

TPS22991 采用小型塑料封装的 5V、3A、25mΩ 负载开关器件

1 特性

- 集成型单通道负载开关
 - 输入电压范围：1V 至 5.5V
 - 3A 最大连续开关电流
 - 25mΩ 典型导通电阻
 - 低静态电流：
 - $V_{IN} = 3.3V$ 时 $I_Q = 6 \mu A$ (典型值)
 - 低关断电流：
 - $V_{IN} = 3.3V$ 时 $I_{SD} = 14nA$ (典型值)
 - 受控压摆率：
 - 版本 B、BN： $V_{IN} = 3.3V$ 时上升时间 (t_R) = 141 μs
 - 版本 C、CN： $V_{IN} = 3.3V$ 时上升时间 (t_R) = 845 μs
 - 通过 150 Ω 电阻实现快速输出放电 (QOD)
 - 热关断保护
 - 0.85mm × 0.75mm、0.4mm 间距 UQFN⁽¹⁾ 封装
1. 预量产器件将采用 WQFN 封装。WQFN 封装与 UQFN 封装占位相同，但 WQFN 封装的高度为 0.75mm，而 UQFN 封装的高度为 0.6mm。最终量产器件将采用 UQFN 封装。如需更多信息，请与 TI 联系。

2 应用

- PC 和笔记本电脑
- 可穿戴设备
- 固态硬盘 (SSD)
- 工业 PC

3 说明

TPS22991 是一款具有受控压摆率的小型、低 R_{ON} 单通道负载开关。该器件包含一个可在 1.0V 至 5.5V 输入电压范围内运行的 N 沟道 MOSFET，并且支持 3A 的最大持续电流。开关由可与低压控制信号直接连接的打开和关闭输入控制。

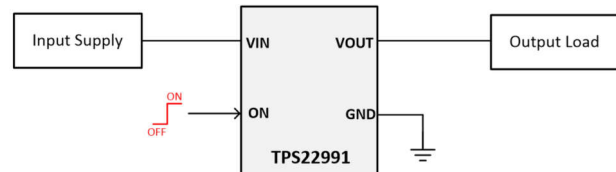
该器件具有小尺寸和低 R_{ON} ，非常适合于空间受限的电池供电型应用。该开关还具有宽输入电压范围，可作为多个不同电压轨的多用途解决方案。该器件的受控上升时间可大幅降低大容量负载电容所产生的浪涌电流，从而降低或消除电源压降。TPS22991 通过集成一个 150 Ω 下拉电阻器以在开关关闭时实现快速输出放电 (QOD)，可进一步缩小总体解决方案尺寸。

TPS22991 采用节省空间的小型 0.85mm × 0.75mm、0.4mm 间距、4 引脚 UQFN 封装。该器件在自然通风环境下的额定运行温度范围为 -55°C 至 +125°C。

封装信息

器件型号	封装 ⁽¹⁾	封装尺寸 ⁽²⁾
TPS22991	RAA (UQFN, 4)	0.85mm × 0.75mm

- (1) 如需了解所有可用封装，请参阅数据表末尾的可订购产品附录。
- (2) 封装尺寸 (长 × 宽) 为标称值，并包括引脚 (如适用)。



TPS22991 典型应用



内容

1 特性.....	1	9.2 功能方框图.....	12
2 应用.....	1	9.3 特性说明.....	12
3 说明.....	1	9.4 器件功能模式.....	13
4 器件比较表.....	3	10 应用和实施.....	14
5 引脚配置和功能.....	4	10.1 应用信息.....	14
6 规格.....	5	10.2 典型应用.....	14
6.1 绝对最大额定值.....	5	10.3 电源相关建议.....	15
6.2 ESD 等级.....	5	10.4 布局.....	15
6.3 建议运行条件.....	5	11 器件和文档支持.....	17
6.4 热性能信息.....	5	11.1 接收文档更新通知.....	17
6.5 电气特性.....	6	11.2 支持资源.....	17
6.6 开关特性 (版本 C、CN)	7	11.3 商标.....	17
6.7 开关特性 (版本 B、BN)	7	11.4 静电放电警告.....	17
7 典型特性.....	9	11.5 术语表.....	17
8 参数测量信息.....	11	12 修订历史记录.....	17
9 详细说明.....	12	13 机械、封装和可订购信息.....	18
9.1 概述.....	12		

4 器件比较表

表 4-1. 功能比较

器件型号	快速输出放电 (QOD)	开通时间
TPS22991B	是	快
TPS22991BN ⁽¹⁾	否	快
TPS22991C ⁽¹⁾	是	慢
TPS22991CN ⁽¹⁾	否	慢

(1) 器件处于预发布状态。如需更多信息，请与 TI 联系。

5 引脚配置和功能

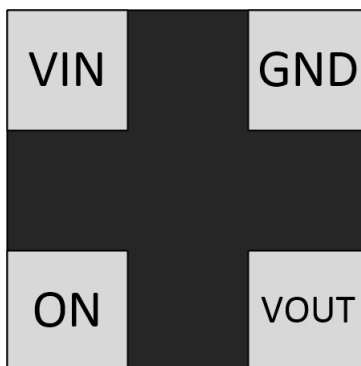


图 5-1. TPS22991 RAA 封装，4 引脚 UQFN (顶视图)

