

TPS6281x-EP 具有可调频率的 6V、1A、2A、3A 和 4A 直流/直流降压转换器系列（增强型产品）

1 特性

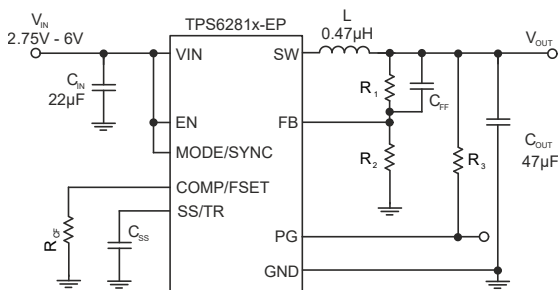
- 输入电压范围：2.75V 至 6V
- 1A、2A、3A 和 4A 转换器系列
- 静态电流：15 μ A（典型值）
- 输出电压范围为 0.6V 至 5.5V
- 输出电压精度为 $\pm 1\%$ （FPWM 运行）
- 可调软启动
- 强制 PWM 或 PWM 以及 PFM 运行
- 可调开关频率为 1.8MHz 至 4MHz
- 精密使能输入可实现
 - 用户定义的欠压锁定
 - 准确时序控制
- 100% 占空比模式
- 有源输出放电
- 具有窗口比较器的电源正常输出

2 应用

- 飞机电动助力
- 国防无线电
- 导引头前端
- 机载娱乐系统
- 铁路运输

支持国防和航空航天应用：

- 受控基线
- 一个制造基地
- 一个封装测试厂
- 延长了产品生命周期
- 产品可追溯性



简化版原理图

3 说明

TPS6281x-EP 是引脚对引脚 1A、2A、3A 和 4A 同步直流/直流降压转换器系列。所有器件都具有高效率且易于使用。该系列器件基于峰值电流模式控制拓扑。低阻开关可在高温环境下支持高达 4A 的持续输出电流。用户可通过外部方式在 1.8MHz 至 4MHz 范围内调节开关频率，亦可在该频率范围内将其同步至外部时钟。该器件可在轻负载时自动进入节能模式（PSM），从而可在整个负载范围内保持高效率。该器件可在 PWM 模式下提供 1% 的输出电压精度，这有助于实现具有高输出电压精度的电源设计。通过 SS/TR 引脚，用户可设置启动时间或跟踪向外部源提供的输出电压，从而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。

TPS6281x-EP 器件采用 2mm × 3mm VQFN 封装。

封装信息

器件型号	封装 ⁽¹⁾	封装尺寸 ⁽²⁾
TPS62810-EP	RWY (VQFN-HR , 9)	3mm × 2mm
TPS62811-EP		
TPS62812-EP		
TPS62813-EP		

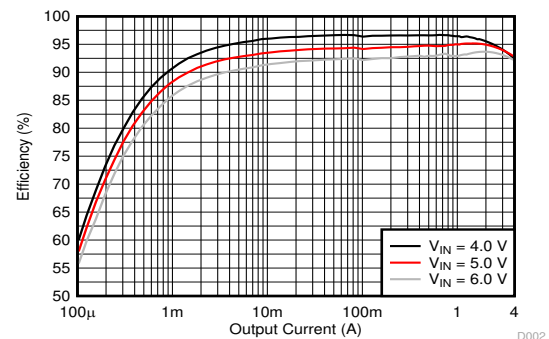
(1) 有关更多信息，请参阅节 12。

(2) 封装尺寸（长 × 宽）为标称值，并包括引脚（如适用）。

器件信息

器件型号 ⁽¹⁾	输出电流
TPS62810-EP	4A
TPS62811-EP	1A
TPS62812-EP	2A
TPS62813-EP	3A

(1) 请参阅器件比较表。



效率与输出电流间的关系；

$V_{OUT} = 3.3V$ ；PWM 和 PFM； $f_s = 2.25MHz$



内容

1 特性	1	8.4 器件功能模式	15
2 应用	1	9 应用和实施	17
3 说明	1	9.1 应用信息.....	17
4 器件比较表	3	9.2 典型应用.....	19
5 引脚配置和功能	4	9.3 系统示例.....	30
6 规格	5	9.4 电源相关建议.....	32
6.1 绝对最大额定值.....	5	9.5 布局.....	32
6.2 ESD 等级.....	5	10 器件和文档支持	34
6.3 建议运行条件.....	5	10.1 器件支持.....	34
6.4 热性能信息.....	5	10.2 文档支持.....	34
6.5 电气特性.....	6	10.3 接收文档更新通知.....	34
6.6 典型特性.....	8	10.4 支持资源.....	34
7 参数测量信息	9	10.5 商标.....	34
7.1 原理图.....	9	10.6 静电放电警告.....	34
8 详细说明	11	10.7 术语表.....	34
8.1 概述.....	11	11 修订历史记录	34
8.2 功能方框图.....	11	12 机械、封装和可订购信息	34
8.3 特性说明.....	11		

4 器件比较表

器件型号	输出电流	VOUT 放电	折返电流限制	展频时钟 (SSC)	输出电压
TPS62811MRWYRNEP	1A	开启	关闭	关闭	可调节
TPS62812MRWYRNEP	2A				
TPS62813MRWYRNEP	3A				
TPS62810MRWYRNEP	4A				

5 引脚配置和功能

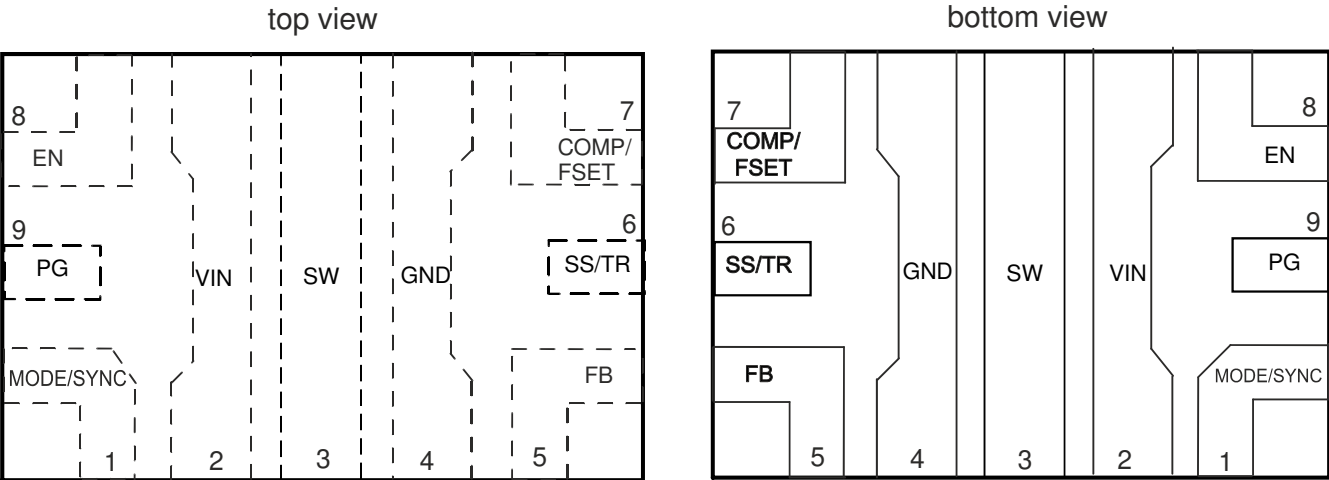


图 5-1.9 引脚 (VQFN-HR) RWY 封装

表 5-1. 引脚功能

引脚		类型 ⁽¹⁾	说明
名称	编号		
EN	8	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。请勿使该引脚保持未连接状态。
FB	5	I	电压反馈输入。将电阻式输出分压器连接到此引脚。对于固定电压版本，请将 FB 引脚直接连接到输出电压。
GND	4		接地引脚
MODE/SYNC	1	I	当该引脚被拉低时，器件在 PFM/PWM 模式下运行。如果该引脚被拉至高电平，则器件在强制 PWM 模式下运行。请勿使该引脚保持未连接状态。该模式引脚还可用于将器件与外部频率进行同步。有关施加到该引脚实现外部同步的数字信号的详细规格，请参阅节 6。
COMP/FSET	7	I	器件补偿和频率设置输入。该引脚与 GND 之间的电阻定义了控制环路的补偿以及开关频率（如果未在外部同步）。如果该引脚连接到 GND 或 VIN，则开关频率设置为 2.25MHz。请勿使该引脚保持未连接状态。
PG	9	O	开漏电源正常状态输出。未处于电源正常状态时为低阻抗，处于电源正常状态时为高阻抗。该引脚可以在不使用时保持开路或连接到 GND。
SS/TR	6	I	软启动/跟踪引脚。从该引脚连接到 GND 的电容器定义内部基准电压的上升时间。该引脚还可用作跟踪和时序控制的输入；请参阅节 8.4.7。
SW	3		转换器的开关引脚。该引脚连接到内部功率 MOSFET。
VIN	2		电源输入。在 VIN 引脚和 GND 之间（尽可能接近它们）连接输入电容器。

(1) I = 输入，O = 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
引脚电压范围 ⁽¹⁾	V _{IN}	-0.3	6.5	V
	SW	-0.3	V _{IN} + 0.3	V
	SW (瞬变时间不到 10ns) ⁽²⁾	-3	10	V
	FB	-0.3	4	V
	PG、SS/TR、COMP/FSET	-0.3	V _{IN} + 0.3	V
引脚电压范围 ⁽¹⁾	EN、MODE/SYNC	-0.3	6.5	V
贮存温度, T _{stg}		-65	150	°C

- (1) 超出“绝对最大额定值”运行可能会对器件造成永久损坏。绝对最大额定值并不表示器件在这些条件下或在建议运行条件以外的任何其他条件下能够正常运行。如果超出“建议运行条件”但在“绝对最大额定值”范围内使用,器件可能不会完全正常运行,这可能影响器件的可靠性、功能和性能并缩短器件寿命。
- (2) 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 标准 (1)	±2000	V
		充电器件模型 (CDM), 符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 标准 (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 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。

6.3 建议运行条件

		最小值	标称值	最大值	单位
V _{IN}	电源电压范围	2.75		6	V
V _{OUT}	输出电压范围	0.6		5.5	V
L	1.8MHz 至 3.5MHz 开关频率的有效电感	0.32	0.47	0.9	μH
L	3.5MHz 至 4MHz 开关频率的有效电感	0.25	0.33	0.9	μH
C _{OUT}	1A 和 2A 版本的有效输出电容 ⁽¹⁾	15	22	470	μF
C _{OUT}	3A 和 4A 版本的有效输出电容 ⁽¹⁾	27	47	470	μF
C _{IN}	有效输入电容 ⁽¹⁾	5	10		μF
R _{CF}		4.5		100	kΩ
T _J	工作结温	-55		+150	°C

- (1) 表中为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。可能会有更多限制。请参阅 COMP/FSET 的功能说明, 了解输出电容与补偿设置和输出电压间的关系。

6.4 热性能信息

热指标 ⁽¹⁾		TPS6281x-EP	单位
		RWY	
		9 引脚	
R _{θJA}	结至环境热阻	71.1	°C/W
R _{θJC(top)}	结至外壳 (顶部) 热阻	37.2	°C/W
R _{θJB}	结至电路板热阻	16.4	°C/W
Ψ _{JT}	结至顶部特征参数	0.9	°C/W
Ψ _{JB}	结至电路板特征参数	16.1	°C/W

6.4 热性能信息 (续)

热指标 ⁽¹⁾		TPS6281x-EP	单位
		RWY	
		9 引脚	
$R_{\theta JC(bot)}$	结至外壳 (底部) 热阻	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](#)应用手册。

6.5 电气特性

在工作结温范围 ($T_J = -55^{\circ}\text{C}$ 至 $+150^{\circ}\text{C}$) 内且 $V_{IN} = 2.75\text{V}$ 至 6V 。典型值是在 $V_{IN} = 5\text{V}$ 且 $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ 的条件下测得 (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	工作静态电流	EN = 高电平, I _{OUT} = 0mA, 器件未开关, T _J = 125°C			21	μA
I _Q	工作静态电流	EN = 高电平, I _{OUT} = 0mA, 器件未开关		15	30	μA
I _{SD}	关断电流	EN = 0V, T _J = 125°C			18	μA
I _{SD}	关断电流	EN = 0V, T _J = 25°C 时的标称值, T _J = 150°C 时的最大值		1.5	26	μA
V _{UVLO}	欠压锁定阈值	输入电压上升	2.5	2.6	2.75	V
		输入电压下降	2.25	2.5	2.6	V
T _{SD}	热关断温度	结温上升		170		°C
	热关断迟滞			15		
控制 (EN、SS/TR、PG、MODE)						
V _{IH}	MODE 引脚的高电平输入电压		1.1			V
V _{IL}	MODE 引脚的低电平输入电压				0.3	V
f _{SYNC}	MODE 引脚上用于同步的频率范围	在 COMP/FSET 和 GND 之间需要一个电阻器, 请参阅应用部分	1.8		4	MHz
	MODE 引脚上同步信号的占空比		40%	50%	60%	
	锁定到外部频率所需的时间			50		μs
V _{IH}	EN 引脚的输入阈值电压; 上升沿		1.06	1.1	1.15	V
V _{IL}	EN 引脚的输入阈值电压; 下降沿		0.96	1.0	1.05	V
I _{LKG}	EN、MODE/SYNC 的输入漏电流	V _{IH} = V _{IN} 或 V _{IL} = GND			150	nA
	用于实现逻辑低电平的 COMP/FSET 至 GND 电阻	f = 2.25MHz 时的内部频率设置	0		2.5	k Ω
	COMP/FSET 上用于实现逻辑高电平的电压	f = 2.25MHz 时的内部频率设置		V _{IN}		V
V _{TH_PG}	UVP 电源正常阈值电压; 直流电平	上升 (%V _{FB})	92%	95%	98%	
	UVP 电源正常阈值电压; 直流电平	下降 (%V _{FB})	87%	90%	93%	
	OVP 电源正常阈值; 直流电平	上升 (%V _{FB})	107%	110%	113%	
	OVP 电源正常阈值; 直流电平	下降 (%V _{FB})	104%	107%	111%	
	电源正常抗尖峰脉冲时间	对于电源正常状态下从高电平到低电平的转换		40		μs
V _{OL_PG}	电源正常状态输出低电平电压	I _{PG} = 2mA		0.07	0.3	V
I _{LKG_PG}	输入漏电流 (PG)	V _{PG} = 5V			100	nA
I _{SS/TR}	SS/TR 引脚拉电流		2.1	2.5	2.8	μA
	跟踪增益	V _{FB} /V _{SS/TR}		1		
	跟踪失调电压	V _{SS/TR} = 0V 时的反馈电压		17		mV
电源开关						

6.5 电气特性 (续)

在工作结温范围 ($T_J = -55^{\circ}\text{C}$ 至 $+150^{\circ}\text{C}$) 内且 $V_{IN} = 2.75\text{V}$ 至 6V 。典型值是在 $V_{IN} = 5\text{V}$ 且 $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ 的条件下测得 (除非另有说明)

