

特点

- 用于实现高达 92% 效率的升压/降压型分数充电泵
- 可对具 1-4 个 LED 的主显示屏、1-2 个 LED 的副显示屏以及 RGB LED 显示屏进行独立的电流和调光控制
- 可采用三线式串行接口来设置 LED 电流
- LED 电流匹配精度达 $\pm 0.7\%$
- 低噪声恒定频率操作*
- 元件数目最少
- 自动软启动可限制浪涌电流
- 用于主和副显示屏的四种可设置调光状态
- 可为 RGB 显示提供多达 4096 种色彩组合
- 低停机电流: $I_{CC} < 1 \mu A$
- 纤巧型 24 引脚 (4mm × 4mm) QFN 封装

应用

- 蜂窝电话
- 无线 PDA
- 多屏手持式设备


描述

LTC[®]3205 是一款高集成度的多显示屏 LED 控制器。该器件包括一个高效、低噪声分数升压/降压型充电泵，用于为主和副白光 LED 显示屏以及一个 RGB 彩色 LED 显示屏供电。LTC3205 只需要 4 个小型陶瓷电容器和两个电阻器即可形成一个完整的三屏 LED 电源和电流控制器。

主/副显示屏以及 RGB 显示屏的最大电流均由一个电阻器来单独设定。每个 LED 的电流由一个内部电流源来控制。所有显示屏的调光和 ON/OFF 控制均通过一个三线式串行接口来完成。主和副显示屏具有四种调光状态，而红、绿和蓝 LED 可通过内部 PWM 获得 16 种调光状态，从而实现了多达 4096 种色彩组合。

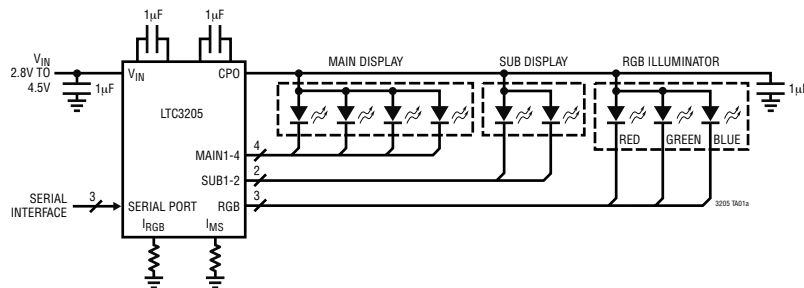
LTC3205 的充电泵可根据 V_{IN} 和 LED 前向电压条件来优化效率。该器件在降压模式中上电，并在任何被使能的 LED 电流源开始进入压降状态时立即自动转换至升压模式。内部电路在启动和模式转换过程中可对浪涌电流和过高的输入噪声起到保护作用。

LTC3205 采用 24 引脚 (4mm × 4mm) QFN 封装。

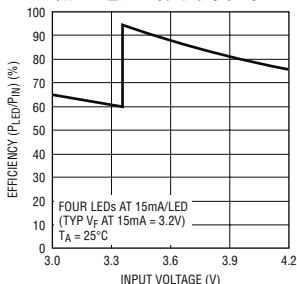
、LTC 和 LT 是凌特公司的注册商标。

* 美国专利第 6,411,531 号

典型应用



4-LED 主显示屏效率与输入电压的关系曲线

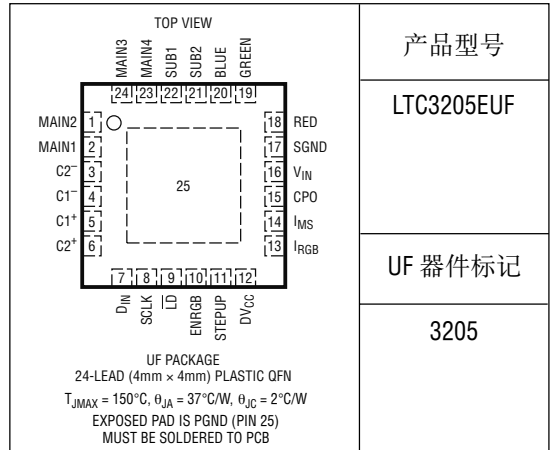


LTC3205

绝对最大额定值 (注1)

