

英飞凌LITIX™ Basic+ 三通道低边驱动IC

特性

- 具有集成和受保护输出级（电流沉）的三通道器件，针对驱动 LED 进行了优化
- 每通道输出电流高达 150 mA
- 通过低成本外部电阻器分载功耗，以实现最大电流驱动能力（功率转移）
- 通过使能引脚控制独立输出电流
- 故障管理支持 1 故障-全开 (1-fail-all-ON)
- 模拟输出电流控制输入，用于调节输出电流
- 负载开路 (OL)、短路到电池 (SC) 和热关断保护
- 智能故障管理：仅需一个外部电阻，即可让多达 10 个器件共享一个公共错误网络
- 通过外部负温度系数热敏电阻实现热降额功能



潜在应用

- 经济的“刹车”/“尾灯”功能，每个功能可以是共用或者独立的LED
- 汽车车灯功能，如转向灯、位置灯、雾灯、刹车/尾灯、DRL和侧标志灯
- 动画灯光功能，如流水转向和“欢迎/再见”功能
- 车内照明功能，如氛围灯、照明和仪表板照明
- 工业应用和仪器仪表的 LED 指示灯

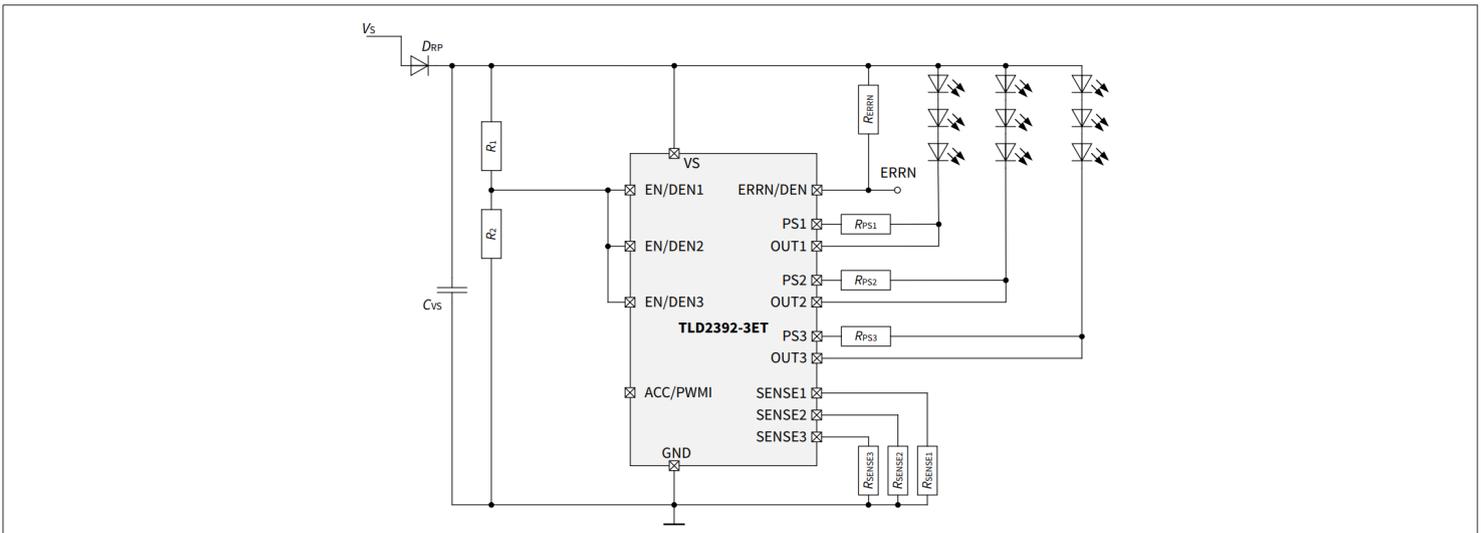
产品验证

产品验证符合AEC-Q100标准，等级1。

适用于汽车应用，已获得认证。

描述

TLD2392-3ET是一款具有集成和受保护输出级的三通道低边驱动IC。它设计用于作为线性电流沉 (LCS) 来控制高达 150 mA 电流的 LED。功率转移特性允许器件通过将功率分载到外部低成本元器件来达到最大电流驱动能力。诊断功能和通过外部负温度系数热敏电阻实现的热降额为高电流应用提供了可靠的解决方案。故障管理实现 1 故障全开反应，允许最多 10 个或更多设备共享相同的错误网络，并在应用中与其它 LITIX™ LED 驱动器（例如其它 LITIX™ Basic+ 产品和 LITIX™ TLD7002-16ES）组合使用。



Product type	Package	Marking
TLD2392-3ET	TFDSO-16	239

本数据手册的原文使用英文撰写。为方便起见，英飞凌提供了译文；由于翻译过程中可能使用了自动化工具，英飞凌不保证译文的准确性。为确认准确性，请务必访问 [infineon.com](http://infineon.com) 参考最新的英文版本（控制文档）。

## 目录

	目录.....	2
1	产品描述.....	3
2	框图.....	4
3	引脚配置.....	5
3.1	引脚分配.....	5
3.2	引脚定义和功能.....	5
4	产品一般特性.....	7
4.1	绝对最大额定值.....	7
4.2	工作范围.....	8
4.3	热阻抗.....	8
5	内部供电.....	10
5.1	描述.....	10
5.2	电气特性.....	10
6	功率级.....	12
6.1	输出电流调节.....	12
6.2	热保护.....	12
6.3	电气特性.....	13
7	功率转移.....	14
7.1	电气特性.....	15
8	PWM 控制.....	16
8.1	电气特性.....	18
9	模拟输出电流控制.....	19
9.1	电气特性.....	20
10	负载诊断.....	21
10.1	诊断使能.....	21
10.2	ERRN/DEN 引脚.....	21
10.3	故障管理.....	22
10.4	电气特性.....	25
11	应用信息.....	27
11.1	应用框图.....	27
12	封装信息.....	29
	修订记录.....	30
	免责声明.....	31

## 1 产品描述

表 1 产品描述

Parameter	Symbol	Values
Operating voltage	$V_{S(\text{func})}$	5.5 V - 18 V
Extended operating voltage	$V_{S(\text{ext})}$	4.5 V - 36 V
Maximum load current	$I_{\text{SENSE}(\text{max})}$	150 mA
Output current accuracy	$V_{\text{SENSE}(\text{reg})}$	$\pm 4\%$ with $V_{\text{SENSE}} = 400 \text{ mV}$
Current consumption in sleep mode	$I_{VS(\text{sleep, max})}$	3 $\mu\text{A}$
Maximum current consumption during fault	$I_{VS(\text{fault, ERRN})}$	850 $\mu\text{A}$
Maximum dropout voltage	$V_{\text{DR,CS}(\text{max})}$	0.6 V

## 2 框图

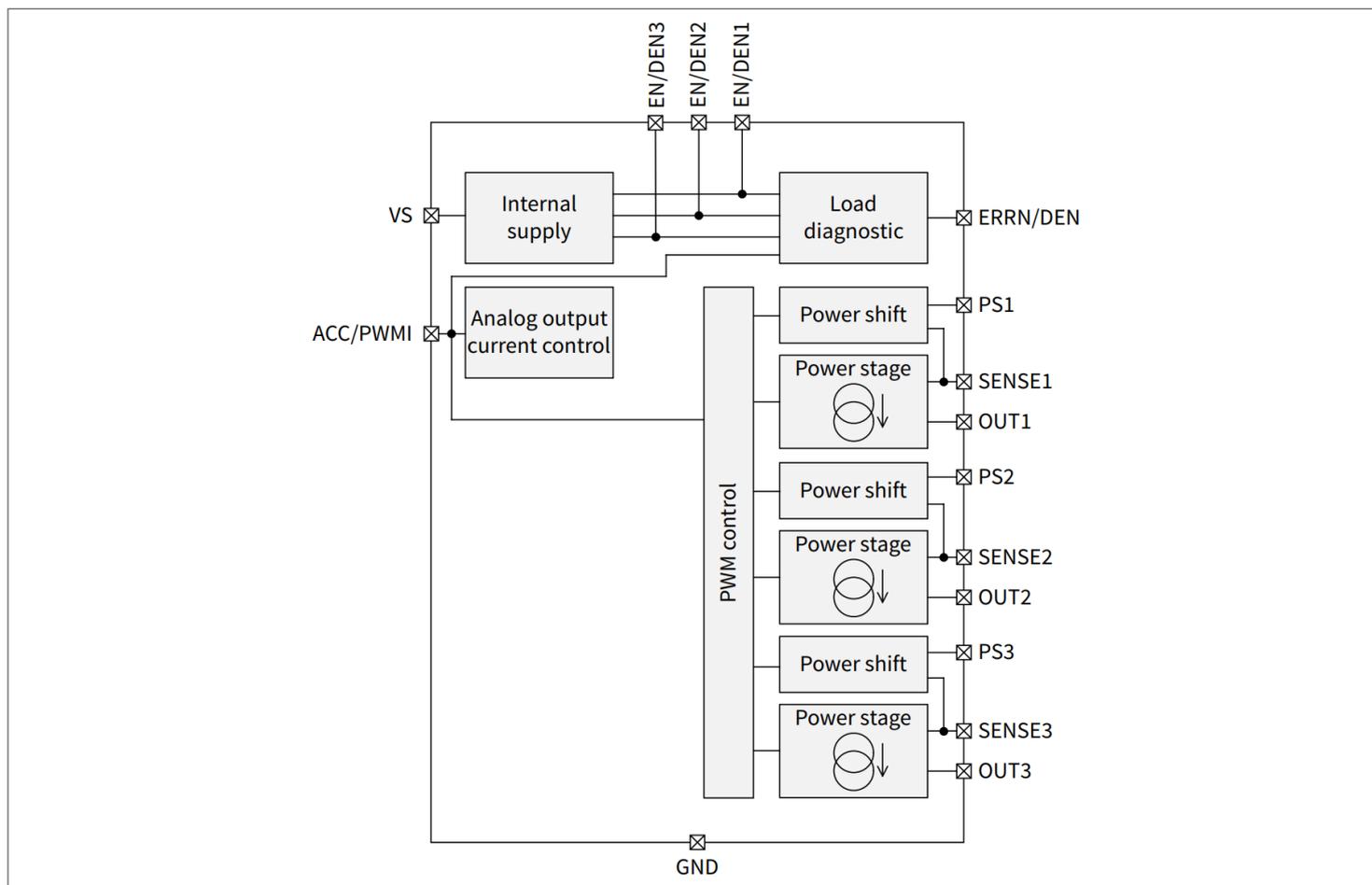


图1 TLD2382-3ET 框图

### 3 引脚配置

#### 3.1 引脚分配

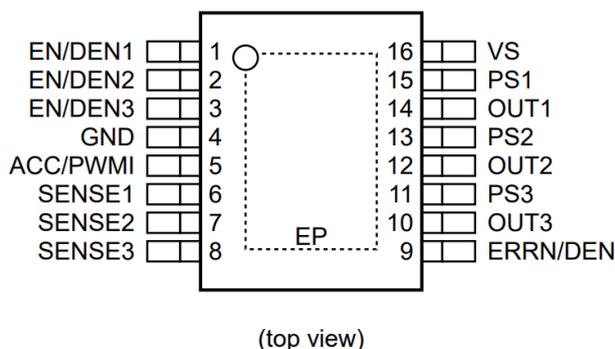


图2 PG-TFDSO-16 引脚配置

#### 3.2 引脚定义和功能

表 2 引脚定义和功能

Pin	Symbol	Function
16	VS	<b>Power supply voltage</b> Battery supply input
4	GND	<b>Ground</b> Ground potential. Connect externally close to the chip
1	EN/DEN1	<b>Output 1 enable and diagnosis control input</b> Connect to $V_S$ via a resistor divider to enable OUT1 control and diagnosis capability
2	EN/DEN2	<b>Output 2 enable and diagnosis control input</b> Connect to $V_S$ via a resistor divider to enable OUT2 control and diagnosis capability
3	EN/DEN3	<b>Output 3 enable and diagnosis control input</b> Connect to $V_S$ via a resistor divider to enable OUT3 control and diagnosis capability
9	ERRN/DEN	<b>ERROR flag I/O and diagnosis control input</b> Open drain, active low. Connect to $V_S$ via pull-up resistor for ERROR flag capability only otherwise connect to $V_S$ via a resistor divider to enable diagnosis capability
6	SENSE1	<b>Sense input 1</b> Connect to low ohmic accurate sense resistor
7	SENSE2	<b>Sense input 2</b> Connect to low ohmic accurate sense resistor

(表格续下页.....)

