

## 高电流软件可配置型 多显示屏 LED 控制器

### 特点

- 1x/1.5x/2x 充电泵可提供高达 95% 的效率
- 高达 1A 的总输出电流
- 17 个电流源可用作主 (MAIN)、副 (SUB)、RGB、相机 (CAM) 和辅助 (AUX) LED 驱动器
- 可采用二线式 I<sup>2</sup>C™ 接口来设置 LED 接通/关断、亮度等级和显示屏配置
- 采用跨接电容器边缘速率控制的低噪声恒定频率操作
- 自动充电泵模式切换
- 内部软启动功能限制了启动和模式切换期间的涌入电流
- 开路/短路 LED 保护
- 短路/热保护
- 用于 MAIN 和 SUB 显示屏的 256 种亮度状态
- 用于 RGB 显示屏的 4096 种色彩组合
- 5mm × 5mm 32 引脚 QFN 塑料封装

### 应用

- 视频/采用 QVGA + 显示屏的照相机

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。受包括第 6411531 号美国专利的保护。

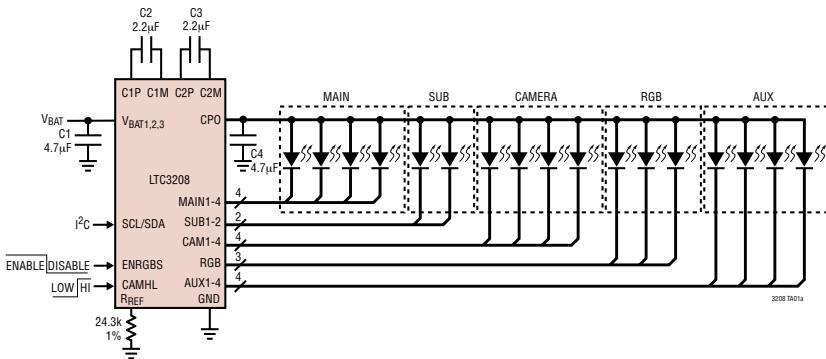
### 描述

LTC<sup>®</sup>3208 是一款高集成度多显示屏 LED 控制器。该器件包含一个 1A 的高效率、低噪声充电泵，用于给主、副、RGB、相机和辅助 LED 显示屏供电。LTC3208 只需小型陶瓷电容器和一个电流设定电阻器便可形成一个完整的 LED 电源和电流控制器。

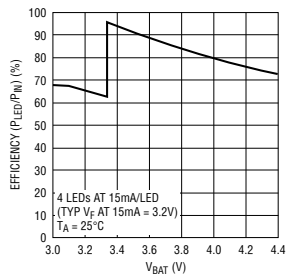
最大显示屏电流由单个外部电阻器来设定。每个显示屏的电流由一个精准的内部电流源来控制。所有显示屏的调光和接通/关断都是通过 I<sup>2</sup>C 串行接口来实现的。主显示屏和副显示屏可提供 256 个亮度等级，RGB 和相机显示屏可提供 16 个亮度等级。可通过 I<sup>2</sup>C 端口把 4 个辅助电流源独立地分配给由 CAM、SUB、MAIN 或 AUX DAC 所控制的显示屏。

LTC3208 充电泵根据 LED 电流源两端的电压来优化效率。该器件加电后进入 1x 模式，并将在任一被使能的 LED 电流源开始进入压降状态时自动切换至升压模式。第一个压降将把器件切换至 1.5x 模式，随后的压降则把 LTC3208 切换至 2x 模式。该器件采用小巧的 5mm × 5mm 32 引脚 QFN 封装。

### 典型应用



4-LED 主显示屏效率与  
输入电压的关系曲线

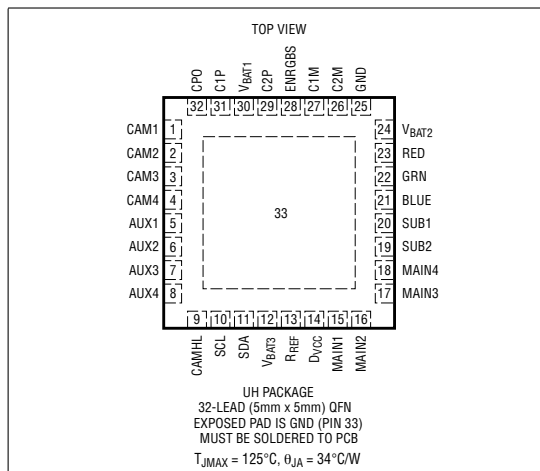


# LTC3208

## 绝对最大额定值 (注1)

$V_{BAT}$ , $DV_{CC}$ , CPO 至 GND .....	-0.3V 至 6V
SDA, SCL, ENRGBS,	
CAMHL .....	-0.3V 至 ( $DV_{CC} + 0.3V$ )
$I_{CPO}$ (注 2) .....	1.3A
$I_{MAIN1-4}$ , $I_{SUB1-2}$ (注 3) .....	33mA
$I_{RED}$ , $I_{GRN}$ , $I_{BLUE}$ (注 3) .....	33mA
$I_{CAM1-4}$ , $I_{AUX1-4}$ (注 3) .....	120mA
CPO, $R_{REF}$ 短路持续时间 .....	未限制
工作温度范围 (注 4) .....	-40°C 至 85°C
贮存温度范围 .....	-65°C 至 125°C

## 封装 / 订购信息



产品型号	UH 器件标记
LTC3208EUH	3208
<b>订购选项</b> 卷带: 加 #TR 无铅型: 加 #PBF 无铅型卷带: 加 #TRPBF 无铅型器件标记: <a href="http://www.linear.com/leadfree/">http://www.linear.com/leadfree/</a>	

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  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。  $V_{BAT} = 3.6\text{V}$ ,  $DV_{CC} = 3\text{V}$ ,  $ENRGBS = \text{高电平}$ ,  $R_{REF} = 24\text{k}$ ,  $C2 = C3 = 2.2\mu\text{F}$ ,  $C1 = C4 = 4.7\mu\text{F}$ , 除非特别注明。

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$V_{BAT}$ 工作电压		● 2.9		4.5	V
$I_{VBAT}$ 工作电流	$I_{CPO} = 0$ , 1x 模式, LED 停用		280		$\mu\text{A}$
	$I_{CPO} = 0$ , 1.5x 模式		4.7		mA
	$I_{CPO} = 0$ , 2x 模式		7		mA
$DV_{CC}$ 工作电压		● 1.5		5.5	V
$DV_{CC}$ 工作电流	$DV_{CC} = 1.8\text{V}$ , 串行端口空闲	●		1	$\mu\text{A}$
$V_{BAT}$ UVLO 门限			1.5		V
$DV_{CC}$ UVLO 门限			1		V
$V_{BAT}$ 停机电流	$DV_{CC} = 1.8\text{V}$		3.2		$\mu\text{A}$
$R_{REF}$		● 1.195	1.215	1.235	V
$VR_{REF}$		●	22	30	k $\Omega$
$RR_{REF}$	基准电阻器阻值范围	●			
<b>白光 LED 电流 (MAIN1-4, SUB1-2), 8 位线性 DAC</b>					
全标度 LED 电流	MAIN, SUB = 1V	● 25.3	27.5	29.7	mA
最小 (1LSB) LED 电流	MAIN, SUB = 1V		108		$\mu\text{A}$
LED 电流匹配	任何两个 MAIN 或 SUB 输出, 50% FS		1		%
LED 压降	$I_{LED} = \text{FS}$		180		mV

3208fa

**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  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。  $V_{\text{BAT}} = 3.6\text{V}$ ,  $DV_{\text{CC}} = 3\text{V}$ ,  
ENRGS = 高电平,  $R_{\text{REF}} = 24\text{k}$ ,  $C_2 = C_3 = 2.2\mu\text{F}$ ,  $C_1 = C_4 = 4.7\mu\text{F}$ , 除非特别说明。

参数	条件		最小值	典型值	最大值	单位
<b>白光 LED 电流 (CAM1-4), 4 位线性 DAC</b>						
全标度 LED 电流	CAM = 1V	●	92.5	102.5	112.5	mA
最小 (1LSB) LED 电流	CAM = 1V			6.96		mA
LED 电流匹配	任何两个 CAM 输出, 50% FS			1		%
LED 压降	$I_{\text{LED}} = \text{FS}$			540		mV
<b>白光 LED 电流 (AUX1-4, AUX 输出被分配至 AUX DAC), 4 位线性 DAC</b>						
全标度 LED 电流	AUX = 1V	●	23	26	28.5	mA
最小 (1LSB) LED 电流	AUX = 1V			1.73		mA
LED 电流匹配	两个 AUX 输出, 50% FS			1		%
LED 压降	$I_{\text{LED}} = \text{FS}$			140		mV
全标度 AUX LED 电流	AUX 被连接至 CAM DAC, AUX = 1V			104.9		mA
全标度 AUX LED 电流	AUX 被连接至 SUB 或 MAIN DAC, AUX = 1V			28.1		mA
<b>RGB LED 电流 (RED、GREEN、BLUE), 4 位指数 DAC</b>						
DAC 代码 0001	RED, GREEN, BLUE = 1V			0.24		mA
DAC 代码 0010	RED, GREEN, BLUE = 1V			0.32		mA
DAC 代码 0011	RED, GREEN, BLUE = 1V			0.46		mA
DAC 代码 0100	RED, GREEN, BLUE = 1V			0.63		mA
DAC 代码 0101	RED, GREEN, BLUE = 1V			0.89		mA
DAC 代码 0110	RED, GREEN, BLUE = 1V			1.22		mA
DAC 代码 0111	RED, GREEN, BLUE = 1V			1.74		mA
DAC 代码 1000	RED, GREEN, BLUE = 1V			2.42		mA
DAC 代码 1001	RED, GREEN, BLUE = 1V			3.47		mA
DAC 代码 1010	RED, GREEN, BLUE = 1V			4.73		mA
DAC 代码 1011	RED, GREEN, BLUE = 1V			6.7		mA
DAC 代码 1100	RED, GREEN, BLUE = 1V			9.47		mA
DAC 代码 1101	RED, GREEN, BLUE = 1V			13.56		mA
DAC 代码 1110	RED, GREEN, BLUE = 1V			19.05		mA
DAC 代码 1111	RED, GREEN, BLUE = 1V			27.06		mA
<b>充电泵 (CPO)</b>						
1x 模式输出阻抗				0.35		
1.5x 模式输出阻抗	$V_{\text{BAT}} = 3\text{V}$ , $V_{\text{CPO}} = 4.2\text{V}$ (注 5)			2		
2x 模式输出阻抗	$V_{\text{BAT}} = 3\text{V}$ , $V_{\text{CPO}} = 4.8\text{V}$ (注 5)			2.2		
CPO 稳压	1.5x 模式, $I_{\text{CPO}} = 2\text{mA}$			4.53		V
	2x 模式, $I_{\text{CPO}} = 2\text{mA}$			5.02		V
时钟频率		●	0.6	0.9	1.2	MHz
<b>SDA、SCL、ENRGS、CAMHL</b>						
$V_{\text{IL}}$ , (低电平输入电压)		●		$0.3 \cdot DV_{\text{CC}}$		V
$V_{\text{IH}}$ , (高电平输入电压)		●		$0.7 \cdot DV_{\text{CC}}$		V
$V_{\text{OL}}$ , 数字输出低 (SDA)	$I_{\text{PULLUP}} = 3\text{mA}$	●		0.18	0.4	V
$I_{\text{IH}}$	SDA, SCL, ENRGS, CAMHL = $DV_{\text{CC}}$	●	-1		1	$\mu\text{A}$
$I_{\text{IL}}$	SDA, SCL, ENRGS, CAMHL = 0V	●	-1		1	$\mu\text{A}$
<b>串行端口定时 (注 6、7)</b>						
$t_{\text{SCL}}$	时钟工作频率				400	kHz
$t_{\text{BUF}}$	停止和起动条件之间的总线空闲时间		1.3			$\mu\text{s}$
$t_{\text{HD,STA}}$	(重复) 起动条件之后的保持时间		0.6			$\mu\text{s}$

