

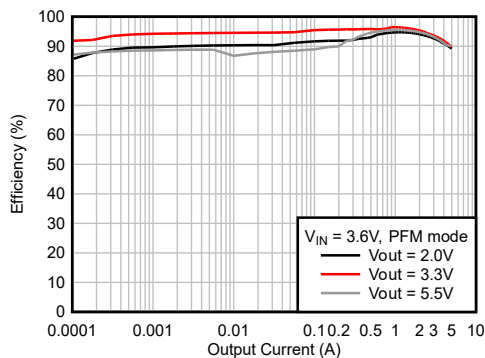
TPS63822 和 TPS638221 低静态电流 4A 降压/升压转换器

1 特性

- 输入电压范围：1.8V 至 5.5V
 - 启动时的最小输入电压为 2.0V
- V_{OUT} 范围：1.2V 至 5.5V
- 输出电流
 - 在 $V_{IN} \geq 2.5V$, $V_{OUT} = 3.3V$ 条件下最高 3.5A
 - 在 $V_{IN} \geq 3V$, $V_{OUT} = 3.3V$ 条件下最高 4A
- 在整个负载范围内具有高效率
 - 运行静态电流低至 $2.3 \mu A$
 - $V_{IN} = 3.6V$, $V_{OUT} = 3.3V$, $I_{OUT} = 100 \mu A$ 时 (在降压/升压模式下) 效率为 91.94%
 - $V_{IN} = 3.6V$, $V_{OUT} = 3.3V$, $I_{OUT} = 2A$ 时 (在降压/升压模式下) 效率为 95.33%
- 可选择自动省电模式、超音速模式和强制 PWM 模式
- PG 引脚指示带窗口的电源正常状态
- 输出放电功能 (仅限 TPS638221)
- 支持 1.2V 逻辑 I/O
- 安全性和强大保护特性
 - 过热保护
 - 输入和输出过压保护
 - 关断期间真实负载断开
 - 正向和反向电流限制
 - 断续模式保护
- 15 焊球 WCSP 封装 (2.029mm × 1.257mm)

2 应用

- 系统前置稳压器
- 负载点调节
- 光学模块
- 宽带网络无线电或 SoC 电源



效率与 I_{OUT} 之间的关系

3 说明

TPS63822 和 TPS638221 是低静态电流、高输出电流降压/升压转换器，典型谷值电流限制为 6.5A。2.3 μA 静态电流和四个低 $R_{DS(on)}$ MOSFET 可在轻负载到重负载范围内实现高效率。

根据输入电压不同，当输入电压近似等于输出电压时，这些器件会自动以升压、降压或降压/升压模式运行。模式切换在定义的阈值下进行，避免了不必要的模式内切换，从而减少输出电压纹波。

这些器件具有快速动态响应，即使发生重负载瞬变时也能严格调节输出电压。

这些器件采用 WCSP 封装，具有小解决方案尺寸。

器件信息

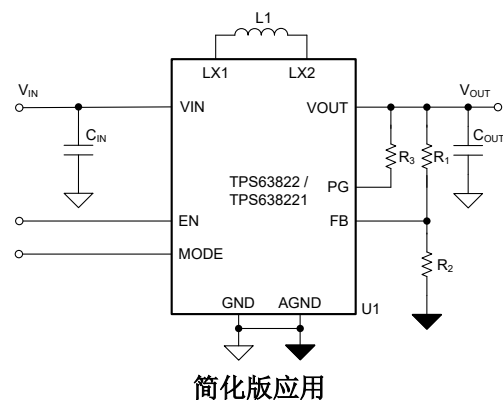
器件型号 ⁽¹⁾	封装 ⁽²⁾	封装尺寸 ⁽³⁾
TPS63822 ⁽⁴⁾	YBG (DSBGA, 15)	2.029mm × 1.257mm
TPS638221		

(1) 请参阅 [器件比较表](#)。

(2) 有关更多信息，请参阅 [机械、封装和可订购信息](#)。

(3) 封装尺寸 (长 × 宽) 为标称值，并包括引脚 (如适用)。

(4) 产品预发布。请联系 TI 工厂获取更多信息。



内容

1 特性	1	8 应用和实施	13
2 应用	1	8.1 应用信息.....	13
3 说明	1	8.2 典型应用.....	13
4 器件比较表	3	8.3 电源相关建议.....	22
5 引脚配置和功能	4	8.4 布局.....	22
6 规格	5	9 器件和文档支持	24
6.1 绝对最大额定值.....	5	9.1 器件支持.....	24
6.2 ESD 等级.....	5	9.2 文档支持.....	24
6.3 建议运行条件.....	5	9.3 接收文档更新通知.....	24
6.4 热性能信息.....	6	9.4 支持资源.....	24
6.5 电气特性.....	6	9.5 商标.....	24
6.6 典型特性.....	7	9.6 静电放电警告.....	24
7 详细说明	8	9.7 出口管制提示.....	24
7.1 概述.....	8	9.8 术语表.....	24
7.2 功能方框图.....	8	10 修订历史记录	24
7.3 特性说明.....	8	11 机械、封装和可订购信息	26
7.4 器件功能模式.....	12		

4 器件比较表

器件型号	输出放电
TPS63822YBGR ⁽¹⁾	否
TPS638221YBGR	是

(1) 产品预发布。请联系 TI 工厂获取更多信息。

5 引脚配置和功能

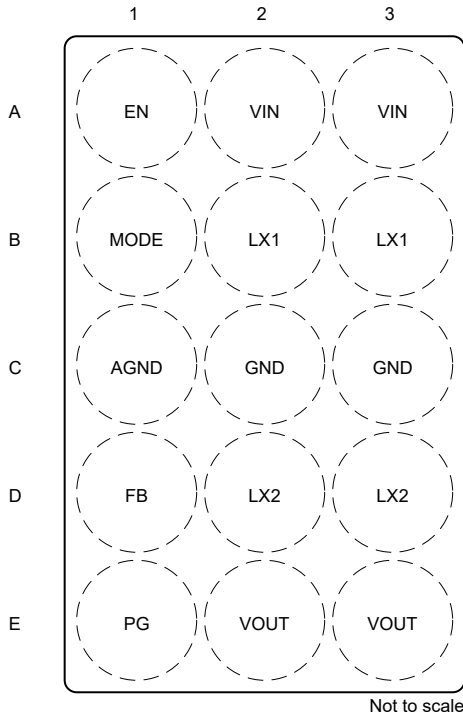


图 5-1. TPS63822 和 TPS638221 YBG 封装、15 焊球 DSBGA (顶视图)

表 5-1. 引脚功能

引脚		类型 ⁽¹⁾	说明
编号	名称		
A1	EN	I	器件使能。该引脚上的逻辑高电平将启用器件，该引脚上的逻辑低电平将禁用启用器件。
A2、A3	VIN	PWR	功率级的电源电压
B1	模式	I	自动 PFM/PWM/超声波模式选择 MODE = 逻辑低电平，自动 PFM 模式 MODE = 逻辑高电平，FPWM 模式 MODE = 悬空，超声波模式
B2、B3	LX1	PWR	电感器连接
C1	AGND	—	模拟接地
C2、C3	GND	PWR	电源地
D1	FB	I	可调节版本的电压反馈。当 FB 连接至 AGND 时，输出电压为 3.3V 固定值。
D2、D3	LX2	PWR	电感器连接
E1	PG	O	电源正常指示和开漏输出。如果没有被使用，该引脚可以悬空。
E2、E3	VOUT	PWR	转换器输出

(1) I = 输入，O = 输出，PWR = 电源

6 规格

6.1 绝对最大额定值

在工作结温范围内测得 (除非另有说明) ⁽¹⁾

		最小值	最大值	单位
V_I	输入电压 (V_{IN} 、 $LX1$ 、 $LX2$ 、 V_{OUT} 、 $MODE$ 、 FB 、 EN 、 PG) ⁽²⁾	-0.3	6	V
V_I	小于 10ns 的输入电压 ($LX1$ 、 $LX2$) ⁽²⁾	-0.7	8	V
T_J	工作结温	-40	150	°C
T_{stg}	贮存温度	-65	150	°C

- (1) 超出“绝对最大额定值”运行可能会对器件造成永久损坏。“绝对最大额定值”并不表示器件在这些条件下或在“建议运行条件”以外的任何其他条件下能够正常运行。如果超出“建议运行条件”但在“绝对最大额定值”范围内使用，器件可能不会完全正常运行，这可能影响器件的可靠性、功能和性能并缩短器件寿命。
- (2) 除非另有说明，否则所有电压值都是以网络接地端为基准。

6.2 ESD 等级

			值	单位
$V_{(ESD)}$	静电放电	人体放电模型 (HBM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 ⁽¹⁾	±2000	V
$V_{(ESD)}$	静电放电	充电器件模型 (CDM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 标准 ⁽²⁾	±500	V

- (1) JEDEC 文档 JEP155 指出：500V HBM 能够在标准 ESD 控制流程下安全地进行生产。
- (2) JEDEC 文档 JEP157 指出：250V CDM 能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。

6.3 建议运行条件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

			最小值	标称值	最大值	单位
V_I	电源电压		1.8		5.5	V
V_O	输出电压		1.2		5.5	V
I_O	输出电流 ⁽¹⁾	$V_{OUT} = 3.3V$ ， $V_{IN} \geq 2.6V$			3.5	A
C_I	输入电容 ⁽²⁾		5			µF
C_O	输出电容 ⁽²⁾	$V_{OUT} = 3.3V$ ， $V_{IN} \geq 2.6V$ ， $I_{OUT} \leq 2A$	14	16		µF
L	电感		390	470	560	nH
T_A	自然通风条件下的工作温度范围		-40		85	°C
T_J	工作结温范围		-40		125	°C

- (1) 在其结温过高之前，该器件只能短时间维持最大建议输出电流。用户必须验证终端应用的热性能是否能够支持最大输出电流。
- (2) 考虑了直流偏置效应后的有效电容。

6.4 热性能信息

热指标 ⁽¹⁾		TPS63822 TPS638221	单位
		YBG (DSBGA)	
		15 引脚	
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	83.5	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳 (顶部) 热阻	1.4	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	21.6	°C/W
Ψ_{JT}	结至顶部特征参数	1.4	°C/W
Ψ_{JB}	结至电路板特征参数	21.6	°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](#)应用手册。

