

### 概述

QPT4115E 是一款连续电感电流导通模式的降压恒流源，用于驱动一颗或多颗串联 LED。QPT4115E 输入电压范围从 6V 到 50V，输出电流可调，最大可达 1.5A。根据不同的输入电压和外部器件，QPT4115E 可以驱动高达数十瓦的 LED。

QPT4115E 内置功率开关，通过检测高压端的采样电阻上的电压来确定 LED 的平均电流。DIM 引脚可以接受模拟调光和宽范围的 PWM 调光。当 DIM 的电压低于 0.25V 时，功率开关关断，QPT4115E 进入极低工作电流的待机状态。

QPT4115E 采用 SOT89-5 封装。

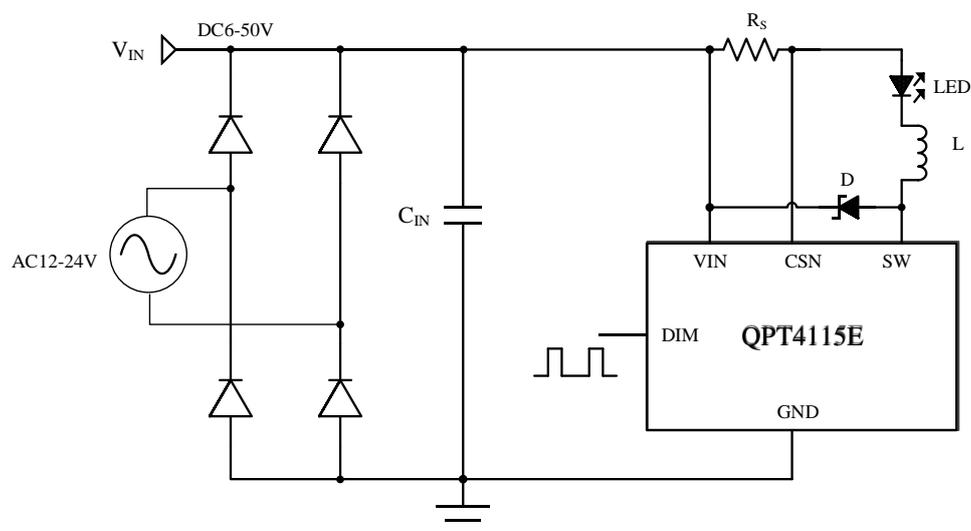
### 特点

- 极少的外部元器件
- 很宽的输入电压范围：从 6V 到 50V
- 高达 97% 的效率
- 最大输出 1.5A 的电流
- 复用 DIM 引脚进行 LED 开关、模拟调光和 PWM 调光
- 1MHz 的最高工作频率
- 3% 的输出电流精度
- LED 开路自然保护
- 输出可调的恒流控制方法
- 内置过温保护
- 通过 AECQ100 Grade1 认证

### 应用

- 低压 LED 射灯代替卤素灯
- 车载 LED 灯
- LED 备用灯
- LED 信号灯

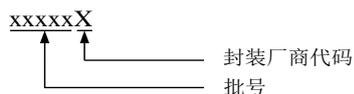
### 典型应用电路



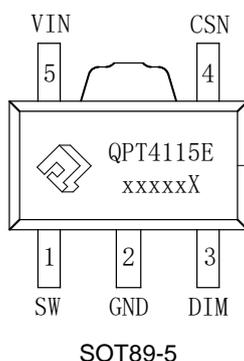
### 订购信息

封装	订购型号	包装运输	产品打印
SOT89-5	QPT4115EE89E	4000 颗/盘 编带	 QPT4115E xxxxxX

**Note:**



### 管脚



### 管脚描述

管脚号	管脚名称	描述
1	SW	功率开关的漏端
2	GND	信号和功率地
3	DIM	开关使能、模拟和 PWM 调光端
4	CSN	电流采样端，采样电阻接在 CSN 和 VIN 端之间
5	VIN	电源输入端，必须就近接旁路电容

### 极限参数<sup>(注1)</sup>

符号	参数	参数范围	单位
V <sub>IN</sub>	电源电压	-0.3~55	V
SW	功率开关的漏端	-0.3~55	V
CSN	电流采样端 (相对 VIN)	+0.3~(-6.0)	V
DIM	开关使能、模拟和 PWM 调光端	-0.3~6	V
I <sub>SW</sub>	功率开关输出电流	1.5	A
θ <sub>JA</sub>	热阻, SOT89-5	100	°C/W

T <sub>J</sub>	工作结温范围	-40 to 150	°C
T <sub>STG</sub>	储存温度范围	-55 to 150	°C
HBM	ESD <sup>(注2)</sup>	3	kV

