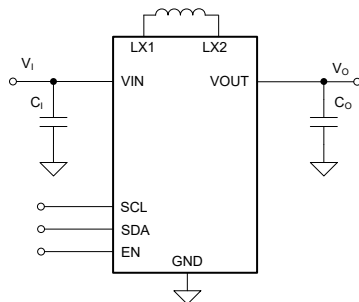


TPS631012 和 TPS631013 采用 Wafer Chip Scale Package 封装、支持 I²C 的 1.6V 至 5.5V 输入电压、1.5A 降压/升压转换器

1 特性

- 输入电压范围为 1.6V 至 5.5V
 - 器件启动时输入电压大于 1.65V
- 1.0V 至 5.5V 输出电压范围 (可调)
- 高输出电流能力, 3A 峰值开关电流
 - 当 $V_{IN} \geq 3V$ 且 $V_{OUT} = 3.3V$ 时, I_{OUT} 为 2A
 - 当 $V_{IN} \geq 2.7V$ 且 $V_{OUT} = 3.3V$ 时, I_{OUT} 为 1.5A
- 在整个负载范围内具有高效率
 - 8 μA 静态电流 (典型值)
 - 可配置的自动节电模式和强制 PWM 模式
- 峰值电流降压/升压模式架构
 - 无缝模式转换
 - 正向和反向电流运行
 - 启动至预偏置输出
 - 固定频率运行, 2MHz 开关频率
- 安全、可靠运行的特性
 - 过流保护和短路保护
 - 采用有源斜坡的集成软启动
 - 过热保护和过压保护
 - 带负载断开功能的真正关断功能
 - 正向和反向电流限制
- 内部 EN 的默认设置
 - TPS631012 和 TPS631012X (X=1、2、3):
CONVERTER_EN = 0
 - TPS631013: CONVERTER_EN = 1
- 小尺寸解决方案
 - 小型 1 μH 电感器
 - 1.803mm \times 0.905mm, 晶圆芯片级封装 (WCSP)



典型应用

2 应用

- TWS
- 系统预稳压器 (智能手机、平板电脑、终端、远程信息处理)
- 负载点调节 (有线传感器、端口/电缆适配器和加密狗)
- 指纹、摄像头传感器 (电子智能锁、IP 网络摄像机)
- 稳压器 (数据通信、光学模块、制冷/加热)

3 说明

TPS631012 和 TPS631013 是采用微型 Wafer Chip Scale Package 的恒定频率峰值电流模式控制降压/升压转换器。这两款转换器具有 3A 的典型峰值电流限制和 1.6V 至 5.5V 的输入电压范围, 可提供适用于系统前置稳压器和电压稳定器的电源解决方案。

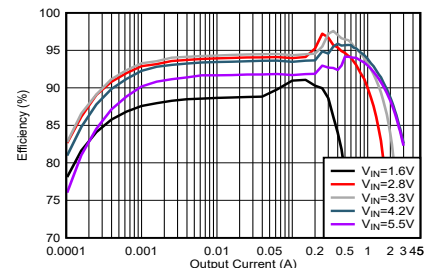
根据输入电压的不同, 当输入电压近似等于输出电压时, TPS631012 和 TPS631013 会自动以升压、降压或 3 周期降压/升压模式运行。模式切换采用定义的占空比进行, 避免了不必要的模式内切换, 从而减少输出电压纹波。8 μA 静态电流和省电模式可在轻负载甚至空载条件下实现超高效率。

这些器件采用 WCSP 封装, 具有超小解决方案尺寸。

封装信息

器件型号	封装 ⁽¹⁾	封装尺寸 (标称值)
TPS631012	WCSP	1.803mm \times 0.905mm
TPS631013		

- (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。



效率与输出电流间的关系 ($V_{OUT} = 3.3V$)



内容

1 特性	1	7.5 编程.....	12
2 应用	1	7.6 寄存器映射.....	14
3 说明	1	8 应用和实施	17
4 器件比较表	3	8.1 应用信息.....	17
5 引脚配置和功能	4	8.2 典型应用.....	17
6 规格	5	8.3 电源相关建议.....	23
6.1 绝对最大额定值.....	5	8.4 布局.....	23
6.2 ESD 等级.....	5	9 器件和文档支持	25
6.3 建议运行条件.....	5	9.1 器件支持.....	25
6.4 热性能信息.....	5	9.2 接收文档更新通知.....	25
6.5 电气特性.....	6	9.3 支持资源.....	25
6.6 时序要求.....	7	9.4 商标.....	25
7 详细说明	8	9.5 静电放电警告.....	25
7.1 概述.....	8	9.6 术语表.....	25
7.2 功能方框图.....	8	10 修订历史记录	25
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.....	11	11.1 机械数据.....	27

4 器件比较表

器件型号	内部 EN 的默认设置 ⁽²⁾	I ² C 目标地址
TPS631012	CONVERTER_EN = 0	0x2A
TPS6310121 ⁽¹⁾	CONVERTER_EN = 0	0x28
TPS6310122 ⁽¹⁾	CONVERTER_EN = 0	0x29
TPS6310123 ⁽¹⁾	CONVERTER_EN = 0	0x2B
TPS631013 ⁽¹⁾	CONVERTER_EN = 1	0x2A

- (1) TPS631012 和 TPS631012X (X = 1、2、3) 仅在 I2C 目标地址上有所不同。
(2) 请参阅寄存器 [CONTROL1](#)。

5 引脚配置和功能

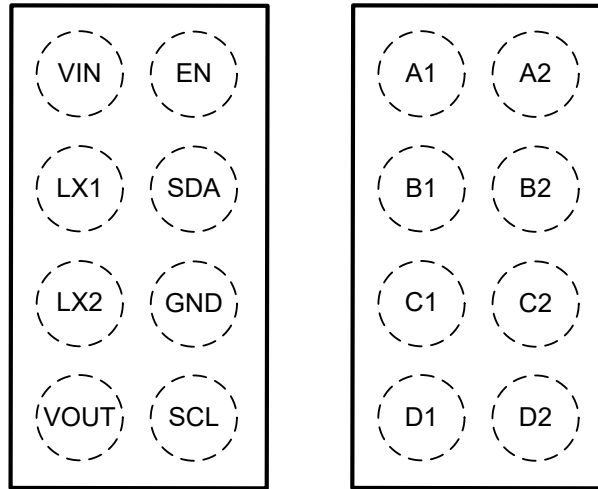


图 5-1. 8 引脚 YBG WCSP 封装 (顶视图)

表 5-1. 引脚功能

引脚		I/O ⁽¹⁾	说明
名称	编号		
VIN	A1	PWR	电源输入电压
英文	A2	I	器件使能。设置为高电平进行启用，设置为低电平进行禁用。禁止处于悬空状态。
LX1	B1	PWR	降压级的电感器开关节点
SDA	B2	I	I ² C 串行接口数据。使用电阻器将该引脚上拉至 I ² C 总线电压。
LX2	C1	PWR	升压级的电感器开关节点
GND	C2	PWR	电源接地
VOUT	D1	PWR	功率级输出
SCL	D2	I	I ² C 串行接口时钟。使用电阻器将该引脚上拉至 I ² C 总线电压。

(1) PWR = 电源, I = 输入

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 (VIN、LX1、LX2、VOUT、EN、SCL、SDA) (2)	- 0.3	6.0	V
	小于 10ns 的输入电压 (LX1、LX2) (2)	- 2.0	7.0	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。如果超出建议工作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 标准(1)	±1000
		充电器件模型 (CDM), 符合 JEDEC 规范 JS-002(2)	±500

- (1) JEDEC 文档 JEP155 指出: 500V HBM 可实现在标准 ESD 控制流程下安全生产。
- (2) JEDEC 文件 JEP157 指出: 250V CDM 可实现在标准 ESD 控制流程下安全生产。

6.3 建议运行条件

在工作结温范围内测得 (除非另有说明)

			最小值	标称值	最大值	单位
V _I	电源电压		1.6		5.5	V
V _O	输出电压		1.0		5.5	V
C _I	有效输入电容	V _I = 1.6 V 至 5.5V	4.2			μF
C _O	有效输出电容	1.2V ≤ V _O ≤ 3.6V, V _O = 3.3V 时的标称值	10.4	16.9	330	μF
		3.6V < V _O ≤ 5.5V, V _O = 5V 时的标称值	7.95	10.6	330	μF
L	有效电感		0.7	1	1.3	μH
T _J	工作结温范围		-40		125	°C

6.4 热性能信息

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

热指标		TPS631012 TPS631013		单位
		YBG(WCSP)		
		8 引脚		
R _{θJA}	结至环境热阻	84		°C/W
R _{θJC(top)}	结至外壳 (顶部) 热阻	0.7		°C/W
R _{θJB}	结至电路板热阻	43.9		°C/W
Ψ _{JT}	结至顶部特征参数	2.9		°C/W
Ψ _{JB}	结至电路板特性参数	43.7		°C/W
R _{θJC(bot)}	结至外壳 (底部) 热阻	不适用		°C/W

6.5 电气特性

在工作结温范围和推荐的电源电压范围内测得（除非另有说明）。典型值都是在 $V_I = 3.8V$ 、 $V_O = 3.3V$ 且 $T_J = 25^\circ C$ 条件下的值（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								
I_{SD}	流入 VIN 的关断电流	$V_I = 3.8V$, $V_{(EN)} = 0V$	$T_J = 25^\circ C$	0.5	0.9		μA	
I_Q	流入 VIN 的静态电流	$V_I = 2.2V$, $V_O = 3.3V$, $V_{(EN)} = 2.2V$, 无开关		0.15	6.1		μA	
I_Q	流入 VOUT 的静态电流	$V_I = 2.2V$, $V_O = 3.3V$, $V_{(EN)} = 2.2V$, 无开关		8			μA	
V_{IT+}	正向 UVLO 阈值电压	V_I 上升		1.5	1.55	1.599	V	
V_{IT-}	负向 UVLO 阈值电压	V_I 下降		1.4	1.45	1.499	V	
V_{hys}	UVLO 阈值电压迟滞			99			mV	
$V_{I(POR)T+}$	正向 POR 阈值电压 ⁽¹⁾	V_I 或 V_O 的最大值		1.25	1.45	1.65	V	
$V_{I(POR)T-}$	负向 POR 阈值电压 ⁽¹⁾			1.22	1.43	1.6	V	
I/O 信号								
V_{T+}	正向阈值电压	EN、SDA、SCL		0.77	0.98	1.2	V	
V_{T-}	负向阈值电压	EN、SDA、SCL		0.5	0.66	0.76	V	
V_{hys}	迟滞电压	EN、SDA、SCL		300			mV	
I_{IH}	高电平输入电流	EN、SDA、SCL	$V_{(EN)} = V_{(SDA)} = V_{(SCL)} = 1.5V$, 无上拉电阻	± 0.01	± 0.25		μA	
I_{IL}	低电平输入电流	EN、SDA、SCL	$V_{(EN)} = V_{(SDA)} = V_{(SCL)} = 0V$,	± 0.01	± 0.1		μA	
I_{IB}	输入偏置电流	EN、SDA、SCL	$V_{(EN)} = 5.5V$	± 0.01	± 0.3		μA	
电源开关								
$r_{DS(on)}$	导通状态电阻	Q1	$V_I = 3.8V$, $V_O = 3.3V$, 测试电流 = 0.2A	45			m Ω	
		Q2		50			m Ω	
		Q3		50			m Ω	
		Q4		85			m Ω	
电流限制								
$I_{L(PEAK)}$	开关峰值电流限制 ⁽²⁾	Q1	$V_O = 3.3V$	输出拉电流	2.6	3	3.35	A)
				输出灌电流, $V_I = 3.3V$	-0.7	-0.55	-0.45	A)
I_{PFM_entry}	PFM 模式进入阈值 (峰值) 电流 ⁽²⁾		I_O 下降	145			mA	
保护特性								
$V_{T+(OVP)}$	正向 OVP 阈值电压			5.55	5.75	5.95	V	
$V_{T+(IVP)}$	正向 IVP 阈值电压			5.55	5.75	5.95	V	
T_{SD_R}	热关断阈值温度		T_J 上升	160			$^\circ C$	
T_{SD_HYS}	热关断迟滞			25			$^\circ C$	
时序参数								
$t_{d(EN)}$	EN 引脚上的上升沿与输出电压斜坡开始之间的延迟			0.87	1.5		ms	
$t_{d(ramp)}$	软启动斜坡时间			6.42	7.55	8.68	ms	
f_{sw}	开关频率			1.8	2	2.2	MHz	

