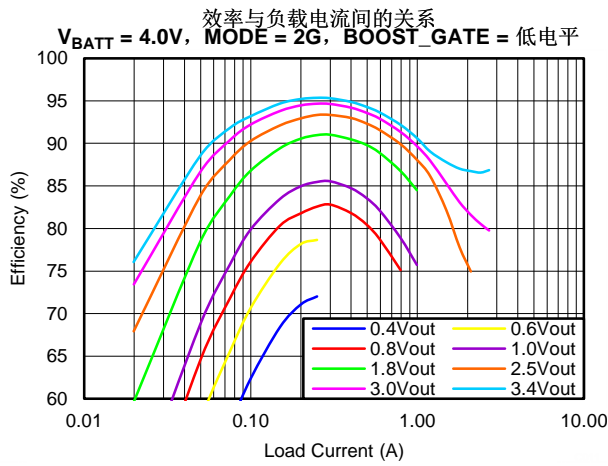


图 17.

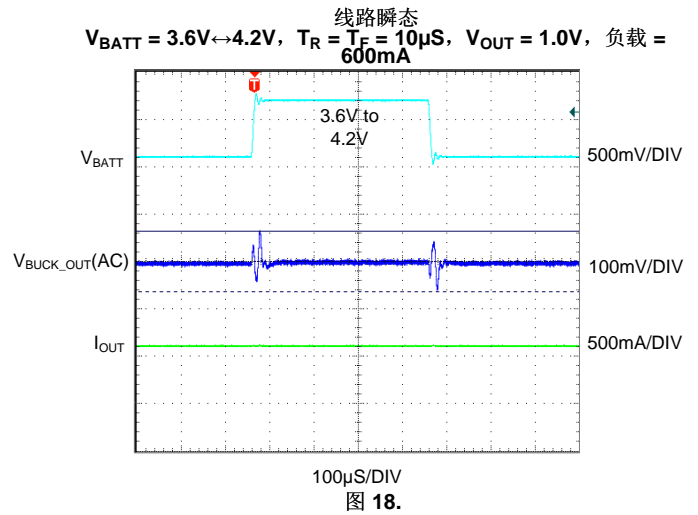


图 18.

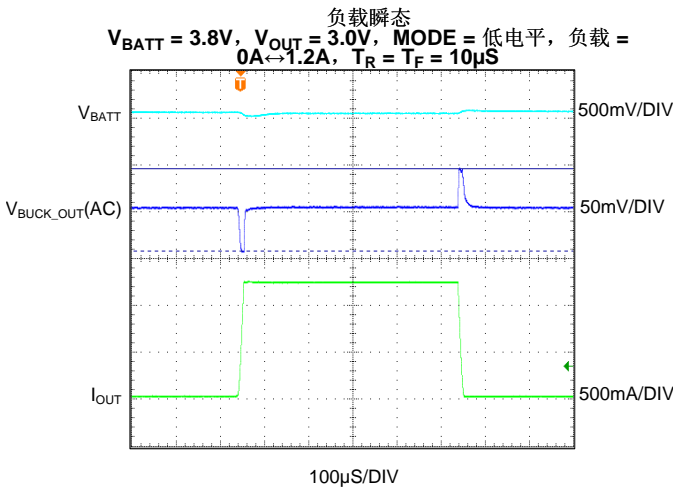


图 19.

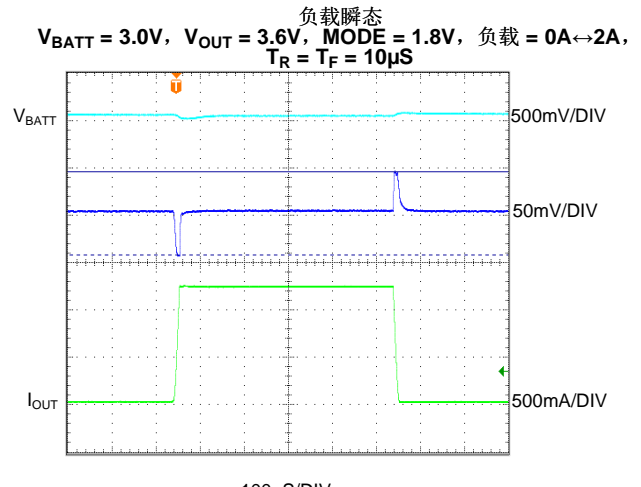


图 20.

典型特征 (接下页)

对于全部频率与负载电流关系曲线图, L1 = 1276AS-H-1R0N, L3 = 1285AS-H-1R5N.

在自动升压模式中启动  
 $V_{BATT} = 2.7V$ , 负载 = 200mA, MODE = 2G,  $V_{OUT} = 0.4 \leftrightarrow 4V$ ,  
 $T_R = T_F = 10\mu S$

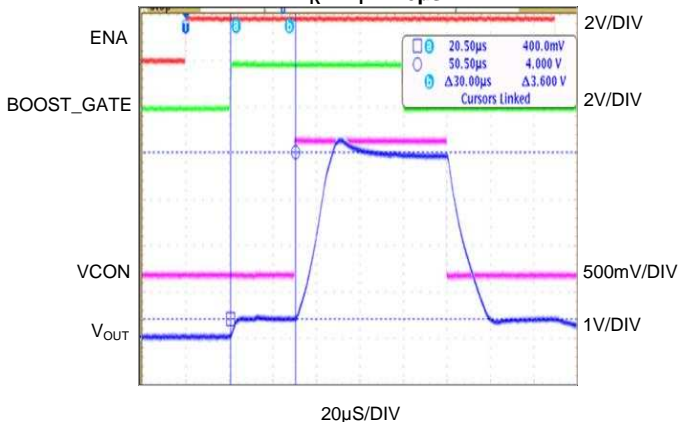


图 21.

进入短路的已定时输出电流限值  
 $V_{BATT} = 4.3V$ ,  $V_{OUT} = 2.5V$ , 负载 = 6.8Ω / 短接至地

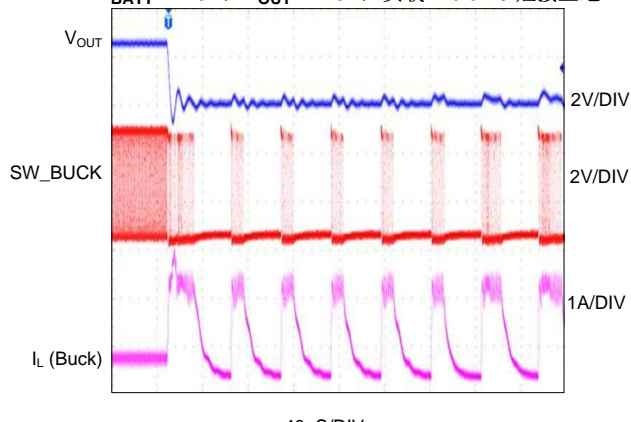


图 22.

升压激活时的 VCON 瞬态  
 $V_{BATT} = 3.2V$ , MODE = 2G,  $V_{OUT} = 0.4 \leftrightarrow 4V$ , 负载 = 11.4Ω

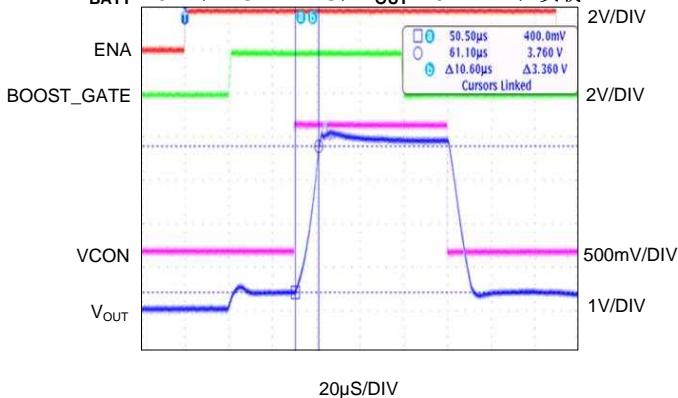


图 23.

