

TPS7B7802-Q1 具有 I²C 诊断功能的汽车级 500mA 双通道天线 LDO

1 特性

- 符合汽车应用要求
- 具有符合 AEC-Q100 标准的下列特性：
 - 器件温度等级 1：-40°C 至 125°C 环境温度范围
 - 器件 HBM ESD 分类等级 2
 - 器件 CDM ESD 分类等级 C4B
- 具有电流检测和可调节电流限制的单通道和双通道 LDO
- 4.5V 至 40V 宽输入电压范围，45V 负载突降
- 将 FB 连接到 GND 时的电源开关模式
- 1.5V 至 20V 可调节输出电压
- 每个通道输出电流高达 300mA
- 可调节电流限制（利用外部电阻器）
- 高精度电流感应，无需进一步校准即可检测低电流下的天线开路情况
- 高电源抑制比：100Hz 时的典型值为 73dB
- 集成反极性保护、低至 -40V 且无需外部二极管
- 100mA 负载下的最大压降电压为 500mV
- 与 2.2μF 至 100μF 范围内的输出电容器搭配使用时可保持稳定（ESR 1mΩ 至 5Ω）
- 集成保护和诊断功能：
 - 热关断
 - 欠压锁定 (UVLO)
 - 短路保护
 - 电池反极性保护
 - 反向电流保护
 - 输出电池短路保护
 - 输出电感负载钳位
 - 通道和器件之间的多路复用电流检测
 - 可通过电流检测区分所有故障
- 16 引脚 HTSSOP PowerPAD™ 封装

2 应用

- 信息娱乐有源天线电源
- 环视摄像头电源
- 适用于小电流应用的高侧电源开关

3 说明

TPS7B770x-Q1 系列器件配备具有电流检测功能的单通道和双通道高压低压降稳压器 (LDO)，设计为在 4.5V 至 40V 的宽输入电压范围内（45V 负载突降保护）工作。这些器件通过同轴电缆以每通道 300mA 电流为有源天线的低噪声放大器供电。每个通道还提供 1.5V 至 20V 的可调节输出电压范围。

这些器件通过电流检测和错误引脚提供诊断功能。为监视负载电流，高侧电流检测电路提供了与感测的负载电流成比例的模拟输出。精确的电流检测功能可以检测开路、正常和短路情况，无需进一步校准。在各通道/器件之间复用电流检测功能，以便节省模数转换器 (ADC) 资源。每个通道还利用外部电阻器实现可调节的电流限制。

集成反极性二极管消除了对外部二极管的需求。这些器件具有标准热关断、输出端电池短路保护和反向电流保护功能。在电感开关关断期间，每个通道都在输出端提供内部电感钳位保护。

这些器件可在 -40°C 至 +125°C 的环境温度范围内运行。

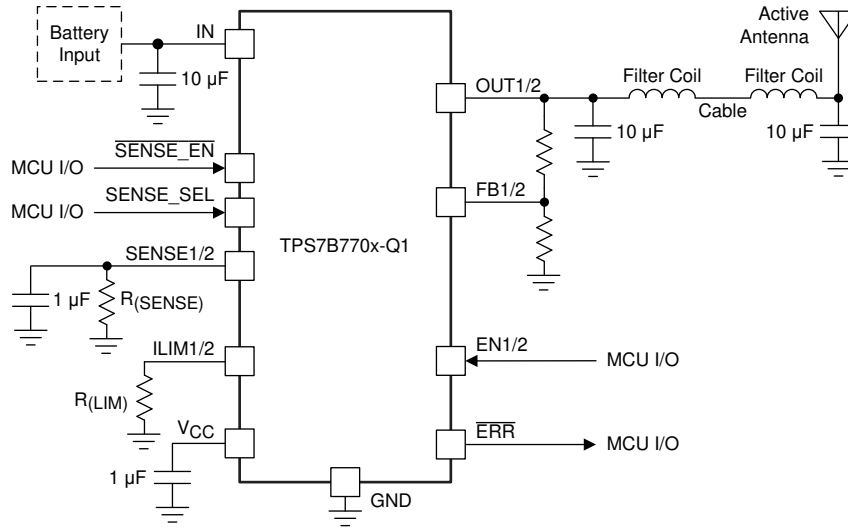
封装信息

器件型号	封装 ⁽¹⁾	封装尺寸 ⁽²⁾	通道
TPS7B7701-Q1	PWP (HTSSOP, 16)	5mm × 6.4mm	单通道
TPS7B7702-Q1			双通道

(1) 要了解所有可用封装，请见数据表末尾的封装选项附录。

(2) 封装尺寸（长 × 宽）为标称值，并包括引脚（如适用）。





应用示意图

ADVANCE INFORMATION

内容

1 特性	1	6.4 器件功能模式	18
2 应用	1	7 应用和实施	19
3 说明	1	7.1 应用信息.....	19
4 引脚配置和功能	4	7.2 典型应用.....	19
5 规格	6	7.3 电源相关建议.....	22
5.1 绝对最大额定值.....	6	7.4 布局.....	22
5.2 ESD 等级.....	6	8 器件和文档支持	24
5.3 建议运行条件.....	6	8.1 文档支持.....	24
5.4 热性能信息.....	7	8.2 接收文档更新通知.....	24
5.5 电气特性.....	7	8.3 支持资源.....	24
5.6 开关特性.....	9	8.4 商标.....	24
5.7 典型特性.....	10	8.5 静电放电警告.....	24
6 详细说明	14	8.6 术语表.....	24
6.1 概述.....	14	9 修订历史记录	24
6.2 功能方框图.....	14	10 机械、封装和可订购信息	24
6.3 特性说明.....	15		

4 引脚配置和功能

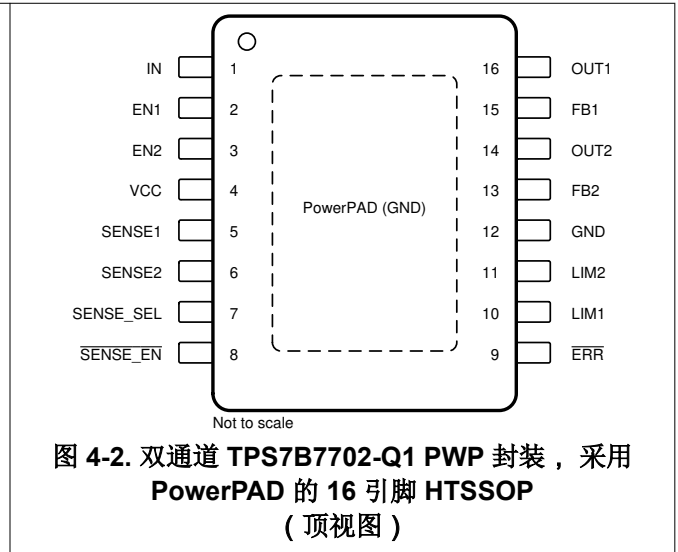
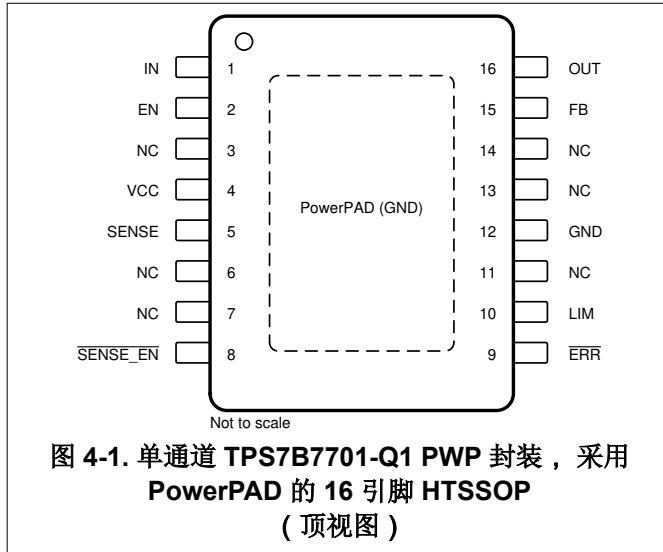