### 推荐工作范围

符号	参数	参数范围	单位
I <sub>out</sub>	输出电流	≤1.5	A

**注 1:** 最大极限值是指超出该工作范围，芯片有可能损坏。电气参数定义了器件在工作范围内并且在保证特定性能指标的测试条件下的直流和交流电参数规范。对于未给定上下限值的参数，该规范不予保证其精度，但其典型值合理反映了器件性能。

**注 2:** 人体模型，100pF 电容通过 1.5kΩ 电阻放电。

### 电气参数<sup>(注3)</sup>

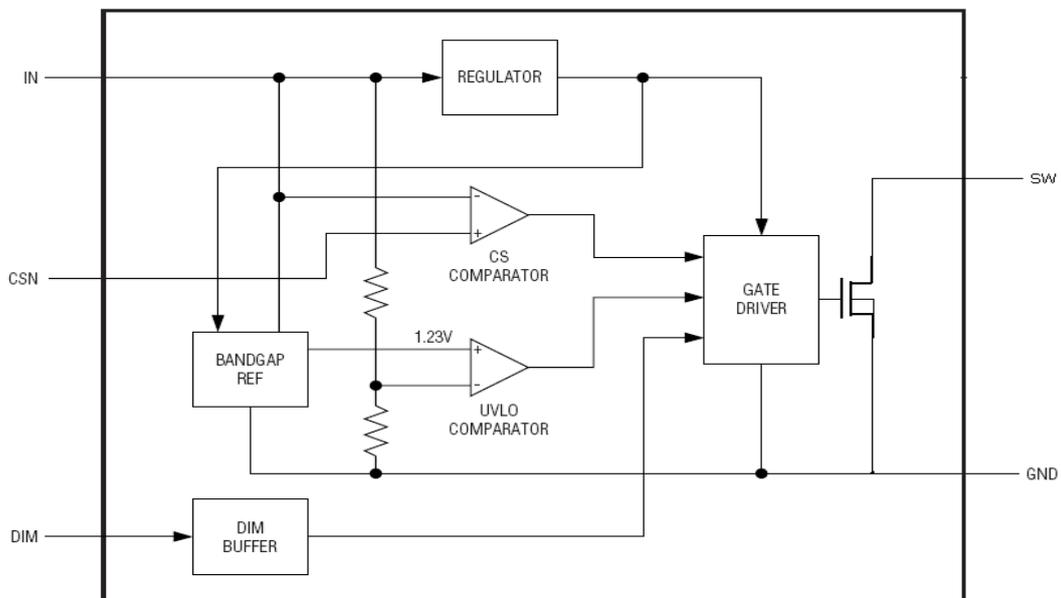
若无特别说明,  $V_{IN}=24V$ ,  $T_A=25^{\circ}C$

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>供电电压及电流</b>						
$V_{IN}$	输入电压		6		50	V
$V_{UVLO}$	欠压保护	$V_{IN}$ 下降		4.2		V
$V_{UVLO, HYS}$	欠压保护迟滞	$V_{IN}$ 上升		0.3		V
$I_{SD}$	关断电流	$V_{DIM}<0.3V$		60	100	$\mu A$
$I_{OFF}$	静态待机电流	无开关动作		160	300	$\mu A$
<b>电流采样</b>						
$V_{CSN}$	平均采样电压	$V_{IN}-V_{CSN}$	194	200	206	mV
$V_{CSN, hys}$	采样电压迟滞			$\pm 15$		%
$I_{CSN}$	CSN管脚输入电流	$V_{IN}-V_{CSN}=50mV$		8		$\mu A$
<b>DIM 输入</b>						
$V_{DIM}$	DIM内部电压源	DIM浮空		4.2		V
$V_{DIM\_PWMH}$	DIM输入高电平		2.5			V
$V_{DIM\_PWML}$	DIM输入低电平				0.25	V
$V_{DIM\_DC}$	模拟调光电压范围		0.5		2.5	V
$F_{DIM\_MIN}$	最低PWM调光频率			0.1		kHz
$F_{DIM\_MAX}$	最高PWM调光频率			20		kHz
$R_{DIM}$	内部电压源对DIM的上拉电阻			200		K $\Omega$
$I_{DIM\_H}$	DIM接高漏电流	$V_{DIM} = 5.0V$		2.8		$\mu A$
$I_{DIM\_L}$	DIM接地漏电流	$V_{DIM} = 0V$		22		$\mu A$
<b>功率开关</b>						
$R_{SW}$	SW导通电阻	$V_{IN} = 6V \sim 50V$		0.4		$\Omega$
$I_{SW\_mean}$	SW连续电流				1.5	A
$I_{LEAK}$	SW漏电流			0.5	5	$\mu A$