VCON 瞬态响应  
 $V_{BATT} = 3.8V$ ,  $V_{OUT} = 0.8V \leftrightarrow 3.3V$ , MODE = 低电平  
 BOOST\_GATE = 低电平, 负载 = 20Ω,  $T_R = T_F = 10\mu S$

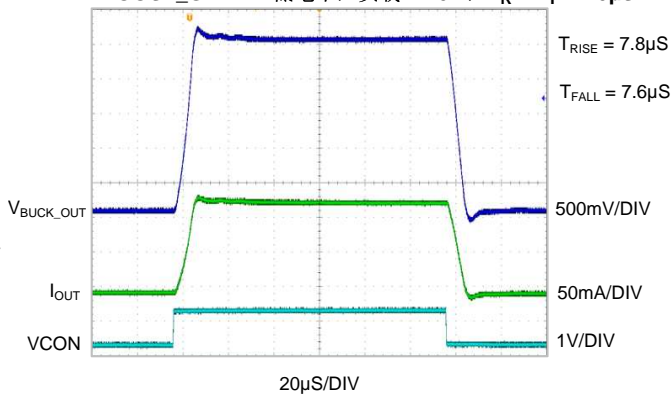


图 24.

VCON 瞬态响应  
 $V_{BATT} = 3.8V$ ,  $V_{OUT} = 1.4V \leftrightarrow 3.4V$ , MODE = 低电平  
 BOOST\_GATE = 低电平, 负载 = 6.8Ω,  $T_R = T_F = 10\mu S$

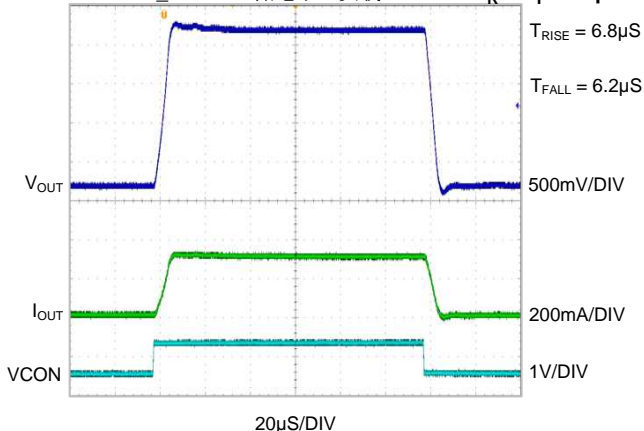


图 25.

VCON 瞬态响应  
 $V_{BATT} = 3.8V$ ,  $V_{OUT} = 1.0V$ , MODE = 低电平  
 BOOST\_GATE = 低电平, 负载 = 0A  $\leftrightarrow$  60mA,  $T_R = T_F = 10\mu S$

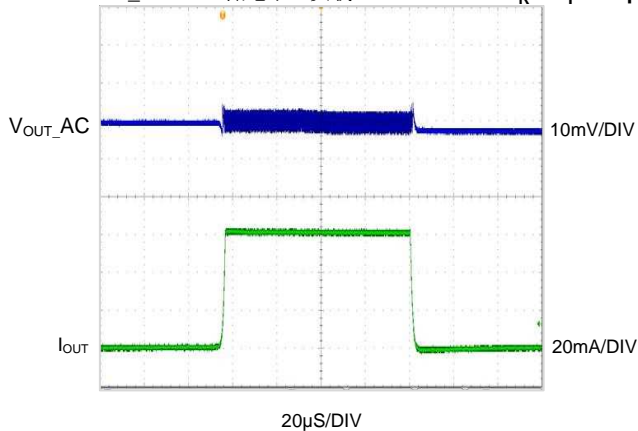


图 26.

## 功能说明

LM3248 是一款高效升压-降压直流/直流转换器，此转换器用于手机和其他电池供电类射频 (RF) 器件中，通过将 RF 功率放大器 (PA) 级电源轨电压调整为 RF 输出功率级来提升总体系统效率。当使用锂聚合物电池以低至 2.7V 的电压运行时，LM3248 在宽功率级范围内优化了效率。

LM3248 架构包含一个升压直流/直流开关转换器，以及之后的降压直流/直流开关转换器。这个级联升压-降压架构使得此器件能够支持高于或低于输入电池电压的输出电压，与此同时又提供出色的输出瞬态和噪声性能。有关详细信息，请参阅图 27。除了支持更高功率的 2G 功能外，LM3248 最大限度地减少了用户终端 (UE) 发射配电环境中 3G/4G/4G-LTE 高级流耗。

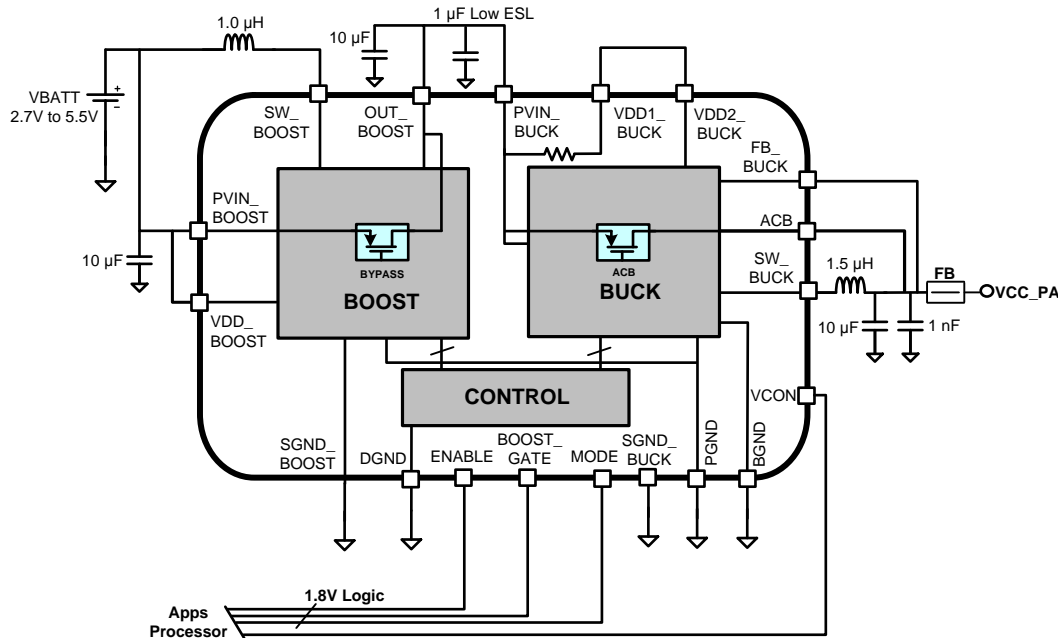


图 27. 典型应用：升压-降压

### 升压转换器

升压直流/直流转换器使得 LM3248 能够支持高于或低于输入电池电压的输出电压。此升压转换器能够运行在升压或升压-旁路（只降压）模式中。两种运行模式要求器件被启用 (ENABLE) 并且 2G 或 3G/4G 模式 (MODE) 被选择。升压模式自动在需要时使用升压电路，并且要求一个额外的数字控制信号，BOOST\_GATE。此降压输出在 BOOST\_GATE 从低电平转换为高电平之后大约 45µs 稳定至新的 VCON 电平（请见图 2）。

升压转换器输出 (OUT\_BOOST) 被外部（和内部）连接至降压输入 (PVIN\_BUCK) 电源电压。当电池电压低于通常情况下所需的电压时，升压转换器在较高的 Tx 功率设置时可增加 PA 效率并实现更高线性。一个独特的同步机制可使用最少时间关键编程来实现升压和降压电压转换。LM3248 在得知降压输出电压将低于电池电压时，诸如在低发射 RF 功率级时，应该运行在升压旁路模式（只降压，BOOST\_GATE = 低电平）。这个做法减少了由升压偏置电路所导致的不必要的电池耗电并且提升了效率。

当升压运行被选中时 (BOOST\_GATE = 高电平)，LM3248 监视输入电压并将其与 VCON 输出控制电压设置相比较。当  $V_{BOOST}$ ，目标升压输出电压，大于输入或电池电压 ( $V_{BATT}$ ) 时，升压电路在 BOOST\_GATE 的上升边沿上被激活，以实现所需的输出电压电平，其等式如下：

$$V_{BOOST} = VCON * 2.5 + 0 \text{ mV } [V_{BOOST} > V_{BATT}] \text{ (3G or 4G mode)}$$

$$\text{or}$$

$$V_{BOOST} = VCON * 2.5 + 125 \text{ mV } [V_{BOOST} > V_{BATT}] \text{ (2G mode)}$$

一旦处于升压模式，升压电压根据以下等式自动调节：

$$V_{\text{BOOST}} = \text{VCON} * 2.5 + 450 \text{ mV} [V_{\text{BOOST}} > V_{\text{BATT}}] \text{ (3G or 4G mode)}$$

or

$$V_{\text{BOOST}} = \text{VCON} * 2.5 + 950 \text{ mV} [V_{\text{BOOST}} > V_{\text{BATT}}] \text{ (2G mode)}$$