表 4-1. 引脚功能

引脚		类型	说明
名称	单通道		
EN	2	—	输入 带有内部下拉的 OUT 引脚的高电平有效使能输入。
EN1	—	2	输入 带有内部下拉的 OUT1 引脚的高电平有效使能输入。
EN2	—	3	输入 带有内部下拉的 OUT2 引脚的高电平有效使能输入。
ERR	9	9	输出 该引脚是一个开漏故障指示器，用于指示一般故障。
FB	15	—	输入 用于设置 OUT 电压的反馈输入。将 FB 连接至 GND 以运行限流开关。
FB1	—	15	输入 用于设置 OUT1 电压的反馈输入。将 FB1 连接到 GND 以运行限流开关。
FB2	—	13	输入 用于设置 OUT2 电压的反馈输入。将 FB2 连接到 GND 以运行限流开关。
GND	12	12	接地 接地基准
IN	1	1	电源 输入电源电压
LIM	10	—	输出 可编程电流限制引脚。将一个电阻器连接到 GND 以设置电流限制电平。该引脚不需要外部电容器。要设置为内部电流限制，请将引脚短接至 GND。
LIM1	—	10	输出 通道 1 的可编程电流限制引脚。将一个电阻器连接到 GND 以设置通道 1 的电流限制电平。该引脚不需要外部电容器。要设置为内部电流限制，请将引脚短接至 GND。
LIM2	—	11	输出 通道 2 的可编程电流限制引脚。将一个电阻器连接到 GND 以设置通道 2 的电流限制电平。该引脚不需要外部电容器。要设置为内部电流限制，请将引脚短接至 GND。
NC	3、13、14	—	— 未连接。将 NC 引脚接地或保持悬空。
	6、7、11	—	— 内部连接。这些引脚必须保持悬空或连接到 GND。
OUT	16	—	电源 输出电压
OUT1	—	16	电源 输出电压 1
OUT2	—	14	电源 输出电压 2
SENSE	5	—	输出 用于感测的电流检测输出。要设置 SENSE 输出电压电平，请在该引脚和 GND 之间连接一个电阻器。此外，在该引脚和 GND 之间连接一个 1μF 电容器，用于对电流检测环路进行频率补偿。不使用时将此引脚短接到 GND。
SENSE1	—	5	输出 用于感测的电流检测输出。当 SENSE_SEL 和 SENSE_EN 为低电平时，SENSE1 电流与流经 OUT1 的电流成正比，而 SENSE 2 电流与 OUT2 电流成正比。要设置 SENSEx 输出电压电平，请在该引脚和 GND 之间连接一个电阻器。此外，在 SENSEx 引脚和 GND 之间连接一个 1μF 电容器，用于对电流检测环路进行频率补偿。不使用时将 SENSEx 引脚短接到 GND。
SENSE2	—	6	

表 4-1. 引脚功能 (续)

名称	引脚		类型	说明
	单通道	双通道		
SENSE_EN	8	8	输入	该引脚用于启用和禁用多路复用电流检测引脚，为低电平有效使能端。
SENSE_SEL	—	7	输入	该引脚用于选择通道 1 和通道 2 之间的电流检测。有关详细信息，请参阅表 6-2。
V _{CC}	4	4	输出	内部 4.5V 稳压器。在 V _{CC} 和 GND 之间连接 1 μF 陶瓷电容器，以用于频率补偿。

5 规格

5.1 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
输入电压	非稳压输入 IN	-40	45	V
	EN、EN1 和 EN2	-0.3	45	V
经调节的输出 ⁽²⁾	V _{CC} ^{(3) (4)}	-0.3	6	V
	OUT1 和 OUT2	-0.3	45	V
低压引脚	SENSE、SENSE1 和 SENSE2 ^{(3) (4)}	-0.3	V _{CC} + 0.3	V
	LIM、LIM1、LIM2、SENSE_EN、SENSE_SEL、ERR、FB、FB1 和 FB2 ^{(3) (4)}	-0.3	7	V
工作结温, T _J		-40	150	°C
工作环境温度, T _A		-40	125	°C
贮存温度, T _{stg}		-65	150	°C

- 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的工作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。
- OUT 和 GND 引脚之间连接一个内部二极管, 具有 300mA 直流电流能力, 用于提供电感钳位保护。
- 所有电压值均以 GND 为基准。
- 绝对最大电压。

5.2 ESD 等级

		值	单位	
V _(ESD)	静电放电	人体放电模型 (HBM), 符合 AEC Q100-002 标准 ⁽¹⁾	±2000	
		充电器件模型 (CDM), 符合 AEC Q100-011 标准	转角引脚 (1、8、9 和 16)	±750
			其他引脚	±500

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

5.3 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	最大值	单位
V _i	非稳压输入	4.5	40	V
	EN、EN1 和 EN2	0	40	V
低压引脚	SENSE、SENSE1、SENSE2、SENSE_EN、SEN_SEL、ERR、FB、FB1、FB2、LIM、LIM1、LIM2 和 V _{CC}	0	5.3	V
	OUT1、OUT2 和 OUT	正常模式运行	1.5	20
	开关模式运行	1.5	35	
C _O	输出电容器稳定性范围	2.2	100	μF
C _{O(ESR)}	输出电容器 ESR 稳定性范围	0.001	5	Ω
T _J	结温	-40	150	°C
T _A	环境温度	-40	125	°C

5.4 热性能信息

热指标 ⁽¹⁾		TPS7B7701-Q1	TPS7B7702-Q1	单位
		PWP (HTSSOP)	PWP (HTSSOP)	
		16 引脚	16 引脚	
R _{θJA}	结至环境热阻 ⁽²⁾	45.9	40.3	°C/W
R _{θJC(top)}	结至外壳 (顶部) 热阻	29.2	27.7	°C/W
R _{θJB}	结至电路板热阻	24.7	22.3	°C/W
ψ _{JT}	结至顶部特征参数	1.3	0.8	°C/W
ψ _{JB}	结至电路板特征参数	24.5	22	°C/W
R _{θJC(bot)}	结至外壳 (底部) 热阻	3.7	2.7	°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](#)。

(2) 此热数据基于 JEDEC 标准高 K 尺寸 JESD 51-7。铜箔圆配被焊接到散热焊垫上。另外, 请采用正确的连接程序。

5.5 电气特性

V_I = 14V 且 T_J = -40°C 至 +150°C (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电源电压和电流 (IN)						
V _I	输入电压		4.5		40	V
I _Q	静态电流	TPS7B7701-Q1 : V _{EN} = 4.5V 至 40V , V _(EN) ≥ 2V , I _(OUT) = 0.1mA		0.6	1	mA
		TPS7B7702-Q1 : V _I = 4.5V 至 40V , V _(EN1) 和 V _(EN2) ≥ 2V , I _(OUT1) 和 I _(OUT2) = 0.1mA		0.6	1	
I _(shutdown)	关断电流	TPS7B7701-Q1 : EN = GND			5	µA
		TPS7B7702-Q1 : EN1 = EN2 = GND			5	
I _{nom}	工作电流	TPS7B7701-Q1 : V _(EN) ≥ 2V , I _(OUT) ≤ 300mA , GND 电流			4.5	mA
		TPS7B7702-Q1 : V _(EN1) 和 V _(EN2) ≥ 2V , I _(OUT1) 和 I _(OUT2) ≤ 300mA , GND 电流			6	
V _(BG)	带隙	FB 的基准电压	-2%	1.233	2%	V
V _(UVLO)	欠压锁定下降	降低 IN, 直到输出关闭			4	V
V _{hys}	迟滞			0.4		V
输入控制引脚 (EN、EN1、EN2、SENSE_EN 和 SENSE_SEL)						
V _{IL}	逻辑输入低电平	适用于 EN、EN1、EN2、 $\overline{\text{SENSE_EN}}$ 和 SENSE_SEL	0		0.7	V
V _{IH}	逻辑输入高电平	适用于 EN、EN1、EN2、 $\overline{\text{SENSE_EN}}$ 和 SENSE_SEL	2			V
I _{I(SENSE_EN)}	$\overline{\text{SENSE_EN}}$ 输入电流	V _(SENSE_EN) = 5V , V _(ENx) ≥ 2V			10	µA
I _{I(SENSE_SEL)}	SENSE_SEL 输入电流	V _(SENSE_EN) = 5V , V _(ENx) ≥ 2V			10	µA
I _{I(EN)}	启用输入电流	V _(ENx) ≤ 40V			10	µA
稳压输出 (OUT、OUT1 和 OUT2)						
V _O	经调节的输出	40V ≥ V _I ≥ V _O + 1.5V , 且 V _I ≥ 4.5V , I _O = 1mA 至 300mA ⁽¹⁾	-2%		2%	
ΔV _{O(ΔVI)}	线路调整	V _I = V _O + 1.5V 至 40V , 且 V _I ≥ 6V , I _O = 10mA , FB 引脚上的电压变化			10	mV

5.5 电气特性 (续)