(1) POR (上电复位) 阈值是内部 VMAX 模块支持器件运行的最小电源

(2) 在直流条件下执行电流限制生产测试。运行中的电流限制稍高，具体取决于传播延迟和应用的外部元件

6.6 时序要求

在工作结温范围和建议的电源电压范围内测得（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	标称值	最大值	单位
I²C 接口						
f _{SCL}	SCL 时钟频率	标准模式	0		100	kHz
		快速模式	0		400	
		快速+ 模式 (1)	0		1000	
t _{LOW}	SCL 时钟的低电平周期	标准模式	4.7			μs
		快速模式	1.3			
		快速+ 模式 (1)	0.5			
t _{HIGH}	SCL 时钟的高电平周期	标准模式	4.0			μs
		快速模式	0.6			
		快速+ 模式 (1)	0.26			
t _{BUF}	停止和启动条件之间的总线空闲时间	标准模式	4.7			μs
		快速模式	1.3			
		快速+ 模式 (1)	0.5			
t _{SU:STA}	重复启动条件的建立时间	标准模式	4.7			μs
		快速模式	0.6			
		快速+ 模式 (1)	0.26			
t _{HD:STA}	(重复) 启动条件后的保持时间	标准模式	4.0			μs
		快速模式	0.6			
		快速+ 模式 (1)	0.26			
t _{HD:DAT}	数据保持时间	标准模式	0			μs
		快速模式	0			
		快速+ 模式 (1)	0			
t _r	SDA 和 SCL 信号的上升时间	标准模式			1000	ns
		快速模式	20		300	
		快速+ 模式 (1)			20	
t _f	SDA 和 SCL 信号的下降时间	标准模式			300	ns
		快速模式	20×V _{DD} /5.5		300	
		快速+ 模式 (1)	20×V _{DD} /5.5		120	
t _{SU:STO}	STOP 条件的建立时间	标准模式	4.0			μs
		快速模式	0.6			
		快速+ 模式 (1)	0.26			
t _{V_D:DAT}	数据有效时间	标准模式			3.45	μs
		快速模式			0.9	
		快速+ 模式 (1)			0.45	
t _{V_D:ACK}	数据有效确认时间	标准模式			3.45	μs
		快速模式			0.9	
		快速+ 模式 (1)			0.45	
C _b	每个总线的容性负载	标准模式			400	pF
		快速模式			400	

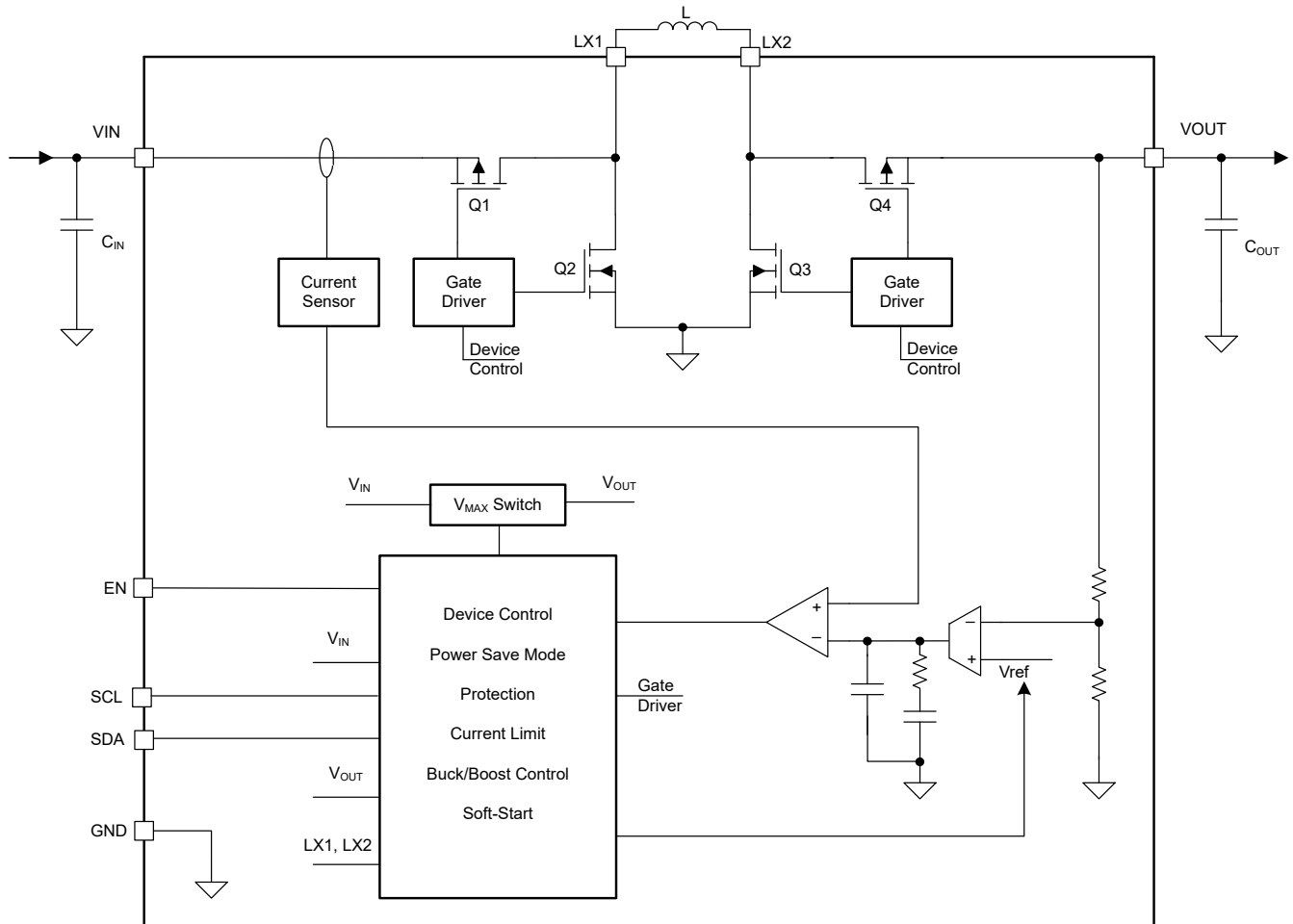
(1) 超快速模式兼容但不符合 I²C 标准

7 详细说明

7.1 概述

TPS631012 和 TPS631013 都是采用恒定频率峰值电流模式控制的降压/升压转换器。这些转换器使用开关频率约为 2MHz 的固定频率。调制方案有三种明确定义的运行模式；该转换器在 V_{IN} 和 V_{OUT} 的整个工作范围内以定义的阈值进入这些模式。最大输出电流由 Q1 峰值电流限制 (通常为 3A) 所决定。

7.2 功能方框图



7.3 特性说明

7.3.1 欠压锁定 (UVLO)

如果器件未处于关断模式，则会持续监控 V_{IN} 引脚的输入电压。UVLO 只停止或启动转换器运行。UVLO 不会影响器件的核心逻辑。UVLO 可在器件运行期间避免器件欠压。如果 V_{IN} 引脚上的电源电压低于 UVLO 的负向阈值，转换器将停止运行。为避免电源转换产生假干扰，UVLO 下降阈值逻辑信号以数字方式进行抗尖峰脉冲。

如果 V_{IN} 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。在这种情况下，软启动过程的重启速度快于启动过程，没有预偏置输出。

7.3.2 使能和软启动

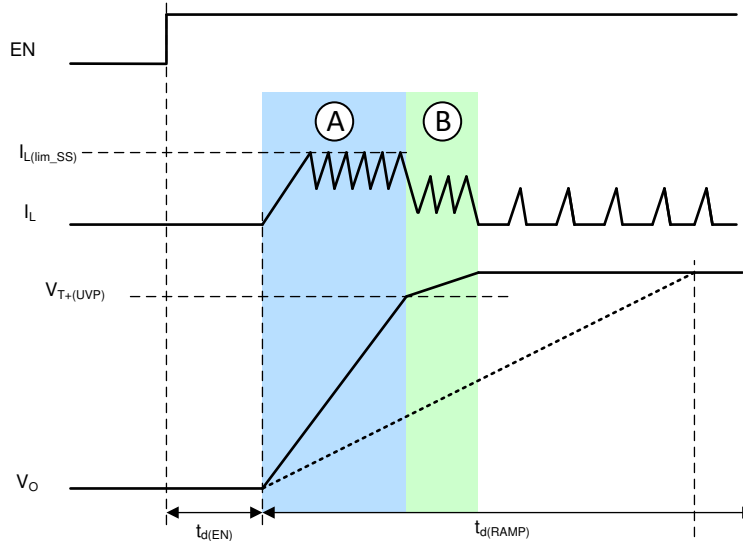


图 7-1. 典型的软启动行为

当输入电压高于 UVLO 上升阈值且 EN 引脚被拉至高于 1.2V 的电压时，TPS631012 和 TPS631013 将启用，并在短暂的延迟时间 $t_{d(EN)}$ 后启动。

TPS631012 和 TPS631013 具有两种启动机制，具体由寄存器 CONTROL2 中的 FAST_RAMP_EN 位控制。图 7-1 显示了典型的启动情况（低输出负载，典型输出电容）。

- 当 FAST_RAMP_EN = 1 时，快速斜坡模式将启用。输出斜坡行为如图 7-1 中的实线 V_o 所示
- 当 FAST_RAMP_EN = 0 时，快速斜坡模式将禁用。输出斜坡行为如图 7-1 中的虚线 V_o 所示

启用快速斜坡模式后，如果选择的电容小于所选斜坡时间 $t_{d(RAMP)}$ 对应的电容值时，这些器件将控制电感器峰值电流以限制浪涌电流并确保尽可能快速软启动。然后，输出电压上升速度快于基准电压斜坡（请参阅图 7-1 中的 A 相）。为了避免输出过冲，当输出接近目标电压并遵循即将完成启动的电压斜坡所给出的基准电压斜坡压摆率值时，电流钳位将停用（请参阅图 7-1 中的 B 相）。从电流钳位状态的转换使用 $V_{T+(UVP)}$ 阈值来检测，其中该阈值通常为标称输出电压的 90%。在 B 相之后，输出电压将很好地调节至标称目标电压。电流波形取决于输出负载和运行模式。启动期间的电流限制有两个选项，并由寄存器 CONTROL2 中的 CL_RAMP_MIN 位控制。

- 当 CL_RAMP_MIN = 0 时，启动期间的典型电流限制（图 7-1 中的 A 相）为 500mA
- 当 CL_RAMP_MIN = 1 时，启动期间的典型电流限制（图 7-1 中的 A 相）为 1000mA

禁用快速斜坡模式后，输出电压完全由内部基准电压斜坡压摆率控制。寄存器 CONTROL2 中的 TD_RAMP 有三个位用于定义输出电压斜坡时间。

请注意，如果启动期间电流限值 ($I_{L(lim_SS)}$) 低于跟随电压斜坡（由 TD_RAMP 控制）所需的电流，电流会自动增加以跟随电压斜坡。

7.3.3 器件使能 (EN)

EN 引脚用于启用和禁用器件。

- 当 EN 引脚为高电平时，器件将启用。
- 当 EN 引脚为低电平时，器件将禁用。

寄存器 CONTROL1 中的 CONVERTER_EN 位也可用于启用和禁用转换器的输出。

- 对于 TPS631012，CONVERTER_EN 的默认位 = 0。

- 对于 TPS631013，CONVERTER_EN 的默认位 = 1。

表 7-1. 器件启用真值表

外部 EN 管脚	内部 EN (CONVERTER_EN)	器件状态	输出状态
0	X	器件处于关断状态	无输出
1	0	编程接口激活	无输出
1	1	设备激活	输出启用