在升压模式中，内部电路将自动使用大旁路开关来防止升压输出下降到比电池电压， $V_{\text{BATT}}$ ，的电平低几百毫伏（典型值 200mV）的水平上，此时不满足升压-旁路条件。这个功能描述如下。

按照图 2 中给出的启动时序要求，当运行在升压模式中时，**BOOST\_GATE** 信号应该在高和低逻辑电平之间，以与传输时间间隔 (TTI) 帧同步的速率切换。这在新的（有可能更高）降压输出电压被更新前，为升压偏置电路的激活提供了足够的启动时间，从而确保了两个电平之间的平滑转换。

请注意， $V_{\text{升压}}$  设定的输出电平由 **VCON** 命令电压确定；而不是由降压直流/直流转换器输出电压， $V_{\text{CC\_PA}}$ ，确定。这对于最大限度地减少升压输出电压跟踪延迟时间十分必要。

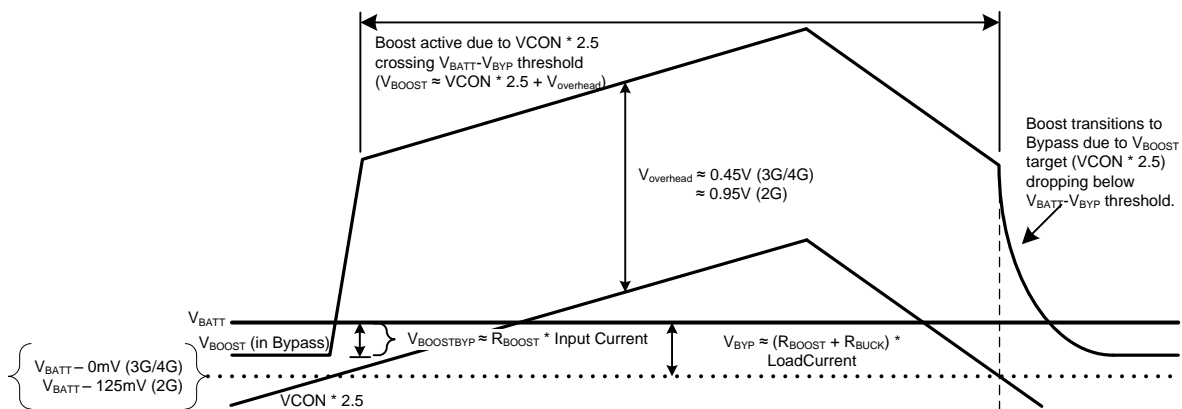


图 28. 显示了 **VCON-V<sub>BATT</sub>** 之间关系的升压运行。

### 升压旁路功能

LM3248 在升压级无需支持输出电压要求时提供一个具有极低压降电阻的旁路功能。此升压电路在 **BOOST\_GATE** 为高电平并且 **VCON** 电压约少于 **VCON**（最大值）时自动进入升压-旁路模式，如下所示：

$$\text{VCON}(\text{max}) = \frac{[V_{\text{BATT}} - 0 \text{ mV}]}{2.5} \text{ (3G or 4G mode)}$$

$$\text{VCON}(\text{max}) = \frac{[V_{\text{BATT}} - 125 \text{ mV}]}{2.5} \text{ (2G mode)}$$

在升压-旁路模式中，低电阻（典型值 75mΩ）旁路电路高效地将 **PVIN\_BOOST** 和 **OUT\_BOOST** 引脚与升压电感器和升压输出功率晶体管并联在一起。升压-旁路电路在 **BOOST\_GATE** = 低电平时一直有效。当升压-旁路被激活时，**PVIN\_BOOST** 和 **OUT\_BOOST** 引脚之间的最小总压降电阻为 60mΩ（典型值）。此升压-旁路运行模式对于  $2.7\text{V} < V_{\text{BATT}} < 5.5\text{V}$  的情况有效。

### 降压转换器

降压转换器输出电压， $V_{\text{CC\_PA}}$ ，与 **VCON** 控制电压直接成正比，此控制电压由应用处理器，基带集成电路（**BBIC**）或射频集成电路（**RFIC**）RF 输出功率放大器控制算法确定。用户能在 0.4V 至 4.0V（典型值）之间动态地设定降压输出电压。使用的方法为根据等式： $V_{\text{CC\_PA}} = \text{VCON} * 2.5$  来调整 **VCON** 电压设置。

LM3248 已经被设计成进行快速 3G/4G 和 2G 突发斜升系统配置所要求的迅速、平滑的  $V_{\text{CC\_PA}}$  输出转换。

RF 功率放大器模块 (RF PA) 的流耗通常随电源电压的增加而增加。因此, 直流/直流转换器输出功率要求随着 RF PA 模块  $V_{CC\_PA}$  电压的增加而增加。两个工作方法, 脉宽调制 (PWM) 和脉冲频率调制 (PFM), 被用来在 PA 功率级范围内优化系统效率。当不需要 LM3248 时, 此器件被设定成关断模式 (ENABLE = 低电平) 以最大限度地减少电池流耗。还提供了电流过载保护和热过载关断。

## 2G 与 3G/4G 模式对比

MODE 引脚可实现恒定 PWM (2G) 或自动 PWM/PFM (3G/4G) 运行之间的选择。

为了在轻负载时保持较高的效率, 使用 3G/4G 模式设置。当处于升压-旁路模式时, 并且当平均电感器电流下降 45 以下至 90mA (典型值) 时, PFM 运行被激活。开关频率被减少以改进效率。相反地, LM3248 在平均电感器电流增加超过 90 达到 160mA (典型值) 时从 PFM 转换回 PWM 运行。如果输出电压由于负载电流增加时下降幅度超过 25mV 时, 自动转换到 PWM 运行。

## 有源电流和模拟旁路 (ACB)

快速瞬态 2G 功率突发要求高电流电平从 LM3248 降压直流/直流转换器拉出或灌入。有源电流辅助和模拟旁路 (ACB) 特性, 内置于降压直流/直流转换器, 可使用较小的封装尺寸电感器来实现负载电流高达 2.5A 的平滑波形转换, 并且在为最新的多模式 RF 功率放大器模块提供  $V_{CC\_PA}$  电压时符合全部瞬态要求。ACB 电路在负载电流超过 1.4A (典型值) 或者当开关接近压降时提供一个额外的电流路径。相似地, ACB 电路通过在上升和下降输出边沿上提供额外输出电流来使 LM3248 能够用更短的输出电压转换时间做出相应。LM3248 通过感测输入电压、输出电压和负载电流条件来处理旁路事件, 然后自动且无缝地使转换器进入模拟旁路, 而同时保持输出电压稳压和低输出电压纹波。如果旁路模式下的总压降电阻 ( $\approx 50m\Omega$ ) 不足以调节输出电压的话, 那么将会出现满旁路 (100% 占空比)。

## 关断

当 LM3248 ENABLE = 低电平, 降压和升压直流/直流转换器和控制电路被设定为一个 OFF (关断) 状态, 并且输出电源开关被放置在一个三态条件下。此关断状态将系统流耗减少到少于 4 $\mu$ A。

## 输出电流保护

降压直流/直流转换器和 ACB 电路都具有输出电流保护功能。此降压转换器包括一个稳定状态电流限制, 此限制可监视负载电流并启用 ACB 电路。瞬态过流条件下, 峰值电流限值检测器关闭当前 PWM 周期内的 PFET 开关, 并且启动定时输出电流限制。

## 定时输出电流限制

如果输出负载电流在超过 11 $\mu$ s 的时间内持续上升到高于  $I_{LIM, PFET, 瞬态}$  阈值以上, 并且输出电压下降到低于 0.3V (典型值) 以下, LM3248 降压直流/直流转换器开关节点 (SW\_BUCK 引脚) 被置于高阻抗状态, 并且 ACB 电流被禁用。然后, 电源开关在 35 $\mu$ s 的周期内被保持在禁用状态以强制电感器电流斜降。如果短路情况持续下去, 此循环将重复。

## 热过载保护

LM3248 集成电路 (IC) 具有禁用此器件的热过载保护, 从而保护它不受短期误用和过载条件的影响。如果结温超过 150°C (典型值), 那么全部电源功能将被关闭。正常运行在温度下降到低于 130°C (典型值) 以下时, 并且 LM3248 将尝试在过热情况出现之前返回工作状态。长时间运行在热过载条件下有可能会损坏器件, 因此不建议这么做。