表 5-1. 引脚功能

引脚		I/O	说明
名称	编号		
VIN	1	I	开关输入。
ON	2	I	高电平有效开关控制输入。
VOUT	3	O	开关输出。
GND	4	—	器件接地。

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
V _{IN}	最大输入电压范围	-0.3	6	V
V _{OUT}	最大输出电压范围	-0.3	6	V
V _{ON}	最大 ON 引脚电压范围	-0.3	6	V
I _{MAX}	最大持续电流		3	A
I _{PLS}	最大脉冲电流 (2ms、2% 占空比)		4	A
T _J	结温	-55	150	°C
T _{STG}	贮存温度	-65	150	°C
T _{LEAD}	最高引线温度 (10s 焊接时间)		300	°C

(1) 超出绝对最大额定值下列出的应力可能会对器件造成损坏。这些仅为应力额定值，并不意味着器件在这些条件下以及在建议运行条件以外的任何其他条件下能够正常运行。长时间处于绝对最大额定条件下可能会影响器件的可靠性。

6.2 ESD 等级

			值	单位
V _(ESD)	静电放电	人体放电模型 (HBM), 符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 标准, 所有引脚 ⁽¹⁾	±2000	V
		充电器件模型 (CDM), 符合 JEDEC 规范 JESD22-C101, 所有引脚 ⁽²⁾	±1000	

(1) JEDEC 文档 JEP155 指出: 500V HBM 可实现在标准 ESD 控制流程下安全生产。
(2) JEDEC 文档 JEP157 指出: 250V CDM 可实现在标准 ESD 控制流程下安全生产。若部署必要的预防措施, 则可以在更低电压的模型下进行生产。列出的引脚实际上可能具有更高的性能。

6.3 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	典型值	最大值	单位
V _{IN}	输入电压范围	1.0		5.5	V
V _{OUT}	输出电压范围	0		5.5	V
V _{IH}	ON 引脚高电压范围	0.8		5.5	V
V _{IL}	ON 引脚低电压范围	0		0.35	V
T _A	环境温度	-55		125	°C

6.4 热性能信息

热指标 ⁽¹⁾		TPS22991	单位
		4 引脚	
		RAA	
R _{θJA}	结至环境热阻	225.3	°C/W
R _{θJC(top)}	结至外壳 (顶部) 热阻	214.5	°C/W
R _{θJB}	结至电路板热阻	83.6	°C/W
Ψ _{JT}	结至顶部特征参数	13.1	°C/W
Ψ _{JB}	结至电路板特征参数	83	°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。

6.5 电气特性

典型值在 $V_{IN} = 3.3V$ 条件下测得 (除非另有说明)

参数		测试条件		T _A	最小值	典型值	最大值	单位	
输入电源 (VIN)									
I _{Q, VIN}	VIN 静态电流	V _{ON} ≥ V _{IH} , VOUT = 开路		25°C	6			μA	
				-40°C 至 85°C	12			μA	
				-55°C 至 125°C	14			μA	
I _{SD, VIN}	VIN 关断电流	V _{ON} ≤ V _{IL} , VOUT = 开路		25°C	14			nA	
				-40°C 至 85°C	9			μA	
				-55°C 至 125°C	61			μA	
I _{SD, VIN}	VIN 关断电流	V _{ON} ≤ V _{IL} , VOUT = GND	V _{ON} ≤ V _{IL} , VOUT = GND	25°C	15			nA	
				-40°C 至 85°C	9			μA	
				-55°C 至 125°C	41			μA	
导通电阻 (RON)									
RON	ON 状态电阻	I _{OUT} = -200mA		V _{IN} = 5V	25°C	25			m Ω
					-40°C 至 85°C	35			m Ω
					-40°C 至 105°C	38			m Ω
					-55°C 至 125°C	40			m Ω
				V _{IN} = 3.3V	25°C	25			m Ω
					-40°C 至 85°C	35			m Ω
					-40°C 至 105°C	38			m Ω
					-55°C 至 125°C	40			m Ω
				V _{IN} = 1.8V	25°C	25			m Ω
					-40°C 至 85°C	35			m Ω
					-40°C 至 105°C	38			m Ω
					-55°C 至 125°C	40			m Ω
				V _{IN} = 1V	25°C	35			m Ω
					-40°C 至 85°C	48			m Ω
					-40°C 至 105°C	52			m Ω
					-55°C 至 125°C	60			m Ω
热关断 (TSD)									
T _{SD,R}	热关断			上升	170			°C	
T _{SD,F}	热关断			下降	150			°C	
使能引脚 (ON)									
I _{ON}	ON 引脚漏电流	V _{ON} ≥ V _{IH}		-55°C 至 125°C	100			nA	
R _{PD, ON}	智能下拉电阻	V _{ON} ≤ V _{IL}		-55°C 至 125°C	500			kΩ	
V _{IH,ON}	ON 引脚阈值 (VIH 上升)			-55°C 至 125°C	0.8			V	
V _{Hys,ON}	ON 引脚阈值 (迟滞)			-55°C 至 125°C	0.06 5			V	
V _{IL,ON}	ON 引脚阈值 (VIL 下降)			-55°C 至 125°C	0.35			V	
快速输出放电 (QOD)									

