

# TPS7H2201SP 和 TPS7H2201-SEP 耐辐射 1.5V 至 7V、6A 电子保险丝

## 1 特性

- 提供标准微型电路，[SMD 5962R17220](#)
- 提供供应商项目图，[VID V62/23608](#)
- 辐射性能：
  - 耐辐射保障 (RHA) 高达 TID 100krad(Si)
  - 单粒子锁定 (SEL)、单粒子烧毁 (SEB) 和单粒子栅穿 (SEGR) 对于 LET 的抗扰度 = 75MeV-cm<sup>2</sup>/mg
  - SEFI/SET 对于 LET 的额定抗扰度 = 75MeV-cm<sup>2</sup>/mg
- 集成式单通道电子保险丝
- 输入电压范围：1.5V 至 7V
- 低导通电阻 (R<sub>ON</sub>)：
  - 对于 CFP 和 KGD 封装，在 25°C 且 VIN = 5V 时的最大值为 35mΩ
  - 对于 HTSSOP 封装，在 25°C 且 VIN = 5V 时的最大值为 23mΩ
- 6A 最大连续开关电流
- 低控制输入阈值支持使用 1.2V、1.8V、2.5V 和 3.3V 逻辑电平
- 可配置上升时间 (软启动)
- 反向电流保护
- 可编程和内部电流限制 (快速跳变)
- 可编程故障计时器 (电流限制和重试模式)
- 热关断
- 带散热焊盘的陶瓷和塑料封装

## 2 应用

- [航天卫星电源管理和配电](#)
- [耐辐射和抗辐射电源树应用](#)
- [支持军用 \(-55°C 至 125°C\) 温度范围](#)

## 3 说明

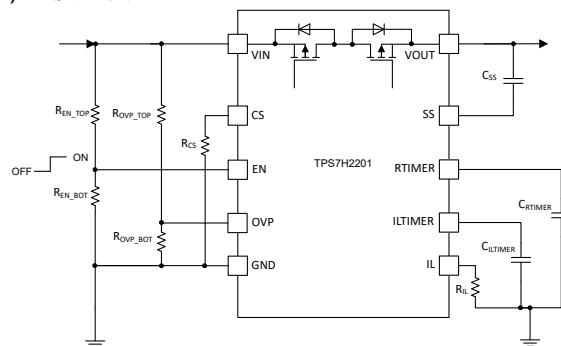
TPS7H2201 是一款单通道电子保险丝，可提供用于更大限度地降低浪涌电流的可配置上升时间和反向电流保护。该器件包含一个可在 1.5V 至 7V 输入电压范围内运行的 P 沟道 MOSFET，并且支持 6A 的最大持续电流。开关可由与低压控制信号直接连接的打开和关闭输入 (EN) 控制。

TPS7H2201 采用具有集成散热焊盘的陶瓷和塑料封装，可支持高功率耗散。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。

### 器件信息

器件型号 <sup>(1)</sup>	等级	封装尺寸 <sup>(4)</sup>
5962R1722001VXC	飞行等级 RHA 100krad (Si)	16 引脚 CDFP 11.00 × 9.60mm 重量：1.56g <sup>(3)</sup>
5962-1722001VXC	飞行等级 QMLV	
TPS7H2201HKR/EM	工程样片 <sup>(2)</sup>	
5962R1722002PYE	QMLP-RHA	32 引脚 HTSSOP 6.10 × 11.00mm 重量：0.191g <sup>(3)</sup>
TPS7H2201MDAPTSEP	SEP	
TPS7H2201EVM-CVAL	陶瓷评估板	EVM

- (1) 有关更多信息，请参阅 [节 12](#)。另请参阅 [器件选项](#)。
- (2) 这些器件仅适用于工程评估。器件按照不合规的流程进行加工处理。这些器件不适用于鉴定、量产、辐射测试或飞行用途。也不保证这些器件在 MIL 规定的 -55°C 至 125°C 完整温度范围内或运行寿命中的性能。
- (3) 尺寸和质量值为标称值。
- (4) 封装尺寸 (长 × 宽) 为标称值，并包括引脚 (如适用)。



简化版原理图



## 内容

<b>1 特性</b> .....	<b>1</b>	<b>8.1 概述</b> .....	<b>20</b>
<b>2 应用</b> .....	<b>1</b>	<b>8.2 功能方框图</b> .....	<b>20</b>
<b>3 说明</b> .....	<b>1</b>	<b>8.3 特性说明</b> .....	<b>21</b>
<b>4 器件选项</b> .....	<b>3</b>	<b>8.4 器件功能模式</b> .....	<b>30</b>
<b>5 引脚配置和功能</b> .....	<b>4</b>	<b>9 应用和实施</b> .....	<b>31</b>
<b>6 规格</b> .....	<b>8</b>	<b>9.1 应用信息</b> .....	<b>31</b>
6.1 绝对最大额定值.....	<b>8</b>	<b>9.2 典型应用</b> .....	<b>31</b>
6.2 ESD 等级.....	<b>8</b>	<b>9.3 电源相关建议</b> .....	<b>36</b>
6.3 建议运行条件.....	<b>8</b>	<b>9.4 布局</b> .....	<b>36</b>
6.4 热性能信息.....	<b>9</b>	<b>10 器件和文档支持</b> .....	<b>37</b>
6.5 电气特性：所有器件.....	<b>9</b>	<b>10.1 文档支持</b> .....	<b>37</b>
6.6 电气特性：CFP 和 KGD 选项.....	<b>11</b>	<b>10.2 接收文档更新通知</b> .....	<b>37</b>
6.7 电气特性：HTSSOP 选项.....	<b>12</b>	<b>10.3 支持资源</b> .....	<b>37</b>
6.8 开关特性（所有器件）.....	<b>13</b>	<b>10.4 商标</b> .....	<b>37</b>
6.9 质量合格检验.....	<b>13</b>	<b>10.5 静电放电警告</b> .....	<b>37</b>
6.10 典型特性.....	<b>14</b>	<b>10.6 术语表</b> .....	<b>37</b>
<b>7 参数测量信息</b> .....	<b>18</b>	<b>11 修订历史记录</b> .....	<b>38</b>
<b>8 详细说明</b> .....	<b>20</b>	<b>12 机械、封装和可订购信息</b> .....	<b>38</b>

## 4 器件选项

通用器件型号	辐射等级 <sup>(1)</sup>	等级 <sup>(2)</sup>	封装	可订购器件型号
TPS7H2201SP	TID 为 100krad(Si) RLAT , 不考虑 DSEE 的影响为 75MeV-cm <sup>2</sup> /mg	QMLV-RHA	16 引脚 HKR CFP	5962R1722001VXC
		QMLP-RHA	32 引脚 DAP HTSSOP	5962R1722002PYE
		KGD (QMLV-RHA)	芯片	5962R1722001V9A
	无	工程模型 <sup>(3)</sup>	16 引脚 HKR CFP	PTS7H2201HKR/EM
			芯片	TPS7H2201Y/EM
TPS7H2201-SEP	TID 为 50krad(Si) RLAT , 不考虑 DSEE 的影响为 43MeV-cm <sup>2</sup> /mg	增强型航天塑料	32 引脚 DAP HTSSOP	TPS7H2201MDAPTSEP

- (1) TID 是总电离剂量，DSEE 是破坏性单粒子效应。每个产品的关联 TID 报告和 SEE 报告中提供了额外信息。
- (2) 有关器件等级的其他信息，请查看 [SLYB235](#)。
- (3) 这些器件仅适用于工程评估。它们按照不合规流程进行处理（例如，未进行老化处理，仅在 25°C 下进行测试）。这些器件不适用于鉴定、量产、辐射测试或飞行。器件在温度范围以外或超过使用寿命时的性能不受保证。

## 5 引脚配置和功能

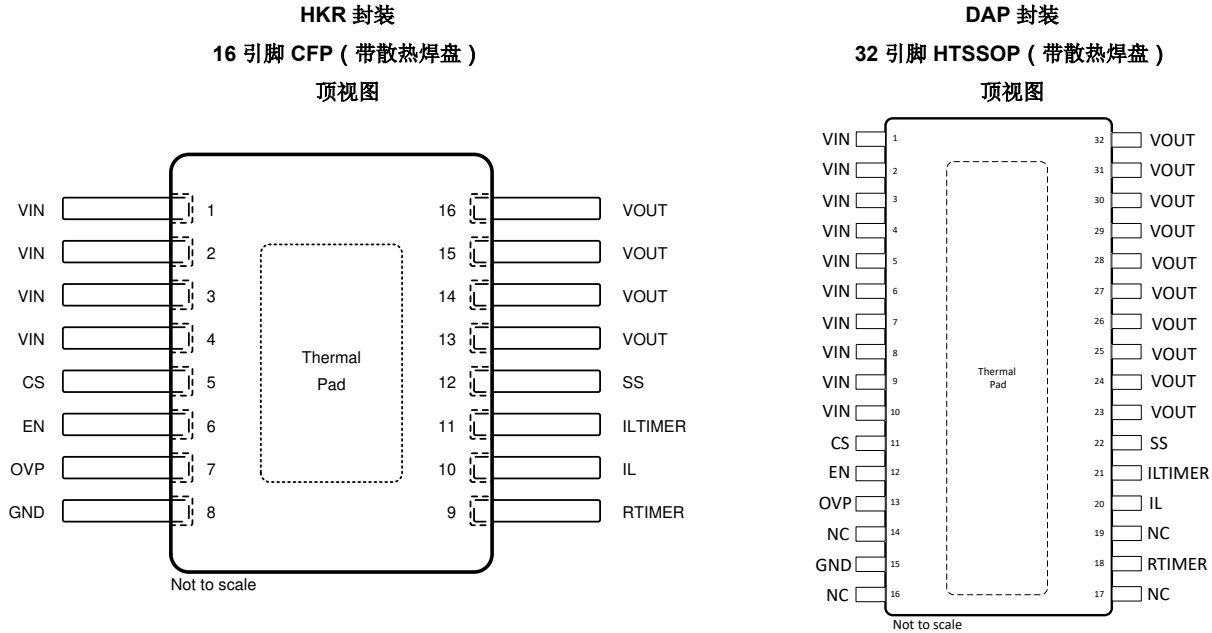


表 5-1. 引脚功能

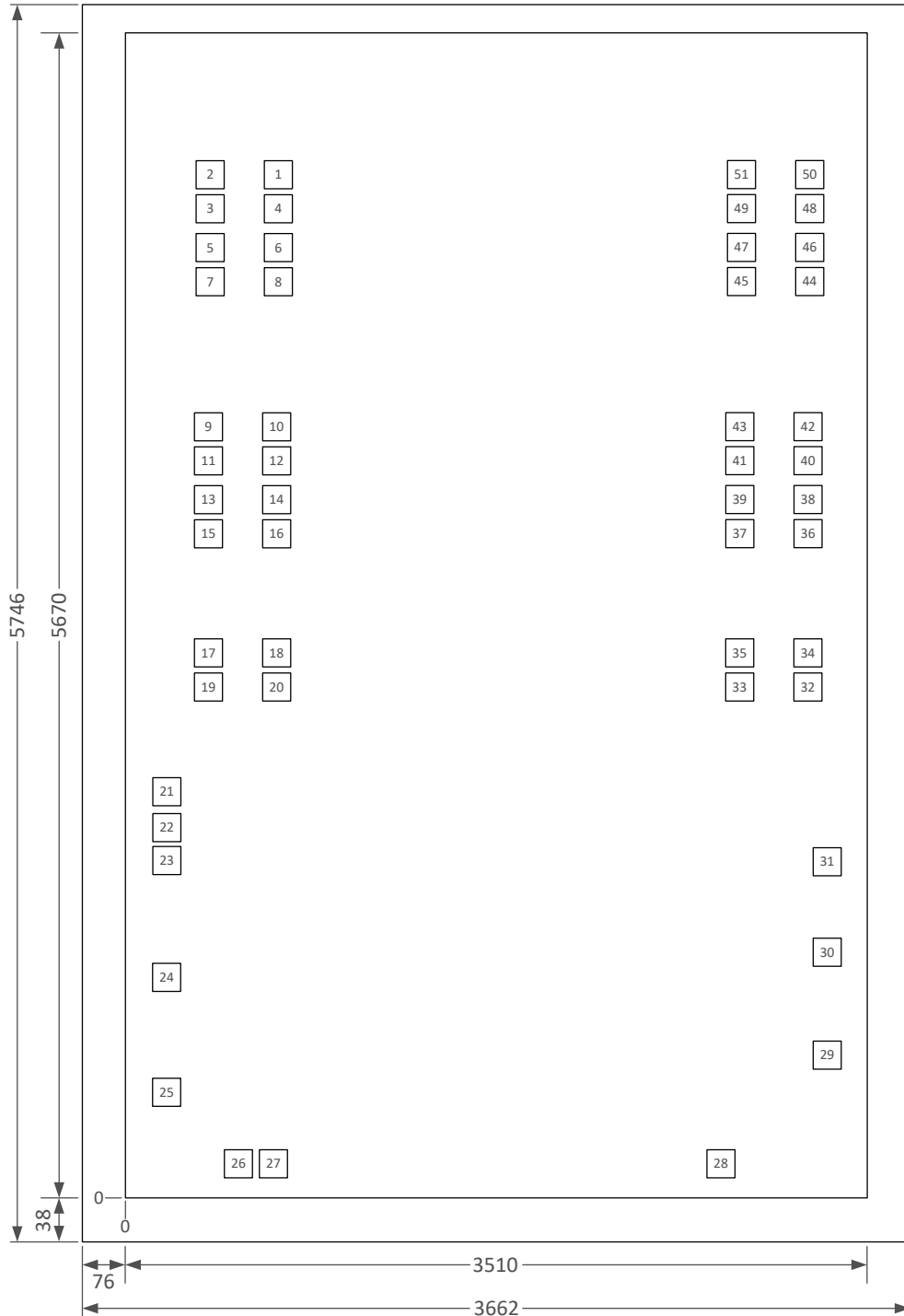
引脚		名称	类型 <sup>(1)</sup>	说明
HKR (16) 编号	PW (32) 编号			
1-4	1-10	VIN	I	开关输入。需要使用一个最小 10μF 输入旁路电容器，以便最大限度减小 V <sub>IN</sub> 骤降。
5	11	CS	O	电流检测引脚与输出电流成正比。将一个电阻器连接到 GND。如果未使用，可以保持悬空。请勿直接连接至 GND。
6	12	EN	I	高电平有效开关控制输入。不保持悬空。
7	13	OVP	I	过压保护。可使用外部电阻分压器进行编程。如果不需要 OVP，则该引脚必须连接至 GND。
8	15	GND	—	器件接地。 <sup>(2)</sup>
9	18	RTIMER	I/O	禁用和重试模式下电容器编程的故障计时器控制。将该引脚连接至 GND 会使开关保持禁用状态，直到 EN 引脚经过上电和断电循环。请勿将该引脚悬空或将其连接至 VIN。
10	20	IL	I/O	限流器控制。可使用连接至 GND 的外部电阻器进行编程。请勿将该引脚悬空。
11	21	ILTIMER	I	电流限制模式下电容器编程的故障计时器控制。将该引脚连接至 VIN 会使用内部电流限制计时器，将该引脚连接至 GND 会禁用 ILTIMER 的内部计时器功能以及重试模式。在这种情况下，如果发生短路，器件会无限期地保持在编程电流限制，而不会进入重试模式。请勿将该引脚悬空。
12	22	SS	I/O	开关压摆率控制。如需更多信息，请参阅 <a href="#">节 8.3.2</a> 部分。
13-16	23-32	VOUT	O	开关输出。需要使用一个最小 10μF 输出电容器。
	14,16,17,19	NC	—	无连接。这个引脚不是内部连接。将这些引脚连接至 GND 以防止电荷积聚；但是，这些引脚也可以保持断开或连接至 GND 和 VIN 之间的任何电压。
	—	散热焊盘	—	用于散热目的的散热焊盘（外露中心焊盘）。散热焊盘在内部连接至密封圈和 GND。

(1) I = 输入；O = 输出；I/O = 输入或输出；— = 其他

(2) 对于 HKR 选项，散热焊盘在内部连接至密封圈和 GND。

**表 5-2. 裸片信息**

芯片厚度	背面光洁度	背面电势	接合焊盘金属化合物	接合焊盘厚度
15 密耳	硅片减薄	接地	铝铜	1050nm



1. 所有尺寸均以微米 (μm) 为单位。
2. 内矩形是芯片，外矩形是芯片加切割线。

表 5-3. 接合焊盘坐标 ( 单位 : 微米 )

说明	焊盘号码	X 最小值	Y 最小值	X 最大值	Y 最大值
VIN	1	611.78	4976.1	751.73	5116.05
VIN	2	258.17	4976.1	398.12	5116.05
VIN	3	258.17	4809.15	398.12	4949.1
VIN	4	611.78	4809.15	751.73	4949.1
VIN	5	258.17	4641.39	398.12	4781.34
VIN	6	611.78	4641.39	751.73	4781.34
VIN	7	258.17	4473.59	398.12	4613.54
VIN	8	611.78	4473.59	751.73	4613.54
VIN	9	258.17	3647.7	398.12	3787.65
VIN	10	611.78	3647.7	751.73	3787.65
VIN	11	258.17	3480.75	398.12	3620.7
VIN	12	611.78	3480.75	751.73	3620.7
VIN	13	258.17	3312.99	398.12	3452.94
VIN	14	611.78	3312.99	751.73	3452.94
VIN	15	258.17	3145.19	398.12	3285.14
VIN	16	611.78	3145.19	751.73	3285.14
VIN	17	258.17	2315.57	398.12	2455.52
VIN	18	611.78	2315.57	751.73	2455.52
VIN	19	258.17	2146.37	398.12	2286.32
VIN	20	611.78	2146.37	751.73	2286.36
AVDD	21	54.99	1842.03	194.94	1981.98
AVDD	22	54.99	1671.48	194.94	1811.43
CS	23	54.99	1480.77	194.94	1620.72
EN	24	54.99	972.68	194.94	1112.63
OVP	25	54.99	406.26	194.94	546.21
GND	26	407.21	54.99	547.16	194.94
GND	27	577.76	54.99	717.71	194.94
RTIMER	28	2792.88	54.99	2932.83	194.94
IL	29	3315.06	587.43	3455.01	727.38
ILTIMER	30	3315.06	1099.26	3455.01	1239.21
SS	31	3315.06	1544.09	3455.01	1684.04
VOUT	32	3111.66	2146.37	3251.61	2286.32
VOUT	33	2758.05	2146.37	2898	2286.32
VOUT	34	3111.66	2315.57	3251.61	2455.52
VOUT	35	2758.05	2315.57	2898	2455.52
VOUT	36	3111.66	3145.19	3251.61	3285.14
VOUT	37	2758.05	3145.19	2898	3285.14
VOUT	38	3111.66	3312.99	3251.61	3452.94
VOUT	39	2758.05	3312.99	2898	3452.94
VOUT	40	3111.66	3480.75	3251.61	3620.7
VOUT	41	2758.05	3480.75	2898	3620.7
VOUT	42	3111.66	3647.7	3251.61	3787.65
VOUT	43	2758.05	3647.7	2898	3787.65
VOUT	44	3111.66	4473.59	3251.61	4613.54
VOUT	45	2758.05	4473.59	2898	4613.54