6.5 电气特性

$T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 125°C ， $V_{IN} = 2.0\text{V}$ 至 5.5V 。典型值均为在 $V_{IN} = 3.6\text{V}$ ， $V_{OUT} = 3.3\text{V}$ 且 $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ 条件下测得的值 (除非另有说明)。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源						
V_{IN}	输入电压范围		1.8		5.5	V
V_{IT+}	正向 UVLO 阈值电压		1.8	1.9	2.0	V
V_{IT-}	负向 UVLO 阈值		1.6	1.7	1.8	V
V_{HYS}	迟滞电压			200		mV
I_Q	流入 V_{IN} 的静态电流	$V_{IN} = 3.6\text{V}$ ， $V_{EN} = 3.6\text{V}$ ， $V_{OUT} = 3.3\text{V}$ ， 非开关， $T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 85°C		2.3	4	μA
I_Q	流入 V_{OUT} 的静态电流	$V_{IN} = 3.6\text{V}$ ， $V_{EN} = 3.6\text{V}$ ， $V_{OUT} = 3.3\text{V}$ ， 非开关， $T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 85°C		0.3	1	μA
I_{SD}	流入 V_{IN} 的关断电流	$V_{IN} = 3.6\text{V}$ ， $V_{OUT} = 0\text{V}$ ， $V_{EN} = 0\text{V}$ ， $T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 85°C		0.3	2.5	μA
I/O 信号						
V_{IT+}	正向输入阈值电压	MODE、EN			0.82	V
V_{IT-}	负向输入阈值电压	MODE、EN	0.33			V
V_{IM}	中电平输入电压	模式		0.6		V
I_{IH}	高电平输入电流	模式	$V_{MODE} = 1.2\text{V}$	0.01	0.1	μA
I_{IL}	低电平输入电流	模式	$V_{MODE} = 0\text{V}$	0.01	0.1	μA
I_{IB}	输入偏置电流	EN	$V_{EN} = 0\text{V}$ 至 5.5V	2.5	30	nA
R_{EN}	EN 引脚下拉电阻器	EN = 低电平		800		k Ω
功率级						
V_O	输出电压范围		1.2		5.5	V
V_{REF}	反馈稳压电压		0.792	0.800	0.808	V
	PFM 谷值 — 直流偏移	PFM 运行	0.7	1.5	2.5	%
	直流偏移	超声波运行模式， $V_{OUT} \geq 2.5\text{V}$	0.7	1.25	2.5	%
I_{FB_lkg}	FB 引脚上的漏电流				50	nA
	谷值开关电流限制		5.7	6.5	7	A
	反向谷值开关电流限制		-4.0	-3.3	-2	A
	迟滞电流			800		mA
降压侧 $R_{DS(on)}$	降压侧的高侧 MOSFET 导通电阻			11.6		m Ω
	降压侧的低侧 MOSFET 导通电阻			15.5		
升压侧 $R_{DS(on)}$	升压侧的高侧 MOSFET 导通电阻			11.6		
	升压侧的低侧 MOSFET 导通电阻			15.3		
I_{lkg}	VIN 至 LX1 的泄漏电流	EN = GND， $V_{IN} = 5.5\text{V}$ ， $V_{LX1} = 0\text{V}$ ， $T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 85°C		0.03	4	μA

6.5 电气特性 (续)

$T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 125°C , $V_{IN} = 2.0\text{V}$ 至 5.5V 。典型值均为在 $V_{IN} = 3.6\text{V}$, $V_{OUT} = 3.3\text{V}$ 且 $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ 条件下测得的值 (除非另有说明)。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
I _{lkg}	VOUT 至 LX2 的泄漏电流	EN = GND, V _{OUT} = 5.5V, V _{LX2} = 0V, T _J = - 40°C 至 85°C		0.03	4	μA
I _{lkg}	LX1 至 GND 的泄漏电流	EN = GND, V _{LX1} = 5.5V, T _J = - 40°C 至 85°C		0.02	4	μA
I _{lkg}	LX2 至 GND 的泄漏电流	EN = GND, V _{LX2} = 5.5V, T _J = - 40°C 至 85°C		0.02	4	μA
I _{DISCHG}	输出放电电流	V _{IN} = 3.0V		160		mA
时序参数						
t _{SS}	软启动时间		0.2	0.3	0.4	mS
t _{d(EN)}	EN 引脚上的上升沿与输出电压斜坡开始之间的延迟			200	240	μS
	超声波模式下的开关频率		24			kHz
保护						
V _{T+(IVP)}	输入 OVP 阈值电压		5.65	5.75	5.95	V
	输入 OVP 磁滞			100		mV
V _{T+(OVP)}	输出 OVP 阈值电压		5.65	5.75	5.95	V
	输出 OVP 磁滞			100		mV
V _{PG_TH_rising}	上升的电源正常阈值			95		%
V _{PG_TH_falling}	下降的电源正常阈值			90		%
V _{PG_low}	电源正常低电平输出电压				0.36	V
I _{lkg}	PG 引脚漏电流				0.03	μA
	断续导通时间			2		mS
	断续关断停止时间			74		mS
	热关断阈值温度	T _J 上升		165		°C
	热关断迟滞			20		°C

6.6 典型特性

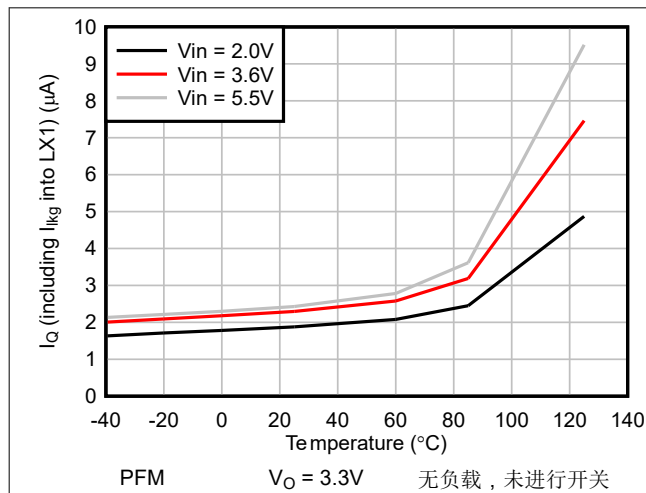


图 6-1. I_Q (包括进入 LX1 的泄漏电流) 与温度间的关系

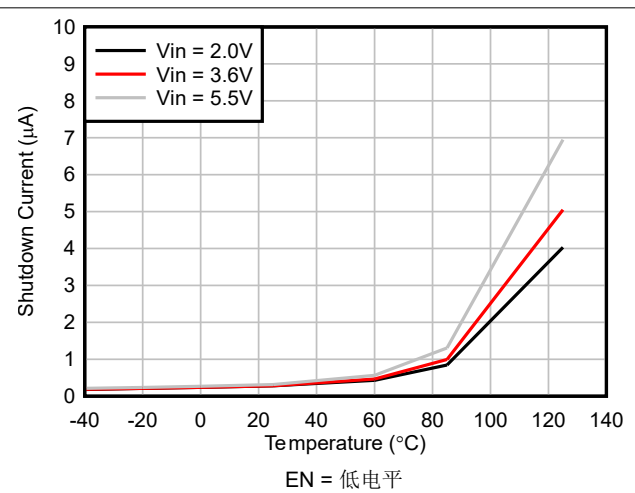


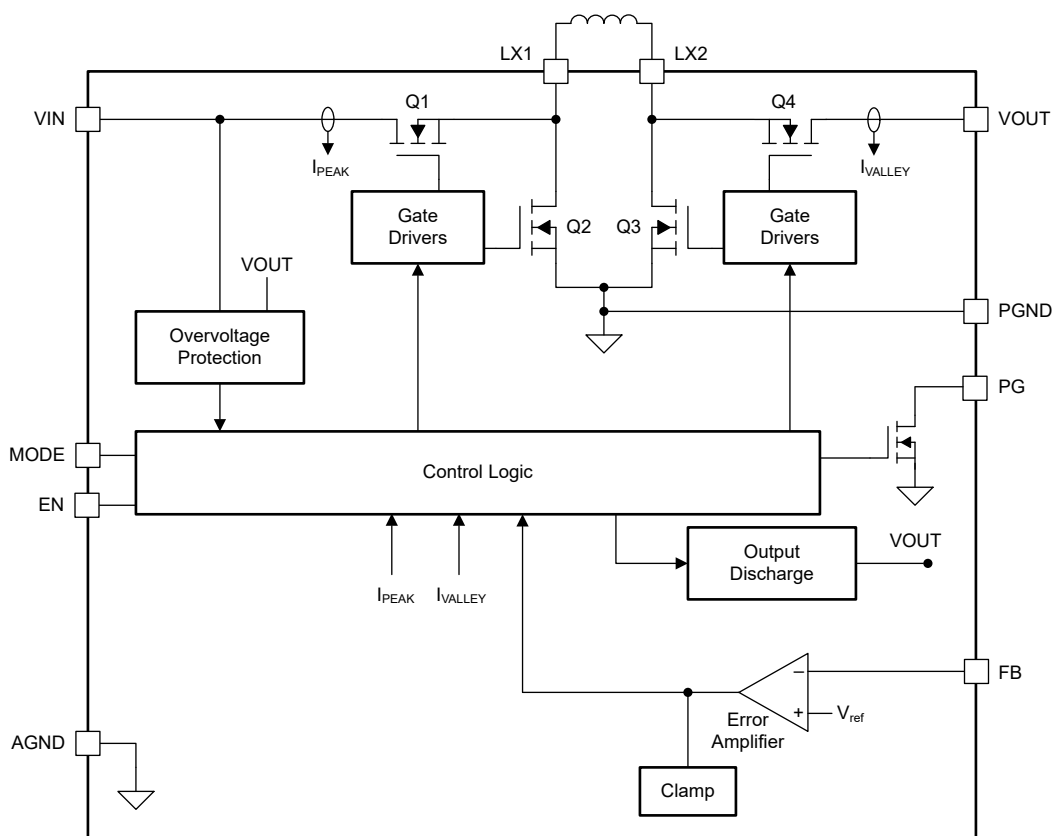
图 6-2. 关断电流与温度之间的关系

7 详细说明

7.1 概述

TPS63822 和 TPS638221 器件是具有低静态电流的高效降压/升压转换器。该器件集成了四个开关，可在所有运行条件下维持同步电源转换，从而在宽输入电压和输出电流范围内实现高效的电源转换。该器件可根据运行条件的要求，在降压、升压和降压/升压运行模式之间自动切换。当 $V_I > V_O$ 时，该器件作为纯降压转换器运行；当 $V_I < V_O$ 时，该器件作为纯升压转换器运行。当 $V_I \approx V_O$ 时，器件以 3 周期降压/升压模式运行。