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
$R_{DS(ON)}$	高侧 MOSFET 导通电阻	$V_{IN} \geq 5\text{V}$		37	60	$\text{m}\Omega$
$R_{DS(ON)}$	低侧 MOSFET 导通电阻	$V_{IN} \geq 5\text{V}$		15	35	$\text{m}\Omega$
	高侧 MOSFET 漏电流	$V_{IN} = 6\text{V}$; $V(\text{SW}) = 0\text{V}$			30	μA
	低侧 MOSFET 漏电流	$V(\text{SW}) = 6\text{V}$			55	μA
	SW 漏电流	$V(\text{SW}) = 0.6\text{V}$; 流入 SW 引脚的电流	-0.025		30	μA
I_{LIMH}	高侧 MOSFET 电流限制	直流值, 适用于 TPS62810; $V_{IN} = 3\text{V}$ 至 6V	4.8	5.6	6.65	A
I_{LIMH}	高侧 MOSFET 电流限制	直流值, 适用于 TPS62813; $V_{IN} = 3\text{V}$ 至 6V	3.9	4.5	5.35	A
I_{LIMH}	高侧 MOSFET 电流限制	直流值, 适用于 TPS62812; $V_{IN} = 3\text{V}$ 至 6V	2.8	3.4	4.3	A
I_{LIMH}	高侧 MOSFET 电流限制	直流值, 适用于 TPS62811; $V_{IN} = 3\text{V}$ 至 6V	2.0	2.6	3.35	A
I_{LIMNEG}	负谷值电流限值	直流值		-1.8		A
f_S	PWM 开关频率范围		1.8	2.25	4	MHz
f_S	PWM 开关频率	COMP/FSET 连接到 VIN 或 GND	2.025	2.25	2.475	MHz
	PWM 开关频率容差	使用 COMP/FSET 到 GND 之间的电阻器, $f_S = 1.8\text{MHz}$ 到 4MHz	-19%		18%	
$t_{on,min}$	HS FET 的最短导通时间	$T_J = -40^{\circ}\text{C}$ 至 125°C , $V_{IN} = 3.3\text{V}$		50	75	ns
$t_{on,min}$	LS FET 的最短导通时间	$V_{IN} = 3.3\text{V}$		30		ns
输出						
V_{FB}	反馈电压			0.6		V
I_{LKG_FB}	输入漏电流 (FB)	$V_{FB} = 0.6\text{V}$		1	70	nA
V_{FB}	反馈电压精度	$V_{IN} \geq V_{OUT} + 1\text{V}$	PWM 模式	-1%	1%	
		$V_{IN} \geq V_{OUT} + 1\text{V}$; $V_{OUT} \geq 1.5\text{V}$	PFM 模式; $C_{o,eff} \geq 22\mu\text{F}$, $L = 0.47\mu\text{H}$	-1%	2%	
		$1\text{V} \leq V_{OUT} < 1.5\text{V}$	PFM 模式; $C_{o,eff} \geq 47\mu\text{F}$, $L = 0.47\mu\text{H}$	-1%	2.5%	
V_{FB}	反馈电压精度与电压跟踪	$V_{IN} \geq V_{OUT} + 1\text{V}$; $V_{SS/TR} = 0.3\text{V}$	PWM 模式	-1%	7%	
	负载调整率	PWM 模式运行		0.05		%/A
	线路调整率	PWM 模式运行, $I_{OUT} = 1\text{A}$, $V_{IN} \geq V_{OUT} + 1\text{V}$		0.02		%/V
	输出放电电阻				50	Ω
t_{delay}	启动延迟时间	$I_{OUT} = 0\text{mA}$, 从 EN = 高电平到开始开关的时间; 已施加 V_{IN}	135	250	650	μs
t_{ramp}	斜坡时间; SS/TR 引脚开路	$I_{OUT} = 0\text{mA}$, 从第一次开关脉冲到标称输出电压 95% 的时间; 器件未处于电流限制状态	100	150	200	μs

6.6 典型特性

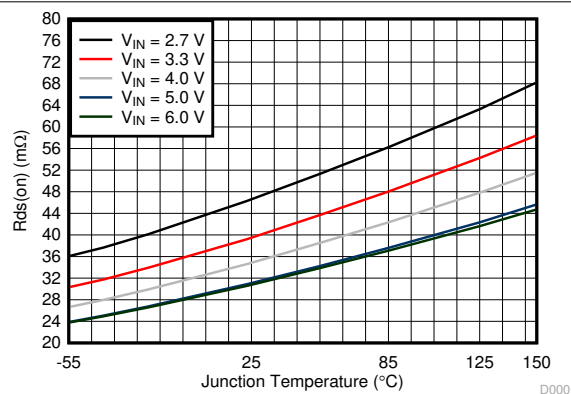


图 6-1. 高侧开关的 $R_{ds(on)}$

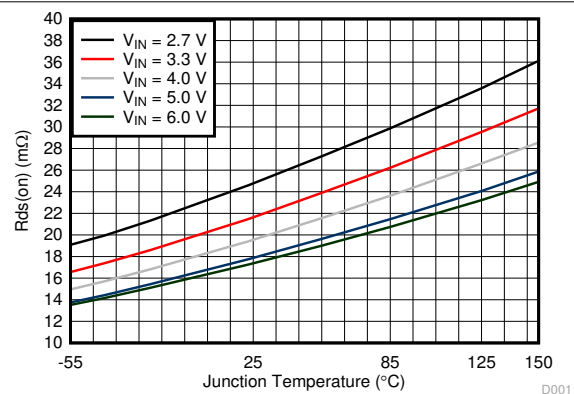


图 6-2. 低侧开关的 $R_{ds(on)}$

7 参数测量信息

7.1 原理图

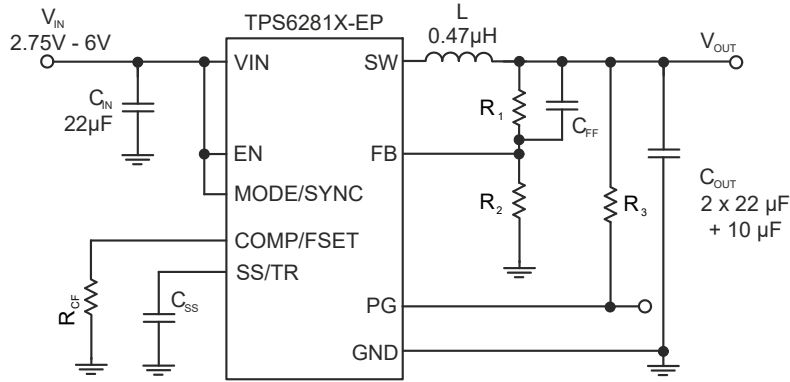


图 7-1. TPS62810-EP (4A) 和 TPS62813-EP (3A) 的测量设置

表 7-1. 元件列表

基准	说明	制造商 ⁽¹⁾
IC	TPS62810-EP 或 TPS62813-EP	德州仪器 (TI)
L	0.47μH 电感器 ; XEL4030-471MEB	Coilcraft
C _{IN}	22μF/10V ; GCM31CR71A226KE02L	Murata
C _{OUT}	2 × 22μF/10V ; GCM31CR71A226KE02L + 1 × 10μF , 6.3V ; GCM188D70J106ME36	Murata
C _{SS}	4.7nF (等于 1ms 启动斜坡)	不限
R _{CF}	8.06k Ω	不限
C _{FF}	10pF	不限
R ₁	取决于 V _{OUT}	不限
R ₂	取决于 V _{OUT}	不限
R ₃	100k Ω	不限

(1) 请参阅第三方产品免责声明。

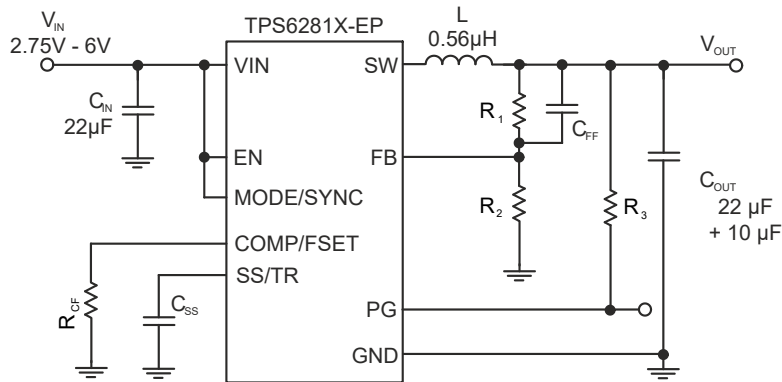


图 7-2. TPS62811-EP (1A) 和 TPS62812-EP (2A) 的测量设置

表 7-2. 元件列表

基准	说明	制造商 ⁽¹⁾
IC	TPS62812-EP 或 TPS62811-EP	德州仪器 (TI)
L	0.56μH 电感器 ; XEL4020-561MEB	Coilcraft
C _{IN}	22μF/10V ; GCM31CR71A226KE02L	Murata
C _{OUT}	1 × 22μF/10V ; GCM31CR71A226KE02L + 1 × 10μF , 6.3V ; GCM188D70J106ME36	Murata
C _{SS}	4.7nF (等于 1ms 启动斜坡)	不限
R _{CF}	8.06k Ω	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	100k Ω	不限

(1) 请参阅第三方产品免责声明。

表 7-3. 关键元件列表, 在 -55°C 下运行

基准	说明	制造商 ⁽¹⁾
IC	TPS62810-EP、TPS62811-EP、TPS62812-EP 或 TPS62813-EP	德州仪器 (TI)
L	0.47μH 电感器 ; TFM252012ALMAR47MTAA	TDK
C _{IN}	22μF/10V ; GCJ31CL8ED226KE07	Murata
C _{OUT}	2 × 22μF/10V ; GCJ31CL8ED226KE07 + 1 × 10μF , 16V ; GCJ32ER91C106KE01	Murata

(1) 请参阅第三方产品免责声明。

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，TPS6281x-EP 器件开始运行。为了正常工作，EN 引脚必须端接并且不得悬空。将 EN 引脚拉至低电平可强制器件关断，关断电流典型值为 1μA。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。

8.3.2 COMP/FSET

用户可通过此引脚独立设置两个不同的参数：

- 控制环路的内部补偿设置
- PWM 模式下的开关频率为 1.8MHz 至 4MHz

在 COMP/FSET 与 GND 之间连接的电阻器可以改变补偿和开关频率。补偿的变化允许用户使该器件能够适应不同的输出电容值。该电阻器必须靠近引脚放置，以使引脚上的寄生电容尽可能小。补偿设置在转换器启动时进行采样，因此运行期间电阻器的变化仅影响开关频率，对补偿没有影响。

为了节省外部元件，该引脚也可直接连接到 VIN 或 GND，以设置预定义的开关频率或补偿。请勿将此引脚悬空。

必须根据输入电压和输出电压选择开关频率，以满足最短导通时间和最短关断时间规格。

例如：V_{IN} = 5V，V_{OUT} = 1V --> 占空比 (DC) = 1V / 5V = 0.2

- 其中 t_{on} = DC × T --> t_{on,min} = 1 / f_{s,max} × DC
- --> f_{s,max} = 1 / t_{on,min} × DC = 1 / 0.075μs × 0.2 = 2.67MHz

补偿范围必须根据所用的最小电容来选择。在所有三个补偿范围内，可以将电容从表 8-1 和表 8-2 中给出的最小值增大到 470μF 的最大值。如果输出的电容在运行期间发生变化，例如当负载开关用于连接或断开电路的某些部分时，必须为输出端的最小电容选择补偿。对于大输出电容，必须基于该大电容进行补偿，以获得出色的负载瞬态响应。如果补偿较大的输出电容，但在输出端放置较小的电容，则可能会导致不稳定。

不同补偿设置的开关频率由以下公式确定。

对于补偿设置 1：

$$R_{CF}(k\Omega) = \frac{18MHz \cdot k\Omega}{f_s(MHz)} \quad (1)$$

对于补偿设置 2：

$$R_{CF}(k\Omega) = \frac{60MHz \cdot k\Omega}{f_s(MHz)} \quad (2)$$

对于补偿设置 3：

$$R_{CF}(k\Omega) = \frac{180MHz \cdot k\Omega}{f_s(MHz)} \quad (3)$$

表 8-1. TPS62810-EP (4A) 和 TPS62813-EP (3A) 的开关频率和补偿

补偿	R _{CF}	开关频率	VOUT < 1V 时的 最小输出 电容	1V ≤ VOUT < 3.3V 时的 最小输出 电容	VOUT ≥ 3.3V 时的 最小输出 电容
对于最小输出电容 (补偿设置 1)	10k Ω ... 4.5k Ω	1.8MHz (10k Ω) ... 4MHz (4.5k Ω) 依据 方程式 1	53μF	32μF	27μF
对于中输出电容 (补偿设置 2)	33k Ω ... 15k Ω	1.8MHz (33k Ω) ... 4MHz (15k Ω) 依据 方程式 2	100μF	60μF	50μF
对于大输出电容 (补偿设置 3)	100k Ω ... 45k Ω	1.8MHz (100k Ω) ... 4MHz (45k Ω) 依据 方程式 3	200μF	120μF	100μF
对于最小输出电容 (补偿设置 1)	连接至 GND	内部固定 2.25MHz	53μF	32μF	27μF

表 8-1. TPS62810-EP (4A) 和 TPS62813-EP (3A) 的开关频率和补偿 (续)

补偿	R_{CF}	开关频率	$V_{OUT} < 1V$ 时的 最小输出 电容	$1V \leq V_{OUT} < 3.3V$ 时的 最小输出 电容	$V_{OUT} \geq 3.3V$ 时的 最小输出 电容
对于大输出电容 (补偿设置 3)	连接至 V_{IN}	内部固定 2.25MHz	200 μ F	120 μ F	100 μ F

表 8-2. TPS62812-EP (2A) 和 TPS62811-EP (1A) 的开关频率和补偿

补偿	R_{CF}	开关频率	$V_{OUT} < 1V$ 时的 最小输出 电容	$1V \leq V_{OUT} < 3.3V$ 时的 最小输出 电容	$V_{OUT} \geq 3.3V$ 时的 最小输出 电容
对于最小输出电容 (补偿设置 1)	10k Ω ...4.5k Ω	1.8MHz (10k Ω) ...4MHz (4.5k Ω) 依据 方程式 1	30 μ F	18 μ F	15 μ F
对于中输出电容 (补偿设置 2)	33k Ω ...15k Ω	1.8MHz (33k Ω) ...4MHz (15k Ω) 依据 方程式 2	60 μ F	36 μ F	30 μ F
对于大输出电容 (补偿设置 3)	100k Ω ...45k Ω	1.8MHz (100k Ω) ...4MHz (45k Ω) 依据 方程式 3	130 μ F	80 μ F	68 μ F
对于最小输出电容 (补偿设置 1)	连接至 GND	内部固定 2.25MHz	30 μ F	18 μ F	15 μ F
对于大输出电容 (补偿设置 3)	连接至 V_{IN}	内部固定 2.25MHz	130 μ F	80 μ F	68 μ F

有关所需输出电容 (取决于输出电压) 的更多详细信息, 请参阅节 9.1.3.2。

R_{CF} 的电阻值过高会被解码为连接到 V_{IN} 。低于最低范围的值被解码为连接至 GND。表 8-1 和表 8-2 中的最小输出电容适用于靠近器件输出端的电容器。如果电容是分布式的, 可能需要较低的补偿设置。所有值均为有效电容, 包括但不限于:

