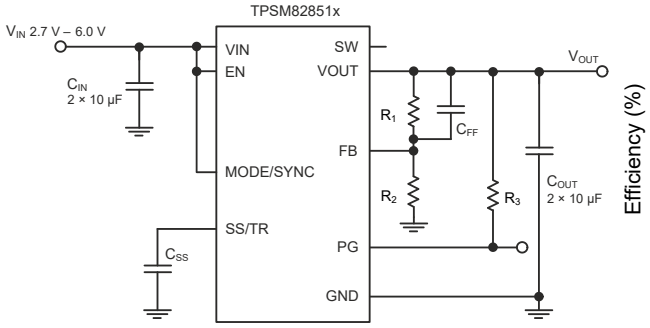
TPSM82851x 具有集成电感器的 2.7V 至 6V 输入、0.5A/1A/2A 降压电源模块

1 特性

- 输入电压范围为 2.7V 至 6V
- 0.6V 至 5.5V 输出电压范围
- 0.5A、1A 和 2A 系列器件
- 20μA 静态电流（典型值）
- ±1% 反馈电压精度（PWM 工作模式）
- 2.25MHz 开关频率（PWM 工作模式）
- 1.8MHz 至 4MHz 外部同步
- 可选强制 PWM 或 PFM/PWM 运行
- 10ms 可调软启动或跟踪
- 精密使能输入可实现
  - 用户定义的欠压锁定
  - 准确排序
- 100% 占空比模式
- 有源输出放电
- 具有窗口比较器的电源正常输出
- -40°C 至 125°C 工作温度范围
- 间距为 0.5mm 的 2.7mm x 3.0mm QFN 封装

2 应用

- 工厂自动化和控制
- 信号测量、源生成、仪表
- 患者监护和诊断
- 无线基础设施
- 加固型通信：传感器、成像和雷达



简化原理图

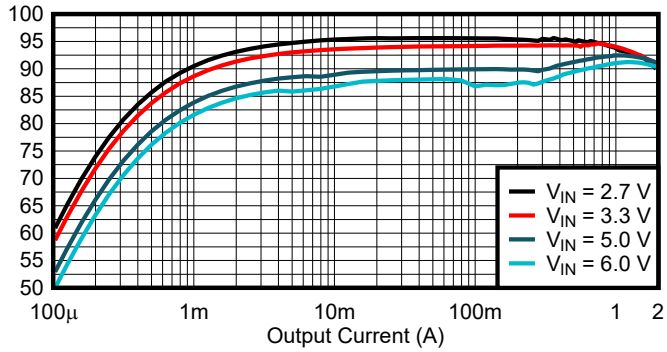
3 说明

TPSM82851x 是具有集成电感器的 0.5A、1A 和 2A 高效易用、引脚对引脚兼容的同步直流/直流降压电源模块系列。这些器件基于固定频率峰值电流模式控制拓扑，可用于具有高功率密度和易用性要求的电信、测试和测量以及医疗应用领域。低阻开关可在高温环境下支持高达 2A 的持续输出电流。开关频率在内部固定为 2.25MHz，也可同步到 1.8MHz 至 4MHz 范围内的外部时钟。在 PWM/PFM 模式下，TPSM82851x 会在轻负载情况下自动进入省电模式，从而在整个负载范围内维持高效率。TPSM82851x 可在 PWM 模式下提供 1% 的反馈电压精度，这有助于实现具有高输出电压精度的电源设计。SS/TR 引脚可设置启动时间或跟踪向外部源提供的输出电压。此特性可实现不同电源轨的外部时序控制并限制启动期间的浪涌电流。

器件信息

器件型号(2)	输出电流	封装(1)	封装尺寸（标称值）
TPSM828510	0.5A	RDY（QFN，9）	2.7mm × 3.0mm × 2.0mm
TPSM828511	1A		
TPSM828512	2A		

(1) 有关详细信息，请参阅 节 12。
(2) 请参阅*器件比较表*。



效率与输出电流间的关系；V_{OUT} = 2.5V

本资源的原文使用英文撰写。 为方便起见，TI 提供了译文；由于翻译过程中可能使用了自动化工具，TI 不保证译文的准确性。 为确认准确性，请务必访问 ti.com 参考最新的英文版本（控制文档）。

内容

1 特性.....1
2 应用.....1
3 说明.....1
4 器件比较表.....3
5 引脚配置和功能.....4
6 规格.....5
6.1 绝对最大额定值.....5
6.2 ESD 等级.....5
6.3 建议工作条件.....5
6.4 热性能信息.....5
6.5 电气特性.....6
6.6 典型特性.....8
7 参数测量信息.....9
7.1 原理图.....9
8 详细说明.....10
8.1 概述.....10
8.2 功能方框图.....10
8.3 特性说明.....10
8.4 器件功能模式.....11
9 应用和实施.....14
9.1 应用信息.....14
9.2 典型应用.....14
9.3 系统示例.....20
9.4 电源建议.....21
9.5 布局.....21
10 器件和文档支持.....23
10.1 器件支持.....23
10.2 文档支持.....23
10.3 接收文档更新通知.....23
10.4 支持资源.....23
10.5 商标.....23
10.6 静电放电警告.....23
10.7 术语表.....23
11 修订历史记录.....24
12 机械、封装和可订购信息.....24

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

4 器件比较表

器件型号	输出电流	输出电压	典型输入电容	典型输出电容
TPSM828510RDY	0.5A	可调节	2 × 4.7 µF	2 × 10 µF
TPSM828511RDY	1A			
TPSM828512RDY	2A			

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

5 引脚配置和功能

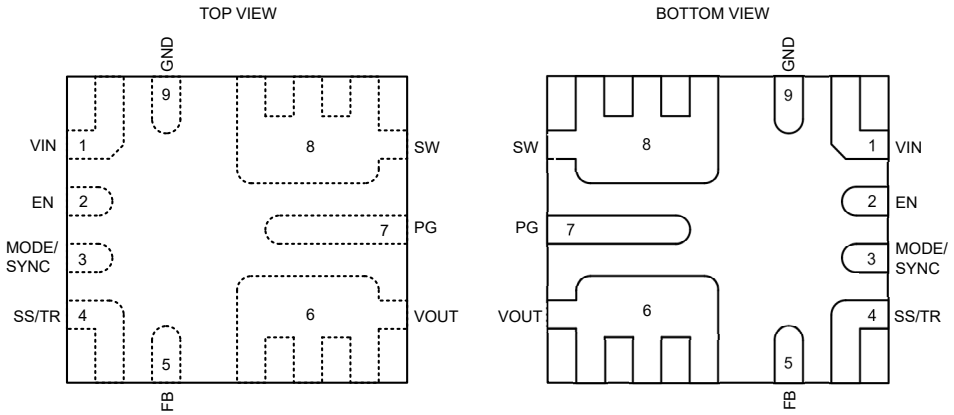


图 5-1. 9 引脚 RDY QFN 封装

表 5-1. 引脚功能

引脚		类型(1)	说明
名称	编号		
VIN	1	PWR	电源输入。在 VIN 和 GND 引脚之间（尽可能接近它们）连接输入电容器。
GND	9	PWR	接地引脚
SW	8	O	该引脚是转换器的开关引脚。此引脚连接到内部功率 MOSFET 和电感器。避免将此引脚连接到较大的布线，因为这会增加 EMI。该引脚可以保持未连接状态，也可以焊接到一个小焊盘上以改善热性能。
PG	7	O	具有窗口比较器的开漏电源正常输出。当 VOUT 超出电源正常阈值时，该引脚被拉至 GND。该引脚可以在不使用时保持开路或连接到 GND。上拉电阻器可以连接到任何不大于 VIN 的电压。
VOUT	6	PWR	输出电压引脚。此引脚在内部连接到集成电感器。
FB	5	I	电压反馈输入。将输出电压电阻分压器连接到此引脚。
SS/TR	4	I	软启动、跟踪引脚。从该引脚连接到 GND 的电容器定义输出电压上升时间。该引脚还可用作跟踪和时序控制的输入 - 请参阅*电压跟踪*。
MODE/SYNC	3	I	当该引脚被拉低时，器件在 PFM/PWM 模式下运行。当该引脚被拉高时，器件在强制 PWM 模式下运行。不要将这个引脚悬空。MODE/SYNC 引脚还可用于将器件与外部频率进行同步。请参阅*与外部时钟同步*。
EN	2	I	该引脚是器件的使能引脚。连接到逻辑低电平以禁用该器件。上拉可启用该器件。不要将这个引脚悬空。

(1) I = 输入，O = 输出，N/A = 不适用

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

6 规格

6.1 绝对最大额定值

在工作温度范围内（除非另有说明）(1)

		最小值	最大值	单位
引脚电压(2)	VIN	-0.3	6.5	V
	SW（直流）	-0.3	V_{IN} + 0.3	V
	SW（交流，小于 10ns）(3)	-3	10	V
	SS/TR、PG	-0.3	V_{IN} + 0.3	V
	EN、MODE/SYNC、FB	-0.3	6.5	V
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) 所有电压值都相对于网络接地端而言
(3) 打开开关时

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，所有引脚(1)	±2000	V
		充电器件模型 (CDM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 标准，所有引脚(2)	±750	

(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。
(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 建议工作条件

在工作温度范围内（除非另有说明）

		最小值	标称值	最大值	单位
V_{IN}	输入电压范围	2.7		6	V
V_{OUT}	输出电压范围	0.6		5.5	V
C_{OUT}	有效输出电容(1)	8	10	200	µF
C_{IN}	有效输入电容(1)	5	10		µF
I_{SINK_PG}	PG 引脚上的灌电流	0		2	mA
T_J	结温	-40		125	°C

(1) 表中为所有电容器给出的值均为有效电容，其中包括直流偏置效应。由于陶瓷电容器的直流偏置效应，施加电压时有效电容低于标称值。请检查制造商的直流偏置曲线，以了解有效电容与所施加直流电压之间的关系。

6.4 热性能信息

热指标(1)		TPSM82851x RDY (JEDEC)(2) 9 引脚	TPSM82851x RDY (EVM) 9 引脚	单位
$R_{\theta JA}$	结至环境热阻	62.7	46.5	°C/W
$R_{\theta JC(top)}$	结至外壳（顶部）热阻	65.5	不适用	°C/W
$R_{\theta JB}$	结至电路板热阻	18.5	不适用	°C/W
Ψ_{JT}	结至顶部特征参数	1.4	1.0	°C/W