**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  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。  $V_{\text{BAT}} = 3.6\text{V}$ ,  $DV_{\text{CC}} = 3\text{V}$ ,  $\text{ENRGBS} = \text{高电平}$ ,  $R_{\text{REF}} = 24\text{k}$ ,  $C_2 = C_3 = 2.2\mu\text{F}$ ,  $C_1 = C_4 = 4.7\mu\text{F}$ , 除非特别注明。

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{\text{SU,STA}}$	重复启动条件建立时间	0.6			$\mu\text{S}$
$t_{\text{SU,STO}}$	停止条件建立时间	0.6			$\mu\text{S}$
$t_{\text{HD,DAT(OUT)}}$	数据保持时间	0		900	$\text{ns}$
$t_{\text{HD,DAT(IN)}}$	输入数据保持时间	0			$\text{ns}$
$t_{\text{SU,DAT}}$	数据建立时间	100			$\text{ns}$
$t_{\text{LOW}}$	时钟低电平周期	1.3			$\mu\text{S}$
$t_{\text{HIGH}}$	时钟高电平周期	0.6			$\mu\text{S}$
$t_f$	时钟数据下降时间	20		300	$\text{ns}$
$t_r$	时钟数据上升时间	20		300	$\text{ns}$
$t_{\text{SP}}$	尖峰抑制时间	50			$\text{ns}$

注 1: 绝对最大额定值是指超出该值则器件的 MTBF 可能会受损。

注 2: 基于长期电流密度限值。假设一个在绝对最大值条件下 (持续时间短于 10 秒) 数值  $\leq 10\%$  的工作占空比。连续操作模式的最大充电电流为 500mA。

注 3: 基于长期电流密度限值。

注 4: LTC3208E 在  $0^\circ\text{C}$  至  $70^\circ\text{C}$  的范围内保证能够满足性能规格的要求。在  $-40^\circ\text{C}$  至  $85^\circ\text{C}$  环境温度范围内的指标通过设计、特性分析和统计过程控制中的相关性来保证。

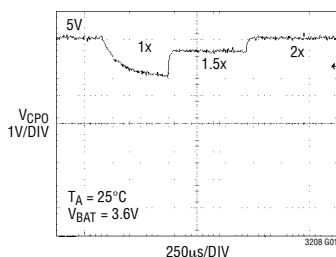
注 5: 1.5x 模式输出阻抗被定义为  $(1.5V_{\text{BAT}} - V_{\text{CPO}})/I_{\text{OUT}}$ 。 2x 模式输出阻抗被定义为  $(2V_{\text{BAT}} - V_{\text{CPO}})/I_{\text{OUT}}$ 。

注 6: 所有数值均以  $V_{\text{IH}}$  和  $V_{\text{IL}}$  电平为基准。

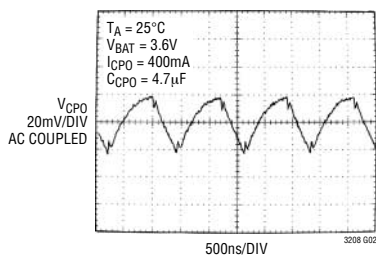
注 7: 由设计来提供保证。

## 典型性能特征

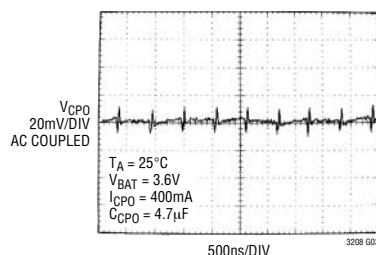
模式切换压降时间



1.5x 模式 CPO 纹波

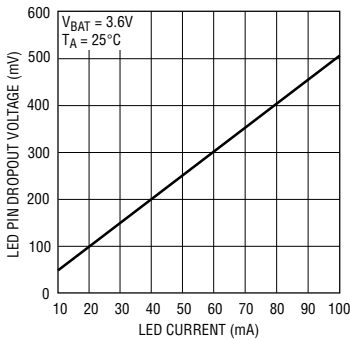


2x 模式 CPO 纹波



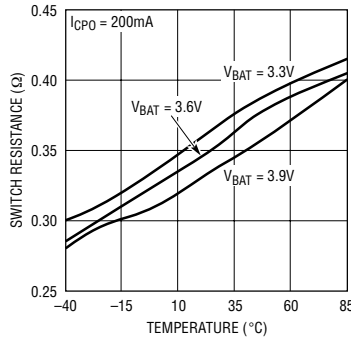
典型性能特征

LED 引脚压降与 LED 引脚电流的关系曲线



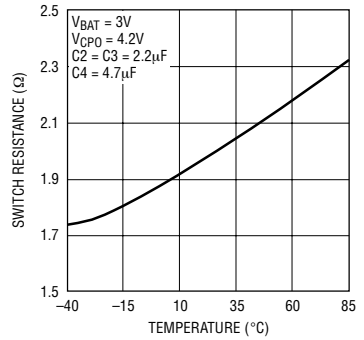
3208 G04

1x 模式切换电阻与温度的关系曲线



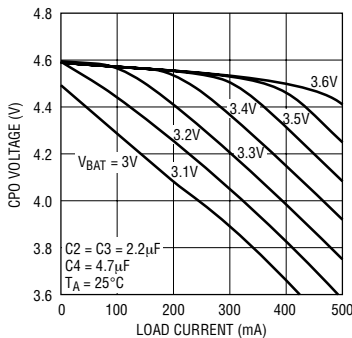
3208 G05

1.5x 模式充电泵开环输出电阻与温度的关系曲线  $(1.5V_{BAT} - V_{CPO})/I_{CPO}$



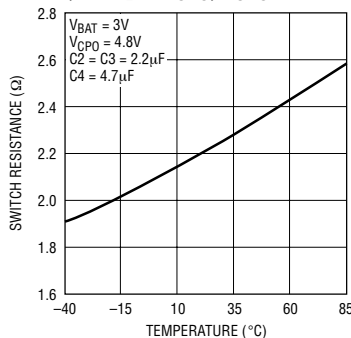
3208 G06

1.5x 模式 CPO 电压与负载电流的关系曲线



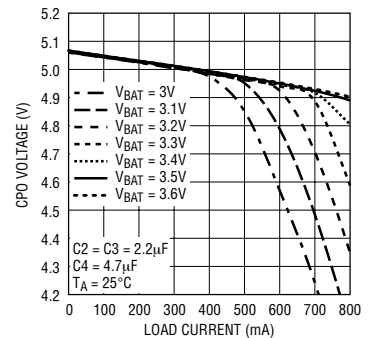
3208 G07

2x 模式充电泵开环输出电阻与温度的关系曲线  $(2V_{BAT} - V_{CPO})/I_{CPO}$



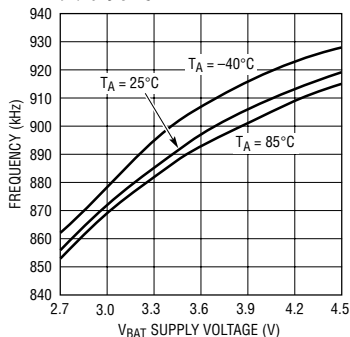
3208 G08

2x 模式 CPO 电压与负载电流的关系曲线



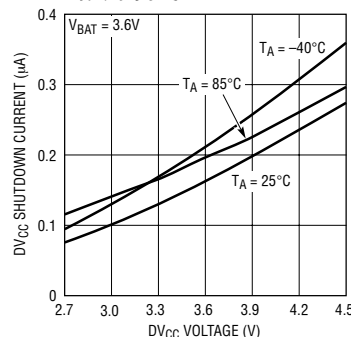
3208 G09

振荡器频率与电源电压的关系曲线



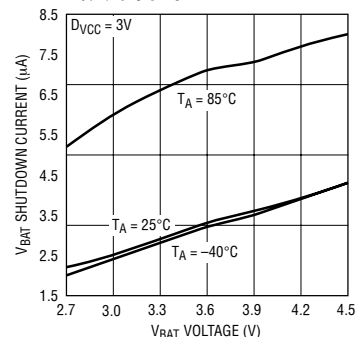
3208 G10

DV<sub>CC</sub> 停机电流与 DV<sub>CC</sub> 电压的关系曲线



3208 G11

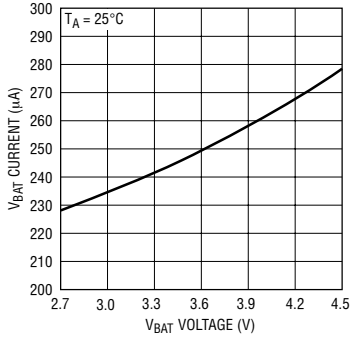
V<sub>BAT</sub> 停机电流与 V<sub>BAT</sub> 电压的关系曲线



3208 G12

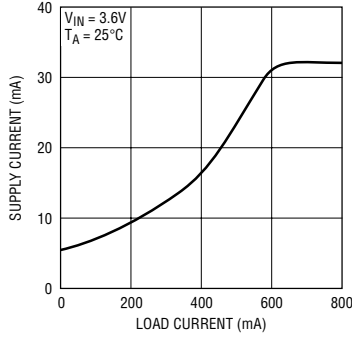
## 典型性能特征

1x 模式无负载  $V_{BAT}$  电流与  $V_{BAT}$  电压的关系曲线



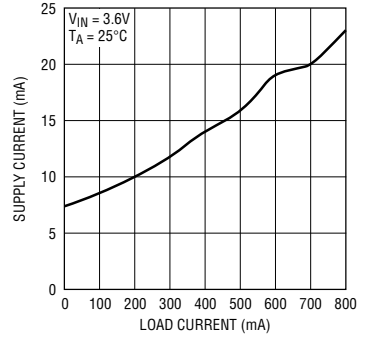
3208 G13

1.5x 模式电源电流与  $I_{CPO}$  的关系曲线 ( $I_{VBAT} - 1.5I_{CPO}$ )