- 所有容差
- 老化
- 直流偏置效应

8.3.3 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, 允许用户强制器件进入 PWM 模式。该引脚还允许用户施加频率范围为 1.8MHz 到 4MHz 的外部时钟来实现外部同步。与 COMP/FSET 类似, 在设置外部频率时, 应考虑最短导通时间和最短关断时间规格。为了与 MODE/SYNC 引脚上的外部同步一起使用, 必须通过 R_{CF} 将内部开关频率设置为与外部应用时钟相似的值。该操作可确保快速稳定到外部时钟, 如果外部时钟发生故障, 开关频率会保持在相同的范围内, 补偿设置仍然有效。当 COMP/FSET 与 GND 之间没有电阻器但引脚被拉高或拉低时, 无法进行外部同步。

8.3.4 展频时钟 (SSC)

对于启用 SSC 的器件版本, 当使用内部时钟时, 开关频率在 PWM 模式下随机变化。频率变化通常介于标称开关频率和高于比标称开关频率最多 288kHz 之间。当通过向 MODE/SYNC 引脚施加时钟信号来对器件进行外部同步时, TPS6281x-EP 器件遵循外部时钟, 并且内部展频块会关闭。软启动期间也会禁用 SSC。

8.3.5 欠压锁定 (UVLO)

如果输入电压下降, 欠压锁定会通过关闭两个功率 FET 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, 如果输入电压在电源电压下降时低于阈值, 则会关闭该器件。

8.3.6 电源正常状态输出 (PG)

电源正常状态指示是由窗口比较器驱动的开漏输出。当器件处于禁用、欠压锁定和热关断状态时, PG 保持低电平。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, 输出为高阻抗。

表 8-3. PG 状态

EN	器件状态	PG 状态
X	$V_{IN} < 2.75V$	未定义

表 8-3. PG 状态 (续)

EN	器件状态	PG 状态
低	$V_{IN} < 2.75V$	未定义
高	$V_{IN} < 2.25V$	未定义
低	$V_{IN} \geq 2.75V$	低
高	$2.25V \leq V_{IN} \leq UVLO$ 、处于热关断状态、 V_{OUT} 未处于稳压状态	低
高	调节中的 V_{OUT}	高阻抗

8.3.7 热关断

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 降低 15°C (典型值) 的迟滞量时，器件从软启动开始恢复正常运行。在 PFM 暂停期间，热关断未激活。PFM 暂停后，器件最长需要 $9\mu\text{s}$ 才能检测到过高的结温。如果 PFM 突发短于此延迟，则器件不会检测到过高的结温。

8.4 器件功能模式

8.4.1 脉宽调制 (PWM) 运行

TPS6281x-EP 器件有两种工作模式：本节讨论的强制 PWM 模式和节 8.4.2 中讨论的 PWM/PFM 模式。

当 MODE/SYNC 引脚设置为高电平时，TPS6281x-EP 器件在连续导通模式 (CCM) 下以脉宽调制方式运行。开关频率由 COMP 引脚与 GND 之间的电阻器定义，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，此器件遵循施加到该引脚的频率。为保持稳压状态，考虑到最短导通时间，频率必须在此器件可以工作的范围内。

8.4.2 节能模式运行 (PWM/PFM)

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大约 1.2A 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，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 $D = V_{OUT}/V_{IN}$ 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。当达到大约 30ns 的最短关断时间时，TPS6281x-EP 器件会在接近 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状态。在 100% 模式下，低侧开关被关闭。100% 模式下的最大压降电压是高侧开关的导通电阻加上电感器的串联电阻和负载电流的乘积。

8.4.4 电流限制和短路保护

TPS6281x-EP 器件可防止过载和短路事件。如果电感器电流超过电流限值 (I_{LIMH})，高侧开关将关断，低侧开关将导通，以便降低电感器电流。仅当低侧开关中的电流降至低侧电流限值以下时，高侧开关才会再次导通。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：

$$I_{peak(typ)} = I_{LIMH} + \frac{V_L}{L} \cdot t_{PD} \quad (4)$$

其中

- I_{LIMH} 是 [电气特性](#) 中指定的静态电流限制。
- L 是峰值电流处的有效电感。
- V_L 是电感器两端的电压 ($V_{IN} - V_{OUT}$)。
- t_{PD} 是内部传播延迟，典型值为 50ns。

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：

$$I_{peak(typ)} = I_{LIMH} + \frac{V_{IN} - V_{OUT}}{L} \cdot 50ns \quad (5)$$

8.4.5 折返电流限制和短路保护

该部分适用于启用了折返电流限制的器件。

当器件检测到超过 1024 个连续开关周期处于电流限制状态时，会将电流限制从标称值降低至 1.8A (典型值)。当电流限制指示消失时，折返电流限制解除。如果器件继续在电流限制状态下运行，则在经过 3072 个开关周期后，器件会再次尝试恢复到满电流限制，并再次检测 1024 个开关周期。

8.4.6 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 TPS6281x-EP 器件，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。放电功能保持工作状态所需的最小电源电压通常为 2V。在电流限制或折返电流限制事件期间，输出放电不会激活。

8.4.7 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。该操作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。该操作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。

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 150 μs）。在软启动期间，SS/TR 与 GND 之间连接的电容器通过内部电流源以 2.5 μA 的电流进行充电，直到电容器达到 0.6V 基准电压。设置特定斜坡时间 (t_{ramp}) 所需的电容是：

$$C_{SS}[nF] = \frac{2.5 \mu A \cdot t_{ramp}[ms]}{0.6V} \quad (6)$$

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。

施加在 SS/TR 上的电压可用于跟踪主电压。在强制 PWM 模式下，输出电压跟随此电压上升和下降。在 PFM 模式下，输出电压随负载电流而降低。SS/TR 引脚不得连接到其他器件的 SS/TR 引脚。施加在 SS/TR 上的外部电压被在内部钳位到反馈电压 (0.6V)。TI 建议将 SS/TR 上的外部电压目标设置为略高于反馈电压。考虑到 SS/TR 上的电阻分压器 R₅ 和 R₆ 的容差，这可确保在上电时序控制完成后，器件会切换到内部基准电压。请参阅图 9-57。

9 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。

9.1 应用信息

9.1.1 对输出电压进行编程

TPS6281x-EP 器件的输出电压可调节。可使用 VOUT 至 GND 之间的电阻分压器对输出电压进行编程，获得 0.6V 至 5.5V 的输出电压。FB 引脚上的电压被调节至 600mV。输出电压的值可根据 [方程式 7](#) 由所选电阻分压器进行设置。TI 建议选择允许至少 2 μA 电流的电阻值，这意味着 R₂ 的值不得超过 400k Ω。TI 建议使用较低的电阻器值，以实现超高精度和超可靠的设计。

$$R_1 = R_2 \cdot \left(\frac{V_{OUT}}{V_{FB}} - 1 \right) \quad (7)$$

9.1.2 电感器选型

TPS6281x-EP 器件专为具有 2.25MHz 典型开关频率的标称 0.47μH 电感器而设计。电感值越大，实现的电感纹波电流越低，但可能会对效率和瞬态响应产生负面影响。小于 0.47 μH 的值将导致较大的电感纹波电流，从而在低输出电流或无输出电流的强制 PWM 模式下产生较大的负电感电流。对于更高或更低的标称开关频率，电感必须相应地更改。

电感器的选择受如下几种因素的影响：

- 电感纹波电流
- 输出纹波电压
- PWM 至 PFM 转换点
- 效率

此外，所选的电感器必须具有适当的饱和电流和直流电阻 (DCR)。 [方程式 8](#) 计算最大电感器电流。

$$I_{L(max)} = I_{OUT(max)} + \frac{\Delta I_{L(max)}}{2} \quad (8)$$

$$\Delta I_{L(max)} = \frac{V_{OUT} \cdot \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right)}{L \min} \cdot \frac{1}{f_{SW}} \quad (9)$$

其中

- I_{L(max)} 是最大电感器电流
- Δ I_{L(max)} 是电感器纹波电流峰峰值
- Lmin 是工作点处的最小电感

表 9-1. 典型电感器

类型	电感 [μH]	电流 [A] ⁽¹⁾	对于器件	标称开关频率	尺寸 [L × B × H] mm	制造商 ⁽²⁾	在 -55°C 下运行
ML433PYA601MLZ	0.6μH, ±20%	10.4	TPS62810-EP、 TPS62813-EP、 TPS62812-EP	2.25MHz	4 × 4 × 2.1	Coilcraft	是

表 9-1. 典型电感器 (续)

类型	电感 [μH]	电流 [A] ⁽¹⁾	对于器件	标称开关频率	尺寸 [L × B × H] mm	制造商 ⁽²⁾	在 -55°C 下运行
ML433PYA401MLZ	0.4 μH , $\pm 20\%$	12.5	TPS62810-EP、 TPS62813-EP、 TPS62812-EP	2.25MHz	4 × 4 × 2.1	Coilcraft	是
XFL4015-471ME	0.47 μH , $\pm 20\%$	3.5	TPS62813-EP、 TPS62812-EP	2.25MHz	4 × 4 × 1.6	Coilcraft	否
XEL4020-561ME	0.56 μH , $\pm 20\%$	9.9	TPS62810-EP、 TPS62813-EP、 TPS62812-EP	2.25MHz	4 × 4 × 2.1	Coilcraft	否
XEL4030-471ME	0.47 μH , $\pm 20\%$	12.3	TPS62810-EP、 TPS62813-EP、 TPS62812-EP	2.25MHz	4 × 4 × 3.1	Coilcraft	否
XEL3515-561ME	0.56 μH , $\pm 20\%$	4.5	TPS62813-EP、 TPS62812-EP	2.25MHz	3.5 × 3.2 × 1.5	Coilcraft	否
XFL3012-331MEB	0.33 μH , $\pm 20\%$	2.6	TPS62811-EP、 TPS62812-EP	$\geq 3.5\text{MHz}$	3 × 3 × 1.3	Coilcraft	否
XPL2010-681ML	0.68 μH , $\pm 20\%$	1.5	TPS62811-EP	2.25MHz	2 × 1.9 × 1	Coilcraft	否
DFE252012PD-R47M	0.47 μH , $\pm 20\%$	请参阅数据表	TPS62811-EP、 TPS62813-EP、 TPS62812-EP	2.25MHz	2.5 × 2 × 1.2	Murata	否

(1) 20°C 上升时 I_{RMS} 或 20% 下降时 I_{SAT} 的较低值。

(2) 请参阅第三方产品免责声明。

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。TI 建议增加约 20% 的裕度。较大的电感器值对于获得较低的纹波电流也很有用，但也会增加瞬态响应时间和尺寸。

9.1.3 电容器选型

9.1.3.1 输入电容器

对于大多数应用，22 μF 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。

9.1.3.2 输出电容器

TPS6281x-EP 器件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，推荐使用。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 建议使用电介质 X7R、X7T 或等效器件。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。通过使用从 COMP/FSET 到 GND 的电阻器更改器件补偿，可以根据输出端使用的最小电容，通过三个步骤对器件进行补偿。在任何补偿设置中，最大电容均为 470 μF 。

输出所需的最小电容取决于补偿设置以及器件的电流额定值。TPS62810-EP 和 TPS62813-EP 器件需要 27 μF 的最小输出电容，而低电流版本 (TPS62812-EP 和 TPS62811-EP 器件) 需要 15 μF 的最小值。所需的输出电容也随输出电压而变化。

对于低于 V 的输出电压，TPS62810-EP 器件的最小值从 1V 时的 32 μF 线性增加到 0.6V 时的 5 μF 。使用具有补偿设置的 TPS62813-EP 器件，以获得最小的输出电容。TPS62811-EP 和 TPS62812-EP 的其他补偿范围和范围是等效的。有关详细信息，请参阅表 8-1 和表 8-2。

9.2 典型应用

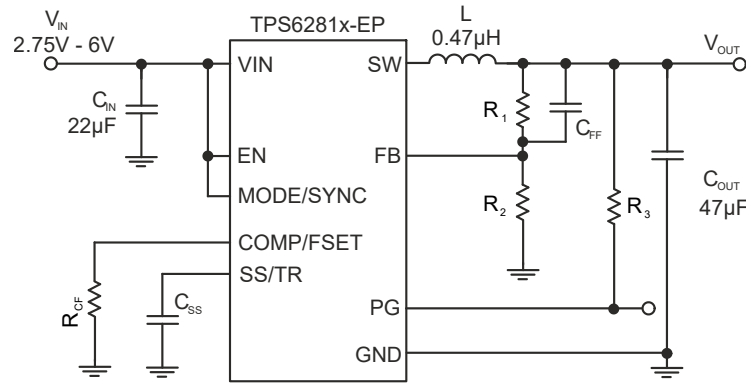


图 9-1. 典型应用

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

$$R_1 = R_2 \cdot \left(\frac{V_{OUT}}{V_{FB}} - 1 \right) \quad (10)$$

$V_{FB} = 0.6V$ 时：

表 9-2. 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	16.9k Ω	51k Ω	10pF	0.7988V
1.0V	20k Ω	30k Ω	10pF	1.0V
1.1V	39.2k Ω	47k Ω	10pF	1.101V
1.2V	68k Ω	68k Ω	10pF	1.2V
1.5V	76.8k Ω	51k Ω	10pF	1.5V
1.8V	80.6k Ω	40.2k Ω	10pF	1.803V
2.5V	47.5k Ω	15k Ω	10pF	2.5V
3.3V	88.7k Ω	19.6k Ω	10pF	3.315V