6.5 电气特性 (续)

典型值在 $V_{IN} = 3.3V$ 条件下测得 (除非另有说明)

参数		测试条件		T_A	最小值	典型值	最大值	单位
R_{QOD}	QOD 引脚内部放电电阻 (版本 B、C)	$V_{ON} \leq V_{IL}$	$V_{IN} = 1V$	-55°C 至 125°C		190		Ω
			$V_{IN} = 3.3V$	-55°C 至 125°C		150		Ω
			$V_{IN} = 5V$	-55°C 至 125°C		140		Ω

6.6 开关特性 (版本 C、CN)

除非另有说明, 否则下表中的典型特性适用于 3.3V 输入电压、25°C 环境温度和 $CL = 0.1\mu F$ 、 $RL = 10\Omega$ 负载。数据表中的时序图显示了时序参数测量详细信息。

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
t_{ON}	开通时间	$V_{IN} = 5.0V$			1431		μs
		$V_{IN} = 3.3V$			1300		μs
		$V_{IN} = 1.8V$			1110		μs
		$V_{IN} = 1.0V$			1000		μs
t_R	输出上升时间	$V_{IN} = 5.0V$			1000		μs
		$V_{IN} = 3.3V$			845		μs
		$V_{IN} = 1.8V$			639		μs
		$V_{IN} = 1.0V$			493		μs
t_D	延迟时间	$V_{IN} = 5.0V$			432		μs
		$V_{IN} = 3.3V$			455		μs
		$V_{IN} = 1.8V$			471		μs
		$V_{IN} = 1.0V$			510		μs
t_{OFF}	关断时间	$V_{IN} = 5.0V$			7.5		μs
		$V_{IN} = 3.3V$			5		μs
		$V_{IN} = 1.8V$			3		μs
		$V_{IN} = 1.0V$			5		μs
t_F	输出下降时间	$V_{IN} = 5.0V$			2		μs
		$V_{IN} = 3.3V$			2		μs
		$V_{IN} = 1.8V$			2		μs
		$V_{IN} = 1.0V$			2.7		μs

6.7 开关特性 (版本 B, BN)

除非另有说明, 否则下表中的典型特性适用于 3.3V 输入电压、25°C 环境温度和 $CL = 0.1\mu F$ 、 $RL = 10\Omega$ 负载。数据表中的时序图显示了时序参数测量详细信息。

参数		测试条件		最小值	典型值	最大值	单位
t_{ON}	开通时间	$V_{IN} = 5.0V$			302		μs
		$V_{IN} = 3.3V$			259		μs
		$V_{IN} = 1.8V$			216		μs
		$V_{IN} = 1.0V$			198		μs
t_R	输出上升时间	$V_{IN} = 5.0V$			173		μs
		$V_{IN} = 3.3V$			141		μs
		$V_{IN} = 1.8V$			107		μs
		$V_{IN} = 1.0V$			81		μs

6.7 开关特性 (版本 B , BN) (续)

除非另有说明, 否则下表中的典型特性适用于 3.3V 输入电压、25°C 环境温度和 $CL = 0.1\mu F$ 、 $RL = 10\Omega$ 负载。数据表中的时序图显示了时序参数测量详细信息。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_D	延迟时间	VIN = 5.0V		127		μs
		VIN = 3.3V		117		μs
		VIN = 1.8V		109		μs
		VIN = 1.0V		116		μs
t_{OFF}	关断时间	VIN = 5.0V		7.5		μs
		VIN = 3.3V		5		μs
		VIN = 1.8V		3		μs
		VIN = 1.0V		5		μs
t_F	输出下降时间	VIN = 5.0V		2		μs
		VIN = 3.3V		2		μs
		VIN = 1.8V		2		μs
		VIN = 1.0V		2.7		μs

