

600mA 主/相机 LED 控制器

特点

- 多模式充电泵可提供高达 94% 的效率 (1x、1.5x、2x)
- 高达 600mA 的总输出电流
- LTC3209-1：8 个电流源可用作 ——
6 个 25mA 主 (MAIN) 显示屏、1 个 400mA 相机 (CAM) 显示屏和 1 个 15mA 辅助 (AUX) 显示屏
- LTC3209-2：8 个电流源可用作 ——
5 个 25mA 主显示屏、2 个 200mA 相机显示屏和 1 个 15mA 辅助显示屏
- LED 接通/断开和亮度等级可采用二线式 I²C™ 接口来设置
- 用于产生电源的自动充电泵模式切换或固定模式
- 低噪声恒定频率操作*
- 内部软启动功能限制了启动和模式切换期间的涌入电流
- 短路保护 / 热保护 / LED 开路或短路保护
- 主显示屏具有 256 个亮度等级
- 相机显示屏具有 16 个亮度等级
- 辅助显示屏具有 4 个亮度等级
- 20 引脚 (4mm × 4mm) QFN 封装

应用

- 视频 / 采用 QVGA+ 显示屏的蜂窝电话

LT、LTC 和 LT 是凌特公司的注册商标。
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

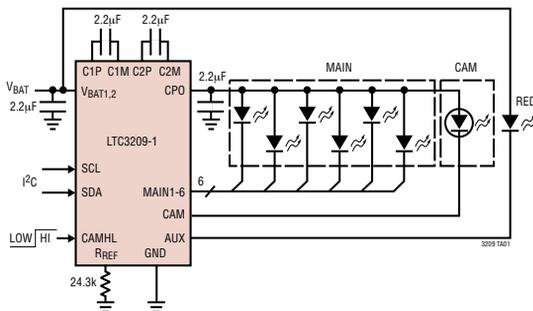
LTC®3209-1/LTC3209-2 是高集成度多显示屏 LED 控制器。这些器件包括一个高效、低噪声充电泵，用于向主、相机和辅助 LED 显示屏供电。LTC3209-1/LTC3209-2 只需 4 个小的陶瓷电容器和 1 个电流设定电阻器，就可形成一个完整的 LED 电源和电流控制器。

主/相机/辅助显示屏的最大电流采用单个电阻器来设定。每个 LED 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/断开控制均通过二线式 I²C 串行接口来实现。主显示屏可提供 256 种亮度状态，相机显示屏可提供 16 种亮度状态，而辅助显示屏则能提供 4 种亮度状态。

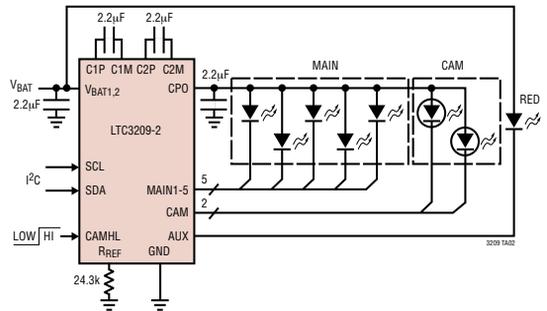
充电泵可根据 LED 电流源两端的电压来优化效率。器件加电后进入 1x 模式，并将在任一被使能的主或相机 LED 电流源开始进入压降状态时自动切换至升压模式。第一个压降将把器件切换至 1.5x 模式，随后的压降则把器件切换至 2x 模式。当一个数据位通过 I²C 端口更新时，器件将被复位至 1x 模式。这两款器件采用 4mm × 4mm 20 引脚 QFN 封装。

典型应用

LTC3209-1 6-LED 主显示屏/
1-LED 相机显示屏操作



LTC3209-2 5-LED 主显示屏/
2-LED 相机显示屏操作



LTC3209-1/LTC3209-2

绝对最大额定值 (注1)

V_{BAT} , DV_{CC} , CPO 至 GND	-0.3V 至 6V	I_{CAM1-2} (注 5)	250mA
SDA, SCL, CAMHL	-0.3V 至 ($DV_{CC} + 0.3V$)	I_{CAM} (注 5)	500mA
I_{CPO} (注 4)	700mA	CPO, R_{REF} 短路持续时间	无限制
$I_{MAIN1-6}$ (注 5)	31mA	工作温度范围 (注 2)	-40°C 至 85°C
I_{AUX} (注 5)	30mA	贮存温度范围	-65°C 至 125°C

封装/订购信息

<p>UF PACKAGE 20-LEAD (4mm x 4mm) PLASTIC QFN</p> <p>$T_{JMAX} = 125^{\circ}C$, $\theta_{JA} = 40^{\circ}C/W$ EXPOSED PAD IS GND (PIN 21), MUST BE SOLDERED TO PCB</p>	<p>UF PACKAGE 20-LEAD (4mm x 4mm) PLASTIC QFN</p> <p>$T_{JMAX} = 125^{\circ}C$, $\theta_{JA} = 40^{\circ}C/W$ EXPOSED PAD IS GND (PIN 21), MUST BE SOLDERED TO PCB</p>
--	--

产品型号	UF 器件标记	产品型号	UF 器件标记
LTC3209EUF-1	32091	LTC3209EUF-2	32092
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 $T_A = 25^{\circ}C$ 。 $V_{BAT1,2} = 3.6V$, $DV_{CC} = 3V$, $R_{REF} = 24.3k$, $C1 = C2 = C3 = C4 = 2.2\mu F$, 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		0.4		mA
	$I_{CPO} = 0$, 1.5x 模式		2.7		mA
	$I_{CPO} = 0$, 2x 模式		4.5		mA
V_{BAT} UVLO 门限			1.5		V
DV_{CC} 工作电压		● 1.5		4.5	V
DV_{CC} 工作电流	$DV_{CC} = 1.8V$, 串行端口空闲	●	1		μA
DV_{CC} UVLO 门限			1		V
V_{BAT} 停机电流	$DV_{CC} = 3V$	●	3	7	μA

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 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。 $V_{\text{BAT1,2}} = 3.6\text{V}$ ， $DV_{\text{CC}} = 3\text{V}$ ， $R_{\text{REF}} = 24.3\text{k}$ ， $C1 = C2 = C3 = C4 = 2.2\mu\text{F}$ ，除非特别注明。