7.2 功能方框图



7.3 特性说明

7.3.1 控制机制实现高效率

该器件会针对运行条件自动选择合适的开关方案。为确保稳定运行，选择逻辑包括磁滞（请参阅图 7-1）。

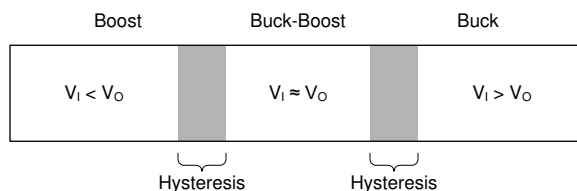


图 7-1. 开关方案选择

7.3.1.1 降压运行

当 $V_I > V_O$ 时，器件开关与降压转换器类似：

- Q1 是开关。
- Q2 是整流器。
- Q3 永久关断。
- Q4 永久导通。

请参阅图 7-2。在降压运行期间，一个开关周期包含两个阶段：导通、关断。

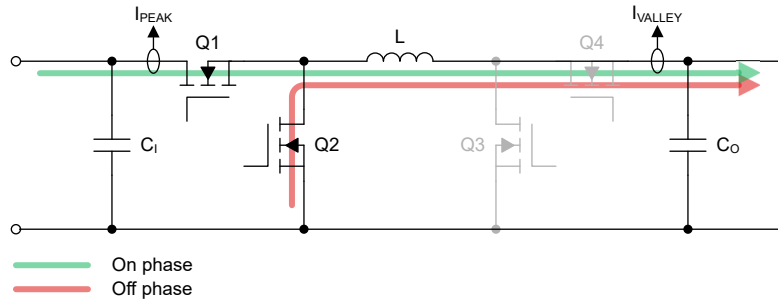


图 7-2. 降压开关配置

7.3.1.2 升压运行

当 $V_I < V_O$ 时，器件开关与升压转换器类似：

- Q1 永久导通。
- Q2 永久关断。
- Q3 是开关。
- Q4 是整流器。

请参阅图 7-3。在升压运行期间，一个开关周期包含两个阶段：导通、关断。

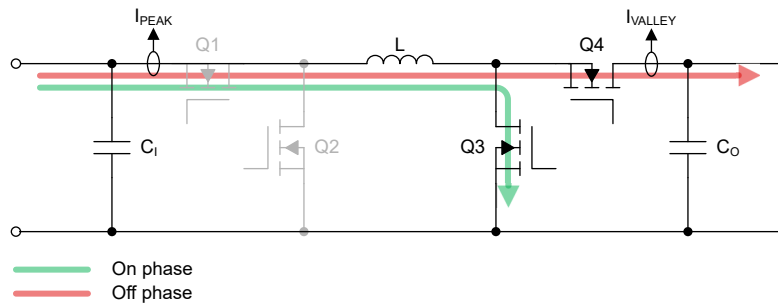


图 7-3. 升压开关配置

7.3.1.3 降压/升压运行

当 $V_I \approx V_O$ 时，所有四个晶体管都会连续开关（请参阅图 7-4）。在降压/升压运行期间，一个开关周期包含三个阶段：导通 — 换向 — 关断。

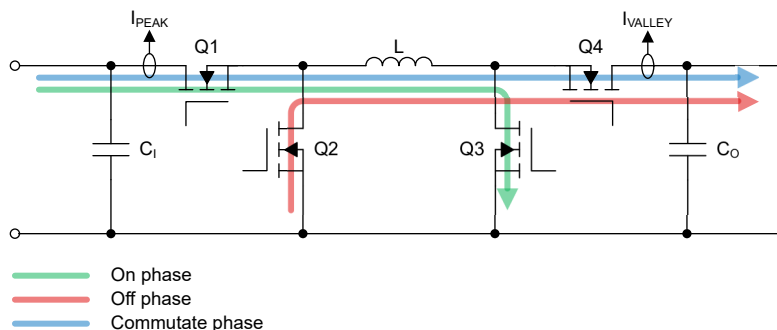


图 7-4. 降压/升压开关配置

7.3.2 运行模式

TPS63822 和 TPS638221 具有三种不同的运行模式：脉冲频率调制 (PFM) 模式、强制脉宽调制 (FPWM) 模式和超高速模式。这些模式通过 **MODE** 引脚配置，如下所示。

- **MODE** 引脚 = 逻辑低电平：PFM 模式
- **MODE** 引脚 = 逻辑高电平：FPWM 模式
- **MODE** 引脚 = 悬空：超高速模式

为降低功耗，会在启动期间读取 **MODE** 引脚的状态，然后将其锁存。该器件开始运行后，对 **MODE** 引脚的任何更改都将被忽略。

7.3.2.1 PFM 操作

为了提升各种运行条件下的效率，该器件自动从中高输出电流下的脉宽调制 (PWM) 转换到低输出电流下的脉冲频率调制 (PFM)。

- 在 PWM 运行期间，该器件连续开关并调节每个开关周期的占空比，以调节输出电压。
- 在 PFM 运行期间，该器件以单脉冲形式进行开关，且脉冲之间存在器件不进行开关的间隔时段。PFM 运行模式可提高低输出电流下的效率，因为当该器件不进行开关时，不会产生开关损耗，并且内部电路被大部分禁用，从而降低了静态功耗。比较器将误差放大器的输出电压与预定义的 PFM 阈值电压进行比较。

要启用 PFM 模式，请将 **MODE** 引脚拉至逻辑低电平。

表 7-1. 强制 PWM 与 PFM 的性能比较

性能参数	最佳运行模式
低功耗下的效率	PFM
中高功耗下的效率	无差异
直流输出电压精度	强制 PWM
瞬态响应	强制 PWM
输出电压纹波	强制 PWM

7.3.2.2 强制 PWM 运行 (FPWM)

在强制 PWM 运行期间，该器件在所有运行条件下均使用 PWM。与省电模式运行相比，强制 PWM 运行具有更低的输出电压纹波和更好的瞬态响应，但在低输出电流下效率较低（请参阅表 7-1）。

请注意，该器件会在启动期间（即在转换器输出首次达到电源正常状态之前）抑制强制 PWM 运行。

要启用 FPWM 模式，请将 **MODE** 引脚拉至逻辑高电平。

7.3.2.3 超音速模式运行

在 PFM 运行期间，开关间隔时间随运行条件变化而变化。由于通常与器件一起使用的陶瓷电容器是压电式电容器，因此在某些运行条件下会导致可闻噪声。该器件具有超音速模式功能，可强制开关频率超出可闻范围。请注意，当在轻负载下启用超音速模式时，该器件的功率转换效率会略微降低。

要启用超音速模式，请将 MODE 引脚悬空。

7.3.3 欠压锁定 (UVLO)

如果器件未处于关断模式，则会持续监控 VIN 引脚的输入电压。UVLO 只停止或启动转换器运行。UVLO 可在器件运行期间避免器件欠压。如果 VIN 引脚上的电源电压低于 UVLO 的负向阈值，转换器将停止运行。如果 VIN 引脚上的电源电压恢复到高于 UVLO 上升阈值，转换器将恢复运行。

7.3.4 使能和软启动

当输入电压高于 UVLO 阈值且 EN 引脚拉至 0.82V 以上时，就会启用该器件。

为了尽可能减小启动期间的浪涌电流和输出电压过冲，该器件具有软启动功能。当输出电压低于 1.2V 时，器件开关峰值电流限制被钳制到 3A (典型值)。

7.3.5 保护功能

7.3.5.1 输入电压保护 (IVP)

在某些运行条件下，电流会从器件的输出端流向输入端。例如，当输出斜降至较低的电压且 VOUT 引脚从输出电容器灌入电流时，在动态电压调节期间可能会出现这种从输出端流向输入端的电流。在这种情况下，如果为器件供电的电压源无法灌入电流，VIN 引脚上的电压可能会不受控制地上升。

为了确保输入电压保持在允许范围内，如果 VIN 引脚上的电压大于 5.75V，该器件将停止开关。当 VIN 引脚上的电压低于 5.65V 时，该器件会自动再次开始开关。

7.3.5.2 输出电压保护 (OVP)

这些器件整合了输出过压保护功能，有助于防止对器件造成损坏。当 VOUT 引脚上的电压达到输出电压阈值 5.75V 时，保护功能会禁用转换器功率级并使开关节点具有高阻抗。当 VOUT 引脚上的电压低于 5.65V 时，该器件会自动再次开始开关。

7.3.5.3 电流限制模式和过流保护

该器件具有钳位电路，可在过载时限制开关电流。

过载会增加器件中的功率耗散，从而提高其温度。如果该器件变得过热，热关断功能会关闭转换器。当该器件冷却后，热关断功能会再次自动开启转换器。因此，在永久过载条件下，该器件可以在冷却后升温的过程中定期导通和关断。

7.3.5.4 输出短路保护 (断续)

该器件通过进入断续模式来实现输出短路保护。软启动时间过后，该器件会监测输出电压。每当发生输出短路，导致输出电压低于 1.2V 且开关电流限制触发达到 2m (典型值) 后，该器件就会关断开关 74ms (典型值)，然后重复软启动。断续模式有助于在输出短路或过流情况下减少器件上的总功率耗散。

7.3.5.5 热关断

该器件具有热关断功能，当结温高于 165°C 时会关闭转换器。当结温低于 145°C 时，该器件会再次自动开启转换器。

7.3.6 电源正常

该器件具有电源正常功能，可指示 DC/DC 转换器输出是否处于稳压状态。当输出电压大于其标称值的 95% 时，该器件会检测到电源正常条件；当输出电压低于其标称值的 90% 时，该器件会检测到电源不正常条件。

当发生电源不正常条件时，该器件会将 PG 引脚设置为逻辑低电平。

当 VIN 引脚处电压高于 UVLO 上升电压、EN 引脚被拉至逻辑高电平且器件保持激活状态时，PG 信号将在延迟 250μs (典型值) 后生效。

7.3.7 负载断开

在该器件关断期间，输入端与输出端断开。输出端与输入端之间的这种断开可防止任何电流从输出端流向输入端或从输入端流向输出端。

7.3.8 输出放电

TPS638221 提供有源下拉电流，以便在 EN 引脚为逻辑低电平时使输出快速放电。输出放电功能可使上电和断电时序变得顺畅。如果在电源多路复用等应用中使用此器件，请注意输出放电功能，因为输出放电电路会在多路复用器输出端和接地端之间创建恒流路径。

触发 VIN UVLO 下降阈值且负载并非超轻时，TPS638221 也会提供放电电流。放电电路会持续工作到 VIN 下降至大约 1V。

7.4 器件功能模式

该器件有两种功能模式：关闭和开启。当 VIN 引脚上的电压高于 UVLO 阈值并且向 EN 引脚应用逻辑高电平时，该器件进入开启模式。当 VIN 引脚上的电压低于 UVLO 阈值或向 EN 引脚应用逻辑低电平时，该器件进入关闭模式。

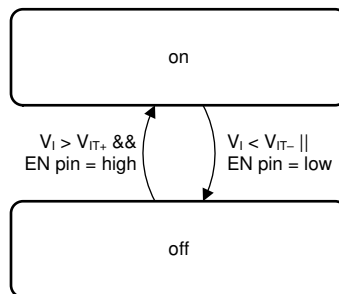


图 7-5. 器件功能模式

8 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。

8.1 应用信息

TPS63822 和 TPS638221 器件是低静态电流、高效率、高电流降压/升压转换器，适用于输入电压高于、低于或等于输出电压的应用。开关内的电感器谷值电流被限制在 6.5A 的典型值。