$V_I = 14V$ 且 $T_J = -40^\circ C$ 至 $+150^\circ C$ (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$\Delta V_{O(\Delta I_O)}$	负载调整	$I_O = 1mA$ 至 $200mA$, FB 引脚上的电压变化			20	mV
$V_{(DROPOUT)}$	压降电压	在 IN 和 OUTx 之间测量, $I_O = 100mA$			500	mV
I_O	输出电流	调节中的 V_O	0		300	mA
PSRR	电源纹波抑制 ⁽²⁾	$I_O = 100mA$, $C_O = 2.2\mu F$, $f = 100Hz$		73		dB
电流检测和电流限制						
I_O/I_{SENSE}	OUTx 与 SENSEx 电流比 (I_O/I_{SENSEx})	$V_I = 4.5V$ 至 $40V$, $5mA \leq I_O \leq 300mA$		198		
	OUTx 与 SENSEx 电流比精度	$I_O = 100mA$ 至 $300mA$	-3%		3%	
		$I_O = 50mA$ 至 $100mA$	-5%		5%	
		$I_O = 10mA$ 至 $50mA$	-10%		10%	
		$I_O = 5mA$ 至 $10mA$	-20%		20%	
I_O/I_{LIM}	OUTx 与 LIMx 电流比 (I_O/I_{LIM})	$V_I = 4.5V$ 至 $40V$, $50mA \leq I_{(LIMx)} \leq 300mA$		198		
$I_{(LIMx)}$	可编程电流限制精度 ⁽³⁾	$V_I = 4.5V$ 至 $40V$, $50mA \leq I_{(LIMx)} \leq 300mA$	-8%		8%	
$I_{L(LIMx)}$	内部电流限制	LIMx 短接至 GND	340		550	mA
I_{lkg}	SENSE、SENSE1、SENSE2、LIM、LIM1 和 LIM2 漏电流	ENx = GND, $T_A = 25^\circ C$			2	μA
$V_{(LIMx_th)}$	电流限制阈值电压	输出电流受限时, LIM、LIM1 和 LIM2 引脚上的电压		1.233		V
$V_{(SENSEx_stb)}$	电流检测电池短路故障电压	当检测到电池短路或反向电流情况时	3.05	3.2	3.3	V
$V_{(SENSEx_tsd)}$	电流检测热关断故障电压	当检测到热关断时	2.7	2.85	3	V
$V_{(SENSEx_cl)}$	电流检测电流限制故障电压	检测到电流限制情况时	2.4	2.55	2.65	V
$I_{(SENSEx_H)}$	电流检测故障情况电流	当检测到电池短路、反向电流、热关断或电流限制情况时	3.3			mA
故障检测						
$V_{(stb_th)}$	电池短路阈值	$V_{(OUTx)} - V_I$, 在导通序列期间检查	-500	-55	110	mV
$I_{(REV)}$	反向电流检测电平	功率 FET 开启 (SW 或 LDO 模式)	-100	-40	-1	mA
T_{SD}	热关断	结温		175		$^\circ C$
$T_{SD(hys)}$	热关断迟滞			15		$^\circ C$
接口电路						
V_{OL}	\overline{ERR} 输出低电平	$I_{(SINK)} = 5mA$			0.4	V
I_{lkg}	\overline{ERR} 开漏输出漏电流	\overline{ERR} 具有高阻抗, 可在 \overline{ERR} 中施加 5V 外部电压			1	μA
$R_{(OUTx-off)}$	OUT 下拉电阻器 ⁽²⁾	ENx = GND		50		k Ω
$I_{R(lkg)}$	反向漏电流	$-40V < V_I < 0V$, 到 IN 的反向电流		0.6		mA
V_{CC}	内部稳压器	$V_I = 5.5V$ 至 $40V$, $I_{CC} = 0mA$	4.25	4.5	4.75	V
$I_{CC(lim)}$	外部稳压器电流限制		15		70	mA

(1) 不考虑外部反馈电阻。

(2) 设计信息; 根据设计确定, 未经生产测试。

(3) 当电流限制设置为 50mA 到 300mA 时, 电流限制精度保持不变, 它包括电流限制阈值电压 $V_{(LIMx_th)}$ 的偏差。

5.6 开关特性

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
电流检测和电流限制						
$t_{d(SENSE_SEL_r)}$	从 SENSE_SEL 的上升沿开始计算的电流检测延迟时间 ⁽¹⁾	$V_{(ENx)} \geq 2V$, $\overline{SENSE_EN} = GND$, SENSE_SEL 从 0V 上升至 5V		10		μs
$t_{d(SENSE_SEL_f)}$	从 SENSE_SEL 的下降沿开始计算的电流检测延迟时间 ⁽¹⁾	$V_{(ENx)} \geq 2V$, $\overline{SENSE_EN} = GND$, SENSE_SEL 从 5V 下降至 0V		10		μs
$t_{d(SENSE_EN_r)}$	从 $\overline{SENSE_EN}$ 上升沿开始计算的电流检测延迟时间 ⁽¹⁾	$V_{(ENx)} \geq 2V$, $\overline{SENSE_EN}$ 从 0V 上升至 5V		10		μs
$t_{d(SENSE_EN_f)}$	从 $\overline{SENSE_EN}$ 下降沿开始计算的电流检测延迟时间 ⁽¹⁾	$V_{(ENx)} \geq 2V$, $\overline{SENSE_EN}$ 从 5V 下降至 0V		10		μs
故障检测						
$t_{(PD_RC)}$	反向电流 (BAT 短路) 关断抗尖峰脉冲时间	r_{on} 下降后关断开关或 LDO 的延迟变为负值, $I_{(OUTx)} = -200mA$ (典型值), $T_A = 25^\circ C$		5	20	μs
$t_{(BLK_RC)}$	反向电流消隐时间	上电、ENx 引脚的上升沿或电流限制事件结束后, 反向电流检测的消隐时间		16		ms

(1) 设计信息; 根据设计确定; 未经生产测试。

5.7 典型特性

$V_I = 14V$ (除非另有说明)

ADVANCE INFORMATION

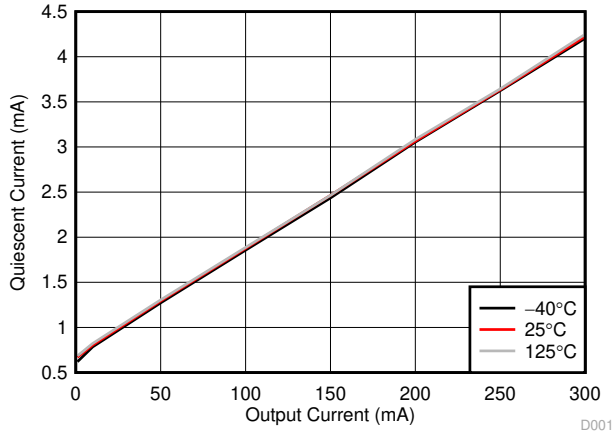


图 5-1. 静态电流与输出电流间的关系 (TPS7B7702-Q1)

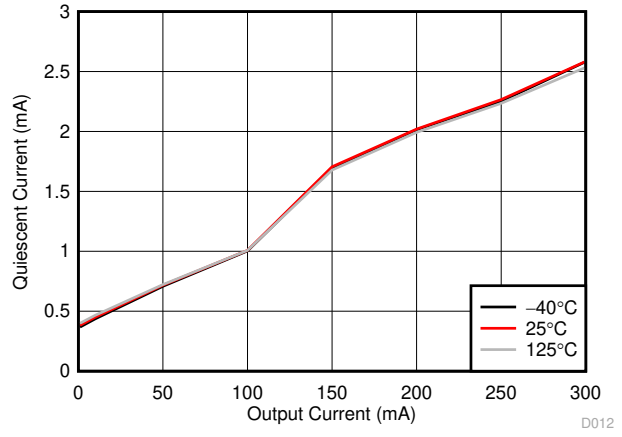


图 5-2. 静态电流与输出电流间的关系 (TPS7B7701-Q1)

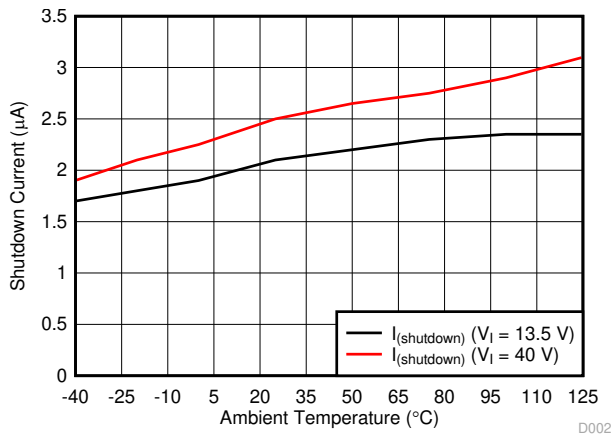


图 5-3. 关断电流与环境温度间的关系 (TPS7B7702-Q1)

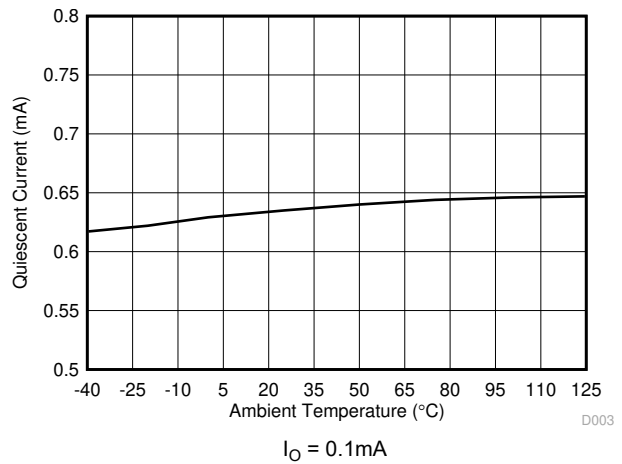


图 5-4. 静态电流与环境温度间的关系 (TPS7B7702-Q1)

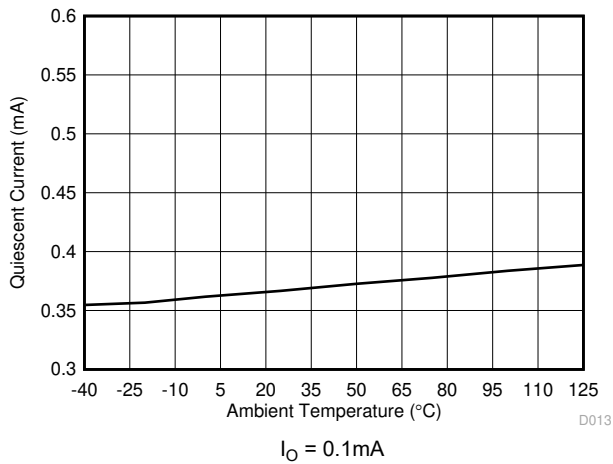


图 5-5. 静态电流与环境温度间的关系 (TPS7B7701-Q1)