表2 (续) 引脚定义和功能

Pin	Symbol	Function
8	SENSE3	<b>Sense input 3</b> Connect to low ohmic accurate sense resistor
14	OUT1	<b>Channel 1, output pin</b> Open drain linear current sink. Connect to the target load
15	PS1	<b>Power shift 1</b> Connect to external power resistor
12	OUT2	<b>Channel 2, output pin</b> Open drain linear current sink. Connect to the target load
13	PS2	<b>Power shift 2</b> Connect to external power resistor
10	OUT3	<b>Channel 3, output pin</b> Open drain linear current sink. Connect to the target load
11	PS3	<b>Power shift 3</b> Connect to external power resistor
5	ACC/PWMI	<b>Analog current control and PWMI input pin</b> Connect to external voltage reference to adjust the output current. Connect to external NTC to apply thermal derating. It is possible also to connect to an external open drain PWM controller
Exposed pad	EP	<b>Exposed pad</b> Used only for thermal dissipation purpose. Connect externally to GND close to the chip

## 4 产品一般特性

### 4.1 绝对最大额定值

表 3 绝对最大额定值

<sup>1)</sup>  $T_J = T_{J(\text{func})}$ ，所有电压相对于地，正电流流入引脚（除非另有说明）

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
<b>Voltages</b>							
Supply voltage	$V_S$	-0.3	–	40	V	–	PRQ-32
EN/DENx voltage	$V_{\text{EN/DENx}}$	-0.3	–	40	V	–	PRQ-57
Output voltages	$V_{\text{OUTx}}$	-0.3	–	40	V	–	PRQ-58
Power shift voltages	$V_{\text{PSx}}$	-0.3	–	40	V	–	PRQ-60
Sense voltage	$V_{\text{SENSEx}}$	-0.3	–	0.9	V	–	PRQ-62
ERRN/DEN voltage	$V_{\text{ERRN/DEN}}$	-0.3	–	40	V	–	PRQ-61
ACC/PWMI voltage	$V_{\text{ACC/PWMI}}$	-0.3	–	5.5	V	–	PRQ-64
<b>Temperatures</b>							
Junction temperature	$T_{J\_ABS}$	-40	–	150	°C	–	PRQ-39
Storage temperature	$T_{STG}$	-55	–	150	–	–	PRQ-40
<b>ESD robustness</b>							
ESD robustness all pins (HBM)	$V_{\text{ESD(HBM)}}$	-2	–	2	kV	ESD robustness, Human Body Model “HBM” according to AEC Q100-002	PRQ-53
ESD robustness all pins (CDM)	$V_{\text{ESD(CDM)}}$	-500	–	500	V	ESD robustness, Charged Device Model “CDM” according to AEC Q100-011 Rev.D	PRQ-41
ESD robustness corner pins (CDM)	$V_{\text{ESD(CDM) CR}}$	-750	–	750	V	ESD robustness, Charged Device Model “CDM” according to AEC Q100-011 Rev.D	PRQ-54

1) 未经过生产测试，由设计指定。

**注释：** 超过此处所列的压力可能会对器件造成永久性损坏。长时间在绝对最大额定值条件下工作可能会影响器件的可靠性。

集成的保护功能旨在防止IC在数据手册所述故障条件下被毁坏。故障情况被认为超出了正常工作范围。保护功能不是为了连续重复的操作而设计的。

## 4.2 工作范围

表 4 工作范围

$T_J = T_{J(\text{func})}$ ，所有电压相对于地，正电流流入引脚（除非另有说明）

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			

### Voltages

Supply voltage for operating range	$V_{S(\text{func})}$	5.5	–	18	V	–	PRQ-33
Extended supply voltage for operating range	$V_{S(\text{ext})}$	4.5	–	36	V	–	PRQ-71

### Currents

Channel output current	$I_{\text{SENSEx}(\text{func})}$	5	–	150	mA	–	PRQ-223
------------------------	----------------------------------	---	---	-----	----	---	---------

### 功率耗散

Max. static and dynamic power dissipation	$P_{\text{max}}$	–	–	1.5	W	$T_A = 85^\circ\text{C}$ and $R_{\text{thJA}} = 40$ K/W	PRQ-178
---	------------------	---	---	-----	---	---	---------

### Temperatures

Junction temperature	$T_{J(\text{func})}$	-40	–	150	$^\circ\text{C}$	–	PRQ-72
----------------------	----------------------	-----	---	-----	------------------	---	--------

**注释：** 在正常工作范围内，IC按照电路说明中的描述正常工作。在扩展工作范围内，参数可能会出现偏差。电气特性是在电气特性表中注明的条件指定的。

## 4.3 热阻抗

**注释：** 此热数据根据 JEDEC JESD51 标准生成。更多信息，请访问[www.jedec.org](http://www.jedec.org)

表 5 热阻抗

$V_S = V_{S(\text{func})}$ ， $T_J = T_{J(\text{func})}$ ，所有电压相对于地，正电流流入引脚（除非另有说明）

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Junction to top	$\psi_{\text{JTOP}}$	–	7	–	K/W	<sup>1)</sup>	PRQ-262
Junction to case	$R_{\text{thJC}}$	–	6	–	K/W	<sup>2)</sup>	PRQ-263
Junction to ambient 1s0p board	$R_{\text{thJA1}}$	–	61	–	K/W	<sup>3)</sup> $T_A = 85^\circ\text{C}$	PRQ-264
Junction to ambient 2s2p board	$R_{\text{thJA2}}$	–	40	–	K/W	<sup>4)</sup> $T_A = 85^\circ\text{C}$	PRQ-265

1) 指定的 $\psi_{\text{JTOP}}$ 是在在自然对流条件下推导，并提供结温和封装顶表面温度之间的相关性。 $T_A = 85^\circ\text{C}$ 。总消耗散功率 = 1.5 W

---

#### 4 产品一般特性

- 2) 指定的 $R_{thJC}$ 在冷板设置上以自然约定进行模拟（所有引脚和裸露的晶片焊盘均固定在环境温度）。 $T_A=85^{\circ}\text{C}$ 。总消耗散功率 = 1.5 W
  - 3) 指定的 $R_{thJA1}$ 仿真结果是根据JEDEC JESD51-3标准，在自然对流条件下，采用FR4 1s0p电路板进行的。仿真所使用的电路板尺寸为76.2 mm x 114.3 mm x 1.5 mm，厚度为70 $\mu\text{m}$ ，散热面积为300 mm<sup>2</sup>。总功耗为1.5W，静态且均匀分布在所有功率级上
  - 4) 指定的 $R_{thJA2}$ 仿真结果是根据JEDEC JESD51-5和JESD51-7标准，在自然对流条件下，采用FR4 2s2p电路板进行的。仿真所使用的电路板尺寸为76.2 mm x 114.3 mm x 1.5 mm，板厚为1.5毫米，电路板具有2个内层铜层（2 x 70 $\mu\text{m}$  Cu和2 x 35 $\mu\text{m}$  Cu）。在仿真中，共设置了六个导热过孔，以优化散热性能。（ $\varnothing=0.3$  mm, 镀层厚度 25 $\mu\text{m}$ ）放置在与第一内铜层接触的裸露焊盘下方。总消耗分散功率 1.5W静态且均匀地分布在所有功率级上
-

## 5 内部供电

本章介绍内部电源的主要参数和功能。

### 5.1 描述

一旦电源引脚  $V_S$  上施加的电压高于  $V_{SUV(th)}$ ，并且  $EN/DENx$  引脚上施加的电压高于  $V_{ENx(th)}$ ，该器件就准备好在上电复位后从输出级提供输出电流时间  $t_{POR}$ 。当供电电压  $V_S$  低于阈值  $V_{SUV(th)}$  时，内部上电复位 (POR) 功能将器件保持在复位状态。

在相关应用条件下，即采用  $V_S$  的 PWM 控制，必须考虑上电复位时间  $t_{POR}$ 。

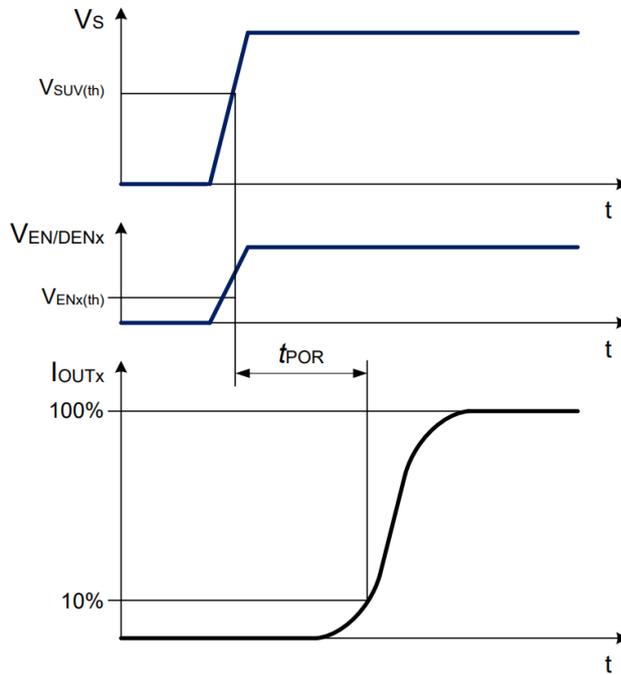


图 3 上电复位时序图

如果施加在  $EN/DENx$  引脚的电压低于  $V_{ENx(th)}$  的时间超过  $t_{SLEEP}$ ，器件将进入睡眠模式。在此状态下，所有内部功能均关闭，消耗电流降至  $I_{VS(sleep)}$ 。

### 5.2 电气特性

表 6 电气特性

$V_S = V_{S(func)}$ ， $T_J = T_{J(func)}$ ，所有电压相对于地，正电流流入引脚（除非另有说明）

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Current consumption, sleep mode	$I_{VS(sleep)}$	-	-	3	$\mu A$	$V_{EN/DENx} = 0 V$ $T_J = 150^\circ C$	PRQ-84
Current consumption, active mode (no fault)	$I_{VS(active)}$	-	2.5	3.5	mA	$V_{EN/DENx} = 5.5 V$ $V_{ACC/PWMI} = 2.4 V$	PRQ-306

(表格续下页.....)

表 6 (续) 电气特性

$V_S = V_{S(\text{func})}$ ,  $T_J = T_{J(\text{func})}$ , 所有电压相对于地, 正电流流入引脚 (除非另有说明)

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
VS undervoltage threshold	$V_{\text{SUV(th)}}$	3.5	–	4.5	V	–	PRQ-89
EN/DENx outputs enable threshold	$V_{\text{ENx(th)}}$	0.6	–	1.8	V	–	PRQ-92
EN/DENx outputs enable hysteresis	$V_{\text{ENx(hys)}}$	80	120	–	mV	1)	PRQ-93
EN/DENx pull-down current	$I_{\text{EN/DENx(PD)}}$	–	–	5	$\mu\text{A}$	$V_{\text{EN/DENx}} = 3\text{ V}$	PRQ-96
EN/DENx pull-down current	$I_{\text{EN/DENx(PD)}}$	–	–	150	$\mu\text{A}$	$V_{\text{EN/DENx}} = 18\text{ V}$	PRQ-370
Power on reset delay time	$t_{\text{POR}}$	–	–	75	$\mu\text{s}$	$V_S$ rising edge from 0 V to 8 V to 10% of output current $V_{\text{EN/DENx}} = 5.5\text{ V}$ $V_{\text{ACC/PWMI}} \geq 2.4\text{ V}$	PRQ-99
Sleep mode filter time	$t_{\text{SLEEP}}$	15	–	45	ms	–	PRQ-109

1) Not subject to production test, specified by design

## 6 功率级

功率级从 OUTx 引脚吸收输出电流  $I_{OUTx}$ ，该电流是放置在 SENSEx 引脚的外部检测电阻的函数。最大输出电流受限于耗散功率和使用的 PCB 散热面积。

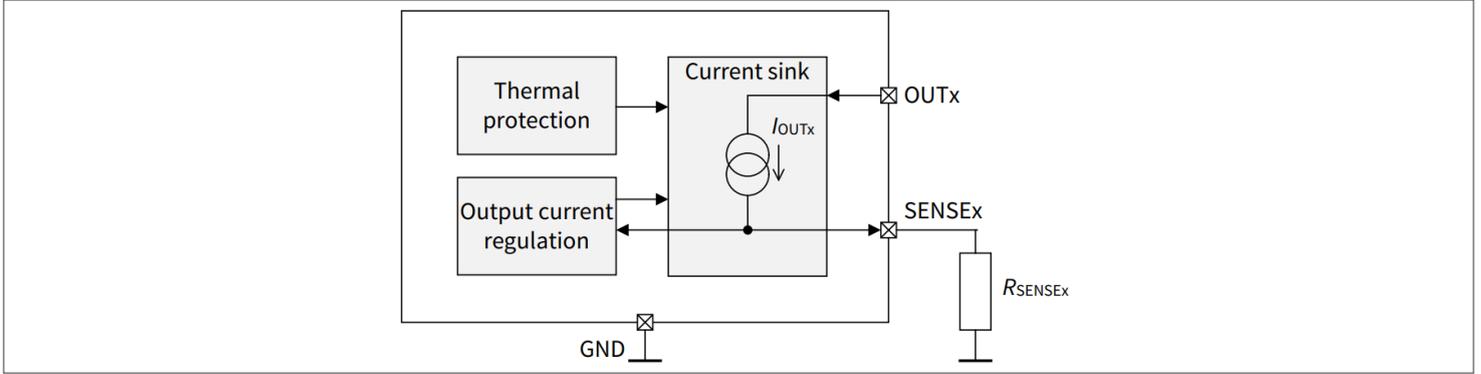


图 4 功率级框图

### 6.1 输出电流调节

输出电流调节功能通过调节位于 SENSEx 引脚和接地之间的外部低边电流检测电阻  $R_{SENSEx}$  上的压降  $V_{SENSEx(reg)}$  来控制 LED 电流。