参数	条件		最小值	典型值	最大值	单位
白光 LED 电流 (MAIN1-6)，8 位线性 DAC						
全标度 LED 电流	MAIN = 1V	●	25	28	31	mA
最小 (1LSB) LED 电流	MAIN = 1V			110		μA
LED 电流匹配	任何两个 MAIN 输出位于 50% FS			1		%
LED 压降	模式切换门限， $I_{\text{MAINx}} = \text{FS}$			180		mV
白光 LED 电流 (CAM)，LTC3209-1，4 位线性 DAC						
全标度 LED 电流	CAM = 1V	●	360	400	440	mA
最小 (1LSB) LED 电流	CAM = 1V			26.8		mA
LED 压降	模式切换门限， $I_{\text{CAM}} = \text{FS}$			400		mV
白光 LED 电流 (CAM1-2)，LTC3209-2，4 位线性 DAC						
全标度 LED 电流	CAM = 1V	●	180	200	220	mA
最小 (1LSB) LED 电流	CAM = 1V			13.3		mA
LED 电流匹配	CAM1-2 位于 50% FS			1		%
LED 压降	模式切换门限， $I_{\text{CAM}} = \text{FS}$			400		mV
AUX LED 电流，2 位线性 DAC						
全标度 LED 电流	AUX = 1V	●	12.5	13.75	15	mA
最小 (1LSB) LED 电流	AUX = 1V			4.4		mA
V_{OL}	$I_{\text{AUX}} = 1\text{mA}$ ； $C0$ 、 $C1 = \text{高电平}$			18		mV
充电泵 (CPO)						
1x 模式输出阻抗				0.5		Ω
1.5x 模式输出阻抗	$V_{\text{BAT}} = 3\text{V}$ ， $V_{\text{CPO}} = 4.2\text{V}$ (注 3)			2.7		Ω
2x 模式输出阻抗	$V_{\text{BAT}} = 3\text{V}$ ， $V_{\text{CPO}} = 4.8\text{V}$ (注 3)			3.2		Ω
CPO 稳压	1.5x 模式， $I_{\text{CPO}} = 2\text{mA}$			4.6		V
	2x 模式， $I_{\text{CPO}} = 2\text{mA}$			5.1		V
CLOCK 频率				0.85		MHz
SDA，SCL，CAMHL						
V_{IL} (低电平输入电压)		●		$0.3 \cdot DV_{\text{CC}}$		V
V_{IH} (高电平输入电压)		●		$0.7 \cdot DV_{\text{CC}}$		V
V_{OL} ，数字输出低电平 (SDA)	$I_{\text{PULLUP}} = 3\text{mA}$	●		0.16	0.4	V
I_{IH}	SDA，SCL，CAMHL = DV_{CC}	●	-1		1	μA
I_{IL}	SDA，SCL，CAMHL = 0V	●	-1		1	μA
串行端口定时 (注 6、7)						
t_{SCL}	时钟工作频率				400	kHz
t_{BUF}	停止和起动条件之间的总线空闲时间		1.3			μs
$t_{\text{HD,STA}}$	(重复)起动条件之后的保持时间		0.6			μs
$t_{\text{SU,STA}}$	重复起动条件建立时间		0.6			μs
$t_{\text{SU,STO}}$	停止条件建立时间		0.6			μs
$t_{\text{HD,DAT(OUT)}}$	数据保持时间		0		900	ns
$t_{\text{HD,DAT(IN)}}$	输入数据保持时间		0			ns
$t_{\text{SU,DAT}}$	数据建立时间		100			ns
t_{LOW}	时钟低电平周期		1.3			μs
t_{HIGH}	时钟高电平周期		0.6			μs
t_{f}	时钟数据下降时间		20		300	ns
t_{r}	时钟数据上升时间		20		300	ns

LTC3209-1/LTC3209-2

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 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。 $V_{\text{BAT}1,2} = 3.6\text{V}$ ， $DV_{\text{CC}} = 3\text{V}$ ， $R_{\text{REF}} = 24.3\text{k}$ ， $C1 = C2 = C3 = C4 = 2.2\mu\text{F}$ ， 除非特别注明。

参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
t_{SP}	尖峰脉冲抑制时间	50			ns
R_{REF}					
V_{RREF}	$R_{\text{REF}} = 24.3\text{k}$	● 1.20	1.23	1.26	V
R_{RREF}	基准电阻器范围	20		30	$\text{k}\Omega$

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： LTC3209-1/LTC3209-2 在 0°C 至 70°C 的范围内保证能够满足性能规格的要求。在 -40°C 至 85°C 环境温度工作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 3： $1.5\times$ 模式输出阻抗被定义为 $(1.5V_{\text{BAT}} - V_{\text{CPO}})/I_{\text{OUT}}$ 。 $2\times$ 模式输出阻抗被定义为 $(2V_{\text{BAT}} - V_{\text{CPO}})/I_{\text{OUT}}$ 。

注 4： 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泵电流为 300mA 。

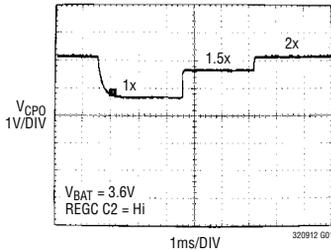
注 5： 基于长期电流密度限值。

注 6： 所有数值均以 V_{IH} 和 V_{IL} 电平为基准。

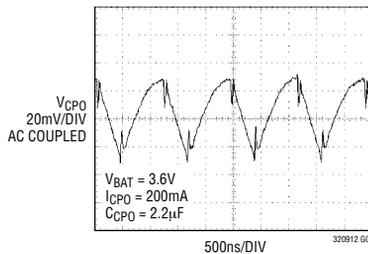
注 7： 由设计来提供保证。

典型性能特征 $T_A = 25^\circ\text{C}$ ， 除非特别注明。

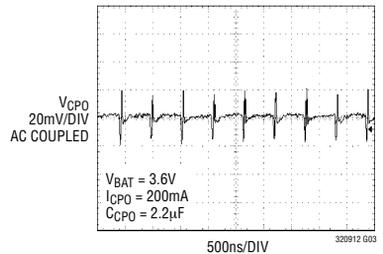
模式切换快速降压时间



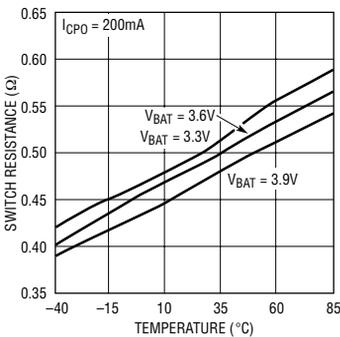
1.5x 模式 CPO 纹波



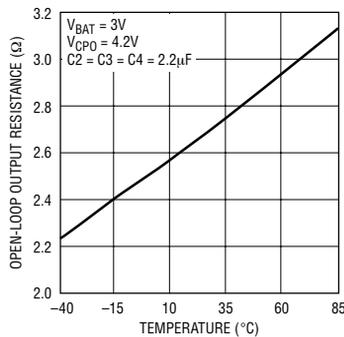
2x 模式 CPO 纹波



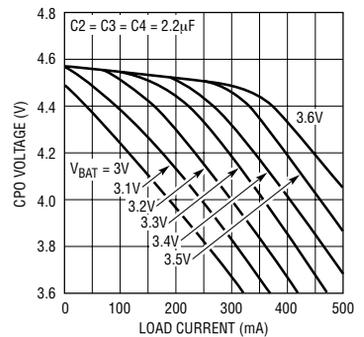
1x 模式开关电阻与温度的关系曲线



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

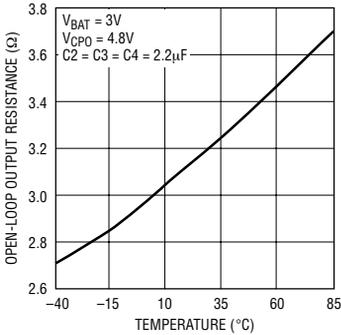


1.5x 模式 CPO 电压与负载电流的关系曲线



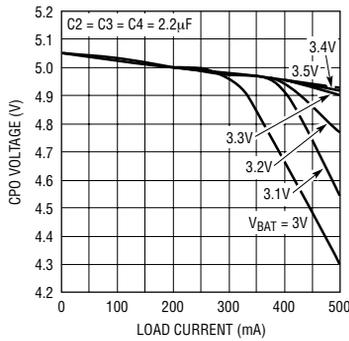
典型性能特征 $T_A = 25^\circ\text{C}$ ，除非特别注明。