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

6.4 热性能信息（续）

热指标(1)		TPSM82851x RDY (JEDEC)(2) 9 引脚	TPSM82851x RDY (EVM) 9 引脚	单位
Ψ_{JB}	结至电路板特征参数	18.3	20.8	°C/W
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳（底部）热阻	不适用	不适用	°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。
(2) JEDEC 标准 4 层 PCB，无散热过孔

6.5 电气特性

在工作结温范围内（T_J =-40°C 至 +125°C）且 V_{IN} = 2.7V 至 6V。V_{IN} = 5V 且 T_J = 25°C 时的典型值。（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_Q	静态电流	EN = V_{IN}，无负载，器件未开关，MODE = GND，V_{OUT} = 0.6V		20	32	μA
I_{SD}	关断电流	EN = GND，TJ = 25°C 时的典型值，TJ = 125°C 时的最大值		1.5	18	μA
V_{UVLO}	欠压锁定阈值	V_{IN} 上升	2.45	2.6	2.7	V
		V_{IN} 下降	2.1	2.5	2.6	V
T_{JSD}	热关断阈值	T_J 上升		170		°C
	热关断迟滞	T_J 下降		15		°C
控制和接口						
$V_{EN,IH}$	EN 上的输入阈值电压，上升沿		1.05	1.1	1.15	V
$V_{EN,IL}$	EN 上的输入阈值电压，下降沿		0.96	1.0	1.05	V
V_{IH}	MODE/SYNC 上的高电平输入阈值电压		1.1			V
$I_{EN,LKG}$	流入 EN 的输入漏电流	V_{IH} = V_{IN} 或 V_{IL} = GND			125	nA
V_{IL}	MODE/SYNC 上的低电平输入阈值电压				0.3	V
I_{LKG}	流入 MODE/SYNC 的输入漏电流				100	nA
t_{Delay}	启用延迟时间	从 EN 高电平到器件开始开关的时间；已施加 V_{IN}	85	150	470	μs
t_{Ramp}	输出电压斜坡时间，C_{SS} = 4.7nF	从器件开始开关到电源正常所需的时间；器件未处于电流限制状态	0.8	1.3	1.8	ms
t_{Ramp}	输出电压斜坡时间，SS/TR 引脚开路	从器件开始开关到电源正常所需的时间；器件未处于电流限制状态	90	150	210	μs
$I_{SS/TR}$	SS/TR 拉电流		2	2.5	2.8	uA
	跟踪增益	$V_{FB}/V_{SS/TR}$		1		
	跟踪失调电压	$V_{SS/TR}$ = 0V 时的 V_{FB}		±1		mV
f_{SYNC}	MODE/SYNC 引脚上用于同步的频率范围		1.8		4	MHz
	MODE/SYNC 上同步信号的占空比		20		80	%
	锁定到外部频率所需的时间			50		μs
V_{TH_PG}	UVP 电源正常阈值电压；直流电平	上升 (%V_{FB})	92	95	98	%
V_{TH_PG}	UVP 电源正常阈值电压；直流电平	下降 (%V_{FB})	87	90	93	%

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

6.5 电气特性（续）

在工作结温范围内（T_J =-40°C 至 +125°C）且 V_{IN} = 2.7V 至 6V。V_{IN} = 5V 且 T_J = 25°C 时的典型值。（除非另有说明）

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
V_{TH_PG}	OVP 电源正常阈值电压；直流电平	上升 (%V_{FB})	107	110	113	%
	OVP 电源正常阈值电压；直流电平	下降 (%V_{FB})	104	107	111	%
$V_{PG,OL}$	PG 上的低电平输出电压	I_{SINK_PG} = 2mA		0.07	0.3	V
$I_{PG,LKG}$	流入 PG 的输入漏电流	V_{PG} = 5V			100	nA
t_{PG}	PG 抗尖峰脉冲时间	对于电源正常输出上从高电平到低电平的转换		40		µs
输出						
V_{FB}	反馈电压，可调版本			0.6		V
$I_{FB,LKG}$	流入 FB 的输入漏电流，可调版本	V_{FB} = 0.6V		1	70	nA
V_{FB}	反馈电压精度	PWM，V_{IN} ≥ V_{OUT} + 1V	-1		1	%
V_{FB}	反馈电压精度	PFM，V_{IN} ≥ V_{OUT} + 1V，V_{OUT} ≥ 1.0V，$C_{o,eff}$ ≥ 10µF	-1		2	%
V_{FB}	反馈电压精度	PFM，V_{IN} ≥ V_{OUT} + 1V，V_{OUT} < 1.0V，$C_{o,eff}$ ≥ 15µF	-1		3	%
V_{FB}	反馈电压精度与电压跟踪	V_{IN} ≥ V_{OUT} + 1V，$V_{SS/TR}$ = 0.3V	-4		4	%
	负载调整率	PWM		0.05		%/A
	线性调整率	PWM，I_{OUT} = 1A，V_{IN} ≥ V_{OUT} + 1V		0.02		%/V
R_{DIS}	输出放电电阻				100	Ω
f_{SW}	PWM 开关频率		2.025	2.25	2.475	MHz
$t_{on,min}$	高侧 FET 的最短导通时间	V_{IN} = 3.3V，T_J = -40°C 至 125°C		35	52	ns
$t_{on,min}$	低侧 FET 的最短导通时间			10		ns
R_{DP}	压降电阻	V_{IN} ≥ 5V		85	120	mΩ
I_{LIMH}	高侧 FET 开关电流限制	直流值，适用于 TPSM828512；V_{IN} = 3V 至 6V	2.85	3.4	3.9	A
I_{LIMH}	高侧 FET 开关电流限制	直流值，适用于 TPSM828511；V_{IN} = 3V 至 6V	2.1	2.6	3.0	A
I_{LIMH}	高侧 FET 开关电流限制	直流值，适用于 TPSM828510；V_{IN} = 3V 至 6V	1.6	2.1	2.5	A
I_{LIMNEG}	低侧 FET 负电流限制	直流值		-1.8		A

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

6.6 典型特性

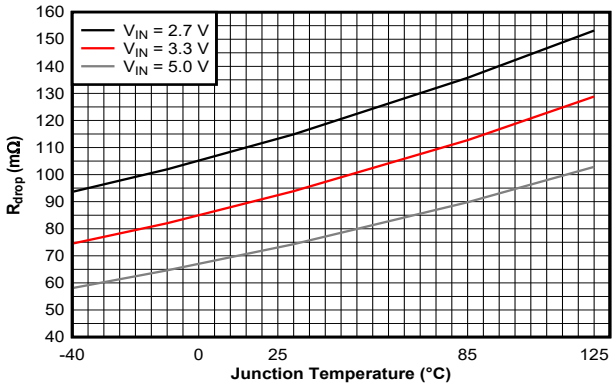


图 6-1. 压降电阻

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

7 参数测量信息

7.1 原理图

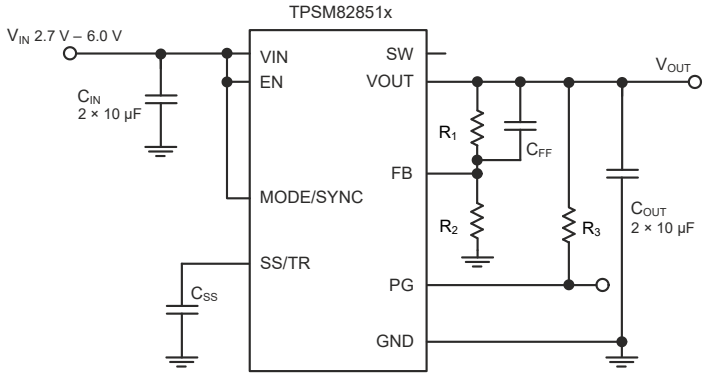


图 7-1. TPSM82851x 的测量设置

表 7-1. 元件列表

参考	说明	制造商(1)
电压	TPSM828510/TPSM828511/TPSM828512	德州仪器 (TI)
C_{IN}	2 × 10µF/6.3V/GRM188D70J106MA73	村田 (MuRata)
C_{OUT}	2 × 10µF/6.3V/GRM188D70J106MA73	村田 (MuRata)
C_{SS}	4.7nF（等于 1ms 启动斜升）；GCM188R72A472KA37	不限
C_{FF}	10pF	不限
R_1	取决于 VOUT	不限
R_2	取决于 VOUT	不限
R_3	100kΩ	不限

(1) 请参阅*第三方产品免责声明*。

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

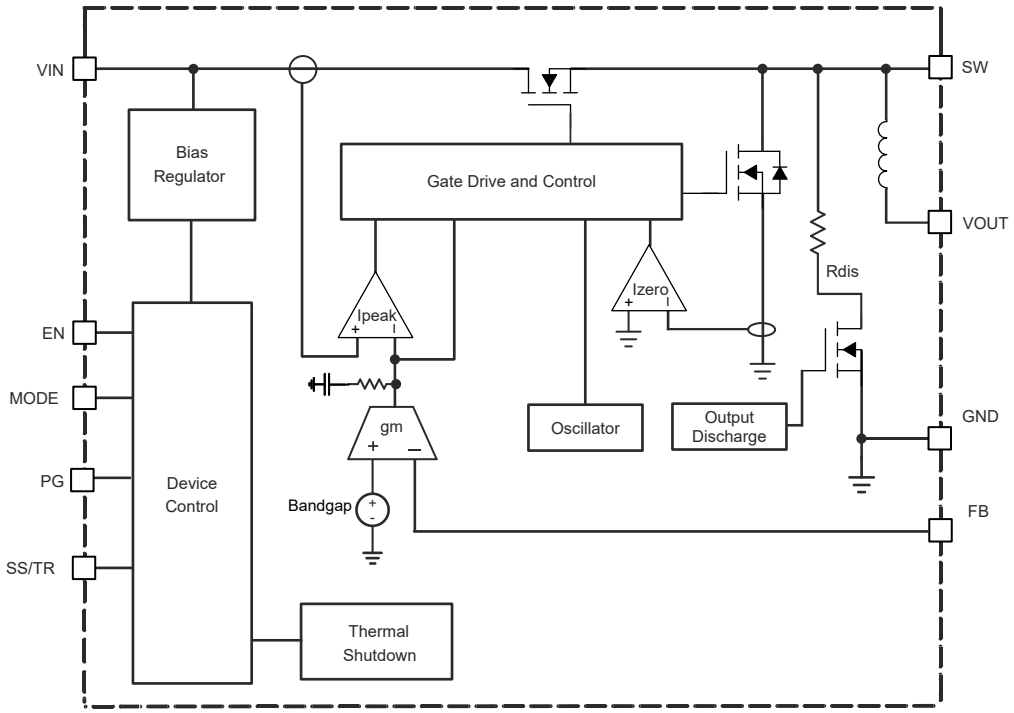
8 详细说明

8.1 概述

TPSM82851x 同步开关模式直流/直流转换器电源模块基于固定频率峰值电流模式控制拓扑。该控制环路具有内部补偿功能。将控制环路的带宽优化到可与 TPSM82851x 配合使用的宽输出电容范围。稳压网络使用小型外部元件和低 ESR 陶瓷输出电容器实现快速稳定的运行。