当 LED 电流处于调节状态时，每个通道的 LED 电流值可通过以下公式计算：

$$I_{SENSEx} = \frac{V_{SENSEx(reg)}}{R_{SENSEx}} \quad (1)$$

对于工作输出电流控制环路，在 LED 灯串设计中必须考虑功率级电压差 ( $V_{DR,CSx}$ )、 $V_{SENSEx(reg)}$  电压、防反保护的正向电压  $V_{D\_RP}$  (使用时) 以及最小供电电压。

为了保证输出电流正确控制，必须满足以下条件：

$$V_S \geq V_{SENSEx(reg)} + V_{DR,CSx} + V_{LED\_STRINGx} + V_{D\_RP} \quad (2)$$

如果供电电压低于某个通道所需的最小值，则该通道的 LED 电流将无法得到正确调节。因此，输出的电流较低，并且  $R_{SENSEx}$  电阻上的电压低于预期的  $V_{SENSEx(reg)}$ 。

**注：**  $R_{SENSE}$  必须尽可能靠近引脚 VSENSE 放置，以避免电流调节不稳定。

### 6.2 热保护

该器件集成了热保护功能，以防止在数据表中描述的故障条件下 IC 损坏。故障条件被认为是“超出”正常工作范围。保护功能不是为了连续重复的操作而设计的。

热保护功能是通过功率级的温度监测来实现的。一旦结温超过过温阈值  $T_{JSD}$ ：

- 通过关闭功率级来禁用输出电流
- ERRN/DEN 引脚被拉低
- 消耗电流低于  $I_{VS}$  (fault, ERRN)

6 功率级

一旦结温降至 $T_{JSD}-T_{J(hys)}$ 以下：

- 功率级恢复正常运行
- ERRN/DEN 引脚被释放

### 6.3 电气特性

表 7 电气特性

$V_S = V_{S(func)}$ ,  $T_J = T_{J(func)}$ , 所有电压相对于地, 正电流流入引脚 (除非另有说明)

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
<b>Leakage currents</b>							
Output leakage current	$I_{OUTx(leak)}$	-	-	1	$\mu A$	<sup>1)</sup> $T_J = 85^\circ C$ $V_{OUTx} \leq 16 V$ $V_{ACC/PWMI} = 0 V$ $V_{EN/DENx} = 5.5 V$	PRQ-115
Output leakage currents	$I_{OUTx(leak)}$	-	-	3	$\mu A$	$T_J = 150^\circ C$ $V_{OUTx} \leq 16 V$ $V_{ACC/PWMI} = 0 V$ $V_{EN/DENx} = 5.5 V$	PRQ-117

#### 检测调整电压精度

SENSEx voltage regulation accuracy	$V_{SENSEx(reg)}$	384	400	416	mV	$V_{ACC/PWMI} \geq 2.4 V$	PRQ-135
SENSEx voltage regulation accuracy	$V_{SENSEx(reg)}$	95	100	105	mV	$V_{ACC/PWMI} = 0.9 V$	PRQ-137
SENSEx voltage regulation accuracy	$V_{SENSEx(reg)}$	14	20	26	mV	$V_{ACC/PWMI} = 0.5 V$	PRQ-139

#### 功率级压降

Power stages drop out voltage	$V_{DR,CSx}$	-	-	0.6	V	$I_{OUTx} = 150 mA$	PRQ-126
-------------------------------	--------------	---	---	-----	---	---------------------	---------

#### 热保护阈值

Overtemperature shutdown threshold	$T_{JSD}$	165	175	185	$^\circ C$	<sup>2)</sup>	PRQ-131
Overtemperature hysteresis	$T_{J(hys)}$	5	10	15	$^\circ C$	<sup>2)</sup>	PRQ-132

- 1) 未经过生产测试, 由设计指定。  
2) 未经过生产测试, 由设计指定。

## 7 功率转移

该器件通过将 LED 电流分成两个电流分支来管理高耗散功率（高于应用的热阻抗  $R_{thJA}$  所允许的功率）：

- 一条电流吸收路径通过外部降压元件（功率电阻器）和内部功率转移
- 一个通过内部功率级的电流吸收路径

动态调整流入功率转移路径的电流和流入功率级路径的电流，以使  $I_{OUTx}$  与  $I_{PSx}$  电流之和等于调节后的  $I_{SENSEx}$  电流。

功率转移路径和功率级路径之间的电流分布由功率转换电阻值、负载和所施加的电池电压  $V_S$  定义。

为了合理选择电阻值，必须考虑以下参数：

- 在最大电池工作电压  $V_{S(PEAK)}$  下流入功率转移路径的最大电流  $I_{PSx}$
- 输出 LED 负载的正向电压  $V_{LED\_STRINGx}$  和反向保护二极管的正向电压  $V_{D\_RP}$
- 内部功率转移元件上的压降 ( $V_{PS\_INTx} = I_{PSx} \times R_{PS\_INT(ON)}$ )
- 稳定的  $V_{SENSEx}$  电压

电阻的计算公式如下

$$R_{PSx} = \frac{V_{S(PEAK)} - V_{D\_RP} - V_{LED\_STRINGx} - V_{PS\_INTx} - V_{SENSEx}}{I_{PSx}} \quad (3)$$

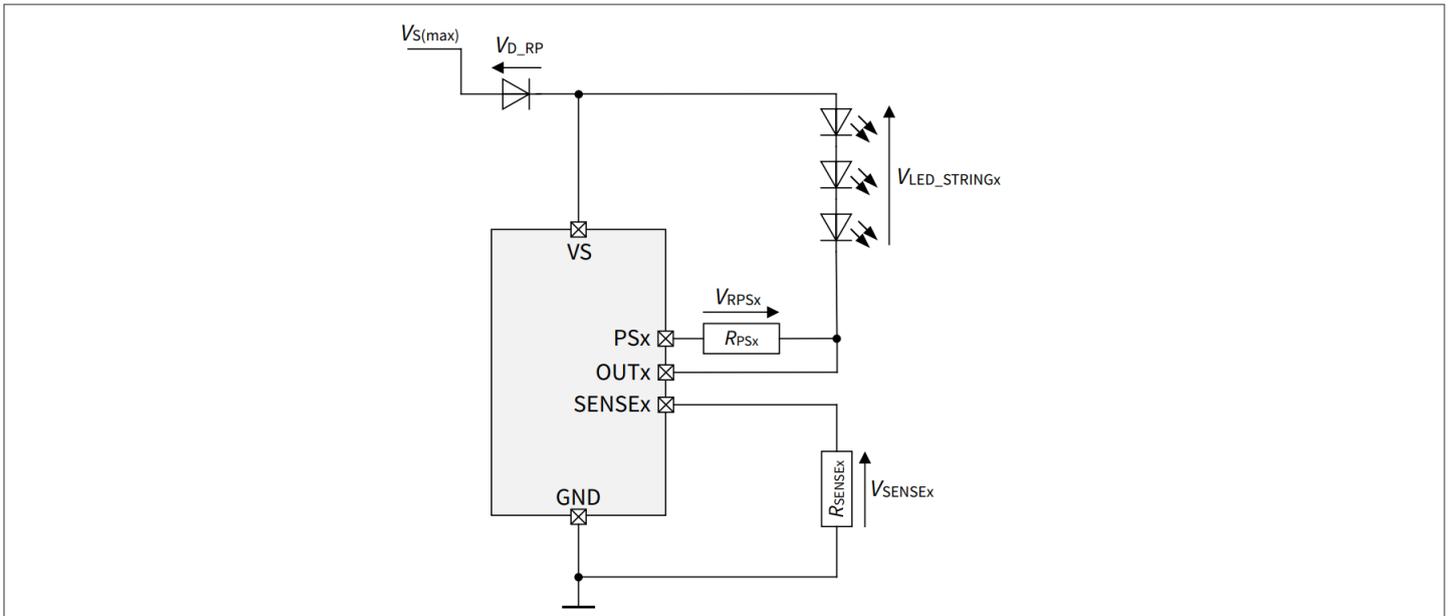


图5 功率转移电阻框图

**注释：** 请考虑，如果  $R_{PS}$  设置为  $0\Omega$ ，则所有 LED 电流都会流入内部功率转移路径，从而可能导致器件过热直至热关断。

## 7.1 电气特性

表 8 电气特性

$V_S = V_{S(\text{func})}$ ,  $T_J = T_{J(\text{func})}$ , 所有电压相对于地, 正电流流入引脚 (除非另有说明)

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
Power shift ON resistance	$R_{PS\_INT(ON)}$	–	–	7.5	$\Omega$	$I_{PSx} = 150 \text{ mA}$	PRQ-276
Power shift leakage current	$I_{PSx(\text{leak})}$	–	–	1	$\mu\text{A}$	<sup>1)</sup> $T_J = 85^\circ\text{C}$ $V_{PSx} \leq 16 \text{ V}$ $V_{ACC/PWMI} = 0 \text{ V}$ $V_{EN/DENx} = 5.5 \text{ V}$	PRQ-278
Power shift leakage current	$I_{PSx(\text{leak})}$	–	–	3	$\mu\text{A}$	$T_J = 150^\circ\text{C}$ $V_{PSx} \leq 16 \text{ V}$ $V_{ACC/PWMI} = 0 \text{ V}$ $V_{EN/DENx} = 5.5 \text{ V}$	PRQ-288
Power shift ratio	$I_{PSx}/I_{SENSEx}$	0.95	–	–	–	$V_{PSx} - V_{SENSEx} > 1.5 \text{ V}$ $V_{ACC/PWMI} \geq 0.9 \text{ V}$	PRQ-281
SENSEx voltage regulation accuracy	$V_{SENSEx(\text{reg})}$	384	400	416	mV	$V_{ACC/PWMI} \geq 2.4 \text{ V}$	PRQ-409
SENSEx voltage regulation accuracy	$V_{SENSEx(\text{reg})}$	95	100	105	mV	$V_{ACC/PWMI} = 0.9 \text{ V}$ $I_{SENSE} > 20 \text{ mA}$	PRQ-411
SENSEx voltage regulation accuracy	$V_{SENSEx(\text{reg})}$	14	20	28	mV	$V_{ACC/PWMI} = 0.5 \text{ V}$ $I_{SENSE} > 20 \text{ mA}$	PRQ-415

1) Not subject to production test, specified by design

## 8 PWM 控制

采用 PWM 调光来改变 LED 亮度，同时大大减少色度偏移。PWM 调光通过改变 LED 串中恒流的占空比来实现亮度降低。

PWM 调制通过 ACC/PWMI 引脚执行。如果 ACC/PWMI 引脚上施加的电压低于  $V_{PWM(OFF)}$ ，则功率级和功率转移模块将被禁用；如果 ACC/PWMI 引脚上施加的电压高于  $V_{PWM(ON)}$ ，则功率级和功率转移模块将被启用。

如图 6 所示显示通过 ACC/PWMI 输入引脚进行 PWM 调光的两个示例：

1. 如果需要在 ACC/PWMI 输入引脚上加一个电阻来实现模拟电流控制（即（例如，分组或热降额）可以使用 PWM 发生器的开漏输出来施加 PWM 信号
2. 如果不需要模拟电流控制功能，可以使用 PWM 发生器的推挽输出来应用 PWM 调制