**表 5-3. 接合焊盘坐标 ( 单位 : 微米 ) ( 续 )**

说明	焊盘号码	X 最小值	Y 最小值	X 最大值	Y 最大值
VOUT	46	3111.66	4641.39	3251.61	4781.34
VOUT	47	2758.05	4641.39	2898	4781.34
VOUT	48	3111.66	4809.15	3251.61	4949.1
VOUT	49	2758.05	4809.15	2898	4949.1
VOUT	50	3111.66	4976.1	3251.61	5116.05
VOUT	51	2758.05	4976.1	2898	5116.05

## 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) (2)

		最小值	最大值	单位
V <sub>IN</sub>	输入电压	-0.3	7.5	V
V <sub>OUT</sub>	输出电压	-0.3	7.5	V
EN、OVP	使能和过压保护引脚	-0.3	7.5	V
CS、ILTIMER、RTIMER、IL、SS	电流检测、电流限制计时器、重试计时器、电流限制和软启动引脚	-0.3	V <sub>IN</sub> + 0.3	V
I <sub>MAX</sub>	最大持续开关电流		9	A
I <sub>PLS</sub>	最大脉冲开关电流 (t ≤ 5μs)		45	A
T <sub>J</sub>	最大结温	-55	150	°C
T <sub>stg</sub>	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) 所有电压值都是相对于网络接地引脚的值。

### 6.2 ESD 等级

		值	单位
V <sub>(ESD)</sub>	静电放电	人体放电模型 (HBM), 符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 标准 <sup>(1)</sup>	±4000
		充电器件模型 (CDM), 符合 JEDEC 规范 JESD22C101 <sup>(2)</sup>	±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。若部署必要的预防措施，不足 500V HBM 时也能进行生产。
- (2) JEDEC 文档 JEP157 指出：250V CDM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。若部署必要的预防措施，不足 250V CDM 时也能进行生产。

### 6.3 建议运行条件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

		最小值	最大值	单位
V <sub>IN</sub>	输入电压	1.5	7	V
SR <sub>VIN</sub>	输入电压压摆率		0.01	V/μs
V <sub>OUT</sub>	输出电压	0	7 <sup>(1)</sup>	V
I <sub>MAX</sub>	最大持续开关电流		6	A
T <sub>J</sub>	工作结温 <sup>(2)</sup>	-55	125	°C

- (1) 该最大 V<sub>OUT</sub> 电压仅在器件禁用 (EN = 低电平) 时适用。当器件启用 (EN = 高电平) 时，最大 V<sub>OUT</sub> 电压是输入电压 V<sub>IN</sub>。
- (2) 在功率耗散较高和/或封装热阻较差的应用中，可能需要降低最高额定环境温度。如下面的公式所示，最高环境温度 [T<sub>A(max)</sub>] 取决于应用中的最高工作结温 [T<sub>J(max)</sub>]、器件的最大功率耗散 [P<sub>D(max)</sub>]，以及部件/封装的结至环境热阻 [θ<sub>JA</sub>]：T<sub>A(max)</sub> = T<sub>J(max)</sub> - (θ<sub>JA</sub> × P<sub>D(max)</sub>)。

## 6.4 热性能信息

热指标 <sup>(1)</sup>		TPS7H2201-SP	TPS7H2201-SEP	单位
		HKR (CFP)	DAP (HTSSOP)	
		16 引脚	32 引脚	
R <sub>θJA</sub>	结至环境热阻	72.3	23.5	°C/W
R <sub>θJC(top)</sub>	结至外壳 (顶部) 热阻	96.1	11.2	
R <sub>θJB</sub>	结至电路板热阻	42.1	5.4	
ψ <sub>JT</sub>	结至顶部特征参数	3.3	0.1	
ψ <sub>JB</sub>	结至电路板特征参数	42.5	5.4	
R <sub>θJC(bot)</sub>	结至外壳 (底部) 热阻	0.6	0.5	

(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：所有器件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

参数		测试条件	子组 <sup>(1)</sup>	最小值	典型值	最大值	单位	
<b>电源和电流</b>								
V <sub>INHUVLO</sub>	内部 VIN UVLO 电压, 上升				1.32		V	
V <sub>INLUVLO</sub>	内部 VIN UVLO 电压, 下降				1.23		V	
HYST <sub>VIN-UVLO</sub>	内部 VIN UVLO 迟滞				92		mV	
I <sub>Q</sub>	静态电流	I <sub>OUT</sub> = 0mA、 V <sub>IN</sub> = EN = 5V、连接至 GND 的 20kΩ CS 电阻器	1、2、3		2.4	6.5	mA	
I <sub>F</sub>	VIN 至 VOUT 正向漏电流	EN = VOUT = GND、测得的 VOUT 电流	1.5V ≤ VIN ≤ 7V	1、2、3		250	μA	
			VIN = 1.5V	1、2、3		3.27		
			VIN = 1.8V	1、2、3		3.35		
			VIN = 3.3V	1、2、3		3.62		
			VIN = 5V	1、2、3		4.11		
			VIN = 7V	1、2、3		6.82		
I <sub>SD VIN</sub>	VIN 关断状态电源漏电流	EN = GND、 I <sub>OUT</sub> = 0mA、测得的 VIN 电流	VIN = 5V	1、2、3		0.4	3	mA
			VIN = 3.3V	1、2、3		0.3	3	
			VIN = 1.8V	1、2、3		0.2	3	
			TID = 100krad、 VIN = 1.8V、3.3V 和 5V 后	1			3.1	
I <sub>RCP</sub>	反向电流保护功能漏电流	VOUT > VIN 时, EN = 0V、VIN = 0V 至 7V、 VOUT = 0V 至 7V	SEP	1、2、3		0.45	2.5	mA
			达到 TID 之前, QMLV、QMLP 和 KGD	1、2、3				
			在 TID=100krad(Si) 之后, QMLV、QMLP 和 KGD	1、2、3		0.45	20	
			SEP	1、2、3		0.45	2.5	
			达到 TID 之前, QMLV、QMLP 和 KGD	1、2、3				
			在 TID=100krad(Si) 之后, QMLV、QMLP 和 KGD	1、2、3		0.45	20	

## 6.5 电气特性：所有器件（续）

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

参数		测试条件	子组 <sup>(1)</sup>	最小值	典型值	最大值	单位
<b>软启动</b>							
$I_{SS}$	软启动充电电流	SS 引脚上为 1V	1、2、3		65	83	$\mu\text{A}$
$SR_{SS}$	软启动压摆率	SS 引脚悬空、 $C_{OUT} = 10\mu\text{F}$			295		$\text{mV}/\mu\text{s}$
<b>使能和欠压锁定 (EN/UVLO) 输入</b>							
$V_{IHEN}$	EN/UVLO 阈值电压, 上升		1、2、3	0.56	0.61	0.65	V
$V_{ILEN}$	EN/UVLO 阈值电压, 下降		1、2、3	0.47	0.51	0.55	V
$HYST_{EN}$	EN/UVLO 迟滞电压		1、2、3		93	124	mV
$t_{LOW}$	循环期间的 EN 信号低电平时间	$RTIMER = GND$ 、 $I_L = 1\text{A}$ 、 $I_{VOUT} = 2\text{A}$	请参阅图 8-3	9、10、11	20		$\mu\text{s}$
$V_{INEN}$	用于使能的 $V_{IN}$ 百分比 <sup>(2)</sup>		4、5、6	75%			
$I_{EN}$	EN 引脚输入漏电流	$EN = V_{IN} = 5\text{V}$	1、2、3			12	nA
<b>过压保护 (OVP)</b>							
$V_{OVPR}$	OVP 阈值电压, 上升		1、2、3	0.52	0.57	0.63	V
$V_{OVPF}$	OVP 阈值电压, 下降		1、2、3	0.5	0.55	0.59	V
$HYST_{OVP}$	OVP 迟滞电压	$1.6\text{V} < V_{IN} < 7\text{V}$	1、2、3		20	55	mV
$I_{OVP}$	OVP 引脚输入漏电流		1、2、3			15	nA
<b>电流限制和电流检测</b>							
$t_{CSEN}$	使能后提供 CS 有效输出的时间	$C_{SS} = 120\text{nF}$	9、10、11			5	ms
有效 CS 输出的最小 $V_{OUT}$ 电流			1、2、3	750			mA
$V_{OUT}$ 电流变化到 CS 变化延迟时间		0.5A 上升阶跃、 $100\text{mA}/\mu\text{s}$ 、 $1.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 7\text{V}$	9、10、11		16	74	$\mu\text{s}$
$V_{OUT}$ 电流变化到 CS 变化延迟时间		0.5A 下降阶跃、 $100\text{mA}/\mu\text{s}$ 、 $1.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 7\text{V}$	9、10、11		16	73	$\mu\text{s}$
CS 引脚精度		$0.75\text{A} \leq I_{VOUT} \leq 7.5\text{A}$	4、5、6	-10%		10%	
CS 引脚电压		$0.75\text{A} \leq I_{VOUT} \leq 7.5\text{A}$ , 无 OCP	1、2、3			$V_{IN} - 0.4$	V
电流限制设置 $I_L$		$I_{VOUT} \leq 1\text{A}$	1、2、3		$I_{VOUT} + 0.5$		A
		$1\text{A} < I_{VOUT} \leq 3\text{A}$	1、2、3		$I_{VOUT} + 1$		
		$I_{VOUT} > 3\text{A}$	1、2、3		$I_{VOUT} + 1.5$		
可编程电流限制精度		$1.5\text{V} \leq V_{IN} \leq 7\text{V}$	4、5、6	-20%		20%	
快速跳变关断电流限制		$V_{IN} = 5\text{V}$ , $10\text{m}\Omega$ 电阻短路 $10\mu\text{s}$			22		A
<b>计时器</b>							
$I_{LTIMER}$	LTIMER 充电电流		1、2、3	0.7	1	1.38	$\mu\text{A}$
$PD_{LTIMER}$	LTIMER 内部下拉电阻	LTIMER 引脚上为 $40\text{m}\Omega$	1、2、3		38	153	$\Omega$
$I_{RTIMER}$	RTIMER 充电电流		1、2、3	0.7	1	1.38	$\mu\text{A}$
$PD_{RTIMER}$	RTIMER 内部下拉电阻	RTIMER 引脚上为 $40\text{m}\Omega$	1、2、3		38	153	$\Omega$
<b>热关断</b>							
热关断		$V_{IN} = 5\text{V}$			175		$^{\circ}\text{C}$
热关断迟滞		$V_{IN} = 5\text{V}$			20		$^{\circ}\text{C}$

(1) 有关子组定义, 请参阅[质量合格检验表](#)。

(2) 仅当  $V_{INSR} > V_{OUTSR}$  且  $V_{IN}$  必须大于等于其最终值的 75% 后, EN 才会被置为有效。

## 6.6 电气特性：CFP 和 KGD 选项

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

参数		测试条件		子组 <sup>(1)</sup>	最小值	典型值	最大值	单位		
<b>电源和电流</b>										
<b>电流限制和电流检测</b>										
快速跳变关断时间 <sup>(2)</sup>		VIN = 5V、CSS = 2.7nF		9、10、11		61	158	μs		
内部电流限制计时器（快速跳变关断电流限制） <sup>(2)</sup>		VIN = 5V、I <sub>VOUT</sub> = 3A、IL = 6A、ILTIMER = VIN、10mΩ 电阻短路 10μs		9、10、11		15	35			
<b>电阻特性</b>										
R <sub>ON</sub>	导通状态电阻、引线长度 = 2.5mm	VIN = 7V、I <sub>IL</sub> = 7.5A	-55°C	1、2、3				24	mΩ	
			-40°C					26		
			25°C				31	34		
			85°C				37	40		
			125°C				41	45		
		VIN = 5V、I <sub>IL</sub> = 7.5A	-55°C	1、2、3						26
			-40°C							27
			25°C				32	35		
			85°C				39	42		
			125°C				43	47		
		VIN = 3.3V、I <sub>IL</sub> = 7.5A	-55°C	1、2、3						28
			-40°C							30
			25°C				35	38		
			85°C				42	46		
			125°C				47	52		
		VIN = 1.8V、I <sub>IL</sub> = 7.5A	-55°C	1、2、3						36
			-40°C							39
			25°C				45	51		
			85°C				55	62		
			125°C				61	70		
VIN = 1.5V、I <sub>IL</sub> = 7.5A	-55°C	1、2、3					44			
	-40°C						48			
	25°C				52	63				
	85°C				63	77				
	125°C				70	87				

(1) 有关子组定义，请参阅[质量合格检验表](#)。

(2) 经试验台验证；未在生产环境中测试

## 6.7 电气特性：HTSSOP 选项

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

参数	测试条件	子组 <sup>(1)</sup>	最小值	典型值	最大值	单位	
<b>电源和电流</b>							
<b>电流限制和电流检测</b>							
快速跳变关断时间	VIN = 5V、CSS = 2.7nF	9、10、11		61		μs	
内部电流限制计时器（快速跳变关断电流限制）	VIN = 5V、I <sub>VOUT</sub> = 3A、IL = 6A、ILTIMER = VIN、10mΩ 电阻短路 10μs	9、10、11		15			
<b>电阻特性</b>							
R <sub>ON</sub>	ON 状态电阻	VIN = 7V、I <sub>IL</sub> = 7.5A	-55°C	1、2、3	15.9	17	mΩ
			-40°C		16.9		
			25°C		19.9	21	
			85°C		22.9		
			125°C		25	27	
		VIN = 5V、I <sub>IL</sub> = 7.5A	-55°C	1、2、3	17	18	
			-40°C		18		
			25°C		21.4	23	
			85°C		24.8		
			125°C		27	29	
		VIN = 3.3V、I <sub>IL</sub> = 7.5A	-55°C	1、2、3	19.2	21	
			-40°C		20.4		
			25°C		24.5	26	
			85°C		28.5		
			125°C		31.2	33	
		VIN = 1.8V、I <sub>IL</sub> = 7.5A	-55°C	1、2、3	27.1	29	
			-40°C		28.7		
			25°C		34.9	37	
			85°C		41		
			125°C		44.9	48	
		VIN = 1.5V、I <sub>IL</sub> = 7.5A	-55°C	1、2、3	33	36	
			-40°C		35		
			25°C		42.7	46	
			85°C		46.2		
125°C	55		59				

(1) 有关子组定义，请参阅[质量合格检验表](#)。

## 6.8 开关特性 (所有器件)

在自然通风条件下的工作温度范围内测得 (除非另有说明)

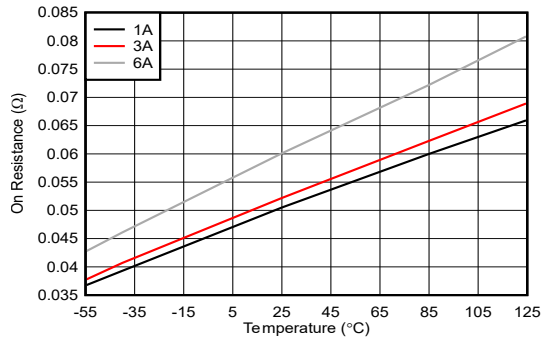
参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
在 $V_{IN} = EN = 5V$ 、 $T_A = 25^\circ C$ 条件下测得 (除非另有说明)						
$t_{ON}$	导通时间	$R_L = 10\ \Omega$ 、 $C_L = 10\ \mu F$ 、 $C_{SS} = 1000pF$		208		$\mu s$
$t_{OFF}$	关断时间	$R_L = 10\ \Omega$ 、 $C_L = 10\ \mu F$ 、 $C_{SS} = 1000pF$		60		$\mu s$
$t_F$	VOUT 下降时间	$R_L = 10\ \Omega$ 、 $C_L = 10\ \mu F$ 、 $C_{SS} = 1000pF$		90		$\mu s$
$t_{ASSERT}$	OVP 置为有效位时间	$R_L = 10\ \Omega$ 、 $C_L = 10\ \mu F$ 、 $C_{SS} = 1000pF$		4.5		$\mu s$
$t_{DEASSERT}$	OVP 置为无效时间	$R_L = 10\ \Omega$ 、 $C_L = 10\ \mu F$ 、 $C_{SS} = 1000pF$		9.6		$\mu s$
在 $V_{IN} = EN = 1.5V$ 、 $T_A = 25^\circ C$ 条件下测得 (除非另有说明)						
$t_{ON}$	导通时间	$R_L = 10\ \Omega$ 、 $C_L = 10\ \mu F$ 、 $C_{SS} = 1000pF$		173		$\mu s$
$t_{OFF}$	关断时间	$R_L = 10\ \Omega$ 、 $C_L = 10\ \mu F$ 、 $C_{SS} = 1000pF$		64		$\mu s$
$t_F$	VOUT 下降时间	$R_L = 10\ \Omega$ 、 $C_L = 10\ \mu F$ 、 $C_{SS} = 1000pF$		70		$\mu s$
$t_{ASSERT}$	OVP 置为有效位时间	$R_L = 10\ \Omega$ 、 $C_L = 10\ \mu F$ 、 $C_{SS} = 1000pF$		2.65		$\mu s$
$t_{DEASSERT}$	OVP 置为无效时间	$R_L = 10\ \Omega$ 、 $C_L = 10\ \mu F$ 、 $C_{SS} = 1000pF$		6.56		$\mu s$