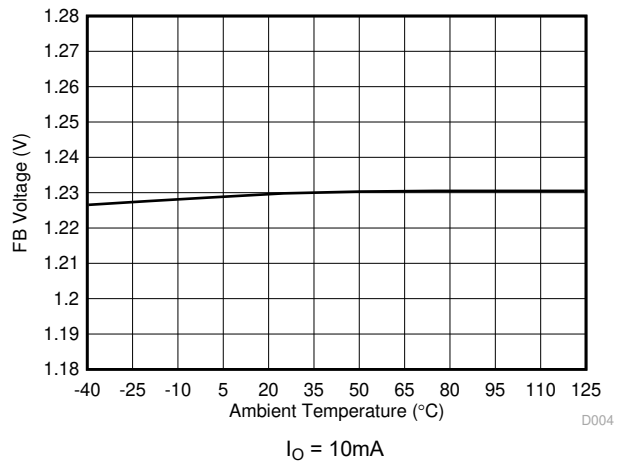


图 5-6. FB 电压与环境温度间的关系

5.7 典型特性 (续)

$V_I = 14V$ (除非另有说明)

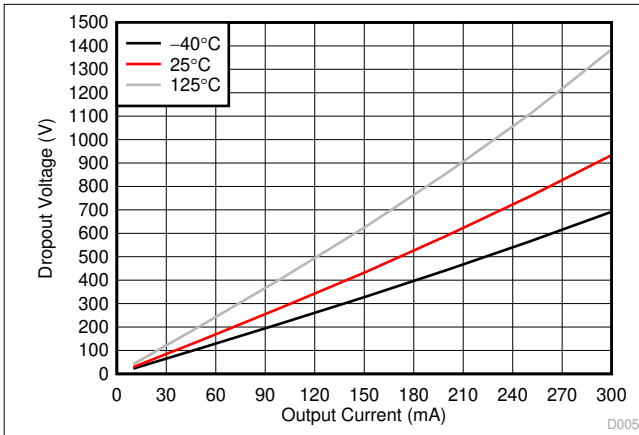


图 5-7. 压降电压与输出电流间的关系

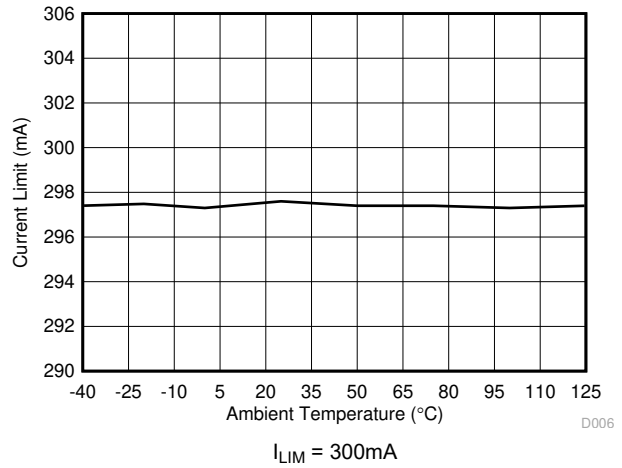


图 5-8. 电流限制与环境温度间的关系

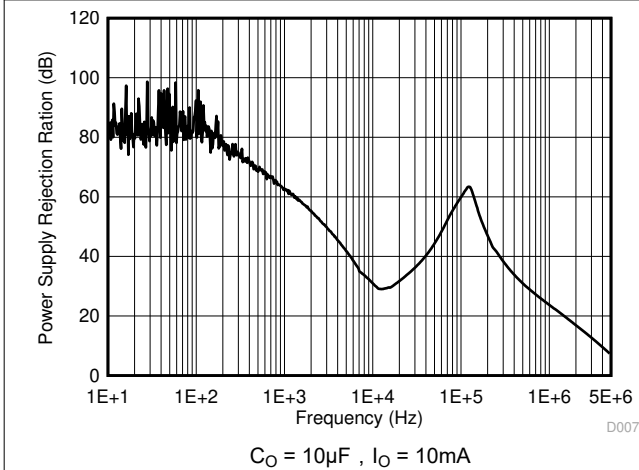


图 5-9. PSRR TPS7B770x-Q1

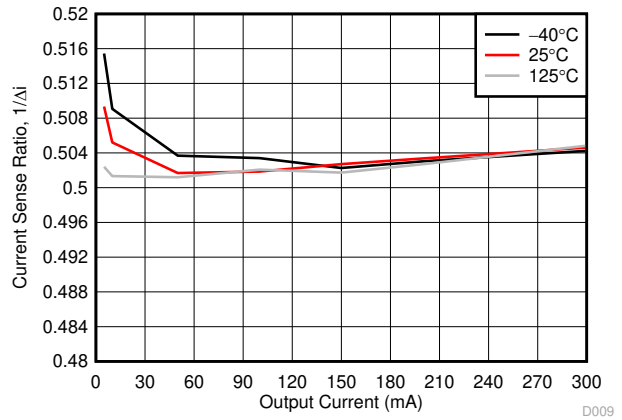


图 5-10. 电流检测比与输出电流间的关系、TPS7B7702-Q1 通道 1

5.7 典型特性 (续)

$V_I = 14V$ (除非另有说明)

ADVANCE INFORMATION

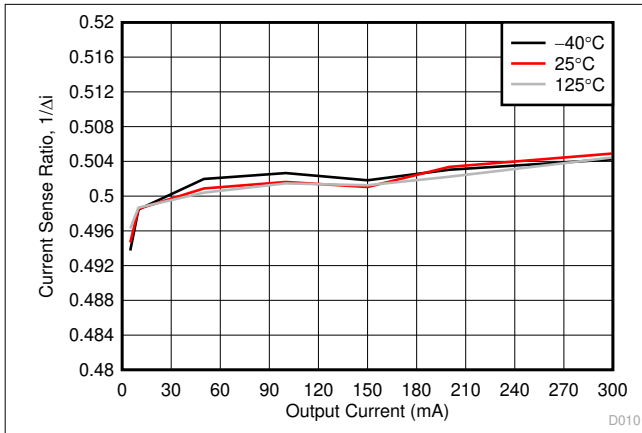
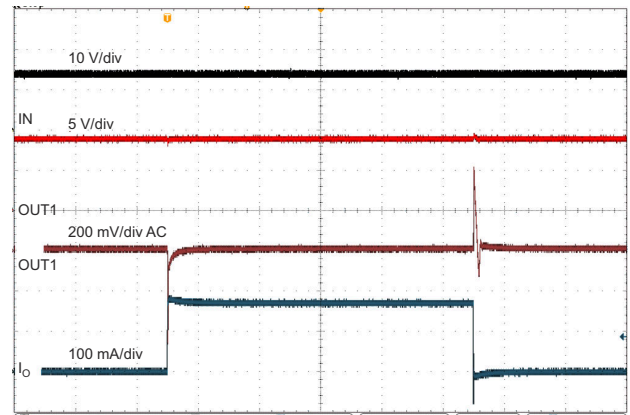
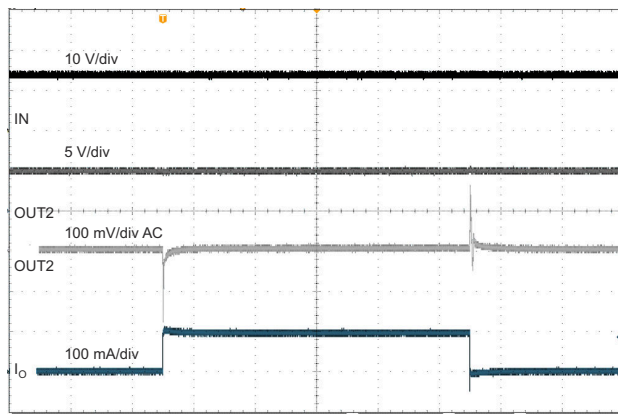


图 5-11. 电流检测比与输出电流间的关系、TPS7B7702-Q1 通道 2



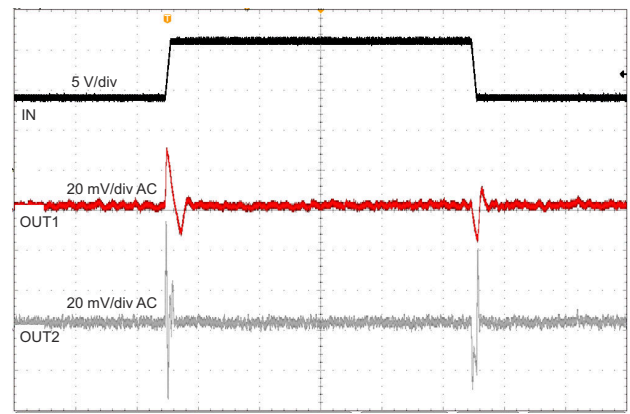
$V_O = 8.5V$, $C_O = 10\mu F$, $I_O = 1mA$ 至 $170mA$

图 5-12. 1mA 至 170mA 负载瞬态



$V_O = 5V$, $C_O = 10\mu F$, $I_O = 1mA$ 至 $100mA$

图 5-13. 1mA 至 100mA 负载瞬态



$V_O = 8.5V$, $I_O = 50mA$

图 5-14. 9V 至 16V 线路瞬态 (1V/μs)

5.7 典型特性 (续)

$V_I = 14V$ (除非另有说明)

