

## 同步降压-升压型 主/相机白光 LED 驱动器

### 特点

- 高效率：在整个锂离子电池范围内  $\geq 85\%$
- 宽  $V_{IN}$  范围：2.7V 至 5.5V
- 独立主/相机电流控制
- 高达 425mA 的连续输出电流
- 内部软起动
- 开路/短路 LED 保护
- PWM 亮度控制
- LED 电流匹配误差通常  $< 2.5\%$
- 1MHz 恒定频率操作
- 低停机电流：6.5 $\mu$ A
- 过热保护
- 小巧的耐热增强型 20 引脚 (4mm  $\times$  4mm) QFN 封装

### 应用

- 蜂窝电话
- 数码相机
- PDA
- 便携式设备

### 描述

LTC<sup>®</sup>3452 是一款同步降压-升压型 DC/DC 转换器，专为从单节锂离子电池输入来驱动两组白光 LED 而优化。在低功率 LED 组中，该器件可驱动多达 5 个并联的 LED，每个 LED 的驱动电流高达 25mA，而在高功率 LED 组中，可驱动两个 LED，每个 LED 的驱动电流高达 150mA (或者一个 LED，驱动电流为 300mA)。根据输入电压和 LED 最大正向电压的不同，稳压器可工作在同步降压、同步升压或降压-升压模式。通过检测哪个 LED 在其设定电流条件下需要最大的正向压降进而调节共用输出电压以实现最低压差，可获得最佳效率。在锂离子电池的整个可用范围内 (2.7V 至 4.2V) 可实现 85% 的效率。

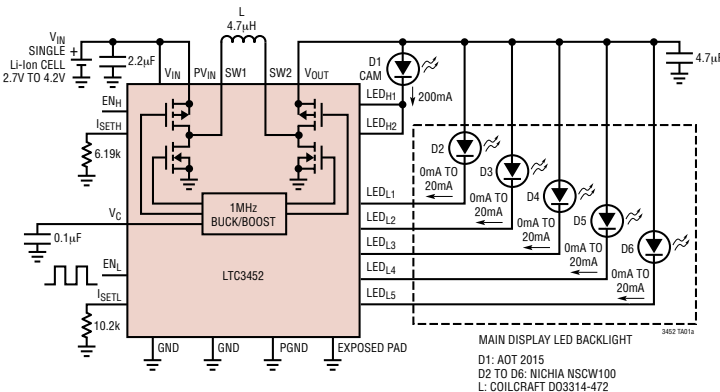
每个 LED 显示屏的最大 LED 电流可利用单个外部电阻器来设置。双使能引脚允许在低功率 LED 组中进行 PWM 亮度控制，并在高电流 LED 组中进行独立的接通/关断控制 (最适合于 LED 照相闪光灯应用)。在停机模式中，电源电流仅为 6.5 $\mu$ A。

1MHz 的高恒定工作频率允许采用小型外部电感器。LTC3452 采用扁平 (高度仅为 0.75mm) 的耐热增强型 20 引脚 (4mm  $\times$  4mm) QFN 封装。

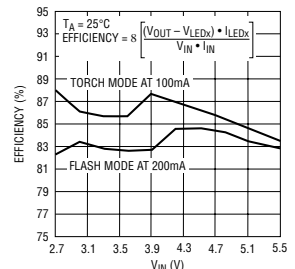
LT、LTC 和 LT 是凌力尔特公司的注册商标。  
所有其他商标均为其各自拥有者的产权。

### 典型应用

5  $\times$  20mA 白光 LED 显示屏 + 200mA 相机照明灯驱动器



“手电筒”和  
“闪光灯”模式效率



# LTC3452

## 绝对最大额定值 (注1)

$V_{IN}$ ,  $PV_{IN}$ ,  $SW1$ ,  $SW2$ ,  $V_{OUT}$  电压 .....  $-0.3V$  至  $6V$   
 $LED_{L1}$  至  $LED_{L5}$  电压 .....  $-0.3V$  至  $(V_{IN} + 0.3V)$  或  $6V$   
 $LED_{H1}$ ,  $LED_{H2}$  电压 .....  $-0.3V$  至  $(V_{IN} + 0.3V)$  或  $6V$   
 $V_C$ ,  $EN_L$ ,  $EN_H$ ,  $I_{SETL}$ ,  
 $I_{SETH}$  电压 .....  $-0.3V$  至  $(V_{IN} + 0.3V)$  或  $6V$   
 $LED_{L1}$  至  $LED_{L5}$  电流 .....  $50mA$   
 $LED_{H1}$ ,  $LED_{H2}$  电流 .....  $250mA$   
 工作温度范围 (注2) .....  $-40^{\circ}C$  至  $85^{\circ}C$   
 结温 (注3) .....  $125^{\circ}C$   
 贮存温度范围 .....  $-65^{\circ}C$  至  $125^{\circ}C$

## 封装/订购信息

TOP VIEW

20-LEAD (4mm 4mm) PLASTIC QFN

$T_{JMAX} = 125^{\circ}C$ ,  $\theta_{JA} = 40^{\circ}C/W$   
 EXPOSED PAD (PIN 21) IS GND, MUST BE SOLDERED TO PCB