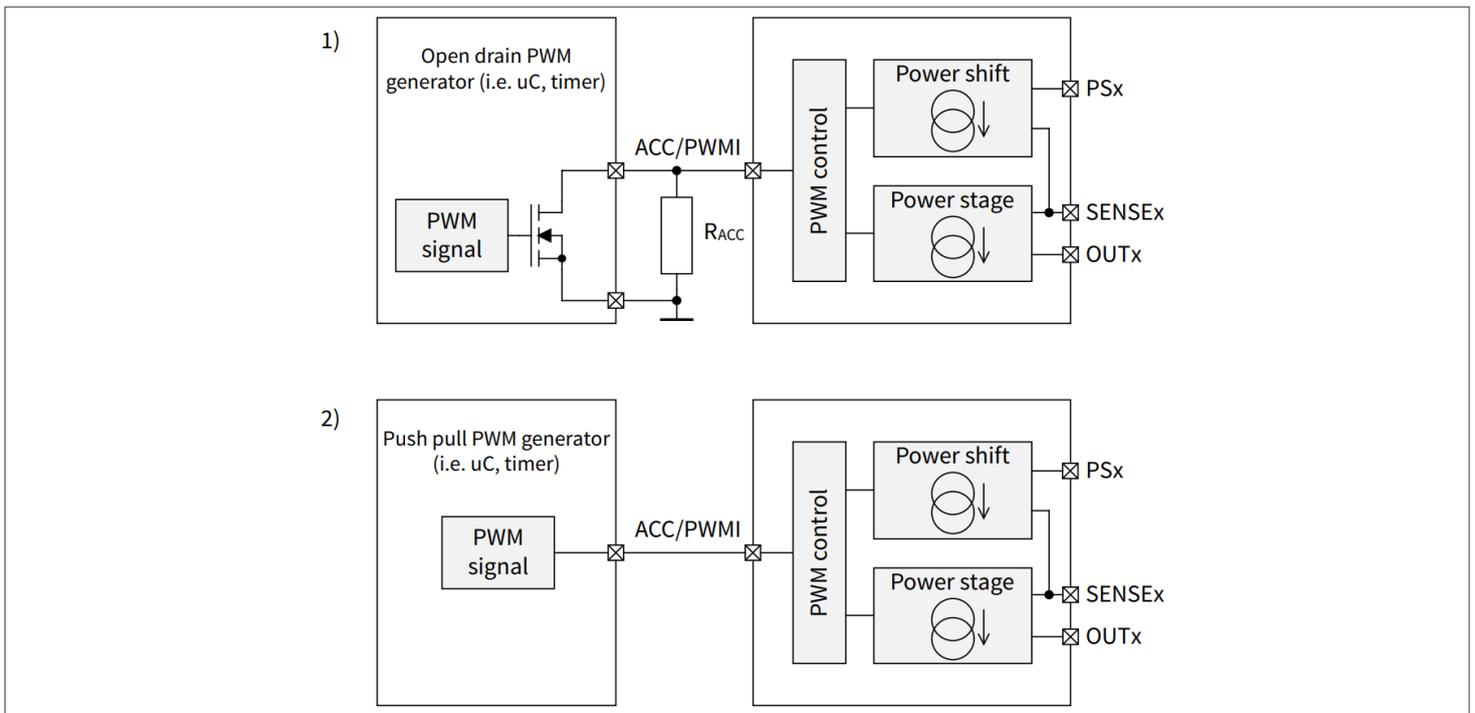


图 6 通过 ACC/PWMI 输入引脚进行 PWM 控制

PWM 信号也可以通过 EN/DENx 引脚施加，从而允许每个通道独立地进行 PWM 调制。  $t_{POR}$  延迟时间将仅在退出睡眠状态后的第一个 PWM 脉冲生成时有效。

当应用于 EN/DENx 引脚时，PWM 信号具有频率范围  $f_{PWM}$ ，以避免通过触发  $t_{SLEEP}$  滤波时间来关闭通道。

如果 EN/DENx 引脚上施加的电压高于  $V_{ENx(th)}$ ，则所有通道的功率级和功率转移都启用；如果 EN/DENx 引脚上施加的电压低于  $V_{ENx(th)}$ ，则所有通道的功率级和功率转移 将被禁用。

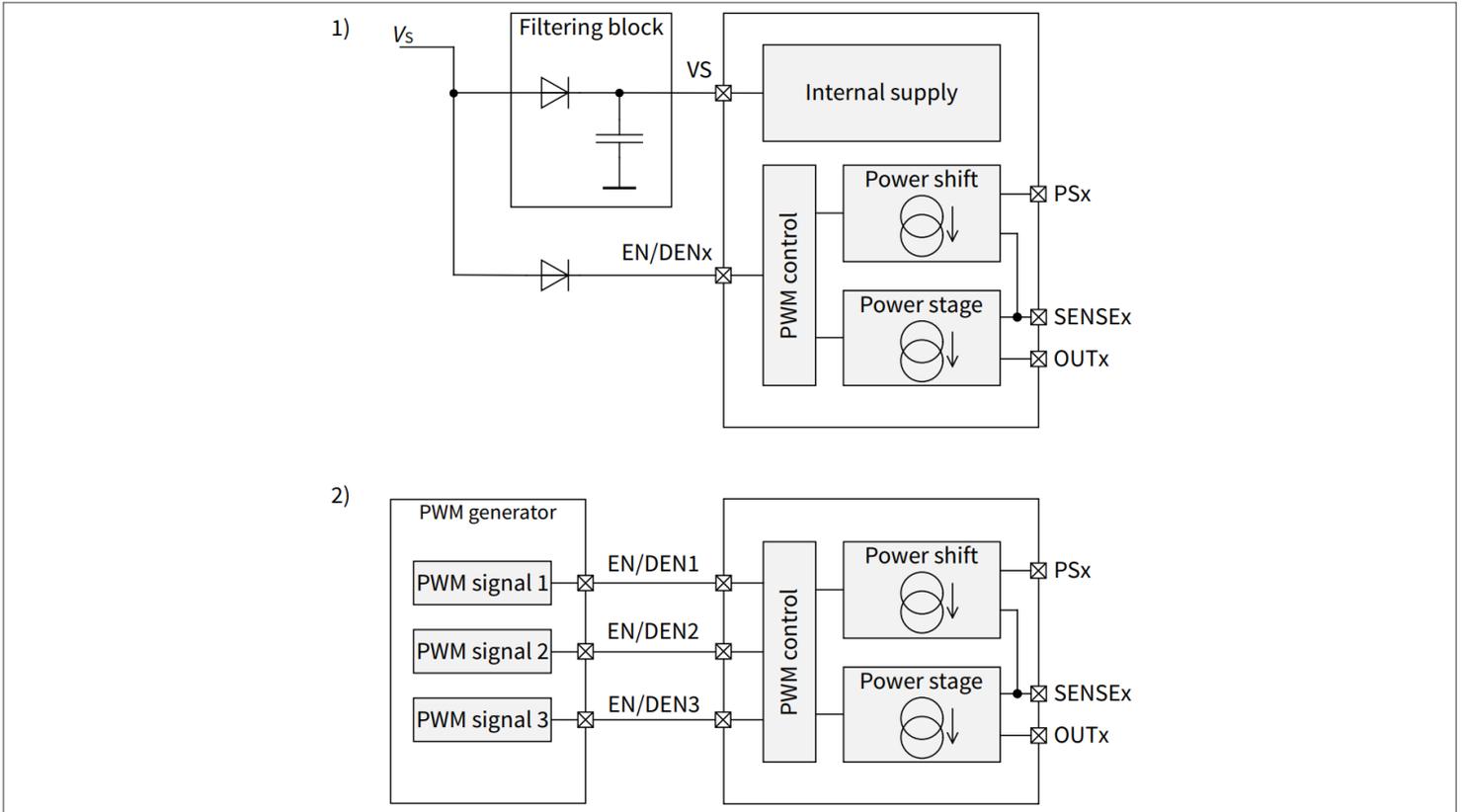


图 7 通过 EN/DENx 输入引脚进行 PWM 控制

当施加在  $EN/DEN_x$  引脚上的电压低于  $V_{DENx(th)}$  时，相关通道的负载诊断将被禁用，除非先前检测到故障。

当施加在  $ACC/PWMI$  引脚上的电压低于  $V_{PWM(OFF)}$  时，所有通道的负载诊断将被禁用，除非先前检测到故障。

具体来说，如果在  $ACC/PWMI$  引脚上施加的电压低于  $V_{PWM(OFF)}$  或  $EN/DEN_x$  引脚上施加的电压低于  $V_{DENx(th)}$  时已经存在故障，则诊断将保持活动状态，直到故障条件消失，之后将被禁用。

PWM 控制功能块实现  $V_{SENSEx}$  电压斜率控制，以提高电磁兼容性能。斜率由  $dV/dt_{ON}$  和  $dV/dt_{OFF}$  参数定义。

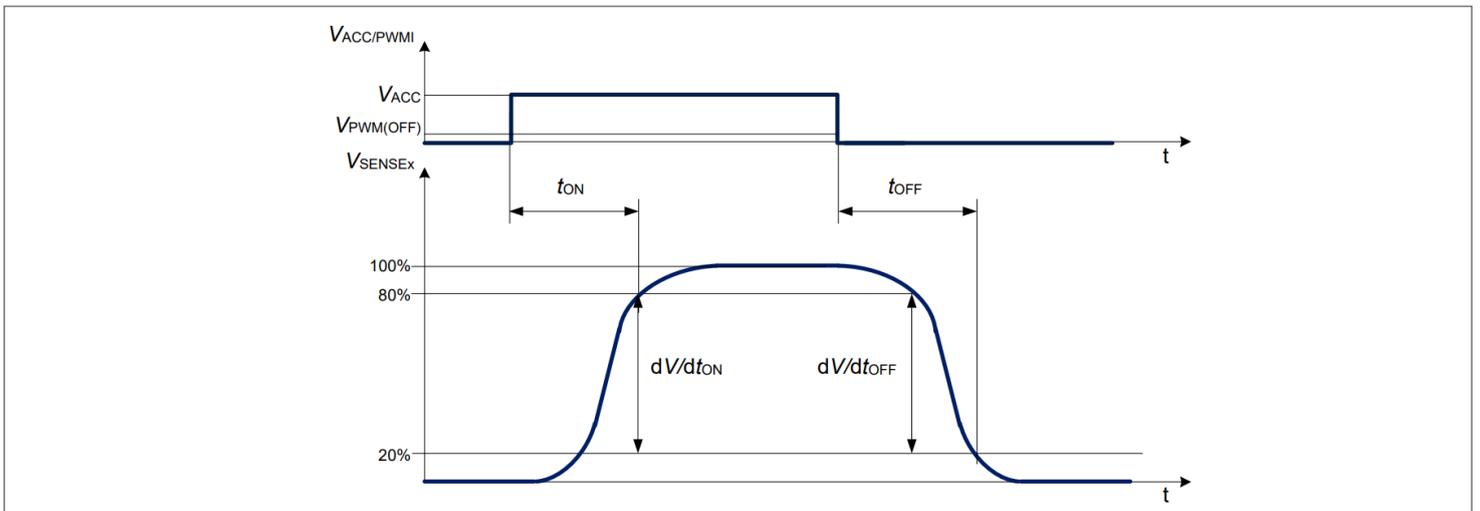


图 8  $V_{ACC/PWMI} \geq 2.4 V$  时的 PWMI 控制时序图

8 PWM 控制

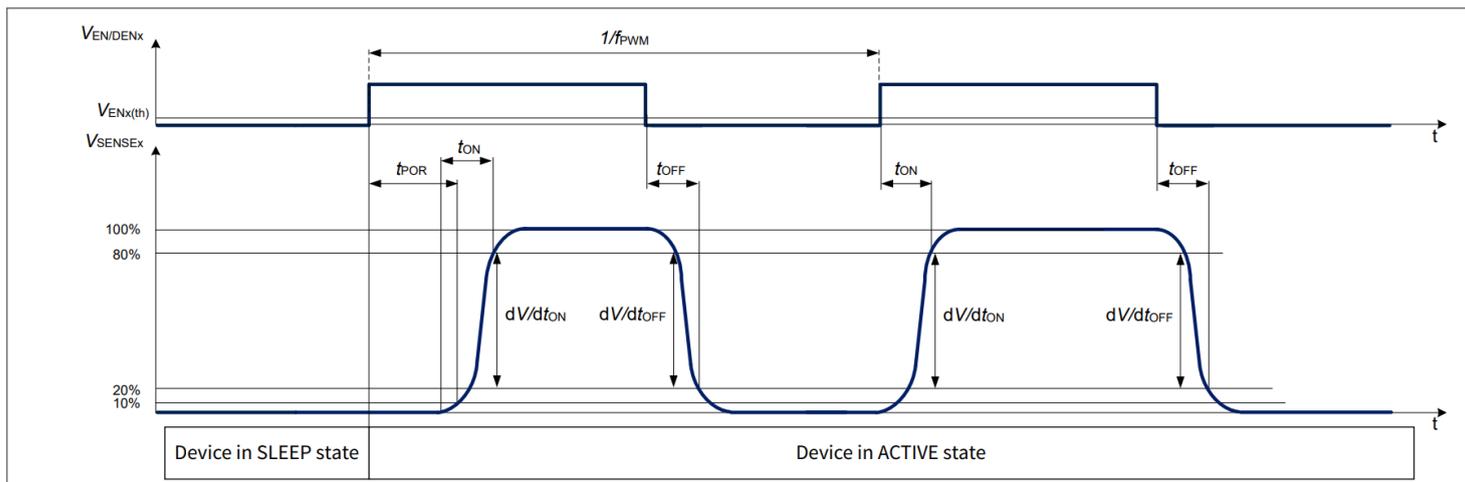


图 9  $V_{ACC/PWMI} \geq 2.4V$  时 EN/DENx 上的 PWM 控制时序图

8.1 电气特性

表 9 电气特性

$V_S = V_{S(func)}$ ,  $T_J = T_{J(func)}$ , 所有电压相对于地, 正电流流入引脚 (除非另有说明)

