

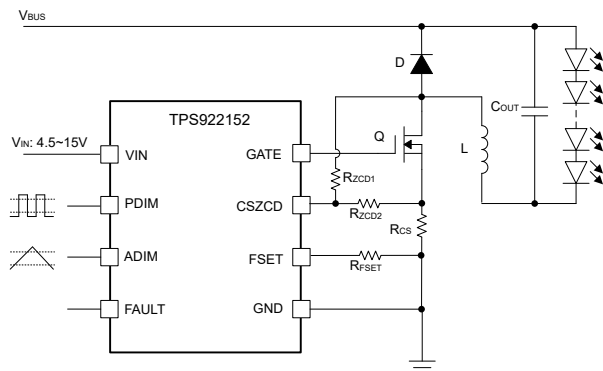
## TPS922152 具有宽范围调光功能的平均电流 降压 LED 驱动器

### 1 特性

- 输入电压范围为 4.5V 至 15V
- 高达 500V 的宽应用电压
- LED 共阳极连接
- 可调开关频率：50kHz ~ 1MHz
- 自适应关断时间模式
- 高级调光选项：
  - 模拟调光 (1000:1)
  - PWM 调光 (50ns 脉冲宽度、1000:1、20kHz)
  - 灵活调光 (100,000:1)
- 低待机电流
- 全面保护特性：
  - LED 开路和短路保护
  - 逐周期电流限制
  - 检测电阻器开路和短路保护
- 封装：SOIC-8 和 SOT583

### 2 应用

- 持续照明：
  - 室内外照明
  - 舞台和摄影灯光
  - 投影仪、激光电视、打印机、IP 摄像机
  - 高压 LED 驱动器
- 即时照明：
  - 机器视觉和摄像机闪光灯
  - 火警和频闪
- LED 背光：
  - 平板显示器
  - LCD 电视和监视器



简化版原理图

### 3 说明

TPS922152 是一款具有 4.5V 至 500V 宽应用电压范围的非同步平均电流 降压 LED 驱动器。TPS922152 能够在自适应关断时间 (AOT) 模式下以高达 1MHz 的可调开关频率驱动外部开关 FET。AOT 模式允许在采用小输出电容器的情况下实现低 LED 电流纹波和快速瞬态响应。该器件还支持单层 PCB 设计和共阳极连接。

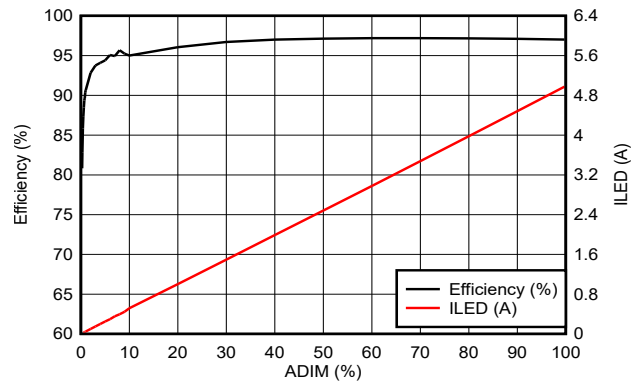
TPS922152 通过 ADIM 输入引脚来配置模拟信号，从而支持高精度和高比率模拟调光。满量程输出电流由外部电阻器配置，通过独特的校正检测可实现高模拟调光比。该器件还通过 PDIM 输入引脚配置简单的高电平和低电平信号，从而支持高频和高比率 PWM 调光。独特的电感式快速调光 (IFD) 可实现高精度和高比率的 PWM 调光。

TPS922152 还提供多种系统级保护，包括 LED 开路和短路、检测电阻器开路和短路。

器件信息

器件型号 <sup>(1)</sup>	封装	封装尺寸 <sup>(2)</sup>
TPS922152	SOIC (8)	4.9mm × 3.9mm
	SOT23 (8)	2.9mm × 1.6mm

- (1) 有关更多信息，请参阅节 10。  
 (2) 封装尺寸 (长 × 宽) 为标称值，并包括引脚 (如适用)。



$V_{BUS} = 60V$ ,  $V_{LED} = 48V$ ,  $L = 33 \mu H$ ,  $F_{SW} = 400kHz$   
 时的效率和调光线性度



## 内容

<b>1 特性</b> .....	<b>1</b>	<b>6.3 特性说明</b> .....	<b>9</b>
<b>2 应用</b> .....	<b>1</b>	<b>7 应用和实施</b> .....	<b>15</b>
<b>3 说明</b> .....	<b>1</b>	7.1 应用信息.....	15
<b>4 引脚配置和功能</b> .....	<b>3</b>	7.2 典型应用.....	15
<b>5 规格</b> .....	<b>5</b>	7.3 电源相关建议.....	20
5.1 绝对最大额定值.....	5	7.4 布局.....	20
5.2 ESD 等级.....	5	<b>8 器件和文档支持</b> .....	<b>21</b>
5.3 建议运行条件.....	5	8.1 接收文档更新通知.....	21
5.4 热性能信息.....	5	8.2 支持资源.....	21
5.5 电气特性.....	6	8.3 商标.....	21
5.6 典型特性.....	7	8.4 静电放电警告.....	21
<b>6 详细说明</b> .....	<b>8</b>	8.5 术语表.....	21
6.1 概述.....	8	<b>9 修订历史记录</b> .....	<b>21</b>
6.2 功能方框图.....	8	<b>10 机械、封装和可订购信息</b> .....	<b>21</b>

## 4 引脚配置和功能

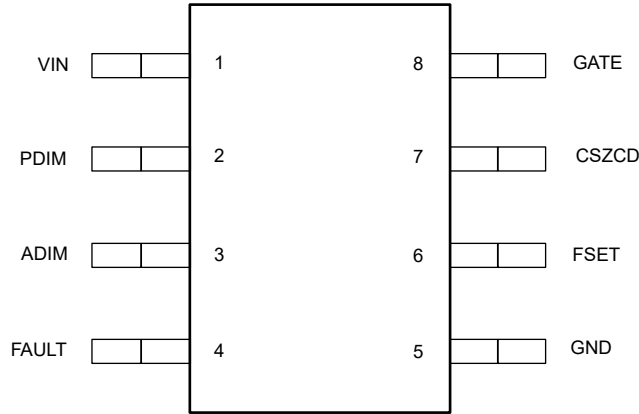


图 4-1. 8 引脚 SOIC 顶视图

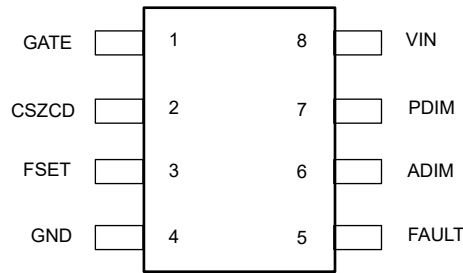


图 4-2. 8 引脚 SOT23 顶视图

表 4-1. 引脚功能

引脚			类型 <sup>(1)</sup>	说明
名称	SOIC 封装	SOT 封装		
VIN	1	8	P	具有内部齐纳钳位电路的输入电源引脚。
PDIM	2	7	I	PWM 调光引脚。输入 PWM 信号用于 PWM 调光。输入大于 1.2V 的上拉电压，用于纯模拟调光或分流调光。下拉至接地以停止开关。请勿将此引脚悬空。
ADIM	3	6	I	模拟调光引脚。输入 0.2V~2.4V 模拟信号用于模拟调光。输入大于 2.4V 的上拉电压用于纯 PWM 调光。下拉至接地以禁用器件，使其进入低功耗待机模式。请勿将此引脚悬空。
FAULT	4	5	O	漏极开路故障输出，上拉电压大于 2.4V。可为它配置 1.2V~2.4V 输入，以启用分流调光模式。请勿将该引脚悬空，不使用时将其连接到 GND
GND	5	4	G	接地引脚。
FSET	6	3	I	TPS922152 的开关频率设置引脚。将一个电阻器接地以配置开关频率。 TPS922153 的电流纹波设置引脚。将一个电阻器接地以配置电感器电流纹波。
CSZCD	7	2	I	输出电流检测和零电流检测引脚。满电流时为 200mV。
GATE	8	1	O	外部开关 FET 的栅极驱动引脚。