符号	参数	测试条件	最小值	典型值	最大值	单位
F <sub>SW</sub>	最大工作频率				1	MHz
<b>过热保护</b>						
T <sub>SD</sub>	过热保护温度			155		°C
T <sub>SD_HYS</sub>	过热保护迟滞			20		°C

注 3：典型参数值为 25°C 下测得的参数标准。规格书的最小、最大规范范围由测试保证，典型值由设计、测试或统计分析保证。

### 简化模块图



### 工作原理描述

QPT4115E和电感（L）、电流采样电阻（R<sub>S</sub>）形成一个自振荡的连续电感电流模式的降压型恒流LED控制器。

VIN上电时，电感（L）和电流采样电阻（R<sub>S</sub>）的初始电流为零，LED输出电流也为零。这时候，CS比较器的输出为高，内部功率开关导通，SW的电位为低。电流通过电感（L）、电流采样电阻（R<sub>S</sub>）、LED和内部功率开关从VIN流到地，电流上升的斜率由VIN、电感（L）和LED压降决定，在R<sub>S</sub>上产生一个压差V<sub>CSN</sub>，当(V<sub>IN</sub>-V<sub>CSN</sub>) > 230mV时，CS比较器的输出变低，内部功率开关关断，电流以另一个斜率流过电感（L）、电流采样电阻（R<sub>S</sub>）、LED和肖特基二极管（D），当(V<sub>IN</sub>-V<sub>CSN</sub>) < 170mV时，功率开关重新打开，这样使得在LED上的平均电流为

$$I_{OUT} = \frac{0.17 + 0.23}{2 \times R_S} = 0.2 / R_S$$

高压端电流采样结构使得外部元器件数量很少，采用 1%精度的采样电阻，LED 输出电流控制在±5%的精度。

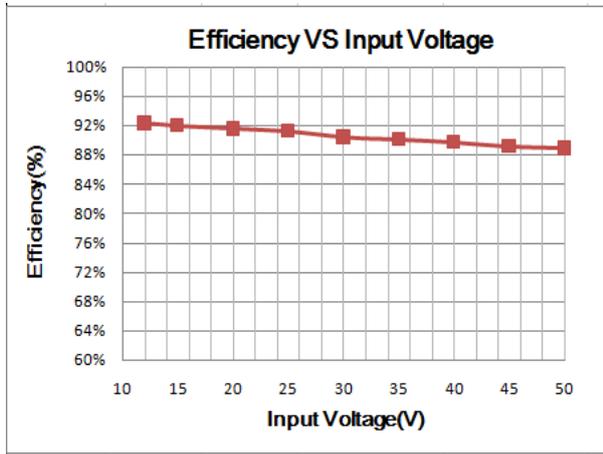
QPT4115E 可以在 DIM 管脚加 PWM 信号进行调光，DIM 管脚电压低于 V<sub>DIM\_PWML</sub> 时关断 LED 电流，高于 V<sub>DIM\_PWMH</sub> 时完全打开 LED 电流，PWM 调光的频率范围从 100Hz 到 20KHz。最高调光频率视工作频率而定。

DIM 管脚也可以通过外加直流电压设置 LED 电流（模拟调光），最大 LED 电流由采样电阻 R<sub>S</sub> 决定。直流电压的有效调光范围是 0.5V 到 2.5V。当外加直流电压高于 2.5V，输出 LED 电流保持恒定，并由(0.2/R<sub>S</sub>)设定。LED 电流还可以通过 DIM 到地之间接一个电阻到进行调节，内部有一个上拉电阻 R<sub>DIM</sub> 接在内部稳压电压 V<sub>DIM</sub> 上。当加在 DIM 上的电压低于 V<sub>DIM\_PWML</sub> 时，内部功率开关关断，LED 电流降为零。关断期间，内部稳压电路保持待机工作，静态电流为 I<sub>OFF</sub>。

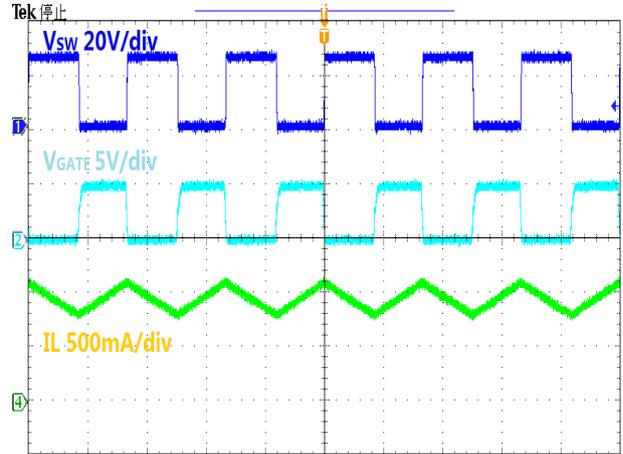
此外，为了保证可靠性，QPT4115E内部包含过热保护功能（TSD），封装含有散热PAD。过热保护功能在芯片过热（155℃）时保护芯片和系统，外部的散热PAD增强了芯片散热能力，使芯片可以有更高的功耗，于是，QPT4115E能够安全地输出较大电流。QPT4115E还可以通过DIM管脚外接热敏电阻（NTC）到LED附近，检测温度动态调节LED电流用以保护LED。