这些器件支持通过 MODE/SYNC 引脚连接到逻辑高电平来实现固定频率强制 PWM 运行模式。当 MODE/SYNC 引脚设置为逻辑低电平时，器件以低输出电流在省电模式 (PFM) 下运行，并在较高的输出电流情况下自动转换到固定频率 PWM 模式。在 PFM 模式下，开关频率会根据负载线性降低，从而在非常低的输出电流条件下保持高效率。该器件可与施加到 MODE/SYNC 引脚的 1.8MHz 到 4MHz 范围内的外部时钟信号同步。

8.2 功能方框图



8.3 特性说明

8.3.1 精密使能端 (EN)

在 TPSM82851x 的使能引脚处施加的电压与上升电压的 1.1V 固定阈值进行比较。该比较使您能够通过缓慢变化的电压来驱动引脚，并允许使用外部 RC 网络来实现加电延迟。

精密使能输入支持通过在使能引脚的输入端添加电阻分压器来提供用户可编程的欠压锁定。

下降沿的使能输入阈值通常比上升沿阈值低 100mV。当超过上升阈值时，TPSM82851x 开始运行。为确保正常运行，请端接使能 (EN) 引脚而不要将该引脚悬空。将使能引脚拉至低电平可强制器件关断，关断电流典型值为 1 µA。在此模式下，内部高侧和低侧 MOSFET 关闭，整个内部控制电路关闭。有关更多详细信息，请参阅 *“使用带有精密使能引脚阈值的直流/直流转换器实现零噪声启动”模拟设计期刊*。

8.3.2 MODE/SYNC

当 MODE/SYNC 设置为低电平时，器件在 PWM 或 PFM 模式下运行，具体取决于输出电流。MODE/SYNC 引脚设置为高电平时，会强制器件进入 PWM 模式。该引脚还允许您施加频率范围为 1.8MHz 到 4MHz 的外部时钟来实现外部同步。施加外部时钟时，器件在 PWM 模式下运行。与开关频率选择一样，在施加外部时钟信号时，必

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

须遵守最短导通时间规格。与外部时钟的同步是在所施加时钟的下降沿到内部 SW 引脚的上升沿完成的。MODE/SYNC 引脚可在运行期间更改。

8.3.3 欠压锁定 (UVLO)

如果输入电压下降，欠压锁定会通过关闭两个 MOSFET 来防止器件误操作。当电压高于 UVLO 上升阈值时，该器件可完全正常工作，如果输入电压低于下降阈值，则会关闭该器件。

8.3.4 电源正常状态输出 (PG)

电源正常引脚为开漏输出，需要一个上拉电阻器来连接到可高达建议输入电压电平的任何电压。电源正常引脚由窗口比较器驱动。PG 会在器件处于以下状态时保持低电平：

- 被禁用；
- 欠压锁定；
- 热关断；
- 或软启动。

因此，当输出电压处于稳压状态时，在电气特性中定义的窗口内，PG 输出为高阻抗。V_{IN} 必须保持存在以使 PG 引脚保持低电平。如果不使用电源正常输出，TI 建议将其连接到 GND 或使其保持断开状态。如电气特性中所述，PG 指示器具有抗尖峰脉冲功能，用于从输出“高阻抗”转换到“低电平”。

表 8-1. 电源正常引脚逻辑

EN	器件状态	PG 逻辑状态
X	V_{IN} < 2V	未定义
低电平	V_{IN} ≥ 2V	低
高	2V ≤ V_{IN} < V_{UVLO}、处于热关断状态、V_{OUT} 未处于稳压状态，或器件处于软启动状态	低
高	调节中的 V_{OUT}	高阻抗

8.3.5 热关断保护

器件的结温 (T_J) 由内部温度传感器监控。如果 T_J 超过 170°C（典型值），器件将进入热关断状态。高侧和低侧功率 FET 均关断，PG 变为低电平。当 T_J 降至 15°C（典型值）的迟滞量以下时，转换器从软启动开始恢复正常运行。在 PFM 期间，热关断未激活。

8.4 器件功能模式

8.4.1 脉宽调制 (PWM) 运行

TPSM82851x 有两种工作模式：强制 PWM 模式和 PFM/PWM 模式。

当 MODE/SYNC 引脚设置为高电平时，TPSM82851x 在连续导通模式 (CCM) 下以脉宽调制方式运行。开关频率为 2.25MHz 或由施加到 MODE/SYNC 引脚的外部时钟信号定义。在将外部时钟施加于 MODE/SYNC 时，TPSM82851x 遵循施加到该引脚的频率。通常，强制 PWM 模式下的频率范围是 1.8MHz 至 4MHz。但是，考虑到最短导通时间，频率必须在 TPSM82851x 可以工作的范围内。

8.4.2 节能模式运行 (PFM/PWM)

当 MODE/SYNC 引脚为低电平时，允许进入省电模式。只要峰值电感器电流高于约 0.8A 的 PFM 阈值，该器件就会在 PWM 模式下运行。当峰值电感器电流降至 PFM 阈值以下时，该器件开始跳过开关脉冲。在省电模式下，开关频率随负载电流降低，从而保持高效率。

8.4.3 100% 占空比运行

在 PWM 模式下运行时，降压转换器的占空比可通过 D = VOUT/VIN 计算得出。占空比随着输入电压接近输出电压而增加，关断时间变短。当达到典型值为 10ns 的最短关断时间时，TPSM82851x 会在接近 100% 模式时跳过其开关周期。在 100% 模式下，该器件会使高侧开关持续导通。只要输出电压低于目标，高侧开关就会保持开启

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

状态。该特性在电池供电应用中特别有用，可通过充分利用整个电池电压范围来实现更长的运行时间。可通过以下公式来计算用于维持最小输出电压的最小输入电压：

$$V_{IN(min)} = V_{OUT(min)} + I_{OUT(min)} \times R_{DP} \quad (1)$$

其中

- R_{DP} 是从 V_{IN} 到 V_{OUT} 的电阻，其中包括高侧 MOSFET 导通电阻和电感器的直流电阻。
- $V_{OUT\ (min)}$ 是负载可以接受的最低输出电压。

8.4.4 电流限制和短路保护

TPSM82851x 具有过载和短路保护功能。如果电感器电流超过电流限值 (I_{LIMH})，高侧 MOSFET 将关断，低侧 MOSFET 将导通，以便降低电感器电流。仅当低侧 MOSFET 中的电流降至低侧电流限值以下时，高侧 MOSFET 才会再次导通。由于内部传播延迟，实际电流可能会超过静态电流限制。动态电流限值如下所示：

$$I_{peak} = I_{LIM高电平} + \frac{V_L}{L} \times t_{PD} \quad (2)$$

其中

- I_{LIMH} 是电气特性中指定的静态电流限制
- L 是内部电感器的有效电感（典型值 0.47 µH）
- V_L 是电感器两端的电压 (V_{IN} – V_{OUT})
- t_{PD} 是通常为 50ns 的内部传播延迟

电流限制可能超过静态值，尤其是在输入电压较高且使用极小电感的情况下。动态高侧开关峰值电流的计算方法如下：

$$I_{peak} = I_{LIM高电平} + \frac{V_{IN} - V_{OUT}}{L} \times 50ns \quad (3)$$

8.4.5 输出放电

放电功能的目的是在禁用器件时确保输出电压按照既定设置降低，并将器件关闭时的输出电压维持至接近 0V。施加电源电压之后至少启用一次 TPSM82851x，输出放电功能才会激活。一旦器件被停用、热关断或欠压锁定，放电功能就会启用。放电功能保持活动状态所需的最小电源电压通常为 2V。在电流限制事件期间，不会输出放电。

8.4.6 软启动/跟踪 (SS/TR)

内部软启动电路控制启动期间的输出电压斜率。该控制可以避免过大的浪涌电流并确保受控的输出电压上升时间。该控制还可防止高阻抗电源或电池产生不必要的压降。当 EN 设置为高电平以开始运行时，器件在一段约 200 µs 的延迟后开始切换，然后内部基准和 V_{OUT} 以通过连接至 SS/TR 引脚的外部电容器控制的斜率上升。

SS/TR 引脚不得连接到其他器件的 SS/TR 引脚。TI 建议将 C_{SS} 保持在小于或等于 47nF。较大的电容无法在启动期间完全放电至零。在这种情况下，器件以高于 0V 的值开始输出电压斜升，导致器件浪涌电流在短时间内增加。

将 SS/TR 引脚保持未连接状态可提供超快的启动斜升（通常为 160µs）。在软启动期间，从 SS/TR 连接到 GND 的电容器通过内部电流源以 2.5µA 的电流进行充电。当 SS/TR 上的电压超过 0.6V 时，0.6V 的内部基准电压将接管控制。因此，设置特定斜坡时间 (t_{ramp}) 所需的电容是:

$$C_{SS}[nF] = \frac{2.5\mu A) \times t_{ramp}[ms]}{0.6V} \quad (4)$$

如果器件设置为关断 (EN = GND)、欠压锁定或热关断，则内部电阻器会将 SS/TR 引脚下拉至 GND，以便确保处于适当的低电平。从这些状态返回会导致新的启动序列。

可以将 SS/TR 上所施加小于内部基准电压的电压用作外部电压基准。以下示例是该功能的可能应用：

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

- 跟踪外部基准控制器电压。在强制 PWM 模式下，输出电压在两个方向上跟随此电压上升和下降。在 PFM 模式下，输出电压随负载电流和输出电容值而降低。
- 通过将分压器连接到另一个电源轨来跟踪另一个电源轨，并将连接点馈入该器件的 SS/TR，如图 9-28 和图 9-29 所示。
- 多个电源轨的电压时序控制和同步。例如，将其他转换器的开漏 PG 输出连接到此转换器的 SS/TR，以延迟输出电压生成，直到另一个电源轨准备就绪并稳定。
- 调制输出电压。在器件开始切换后，SS/TR 引脚上的电压电平可以在工作期间随时动态更改。例如，这可用于为 MCU/CPU/SoC 实现动态内核电压调节。