(1) I = 输入，O = 输出，P = 电源，G = 接地

## 5 规格

### 5.1 绝对最大额定值

在工作环境温度范围内测得 (除非另有说明) <sup>(1)</sup>

		最小值	最大值	单位
引脚上的电压	VIN	-0.3	18	V
引脚上的电压	GATE	-0.3	VIN+0.3	V
引脚上的电压	PDIM、ADIM、FSET、CSZCD	-0.3	5.5	V
工作结温	T <sub>J</sub>	-40	125	°C
贮存温度	T <sub>stg</sub>	-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。

### 5.2 ESD 等级

		值	单位
V <sub>(ESD)</sub>	静电放电	±2000	V
		±500	

(1) JEDEC 文档 JEP155 指出：500V HBM 可通过标准 ESD 控制流程实现安全生产。

(2) JEDEC 文档 JEP157 指出：250V CDM 能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。

### 5.3 建议运行条件

在工作环境温度范围内测得 (除非另有说明)

		最小值	最大值	单位
输入电压范围	VIN	4.5	15	V
输出电压范围	FAULT	0	20	V
输出电压范围	GATE	0	VIN+0.3	V
输入电压范围	PDIM、ADIM、CSZCD、FSET	0	5	V
工作环境温度	T <sub>A</sub>	-40	85	°C

### 5.4 热性能信息

热指标 <sup>(1)</sup>		TPS922152	TPS922152	单位
		SOIC	SOT583	
		8 引脚	8 引脚	
R <sub>θJA</sub>	结至环境热阻	96.0	113.1	°C/W
R <sub>θJC(top)</sub>	结至外壳 (顶部) 热阻	33.5	41.9	°C/W
R <sub>θJB</sub>	结至电路板热阻	33.1	24.0	°C/W
ψ <sub>JT</sub>	结至顶部特征参数	0.7	1.0	°C/W
ψ <sub>JB</sub>	结至电路板特征参数	32.9	23.6	°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](#)，[SPRA953](#)。

## 5.5 电气特性

除非另外注明，否则本部分规定的电气额定值适用于本文档的所有规格。这些规格可解释为在该产品的使用寿命范围内，不会导致器件参数或功能规格下降的各项条件。 $T_J = -40^{\circ}\text{C}$  至  $+125^{\circ}\text{C}$ ， $V_{IN} = 15\text{V}$ ， $V_{BUS} = 60\text{V}$ （除非另有说明）。

参数		测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>输入电源</b>						
$V_{VIN\_UVLO}$	$V_{IN}$ 欠压锁定	上升 $V_{IN}$	3.7	3.95	4.1	V
		下降 $V_{IN}$	3.5	3.65	3.8	V
	迟滞			0.3		V
$I_{OFF}$	来自 $V_{IN}$ 的 ADIM 关断静态电流	$V_{IN} = 12\text{V}$ ， $V_{GATE} = 0\text{V}$ ， $ADIM = 0\text{V}$	70	93	116	$\mu\text{A}$
$I_{OP}$	正常工作电流	28kHz 开关频率， $C_{LOAD} = 1\text{nF}$		2.05		mA
<b>反馈和误差放大器</b>						
$g_{m(ea)}$	OTA 跨导增益	$ADIM = 2.4\text{V}$ ， $PDIM = 100\%$	29	47	71	$\mu\text{A/V}$
$Z_{COMP}$	零补偿	$ADIM = 2.4\text{V}$ ， $PDIM = 100\%$		5		kHz
$V_{CS}$	电流检测阈值	$ADIM = 2.4\text{V}$	194	200	206	mV
$V_{CS}$	电流检测阈值	$ADIM = 0.42\text{V}$		20		mV
$I_{LEAK\_CS}$	CSZCD 引脚漏电流	$V_{CS} = 200\text{mV}$			5	$\mu\text{A}$
$I_{LEAK\_CS}$	CSZCD 引脚漏电流	$V_{CS} = 20\text{mV}$			1	$\mu\text{A}$
<b>调光</b>						
$V_{PWM\_L}$	低电平输入电压		0.58	0.68	0.74	V
$V_{PWM\_H}$	高电平输入电压		0.98	1.12	1.19	V
$V_{ADIM}$	输入电压		0.2		2.4	V
$V_{ADIM\_LOW\_CLAMP}$	输入电压低电平钳位			0.16		V
$V_{ADIM\_HIGH\_CLAMP}$	输入电压高电平钳位			2.8		V
$t_{PWM\_OUT\_ON}$	PWM 输出最短导通时间				50	ns
$t_{PWM\_IN\_ON}$	PWM 输入最短导通时间				50	ns
<b>电流限值</b>						
$V_{CS\_LIM}$	CS 逐周期电流限制		335	351	365	mV
$V_{CS\_OCP}$	CS 过流保护		322	435	505	mV
$V_{CS\_OVP}$	CS 过压保护		549	550	554	mV
<b>栅极驱动器</b>						
$V_{GATE\_H}$	GATE 高饱和	$V_{IN} = 15\text{V}$ ， $I_{GATE} = 100\text{mA}$ 拉电流	14.47	14.77		V
$V_{GATE\_L}$	GATE 低饱和	$V_{IN} = 15\text{V}$ ， $I_{GATE} = 100\text{mA}$ 灌电流		140	280	mV
$t_{GATE\_RISE}$	上升时间	$C_{LOAD} = 1\text{nF}$		10		ns
$t_{GATE\_FALL}$	下降时间	$C_{LOAD} = 1\text{nF}$		10		ns
$t_{ON\_MIN}$	最短导通时间			130		ns
$t_{ON\_MAX}$	最大导通时间			50		$\mu\text{s}$
$t_{OFF\_MIN}$	最短关断时间			150		ns
$t_{OFF\_MAX}$	最大关断时间			40		$\mu\text{s}$
<b>FAULT</b>						
$V_{OL}$	输出低电平	$I = 1\text{mA}$			0.1	V
$I_{LEAKAGE}$	输出泄漏电流	$V = 20\text{V}$			1	$\mu\text{A}$
<b>热保护</b>						
$T_{TSD}$	热关断温度			165		$^{\circ}\text{C}$
$T_{TSD}$	迟滞			15		$^{\circ}\text{C}$

