

TPS61253A、TPS61253E、TPS61253F 3.8MHz、5V、4A 升压转换器，采用 1.2mm x 1.3mm 的 WCSP 封装

1 特性

- 2.3V 至 5.5V 的宽输入电压范围 (TPS61253A、TPS61253F)
- 2.5V 至 5.5V 的宽输入电压范围 (启动时大于 2.6V, TPS61253E)
- 固定输出电压：4.5V/4.7V/5.0V/5.2V/5.25V
- 集成了两个 FET：35mΩ LS-FET，60mΩ HS-FET
- $V_{OUT} = 5V$ 且 $V_{IN} \geq 3V$ 时 I_{OUT} 持续 $\geq 1,500mA$ (TPS61253A、TPS61253F)
- $V_{OUT} = 5.25V$ 且 $V_{IN} \geq 3V$ 时 I_{OUT} 持续 $\geq 1,500mA$ (TPS61253E)
- 42μA 的输入静态电流
- 4A 的开关谷值电流限制 (TPS61253A)
- 4.5A 的开关谷值电流限制 (TPS61253E、TPS61253F)
- TPS61253E 和 TPS61253F 支持 1.2V I/O
- TPS612532A 输出放电功能可用
- 3.8MHz 开关频率
- 可选择自动 PFM、强制 PWM 和超声波模式
- 支持直通模式
- $\pm 2\%$ 的输出电压精度
- 600μs 软启动时间
- 间断模式短路保护
- 关断期间负载断开
- 热关断
- 结合使用 TPS61253A 和 [WEBENCH® Power Designer](#) 创建定制设计方案

2 应用

- [智能手机](#)
- [便携式扬声器](#)
- [USB 充电端口](#)
- [NFC PA 电源](#)
- [锂电池至 5V 电源转换](#)

3 说明

TPS61253x 器件可以为由电池供电的便携式应用提供电源解决方案。该器件具有 2.3V 至 5.5V (TPS61253A、TPS61253F) 或 2.5V 至 5.5V (TPS61253E) 的输入电压，可支持由锂离子电池 (具有扩展电压范围) 供电的应用。可用的不同固定输出电压版本包括 4.5V、4.7V、5V、5.2V 和 5.25V。TPS61253x 支持通过放电电压低至 3V 的电池提供高达 1,500mA 的负载电流。

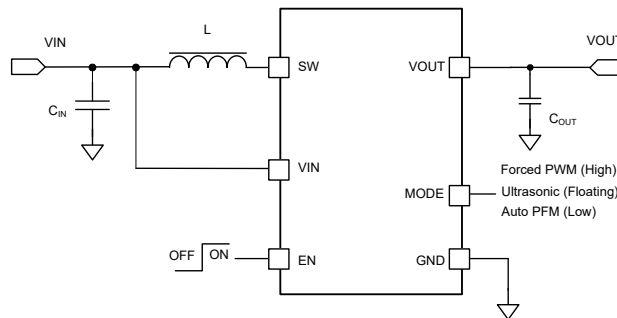
TPS61253x 以典型值为 3.8MHz 的开关频率运行。TPS61253x 可灵活地配置为自动 PFM 模式、强制 PWM 模式或超声波模式。自动 PFM 模式可以在轻负载时获得高效率。强制 PWM 运行模式可以使开关频率在整个负载范围内保持恒定。超声波模式可在任何负载条件下保持大于 25kHz 的开关频率，以避免产生噪声。

TPS61253x 内置 600μs 的软启动时间，从而能够避免启动时的浪涌电流。当输出短接时，该器件将进入间断模式，并可在短接结束后自动恢复。在关断期间，负载与输入端完全断开，消耗的电流最高为 1.3 μA。

器件信息

器件型号	封装 ⁽¹⁾	封装尺寸 (标称值)
TPS61253x	DSBGA (9)	1.2mm × 1.3mm

(1) 如需了解所有可用封装，请参阅数据表末尾的可订购产品附录。



典型电路原理图



内容

1 特性	1	7.3 特性说明	12
2 应用	1	7.4 器件功能模式	14
3 说明	1	8 应用和实施	16
4 器件比较	3	8.1 应用信息	16
5 引脚配置和功能	4	8.2 典型应用	16
6 规格	5	8.3 电源相关建议	21
6.1 绝对最大额定值.....	5	8.4 布局	21
6.2 ESD 等级.....	5	9 器件和文档支持	23
6.3 建议运行条件.....	5	9.1 器件支持.....	23
6.4 热性能信息.....	5	9.2 文档支持.....	23
6.5 电气特性.....	6	9.3 接收文档更新通知.....	23
6.6 时序要求.....	7	9.4 支持资源.....	23
6.7 开关特性.....	7	9.5 商标.....	23
6.8 典型特性.....	8	9.6 静电放电警告.....	23
7 详细说明	11	9.7 术语表.....	24
7.1 概述.....	11	10 修订历史记录	24
7.2 功能方框图.....	11	11 机械、封装和可订购信息	25

4 器件比较

器件型号	输出电压	SW 谷值电流限制 (典型值)	直流启动电流限制 (典型值)	输入启动电压	EN I/O 逻辑	特定特性
TPS61253A	5V	4A	1.5A	2.3V	支持 1.8V 逻辑 I/O	支持 5V 输出电压, 电流 高达 1,500mA
TPS612532A	5V	4A	1.5A	2.3V	支持 1.8V 逻辑 I/O	支持 5V 输出电压, 电流 高达 1,500mA, 具有输出 放电功能
TPS61253E	5.25V	4.5A	1.5A	2.6V	支持 1.8V 和 1.2V 逻辑 I/O	支持输出 5.25V, 高达 1,500mA
TPS61253F	5V	4.5A	1.5A	2.3V	支持 1.8V 和 1.2V 逻辑 I/O	支持 5V 输出电压, 电流 高达 1,500mA
TPS61254A ⁽¹⁾	4.5V	2.5A	0.75A	2.3V	支持 1.8V 逻辑 I/O	支持输出 4.5V, 高达 1000mA
TPS61255A ⁽¹⁾	4.7V	4A	1.5A	2.3V	支持 1.8V 逻辑 I/O	支持输出 4.5V, 高达 1,500mA
TPS612561A ⁽¹⁾	5V	2.5A	0.75A	2.3V	支持 1.8V 逻辑 I/O	支持输出 5V, 高达 1000mA
TPS61258A ⁽¹⁾	4.5V	4A	1.5A	2.3V	支持 1.8V 逻辑 I/O	支持输出 4.5V, 高达 1,500mA
TPS612592A ⁽¹⁾	5.2V	4A	0.75A	2.3V	支持 1.8V 逻辑 I/O	支持 5.2V 输出电压, 电流 高达 1,500mA
TPS612531A ⁽¹⁾	5V	4A	1.5A	2.3V	支持 1.8V 逻辑 I/O	支持 5V 输出电压, 电流 高达 1500mA, 仅限 PFM/PWM 模式

(1) 预发布。请联系 TI 工厂获取更多信息。

5 引脚配置和功能

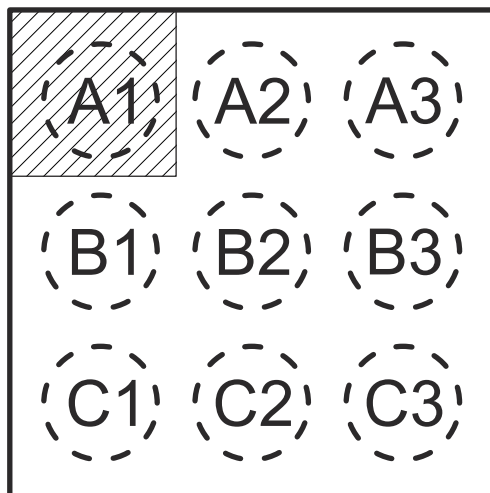


图 5-1. 9 引脚 DSBGA YFF 封装 (顶视图)

表 5-1. 引脚功能

引脚		I/O	说明
名称	编号		
EN	B3	I	这是器件的使能引脚。将此引脚接地可强制器件进入关断模式。将此引脚拉高至高电平会启用器件。有一个拉至 GND 的内部电阻器。
GND	C1, C2	–	接地引脚
模式	C3	–	运行模式选择引脚 模式 = 低电平，器件在自动 PFM 模式下工作，具有良好的轻负载效率。 模式 = 高电平，器件处于强制 PWM 模式，并在整个负载范围内保持恒定的开关频率。 模式 = 悬空，器件在超声波模式下工作；它保持大于 25kHz 的开关频率，以避免在无负载条件下出现音频。
SW	B1、B2	I/O	转换器的开关引脚。它连接到内部低侧功率 FET 的漏极，以及内部高侧功率 FET 的源极。
VIN	A3	I	电源输入
VOUT	A1、A2	O	升压转换器输出

6 规格

6.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明) ⁽¹⁾

		最小值	最大值	单位
端子上的电压范围	VIN、EN、MODE、VOUT 处的电压	-0.3	6	V
	SW 处的电压	-0.3	7	V
贮存温度, T _{stg}		-65	150	°C

(1) 应力超出绝对最大额定值中列出的值时,可能会对器件造成永久损坏。这些列出的值仅为应力等级,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。长时间处于绝对最大额定条件下可能会影响器件的可靠性。

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⁾	±2000	V
	充电器件模型 (CDM), 符合 JEDEC 规范 JESD22C101 ⁽²⁾	±500	

(1) JEDEC 文档 JEP155 指出: 500V HBM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。若部署必要的预防措施, 不足 500V HBM 时也能进行生产。

(2) JEDEC 文档 JEP157 指出: 250V CDM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。若部署必要的预防措施, 不足 250V CDM 时也能进行生产。

6.3 建议运行条件

在自然通风条件下的工作温度范围内, 除非另有说明。

		最小值	标称值	最大值	单位
V _{IN}	输入电压 (TPS61253A、TPS61253F)	2.3		5.5	V
	输入电压 (TPS61253E)	2.5		5.5	V
L	有效电感	0.33		1.3	μH
C _{OUT}	有效输出电容	3.5	5	30	μF
T _J	工作结温	-40		125	°C

6.4 热性能信息

热指标 ⁽¹⁾		TPS61253x	单位
		YFF (DSBGA)	
		9 引脚	
R _{θJA}	结至环境热阻	108.3	°C/W
R _{θJC(top)}	结至外壳 (顶部) 热阻	1.2	°C/W
R _{θJB}	结至电路板热阻	28.8	°C/W
ψ _{JT}	结至顶部特征参数	0.6	°C/W
ψ _{JB}	结至电路板特征参数	28.9	°C/W