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
PWM turn off threshold	$V_{PWM(OFF)}$	0.35	0.4	–	V	–	PRQ-145
PWM turn on threshold	$V_{PWM(ON)}$	–	–	0.45	V	–	PRQ-261
PWM frequency range	$f_{PWM}$	100	–	–	Hz	1)	PRQ-146
PWM turn on time	$t_{ON}$	–	–	20	$\mu s$	1) $V_{SENSEx}$ rising to 80% of regulation $V_{ACC/PWMI} \geq 2.4 V$	PRQ-356
PWM turn off time	$t_{OFF}$	–	–	20	$\mu s$	1) $V_{SENSEx}$ falling to 20% of regulation $V_{ACC/PWMI}$ falling from $\geq 2.4 V$ to less than $V_{PWM(OFF)}$	PRQ-357
VSENSE rising slew rate	$dV/dt_{ON}$	15	35	50	$mV/\mu s$	1) $V_{SENSEx}$ rising from 20% to 80% of regulation $V_{ACC/PWMI} \geq 2.4 V$	PRQ-358
VSENSE falling slew rate	$dV/dt_{OFF}$	-50	-35	-15	$mV/\mu s$	1) $V_{SENSEx}$ falling from 80% to 20% of regulation $V_{ACC/PWMI}$ falling from $\geq 2.4 V$ to less than $V_{PWM(OFF)}$	PRQ-359

1) Not subject to production test, specified by design

## 9 模拟输出电流控制

模拟输出电流控制功能通过检测 ACC/PWMI 引脚上施加的电压  $V_{ACC/PWMI}$  来调节  $V_{SENSEx}$  电压。

如第6章所述每个通道提供的输出电流是调节电压  $V_{SENSEx}$  的直接函数。这样，通过调节施加在ACC/PWMI引脚上的电压，可以控制所有通道的输出电流。

$$I_{SENSEx} = \frac{0.2 \times V_{ACC/PWMI} - 0.08 \text{ V}}{R_{SENSEx}} \quad (4)$$

ACC/PWMI 电压  $V_{ACC/PWMI}$  与相应调节电压  $V_{SENSEx}$  之间的关系如图 10 所示。

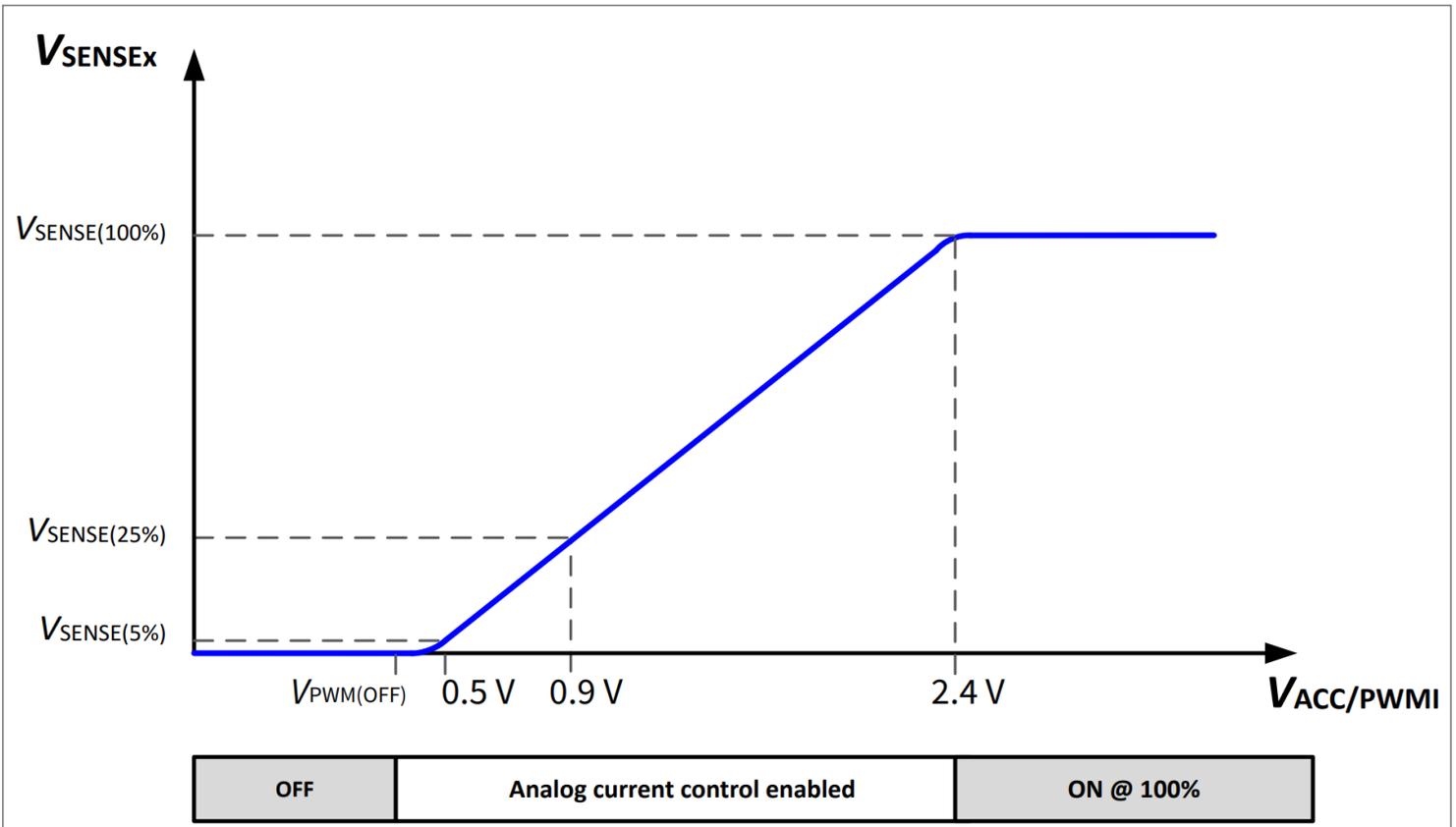


图10 模拟输出电流控制

**注：** 如果不需要模拟输出电流控制功能，建议保留 ACC/PWMI 引脚开路。实际上，内部上拉电流  $I_{ACC}$  可用于偏置 ACC/PWMI 电压，以避免错误的  $V_{SENSE}$  设置。

## 9.1 电气特性

表 10 电气特性

$V_S = V_{S(\text{func})}$ ,  $T_J = T_{J(\text{func})}$ , 所有电压相对于地, 正电流流入引脚 (除非另有说明)

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
ACC pull-up current	$I_{\text{ACC}}$	8	12.5	17	$\mu\text{A}$	current flowing outside the pin	PRQ-220

## 10 负载诊断

集成了多项诊断功能：

- 负载开路检测 (OL)
- 电源短路检测 (SC)
- 功率转移短路检测 (SC)
- 过温热检测 (OT)

器件在过载条件下的行为已在章节 [热保护](#) 中描述，过载条件会导致内部过热达到过温条件。

如果功率级  $V_{DRx} = V_{OUTx} - V_{SENSEx}$  两端的电压 低于阈值，则检测到负载开路条件  $V_{DR(OL)}$  至少持续滤波时间  $t_{fault}$

如果负载  $V_S - V_{OUTx}$  之一的输出电压 降低于阈值  $V_{OUT(SC)}$ ，并且至少出现一个滤波时间  $t_{fault}$ ，则检测到短路到电源条件。

如果功率转移压降  $V_S - V_{PSx}$  低于阈值，则检测到功率转移短路到电源条件  $V_{PS(SC)}$  至少发生一个滤波时间  $t_{fault}$

如果在 OUT 引脚上检测到 OL 条件，或者在 OUT 或 PS 引脚之一上检测到短路条件，则下拉电流  $I_{OUT(fault)}$  会在 OUT 引脚内部流动，取代配置的输出电流。

**注释：**  $I_{OUT(fault)}$  电流受到实际负载阻抗的限制，例如，在理想的负载开路下它会减少到零。

### 10.1 诊断使能

一旦施加在电源引脚 VS 上的电压高于  $V_{SUV(th)}$  并且施加在 EN/DENx 引脚上的电压高于  $V_{DENx(th)}$ ，该器件就准备好通过 ERRN/DEN 引脚检测并报告故障情况。

有多种可能性可以通过 EN/DENx 引脚对输出使能和诊断使能进行编程，例如从 VS 到接地的电阻分压器、从 EN/DENx 到 VS 的齐纳二极管以及逻辑控制引脚（例如从 MCU 输出）。

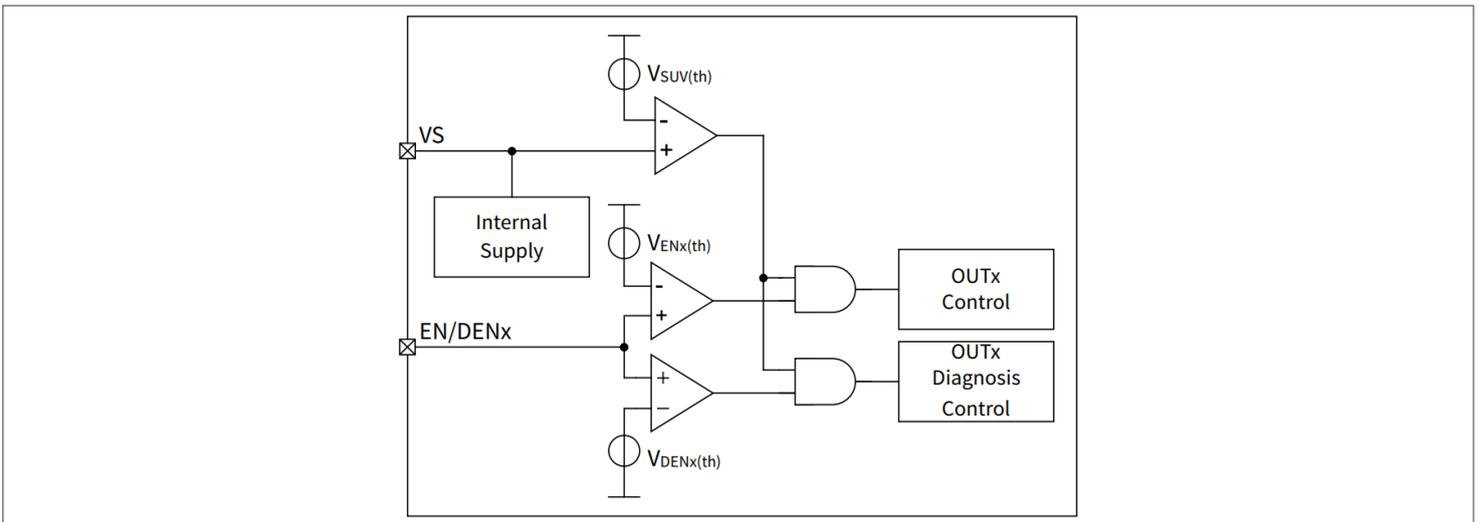


图 11 EN/DEN 框图

### 10.2 ERRN/DEN 引脚

该器件能够通过 ERRN/DEN 网络报告其驱动负载中检测到的故障。

当检测到至少一个滤波时间  $t_{fault}$  的故障条件时，开路漏极 ERRN/DEN 引脚会向地施加下拉阻抗  $R_{ERRN(ON)}$ 。因此，当  $V_{ERRN} < V_{ERRN(fault)}$  时，ERRN/DEN 引脚可检测到低电平有效状态，并且相关故障输出通道被关闭。