7 典型特性

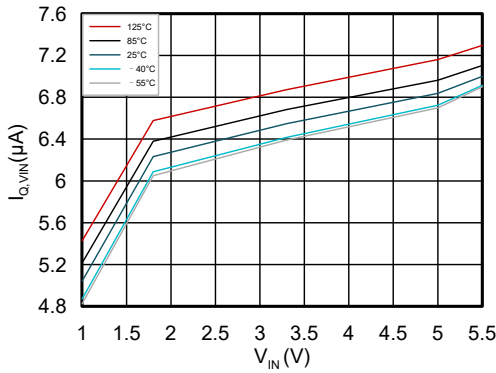
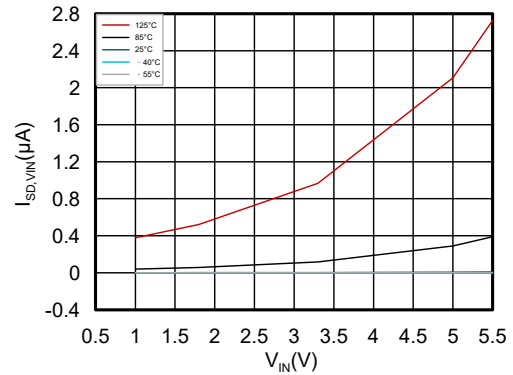
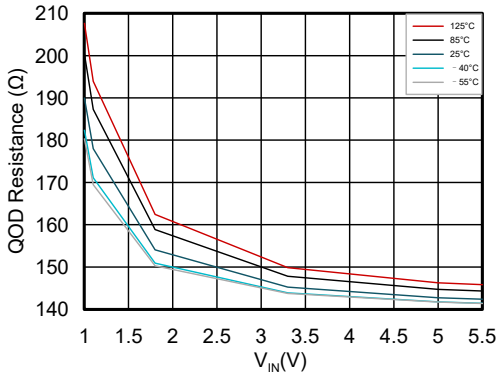


图 7-1. V_{IN} 静态电流与输入电压间的关系



TPS22991B, TPS22991C

图 7-2. V_{IN} 关断电流与输入电压间的关系



TPS22991B, TPS22991C

图 7-3. QOD 电阻与输入电压间的关系

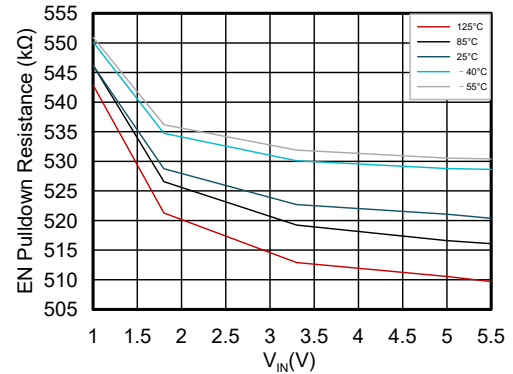


图 7-4. ON 引脚电阻 $R_{PD,ON}$ 与输入电压间的关系

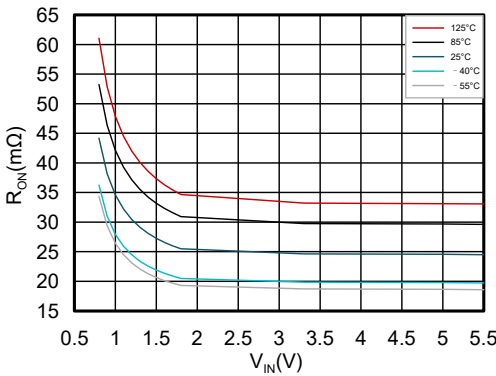
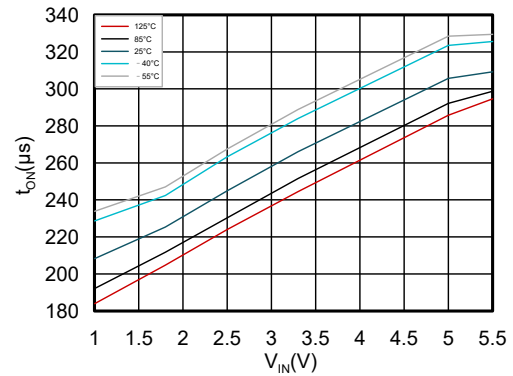


图 7-5. R_{ON} 与输入电压间的关系



$C_L = 0.1\mu F$ $R_L = 10\Omega$ TPS22991B, TPS22991BN

图 7-6. 导通时间与输入电压间的关系

7 典型特性 (续)