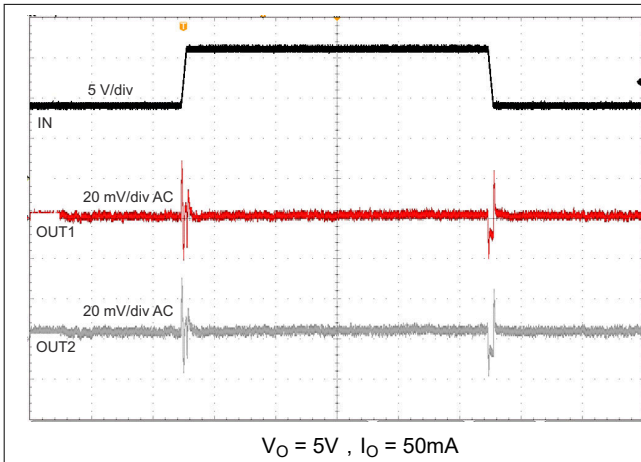


图 5-15. 9V 至 16V 线路瞬态 (1V/μs)

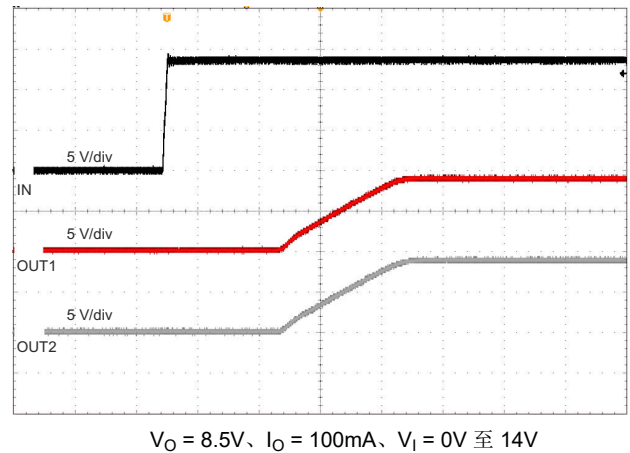


图 5-16. 上电 (1V/μs)

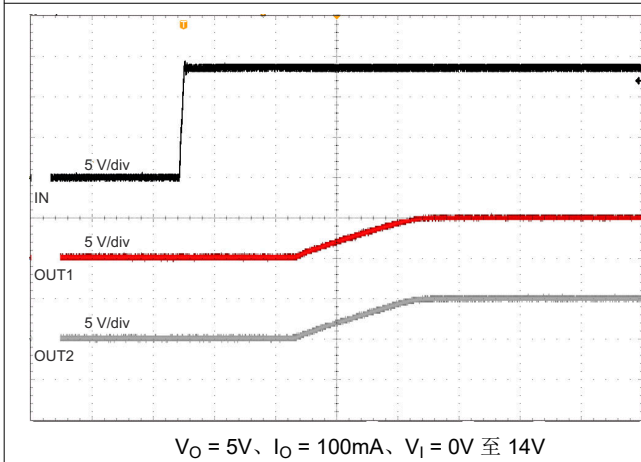


图 5-17. 上电 (1V/μs)

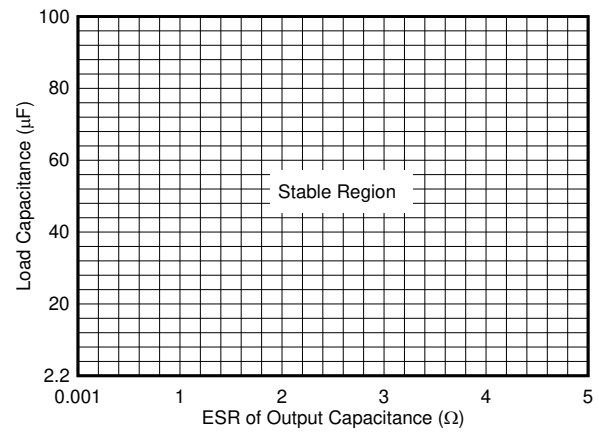


图 5-18. 负载电容与输出电容的 ESR 间的关系

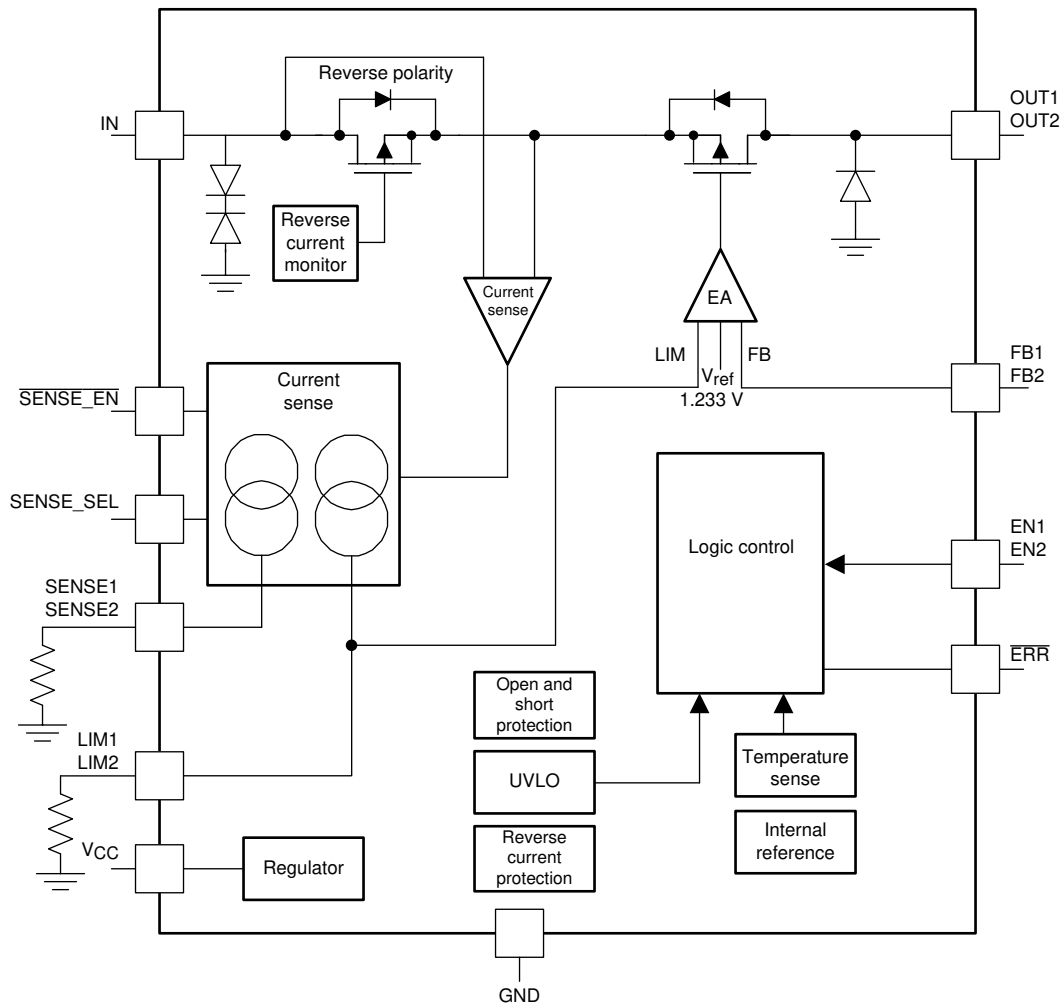
6 详细说明

6.1 概述

TPS7B770x-Q1 系列器件采用具有电流检测功能的单通道或双通道高压 LDO。这些器件可在 4.5V 至 40V (45V 负载突降保护) 宽输入电压范围内运行。这些器件还可为天线线路提供静电放电 (ESD) 保护, 使其免受接地短路、电池短路和热过应力的影响。装置输出电压可通过外部电阻分压器进行调节, 范围为 1.5V 至 20V。或者, 可将每个通道配置为开关。

这些器件用于监控负载。精确的电流检测功能可以检测开路、正常和短路情况, 无需进一步校准。各通道/器件之间可复用电流检测功能, 以便节省模数转换器 (ADC) 资源。每个通道还利用外部电阻器来提供可调节的电流限制。

6.2 功能方框图



ADVANCE INFORMATION

6.3 特性说明

6.3.1 故障检测和保护

该器件包含模拟电流检测和数字故障引脚，可对不同的故障状况进行全面诊断。

电流检测电压量程是根据相关的输出电流范围来选择的。图 6-1 展示了一种可对每个故障进行全面诊断的推荐设置。在器件进入限流模式之前，输出电流检测电压与实际负载电流成线性比例。在热关断 (TSD) 和电池短路 (STB) 情况下，电流检测电压将设置为 [电气特性](#) 表中指定的故障电压电平。