8.2 典型应用

8.2.1 3.3V 输出电源

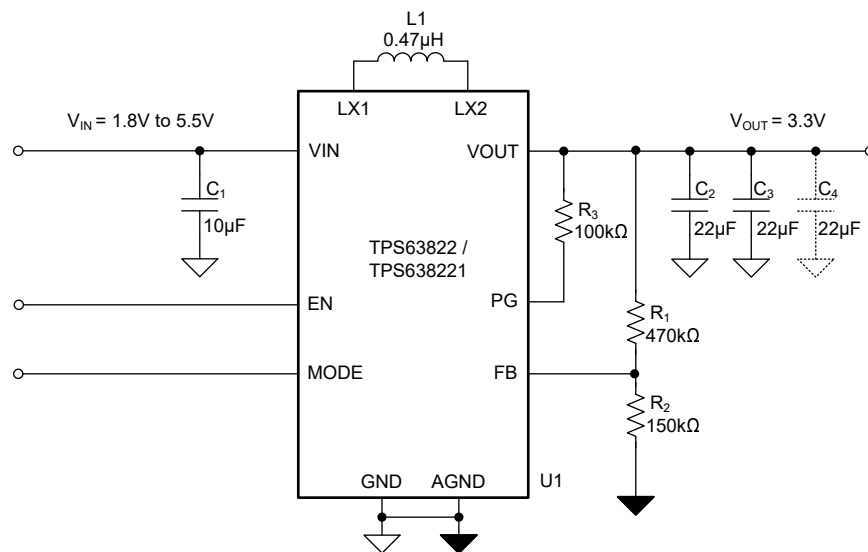


图 8-1. 典型应用原理图

8.2.1.1 设计要求

此示例使用了表 8-1 中列出的设计参数。

表 8-1. 设计参数

设计参数	符号	示例值
输入电压	V_I	2.0V 至 5.5V
输出电压	V_O	3.3V
输出电流	I_O	最高 4A (当 $V_I \geq 3.0V$ 时)

8.2.1.2 详细设计过程

8.2.1.2.1 电感器选型

TI 建议将 TPS63822 和 TPS638221 器件与 0.47µH 电感器搭配使用。为了实现高效率，需要使用具有低直流电阻 (DCR) 和低磁芯损耗的电感器。

电感器的饱和电流必须高于应用中的最大电感器电流。为了为最坏情况和瞬态运行条件留出足够的裕度，请使用饱和电流至少比应用中的最大电感器电流高 20% 的电感器。当该器件在升压模式下运行且满足以下条件时，电感器中的电流达到最大值：

- 输入电压处于最小值。
- 输出电压处于最大值。
- 输出电流处于最大值。

要计算最大电感器电流，首先使用[方程式 1](#) 计算升压运行期间的最大占空比（即电感器电流达到最大时）。

$$D = \frac{V_O - V_I}{V_O} \quad (1)$$

其中

- D 为占空比
- V_I 为输入电压
- V_O 为输出电压

接下来，使用[方程式 2](#) 计算最大电感器电流。

$$I_{LM} = \frac{I_O}{\eta(1-D)} + \frac{DV_I}{2fL} \quad (2)$$

其中

- I_{LM} 为电感器峰值电流
- I_O 为输出电流
- η 为转换器效率（使用应用曲线中的值或假设为 90%）
- D 为占空比（计算得出）
- V_I 为输入电压
- f 为开关频率（假设为 1.5MHz）
- L 为电感（使用 0.47μH）

为了为瞬态条件留出足够的裕度，请使用饱和电流额定值至少比计算得出的最大电流高 20% 的电感器。

8.2.1.2.2 输出电容器选型

TI 建议最小输出电容（包括直流偏置效应）为 14μF。两个 22μF、10V 陶瓷电容器是针对典型应用设计的，即 $V_{IN} \geq 2.6V$ 、 $V_{OUT} = 3.3V$ 、 $I_{OUT} \leq 2.0A$ 。对于更高的 V_{OUT} 或更大的 I_{OUT} ，使用三个 22μF 或两个 47μF 陶瓷电容器可满足要求。为了尽可能降低输出端的开关噪声，请将一个小型陶瓷电容器（典型值为 100nF）与两个主输出电容器并联，并将该小型陶瓷电容器放置在最靠近 VOUT 引脚的位置。与两个主输出电容器相比，小型电容器具有较低的寄生电感，并且在滤除高频时更有效。

确保有效电容值符合“建议运行条件”中的建议值。一般而言，应考虑会导致有效电容降低的直流偏置效应。输出电容的选择主要是在尺寸和瞬态行为之间进行权衡，因为较高的电容会降低瞬态响应过冲和下冲并增加瞬态响应时间。[表 8-2](#) 列出了可能的输出电容器。

表 8-2. 推荐电容器列表

电容器 [μF]	额定电压 [V]	ESR [mΩ]	器件型号	制造商 ⁽¹⁾	尺寸 (公制)
22	10	4	GRT188R61A226ME13D	Murata	0603 (1608)
47	10	4	LMK316ABJ476ML-T	Taiyo Yuden	1206 (3216)

(1) 请参阅 节 9.1.2。

8.2.1.2.3 输入电容器选型

TI 建议使用 5μF 的最小输入电容 (包括直流偏置效应)。10μF、6.3V 或 22μF、10V 陶瓷电容器是针对典型应用设计的。如果输入电源距离转换器超过几厘米, 请添加额外的大容量电容 (通常选择容值为 47μF 的电解电容器或钽电容器)。

表 8-3. 建议的输入电容器列表

电容器 [μF]	额定电压 [V]	ESR [mΩ]	器件型号	制造商	尺寸 (公制)
10	6.3	4	GRM188R60J106ME84D	Murata	0603 (1608)
22	10	4	GRT188R61A226ME13D	Murata	0603 (1608)

8.2.1.2.4 设置输出电压

输出电压由外部电阻分压器进行设置。必须在 V_{OUT}、FB 和 GND 之间连接电阻分压器。反馈电压标称值为 800mV。

低侧电阻 R₂ (在 FB 和 GND 之间) 不应低于 200kΩ。高侧电阻 (在 FB 和 V_{OUT} 之间) R₁ 由方程式 3 计算得出。

$$R1 = R2 \times \left(\frac{V_{OUT}}{V_{FB}} - 1 \right) \quad (3)$$

其中

- V_{FB} = 800mV

当 FB 连接至 AGND 时, 输出电压为 3.3V 固定值。

表 8-4. 典型输出电压的电阻选择

V _{OUT}	R1	R2
3.3V	470kΩ	150kΩ
5V	680kΩ	130kΩ

8.2.1.3 应用曲线

表 8-5 列出了以下页面中的测量所使用的元件。

表 8-5. 应用特性曲线的元件

基准	说明	器件型号	制造商
C1	电容器, 10 μ F, 6.3V, 0603, 陶瓷	GRM188R60J106ME84D	Murata
C2、C3	电容器, 22 μ F, 10V, 0603, 陶瓷	GRT188R61A226ME13D	Murata
L1	电感器, 0.47 μ H, 7.6m Ω	XFL4015-471MEC	Coilcraft
U1	集成电路	TPS638221YBGR	德州仪器 (TI)

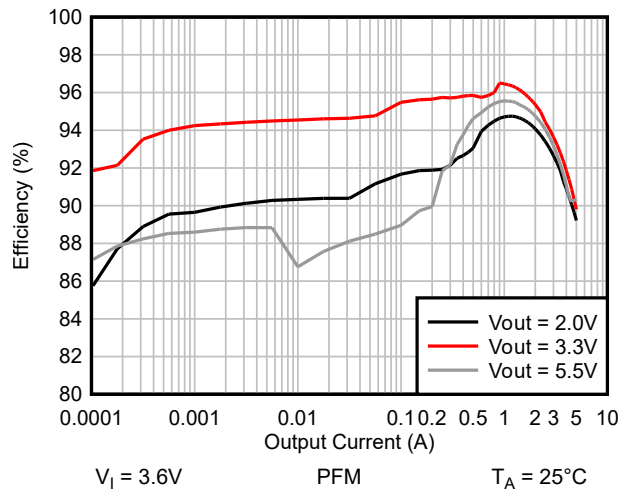


图 8-2. 效率与输出电流间的关系

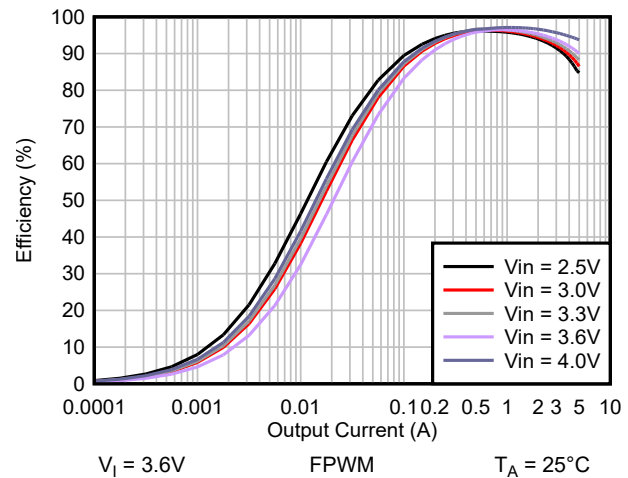


图 8-3. 效率与输出电流间的关系

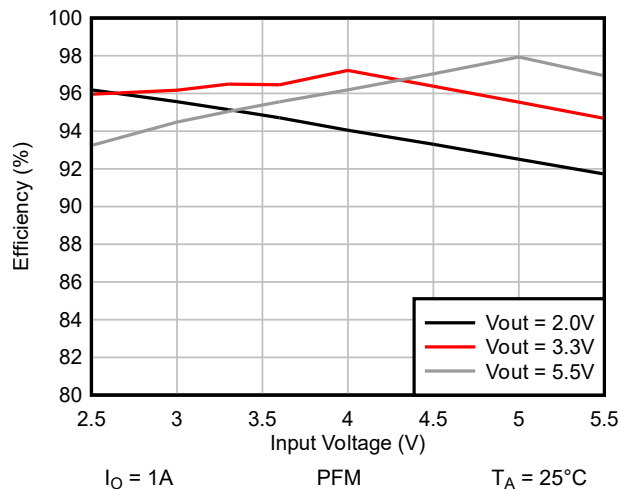


图 8-4. 效率与输入电压之间的关系

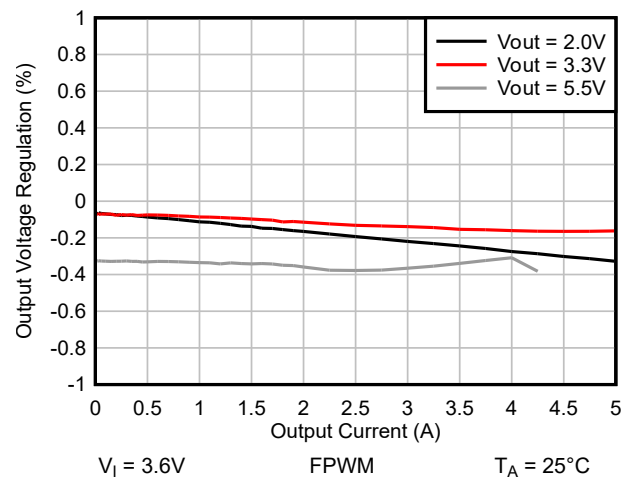


图 8-5. 负载调整率

8.2.1.3 应用曲线 (续)