## 6.9 质量合格检验

MIL-STD-883, 方法 5005 - 组 A

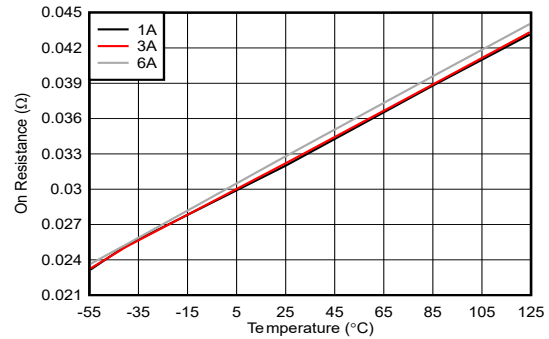
子组	说明	温度 ( $^\circ C$ )
1	静态测试	25
2	静态测试	125
3	静态测试	-55
4	动态测试	25
5	动态测试	125
6	动态测试	-55
7	功能测试	25
8A	功能测试	125
8B	功能测试	-55
9	开关测试	25
10	开关测试	125
11	开关测试	-55

## 6.10 典型特性



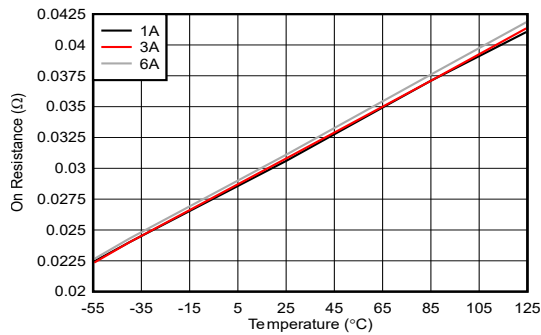
$I_{IL} = 7.5A$

图 6-1. VIN = 1.5V 时 CFP 和 KGD 封装不同负载下导通电阻与温度间的关系



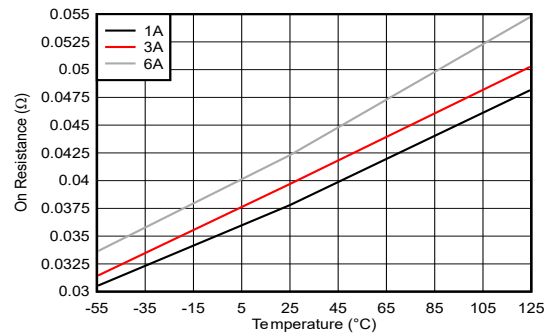
$I_{IL} = 7.5A$

图 6-2. VIN = 5V 时 CFP 和 KGD 封装不同负载下导通电阻与温度间的关系



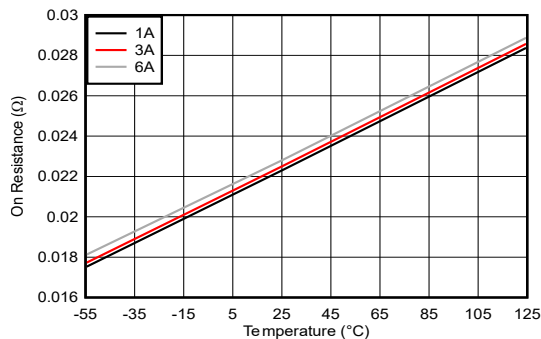
$I_{IL} = 7.5A$

图 6-3. VIN = 7V 时 CFP 和 KGD 封装不同负载下导通电阻与温度间的关系



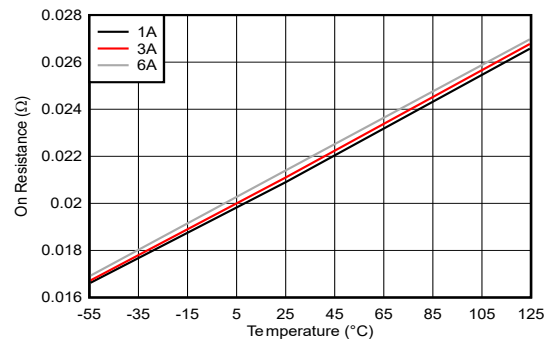
$I_{IL} = 7.5A$

图 6-4. VIN = 1.5V 时 HTSSOP 封装不同负载下导通电阻与温度间的关系



$I_{IL} = 7.5A$

图 6-5. VIN = 5V 时 HTSSOP 封装不同负载下导通电阻与温度间的关系



$I_{IL} = 7.5A$

图 6-6. VIN = 7V 时 HTSSOP 封装不同负载下导通电阻与温度间的关系

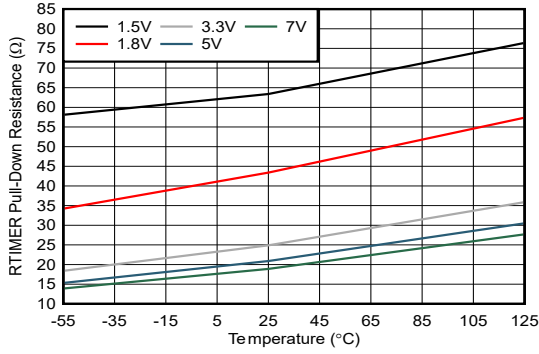


图 6-7. 不同 VIN 下 RTIMER 下拉电阻与温度间的关系

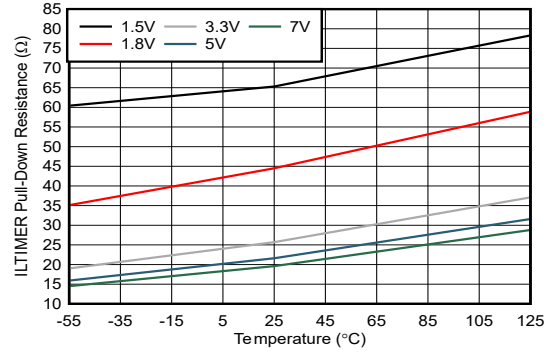


图 6-8. 不同 VIN 下 ILTIMER 下拉电阻与温度间的关系

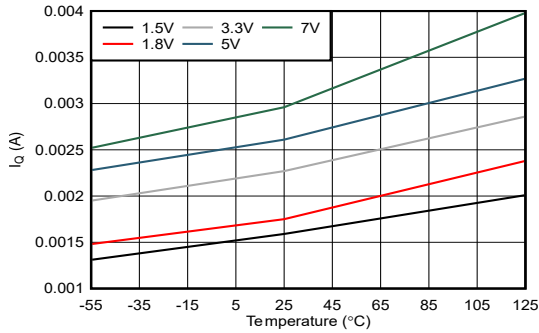


图 6-9. 不同 VIN 下 IQ 与温度间的关系

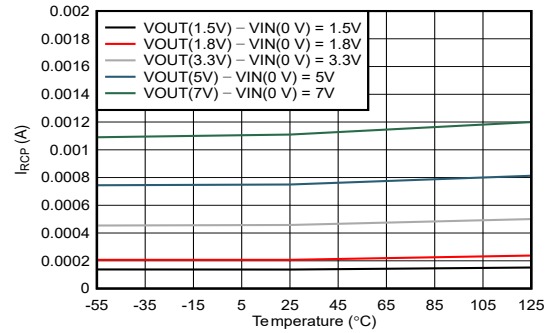


图 6-10. EN = 7V 时 I\_RCP 与温度间的关系

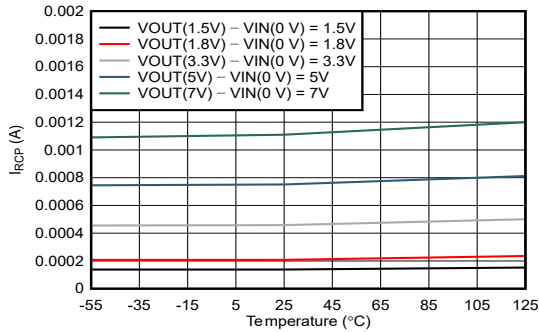


图 6-11. EN = GND 时 I\_RCP 与温度间的关系

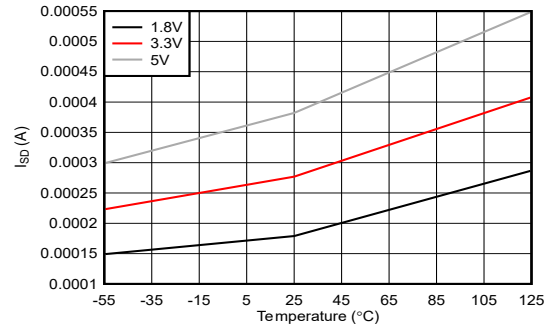


图 6-12. 不同 VIN 下 ISD VIN 与温度间的关系

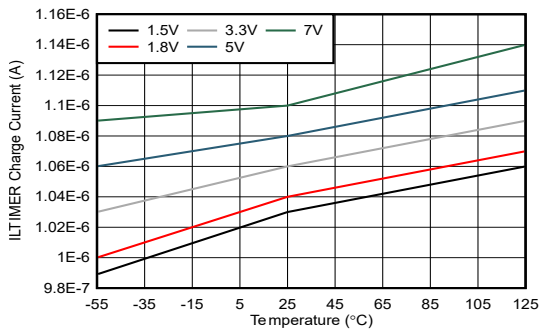


图 6-13. 不同 VIN 下 ILTIMER 充电电流与温度间的关系

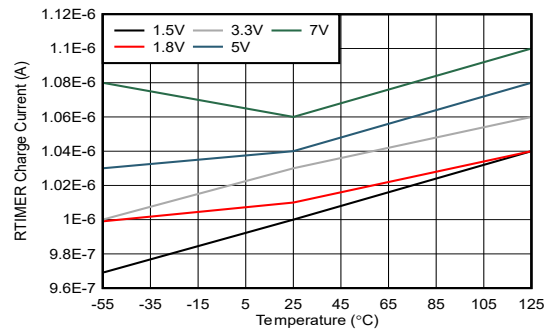


图 6-14. 不同 VIN 下 RTIMER 充电电流与温度间的关系

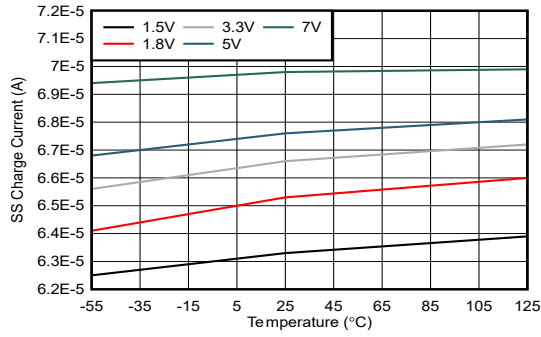
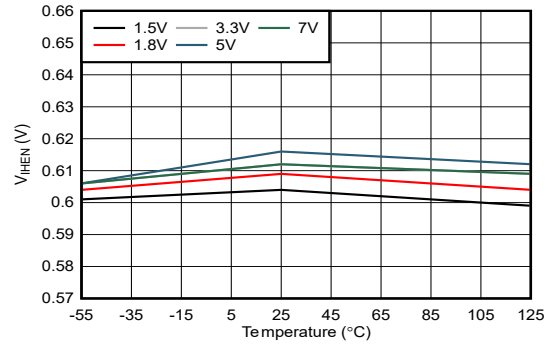
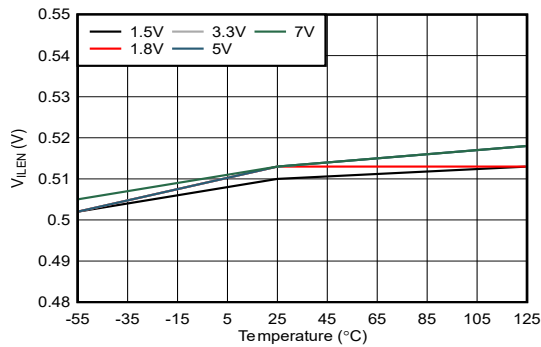


图 6-15. 不同 VIN 下 SS 充电电流与温度间的关系



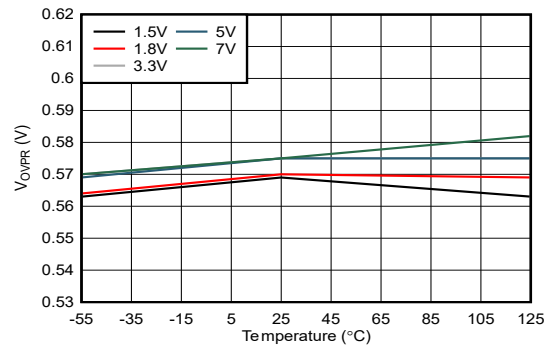
直接驱动 EN 引脚

图 6-16. 不同 VIN 下 VIHEN 与温度间的关系



直接驱动 EN 引脚

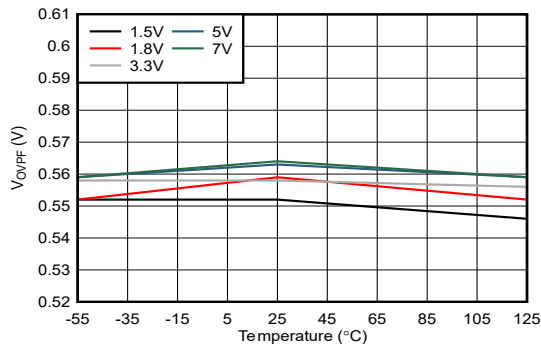
图 6-17. 不同 VIN 下 VILEN 与温度间的关系



直接驱动 OVP 引脚

3.3V 时的波形被 5V 时的波形遮挡

图 6-18. 不同 VIN 下 VOVPR 与温度间的关系



直接驱动 OVP 引脚

图 6-19. 不同 VIN 下 VOVPF 与温度间的关系

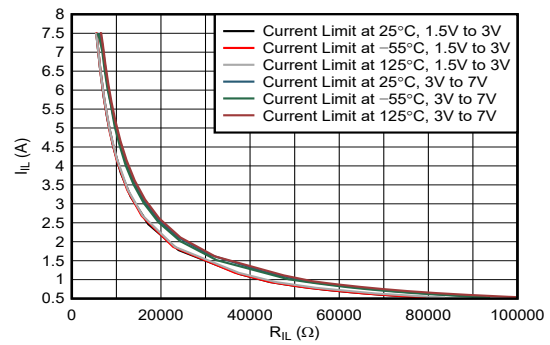


图 6-20. 不同温度下 IIL 与 RIL 间的关系

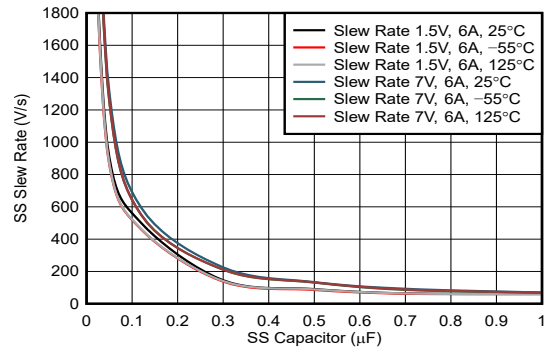


图 6-21. 不同温度下 SS 压摆率与 SS 电容器间的关系

### 7 参数测量信息

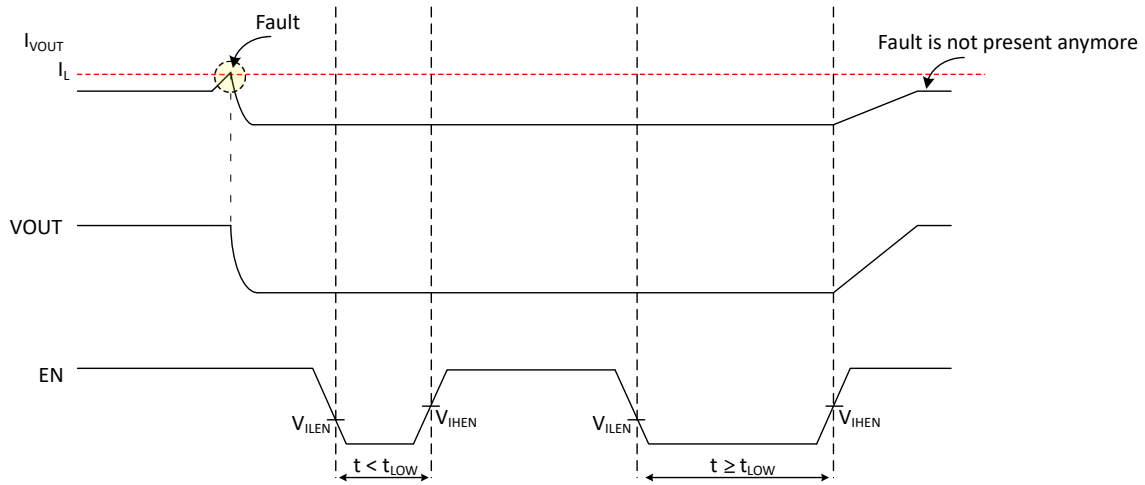


图 7-1. 使设备重启的 EN 信号低电平时间 ( $t_{LOW}$ )