## 5.6 典型特性

$V_{IN} = 15V$ ,  $V_{BUS} = 60V$ , LED = 16, 除非另有说明

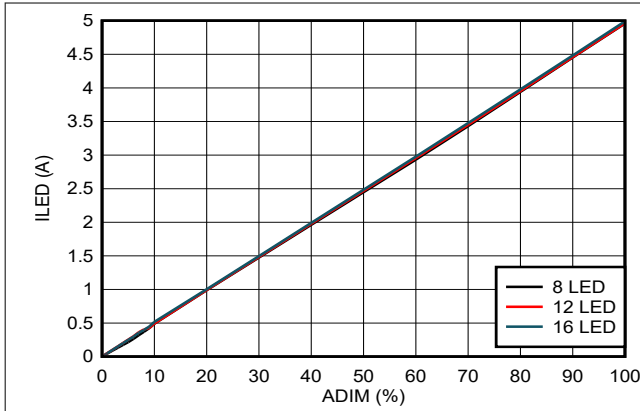


图 5-1. ADIM : 输出电流与 LED 计数间的关系

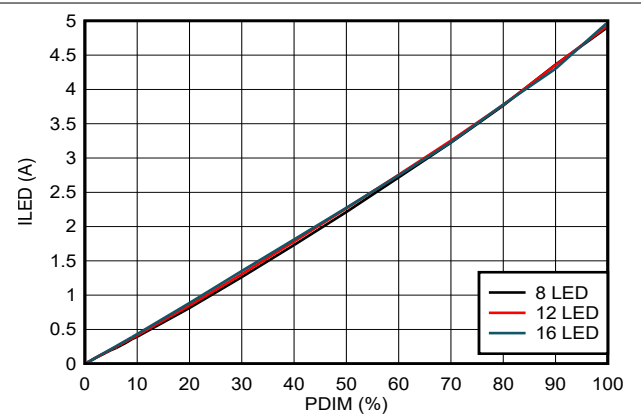


图 5-2. PDIM : 输出电流与 LED 计数间的关系

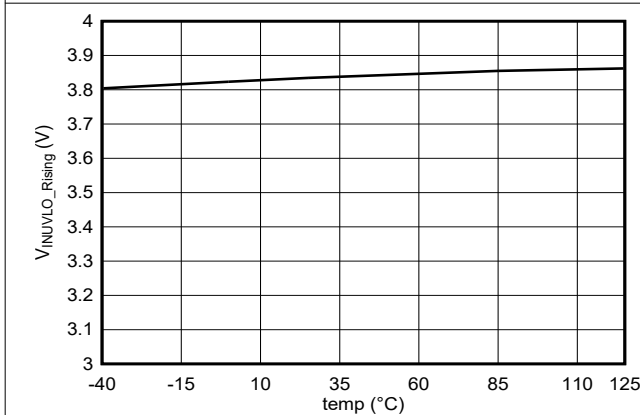


图 5-3. VIN UVLO 上升与结温间的关系

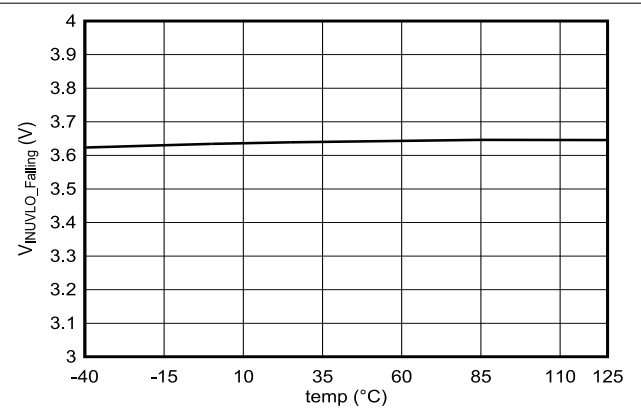


图 5-4. VIN UVLO 下降与结温间的关系

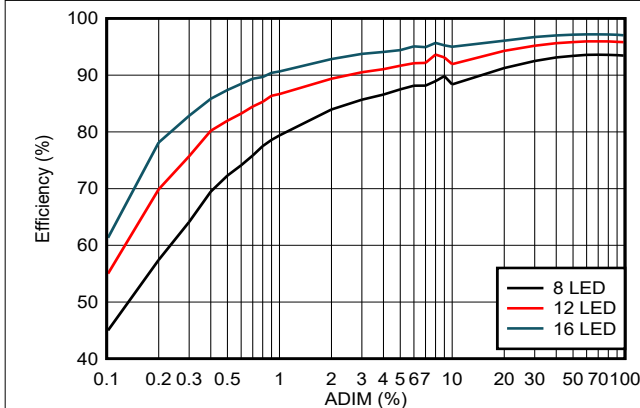


图 5-5. 全负载输出电流为 5A、电感为 33μH、输入电压为 60V 时的效率

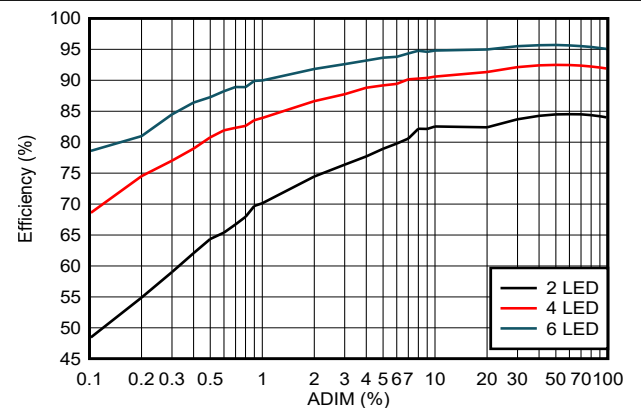


图 5-6. 输出电流为 5A、电感为 33μH、输入电压为 24V 时的效率

## 6 详细说明

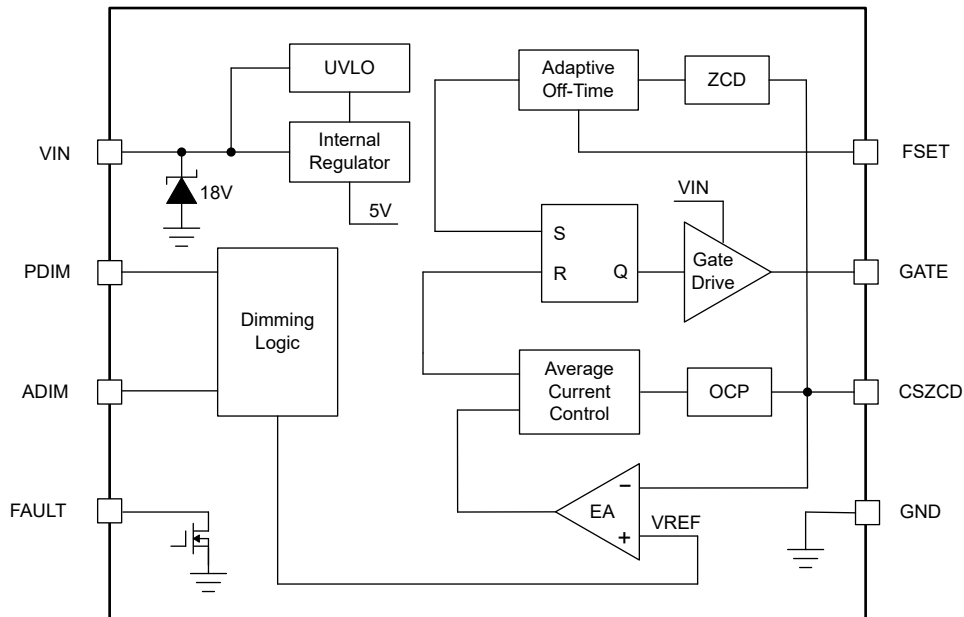
### 6.1 概述

TPS922152 是一款具有 4.5V 至 500V 宽应用电压范围的非同步平均电流 降压 LED 驱动器。TPS922152 能够在自适应关断时间 (AOT) 模式下以高达 1MHz 的可调开关频率驱动外部开关 FET。在 AOT 模式下，关断时间通过外部电阻器设置，开关频率可在 50kHz~1MHz 范围内调节，适用于宽负载范围内的恒定频率运行。它可实现低 LED 电流纹波和快速瞬态响应，并且具有小型输出电容器。而且，开关频率在轻负载时折返，以实现更高的效率和更高的调光比。该器件还支持单层 PCB 设计和共阳极连接，因此可节省连接器、线束和 PCB 的成本。

TPS922152 通过 ADIM 输入引脚来配置模拟信号，从而支持高精度和高比率模拟调光。满量程输出电流通过外部检测电阻器配置，并根据 ADIM 引脚上的模拟输入电压进行调节。独特的校正检测功能可实现高模拟调光比。这些器件还通过 PDIM 输入引脚配置简单的高电平和低电平信号，从而支持高频和高比率 PWM 调光。输出电流以 PWM 波形方式进行调节，对应于 PDIM 引脚上的开关输入信号。由于具有独特的电感式快速调光 (IFD)，该器件能够响应低至 50ns 的超窄脉宽输入信号，以实现高 PWM 调光比。补偿带宽取决于内部电容器和电阻器。这些器件还能够提供连续恒定电流，以支持分流调光，其中 LED 输出会定期短接。

为了实现安全和保护，这些器件支持全面的系统性保护功能，并采用断续模式，包括 LED 开路和短路保护、检测电阻器开路 and 短路保护、开关 FET 开路保护。漏极开路 FAULT 引脚可以通过连接到上拉电阻器来发出故障信号。输入电压被钳制在 15V，以防止栅极电压超过限值。这些器件可根据应用输入总线电压，通过单独的电源或 RC 电路供电。