注意：在 SS/TR 处施加高于 0.6V 的外部电压。该电压随后被器件忽略，并改用内部基准电压。内部电流源可以使用典型 2.5 µA 的上拉电流将 SS/TR 引脚从高于 0.6V 电平上拉至低于 VIN 约 1.5V 的电平。对于软启动 (SS) 电容器的最大电压能力和弱外部电压源，必须考虑到这一情况。

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

9 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。

9.1 应用信息

TPSM82851x 是同步降压转换器电源模块。所需的功率电感器集成在 TPSM82851x 内部的屏蔽版本中。TPSM828510、TPSM828511 和 TPSM828512 具有引脚对引脚和 BOM 对 BOM 兼容性，仅在额定输出电流方面有所不同。

9.2 典型应用

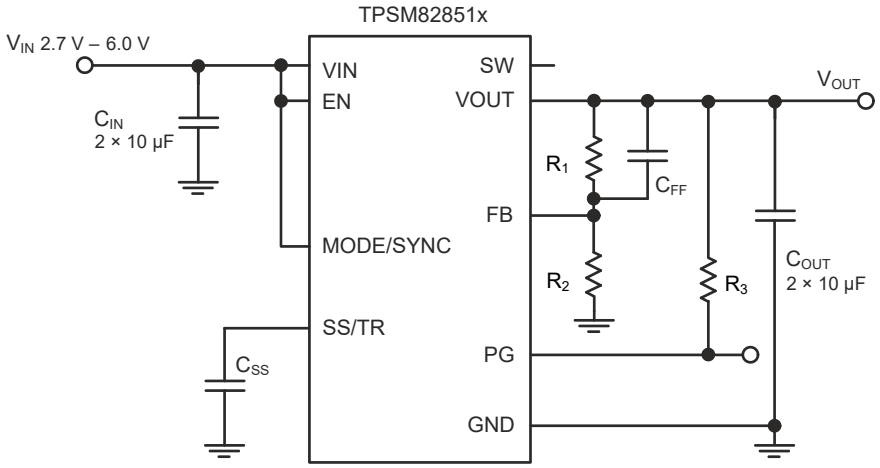


图 9-1. 典型应用原理图

9.2.1 设计要求

本设计指南提供了在建议运行条件下运行器件时的元件选择。

9.2.2 详细设计过程

9.2.2.1 对输出电压进行编程

TPSM82851x 的输出电压可调节。根据方程式 5 选择电阻 R1 和 R2，以将输出电压设置在 0.6V 至 5.5V 范围内。为保持反馈 (FB) 网络免受噪声影响，请将 R2 设置为 100kΩ 或更小值，以使分压器中的电流至少为 6µA。如 *“直流/直流转换器中电阻反馈分压器的设计注意事项”模拟设计期刊* 中所述，FB 电阻器值越低，抗噪性越好，但轻负载效率越低。

$$R_1 = R_2 \times \left(\frac{V_{OUT}}{V_{FB}} - 1\right) \quad (5)$$

V_{FB} = 0.6V 时：

表 9-1. 设置输出电压

标称输出电压 V_{OUT}	R_1	R_2	C_{FF}	确切输出电压
0.8V	16.9kΩ	51kΩ	10pF	0.7988V
1.0V	20kΩ	30kΩ	10pF	1.0V
1.1V	39.2kΩ	47kΩ	10pF	1.101V
1.2V	68kΩ	68kΩ	10pF	1.2V

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

表 9-1. 设置输出电压（续）

标称输出电压 V_{OUT}	R_1	R_2	C_{FF}	确切输出电压
1.5V	76.8kΩ	51kΩ	10pF	1.5V
1.8V	80.6kΩ	40.2kΩ	10pF	1.803V
2.5V	47.5kΩ	15kΩ	10pF	2.5V
3.3V	88.7kΩ	19.6kΩ	10pF	3.315V

9.2.2.2 前馈电容器

TI 建议将前馈电容器 (C_{FF}) 与 R_1 并联以改善瞬态响应。无论 FB 电阻器的值如何，C_{FF} 值必须始终为 10pF。

9.2.2.3 输入电容器

对于大多数应用，10µF 标称值已足够并推荐使用。输入电容器可缓冲瞬态事件的输入电压，并将转换器与电源去耦。TI 建议使用低 ESR 多层陶瓷电容器 (MLCC) 以实现出色滤波效果，并必须将其放置在 VIN 和 GND 之间尽可能靠近这些引脚的位置。

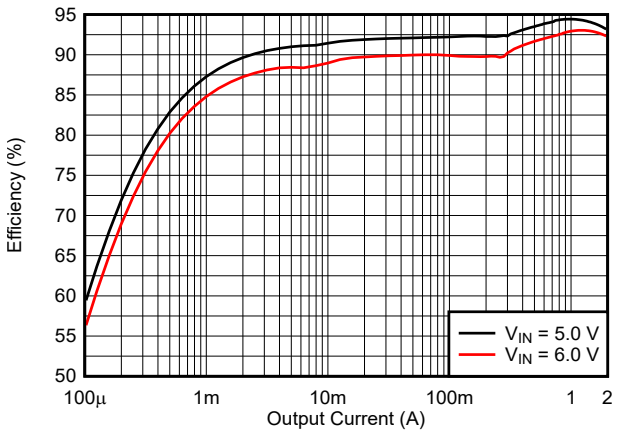
9.2.2.4 输出电容器

TPSM82851x 的架构允许使用具有低等效串联电阻 (ESR) 的微型陶瓷输出电容器。这些电容器提供低输出电压纹波，TI 推荐使用这些电容器。为了在高频下保持低电阻值并在温度变化时使电容具有窄变化幅度，TI 建议使用 X7R 或 X5R 电介质电容器。在省电模式下，使用较高的值具有较小的电压纹波和较高的直流输出精度等优点。