### 特性曲线

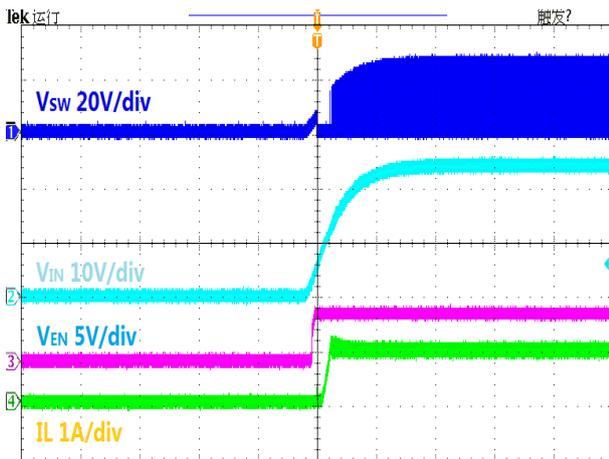
若无特别说明,  $V_{IN}=24V$ ,  $V_{OUT}=3*3V$  LED,  $I_{OUT}=1A$ ,  $T_A=25^\circ C$



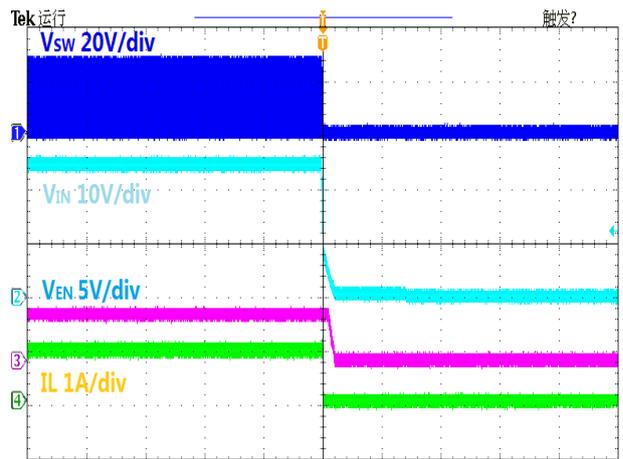
系统效率



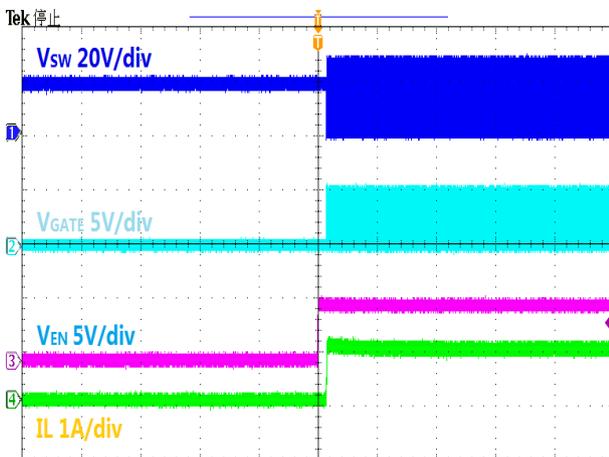
稳态工作波形



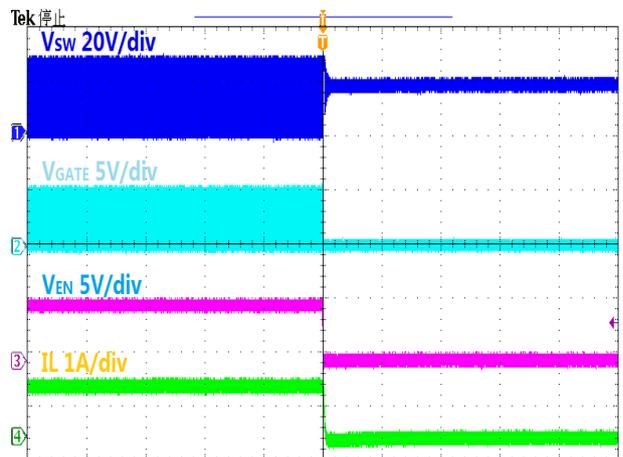