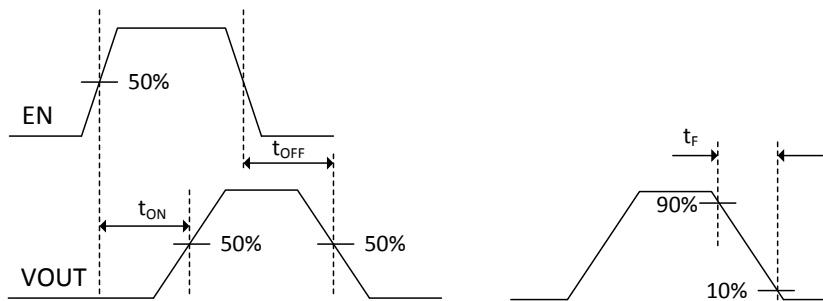


图 7-2. 导通 ( $t_{ON}$ )、关断 ( $t_{OFF}$ ) 和  $V_{OUT}$  下降时间 ( $t_F$ ) 波形

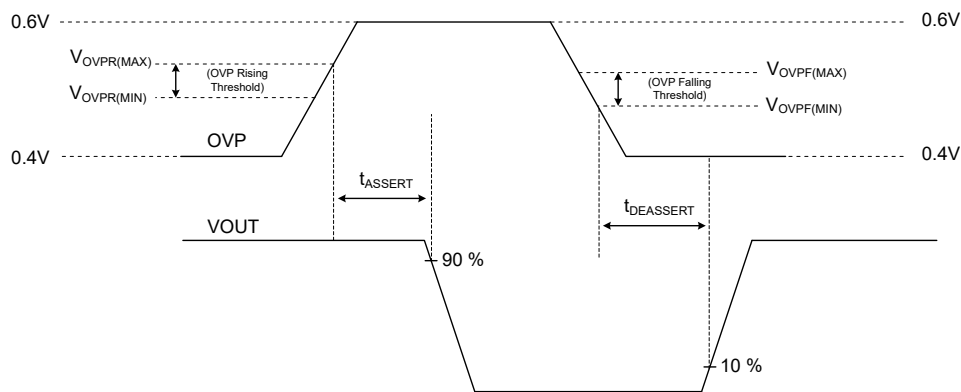


图 7-3. OVP 置为有效 ( $t_{ASSERT}$ ) 和 OVP 置为无效 ( $t_{DEASSERT}$ ) 波形

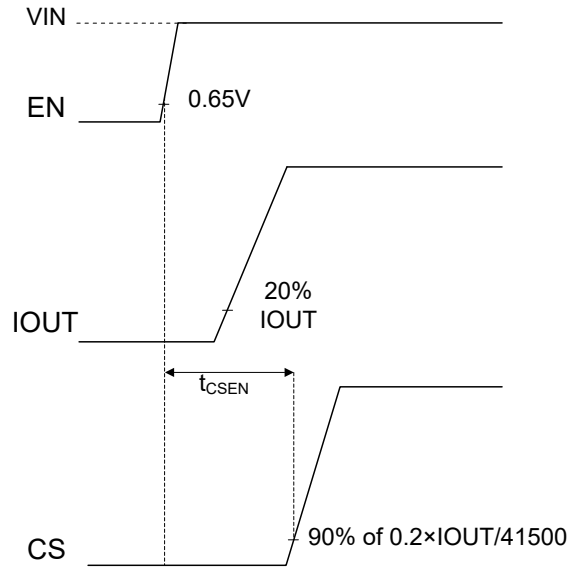


图 7-4.  $t_{CSEN}$  波形

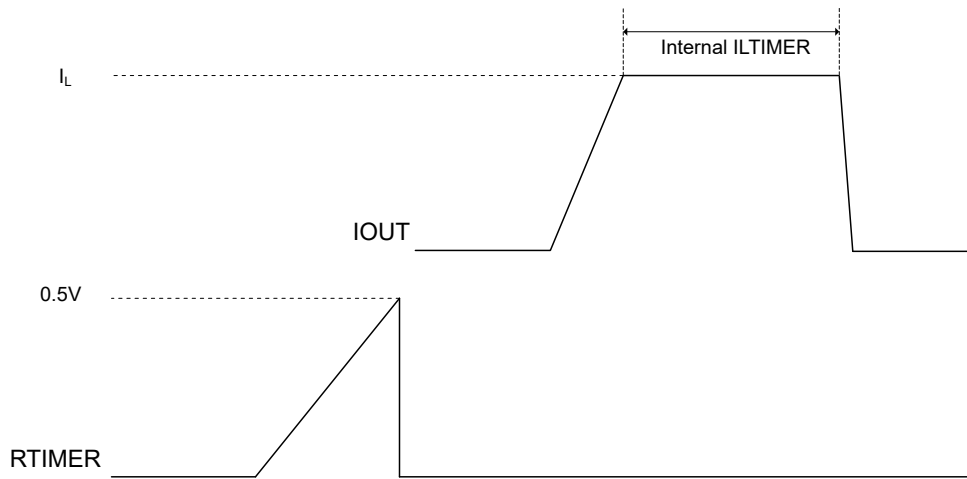


图 7-5. 内部 ILTIMER 波形

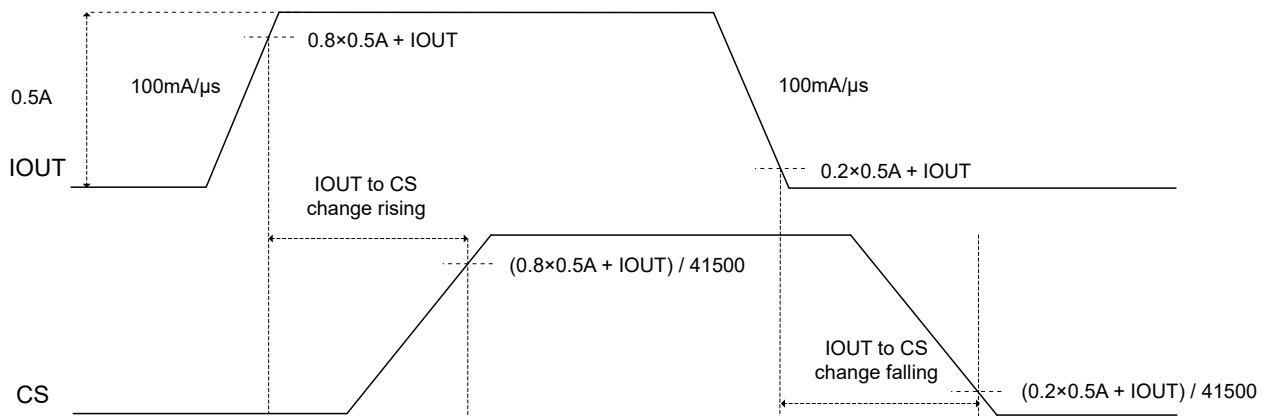


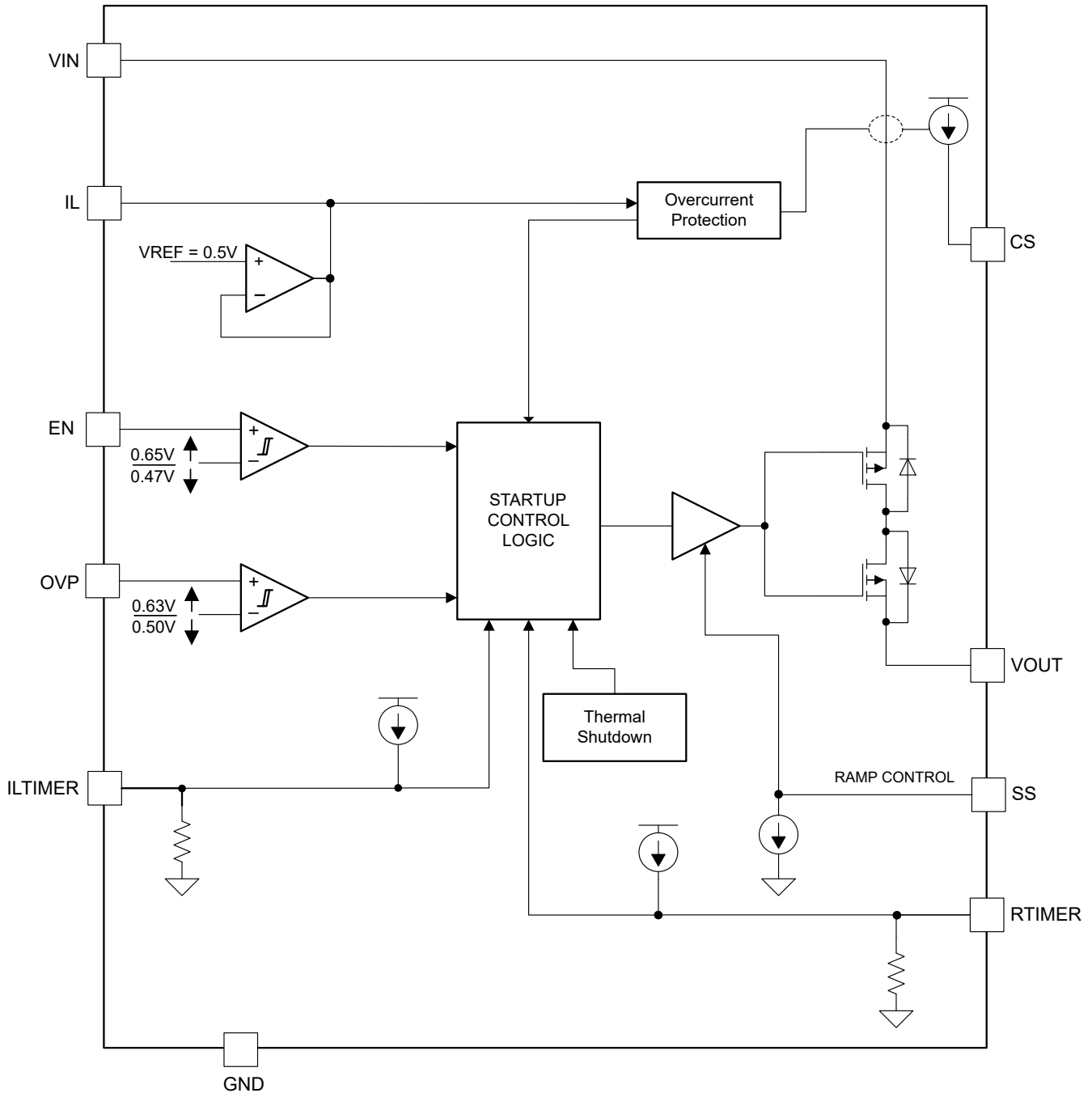
图 7-6. VOUT 电流到 CS 变化延迟时间

## 8 详细说明

### 8.1 概述

TPS7H2201 器件是一款具有可编程压摆率的单通道 6A 电子保险丝，适用于需要特定上升时间以及可编程电流限制进行保护的应用。此外，TPS7H2201 还具有适用于配电应用的反向电流保护功能。

### 8.2 功能方框图



## 8.3 特性说明

### 8.3.1 使能、欠压和过压保护

图 8-1 展示了如何使用从 VIN 连接至 EN 和 OVP 引脚的电阻分压器设置 UVLO 和 OVP 跳变电压。EN 引脚控制内部 FET 的导通和关断状态。该引脚上的电压大于  $V_{IHEN}$  时会导通 FET，而电压低于  $V_{ILEN}$  时会关断 FET。通过在 VIN 上添加一个外部电阻分压器，EN 引脚可以分别根据  $V_{IHEN}$  和  $V_{ILEN}$  规格配置不同的使能上升电压或欠压监测器 (UVLO)。通常，应用经过优化，可以配置使能上升电压或 UVLO 阈值。例如，方程式 1 可用于计算固定  $R_{TOP\_EN} = 100k\Omega$  的 UVLO 跳变点。

和 EN 引脚类似，该器件的过压保护 (OVP) 功能可使用从 VIN 连接到 OVP 引脚的电阻分压器进行配置。OVP 的跳变电压必须小于绝对最大 VIN 电压。OVP 引脚上的电压大于  $V_{OVPR}$  会触发 OVP 功能并关闭 FET，而该电压小于  $V_{OVPF}$  则会使 FET 导通。如果不需要此功能，则必须将 OVP 引脚接地。方程式 2 可用于计算固定  $R_{TOP\_OVP} = 100k\Omega$  的上升 OVP 跳变点。

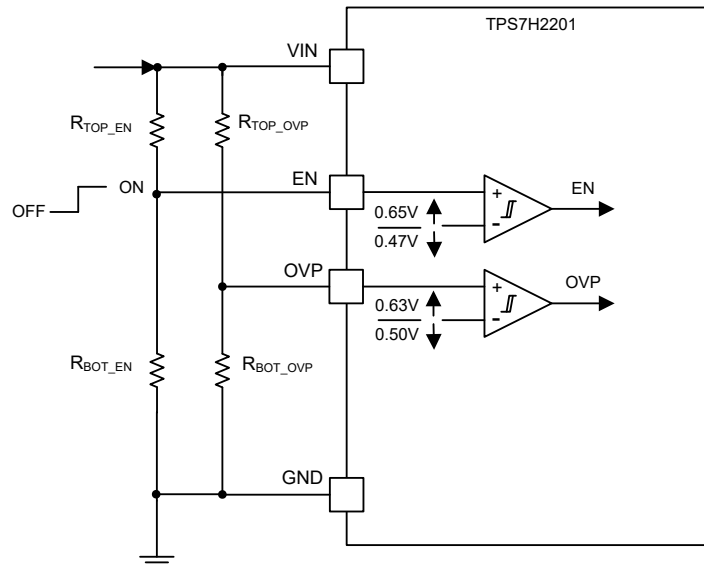


图 8-1. 由电阻分压器设置的 UVLO 和 OVP 阈值

$$R_{BOT\_EN}(k\Omega) \leq \frac{47}{V_{UV\_TRIP}(V) - 0.47} \quad (1)$$

$$R_{BOT\_OVP}(k\Omega) \leq \frac{63}{V_{OVP\_TRIP}(V) - 0.63} \quad (2)$$

### 8.3.2 可调上升时间

$V_{OUT}$  与 SS 引脚之间连接的外部电容器  $C_{SS}$  设置压摆率。所需的  $V_{OUT\_SR}$  压摆率用  $t_r$  (以秒为单位的上升时间) 和  $\Delta V$  (以伏特为单位的  $V_{OUT}$  电压变化) 计算，如方程式 3 所示。

$$V_{OUT\_SR}(V/s) = \frac{\Delta V_{OUT}(V)}{t_r(s)} \quad (3)$$

为了避免可编程电流限制造成的误跳变，所需的压摆率必须小于  $V_{OUT\_SR\_MAX}$ ，如方程式 4 所示，其中  $I_L$  是编程电流限制， $I_{V_{OUT}}$  是流进开关的正常运行电流， $C_{OUT}$  是输出电容器。

$$V_{OUT\_SR\_MAX}(V/s) < \frac{0.8 \times I_L - 0.95 \times I_{V_{OUT}}(A)}{C_{OUT}(F)} \quad (4)$$

一旦计算出压摆率并满足 [方程式 4](#) 中的约束条件，则对于  $V_{IN} < 3V$  且  $I_{OUT} \geq 3A$  的应用，使用 [方程式 5](#) 计算  $C_{SS}$  电容器。对于所有其他应用，请使用 [方程式 6](#)。

对于  $V_{IN} < 3V$  且  $I_{OUT} \geq 3A$  的情况：

$$C_{SS}(\mu F) = \frac{45}{V_{OUTSR}(V/s)} \quad (5)$$

对于所有其他情况：

$$C_{SS}(\mu F) = \frac{I_{SS}}{V_{OUTSR}(V/s)} \quad (6)$$

其中：

- $I_{SS} = 65$

### 8.3.3 可编程电流限制

可以使用从 IL 引脚连接到 GND 的外部电阻器对电流限制进行编程。该编程电流限制（精度为  $\pm 20\%$ ）是指通过器件的持续电流，因此在最大额定电流（6A）下工作时，需要将编程电流限制设置为高出 20%。可编程电流限制可防止发生软短路，如 [图 8-3](#) 所示。 $V_{IN} \leq 3V$  时，请使用 [方程式 7](#) 计算电流限制电阻值  $R_{IL}$ （单位是欧姆）； $V_{IN} > 3V$  时，请使用 [方程式 8](#) 计算，其中  $I_L$  是编程电流限制值（单位是安培）。

$V_{IN} \leq 3V$  时：

$$R_{IL}(\Omega) = \frac{45500}{I_L(A)} \quad (7)$$

$V_{IN} > 3V$  时：

$$R_{IL}(\Omega) = \frac{49000}{I_L(A)} \quad (8)$$

该可编程电流限制功能不同于在快速跳变模式下激活的内部电流限制，如 [图 8-4](#) 所示。在这种情况下，电流限制事件定义为硬短路，并且无法对该电流限制（典型值为 22A）进行编程。

### 8.3.4 可编程故障计时器

TPS7H2201SP 包含两个可编程故障计时器，即 *电流限制计时器* 和 *重试计时器*，它们分别由 ILTIMER 和 RTIMER 引脚控制。

*电流限制计时器* 控制发生过流事件时器件保持在电流限制模式的时间。器件保持在电流限制模式，直到故障排除或者可编程电流限制故障时间  $t_{ILTIMER}$  结束。 $t_{ILTIMER}$  使用从 ILTIMER 连接至 GND 的电容器  $C_{ILTIMER}$  进行编程，并可以使用 [方程式 9](#) 计算。ILTIMER 引脚在过载条件下将电容器充电至 0.5V，而在其他情况下则通过内部下拉电阻对电容器放电。将该引脚连接至 GND 会完全禁用内部计时器功能，因此在短路情况下，器件会无限期地保持在编程电流限制。将该引脚连接至 VIN 会导致内部电流限制计时器到期后器件被禁用，如 [图 7-5](#) 所示。使用内部计时器时，可编程电流限制并不总是有时间稳定到编程值。因此，可编程电流限制可能会短暂超过定义的精度阈值。快速跳变关断电流限制仍然有效。[表 8-1](#) 总结了基于引脚条件的电流限制故障持续时间。