类似地，当故障消除后，ERRN/DEN引脚回到高阻状态，通道重新激活完成，如图12所示。

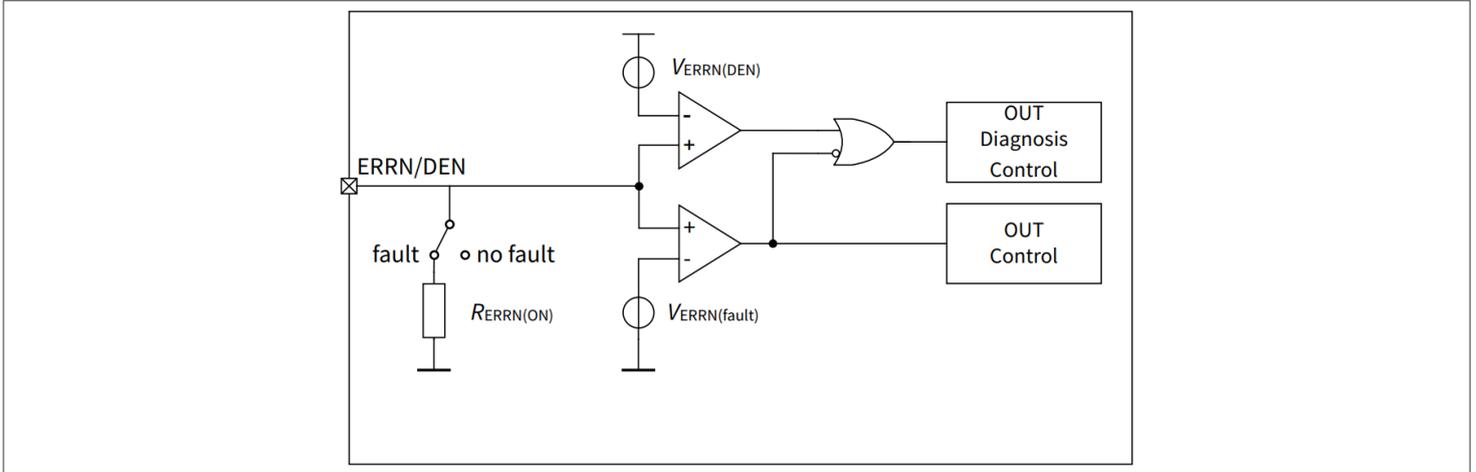


图 12 ERRN/EN 引脚框图

为了实现从微控制器到 EN/DEN<sub>x</sub> 引脚的直接连接，从而应用独立的PWM 信号调制，DEN 功能在 ERRN/DEN 引脚上进行了复制。此功能使得  $V_{DENx(th)}$  阈值与  $V_{ENx(th)}$  阈值解耦成为可能，从而使器件能够根据需要独立于  $V_{DENx(th)}$  阈值开启。

一旦满足以下任一条件，除非先前检测到故障，否则 ERRN/DEN 引脚和“负载开路”、“短路到电源”和“功率转移短路到电源”保护的诊断报告将被禁用：

- ERRN/DEN 引脚上的电压为  $V_{ERRN(fault)} < V_{ERRN/DEN} \leq V_{ERRN(DEN)}$ ，所有通道的诊断功能均已禁用。
- EN/DEN<sub>x</sub> 引脚上的电压低于  $V_{DENx(th)}$ ，因此相应通道的诊断功能已禁用。

此外，如果所有未处于故障状态的通道上的 ERRN/DEN 引脚电压为  $V_{ERRN/DEN} \leq V_{ERRN(fault)}$ ，则“负载开路”保护也会被禁用。

当 ERRN/DEN 引脚使用对地下拉电阻  $R_{ERRN(ON)}$  时， $V_{ERRN(DEN)}$  阈值被屏蔽，以避免 ERRN/DEN 引脚上电压发生不必要的切换。

### 10.3 故障管理

如果输出或功率转输出出现故障条件，则 ERRN/DEN 引脚会向地施加下拉阻抗  $R_{ERRN(ON)}$ ，并且（通过正确选择外部上拉电阻）达到低于  $V_{ERRN(fault)}$  的电压电平。仅故障条件下的通道将被停用，仍然与 Basic+ 系列的其他设备共享公共错误网络中的 ERRN/DEN 引脚，而不需要辅助微控制器。