开机波形



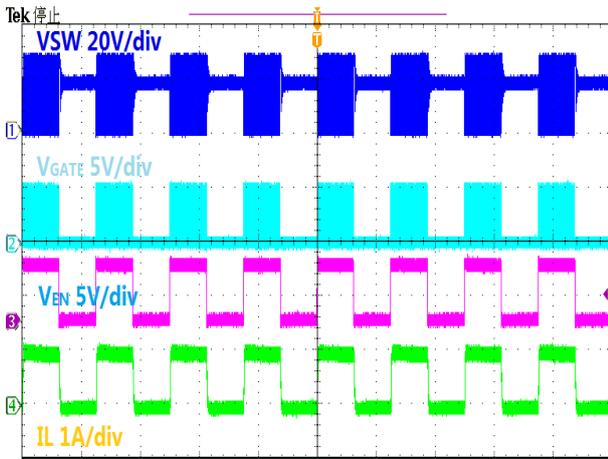
关机波形



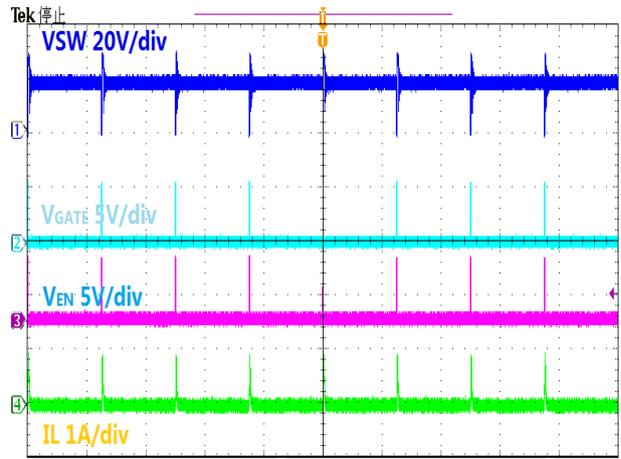
使能波形



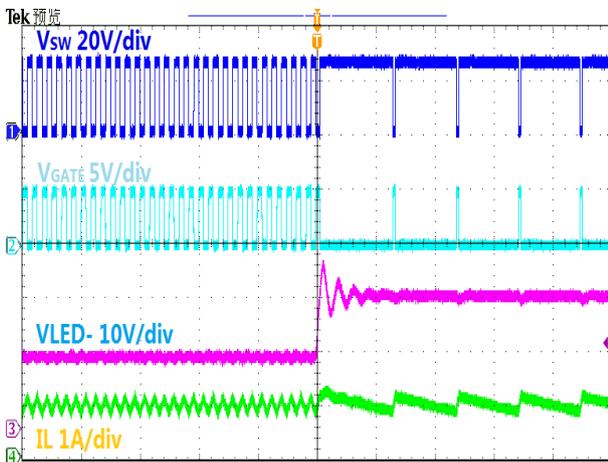
关机波形



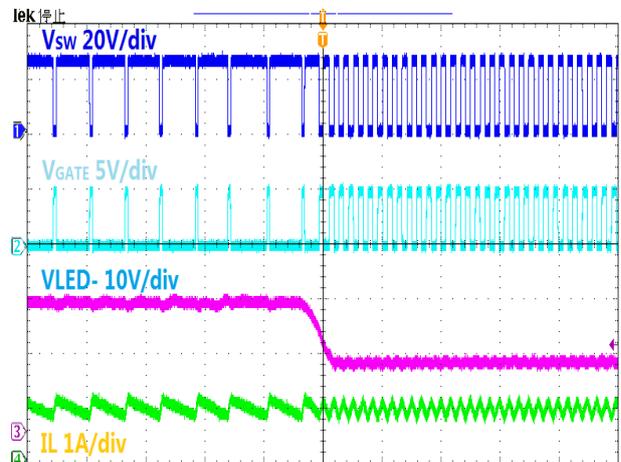
PWM 调光 (50% 占空比)



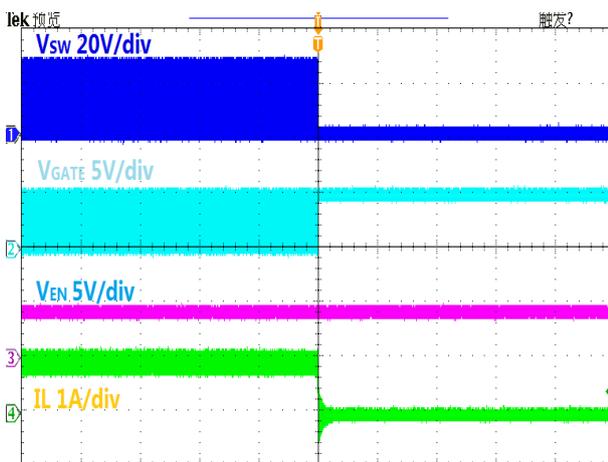
PWM 调光 (1% 占空比)