9.2.3 应用曲线

除非另有说明，否则所有绘图都是在器件设为 PWM 模式时的标称开关频率 2.25MHz 下绘制的。BOM 依据表 7-1。

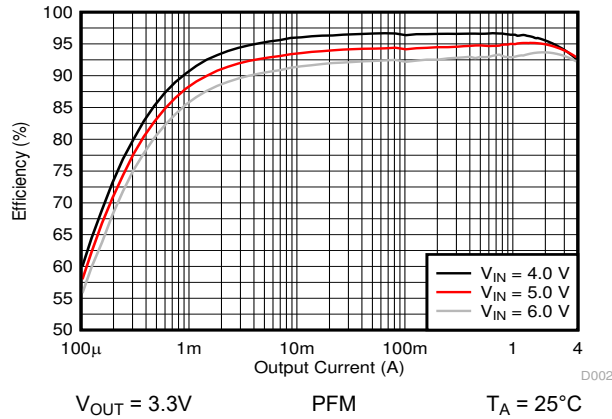


图 9-2. 效率与输出电流间的关系

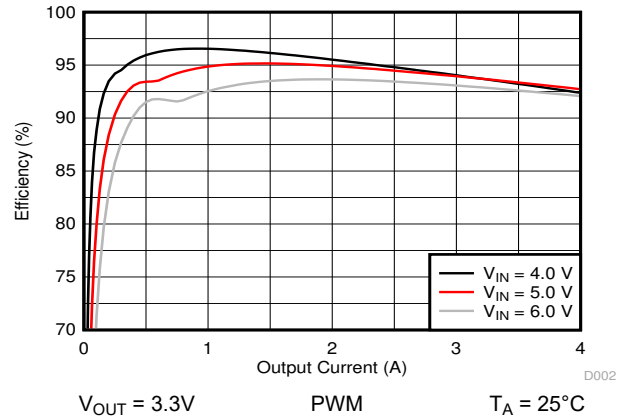


图 9-3. 效率与输出电流间的关系

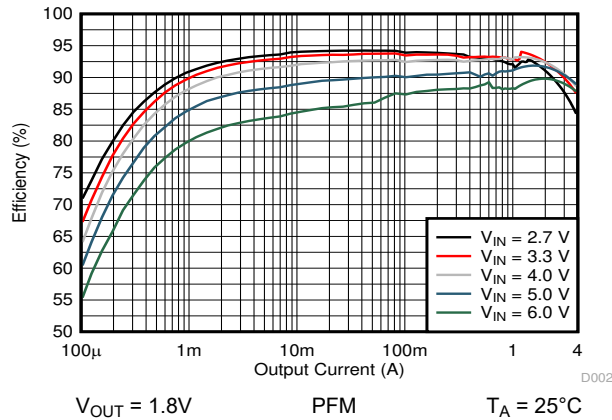


图 9-4. 效率与输出电流间的关系

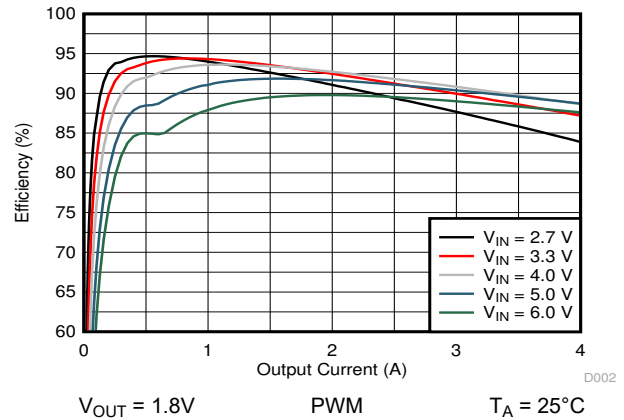


图 9-5. 效率与输出电流间的关系

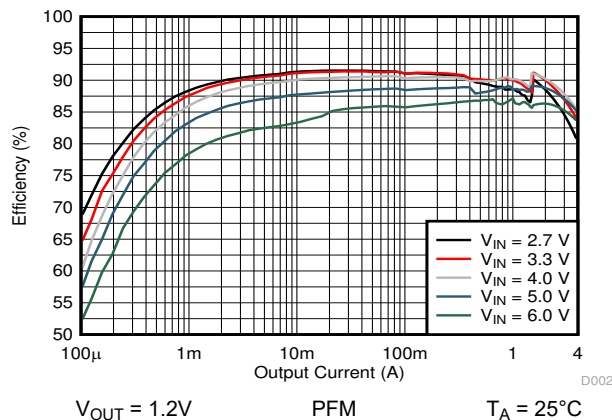


图 9-6. 效率与输出电流间的关系

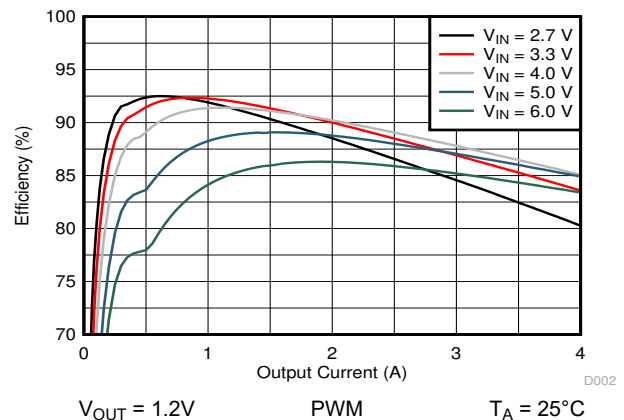


图 9-7. 效率与输出电流间的关系

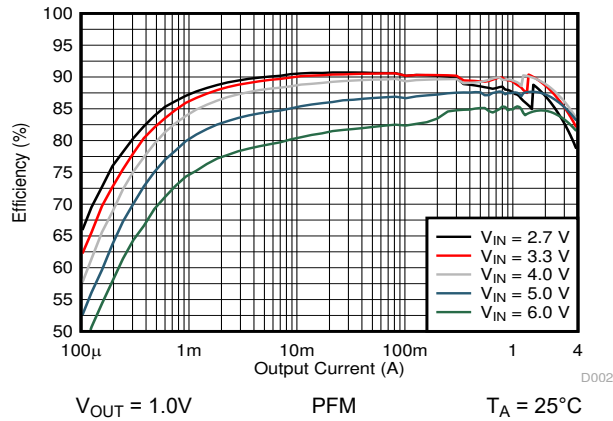


图 9-8. 效率与输出电流间的关系

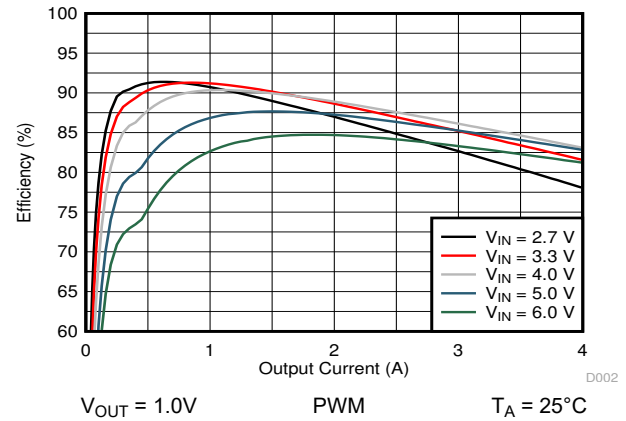


图 9-9. 效率与输出电流间的关系

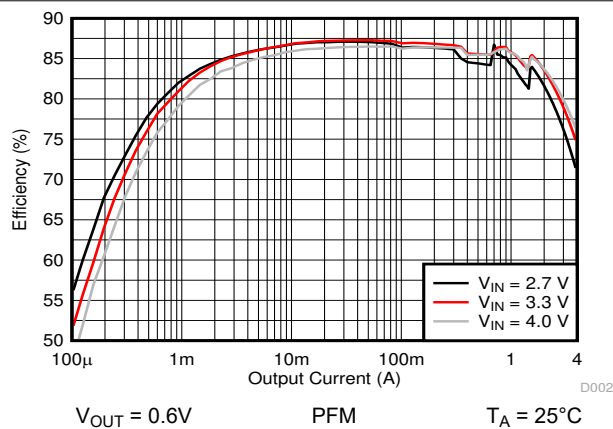


图 9-10. 效率与输出电流间的关系

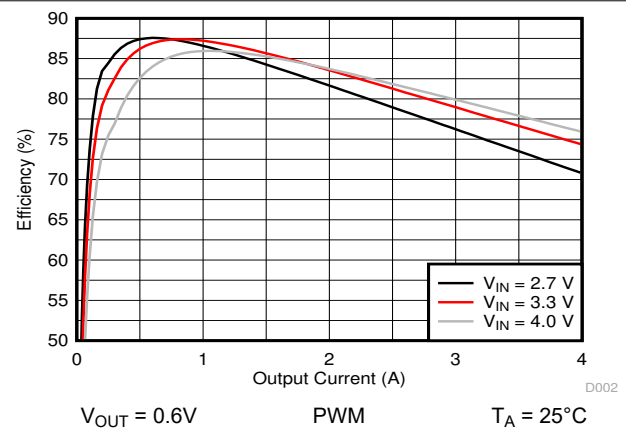


图 9-11. 效率与输出电流间的关系

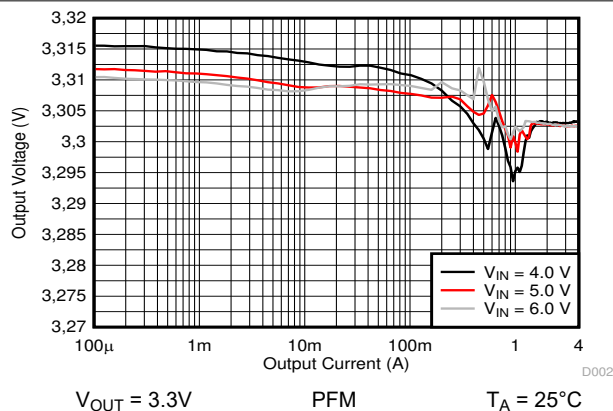


图 9-12. 输出电压与输出电流间的关系

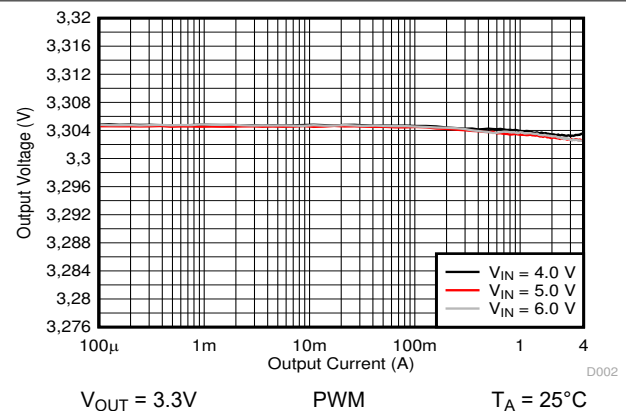


图 9-13. 输出电压与输出电流间的关系

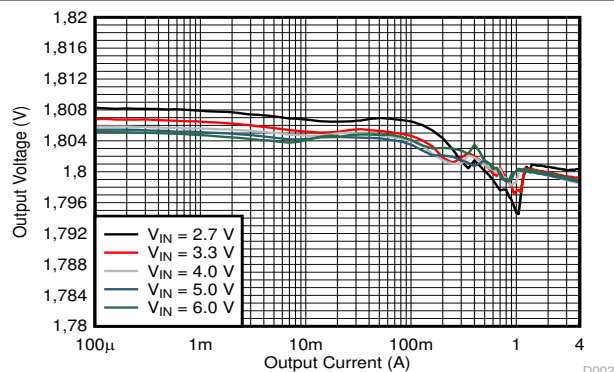


图 9-14. 输出电压与输出电流间的关系

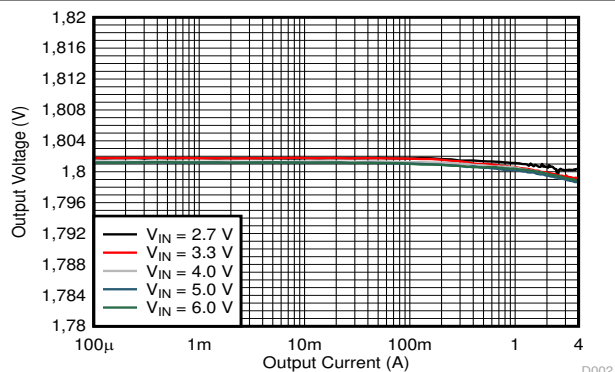


图 9-15. 输出电压与输出电流间的关系

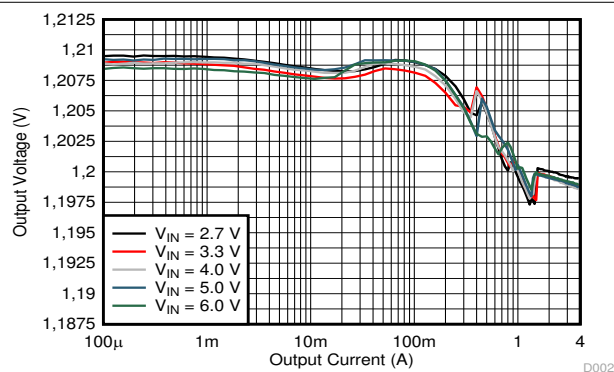


图 9-16. 输出电压与输出电流间的关系

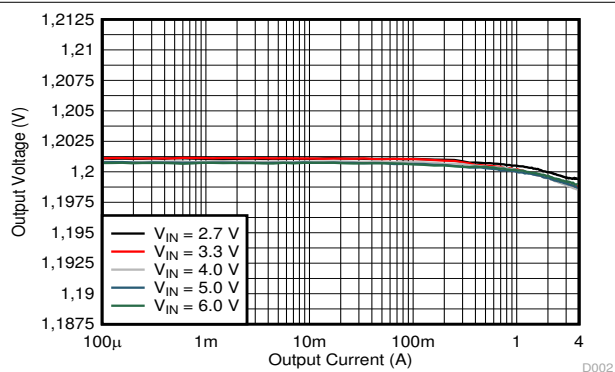


图 9-17. 输出电压与输出电流间的关系

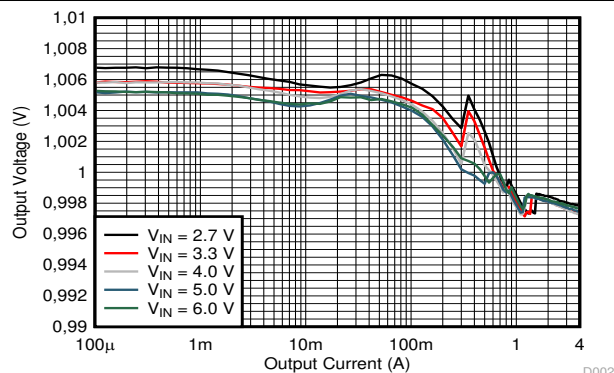


图 9-18. 输出电压与输出电流间的关系

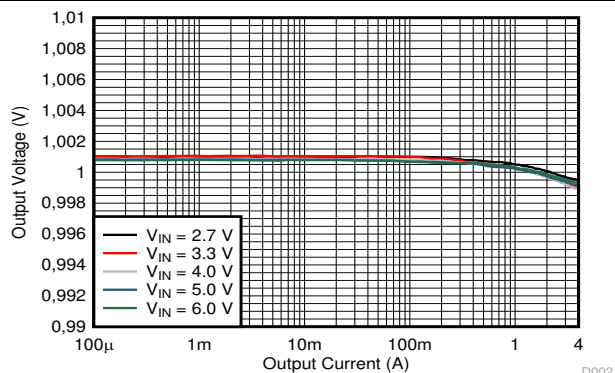


图 9-19. 输出电压与输出电流间的关系

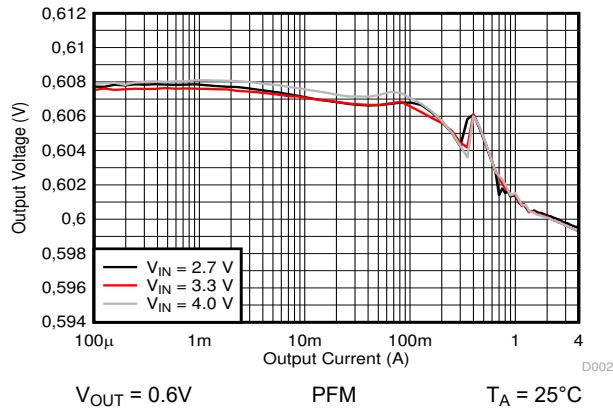


图 9-20. 输出电压与输出电流间的关系

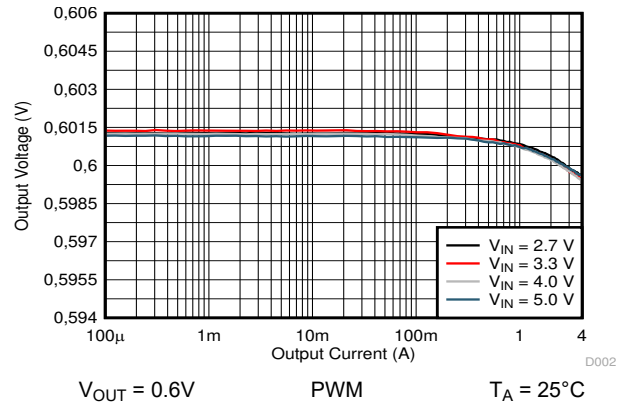


图 9-21. 输出电压与输出电流间的关系

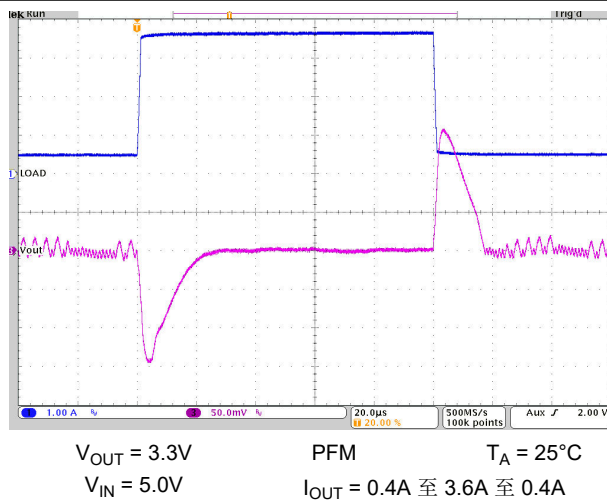


图 9-22. 负载瞬态响应

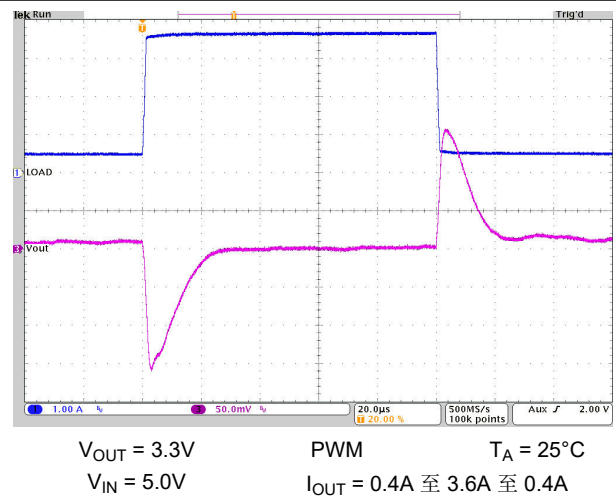


图 9-23. 负载瞬态响应

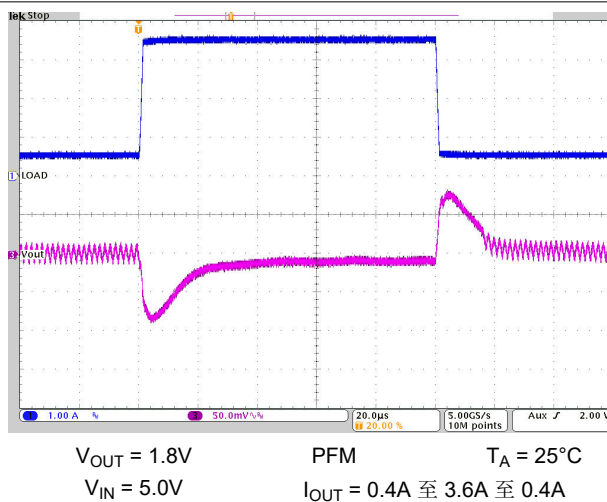


图 9-24. 负载瞬态响应

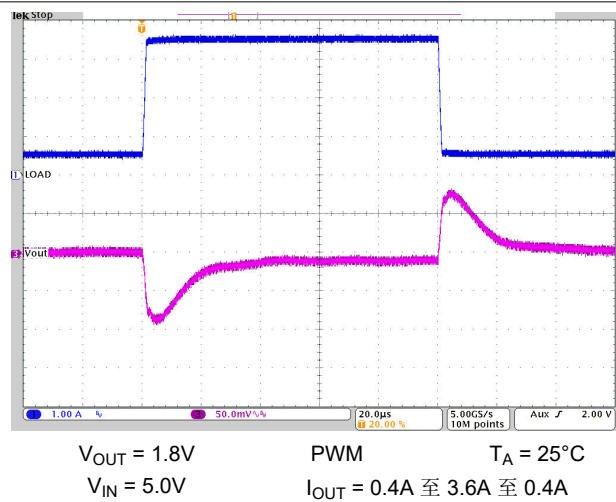