(1) 有关新旧热指标的更多信息, 请参阅《半导体和 IC 封装热指标》应用报告 [SPRA953](#)。

6.5 电气特性

对于 TPS61253A 和 TPS61253F, $V_{IN} = 2.3V$ 至 $4.85V$ 、 $V_{OUT} = 5V$ 、 $T_J = -40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$ ；典型值为 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $T_J = 25^{\circ}C$ (除非另有说明)。

对于 TPS61253E, $V_{IN} = 2.6V$ 至 $4.85V$ 、 $V_{OUT} = 5.25V$ 、 $T_J = -40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$ ；典型值为 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $T_J = 25^{\circ}C$ (除非另有说明)。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源电流						
V_{IN_UVLO}	输入电压欠压锁定 (UVLO) 阈值	V_{IN} 上升, TPS61253A、TPS61253F		2.2	2.3	V
		V_{IN} 下降, TPS61253A、TPS61253F		2.1	2.2	V
	输入电压欠压锁定 (UVLO) 阈值 (E 版本)	V_{IN} 上升, TPS61253E	2.4	2.5	2.6	V
		V_{IN} 下降, TPS61253E	2.3	2.4	2.5	V
I_Q	流入 V_{IN} 引脚的静态电流	$V_{IN} = 3.6V$, $V_{OUT} = 5V$, $EN = V_{IN}$ 器件未开关		42	50	μA
	流入 V_{OUT} 引脚的静态电流	$V_{IN} = 3.6V$, $V_{OUT} = 5V$, $EN = V_{IN}$ 器件未开关		6.6	12	μA
I_{SD}	关断电流	$EN = GND$, $V_{IN} = 2.3V$ 至 $5.5V$, $-40^{\circ}C \leq T_J \leq 85^{\circ}C$		0.05	1.3	μA
输出电压						
V_{OUT}	PWM 操作	$2.3V \leq V_{IN} \leq 4.85V$, $I_{OUT} = 0mA$, PWM 运行。开环。TPS61253A、TPS61253F	4.9	5	5.1	V
	PWM 操作	$2.6V \leq V_{IN} \leq 4.85V$, $I_{OUT} = 0mA$, PWM 运行。开环。TPS61253E	5.145	5.25	5.355	V
	PFM 操作	自动 PFM 模式		100.8		% V_{OUT}
	超声波运行	超声波模式		101.6		% V_{OUT}
R_{DIS}	输出放电电阻器	$V_{OUT} = 5V$, TPS612532A		350		Ω
电源开关						
$R_{DS(on)}$	低侧 FET 导通电阻			35	55	$m\Omega$
	高侧 FET 导通电阻			60	80	$m\Omega$
电流限值						
I_{LIM_SW}	自动 PFM/超声波模式下的开关谷值电流限制	TPS61253A	3.4	4	4.6	A
	强制 PWM 模式下的开关谷值电流限制	TPS61253A	3.35	3.95	4.55	A
	自动 PFM/超声波模式下的开关谷值电流限制	TPS61253E、TPS61253F	3.9	4.5	5.1	A
	强制 PWM 模式下的开关谷值电流限制	TPS61253E、TPS61253F	3.85	4.45	5.05	A
I_{LIM_DC}	直流启动电流限制	TPS61253A、TPS61253E、TPS61253F	1	1.5		A
EN 和模式逻辑						
V_{EN_H}	EN 逻辑高电平阈值	TPS61253A			1.2	V
		TPS61253E、TPS61253F			0.9	V
V_{EN_L}	EN 逻辑低电平阈值	TPS61253A	0.4			V
		TPS61253E、TPS61253F	0.36			V
R_{EN}	EN 下拉电阻			930		$k\Omega$
V_{MODE_H}	模式逻辑高电平阈值				1.2	V
V_{MODE_L}	模式逻辑低电平阈值		0.4			V

6.5 电气特性 (续)

对于 TPS61253A 和 TPS61253F, $V_{IN} = 2.3V$ 至 $4.85V$ 、 $V_{OUT} = 5V$ 、 $T_J = -40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$ ；典型值为 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $T_J = 25^{\circ}C$ (除非另有说明)。

对于 TPS61253E, $V_{IN} = 2.6V$ 至 $4.85V$ 、 $V_{OUT} = 5.25V$ 、 $T_J = -40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$ ；典型值为 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $T_J = 25^{\circ}C$ (除非另有说明)。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{MODE_F}	模式引脚悬空电压		0.75	0.8	0.85	V
I_{MODE_UP}	上拉电流			1		μA
I_{MODE_DOWN}	下拉电流			1		μA
保护						
T_{SD_R}	热关断上升阈值			150		$^{\circ}C$
T_{SD_HYS}	热保护迟滞			20		$^{\circ}C$

6.6 时序要求

对于 TPS61253A 和 TPS61253F, $V_{IN} = 2.3V$ 至 $4.85V$ 、 $V_{OUT} = 5V$ 、 $T_J = -40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$ ；典型值为 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $T_J = 25^{\circ}C$ (除非另有说明)。

对于 TPS61253E, $V_{IN} = 2.6V$ 至 $4.85V$ 、 $V_{OUT} = 5.25V$ 、 $T_J = -40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$ ；典型值为 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $T_J = 25^{\circ}C$ (除非另有说明)。

			最小值	标称值	最大值	单位
断续停止时间						
t_{HCP_ON}	断续导通时间	$V_{IN} = 3.6V$		1000		μs
t_{HCP_OFF}	重新启动的等待时间	$V_{IN} = 3.6V$		20		ms
启动时间						
t_{EN_DELAY}	启动延迟时间	从 EN 高电平到开始开关的时间, 无负载		70		μs
t_{SS}	软启动时间	从 EN 高电平到 V_{OUT} 的时间, 无负载		600		μs

6.7 开关特性

对于 TPS61253A 和 TPS61253F, $V_{IN} = 2.3V$ 至 $4.85V$ 、 $V_{OUT} = 5V$ 、 $T_J = -40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$ ；典型值为 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $T_J = 25^{\circ}C$ (除非另有说明)。

对于 TPS61253E, $V_{IN} = 2.6V$ 至 $4.85V$ 、 $V_{OUT} = 5.25V$ 、 $T_J = -40^{\circ}C$ 至 $125^{\circ}C$ ；典型值为 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $T_J = 25^{\circ}C$ (除非另有说明)。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
f_{sw}	开关频率, PWM 模式	$V_{IN} = 3.6V$		3800		kHz
	开关频率, 超声波模式	$V_{IN} = 3.6V$	25			kHz