请注意，当 EN 引脚连接到逻辑低电平时，所有 I²C 寄存器都会被清除并复位为默认值。而将 CONVERTER_EN 设置为 0 对 I²C 寄存器没有影响

7.3.4 正向电压输出控制

TPS631012 和 TPS631013 可以生成 1.0V 至 5.5V 的输出电压，阶跃为 25mV。寄存器 VOUT 用于设置输出电压：

- 当 $0x00 \leq VOUT[7:0] \leq 0xB4$ 时， $VOUT = 1.000 + (VOUT[7:0] \times 0.025)$ V；
- 当 $0xB5 \leq VOUT[7:0] \leq 0xFF$ 时， $VOUT = 5.5V$

VOUT[7:0] 是寄存器 VOUT 中的 8 位值。

当 VOUT 设置在不同电压之间时，寄存器 CONTROL1 中 EN_FAST_DVS 的动态电压缩放控制位控制 VOUT 建立时间。

- 当 EN_FAST_DVS = 1 时，典型 VOUT 压摆率为 7.2V/ms；
- 当 EN_FAST_DVS = 0 时，典型 VOUT 压摆率为 0.4V/ms

7.3.5 模式选择 (PFM/FPWM)

TPS631012 和 TPS631013 具有 PFM 和 FPWM 两种模式。在 PFM 工作模式下，该器件具有省电模式，可在整个工作输出电流范围内保持高效率。在 PFM 模式下，器件会自动将转换器运行模式从 CCM 更改为脉冲频率调制。在 FPWM 模式下，无论输出电流如何，器件在所有运行条件下均使用 PWM，以实现超小的输出纹波。

PFM/FPWM 模式选择由寄存器 CONTROL2 中的 FPWM 位控制：

- 当 FPWM = 0b0 时，器件采用 PFM 工作模式
- 当 FPWM = 0b1 时，器件采用 FPWM 工作模式

7.3.6 输出放电

TPS631012 和 TPS631013 提供有源下拉电流，以便在 EN 引脚为逻辑低电平或 CONVERTER_EN 位设置为 0 时使输出快速放电。借助于这个功能，VOUT 通过内部电路接地，从而防止输出“悬空”或进入不确定状态。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。

输出放电由名为 EN_DISCH_VOUT 的两个位进行控制。输出放电可以禁用或设置为三个不同的选项。有关详细的 I²C 设置，请参阅寄存器 CONTROL2 中的 EN_DISCH_VOUT 位。

7.3.7 反向电流运行

该器件可支持 FPWM 模式下的反向电流运行（电流从 VOUT 引脚流向 VIN 引脚）。如果内部输出反馈电压高于基准电压，则转换器调节会强制电流流入输入电容器。反向电流运行与 V_{IN} 电压或 V_{OUT} 电压比无关，因此在所有器件运行模式（升压、降压或降压/升压）下均可行。

7.3.8 保护特性

以下各节将介绍该器件的保护特性。

7.3.8.1 输入过压保护

TPS631012 和 TPS631013 具有输入过压保护功能，可在电流从输出端流向输入端且输入源无法灌入电流（例如，电源路径中的二极管）的情况下避免对器件造成任何损坏。

如果强制 PWM 模式处于激活状态，电流可能变为负值，直至达到灌电流限制。一旦 VIN 引脚上达到输入电压阈值 $V_{T+(IVP)}$ ，保护功能将禁用强制 PWM 模式，只允许电流从 VIN 流向 VOUT。输入电压降至低于输入电压保护阈值后，可再次激活强制 PWM 模式。

7.3.8.2 输出过压保护

这些器件具有输出过压保护功能，可避免对器件造成任何损坏。当 VOUT 引脚上的电压达到输出电压阈值 $V_{T+(OVP)}$ 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。

7.3.8.3 短路保护/断续

该器件在短路保护下具有峰值电流限制性能。图 7-2 展示了发生短路保护的短路/过载事件时的典型器件行为。

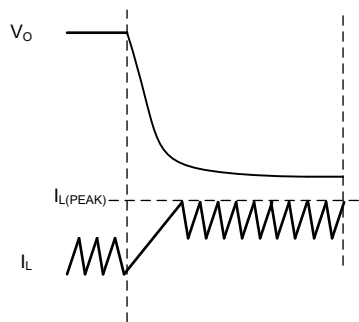


图 7-2. 短路保护期间的典型器件行为

当寄存器 CONTROL1 中的 EN_SCP 位设置为 1 以启用短路断续保护时，断续计时器会工作，将导通时间限制为典型值 9ms，然后经过 22ms 的典型关断时间，器件会重新启动。如果短路情况消失，器件会自动进入正常工作模式。

7.3.8.4 热关断

为了避免器件遭到热损坏，需要监控裸片的温度。一旦检测到温度上升到超过典型热阈值 160°C，该器件便会停止运行。当温度降至低于典型热关断迟滞温度 25°C 后，该转换器将恢复正常运行。

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。

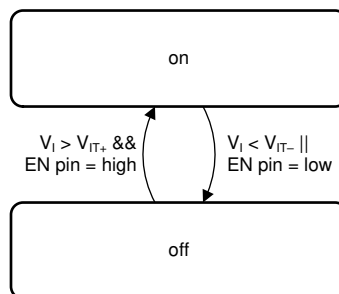


图 7-3. 器件功能模式

7.5 编程

7.5.1 串行接口说明

I²C 是由 Philips Semiconductor (现为 NXP Semiconductors) 开发的 2 线制串行接口 (请参阅 [NXP Semiconductors, UM10204 - I²C 总线规范和用户手册](#))。总线由数据线 (SDA) 和时钟线 (SCL) 以及上拉结构组成。当总线空闲时, SDA 和 SCL 线都被拉高。所有与 I²C 兼容的器件通过开漏 I/O 引脚、SDA 和 SCL 连接到 I²C 总线。控制器器件 (通常是微控制器或数字信号处理器) 控制总线。控制器负责产生 SCL 信号和器件地址。控制器还会产生指示数据传输开始和停止的特定条件。目标器件在控制器器件的控制下通过总线接收和发送数据。

该器件用作目标器件, 并且支持 I²C 总线规范中定义的以下数据传输模式:

- 标准模式 (100kbps)
- 快速模式 (400kbps)
- 快速+ 模式 (1Mbps)

该接口增加了电源解决方案的灵活性, 使大多数功能都能够根据瞬时应用要求编程为新值。只要电源电压保持在 $V_{IT+(POR)}$ 以上, 寄存器内容便会保持不变。

标准模式和快速模式的数据传输协议完全相同, 因此在本文档中将其称为 F/S 模式。该器件支持 7 位寻址; 不支持 10 位寻址和通用调用地址。该器件的 7 位地址为 2Ah (00101010b)。

为了确保该器件中的 I²C 功能正确复位, 建议 I²C 控制器在 SDA 和 SCL 上拉电压初始上电之后在 I²C 总线上发起一个停止条件。

7.5.2 标准模式、快速模式和快速+ 模式协议

控制器通过产生启动条件来启动数据传输。启动条件是当 SCL 为高电平时在 SDA 线上发生从高到低的转换, 如图 7-4 所示。所有与 I²C 兼容的器件都会识别启动条件。

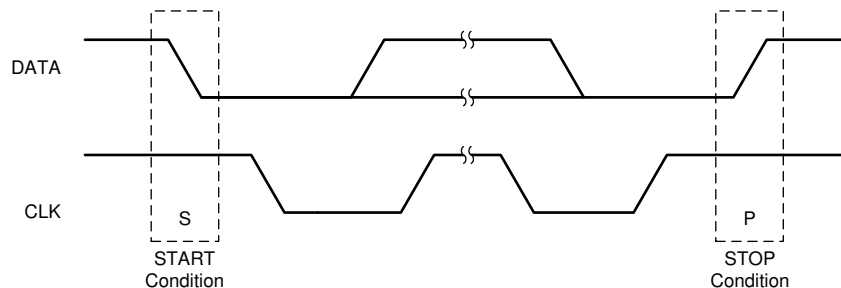


图 7-4. START 和 STOP 条件

控制器随后产生 SCL 脉冲, 并在 SDA 线上发送 7 位地址和读取/写入方向位 R/W。在所有传输期间, 控制器确保数据有效。有效数据条件要求 SDA 线在时钟脉冲的整个高电平期间保持稳定 (请参阅图 7-5)。所有器件都识别控制器发送的地址, 并将其与内部固定地址进行比较。只有具有匹配地址的目标器件才会通过在第九个 SCL 周期的整个高电平期间拉低 SDA 线来生成确认 (请参阅图 7-6)。在检测到该确认时, 控制器便知道已建立与目标器件的通信链路。

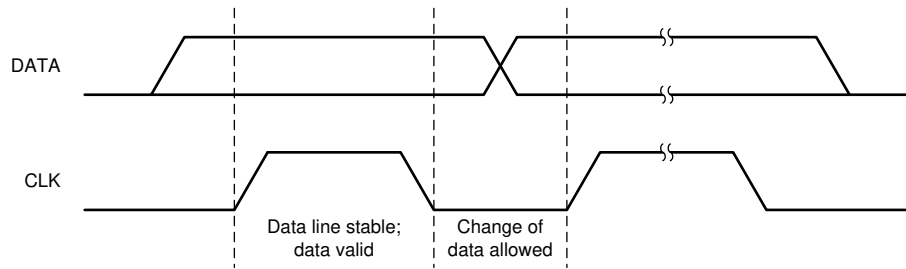


图 7-5. 串行接口上的位传输

控制器产生更多的 SCL 周期，以便向目标器件发送数据 (R/W 位为 1) 或从目标器件接收数据 (R/W 位为 0)。在任一种情况下，接收器都需要确认发送器发送的数据。因此，确认信号可由控制器或目标器件产生，具体取决于哪一方是接收器。9 位有效数据序列包含 8 个数据位和 1 个确认位，可根据需要继续。

为了用信号指示数据传输结束，控制器通过在 SCL 线处于高电平期间将 SDA 线从高电平拉低来产生停止条件 (请参阅图 7-4)。当 SCL 处于高电平时，SDA 线上这种从低电平到高电平的转换会释放总线并停止与寻址的目标器件之间的通信链路。所有与 I²C 兼容的器件都必须识别停止条件。在收到停止条件后，所有器件都知道总线已释放，并等待启动条件，接着是匹配的地址。