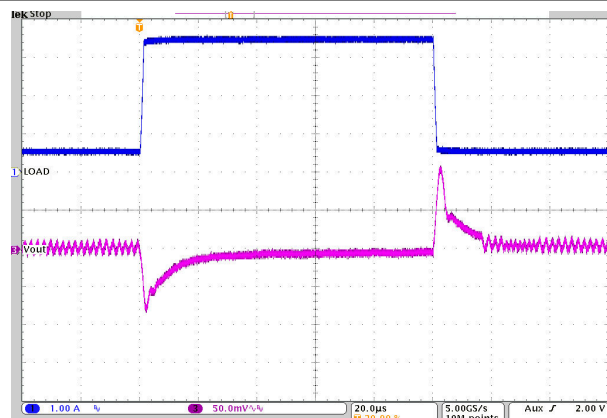
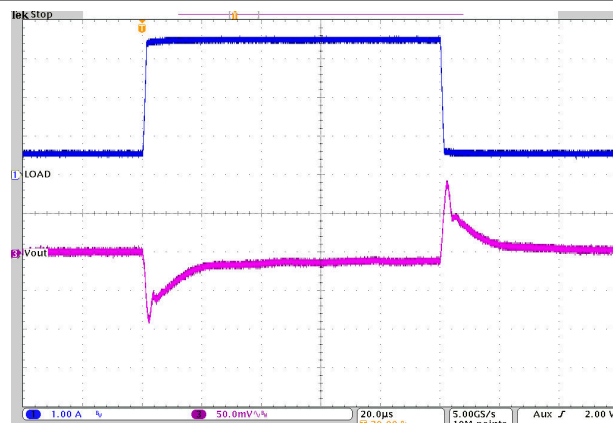


图 9-25. 负载瞬态响应



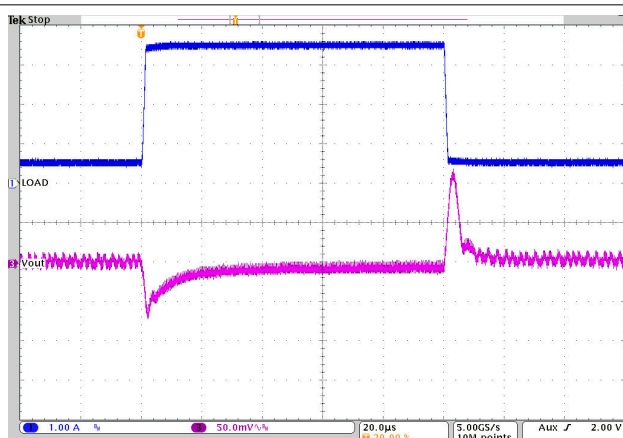
$V_{OUT} = 1.2V$ PFM $T_A = 25^\circ C$
 $V_{IN} = 5.0V$ $I_{OUT} = 0.4A$ 至 $3.6A$ 至 $0.4A$

图 9-26. 负载瞬态响应



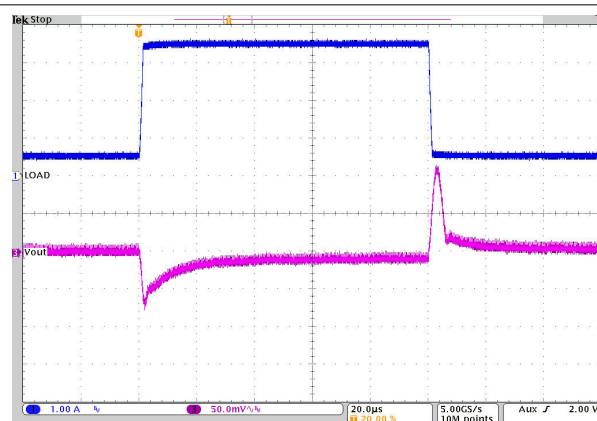
$V_{OUT} = 1.2V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $V_{IN} = 5.0V$ $I_{OUT} = 0.4A$ 至 $3.6A$ 至 $0.4A$

图 9-27. 负载瞬态响应



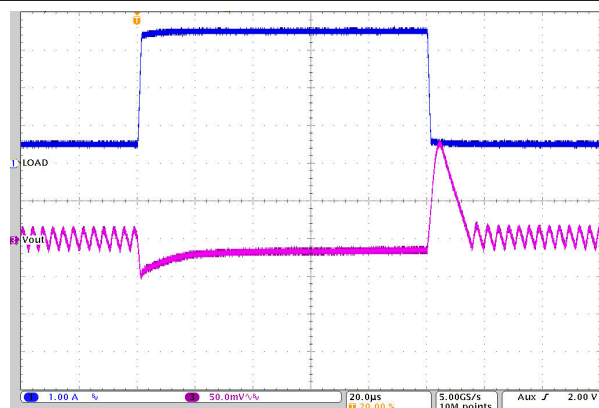
$V_{OUT} = 1.0V$ PFM $T_A = 25^\circ C$
 $V_{IN} = 5.0V$ $I_{OUT} = 0.4A$ 至 $3.6A$ 至 $0.4A$

图 9-28. 负载瞬态响应



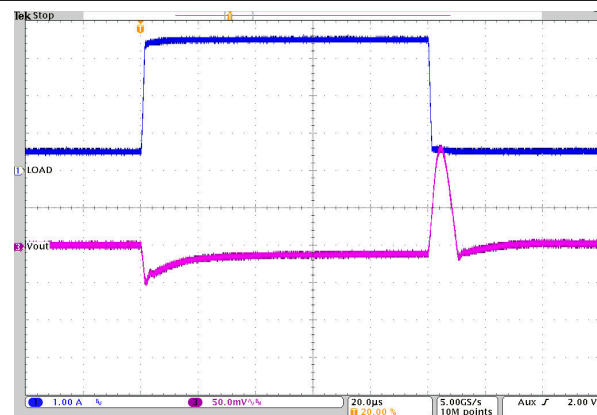
$V_{OUT} = 1.0V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $V_{IN} = 5.0V$ $I_{OUT} = 0.4A$ 至 $3.6A$ 至 $0.4A$

图 9-29. 负载瞬态响应



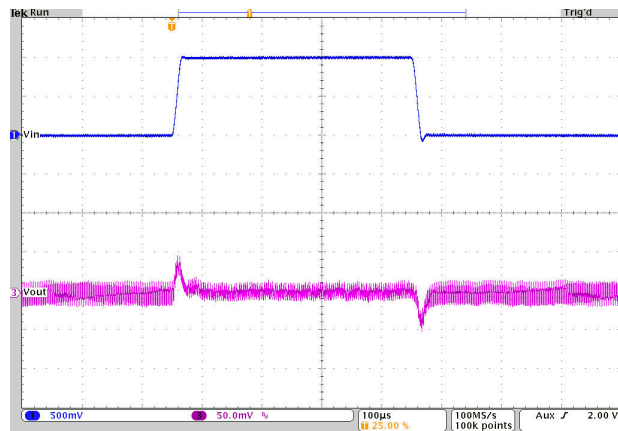
$V_{OUT} = 0.6V$ PFM $T_A = 25^\circ C$
 $V_{IN} = 3.3V$ $I_{OUT} = 0.4A$ 至 $3.6A$ 至 $0.4A$

图 9-30. 负载瞬态响应



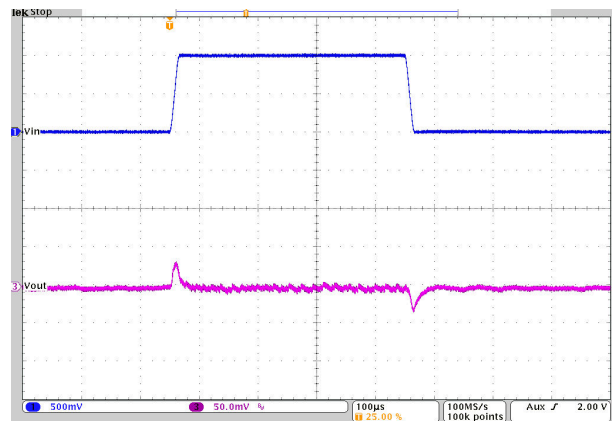
$V_{OUT} = 0.6V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $V_{IN} = 3.3V$ $I_{OUT} = 0.4A$ 至 $3.6A$ 至 $0.4A$

图 9-31. 负载瞬态响应



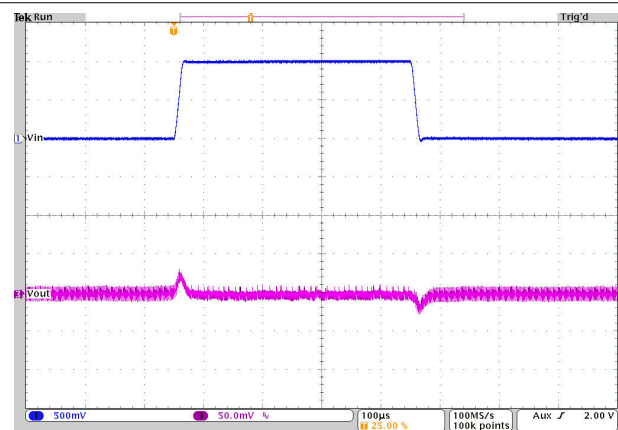
$V_{OUT} = 3.3V$ PFM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 0.5A$ $V_{IN} = 4.5V$ 至 $5.5V$ 至 $4.5V$

图 9-32. 线路瞬态响应



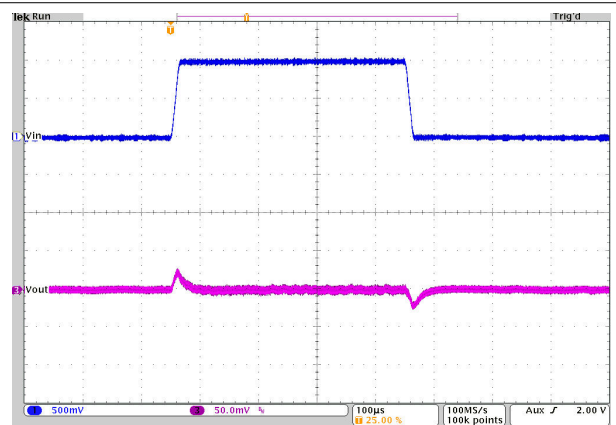
$V_{OUT} = 3.3V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 4A$ $V_{IN} = 4.5V$ 至 $5.5V$ 至 $4.5V$

图 9-33. 线路瞬态响应



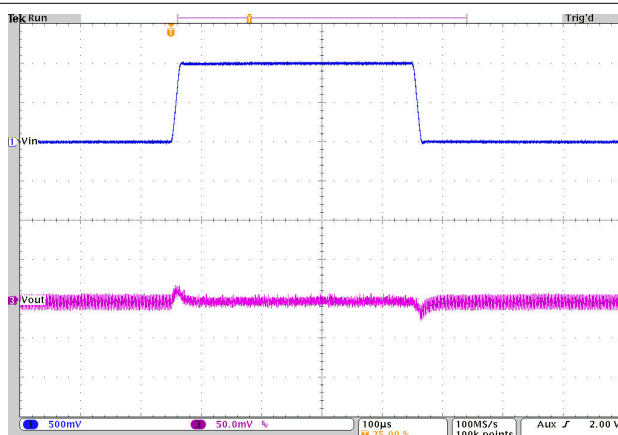
$V_{OUT} = 1.8V$ PFM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 0.5A$ $V_{IN} = 4.5V$ 至 $5.5V$ 至 $4.5V$