6.8 典型特性

本部分基于 TPS61253A 的测试结果，除非另有说明。

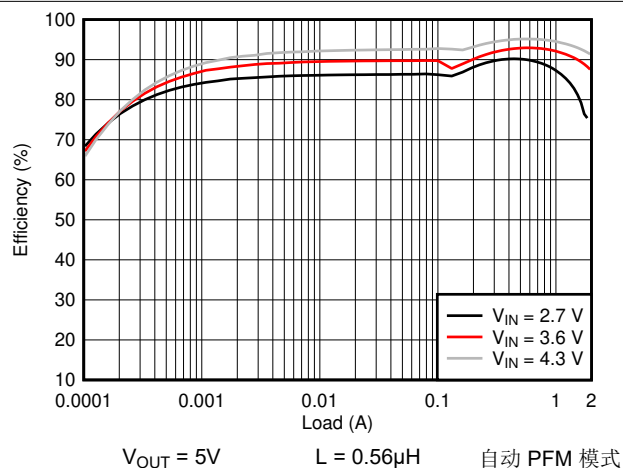


图 6-1. 效率与负载间的关系

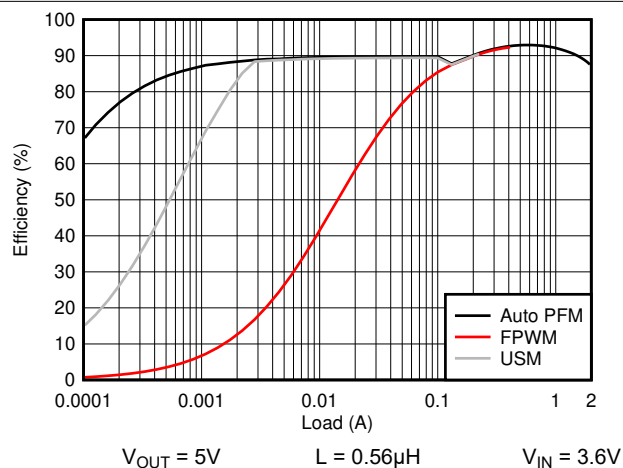


图 6-2. 效率与负载间的关系

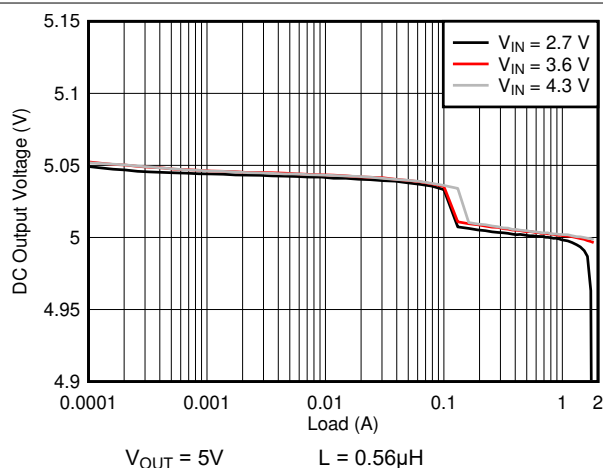


图 6-3. DC 输出电压与负载间的关系

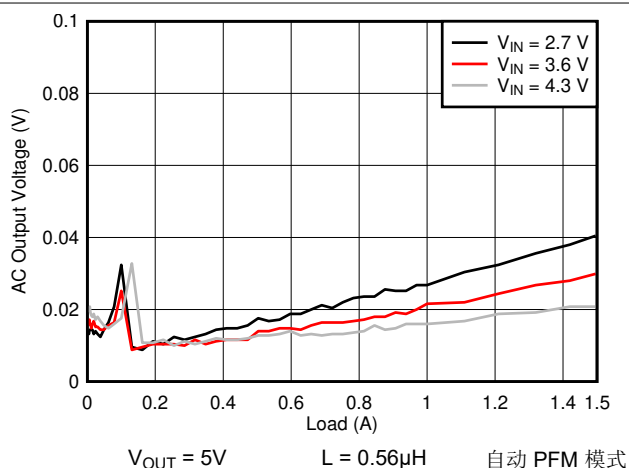


图 6-4. AC 输出电压与负载间的关系

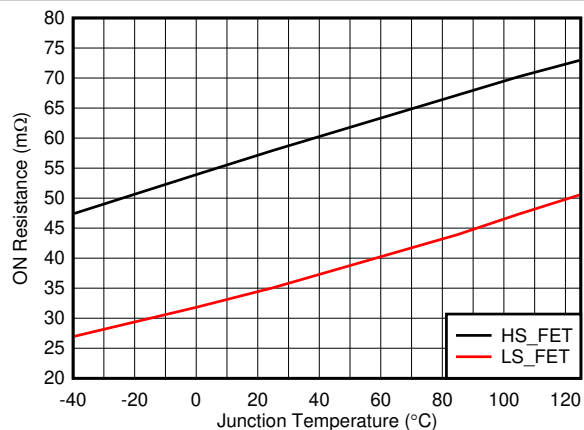


图 6-5. $R_{DS(ON)}$ 与温度间的关系

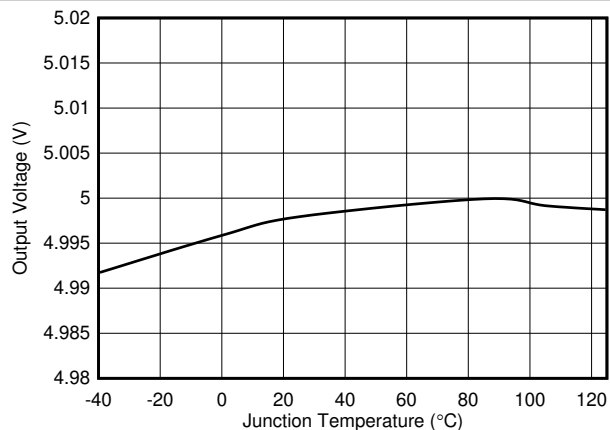


图 6-6. V_{OUT} 与温度间的关系

6.8 典型特性 (续)

本部分基于 TPS61253A 的测试结果, 除非另有说明。

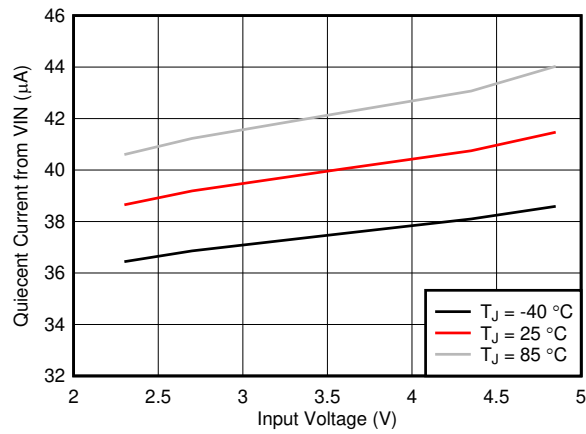


图 6-7. 静态电流 (来自 VIN) 与输入电压间的关系

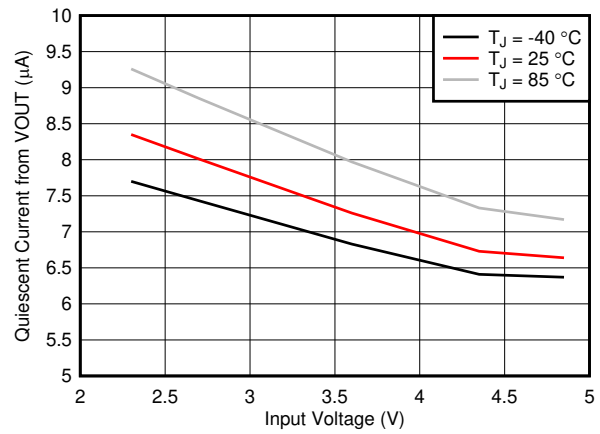


图 6-8. 静态电流 (来自 VOUT) 与输入电压间的关系

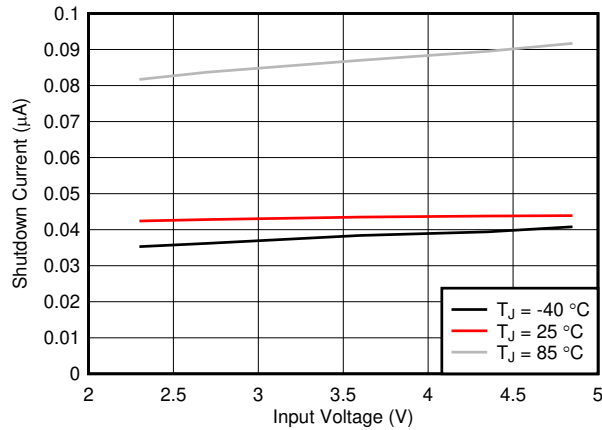


图 6-9. 关断电流与输入电压间的关系

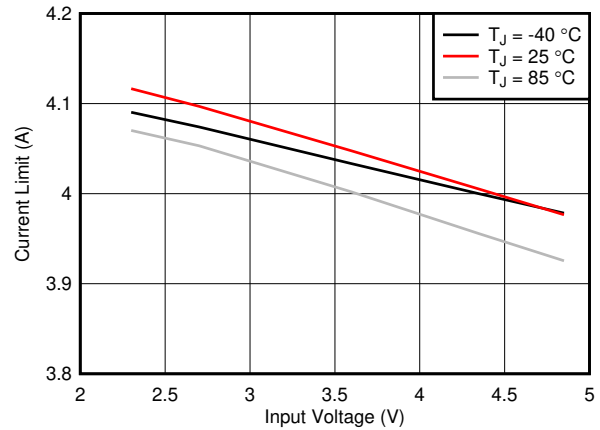


图 6-10. 电流限制 (自动 PFM) 与输入电压间的关系

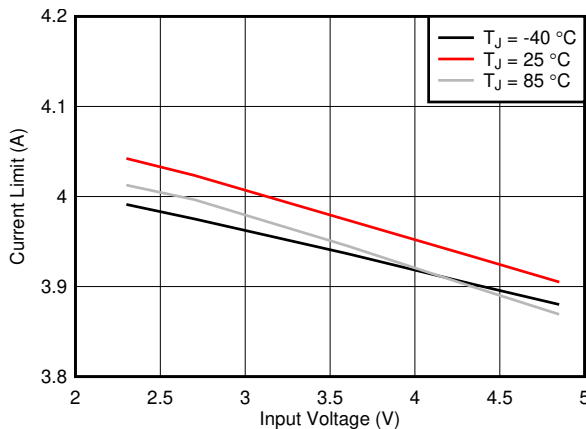


图 6-11. 电流限制 (强制 PWM) 与输入电压间的关系

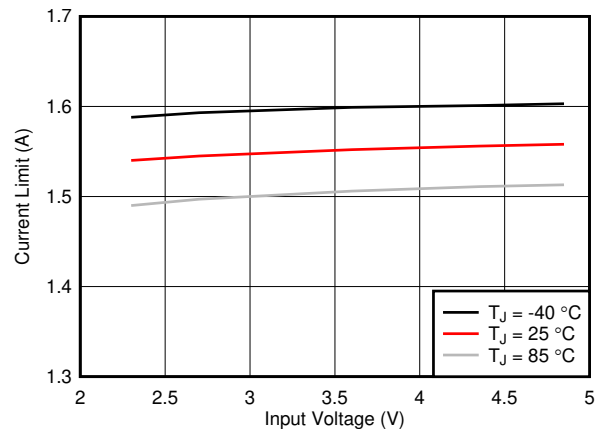


图 6-12. 直流启动电流限制与输入电压间的关系

6.8 典型特性 (续)