尝试从本节中未列出的寄存器地址读取数据会导致读出 00h。

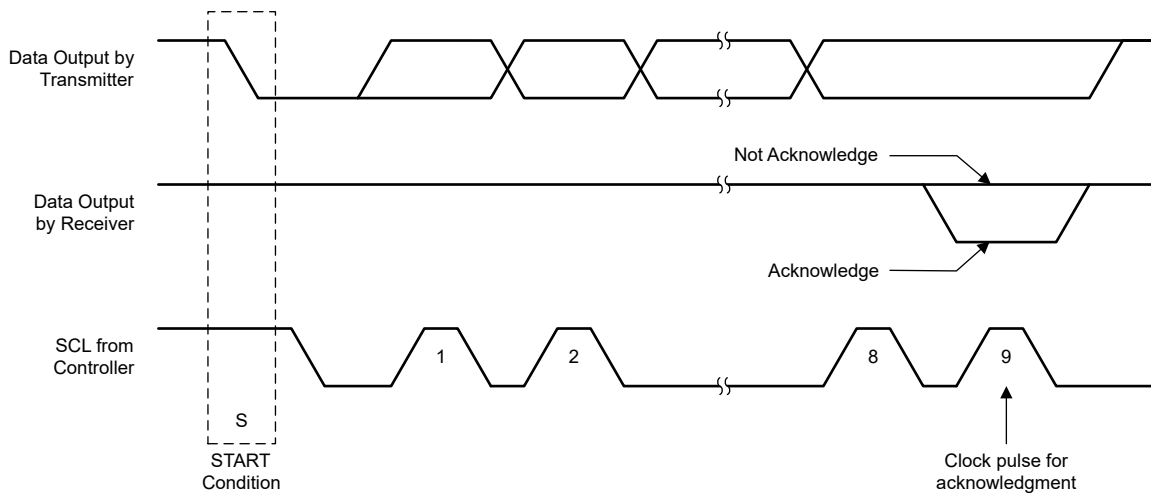


图 7-6. I²C 总线上的确认

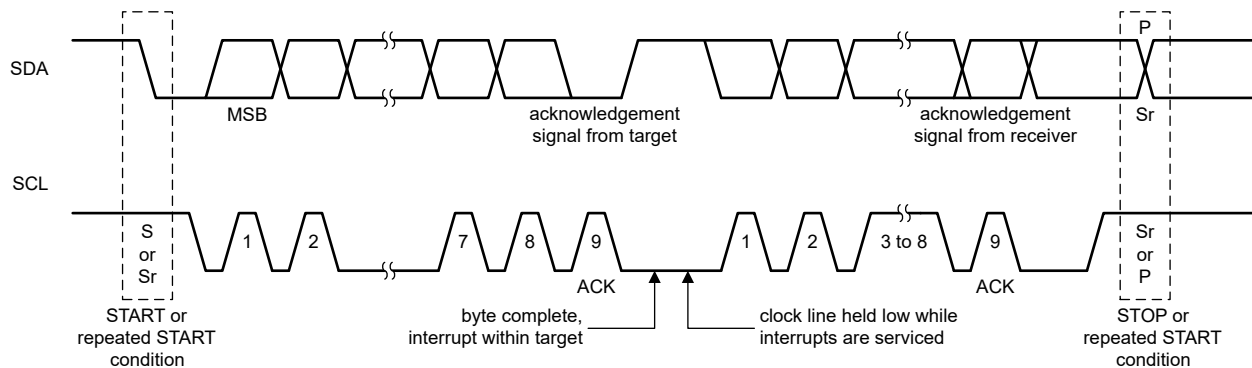


图 7-7. 总线协议

7.5.3 I²C 更新序列

单次更新需要：

- 启动条件
- 有效的 I²C 目标器件地址
- 寄存器地址
- 数据字节

为了确认收到每个字节，该器件会在单个时钟脉冲的高电平期间将 SDA 线路拉低。该器件在最后一个字节之后的确认信号下降沿执行更新。

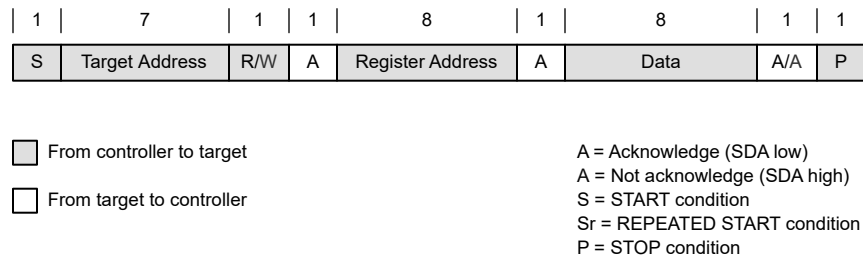


图 7-8. 标准、快速和快速+ 模式下的“写入”数据传输格式

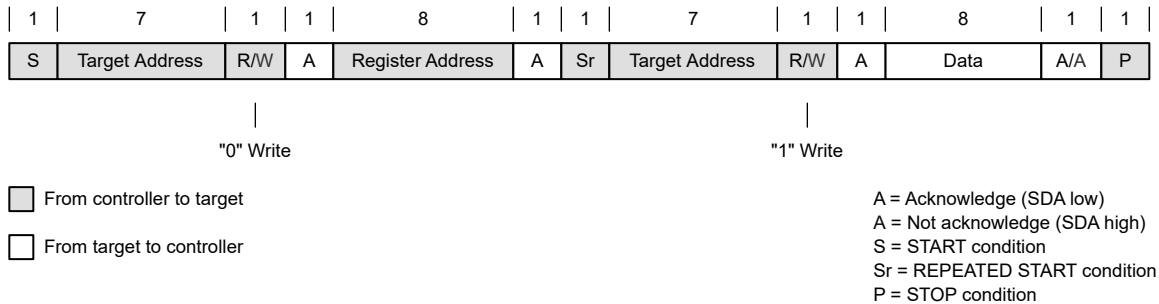


图 7-9. 标准、快速和快速+ 模式下的“读取”数据传输格式

7.6 寄存器映射

7.6.1 寄存器说明

7.6.1.1 寄存器映射

表 7-2. 寄存器映射

地址	缩写	寄存器名称	章节
0x02	CONTROL1	控制 1 寄存器	转到
0x03	VOUT	VOUT 寄存器	查找
0x05	CONTROL2	控制 2 寄存器	转到

7.6.1.2 寄存器 CONTROL1 (寄存器地址：0x02；默认：0x08)

返回[寄存器映射](#)

表 7-3. 寄存器 CONTROL1 格式

7	6	5	4	3	2	1	0
NIL[3:0]			EN_FAST_DVS	EN_SCP	NIL	CONVERTER_EN	

表 7-3. 寄存器 CONTROL1 格式 (续)

7	6	5	4	3	2	1	0
R				R/W	R/W	R	R/W

说明：R/W = 读取/写入；R = 只读

SCP：短路保护

表 7-4. 寄存器 CONTROL1 字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7:4	NIL[3:0]	R	0b0000	未使用。 在写入操作期间会忽略这些位的数据。在读取操作期间会返回 0
3	EN_FAST_DVS	R/W	0b1	将 DVS 设置为快速模式 0：禁用，1：ENABLE
2	EN_SCP	R/W	0b0	启用短路断续保护 0：禁用，1：ENABLE
1	NIL	R	0b0	未使用。
0	CONVERTER_EN	读/写	0b0	启用转换器（与 EN 引脚进行与运算） 0：禁用，1：ENABLE

7.6.1.3 寄存器 VOUT (寄存器地址：0x03；默认：0x5C)

返回寄存器映射

表 7-5. 寄存器 VOUT 格式

7	6	5	4	3	2	1	0
VOUT[7:0]							
R/W							

说明：R/W = 读取/写入

表 7-6. 寄存器 VOUT 字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7:0	VOUT[7:0]	读/写	0x5C	这些位设定输出电压 当 $0x00 \leq VOUT[7:0] \leq 0xB4$ 时，输出电压 = $1.000 + (VOUT[7:0] \times 0.025)$ V； 当 $0xB5 \leq VOUT[7:0] \leq 0xFF$ 时，输出电压 = 5.5V

7.6.1.4 寄存器 CONTROL2 (寄存器地址：0x05；默认：0x45)

返回寄存器映射

表 7-7. 寄存器 CONTROL2 格式

7	6	5	4	3	2	1	0
FPWM	FAST_RAMP_EN	EN_DISCH_VOUT[1:0]		CL_RAMP_MIN	TD_RAMP[2:0]		
读/写	R/W	R/W		R/W	R/W		

说明：R/W = 读取/写入

表 7-8. 寄存器 CONTROL2 字段说明

位	字段	类型	复位	说明
7	FPWM	读/写	0b0	强制 PWM 操作 0 : 禁用, 1 : ENABLE
6	FAST_RAMP_EN	读/写	0b1	器件启动速度可快于 VOUT 斜坡 0 : 禁用, 1 : ENABLE
5:4	EN_DISCH_VOUT[1:0]	读/写	0b00	启用 BUBO Vout 放电 00 : DISABLE 01 : 慢速 (34mA) 10 : 中速 (67mA) 11 : 快速 (100mA)
3	CL_RAMP_MIN	读/写	0b0	定义软启动斜坡期间的最小电流限值 0 : 低电平 (500mA) 1 : 高电平 (2 倍低电平)
2:0	TD_RAMP[2:0]	读/写	0b101	定义 Vo 软启动斜坡的斜坡时间 000 : 0.256ms 001 : 0.512ms 010 : 1.024ms 011 : 1.920ms 100 : 3.584ms 101 : 7.552ms 110 : 9.600ms 111 : 24.320ms

8 应用和实施

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 元件规格，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客户负责确定元件是否适合其用途，以及验证和测试其设计实现以确认系统功能。

8.1 应用信息

TPS631012 和 TPS631013 是具有低静态电流的高效率降压/升压转换器。这些器件适用于需要稳定输出电压并且输入电源电压可能高于或低于输出电压的应用。

8.2 典型应用

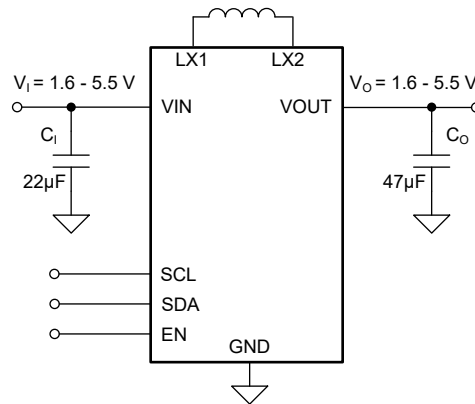


图 8-1. 3.3V_{OUT} 典型应用

8.2.1 设计要求

表 8-1 中列出了设计参数。

表 8-1. 设计参数

参数	值
输入电压	2.7 V 至 4.3 V
输出电压	3.3V
输出电流	1.5A

8.2.2 详细设计过程

第一步是选择输出滤波器元件。为了简化此过程，节 6.3 中概述了电感和电容的最小值和最大值。在选择标称电感和电容时，请注意容差和降额。

8.2.2.1 电感器选型

电感器的选择受如下几个参数的影响：

- 电感纹波电流
- 输出电压纹波
- 进入省电模式的转换点
- 效率

请参阅表 8-2，了解典型的电感器。

为了实现高效率，需要使用具有低直流电阻的电感器，以尽可能减小导通损耗。尤其是在高开关频率下，磁芯材料对效率的影响很大。在使用小型片式电感器时，效率降低的主要原因是电感器磁芯损耗更高。在选择合适的电

感器时需要考虑磁芯损耗。电感器值决定了电感器纹波电流。电感器值越大，电感器纹波电流就越小，转换器的导通损耗也就越小。相反，电感器值越大，负载瞬态响应越慢。为避免电感器饱和，稳态运行时电感器的峰值电流可用 [方程式 2](#) 计算得出。此处仅给出了定义升压模式下开关电流的公式，因为这提供了最高电流值并代表了用于选择合适电感器的临界电流值。

$$\text{Duty Cycle Boost} \quad D = \frac{V_{\text{OUT}} - V_{\text{IN}}}{V_{\text{OUT}}} \quad (1)$$

$$I_{\text{PEAK}} = \frac{I_{\text{out}}}{\eta \times (1 - D)} + \frac{V_{\text{in}} \times D}{2 \times f \times L} \quad (2)$$

其中：

- D = 升压模式下的占空比
- f = 转换器开关频率 (典型值为 2MHz)
- L = 电感器值
- η = 估算的转换器效率 (假设使用效率曲线中的数字或 0.9)

备注

必须针对升压模式下的最小输入电压进行计算。

使用实际运行条件计算最大电感器电流可得出所需的最小电感器饱和电流。建议选择饱和电流比使用 [方程式 2](#) 计算得出的值高 20% 的电感器。[表 8-2](#) 中列出了可能的电感器。

表 8-2. 推荐电感器列表

电感器值 [μH]	饱和电流 [A]	DCR [mΩ]	器件型号	制造商 ⁽¹⁾	尺寸 (L × W × H mm)
1	4.3	42	DFE252012P-1R0M=P2	MuRata	2.5 × 2.0 × 1.2
1	4.2	43	HTEK20161T-1R0MSR	Cyntec	2.0 × 1.6 × 1.0
1	2.2	75	MAKK2016T1R0M ⁽²⁾	Taiyo Yuden	2.0 × 1.6 × 1.0
1	2.0	144	DFE18SAN1R0ME0 ⁽²⁾	Murata	1.6 × 0.8 × 0.8