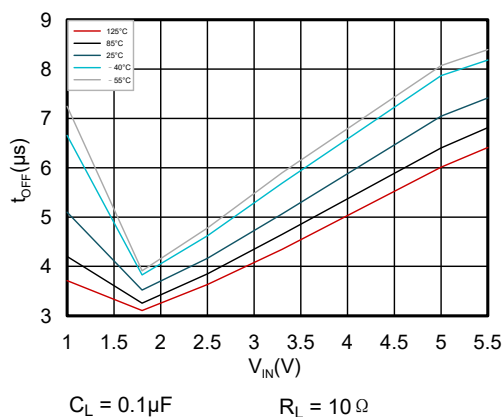


图 7-7. 关断时间与输入电压间的关系

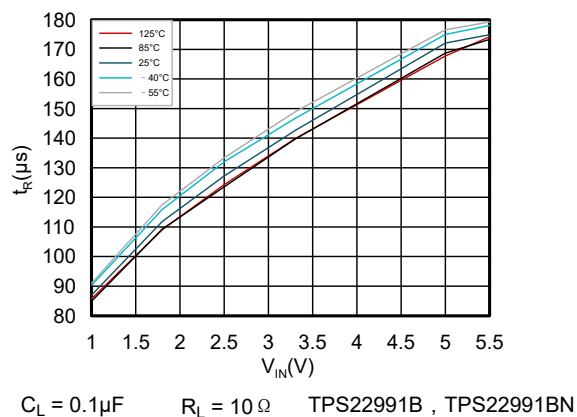


图 7-8. 上升时间与输入电压间的关系

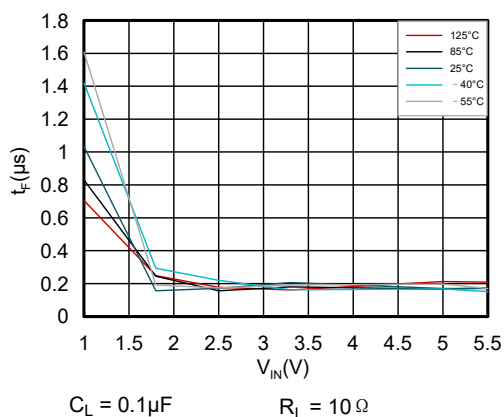


图 7-9. 下降时间与输入电压间的关系

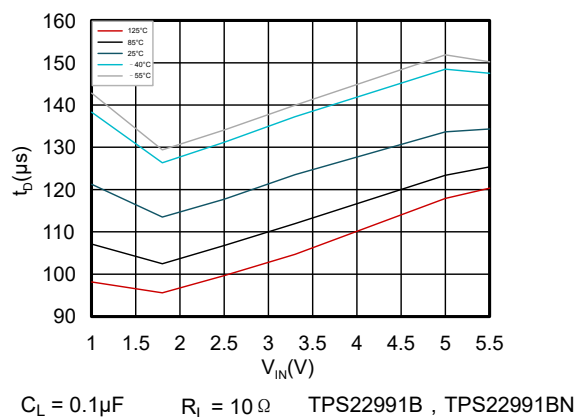


图 7-10. 延迟时间与输入电压间的关系

8 参数测量信息

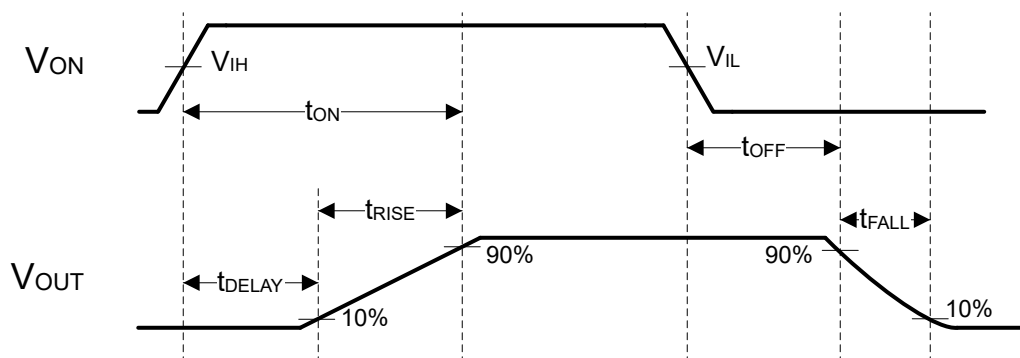


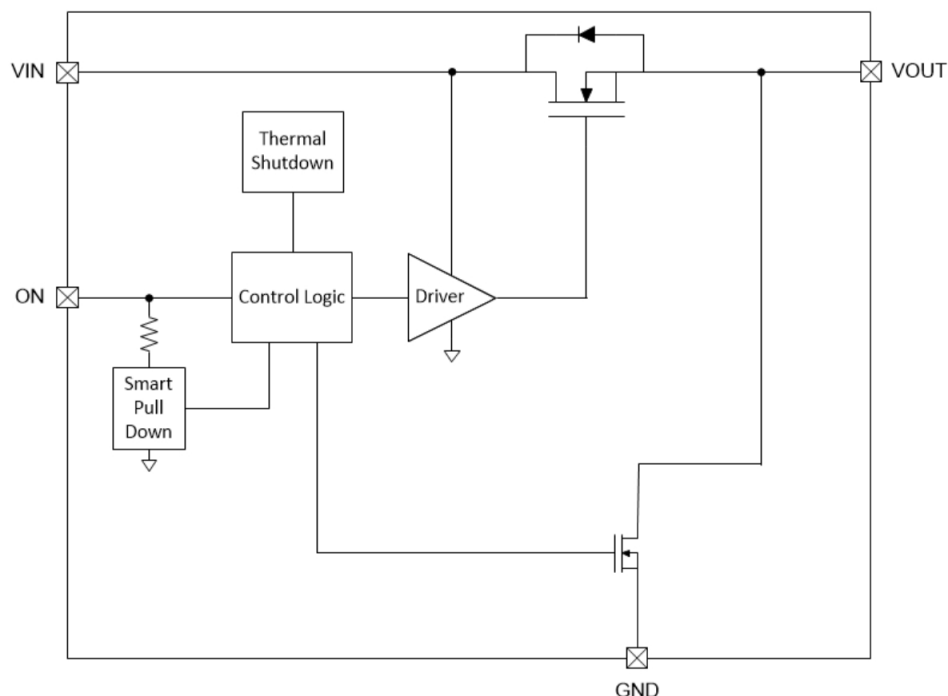
图 8-1. 时序参数测量信息

9 详细说明

9.1 概述

TPS22991 是一款具有受控压摆率的小型、低 R_{ON} 单通道负载开关。该器件包含一个可在 1V 至 5.5V 输入电压范围内运行的 N 沟道 MOSFET，并且支持 3A 的最大持续电流。开关由可与低压控制信号直接连接的打开和关闭输入控制。