ERRN/DEN 低电压也可用作微控制器的输入信号，以执行所需的诊断策略。

故障状态不会被锁存：一旦故障条件不再存在（至少在滤波时间  $t_{fault}$ ），ERRN 将返回到高阻状态，并且故障状态下的输出级将再次激活。

10 负载诊断

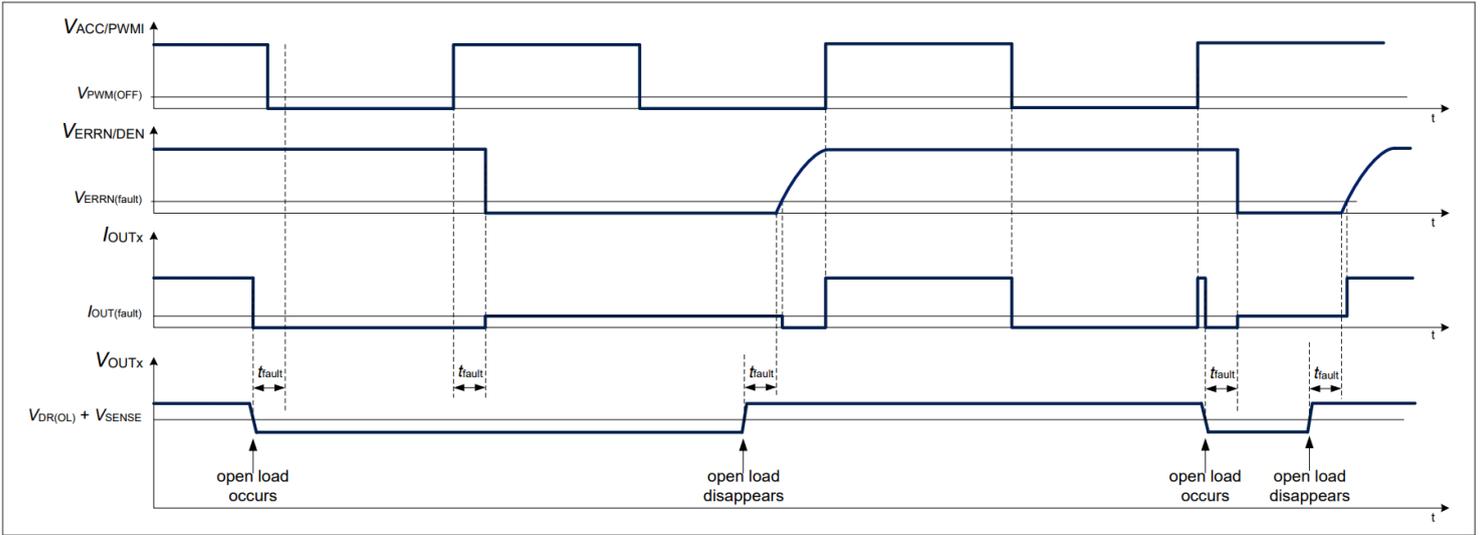


图 13 负载开路条件图示例 1-fail-all-ON 配置

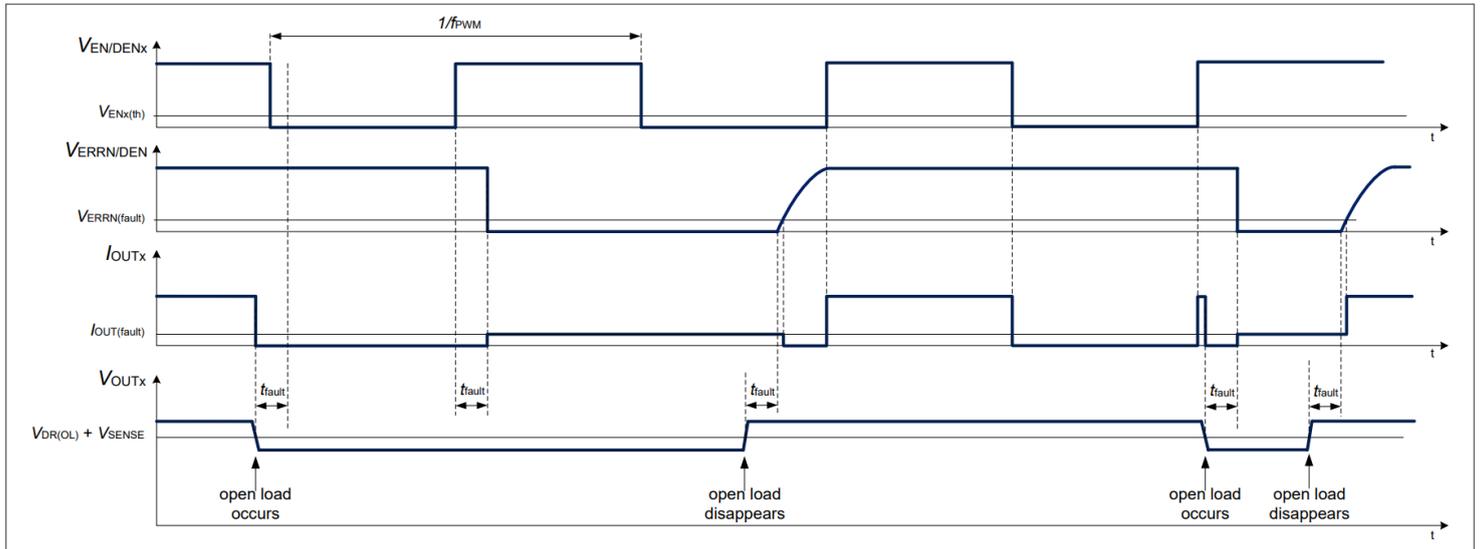


图 14 负载开路条件图示例，采用 1-fail-all-ON 配置，在 EN/DENx 引脚上应用数字调光

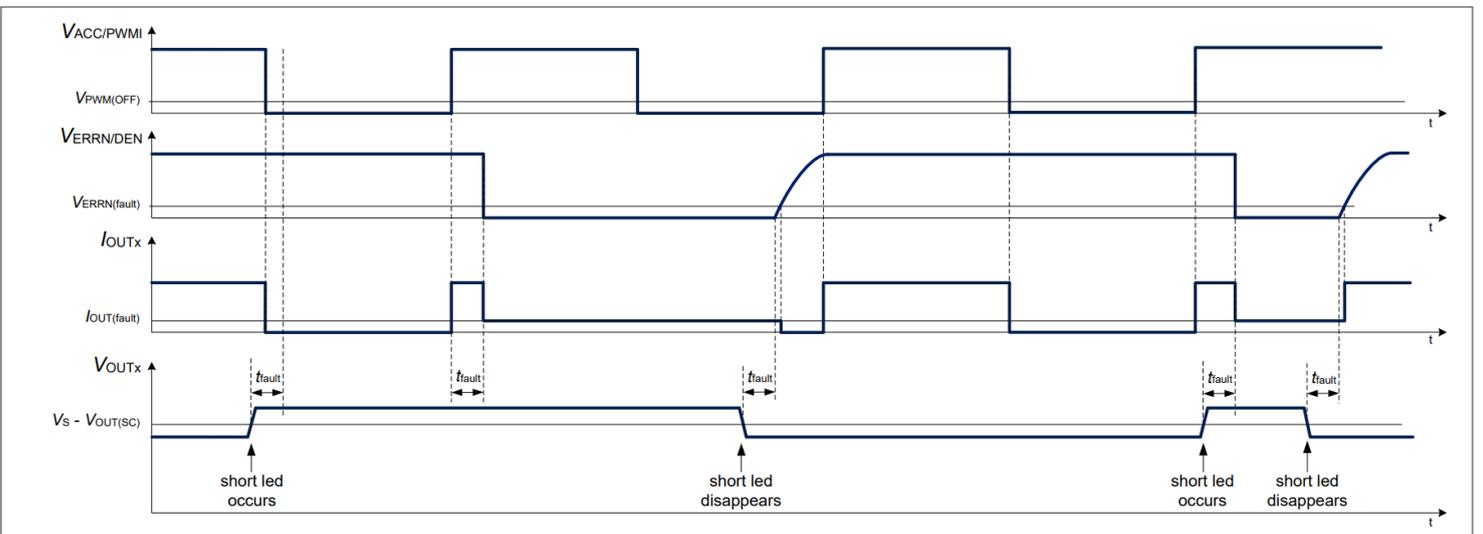


图 15 1-fail-all-ON 配置中的输出短路电源条件图示例

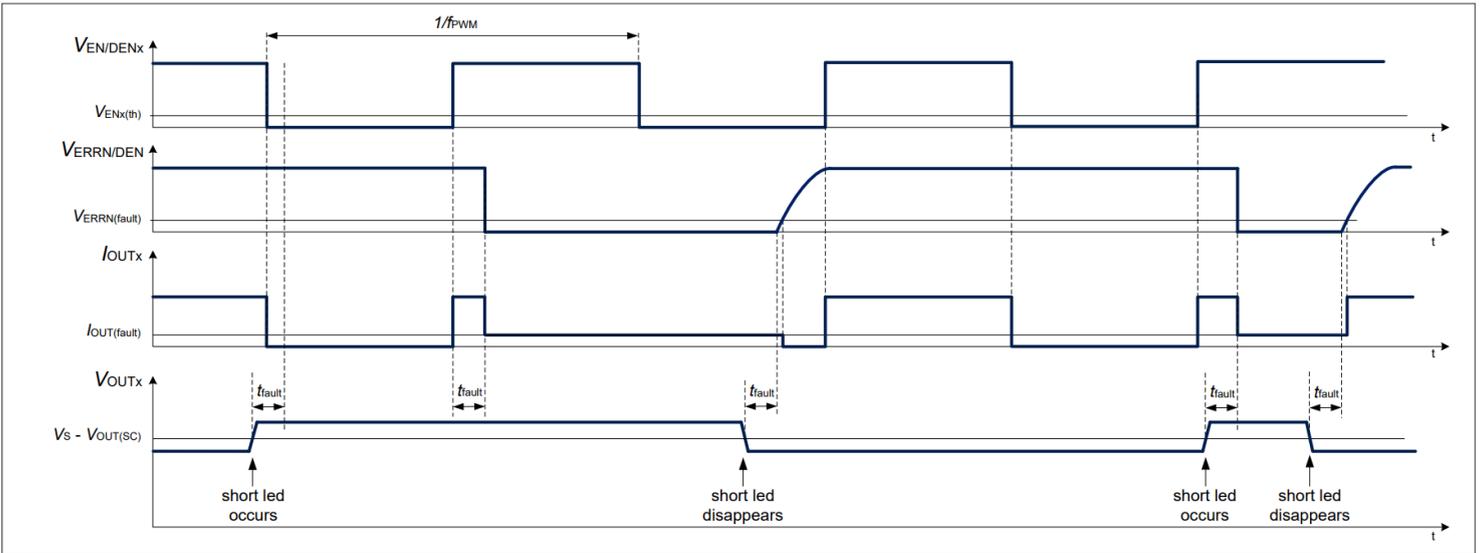


图 16 1-fail-all-ON 配置中的输出短路电源条件图示例,并在 EN/DENx 引脚上应用数字调光。

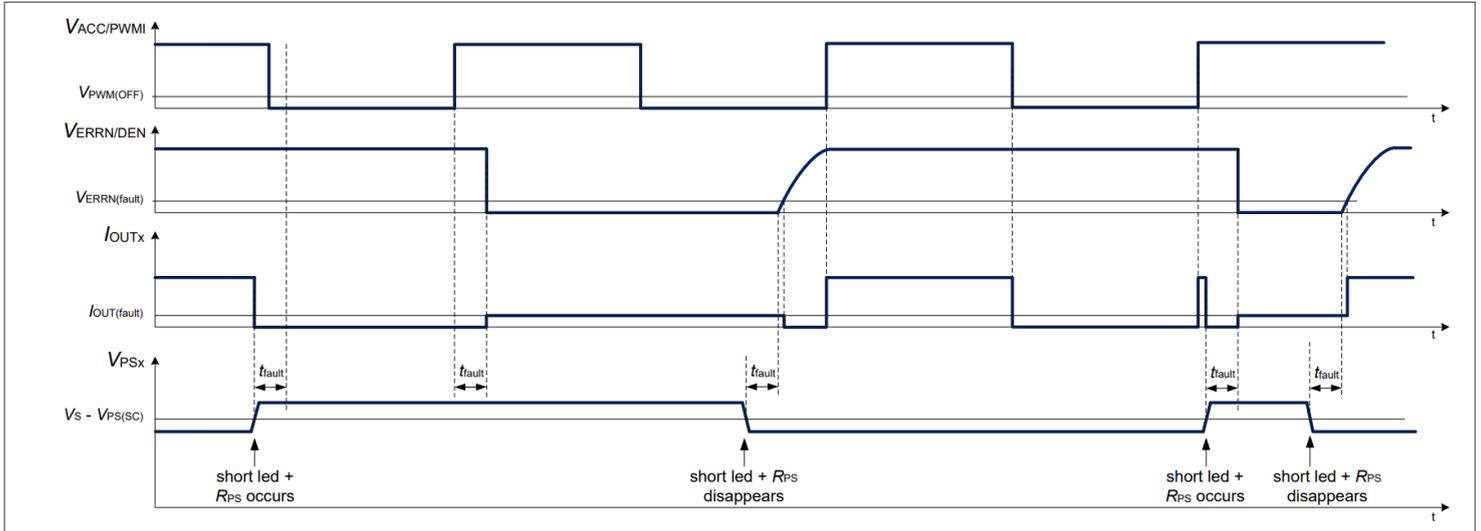


图 17 功率转移短路到供电条件图示例1-fail-all-ON 配置

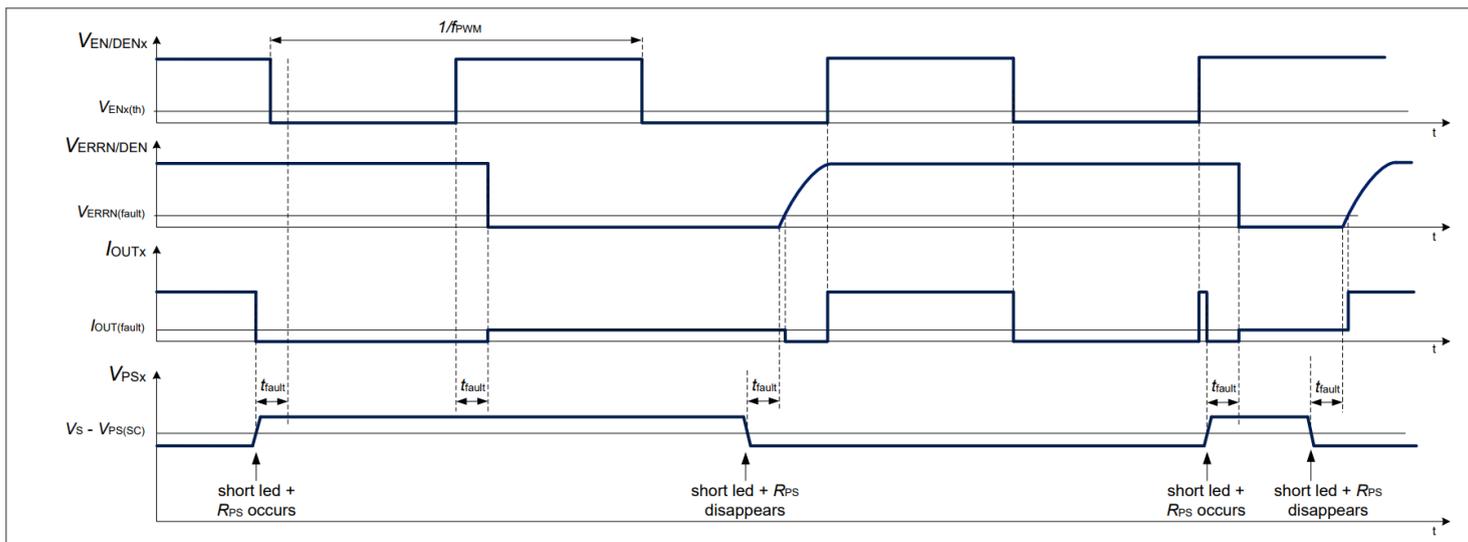


图 18 功率转移短路到供电条件图示例1-fail-all-ON 配置,在 EN/DENx 引脚上应用数字调光

## 10.4 电气特性

表 11 电气特性

$V_S = V_{S(\text{func})}$ ,  $T_J = T_{J(\text{func})}$ , 所有电压相对于地, 正电流流入引脚 (除非另有说明)

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			

### ERRN/DEN 引脚

ERRN fault threshold	$V_{ERRN(\text{fault})}$	0.7	-	0.9	V	-	PRQ-193
ERRN ON resistance	$R_{ERRN(\text{ON})}$	-	-	350	$\Omega$	$I_{ERRN/DEN} = 2 \text{ mA}$ Fault condition $V_{EN/DENx} > V_{DENx(\text{th})}$	PRQ-378
ERRN diagnosis enable threshold	$V_{ERRN(\text{DEN})}$	2.1	-	2.3	V	-	PRQ-255
ERRN pull-down current	$I_{ERRN\_PD}$	-	-	2	$\mu\text{A}$	No fault condition $V_{EN/DEN} > V_{DEN(\text{th})}$	PRQ-380

### 诊断使能

DEN diagnosis enable threshold	$V_{DENx(\text{th})}$	2.3	-	2.7	V	-	PRQ-246
--------------------------------	-----------------------	-----	---	-----	---	---	---------

### 保护措施

OL detection threshold	$V_{DR(\text{OL})}$	0.2	-	0.4	V	$V_{EN/DENx} > V_{DENx(\text{th})}$ $V_{ERRN/DEN} > V_{ERRN(\text{DEN})}$	PRQ-194
OUT SC detection threshold	$V_{OUT(\text{SC})}$	0.8	-	1.35	V	$V_{EN/DENx} > V_{DENx(\text{th})}$ $V_{ERRN/DEN} > V_{ERRN(\text{DEN})}$	PRQ-195

(表格续下页.....)

表 11 (续) 电气特性

$V_S = V_{S(\text{func})}$ ,  $T_J = T_{J(\text{func})}$ , 所有电压相对于地, 正电流流入引脚 (除非另有说明)

Parameter	Symbol	Values			Unit	Note or condition	P-Number
		Min.	Typ.	Max.			
PS SC detection threshold	$V_{PS(SC)}$	0.8	–	1.35	V	$V_{EN/DENx} > V_{DENx(th)}$ $V_{ERRN/DEN} > V_{ERRN(DEN)}$	PRQ-293
Fault detection current	$I_{OUT(fault)}$	–	–	650	$\mu\text{A}$	OL or SC fault condition $V_{EN/DENx} > V_{DENx(th)}$ $V_{ERRN/DEN} < V_{ERRN(fault)}$	PRQ-196

### Timings

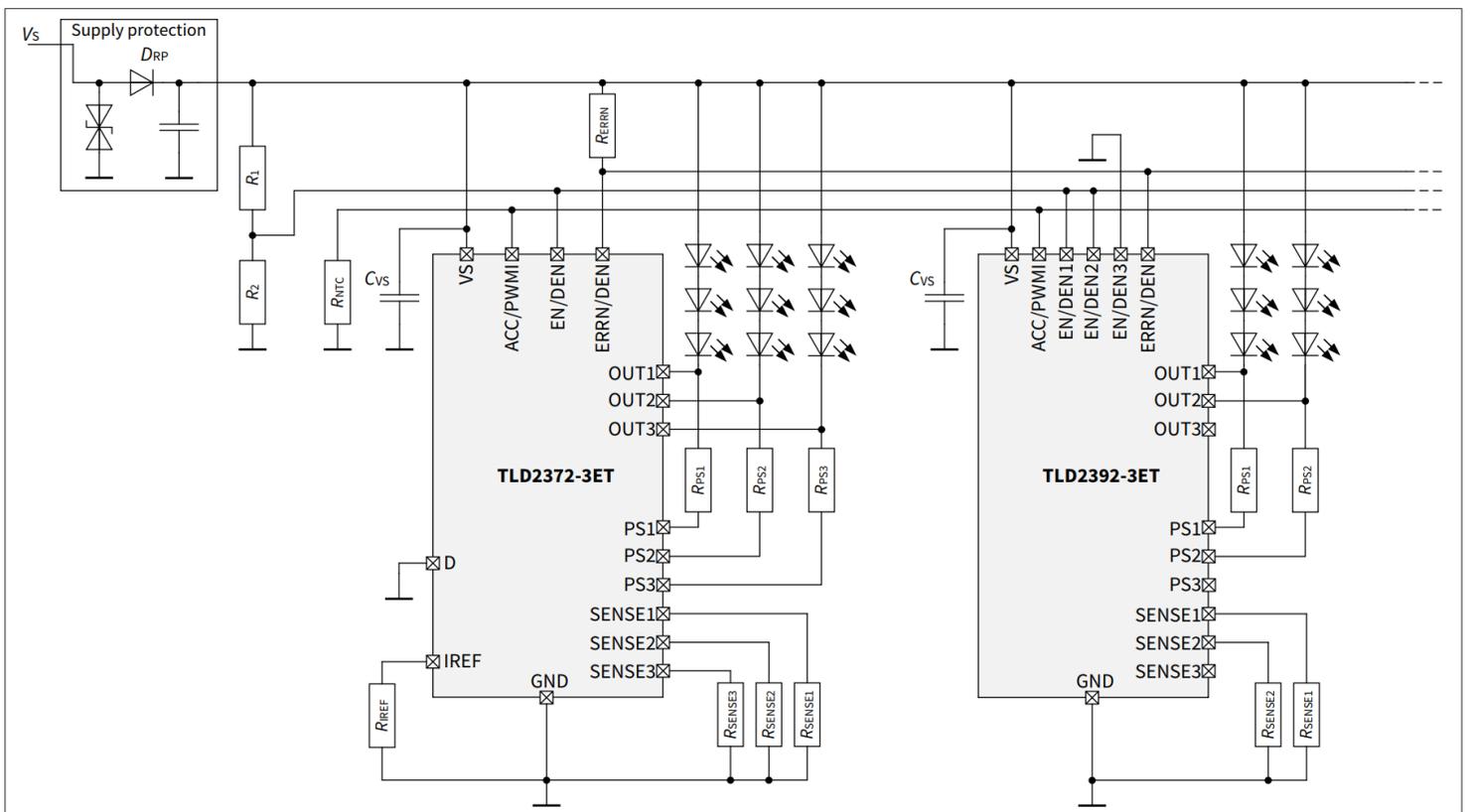
Fault to ERRN delay	$t_{\text{fault}}$	40	–	120	$\mu\text{s}$	$V_{EN/DENx} > V_{DENx(th)}$ $V_{ERRN/DEN} > V_{ERRN(DEN)}$	PRQ-212
---------------------	--------------------	----	---	-----	---------------	--	---------