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

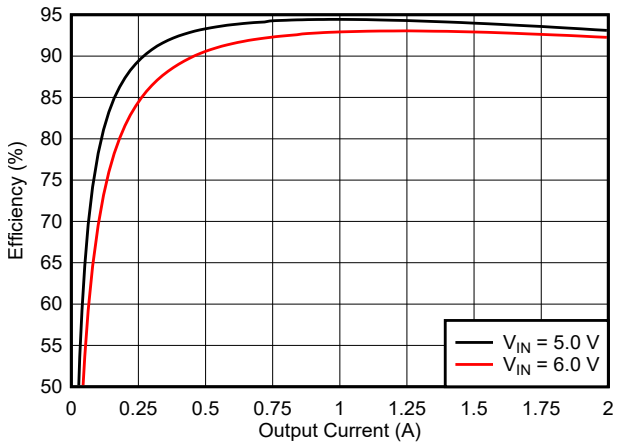
9.2.2.5 应用曲线

T_A = 25°C，V_{IN} = 5V，V_{OUT} = 1.8V，1.8MHz，PWM 模式，BOM = 表 7-1（除非另有说明）。



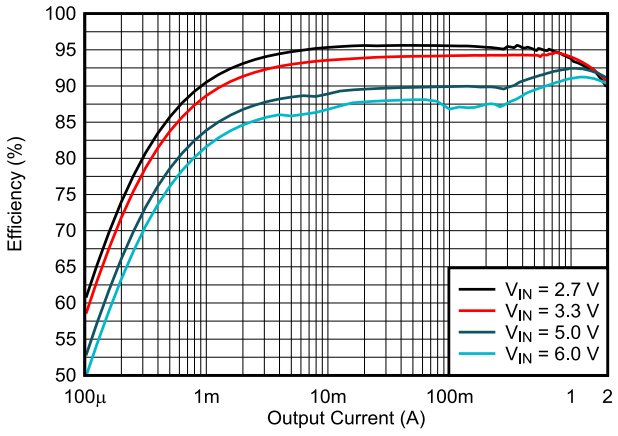
V_{OUT} = 3.3V　　PFM　　T_A = 25°C

图 9-2. 效率与输出电流间的关系



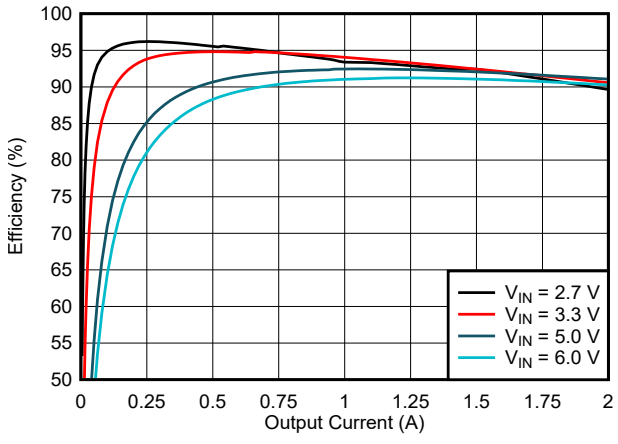
V_{OUT} = 3.3V　　PWM　　T_A = 25°C

图 9-3. 效率与输出电流间的关系



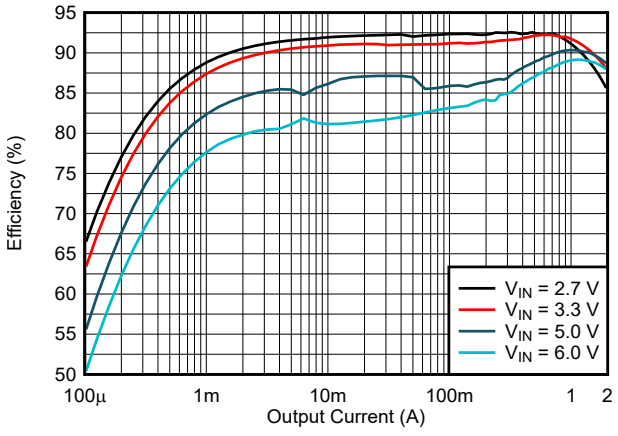
V_{OUT} = 2.5V　　PFM　　T_A = 25°C

图 9-4. 效率与输出电流间的关系



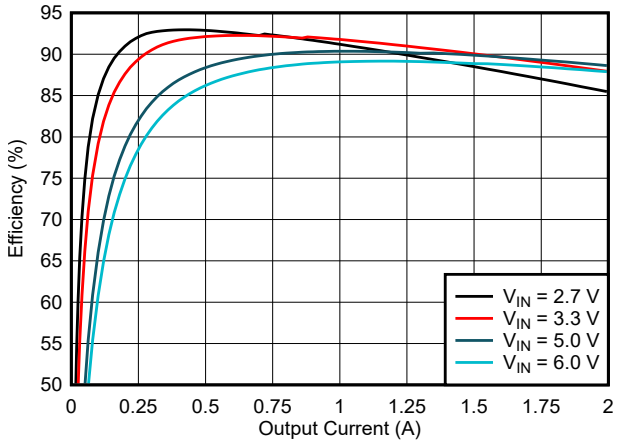
V_{OUT} = 2.5V　　PWM　　T_A = 25°C

图 9-5. 效率与输出电流间的关系



V_{OUT} = 1.8V　　PFM　　T_A = 25°C

图 9-6. 效率与输出电流间的关系



V_{OUT} = 1.8V　　PWM　　T_A = 25°C

图 9-7. 效率与输出电流间的关系

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

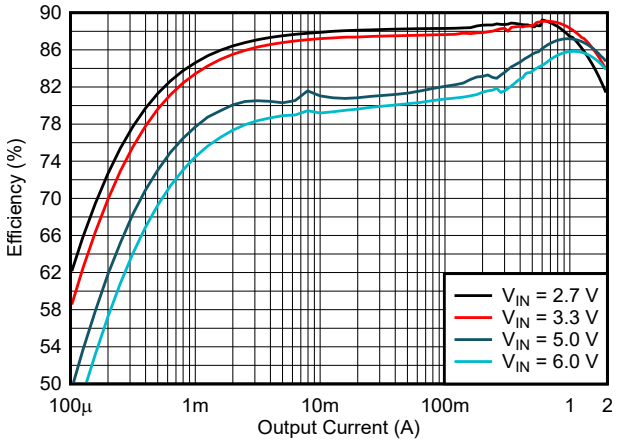


图 9-8. 效率与输出电流间的关系

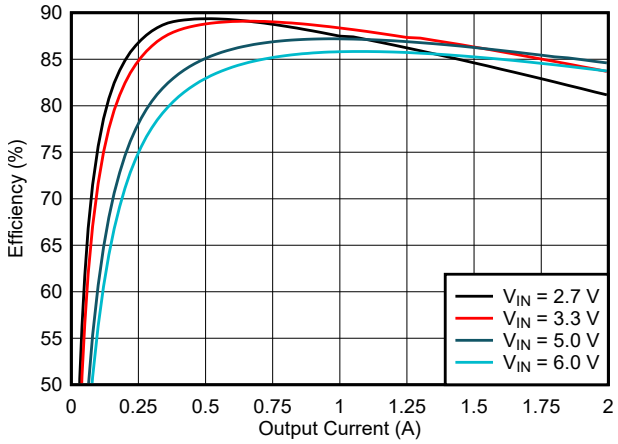


图 9-9. 效率与输出电流间的关系

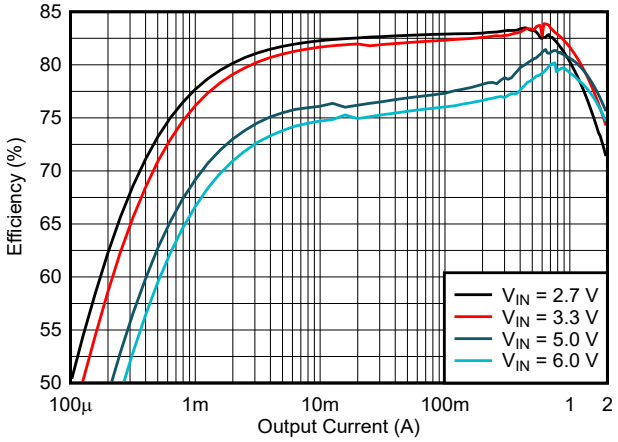


图 9-10. 效率与输出电流间的关系

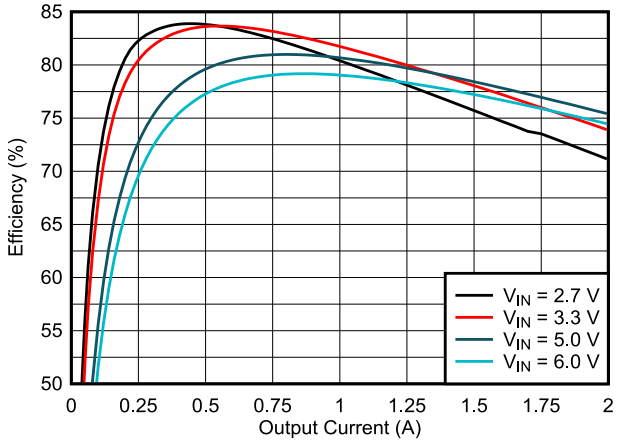


图 9-11. 效率与输出电流间的关系

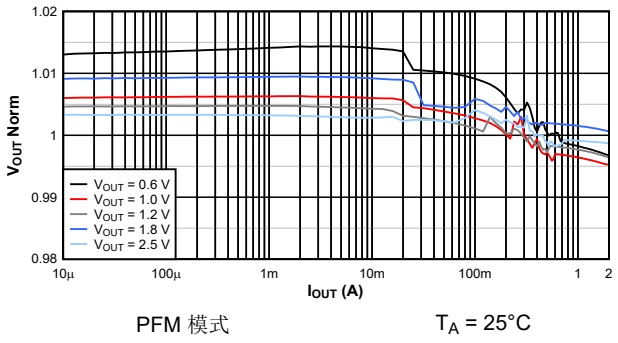


图 9-12. 负载调整率（V_{IN} = 3.3V）

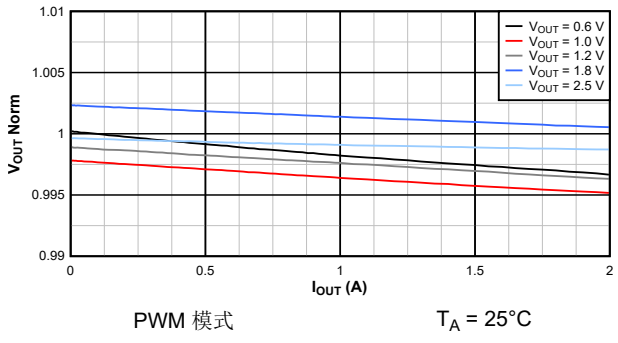
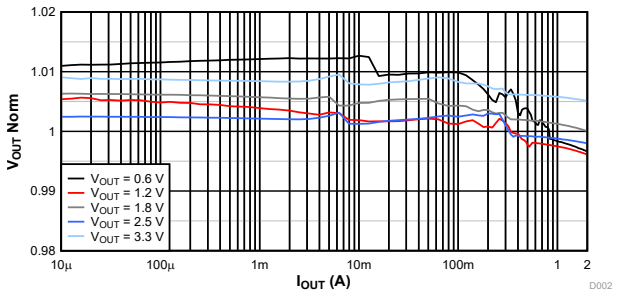


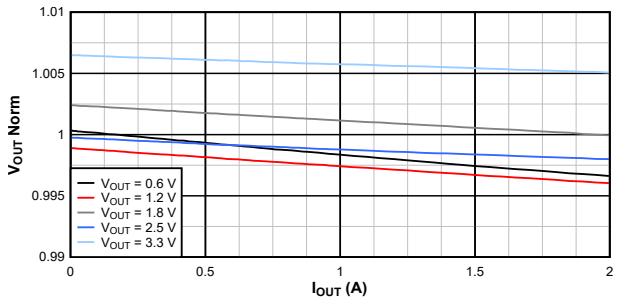
图 9-13. 负载调整率（V_{IN} = 3.3V）

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated



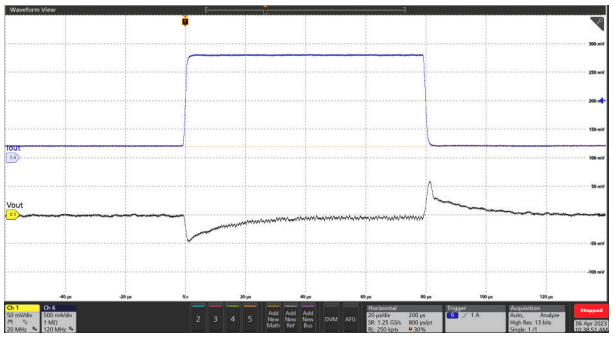
PFM 模式 T_A = 25°C

图 9-14. 负载调整率（V_{IN} = 5V）



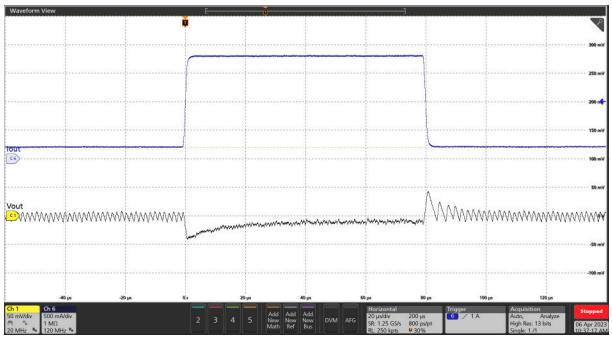
PWM 模式 T_A = 25°C

图 9-15. 负载调整率（V_{IN} = 5V）



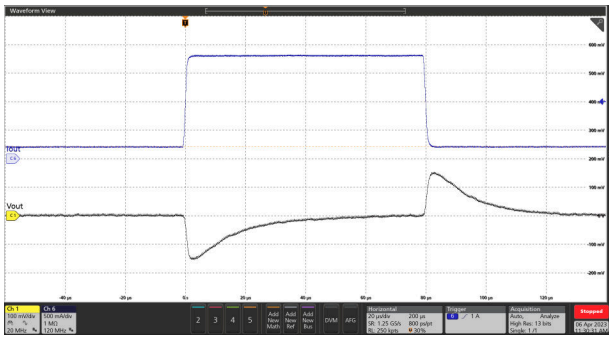
V_{OUT} = 0.6V PWM T_A = 25°C
V_{IN} = 3.3V I_{OUT} = 0.2 A 至 1.8 A