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}



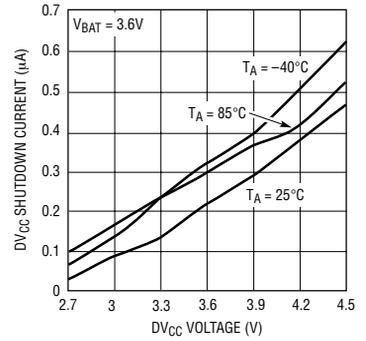
3209 G08

2x 模式 CPO 电压与负载电流的关系曲线



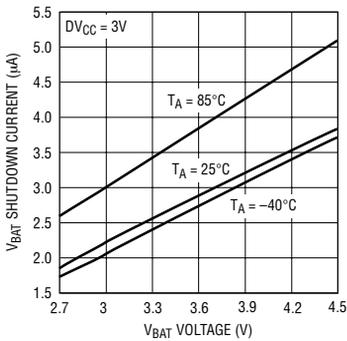
3209 G09

DV_{CC} 停机电流与 DV_{CC} 电压的关系曲线



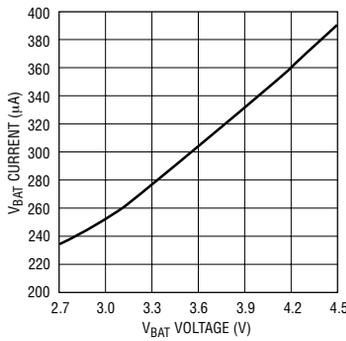
3209 G11

V_{BAT} 停机电流与 V_{BAT} 电压的关系曲线



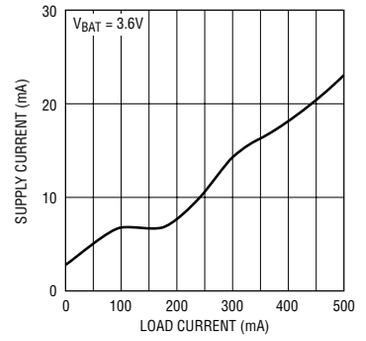
3209 G12

1x 模式无负载 V_{BAT} 电流与 V_{BAT} 电压的关系曲线



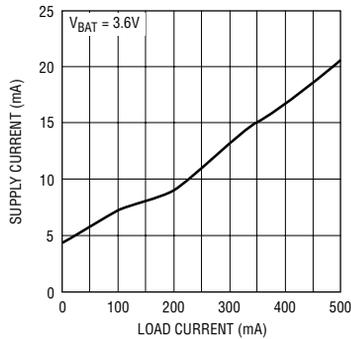
3209 G13

1.5x 模式供电电流与 I_{CPO} 的关系曲线 (I_{VBAT} - 1.5I_{CPO})



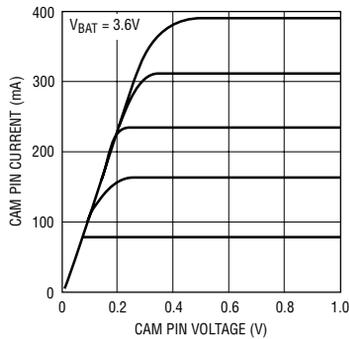
3209 G14

2x 模式供电电流与 I_{CPO} 的关系曲线 (I_{VBAT} - 2I_{CPO})



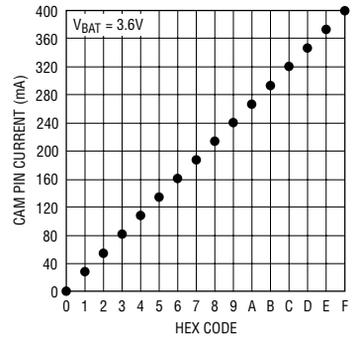
3209 G15

LTC3209-1 CAM 引脚电流与 CAM 引脚电压的关系曲线



3209 G22

LTC3209-1 CAM 引脚电流与输入代码的关系曲线

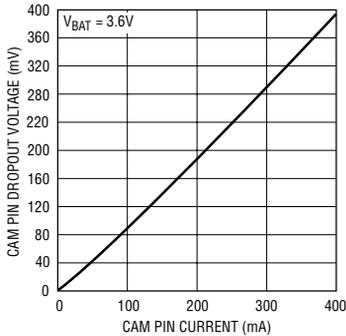


3209 G23

LTC3209-1/LTC3209-2

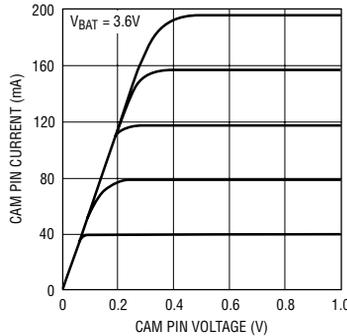
典型性能特征 $T_A = 25^\circ\text{C}$ ，除非特别注明。