产品型号	UF 器件标记
LTC3452EUF	3452

**订购选项** 卷带: 加 #TR  
 无铅型: 加 #PBF 无铅型卷带: 加 #TRPBF  
 无铅型器件标记: <http://www.linear.com/leadfree/>

对于规定工作温度范围更宽的器件, 请咨询凌力尔特公司。

## 电特性 凡标注 ● 表示该指标适合整个工作温度范围, 否则仅指 $T_A = 25^{\circ}C$ 。 $V_{IN} = PV_{IN} = V_{OUT} = 3.6V$ , 除非特别注明。(注2)

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
输入电源电压 ( $V_{IN}$ )	●	2.7		5.5	V
输入 DC 电源电流					
正常操作	$2.7V \leq V_{IN} \leq 5.5V$ , $R_{ISETL} = R_{ISETH} = 51.1k$ , $I_{LEDx} = 0$ (注4)		0.6	1	mA
待机模式	$2.7V \leq V_{IN} \leq 5.5V$ , $V_{ENL} = V_{ENH} = 0V$		6.5	18	$\mu A$
UVLO	$V_{IN} < UVLO$ 门限		3	5	$\mu A$
欠压闭锁门限	$V_{IN}$ 上升	●		2.0	V
	$V_{IN}$ 下降		1.6	1.87	V
正常操作的 $EN_{L,H}$ DC 门限 ( $V_{IH}$ )	$2.7V \leq V_{IN} \leq 5.5V$ , $V_{ENL,H}$ 上升	●	0.54	1.2	V
待机模式的 $EN_{L,H}$ DC 门限 ( $I_{LEDx} = 0$ ) ( $V_{IL}$ )	$2.7V \leq V_{IN} \leq 5.5V$ , $V_{ENL,H}$ 下降	●	0.2	0.52	V
$EN_{L,H}$ 输入电流 ( $I_{IH}$ , $I_{IL}$ )	$2.7V \leq V_{IN} \leq 5.5V$	●	-1	1	$\mu A$
$EN_L$ PWM 频率	$2.7V \leq V_{IN} \leq 5.5V$ (注5)	●	10		kHz
$I_{SETL,H}$ 伺服电压	$R_{ISETL} = R_{ISETH} = 20k$		788	800	mV
		●	780	800	mV
$LED_{Hx}$ 输出电流比 ( $I_{LEDHx}/I_{SETH}$ )	$I_{LEDHx} = 100mA$ , $V_{LEDHx} = 300mV$		730	768	mA/mA
		●	714	768	mA/mA
$LED_{Hx}$ 输出电流匹配	$(Max - Min)/[(Max + Min)/2] \cdot 100\%$ , $I_{LEDHx} = 100mA$ , $V_{LEDHx} = 300mV$ , $2.7V \leq V_{IN} \leq 5.5V$		1	6	%
$LED_{Hx}$ 引脚电压	$I_{LEDHx} = 100mA$		250		mV

3452f

**电特性** 凡标注 ● 表示该指标适合整个工作温度范围，否则仅指  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。  $V_{IN} = PV_{IN} = V_{OUT} = 3.6\text{V}$ ，除非特别注明。(注 2)

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
LED <sub>Lx</sub> 输出电流比 ( $I_{LEDLx}/I_{SETL}$ ) (注 6)	$I_{LEDLx\ MAX} = 20\text{mA}$ ， $V_{LEDLx} = 300\text{mV}$ PWM 占空比 = 6%	● 1.8 1.75	2 2	2.16 2.21	mA/mA mA/mA	
	PWM 占空比 = 19%	● 3.66 3.56	4 4	4.28 4.38	mA/mA mA/mA	
	PWM 占空比 = 31%	● 7.32 7.12	8 8	8.56 8.76	mA/mA mA/mA	
	PWM 占空比 = 44%	● 14.72 14.32	16 16	17.04 17.44	mA/mA mA/mA	
	PWM 占空比 = 56%	● 29.44 28.64	32 32	33.92 34.56	mA/mA mA/mA	
	PWM 占空比 = 69%	● 58.88 57.92	64 64	67.2 68.16	mA/mA mA/mA	
	PWM 占空比 = 81%	● 117.12 114.56	128 128	134.4 137.6	mA/mA mA/mA	
	PWM 占空比 = 94%	● 234.24 229.12	256 245	268.8 272.64	mA/mA mA/mA	
LED <sub>Lx</sub> 输出电流匹配	$(\text{Max} - \text{Min})/[(\text{Max} + \text{Min})/2] \cdot 100\%$ ， $I_{LEDLx} = 20\text{mA}$ ， $V_{LEDLx} = 300\text{mV}$		2.5	8	%	
LED <sub>Lx</sub> 引脚电压	$I_{LEDLx} = 20\text{mA}$		130		mV	
已调最大 $V_{OUT}$	$V_{LEDLx} = V_{LEDHy} = 0\text{V}$	● 4.35	4.5	4.75	V	
PMOS 开关 $R_{ON}$	开关 A 和 D (在 100mA 电流条件下)		210		mΩ	
NMOS 开关 $R_{ON}$	开关 B 和 C (在 100mA 电流条件下)		205		mΩ	
正向电流限值	开关 A		1000	1600	2400	mA
反向电流限值	开关 D			200		mA
PMOS 开关漏电流	开关 A 和 D		-1		1	μA
NMOS 开关漏电流	开关 B 和 C		-1		1	μA
振荡器频率			0.9	1	1.1	MHz
软启动时间				650		μs

**注 1：**高于“绝对最大额定值”部分所列数值的应力有可能对器件造成永久性的损害。在任何绝对最大额定值条件下暴露的时间过长都有可能影响器件的可靠性和使用寿命。

**注 2：**LTC3452E 保证在  $0^\circ\text{C}$  至  $70^\circ\text{C}$  的范围内满足规定性能要求。在  $-40^\circ\text{C}$  至  $85^\circ\text{C}$  工作温度范围内的指标通过设计、特性分析和统计过程中的相关性来保证。