- (1) 请参阅节 9.1.1。
(2) 该电感器不支持完整的输出电流范围。

8.2.2.2 输出电容器选型

对于输出电容器，应使用尽可能靠近 IC 的 VOUT 和 PGND 引脚放置的小型陶瓷电容器。建议的总标称输出电容器值为 47 μF。如果出于任何原因，应用需要使用不能靠近 IC 放置的大电容器，请使用与大电容器并联的较小陶瓷电容器，并将小电容器尽可能靠近 IC 的 VOUT 和 PGND 引脚放置。

根据节 6.3 中的建议值给出有效电容值非常重要。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/下冲并增加瞬态响应时间。表 8-3 中列出了可能的输出电容器。

表 8-3. 推荐电容器列表

电容器值 [μF]	额定电压 [V]	ESR [mΩ]	器件型号	制造商 ⁽¹⁾	尺寸 (公制)
47	6.3	10	GRM219R60J476ME44	Murata	0805 (2012)
47	10	40	CL10A476MQ8QRN	Semco	0603 (1608)

- (1) 请参阅节 9.1.1。

8.2.2.3 输入电容器选型

建议使用一个 22μF 的输入电容器来改善稳压器的线路瞬态行为和整个电源电路的 EMI 行为。建议将一个 X5R 或 X7R 陶瓷电容器放置在尽可能靠近 IC 的 VIN 和 PGND 引脚的位置。此电容可以无限制地增加。如果输入电源距离转换器超过几英寸，那么除了陶瓷旁路电容器之外，还需要额外的大容量电容。通常，选择容值为 47μF 的电解电容器或钽电容器。

表 8-4. 推荐电容器列表

电容器值 [μF]	额定电压 [V]	ESR [mΩ]	器件型号	制造商 ⁽¹⁾	尺寸 (公制)
22	6.3	43	GRM187R61A226ME15	Murata	0603 (1608)
10	10	40	GRM188R61A106ME69	Murata	0603 (1608)

- (1) 请参阅节 9.1.1。

8.2.2.4 设定输出电压

输出电压由 I²C 设置。有关详细的输出电压设置，请参阅[输出电压控制](#)部分。

8.2.3 应用曲线

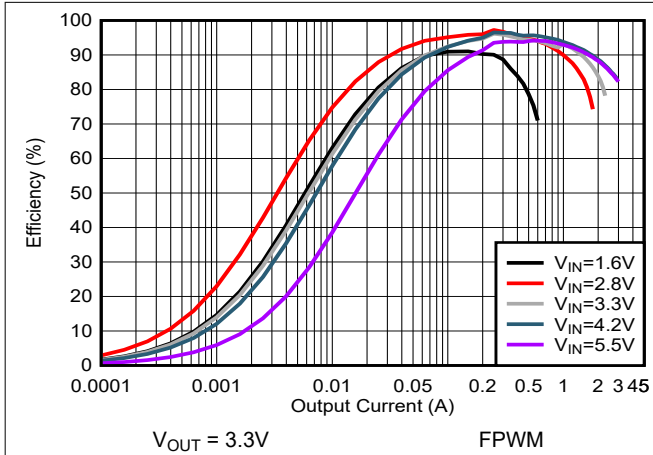


图 8-2. 效率与输出电流间的关系 (FPWM)

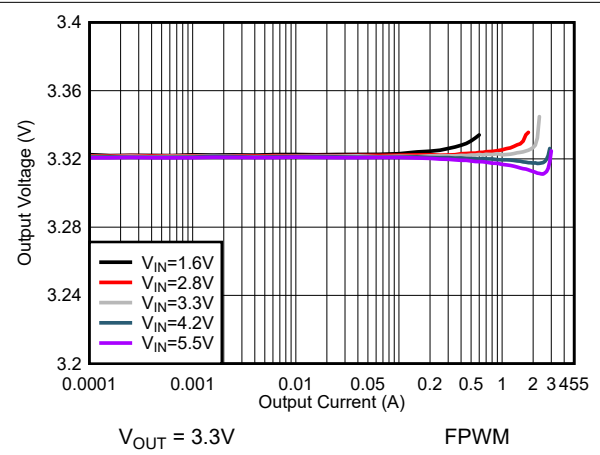


图 8-3. 负载调节 (FPWM)

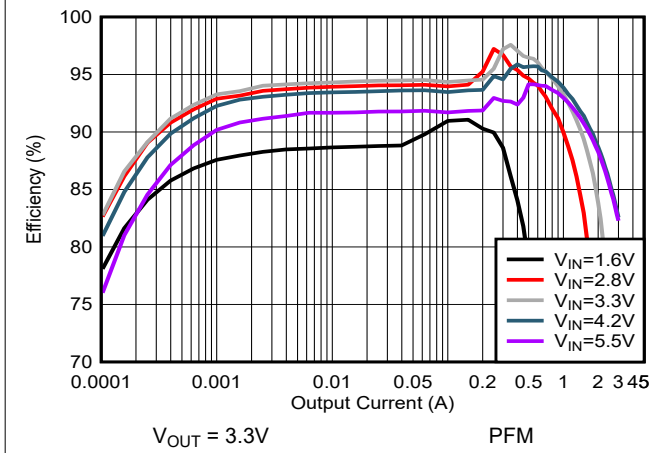


图 8-4. 效率与输入电压间的关系 (PFM)

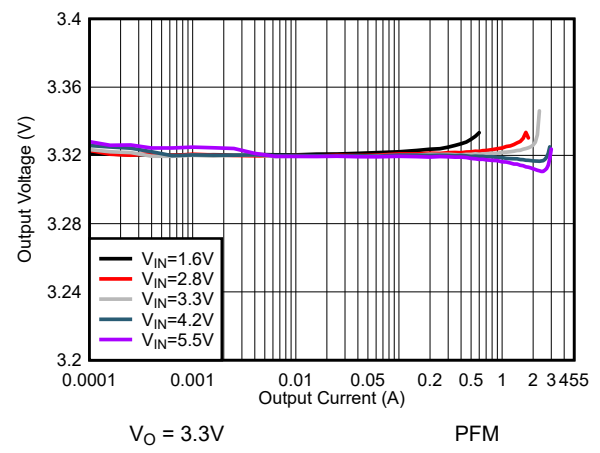


图 8-5. 负载调节 (PFM)

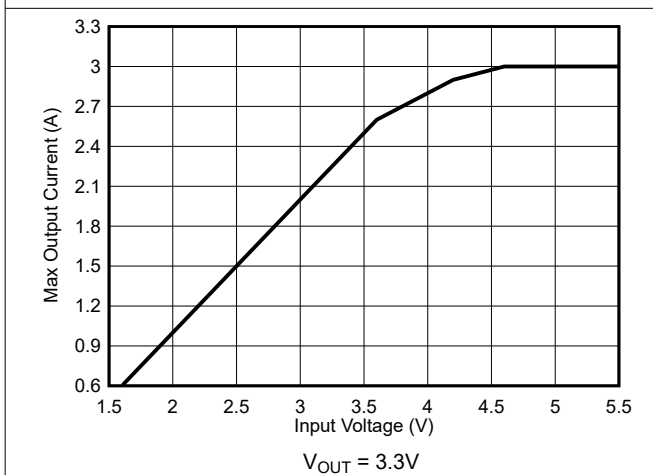


图 8-6. 典型输出电流能力与输入电压间的关系

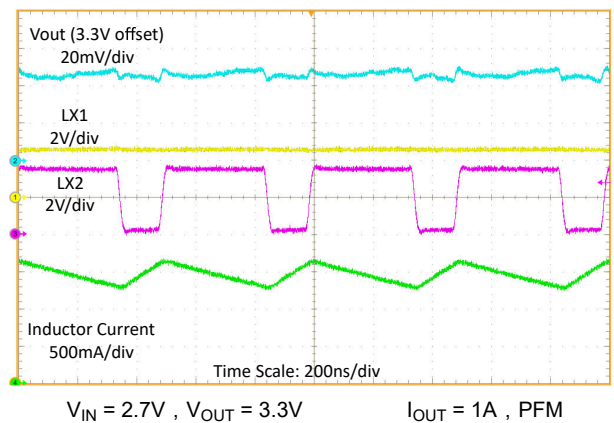


图 8-7. 负载为 1A 并采用升压运行模式时的开关波形

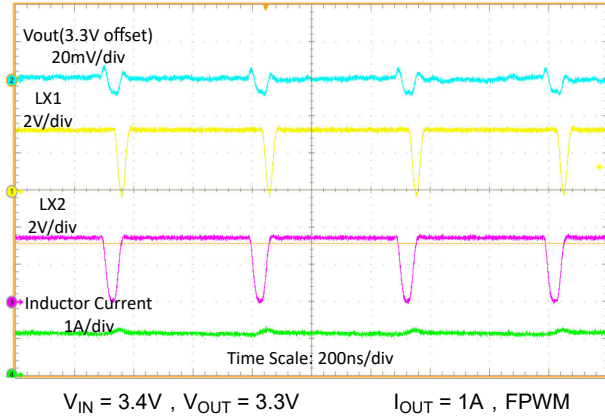


图 8-8. 负载为 1 A 并采用降压/升压运行模式时的开关波形

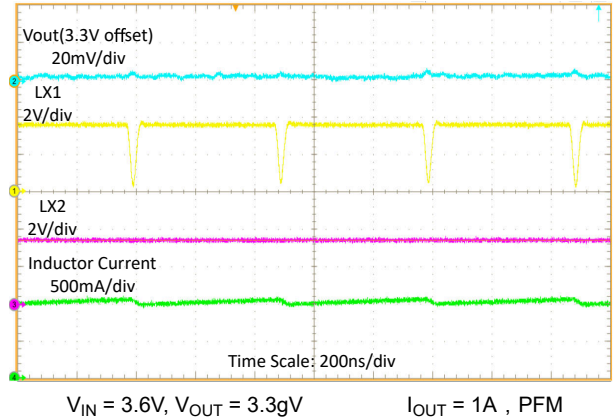


图 8-9. 负载为 1A 并采用降压运行模式时的开关波形

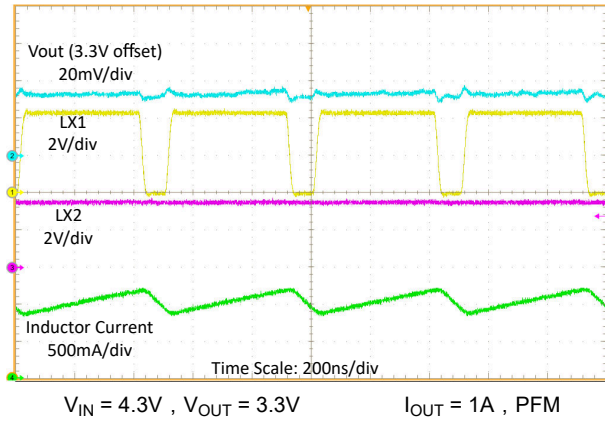


图 8-10. 负载为 1A 并采用降压运行模式时的开关波形

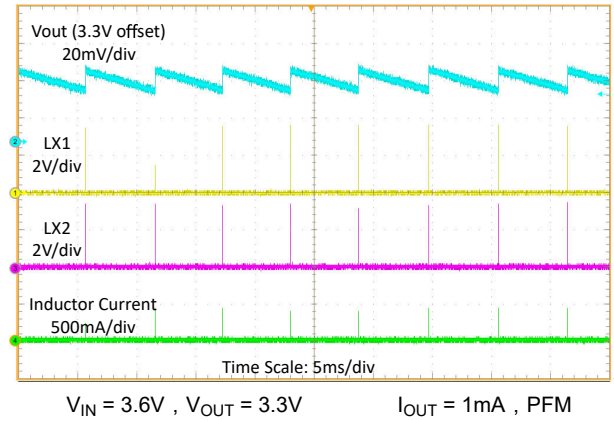


图 8-11. 负载为 1mA 时的开关波形

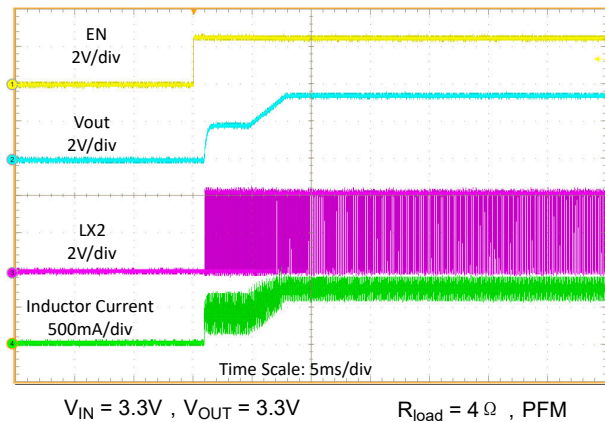


图 8-12. 由 EN 启动 (在 TPS631013 上测量)