LTC3209-1 CAM 引脚压降与 CAM 引脚电流的关系曲线



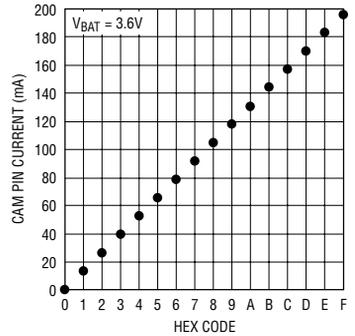
3209 G24

LTC3209-2 CAM 引脚电流与 CAM 引脚电压的关系曲线



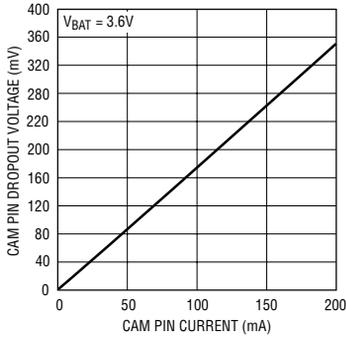
3209 G16

LTC3209-2 CAM 引脚电流与输入代码的关系曲线



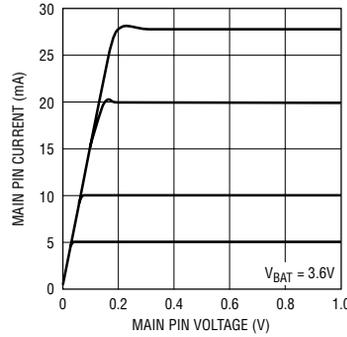
3209 G17

LTC3209-2 CAM 引脚压降与 CAM 引脚电流的关系曲线



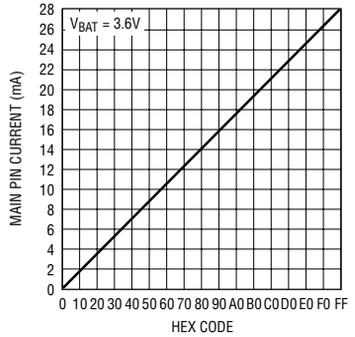
3209 G24

MAIN 引脚电流与 MAIN 引脚电压的关系曲线



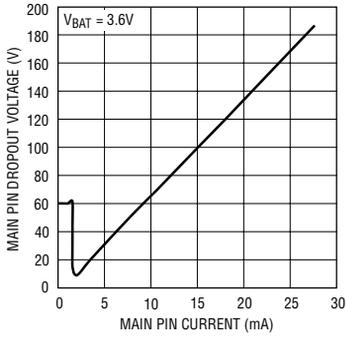
3209 G26

MAIN 引脚电流与输入代码的关系曲线



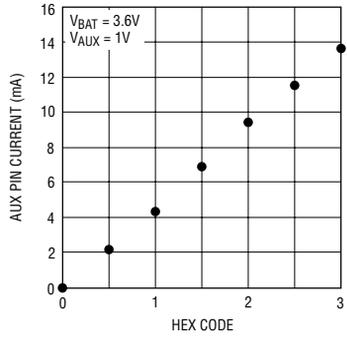
3209 G17

MAIN 引脚压降与 MAIN 引脚电流的关系曲线



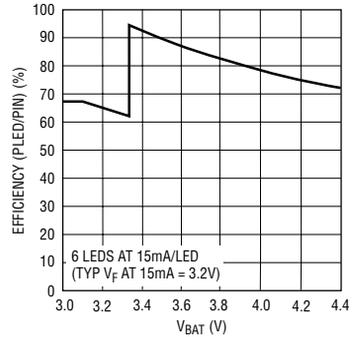
3209 G27

AUX 引脚电流与输入代码的关系曲线



3209 G20

6-LED 主显示屏效率与 V_BAT 的关系曲线



3209 G21

引脚功能 (LTC3209-1/LTC3209-2)

CPO (引脚 1/引脚 1) : 用于给 LED 供电的充电泵的输出。应把一个 2.2 μ F X5R 或 X7R 型陶瓷电容器连接至地。

MAIN1-6 (引脚 2、3、4、5、6、7, LTC3209-1) : 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 0mA 至 28mA 的范围内 (256 个亮度等级)。可通过把输出连接至 CPO 来从外部关闭每个输出。把 REGA 中的数据设定为 0 将关闭所有的主显示屏输出。

MAIN1-5 (引脚 2、3、4、5、6, LTC3209-2) : 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 0mA 至 28mA 的范围内 (256 个亮度等级)。可通过把输出连接至 CPO 来从外部关闭每个输出。把 REGA 中的数据设定为 0 将关闭所有的主显示屏输出。

AUX (引脚 8/引脚 7) : 辅助显示屏 LED 的电流源输出。可利用软件控制和内部 2 位 DAC 将 LED 电流源设定在 0mA 至 13.75mA 的范围内 (4 个亮度等级)。AUX 不具备压降检测功能, 而且不能够通过连接至 CPO 来实现停用。该引脚也可被用作一个 I²C 控制型通用输出。

V_{BAT2,1} (引脚 9、18/引脚 8、18) : 整个器件的供电电压。两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。必须在外部将这两个引脚连接在一起, 并通过一个靠近 V_{BAT1} 的 2.2 μ F 低 ESR 陶瓷电容器进行旁路。V_{BAT2} 有可能需要一个 0.1 μ F 电容器。

R_{REF} (引脚 10/引脚 9) : 该引脚负责控制所有显示屏的最大 LED 电流值。R_{REF} 电压为 1.23V。一个接地的 24.3k 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, 标称 MAIN 全标度电流为 28mA, 总 CAM 全标度电流为 400mA。R_{REF} 的阻值被限制在 20k 至 30k 的范围内。

DV_{CC} (引脚 11/引脚 10) : 所有数字 I/O 线路的供电电压。该引脚负责设定 LTC3209-1/LTC3209-2 的逻辑基准电平。通过一个 0.1 μ F 电容器把 DV_{CC} 引脚去耦至 GND。当 DV_{CC} 引脚电压低于 UVLO 门限时,

DV_{CC} 引脚上的一个 UVLO 电路将所有寄存器全部置零。

CAM1-2 (引脚 11、12, LTC3209-2) : CAM1 和 CAM2 显示屏白光 LED 的电流源输出。两个 CAM 显示屏上的 LED 均可利用软件控制和内部 4 位线性 DAC 而被设定在 0mA 至 200mA 的范围内 (16 个亮度等级)。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 REGB 中的数据设定为 0 将把两个 CAM 输出全部关闭。(见“应用信息”)。

CAM (引脚 12, LTC3209-1) : 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 400mA 的范围内 (16 个亮度等级)。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 REGB 中的数据设定为 0 将关闭 CAM 输出。(见“应用信息”)。

CAMHL (引脚 13/引脚 13) : 该引脚用于选择 CAM 高电流寄存器 (当被确定为高电平时) 和 CAM 低电流寄存器 (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。