本部分基于 TPS61253A 的测试结果，除非另有说明。

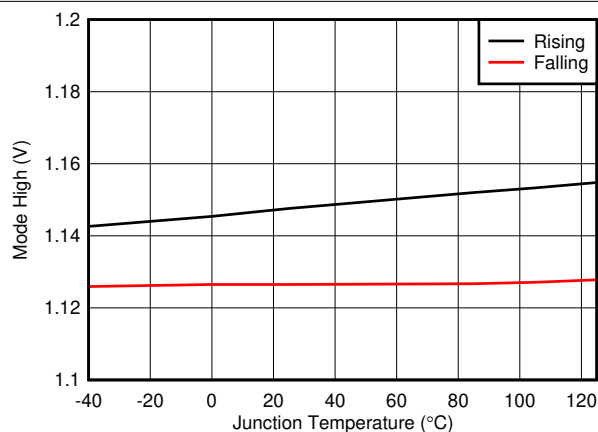


图 6-13. 模式高电平上升/下降与温度间的关系

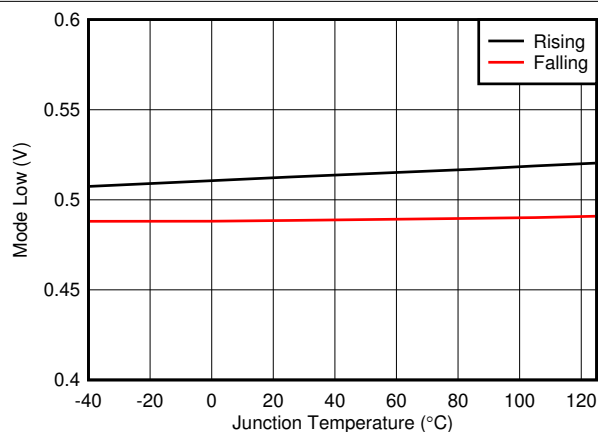


图 6-14. 模式低电平上升/下降与温度间的关系

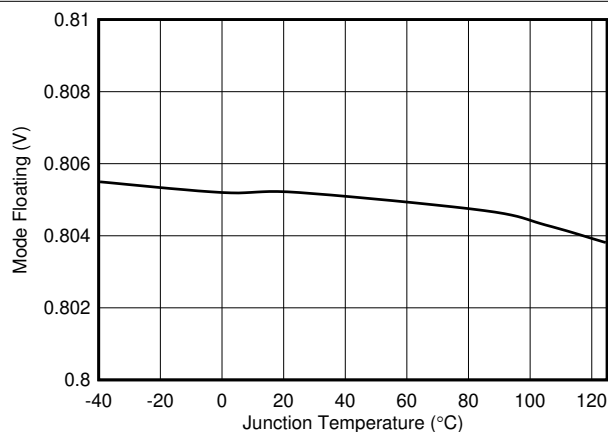


图 6-15. 模式悬空与温度间的关系

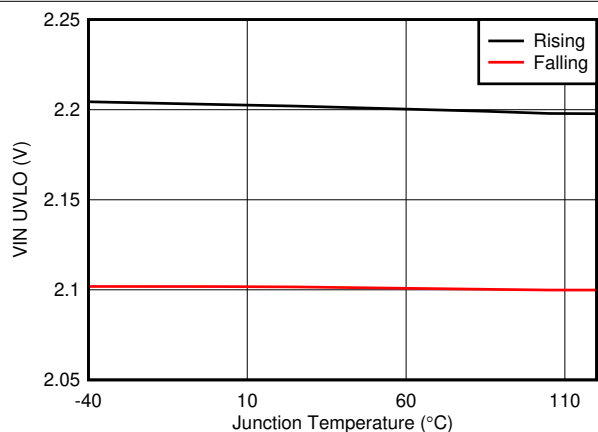


图 6-16. VIN UVLO 与温度间的关系

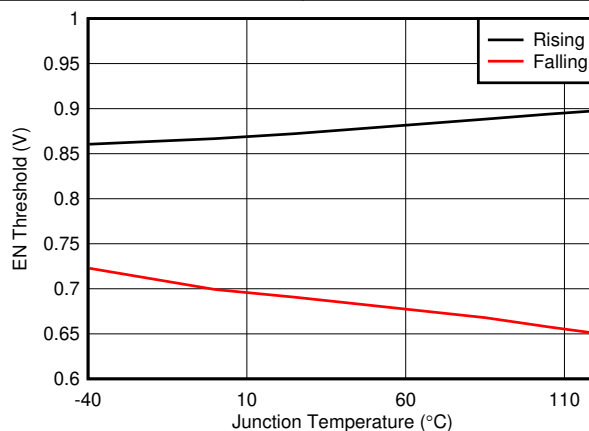


图 6-17. EN 阈值与温度间的关系

7 详细说明

7.1 概述

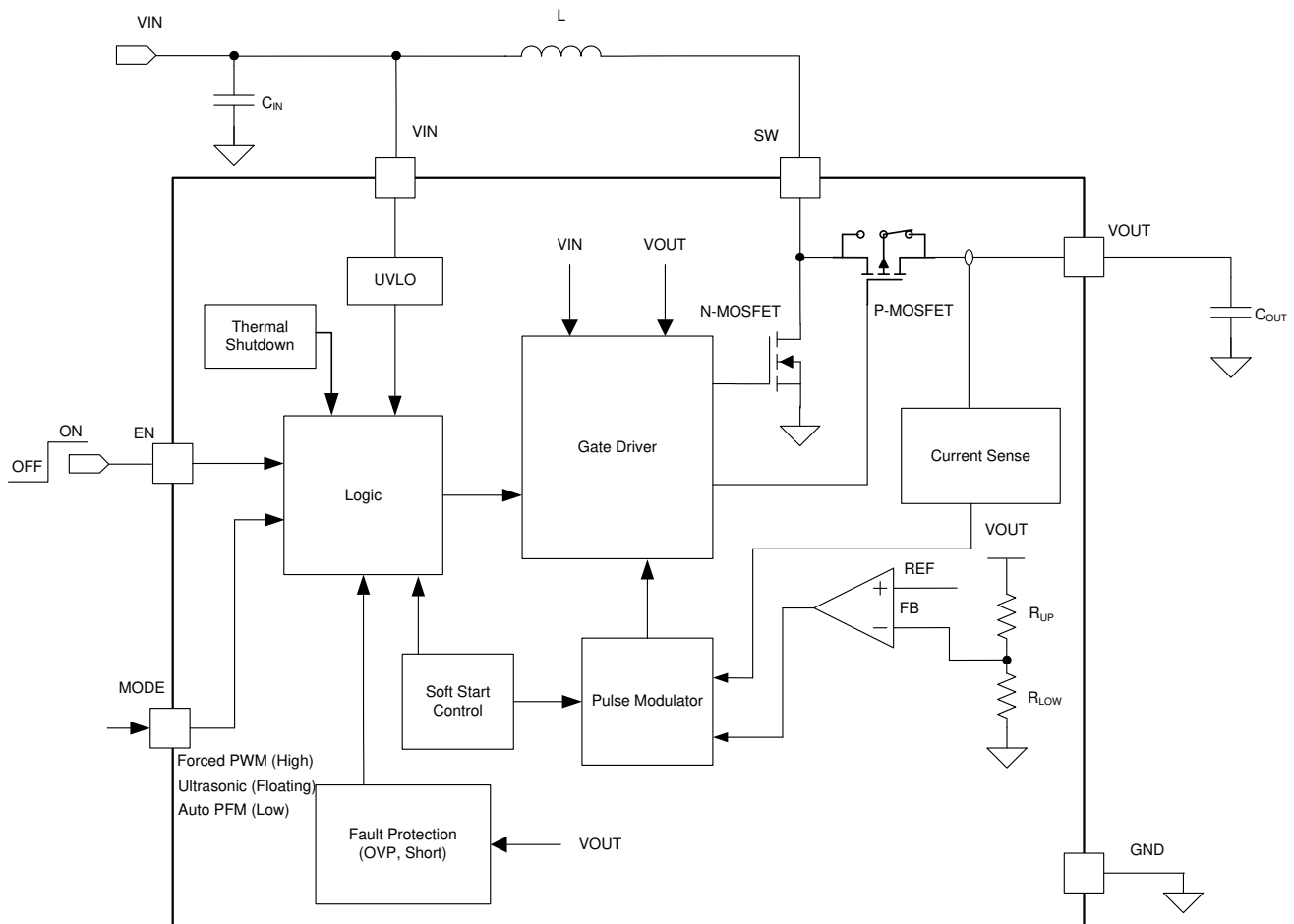
在中等到重负载电流条件下，TPS61253x 同步升压转换器通常以 3.8MHz 的准恒定频率脉宽调制 (PWM) 模式运行。在 PWM 运行期间，转换器使用准恒定导通时间谷值电流模式控制方案，来实现出色的线性/负载调整，并允许使用小型电感器和陶瓷电容器。根据 V_{IN}/V_{OUT} 比率，简单电路可预测所需的导通时间。在开关周期的开始，低侧 N-MOS 开关被接通，并且电感器电流斜升至峰值电流，此电流由导通时间和电感确定。在第二个阶段，一旦导通计时器到期，整流器 FET 就会开启，并且电感器电流衰减到预设的谷值电流阈值。然后，再次设置导通计时器并激活低侧 N-MOS 开关即可让开关周期重复。

在轻负载电流条件下，TPS61253x 可灵活地配置为自动 PFM 模式、强制 PWM 模式或超声波模式。在自动 PFM 模式下，TPS61253x 转换器在节能模式下运行并进行脉冲频率调制 (PFM)，从而提高效率。对于强制 PWM 模式，轻负载时的开关频率与重负载时的开关频率相同。超声波模式是独有的控制功能，可在几乎无负载的条件下将开关频率保持在 25kHz 以上，以避免可听见的声波频率。

通常情况下，直流/直流升压转换器仅在“真”升压模式下运行，即输出“升压”到输入电压的特定程度之上。TPS61253x 器件的运行方式不同，因为它可以平稳地进入和退出直通运行 (V_{IN} 超过预设的升压输出)。因此，即使转换器所接收的输入电压往往过高，输出也可以尽可能接近其调节限值。

内部软启动和环路补偿简化了设计过程，同时最大限度地减少了外部元件的数量。

7.2 功能方框图



7.3 特性说明

7.3.1 启动

TPS61253x 集成了一个内部电路，可在启动期间控制输出电压的斜升，并防止转换器受到大浪涌电流的影响。当器件启用后，高侧整流开关导通，为输出电容器线性充电，这被称为预充电阶段。在预充电阶段，输出电流限制为预充电电流限制 $ILIM_DC$ 。当输出电压接近输入电压时，预充电阶段终止。

一旦输出电容器偏置到接近输入电压，器件就开始开关，这被称为软启动阶段。在软启动阶段，软启动电压用于调节 FB 引脚电压，输出电压上升斜率与软启动电压斜率相同。器件成功完成软启动阶段，并在达到标称输出电压后正常工作。

表 7-1. 启动模式描述

模式	说明	条件
预充电	V_{OUT} 在没有开关的情况下线性启动	$V_{OUT} < V_{IN} - 300mV$
升压软启动	V_{OUT} 通过开关短语启动	$V_{OUT_BOOST} \geq V_{OUT} \geq V_{IN} - 300mV$

7.3.2 启用和禁用

要启用器件，请将 EN 引脚的电压设置为高于 1.2V (TPS61253A) 或 0.9V (TPS61253E 和 TPS61253F) 且 V_{IN} 高于 UVLO 阈值。首先，内部基准被激活，内部模拟电路已稳定。然后，启动阶段被激活，输出电压增加。当 EN 引脚接地时，TPS61253x 进入关断模式，然后器件停止开关且内部控制电路关闭。

7.3.3 欠压锁定 (UVLO)

在过度放电导致电池电压过低的情况下，欠压锁定电路可防止器件出现故障。一旦上升的 V_{IN} 超过欠压锁定 (UVLO) 阈值，器件就会开始运行。一旦 V_{IN} 低于 UVLO 下降阈值，器件就会禁用转换器的输出级。

7.3.4 电流限值运行

在启动阶段，输出电流限制为预充电电流限制，在 节 6.5 中指定为 $ILIM_DC$ 。

在正常升压开关阶段，TPS61253x 采用谷值电流检测方案。当输出负载增加时，将触发逐周期谷值电流限制。如图 7-1 所示，进入电流限制运行前的最大持续输出电流可由 方程式 1 定义：

$$I_{OUT_LIM} = (1-D) \times (I_{VALLEY_LIM} + \frac{1}{2} \Delta I_L) \quad (1)$$

$$D = 1 - \frac{V_{IN} \times \eta}{V_{OUT}} \quad (2)$$

$$\Delta I_L = \frac{V_{IN}}{L} \times \frac{D}{f} \quad (3)$$

其中

- I_{OUT_LIM} 是输出电流限制， I_{VALLEY_LIM} 是开关谷值电流限制
- ΔI_L 是峰峰值电感器电流纹波
- D 是占空比、f 是开关频率、 η 是效率、L 是电感器
- V_{OUT} 是输入电压， V_{IN} 是输出电压