*重试计时器* 控制电流限制计时器到期后器件保持禁用状态（开关关闭）的时间。在可编程重试时间  $t_{RTIMER}$  结束之前，器件保持禁用状态。 $t_{RTIMER}$  结束后，器件会尝试重启。 $t_{RTIMER}$  使用从 RTIMER 连接至 GND 的电容器  $C_{RTIMER}$  进行编程，并可使用 [方程式 9](#) 计算。开关关闭后，RTIMER 引脚将电容器充电至 0.5V，其他情况下，它对电容器放电。将该引脚连接至 GND 可使器件保持禁用状态，并且需要通过下电上电 EN 引脚来启用器件（请参阅 [使设备重启的 EN 信号低电平时间 \( \$t\_{LOW}\$ \)](#)）。[表 8-2](#) 总结了基于引脚条件的重试时间。

$$t(\mu s) = \frac{C(pF)}{2} \quad (9)$$

必须对可编程故障计时器 **ILTIMER** 和 **RTIMER** 进行设置，使得一个计时器的电容器在另一个计时器到期之前放电，以便确保正常运行。图 8-2 展示了一种未满足该约束条件的情况，由于 **RTIMER** 比 **ILTIMER** 大得多，因此在  $C_{ILTIMER}$  达到 0.5V (即 **ILTIMER** 到期时) 之前，未对  $C_{RTIMER}$  放电。为避免这种情况，必须满足方程式 10 中所示的约束条件。使用该公式，一旦为计时器选择了电容器 (方程式 10 中的  $C_1$ )，就可以计算第二个计时器的电容器的最大值。在使用内部 **ILTIMER** 的特定情况下，假设故障仍然存在，则必须调整 **RTIMER** 电容器的大小，以便在内部 **ILTIMER** 到期之前对电容器放电。可在 [电气特性：所有器件](#) 表中找到每个计时器的内部下拉电阻。对于图 8-2 所示的情况，方程式 10 中的  $C_1$  和  $R_{PD1}$  对应于 **RTIMER**。

$$C_1(\mu F) < \frac{C_2(pF)}{8 \times R_{PD1}(\Omega)} \quad (10)$$

**表 8-1. 对应于 **ILTIMER** 引脚条件的故障持续时间**

ILTIMER 引脚条件	过载期间的故障持续时间
VIN (内部计时器)	15 μs (典型值), 35 μs (最大值)
GND (禁用)	无限期
电容器至 GND ( $C_{ILTIMER}$ ) (编程)	方程式 9
浮点	无效 (请勿将引脚悬空)

**表 8-2. 对应于 **RTIMER** 引脚条件的过载期间的重试的时间**

RTIMER 引脚条件	过载期间的重试时间
GND (禁用)	禁用 (开关关闭) 直至 EN 在 $t > t_{LOW}$ (20 μs) 期间保持低电平
电容器至 GND ( $C_{RTIMER}$ ) (编程)	方程式 9
浮点	无效 (请勿将引脚悬空)

下面的图表展示了不同故障类型和故障计时器配置的示例：

- 图 8-2：可编程故障计时器电容器约束条件
- 图 8-3：使用电流限制计时器和重试计时器的单次软短路事件。
- 图 8-4：使用电流限制计时器和重试计时器的单次硬短路事件。
- 图 8-5：使用内部电流限制计时器并禁用重试计时器的硬短路事件。

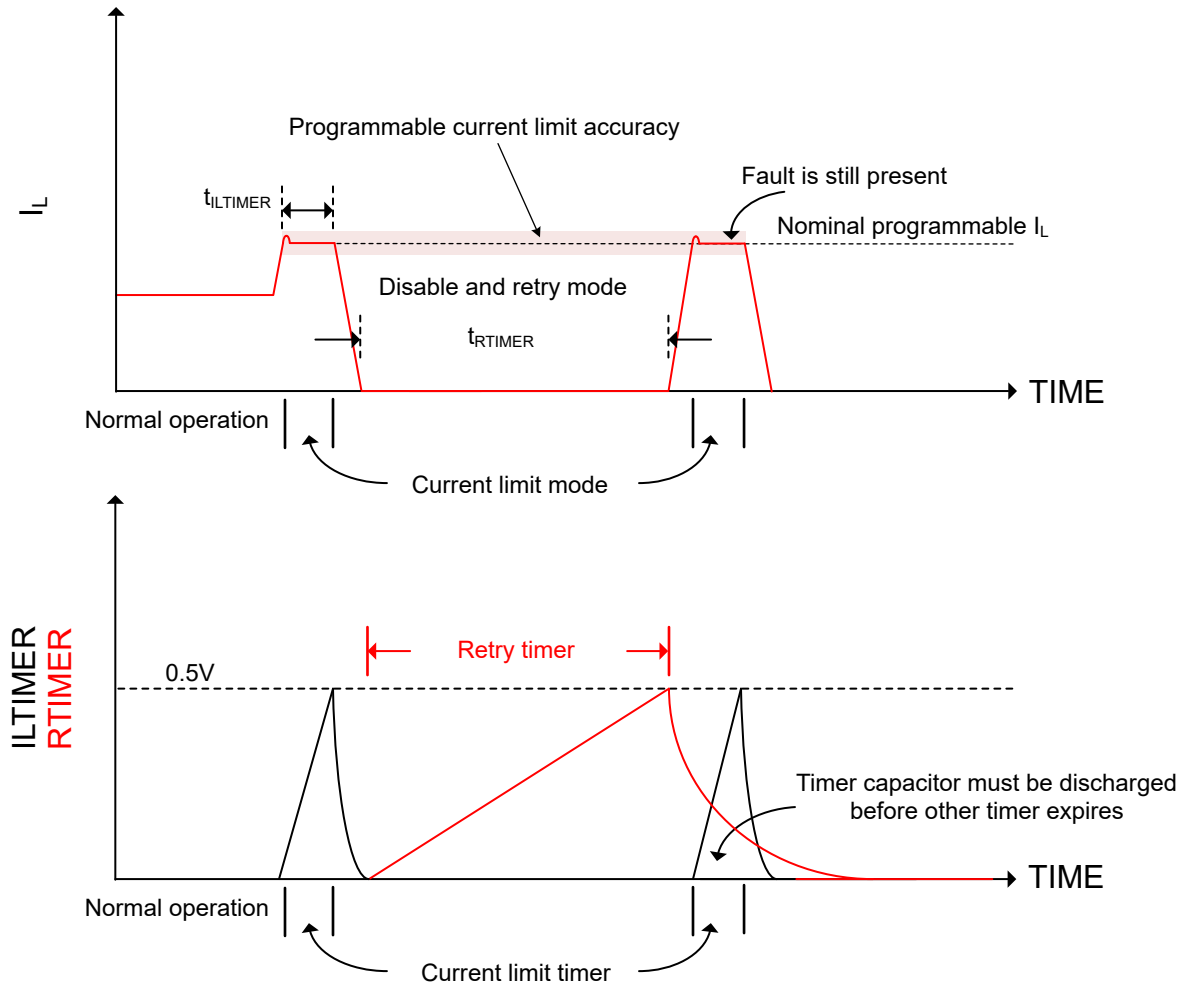


图 8-2. 可编程故障计时器电容器约束条件

软短路（其中可编程电流限制已达到并进行响应）时，ILTIMER 和 RTIMER 引脚的行为如图 8-3 所示。在该图中，假定在开关禁用并再次启用（重试模式）后故障不存在。如果重试模式后故障存在，器件将进入电流限制模式，并且此循环会一直重复进行直到故障不再存在。

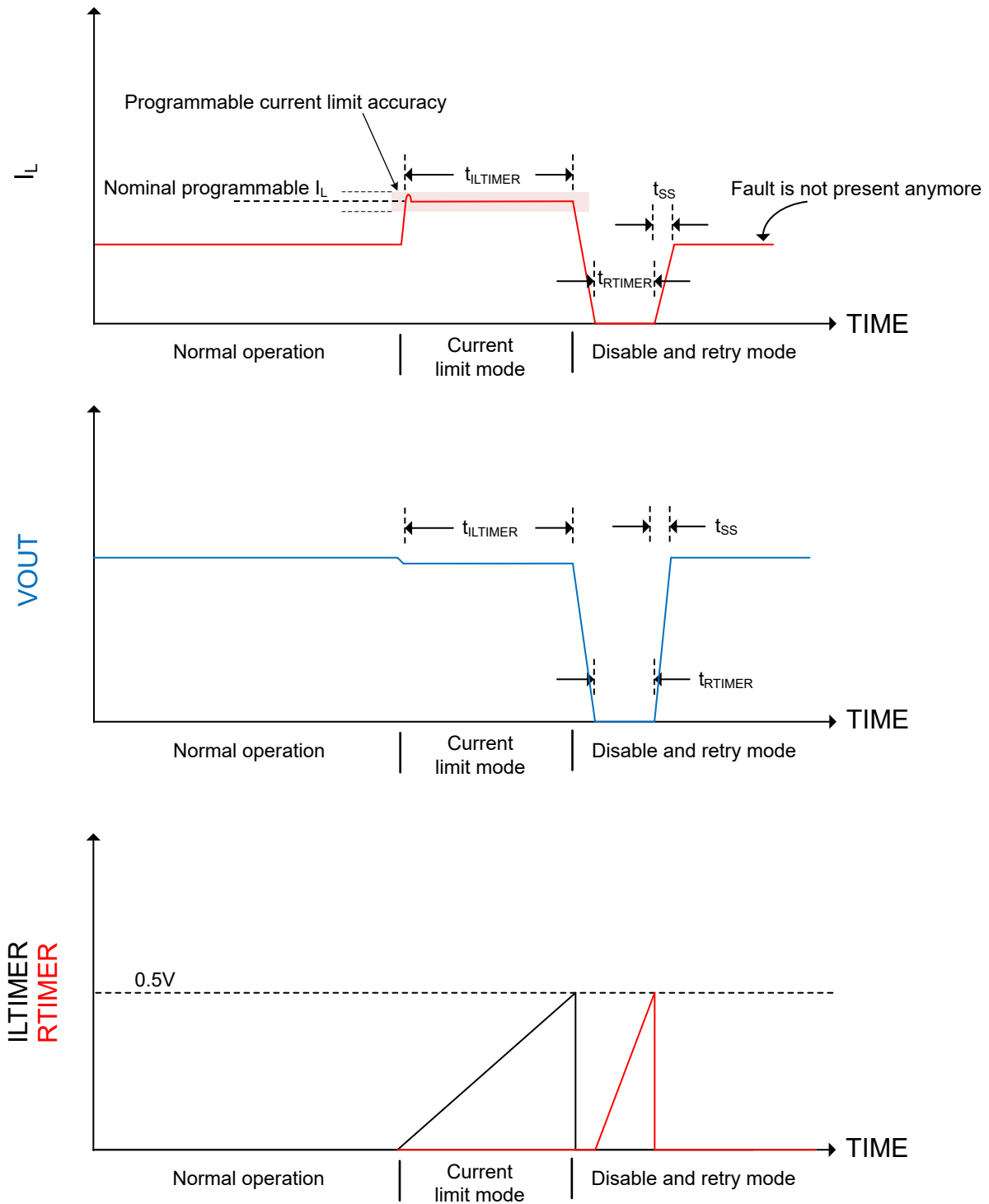


图 8-3. 软短路可编程故障计时器运行（电容器连接到 ILTIMER 和 RTIMER 引脚）

硬短路（其中快速电流限制在可编程电流限制有时间响应之前响应）时，ILTIMER 和 RTIMER 引脚的行为如图 8-4 所示。在该图中，假定在开关禁用并再次启用（重试模式）后故障不存在。如果重试模式后故障存在，器件将进入电流限制模式，并且此循环会一直重复进行直到故障不再存在。

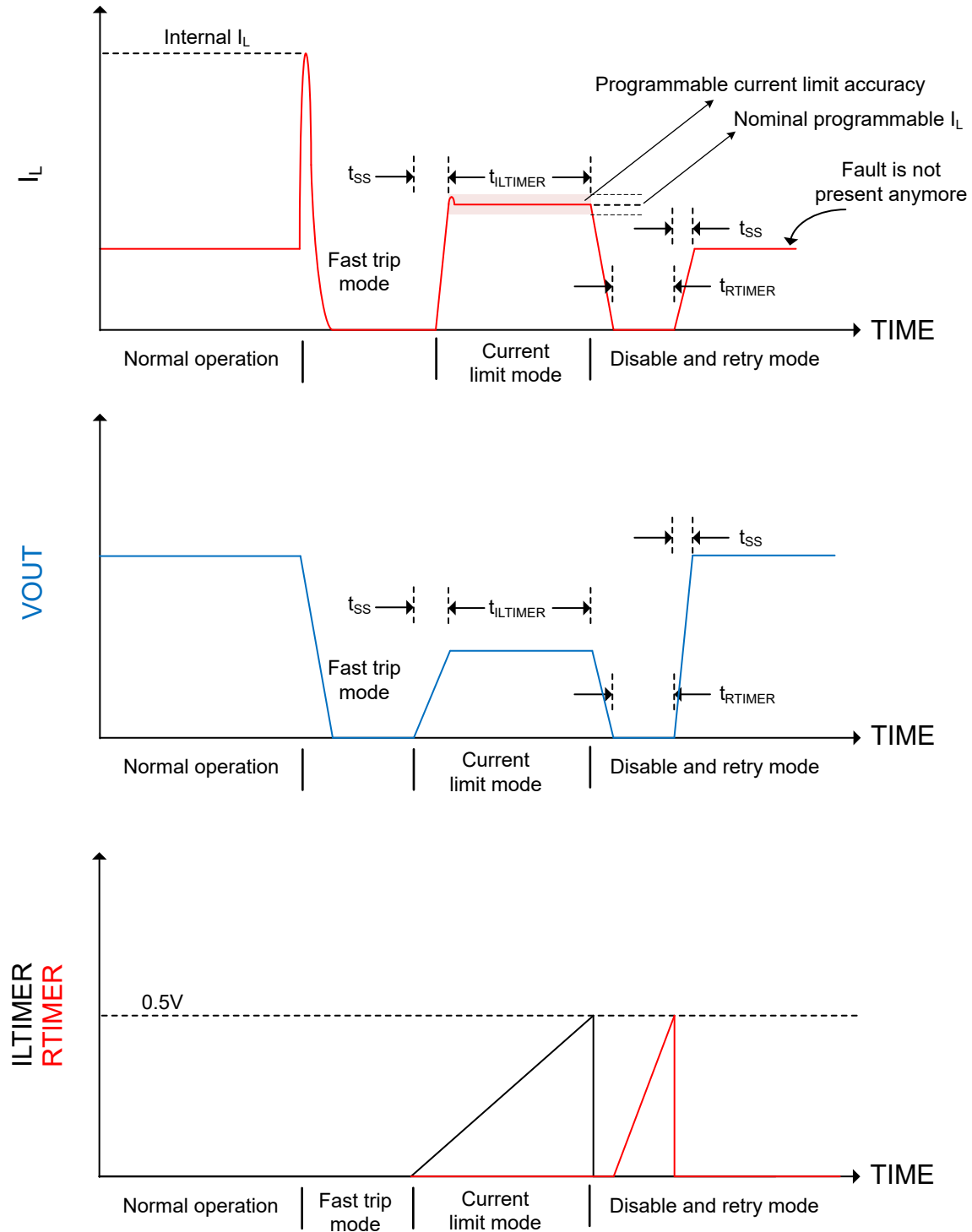


图 8-4. 硬短路可编程故障计时器运行（电容器连接到 ILTIMER 和 RTIMER 引脚）

禁用重试模式时，ILTIMER 和 RTIMER 引脚在内部计时器条件下的行为如图 8-5 所示。

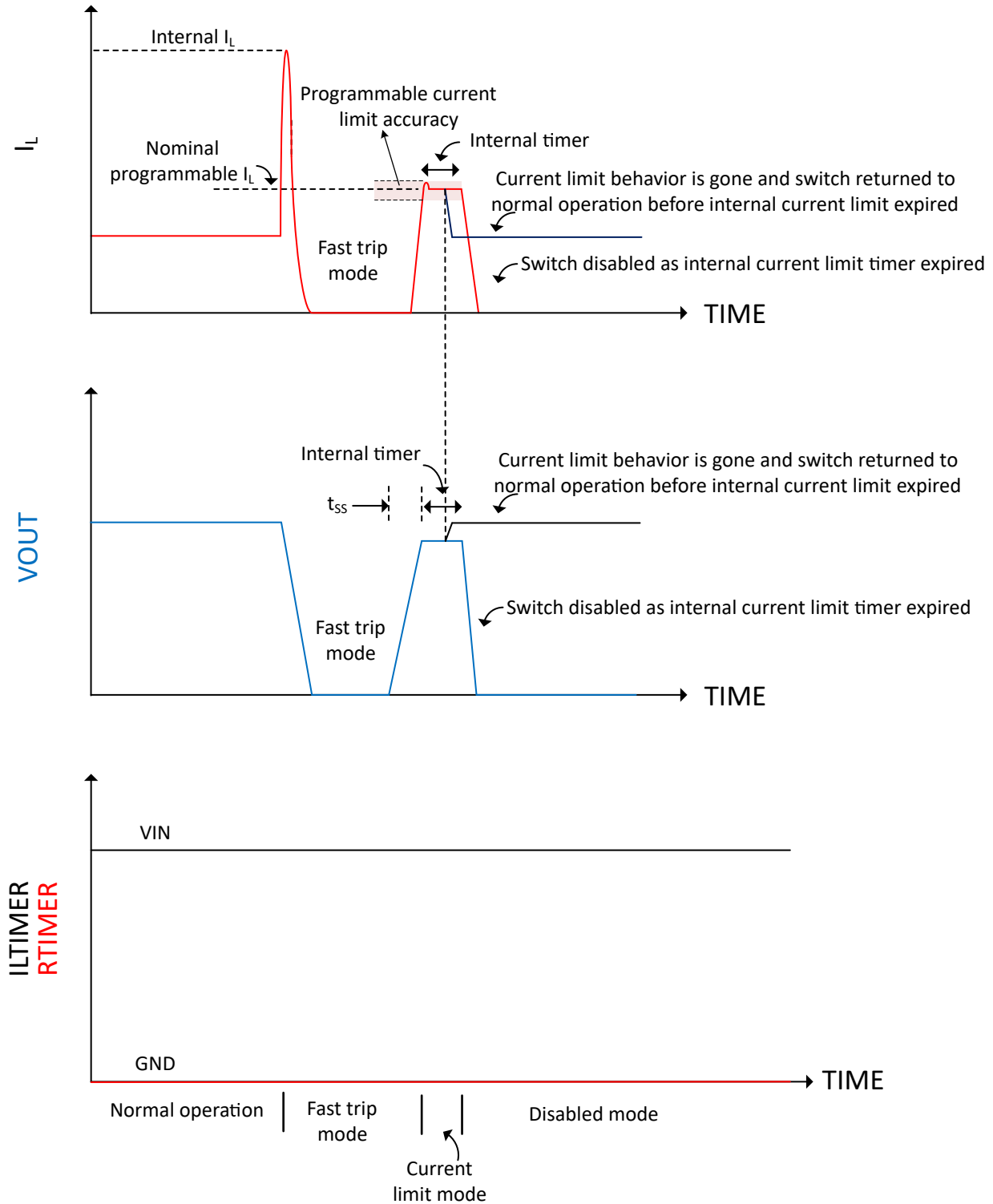


图 8-5. 使用内部电流限制计时器且禁用重试模式的可编程故障计时器运行

### 8.3.5 电流检测

该引脚输出与开关输出电流成正比的电流，适用于电流检测应用。连接至 GND 的电阻将此电流转换为电压，以进行电流检测。输出电流等于开关电流除以 41,500。CS 引脚在器件启用后的 5ms 内提供有效输出。要在线性区域运行电流检测，应用最大负载时 CS 引脚上的电压不得超过 CS 引脚电压规格 (VIN - 400mV)。