图 9-34. 线路瞬态响应



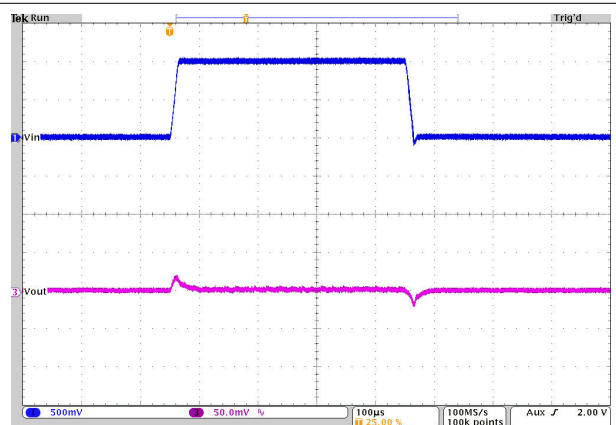
$V_{OUT} = 1.8V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 4A$ $V_{IN} = 4.5V$ 至 $5.5V$ 至 $4.5V$

图 9-35. 线路瞬态响应



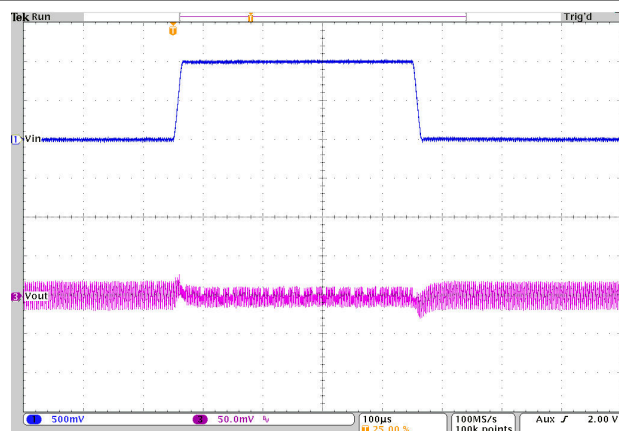
$V_{OUT} = 1.2V$ PFM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 0.5A$ $V_{IN} = 4.5V$ 至 $5.5V$ 至 $4.5V$

图 9-36. 线路瞬态响应



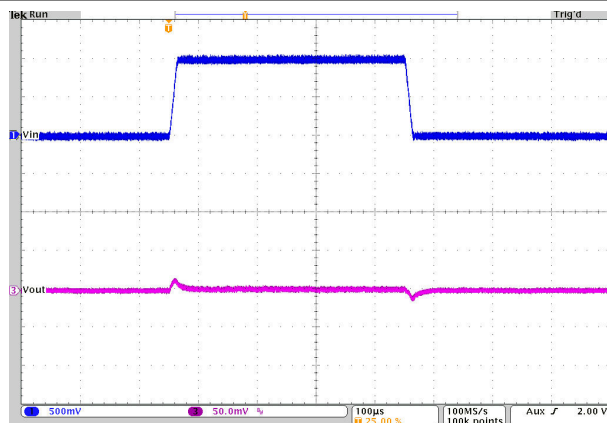
$V_{OUT} = 1.2V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 4A$ $V_{IN} = 4.5V$ 至 $5.5V$ 至 $4.5V$

图 9-37. 线路瞬态响应



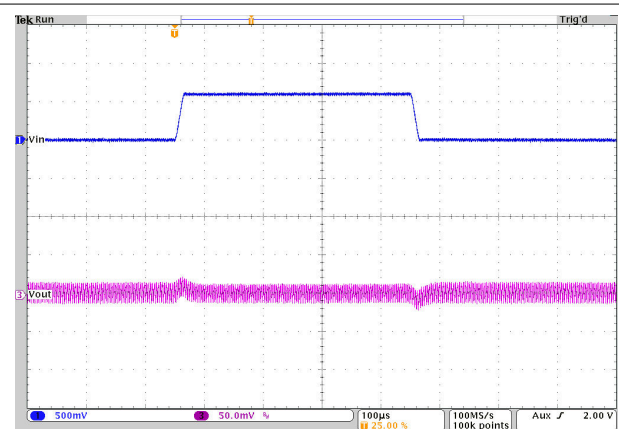
$V_{OUT} = 1.0V$ PFM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 0.5A$ $V_{IN} = 4.5V$ 至 $5.5V$ 至 $4.5V$

图 9-38. 线路瞬态响应



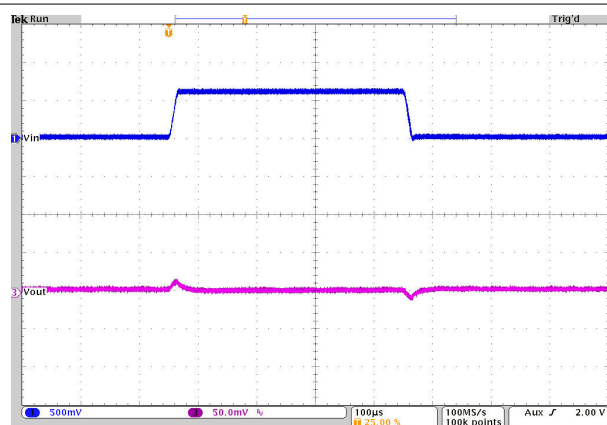
$V_{OUT} = 1.0V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 4A$ $V_{IN} = 4.5V$ 至 $5.5V$ 至 $4.5V$

图 9-39. 线路瞬态响应



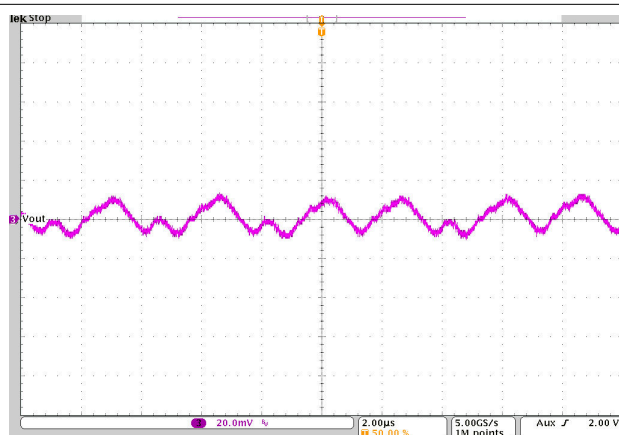
$V_{OUT} = 0.6V$ PFM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 0.5A$ $V_{IN} = 3.0V$ 至 $3.6V$ 至 $3.0V$

图 9-40. 线路瞬态响应



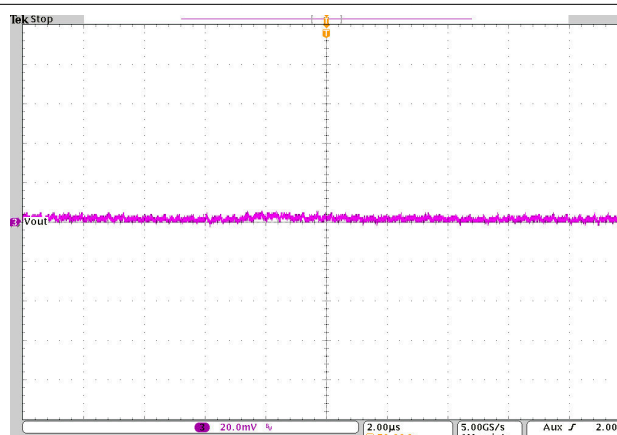
$V_{OUT} = 0.6V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 4A$ $V_{IN} = 3.0V$ 至 $3.6V$ 至 $3.0V$

图 9-41. 线路瞬态响应



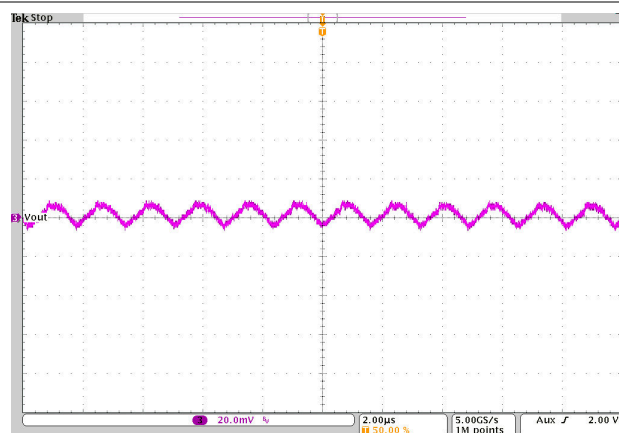
$V_{OUT} = 3.3V$ PFM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 0.5A$ $V_{IN} = 5.0V$ BW = 20MHz

图 9-42. 输出电压纹波



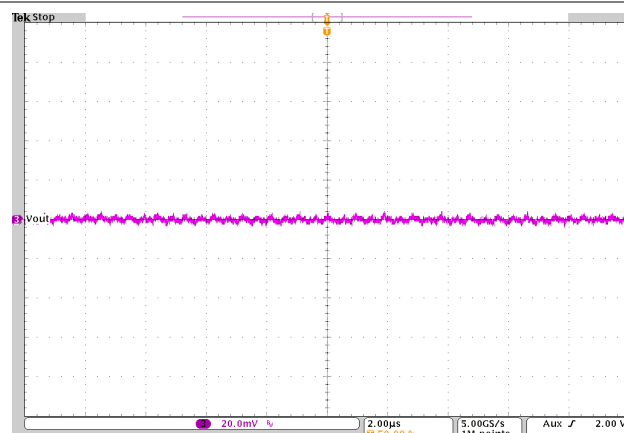
$V_{OUT} = 3.3V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 4A$ $V_{IN} = 5.0V$ BW = 20MHz

图 9-43. 输出电压纹波



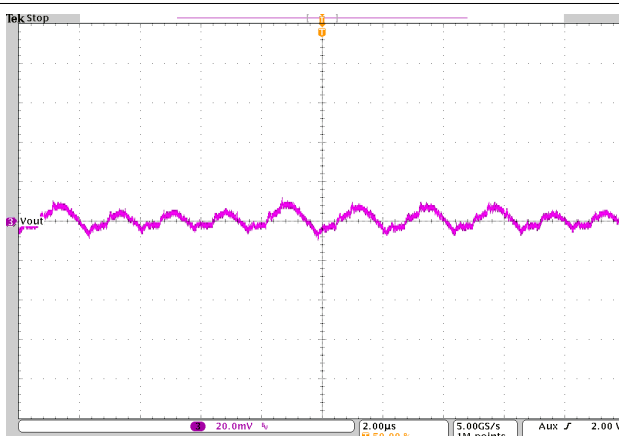
$V_{OUT} = 1.8V$ PFM $T_A = 25^{\circ}C$
 $I_{OUT} = 0.5A$ $V_{IN} = 5.0V$ BW = 20MHz

图 9-44. 输出电压纹波



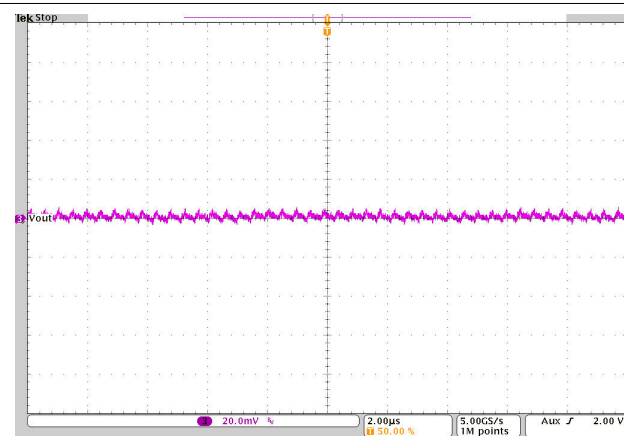
$V_{OUT} = 1.8V$ PWM $T_A = 25^{\circ}C$
 $I_{OUT} = 4A$ $V_{IN} = 5.0V$ BW = 20MHz

图 9-45. 输出电压纹波



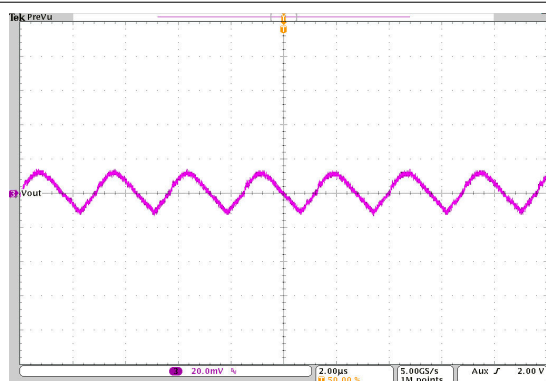
$V_{OUT} = 1.2V$ PFM $T_A = 25^{\circ}C$
 $I_{OUT} = 0.5A$ $V_{IN} = 5.0V$ BW = 20MHz

图 9-46. 输出电压纹波



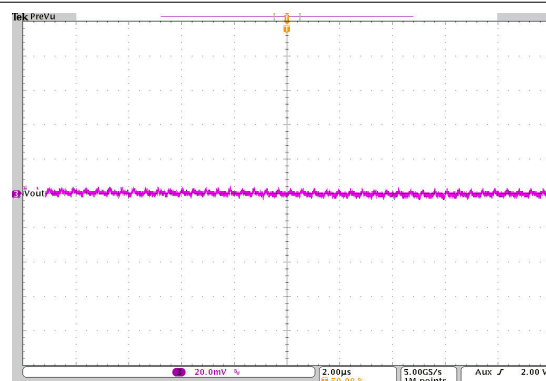
$V_{OUT} = 1.2V$ PWM $T_A = 25^{\circ}C$
 $I_{OUT} = 4A$ $V_{IN} = 5.0V$ BW = 20MHz

图 9-47. 输出电压纹波



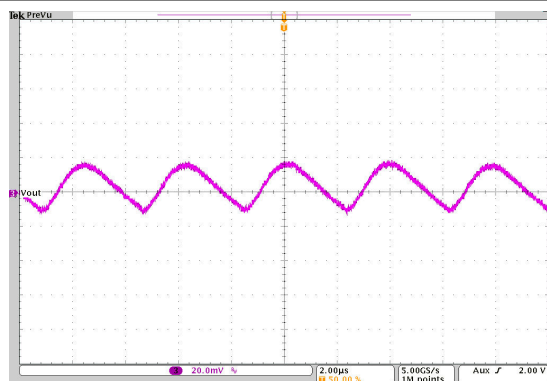
$V_{OUT} = 1.0V$ PFM $T_A = 25^{\circ}C$
 $I_{OUT} = 0.5A$ $V_{IN} = 5.0V$ BW = 20MHz

图 9-48. 输出电压纹波



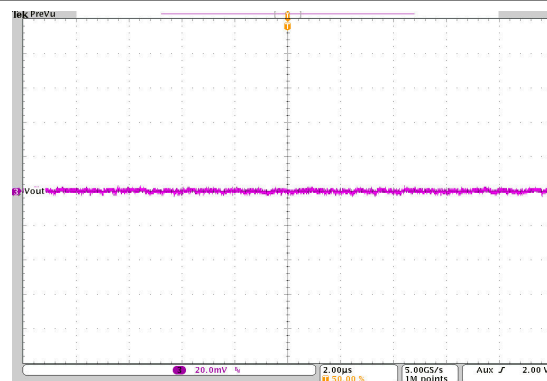
$V_{OUT} = 1.0V$ PWM $T_A = 25^{\circ}C$
 $I_{OUT} = 4A$ $V_{IN} = 5.0V$ BW = 20MHz