## 11 应用信息

**注释：** 以下信息仅作为器件应用的提示，不应被视为对器件某种功能、条件或质量的描述或担保。

### 11.1 应用框图

**注释：** 此图为应用电路的简化示例。必须在应用中验证该功能。



**图 19** 共享网络中 5 通道照明功能的应用图示例，具有“一错全开”故障管理和中央热降额功能

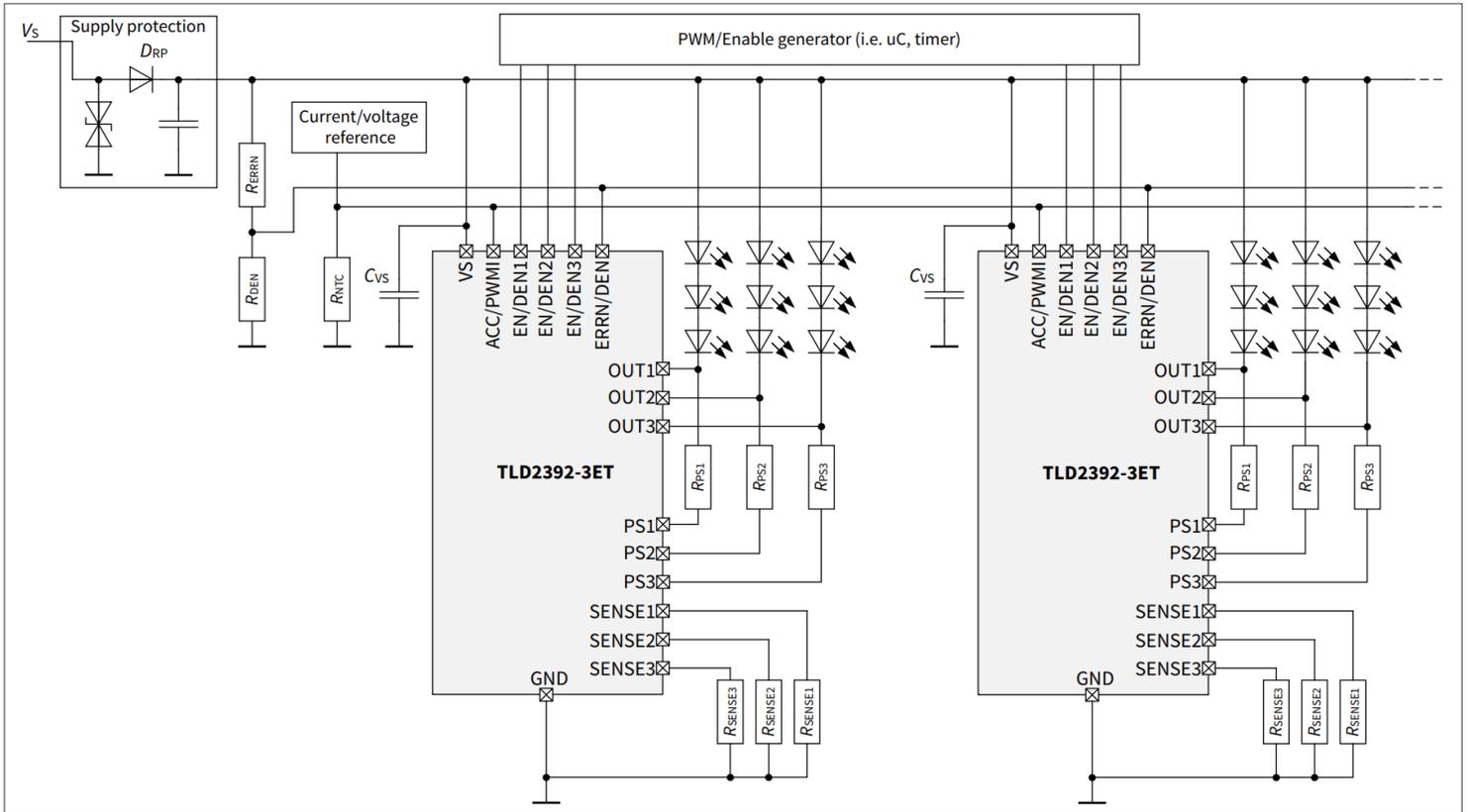


图 20 共享网络中动态照明功能的应用图示例，具有“一错全开”故障管理和中央热降额功能

## 12 封装信息

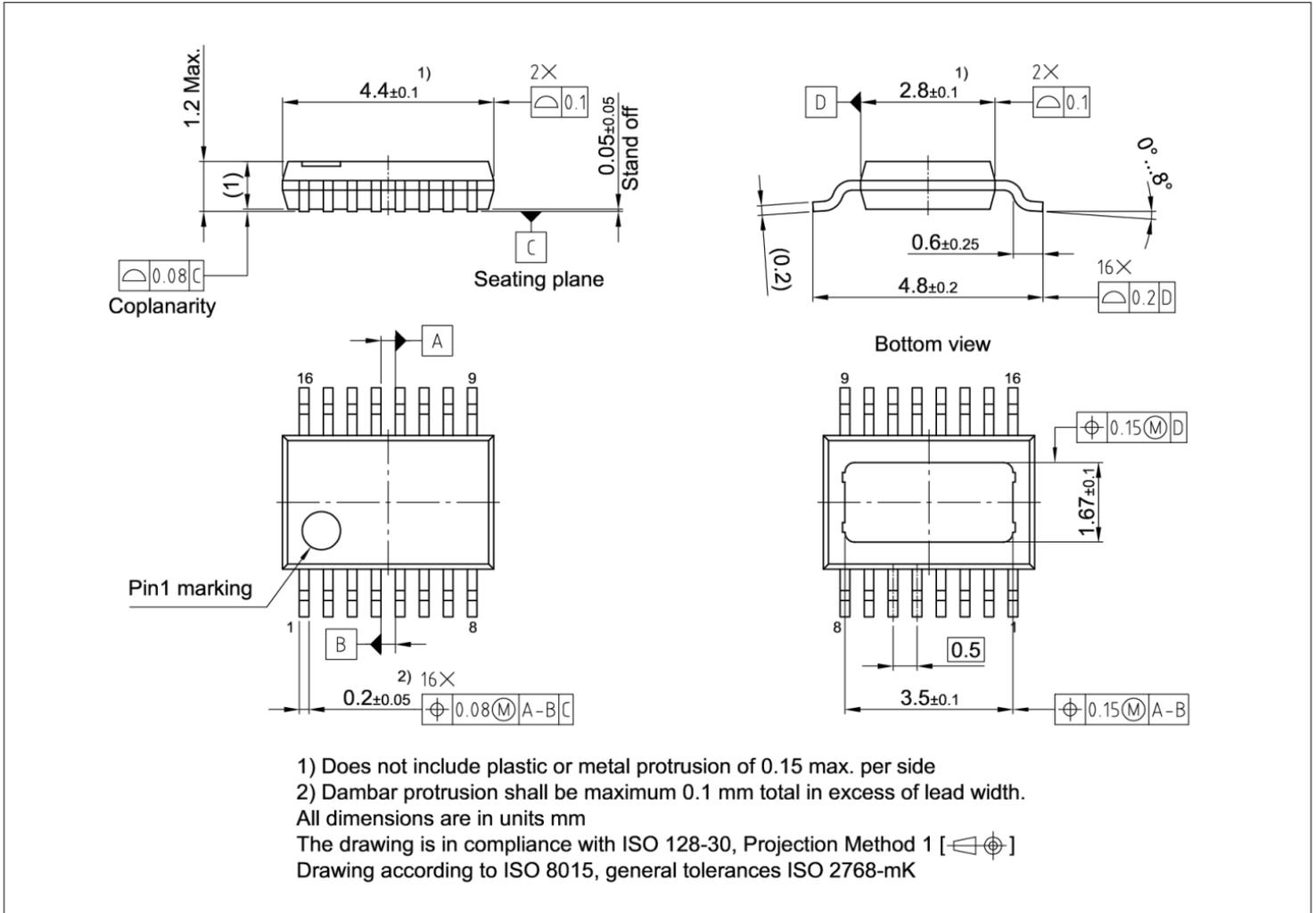


图 21 PG-TFDSO-16 封装外形 png

## 修订记录

Document version	Date of release	Description of changes
Rev. 1.00	2024-10-14	• Initial document release



## 免责声明

请注意，本文件的原文使用英文撰写，为方便客户浏览英飞凌提供了中文译文。该中文译文仅供参考，并不可作为任何论点之依据。

由于翻译过程中可能使用了自动化程序，以及语言翻译和转换过程中的差异，最后的中文译文与最新的英文版本原文含义可能存在不尽相同之处。

因此，我们同时提供该中文译文版本的最新英文原文供您阅读，请参见 <http://www.infineon.com>

英文原文和中文译文版本之间若存有任何歧异，以最新的英文版本为准，并且仅认可英文版本为正式文件。

**您如果使用本文件，即表示您同意并理解上述说明。英飞凌不对因翻译过程中可能存在的任何不完整或不准确信息而产生的任何直接或间接损失或损害负责。英飞凌不承担中文译文版本的完整性和准确性责任。如果您不同意上述说明，请不要使用本文件。**

## Trademarks

All referenced product or service names and trademarks are the property of their respective owners.

## 重要通知

版本 2026-01-26

Infineon Technologies AG 出版，  
德国 Neubiberg 85579

版权 © 2025 Infineon Technologies AG  
及其关联公司。  
保留所有权利。

Do you have a question about this  
document?

Email:

[erratum@infineon.com](mailto:erratum@infineon.com)

Infineon Technologies AG 及其关联公司（以下简称“英飞凌”）销售或提供和交付的产品（可能也包括样品，且可能由硬件或软件或两者组成）（以下简称“产品”），应遵守客户与英飞凌签订的框架供应合同或其他书面协议的条款和条件，如无上合同或其他书面协议，则应遵守适用的英飞凌销售条件。只有在英飞凌明确书面同意的情况下，客户的一般条款和条件或对适用的英飞凌销售条件的偏离才对英飞凌具有约束力。

为避免疑义，英飞凌不承担不侵犯第三方权利的所有保证和默示保证，例如对特定用途/目的的适用性或适销性的保证。

英飞凌对与样品、应用或客户对任何产品的具体使用有关的任何信息或本文件中给出的任何示例或典型值概不负责。

本文件中包含的数据仅供具有技术资格和技能的客户代表使用。客户有责任评估产品对预期应用和客户特定用途的适用性，并在预期应用和客户特定用途中验证本文件中包含的所有相关技术数据。客户有责任正确设计、编程和测试预期应用的功能性和安全性，并遵守与其使用相关的法律要求。

除非英飞凌另行明确批准，否则产品不得用于任何因产品故障或使用产品的任何后果可合理预期会导致人身伤害的应用。但是，上述规定并不妨碍客户在英飞凌明确设计和销售的使用领域中使用任何产品，但是客户对应用负有全部责任。

英飞凌明确保留根据适用法律，如《德国版权法》（UrhG）第 44b 条，将其内容用于商业资料和数据探勘（TDM）的权利。

如果产品包含安全功能：

由于任何计算设备都不可能绝对安全，尽管产品采取了安全措施，但英飞凌不保证产品不会被入侵、数据不会被盗或遗失，或不会发生其他漏洞（以下简称“安全漏洞”），英飞凌对任何安全漏洞不承担任何责任。

如果本文件包含或引用软件：

根据美国、德国和世界其他国家的知识产权法律和条约，该软件归英飞凌所有。英飞凌保留所有权利。因此，您只能按照软件附带的软件授权协议的规定使用本软件。

如果没有适用的软件授权协议，英飞凌特此授予您个人的、非排他性的、不可转让的软件知识产权授权（无权转授权）：(a) 对于以源代码形式提供的软件，仅在贵组织内部修改和复制该软件用于英飞凌硬件产品；及 (b) 对于以二进制代码 (binary code) 形式对外向终端用户分发该软件，仅得用于英飞凌硬件产品。禁止对本软件进行任何其他使用、复制、修改、翻译或编译。有关产品、技术、交货条款和条件以及价格的详细信息，请联系离您最近的英飞凌办公室或访问 <https://www.infineon.com>。