## 数字控制信号

BOOST\_GATE, MODE 和 ENABLE 引脚是用于控制 LM3248 的 1.8V 逻辑电平输入。被施加到 ENABLE 引脚上的一个逻辑低电平将 LM3248 置于一个关断状态，此状态最大限度地减少了从电池汲取的电流。此 MODE 引脚使得用户能够选择所允许的 PWM (2G) 或 PWM/PFM (3G/4G) 运行。BOOST\_GATE 引脚启用升压直流/直流转换器电路和相关的功能性。

## 制造注意事项

如德州仪器 (TI) 操作说明书 AN-1112 (文献编号: SNVA009) 中所述, DSBGA 封装的使用要求专门的电路板布局布线、精确的安装和仔细的回流焊技术。请参考表面贴装组装注意事项部分。要获得最佳的组装效果, 应该使用 PC 电路板上的本地对齐序号来简化器件的放置。

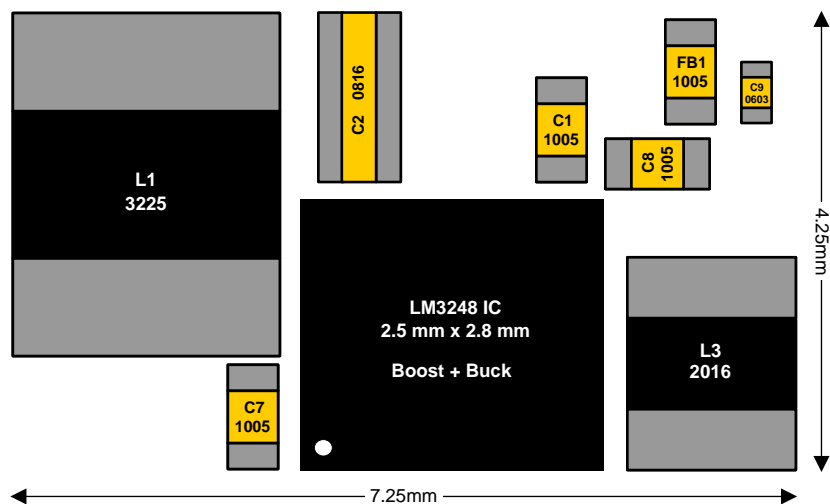
与 DSBGA 封装一起使用的焊垫类型必须为 NSMD (非阻焊层限定) 类型。这意味着阻焊开口大于焊垫尺寸。否则, 如果阻焊层与焊垫重叠的话, 会形成唇缘。防止唇缘的形成可使器件紧贴电路板表面并避免妨碍贴装。如何进行这一操作的特定说明请参见操作指南 AN-1112 (文献编号: SNVA009)。

用于 LM3248 的 30 焊锡凸点 (5x6) DSBGA 封装具有以下非阻焊层限定 (NSMD) 安装技术规范:

- 焊球直径: 0.265mm
- 铜过渡垫尺寸: 0.225mm ± 0.02mm
- 阻焊开窗: 0.325 ± 0.02mm

走线进入焊垫的角度应该为 90°以防止在角落深处中积累残渣。对称很重要以确保焊锡凸点回流焊均匀, 并且器件焊接位置与电路板平行。特别是要注意焊锡凸点 A1-A5, C4, C5, E4, E5, F4 和 F5 的焊垫, 这是因为 PVIN\_BOOST, OUT\_BOOST, PGND, PVIN\_BUCK 和 ACB 有可能被连接至大铜覆区, 并且不充足的散热会导致这些焊锡凸点的不充分回流焊。

## 典型解决方案尺寸



## 应用信息

## 推荐的外部组件

## 电感器选择

LM3248 被设计成与 1.0 $\mu$ H 和 1.5 $\mu$ H 降压电感器一同工作。LM3248 在 2G 模式中会遇到最大电流振幅（即，对于 2G 为 2.5A，对于 3G/4G 为小于 1A）。由于 2G 传输突发中遇到的低占空比，出现的最大 RMS 电流远远小于峰值。

针对最大电流的合适电感器的额定值通常用以下两个不同的数字设定：

1.  $\Delta L/L = 30\%$ （或相似值），这表示导致电感值下降 30% 的电流电平（由内核饱和所致），以及
2.  $\Delta T = 40^\circ\text{C}$ （或相似值），这表示导致电感器温度上升  $40^\circ\text{C}$  的电流电平。

由于 2G 电流波形的“尖峰”特性（低占空比、高峰值到平均值比率），通常在早于“ $\Delta T = 40^\circ\text{C}$ ”（或相似值）电流值很长时间就达到“ $\Delta L/L = 30\%$ ”（或相似值）电流限值。这意味着电感器的选择是饱和和受限的。

另外一种说法是电感器内核饱和与峰值电流值成正比，而温度的上升由 RMS 电流值导致。因此，当查看“ $\Delta T = 40^\circ\text{C}$ ”（或相似值）电流技术规格时，某些看起来似乎对于应用来说太小的候选电感器有可能已经足够大，只要“ $\Delta L/L = 30\%$ ”（或相似值）电流值少于应用所需的峰值电流。

如果“ $\Delta L/L = 30\%$ ”（或相似值）电流值未指定，或者不清楚此部件的最大电流额定值是否参考了这些测量标准中的一个，那么此类信息应该向供应商索取。

LM3248 通过 SW\_BUCK 引脚来自动管理电感器峰值和 RMS 电流（或者稳定状态电流峰值）。SW\_BUCK 有两个正电流限值。第一个是典型值 1.45A（或者 1.65A 最大值）过流保护，这个限值设定了上部稳定状态电感器峰值电流（正如电气特性（降压）参数“ $I_{LIM, PFET, 稳定状态}$ ”中所详述的那样）。它是限制电流，不使其超过降压电感器  $I_{SAT}$  技术规格的主导因素。第二个是一个超限电流保护“ $I_{LIM, PFET, 瞬态}$ ”，它可在系统特性（降压）中找到。它将大信号瞬态期间（即， $< 20\mu\text{s}$ ）的最大峰值电感器电流限制到 1.9A 典型值（最大值 2.1A）。当选择降压输出电感器时，用户应该在峰值电流达到  $I_{LIM, PFET, 瞬态}$  电流限值时确保一个 0.3 $\mu$ H 的最小电感值。

ACB 电路自动调节其输出电流来将稳定状态电感器电流保持在  $I_{LIM, PFET, 稳定状态}$  电流限值以下。电感器 RMS 电流将在发射突发期间一直小于这个值，从而将电感器保持在其热工作限值内。

为了实现好的效率，电感器的电阻应该小于 0.15 $\Omega$ 。推荐使用低 DCR 电感器（ $< 0.15\Omega$ ）。表 1 推荐了一些电感器和供应商。采用了表 1 中列出的稍大电感器以在某些  $V_{IN} / V_{OUT}$  / 负载条件下效率提高 1% 至 2%。

表 1. 推荐的电感器和它们的供应商

升压电感器 1.0 $\mu$ H, 3225, 3.0A, 60m $\Omega$				
型号	销售商	尺寸 (mm)	$I_{SAT} (-30\%)$ (A)	DCR (m $\Omega$ )
1276AS-H-1R0N	东光	3.2 x 2.5 x 1.0	3.9	48
CIG32W1R0MNE	三星	3.2 x 2.5 x 1.0	3.0	60
1277AS-H-1R0M	东光	3.2 x 2.5 x 1.2	4.6	37
降压电感器 1.5 $\mu$ H, 2016 或 2520, 2.2A, 150m $\Omega$				
型号	销售商	尺寸 (mm)	$I_{SAT} (-30\%)$ (A)	DCR (m $\Omega$ )
1285AS-H-1R5N	东光	2.0 x 1.6 x 1.0	2.2	120
LQM2MPN1R5MG	牧田	2.0 x 1.6 x 1.0	2.0	110
MAKK2016T1R5M	太阳诱电	2.0 x 1.6 x 1.0	1.9	115
VLS201610MT-1R5N	TDK	2.0 x 1.6 x 1.0	1.4	151
1239AS-H-1R5N	东光	2.5 x 2.0 x 1.2	3.3	60