### 8.3.6 并行运行

TPS7H2201 可配置为并联运行，以将电流能力提高至 12A，或者减小导通状态电阻。在这种情况下，如图 8-6 所示，除限流电阻器 ( $R_{IL}$ ) 外，所有引脚都共享，以确保内部电流限制环路正常运行。必须根据 [可编程限流](#) 部分所述调整限流电阻器的阻值。

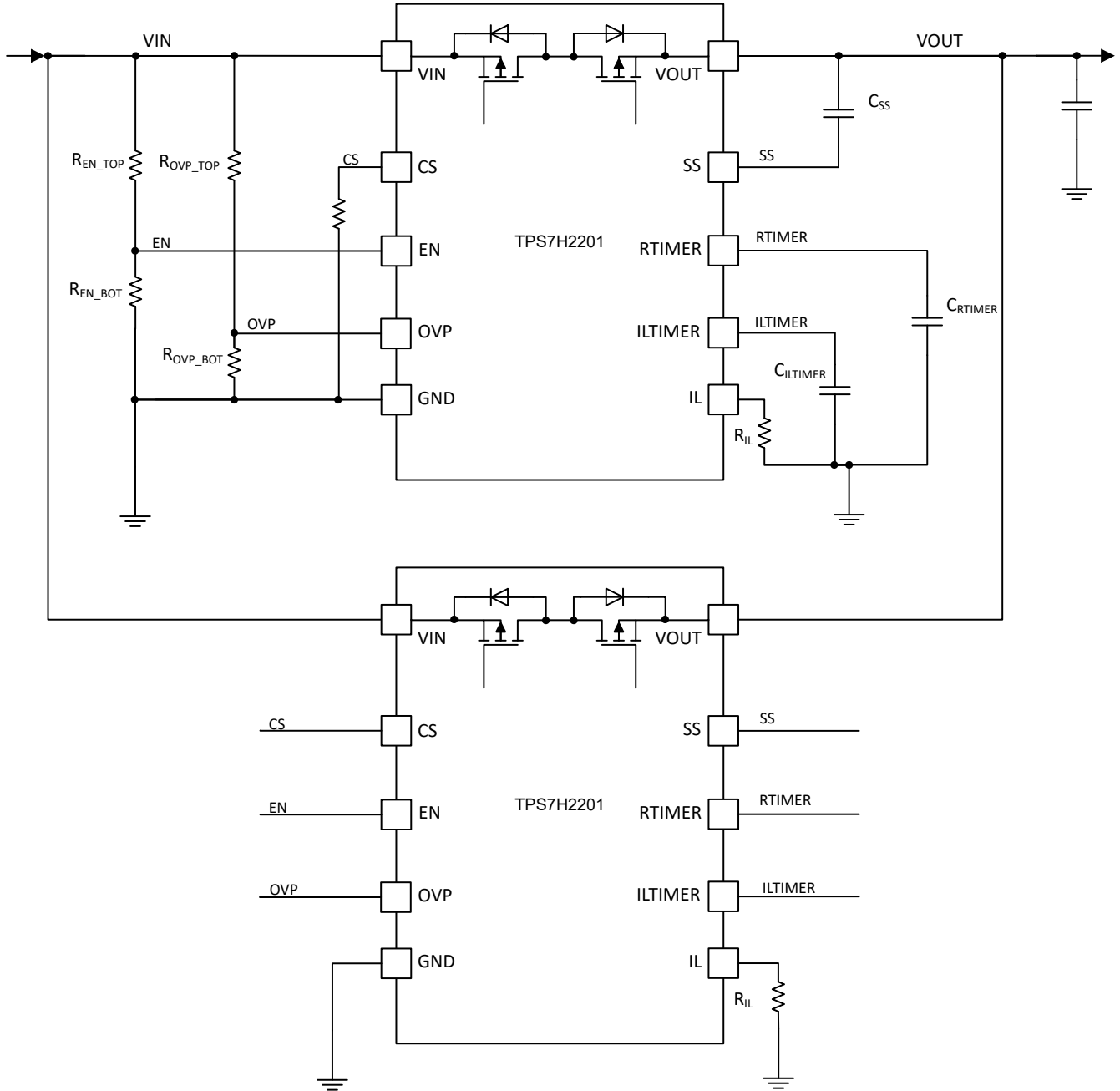


图 8-6. 用于减小电阻或提高电流能力的并联配置

### 8.3.7 反向电流保护

TPS7H2201 电子保险丝采用背对背 FET，以防止开关禁用时电流从 VIN 流向 VOUT 以及从 VOUT 流向 VIN（不包括漏电流）。这支持冷备用份（冗余）应用。例如，当 VIN 介于 0V 和 7V 之间时，VOUT 可高达 7V。在所有情况下，漏电流较小。

### 8.3.8 正向漏电流

当 VIN 通电但 TPS7H2201 禁用（EN 为低电平）时，内部 FET 禁用，在 VIN 与 VOUT 之间形成高阻抗路径。但是，存在寄生泄漏路径，可以导致 VOUT 缓慢充电。正向漏电流  $I_F$  表示这种情况下有多少电流从 VIN 流向 VOUT。在不同电压、温度和辐射条件下，TPS7H2201SP 的最大正向电流额定值为 250  $\mu$ A。

一些应用需要特别注意这种行为。当 VOUT 是高阻抗节点时尤其重要（因此，漏电流会完全向 VOUT 充电，而不是被耗散）。通过使用 [方程式 11](#) 中所示的基本电容公式，理论上可以计算出电压上升到给定值所需的时间。

$$\Delta t = \Delta V_{OUT} \times C_{OUT} / I_F \quad (11)$$

其中

- $\Delta t$  = 充电至最终值的时间
- $\Delta V_{OUT}$  = 输出电压变化；对于 0V 起始电压，请使用  $V_{IN}$

例如，在 7V 输入电压和 220 $\mu$ F 输出电容的情况下，VOUT 通常会在大约 6.2 秒内充电至 7V（ $I_F = 150 \mu$ A、 $\Delta V_{OUT} = 7V$ 、 $C_{OUT} = 220\mu F$ ）。

如果输出电压必须保持在某个值以下，则可以使用下拉电阻器，并且该值可使用 [方程式 12](#) 计算。

$$V_{OUT\_LKG\_MAX} = I_F \times R_{PULL\_DOWN} \quad (12)$$

其中

- $V_{OUT\_LKG\_MAX}$  = 由于漏电流  $I_F$  而产生的最大输出电压
- $R_{PULL\_DOWN}$  = VOUT 与 GND 之间的外部下拉电阻器

例如，在 VOUT 和接地之间放置一个 2.6k $\Omega$  电阻器可确保最坏情况下 VOUT 不会因  $I_F$  电流上升到 0.65V 以上。当开关启用且  $V_{OUT} \cong V_{IN}$  时，该电阻器需要能够处理最坏情况下的功率耗散。

## 8.4 器件功能模式

因  $V_{EN}$  和  $V_{OVP}$  产生的 VOUT 连接 列出了由 EN 和 OVP 引脚电压确定的 VOUT 引脚状态。

**表 8-3. 因  $V_{EN}$  和  $V_{OVP}$  产生的 VOUT 连接**

EN 引脚	OVP 引脚	TPS7H2201SP 和 TPS7H2201-SEP <sup>(5) (6)</sup>
0 <sup>(1)</sup>	0 <sup>(3)</sup>	开路
0	1 <sup>(4)</sup>	开路
1 <sup>(2)</sup>	0	VIN
1	1	开路

(1)  $V_{EN} < V_{ILEN(MIN)} = 0$

(2)  $V_{EN} > V_{IHEN(MAX)} = 1$

(3)  $V_{OVP} < V_{OVPF(MIN)} = 0$

(4)  $V_{OVP} > V_{OVPR(MAX)} = 1$

(5) 有关更多详细信息，请参阅 [导通 \( \$t\_{ON}\$ \)](#)、[关断 \( \$t\_{OFF}\$ \)](#) 和 [VOUT 下降时间 \( \$t\_F\$ \)](#) 波形。

(6) 有关更多详细信息，请参阅 [OVP 置为有效 \( \$t\_{ASSERT}\$ \)](#) 和 [OVP 置为无效 \( \$t\_{DEASSERT}\$ \)](#) 波形。

## 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

TPS7H2201 器件是一款单通道 6A 电子保险丝，具有多种可编程功能、例如电流限制、欠压和过压、电流限制和重试计时器以及软启动。此外，TPS7H2201 还具有适用于配电应用的反向电流保护功能以及适用于负载监控的电流检测功能。TPS7H2201SP 用户指南 [TPS7H2201EVM-CVAL 评估模块 \(EVM\) 用户指南](#) 在 TI 网站上提供。该指南重点介绍了标准 EVM 配置、测试结果、原理图和 BOM，以供参考。

### 9.2 典型应用

除了可使用电源开关的普通电源管理应用外，TPS7H2201 还可在下面 2 种主要应用中用于航天电源应用：

- 卫星应用中常见的初级和次级电压轨冗余
- 针对关键负载或 SEL 敏感负载的保护功能

### 9.2.1 冗余

在使用初级和次级（冗余）电源轨的应用中，由于反向电流阻断功能，TPS7H2201 专门用来实现冗余。在这种情况下，由于电子保险丝布放置在负载点稳压器的输入端，因此开关的导通电阻并不那么重要。

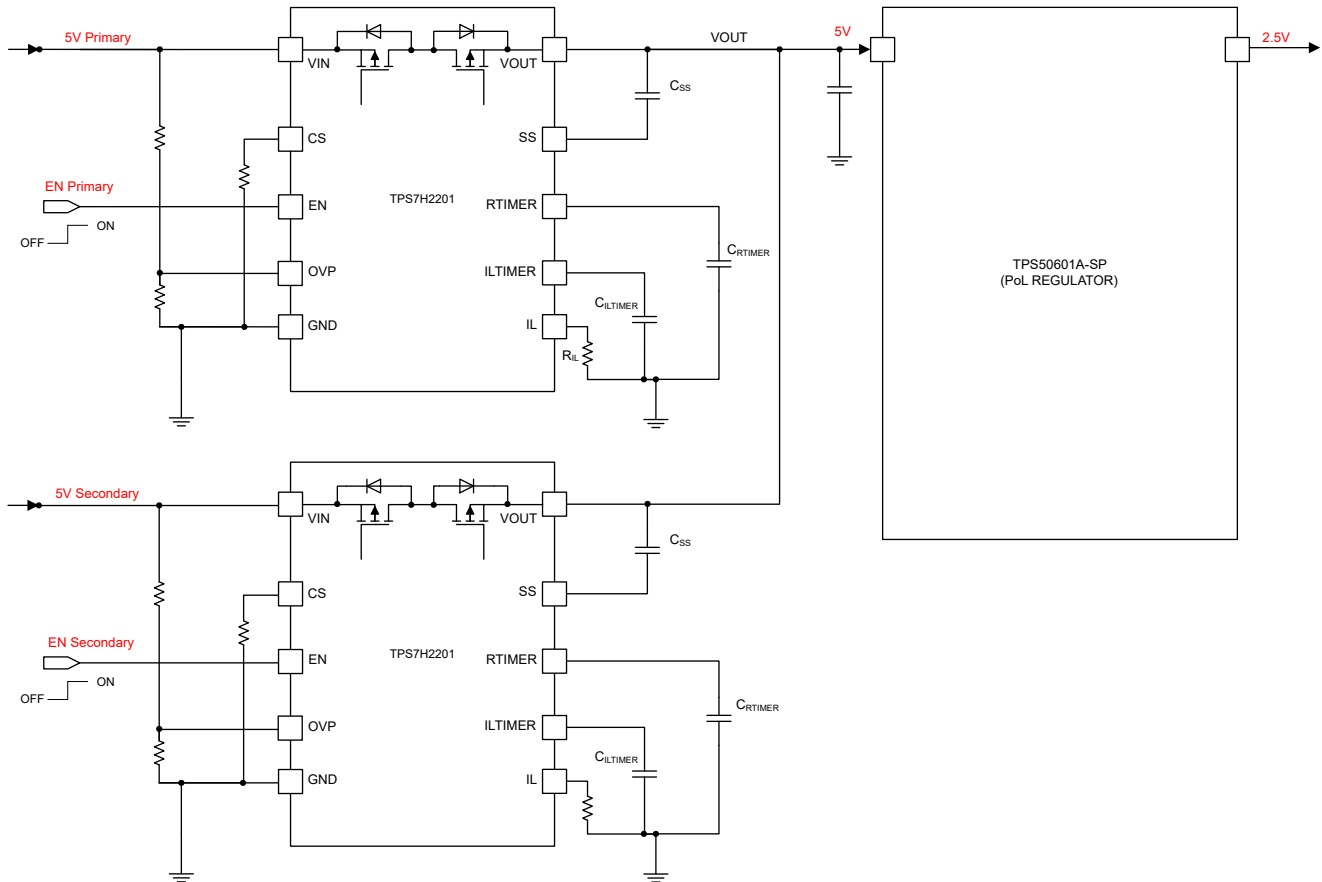


图 9-1. 使用 TPS7H2201 的冗余示例

### 9.2.2 保护

TPS7H2201 的保护功能也可用于 SEL 敏感负载。在这种情况下，开关的导通电阻可能更加重要，因为开关布置在负载点稳压器之后，但在这种情况下，可以并联布置两个电子保险丝以在需要时减小导通电阻。在该位置使用电子保险丝的主要优势：更快地响应 SEL 事件以及可编程故障计时器的重试模式可实现自动恢复。

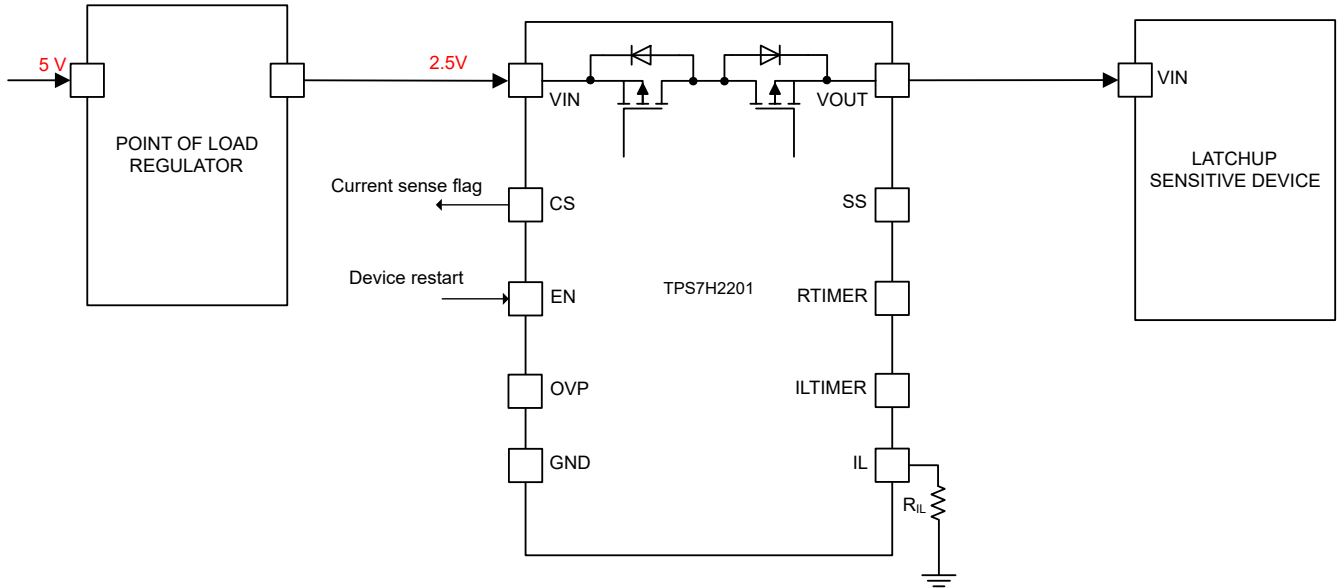


图 9-2. 使用 TPS7H2201 的保护示例

### 9.2.3 设计要求

图 9-3 展示了一个典型应用原理图，它适用于前面讨论的冗余和保护应用。

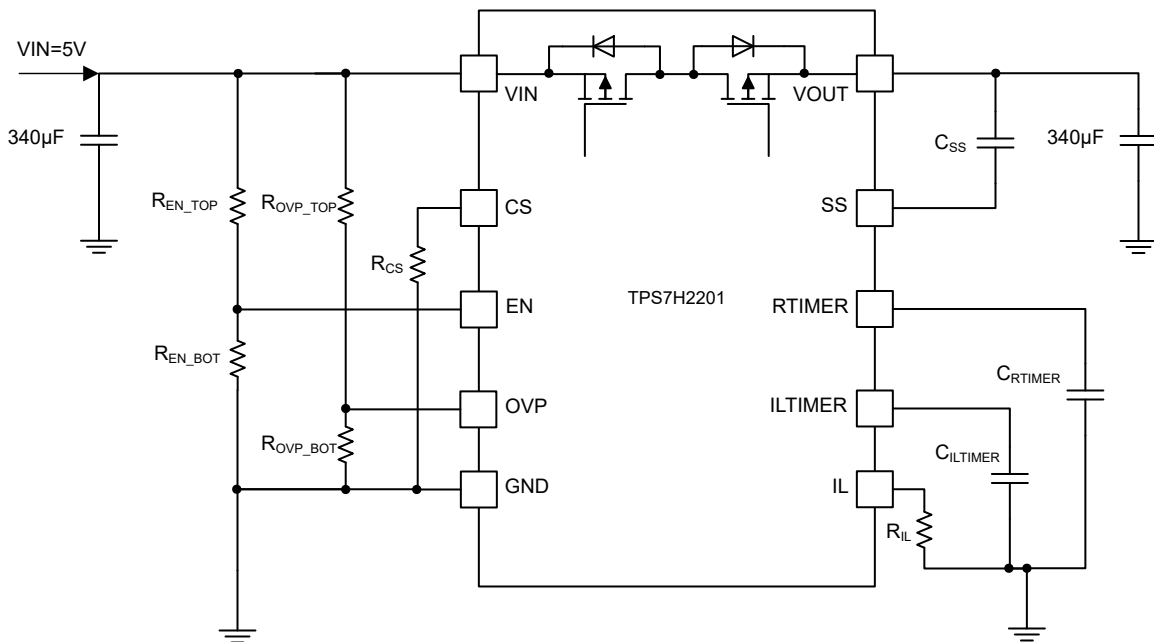


图 9-3. 典型应用原理图

表 9-1 展示了设计参数。

表 9-1. 设计参数

设计参数	示例值
VIN	5V
欠压锁定设定点	3.5V
过压保护设定点	6.5V
输出电流	6A
电流限制	7.5A
电流限制计时器	1ms
重试计时器	1ms
软启动时间	9ms
输入和输出电容器	340μF