### 6.2 功能方框图



## 6.3 特性说明

### 6.3.1 自适应关断时间模式

TPS922152 器件采用恒定频率的 AOT 模式平均电流控制，可在宽负载范围内实现精确的电流调节和快速的瞬态响应。

对于平均输出电流调节，该器件会通过误差放大器将 CSZCD 引脚和接地端之间的检测电阻器上检测到的电压取平均值后，与内部电压基准  $V_{REF}$  进行比较。 $V_{REF}$  可通过 ADIM 引脚上的模拟输入电压进行控制。在每个开关周期，当开关 FET 导通时，可通过 CSZCD 引脚检测到电流上升沿。误差放大器的输出  $V_{COMP}$  流经内部补偿网络，然后与该电流上升沿进行比较。当在 PWM 比较器的输入端检测到的电流达到  $V_{COMP}$  时，开关 FET 关断，从而产生峰值电流。

开关 FET 关断后，关断时间计数器即开始计数。与开关频率对应的关断计数时间取决于连接到 FSET 引脚的外部电阻器。关断时间计数器停止计数后，该计数器将复位，直到开关 FET 保持关断。因此，该器件能够在稳定状态 CCM 和 DCM 下保持几乎恒定的开关频率。通过在 FSET 引脚与接地端之间连接外部电阻器，将开关频率设置在 50kHz 至 1MHz 范围内。可使用方程式 1 计算电阻值和相应的开关频率间的关系

$$F_{SW} = \frac{1}{R_{FSET} \times C_{FSET}} \quad (1)$$

其中

- $C_{FSET} = 100\text{pF}$

在轻负载下，通过脉冲频率调制使关断时间持续增加，以实现精确的轻负载控制。最小开关频率钳制在 20kHz。

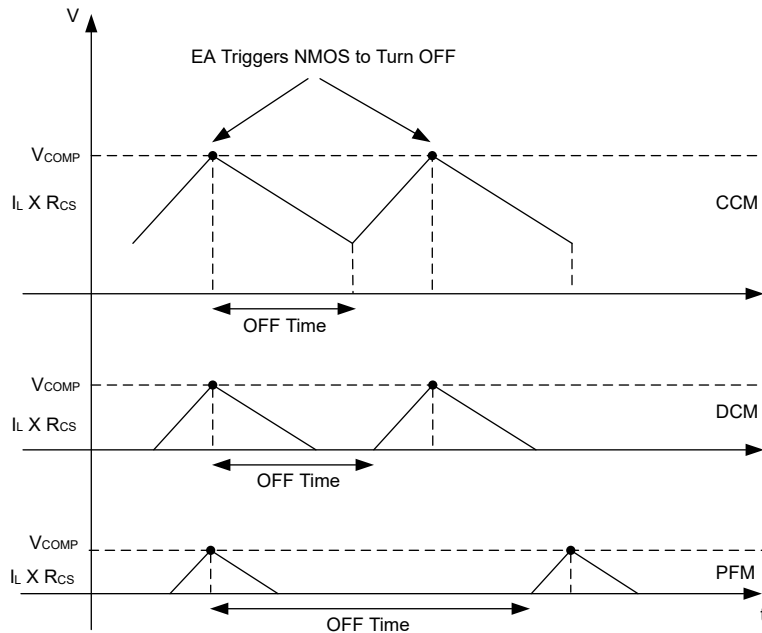


图 6-1. AOT 模式平均电流控制

### 6.3.2 设置 LED 电流

LED 电流通过开关 FET 源极与接地端之间的外部检测电阻器  $R_{CS}$  来设置。对于满量程 LED 电流 ( $ADIM = 2.4V$ )，内部电压基准  $V_{REF}$  固定为 200mV， $I_{LED\_FS}$  和检测电阻可以使用方程式 2 计算得出。

$$R_{CS} = \frac{V_{REF}}{I_{LED\_FS}} \quad (2)$$

其中

- $V_{REF} = 200mV$

开关 FET 源极通过开关节点分压器连接到 CSZCD 引脚，用于提供电流检测反馈和执行零电流检测。ZCD 电压设置为

- $V_{ZCD} = 0.9V$

分压器的比率应保证

$$V_{BUS} \times \frac{R_{ZCD2}}{R_{ZCD1} + R_{ZCD2}} > 0.9V \quad (3)$$

$$V_{LED} \times \frac{R_{ZCD2}}{R_{ZCD1} + R_{ZCD2}} < 0.9V \quad (4)$$

其中  $V_{LED}$  是 LED 阳极电压。 $R_{ZCD1}$  和  $R_{ZCD2}$  建议介于  $1k\Omega$  和  $1M\Omega$  之间，以降低噪声并保持 LED 漏电流。

考虑到分压器引起的电流检测失配，可以使用以下公式计算校正后的检测电阻

$$R_{CS} = \frac{V_{REF}}{I_{LED\_FS}} - \frac{R_{DS\_ON} \times R_{ZCD2}}{R_{ZCD1} + R_{ZCD2}} \quad (5)$$

### 6.3.3 VIN UVLO 和钳位

TPS922152 实现了一个连接到 VIN 引脚的内部欠压锁定 (UVLO) 电路。当 VIN 引脚电压降至内部 UVLO 阈值电压  $V_{VIN\_UVLO}$  (通常为 3.8V 且典型迟滞为 0.3V) 以下时，会触发 UVLO，然后会禁用器件。VIN 引脚是内部稳压器的输入端。因此，如果 VIN 引脚电压降至接近  $V_{VIN\_UVLO}$  以上 (高出大约 500mV)，则会触发 UVLO。

此外，有一个内部齐纳钳位电路连接到 VIN 引脚，用于限制 VIN 引脚和 GATE 引脚的电压。VIN 引脚是内部栅极驱动器的输入端。一旦 VIN 引脚电压上升到高于  $V_{VIN\_CLAMP}$  (约 15V)，齐纳二极管就会开始导通电流。齐纳二极管的最大导通电流约为 20mA。小于 15V 的外部源 VCC (例如外部 LDO 或辅助变压器绕组) 可以为器件供电。或者，可以使用  $R_{IN1}C_{IN}$  电路直接通过应用输入总线电压 VBUS 为器件供电。VIN 引脚通过  $R_{IN1}C_{IN}$  电路钳制到  $V_{VIN\_CLAMP}$ ，如果使用可选的分压器  $R_{IN2}$ ，该引脚可能具有较低的电压。可以使用可选的栅极电阻器  $R_{GATE}$  来限制栅极电流并降低开关转换率。

TI 建议先让 VBus 准备就绪后再给 VIN 上电，并在 VBus 断电前先断开 VIN 的电源。

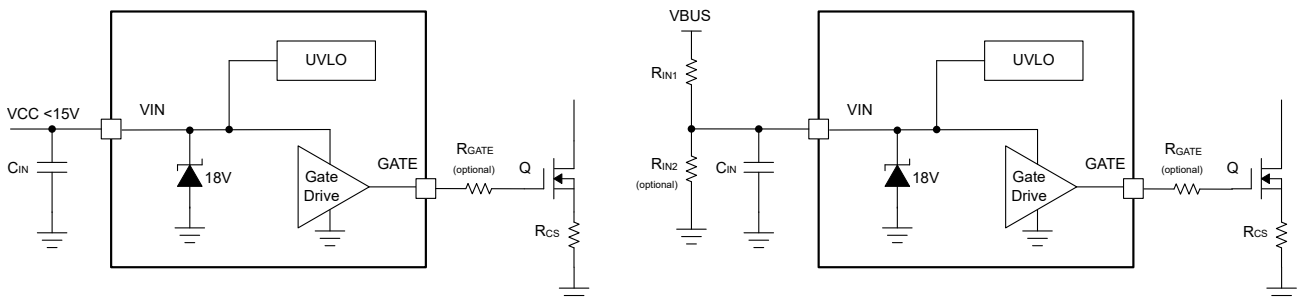


图 6-2. VIN 电源和钳位

### 6.3.4 调光模式

TPS922152 同时支持模拟调光、PWM 调光、分流调光和灵活调光。通过同时配置 ADIM 和 PDIM 引脚，可实现灵活调光。

下面显示了调光模式的配置

**表 6-1. 调光模式配置**

调光模式	DIM 引脚	输入信号
PWM 调光	PDIM	PWM 电压
模拟调光	ADIM	模拟电压
灵活调光	PDIM + ADIM	PWM 电压 + 模拟电压
分流调光	FAULT	分压器