## 电容器选择

LM3248 被设计成使用陶瓷电容器进行输入和输出耦合。在输入上使用一个 10 $\mu$ F 电容器和大约 10 $\mu$ F 的实际总体输出电容。对于两个滤波器，建议使用诸如 X5R 和 X7R 的电容器类型。这些类型的电容器针对手机和类似应用提供小尺寸、成本、可靠性和性能之间的最优均衡。表 2 中列出了推荐的产品型号和供应商。在选择电压额定值和电容器外壳尺寸时必须考虑电容器的直流偏置特性。推荐将较小的 0402 (1005) 外壳尺寸电容器用于滤波。也可考虑使用多个 2.2 $\mu$ F 或 1 $\mu$ F 电容器。对于 RF 功率放大器应用，在直流-直流转换器和 RF 功率放大器之间将输出电容器分开：推荐使用 10 $\mu$ F (COUT1) + 4.7 $\mu$ F (COUT2) + 3 x 1.0 $\mu$ F (COUT3)。最优的电容分离视应用而定，并且为了实现稳定性，实际总体电容值（考虑到电容器直流偏压、温度额定值降低、老化和其它电容器耐受的影响）应该达到 10 $\mu$ F 并具有 2.5 直流偏压（在 0.5 VRMS 时测得）。将所有输出电容器放置在非常靠近它们各自器件的位置上。强烈建议将一个高频电容器 (3300pF) 放置在 COUT1 旁边。

表 2. 建议的电容器和它们的供应商

电容值	型号	尺寸 (mm)	销售商
10 $\mu$ F 6.3V X5R	CL05A106MQ5NUNC	1.0 x 0.5	三星
4.7 $\mu$ F 10V X5R	GRM155R61A475M	1.0 x 0.5	牧田
1 $\mu$ F 10V X5R	LWK107BJ105MV	0.8 x 1.6	太阳诱电
1 $\mu$ F 10V X5R	CL03A105MP3NSNC	0.61 x 0.3	三星
0.22 $\mu$ F 6.3V X5R	C0603X5R0J224M	0.61 x 0.3	TDK
0.01 $\mu$ F 6.3V X5R	C0603X5R0J103K	0.61 x 0.3	TDK
1000pF 25V X7R	GRM033R71E102KA01D	0.61 x 0.3	牧田
100pF 25V X7R	GRM033R71E101KA01D	0.61 x 0.3	牧田
3300pF 6.3V X5R	C0402X5R0J332K020BC	0.41 x 0.2	TDK

## PCB 布局布线注意事项

### 概述

PC 电路板布局布线对于成功将一个直流-直流转换器设计成一个产品十分关键。适当地规划电路板布局布线将优化直流-直流转换器的性能并最大限度地减少对于周围电路的影响，而同时又解决了会对电路板质量和最终产品产量产生负面影响的制造问题。

### PCB

糟糕的电路板布局布线会由于造成了走线内的电磁干扰 (EMI)，接地反弹和阻性电压损耗而破坏直流-直流转换器和周围电路的性能。错误的信号会被发送给直流-直流转换器集成电路 (IC)，从而导致不良稳压或不稳定。糟糕的布局布线也会导致造成 DSBGA 封装和电路板焊垫间不良焊接接点的回流问题。不佳的焊接接点会导致转换器不稳定或性能下降。

### 能源利用率

在可能的情况下，在功率组件之间使用宽走线并且将多层上的走线对折来最大限度地减少阻性损耗。

### 电磁干扰 (EMI)

就其本性而言，任何开关转换器都会产生电气噪声。电路板设计人员所面临的挑战就是最大限度地减少、抑制或者减弱此类由开关生成的噪声。诸如 LM3248 的高频开关转换器，在几纳秒的时间内切换安培级电流，相关组件间互连的迹线可作为辐射天线。以下提供的指南有助于将 EMI 保持在可耐受的水平内。

为了帮助最大限度地减少辐射噪声：

- 将 LM3248 直流-直流转换器、其输入电容器和输出滤波电感器和电容器尽可能的靠近放置，并使得互连迹线尽可能的短。
- 排列组件，使得切换电流环路以同一方向旋转。在每个周期的前半部分，电流经由 LM3248 的内部 PFET 和电感器，从输入滤波电容器流至输出滤波电容器，然后通过接地返回，从而形成一个电流环路。在每个周期的第二部分，电流通过 LM3248 的内部同步 NFET，被电感器从接地上拉至输出滤波电容器，然后通过接地返回，从而形成第二个电流环路。所以同一方向的电流旋转防止了两个半周期期间的磁场反向并减少了辐射噪声。
- 使电流环路区域尽可能的小。在可能的情况下，将对折的走线与接地盘或返回路径交叉来进一步减少走线电感。

为了有助于最大限度地减少接地盘内的传导噪声：

- 通过使用大量组件侧铜填充作为一个伪接地盘来将 LM3248 的接地凸点和升压输出/降压输入滤波电容器连接在一起，来减少循环流经接地盘的开关电流。然后通过多个导孔将这个铜填充与系统接地盘连接在一起。这多个导孔通过为其提供一个低阻抗接地连接来最大限度地减少 LM3248 上的接地反弹。

为了帮助最大限度地减少到直流-直流转换器自身电压反馈迹线的耦合：

- 将噪声敏感迹线，诸如电压反馈路径 (FB\_BUCK)，尽可能地直接从开关 FB\_BUCK 焊垫接至输出电容器的 VOUT 焊垫，但是使其远离功率组件之间的嘈杂走线。

为了有助于最大限度地减小耦合进入电源的噪声：

- 使用一个星形连接将  $V_{BATT}$  电源路由至 LM3248 PVIN\_BOOST 引脚和 PA 器件 VBATT 引脚。
- 包括 PA  $V_{BATT}$  连接上，针对低频和高频的充足去耦合电容。
- 路由迹线以最大限度地减少电源引脚和旁路电容器间的电感（短距离宽连接）。
- 路由迹线来最大限度地减少旁路电容器与接底盘间的电感。
- 采用必要的电源迹线电感来减少功能块间的耦合。
- 插入一个与  $V_{BATT}$  电源迹线串联的铁氧体磁珠可通过减弱有可能通过电源连接而传播的噪声来很好地提供一个电路板面积和额外分流旁路电容器之间的有利均衡。

#### 4. LM3248 RF 评估板

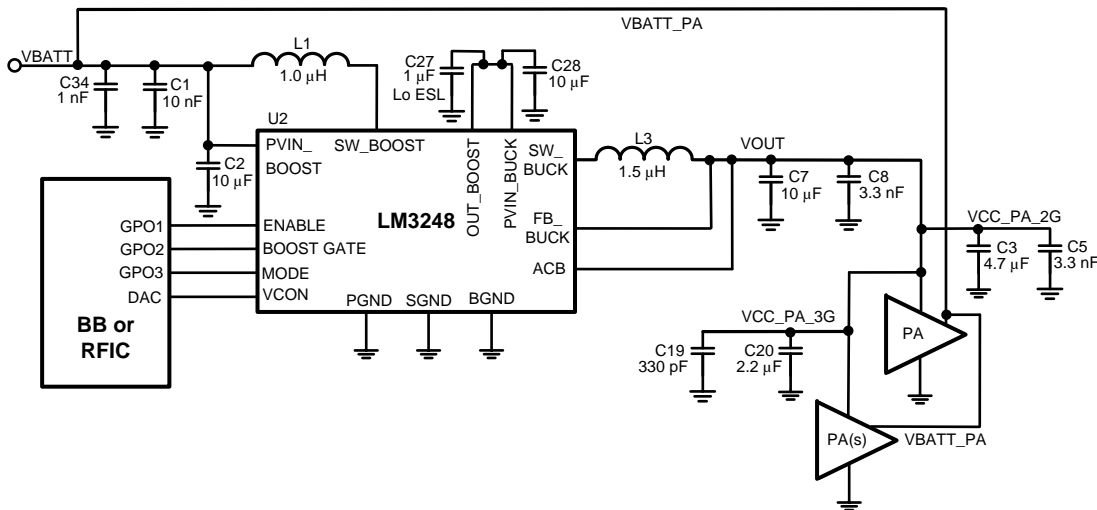


图 29. 简化的 LM3248 RF 评估板电路原理图

#### LM3248 PCB 放置注意事项

1. 输入电容器 C2 应该被放置在比 C1 更加靠近 LM3248 的位置上。
2. 为了实现高频滤波，可选择在 LM3248 的输入上添加 1nF (C34)。
3. 大容量输出电容器 C7 应该被放置在比 C8 更加靠近 LM3248 的地方。
4. 将 C7, C8 和 C34 的 GND 端子直接接至电话电路板的系统 RF GND 层。
5. 将升压输出 C27 和减压输入 C28 电容器的 GND 端子接至组件一侧的铜 PGND 接地岛上。然后，这个接地岛被通过几个导孔接至系统接地层。
6. 将焊锡凸点 SGND\_BOOST(B2), SGND\_BUCK(C3), DGND(E3) 和 BGND (F3) 直接接至系统接地层。
7. 小型高频滤波电容器（例如，C34）在被接至系统接地而非 PGND 接地岛时运转更加良好。这些电容器应该为 0201（公制 0603）或 01005（公制 0402）外壳尺寸以实现最小封装和最佳高频特性。