**注 3：** $T_J$  是根据以下公式由环境温度  $T_A$  和功耗  $P_D$  计算而得的：

$$T_J = T_A + (P_D \cdot \theta_{JA}^\circ\text{C/W})$$

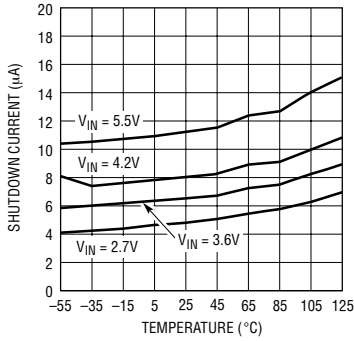
**注 4：**由于以开关频率输送的栅极电荷的缘故，动态电源电流因而更高。

**注 5：**在该应用中不要超过 50kHz 的 PWM 频率。

**注 6：**该参数是在一个使条件与由所示的占空比所设置的条件等效的电路结构中进行测试的。

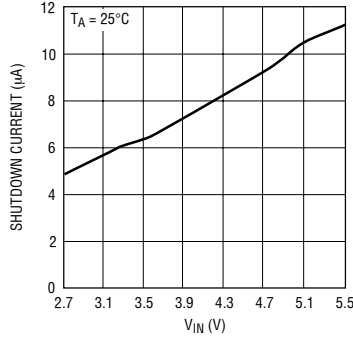
## 典型性能特征

停机电流与温度的关系曲线



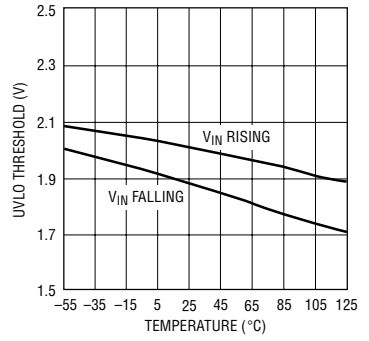
3452 G01

停机电流与  $V_{\text{IN}}$  的关系曲线



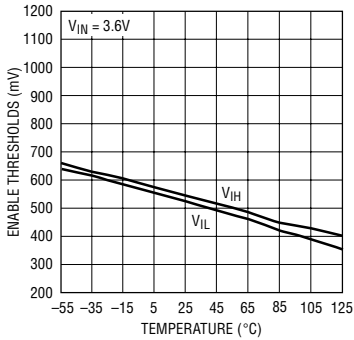
3452 G02

欠压闭锁门限与温度的关系曲线



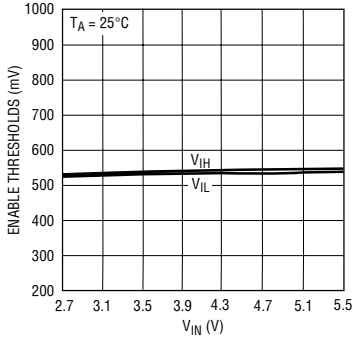
3452 G03

使能门限与温度的关系曲线



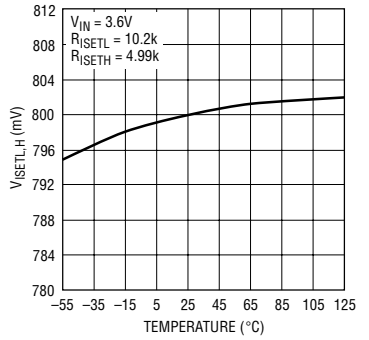
3452 G04

使能门限与  $V_{\text{IN}}$  的关系曲线



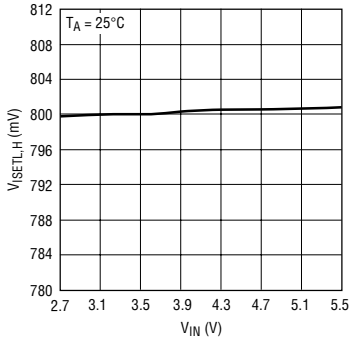
3452 G05

$I_{\text{SETL,H}}$  伺服电压与温度的关系曲线



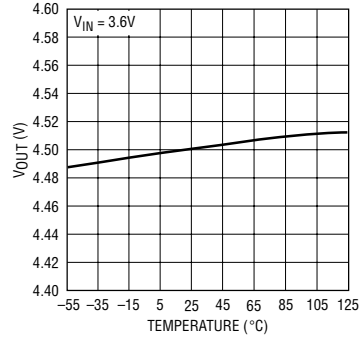
3452 G06

$I_{\text{SETL,H}}$  伺服电压与  $V_{\text{IN}}$  的关系曲线



3452 G07

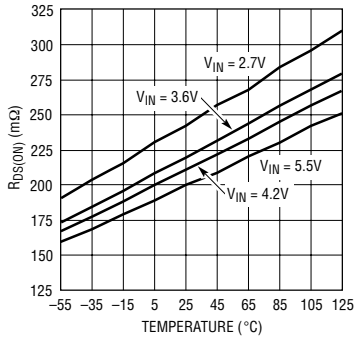
最大已调的  $V_{\text{OUT}}$  与温度的关系曲线



3452 G08

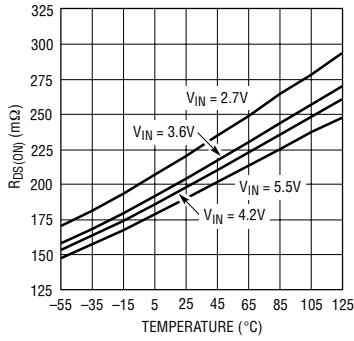
典型性能特征

PMOS  $R_{DS(ON)}$  与温度的关系曲线



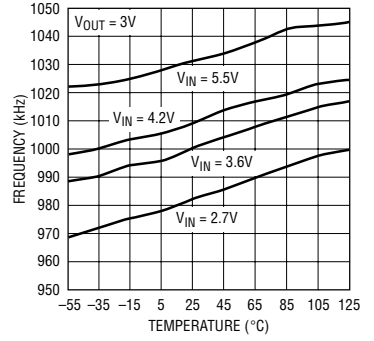
3452 G10

NMOS  $R_{DS(ON)}$  与温度的关系曲线



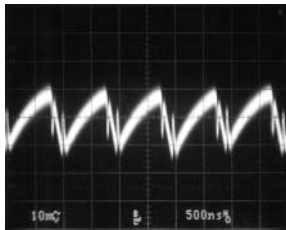
3452 G11

振荡器频率与温度的关系曲线



3452 G12

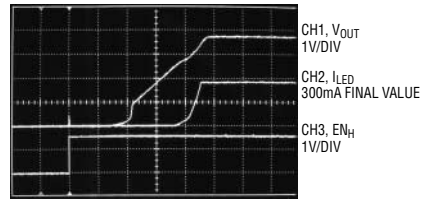
输出电压纹波 (由首页上的应用电路获得)



3452 G13

$V_{IN} = 3V$   
 $V_{OUT} = 3.1V$   
 $I_{LED} = 100mA$

启动瞬变



3452 G14

$V_{IN} = 3.6V$   
 $I_{LEDH} = 300mA$

## 引脚功能

**V<sub>IN</sub> (引脚 1) :** 信号电压输入电源引脚 ( $2.7V \leq V_{IN} \leq 5.5V$ )。推荐使用的与 GND 相连的旁路电容器为  $2.2\mu F$  或更大的陶瓷电容器。将该引脚连接至 PV<sub>IN</sub> (引脚 20)。

**EN<sub>L</sub> (引脚 2) :** 用于低功率 LED 组的使能输入引脚和 PWM 亮度控制。高态有效。对于恒定 I<sub>MAXL</sub> 操作，应将 EN<sub>L</sub> 引脚连接至 V<sub>IN</sub> (或任何 >1.2V 的电压)。对于 EN<sub>L</sub> 电压 <0.2V 的场合，所有的低功率组 LED 电流源输出均呈高阻抗 (如果 EN<sub>L</sub> 和 EN<sub>H</sub> 均 <0.2V，则器件处于停机状态，而且输入电源电流降至  $6\mu A$  左右)。对于零电流和 I<sub>MAXL</sub> 之间的亮度控制，可利用一个频率  $\geq 10kHz$  的 PWM 波形来驱动 EN<sub>L</sub> 引脚。低功率 LED 组电流将等于 I<sub>MAXL</sub> 的一个百分数 (列于表 1)。EN<sub>L</sub> 引脚为高阻抗，且不应被浮置。

**I<sub>SETL</sub> (引脚 3) :** 低功率 LED 组电流设置引脚。一个接地电阻器把每个低功率组电流源的最大输出设置为  $I_{LEDLx|MAX} = 256 \cdot (0.8V/R_{ISETL})$ 。由 EN<sub>L</sub> (引脚 2) 来使能。PWM 亮度控制也是通过 EN<sub>L</sub> 引脚来实现的。

**LED<sub>L1</sub> 至 LED<sub>L5</sub> (引脚 4 至 8) :** 用于低功率 LED 组电流偏置的独立低压差电流源输出。把每个低功率 LED 连接在 V<sub>OUT</sub> 和一个单独的 LED<sub>Lx</sub> 引脚之间。未用的 LED<sub>Lx</sub> 输出应连接至 V<sub>OUT</sub>。