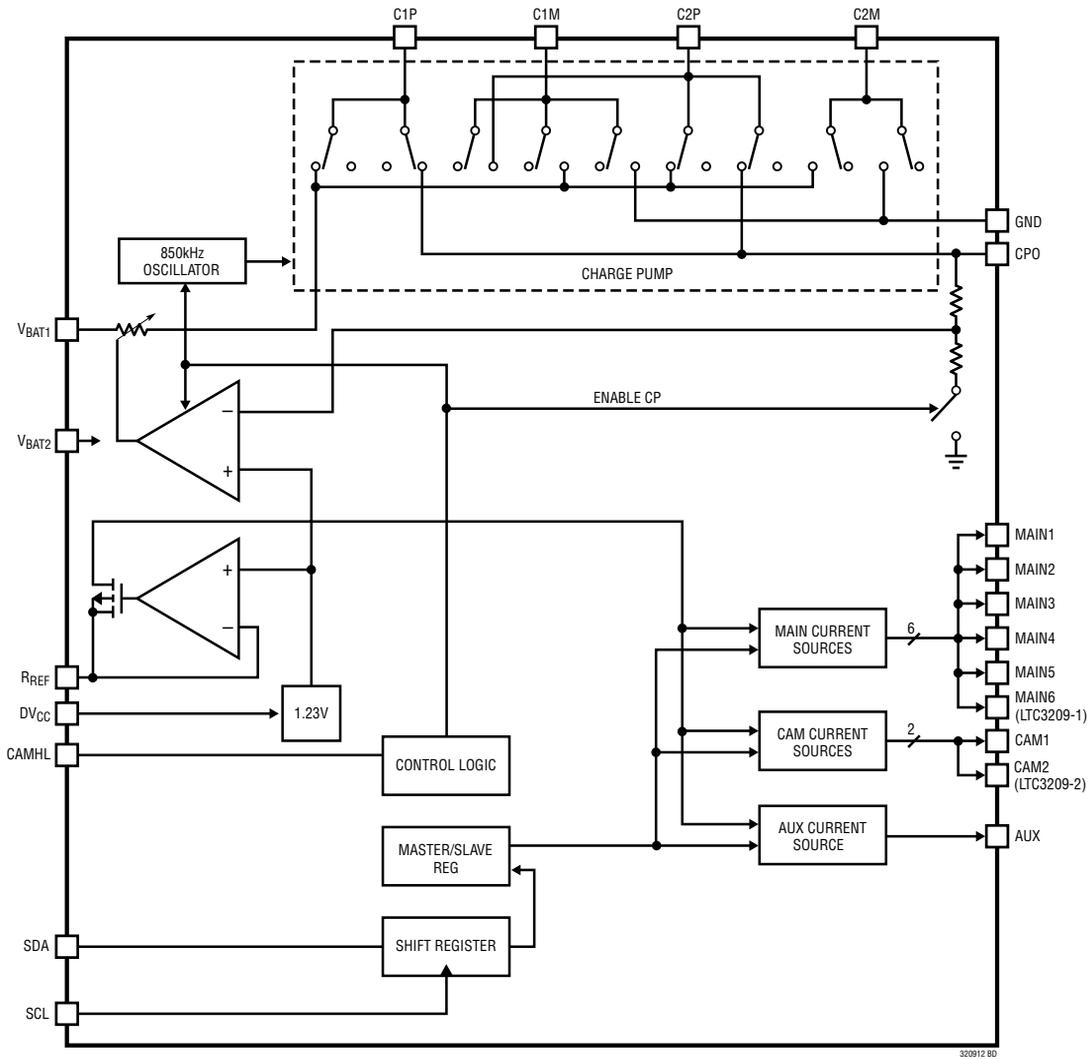
SDA (引脚 14/引脚 14) : 串行端口的 I²C 数据输入。串行数据每个时钟周期移动一位, 以控制 LTC3209-1/LTC3209-2。SDA 的逻辑电平以 DV_{CC} 为基准。

SCL (引脚 15/引脚 15) : I²C 时钟输入。SCL 的逻辑电平以 DV_{CC} 为基准。

C1P、C2P、C1M、C2M (引脚 20、19、17、16/引脚 20、19、17、16) : 充电泵跨接电容器引脚。应在 C1P 和 C1M 引脚之间以及 C2P 和 C2M 引脚之间连接一个 2.2 μ F 的 X7R 或 X5R 型陶瓷电容器。

裸露衬垫 (引脚 21/引脚 21) : 系统地。将裸露衬垫连接至 PCB 的接地平面。

方框图



工作原理

LTC3209-1 具有 6 个 MAIN 输出、1 个 CAM 输出和 1 个 AUX 输出。LTC3209-2 具有 5 个 MAIN 输出、2 个 CAM 输出和 1 个 AUX 输出。

电源管理

LTC3209-1/LTC3209-2 采用一个开关式充电泵来把 CPO 引脚电压提升至输入电压的 2 倍 (高达 5.1V)。器件在 1x 模式中启动。在该模式中, V_{BAT} 直接连接至 CPO。这种模式提供了最高的效率和最低的噪声。LTC3209-1/LTC3209-2 将保持在 1x 模式, 直至一个 MAIN 或 CAM LED 电流源发生跌落为止。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, LTC3209-1/LTC3209-2 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 4.6V)。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 5.1V)。当一个 DAC 数据位通过 I²C 端口而被更新或位于 CAMHL 信号的下降沿, 则器件将被复位至 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 850kHz 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 I²C 端口来设置。

软起动

最初, 当器件处于停机模式时, 一个弱开关把 V_{BAT1} 连接至 CPO。这可使 V_{BAT1} 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。

LTC3209-1/LTC3209-2 还在其充电泵上采用了一种软起动功能, 以防止在切换到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 125 μ 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 LTC3209-1/LTC3209-2 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} 获得的电流量 (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。

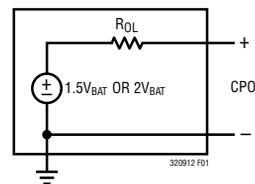


图 1：充电泵 Thevenin 等效开环电路

工作原理

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 $3.1V \cdot 1.5V - 3.8V - 0.1V$ (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：

$$I_{OUT} = \frac{1.5V_{BAT} - V_{CPO}}{R_{OL}}$$

对于 2x 模式，可用电流由下式得出：

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

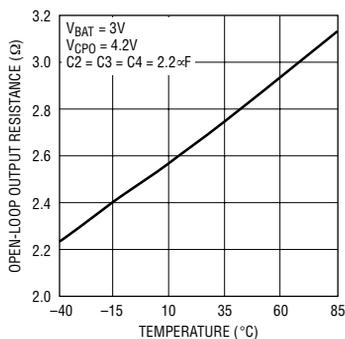


图 2：1.5x 模式中 R_{OL} 典型值与温度的关系曲线

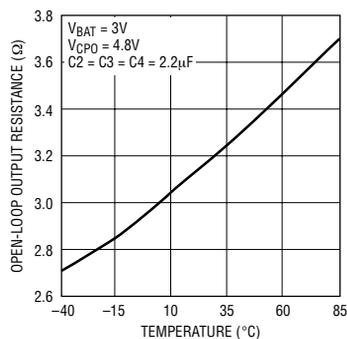


图 3：2x 模式中 R_{OL} 典型值与温度的关系曲线

请注意，在该场合中，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。

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 LTC3209-1/LTC3209-2 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 LTC3209-1/LTC3209-2 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、CAMHK) 的电平都必需位于 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。

工作原理

串行端口

与微控制器兼容的串行端口为 LTC3209-1/LTC3209-2 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 3 个数据寄存器和 1 个地址寄存器。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。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。

MAIN 显示屏电流源

LTC3209-1

有 6 个 MAIN 显示屏电流源。这些电流源具有一个用于电流控制的 8 位线性 DAC。当 $R_{REF} = 24.3k$ 时，输出电流范围为 0mA 至 28mA (256 个亮度等级)。

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。该功能块的供电电流将被减小至零。此外，所有未被使用的 LED 输出都可连接至 CPO 引脚，以关断电流源输出，并把工作电流减小至 $10\mu A$ (典型值)。