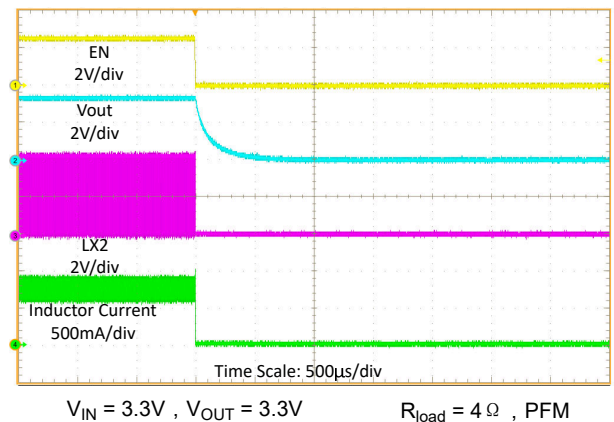
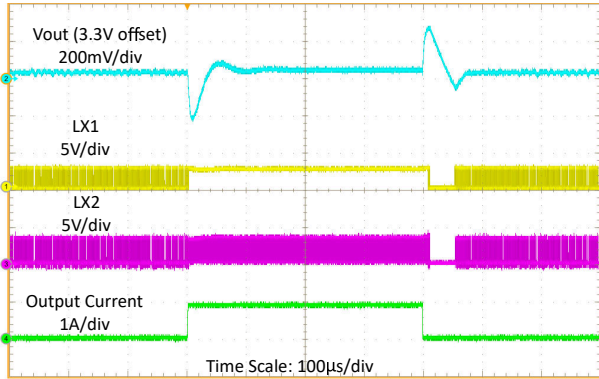
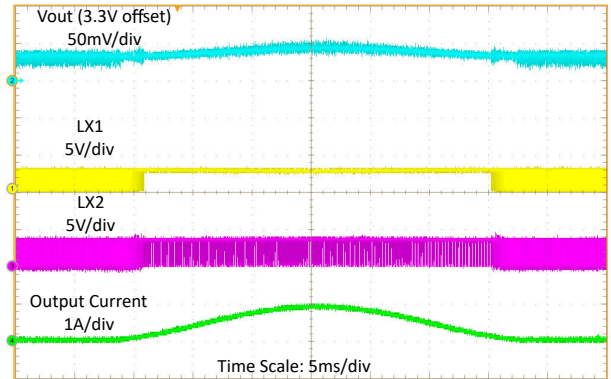


图 8-13. 由 EN 关断



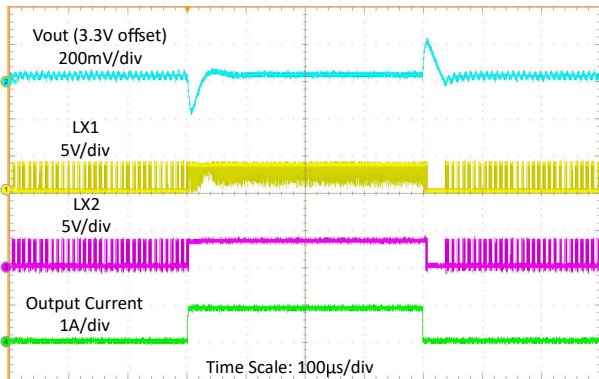
$V_{IN} = 2.7V$, $V_{OUT} = 3.3V$ $I_{OUT} = 100mA$ 至 $1A$, $20\mu s$ 压摆率

图 8-14. 输入电压为 2.7V 时的负载瞬态



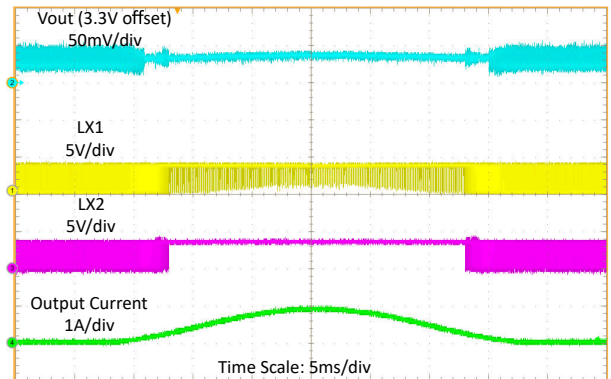
$V_{IN} = 2.7V$, $V_{OUT} = 3.3V$ $I_{OUT} = 100mA$ 至 $1A$ 扫描

图 8-15. 输入电压为 2.7V 时的负载扫描



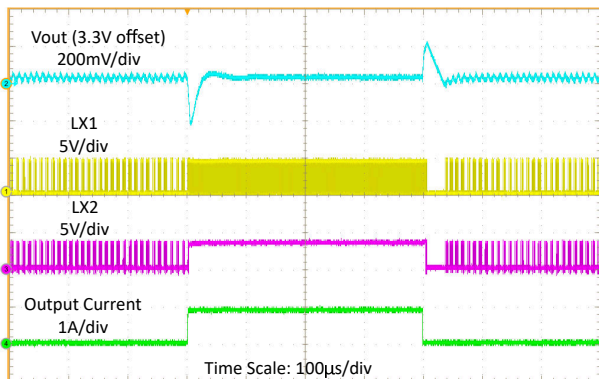
$V_{IN} = 3.6V$, $V_{OUT} = 3.3V$ $I_{OUT} = 100mA$ 至 $1A$, $20\mu s$ 压摆率

图 8-16. 输入电压为 3.6V 时的负载瞬态



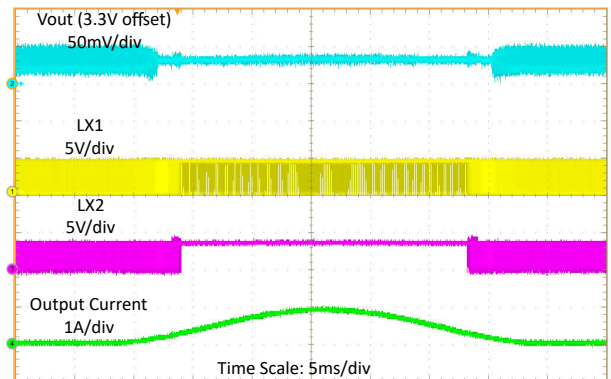
$V_{IN} = 3.6V$, $V_{OUT} = 3.3V$ $I_{OUT} = 100mA$ 至 $1A$ 扫描

图 8-17. 输入电压为 3.6V 时的负载扫描



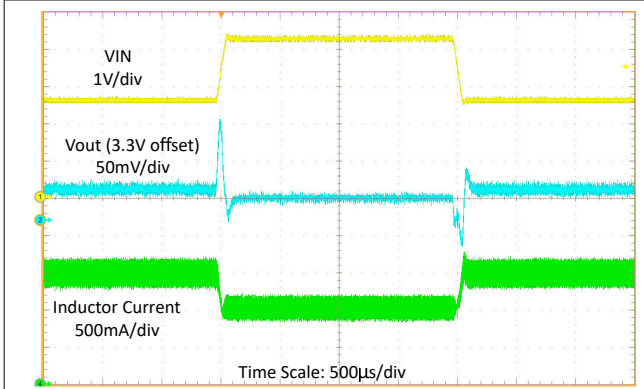
$V_{IN} = 4.3V$, $V_{OUT} = 3.3V$ $I_{OUT} = 100mA$ 至 $1A$, $20\mu s$ 压摆率

图 8-18. 输入电压为 4.3V 时的负载瞬态



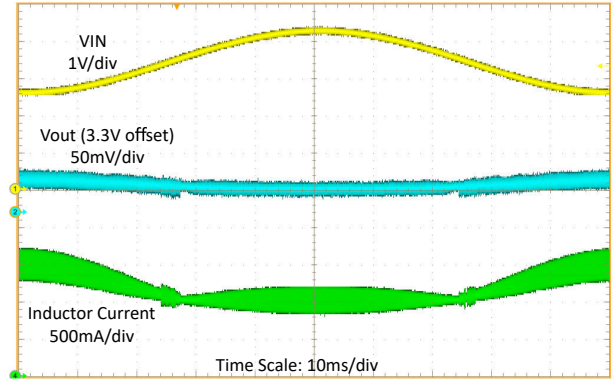
$V_{IN} = 4.3V$, $V_{OUT} = 3.3V$ $I_{OUT} = 100mA$ 至 $1A$ 扫描

图 8-19. 输入电压为 4.3V 时的负载扫描



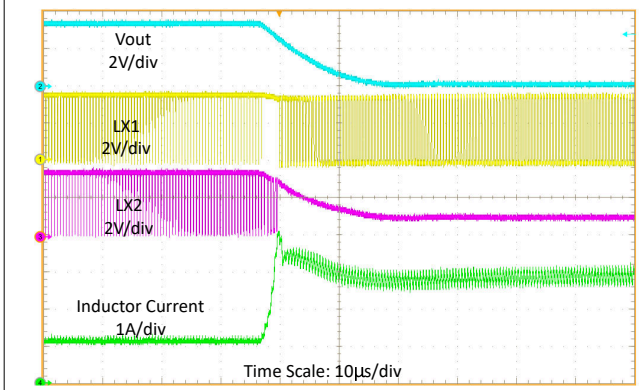
$V_{IN} = 2.7V$ 至 $4.3V$, $20\mu s$ 压摆率, $V_{OUT} = 3.3V$ $I_{OUT} = 1A$

图 8-20. 负载电流为 1A 时的线路瞬态



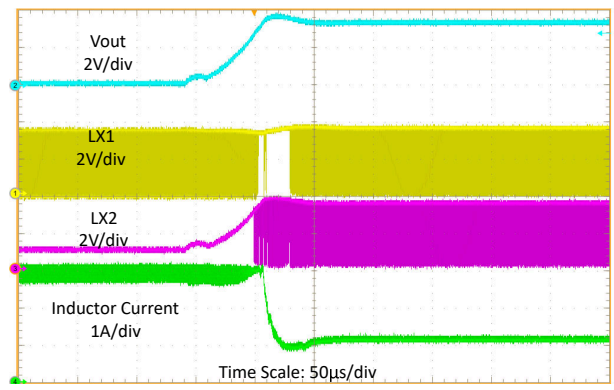
$V_{IN} = 2.7V$ 至 $4.3V$ 扫描, $V_{OUT} = 3.3V$ $I_{OUT} = 1A$

图 8-21. 负载电流为 1A 时的线路扫描



$V_{IN} = 3.6V$, $V_{OUT} = 3.3V$ $I_{OUT} = 1A$, FPWM

图 8-22. 输出短路保护 (进入)



$V_{IN} = 3.6V$, $V_{OUT} = 3.3V$ $I_{OUT} = 1A$, FPWM

图 8-23. 输出短路保护 (恢复)

表 8-5. $V_{OUT} = 3.3V$ 时应用特性曲线的元件

基准	说明 ⁽²⁾	器件型号	制造商 ⁽¹⁾
U1	高功率密度 1.5A 降压/升压转换器	TPS631012 或 TPS631013	德州仪器 (TI)
L1	$1.0\mu H$, $2.5mm \times 2.0mm$, $4.3A$, $42m\Omega$	DFE252012P-1R0M=P2	MuRata
C1	$22\mu F$, 0603, 陶瓷电容器, $\pm 20\%$, $6.3V$	GRM187R61A226ME15	Murata
C2	$47\mu F$, 0805, 陶瓷电容器, $\pm 20\%$, $6.3V$	GRM219R60J476ME44	Murata