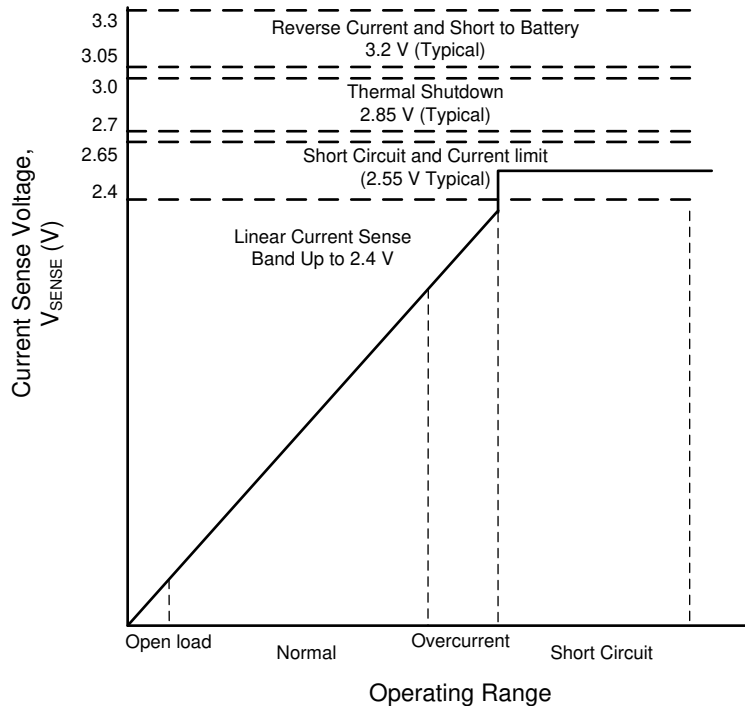


图 6-1. 电流检测输出的功能

6.3.2 短路和过流保护

通过选择外部电阻器，对每个通道上的电流限制进行编程。将 LIMx 引脚上的电压与内部电压基准进行比较。当超过阈值时，将触发电流限制。限流通道的输出会继续保持开启状态并且电流会受到限制。

在电流限制状态下， $\overline{\text{ERR}}$ 引脚置为低电平有效，且故障通道的检测电压会在内部上拉至 2.4V 至 2.65V 的电压轨，如 图 6-1 所示。此时，输出电压未被禁用。微控制器 (MCU) 必须监控 SENSEx 引脚或 $\overline{\text{ERR}}$ 引脚上的电压，以通过将 ENx 引脚拉至低电平来禁用故障通道。如果电流限制条件长时间存在，热关断可能会触发并关断输出。

6.3.3 电池短路和反向电流检测

可能会因为系统中的故障而将 OUT 引脚与电池短接。每个通道通过比较开关导通之前 OUT 和 IN 引脚上的电压来检测此故障。每次在 EN 引脚的上升沿或在退出热关断期间启用 LDO 开关时，都会发生电池短路检测。此时，如果器件检测到电池短路故障，LDO 开关会锁闭， $\overline{\text{ERR}}$ 引脚会置为低电平有效，并且故障通道 SENSE 电压会在内部上拉至 3.05V 至 3.3V 的电压轨。当消除电池短路且切换 EN 引脚时，器件可正常运行。

在正常运行期间，如果电池短路故障导致超过 5 μ s (典型值) 的反向电流，LDO 开关会锁闭，并且 $\overline{\text{ERR}}$ 引脚会置为低电平。要消除电池短路 (反向电流) 故障后出现的锁存情况，请先消除短路情况，然后再切换 EN 引脚。

串联电感和输出电容器会在上电或从电流限制中恢复期间产生振铃，从而使输出电压暂时超过输入电压。将反向电流消隐时间控制在 16ms (典型值) 有助于滤除这种振铃。

对于双通道天线 LDO 应用，如果两个通道都启用，且一个通道在上电后对地短路，则从输入电容器汲取的电流会导致输入电压暂时下降，从而触发反向电流检测故障。为了避免这种误触发事件，选择输入电容器时要多加注意；建议增加输入电容值。

6.3.4 热关断

该器件集成 TSD 电路，可提供过热保护。为了实现持续正常运行，结温不得超过热 TSD 跳变点。如果结温超过 TSD 跳变点，输出将关闭。当结温降至低于 TSD 跳变点 15°C (典型值) 时，输出将再次开启。在 TSD 状态期间，SENSE 电压会在内部上拉至 2.7V 至 3V 的电压轨。

备注

TPS7B770x-Q1 系列器件内部保护电路的设计目的是防止出现过载情况，不能替代适当的散热。器件持续不断地运行至热关断状态会降低器件的可靠性。

6.3.5 集成反极性保护

该器件集成了一个反向连接的 PMOS，可在输入和输出电池短路情况下的反极性期间阻断反向电流。输入端的特殊 ESD 结构被指定需承受 -40V 的电压。

6.3.6 集成型电感钳位

在输出关断期间，电缆电感持续从器件的输出端拉出电流。该器件在集成了一个电感钳位，有助于耗散存储在电缆中的电感能量。OUT 和 GND 引脚之间连接了一个内部二极管，具有 300mA 的直流电流能力，用于保护电感钳位。

6.3.7 欠压锁定

该器件具有内部固定的欠压锁定 (UVLO) 阈值。当 IN 引脚上的输入电压降至 $V_{(UVLO)}$ 以下时，将激活欠压锁定。此 UVLO 可确保稳压器不会在输入电源电压偏低期间锁定为未知状态。若输入电压发生负向瞬变，跌至 UVLO 阈值以下后又恢复，则当输入电压高于要求电平后，稳压器将先关断再以正常上电时序重新启动。

表 6-1. 故障表

失效模式	$V_{(SENSE)}$	ERR	LDO 开关输出	闩锁
负载开路	$I_O \times R_{(SENSE)}$ 198	高电平	启用	否
正常		高电平	启用	否
过流		高电平	启用	否
短路或电流限制	2.4 至 2.65V	低电平	启用	否
热关断	2.7 至 3V	低电平	禁用	否
输出对电池短路	3.05 至 3.3V	低电平	禁用	是
反向电流	3.05 至 3.3V	低电平	禁用	是

6.3.8 使能 (EN、EN1 和 EN2)

TPS7B7702-Q1 器件具有两个高电平有效使能输入 EN1 和 EN2。EN1 引脚控制输出电压 1 (OUT1)、EN2 引脚控制输出电压 2 (OUT2)。当 ENx 引脚为低电平时，该器件消耗的最大关断电流为 5μA。EN1 和 EN2 引脚都具有 10μA 的最大内部下拉电流。

TPS7B7701-Q1 器件具有一个高电平有效使能输入。当 EN 引脚为低电平时，该器件消耗的最大关断电流为 5μA。EN 引脚具有 10 μA 的最大内部下拉电流。

6.3.9 内部稳压器 (V_{CC})

该器件具有一个内部稳压器，可将输入电压调节至 4.5V，以便为所有内部电路供电。在 V_{CC} 引脚和 GND 引脚之间旁路一个 1μF 陶瓷电容器，以进行频率补偿。使用 V_{CC} 引脚作为具有高达 15mA 电流能力的外部电路的电源。

6.3.10 电流检测多路复用

两个独立的电流检测引脚（每个通道一个）可为系统设计提供灵活性。当 ADC 资源有限时，该器件允许仅使用一个电流检测引脚和一个 ADC 来监控所有天线输出，从而实现电流检测引脚的多路复用。

SENSE_SEL 引脚（仅限 TPS7B7702-Q1）可选择用于监控电流的通道。SENSE_EN 引脚可启用和禁用 SENSE 引脚，从而允许在芯片之间进行多路复用。因此，只需一个 ADC 和一个电阻器即可对多个输出进行电流检测诊断。当 SENSE1 引脚连接到 ADC 时，可以通过更改 SENSE_SEL 引脚上的电气电平来检测流经两个通道的电流。

表 6-2 列出了电流检测的选择逻辑。

表 6-2. SENSE_EN 和 SEN_SEL 逻辑表

SENSE_EN	SEN_SEL	SENSE1 状态	SENSE2 状态
低电平	低电平	CH1 电流	CH2 电流
低电平	高电平	CH2 电流	HIGH 阻抗
高电平	—	HIGH 阻抗	HIGH 阻抗

图 6-2 展示了共享同一个 ADC 资源的四个天线通道的应用。

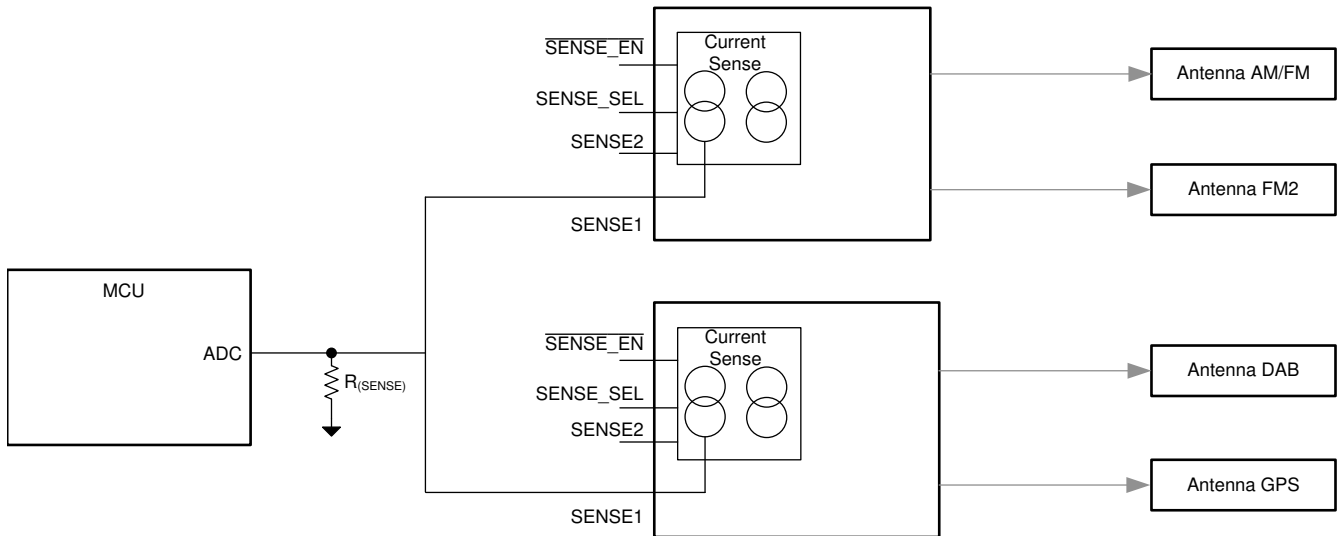


图 6-2. 电流多路复用应用块

6.3.11 可调输出电压 (FB、FB1 和 FB2)