**GND (引脚 9 和 11) :** 信号地引脚。把这两个引脚连接在一起，并连接至 PGND (引脚 18) 和裸露衬垫地 (引脚 21)。

**LED<sub>H1</sub>、LED<sub>H2</sub> (引脚 10、12) :** 用于高功率 LED 组电流偏置的独立低压差电流源输出。把每个高功率 LED 连接在 V<sub>OUT</sub> 和一个单独的 LED<sub>Hx</sub> 引脚之间。未用的 LED<sub>Hx</sub> 输出应连接至 V<sub>OUT</sub>。

**I<sub>SETH</sub> (引脚 13) :** 高功率 LED 组电流设置引脚。一个接地电阻器把每个高功率组电流源输出设置为  $I_{LEDHx} = 768 \cdot (0.8V/R_{ISETH})$ 。由 EN<sub>H</sub> (引脚 14) 来使能。

**EN<sub>H</sub> (引脚 14) :** 用于高功率 LED 组的使能输入引脚。高态有效。EN<sub>H</sub> 引脚为高阻抗且不应被浮置。

**V<sub>C</sub> (引脚 15) :** 用于内部误差放大器输出的补偿点。推荐使用的与 GND 相连的补偿电容器为  $0.1\mu F$  或更大的陶瓷电容器。

**V<sub>OUT</sub> (引脚 16) :** 降压-升压输出引脚。推荐使用的与 GND 相连的旁路电容器为  $4.7\mu F$  的陶瓷电容器。

**SW2 (引脚 17) :** 开关节点引脚。该引脚被连接至内部电源开关 C 和 D。外部电感器连接在 SW1 和 SW2 引脚之间。推荐的电感值为  $4.7\mu H$ 。

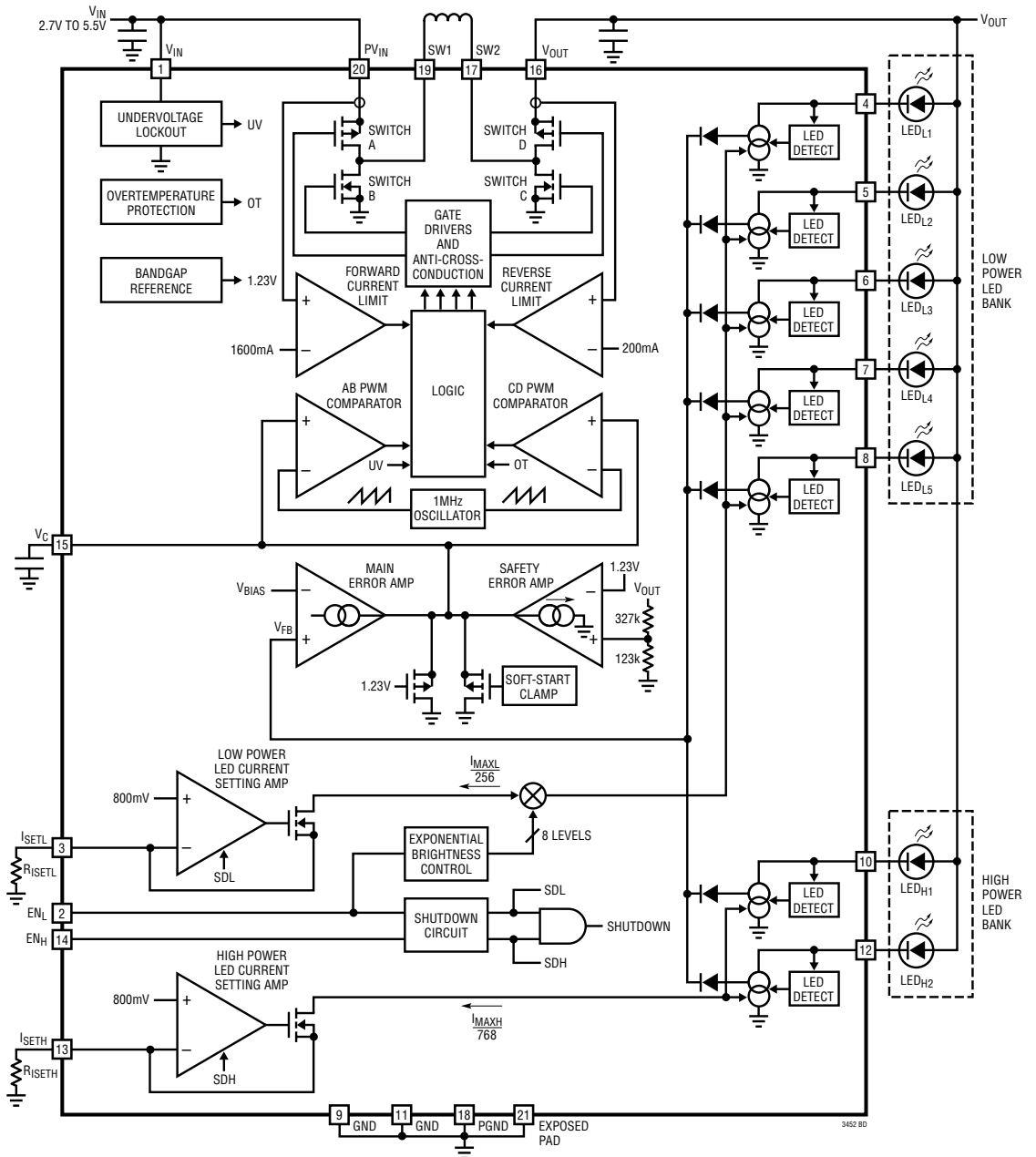
**PGND (引脚 18) :** 电源地引脚。将该引脚连接至 GND (引脚 9 和 11)。

**SW1 (引脚 19) :** 开关节点引脚。该引脚被连接至内部电源开关 A 和 B。外部电感器连接在 SW1 和 SW2 引脚之间。推荐的电感值为  $4.7\mu H$ 。

**PV<sub>IN</sub> (引脚 20) :** 电源电压输入电源引脚。该引脚被连接至 V<sub>IN</sub> (引脚 1)。

**裸露衬垫 (引脚 21) :** 散热器的地。将该引脚与 GND (引脚 9 和 11) 相连，并焊接至 PCB 的地，以实现电接触和额定热性能。

方框图







## 工作原理

对完全替代开关对 BD，升压区在占空比  $DC_{4SW}$  开始。四开关区开始时的输入电压  $V_{IN}$  由下式给出：

$$V_{IN} = \frac{V_{OUT}}{1 - (150ns \cdot f)}$$

而四开关区结束时的输入电压  $V_{IN}$  由下式得出：

$$V_{IN} = V_{OUT} \cdot [1 - (150ns \cdot f)]$$

### 升压模式 ( $V_{IN} < V_{OUT}$ )

在升压模式中，开关 A 始终接通而开关 B 始终关断。如图 2 所示，当控制电压  $V_C$  高于电压  $V_3$  时，开关 C 和 D 将像一个典型的同步升压型稳压器那样交替导通。该转换器的最大占空比被限制于 88% (典型值)，并将在  $V_C$  高于  $V_4$  时达到。