V_{IN} 、 DV_{CC} 、CPO 至 GND	-0.3V 至 6V
D_{IN} 、SCLK、 \overline{LD} 、STEPUP、ENRGB	-0.3V 至 ($DV_{CC} + 0.3V$)
I_{CPO} (注4)	250mA
$I_{MAIN1-4}$ 、 $I_{SUB1,2}$ (注4)	50mA
I_{RED} 、 I_{GREEN} 、 I_{BLUE} (注4)	100mA
I_{MS} 、 I_{RGB} (注4)	1mA
CPO 短路持续时间	无限制
工作温度范围 (注2)	-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

LTC3205EUF

UF 器件标记

3205

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 $T_A = 25^{\circ}C$ 。 $V_{IN} = 3.6V$ ， $DV_{CC} = 1.8V$ ，除非特别注明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
输入电源							
	V_{IN} 工作电压		● 2.8		4.5	V	
	DV_{CC} 工作电压		● 1.5		5.5	V	
	I_{CC} 工作电流	$I_{CPO} = 0$ ，降压模式 $I_{CPO} = 0$ ，升压模式		50 4.2		μA mA	
	V_{IN} 停机电流				1	μA	
	DV_{CC} 停机电流				1	μA	
白光 LED 电流 (MAIN1 – MAIN4、SUB1、SUB2)							
	I_{MS} 伺服电压	$25\mu A < I_{MS} < 75\mu A$	● 1.193 1.175	1.223	1.253 1.271	V V	
	全标度 LED 电流比 (I_{LED}/I_{MS})	MAIN1–MAIN4、SUB1、SUB2 电压 = 1V	● 368	400	432	mA/mA	
	半标度 LED 电流比 (I_{LED}/I_{MS})	MAIN1–MAIN4、SUB1、SUB2 电压 = 1V	● 184	200	216	mA/mA	
	1/4 标度 LED 电流比 (I_{LED}/I_{MS})	MAIN1–MAIN4、SUB1、SUB2 电压 = 1V	● 92	100	108	mA/mA	
	LED 电流匹配	任何两个 MAIN 或 SUB 输出			0.7	%	
RGB LED 电流 (RED、GREEN、BLUE)							
	I_{RGB} 伺服电压	$25\mu A < I_{RGB} < 75\mu A$	● 1.193 1.175	1.223	1.253 1.271	V V	
	LED 电流比 (I_{LED}/I_{RGB})	RED、GREEN、BLUE 电压 = 1V		360	400	440	mA/mA
RGB PWM 频率							
	RGB LED 开关频率			3.5		kHz	
	RGB PWM (占空比) 范围		0/15		15/15	%	

3205i

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 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。 $V_{IN} = 3.6\text{V}$ ， $DV_{CC} = 1.8\text{V}$ ，除非特别注明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
充电泵 (CPO)						
	1:1 模式输出阻抗			0.8		Ω
	2:3 模式输出阻抗	$V_{IN} = 3\text{V}$ ， $V_{CPO} = 4.2\text{V}$ (注 3)		2.5		Ω
	CPO 调节电压	$I_{CPO} = 20\text{mA}$ ，2:3 模式		4.7		V
	CLK 频率		0.6	0.8	1.1	MHz
D_{IN}、SCLK、LD、STEPUP、ENRGB						
V_{IL}	低电平输入电压		●	$0.15 \cdot DV_{CC}$		V
V_{IH}	高电平输入电压		●	$0.85 \cdot DV_{CC}$		V
I_{IH}	输入电流	D_{IN} 、SCLK、 $\overline{\text{LD}}$ 、STEPUP、ENRGB = DV_{CC}	●	-1	1	μA
I_{IL}	输入电流	D_{IN} 、SCLK、 $\overline{\text{LD}}$ 、STEPUP、ENRGB = 0V	●	-1	1	μA
串行端口定时						
t_{DS}	D_{IN} 有效至 SCLK 建立			35		ns
t_{DH}	D_{IN} 有效至 SCLK 保持			35		ns
t_L	SCLK 为低电平的时间			35		ns
t_H	SCLK 为高电平的时间			35		ns
t_{LW}	$\overline{\text{LD}}$ 脉冲宽度			35		ns
t_{CL}	SCLK 至 $\overline{\text{LD}}$			35		ns
t_{LC}	$\overline{\text{LD}}$ 至 SCLK			0		ns