## RF 评估板布局布线预览

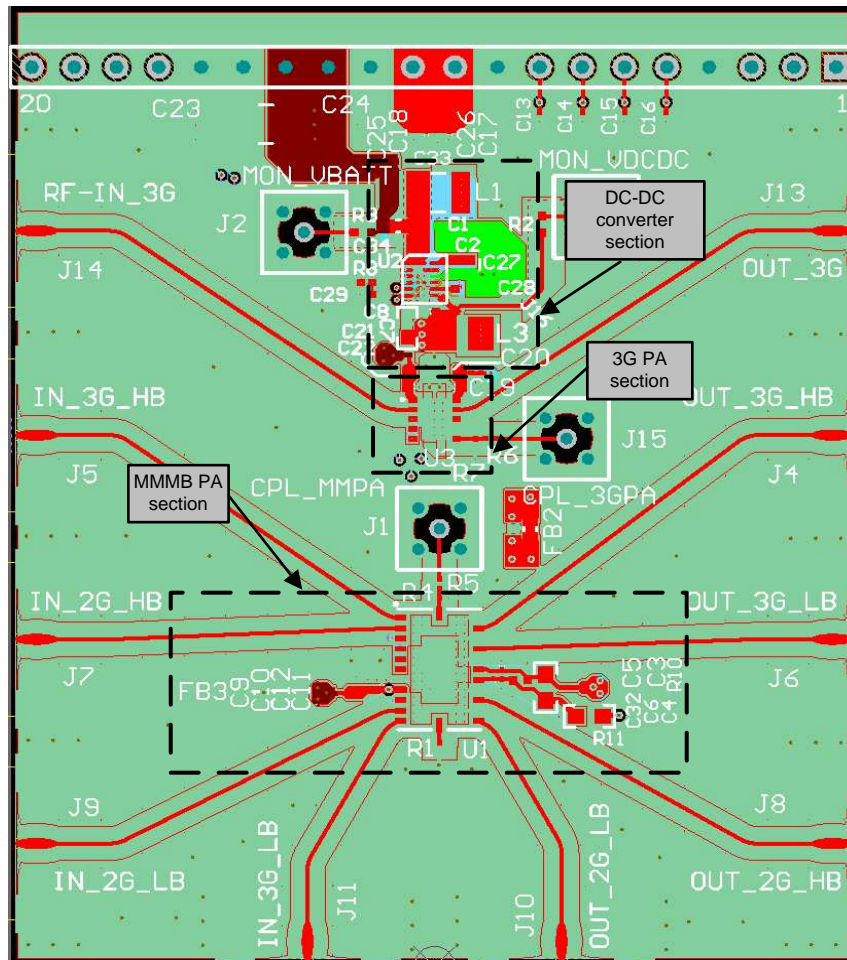


图 30. RF 评估板顶视图

LM3248 RF 评估板包含 LM3248 直流/直流转换器和两个 RF 功率放大器级 - 一个标准 3mm x 3mm 封装尺寸“3G PA”和一个多模式多频带 (“MMMB PA”) 2G + 3G/4G 功率放大器。在图 30 中概括了这些电路。

## 布局布线建议

为了最大限度地减少等效串联电阻 (ESR) 效应，应该在 LM3248 中使用多层芯片电容器 (MLCC)，而非钽电容器。其中一个最重要的细节就是馈电线路的走线方式不会在 PA 和被连接至常见电力馈电的直流/直流转换器电路之间引起噪声。之前提到的“星形连接”在下方的图 31 中进行了图示。关键是将电源连接从  $V_{BATT}$  电源分别路由至 PA 和直流/直流转换器，这样就不会有共用电流路径 - 它们只是在电源上结合。如果这样不可行的话，由于受到其他限制，明智的做法是在焊垫的设计中将铁氧体磁珠与到器件的  $V_{BATT}$  连接串联，至少在原型布局布线中是如此，这样在确认验证器件性能时可获得额外的滤波（请见图 32）。

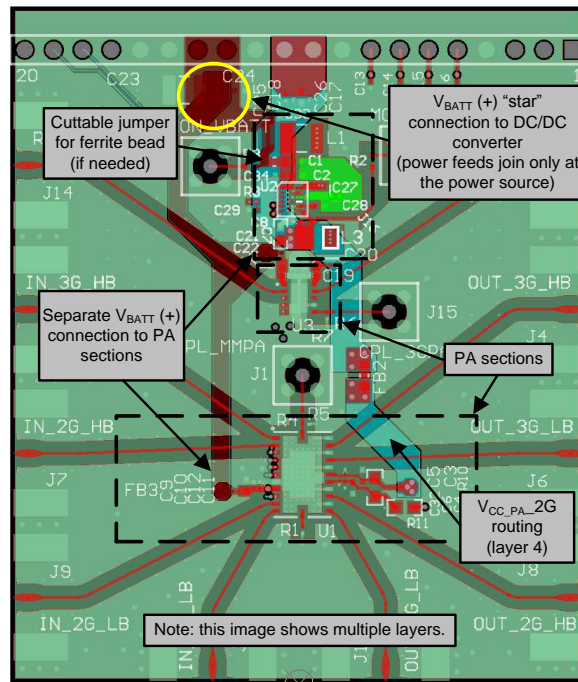


图 31. LM3248  $V_{BATT}$  星形连接和  $V_{CC\_PA}$  路由走线

## 关键升压输出/降压输入电容器

最关键的布置和连接是升压输出/降压输入滤波电容器，C27 和 C28，它们应该被放置在尽可能靠近 U2 LM3248 器件 OUT\_BOOST/PVIN\_BUCK 和 PGND 焊垫的位置。这两个电容器将电源中最快速（最高 di/dt 比）的开关电流去耦合。通过最大限度地减少这些电容器和 LM3248 器件焊垫之间的连接长度（电感），用户最大限度地减少有可能传播回  $V_{BATT}$  电源总线的噪声。将这些组件连接到 LM3248 的最佳方法是用短距、直接连接迹线从电容器焊垫接至同一层上的器件焊垫（导孔是电阻式 + 电感式的并且阻止快速开关电流流动）。下面的图 32 中图示了这一方法，其中的箭头表示快速循环电流流动。请注意，铜 PGND 接地岛将主要的电流承载旁路电容器 GND 端子，C2，C27 和 C28 结合在一起。

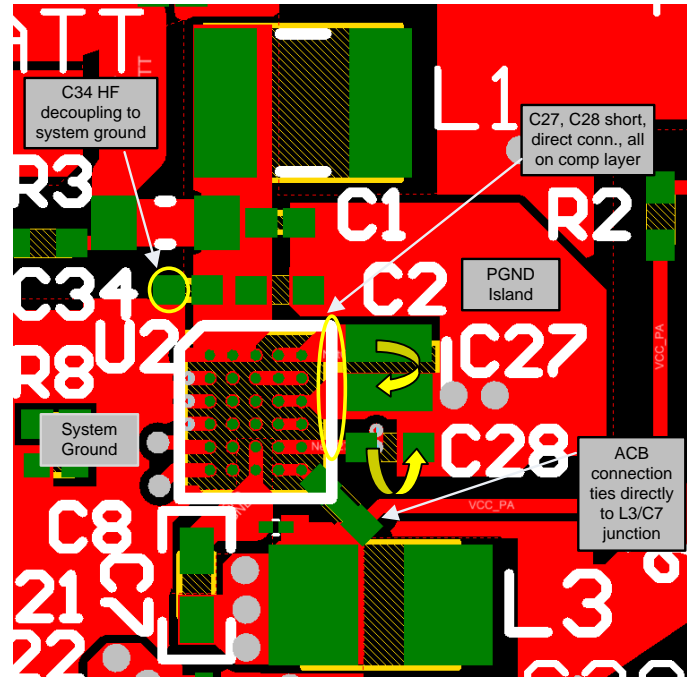


图 32. LM3248 去耦合电容器放置  
(顶视图, 组件层)

$V_{BATT}$  电源电流经由几个导通通过系统接地为安装在 PGND 接地岛上的主去耦合电容器充电, 这样, 快速开关电流被限制在组件层。这个技术通过减少流经系统接地层的开关电流来减少接地层噪声。推荐在主电源 ( $V_{BATT}$ ) 馈线和系统接地 (不是到 PGND) 之间放置一个额外的高频去耦合电容器 (C34, 1nF, 0201 外壳尺寸) 来返回出现在这些表面上的任一共模开关电流。