### 正向电流限值

如果从  $V_{IN}$  经由 PMOS 开关 A 输送的电流超过 1600mA (典型值)，则开关 A 被立即切断。开关 B 和 D 在该周期的剩余时间里接通，旨在以可能的最大速率安全地释放正向电感器电流。

### 反向电流限值

如果从  $V_{OUT}$  经由 PMOS 开关 D 回送的电流超过 200mA (典型值)，则开关 D 被立即切断。开关 A 和 C 在该周期的剩余时间里接通，旨在以可能的最大速率安全地释放反向电感器电流。

### 欠压闭锁

为了防止电源开关在高  $R_{DS(ON)}$  条件下运作，LTC3452 中包括了一个欠压闭锁电路。当输入电源电压降至约 1.9V 以下时，4 个电源开关和所有的控制电路均被关断 (欠压闭锁功能块除外)，此时的消耗电流仅为几个微安。

### 过热保护

如果 LTC3452 的结温由于任何原因而超过  $130^{\circ}\text{C}$ ，则全部 4 个开关将被立即切断。过热保护电路具有一个  $11^{\circ}\text{C}$  的典型迟滞。

### 软起动

LTC3452 包括一个在内部固定的软起动电路，该电路在上电或退出停机模式时处于运行状态。软起动电路的工作原理是：对  $V_C$  节点上的电压进行箝位并逐步释放，以使之花费  $650\mu\text{s}$  的时间从 0.9V 线性地转换至 2.1V。在  $V_C$  从降压区经由降压-升压区变换至升压区时，这将起到限制占空比变化速率的作用。一旦软起动电路超时，它将只能够通过进入停机模式或由一个欠压或过热条件来复位。

### 主误差放大器

主误差放大器是一个具有电流供应和吸收能力的跨导放大器。主误差放大器的输出用于驱动  $V_C$  引脚上的一个与 GND 相连的电容器。该电容器设定了稳压环路的主极点。(电容值的选择请参见“应用信息”部分)。该误差放大器从一个专有电路获取其反馈信号，这个专有电路负责监视全部 7 个 LED 电流源，以确定由哪个 LED 来使稳压环路闭合导通。

### 安全误差放大器

安全误差放大器是一个仅具有电流吸收能力的跨导放大器。在正常操作中，它对环路稳压没有影响。然而，如果任何 LED 引脚开路，则输出电压将不断上升，而且安全误差放大器最终将接管稳压环路的控制，以防止  $V_{OUT}$  失控。出现这种情况时的  $V_{OUT}$  门限约为 4.5V。

## 工作原理

### LED 电流设定放大器

对于一个给定组中的所有 LED 而言，每个 LED 的最大正向电流都是由一个位于对应  $I_{SETL,H}$  引脚上的接地外部电阻器来设置的，依据的公式如下：

$$I_{MAXL} = 256 \left( \frac{0.8}{R_{ISETL}} \right), I_{MAXH} = 768 \left( \frac{0.8}{R_{ISETH}} \right)$$

对于低功率 LED 组中低于  $I_{MAXL}$  电流条件下的运作，请参阅“指数亮度控制”部分以及“应用部分”中给出的外部电路选项。对于高功率 LED 组中低于  $I_{MAXH}$  电流条件下的运作，仅需参阅“应用部分”中给出的外部电路选项。

### 停机电路

停机电路负责监视  $EN_{L,H}$  引脚上的电压。当这两个输入引脚中有一个(或全部)为逻辑高电平时，器件被使能；而当两个输入引脚均为逻辑低电平时，器件将被置于停机模式。由于  $EN_L$  引脚还兼用作 LED 亮度控制的 PWM 输入，因此，在停机电路中采用了一个输出滤波器，以防止器件在进入和退出停机模式之间摇摆不定，从而在  $EN_H$  引脚为低电平时实现  $EN_L$  输入的正常 PWM 操作。当  $EN_H$  为低电平时，LTC3452 将在  $EN_L$  引脚上的一个上升沿之后立即被使能，但需在一个下降沿之后等待 200 $\mu$ s (典型值) 再进入停机模式。因此，为了在低于  $I_{MAXL}$  的电流条件下实现平稳的亮度控制，需要一个最小 PWM 频率。推荐的 PWM 频率为 10kHz 至 50kHz。

### 指数亮度控制(仅低功率 LED 组)

LTC3452 实现了一种仅用于低功率 LED 组的指数亮度控制功能，其中， $LED_{Lx}$  电流是  $EN_L$  引脚上的 PWM 占空比的一个函数。如表 1 所示，LED 电流将等于  $I_{MAXL}$  的一个分数。当占空比(PWM 波形为逻辑高电平)线性增加时，LED 电流将分 7 个二进制级

从  $1/128 I_{MAXL}$  指数增加至  $128/128 I_{MAXL}$ 。该功能的实现获得了人眼(具有对数属性)可以感受得到的“更加平稳的”亮度和调光控制。

表 1：低功率 LED 组亮度控制

$EN_L$ 占空比(% 逻辑高电平)	$LED_{Lx}$ 电流
0% (逻辑低电平)	0 (停机)
0% < 占空比 < 12.5%	$1/128 \cdot I_{MAXL}$
12.5% < 占空比 < 25%	$1/64 \cdot I_{MAXL}$
25% < 占空比 < 37.5%	$1/32 \cdot I_{MAXL}$
37.5% < 占空比 < 50%	$1/16 \cdot I_{MAXL}$
50% < 占空比 < 62.5%	$1/8 \cdot I_{MAXL}$
62.5% < 占空比 < 75%	$1/4 \cdot I_{MAXL}$
75% < 占空比 < 87.5%	$1/2 \cdot I_{MAXL}$
87.5% < 占空比 $\leq$ 100%	$I_{MAXL}$

### LED 电流源

每个 LED 引脚由一个专为实现低压差而设计的电流源来驱动。LTC3452 采用了一种专有架构，该架构可确定 7 个 LED 中哪一个在其编程电流条件下需要最大的正向压降，然后据此生成一个反馈电压，以闭合降压-升压稳压环路。这产生了用于调节全部 LED 所需的最低输出电压，从而实现了最高的 LED 功率效率。“控制 LED”的 LED 引脚上的电压通常将为 130mV/20mA (低功率组) 或 250mV/100mA (高功率组)。

### LED 检测电路

如果低功率组中需要的 LED 输出少于 5 个和/或高功率组中所需的 LED 输出少于 2 个，则应把未用的输出连接至  $V_{OUT}$ 。每个 LED 引脚具有一个内部 LED 检测电路，如果有一个输出是不需要的，则该电路将停用输出电流源，以节省能量。在启动时，采用一个小电流来检测 LED 是否存在。该电流通常为 10 $\mu$ A (对于低功率组) 和 30 $\mu$ A (对于高功率组)。