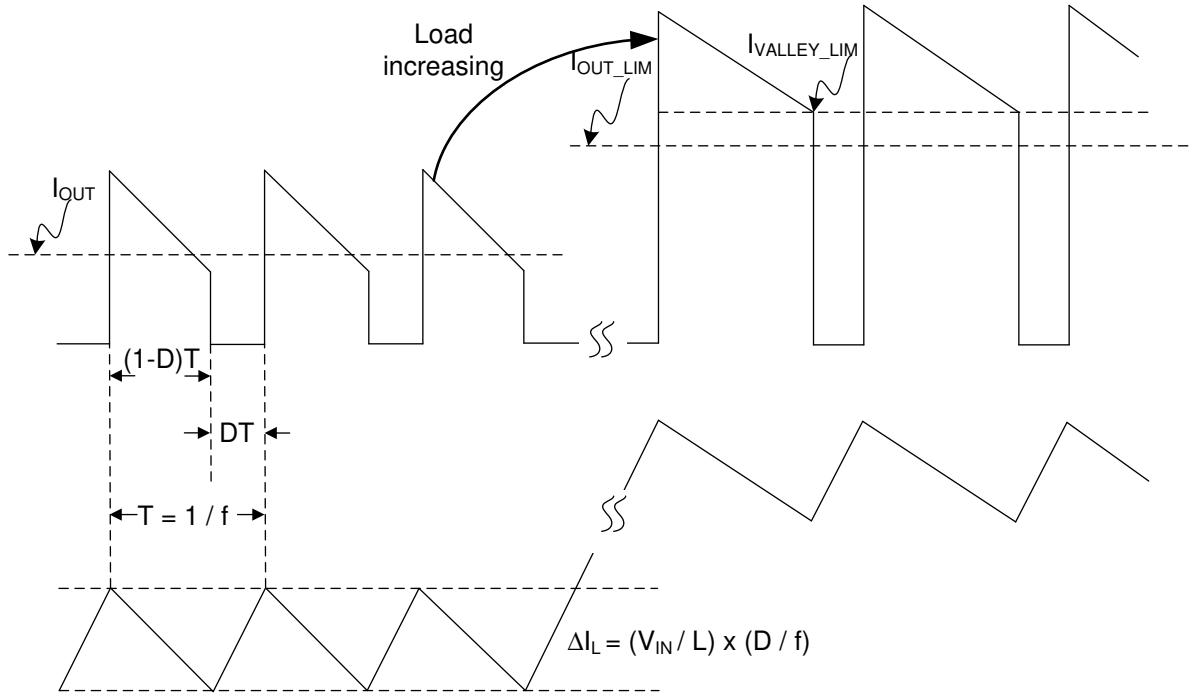


图 7-1. 电流限值运行

如果输出电流进一步增加并触发短路保护阈值（电感器电流典型值为 6A），TPS61253x 将进入断续模式。触发断续后，器件会通过预充电电流限制使高侧 FET 导通约 1ms 并停止约 20ms。如果存在短路情况，断续开/关周期会不断重复。图 7-2 展示了断续模式的 TPS61253x 工作方案。在断续稳定状态下，平均电流和热性能会大幅降低，并且只要短暂释放，器件就可以自动恢复。

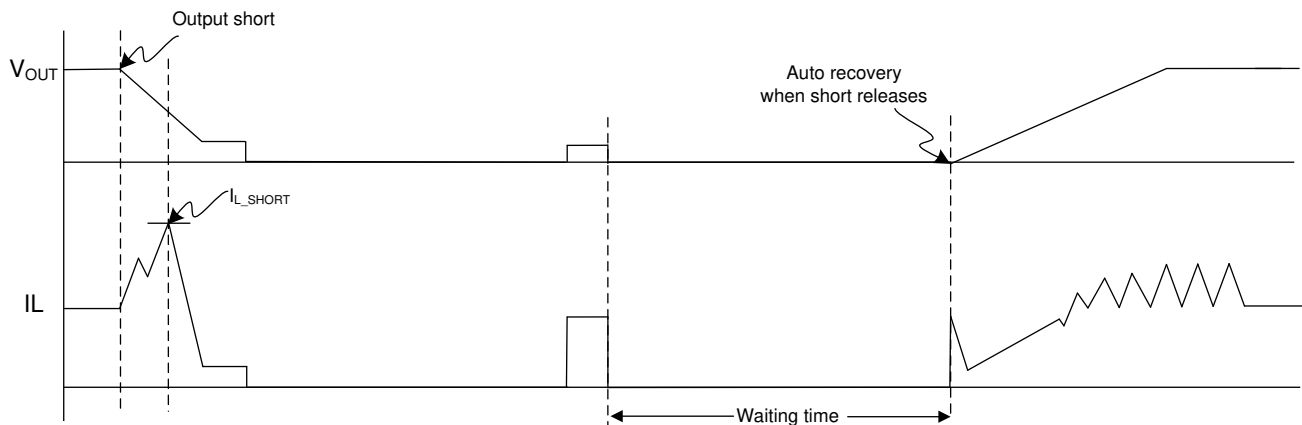


图 7-2. 断续模式短路保护

7.3.5 负载断开

TPS61253x 具有负载断开功能。禁用后，转换器会将电源输出与输入断开。如果连接了电池，此功能还可防止电池在转换器关闭时放电。

7.3.6 热关断

TPS61253x 内置温度传感器，可监测内部结温 T_J 。如果结温超过阈值（典型值为 150°C），器件会进入热关断状态，同时高侧和低侧 FET 都会关断。当结温降至热关断下降阈值（典型值为 130°C）以下时，器件会恢复运行。

7.4 器件功能模式

7.4.1 自动 PFM 模式

器件将省电模式与脉冲频率调制 (自动 PFM) 集成在一起, 以提高轻负载时的效率。在轻负载运行时, 当电感器的谷值电流触发自动 PFM 阈值时, 器件进入自动 PFM 模式运行。在自动 PFM 运行期间, 输出电压通常调节为重负载电压的 100.8%, 并且关断时间会延长以降低开关频率。当谷值电流超过自动 PFM 阈值时, 自动 PFM 运行便会启动。图 7-3 显示了自动 PFM 运行的输出电压行为。

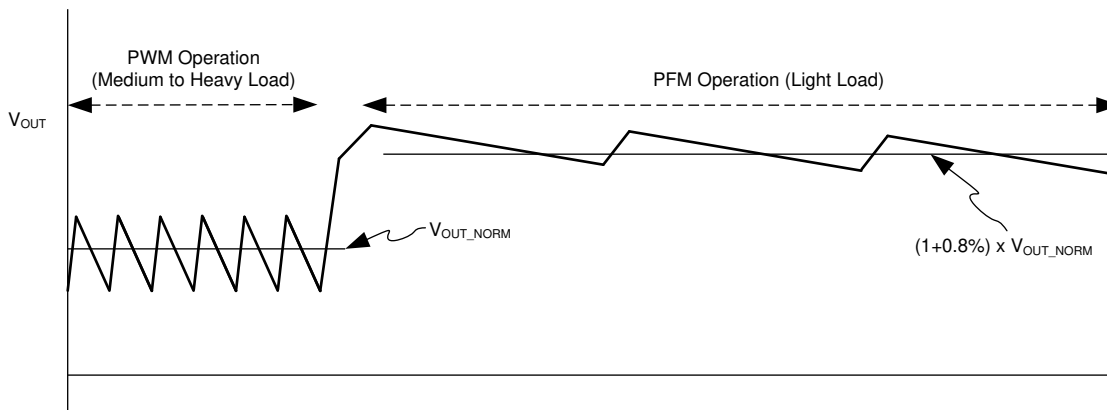


图 7-3. 自动 PFM/PWM 模式下的输出电压

7.4.2 强制 PWM 模式

在强制 PWM 模式下, TPS61253x 可以在整个负载范围内保持恒定开关频率。当负载电流减小时, 内部误差放大器的输出也会降低, 使电感器峰值电流降低, 从而减少从输入到输出的功率。即使流经 FET 的电流变为负值, 高侧 FET 也不会关断, 以保持开关频率与重负载的开关频率相同。

7.4.3 超声波模式

超声波模式是独有的控制功能, 可在无负载条件下将开关频率保持在可闻声频以上。超声波模式控制电路会监测开关频率, 并将开关频率保持在 25kHz 以上以避开声频段。输出电压通常比 PWM 工作电压高 1.6%。图 7-4 展示了超声波模式运行的详细信息。

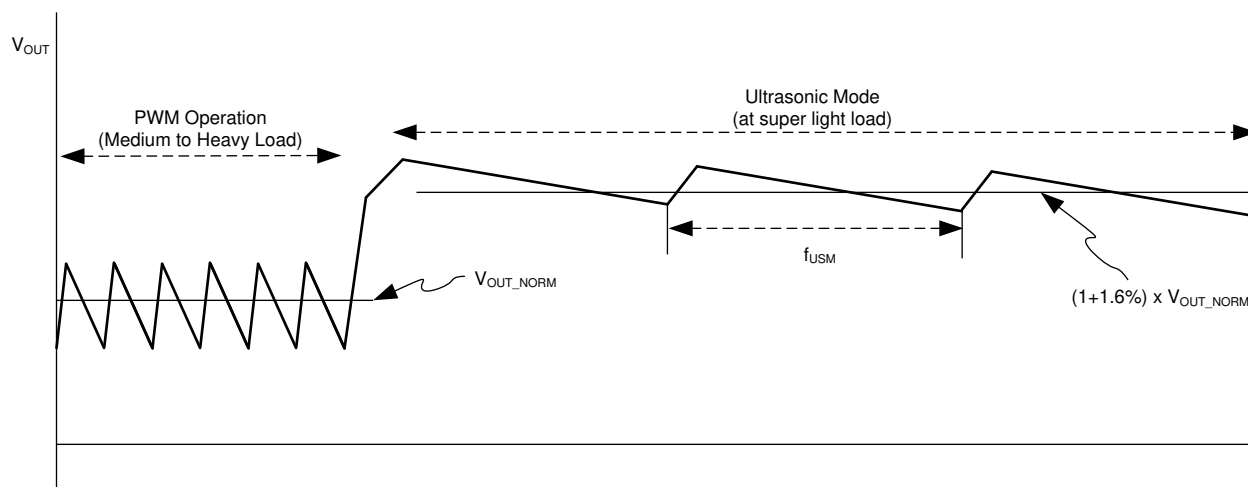


图 7-4. 超声波模式运行

7.4.4 直通模式

当输入电压高于 $V_{OUT} + 0.1V$ 且 V_{OUT} 高于标称输出电压时，器件会自动进入直通模式。在直通模式下，高侧 FET 完全导通，低侧开关关断。输出电压跟随输入变化，其中压降由电感器电阻和高侧 FET 电阻引起。