9.2 功能方框图



9.3 特性说明

9.3.1 开关控制

ON 引脚控制开关的状态。ON 引脚与标准 GPIO 逻辑阈值兼容，因此可用于各种应用。首次向 V_{IN} 加电时，此器件使用智能下拉电阻来保持 ON 引脚不悬空，直到系统时序控制完成。ON 引脚故意驱动为高电平 ($\geq V_{IH}$) 后，便会断开智能下拉电阻，从而防止不必要的功率损耗。查看表 9-1 以了解 ON 引脚智能下拉电阻何时起作用。

表 9-1. ON 引脚控制

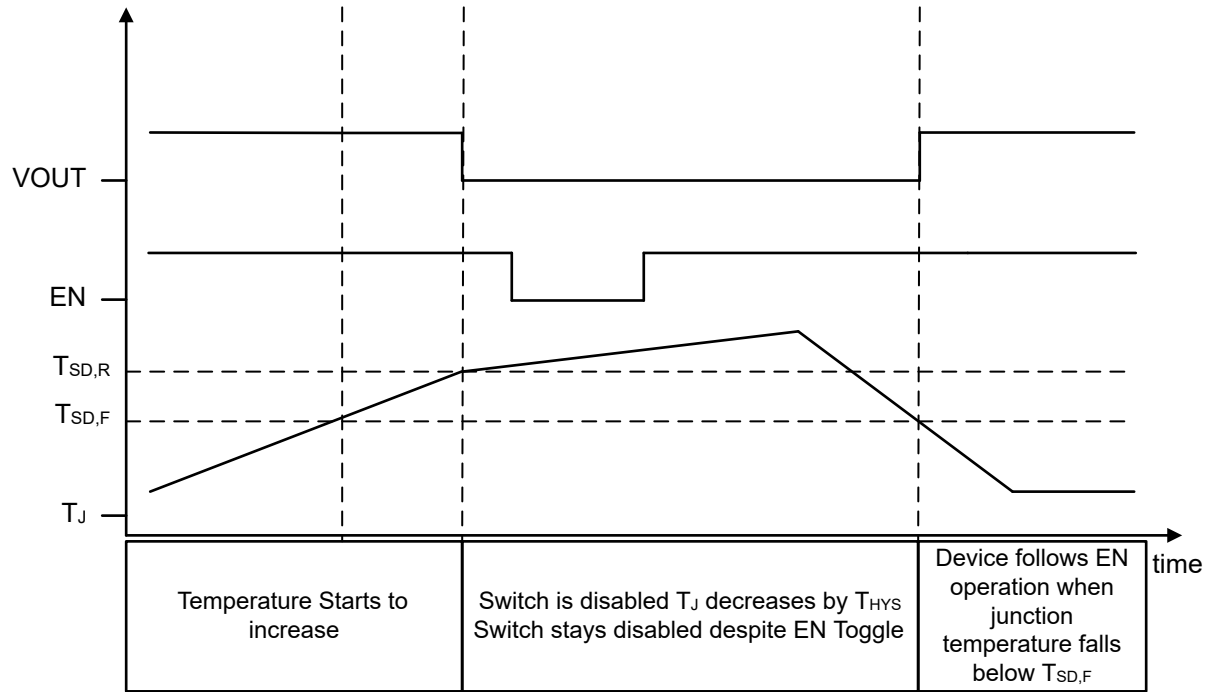
ON 引脚电压	ON 引脚智能下拉电阻状态
$\leq V_{IL}$	智能下拉电阻起作用
$\geq V_{IH}$	智能下拉电阻断开

9.3.2 快速输出放电

TPS22991B 和 TPS22991C 集成了快速输出放电。当禁用开关时，在 VOUT 和 GND 之间连接一个放电电阻器。当 $V_{IN} = 3.3V$ 时，该电阻器的典型值为 150Ω ，并可在禁用开关时防止输出悬空。

9.3.3 热关断

当器件温度达到 $T_{SD,R}$ 时，器件会自行关断以防止热损坏。器件冷却到 $T_{SD,F}$ 后，将会重新导通。如果器件处于热应力较高的环境中，则器件会在这两个状态之间交替，直到其温度能够保持在热关断点以下。



9.3.4 输入电容器 (C_{IN})