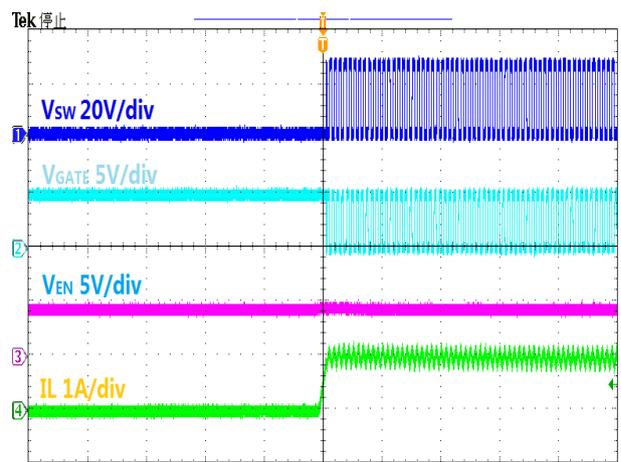
LED 短路



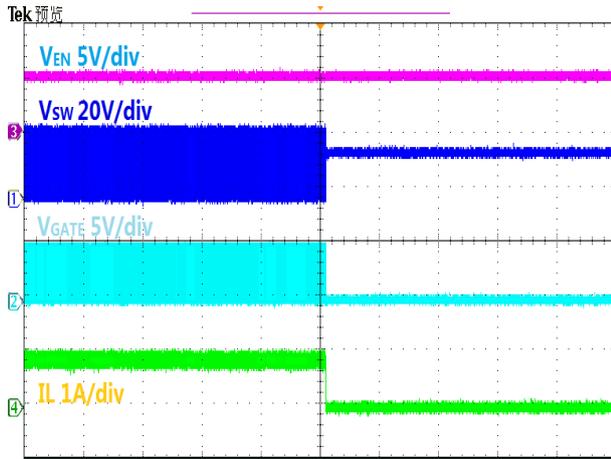
LED 短路恢复



LED 开路



LED 开路恢复



Rcs 开路

### 应用说明

#### 通过外部电流采样电阻 $R_s$ 设定LED平均电流

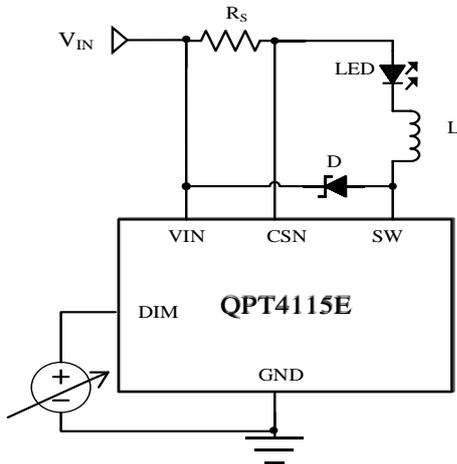
LED的平均电流由连接在VIN和CSN两端的电阻 $R_s$ 决定：

$$I_{OUT} = \frac{0.2}{R_s}$$

上述等式成立的前提是DIM端浮空或外加DIM端电压高于2.5V（但必须低于5V）。实际上， $R_s$ 是设定了LED的最大输出电流，通过DIM端，LED实际输出电流能够调小到任意值。

#### 通过直流电压实现模拟调光

DIM端可以外加一个直流电压调小LED输出电流，最大LED输出电流由 $(0.2/R_s)$ 设定，如图所示：



LED 平均输出电流计算公式：

$$I_{OUT} = \frac{0.2 \times V_{DIM}}{2.5 \times R_s} \quad (0.5V \leq V_{DIM} < 2.5V)$$