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

TPS61253x 具有宽输入电压范围，能够支持由锂离子电池（具有拓展电压范围）供电的应用。适用于低功耗应用，它可在电池放电低至 3V 的电压下，支持高达 1,500mA 的负载电流，并且允许使用低成本的片式电感器和电容器。由于外部元件的数量得以最大限度减少，因而 TPS61253x 的解决方案尺寸非常小。此器件允许使用小型电感器和输入电容器，可实现一个小型解决方案尺寸。在直通模式下，输出电压与输入电压发生偏置。

8.2 典型应用

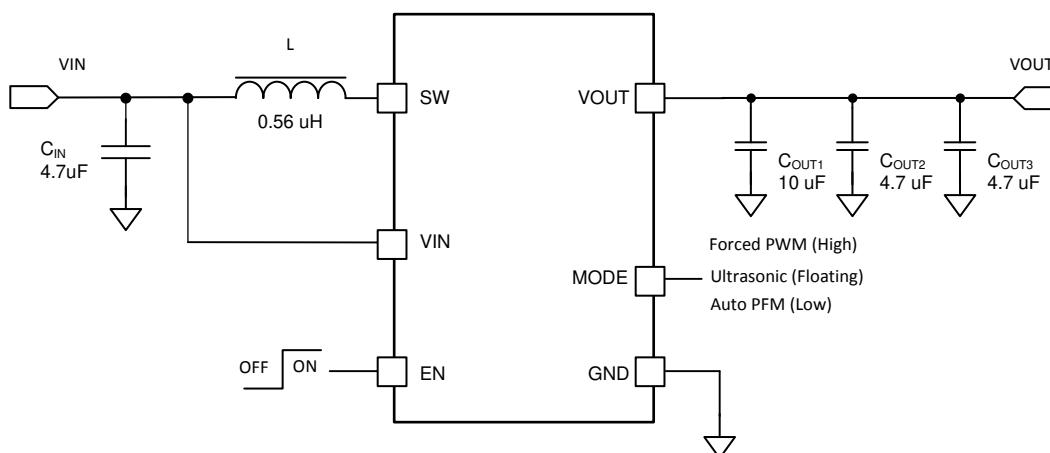


图 8-1. 典型应用电路

8.2.1 设计要求

在本例中，TPS61253x 用于设计 5V 输出升压转换器。TPS61253x 可由一节锂离子电池供电。此器件可在低至 3V 的输入电压下支持高达 1,500mA 的输出电流。在关断期间，负载会与电池完全断开。

8.2.2 详细设计过程

8.2.2.1 使用 WEBENCH® 工具创建定制设计方案

[点击此处](#)，使用 TPS61253x 器件并借助 WEBENCH® Power Designer 创建定制设计方案。

1. 首先键入输入电压 (V_{IN})、输出电压 (V_{OUT}) 和输出电流 (I_{OUT}) 要求。
2. 使用优化器表盘，优化该设计的关键参数，如效率、占用空间和成本。
3. 将生成的设计与德州仪器 (TI) 其他可行的解决方案进行比较。

WEBENCH Power Designer 提供了定制原理图，并罗列了实时价格和元件供货情况的物料清单。

在多数情况下，可执行以下操作：

- 运行电气仿真，观察重要波形以及电路性能
- 运行热性能仿真，了解电路板热性能
- 将定制原理图和布局方案以常用 CAD 格式导出
- 打印 PDF 格式的设计报告并与同事共享

有关 WEBENCH 工具的更多信息，请访问 www.ti.com/WEBENCH。

8.2.2.2 电感器选型

升压转换器通常需要两个主要无源元件，用于在转换过程中储存能量：一个电感器和一个输出电容器。建议选择饱和电流额定值高于潜在峰值电流（流经电源开关）的电感器。

电感器峰值电流随负载、输入和输出电压的变化而变化。峰值电流可以使用 [方程式 4](#) 进行估算。

$$I_{L(PEAK)} = \frac{V_{IN} \cdot D}{2 \cdot f \cdot L} + \frac{I_{OUT}}{(1-D)} \quad \text{with } D = 1 - \frac{V_{IN} \cdot \eta}{V_{OUT}} \quad (4)$$

选择饱和电流不足的电感器会导致转换器峰值电流过高。这最终会损坏器件，并降低其可靠性。电感器及电感选型时的重要参数包括：最大额定电流、串联电阻和工作温度。电感器直流电流额定值应大于（有一定余量）最大输入平均电流，请参阅 [方程式 5](#) 了解更多详细信息。

$$I_{L(DC)} = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \cdot \frac{1}{\eta} \cdot I_{OUT} \quad (5)$$

TPS61253x 系列升压转换器可在有效电感值为 0.33μH 至 1.3μH、有效输出电容值为 3.5μF 至 30μF 的范围内运行。内部补偿针对 0.56μH 和 1μH 之间的电感以及 5μF 至 10μF 输出电容的输出滤波器进行了优化。更大或更小的电感器值和电容器值用于在特定工作条件下优化器件性能。有关详细信息，请参阅 [节 8.2.2.5](#)。

在高频率转换器应用中，效率主要受电感器交流电阻（即品质因数）的影响，其次是受电感器 DCR 值的影响。为了实现高效运行，应谨慎选择电感器，即品质因数在开关频率下高于 25。虽然增加电感器值会产生更低 RMS 电流，但也会降低瞬态响应。对于给定的物理电感器尺寸，电感增大通常会导致电感器具有较低的饱和电流。

线圈的总损耗由直流电阻 R(DC) 损耗和以下与频率相关元件的损耗组成：

- 磁芯材料中的损耗（磁迟滞损耗，尤其是在高开关频率条件下）
- 趋肤效应对导体产生的额外损耗（高频下的电流位移）
- 相邻绕组的磁场损耗（接近效应）
- 辐射损耗

不同供应商提供的以下电感器系列已与 TPS61253x 转换器一起使用。

表 8-1. 电感器列表

制造商 ⁽¹⁾	串联	说明	尺寸 (W × L × H)
Colicraft	XEL3515-561MEB	0.56 μH、21.5mΩ DCR、6.5A I _{sat}	3.2mm × 3.5mm × 1.5mm
Murata	1277AS-H-1R0M=P2	1 μH、34mΩ DCR、4.6A I _{sat}	3.2mm × 2.5mm × 1.2mm

(1) 请参阅 [节 9.1.1](#)。

8.2.2.3 输出电容器

对于输出电容器，建议使用尽可能靠近 IC 的 VOUT 和 GND 引脚放置的小型陶瓷电容器。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，强烈建议使用小型陶瓷电容器与大电容器并联。应将这个小电容器放置在尽可能靠近 IC 的 VOUT 和 GND 引脚的位置。要获得建议的最小输出电容估值，可以使用 [方程式 6](#)。

$$C_{MIN} = \frac{I_{OUT} \cdot (V_{OUT} - V_{IN})}{f \cdot \Delta V \cdot V_{OUT}} \quad (6)$$

其中

- f 是开关频率，值为 3.8MHz（典型值）
- ΔV 是最大允许的输出纹波

在所选的 25mV 纹波电压下，最大 1,500mA 负载所需的最小有效电容为 7 μ F。如果负载较低或纹波较大，电容器可以更小。由于存在输出电容器的 ESR，总纹波将更大。可以使用 [方程式 7](#) 计算这一额外纹波分量

$$V_{\text{ESR}} = I_{\text{OUT}} \cdot R_{\text{ESR}} \quad (7)$$

由于直流偏置效应，应使用值是计算所得最小值两倍的 MLCC 电容器。该电容器用于确保控制环路的稳定性。输出电容器需要 X7R 或 X5R 电介质。除了电容会随温度显著变化外，Y5V 和 Z5U 电介质电容器还会再高频下呈现电阻特性。在最小 ESR 方面并无额外要求。较大的电容器会导致较低的输出电压纹波以及负载瞬态期间出现较低的输出压降，但总有效输出电容值不应超过 ca. 30 μ F。

直流偏置效应：高容值陶瓷电容器会表现出直流偏置效应，这会对器件的有效电容产生显著影响。因此，必须仔细选择恰当的电容值。封装尺寸和额定电压以及材料是造成额定电容器值和有效电容之间差异的原因。例如，在 5V 偏置条件下，一个 10 μ F X5R 6.3V 0603 MLCC 电容器的有效电容通常小于 4 μ F。

8.2.2.4 输入电容器

因为多层陶瓷电容器具有极低的 ESR 并采用小型封装，所以非常适合升压转换器的输入去耦。输入电容器应该尽可能靠近器件。虽然 4.7 μ F 输入电容器足以满足大多数应用的要求，但也可以使用更大的电容来无限制地减少输入电流纹波。

仅使用陶瓷输入电容器时要小心。在输入端使用陶瓷电容器并且通过长导线（例如来自插墙式适配器中）供电时，输出端的负载阶跃会在 VIN 引脚处引起振铃。此振铃可耦合到输出端，并误解为环路不稳定，甚至可损坏器件。在此情况下，应在 C_{IN} 和电源线之间放置额外的“大容量”电容器（例如电解电容器或钽电容），以减少可能出现在电源线的电容和 C_{IN} 之间的铃振。

8.2.2.5 检查环路稳定性

评估电路和稳定性的第一步是从稳态角度查看以下信号：

- 开关节点，SW
- 电感器电流，I_L
- 输出纹波电压，V_{OUT(AC)}

这些是评估开关转换器时需要测量的基本信号。当开关波形显示较大的占空比抖动或输出电压或电感器电流显示振荡时，调节环路可能不稳定。这通常是电路板布局、L-C 组合或两者一同造成的结果。

调节环路评估的下一步测试负载瞬态响应。在施加负载瞬态到高侧 FET 导通的时间间隔内，输出电容器必须提供负载所需的所有电流。V_{OUT} 将立即变化，幅度等于 $\Delta I_{\text{(LOAD)}} \times \text{ESR}$ ，其中 ESR 是 C_{OUT} 的有效串联电阻。 $\Delta I_{\text{(LOAD)}}$ 开始对 C_{OUT} 进行充电或放电，从而生成稳压器可用的反馈误差信号，使 V_{OUT} 恢复到其稳态值。当器件在 PWM 模式下运行时，结果最易解读。