#### 6.3.4.1 PWM 调光

当 PDIM 输入引脚配置为接收 PWM 输入信号时，PWM 调光模式就会启用。TPS922152 支持脉宽低至 50ns 的超窄 PWM 输入信号，可实现高 PWM 调光比。

在 PWM 调光模式下，当 PDIM 引脚上的 PWM 输入信号从低电平变为高电平时，开关 FET 开始开关，而电感器电流会上升到确定的值。然后，只要 PWM 输入信号保持高电平，LED 电流就会调节到确定的值。当 PWM 输入信号从高电平变为低电平时，开关 FET 关断，导致电感器电流降至零。只要 PWM 输入信号保持低电平，开关 FET 就会保持关断状态，并且 LED 电流保持为零。

#### 6.3.4.2 模拟调光

TPS922152 支持模拟调光功能，可通过 ADIM 引脚上的模拟电压信号调节 LED 电流。

在 ADIM 引脚上出现高于 0.2V 的模拟电压后，内部电压基准  $V_{REF}$  开始上升。 $V_{REF}$  继续增加，直到变为与模拟电压成比例的所需值。当 ADIM 引脚上的模拟输入信号达到 2.4V 时， $V_{REF}$  为 200mV。可以使用 [方程式 6](#) 计算 ADIM 引脚模拟电压和相应的  $V_{REF}$

$$V_{REF} = \frac{V_{ADIM} - 0.2V}{11} \quad (6)$$

建议将 ADIM 引脚的模拟输入信号设为 0.2V-2.4V，以调节 LED 电流。ADIM 引脚的高钳位电压为 2.8V。当模拟输入信号低于 0.2V 时， $V_{REF}$  为 0V。当模拟输入信号低于 0.16V 时，该器件在低功耗待机模式下以低静态电流运行。该电路能够以数十微秒的延迟响应模拟输入信号的电压变化。

### 6.3.4.3 外部分流调光

TPS922152 支持外部分流调光，即将外部分流 FET 与 LED 并联放置。当 LED 短接且 FAULT 引脚配置为 1.2V 至 2.4V 范围内的电压时，将启用分流调光模式。因此，当 LED 被分流 FET 短路时，该器件可保持正常开关。

在外部分流调光模式下，外部分流 FET 以调光频率周期性地旁路 LED。旁路期间，LED 电压接近零，如果禁用分流调光模式，可能触发 LED 短路保护。如果 FAULT 引脚通过分压器连接到 LED 阴极，则当 LED 被分流 FET 短路时，FAULT 引脚电压将设置在 1.2V 至 2.4V 范围内。当分流 FET 关断时，该电压将低于 1.2V。由此，会禁用 LED 短路保护并启用分流调光模式。当 LED 短路时，该器件能够持续调节输出电流。其他故障保护仍有效，如果发生任何其他故障，FAULT 引脚会被下拉。分流调光模式的分压器比率可以使用以下公式计算得出

$$\frac{R_{SHNT1}}{R_{SHNT2}} > \frac{\text{MAX}(0.5 \times V_{BUS\_MAX}, V_{BUS\_MAX} - V_{LED\_MIN})}{V_{SHNT}} - 1 \quad (7)$$

其中

- $V_{SHNT} = 1.2V$

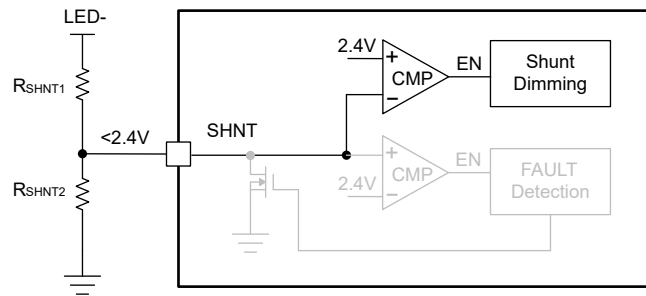


图 6-3. 分流调光模式启用设置

### 6.3.5 故障保护

TPS922152 和 TPS922153 能够在许多故障条件下提供故障保护，并通过拉低漏极开路 FAULT 引脚来发送故障报告信号，这些故障条件包括 LED 开路、LED ± 短路、LED 对 PGND 短路、检测电阻器开路和短路、以及开关 FET 开路。发生故障保护后，器件停止开关。它每 1.6 秒断续一次，并在故障消除后立即恢复运行。当  $V_{CS} > V_{CS\_OVP}$  时，器件会平稳禁用，然后在 UVLO 解除且故障消除后重新启动并恢复运行。

表 6-2. 保护功能

类型	标准	行为
LED 开路负载	$t_{ON} > t_{ON\_MAX}$	器件停止开关。它每 1.6 秒断续一次，并在故障消除后恢复运行。
开关操作期间 LED+ 和 LED- 短路 (分流调光模式被禁用)	$V_{CS} > V_{CS\_OVP}$	器件停止开关。它在 UVLO 解除且故障消除后重新启动并恢复运行。
LED- 短接至 PGND	$t_{ON} > t_{ON\_MAX}$	器件停止开关。它每 1.6 秒断续一次，并在故障消除后恢复运行。
检测电阻开路	$V_{CS} > V_{CS\_OVP}$	器件停止开关。它在 UVLO 解除且故障消除后重新启动并恢复运行。
检测电阻短路	$t_{ON} > t_{ON\_MAX}$	器件停止开关。它每 1.6 秒断续一次，并在故障消除后恢复运行。
开关 FET 开路	$t_{ON} > t_{ON\_MAX}$	器件停止开关。它每 1.6 秒断续一次，并在故障消除后恢复运行。

FAULT 引脚为漏极开路输出，通过上拉电阻器  $R_{FAULT}$  将该引脚连接到高于 2.4V 的 VCC 即可生效。因此，一旦发生故障，FAULT 引脚就会下拉至接地。不使用 FAULT 引脚时，请将其连接到 GND，不要让 FAULT 引脚悬空。