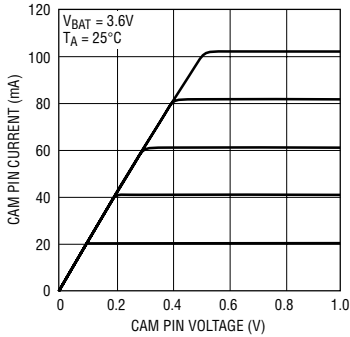
3208 G14

2x 模式电源电流与  $I_{CPO}$  的关系曲线 ( $I_{VBAT} - 2I_{CPO}$ )



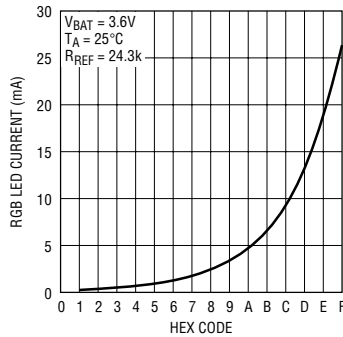
3208 G15

CAM 引脚电流与 CAM 引脚电压的关系曲线



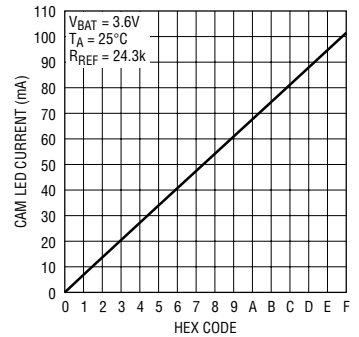
3208 G16

RGB LED 电流与输入代码的关系曲线



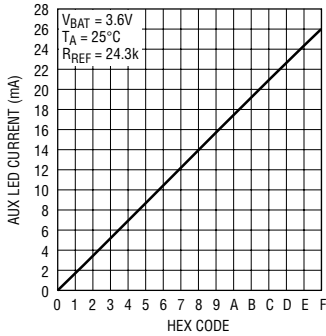
3208 G17

CAM LED 电流与输入代码的关系曲线



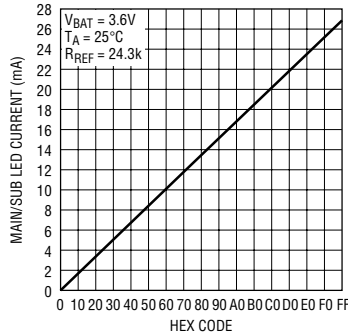
3208 G18

AUX LED 电流与输入代码的关系曲线



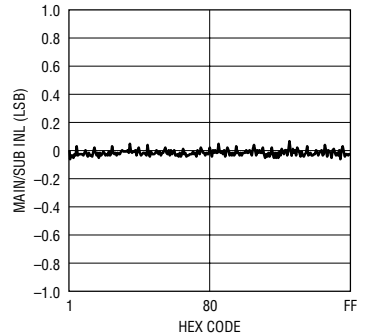
3208 G21

主/副 LED 电流与输入代码的关系曲线



3208 G19

主/副显示屏 INL



3208 G20

## 引脚功能

**CAMI-4 (引脚 1、2、3、4)：**用于 CAM 显示屏白光 LED 的电流源输出。CAM 显示屏上的 LED 可利用软件控制和内部 4 位线性 DAC 而被设定在 0mA 至 102mA 的范围内 (16 个等级)。提供了两个 4 位寄存器。一个寄存器用于设置高相机电流，另一个则用于设置低相机电流。这些寄存器可通过串行端口或 CAMHL 引脚来选择。每个输出均可通过把输出端连接至 CPO 引脚来停用。把 REGF 中的数据设定为 0 将关闭所有的 CAM 输出。(见“应用信息”)。

**AUX1-4 (引脚 5、6、7、8)：**用于 AUX 显示屏白光 LED 的电流源输出。当被用作一个单独的显示屏时，可利用软件控制和内部 4 位 DAC 将 AUX 显示屏的 LED 电流源设定在 0mA 至 26mA 的范围内 (16 个等级)。此外，还可根据需要把这些输出单独地连接至 CAM、SUB 或 MAIN 显示屏，并利用与每个显示屏相关联的 DAC 来驱动。可通过把输出连接至 CPO 来停用 AUX1、2 和 3。AUX4 可被用作一个漏极开路 I<sup>2</sup>C 控制型通用输出，但是，当被配置为逻辑输出时，不能够通过连接至 CPO 来实现停用。把 REGE 和 REGB2 中的数据设定为 0 将关闭所有的 AUX 输出。(见“应用信息”)。

**CAMHL (引脚 9)：**逻辑输入。该引脚用于选择 CAM 高寄存器 (当被确定为高电平时) 和 CAM 低寄存器 (当被确定为低电平时)。当该引脚从高电平变换至低电平时，将自动地把充电泵模式复位至 1x。

**SCL (引脚 10)：**I<sup>2</sup>C 时钟输入。SCL 的逻辑电平以 DV<sub>CC</sub> 为基准。

**SDA (引脚 11)：**串行端口的 I<sup>2</sup>C 数据输入。串行数据每个时钟周期移动一位，以控制 LTC3208。SDA 的逻辑电平以 DV<sub>CC</sub> 为基准。

**V<sub>BAT3,2,1</sub> (引脚 12、24、30)：**整个器件的电源电压。三个单独的引脚被用于把充电泵和模拟部分隔离开来，以降低噪声。必须在外部将所有这些引脚连接在一起，并通过一个 4.7μF 低 ESR 陶瓷电容器进行旁路。该 4.7μF 旁路电容器应靠近 V<sub>BAT2</sub> 连接。应在靠近 V<sub>BAT3</sub> 的地方连接一个 0.1μF 电容器。

**R<sub>REF</sub> (引脚 13)：**该引脚负责控制所有显示屏的最大 LED 电流值。R<sub>REF</sub> 电压为 1.215V。一个接地的外部电阻器用于设定所有显示屏 DAC 和支持电路的基准电流。由于该电阻器用于对 LTC3208 内部的所有电路进行偏置，因此其阻值被限制在 22k 至 30k 的范围内。

**DV<sub>CC</sub> (引脚 14)：**所有数字 I/O 线路的电源电压。该引脚负责设定 LTC3208 的逻辑基准电平。当 DV<sub>CC</sub> 引脚电压低于 DV<sub>CC</sub> UVLO 门限时，DV<sub>CC</sub> 引脚上的一个 UVLO 电路将所有寄存器全部置零。

**MAIN1-4 (引脚 15、16、17、18)：**主显示屏白光 LED 的电流源输出。可利用软件控制和内部 8 位线性 DAC 将主显示屏上的 LED 设定在 0μA 至 27.5mA 的范围内 (256 个等级)。可通过把输出连接至 CPO 来从外部关闭每个输出。把 REGC 中的数据设定为 0 将关闭所有的主显示屏输出。

**SUB2、SUB1 (引脚 19、20)：**副显示屏白光 LED 的电流源输出。可利用软件控制和内部 8 位线性 DAC 将副显示屏上的 LED 设定在 0μA 至 27.5mA 的范围内 (256 个等级)。可通过把输出连接至 CPO 来从外部关闭每个输出。把 REGD 中的数据设定为 0 将关闭所有的副显示屏输出。

## 引脚功能

**BLUE、GRN、RED (引脚 21、22、23) :** 用于 RGB 照明装置 LED 的电流源输出。RGB 电流可通过串行端口单独设定。可利用 3 个内部 4 位指数 DAC 来设置高达 27mA 的电流 (16 个等级)。这些输出可被用作漏极开路 I<sup>2</sup>C 控制型逻辑输出。当采取这种配置形式时, 不能够通过连接至 CPO 来从外部停用这些输出。把 REGA1 中的数据设定为 0 将关闭 RED LED、把 REGA2 中的数据设定为 0 将关闭 GREEN LED、而把 REGB1 中的数据设定为 0 则将关闭 BLUE LED。

**GND (引脚 25、33) :** 系统地。应把引脚 25 和裸露衬垫 (引脚 33) 直接连接至一个低阻抗接地平面。

**C2M、C1M、C2P、C1P (引脚 26、27、29、31) :** 充电泵跨接电容器引脚。应在 C1P 和 C1M 之间以及

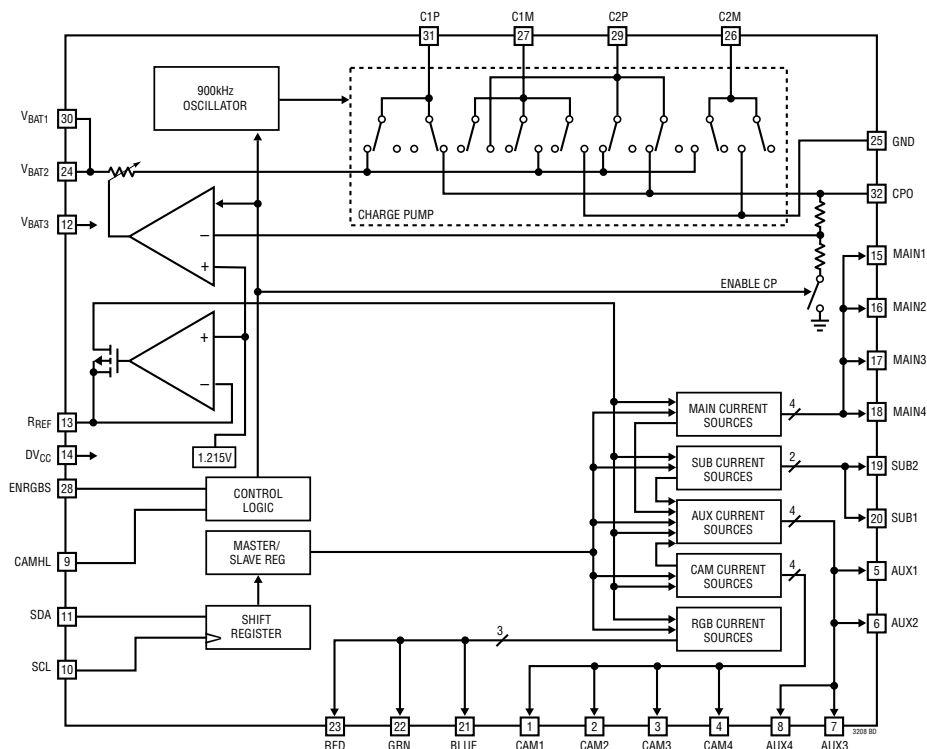
C2P 和 C2M 之间连接 2.2 $\mu$ F X7R 或 X5R 型陶瓷电容器。