在此恢复时间内，可监测 V_{OUT} 的趋稳时间、过冲或振铃以帮助判断转换器的稳定性。如果没有任何振铃，环路的相位裕度通常大于 45°。由于电路的阻尼因子与几个基于温度的阻性参数（例如 MOSFET r_{DS(on)}）直接相关，因此必须在输入电压范围、负载电流范围和温度范围内进行环路稳定性分析。

8.2.2.6 应用曲线

本部分基于 TPS61253A 的测试结果，除非另有说明。

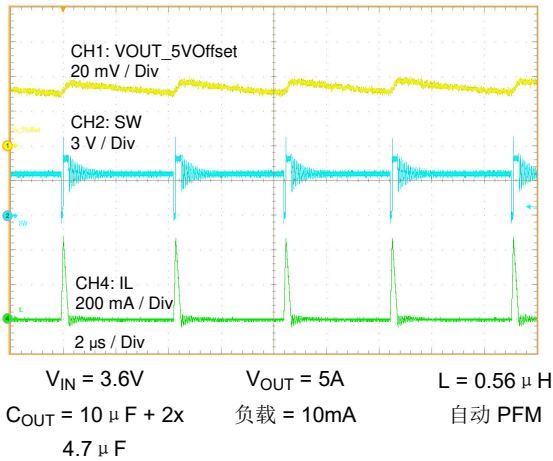


图 8-2. 稳定 10mA

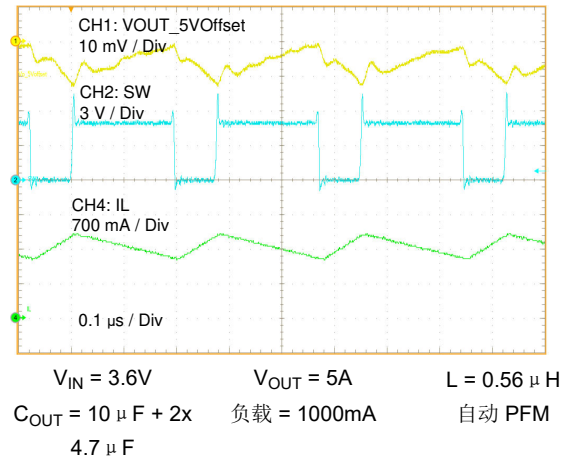


图 8-3. 稳定 1000mA

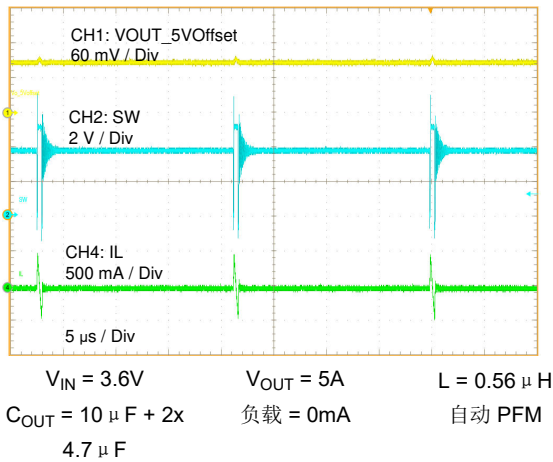


图 8-4. 稳定超声波模式

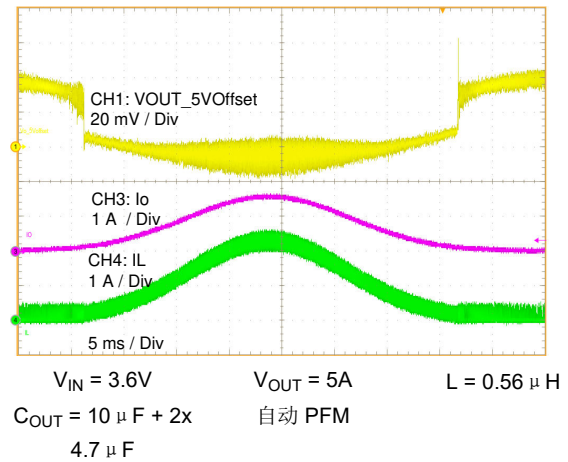


图 8-5. 负载扫描

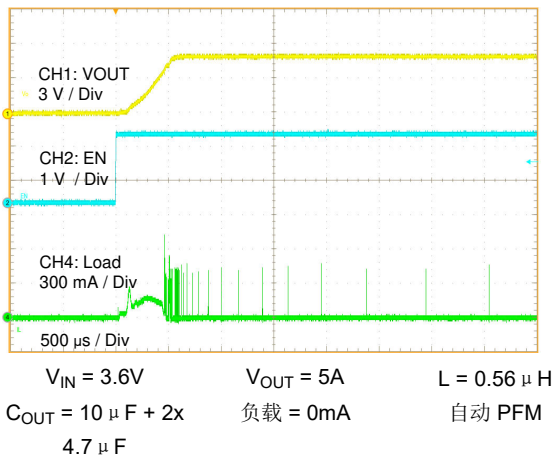


图 8-6. 由 EN 启动

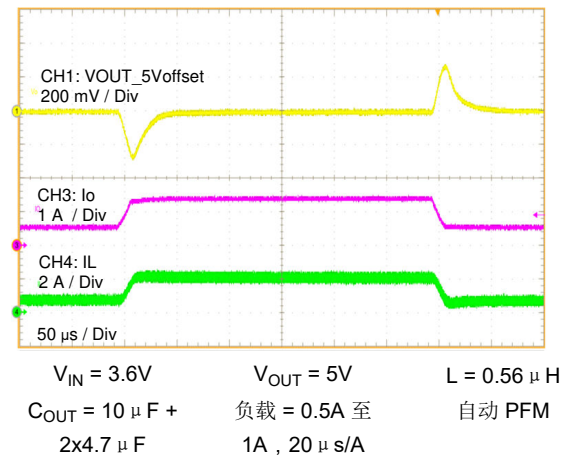


图 8-7. 负载瞬态

8.2.2.6 应用曲线 (续)

本部分基于 TPS61253A 的测试结果，除非另有说明。

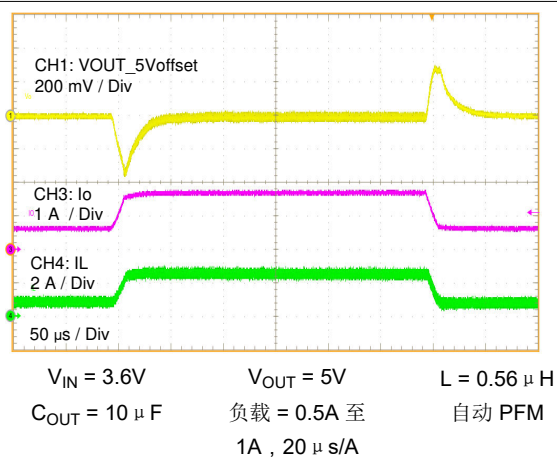
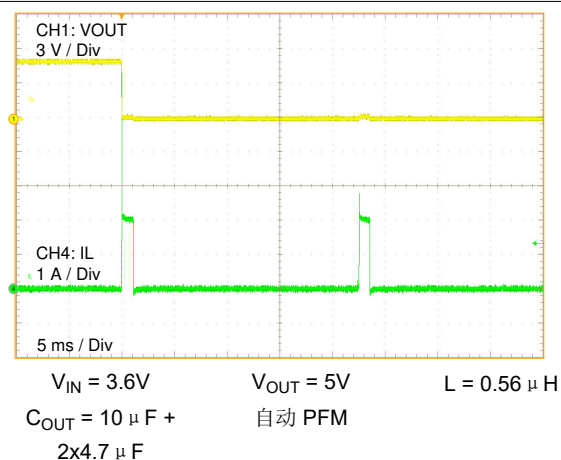
图 8-8. 10 μF C_{OUT} 的负载瞬态

图 8-9. 短路输出

8.2.3 系统示例

对于输出电流 $< 1,000\text{mA}$ 的应用，输出电容器可以更小。图 8-10 展示了更低电流应用的典型应用电路。

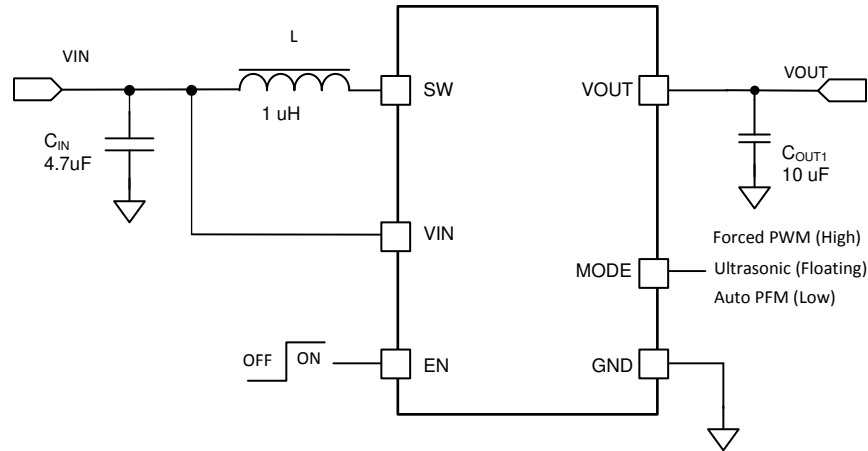


图 8-10. 最小输出电容的典型应用

8.3 电源相关建议

电源可以为三节碱性电池、镍镉 (NiCd) 电池、镍氢 (NiMH) 电池，或单节锂离子电池以及锂聚合物电池。输入电源应在 TPS61253x 额定值处得到良好调节。如果输入电源距离这个器件超过几英寸，那么除了陶瓷旁路电容器之外可能还需要额外的大容量电容。通常，选择容值为 $47\mu\text{F}$ 的电解电容器或钽电容器。

8.4 布局

8.4.1 布局指南

对于所有开关电源，布局都是设计中的重要一步，尤其是在具有峰值电流和高开关频率的情况下。如果设计布局时不够仔细，稳压器会出现稳定性问题和 EMI 问题。因此，对于主电流路径和电源地路径，应使用宽而短的布线。输入电容器、输出电容器以及电感器应尽可能靠近 IC 放置。使用一个公共接地节点进行电源接地，并使用另一个公共接地节点进行控制接地，以尽可能降低接地噪声的影响。在靠近 IC 的接地引脚的任意位置连接这些接地节点。