## 应用信息

### 元件的选择

#### 电感器的选择

LTC3452 所进行的高频操作允许采用较小的表面安装型电感器。电感器电流纹波一般被设定为最大平均电感器电流的 20% 至 40%。对于一个给定的纹波，升压模式中的电感项由下式给出：

$$L > \frac{V_{IN(MIN)}^2 \cdot (V_{OUT} - V_{IN(MIN)}) \cdot 100\%}{f \cdot I_{OUT(MAX)} \cdot \% \text{ 纹波} \cdot V_{OUT}^2}$$

而在降压模式中则为：

$$L > \frac{V_{OUT} \cdot (V_{IN(MAX)} - V_{OUT}) \cdot 100\%}{f \cdot I_{OUT(MAX)} \cdot \% \text{ 纹波} \cdot V_{IN(MAX)}}$$

式中的  $f$  = 工作频率 (Hz)

% 纹波 = 容许的电感器电流纹波 (%)

$V_{IN(MIN)}$  = 最小输入电压 (V)

$V_{IN(MAX)}$  = 最大输入电压 (V)

$V_{OUT}$  = 输出电压 (V)

$I_{OUT(MAX)}$  = 最大输出负载电流

为了获得高效率，应选择一个采用高频磁芯材料（例如：铁氧体）的电感器以减少磁芯损耗。该电感器应具有低 ESR（等效串联电阻）以减少  $I^2R$  损耗，且必须能在不发生饱和的情况下处理峰值电感器电流。模制扼流圈或片式电感器往往不具备足够的磁芯以支持大于 1A 的峰值电感器电流。为了最大限度地抑制辐射噪声，应使用一个环形芯、罐形磁芯或屏蔽线轴电感器。对于白光 LED 应用，建议采用一个 4.7 $\mu$ H 的电感值。表 2 罗列了一些元件供应商。

**表 2：电感器供应商资料**

供应商	网址
Coilcraft	www.coilcraft.com
Cooper/Coiltronics	www.cooperet.com
Murata	www.murata.com
Sumida	www.japanlink.com/sumida
Vishay-Dale	www.vishay.com

#### 输入电容器的选择

由于  $V_{IN}$  引脚为 IC 的电源电压，因此，建议布设一个至少 2.2 $\mu$ F 的低 ESR 接地旁路电容器。表 3 罗列了一些元件供应商。

**表 3：电容器供应商资料**

供应商	网址
AVX	www.avxcorp.com
Sanyo	www.sanyovideo.com
Taiyo Yuden	www.t-yuden.com
TDK	www.component.tdk.com

#### 输出电容器的选择

设置大数值的电容器以减小由每个周期进入电容器的电荷所引起的纹波。由电荷引起的稳态纹波由下式得出：

$$\% \text{ Ripple}_{\text{Boost}} = \frac{I_{OUT(MAX)} \cdot (V_{OUT} - V_{IN(MIN)}) \cdot 100}{C_{OUT} \cdot V_{OUT}^2 \cdot f} \%$$

$$\% \text{ Ripple}_{\text{Buck}} = \frac{(V_{IN(MAX)} - V_{OUT}) \cdot 100}{8 \cdot V_{IN(MAX)} \cdot f^2 \cdot L \cdot C_{OUT}} \%$$

式中的  $C_{OUT}$  = 输出滤波器电容器，单位为 F。

输出电容通常要大许多倍，以处理转换器的瞬态响应。作为一条经验法则，转换器的工作频率与单位增益带宽之比即为输出电容为了维持期望的瞬态响应而必须在上述计算值的基础上增加的数值。

纹波的其他分量是由输出电容器的 ESR（等效串联电阻）所引起的。应采用低 ESR 电容器以最大限度地抑制输出电压纹波。对于表面安装型应用，建议使用 Taiyo Yuden、TDK、AVX 陶瓷电容器、AVX TPS 系列钽电容器或 Sanyo POSCAP。对于白光 LED 应用，建议采用一个 4.7 $\mu$ F 的电容值。表 3 列出了一些元件供应商。

## 应用信息

### 可选的肖特基二极管

尽管在同步开关 B 和 D 的两端跨接肖特基二极管不是必需的，但在 NMOS 至 PMOS 转换的先离后合期间（一般为 20ns）肖特基二极管产生的压降较小，能提升效率。可采用诸如 MBRM120T3 或同等的肖特基二极管。不要采用普通的整流二极管，因为它缓慢的恢复时间将导致效率下降。

### 反馈环路的补偿

LTC3452 采用电压模式 PWM 控制。控制至输出增益随工作区（降压、升压、降压/升压）的改变而改变，但一般不大于 15。输出滤波器呈现一个双极点响应，由下式给出：

$$f_{\text{FILTER\_POLE}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C_{\text{OUT}}}} \text{ Hz}$$

式中的  $C_{\text{OUT}}$  为输出滤波器电容器。

输出滤波器零点由下式给出：

$$f_{\text{FILTER\_ZERO}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_{\text{ESR}} \cdot C_{\text{OUT}}} \text{ Hz}$$

式中的  $R_{\text{ESR}}$  是电容器的等效串联电阻。

升压模式中一个颇为棘手的特点是右半平面零点 (RHP)，它由下式求出：

$$f_{\text{RHPZ}} = \frac{V_{\text{IN}}^2}{2 \cdot \pi \cdot I_{\text{OUT}} \cdot L \cdot V_{\text{OUT}}} \text{ Hz}$$

一般在 RHP 零点频率之前使环路增益下降。

可采用简单的 I 类补偿网络来实现环路的稳定，但代价是带宽变窄且瞬态响应减缓。为了确保正确的相位余量，环路在十分之一 LC 双极点频率之前必需达到 0dB 增益。

采用 I 类补偿的误差放大器的单位增益频率由下式计算：

$$f_{\text{UG}} = \frac{g_m}{2 \cdot \pi \cdot C_{\text{VC}}}$$

式中的  $g_m$  为误差放大器跨导（通常为 1/5.2k）， $C_{\text{VC}}$  是  $V_C$  引脚上与 GND 相连的外部电容器。对于白光 LED 应用，建议采用一个 0.1 $\mu$ F 或更大的电容值。

### 通过 LED 输出的并联来提供较高的电流

可以把两个或更多的 LED 输出引脚并联起来，以在采用少于 7 个 LED 的情况下实现较高的输出电流。对于诸如 LumiLED 等具有非常高功率的 LED 来说，可把全部 7 个输出并联起来，以获得最大的总输出电流，如本数据表末页上的典型应用所示。