LTC3209-2

有 5 个 MAIN 显示屏电流源。这些电流源具有一个用于电流控制的 8 位线性 DAC。当 $R_{REF} = 24.3k$ 时，输出电流范围为 0mA 至 28mA (256 个亮度等级)。

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。该功能块的供电电流将被减小至零。此外，所有未被使用的 LED 输出都可连接至 CPO 引脚，以关断电流源输出，并把工作电流减小至 $10\mu A$ (典型值)。

相机显示屏电流源

LTC3209-1

有 1 个 CAM 显示屏电流源。该电流源具有一个用于电流控制的 4 位线性 DAC。当 $R_{REF} = 24.3k$ 时，输出电流范围为 0mA 至 400mA (16 个亮度等级)。

当某个功能块接收到一个全零数据字时，该电流源将被停用。该功能块的供电电流将被减小至零。此外，所有未被使用的 LED 输出都可连接至 CPO 引脚，以关断电流源输出，并把工作电流减小至 $10\mu A$ (典型值)。不用时，不得把该引脚浮置，因为这将导致压降误测的发生。

LTC3209-2

有 2 个 CAM 显示屏电流源。这些电流源具有一个用于电流控制的 4 位线性 DAC。当 $R_{REF} = 24.3k$ 时，每个电流源的输出电流范围均为 0mA 至 200mA (16 个亮度等级)。

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。该功能块的供电电流将被减小至零。此外，所有未被使用的 LED 输出都可连接至 CPO 引脚，以关断电流源输出，并把工作电流减小至 $10\mu A$ (典型值)。不用时，不得把这些引脚浮置，因为这将导致压降误测的发生。

辅助显示屏电流源

有一个 AUX 显示屏电流源。该电流源具有一个用于电流控制的 2 位线性 DAC。输出电流范围为 0mA 至 13.75mA (4 个亮度等级，即：断开、33%、67%、100%)。AUX 输出不具备压降检测功能，而且当与 CPO 引脚相连时不能停用。

当某个功能块接收到一个全零数据字时，该电流源将被停用，而且该功能块的供电电流将被减小至零。该输出也可被用作一个 I^2C 控制型数字漏极开路通用输出。

工作原理

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 I²C 端口进行再存取。当该引脚为低电平时，CAM 输出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。当 CAMHL 引脚被确定为高电平时，压降延迟将从 150ms 缩短至 2ms，这样充电泵就能够在需要时快速变更模式。当确定 CAMHL 引脚从高电平变换至低电平时，充电泵模式将复位至 1x。

热保护

LTC3209-1/LTC3209-2 具有内置过热保护功能。当内部片温度达到 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，直到片被冷却了约 15°C 为止。这种热循环将继续下去，直至故障状态被纠正。

R_{REF} 电流设定电阻器

电流设定电阻器连接在 R_{REF} 引脚和地之间。该电阻器根据下面的公式来设定全部 3 个显示屏 (MAIN、CAM 和 AUX) 的全标度电流：

$$\text{MAIN} = \frac{1.23\text{V}}{R_{\text{REF}}} \cdot 550$$

$$\text{CAM} = \frac{1.23\text{V}}{R_{\text{REF}}} \cdot 7900 \quad (\text{LTC3209-1})$$

$$\text{CAM} = \frac{1.23\text{V}}{R_{\text{REF}}} \cdot 3950 \quad (\text{LTC3209-2})$$

$$\text{AUX} = \frac{1.23\text{V}}{R_{\text{REF}}} \cdot 272$$

一个阻值为 24.3k、精度为 1% 的电阻器为 MAIN 显示屏提供了 28mA 的全标度电流；为 CAM 显示屏提供了 400mA 的 (总) 电流，并为 AUX 显示屏电流源提供了 13.75mA 的电流。

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。

模式切换

当在一个 LED 引脚上检测到压降条件时，LTC3209-1/LTC3209-2 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设定电流时，将出现压降。在切换模式时，模式将在压降状态持续了 150ms 之后才改变。这种延迟将为 LED 预热并实现最终的 LED 正向电压值创造条件。可通过设置 REGC 寄存器中的 Drop2ms bit C2 或在控制 CAM LED 时将 CAMHL 引脚变换至高电平来把该压降延迟缩短至 2ms。

当一个数据位通过 I²C 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。如果强制器件进入 1.5x 模式或 2x 模式以将之用作一个采用 I²C 的固定电压源，则在提供一个 I²C 更新之前将不会发生模式切换。

应用信息

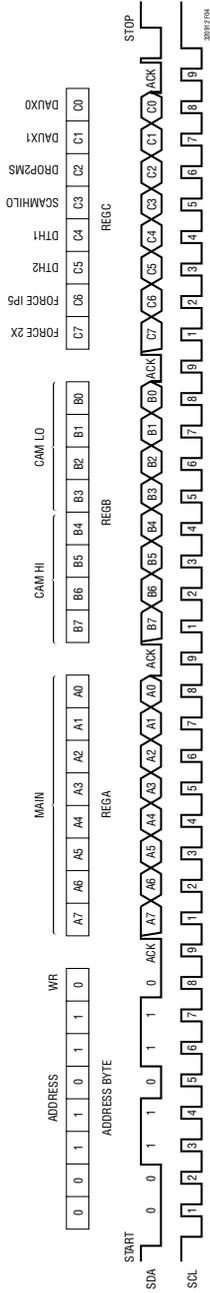


图 4：位分配

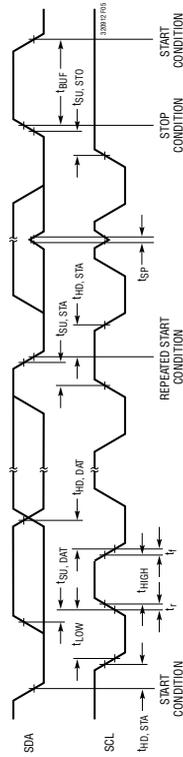


图 5：定时参数

LTC3209-1/LTC3209-2

工作原理

REGA · MIN LED 8 位 DAC 数据

MSB				LSB			
A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
MAIN D7	MAIN D6	MAIN D5	MAIN D4	MAIN D3	MAIN D2	MAIN D1	MAIN D0

REGB · 相机 LED 4 位高和 4 位低 DAC 数据

MSB		高位		LSB		MSB		低位		LSB	
B7	B6	B5	B4	B3	B2	B1	B0	B7	B6	B5	B4
CAM D3	CAM D2	CAM D1	CAM D0	CAM D3	CAM D2	CAM D1	CAM D0	CAM D3	CAM D2	CAM D1	CAM D0