## 9.2.4 详细设计过程

### 9.2.4.1 欠压锁定

可以使用连接至 EN 引脚的电阻分压器  $R_{EN\_TOP}$  和  $R_{EN\_BOT}$  配置欠压锁定设定点。设置  $R_{EN\_TOP} = 100k\Omega$ ，并使用 [方程式 1](#) 计算  $R_{EN\_BOT}$  的值。UVLO = 3.5V， $R_{EN\_BOT} = 15.5k\Omega$ 。选择 UVLO 设定点时，电阻分压器必须验证对于应用中使用的 VIN 器件仍然启用。通过确保使用所选电阻分压器时仍然满足  $V_{IHEN}$  要求，并且满足要求所需的 VIN 小大于应用中使用的 VIN，即可实现这一点。[方程式 13](#) 展示了设置 UVLO 点的 VIN 和  $V_{IHEN}$  要求。对于该特定应用，要求得到满足，结果为 4.84V。

$$V_{IHEN} \times \frac{R_{EN\_TOP} + R_{EN\_BOT}}{R_{EN\_BOT}} \leq V_{IN} \quad (13)$$

### 9.2.4.2 过压保护

与 UVLO 设定点类似，使用连接至 OVP 引脚的电阻分压器  $R_{OVP\_TOP}$  和  $R_{OVP\_BOT}$  来配置过压保护设定点。设置  $R_{OVP\_TOP} = 100k\Omega$  并使用 [方程式 2](#) 计算  $R_{OVP\_BOT}$  的值。对于 OVP = 6.5V， $R_{OVP\_BOT} = 10.7k\Omega$ 。选择 OVP 设定点时，电阻分压器必须验证对于应用中使用的 VIN 器件仍然启用。通过确保使用所选电阻分压器时仍然满足  $V_{OVPF}$  要求，并且满足要求所需的 VIN 大于应用中使用的 VIN，即可实现这一点。[方程式 14](#) 展示了设置 OVP 点的 VIN 和  $V_{OVPF}$  要求。对于该特定应用，要求得到满足，结果为 5.16V。

$$V_{OVPF} \times \frac{R_{OVP\_TOP} + R_{OVP\_BOT}}{R_{OVP\_BOT}} \geq V_{IN} \quad (14)$$

### 9.2.4.3 电流限制

使用  $R_{IL}$  配置电流限制。此外，必须遵循 [电气特性](#) 中的最小电流限制设置规格，以验证器件启动期间是否没有误电流跳变。根据此设计的输出电流，可编程的最小电流限制为  $I_{OUT} + 1.5A$ ，总计共 7.5A。因此，使用 [方程式 8](#) 时，电阻值为 6.53kΩ。

### 9.2.4.4 可编程故障计时器

可编程故障计时器使用  $C_{ILTIMER}$  和  $C_{RTIMER}$  电容器进行配置。对于此特定设计，两个计时器都设置为 1ms。因此，使用 [方程式 9](#) 时，每个电容器的值为 2000pF。这些电容值符合 [方程式 10](#) 中的要求。



### 9.3 电源相关建议

TPS7H2201 设计为由电压范围为 1.5V 至 7V 的输入电源供电。该电源电压必须经过良好稳压，并且必须在 VIN 和 GND 之间使用适当的本地旁路电容器，以实现正确的电气性能。由于航天应用的严格要求，通常会使用大量输入旁路电容器，并且总电容比商业应用大得多。TPS7H2201SP 评估模块使用一个 330 $\mu$ F 钽电容器，后者与一个 10 $\mu$ F 和一个 0.1 $\mu$ F 陶瓷电容器并联。

### 9.4 布局

#### 9.4.1 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，输入和输出电容器必须靠近器件放置，从而更大幅度地减少寄生引线电感可以对正常运行产生的影响。为 VIN、VOUT 和 GND 使用宽迹线有助于更大幅度地降低寄生电气效应。通常，元件必须靠近器件放置以使布线尽可能短，从而避免产生寄生电容。此外，由于在故障条件下 (VOUT 短路) 可能会产生较大功率耗散，因此必须在 PCB 中为散热焊盘布置散热过孔。

#### 9.4.2 布局示例

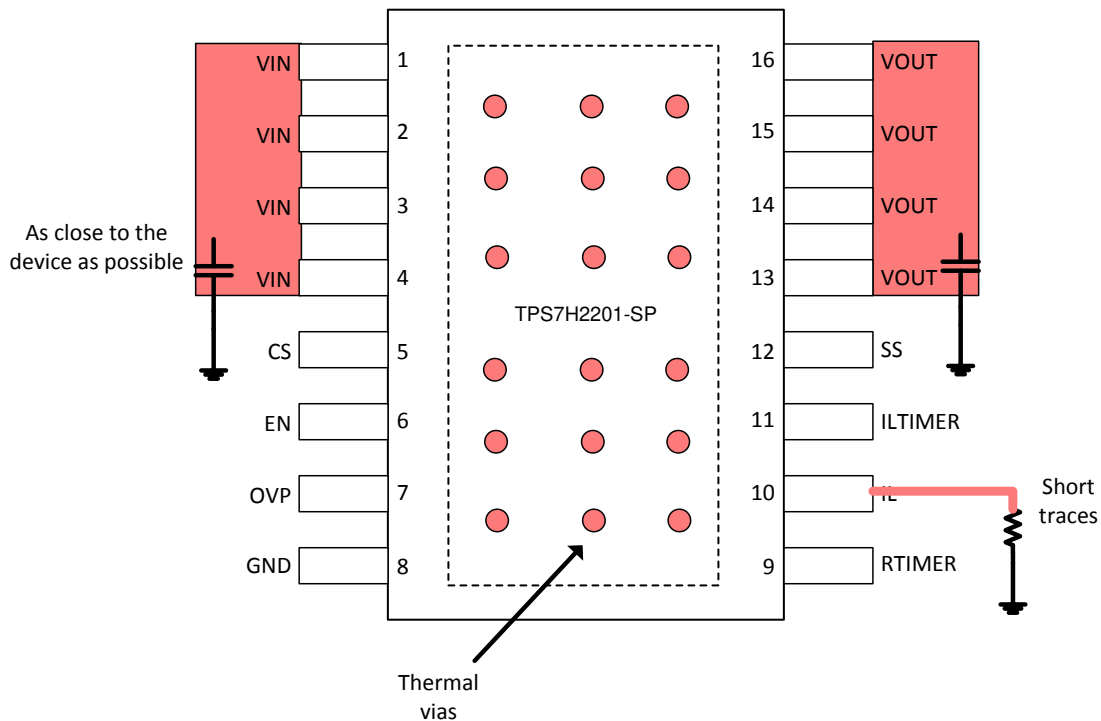


图 9-6. 布局建议

## 10 器件和文档支持

### 10.1 文档支持

#### 10.1.1 相关文档

请参阅以下相关文档：

- 德州仪器 (TI), [TPS7H2201-SP 电离辐射总剂量 \(TID\) 报告](#)
- 德州仪器 (TI), [TPS7H2201-SEP TID 辐射报告](#)
- 德州仪器 (TI), [TPS7H2201-SP 电子保险丝的单粒子效应测试报告](#)
- 德州仪器 (TI), [TPS7H2201-SEP 电子保险丝的单粒子效应测试报告](#)
- 德州仪器 (TI), [TPS7H2201-SP 中子位移损伤表征](#)
- 德州仪器 (TI), [TPS7H2201EVM-CVAL 评估模块 \(EVM\) 用户指南](#)
- 德州仪器 (TI), [TPS7H2201EVM 评估模块 \(EVM\)](#)
- 德州仪器 (TI), [未加密的 PSpice 瞬态模型](#)
- 德州仪器 (TI), [负载开关散热注意事项](#)
- 德州仪器 (TI), [电子保险丝基础知识](#)
- 德州仪器 (TI), [负载开关基础知识](#)
- [标准微电路图, 5962R17220](#)
- [供应商项目图, V6223608](#)

### 10.2 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 [ti.com](#) 上的器件产品文件夹。点击右上角的 [提醒我](#) 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。

### 10.3 支持资源

[TI E2E™ 中文支持论坛](#) 是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的 [使用条款](#)。

### 10.4 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。

### 10.5 静电放电警告



静电放电 (ESD) 会损坏这个集成电路。德州仪器 (TI) 建议通过适当的预防措施处理所有集成电路。如果不遵守正确的处理和安装程序，可能会损坏集成电路。

ESD 的损坏小至导致微小的性能降级，大至整个器件故障。精密的集成电路可能更容易受到损坏，这是因为非常细微的参数更改都可能会导致器件与其发布的规格不相符。

### 10.6 术语表

[TI 术语表](#) 本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

## 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

Changes from Revision F (March 2024) to Revision G (December 2025)	Page
• 向 <i>说明</i> 部分中的“器件信息”表添加了 5962R1722002PYE 信息.....	1
• 重新编排并重新编写，以便在 <i>可编程故障计时器</i> 部分进行澄清.....	22

Changes from Revision E (December 2023) to Revision F (March 2024)	Page
• 删除了 <i>说明</i> 和 <i>器件选项</i> 部分中的 TPS7H2201MDAPTSEP 预告信息说明.....	1

## 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)
<a href="#">5962-1722001VXC</a>	Active	Production	CFP (HKR)   16	25   TUBE	ROHS Exempt	NIAU	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962-1722001VXC TPS7H2201MHKRV
5962R1722001V9A	Active	Production	XCEPT (KGD)   0	25   OTHER	Yes	Call TI	N/A for Pkg Type	-55 to 125	
<a href="#">5962R1722001VXC</a>	Active	Production	CFP (HKR)   16	25   TUBE	ROHS Exempt	NIAU	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962R1722001VXC TPS7H2201MHKRV
5962R1722001VXC.A	Active	Production	CFP (HKR)   16	25   TUBE	ROHS Exempt	NIAU	N/A for Pkg Type	-55 to 125	5962R1722001VXC TPS7H2201MHKRV
<a href="#">5962R1722002PYE</a>	Active	Production	HTSSOP (DAP)   32	250   SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-55 to 125	1722002PYE
5962R1722002PYE.A	Active	Production	HTSSOP (DAP)   32	250   SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-55 to 125	1722002PYE
<a href="#">TPS7H2201HKR/EM</a>	Active	Production	CFP (HKR)   16	25   TUBE	ROHS Exempt	NIAU	N/A for Pkg Type	25 to 25	TPS7H2201HKREM
<a href="#">TPS7H2201MDAPTSEP</a>	Active	Production	HTSSOP (DAP)   32	250   SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-55 to 125	TPS7H2201
TPS7H2201Y/EM	Active	Production	XCEPT (KGD)   0	5   OTHER	Yes	Call TI	N/A for Pkg Type	25 to 25	
V62/23608-01XE	Active	Production	HTSSOP (DAP)   32	250   SMALL T&R	Yes	NIPDAU	Level-3-260C-168 HR	-55 to 125	TPS7H2201

(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 TPS7H2201-SEP, TPS7H2201-SP :**

- Catalog : [TPS7H2201-SEP](#)
- Space : [TPS7H2201-SP](#)

NOTE: Qualified Version Definitions:

- Catalog - TI's standard catalog product
- Space - Radiation tolerant, ceramic packaging and qualified for use in Space-based application

**TAPE AND REEL INFORMATION**

**QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE**

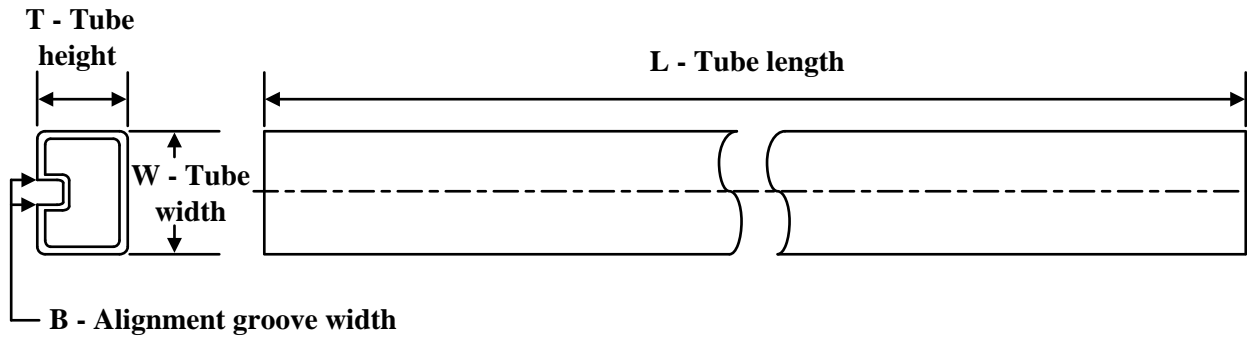

\*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
5962R1722002PYE	HTSSOP	DAP	32	250	178.0	24.4	8.8	11.8	1.8	12.0	24.0	Q1
TPS7H2201MDAPTSEP	HTSSOP	DAP	32	250	178.0	24.4	8.8	11.8	1.8	12.0	24.0	Q1

**TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS**


\*All dimensions are nominal

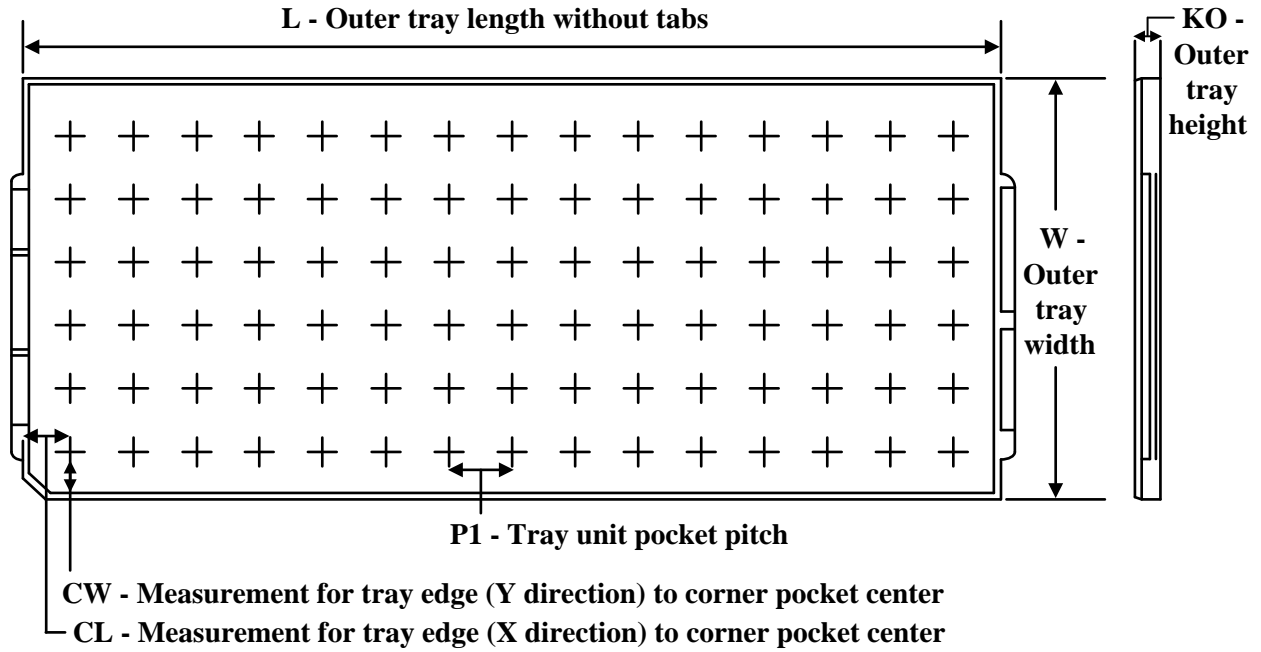
Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
5962R1722002PYE	HTSSOP	DAP	32	250	223.0	191.0	55.0
TPS7H2201MDAPTSEP	HTSSOP	DAP	32	250	223.0	191.0	55.0