使用外部电阻分压器选择 1.5V 至 20V 的输出电压。使用 表 6-2 计算输出电压 (V_O)。R1 和 R2 的建议值均小于 100k Ω 。

$$V_O = \frac{V_{(FB)} \times (R1 + R2)}{R2} \quad (2)$$

其中

- $V_{(FB)} = 1.233V$

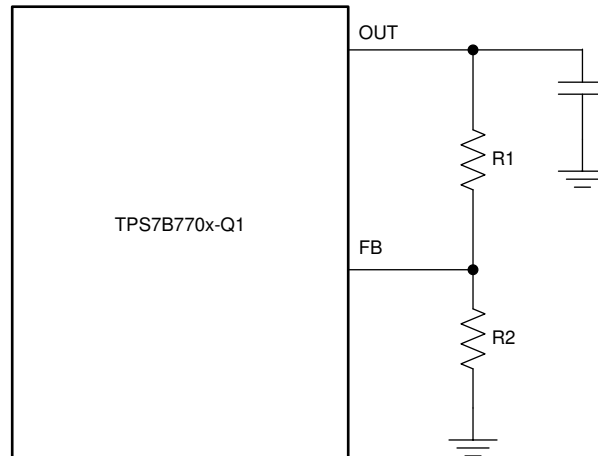


图 6-3. TPS7B770x-Q1 输出电压设置连接

通过将 FB 引脚连接到 GND 引脚，将 TPS7B770x-Q1 系列器件用作限流开关。

6.4 器件功能模式

6.4.1 在 $IN < 4.5V$ 电压下工作

最大 UVLO 电压为 4V，该器件通常在高于 4.5V 的输入电压下工作。该器件还可以在较低的输入电压下工作。未指定最小 UVLO 电压。当输入电压低于实际 UVLO 电压时，该器件不运行。

6.4.2 通过 EN 控制工作

EN 上升沿的阈值为 2V (最大值)。当 EN 引脚保持在该电压以上且输入电压高于 4.5V 时，器件变为运行状态。EN 下降沿为 0.7V (最小值)。将 EN 引脚保持在该电压以下会禁用器件，从而降低器件的静态电流。

7 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。

7.1 应用信息

TPS7B770x-Q1 系列器件是单通道或双通道 300mA LDO 稳压器，具有高精度电流检测和可编程电流限制功能。使用 PSPICE 瞬态模型评估器件的基本功能。访问 www.ti.com 下载器件的 PSPICE 模型和用户指南。

7.2 典型应用

图 7-1 显示了 TPS7B770x-Q1 系列器件的典型应用电路。根据终端应用的不同，可以使用具有不同值的外部元件。在快速负载阶跃场景中，应用可能需要使用更大电容值的输出电容器以防止输出电压出现大幅跌落。TI 建议使用电介质类型为 X5R 或 X7R 的低 ESR 陶瓷电容器。

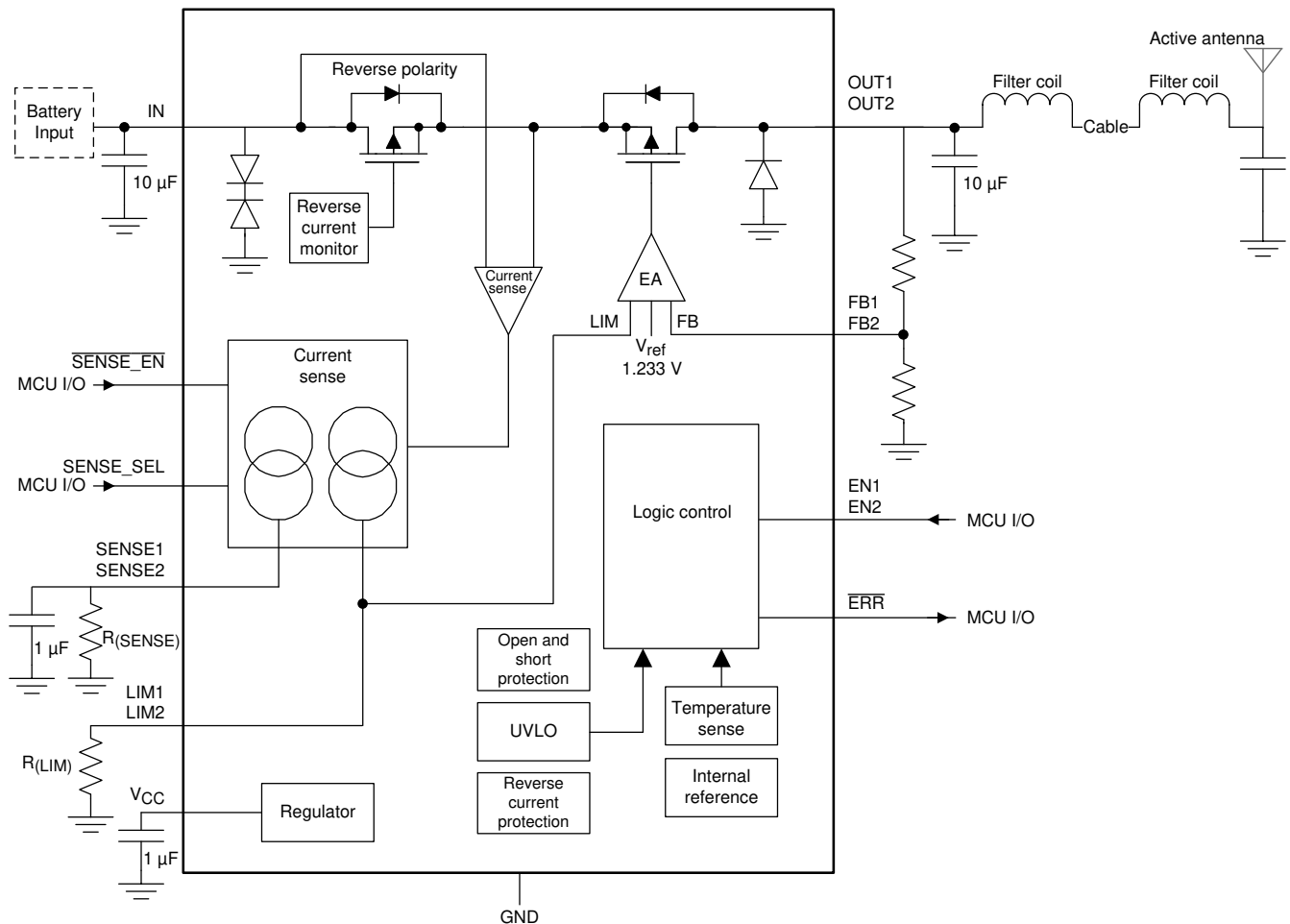


图 7-1. TPS7B770x-Q1 典型应用

7.2.1 设计要求

本设计示例使用表 7-1 中所列的参数作为设计参数。

表 7-1. 设计参数

设计参数	示例值
输入电压范围	4.5 至 40V
输出电压	1.5 至 20V
输出电容器范围	2.2μF 至 100μF
输出电容器 ESR 范围	0.001Ω 至 5Ω
SENSE 电阻器	请参阅 电流检测电阻器选型
可编程电流限制	50mA 至 300mA

7.2.2 详细设计过程

要开始设计过程，请确定以下内容：

- 输入电压
- 输出电压
- 输出电流
- 电流限制
- ADC 电压额定值

7.2.2.1 输入电容器

该器件需要一个输入去耦电容器，其值取决于应用。去耦电容器的典型建议值为 10 μF。额定电压必须大于最大输入电压。

7.2.2.2 输出电容器

此器件需要一个输出电容器来稳定输出电压。电容值必须介于 2.2μF 和 100μF 之间。ESR 范围必须介于 1mΩ 及 5Ω 之间。TI 建议选择具有低 ESR 的陶瓷电容器来改善负载瞬态响应。

7.2.2.3 电流检测电阻器选型

电流检测输出 SENSE_x (SENSE、SENSE1 和 SENSE2) 与 OUT、OUT1 和 OUT2 引脚上的输出电流成正比，系数为 1/198。输出电阻 R_(SENSE_x) 必须连接在 SENSE_x 引脚和接地端之间，以生成供 ADC 采样的电流检测电压。使用 [方程式 3](#) 计算 SENSE_x 引脚处的电压 (V_(SENSE_x))。

$$V_{(SENSE_x)} = I_{(SENSE_x)} \times R_{(SENSE_x)} \quad (3)$$

其中

$$I_{(SENSE_x)} = \frac{I_{(OUT_x)}}{198} \quad (4)$$

在本例中，选择 1.5kΩ 作为 R_(SENSE_x) 的值。不考虑电阻器和电流检测精度。

对于 198mA 的负载电流，使用 [方程式 5](#) 计算 V_(SENSE_x) 的值。

$$I_{(SENSE_x)} = \frac{I_{(OUT_x)}}{198} = 1\text{mA} \rightarrow V_{(SENSE_x)} = 1\text{mA} \times 1.5\text{k}\Omega = 1.5\text{V} \quad (5)$$