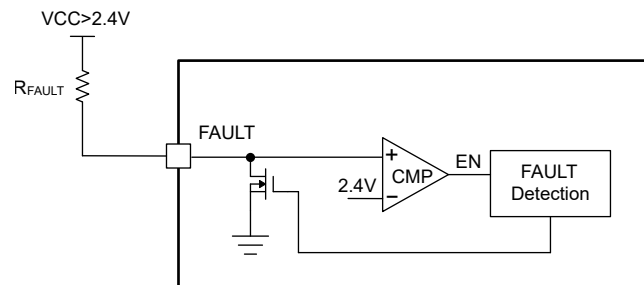


图 6-4. FAULT 开漏

## 7 应用和实例

### 7.1 应用信息

TPS922152 用作平均电流控制降压控制器，通过 4.5V 至 500V 范围内的输入来驱动一个或多个 LED。

### 7.2 典型应用

#### 7.2.1 具有模拟和 PWM 调光功能的 TPS922152 60V 输入总线、5A 输出、16 片式 WLED

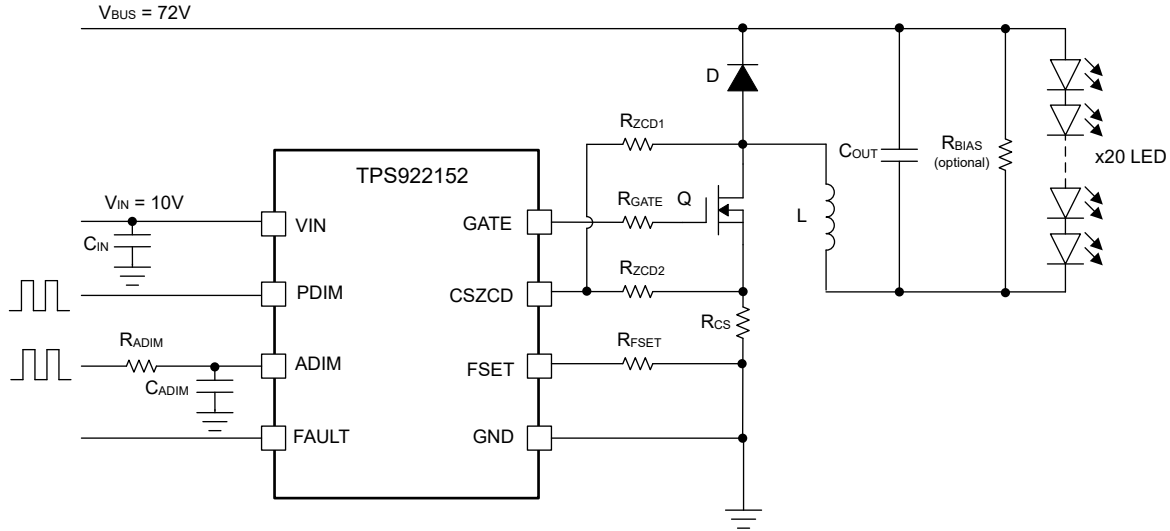


图 7-1. 60V 输入总线、5A 输出、16 片式 WLED、降压 AOT 模式参考设计

#### 7.2.1.1 设计要求

本设计示例使用下表中的参数。

表 7-1. 设计参数

参数	值
输入总线电压范围	60V ±10%
LED 正向电压	3.0V
输出电压	48V (3.0 × 16)
最大 LED 电流	5A
电感器电流纹波	最大电感器电流的 60%
LED 电流波纹	100mA 或更低
调光类型	模拟调光：ADIM 引脚上的 0.2V 至 2.4V 模拟输入；PWM 调光：PDIM 引脚上 0% 至 100% PWM 输入

#### 元件规格

- L = 33µH
- C<sub>IN</sub> = 1µF
- C<sub>OUT</sub> = 3.3µF
- R<sub>FSET</sub> = 25kΩ
- R<sub>ZCD1</sub> = 200kΩ
- R<sub>ZCD2</sub> = 3.6kΩ
- R<sub>CS</sub> = 40mΩ
- R<sub>GATE</sub> = 5Ω

### 7.2.1.2 详细设计过程

#### 7.2.1.2.1 电感器选型

对于该设计，输入总线电压为 60V 电源轨，具有 10% 的差异。输出为 16 个串联白光 LED，并且根据要求，电感器电流纹波小于最大电感器电流的 60%。为了选择合适的峰值间电感器电流纹波，当转换器在满载条件下工作时，不得超出低侧 FET 电流限制。这要求峰峰值电感器电流纹波的一半低于该限值。另一个考虑因素是确保峰峰值电流纹波引起的电感磁芯损耗和铜损耗在合理的范围内。选择此峰值间电感器电流纹波后，使用 [方程式 8](#) 计算开关电感器  $L_{SW}$  的建议值。

$$L_{SW} = \frac{V_{LED} \times (V_{BUS\_MAX} - V_{LED})}{K_{IND} \times I_{LED\_MAX} \times F_{SW} \times V_{BUS\_MAX}} \quad (8)$$

其中

- $K_{IND}$  是一个系数，表示电感器纹波电流与最大电感器电流之比。
- $I_{LED\_MAX}$  是最大 LED 电流。
- $F_{SW}$  为开关频率。
- $V_{BUS\_MAX}$  是最大输入总线电压。
- $V_{LED}$  是 LED 负载两端电压之和。

使用所选的电感器值，用户可以使用 [方程式 9](#) 计算实际的电感器电流纹波。

$$I_{L\_RIP} = \frac{V_{LED} \times (V_{BUS\_MAX} - V_{LED})}{L_{SW} \times F_{SW} \times V_{BUS\_MAX}} \quad (9)$$

电感器 RMS 电流和饱和电流的额定值必须大于系统要求中的额定值。这是为了确保不会发生电感器过热或饱和。在加电、瞬态条件或故障条件下，电感器电流可能超过正常工作电流并达到电流限制。因此，最好选择等于或大于转换器电流限制的饱和电流额定值。峰值电感器电流和 RMS 电流公式如 [方程式 10](#) 和 [方程式 11](#) 所示。

$$I_{L\_PEAK} = I_{L\_MAX} + \frac{I_{L\_RIP}}{2} \quad (10)$$

$$I_{L\_RMS} = \sqrt{I_{L\_MAX}^2 + \frac{I_{L\_RIP}^2}{12}} \quad (11)$$

在该设计中， $V_{BUS\_MAX} = 66V$ ， $V_{LED} = 48V$ ， $I_{LED} = 5A$ ， $F_{SW} = 400kHz$ ，选择  $K_{IND} = 0.6$ ，计算出的开关电感为  $38\mu H$ 。选择了一个  $33\mu H$  电感器。使用该电感器时，电感器纹波电流、峰值电流和均方根电流分别为 0.7A、1.35A 和 1.02A。

#### 7.2.1.2.2 输入电容器选型

需要一个输入电容器来减少从栅极驱动器汲取的浪涌电流。强烈建议使用采用 X5R 或 X7R 电介质的陶瓷电容器，因为它们具有低 ESR 和小温度系数。对于大多数应用，TI 建议在  $V_{IN}$  至 GND 之间放置一个  $10\mu F$  陶瓷电容器和一个  $0.1\mu F$  电容器，以提供高频滤波。额定输入电容器电压必须大于最大输入电压。使用 [方程式 12](#) 可以计算输入电容，其中  $Q_{GATE}$  是开关 FET 的总电荷，而  $K_{DR}$  是施加直流电压时陶瓷电容的降额系数。

$$C_{IN} > \frac{2 \times Q_{GATE}}{K_{DR} \times (V_{IN\_MIN} - V_{GATE\_MIN})} \quad (12)$$

在该设计中，选择了一个  $1\mu F$  25V X7R 陶瓷电容器和一个  $0.1\mu F$  50V X7R 陶瓷电容器，在 10V 输入下生成大约 1V 输入纹波电压。

#### 7.2.1.2.3 输出电容器选型

输出电容器可降低流经 LED 灯串的高频电流纹波。过大的电流纹波会增加 LED 灯串中的 RMS 电流，从而会增加 LED 温度。

1. 使用 LED 制造商的数据表来计算 LED 灯串的总动态电阻 ( $R_{LED}$ )。
  2. 根据流经 LED 灯串的可接受峰值纹波电流  $I_{LED\_RIP}$ ，计算输出电容器所需的阻抗 ( $Z_{COUT}$ )。  $I_{L\_RIP}$  是峰值纹波电流  $I_{L\_MAX}$  是使用所选电感器计算出的电感器最大电流。
  3. 计算所需的最小有效输出电容。
  4. 由于施加直流电压会产生降额效应，可适当增大输出电容。
- 请参阅 [方程式 13](#)、[方程式 14](#) 和 [方程式 15](#)。

$$R_{LED} = \frac{\Delta V_F}{\Delta I_F} \times \# \text{ of LEDs} \quad (13)$$

$$Z_{COUT} = \frac{R_{LED} \times I_{LED\_RIP}}{I_{L\_RIP} - I_{LED\_RIP}} \quad (14)$$

$$C_{OUT} = \frac{1}{2\pi \times F_{SW} \times K_{DR} \times Z_{COUT}} \quad (15)$$

选择输出电容器后，[方程式 16](#) 可用于估算流经 LED 灯串的峰峰值纹波电流。

$$I_{LED\_RIP} = \frac{Z_{COUT} \times I_{L\_RIP}}{Z_{COUT} + R_{LED}} \quad (16)$$