**ENRGS (引脚 28) :** 逻辑输入。该引脚通常为高电平, 并被用于使能或停用 RED、GREEN 和 BLUE LED 或 SUB LED。RGB 或 SUB 之间的选择是通过一个内部可编程位来完成的。当该引脚从低电平 (停用) 变换至高电平 (使能) 时, LTC3208 将以先前设置的色彩组合来对 RGB 显示屏进行照明, 或以其先前设置的电流来对 SUB 显示屏进行照明。该引脚的逻辑电平以 DV<sub>CC</sub> 为基准。

**CPO (引脚 32) :** 用于为所有 LED 供电的充电泵的输出。应把一个 4.7 $\mu$ F X5R 或 X7R 型陶瓷电容器连接至地。



## 方框图



## 工作原理

## 电源管理

LTC3208 采用一个开关电容器充电泵把 CPO 引脚电压提升至输入电压的 2 倍 (高达 5V)。器件在 1x 模式中启动。在该模式中,  $V_{BAT1,2}$  直接连接至 CPO。这种模式提供了最高的效率和最低的噪声。LTC3208 将保持在 1x 模式, 直至一个 LED 电流源发生压降为止。当一个电流源电压变得过低而无法提供设定电流时, 就会出现压降。当检测到压降时, LTC3208 将切换至 1.5x 模式。CPO 电压随后将开始增加, 并试图达到  $1.5x V_{BAT}$  (高达 4.5V)。之后发生的任何压降将导致器件进入 2x 模式。CPO 电压将试图达到  $2x V_{BAT}$  (高达 5V)。当一个 DAC 数据位通过 I<sup>2</sup>C 端口而被更新或位于 CAMHL 信号的下降沿

时, 器件将被复位至 1x 模式。

一个两相非重叠时钟用于起动充电泵开关。在 2x 模式中, 由  $V_{BAT}$  在交替的时钟相位上对跨接电容器进行充电, 以最大限度地减小输入电流纹波和 CPO 电压纹波。在 1.5x 模式中, 跨接电容器在第一个时钟相位期间被串联充电, 而在第二个相位中被并联堆叠于  $V_{BAT}$  引脚上。跨接电容器的这种充电和放电程序以一个 900kHz 的恒定频率连续进行。

利用一个关联 DAC 来对由 LED 电流源提供的电流进行控制。每个 DAC 均通过 I<sup>2</sup>C 端口来设定。全标度 DAC 电流由  $R_{REF}$  来设置。 $R_{REF}$  的阻值被限制在 22k 至 30k 的范围内。

## 工作原理

### 软起动

最初，当器件处于停机模式时，一个弱开关把  $V_{BAT}$  连接至 CPO。这可使  $V_{BAT1,2}$  对 CPO 输出电容器进行缓慢充电，并防止出现很大的充电电流。

LTC3208 还在其充电泵上采用了一种软起动功能，以防止在切换至升压模式时产生过大的涌入电流和电源压降。可输送给 CPO 引脚的电流在一个  $150\mu s$  的典型周期内线性增加。软起动功能在  $1.5x$  和  $2x$  模式变更的起点生效。

### 充电泵强度

当 LTC3208 工作于  $1.5x$  模式或  $2x$  模式时，可将充电泵模拟为一个 Thevenin 等效电路，以决定可从有效输入电压和有效开环输出电阻  $R_{OL}$  获得的电流 (图 1)。

$R_{OL}$  取决于诸多因素，包括开关项  $1/(2f_{OSC} \cdot C_{FLY})$ 、内部开关电阻以及开关电路的非重叠期。然而，对于一个给定的  $R_{OL}$ ，可获得的电流量将与优势电压 (对于  $1.5x$  模式，为  $1.5V_{BAT} - CPO$ ；对于  $2x$  模式，为  $2V_{BAT} - CPO$ ) 成正比。我们以由一个  $3.1V$  电源来驱动白光 LED 为例。如果 LED 正向电压为  $3.8V$  且电流源需要  $100mV$  的电压，则对于  $1.5x$  模式而言，优势电压为  $3.1V \cdot 1.5 - 3.8V - 0.1V$  (即  $750mV$ )。请注意，如果输入电压被提高至  $3.2V$ ，则优势电压将跃升至  $900mV$  (充电泵的可用强度提高了  $20\%$ )。

根据图 1， $1.5x$  模式的可用电流由下式给出：

$$I_{OUT} = \frac{1.5V_{BAT} - V_{CPO}}{R_{OL}} \quad (1)$$

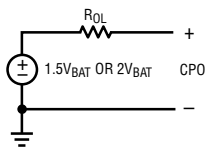


图 1：充电泵 Thevenin 等效开环电路

对于  $2x$  模式，可用电流由下式得出：

$$I_{OUT} = \frac{2V_{BAT} - V_{CPO}}{R_{OL}}$$

请注意，就  $2x$  场合而言，优势电压为  $3.1V \cdot 2 - 3.8V - 0.1V = 2.3V$ 。在  $2x$  模式中，虽然  $R_{OL}$  阻值较大，但是总可用电流得到了显著增加。

图 2 和图 3 示出了  $R_{OL}$  的典型值与温度的函数关系曲线。

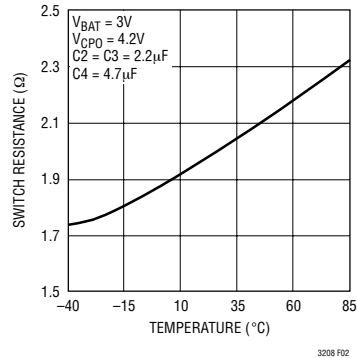


图 2：1.5x 模式中  $R_{OL}$  典型值与温度的关系曲线

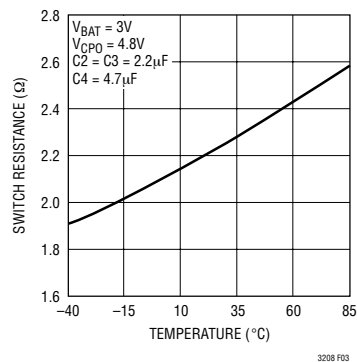


图 3：2x 模式中  $R_{OL}$  典型值与温度的关系曲线

## 工作原理

### 停机电流

当所有的电流源数据位均被写为 0 或当  $DV_{CC}$  引脚电压低于  $DV_{CC} UVLO$  门限时，器件将进入停机模式。

虽然 LTC3208 是专为拥有非常低的停机电流而设计的，但它仍将在停机模式中从  $V_{BAT}$  引脚吸收约  $3\mu A$  的电流。内部逻辑电路确保 LTC3208 在  $DV_{CC}$  引脚接地时处于停机模式。但是应该注意到，所有以  $DV_{CC}$  为基准的逻辑信号 (SCL、SDA、ENRGSB、CAMHL) 的电平都必须位于  $DV_{CC}$  或更低 (即：地电位)，以避免在这些引脚上出现违反绝对最大规格参数要求的情况。

### 串行端口

与微控制器兼容的  $I^2C$  串行端口为 LTC3208 提供了所有的指令和控制输入。SDA 输入端上的数据在 SCL 的上升沿装入。D7 最先装入，D0 最后装入。有 7 个数据寄存器、1 个地址寄存器和 1 个副地址寄存器。一旦所有的地址位均按时间顺序被依次记录到地址寄存器中，则立即进行确认。副地址寄存器随后被写入数据，之后将进行数据寄存器的写入操作。每个数据寄存器具有一个副地址。在数据寄存器被写入信息之后，一个装入脉冲将在停止位之后生成。该装入脉冲将把数据寄存器中保存的所有数据转移至 DAC 寄存器。此时，LED 电流将被变更为新的设定值。由于串行端口采用的是静态逻辑寄存器，因此能否对其进行运作没有最小速度方面的限制。

### 主和副显示屏电流源

有 4 个主显示屏电流源和 2 个副显示屏电流源。每组电流源具有一个用于电流控制的 8 位线性 DAC。输出电流范围为 0mA 至 27.5mA (256 个等级)。

当某个功能块接收到一个全零数据字时，这些电流源将被停用。该功能块的电源电流将被减小至零。此外，各个 LED 输出都可连接至 CPO 引脚，以关断该特定的电流源输出，并把停用输出的工作电流减小至  $10\mu A$  (典型值)。

### 相机显示屏电流源

有 4 个相机显示屏电流源。这组电流源具有一个用于电流控制的 4 位线性 DAC。输出电流范围为 0mA 至 102mA (16 个等级)。

当某个功能块接收到一个全零数据字时，这些电流源将被停用。该功能块的电源电流将被减小至零。此外，各个 LED 输出都可连接至 CPO 引脚，以关断该特定的电流源输出，并把停用输出的工作电流减小至  $10\mu A$  (典型值)。

### RGB 照明装置

RED、GREEN 和 BLUE LED 的输出电流可通过 3 个 4 位指数 DAC 来单独设定，范围为 0mA 至 27mA (16 个等级)。

当接收到一个全零数据字时，这些电流源将被逐个关闭。该电流源的电源电流被减小至零。这些输出也可被用作漏极开路逻辑控制输出。因此，当它们与 CPO 相连时将不会被停用。

### 辅助显示屏电流源

有 4 个辅助显示屏电流源。这组电流源具有一个用于电流控制的 4 位线性 DAC。输出电流范围为 0mA 至 26mA (16 个等级)。

此外，每个电流源都可被单独地连接至 CAM、SUB 或 MAIN DAC 输出。选择是通过  $I^2C$  端口来完成的。于是，输出电流将与对应的选定电流源组相匹配。在该场合中，将实现一个 0mA 至 27.5mA (对于 SUB 和 MAIN 显示屏) 或 0mA 至 102mA (对于 CAM 显示屏) 的输出电流范围。

当某个功能块在 REGE 和 REGB2 中均接收到一个全零数据字时，这些电流源将被停用。该功能块的电源电流将被减小至零。AUX1、2 和 3 LED 输出可连接至 CPO 引脚，以关断该特定的电流源输出，并把停用输出的工作电流减小至  $10\mu A$  (典型值)。AUX4 可被用作一个漏极开路逻辑控制输出，因此，当它与 CPO 相连时将不会被停用。

## 工作原理

### 停用电流源输出

视应用要求的不同，可采用两种不同的方法来停用未用的 CAM、SUB 和 MAIN 显示屏输出。如果整组电流源将被停用(即 MAIN)，则用于该组电流源的数据寄存器都被写为 0。未用输出可处于开路状态。如果将使能一组或多组电流源输出，则必须把未用输出连接至 CPO，以防止出现错误的压降信号。