注 1：绝对最大额定值是指超出该值则器件的耐用性可能会受损。

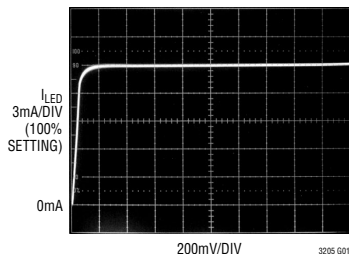
注 2：LTC3205E 在 0°C 至 70°C 的范围内保证能够满足性能规格的要求。在 -40°C 至 85°C 工作环境温度范围内的指标通过设计、特性分析和统计过程中的相关性来保证。

注 3：2:3 模式输出阻抗被定义为 $(1.5V_{IN} - V_{CPO})/I_{OUT}$ 。

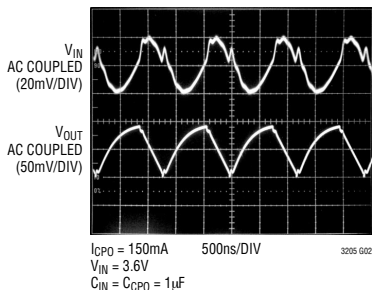
注 4：基于长期电流密度限值。

典型性能特征

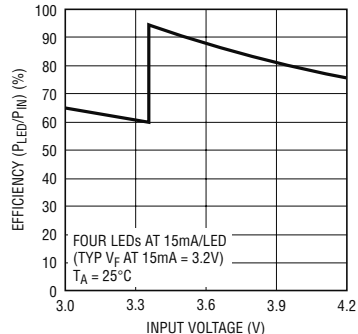
LED 引脚吸收电流与电压的关系曲线



输入和输出充电泵噪声

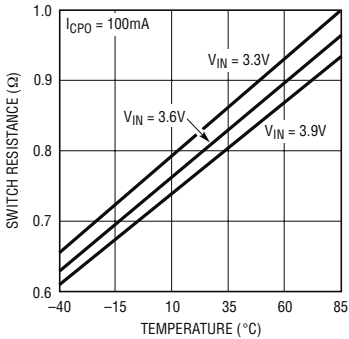


4-LED 主显示屏效率与输入电压的关系曲线



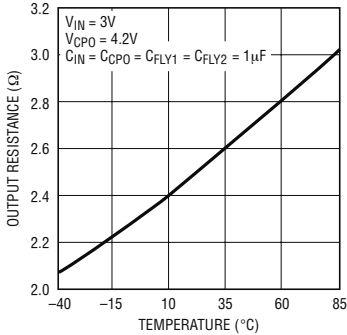
典型性能特征

1:1 模式开关电阻与温度的关系曲线



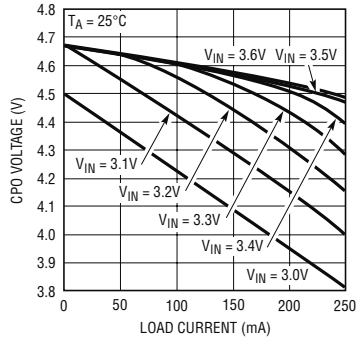
3205 604

2:3 模式充电泵开环输出电压与温度的关系曲线 ($3/2V_{IN} - V_{CPO}$)/ I_{CPO}



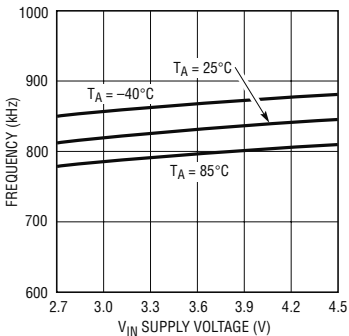
3205 605

2:3 模式 CPO 电压与负载电流的关系曲线



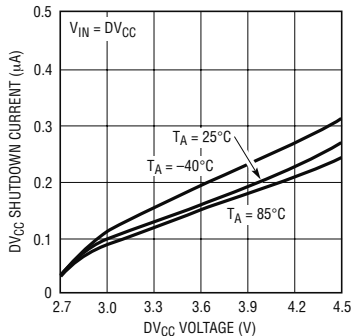
3205 606

振荡器频率与供电电压的关系曲线



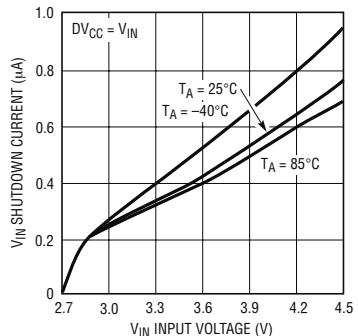
3205 607

DVCC 停机电流与输入电压的关系曲线



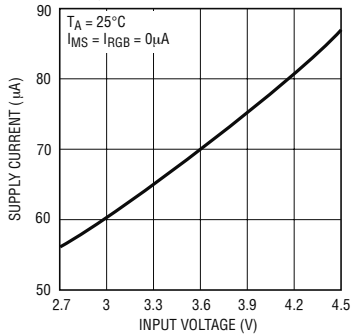
3205 608

VIN 停机电流与输入电压的关系曲线



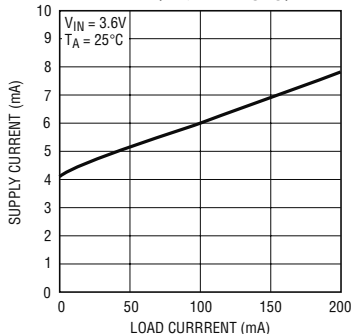
3205 609

1:1 模式无负载供电电流与 VIN 的关系曲线



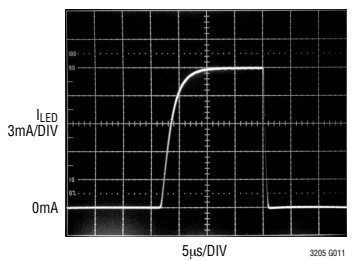
3205 612

2:3 模式供电电流与 ICPO 的关系曲线 ($I_{IN} - 3/2I_{CPO}$)