图 9-16. 负载瞬态响应



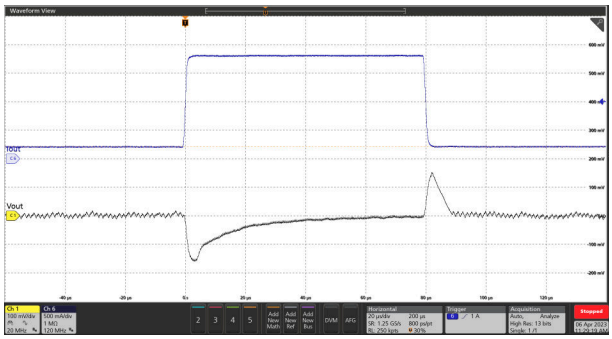
V_{OUT} = 0.6V PFM T_A = 25°C
V_{IN} = 3.3V I_{OUT} = 0.2 A 至 1.8 A

图 9-17. 负载瞬态响应



V_{OUT} = 3.3V PWM T_A = 25°C
V_{IN} = 5.0V I_{OUT} = 0.2 A 至 1.8 A

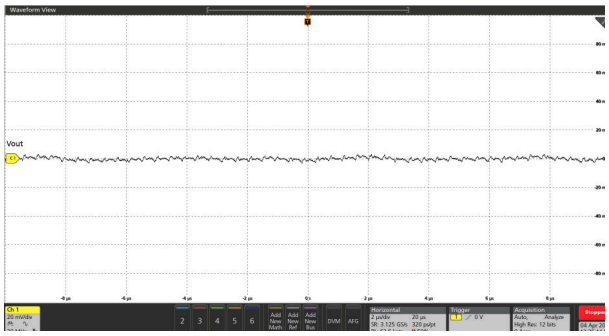
图 9-18. 负载瞬态响应



V_{OUT} = 3.3V PFM T_A = 25°C
V_{IN} = 5.0V I_{OUT} = 0.2 A 至 1.8 A

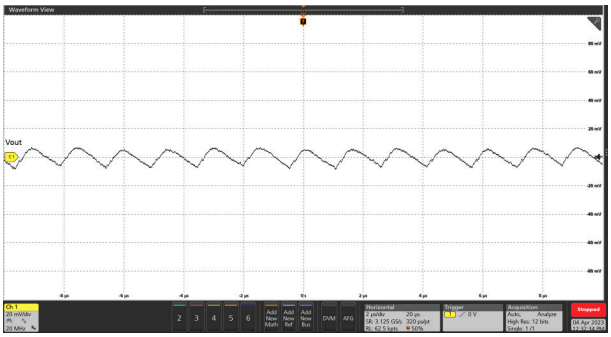
图 9-19. 负载瞬态响应

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated



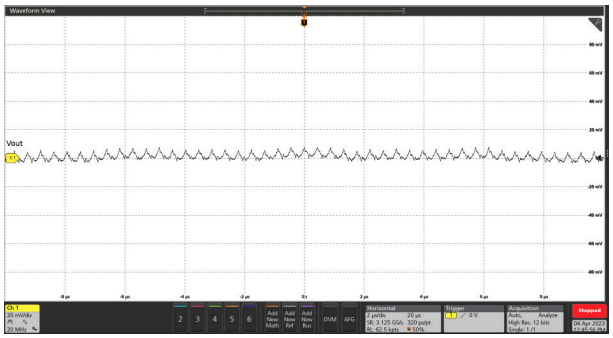
V_{OUT} = 0.6V　PWM　T_A=25°C
I_{OUT} = 0.2 A　V_{IN} = 3.3V　带宽 = 20MHz

图 9-20. 输出和输入电压纹波



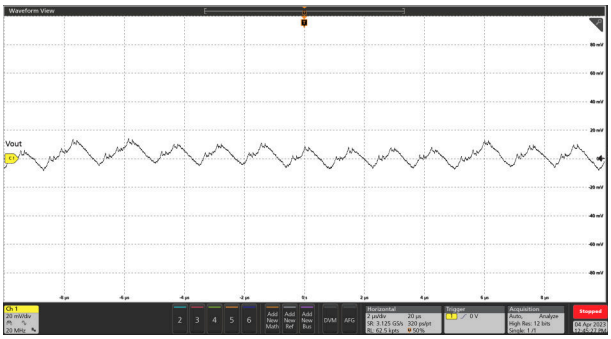
V_{OUT} = 0.6V　PFM　T_A = 25°C
I_{OUT} = 0.2 A　V_{IN} = 3.3V　带宽 = 20MHz

图 9-21. 输出和输入电压纹波



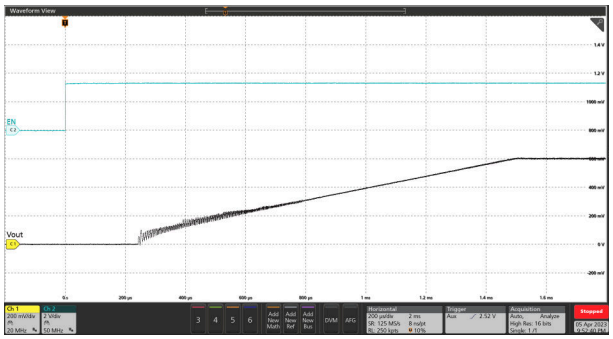
V_{OUT} = 3.3V　PWM　T_A=25°C
I_{OUT} = 0.2 A　V_{IN} = 5.0V　带宽 = 20MHz

图 9-22. 输出和输入电压纹波



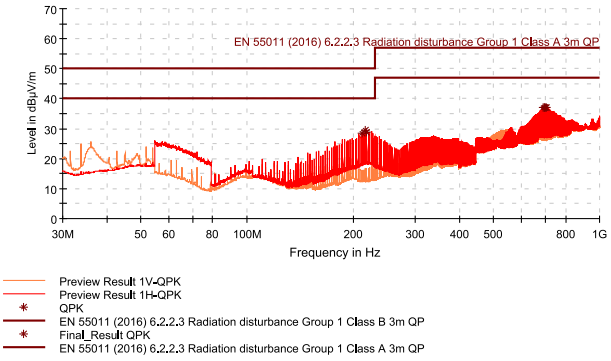
V_{OUT} = 3.3V　PFM　T_A = 25°C
I_{OUT} = 0.2 A　V_{IN} = 5.0V　带宽 = 20MHz

图 9-23. 输出和输入电压纹波



V_{OUT} = 0.6V　PWM/PFM　T_A = 25°C
I_{OUT} = 2A　V_{IN} = 3.3V　C_{SS} = 4.7nF

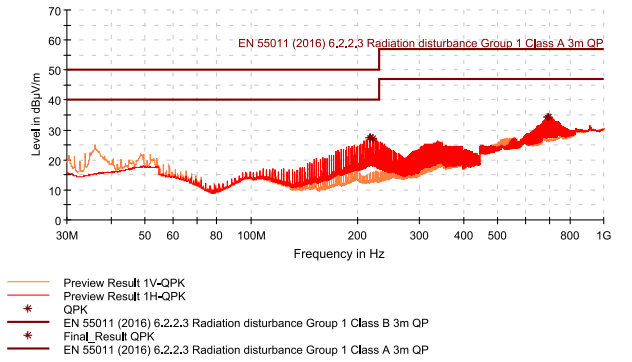
图 9-24. 启动时序



V_{OUT} = 1.2V　PWM　T_A = 25°C
I_{OUT} = 2A　V_{IN} = 6V　在 TPSM828512EVM 上测得

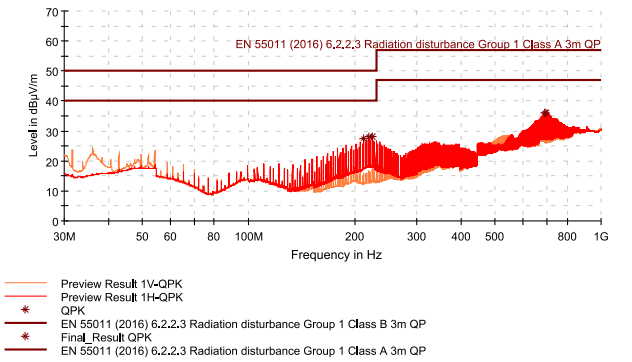
图 9-25. 辐射发射

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated



V_{OUT} = 1.8V　PWM　T_A = 25°C
I_{OUT} = 2A　V_{IN} = 6V　在 TPSM828512EVM 上测得

图 9-26. 辐射发射



V_{OUT} = 3.3V　PWM　T_A = 25°C
I_{OUT} = 2A　V_{IN} = 6V　在 TPSM828512EVM 上测得

图 9-27. 辐射发射

9.3 系统示例

9.3.1 电压跟踪

SS/TR 引脚由另一个电压源从外部进行驱动，以实现输出电压跟踪。图 9-28 显示了应用电路。内部误差放大器的内部基准电压跟随 SS/TR 引脚电压，范围为 0V 到 0.6V。当 SS/TR 引脚电压高于 0.6V 时，电压跟踪被禁用，FB 引脚电压被调节为 0.6V。该器件可实现比例式或并行（同步）输出跟踪，如图 9-29 所示。

结合考虑 2.5 µA 的充电电流，适当低设置 R2 值来实现精确的电压跟踪。R2 设为 1kΩ 或更小的值就足够了。当器件处于 PFM 模式时，为了降低 SS/TR 引脚电压，器件不会从输出端灌入电流。如果负载较轻，输出电压的下降速度可能会慢于 SS/TR 引脚电压。在使用外部电压驱动 SS/TR 引脚时，不要超过 SS/TR 引脚的额定电压，即 VIN+0.3V。

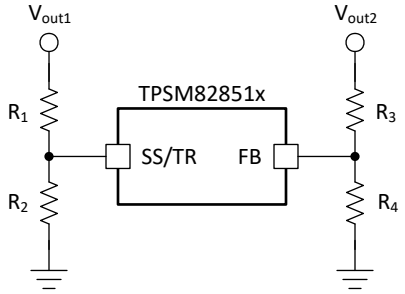


图 9-28. 输出电压跟踪原理图

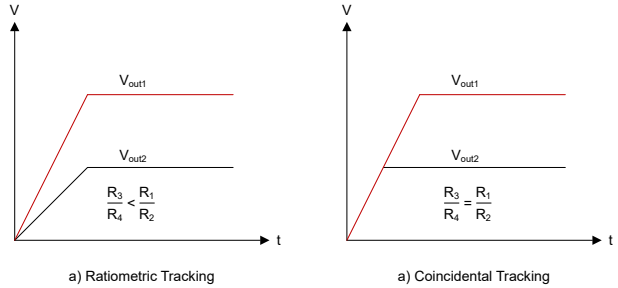


图 9-29. 输出电压跟踪

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

9.3.2 与外部时钟同步

可以通过在 MODE/SYNC 引脚上施加外部时钟来同步 TPSM82851x。无需任何额外的电路。请参阅图 9-30。运行期间，可以施加、更改和移除时钟。TI 建议选择的 R_{CF} 电阻值应确保内部定义的频率和外部施加的频率彼此接近，以对外部时钟具有快速的稳定时间。如果 COMP/FSET 引脚连接到 Vin 或 GND，则无法与时钟同步。图 9-31 和图 9-32 显示了施加和移除的外部时钟。施加外部时钟时，器件在 PWM 模式下运行。