REGC · AUX 数据和任选字节

MSB				LSB			
C7	C6	C5	C4	C3	C2	C1	C0
Force2x	Force1p5	Dth2	Dth1	Scamhilo	Drop2ms	DAUX1	DAUX0
DAUX0		AUX DAC 数据 (LSB)					
DAUX1		AUX DAC 数据 (MSB)					
Drop2ms	1	把压降时间从 150ms 变为 2ms					
	0	压降时间为 150ms，除非 CAMHL 被使能并为高电平					
Scamhilo	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					
Dth1	0	必须始终为 0 (测试模式)					
Dth2	0	必须始终为 0 (测试模式)					
Force1p5	1	使充电泵进入 1.5x 模式，CPO 引脚电压稳定于 4.6V					
	0	使模式逻辑电路根据压降信号来控制模式变更					
Force2x	1	使充电泵进入 2x 模式，取代 Force1p5 信号，CPO 引脚电压稳定于 5.1V					
	0	使模式逻辑电路根据压降信号来控制模式变更					

I²C 接口

LTC3209-1/LTC3209-2 采用标准的 I²C 二线式接口来与一个主机 (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，SDA 和 SCL 这两条总线线路必须为高电平。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)。

LTC3209-1/LTC3209-2 是只收 (从属) 器件。

总线速度

I²C 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 I²C 兼容型主控器件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。

工作原理

起动和停止条件

总线主控器通过发送一个起动条件来表示至从属器件的通信的开始。

起动条件是通过在 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 I²C 器件进行通信。

字节格式

传送至 LTC3209-1/LTC3209-2 的每个字节的长度必须为 8 位，其后是一个用于由 LTC3209-1/LTC3209-2 回送的确认位的附加时钟周期。数据应首先传送至 LTC3209-1/LTC3209-2 的最高有效位 (MSB)。

确认

确认位被用于主控器与从属器之间的信号交换。一个由从属器件 (LTC3209-1/LTC3209-2) 产生的确认信号 (低态有效) 可让主控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器产生。在确认时钟周期中，主控器释放 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

LTC3209-1/LTC3209-2 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 LTC3209-1/LTC3209-2 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 位的长度且最低有效位为 0。如果提供了一个正确的 7 位地址但 R/W 位为 1，则 LTC3209-1/LTC3209-2 将不做出响应。

总线写操作

主控器利用一个起动条件和一个其后为写入位 R/W = 0 的 7 位地址来启动与 LTC3209-1/LTC3209-2 的通信。如果该地址与 LTC3209-1/LTC3209-2 的地址相匹配，则该器件将回送一个确认信号。主控器随后应输送最高有效数据字节。LTC3209-1/LTC3209-2 再次确认，而且，该循环将再重复两次，因而总共将输送一个地址字节和三个数据字节。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 LTC3209-1/LTC3209-2 之后，主控器便可以利用一个停止条件来终止通信。另一种做法是，可由主控器来启动一个重复起动条件，并可对 I²C 总线上的另一个芯片进行寻址。该循环可以无限制地继续下去，且 LTC3209-1/LTC3209-2 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，LTC3209-1/LTC3209-2 将利用其接收到的数据来更新所有的寄存器。

在某些场合，I²C 总线上的数据有可能遭到损坏。此时，LTC3209-1/LTC3209-2 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 LTC3209-1/LTC3209-2 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。LTC3209-1/LTC3209-2 将忽略此停止条件，并且不做出响应，直到一个新起动条件、正确地址、一组新数据和停止条件被传输为止。

同样地，如果是先前对 LTC3209-1/LTC3209-2 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起动条件的数量无关。如果提供了一个重复起动条件且 LTC3209-1/LTC3209-2 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。

应用信息

 V_{BAT} 、 C_{PO} 电容器的选择

与 LTC3209-1/LTC3209-2 一道使用的电容器的类型和数值决定了多个重要参数，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，因为它们的 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 模式中的峰至峰输出纹波由下式近似给出：

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

式中的 f_{OSC} 为 LTC3209-1/LTC3209-2 振荡器频率 (一般为 850kHz)，而 C_{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 LTC3209-1/LTC3209-2 的稳定性都会有显著的影响。如前文的“方框图”所示，LTC3209-1/LTC3209-2 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 $1\mu F$ 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 LTC3209-1/LTC3209-2 环路稳定性的劣化。如果输出电容器的 ESR 为 $160m\Omega$ 或更大，则闭环频响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_{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，LTC3209-1/LTC3209-2 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 LTC3209-1/LTC3209-2 供电将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。

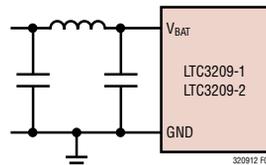


图 6：用于输入降噪的 10nH 电感器 (约 1cm 长的电路板印制线)

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 LTC3209-1/LTC3209-2 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 $1.6\mu F$ 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 $-40^{\circ}C$ 至 $85^{\circ}C$ 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

应用信息

60% 或更多的电容。因此，在比较不同的电容器时，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，在额定电压和温度条件下，一个 $1\mu\text{F}$ 、10V 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 $0.22\mu\text{F}$ 、10V 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法：

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 LTC3209-1/LTC3209-2 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 LTC3209-1/LTC3209-2 (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。这是一根在敏感节点与 LTC3209-1/LTC3209-2 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 LTC3209-1/LTC3209-2 的连续接地平面。

在设计 LTC3209 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_{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 LED 散热。

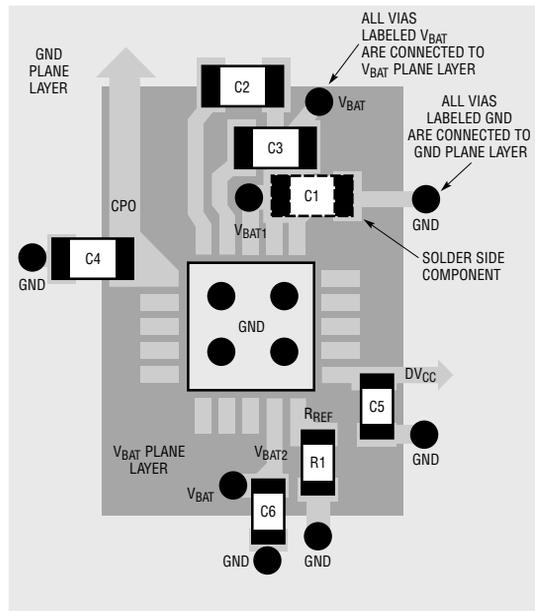


图 7：PC 板布局实例 (LTC3209-1)

应用信息

功率效率

为了计算白光 LED 驱动芯片的功率效率 (η)，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：

$$\eta = \frac{P_{LED}}{P_{IN}}$$

LTC3209-1/LTC3209-2 的效率取决于其工作模式。假设 LTC3209-1/LTC3209-2 用作一个通路开关，则将 V_{BAT} 连接至 CPO，直到在 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：

$$\eta = \frac{P_{LED}}{P_{IN}} = \frac{(V_{LED} \cdot I_{LED})}{(V_{BAT} \cdot I_{BAT})} = \frac{V_{LED}}{V_{BAT}} \quad (1x \text{ 模式})$$

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，LTC3209-1/LTC3209-2 的静态电流可忽略不计，而且上述表达式有效。