有源电流辅助和旁路 (ACB) 迹线应该保持尽可能的短, 并且应该直接从 ACB 引脚路由至输出电感器 L3 和输出电容器 C7 的结合处 (请见图 32)。

#### 最大限度地减少开关噪声

下一步, 升压和降压电感器, L1 和 L3, 放置的方式应该最大限度地避免每一个组件的“嘈杂”端暴露于周围直接接至 SW\_BUCK 和 SW\_BOOST 引脚的电路中。特别是, FB\_BUCK 反馈感测连接应该路由到远离 SW\_BUCK (或 SW\_BOOST) 节点的位置。理想情况下, 用一个短距, 直接连接将 FB\_BUCK 引脚与输出电容器, C7, 和降压输出电感器, L3, 的结合处连接在一起。这条迹线是电压感测连接, 并且不携带高电流 (迹线宽度不十分关键)。如果这个连接必须在 L1 或 L3 电感器下方走线, 在这个迹线和此电感器的嘈杂端之间应该有一个接地层以提供屏蔽。将输出电容器 C7 和 C8 直接接至系统接地 (而不是 PGND 铜接地岛)。在这个示例中, C7 和 C8 通过几个导孔被路由至 3 层系统接地 (请见图 32 和图 33), 是可以接受的, 这是因为它们不承载极快速 (高 di/dt) 的开关电流。



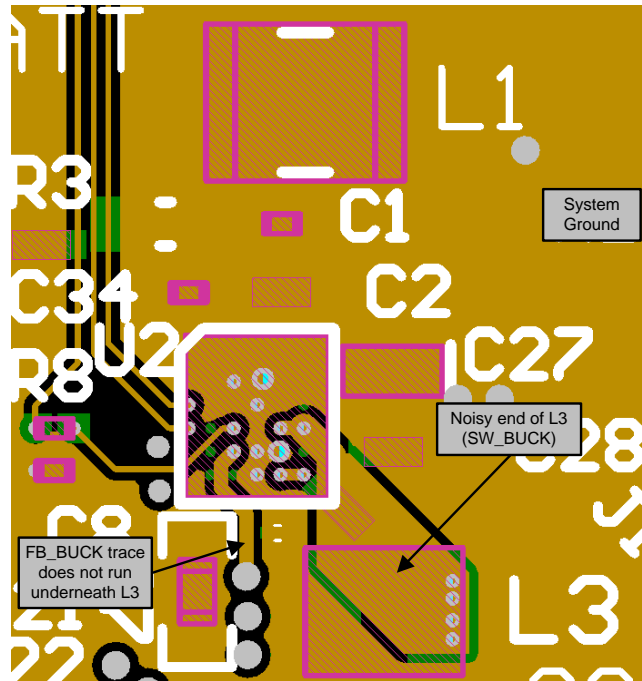


图 33. 针对低噪声的 LM3248 降压反馈和电感器 L3 路由走线  
(1 层组件覆盖时显示的 3 层)

图 34 中显示了到 L1 的 SW\_BOOST 路由走线。请注意，电感器 L1 的嘈杂端并不与 FB\_BUCK 迹线交叉敏感，但是也被路由至远离此迹线的位置。

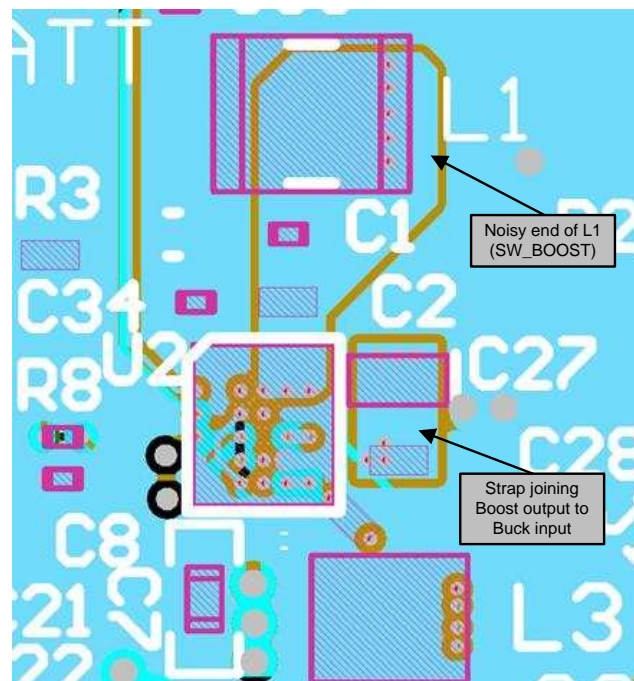


图 34. 针对低噪声的 LM3248 电感器 L1 路由走线  
(1 层组件覆盖时显示的 2 层)

## 修订历史记录

Changes from Original (August 2013) to Revision A	Page
• Changed 整个数据表的产品摘要；2 个图表：升压/降压输出电压时序图和显示 $V_{CON}$ - $V_{BATT}$ 间关系的升压运行 .....	25

**PACKAGING INFORMATION**

Orderable Device	Status (1)	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan (2)	Lead/Ball Finish	MSL Peak Temp (3)	Op Temp (°C)	Device Marking (4/5)	Samples
LM3248TME/NOPB	ACTIVE	DSBGA	YFQ	30	250	Green (RoHS & no Sb/Br)	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-30 to 90	3248	<a href="#">Samples</a>
LM3248TMX/NOPB	ACTIVE	DSBGA	YFQ	30	3000	Green (RoHS & no Sb/Br)	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-30 to 90	3248	<a href="#">Samples</a>

(1) The marketing status values are defined as follows:

**ACTIVE:** Product device recommended for new designs.

**LIFEBUY:** TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.

**NRND:** Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using this part in a new design.

**PREVIEW:** Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.

**OBsolete:** TI has discontinued the production of the device.

(2) Eco Plan - The planned eco-friendly classification: Pb-Free (RoHS), Pb-Free (RoHS Exempt), or Green (RoHS & no Sb/Br) - please check <http://www.ti.com/productcontent> for the latest availability information and additional product content details.

**TBD:** The Pb-Free/Green conversion plan has not been defined.

**Pb-Free (RoHS):** TI's terms "Lead-Free" or "Pb-Free" mean semiconductor products that are compatible with the current RoHS requirements for all 6 substances, including the requirement that lead not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, TI Pb-Free products are suitable for use in specified lead-free processes.

**Pb-Free (RoHS Exempt):** This component has a RoHS exemption for either 1) lead-based flip-chip solder bumps used between the die and package, or 2) lead-based die adhesive used between the die and leadframe. The component is otherwise considered Pb-Free (RoHS compatible) as defined above.

**Green (RoHS & no Sb/Br):** TI defines "Green" to mean Pb-Free (RoHS compatible), and free of Bromine (Br) and Antimony (Sb) based flame retardants (Br or Sb do not exceed 0.1% by weight in homogeneous material)

(3) MSL, Peak Temp. -- The Moisture Sensitivity Level rating according to the JEDEC industry standard classifications, and peak solder temperature.

(4) There may be additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category on the device.

(5) Multiple Device Markings will be inside parentheses. Only one Device Marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a device. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire Device 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.

## TAPE AND REEL INFORMATION



### QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



\*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
LM3248TME/NOPB	DSBGA	YFQ	30	250	178.0	8.4	2.67	2.95	0.76	4.0	8.0	Q1
LM3248TMX/NOPB	DSBGA	YFQ	30	3000	178.0	8.4	2.67	2.95	0.76	4.0	8.0	Q1