3205 610

RGB LED 接通和断开特性



3205 611

引脚功能

MAIN1-MAIN4 (引脚 2、1、24、23) : 用于主显示屏白光 LED 的电流源输出。主显示屏的电流由 I_{MS} 引脚上的电阻器来控制。可利用软件控制将主显示屏上的 LED 电流设定为全标度设置电流的 100%、50%、25% 或 0%。见表 1 和表 2。

$C1^+$ 、 $C1^-$ 、 $C2^+$ 、 $C2^-$ (引脚 5、4、6、3) : 充电泵浮动电容器引脚。必须在 $C1^+$ 和 $C1^-$ 以及 $C2^+$ 和 $C2^-$ 之间连接一个 $1\mu\text{F}$ 的 X7R 或 X5R 陶瓷电容器。

D_{IN} (引脚 7) : 16 位串行端口的输入数据。串行数据在每个时钟脉冲移动一位以控制 LTC3205 (见表 1)。 D_{IN} 逻辑电平以 DV_{CC} 为基准。

SCLK (引脚 8) : 16 位串行端口的时钟输入 (见图 3)。SCLK 的逻辑电平以 DV_{CC} 为基准。

\overline{LD} (引脚 9) : 16 位串行端口的负载输入。指令数据在 \overline{LD} 的下降沿装入指令锁存器 (见图 3)。 \overline{LD} 的逻辑电平以 DV_{CC} 为基准。

ENRGB (引脚 10) : 该引脚用于对红、绿、蓝 LED 电流源的使能和禁止。当 ENRGB 升至高电平时，LTC3205 即以先前通过串行端口设置的色彩组合对 RGB 显示屏进行照明。当主和副显示屏关闭且 ENRGB 引脚为低电平时，LTC3205 将处于停机状态。ENRGB 引脚的逻辑电平以 DV_{CC} 为基准。

STEPUP (引脚 11) : 该引脚为逻辑高电平时将强制 LTC3205 的充电泵工作于 2:3 升压模式，由此消除了器件在重要的通信过程中发生从 1:1 模式转换至 2:3 模式的可能性。STEPUP 引脚的逻辑电平以 DV_{CC} 为基准。

DV_{CC} (引脚 12) : 该引脚用于设定 LTC3205 的逻辑基准电平。

I_{RGB} (引脚 13) : 该引脚控制 RED、GREEN 和 BLUE 引脚上的 LED 电流大小。当有一个接地电阻器时，

I_{RGB} 引脚电平被维持于 1.223V。当 RED、GREEN 和 BLUE LED 中的电流被设置为全标度时，其数值将是在 I_{RGB} 引脚电流的 400 倍 (见表 1 和表 3)。