$V_{DIM}$ 在2.5V~5.0V的范围内LED保持100%电流：

$$I_{OUT} = \frac{0.2}{R_s}$$

#### 通过PWM信号实现调光

LED的最大平均电流由连接在VIN和CSN两端的电阻 $R_s$ 决定，通过在DIM管脚加入可变占空比的PWM信号可以调小输出电流以实现调光，计算方法如下所示：

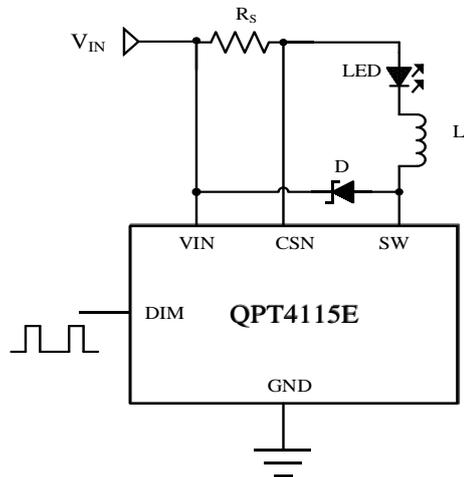
$$I_{OUT} = \frac{0.2 \times D}{R_s}$$

$(0 \leq D \leq 100\%, 2.5V \leq V_{DIM\_PWMH} < 5V)$

如果高电平小于2.5V，则

$$I_{OUT} = \frac{V_{DIM\_PWMH} \times 0.2 \times D}{2.5 \times R_s}$$

$(0 \leq D \leq 100\%, 0.5V \leq V_{DIM\_PWMH} < 2.5V)$



通过PWM调光，LED的输出电流可以从0%到100%变化。LED的亮度是由PWM信号的占空比决定的。例如PWM信号25%占空比，LED的平均电流为 $(0.2/R_s)$ 的25%。建议设置PWM调光频率在100Hz以上，以避免人的眼睛可以看到LED的闪烁。PWM调光比模拟调光的优势在于不改变LED的色度。QPT4115E调光频率最高20kHz。

#### 软启动模式：

通过在DIM接入一个外部电容，使得启动时DIM端电压缓慢上升，这样LED的电流也缓慢上升，从而实现软启动。

#### LED开路

QPT4115E具有内在开路保护功能，负载一旦开路，芯片的SW处于悬空状态，芯片将被设置于安全的低功率模式，因此LED负载开路时LED和芯片都是安全的。负载重新连接后进入正常的工作状态。

#### 旁路电容

在电源输入必须就近接一个低等效串联电阻（ESR）的旁路电容，ESR越大，效率损失会变大。该旁路电容要能承受较大的峰值电流，并能使电源的输入电流平均，减小对输入电源的冲击。直流输入时，该旁路电容的最小值为4.7uF，在交流输入或低电压输入，旁路电容需要100uF的钽电容或类似电容。该旁路电容尽可能靠近芯片的输入管脚。为了保证在不同温度和工作电压下的稳定性，建议使用X5R/X7R的电容。

### 选取电感

电感值越小，系统的工作频率越高，开关损耗也越大。对于大多数的应用，推荐系统工作频率为100KHz~500KHz，根据系统频率，可以推算出电感感量：

$$L = \frac{(1 - V_{OUT} / V_{IN}) \times V_{OUT}}{0.3 * I_{OUT} * F_{sw}}$$

这里：

L：电感感量，单位为mH

$V_{OUT}$ ：输出LED的电压，单位为V

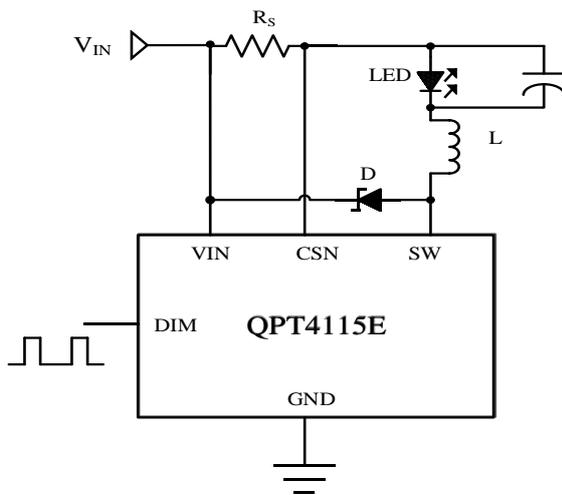
$V_{IN}$ ：输入电压，单位为V

$I_{OUT}$ ：输出LED的电流，单位为A

$F_{sw}$ ：系统开关频率，单位为KHz

### 降低输出纹波

如果需要减少输出电流纹波，一个最有效的方法即在LED的两端并联一个电容，连接方式如图所示：



1uF的电容可以使输出纹波减少大约1/3。适当地增大输出电容可以更好地抑制输出纹波。

### IC过热保护(TSD)

QPT4115E 内部设置了过温保护功能 (TSD), 以保证系统稳定可靠的工作。当 IC 芯片温度超出 155°C, IC 就会进入 TSD 保护状态并停止电流输出, 而当温度低于 135°C 时, IC 会重新恢复至工作状态。