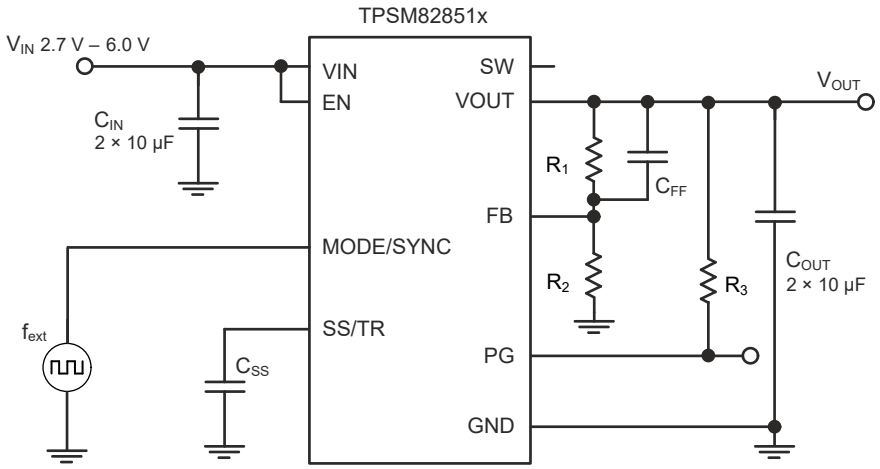
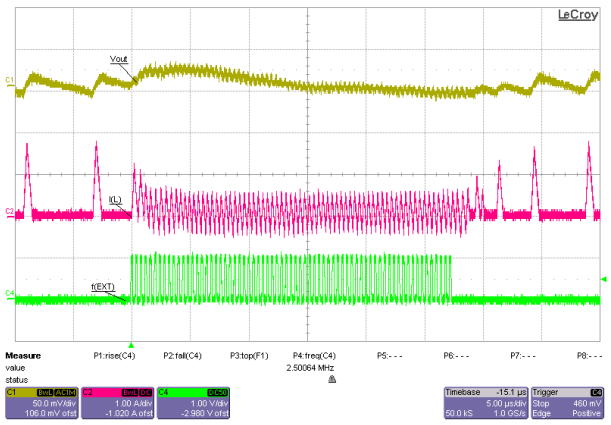
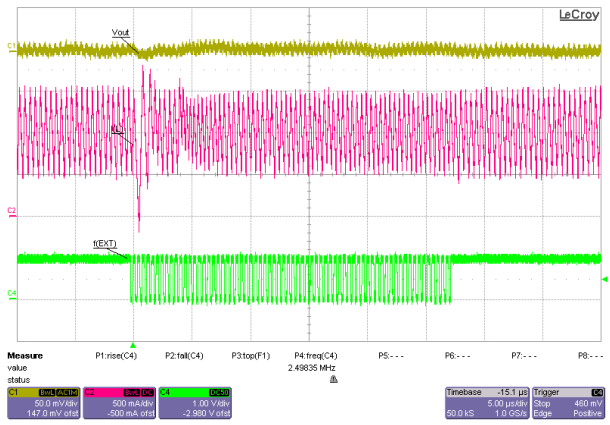


图 9-30. 频率同步



V_{IN} = 5V　R_{CF} = 8.06kΩ　I_{OUT} = 0.1 A
V_{OUT} = 1.8V　f_{EXT} = 2.5MHz

图 9-31. 施加和移除同步信号 (PFM)



V_{IN} = 5V　R_{CF} = 8.06kΩ　I_{OUT} = 1A
V_{OUT} = 1.8V　f_{EXT} = 2.5MHz

图 9-32. 施加和移除同步信号 (FPWM)

9.4 电源建议

TPSM82851x 器件系列对输入电源没有特殊要求。请根据 TPSM82851x 的电源电压、输出电压和输出电流来确定输入电源的输出电流额定值。

9.5 布局

9.5.1 布局指南

正确的布局对于任何开关模式电源的运行至关重要，尤其是在高开关频率条件下。因此，为确保实现出色的性能，需要特别注意 TPSM82851x 的 PCB 布局。布局不佳可能会导致线路和负载调节不良、不稳定、EMI 辐射增加和噪声灵敏度等问题。有关一般最佳实践的详细讨论，请参阅 *“实现降压转换器理想 PCB 布局的五个步骤”模拟设计期刊*。下面列出了针对该器件的具体建议。

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

- 将输入电容器放置在尽可能靠近器件的 VIN 引脚和 GND 引脚的位置上。这是最关键的元件放置方式。将输入电容器直接连接到 VIN 和 GND 引脚，避免过孔。
- 将输出电容器接地放置在靠近 VOUT 和 GND 引脚的位置并直接布线，避免过孔。
- 将 FB 电阻器 R1 和 R2 以及前馈电容器 C_{FF} 放置在靠近 FB 引脚的位置，并将 C_{SS} 放置在靠近 SS/TR 引脚的位置，以更大程度地减少噪声拾取。
- EVM 实现了建议的布局，如 *TPSM82851xEVM 评估模块 EVM 用户指南* 和 *布局示例* 中所示。
- 请参阅本数据表末尾的 TPSM82851x 建议焊盘图案。为了获得出色的制造效果，当某些引脚（例如 VIN、VOUT 和 GND）连接到大铜平面时，请按照阻焊层限定 (SMD) 的方式创建焊盘。使用 SMD 焊盘可保持每个焊盘具有相同尺寸，并避免焊料在回流期间拉扯器件。

9.5.2 布局示例

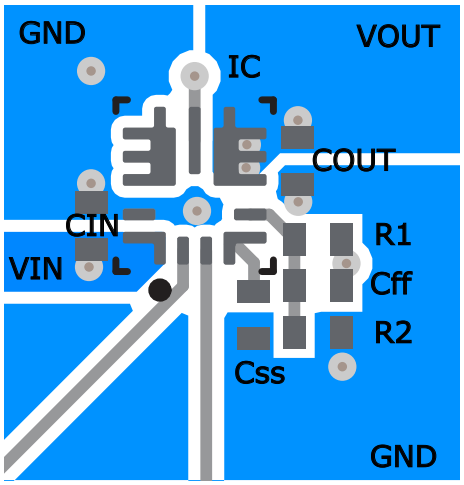


图 9-33. 布局示例

9.5.2.1 散热注意事项

TPSM82851x 模块温度必须保持低于 125°C 的最大额定值。提高热性能的三种基本方法如下：

- 增强 PCB 设计的散热能力。
- 在 PCB 上增加散热耦合组件。
- 系统增加空气导流装置。

要估算 TPSM82851x 的大致模块温度，请将本数据表中所述的典型效率应用于所需的应用条件，以计算出模块的功率耗散。然后，通过将功率耗散乘以功率耗散热阻来计算模块温升。有关如何在实际应用中使用热参数的更多详细信息，请参阅应用手册：*采用 JEDEC PCB 设计的线性和逻辑封装的热特性* 和 *半导体和 IC 封装热指*。

热性能信息 中的热性能值使用了建议的焊盘图案，如本数据表末尾所示，包括所示的 18 个过孔。TPSM82851x 在 JEDEC 51-7 定义的 PCB 上进行仿真。GND 引脚上的 9 个过孔连接到其他 PCB 层上的覆铜，而其余的 9 个过孔未连接到其他层。

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

10 器件和文档支持

10.1 器件支持

10.1.1 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。

10.2 文档支持

10.2.1 相关文档

请参阅以下相关文档：

- 德州仪器 (TI)，*TPSM82810EVM-089 评估模块* EVM 用户指南
- 德州仪器 (TI)，*TPSM82851xEVM 评估模块* EVM 用户指南
- 德州仪器 (TI)，*“实现降压转换器理想 PCB 布局的五个步骤”模拟设计期刊*
- 德州仪器 (TI)，*直流/直流转换器中电阻反馈分压器的设计注意事项* 模拟设计期刊
- 德州仪器 (TI)，*使用带有精密使能引脚阈值的直流/直流转换器实现零噪声启动* 模拟设计期刊
- 德州仪器 (TI)，*采用 JEDEC PCB 设计的线性和逻辑封装的热特性* 应用手册

10.3 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。

10.4 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。

10.5 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。

10.6 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。

10.7 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。

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

11 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	说明
2023 年 11 月	*	初始发行版

12 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。

Copyright © 2023 Texas Instruments Incorporated

PACKAGING INFORMATION

Orderable Device	Status (1)	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan (2)	Lead finish/ Ball material (6)	MSL Peak Temp (3)	Op Temp (°C)	Device Marking (4/5)	Samples
TPSM828510RDYR	ACTIVE	QFN-FCMOD	RDY	9	3000	RoHS & Green	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	88510	Samples
TPSM828511RDYR	ACTIVE	QFN-FCMOD	RDY	9	3000	RoHS & Green	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	88511	Samples
TPSM828512RDYR	ACTIVE	QFN-FCMOD	RDY	9	3000	RoHS & Green	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 125	88512	Samples

(1) The marketing status values are defined as follows:
ACTIVE: Product device recommended for new designs.
LIFEBUY: TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.
NRND: Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using this part in a new design.
PREVIEW: Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.
OBSOLETE: TI has discontinued the production of the device.

(2) **RoHS:** TI defines "RoHS" to mean semiconductor products that are compliant with the current EU RoHS requirements for all 10 RoHS substances, including the requirement that RoHS substance do not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, "RoHS" products are suitable for use in specified lead-free processes. TI may reference these types of products as "Pb-Free".
RoHS Exempt: TI defines "RoHS Exempt" to mean products that contain lead but are compliant with EU RoHS pursuant to a specific EU RoHS exemption.
Green: TI defines "Green" to mean the content of Chlorine (Cl) and Bromine (Br) based flame retardants meet JS709B low halogen requirements of <=1000ppm threshold. Antimony trioxide based flame retardants must also meet the <=1000ppm threshold requirement.