I_{MS} (引脚 14) : 该引脚控制主和副 LED 显示屏中的最大 LED 电流。当有一个接地电阻器时， I_{MS} 引脚电平被维持于 1.223V。根据从串行端口所选择的设定值不同，主和副显示屏 LED 中的电流将是 I_{MS} 引脚电流的 100、200 或 400 倍。

CPO (引脚 15) : 充电泵的输出。该输出应被用于为白光、蓝光和“真正的”绿光 LED 供电。红色 LED 可由 V_{IN} 或 CPO 来供电。需要在 CPO 引脚上布设一个 X5R 或 X7R 低阻抗 (陶瓷) $1\mu\text{F}$ 电荷存储电容器。

V_{IN} (引脚 16) : 充电泵的供电电压。 V_{IN} 引脚应直接连接至电池并通过一个 $1\mu\text{F}$ 的 X5R 或 X7R 陶瓷电容器来旁路。

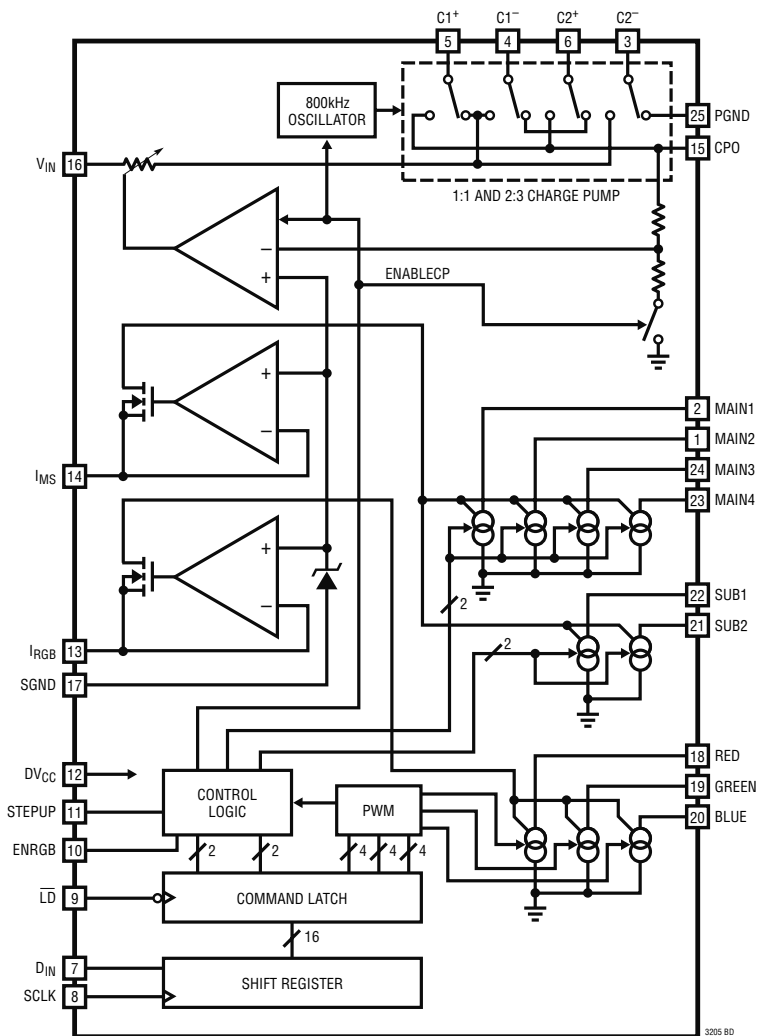
SGND (引脚 17) : 控制逻辑电路的地。该引脚应直接连接至一个低阻抗接地平面。

RED、GREEN、BLUE (引脚 18、19、20) : 用于 RGB 照明装置 LED 的电流源输出。RGB LED 的电流由 I_{RGB} 引脚上的电阻器来控制。可通过软件控制单独地将 RGB LED 的占空比设定为 0/15 至 15/15 之间的任何值，从而为每个 LED 提供总共 16 种色彩，并为照明装置提供总共 4096 种色彩。见表 1 和表 3。RGB LED 的调制速率为充电泵振荡器频率的 1/240。