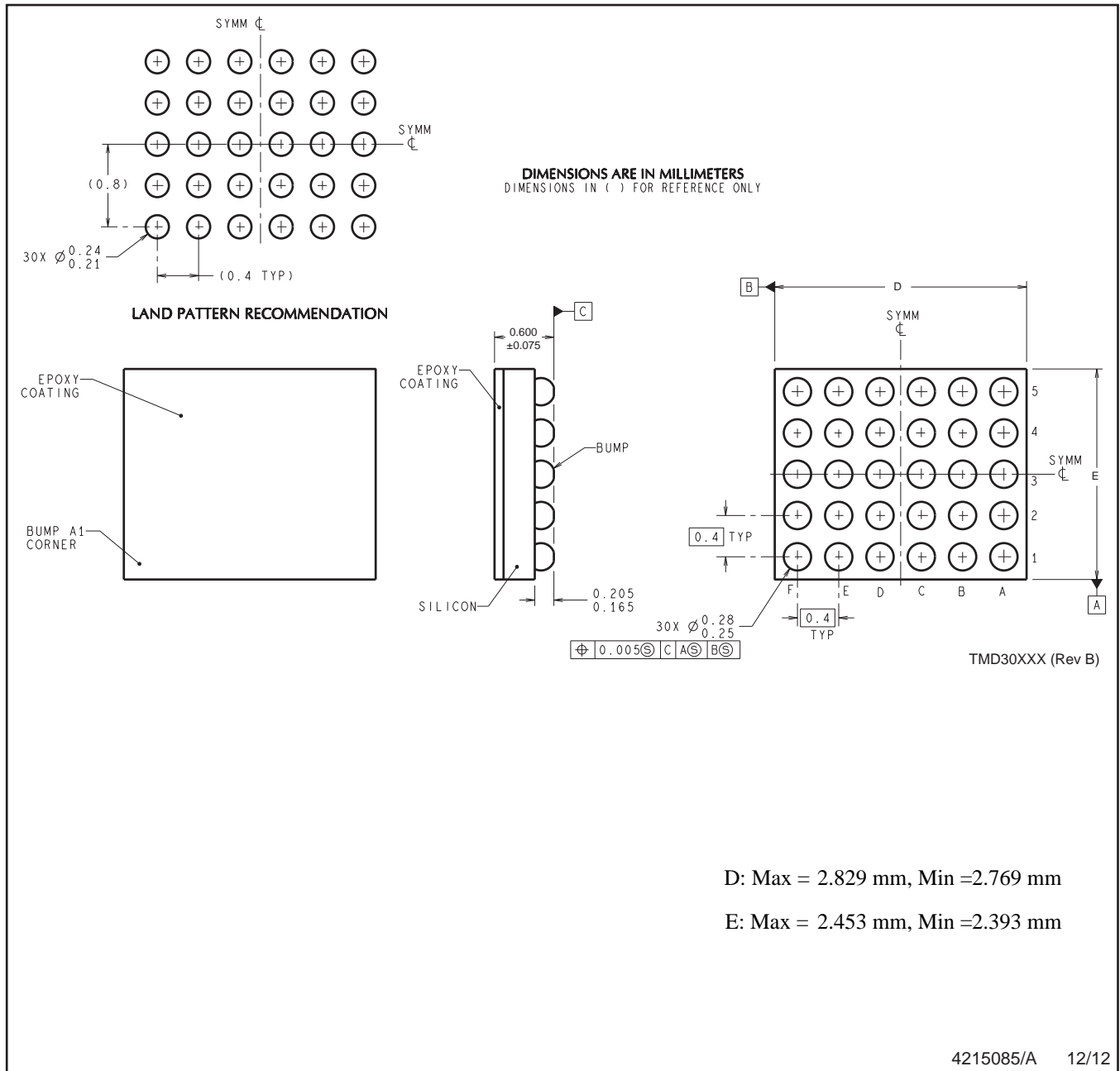
**TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS**



\*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
LM3248TME/NOPB	DSBGA	YFQ	30	250	210.0	185.0	35.0
LM3248TMX/NOPB	DSBGA	YFQ	30	3000	210.0	185.0	35.0

YFQ0030



NOTES: A. All linear dimensions are in millimeters. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M-1994.  
B. This drawing is subject to change without notice.

## 重要声明

德州仪器 (TI) 公司有权按照最新发布的 JESD46 对其半导体产品和服务进行纠正、增强、改进和其他修改，并不再按最新发布的 JESD48 提供任何产品和服务。买方在下订单前应获取最新的相关信息，并验证这些信息是否完整且是最新的。

TI 公布的半导体产品销售条款 (<http://www.ti.com/sc/docs/stdterms.htm>) 适用于 TI 已认证和批准上市的已封装集成电路产品的销售。另有其他条款可能适用于其他类型 TI 产品及服务的使用或销售。

复制 TI 数据表上 TI 信息的重要部分时，不得变更该等信息，且必须随附所有相关保证、条件、限制和通知，否则不得复制。TI 对该等复制文件不承担任何责任。第三方信息可能受到其它限制条件的制约。在转售 TI 产品或服务时，如果存在对产品或服务参数的虚假陈述，则会失去相关 TI 产品或服务的明示或暗示保证，且构成不公平的、欺诈性商业行为。TI 对此类虚假陈述不承担任何责任。

买方和在系统中整合 TI 产品的其他开发人员（总称“设计人员”）理解并同意，设计人员在设计应用时应自行实施独立的分析、评价和判断，且应全权负责并确保应用的安全性，及设计人员的应用（包括应用中使用的 TI 产品）应符合所有适用的法律法规及其他相关要求。设计人员就自己设计的应用声明，其具备制订和实施下列保障措施所需的一切必要专业知识，能够 (1) 预见故障的危险后果，(2) 监视故障及其后果，以及 (3) 降低可能导致危险的故障几率并采取适当措施。设计人员同意，在使用或分发包含 TI 产品的任何应用前，将彻底测试该等应用和该等应用中所用 TI 产品的功能。

TI 提供技术、应用或其他设计建议、质量特点、可靠性数据或其他服务或信息，包括但不限于与评估模块有关的参考设计和材料（总称“TI 资源”），旨在帮助设计人员开发整合了 TI 产品的应用，如果设计人员（个人，或如果是代表公司，则为设计人员的公司）以任何方式下载、访问或使用任何特定的 TI 资源，即表示其同意仅为该等目标，按照本通知的条款使用任何特定 TI 资源。

TI 所提供的 TI 资源，并未扩大或以其他方式修改 TI 对 TI 产品的公开适用的质保及质保免责声明；也未导致 TI 承担任何额外的义务或责任。TI 有权对其 TI 资源进行纠正、增强、改进和其他修改。除特定 TI 资源的公开文档中明确列出的测试外，TI 未进行任何其他测试。

设计人员只有在开发包含该等 TI 资源所列 TI 产品的应用时，才被授权使用、复制和修改任何相关 TI 资源。但并未依据禁止反言原则或其他法律授予您任何 TI 知识产权的任何其他明示或暗示的许可，也未授予您 TI 或第三方的任何技术或知识产权的许可，该等许可包括但不限于任何专利权、版权、屏蔽作品权或与美国 TI 产品或服务的任何整合、机器制作、流程相关的其他知识产权。涉及或参考了第三方产品或服务的信息不构成使用此类产品或服务的许可或与其相关的保证或认可。使用 TI 资源可能需要您向第三方获得对该等第三方专利或其他知识产权的许可。

TI 资源系“按原样”提供。TI 兹免除对资源及其使用作出所有其他明确或默示的保证或陈述，包括但不限于对准确性或完整性、产权保证、无屡发故障保证，以及适销性、适合特定用途和不侵犯任何第三方知识产权的任何默认保证。TI 不负责任何申索，包括但不限于因组合产品所致或与之有关的申索，也不为或对设计人员进行辩护或赔偿，即使该等产品组合已列于 TI 资源或其他地方。对因 TI 资源或其使用引起或与之有关的任何实际的、直接的、特殊的、附带的、间接的、惩罚性的、偶发的、从属或惩戒性损害赔偿，不管 TI 是否获悉可能会产生上述损害赔偿，TI 概不负责。

除 TI 已明确指出特定产品已达到特定行业标准（例如 ISO/TS 16949 和 ISO 26262）的要求外，TI 不对未达到任何该等行业标准要求而承担任何责任。

如果 TI 明确宣称产品有助于功能安全或符合行业功能安全标准，则该等产品旨在帮助客户设计和创作自己的符合相关功能安全标准和要求的的应用。在应用内使用产品的行为本身不会配有安全特性。设计人员必须确保遵守适用于其应用的相关安全要求和标准。设计人员不可将任何 TI 产品用于关乎性命的医疗设备，除非已由各方获得授权的管理人员签署专门的合同对此类应用专门作出规定。关乎性命的医疗设备是指出现故障会导致严重身体伤害或死亡的医疗设备（例如生命保障设备、心脏起搏器、心脏除颤器、人工心脏泵、神经刺激器以及植入设备）。此类设备包括但不限于，美国食品药品监督管理局认定为 III 类设备的设备，以及在美国以外的其他国家或地区认定为同等类别设备的所有医疗设备。

TI 可能明确指定某些产品具备某些特定资格（例如 Q100、军用级或增强型产品）。设计人员同意，其具备一切必要专业知识，可以为自己的应用选择适合的产品，并且正确选择产品的风险由设计人员承担。设计人员单方面负责遵守与该等选择有关的所有法律或监管要求。

设计人员同意向 TI 及其代表全额赔偿因其不遵守本通知条款和条件而引起的任何损害、费用、损失和/或责任。

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道 1568 号中建大厦 32 楼，邮政编码：200122  
Copyright © 2017 德州仪器半导体技术（上海）有限公司