要限制在开关打开进入放电的负载电容器或短路时由瞬态浪涌电流引起的输入电源压降，需要在 V_{IN} 和 GND 引脚之间放置一个电容器。靠近引脚放置的 $1\mu F$ 陶瓷电容器 C_{IN} 通常就足够了。可以使用更高的 C_{IN} 值来进一步降低大电流应用期间的压降。在开关重负载时，建议使用一个比输出电容器高大约 10 倍的输入电容器，避免出现过大的压降。

9.3.5 输出电容器 (C_L)

由于 MOSFET 中集成了体二极管，因此强烈建议使 C_{IN} 大于 C_L 。如果 C_L 大于 C_{IN} ，则在移除系统电源后，会导致 V_{OUT} 超过 V_{IN} 。这会导致电流通过体二极管从 V_{OUT} 流向 V_{IN} 。建议 C_{IN} 与 C_L 之比为 10:1，以尽可能减少启动期间浪涌电流引起的 V_{IN} 骤降。

9.4 器件功能模式

下表介绍了 V_{OUT} 引脚的连接，具体取决于 ON 引脚的状态。

ON	故障条件	VOUT 状态
L	不适用	高阻态
H	无	V_{IN} (通过 R_{ON} 连接)
X	热关断	高阻态

10 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。

10.1 应用信息

器件中的输入到输出压降由器件的 R_{ON} 和负载电流决定。器件的 R_{ON} 取决于器件的 V_{IN} 条件。根据 V_{IN} 条件确定器件的 R_{ON} 后，使用以下公式计算输入至输出压降。

$$\Delta V = I_{LOAD} \times R_{ON} \quad (1)$$

其中

- ΔV 是从 V_{IN} 到 V_{OUT} 的压降。
- I_{LOAD} 是负载电流。
- R_{ON} 是器件在特定 V_{IN} 和 V_{BIAS} 下的导通电阻。

10.2 典型应用

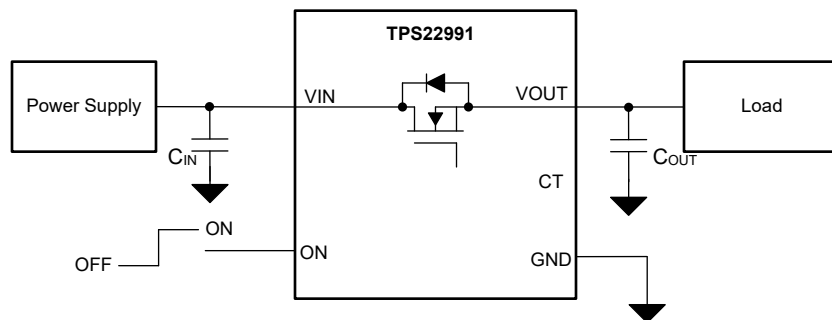


图 10-1. 典型应用图

表 10-1. 推荐的外部元件

元件	典型值	用途
C_{IN}	1 μ F	滤除电压瞬态
C_{OUT}	100nF	滤除电压瞬态

10.2.1 设计要求

对于这个设计示例，请使用表 10-2 中显示的输入参数。

表 10-2. 设计参数

设计参数	示例值
V_{IN}	5V
负载电流	2A
负载电容	10 μ F

10.2.2 详细设计过程

器件中的输入到输出压降由器件的 R_{ON} 和负载电流决定。器件的 R_{ON} 取决于器件的 V_{IN} 条件。根据 V_{IN} 条件确定器件的 R_{ON} 后，使用以下公式计算输入至输出压降。

$$\Delta V = I_{LOAD} \times R_{ON} \quad (2)$$

其中

- ΔV 是从 V_{IN} 到 V_{OUT} 的压降。
- I_{LOAD} 是负载电流。
- R_{ON} 是器件在特定 V_{IN} 和 V_{BIAS} 下的导通电阻。

必须选择适当的 I_{LOAD} ，使得不会违反器件的 I_{MAX} 规格。

要确定负载电容产生的浪涌电流的大小，请使用[方程式 3](#)。

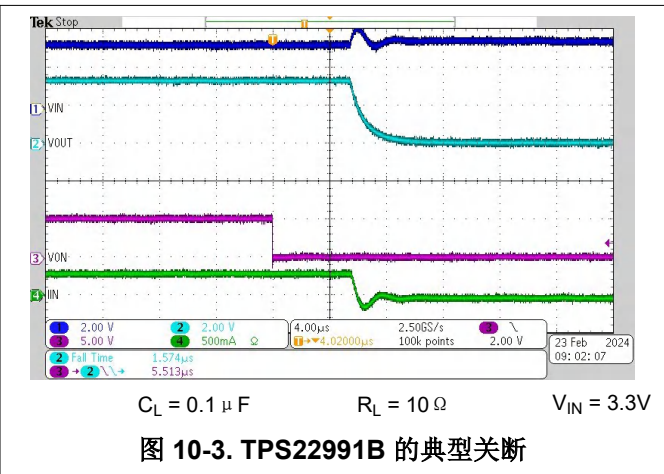
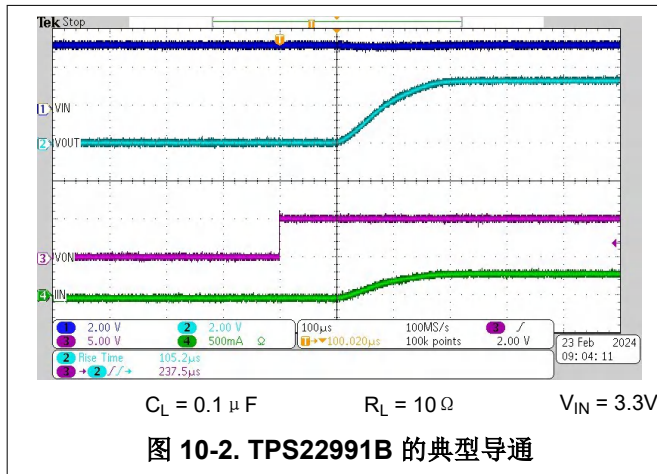
$$I_{INRUSH} = C_L \times dV_{OUT} / dt \quad (3)$$