图 9-49. 输出电压纹波



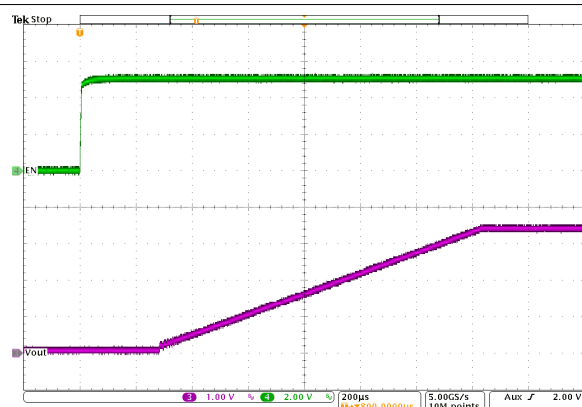
$V_{OUT} = 0.6V$ PFM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 0.5A$ $V_{IN} = 3.3V$ BW = 20MHz

图 9-50. 输出电压纹波



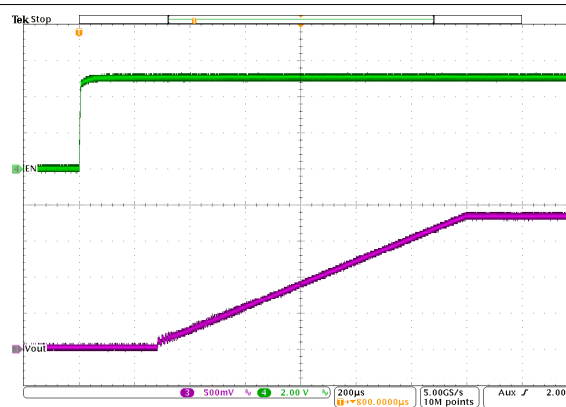
$V_{OUT} = 0.6V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 4A$ $V_{IN} = 3.3V$ BW = 20MHz

图 9-51. 输出电压纹波



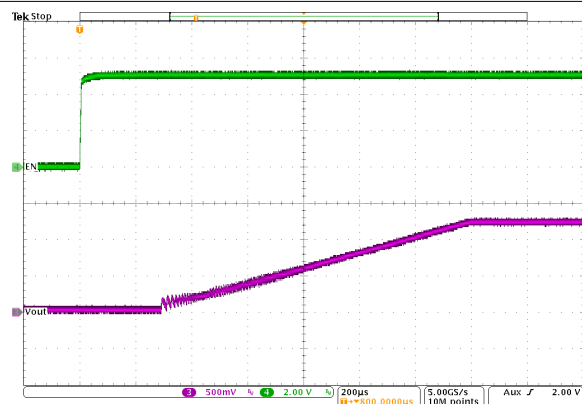
$V_{OUT} = 3.3V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 4A$ $V_{IN} = 5V$ $C_{SS} = 4.7nF$

图 9-52. 启动时序



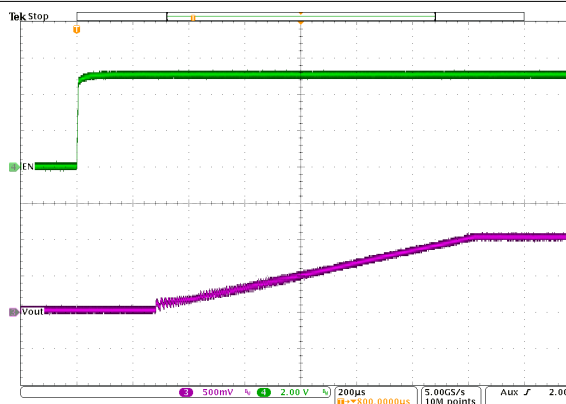
$V_{OUT} = 1.8V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 4A$ $V_{IN} = 5V$ $C_{SS} = 4.7nF$

图 9-53. 启动时序



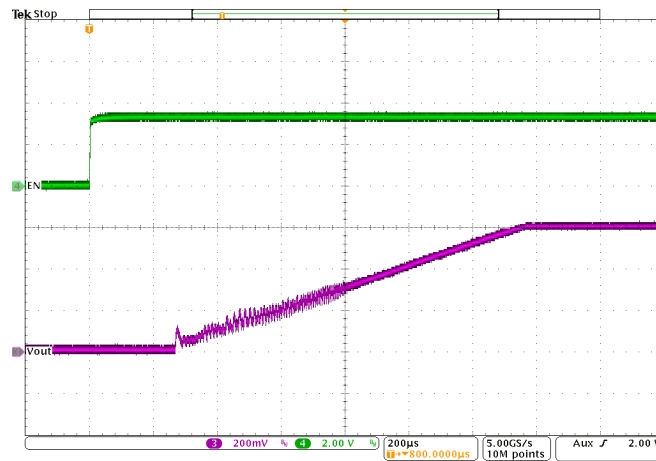
$V_{OUT} = 1.2V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 4A$ $V_{IN} = 5V$ $C_{SS} = 4.7nF$

图 9-54. 启动时序



$V_{OUT} = 1.0V$ PWM $T_A = 25^\circ C$
 $I_{OUT} = 4A$ $V_{IN} = 5V$ $C_{SS} = 4.7nF$

图 9-55. 启动时序



$V_{OUT} = 0.6V$
 $I_{OUT} = 4A$

PWM
 $V_{IN} = 3.3V$

$T_A = 25^{\circ}C$
 $C_{SS} = 4.7nF$

图 9-56. 启动时序

9.3 系统示例

9.3.1 电压跟踪

TPS6281x-EP 器件遵循施加到 SS/TR 引脚的电压。SS/TR 的电压斜坡达到 0.6V，可根据 0.6V 反馈电压对输出电压进行斜坡处理。

跟踪器件 1 的 3.3V 电压（从而使两个电源轨同时达到目标电压）需要在器件 2 的 SS/TR 上使用一个电阻分压器，该分压器等于器件 1 的输出分压器。SS/TR 引脚上的 2.5μA 输出电流会在由 R_5 和 R_6 构成的电阻分压器上产生失调电压。因此， $R_5 \parallel R_6$ 的等效电阻必须保持在 15kΩ 以下。来自 SS/TR 的电流会导致 R_6 上的电压略高于 0.6V，这是理想情况，因为一旦 SS/TR 上的电压高于 0.6V，器件 2 就会切换到内部基准。

如果两个器件都需要在强制 PWM 模式下运行，TI 建议将器件 2 的 MODE 引脚连接到器件 1（主器件）的输出电压或电源正常信号。TPS6281x-EP 器件具有由最短导通时间定义的占空比限制。对于低输出电压的跟踪，一旦达到最小占空比，器件 2 便无法跟随。在跟踪正在进行时启用 PFM 模式，可以让用户将输出电压斜降至接近 0V。

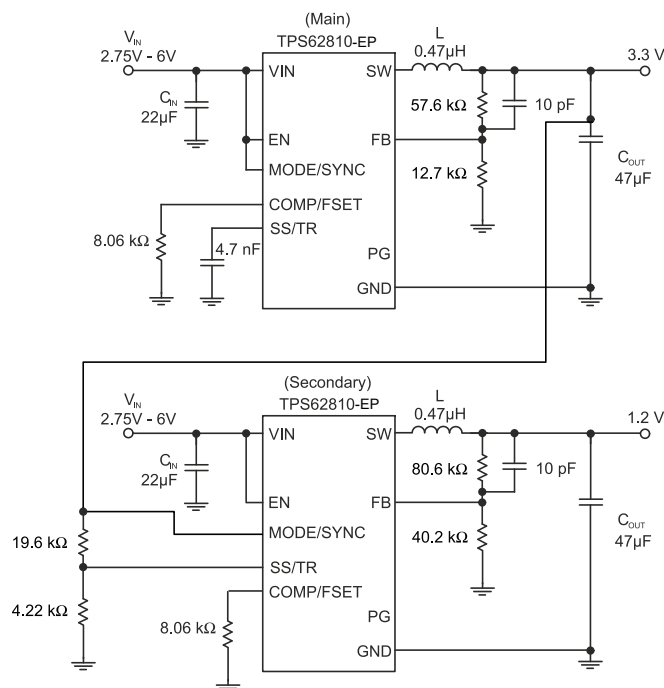


图 9-57. 输出电压跟踪原理图

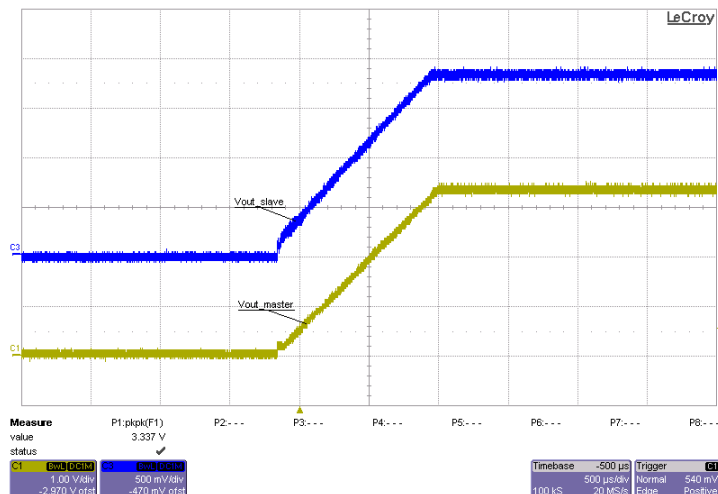


图 9-58. 输出电压跟踪的示波器图

9.3.2 与外部时钟同步

通过在 MODE/SYNC 引脚上施加外部时钟，可以对 TPS6281x-EP 器件进行外部同步。只要输入信号满足电气技术规格中给出的要求，就无需任何额外的电路。可以在运行期间应用或移除时钟，从而让用户从外部定义的固定频率切换到省电模式，或切换到内部固定频率运行。选择的 R_{CF} 电阻值必须确保内部定义的频率和外部施加的频率彼此接近。此操作可确保从内部频率平稳过渡到外部频率，反之亦然。

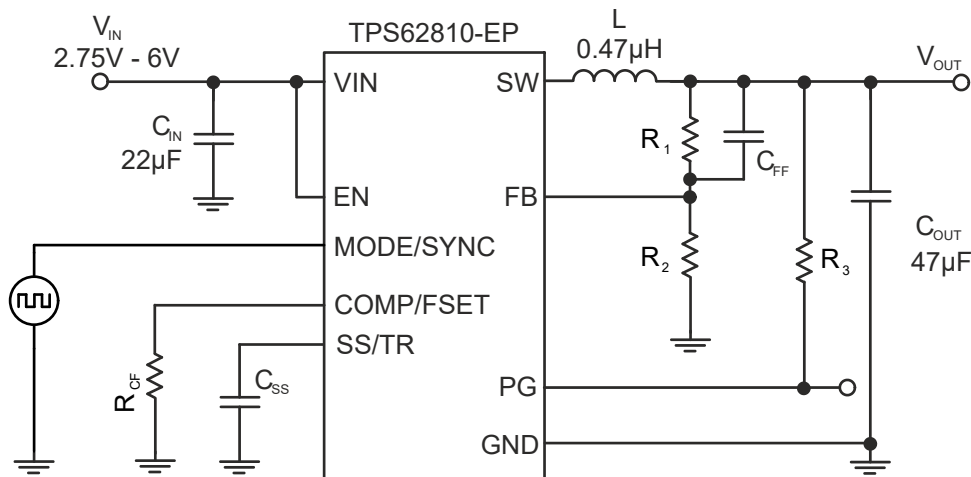
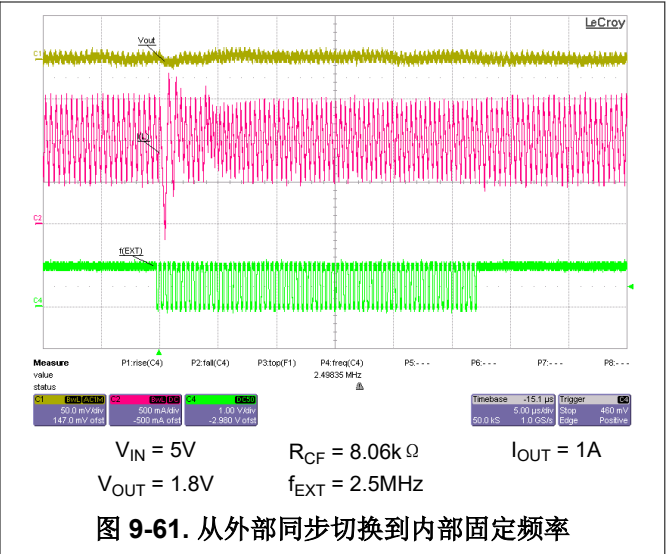
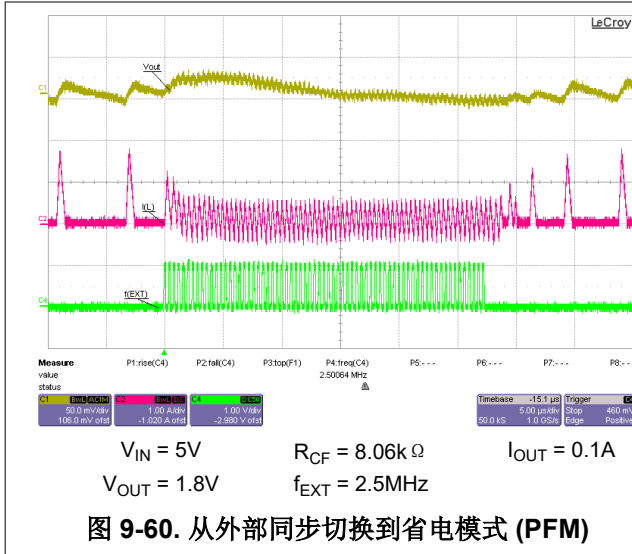


图 9-59. 使用外部同步的原理图



9.4 电源相关建议

TPS6281x-EP 器件系列对输入电源没有特殊要求。请根据 TPS6281x-EP 器件的电源电压、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，TPS6281x-EP 器件的 PCB 布局需要特别注意，以确保运行并获得指定的性能。布局不佳可能会导致（线路和负载）调节不良、不稳定和精度降低、EMI 辐射增加和噪声灵敏度等问题。

有关 TPS6281x-EP 器件的建议布局，请参阅节 9.5.2，该布局专为通用外部接地连接而设计。输入电容必须在 VIN 和 GND 引脚之间（尽可能靠近它们）放置。

为具有高 di/dt 的环路提供低电感和电阻路径。因此，导通开关负载电流的路径必须尽可能短且宽。为具有高 dv/dt 的导线提供低电容路径（相对于所有其他节点）。因此，输入和输出电容应尽可能靠近 IC 引脚放置，并必须避免长距离并连接以及窄布线。传导交流电的环路的轮廓必须尽可能小，因为该面积与辐射的能量成正比。