8.4.2 布局示例

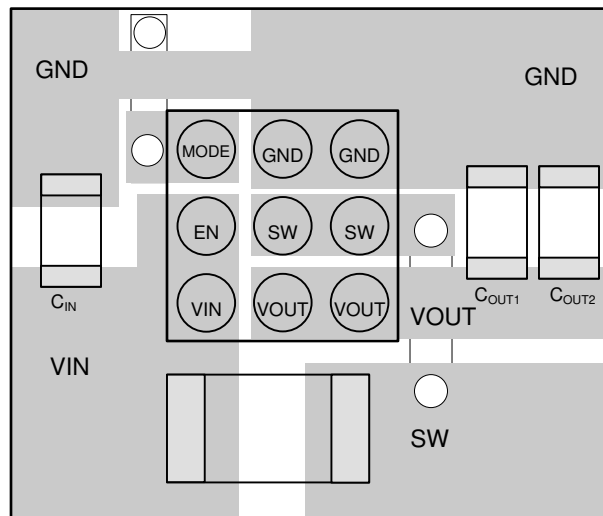


图 8-11. 建议布局

8.4.3 散热注意事项

在薄型和细间距表面贴装封装中实现集成电路通常需要特别注意功率耗散。许多取决于系统的问题（如热耦合、空气流量、添加的散热器和对流表面）以及其他发热元件的存在会影响给定元件的功率耗散限制。

以下是增强热性能的三种基本方法：

- 增强 PCB 设计的散热能力
- 改善 PCB 与元件之间的热耦合
- 在系统中引入空气流量

由于便携式设计对功耗的要求越来越高，设计人员必须在效率、功率耗散和解决方案尺寸之间实现最佳平衡。由于集成化和小型化，结温可能会显著升高，从而导致应用异常（即过早热关断或最坏情况下会降低器件可靠性）。

结至环境热阻与应用和电路板布局密切相关。对于存在较高最大功率耗散的应用，必须特别注意电路板设计中的散热问题。器件工作结温 (T_J) 应低于 125°C。

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 开发支持

9.1.2.1 使用 WEBENCH® 工具创建定制设计方案

[点击此处](#)，使用 TPS61253x 器件并借助 WEBENCH® Power Designer 创建定制设计方案。

1. 首先键入输入电压 (V_{IN})、输出电压 (V_{OUT}) 和输出电流 (I_{OUT}) 要求。
2. 使用优化器表盘，优化该设计的关键参数，如效率、占用空间和成本。
3. 将生成的设计与德州仪器 (TI) 其他可行的解决方案进行比较。

WEBENCH Power Designer 提供了定制原理图，并罗列了实时价格和元件供货情况的物料清单。

在多数情况下，可执行以下操作：

- 运行电气仿真，观察重要波形以及电路性能
- 运行热性能仿真，了解电路板热性能
- 将定制原理图和布局方案以常用 CAD 格式导出
- 打印 PDF 格式的设计报告并与同事共享

有关 WEBENCH 工具的更多信息，请访问 www.ti.com/WEBENCH。

9.2 文档支持

9.2.1 相关文档

请参阅以下相关文档：

TPS61253AEVM-803 用户指南，[SLVUAP5](#)

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 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 E (June 2023) to Revision F (January 2026)	Page
• 添加了 TPS61253F 器件.....	1
• 新增了关于 TPS61253F、TPS61253A、TPS61253E 与 TPS612532A 之间差异的说明.....	1

Changes from Revision D (January 2021) to Revision E (June 2023)	Page
• TPS61253E 初始发行版.....	1

Changes from Revision C (November 2020) to Revision D (January 2021)	Page
• 向功能方框图中添加了 HS FET.....	11

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。

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)
TPS612532AYFFR	Active	Production	DSBGA (YFF) 9	3000 LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	2CHI
TPS612532AYFFR.A	Active	Production	DSBGA (YFF) 9	3000 LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	2CHI
TPS61253AYFFR	Active	Production	DSBGA (YFF) 9	3000 LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	17NI
TPS61253AYFFR.A	Active	Production	DSBGA (YFF) 9	3000 LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	17NI
TPS61253AYFFT	Active	Production	DSBGA (YFF) 9	250 SMALL T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 85	17NI
TPS61253AYFFT.A	Active	Production	DSBGA (YFF) 9	250 SMALL T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	17NI
TPS61253EYFFR	Active	Production	DSBGA (YFF) 9	3000 LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	32UH
TPS61253EYFFR.A	Active	Production	DSBGA (YFF) 9	3000 LARGE T&R	Yes	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	-40 to 125	32UH

⁽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.

TAPE AND REEL INFORMATION



*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
TPS612532AYFFR	DSBGA	YFF	9	3000	180.0	8.4	1.31	1.41	0.69	4.0	8.0	Q1
TPS61253AYFFR	DSBGA	YFF	9	3000	180.0	8.4	1.31	1.41	0.69	4.0	8.0	Q1
TPS61253AYFFT	DSBGA	YFF	9	250	180.0	8.4	1.31	1.41	0.69	4.0	8.0	Q1
TPS61253EYFFR	DSBGA	YFF	9	3000	180.0	8.4	1.31	1.41	0.69	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)
TPS612532AYFFR	DSBGA	YFF	9	3000	182.0	182.0	20.0
TPS61253AYFFR	DSBGA	YFF	9	3000	182.0	182.0	20.0
TPS61253AYFFT	DSBGA	YFF	9	250	182.0	182.0	20.0
TPS61253EYFFR	DSBGA	YFF	9	3000	182.0	182.0	20.0

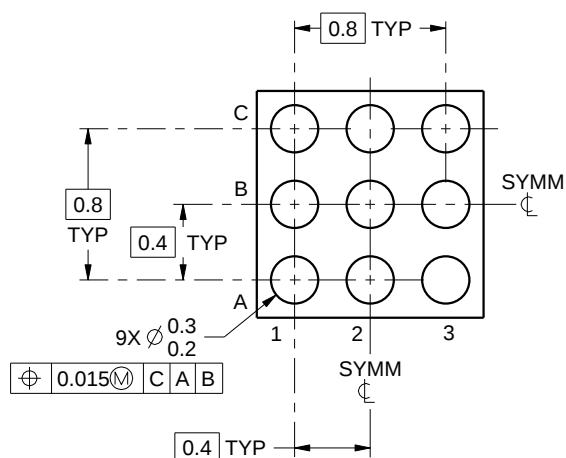
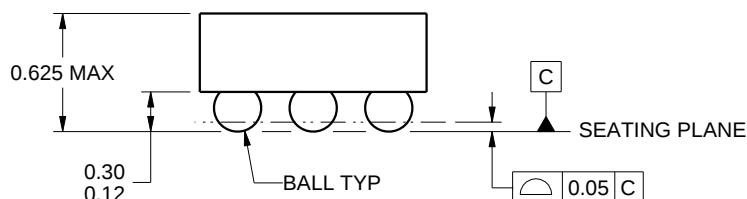
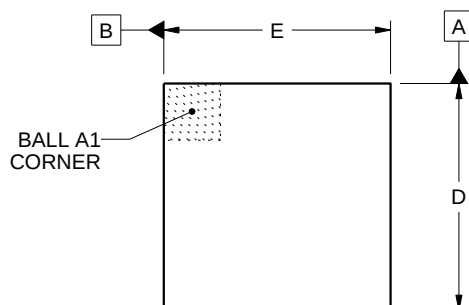
YFF0009



PACKAGE OUTLINE

DSBGA - 0.625 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



D: Max = 1.318 mm, Min = 1.258 mm

E: Max = 1.222 mm, Min = 1.162 mm

4219552/A 05/2016

NOTES:

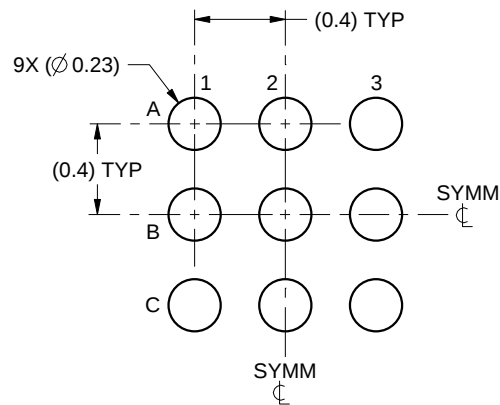
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

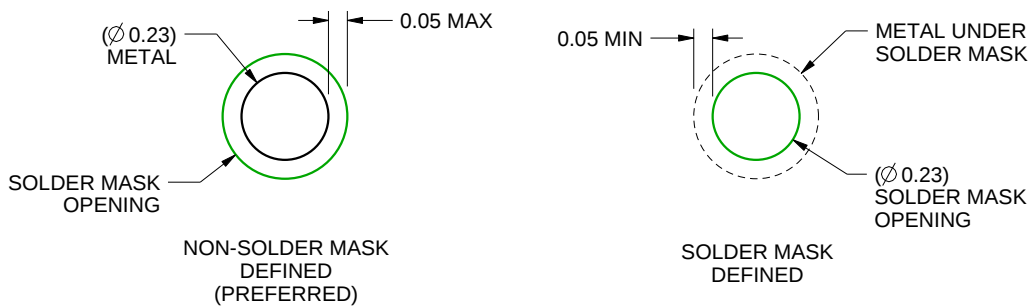
YFF0009

DSBGA - 0.625 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



LAND PATTERN EXAMPLE
SCALE:30X



SOLDER MASK DETAILS
NOT TO SCALE

4219552/A 05/2016

NOTES: (continued)

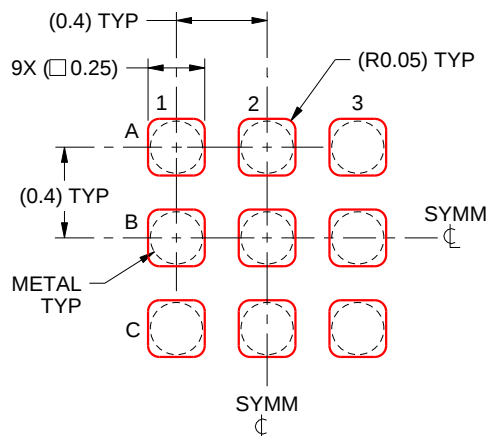
3. Final dimensions may vary due to manufacturing tolerance considerations and also routing constraints. For more information, see Texas Instruments literature number SNVA009 (www.ti.com/lit/snva009).

EXAMPLE STENCIL DESIGN

YFF0009

DSBGA - 0.625 mm max height

DIE SIZE BALL GRID ARRAY



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.1 mm THICK STENCIL
SCALE:30X

4219552/A 05/2016

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 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月