### 最大 LED 电流

如“工作原理”部分所述，最大输出 LED 电流等于：

$$I_{\text{MAXL}} = 256 \left( \frac{0.8\text{V}}{R_{\text{ISETL}}} \right)$$

和

$$I_{\text{MAXH}} = 768 \left( \frac{0.8\text{V}}{R_{\text{ISETH}}} \right)$$

由于低功率组的最大 LED 电流为 25mA，因此，这将把  $R_{\text{ISETL}}$  的最小限值设定为：

$$R_{\text{MINL}} = 256 \left( \frac{0.8\text{V}}{25\text{mA}} \right) = 8192\Omega$$

同样，对于高功率组：

$$R_{\text{MINH}} = 768 \left( \frac{0.8\text{V}}{150\text{mA}} \right) = 4096\Omega$$

此外，由于降压-升压操作模式的连续输出电流被限制为 425mA，因此，如果所有的输出均被采用，则这有可能强制采用较高的最小电阻值。

## 应用信息

虽然 LTC3452 能够安全地连续提供该电流，但外部 LED 的额定值可能并非针对这样一个高连续电流水平而拟订。一个 LED 中的较高电流值通常专供脉冲应用 (例如：LED 照相闪光灯) 之用。这是通过利用一个或全部两个  $R_{ISET}$  电阻器来设置一个高电流并使合适的使能引脚产生脉动来完成的，如本数据表末页上的典型应用所示。

### 线性地改变 LED 亮度

连续可变 LED 亮度控制可通过直接与一个或全部两个  $I_{SET}$  引脚相连来实现。图 3 示出了 4 种这样的方法，它们采用的是一个电压 DAC、一个电流 DAC、一个简单的电位器或一个加在  $I_{SETL}$  引脚上的 PWM 输入 (用于控制低功率组 LED 电流)。同样，这 4 种方法也可应用于  $I_{SETH}$  引脚，以控制高功率组 LED 电流。

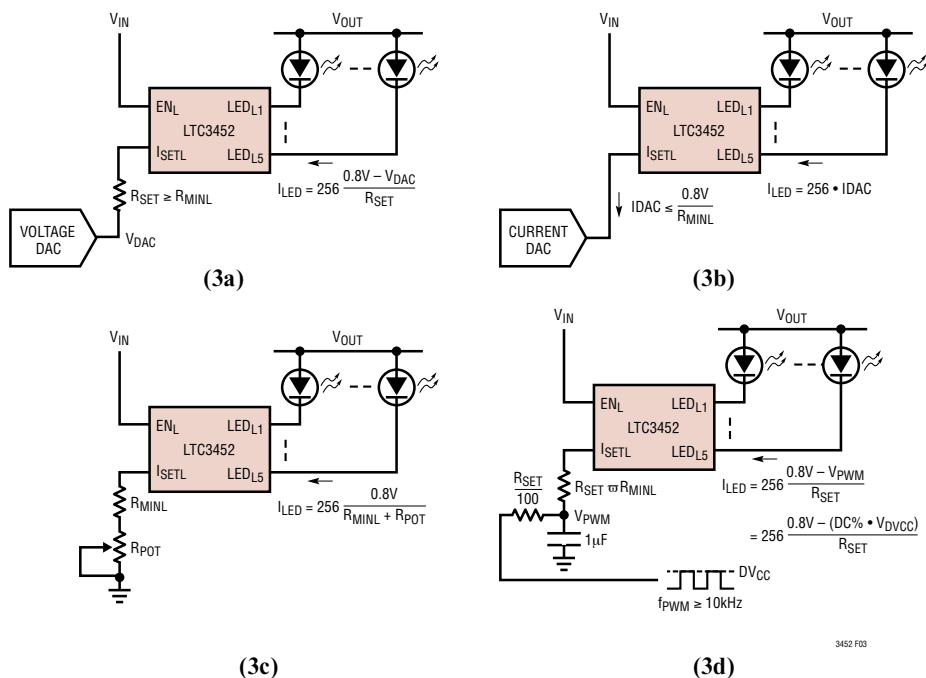


图 3：另外的亮度控制方法：(3a) 采用电压 DAC，(3b) 采用电流 DAC，(3c) 采用电位器，(3d) 采用 PWM 输入

## 应用信息

### 未用输出

如果采用的 LED 引脚少于 7 个，则应把未用的 LED<sub>x</sub> 引脚连接至 V<sub>OUT</sub>。LTC3452 可检测出哪个电流源输出未被使用，并切断对应的输出电流，以达到节能的目的。一个小涓流电流 (10 $\mu$ A：低功率组，30 $\mu$ A：高功率组) 仍被施加在未用的输出端上，用于检测是否有某个白光 LED 稍后接入，并在启动期间区分未用输出和已用输出。

### LED 故障模式

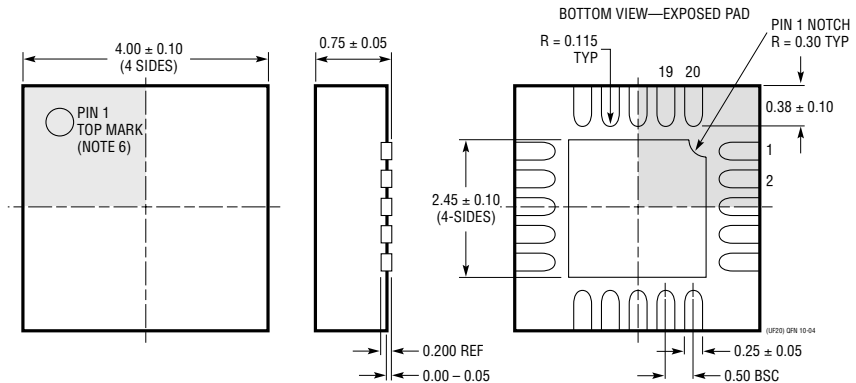
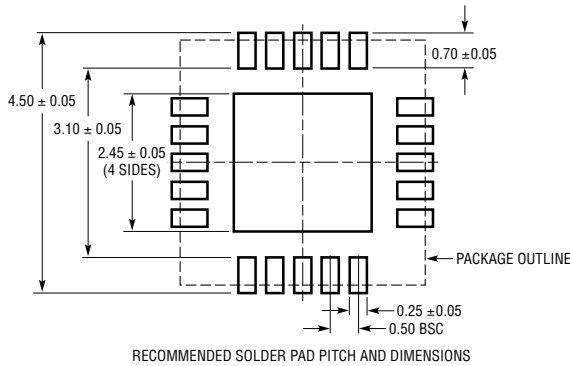
如果一个单独的 LED 发生短路故障，则对其进行偏置的电流源将被切断 (以实现节能)。这与前文所

述的操作是一样的 (如果最初通过将其 LED<sub>x</sub> 引脚连接至 V<sub>OUT</sub> 而规定输出在上电时处于未用状态)。效率没有受到实质性的影响。