SUB1、SUB2 (引脚 22、21) : 用于副显示屏白光 LED 的电流源输出。副显示屏的电流由 I_{MS} 引脚上的电阻器来控制。可通过软件控制将副显示屏上的 LED 电流设定为全标度值的 100%、50%、25% 或 0%。见表 1 和表 2。

PGND (引脚 25，裸露衬垫) : 充电泵的电源地。该引脚应直接连接至一个低阻抗接地平面。

方框图



工作原理

电源管理

为了优化效率，LTC3205 的电源管理部分提供了两种方法来给 CPO 引脚供电：1:1 直接连接模式或 2:3 升压模式。当 LTC3205 的主显示屏或副显示屏被使能时，电源管理系统通过一个低阻抗开关将 CPO 引脚直接连接至 V_{IN} 。如果 V_{IN} 上提供的电压足够高以正确设置的电流来为所有的 LED 供电，则系统将维持在该“直接连接”模式中，从而提供最大效率。内部电路监视所有 MAIN 和 SUB 电流源进入“压降”状态的开始时刻，此时，电流源不再能提供设置电流。随着电池电压的下降，具有最大正向电压的 LED 将首先达到“压降”门限。当 4 个主显示屏或两个副显示屏 LED 中的任何一个达到压降门限时，LTC3205 将转换至升压模式并自动地对 2:3 升压充电泵进行软启动。恒定频率充电泵专为尽量减少在 V_{IN} 电源上所产生的噪声量而设计。

2:3 升压充电泵采用了一种已获专利权的恒定频率架构，以便在最低噪声电平条件下同时获得最佳效率和最大可用功率。

如果红、绿或蓝 LED 被设置为在任何占空比条件下都处于导通状态，则充电泵将连续运行。

软启动

为了防止在转换至升压模式时出现过大的浪涌电流和电源电压下降，LTC3205 为其充电泵配备了一种软启动功能。CPO 引脚可获得的电流在 1.2ms 的时间里线性增加。

充电泵强度

当 LTC3205 工作于 2:3 升压模式时，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、 $1.5V_{IN}$ 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 ($1.5V_{IN} - V_{CPO}$) 直接成正比。我们以一个由 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 100mA，则优势电压为 $3.1V \cdot 1.5V - 3.8V - 0.1V$ 或 750mV。请注意，如果输入电压被提高至 3.2V，则优势电压跃升至 900mV——充电泵的可用强度提高了 20%。

根据图 1，可获得的电流由下式给出：

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

R_{OL} 的典型值是一个温度函数，如图 2 所示。

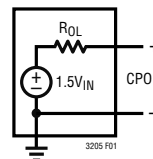


图 1：等效开环电路

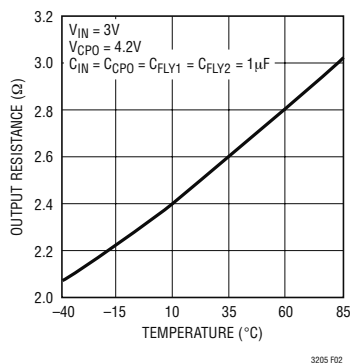


图 2： R_{OL} 典型值与温度的关系曲线

零停机电流

虽然 LTC3205 专为实现非常低的停机电流而进行设计，但它在停机模式中仍在 V_{IN} 吸收约 400nA 电流。对于要求零停机电流的应用，可将 DV_{CC} 引脚接地。这将把 V_{IN} 电流减小至非常接近于零。内部逻辑电路确保 LTC3205 在 DV_{CC} 引脚接地时处于停机

工作原理

状态。但是应该注意到，所有以 DV_{CC} 为基准的逻辑信号 (D_{IN} 、 $SCLK$ 、 \overline{LD} 、 $ENRGB$ 和 $STEPUP$) 的电平将必需处于 DV_{CC} 或更低 (即地) 的电位上，以避免在这些引脚出现违反绝对最大规格参数要求的情况。

串行端口

与微控制器兼容的串行端口为 LTC3205 提供了所有的指令和控制输入。 D_{IN} 输入端上的数据在 $SCLK$ 的上升沿装入。 $D15$ 最先装入， $D0$ 最后装入。一旦所有的位均按时间顺序被依次记录到移位寄存器中，则立即通过使 \overline{LD} 引脚为低电平来把指令数据装入指令寄存器中。此时，指令寄存器被锁存且 LTC3205 将开始按照新的指令集进行动作。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。图 3 示出了串行端口的运作。