这里使用的是 Cree WLED。正向电流为 3A 时，LED 的动态电阻为 0.67  $\Omega$ 。强烈建议使用采用 X5R 或 X7R 电介质的陶瓷电容器，因为它们具有低 ESR 和小温度系数。在该设计中，选择了一个 3.3 $\mu$ F 100V X7R 陶瓷电容器和一个 0.1 $\mu$ F 100V X7R 陶瓷电容器。计算得出的 LED 纹波电流约为 100mA。

#### 7.2.1.2.4 感测电阻选择

在 2.4V 模拟输入下，最大 LED 电流为 5A，相应  $V_{REF}$  为 200mV。根据 [方程式 2](#)，选择 200k $\Omega$  和 3.6k $\Omega$  作为分压器  $R_{ZCD1}$  和  $R_{ZCD2}$  的电阻器。根据 [方程式 2](#)，计算得出的检测电阻为 100m $\Omega$ 。

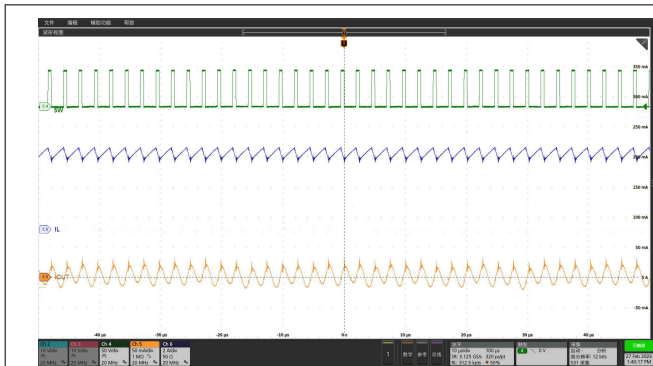
请注意，检测电阻器的功耗为 400mW，在选择该电阻器的额定功率时需要留出足够的裕量。

#### 7.2.1.2.5 其他外部元件选择

在该设计中，在 GATE 引脚和开关 FET 栅极之间选择了一个 5 $\Omega$  电阻器  $R_{GATE}$ ，以限制栅极电流和开关转换率。使用一个 25k $\Omega$  电阻器设置 400kHz 开关频率。

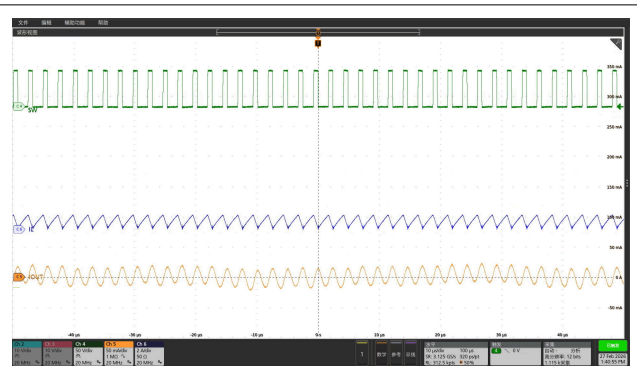
7.2.1.3 应用曲线

ADVANCE INFORMATION



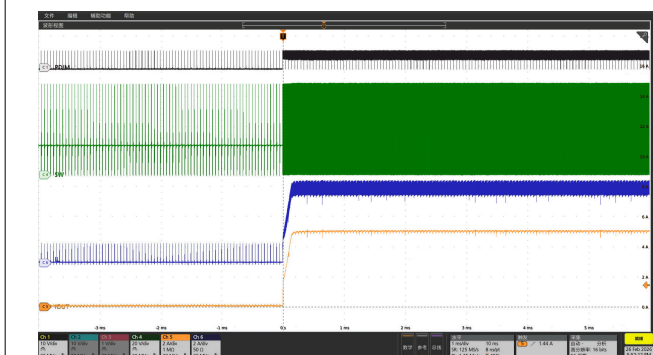
绿色：SW，蓝色：电感器电流，橙色：LED 电流纹波 (交流)

图 7-2. ADIM = 2.4V 且  $F_{sw} = 400kHz$  时的 LED 电流纹波



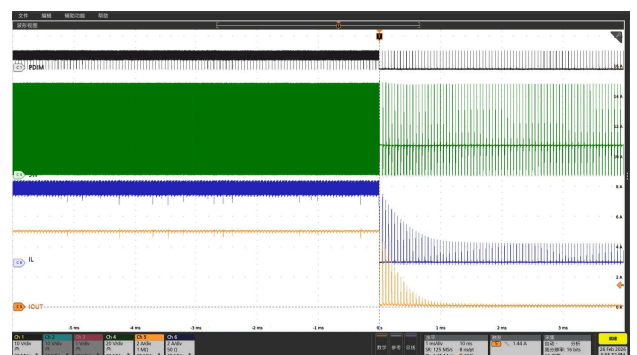
绿色：SW，蓝色：电感器电流，橙色：LED 电流纹波 (交流)