**TUBE**


\*All dimensions are nominal

Device	Package Name	Package Type	Pins	SPQ	L (mm)	W (mm)	T (μm)	B (mm)
5962-1722001VXC	HKR	CFP	16	25	506.98	26.16	6220	NA
5962R1722001VXC	HKR	CFP	16	25	506.98	26.16	6220	NA
5962R1722001VXC.A	HKR	CFP	16	25	506.98	26.16	6220	NA
TPS7H2201HKR/EM	HKR	CFP	16	25	506.98	26.16	6220	NA

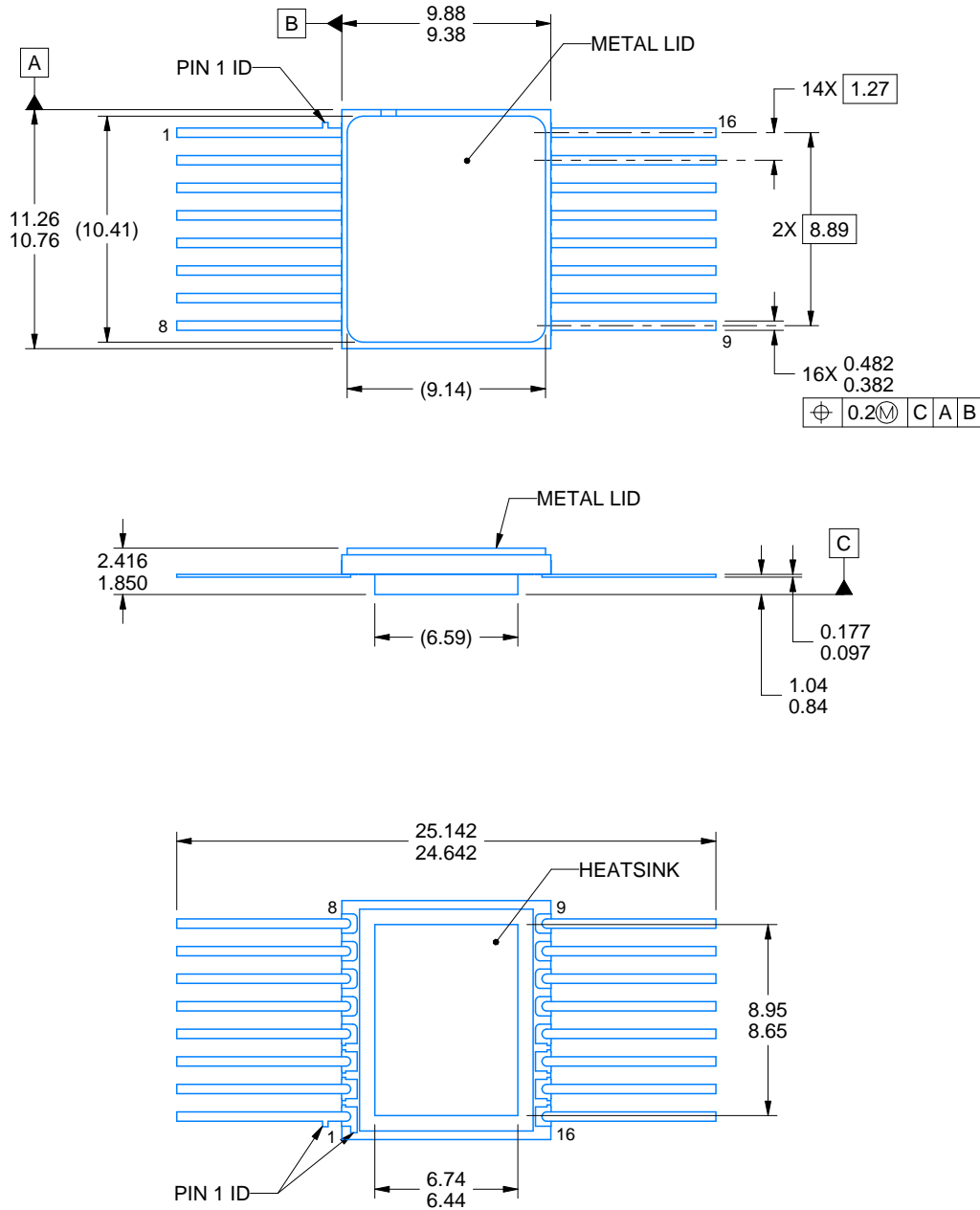
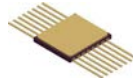
**TRAY**



Chamfer on Tray corner indicates Pin 1 orientation of packed units.

\*All dimensions are nominal

Device	Package Name	Package Type	Pins	SPQ	Unit array matrix	Max temperature (°C)	L (mm)	W (mm)	K0 (µm)	P1 (mm)	CL (mm)	CW (mm)
TPS7H2201Y/EM	KGD	XCEPT	0	5	5 x 5	70	6.35	3.81	610	1.3	8.89	8.13



4226020/C 08/2022

NOTES:

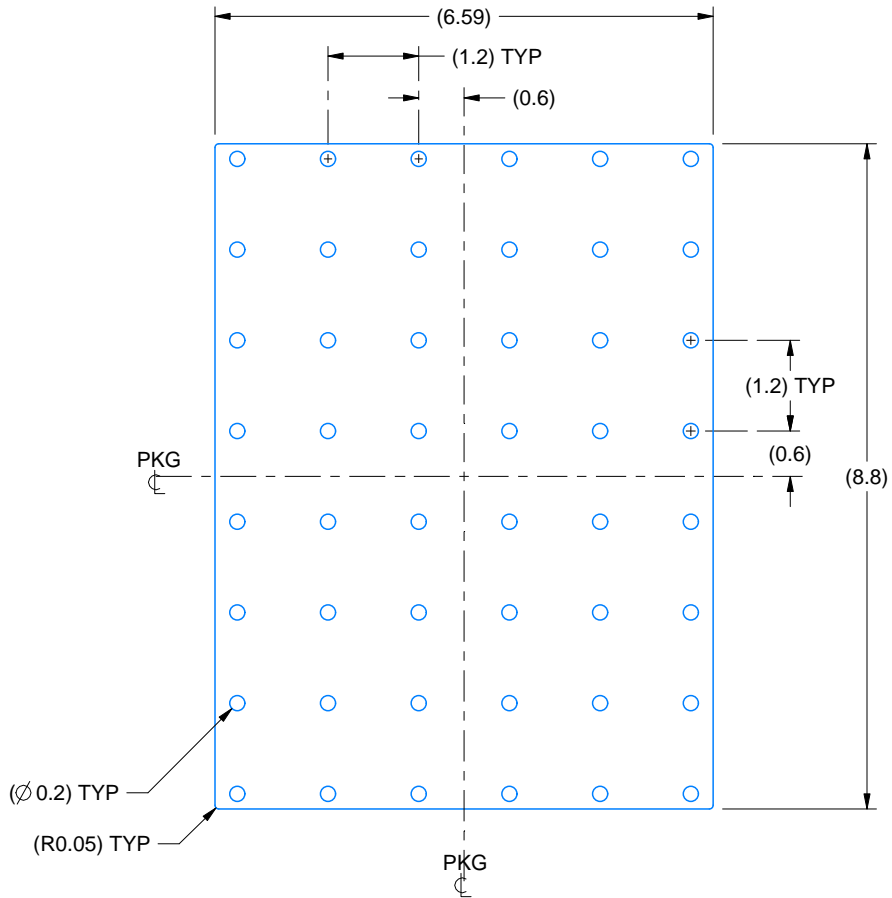
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This package is hermetically sealed with a metal lid. Lid is connected to Heatsink.
4. The terminals are gold plated.
5. Falls within MIL-STD-1835 CDFP-F11A.

# EXAMPLE BOARD LAYOUT

HKR0016A

CFP - 2.416 mm max height

CERAMIC DUAL FLATPACK



## HEATSINK LAND PATTERN EXAMPLE

EXPOSED METAL SHOWN  
SCALE:10X

4226020/C 08/2022

## GENERIC PACKAGE VIEW

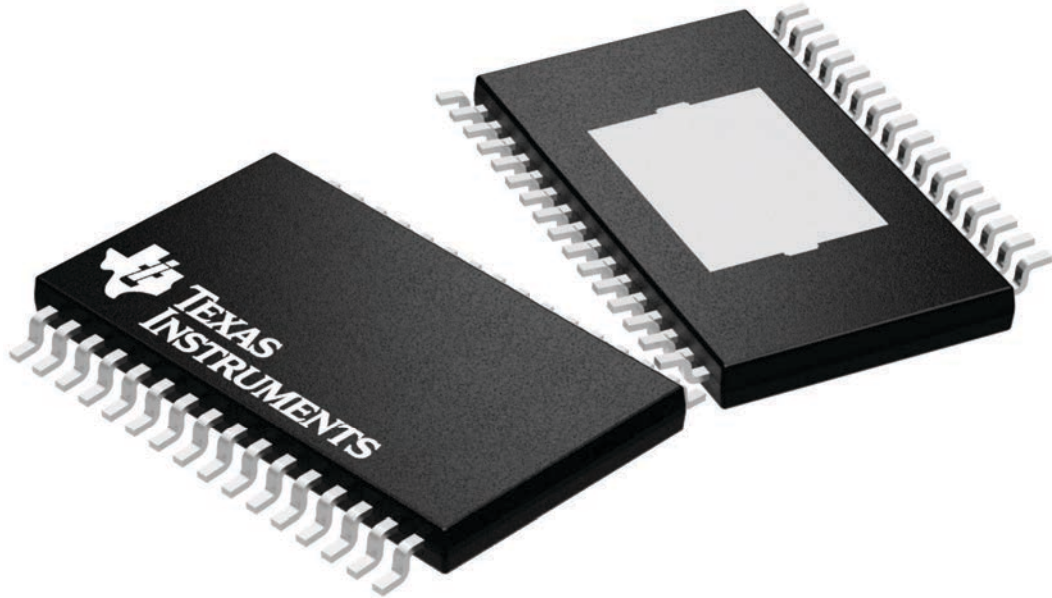
**DAP 32**

**PowerPAD™ TSSOP - 1.2 mm max height**

8.1 x 11, 0.65 mm pitch

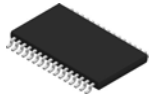
PLASTIC SMALL OUTLINE

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



4225303/A

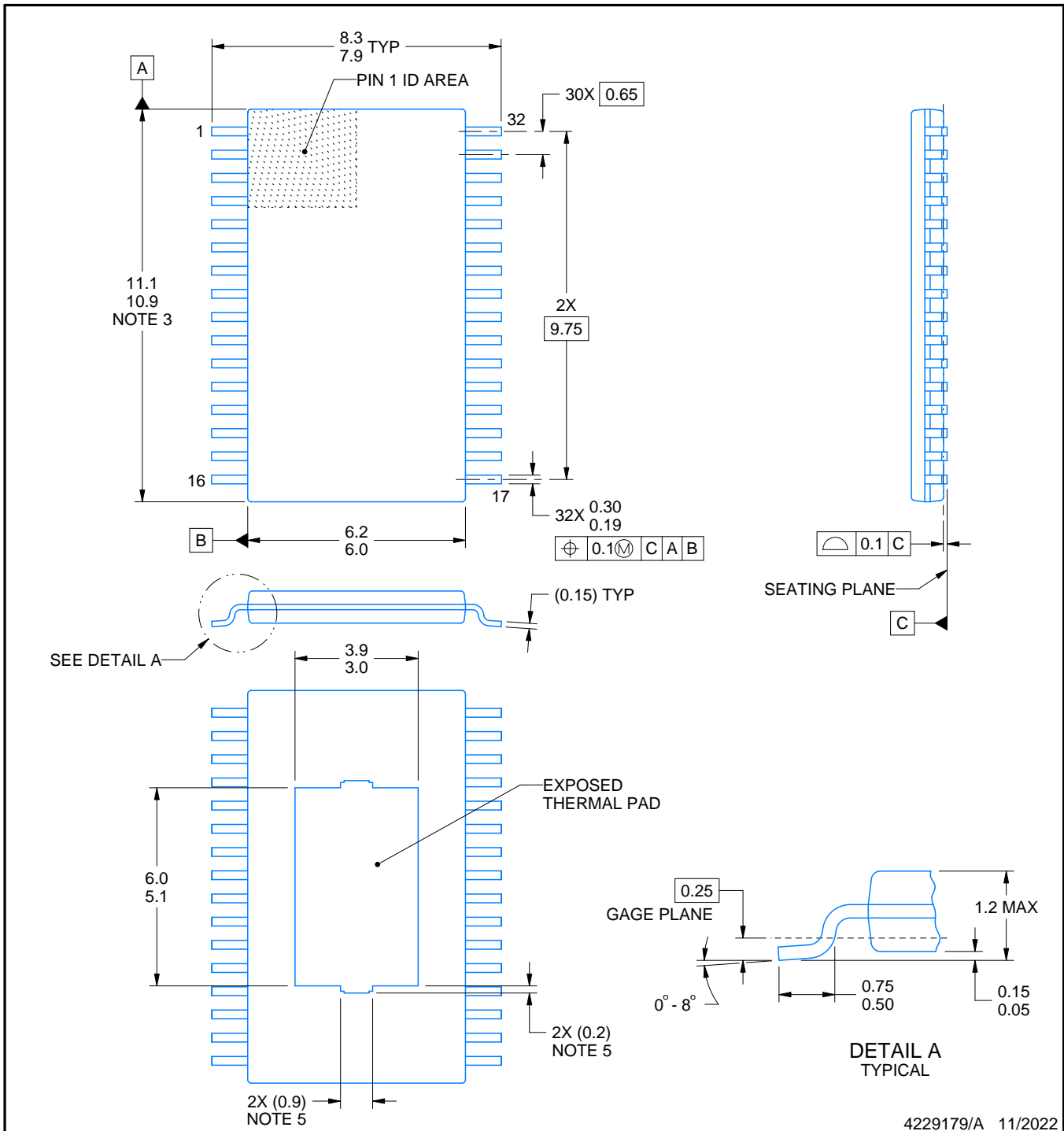
# DAP0032G



# PowerPAD™ TSSOP - 1.2 mm max height

## PACKAGE OUTLINE

PLASTIC SMALL OUTLINE



4229179/A 11/2022

### NOTES:

PowerPAD is a trademark of Texas Instruments.

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.
3. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.15 mm per side.
4. Reference JEDEC registration MO-153.
5. Features may differ and may not be present.

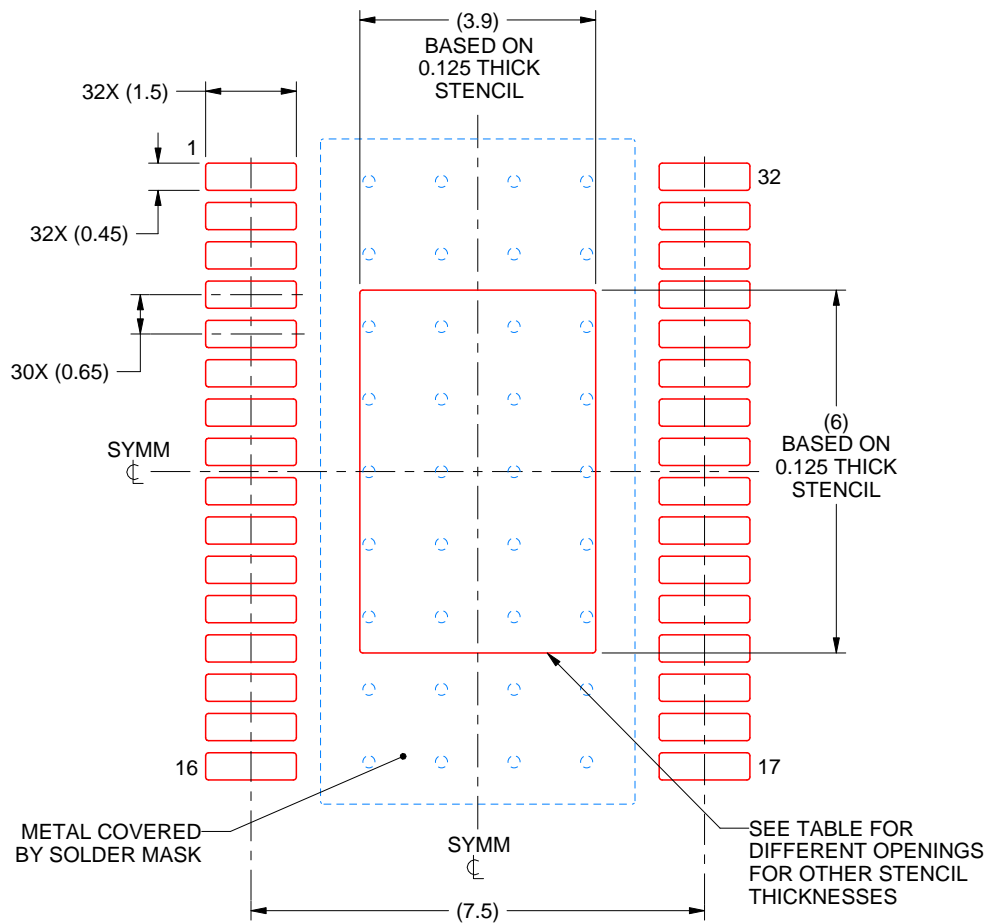


# EXAMPLE STENCIL DESIGN

DAP0032G

PowerPAD™ TSSOP - 1.2 mm max height

PLASTIC SMALL OUTLINE



**SOLDER PASTE EXAMPLE**  
 EXPOSED PAD  
 100% PRINTED SOLDER COVERAGE BY AREA  
 SCALE:8X

STENCIL THICKNESS	SOLDER STENCIL OPENING
0.1	4.36 X 6.71
0.125	3.90 X 6.00 (SHOWN)
0.15	3.56 X 5.48
0.175	3.30 X 5.07

4229179/A 11/2022

NOTES: (continued)

- 10. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
- 11. Board assembly site may have different recommendations for stencil design.

## 重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月