AUX 具有混合的停用要求。如果 AUX 未被使用，则对应的数据寄存器被写为 0，而且所有的输出都可被置于开路状态。如果将使能一个或多个输出，则可通过把未用输出连接至 CPO 来停用 AUX1、AUX2 和 AUX3。AUX4 不能通过连接至 CPO 来实现停用，不过，如果  $X_{RGBDROP}$  被设定为高电平，则可将其置于开路状态。这种设置不仅把压降检测器从 AUX4 输出端上拿掉，而且也将压降检测器从 RED、GRN 和 BLUE LED 输出端上去除。为了避免停用 RED、GRN 和 BLUE 压降检测器，当所使用的 AUX 输出中既包含使能输出也包含停用输出时，AUX4 应为使能输出中的一个。

通过把未用输出寄存器写为 0 来停用 RED、GRN 和 BLUE 输出。未用输出可被置于开路状态。

### CAMHL

CAMHL 引脚可快速地为闪光灯应用选择相机高寄存器，而无需对 I<sup>2</sup>C 端口进行再存取。当该引脚为低电平时，CAM 电流范围将受控于相机低 4 位寄存器。当 CAMHL 引脚被确定为高电平时，电流范围将由相机高 4 位寄存器来设定。

### ENRGBS 引脚

ENRGBS 引脚可被用来在不对 I<sup>2</sup>C 端口进行再存取的情况下使能或停用 LTC3208。这可以用于指示一个呼入电话，而无需唤醒微控制器。可利用软件编程将 ENRGBS 引脚设置为一个用于 RGB 显示屏或

SUB 显示屏的独立控制器。任选 REGG 位 G1 用于确定 ENRGBS 引脚所控制的显示屏。当 G1 位为 0 时，ENRGBS 引脚控制的是 RGB 显示屏。如果 G1 位被设定为 1，则 ENRGBS 引脚将控制 SUB 显示屏。

如欲使用 ENRGBS 引脚，则必须首先把 I<sup>2</sup>C 端口配置为期望的设定值。例如，如果将采用 ENRGBS 引脚来控制 SUB 显示屏，则一个非零代码必须存在于 REGD，而且命令寄存器 REGG 位 G1 必须被设定为 1。现在，当 ENRGBS 引脚为高电平(DV<sub>CC</sub>)时，将利用 REGD 设定值使 SUB 显示屏接通。当 ENRGBS 引脚为低电平时，SUB 显示屏将被关闭。如果没有其他显示屏被设置为接通，则整个芯片将处于停机状态。

同样，如果将采用 ENRGBS 引脚来使能 RGB 显示屏，则一个非零代码必须存在于 RED、GREEN 或 BLUE 寄存器 REGA1、REGA2 或 REGB1 中的一个，而且，任选寄存器 REGG 位 G1 被设定为 0。现在，当 ENRGBS 引脚为高电平(DV<sub>CC</sub>)时，RGB 显示屏将以设定的色彩来发光。当 ENRGBS 引脚为低电平时，RGB 显示屏将被关闭。如果没有其他显示屏被设置为接通，则整个芯片将处于停机状态。

如果任选寄存器 REGG 位 G1 被设定为 1 (SUB 显示屏控制)，则 ENRGBS 将不会对 RGB 显示屏产生影响。同样，如果 G1 位被设定为 0 (RGB 显示屏控制)，则 ENRGBS 将不会对 SUB 显示屏产生影响。

如果 ENRGBS 引脚未被使用，则必须将其连接至 DV<sub>CC</sub>。不应把它接地或浮置。

### 热保护

LTC3208 具有内置过热保护功能。当内部芯片温度达到 150°C 左右时，热停机功能将生效。这将关闭所有的电流源和充电泵，直到芯片被冷却了约 15°C 为止。这种热循环将继续下去，直到故障状态被纠正为止。

## 工作原理

### R<sub>REF</sub> 电流设定电阻器

电流设定电阻器连接在 R<sub>REF</sub> 引脚和地之间。由于所有的 DAC 基准电流和支持电路电流均与该设定电流有关，因此，该电阻器的阻值通常应接近 24k。

对该输入提供了至地或低阻值电阻器 (<10k) 的短路保护。当检测到故障时，即对基准电流放大器进行限流。此外，电流源输出和充电泵均被停用。

### 全标度 LED 电流计算公式

$$\text{AUX 全标度 LED 电流 (安培)} = \frac{1.215\text{V}}{R_{\text{REF}}} \cdot 518$$

$$\text{SUB/MAIN 全标度 LED 电流 (安培)} = \frac{1.215\text{V}}{R_{\text{REF}}} \cdot 543$$

$$\text{CAM 全标度 LED 电流 (安培)} = \frac{1.215\text{V}}{R_{\text{REF}}} \cdot 2025$$

$$\text{RGB 全标度 LED 电流 (安培)} = \frac{1.215\text{V}}{R_{\text{REF}}} \cdot 533$$

### 模式切换

当在一个 LED 引脚上检测到压降条件时，LTC3208 将自动从 1x 模式切换至 1.5x 模式，并随后至 2x 模式。当一个电流源电压变得过低以至于无法提供编程电流时，将出现压降。压降延迟通常为 400μs。

当一个数据位通过 I<sup>2</sup>C 端口而被更新或当 CAMHL 引脚从高电平变换至低电平时，器件模式将自动切换回 1x。

### I<sup>2</sup>C 接口

LTC3208 采用一个标准的 I<sup>2</sup>C 接口来与一个主机 (主控器) 进行通信。时序图 (图 5) 示出了总线上信号的定时关系。当总线处于未用状态时，两条总线线路 SDA 和 SCL 必须为高电平。在这些总线线路上需要布设外部上拉电阻器或电流源 (例如：LTC1694 SMBus 加速器)。

LTC3208 是一款只收 (从属) 器件。

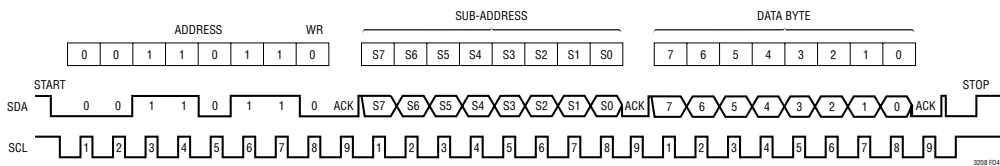


图 4：位分配

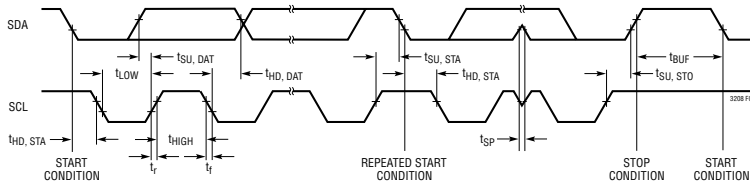


图 5：时序参数

## 工作原理

### LTC3208 所采用的写入字协议

1	7	1	1	8	1	8	1	1
S	从属地址	WR	A	*副地址	A	数据字节	A	P**

S = 起动条件，WR = 写入位 = 0，A = 确认，

P = 停止条件

\* 副地址只采用最前面的 3 个位，即：D0、D1 和 D2。

\*\* 停止可被延迟，直到所有的数据寄存器均被写入信息为止。

### 副地址字节

MSB								LSB	
S7	S6	S5	S4	S3	S2	S1	S0	寄存器	
X	X	X	X	X	0	0	0	无	
X	X	X	X	X	0	0	1	REGA	
X	X	X	X	X	0	1	0	REGB	
X	X	X	X	X	0	1	1	REGC	
X	X	X	X	X	1	0	0	REGD	
X	X	X	X	X	1	0	1	REGE	
X	X	X	X	X	1	1	0	REGF	
X	X	X	X	X	1	1	1	REGG	

### REGA，RED LED 和 GREEN LED 4 位 DAC 数据，寄存器副地址 = 001

MSB		REGA2		LSB		MSB		REGA1		LSB	
A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	RED D3	RED D2	RED D1	RED D0
GRN D3	GRN D2	GRN D1	GRN D0	RED D3	RED D2	RED D1	RED D0				

### REGB，BLUE LED 和辅助 4 位 DAC 数据，寄存器副地址 = 010

MSB		REGB2		LSB		MSB		REGB1		LSB	
B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	AUX D3	AUX D2	AUX D1	AUX D0
AUX D3	AUX D2	AUX D1	AUX D0	BLUE D3	BLUE D2	BLUE D1	BLUE D0				

### REGC，MAIN LED 8 位 DAC 数据，寄存器副地址 = 011

MSB								LSB							
C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	C0	MAIN D7	MAIN D6	MAIN D5	MAIN D4	MAIN D3	MAIN D2	MAIN D1	MAIN D0

### REGD，SUB LED 8 位 DAC 数据，寄存器副地址 = 100

MSB								LSB							
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	SUB D7	SUB D6	SUB D5	SUB D4	SUB D3	SUB D2	SUB D1	SUB D0

## 工作原理

**REGE**，辅助 LED 8 位 MUX 数据，选择用于每个 AUX 输出的 DAC，寄存器副地址 = 101

AUX4			AUX3			AUX2			AUX1		
E7	E6	选择	E5	E4	选择	E3	E2	选择	E1	E0	选择
0	0	AUX	0	0	AUX	0	0	AUX	0	0	AUX
0	1	MAIN	0	1	MAIN	0	1	MAIN	0	1	MAIN
1	0	SUB	1	0	SUB	1	1	SUB	1	0	SUB
1	1	CAM	1	1	CAM	1	0	CAM	1	1	CAM

**REGF**，相机 LED 4 位高和 4 位低 DAC 数据，寄存器副地址 = 110

MSB		高位		LSB		MSB		低位		LSB	
F7	F6	F5	F4	F3	F2	F1	F0	F7	F6	F5	F4
CAM D3	CAM D2	CAM D1	CAM D0	CAM D3	CAM D2	CAM D1	CAM D0	CAM D3	CAM D2	CAM D1	CAM D0

**REGG**，任选字节，副地址 = 111

MSB						LSB	
G7	G6	G5	G4	G3	G2	G1	G0
Force2x	Force1p5	D <sub>TH2</sub>	D <sub>TH1</sub>	X <sub>RGBDROP</sub>	S <sub>CAMHILO</sub>	S <sub>ELRGS</sub>	未用

SELRGS (G1)	1	选择 SUB 显示屏，用于由 ENRGS 引脚来控制
	0	选择 RGB 显示屏，用于由 ENRGS 引脚来控制
SCAMHILO (G2)	1	选择 CAM 高寄存器，停用 CAMHL 引脚
	0	选择 CAM 低寄存器，使能 CAMHL 引脚
XRGBDROP (G3)	1	当输出被用作逻辑信号时，停用 RGB 和 AUX4 压降信号
	0	使能 RGB 和 AUX4 压降信号
D <sub>TH1</sub> (G4)	0	测试连接，必须始终为 0
D <sub>TH2</sub> (G5)	0	测试连接，必须始终为 0
Force1p5 (G6)	1	强制充电泵进入 1.5x 模式
	0	使模式逻辑电路根据压降信号来控制模式变更
Force2x (G7)	1	强制充电泵进入 2x 模式，取代 Force1p5 信号
	0	使模式逻辑电路根据压降信号来控制模式变更