(1) 请参阅节 9.1.1。

(2) 对于其他输出电压, 请查阅了解电阻值。

8.3 电源相关建议

TPS631012 和 TPS631013 对其输入电源没有特殊要求。输入电源输出电流需要按照电源电压、输出电压和输出电流符合相应额定值规格。

8.4 布局

8.4.1 布局指南

PCB 布局是保持器件高性能的重要一步。

- 将输入和输出电容器尽可能靠近 IC 放置。需要保持较短的布线。尽可能使输入和输出电容器的布线宽而直会降低布线电阻和寄生电感。

- 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。

8.4.2 布局示例

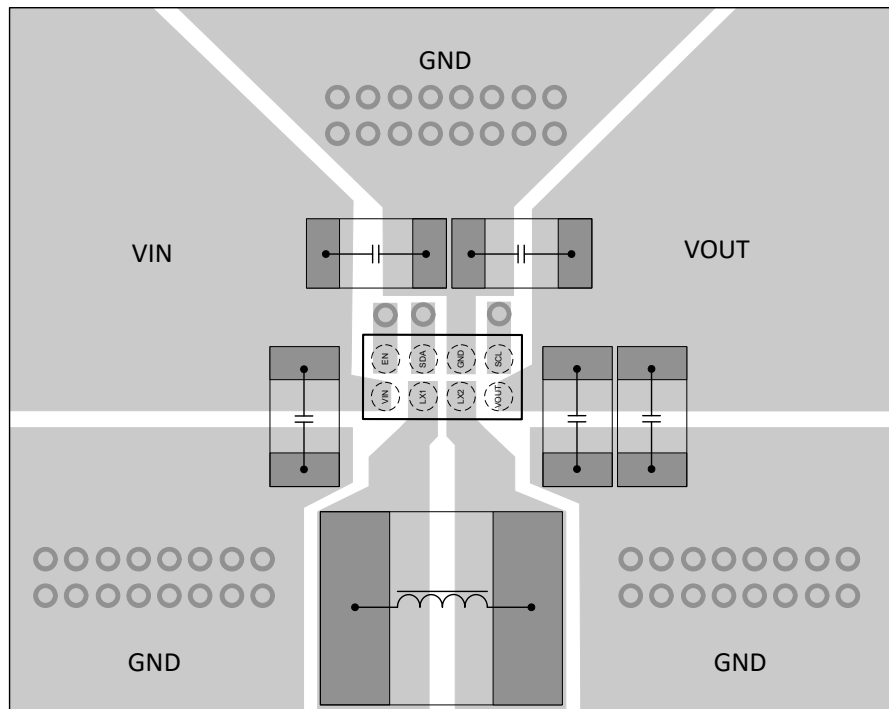


图 8-24. 布局示例

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。

9.2 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。

9.3 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](#)。

9.4 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。

9.5 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。

9.6 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

Changes from Revision A (January 2025) to Revision B (February 2025) Page

- 删除了“产品预发布”说明..... 1
- 删除了“产品预发布”说明..... 3

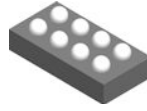
Changes from Revision * (July 2023) to Revision A (January 2025) Page

- 更新了机械数据.....27

11 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。

11.1 机械数据

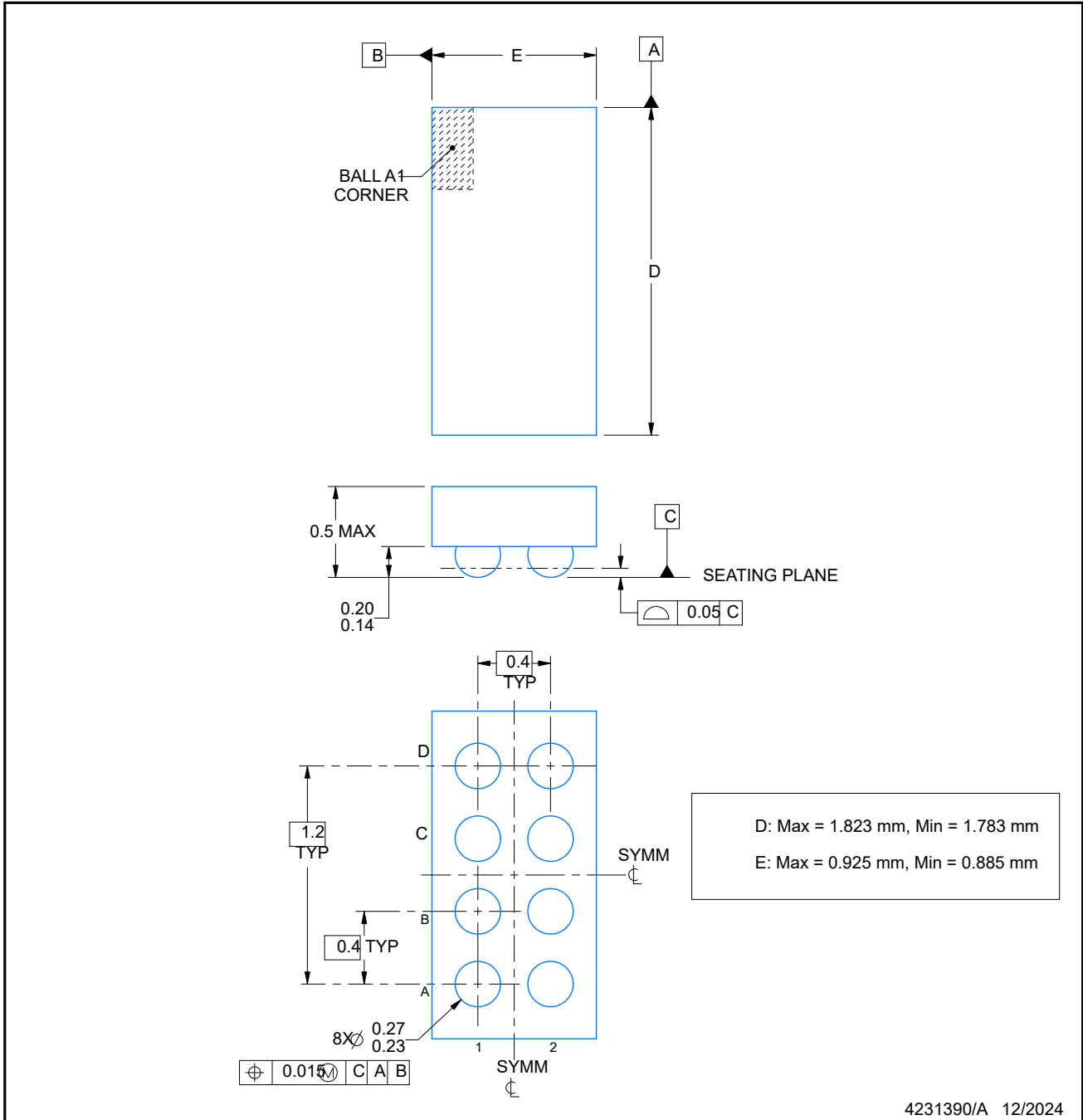


YBG0008-C02

PACKAGE OUTLINE

DSBGA - 0.5 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



NOTES:

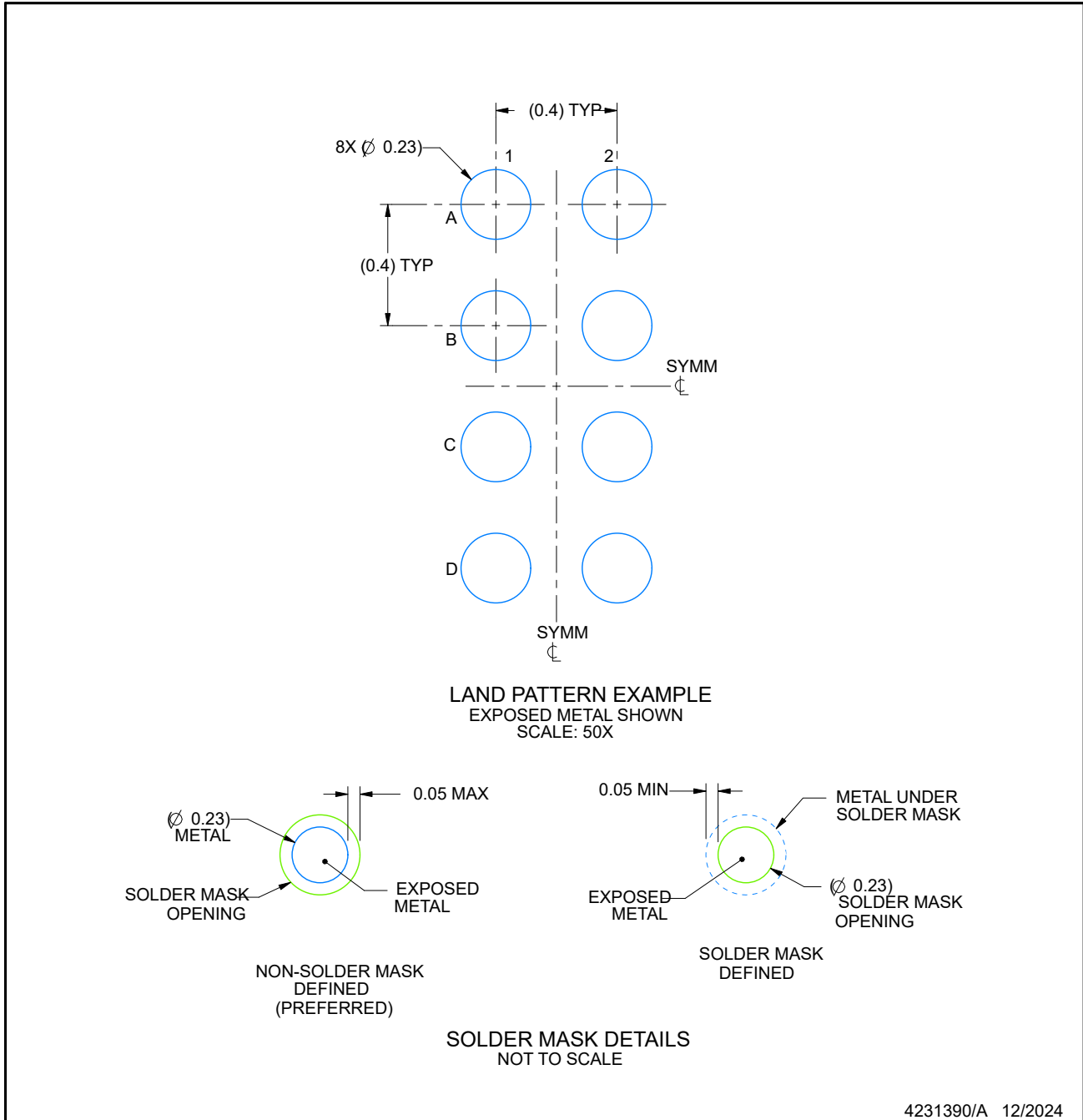
- All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
- This drawing is subject to change without notice.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

YBG0008-C02

DSBGA - 0.5 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



4231390/A 12/2024

NOTES: (continued)