其中

- I_{INRUSH} 是 C_L 产生的浪涌电流的大小
- C_L 是 V_{OUT} 上的负载电容
- dt 是启用器件时 V_{OUT} 的上升时间
- dV_{OUT} 是启用器件后 V_{OUT} 电压的变化量。

可在给定版本的电气特性表中找到给定 V_{IN} 电压下的器件压摆率 dV_{OUT}/dt 。 I_{INRUSH} 必须在 I_{MAX} 和 I_{PLS} 限值范围内。

10.2.3 应用曲线



10.3 电源相关建议

TPS22991 器件设计为在 1V 至 5.5V 的 V_{IN} 范围内运行。妥善调节 V_{IN} 电源并尽可能靠近器件端子放置。电源必须能够承受所有瞬态负载电流阶跃。在大多数情况下，使用 1μF 的输入电容 (C_{IN}) 足以防止在开关打开时电源电压降低。在电源对大瞬态电流或大负载电流阶跃响应缓慢的情况下，输入端可能需要额外的大容量电容。

10.4 布局

10.4.1 布局指南

为了获得出色性能，所有布线必须尽可能短。为了提高效率，请将输入和输出电容器靠近器件放置，从而更最大限度地减少寄生引线电感可能对正常运行产生的影响。为 V_{IN} 、 V_{OUT} 和 GND 使用宽迹线有助于更最大限度地降低寄生电气效应。

10.4.2 布局示例

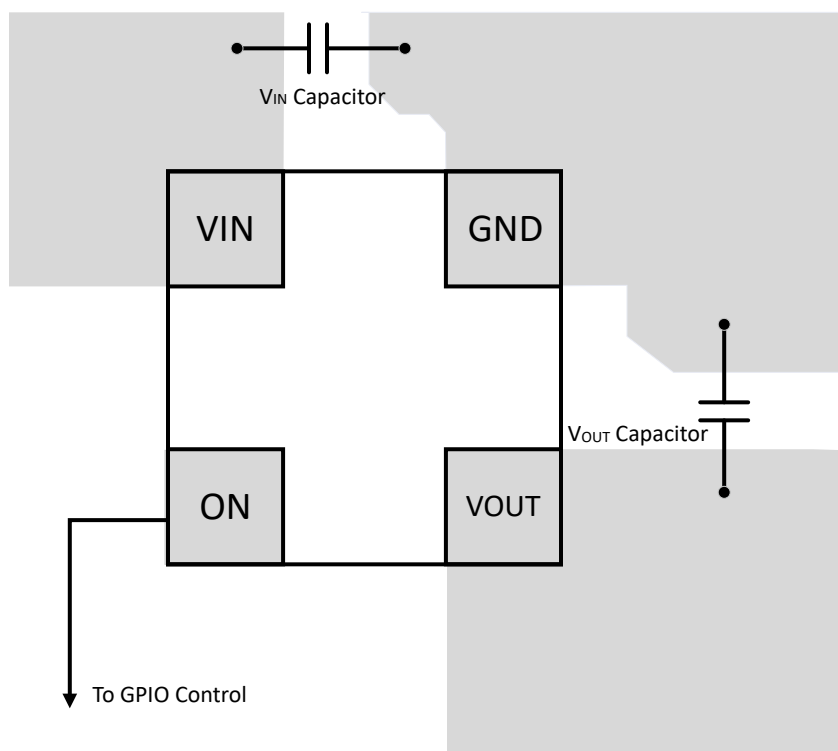


图 10-4. TPS22991 布局

11 器件和文档支持

TI 提供广泛的开发工具。下面列出了用于评估器件性能、生成代码和开发解决方案的工具和软件。

11.1 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。

11.2 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](#)。

11.3 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。

11.4 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。

11.5 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。

12 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
May 2024	*	初始发行版。

13 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 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
PTPS22991BRAAR	ACTIVE	UQFN-HR	RAA	4	3000	TBD	Call TI	Call TI	-55 to 125		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.

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