一旦在 LED 引脚上检测到压降状态，LTC3209-1/LTC3209-2 将在 1.5x 模式中使能充电泵。

在 1.5x 升压模式中，LTC3209-1/LTC3209-2 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：

$$\eta_{IDEAL} = \frac{P_{LED}}{P_{IN}} = \frac{(V_{LED} \cdot I_{LED})}{(V_{BAT} \cdot (1.5) \cdot I_{LED})} = \frac{V_{LED}}{(1.5 \cdot I_{LED})} \quad (1.5x \text{ 模式})$$

同样地，在 2x 升压模式中，LTC3209-1/LTC3209-2 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：

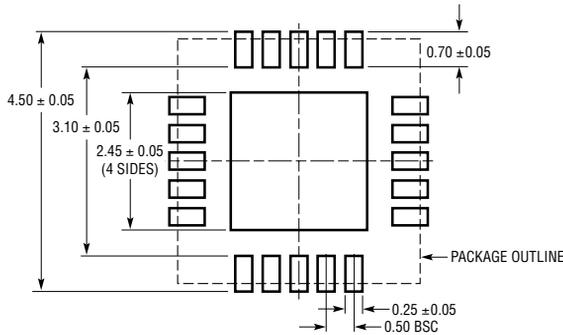
$$\eta_{IDEAL} = \frac{P_{LED}}{P_{IN}} = \frac{(V_{LED} \cdot I_{LED})}{(V_{BAT} \cdot (2) \cdot I_{LED})} = \frac{V_{LED}}{(2 \cdot I_{LED})} \quad (2x \text{ 模式})$$

热管理

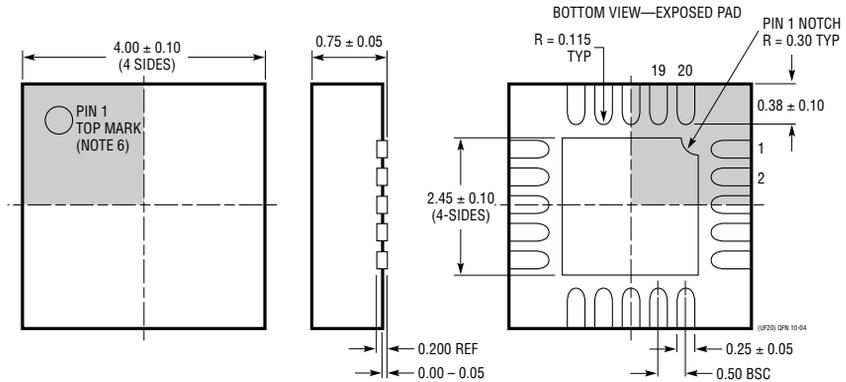
在较高的输入电压和最大输出电流条件下，LTC3209-1/LTC3209-2 中的功耗有可能相当大。如果结温升至约 150°C 以上，则热停机电路将自动使输出电流源和充电泵停止运作。为了降低最大结温，建议采用至 PC 板的良好热连接。把裸露衬垫连接至一个接地平面并在器件下方保持一个连续的接地平面将大大降低封装和 PC 板的热阻。

封装描述

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



RECOMMENDED SOLDER PAD PITCH AND DIMENSIONS



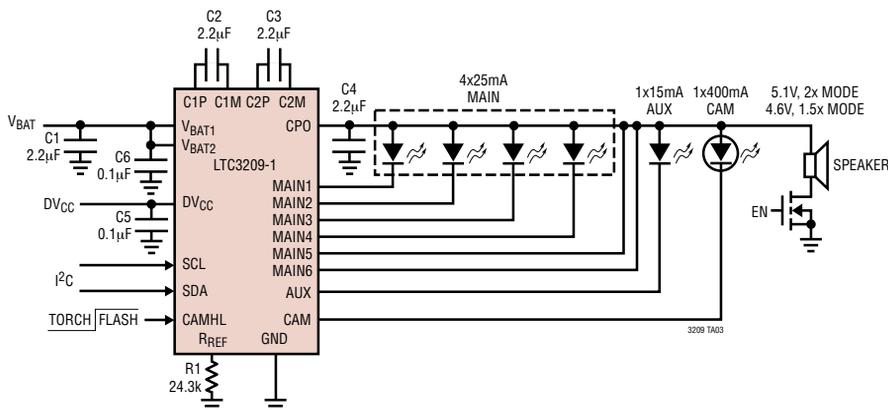
NOTE:

- DRAWING IS PROPOSED TO BE MADE A JEDEC PACKAGE OUTLINE MO-220 VARIATION (WGGD-1)—TO BE APPROVED
- DRAWING NOT TO SCALE
- ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
- 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
- EXPOSED PAD SHALL BE SOLDER PLATED
- SHADED AREA IS ONLY A REFERENCE FOR PIN 1 LOCATION ON THE TOP AND BOTTOM OF PACKAGE

LTC3209-1/LTC3209-2

典型应用

4-LED MAIN、1-LED SUB、400mA CAM LED 控制器和稳压输出



相关器件

器件型号	描述	备注
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 x 4mm) QFN 封装
LTC3206	I ² C 多显示屏 LED 控制器	效率达 92%, 400mA 连续输出电流。可控制多达 11 个白光 LED, (4mm x 4mm) QFN 封装
LTC3208	高电流软件可配置多显示屏 LED 控制器	效率达 95%, V_{IN} : 2.9V 至 4.5V, $V_{OUT(MAX)}$: 5.5V, $I_Q = 280\mu A$, $I_{SD} < 1\mu A$, (5mm x 5mm) QFN-32 封装
LTC3214	500mA 相机 LED 充电泵	效率达 94%, V_{IN} : 2.9V 至 4.5V, $I_Q = 300\mu A$, $I_{SD} < 2.5\mu A$, 500mA 输出电流, 10 引脚 (3mm x 3mm) DFN 封装
LTC3215	700mA 低噪声高电流 LED 充电泵	V_{IN} : 2.9V 至 4.4V, $V_{OUT(MAX)} = 5.5V$, $I_Q = 300\mu A$, $I_{SD} < 2.5\mu A$, (3mm x 3mm) DFN 封装
LTC3216	1A 低噪声高电流白光 LED 驱动器	效率达 93%, 1A 输出电流, 12 引脚 (3mm x 4mm) DFN 封装, 独立低/高电流设置
LTC3217	600mA 低噪声多 LED 相机照明灯	V_{IN} : 2.9V 至 4.4V, $I_Q = 400\mu A$, 4 个输出, (3mm x 3mm) 16 引脚 DFN 封装
LTC3251	500mA(I_{OUT})、1MHz 至 1.6MHz 扩频降压型充电泵	效率达 85%, V_{IN} : 3.1V 至 5.5V, V_{OUT} : 0.9V 至 1.6V, $I_Q = 9\mu A$, $I_{SD} \leq 1\mu A$, 10 引脚 MS 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

ThinSOT 是凌特公司的商标。