表 8-5 列出了以下页面中的测量所使用的元件。

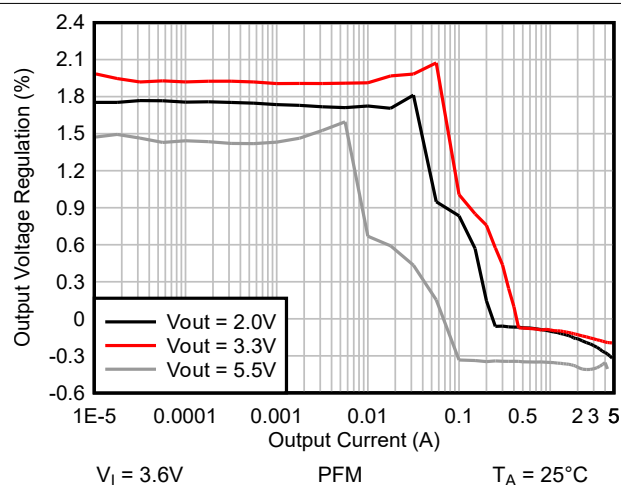


图 8-6. 负载调整率

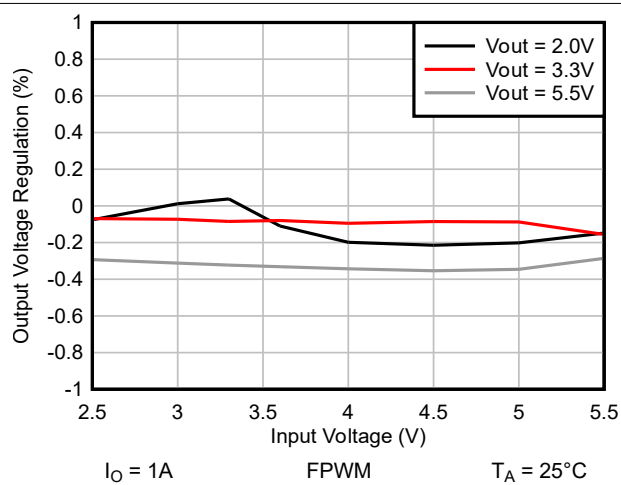
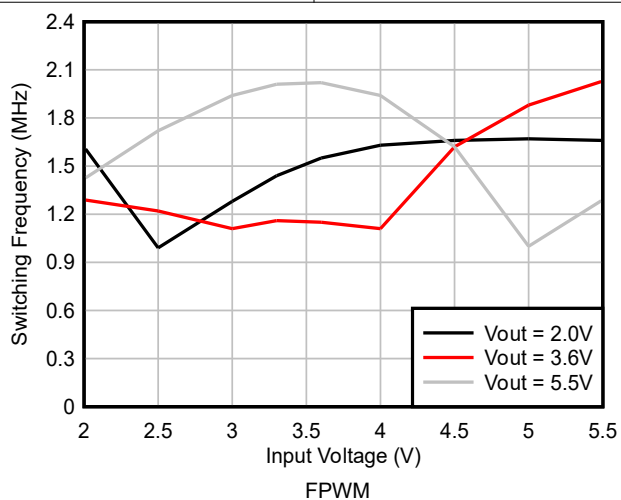


图 8-7. 线性调整率



$I_O = 1A$
 V_I 上升

图 8-8. 开关频率与输入电压间的关系

8.2.1.3 应用曲线 (续)

表 8-5 列出了以下页面中的测量所使用的元件。

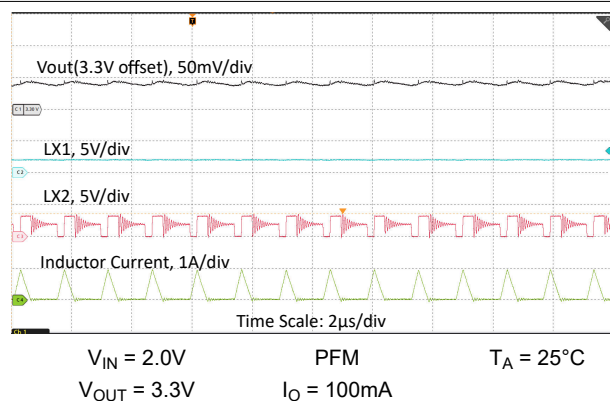


图 8-9. 稳定状态 (升压运行)

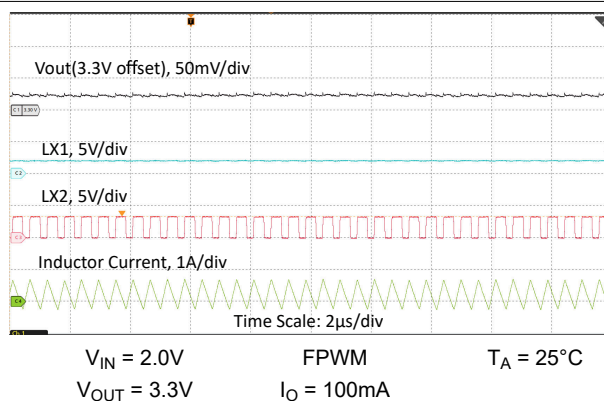


图 8-10. 稳定状态 (升压运行)

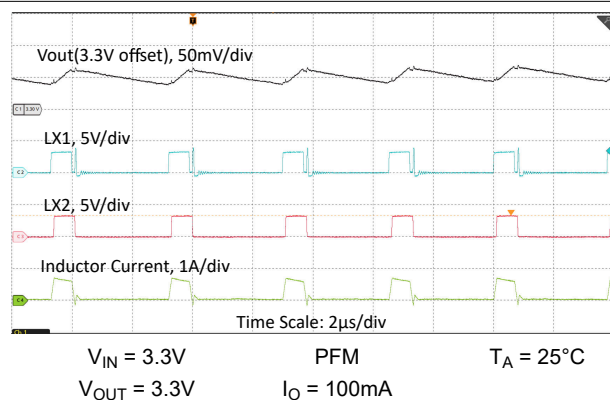


图 8-11. 稳定状态 (降压/升压运行)

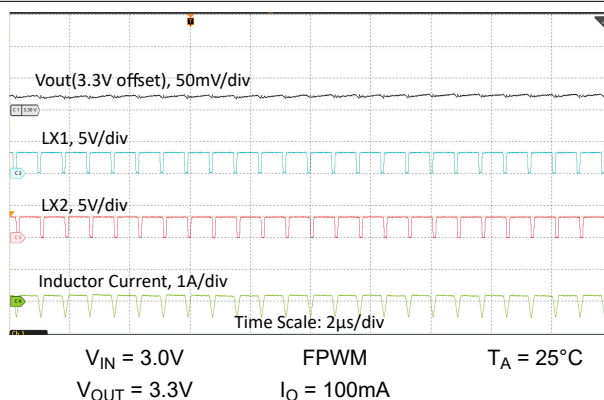


图 8-12. 稳定状态 (降压/升压运行)

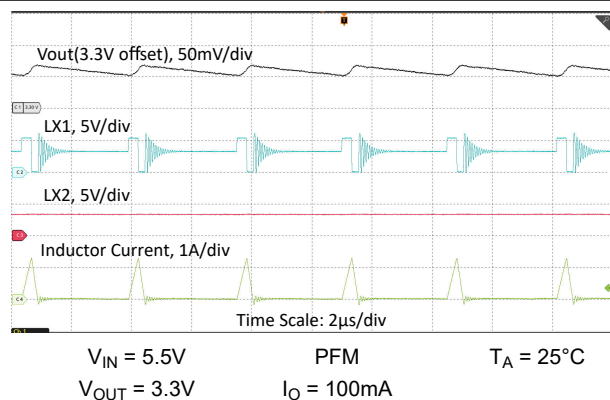


图 8-13. 稳定状态 (降压运行)

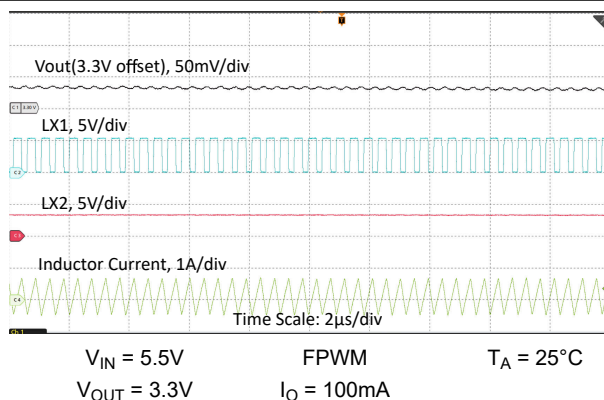


图 8-14. 稳定状态 (降压运行)

8.2.1.3 应用曲线 (续)

表 8-5 列出了以下页面中的测量所使用的元件。

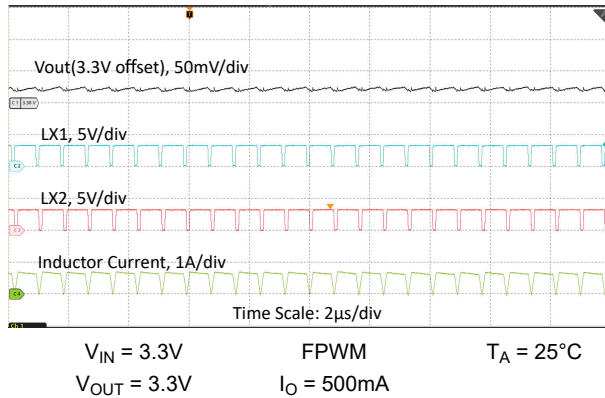


图 8-15. 稳定状态 (降压/升压运行)

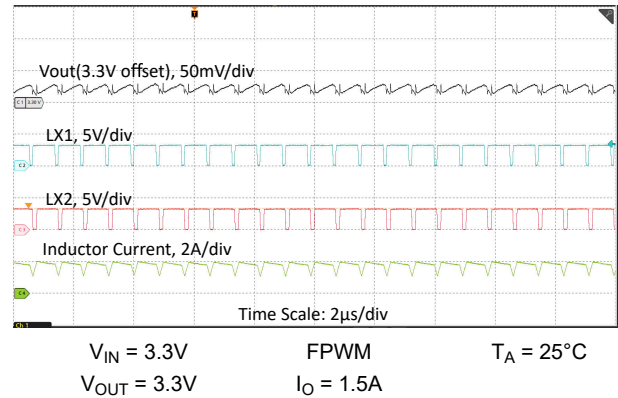


图 8-16. 稳定状态 (降压/升压运行)