为避免正常运行与电流限制或接地短路相位之间出现任何重叠，建议使用 [方程式 6](#) 来选择检测电阻的阻值。

$$R_{(\text{SENSE}_x)} \leq \frac{198 \times 2.4\text{V}}{I_{\text{Omax}}} \quad (6)$$

其中

- 198 是输出电流与电流检测的比值
- 2.4V 是短路故障情况下 SENSE_x 引脚上的预期最小电压
- I_{Omax} 是正常运行期间的预期最大输出电流

要稳定电流检测环路，需要在 SENSE 、 SENSE1 或 SENSE2 引脚上连接一个 $1\mu\text{F}$ 陶瓷电容器。[表 7-2](#) 列出了整个温度范围内的电流检测精度。

表 7-2. 电流检测精度

输出电流	电流检测精度
5mA 至 10mA	20%
10mA 至 50mA	10%
50mA 至 100mA	5%
100mA 至 300mA	3%

7.2.2.4 限流电阻器选型

LIM_x 引脚上的电流 (LIM 、 LIM1 和 LIM2) 与 OUT_x (OUT 、 OUT1 和 OUT2) 引脚上的负载电流成正比，并在内部连接到以 1.233V 为基准的限流比较器。可通过在 LIM_x 引脚上连接的外部电阻器对电流限制进行编程。使用 [方程式 7](#) 来计算外部电阻器 $R_{(\text{LIM}_x)}$ 的值。在所有条件下，可编程电流限制精度最大为 8%。可通过将 LIM 引脚短接至地面来设置器件的内部电流限制。

$$R_{(\text{LIM}_x)} = \frac{1.233\text{V}}{I_{(\text{LIM}_x)}} \times 198 \quad (7)$$

其中

$$I_{(\text{LIM}_x)(\text{typical})} = \frac{1.233\text{V}}{R_{(\text{LIM}_x)}} \times 198 \quad (8)$$

电流限制存在 8% 的偏差，因此请使用 [方程式 9](#) 来计算最小电流限制值，并使用 [方程式 10](#) 来计算最大电流限制值。

$$I_{(\text{LIM}_x)(\text{min})} = I_{(\text{LIM}_x)(\text{typical})} \times 0.92 = (0.92) \times \left(\frac{1.233\text{V}}{R_{(\text{LIM}_x)}} \times 198 \right) \quad (9)$$

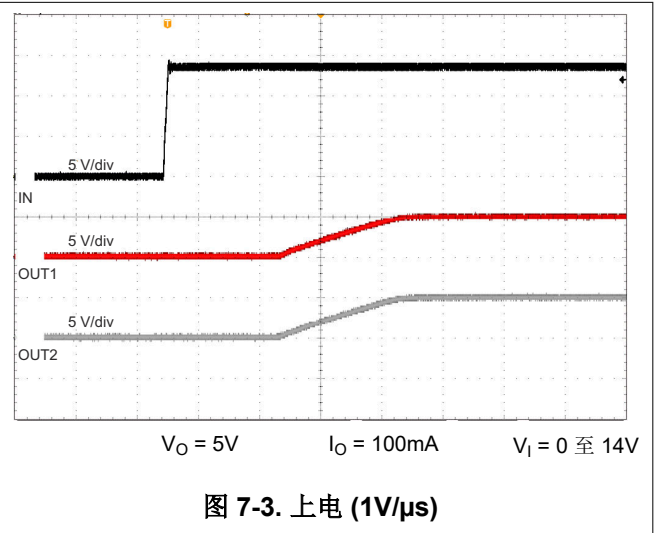
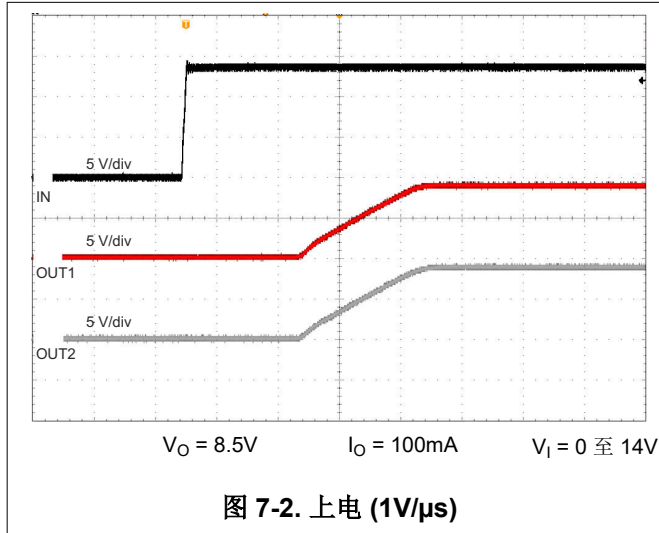
$$I_{(\text{LIM}_x)(\text{max})} = I_{(\text{LIM}_x)(\text{typical})} \times 1.08 = (1.08) \times \left(\frac{1.233\text{V}}{R_{(\text{LIM}_x)}} \times 198 \right) \quad (10)$$

选择 200mA 的最大电流限制值，然后使用 [方程式 11](#) 来计算 $R_{(\text{LIM}_x)}$ 的值。

$$R_{(\text{LIM}_x)} = \frac{1.08 \times 198 \times 1.233\text{V}}{I_{(\text{LIM}_x)(\text{max})}} \quad (11)$$

使用 [方程式 11](#) 可得出 R_{LIM_x} 的值为 $1.318\text{k}\Omega$ 。最接近该值的可选电阻器是 $1.33\text{k}\Omega$ (误差 1%)。现在，使用 [方程式 10](#) 并插入 $1.33\text{k}\Omega$ 的 R_{LIM_x} 值，可得出最大电流值为 198.2mA 。请记住，在计算中，该结果不包括电阻器容差。为了确保电流不超过设定的量，请在公式中包含电阻容差。

7.2.3 应用曲线



7.3 电源相关建议

该器件设计为可在 4.5V 至 40V 的输入电源电压范围内运行。该输入电源必须经过良好调节。如果输入电源与 TPS7B770x-Q1 器件的距离超过数英寸，TI 建议在输入端添加一个具有 10 μ F 值的电解电容器和一个陶瓷旁路电容器。

7.4 布局

7.4.1 布局指南

对于 TPS7B770x-Q1 器件的布局，请将输入和输出电容器靠近器件放置，如 图 7-4 所示。为了提高热性能，TI 建议在器件周围使用一些过孔。

更大程度地减小等效串联电感 (ESL) 和等效串联电阻 (ESR)，从而更大限度地提高性能和稳定性。将每个电容器放置在尽可能靠近器件且和稳压器位于 PCB 同一侧的位置。

请勿将任何电容器放置在 PCB 的另一侧安装稳压器的位置。TI 强烈建议不要使用长布线，因为长布线会对系统性能产生负面影响，并导致不稳定。

如果可能，为了维持本数据表中规定的最大性能，请使用与 TPS7B770x-Q1 评估板相同的布局模式，该模式可在 www.ti.com/tool/TPS7B7702EVM 上获得。

7.4.2 布局示例

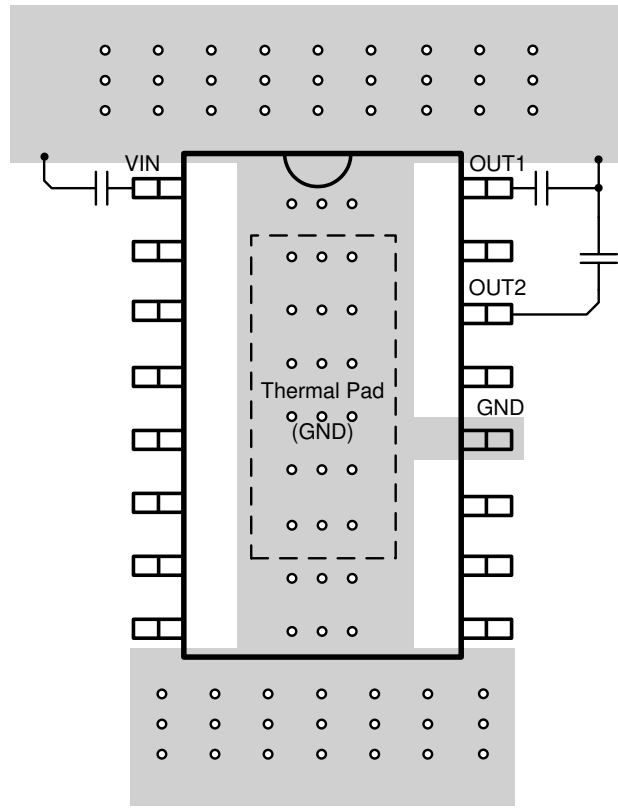


图 7-4. TPS7B770x-Q1 布局示例

8 器件和文档支持

8.1 文档支持

8.1.1 相关文档

请参阅以下相关文档：

德州仪器 (TI)，[TPS7B7702-Q1 评估模块用户指南](#)

8.2 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。

8.3 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](#)。

8.4 商标

PowerPAD™ and TI E2E™ are trademarks of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

8.5 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。

8.6 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。

9 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
June 2026	*	初始发行版

10 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。

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