如果一个单独的 LED 发生开路故障，则控制环路一开始将试图调节其电流源反馈信号，因为它将被视作那个需要最大正向压降 (以在其编程电流条件下运行) 的 LED。这将把 V<sub>OUT</sub> 驱动至更高的电平。由于该开路 LED 将绝对不会接受其编程电流，因此必须采用一个辅助控制环路来对 V<sub>OUT</sub> 进行电压限制。LTC3452 在该故障模式中把 V<sub>OUT</sub> 限制为 4.5V。虽然仍将以正确的编程电流对其他 LED 施加偏置，不过，电路总体效率将有所下降。

封装描述

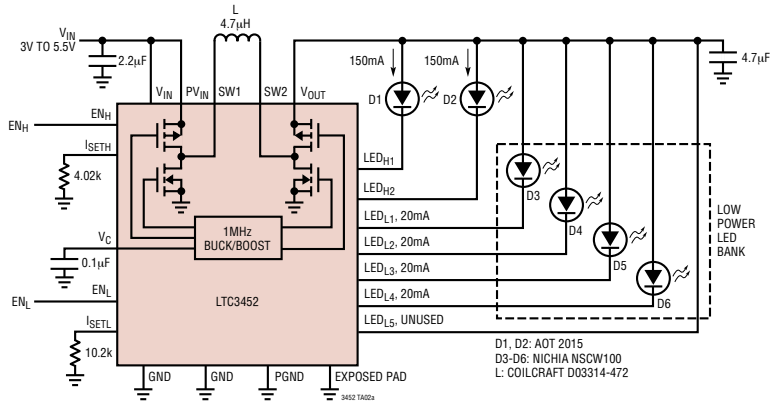
UF 封装  
 20 引脚塑料 QFN (4mm × 4mm)  
 (参考 LTC DWG # 05-08-1710)



- NOTE:
1. DRAWING IS PROPOSED TO BE MADE A JEDEC PACKAGE OUTLINE MO-220 VARIATION (WGGD-1)—TO BE APPROVED
  2. DRAWING NOT TO SCALE
  3. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
  4. DIMENSIONS OF EXPOSED PAD ON BOTTOM OF PACKAGE DO NOT INCLUDE MOLD FLASH. MOLD FLASH, IF PRESENT, SHALL NOT EXCEED 0.15mm ON ANY SIDE
  5. EXPOSED PAD SHALL BE SOLDER PLATED
  6. SHADED AREA IS ONLY A REFERENCE FOR PIN 1 LOCATION ON THE TOP AND BOTTOM OF PACKAGE

## 典型应用

4 × 20mA 白光 LED 显示屏 + 2 × 150mA 相机照明灯驱动器



## 相关器件

器件型号	描述	备注
LT1618	恒定电流, 恒定电压 1.4MHz, 高效升压型稳压器	$V_{IN}$ : 1.6V 至 18V, $V_{OUT(MAX)}$ = 34V, $I_Q$ = 1.8mA, $I_{SD}$ = <1µA, MS10 封装/EDD 封装
LT1930/ LT1930A	1A ( $I_{SW}$ ), 1.2MHz/2.2MHz, 高效升压型 DC/DC 转换器	$V_{IN}$ : 2.6V 至 16V, $V_{OUT(MAX)}$ = 34V, $I_Q$ = 4.2mA/5.5mA, $I_{SD}$ = <1µA, ThinSOT 封装
LT1932	恒定电流, 1.2MHz, 高效白光 LED 升压型稳压器	$V_{IN}$ : 1V 至 10V, $V_{OUT(MAX)}$ = 34V, $I_Q$ = 1.2mA, $I_{SD}$ = <1µA, ThinSOT 封装
LT1937	恒定电流, 1.2MHz, 高效白光 LED 升压型稳压器	$V_{IN}$ : 2.5V 至 10V, $V_{OUT(MAX)}$ = 34V, $I_Q$ = 1.9mA, $I_{SD}$ = <1µA, ThinSOT 封装 / SC70 封装
LTC3205	高效率, 多显示屏 LED 控制器	$V_{IN}$ : 2.8V 至 4.5V, $V_{OUT(MAX)}$ = 6V, $I_Q$ = 50µA, $I_{SD}$ = <1µA, ThinSOT 封装 / SC70 封装 QFN-24 封装
LTC3215	700mA 低噪声高电流 LED 充电泵	$V_{IN}$ : 2.9V 至 4.4V, $V_{OUT(MAX)}$ = 5.5V, $I_Q$ = 300µA, $I_{SD}$ = <2.5µA, DFN 封装
LTC3216	具有独立闪光灯/手电筒电流的 1A 低噪声高电流 LED 充电泵	$V_{IN}$ : 2.9V 至 4.4V, $V_{OUT(MAX)}$ = 5.5V, $I_Q$ = 300µA, $I_{SD}$ = <2.5µA, DFN 封装
LTC3440/ LTC3441	600mA/1.2A $I_{OUT}$ , 2MHz/1MHz, 同步降压-升压型 DC/DC 转换器	$V_{IN}$ : 2.4V 至 5.5V, $V_{OUT(MAX)}$ = 5.25V, $I_Q$ = 25µA/50µA, $I_{SD}$ = <1µA, MS-10 封装 / DFN 封装
LTC3443	600mA/1.2A $I_{OUT}$ , 600kHz, 同步降压-升压型 DC/DC 转换器	$V_{IN}$ : 2.4V 至 5.5V, $V_{OUT(MAX)}$ = 5.25V, $I_Q$ = 28µA, $I_{SD}$ = <1µA, DFN 封装
LTC3453	500mA 同步降压-升压型高功率白光 LED 驱动器	$V_{IN}$ : 2.7V 至 5.5V, $V_{OUT(MAX)}$ = 4.5V, $I_Q$ = 600µA, $I_{SD}$ = 6µA, QFN-16 封装
LTC3454	1A 同步降压-升压型高功率白光 LED 驱动器	$V_{IN}$ : 2.7V 至 5.5V, $V_{OUT(MAX)}$ = 5.15V, $I_Q$ = 825µA, $I_{SD}$ = 0µA, DFN 封装
LT3465/ LT3465A	内置肖特基二极管的恒定电流, 1.2MHz/2.7MHz, 高效白光 LED 升压型稳压器	$V_{IN}$ : 2.7V 至 16V, $V_{OUT(MAX)}$ = 34V, $I_Q$ = 1.9mA, $I_{SD}$ = <1µA, ThinSOT 封装
LT3466	内置肖特基二极管的双恒定电流, 2MHz, 高效白光 LED 升压型稳压器	$V_{IN}$ : 2.7V 至 24V, $V_{OUT(MAX)}$ = 40V, $I_Q$ = 5mA, $I_{SD}$ = <16µA, DFN 封装
LT3479	具软启动和涌入电流保护功能的 3A, 全功能 DC/DC 转换器	$V_{IN}$ : 2.5V 至 24V, $V_{OUT(MAX)}$ = 40V, $I_Q$ = 6.5mA, $I_{SD}$ = <1µA, DFN 封装/TSSOP 封装