FB 等敏感节点必须用短线连接，而不是靠近高 dv/dt 信号（如 SW）。由于这些节点携带有关输出电压的信息，因此必须尽可能靠近实际输出电压（在输出电容器处）连接。SS/TR 引脚上的电容器以及 FB 电阻器 R_1 和 R_2 必须靠近 IC，并直接连接到这些引脚和系统接地层。

封装使用引脚来实现功率耗散。VIN 和 GND 引脚上的散热过孔有助于将热量散发到 PCB 中。

EVM 实现了建议的布局，如 TPS62810EVM-015 评估模块用户指南 中所示。

9.5.2 布局示例

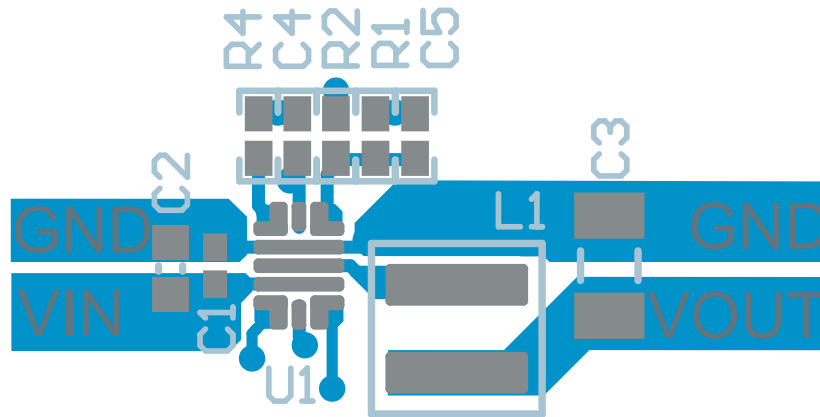


图 9-62. 示例布局

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)，[TPS62810EVM-015 评估模块 EVM 用户指南](#)

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。

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	注释
October 2024	*	初始发行版

12 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)
TPS62810MRWYRNEP	Active	Production	VQFN-HR (RWY) 9	250 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-55 to 150	10EP
TPS62810MRWYRNEP.A	Active	Production	VQFN-HR (RWY) 9	250 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-55 to 150	10EP
TPS62811MRWYRNEP	Active	Production	VQFN-HR (RWY) 9	250 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-55 to 150	11EP
TPS62811MRWYRNEP.A	Active	Production	VQFN-HR (RWY) 9	250 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-55 to 150	11EP
TPS62812MRWYRNEP	Active	Production	VQFN-HR (RWY) 9	250 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-55 to 150	12EP
TPS62812MRWYRNEP.A	Active	Production	VQFN-HR (RWY) 9	250 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-55 to 150	12EP
TPS62813MRWYRNEP	Active	Production	VQFN-HR (RWY) 9	250 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-55 to 150	13EP
TPS62813MRWYRNEP.A	Active	Production	VQFN-HR (RWY) 9	250 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-55 to 150	13EP
V62/23613-01XE	Active	Production	VQFN-HR (RWY) 9	250 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-55 to 150	10EP
V62/23613-02XE	Active	Production	VQFN-HR (RWY) 9	250 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-55 to 150	11EP
V62/23613-03XE	Active	Production	VQFN-HR (RWY) 9	250 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-55 to 150	12EP
V62/23613-04XE	Active	Production	VQFN-HR (RWY) 9	250 LARGE T&R	Yes	NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-55 to 150	13EP

⁽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.

OTHER QUALIFIED VERSIONS OF TPS62810-EP, TPS62811-EP, TPS62812-EP, TPS62813-EP :

- Automotive : [TPS62810-Q1](#), [TPS62811-Q1](#), [TPS62812-Q1](#), [TPS62813-Q1](#)

NOTE: Qualified Version Definitions:

- Automotive - Q100 devices qualified for high-reliability automotive applications targeting zero defects

GENERIC PACKAGE VIEW

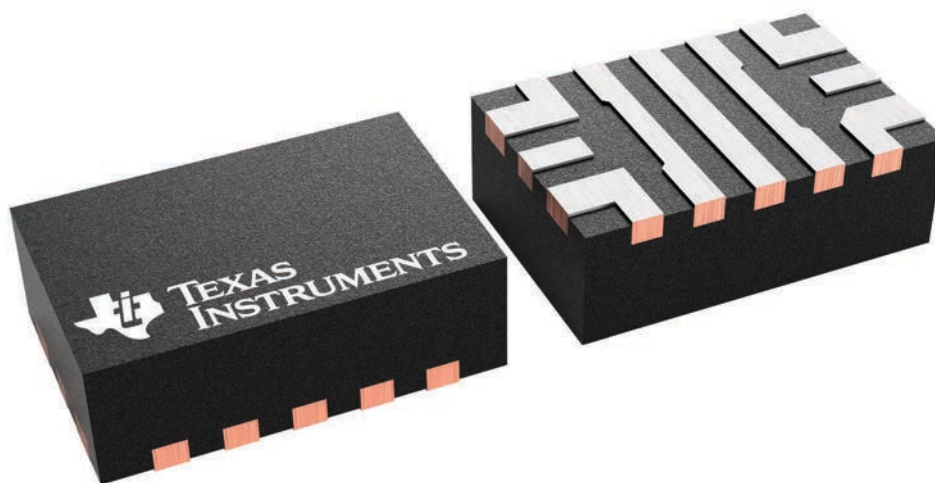
RWY 9

VQFN-HR - 1 mm max height

2 x 3, 0.5 mm pitch

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD

This image is a representation of the package family, actual package may vary.
Refer to the product data sheet for package details.



4226729/A

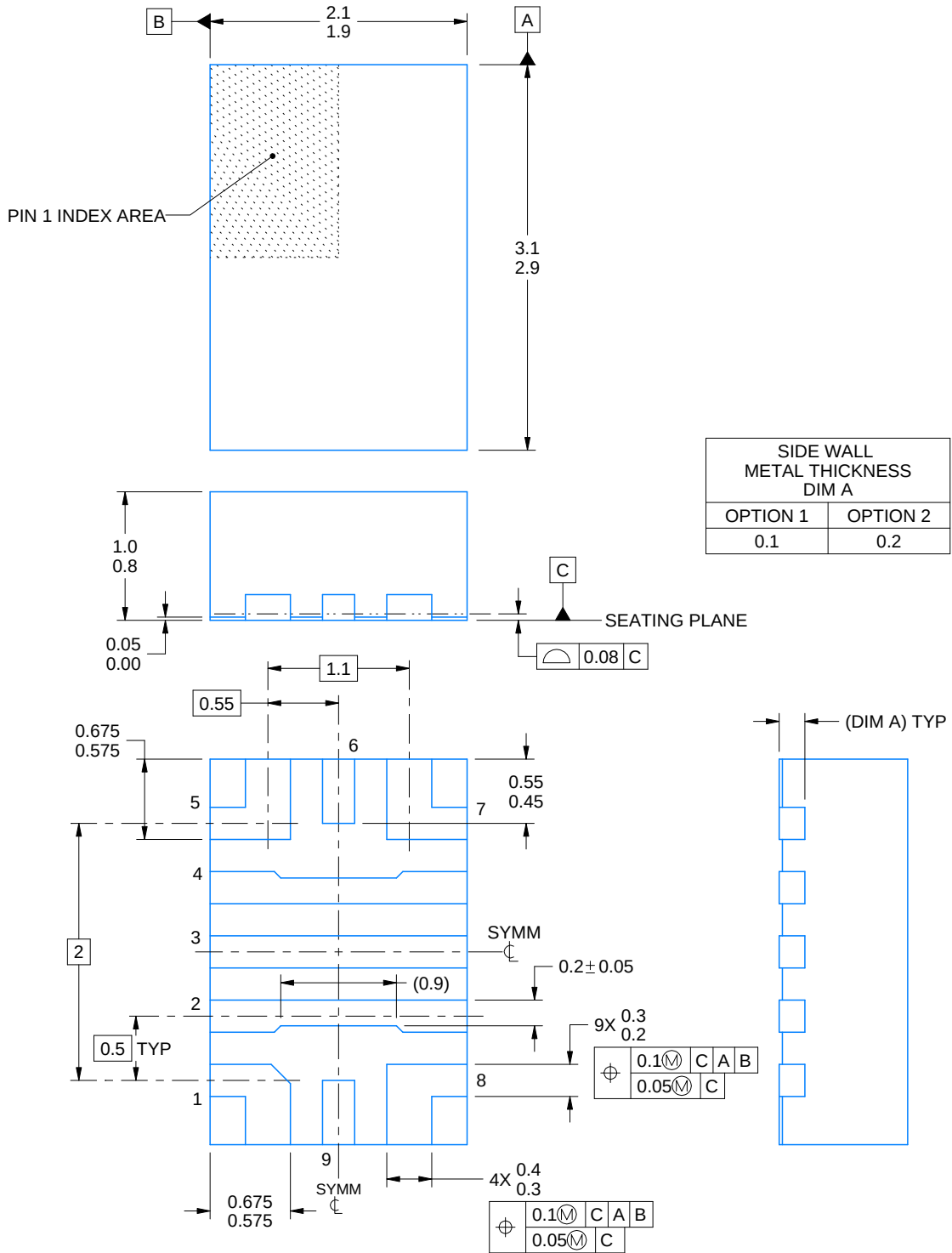
RWY0009B



PACKAGE OUTLINE

VQFN-HR - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



4226695/B 06/2022

NOTES:

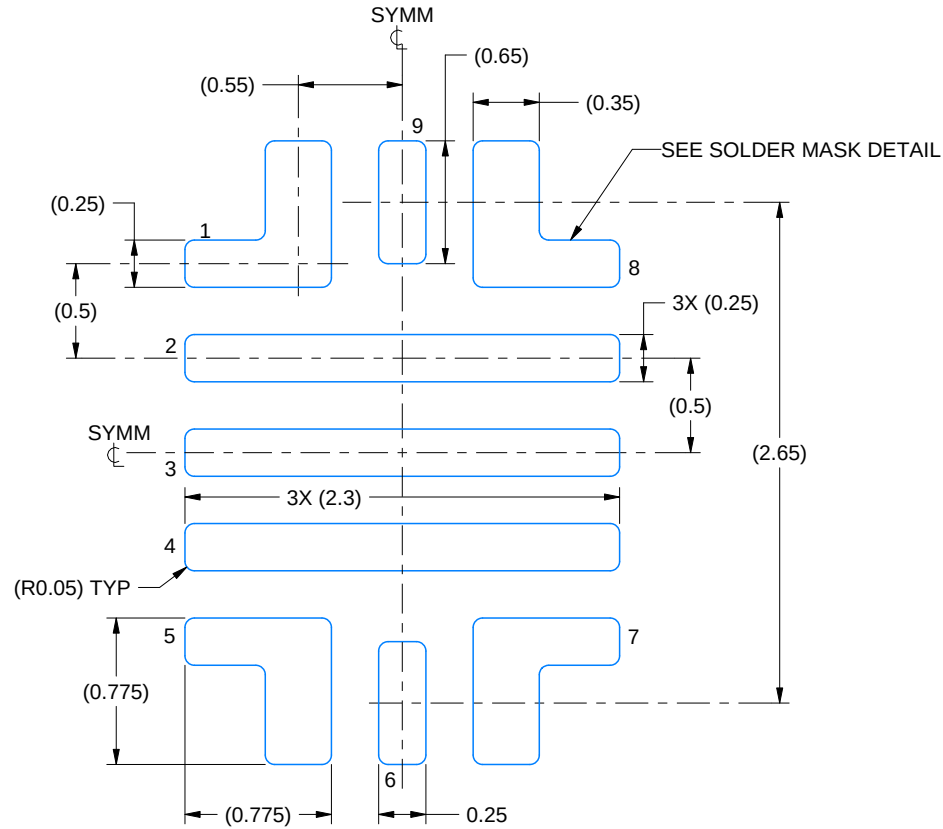
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.

EXAMPLE BOARD LAYOUT

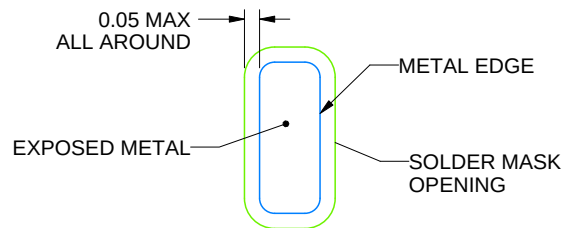
RWY0009B

VQFN-HR - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE: 25X



NON SOLDER MASK
DEFINED
SOLDER MASK DETAIL

4226695/B 06/2022

NOTES: (continued)

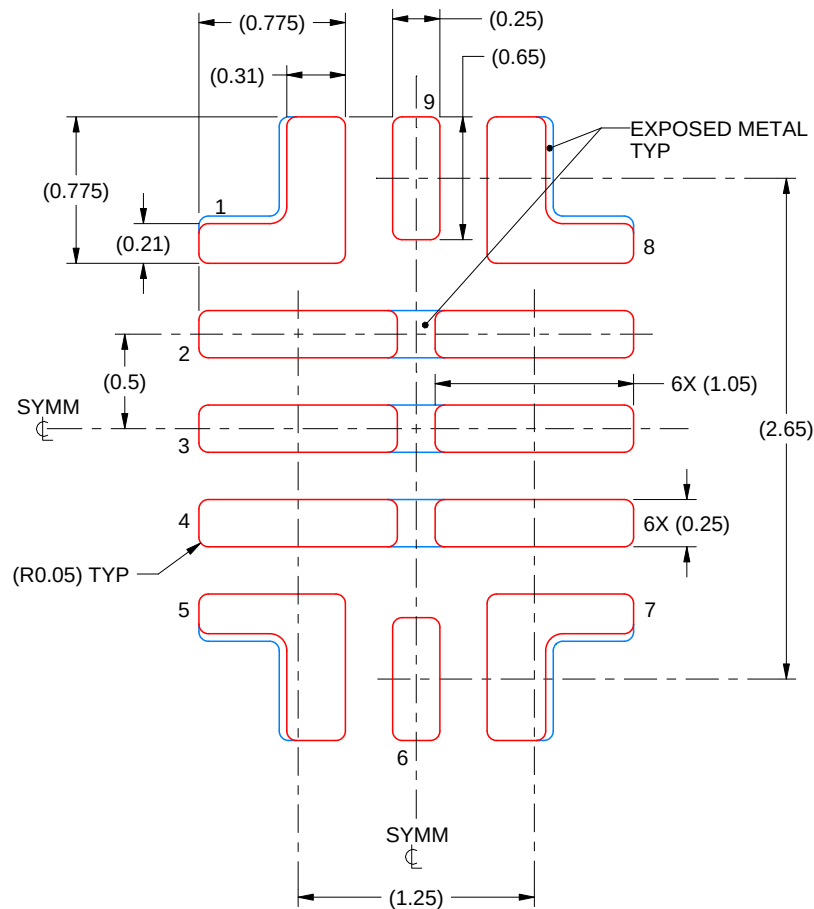
3. This package is designed to be soldered to thermal pads on the board. For more information, see Texas Instruments literature number SLUA271 (www.ti.com/lit/sluea271).
4. Vias are optional depending on application, refer to device data sheet. It is recommended that vias under paste be filled, plugged or tented.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

RWY0009B

VQFN-HR - 1 mm max height

PLASTIC QUAD FLATPACK - NO LEAD



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.1 mm THICK STENCIL
PADS 1, 5, 7 & 8:
90% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA UNDER PACKAGE
SCALE: 25X

4226695/B 06/2022

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