表 1 示出了串行端口位至不同显示屏操作的配对。 $D15$ 和 $D14$ 位用于控制主显示屏中的 4 个 LED 亮度。 $D13$ 和 $D12$ 位用于控制副显示屏中的 2 个 LED 亮度。红、绿、蓝 LED 各被分配了 4 个位，从而为每个 LED 提供了一个 16 级亮度的线性范围。

MAIN 和 SUB LED 电流的设置

表 2 说明了主和副显示屏控制位的编码。

主和副显示屏的电流电平是通过通过对 I_{MS} 引脚电流进行精确的成倍反射来控制的。

主和副显示屏 LED 电流的关系式如下：

$$I_{MAIN/SUB} = N \frac{1.223V}{R_{MAIN/SUB}}$$

式中根据所选择的不同电流设定值， N 可以等于 400、200、100 或 0。 $R_{MAIN/SUB}$ 为 I_{MS} 引脚上的电阻器阻值。利用伪对数法来配置比例因子的间隔，以适应人眼的视觉特性 (0 是停机模式需要的一种特例)。

LTC3205 能为多达 6 个白光 LED (其中 4 个用于主显示屏，两个用于副显示屏) 供电，然而，并不是每个应用都需要全部 6 个 LED。将未用输出连接至 CPO 即可使 4 个主显示屏 LED 输出或两个副显示屏 LED 输出中的任何一个失效。

表 2：主和副显示屏的电流水平

D15 D14	D13 D12	全标度电流的 分数 (%)
0	0	0
0	1	25
1	0	50
1	1	100

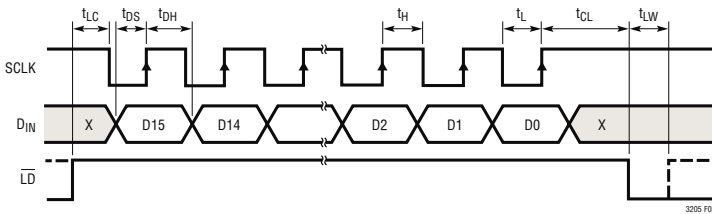


图 3：串行端口时序图

表 1：串行端口配对

D15	D14	D13	D12	D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
MAIN1-MAIN4 电流水平 (表 2)		SUB1-SUB2 电流水平 (表 2)		蓝光 LED 占空比 (表 3)				绿光 LED 占空比 (表 3)				红光 LED 占空比 (表 3)			

工作原理

未用的 MAIN 或 SUB 显示屏 LED 引脚

6 个白光 LED 引脚 (MAIN1-MAIN4、SUB1 和 SUB2) 中无论哪一个发生压降都会导致 LTC3205 从 1:1 模式转换至 2:3 充电泵模式。如果一个未用的 LED 引脚被置于不连接状态或接地, 则它将自动发生压降并强制 LTC3205 进入充电泵模式。为避免出现这一问题, 应将 MAIN 和 SUB 显示屏上的未用 LED 引脚连接至 CPO。然而, 在该配置中功率并未浪费。当 LED 引脚电压与 CPO 引脚电压的差异约在 1V 以内时, 其 LED 电流被切断, 仅剩下一个很小的 20 μ A 测试电流。图 4 示出了每个 MAIN 和 SUB LED 引脚的方框图。RED、GREEN 和 BLUE 引脚并不影响充电泵的状态, 因此不用时可将它们置于悬浮状态或接地。

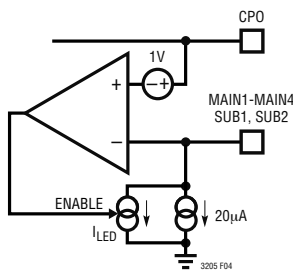


图 4：内部 MAIN 和 SUB 显示屏 LED 失效电路

RGB 照明装置驱动器

可单独地将红、绿和蓝 LED 的占空比设定在 0/15 (断开时) 至 15/15 (全接通时) 之间, 其间的增量为 1/15。16 种可能的亮度级组合总共为 RGB 指示器