图 7-3. ADIM = 0.42V 且  $F_{sw} = 400kHz$  时的 LED 电流纹波



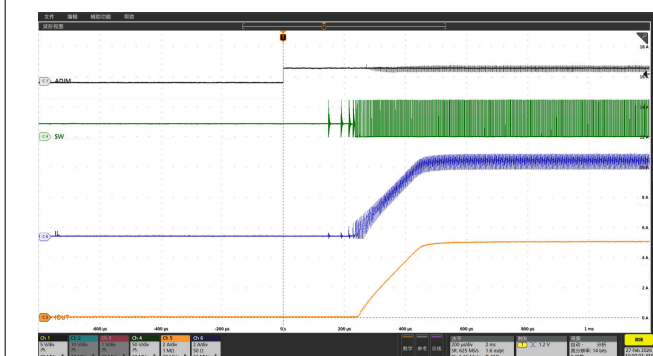
黑色：PDIM，绿色：SW，蓝色：电感器电流，橙色：LED 电流

图 7-4. PDIM 从 1% 转换到 99% (20kHz) 时的 LED 电流瞬态



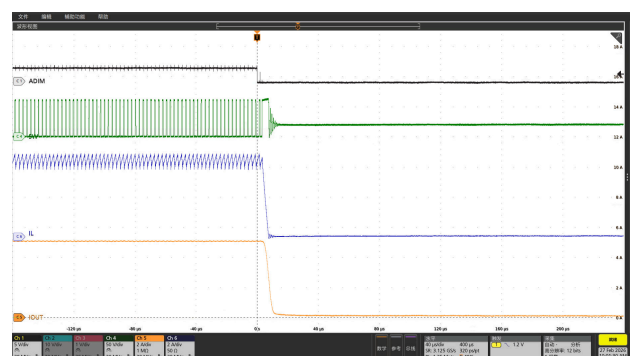
黑色：PDIM，绿色：SW，蓝色：电感器电流，橙色：LED 电流

图 7-5. PDIM 从 99% 转换到 1% (20kHz) 时的 LED 电流瞬态



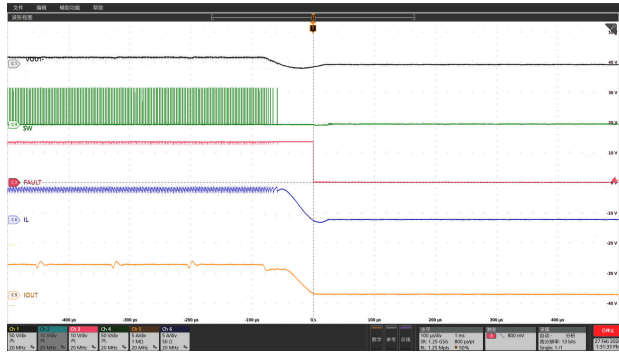
黑色：ADIM，绿色：SW，蓝色：电感器电流，橙色：LED 电流

图 7-6. ADIM = 2.4V 时启动



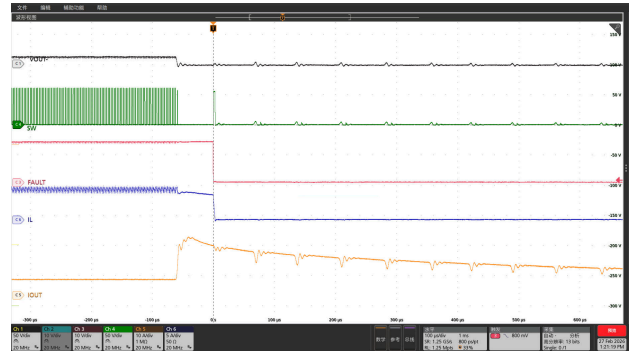
黑色：ADIM，绿色：SW，蓝色：电感器电流，橙色：LED 电流

图 7-7. ADIM = 2.4V 时关断



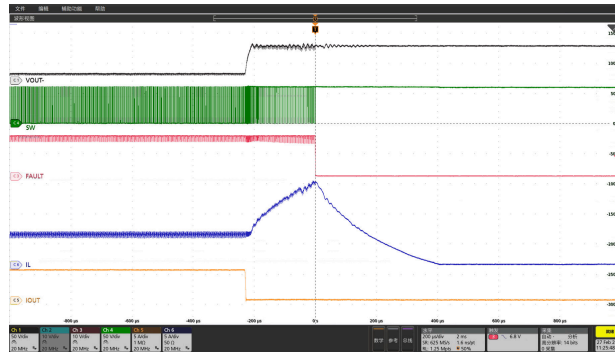
黑色：VLED-，绿色：SW，红色：FAULT，蓝色：电感器电流，橙色：LED 电流

图 7-8. LED 开路负载保护



黑色：VLED-，绿色：SW，红色：FAULT，蓝色：电感器电流，橙色：LED 电流

图 7-9. LED - PGND 短路保护



黑色：VLED-，绿色：SW，红色：FAULT，蓝色：电感器电流，橙色：LED 电流

图 7-10. LED+ 和 LED - 短路保护

## 7.3 电源相关建议

该器件设计为在 4.5V 至 15V 的输入电源电压范围内运行。该输入电源必须经过良好调节。该器件需要一个输入电容器来减少从输入电源汲取的浪涌电流和来自器件的开关噪声。强烈建议使用采用 X5R 或 X7R 电介质的陶瓷电容器，因为它们具有低 ESR 和小温度系数。对于大多数应用，10  $\mu$ F 电容器就足够了。

## 7.4 布局

TPS922152 和 TPS922153 需要正确布局才能实现卓越性能。下一节提供了一些确保正确布局的指南。

### 7.4.1 布局指南

图 7-11 展示了 TPS922152 和 TPS922153 器件的正确布局示例。

- 创建大 GND 平面对于实现良好的电气和热性能非常重要。
- VIN 和 GND 布线应越宽越好，以减少布线阻抗。宽布线具有提供出色散热的额外优势。
- 散热过孔可用于将顶部 GND 平面连接到额外的印刷电路板 (PCB) 层，以实现散热和接地。
- 输入电容器必须尽可能靠近 VIN 引脚和 GND 引脚。
- GATE 走线必须尽可能短，以减少寄生电感，从而减少噪声注入。短 GATE 布线还可降低辐射噪声和 EMI。
- 不可使开关电流在器件下流过。
- 建议将 CSZCD 布线保持尽可能短，并远离高压开关走线和接地屏蔽。

### 7.4.2 布局示例

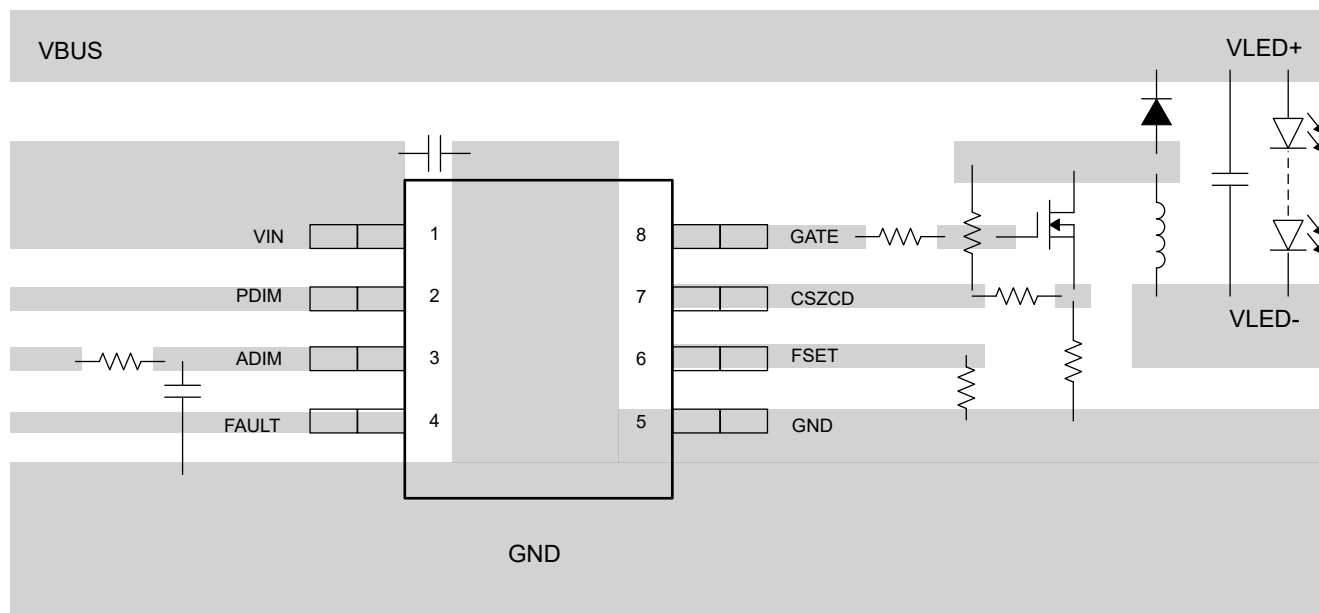


图 7-11. 8 引脚 SOIC 顶视图布局示例

## 8 器件和文档支持

### 8.1 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 [ti.com](https://www.ti.com) 上的器件产品文件夹。点击 [通知](#) 进行注册，即可每周接收产品信息更改摘要。有关更改的详细信息，请查看任何已修订文档中包含的修订历史记录。

### 8.2 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](#)。

### 8.3 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。

### 8.4 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。

### 8.5 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。

## 9 修订历史记录

日期	修订版本	注释
2024 年 7 月	*	预告信息发布。

## 10 机械、封装和可订购信息

以下页面包含机械、封装和可订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。如需获取此数据表的浏览器版本，请查看左侧的导航窗格。

**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="#">PTPS922152DR</a>	Active	Preproduction	SOIC (D)   8	3000   LARGE T&R	-	Call TI	Call TI	-40 to 125	

(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.



D0008A

# PACKAGE OUTLINE

SOIC - 1.75 mm max height

SMALL OUTLINE INTEGRATED CIRCUIT



4214825/C 02/2019

NOTES:

- Linear dimensions are in inches [millimeters]. Dimensions in parenthesis are for reference only. Controlling dimensions are in inches. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
- This drawing is subject to change without notice.
- This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed  $.006$  [0.15] per side.
- This dimension does not include interlead flash.
- Reference JEDEC registration MS-012, variation AA.

# EXAMPLE BOARD LAYOUT

D0008A

SOIC - 1.75 mm max height

SMALL OUTLINE INTEGRATED CIRCUIT



LAND PATTERN EXAMPLE  
EXPOSED METAL SHOWN  
SCALE:8X



SOLDER MASK DETAILS

4214825/C 02/2019

NOTES: (continued)

6. Publication IPC-7351 may have alternate designs.

7. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.

# EXAMPLE STENCIL DESIGN

D0008A

SOIC - 1.75 mm max height

SMALL OUTLINE INTEGRATED CIRCUIT



SOLDER PASTE EXAMPLE  
BASED ON .005 INCH [0.125 MM] THICK STENCIL  
SCALE:8X

4214825/C 02/2019

NOTES: (continued)

8. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
9. 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