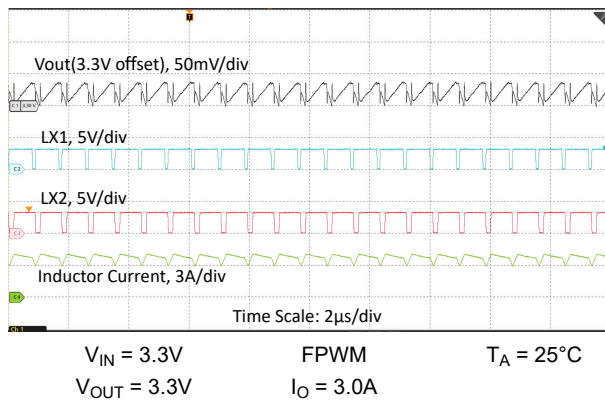


图 8-17. 稳定状态 (降压/升压运行)

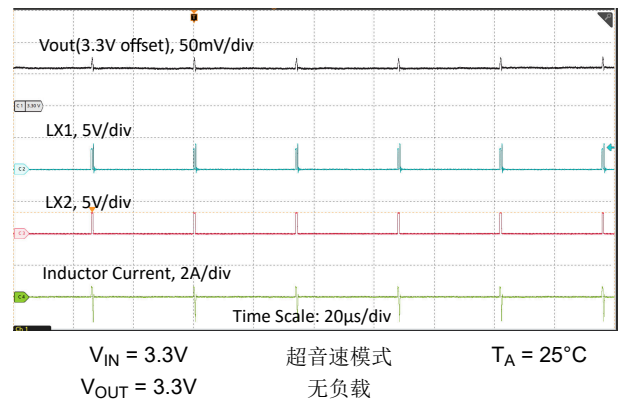


图 8-18. 稳定状态 (降压/升压运行)

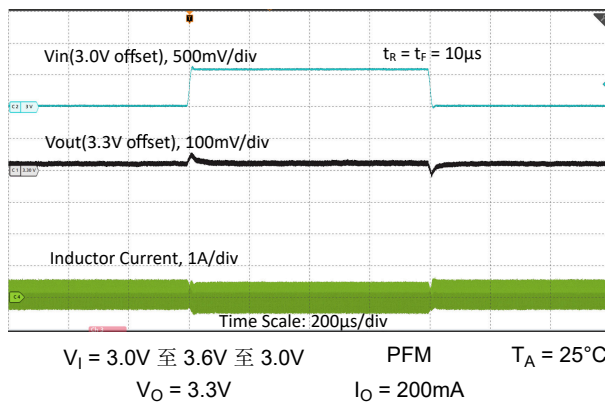


图 8-19. 线路瞬态响应

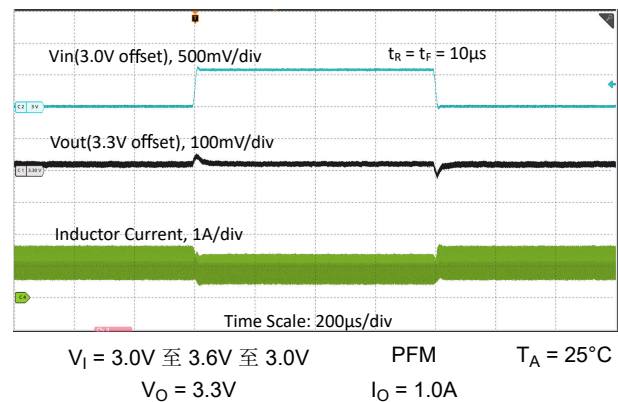
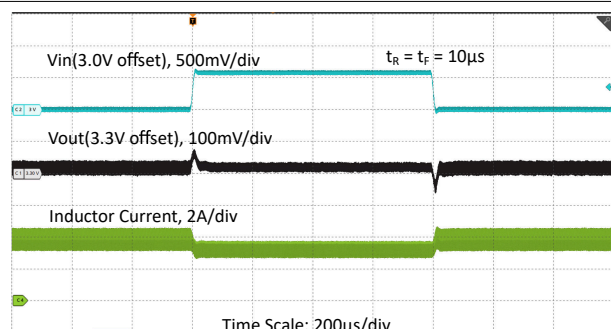


图 8-20. 线路瞬态响应

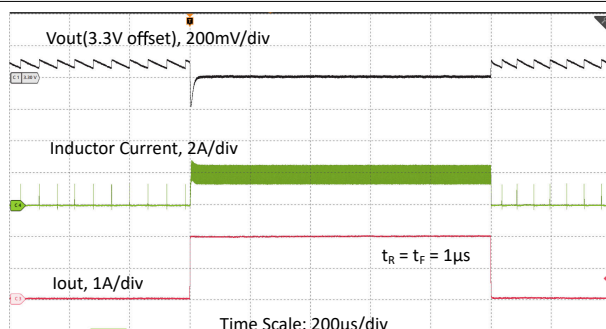
8.2.1.3 应用曲线（续）

表 8-5 列出了以下页面中的测量所使用的元件。



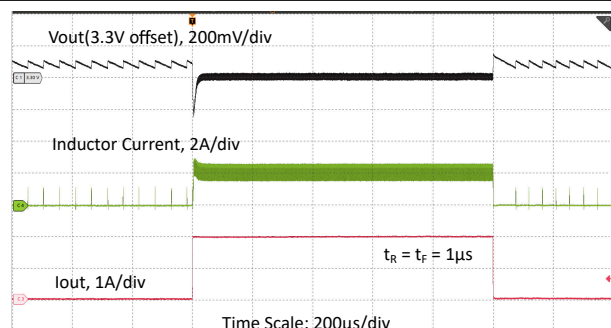
$V_I = 3.0\text{V}$ 至 3.6V 至 3.0V PFM $T_A = 25^\circ\text{C}$
 $V_O = 3.3\text{V}$ $I_O = 3.0\text{A}$

图 8-21. 线路瞬态响应



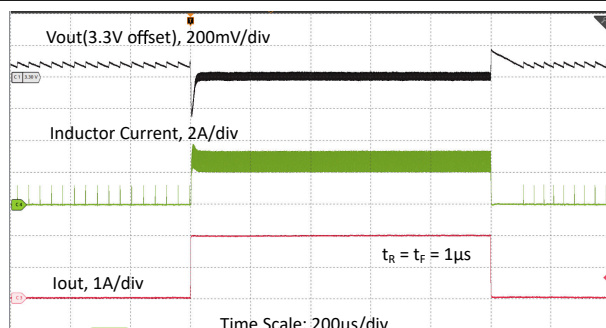
$V_I = 4.2\text{V}$ PFM $T_A = 25^\circ\text{C}$
 $V_O = 3.3\text{V}$ $I_O = 10\text{mA}$ 至 2A 至 10mA

图 8-22. 负载瞬态响应（降压）



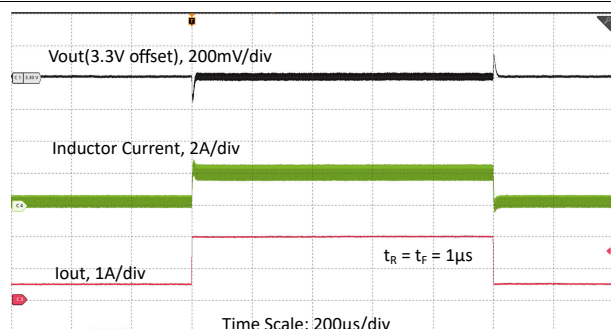
$V_I = 3.3\text{V}$ PFM $T_A = 25^\circ\text{C}$
 $V_O = 3.3\text{V}$ $I_O = 10\text{mA}$ 至 2A 至 10mA

图 8-23. 负载瞬态响应（降压/升压）



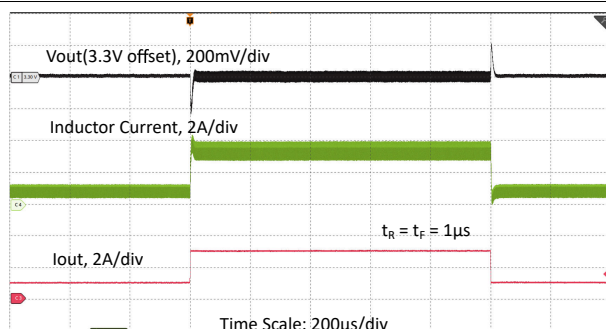
$V_I = 2.6\text{V}$ PFM $T_A = 25^\circ\text{C}$
 $V_O = 3.3\text{V}$ $I_O = 10\text{mA}$ 至 2A 至 10mA

图 8-24. 负载瞬态响应（升压）



$V_I = 3.3\text{V}$ FPWM $T_A = 25^\circ\text{C}$
 $V_O = 3.3\text{V}$ $I_O = 0.5\text{A}$ 至 2A 至 0.5A

图 8-25. 负载瞬态响应（降压/升压）

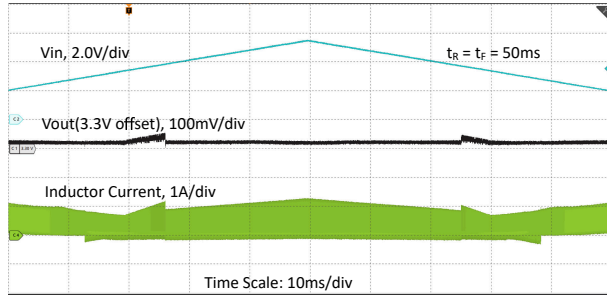


$V_I = 3.3\text{V}$ FPWM $T_A = 25^\circ\text{C}$
 $V_O = 3.3\text{V}$ $I_O = 1.0\text{A}$ 至 3A 至 1.0A

图 8-26. 负载瞬态响应（降压/升压）

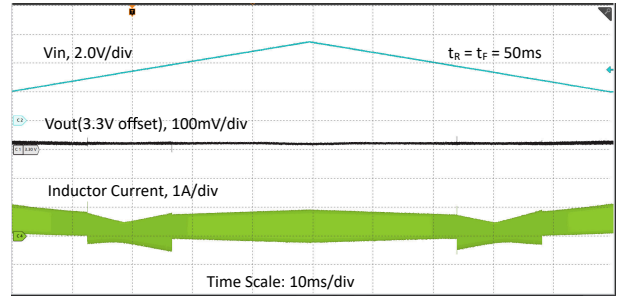
8.2.1.3 应用曲线 (续)

表 8-5 列出了以下页面中的测量所使用的元件。



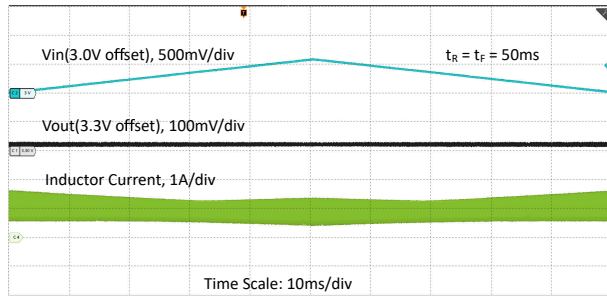
$V_I = 2.0\text{V}$ 至 5.5V 至 2.0V PFM $T_A = 25^\circ\text{C}$
 $V_O = 3.3\text{V}$ $R_{\text{LOAD}} = 10\ \Omega$