## 工作原理

### 总线速度

I<sup>2</sup>C 端口是专为在高达 400kHz 的速度条件下操作而设计的。它具有内置定时延迟，用于在由一个 I<sup>2</sup>C 兼容型主控制器对其进行寻址时确保操作的正确执行。它还包含一个专为在总线信息受损的情况下进行干扰抑制而设计的输入滤波器。

### 启动和停止条件

总线主控制器通过发送一个启动条件来表示至从属器件的通信的开始。

启动条件是通过在 SCL 为高电平的情况下将 SDA 从高电平变换至低电平来产生的。当主控制器完成了与从属器的通信时，它通过在 SCL 为高电平的情况下将 SDA 从低电平变换至高电平来发出一个停止条件。总线随后将处于空闲状态，以便与另一个 I<sup>2</sup>C 器件进行通信。

### 字节格式

传送至 LTC3208 的每个字节的长度必须为 8 位，其后是一个用于由 LTC3208 回送的确认位的附加时钟周期。数据应首先传送至 LTC3208 的最高有效位 (MSB)。

### 确认

确认信号被用于主控制器与从属器之间的信号交换。一个由从属器件 (LTC3208) 产生的确认信号 (低态有效) 可让主控制器了解到信息的最新字节已被接收。与确认相关的时钟脉冲由主控制器产生。在确认时钟周期中，主控制器释放 SDA 线路 (高电平)。在确认时钟脉冲期间，从属接收器必须拉低 SDA 线路电平，这样就能够在该时钟脉冲的高电平期间维持一个稳定的低电平。

### 从属地址

LTC3208 只对一个在出厂时被设定为 0011011 的 7 位地址做出响应。地址字节的第 8 位 (R/W) 必须为 0，以便 LTC3208 进行地址识别 (因为它是一款只写器件)。这在效果上使该地址具有 8 位的长度，而且地址的最低有效位为 0。如果提供了一个正确的 7 位地址但 R/W 位为 1，则 LTC3208 将不做出响应。

### 总线写操作

主控制器利用一个启动条件和一个其后为写入位 R/W = 0 的 7 位地址来启动与 LTC3208 的通信。如果该地址与 LTC3208 的地址相匹配，则 LTC3208 将回送一个确认信号。主控制器随后应输送最高有效副地址字节，以对数字寄存器进行写入操作。LTC3208 再次确认，然后从最高有效位开始输送数据。该循环将重复下去，直到对全部必需的数据寄存器均进行了写入操作为止。可对任何数量的数据锁存器进行写入操作。当回送一个确认信号时，每个数据字节都将被立即传输至一个内部保持锁存器。在全部三个数据字节均被传输至 LTC3208 之后，主控制器便可以利用一个停止条件来终止通信。另一种做法是，可由主控制器来启动一个重复启动条件，并可对 I<sup>2</sup>C 总线上的另一颗芯片进行寻址。该循环可以无限制地继续下去，且 LTC3208 将记住其所接收到的最后一个有效数据输入。一旦对总线上的所有芯片都进行了寻址并传送了有效数据，则可传送一个全局停止条件，而且，LTC3208 将利用其接收到的数据来更新所有的寄存器。

在某些场合，I<sup>2</sup>C 总线上的数据有可能遭到损坏。此时，LTC3208 将通过只保留其接收到的最后一组完整数据来做出正确的响应。例如，假设 LTC3208 已被成功寻址且在错误地出现了一个停止条件的情况下接收数据。LTC3208 将忽略此停止条件，并且不做出响应，直到一个新启动条件、正确地址、副地址以及一组新数据和停止条件被传输为止。

同样地，如果是先前对 LTC3208 进行了寻址并传送了有效数据、但未利用一个停止条件进行更新，则其将会对总线上出现的任何停止条件做出响应 (只有一个例外情况)，这与已经出现的重复启动条件的数量无关。如果提供了一个重复启动条件且 LTC3208 成功地确认了其地址，则它将不会对一个停止条件做出响应，直到新数据的所有字节均已被接收和确认为止。

由于一个公共确认信号对这些寄存器进行了写入操作，因此将使共用数据寄存器的所有 8 位都被改写。共用寄存器包括 REGA、REGB 和 REGF。



## 应用信息

### $V_{BAT}$ 、CPO 电容器的选择

与 LTC3208 一道使用的电容器的类型和数值决定了多个重要参数，例如：稳压器控制环路稳定性、输出纹波、充电泵强度和最小启动时间。

为了降低噪声和纹波，建议  $CV_{BAT}$  和  $C_{CPO}$  均采用低等效串联电阻 (ESR) 陶瓷电容器。建议不要采用钽电容器或铝电容器，因为它们 ESR 很高。

对于一个给定的负载电流， $C_{CPO}$  的数值直接控制著输出纹波的大小。增加  $C_{CPO}$  的数值将减小输出纹波，但代价是启动电流较高。1.5x 模式的峰至峰输出纹波由下式近似给出：

$$V_{\text{RIPPLE P-P}} = \frac{I_{\text{OUT}}}{3f_{\text{OSC}} \cdot C_{\text{CPO}}} \quad (3)$$

式中的  $f_{\text{OSC}}$  为 LTC3208 振荡器频率（一般为 900kHz），而  $C_{\text{CPO}}$  为输出电荷存储电容器。

在 2x 模式中，由于在时钟的两个周期中均提供负载电流，因此输出纹波非常小。

输出电容器的类型和数值对 LTC3208 的稳定性都会有显著的影响。如前文的“方框图”所示，LTC3208 采用一个控制环路来调整充电泵的强度，以便与所需的输出电流相匹配。该环路的误差信号被直接存储于输出电容器。输出电容器还起著控制环路主极点的作用。为防止产生振铃或不稳定性，输出电容器在所有条件下均应保持至少 2.2 $\mu\text{F}$  的电容量，这一点很重要。

此外，输出电容器过大的 ESR 往往将导致 LTC3208 环路稳定性的劣化。闭环输出电阻约为 80m $\Omega$ 。对于一个 100mA 的负载电流变化，误差信号将发生约 8mV 的变化。如果输出电容器的 ESR 为 80m $\Omega$  或更大，则闭环响应将不再以一种简单的单极点方式滚降，并有可能产生很差的负载瞬态响应或不稳定性。多层陶瓷片式电容器通常具有优越的 ESR 性能。MLCC 与紧密的电路板布局相结合将实现非常好的稳定性。就像  $C_{\text{CPO}}$  的数值控制著输出纹

波的大小一样， $CV_{BAT}$  的数值也控制著输入引脚 ( $V_{BAT}$ ) 上的纹波大小。当充电泵处于输入充电期或输出充电期时，LTC3208 的输入电流将相对恒定，但在时钟非重叠期间，该输入电流将降至零。由于该非重叠期很短 (约 25ns)，因此，这些丢失的“缺口”将只会在输入电源线上产生很小的干扰。请注意，ESR 较高的电容器 (例如：钽电容器) 将具有较高的输入噪声 (由于 ESR 较高的原因)。于是，推荐使用具有低 ESR 的陶瓷电容器。如图 6 所示，通过一个非常小的串联电感器来给 LTC3208 供电能够进一步降低输入噪声。一个 10nH 的电感器将除去快速电流凹陷，由此向输入电源提供一个近乎恒定的电流负载。从经济的角度考虑，可利用约 1cm (0.4") 长的 PC 板印制线将该 10nH 电感器做在 PC 板上。

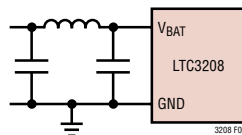


图 6：用于输入降噪的 10nH 电感器 (约 1cm 长的电路板印制线)

### 跨接电容器的选择

**警告：绝对不能把极化电容器 (比如钽电容器或铝电容器) 用作跨接电容器，因为它们的电压会在 LTC3208 启动时反向。跨接电容器应始终使用陶瓷电容器。**

跨接电容器用于控制充电泵的强度。为了获得额定输出电流，每个跨接电容器需要具有至少 2.2 $\mu\text{F}$  的电容。不同材料的电容器其电容随温度和电压的升高而损失的速率是不同的。例如，一个采用 X7R 材料制成的陶瓷电容器将能够在 -40 $^{\circ}\text{C}$  至 85 $^{\circ}\text{C}$  的温度范围内保留其大部分的电容，而一个 Z5U 或 Y5V 型电容器则将在相同的温度范围内损失大量的电容。Z5U 和 Y5V 电容器还可能具有一个非常差的电压系数，这使得它们在施加额定电压时会损失掉 60% 或更多的电容。因此，在比较不同的电容器

## 应用信息

时，更为合适的方法往往是比较它们在外壳尺寸一定的情况下所能获得的电容大小，而非其规定的电容值。例如，在具超额使用能力的电压和温度条件下，一个  $1\mu\text{F}$ 、 $10\text{V}$  的 Y5V 陶瓷电容器所提供的电容可能并不比一个同样采用 0603 外壳的  $0.22\mu\text{F}$ 、 $10\text{V}$  的 X7R 型电容器大。应该参考制造商的数据表，以决定为确保在所有的温度和电压条件下具有最小电容需选用多大数值的电容器。

表 1 罗列了一些陶瓷电容器制造商以及他们的联系方式：

**表 1：推荐的电容器供应商**

AVX	www.avxcorp.com
Kemet	www.kemet.com
Murata	www.murata.com
Taiyo Yuden	www.t-yuden.com
Vishay	www.vishay.com

### 布局的考虑和噪声

考虑到 LTC3208 的高开关频率及其所产生的瞬态电流，需要进行谨慎的电路板布局。设置一个真正的接地平面并采用至所有电容器的简短连接将改善性能，并确保在各种条件下的正确稳压。

跨接电容器引脚 C1P、C2P、C1M 和 C2M 将具有边缘速率非常高的波形。这些引脚上的大  $dv/dt$  有可能将能量容性耦合至邻近的印刷电路板线路。如果跨接电容器不靠近 LTC3208 (即环路面积很大)，则还有可能产生磁场。为了对容性能量转移进行去耦，可采用法拉第 (Faraday) 屏蔽。这是一根位于敏感节点和 LTC3208 引脚之间的接地 PCB 印制线。为了获得一个高质量的 AC 地，应将其回接至一个一直延伸到 LTC3208 的连续接地平面。