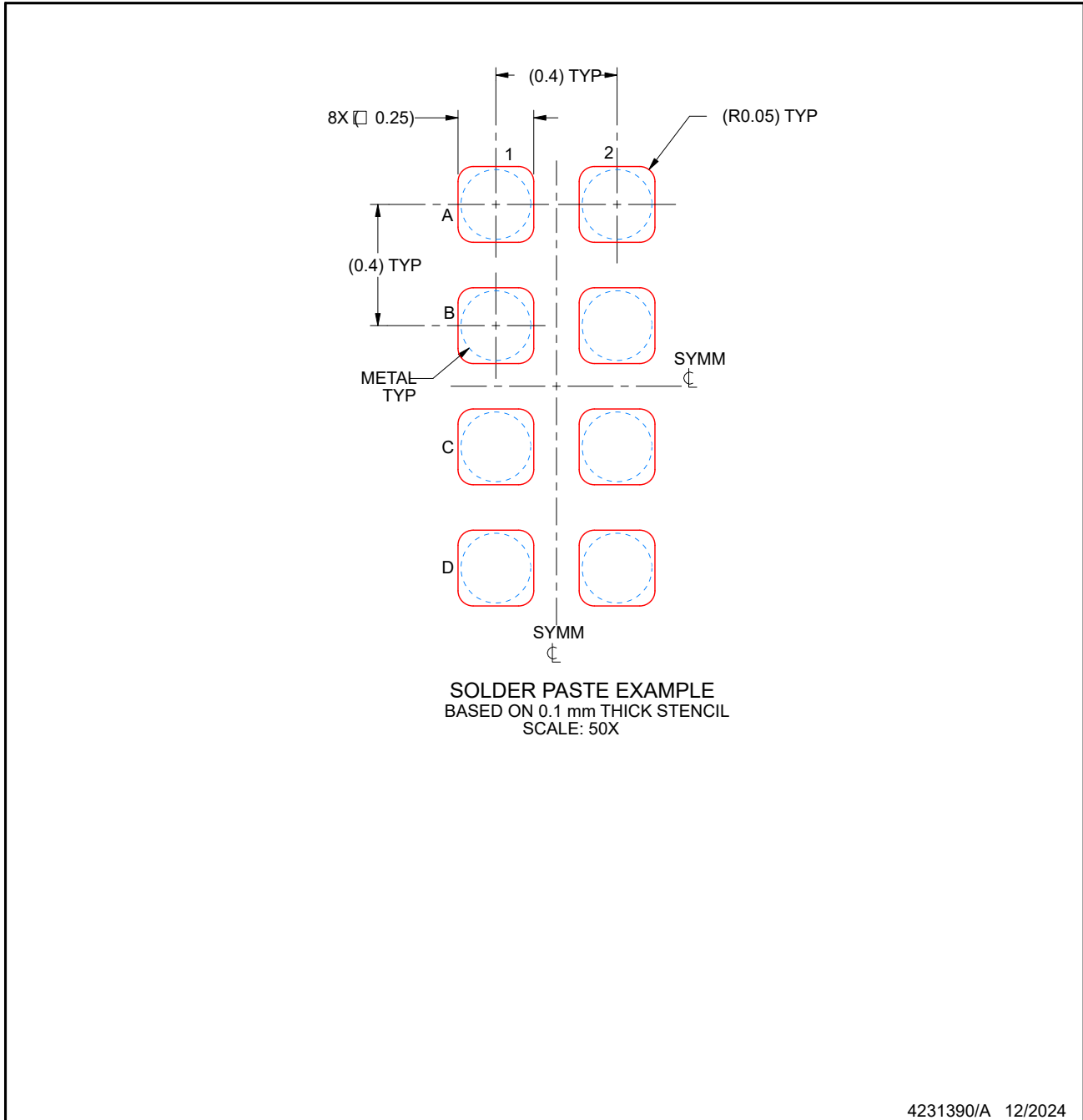
- Final dimensions may vary due to manufacturing tolerance considerations and also routing constraints. See Texas Instruments Literature No. SNVA009 (www.ti.com/lit/snva009).

EXAMPLE STENCIL DESIGN

YBG0008-C02

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)
TPS631012YBGR	Active	Production	DSBGA (YBG) 8	3000 LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	1OL
TPS631012YBGR.A	Active	Production	DSBGA (YBG) 8	3000 LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	1OL
TPS631013YBGR	Active	Production	DSBGA (YBG) 8	3000 LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	1P7
TPS631013YBGR.A	Active	Production	DSBGA (YBG) 8	3000 LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	1P7

(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.

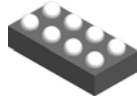
(6) **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

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.

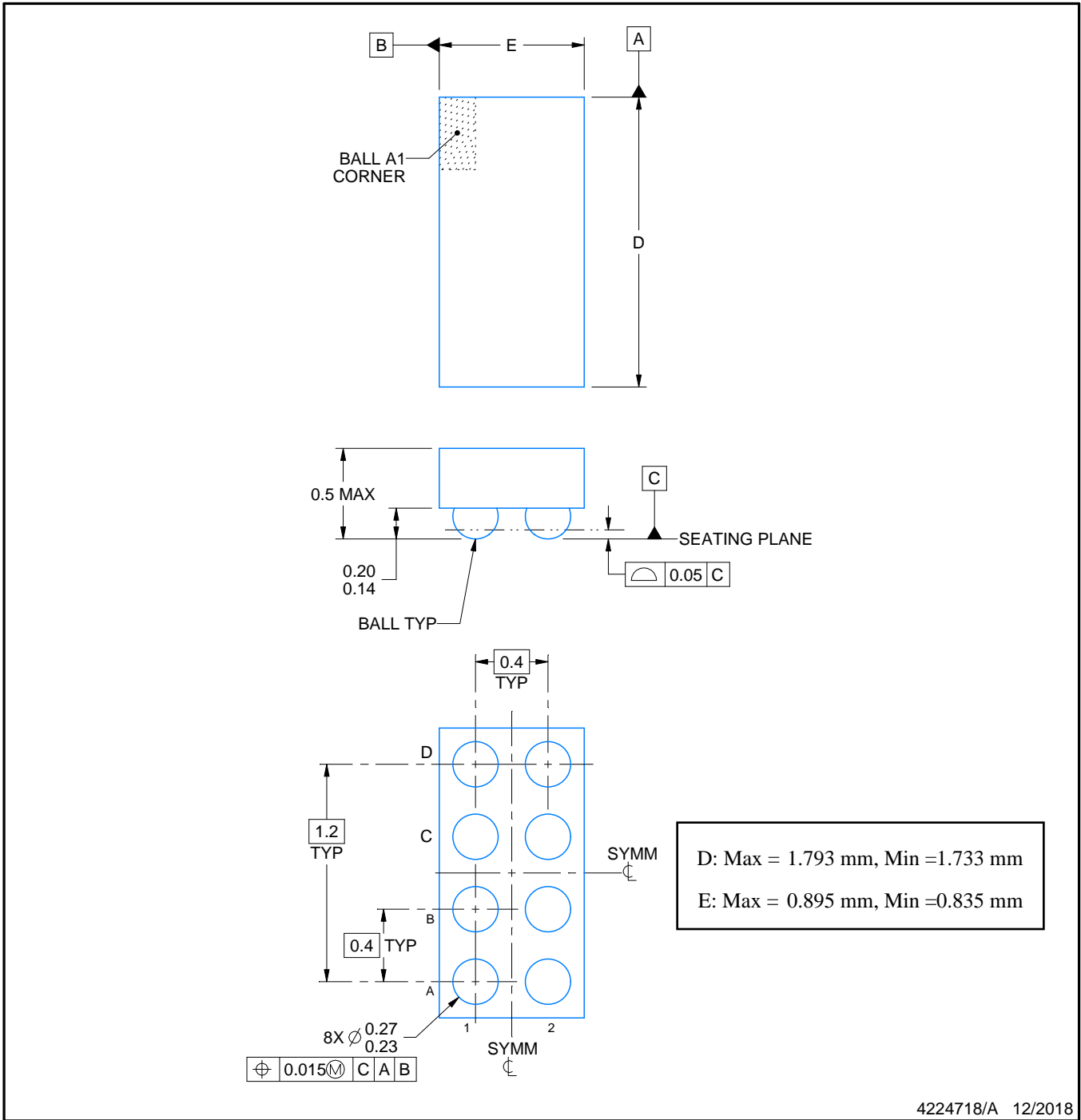
YBG0008



PACKAGE OUTLINE

DSBGA - 0.5 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



NOTES:

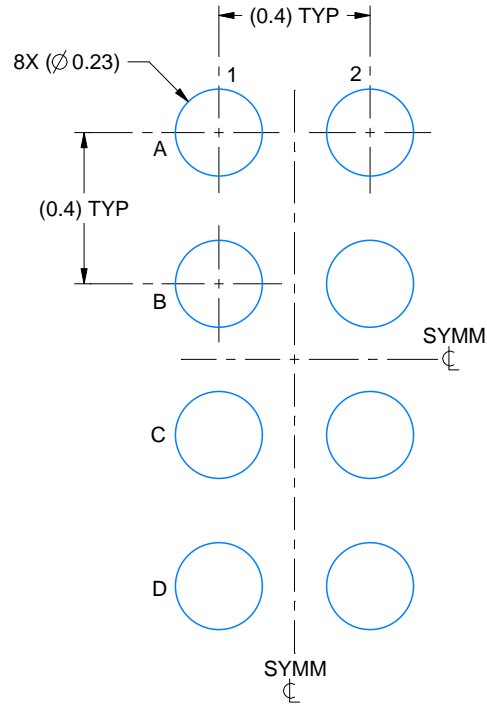
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

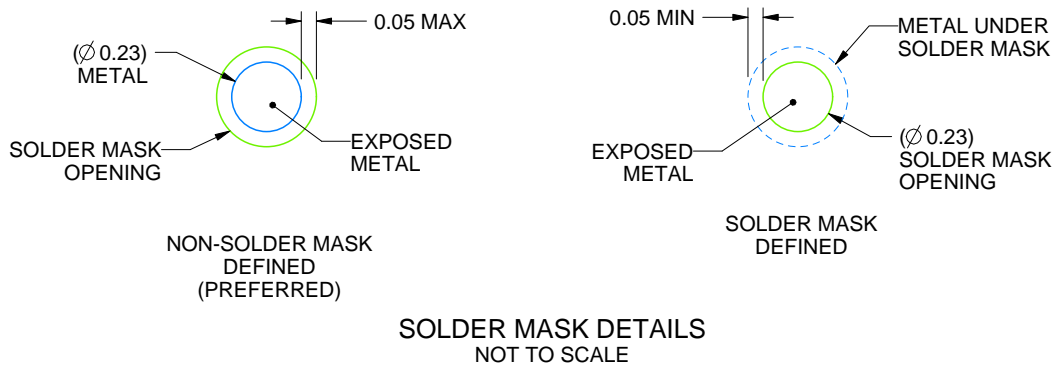
YBG0008

DSBGA - 0.5 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 50X



SOLDER MASK DETAILS
NOT TO SCALE

4224718/A 12/2018

NOTES: (continued)

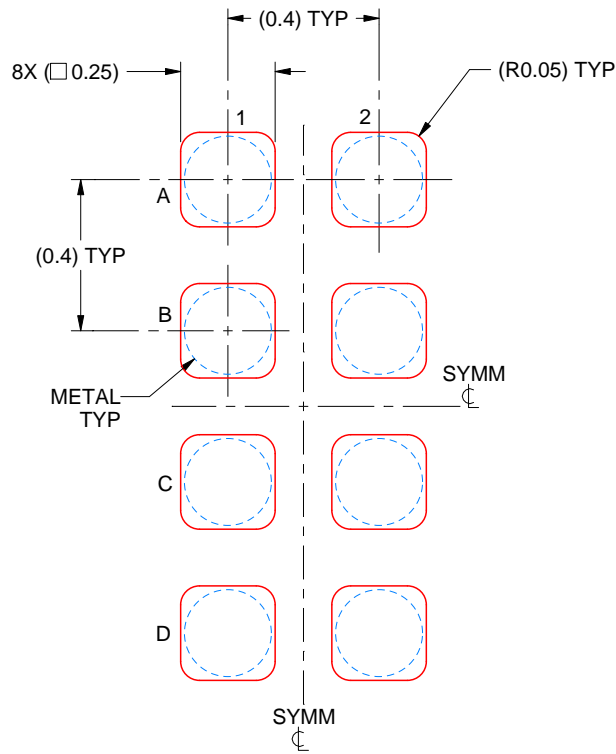
- Final dimensions may vary due to manufacturing tolerance considerations and also routing constraints. See Texas Instruments Literature No. SNVA009 (www.ti.com/lit/snva009).

EXAMPLE STENCIL DESIGN

YBG0008

DSBGA - 0.5 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.1 mm THICK STENCIL
SCALE: 50X

4224718/A 12/2018

NOTES: (continued)

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

重要通知和免责声明

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

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

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

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

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月