图 8-27. 线路扫描 (PFM)



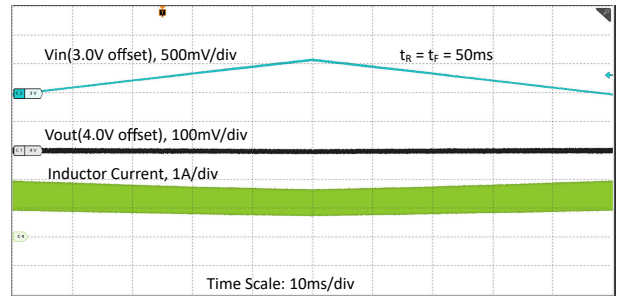
$V_I = 2.0\text{V}$ 至 5.5V 至 2.0V FPWM $T_A = 25^\circ\text{C}$
 $V_O = 3.3\text{V}$ $R_{\text{LOAD}} = 10\ \Omega$

图 8-28. 线路扫描 (FPWM)



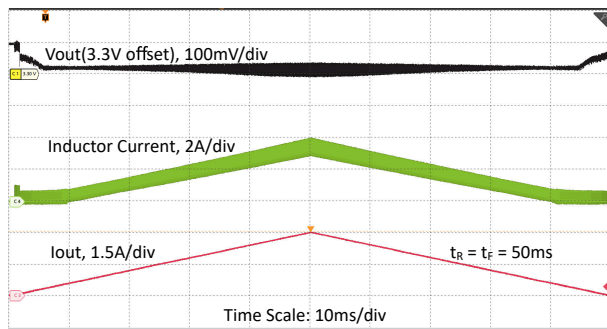
$V_I = 3.0\text{V}$ 至 3.6V 至 3.0V FPWM $T_A = 25^\circ\text{C}$
 $V_O = 3.3\text{V}$ $I_O = 1.0\text{A}$

图 8-29. 线路扫描 (FPWM, 完全处于降压/升压状态)



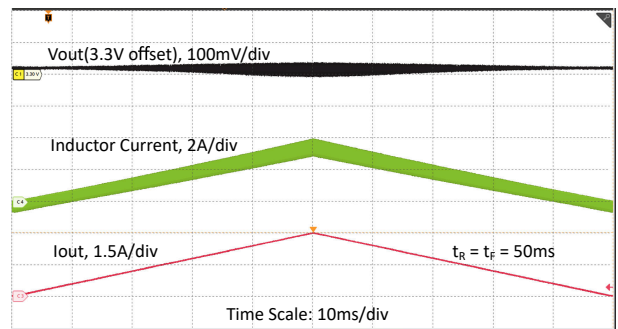
$V_I = 3.0\text{V}$ 至 3.6V 至 3.0V FPWM $T_A = 25^\circ\text{C}$
 $V_O = 4.0\text{V}$ $I_O = 1.0\text{A}$

图 8-30. 线路扫描 (FPWM, 完全处于升压状态)



$V_I = 3.3\text{V}$ PFM $T_A = 25^\circ\text{C}$
 $V_O = 3.3\text{V}$ $I_O = 0\text{A}$ 至 3A 至 0A

图 8-31. 负载扫描 (PFM)

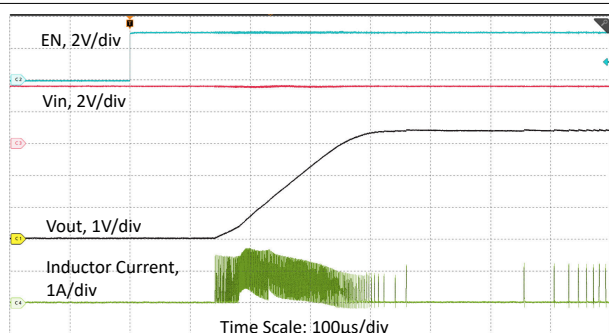


$V_I = 3.3\text{V}$ FPWM $T_A = 25^\circ\text{C}$
 $V_O = 3.3\text{V}$ $I_O = 0\text{A}$ 至 3A 至 0A

图 8-32. 负载扫描 (FPWM)

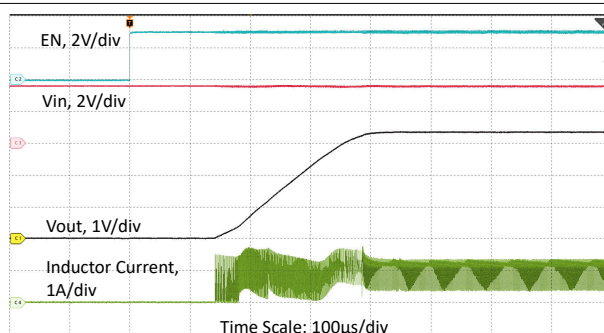
8.2.1.3 应用曲线 (续)

表 8-5 列出了以下页面中的测量所使用的元件。



$V_I = 3.6V$ PFM $T_A = 25^\circ C$
 $V_O = 3.3V$ $R_{LOAD} = 33\Omega$

图 8-33. 启动波形 (轻负载)



$V_I = 3.6V$ PFM $T_A = 25^\circ C$
 $V_O = 3.3V$ $R_{LOAD} = 3.3\Omega$

图 8-34. 启动波形 (重负载)



$V_I = 3.6V$ PFM $T_A = 25^\circ C$
 $V_O = 3.3V$ 无负载

图 8-35. 输出短路保护

8.3 电源相关建议

TPS63822 和 TPS638221 设计为在 1.8V 至 5.5V 的直流电源电压范围内运行。如果输入电源距离器件超过几厘米，TI 建议向陶瓷旁路电容器添加一定的大容量电容。大容量电容的一种典型选择为 47µF 电解电容器。

8.4 布局

8.4.1 布局指南

为了充分发挥器件的性能，正确的 PCB 布局必不可少。TI 建议遵循以下基本原则：

- 将输入和输出电容器靠近器件放置，以更大限度地减小输入和输出环路面积。
- 在组合不同大小的电容器来构成总输入电容时，将最小的电容器放在最靠近器件的位置。这同样适用于输出电容。
- 保持 PCB 布线短而宽，以更大限度地减小寄生电阻和电感。
- 连接到 FB 的检测布线是信号布线。让这些布线远离 LX1 和 LX2 节点。
- 使用以下 PCB 层堆叠结构 (或类似结构)：
 - 第 1 层 (顶部)：所有元件和所有电源布线
 - 第 2 层 (内部)：信号
 - 第 3 层 (内部)：信号
 - 第 4 层 (底部)：接地平面

节 8.4.2 显示了用于 [应用曲线](#) 中所有测量数据的 PCB 布局示例。

8.4.2 布局示例

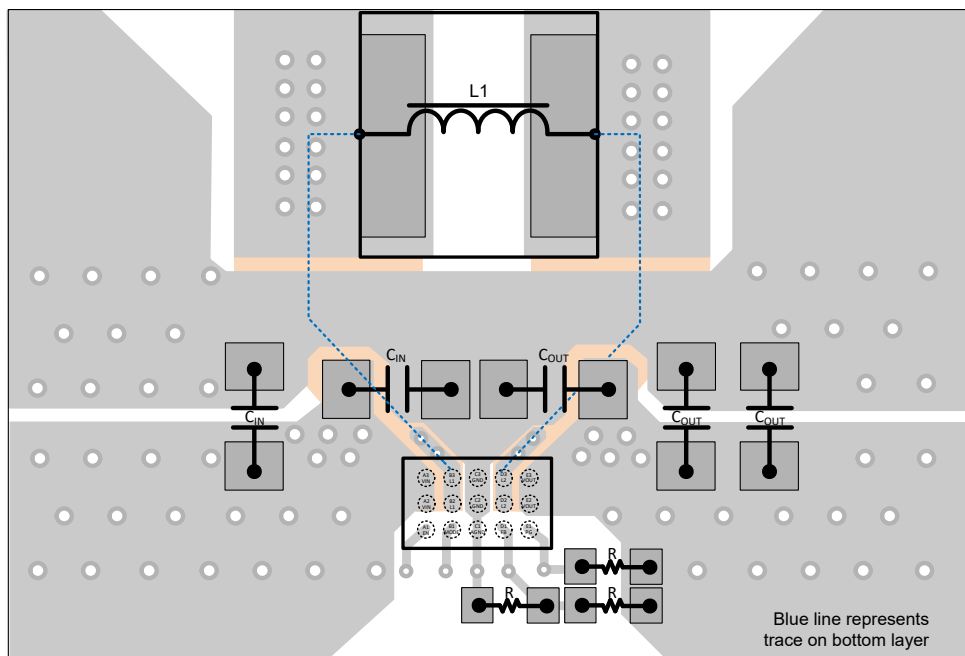


图 8-36. TPS638221 器件的建议 PCB 布局

9 器件和文档支持

9.1 器件支持

9.1.1 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。

9.1.2 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。

9.2 文档支持

9.2.1 相关文档

请参阅以下相关文档：

- 德州仪器 (TI)，[TPS63820EVM 用户指南](#)

9.3 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 [通知](#) 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。

9.4 支持资源

[TI E2E™ 中文支持论坛](#) 是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、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，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](#)。

9.5 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。

9.6 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。

9.7 出口管制提示

接收方同意，在未事先获得美国商务部和其他主管政府机构的授权的情况下，在美国或其他适用法律要求的范围内，不会故意直接或间接地将披露方根据保密义务（如有）收到的任何产品或技术数据（如美国、欧盟和其他出口管理条例所定义），包括软件，或受其他适用国家法规限制的任何受控产品，或此类技术的任何直接产品出口或再出口到美国或其他相关法律限制或禁止的任何目的地。

9.8 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。

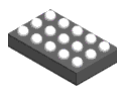
10 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