在设计 LTC3208 的 PCB 布局时，应遵循以下准则：

- 应采用电镀通孔将裸露衬垫焊接至一个与连续、低阻抗接地平面相连的大面积铜平面，以实现合适的散热和噪声防护。
- 输入和输出电容器 (C1 和 C4) 必须布设在器件的近旁。
- 跨接电容器 (C2 和 C3) 必须布设在器件的近旁。从器件引脚至电容器衬垫的印制线应尽可能地宽阔。
- $V_{\text{BAT}}$ 、CPO 印制线必须宽阔，以最大限度地减小电感并处理高电流。
- LED 衬垫必须很大，并与其他金属层相连，以确保实现合适的散热。

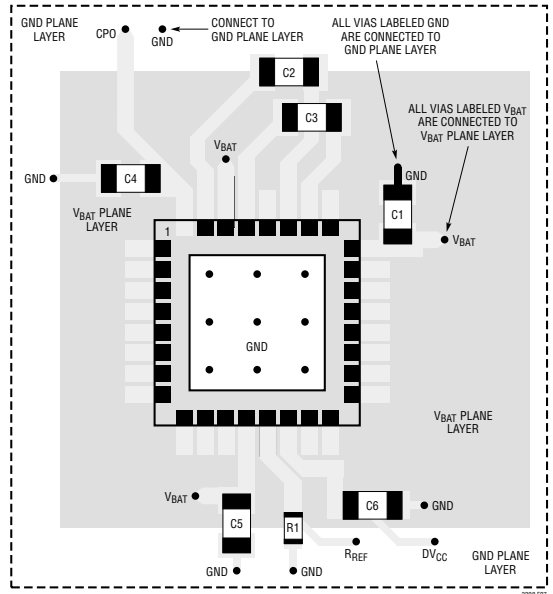


图 7：PC 板布局实例

## 应用信息

### 功率效率

为了计算白光 LED 驱动芯片的功率效率 ( $\eta$ )，应将 LED 功率与输入功率进行比较。这两个数的差值代表了损耗的功率 (不管这种损耗是在充电泵还是在电流源)。功率效率的数学表达式如下：

$$\eta = \frac{P_{LED}}{P_{IN}} \quad (4)$$

LTC3208 的效率取决于其工作模式。假设 LTC3208 用作一个通路开关，则将  $V_{BAT}$  连接至 CPO，直到在  $I_{LED}$  引脚上检测到压降状态为止。对于一个给定的输入电压和 LED 正向电压，该功能提供了最佳的可用效率。当它用作一个开关时，效率可由下式近似求出：

$$\eta = \frac{P_{LED}}{P_{IN}} = \frac{V_{LED} \cdot I_{LED}}{V_{BAT} \cdot I_{BAT}} = \frac{V_{LED}}{V_{BAT}} \quad (5)$$

因为输入电流将非常接近于 LED 电流之和。

在中高输出功率条件下，LTC3208 的静态电流可忽略不计，而且上述表达式有效。

一旦在任何 LED 引脚上检测到压降状态，LTC3208 将把充电泵转换至 1.5x 模式。

在 1.5x 升压模式中，LTC3208 的效率与一个有效输入电压为实际输入电压 1.5 倍的线性稳压器的效率相似。这是因为一个 1.5x 充电泵的输入电流大约是负载电流的 1.5 倍。在一个理想的 1.5x 充电泵中，功率效率将由下式给出：

$$\eta_{IDEAL} = \frac{P_{LED}}{P_{IN}} = \frac{V_{LED} \cdot I_{LED}}{V_{BAT} \cdot 1.5 \cdot I_{LED}} = \frac{V_{LED}}{1.5 \cdot V_{BAT}}$$

同样地，在 2x 升压模式中，LTC3208 的效率与一个有效输入电压为实际输入电压 2 倍的线性稳压器的效率相似。在一个理想的 2x 充电泵中，功率效率将由下式给出：

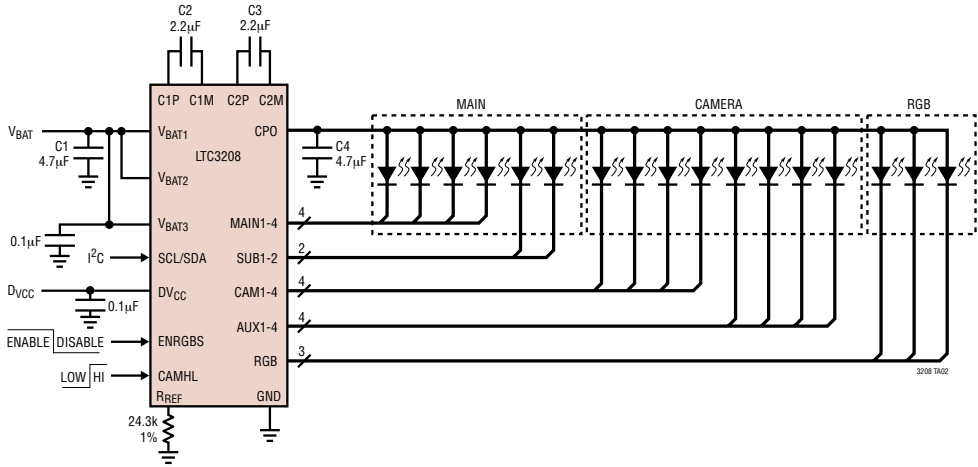
$$\eta_{IDEAL} = \frac{P_{LED}}{P_{IN}} = \frac{V_{LED} \cdot I_{LED}}{V_{BAT} \cdot 2 \cdot I_{LED}} = \frac{V_{LED}}{2 \cdot V_{BAT}}$$

### 热管理

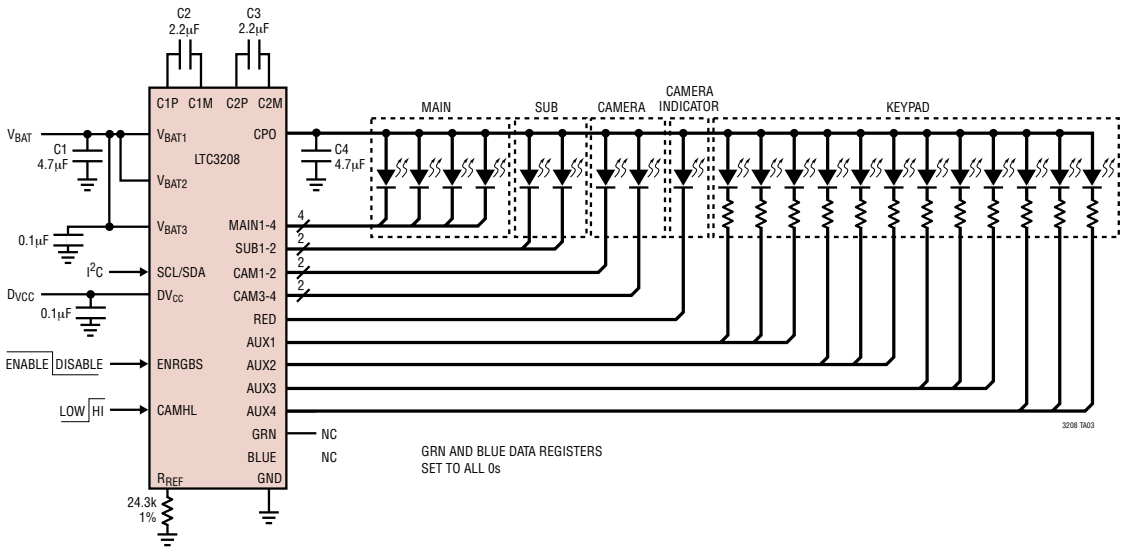
在较高的输入电压和最大输出电流条件下，LTC3208 中的功耗有可能相当大。如果结温升至约 150°C 以上，则热停机电路将自动使输出电流源和充电泵停止运作。为了降低最大结温，建议采用至 PC 板的良好热连接。把裸露衬垫连接至一个接地平面并在器件下方保持一个连续的接地平面将大大降低封装和 PC 板的热阻。