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

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

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

(6) Lead finish/Ball material - Orderable Devices 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.

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.

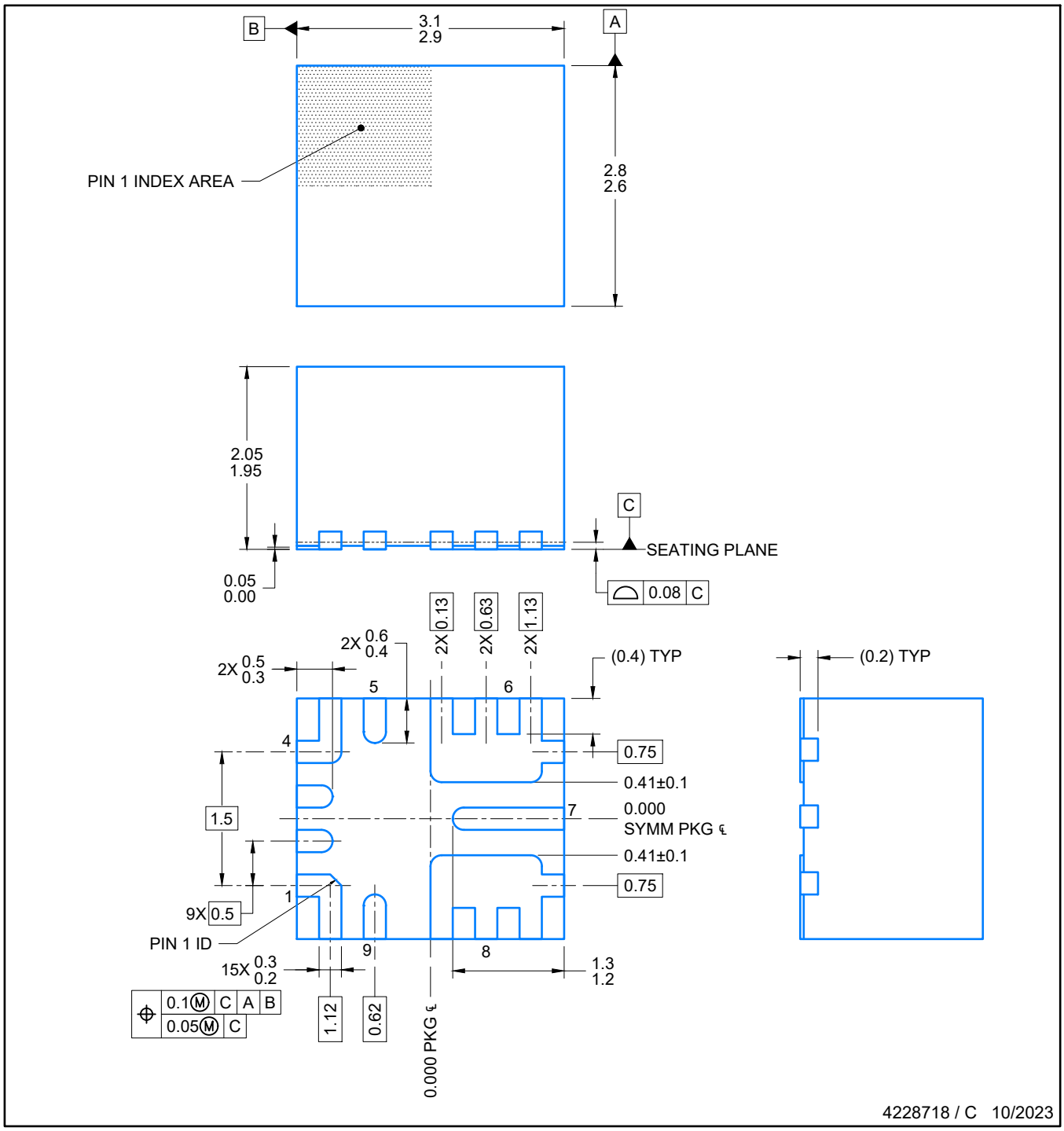
In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

PACKAGE OUTLINE

RDY0009A

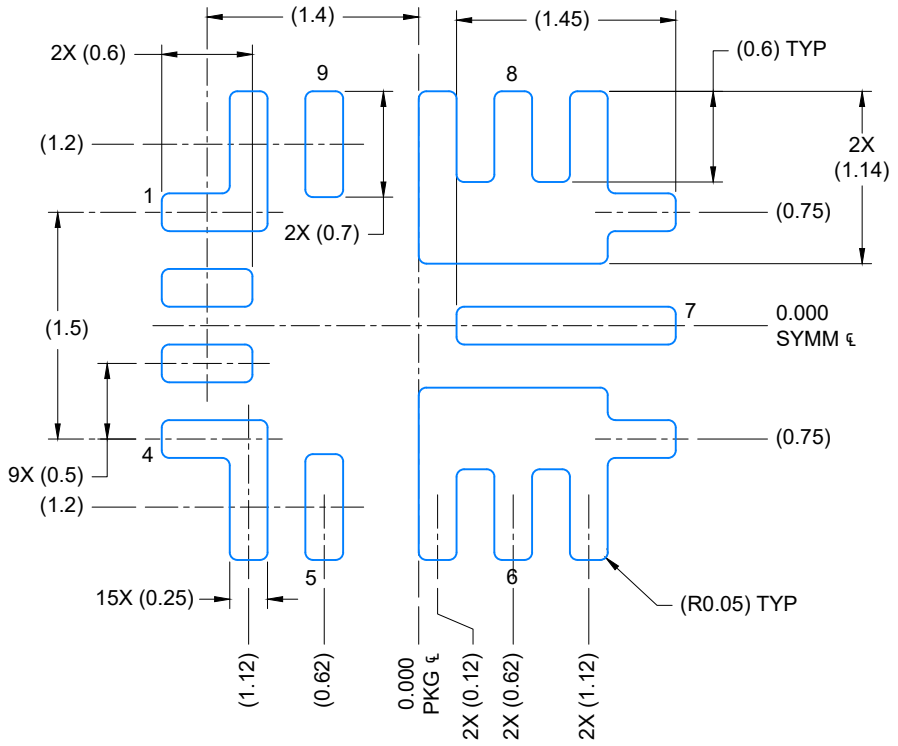
QFN - FCMOD - 2.05 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK- NO LEAD



NOTES:

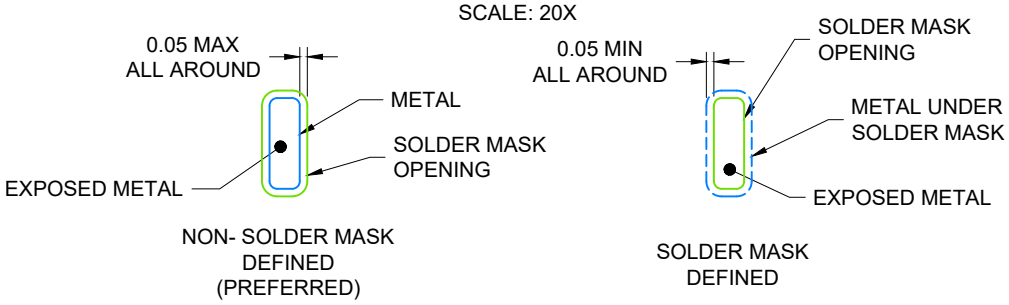
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.



LAND PATTERN EXAMPLE

EXPOSED METAL SHOWN

SCALE: 20X

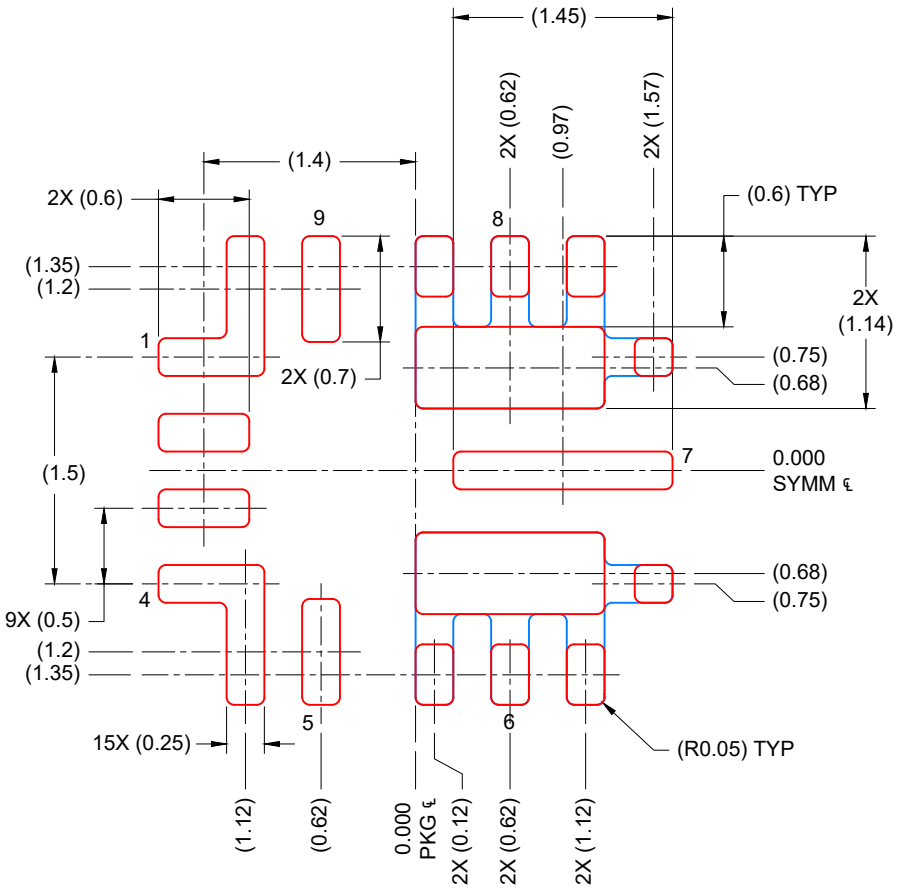


SOLDER MASK DETAILS

4228718 / C 10/2023

NOTES: (continued)

3. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/slua271).
4. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.1 mm THICK STENCIL

PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA UNDER PACKAGE
PADS 6 & 8 = 84%
SCALE: 20X

4228718 / C 10/2023

NOTES: (continued)

5. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations..

重要声明和免责声明

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出任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面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功能安全、信息安全、监管或其他要求。

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 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 TI 的销售条款或 ti.com 上其他适用条款/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。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司