### PCB布板的注意事项

合理的 PCB 布局 对于最大程度保证系统稳定性以及低噪声来说很重要。使用多层 PCB 板是避免噪声干扰的一种很有效的办法。为了有效减小电流回路的噪声，输入旁路电容应当另行接地。PCB 铜箔与 QPT4115E 的散热 PAD 和 GND 的接触面积要尽可能大，以利散热。

### VIN端

为了保证芯片的供电稳定，VIN 引脚就近对 GND 放置一个旁路电容。

### SW端

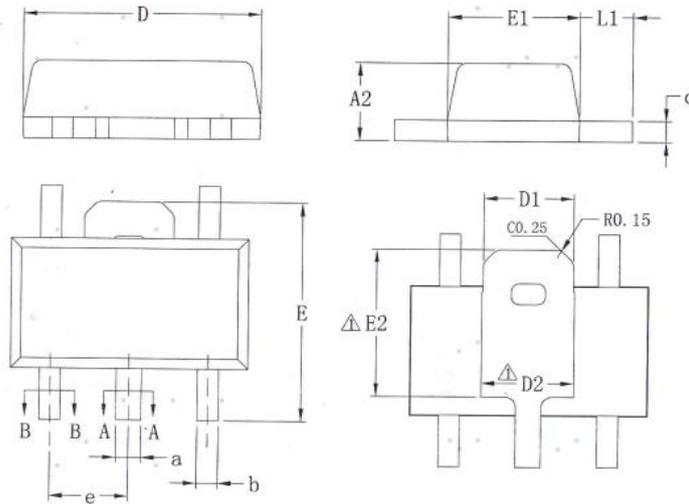
SW 端处在快速开关的节点，所以 PCB 走线应当尽可能短，另外芯片的 GND 端应保持尽量良好的接地。

### 电感、电流采样电阻

电应当距离相应管脚尽可能的近一些，否则会影响整个系统的效率。另外一个需要注意的事项是尽量减小  $R_s$  两端走线引起的寄生电阻，以保证采样电流的准确。

### 封装信息

#### SOT89-5 封装



SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A2	1.40	1.50	1.60
b	0.38	—	0.46
b1	0.37	0.40	0.43
c	0.38	—	0.42
c1	0.37	0.38	0.39
a	0.46	—	0.56
a1	0.45	0.48	0.51
D	4.40	4.50	4.60
D1	1.62	—	1.83
E	3.95	—	4.25
E1	2.40	2.50	2.60
e	1.50BSC		
L1	0.89	—	1.20

L/F Size (mm)	Size (mm)	Δ D2	Δ E2
85*70	1.75REF	2.84REF	

### 华润微集成电路（无锡）有限公司

#### CRM ICBG (wuxi) Co., Ltd.

总部地址：江苏省无锡市菱湖大道 180-6 电话：0510-85810118

上海分公司地址：上海市静安区市北智汇园汶水路 299 弄 12 号 电话：021-60738989

深圳分公司地址：深圳市宝安区兴业路 1100 号前海人寿金融中心 T2 楼 29 层 电话：0755-33088860

#### 注意：

建议您在使用华润微产品之前仔细阅读本资料。希望您经常和华润微有关部门进行联系，索取最新资料，因为华润微产品在不断更新和提高。本资料中的信息如有变化，恕不另行通知。

本资料仅供参考，华润微不承担任何由此而引起的损失。华润微不承担任何在使用过程中引起的侵犯第三方专利或其它权利的责任。

华润微集成电路(无锡)有限公司有权对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改，并有权中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息，并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的华润微集成电路(无锡)有限公司销售条款与条件。

华润微集成电路(无锡)有限公司保证其所销售的产品的性能符合产品销售时半导体产品销售条件与条款的适用规范。仅在华润微集成电路(无锡)有限公司保证的范围内，且华润微集成电路(无锡)有限公司认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非适用法律做出了硬性规定，否则没有必要对每种产品的所有参数进行测试。

华润微集成电路(无锡)有限公司对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用华润微集成电路(无锡)有限公司的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险，客户应提供充分的设计与操作安全措施。

华润微集成电路(无锡)有限公司产品未获得用于 FDA Class III（或类似的生命攸关医疗设备）的授权许可，除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使用的特别协议。

只有那些华润微集成电路(无锡)有限公司特别注明属于军用等级或“增强型塑料”的华润微集成电路(无锡)有限公司产品才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的。购买者认可并同意，对并非指定面向军事或航空航天用途的华润微集成电路(无锡)有限公司产品进行军事或航空航天方面的应用，其风险由客户单独承担，并且由客户独力负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

华润微集成电路(无锡)有限公司未明确指定符合 IATF16949 要求的产品不能应用于汽车。在任何情况下，因使用非指定产品而无法达到 IATF16949 要求，华润微集成电路(无锡)有限公司不承担任何责任。