## 典型应用

### 6-LED MAIN、RGB 和低/高电流 8-LED 相机照明灯

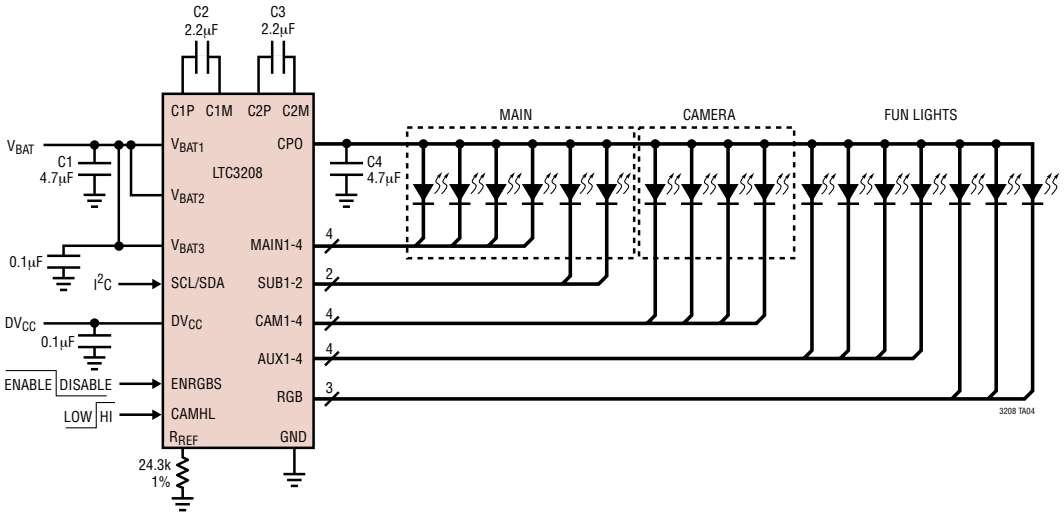


### MAIN 和 SUB 显示屏背光灯、键盘背光灯、相机照明灯和相机指示灯

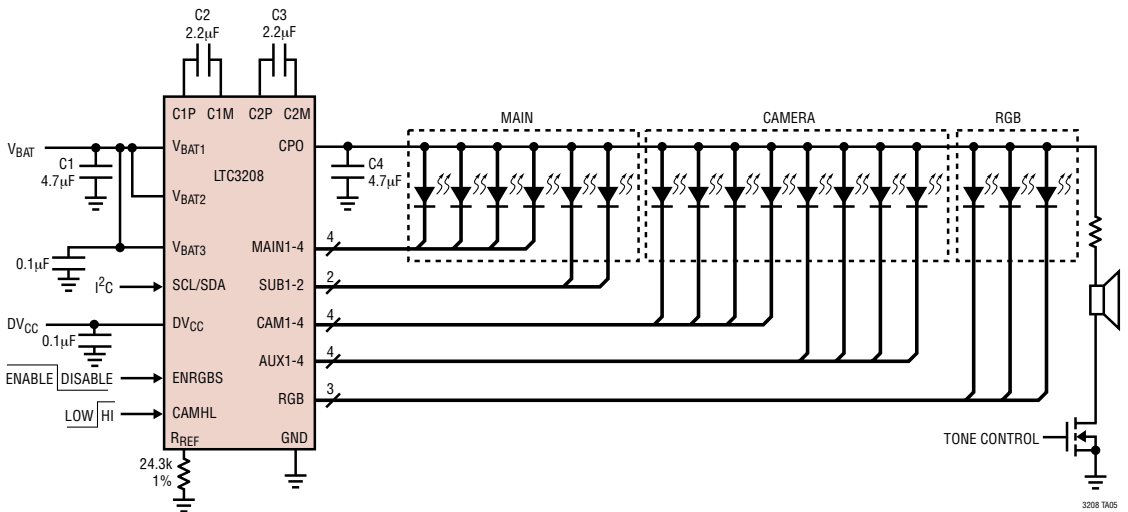


典型应用

6-LED MAIN、4-LED 相机照明灯、7-LED 欢乐闪烁灯

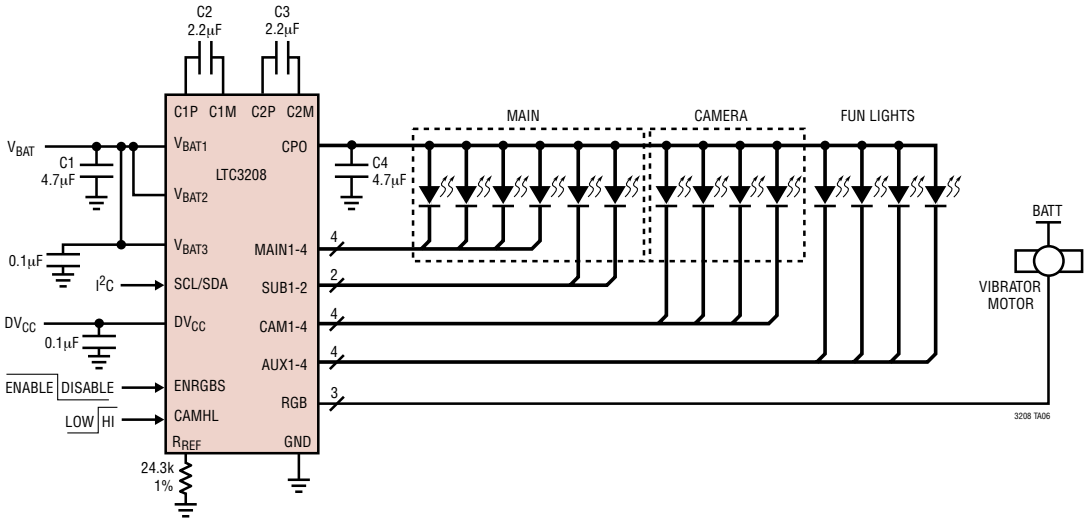


具音频发生器的 6-LED MAIN、RGB 和低/高电流 8-LED 相机照明灯

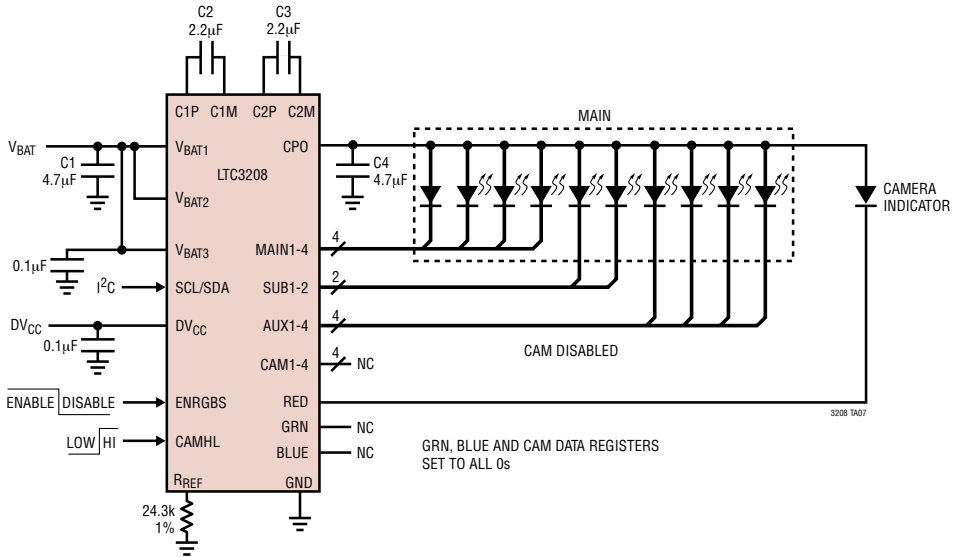


## 典型应用

具振子电机的 6-LED MAIN、4-LED 相机照明灯、4-LED 欢乐闪烁灯



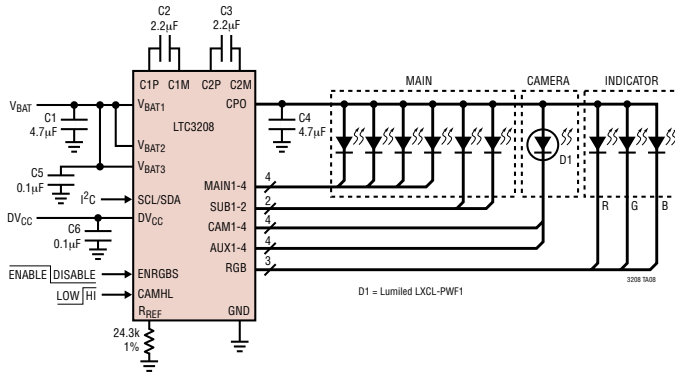
10-LED MAIN 显示屏 (RED 相机指示灯、CAM 显示屏被停用)





## 典型应用

### 6-LED MAIN、800mA 相机 LED 和 RGB 驱动器



## 相关器件

器件型号	描述	备注
LT®1618	恒定电流，恒定电压，1.4MHz 高效升压型稳压器	可驱动多达 16 个白光 LED， $V_{IN}$ : 1.6V 至 18V， $V_{OUT(MAX)} = 34V$ ， $I_Q = 1.8mA$ ， $I_{SD} \leq 1\mu A$ ，10 引脚 MS 封装
LTC1911-1.5	250mA ( $I_{OUT}$ )，1.5MHz 高效降压型充电泵	效率达 75%， $V_{IN}$ : 2.7V 至 5.5V， $V_{OUT(MIN)} = 1.5V/1.8V$ ， $I_Q = 180\mu A$ ， $I_{SD} \leq 10\mu A$ ，MS8 封装
LT1932	恒定电流，1.2MHz 高效白光 LED 升压型稳压器	可驱动多达 8 个白光 LED， $V_{IN}$ : 1V 至 10V， $V_{OUT(MAX)} = 34V$ ， $I_Q = 1.2mA$ ， $I_{SD} \leq 1\mu A$ ，ThinSOT™ 封装
LT1937	恒定电流，1.2MHz 高效白光 LED 升压型稳压器	可驱动多达 4 个白光 LED， $V_{IN}$ : 2.5V 至 10V， $V_{OUT(MAX)} = 34V$ ， $I_Q = 1.9mA$ ， $I_{SD} \leq 1\mu A$ ，ThinSOT，SC70 封装
LTC3200-5	低噪声，2MHz 稳压充电泵白光 LED 驱动器	可驱动多达 6 个白光 LED， $V_{IN}$ : 2.7V 至 4.5V， $V_{OUT(MAX)} = 5V$ ， $I_Q = 8mA$ ， $I_{SD} \leq 1\mu A$ ，ThinSOT 封装
LTC3201	低噪声，1.7MHz 稳压充电泵白光 LED 驱动器	可驱动多达 6 个白光 LED， $V_{IN}$ : 2.7V 至 4.5V， $V_{OUT(MAX)} = 5V$ ， $I_Q = 6.5mA$ ， $I_{SD} \leq 1\mu A$ ，10 引脚 MS 封装
LTC3202	低噪声，1.5MHz 稳压充电泵白光 LED 驱动器	可驱动多达 8 个白光 LED， $V_{IN}$ : 2.7V 至 4.5V， $V_{OUT(MAX)} = 5V$ ， $I_Q = 5mA$ ， $I_{SD} \leq 1\mu A$ ，10 引脚 MS 封装
LTC3205	多显示屏 LED 控制器	效率达 92%， $V_{IN}$ : 2.8V 至 4.5V， $I_Q = 50\mu A$ ， $I_{SD} \leq 1\mu A$ ，4mm × 4mm QFN 封装
LTC3206	I <sup>2</sup> C 多显示屏 LED 控制器	效率达 92%，400mA 连续输出电流，可驱动多达 11 个白光 LED，4mm × 4mm QFN 封装
LTC3216	1A 高电流，低噪声，白光 LED 驱动器	效率达 93%， $V_{IN}$ : 2.9V 至 4.4V，1x/1.5x/2x 升压模式，独立低/高电流编程
LTC3251	500mA ( $I_{OUT}$ )，1MHz 至 1.6MHz 扩频降压型	效率达 85%， $V_{IN}$ : 3.1V 至 5.5V， $V_{OUT}$ : 0.9V 至 1.6V，充电泵 $I_Q = 9\mu A$ ， $I_{SD} \leq 1\mu A$ ，10 引脚 MS 封装
LTC3405/ LTC3405A	300mA ( $I_{OUT}$ )，1.5MHz 同步降压型 DC/DC 转换器	效率达 95%， $V_{IN}$ : 2.7V 至 6V， $V_{OUT(MIN)} = 0.8V$ ， $I_Q = 20\mu A$ ， $I_{SD} \leq 1\mu A$ ，ThinSOT 封装
LTC3406/ LTC3406B	600mA ( $I_{OUT}$ )，1.5MHz 同步降压型 DC/DC 转换器	效率达 95%， $V_{IN}$ : 2.7V 至 5.5V， $V_{OUT(MIN)} = 0.6V$ ， $I_Q = 20\mu A$ ， $I_{SD} \leq 1\mu A$ ，ThinSOT 封装
LTC3440	600mA ( $I_{OUT}$ )，2MHz 同步降压-升压型 DC/DC 转换器	效率达 95%， $V_{IN}$ : 2.5V 至 5.5V， $V_{OUT(MIN)} = 2.5V$ ， $I_Q = 25\mu A$ ， $I_{SD} \leq 1\mu A$ ，10 引脚 MS 封装
LT3465/ LT3465A	内置肖特基二极管的 1.2MHz/2.4MHz 高效白光 LED 驱动器	可驱动多达 6 个白光 LED， $V_{IN}$ : 12.7V 至 16V， $V_{OUT(MAX)} = 34V$ ， $I_Q = 1.9mA$ ， $I_{SD} \leq 1\mu A$ ，ThinSOT 封装

ThinSOT 是凌力尔特公司的商标。