日期	修订版本	注释
September 2026	*	初始发行版

11 机械、封装和可订购信息

以下页面包含机械、封装和可订购信息。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。

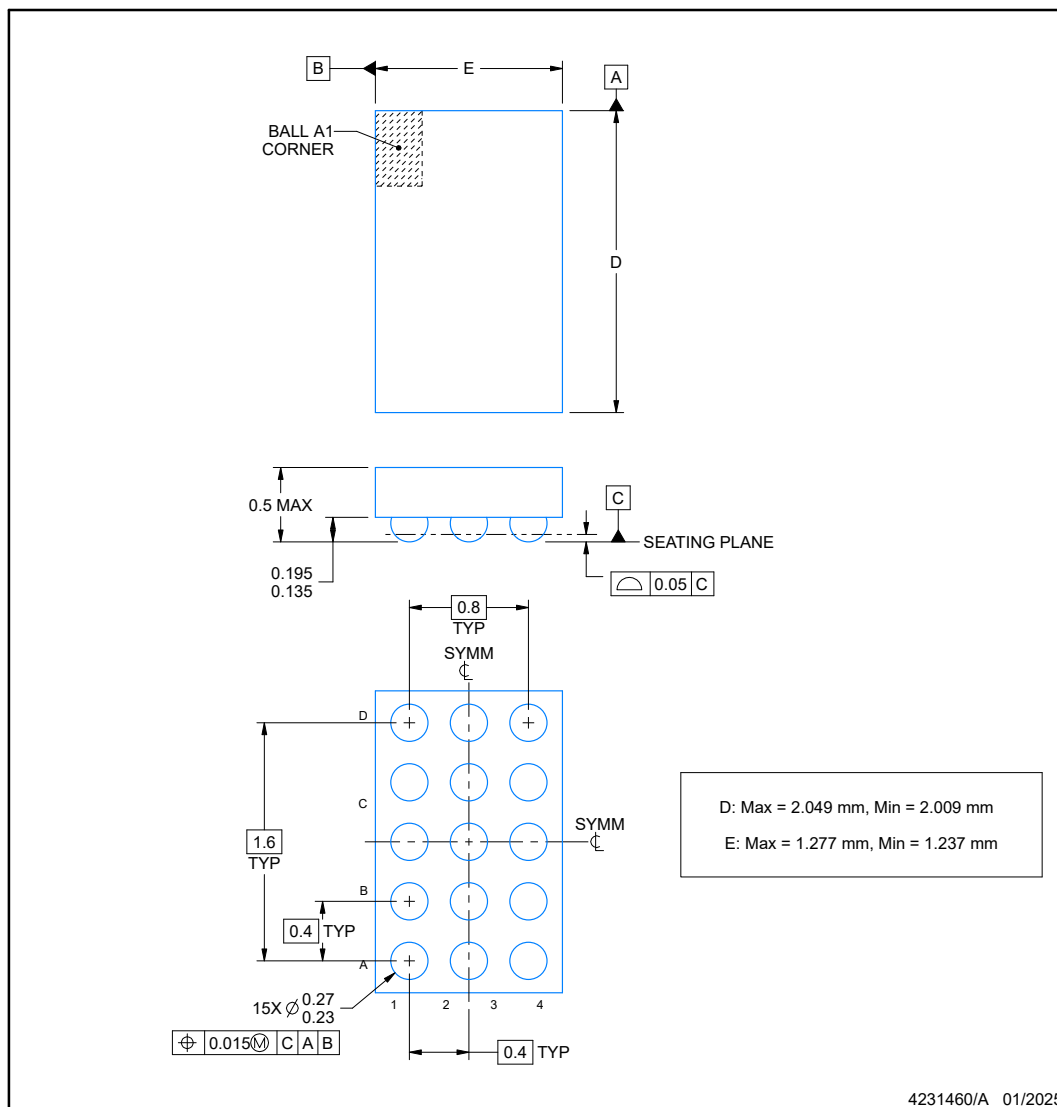


PACKAGE OUTLINE

YBG0015-C01

DSBGA - 0.5 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY

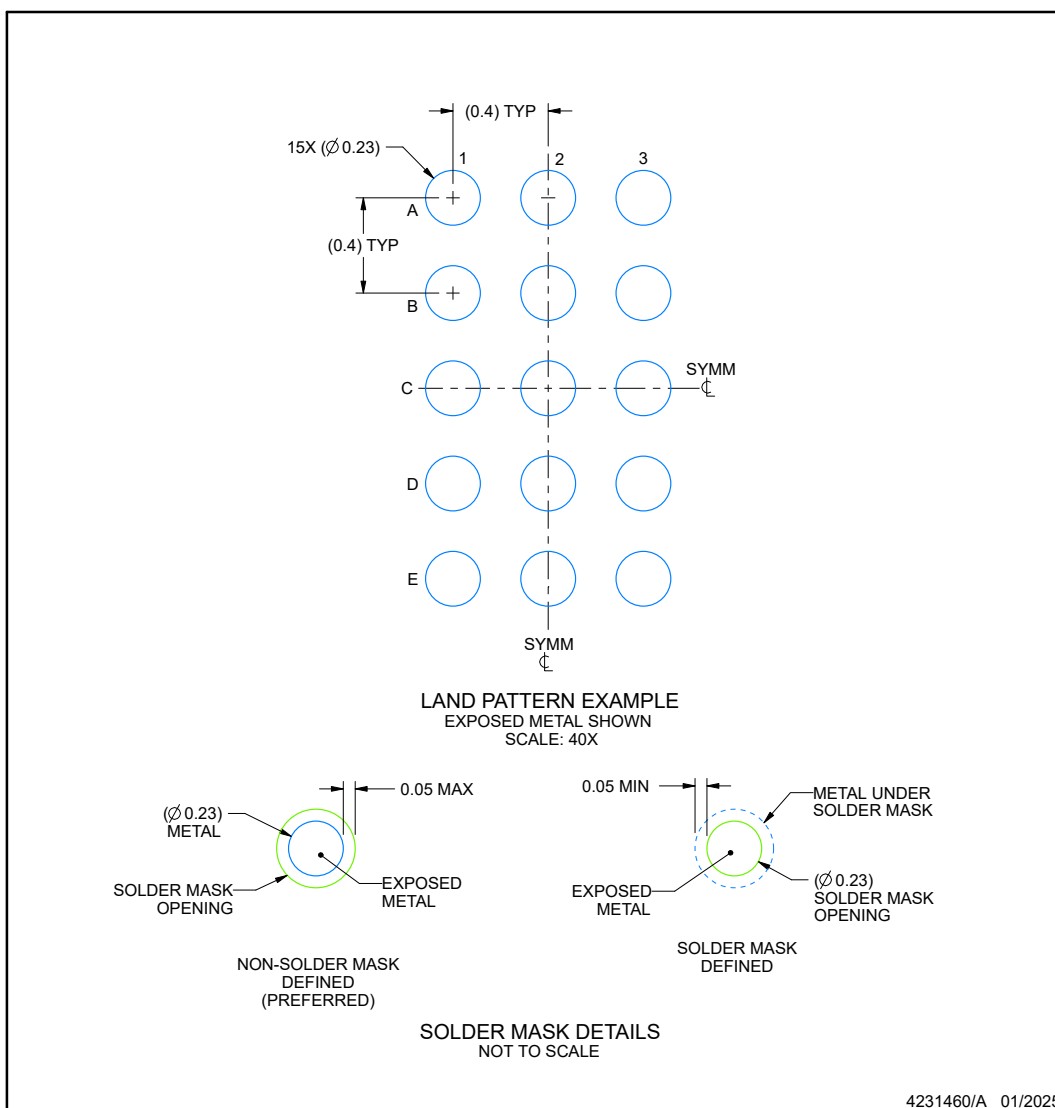


NOTES:

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.

EXAMPLE BOARD LAYOUT**YBG0015-C01****DSBGA - 0.5 mm max height**

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



NOTES: (continued)

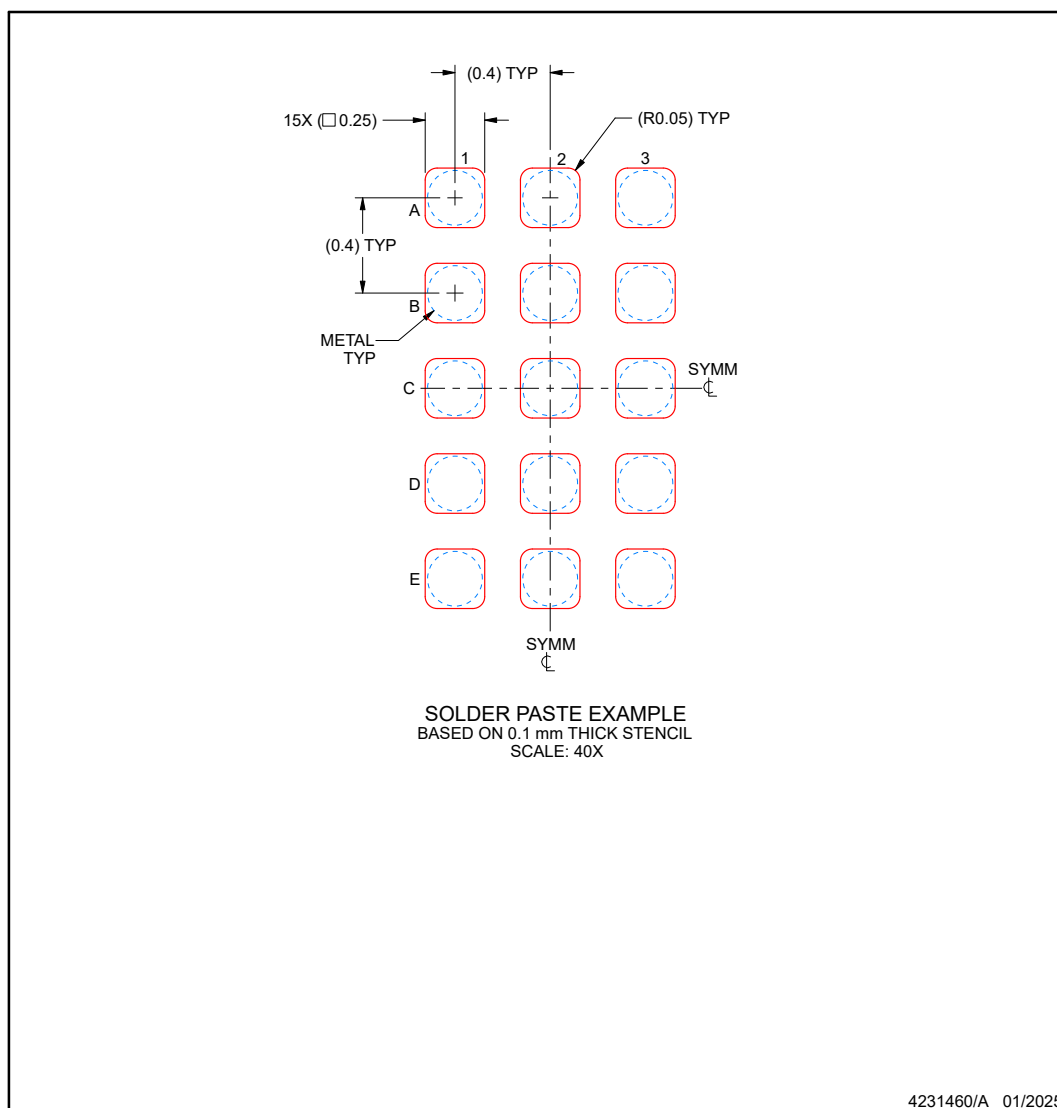
3. Final dimensions may vary due to manufacturing tolerance considerations and also routing constraints.
 See Texas Instruments Literature No. SNVA009 (www.ti.com/lit/snva009).

EXAMPLE STENCIL DESIGN

YBG0015-C01

DSBGA - 0.5 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



NOTES: (continued)

4. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release.

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)
TPS638221YBGR	Active	Production	null (null)	3000 LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-	22U

- (1) **Status:** For more details on status, see our [product life cycle](#).
- (2) **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.
- (3) **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the [TI RoHS Statement](#) for additional information and value definition.
- (4) **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.
- (5) **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.
- (6) **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.

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月