表 3：RGB 占空比

D11 D7 D3	D10 D6 D2	D9 D5 D1	D8 D4 D0	十六 进制码	占空比 (%)
0	0	0	0	0	0/15
0	0	0	1	1	1/15
0	0	1	0	2	2/15
0	0	1	1	3	3/15
0	1	0	0	4	4/15
0	1	0	1	5	5/15
0	1	1	0	6	6/15
0	1	1	1	7	7/15
1	0	0	0	8	8/15
1	0	0	1	9	9/15
1	0	1	0	A	10/15
1	0	1	1	B	11/15
1	1	0	0	C	12/15
1	1	0	1	D	13/15
1	1	1	0	E	14/15
1	1	1	1	F	15/15

LED 提供了 4096 种色彩。表 3 指示了红、绿和蓝 LED 的解码。

红、绿和蓝 LED 中的全标度电流由 I_{RGB} 引脚电流按照与主和副显示屏中 LED 电流设置相似的方式进行控制。 I_{RGB} 引脚电压被稳定于 1.223V, 而且 LED 电流是 I_{RGB} 电流的一个精准倍数。

RGB 显示屏 LED 电流的关系式如下：

$$I_{RED, GREEN, BLUE} = 400 \frac{1.223V}{R_{RGB}}$$

式中的 R_{RGB} 为 I_{RGB} 引脚上的电阻器阻值。

应用信息

与微控制器的连接

LTC3205 的串行端口可直接与一个 MC68HC11 型微控制器的串行端口相连。微控制器应被配置为主控制器, 而且, 其时钟的空载状态应被设定为高态 (对于 MC68HC11 系列, MSTR=1, CPOL=1 和 CPHA

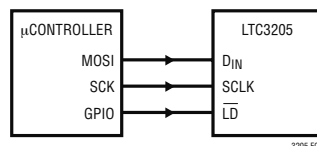


图 5：微控制器接口

应用信息

=1)。图 5 示出了推荐的配置以及数据流的方向。请注意，为使 \overline{LD} 能够在数据被移入器件时立即对其进行装入操作还需要增加一条 I/O 线。指令数据在 \overline{LD} 信号的下降沿被锁存至指令寄存器中。 \overline{LD} 一走低，LTC3205 就开始按照新的指令数据进行运作。如果微控制器不自动提供该功能，则可配置任何通用的微控制器 I/O 线以便控制 \overline{LD} 引脚。

V_{IN} 、CPO 电容器的选择

与 LTC3205 一道使用的电容器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、输出纹波和充电泵强度。为了降低噪声和纹波，建议在 V_{IN} 和 CPO 引脚上采用具有低等效串联电阻 (ESR) 的多层陶瓷电容器。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，CPO 引脚上的电容器数值直接控制着输出纹波的大小。增加该电容器的数值将减小输出纹波。峰至峰输出纹波由下式近似给出：

$$V_{RIPPLE-P} \cong \frac{I_{OUT}}{3f_{OSC} \cdot C_{OUT}}$$

式中的 f_{OSC} 为 LTC3205 的振荡器频率 (一般为 1MHz)， C_{OUT} 为 CPO 引脚上的输出电荷存储电容器。输出电容器的类型和数值对 LTC3205 的稳定性都会有显著影响。LTC3205 采用一个线性控制环路来调整充电泵的强度，以便与输出端所需要的电流相匹配。该环路的误差信号被直接存储于输出电荷存储电容器。电荷存储电容器还起着为控制环路形成主极点的作用。为防止产生振铃或不稳定性，输出电容器在所有的工作条件下均保持至少 $0.6\mu F$ 的电容值是很重要的。同样地，输出电容器过大的 ESR 往往也会导致 LTC3205 环路稳定性的劣化。LTC3205 闭环输出电阻的设计值为 0.6Ω 。对于一个 100mA 的负载电流变化，误差信号将发生约 60mV 的变化。如果输出电容器的 ESR 为 0.6Ω 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_{OUT} 的数值控制着输出纹波的大小一样， C_{IN} 也控制着出现在输入引脚 (V_{IN}) 上的纹波的大小。当充电泵处于输入充电期或输出充电期时，LTC3205 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，因为输入电流变化乘以 ESR。于是，这里以 ESR 性能优越为理由再次推荐您使用陶瓷电容器。如图 6 所示，通过一个非常小的串联电感器来给 LTC3205 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。

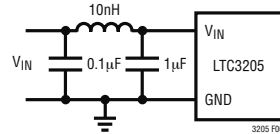


图 6：用于输入降噪的 10nH 电感器 (约 1cm 的连线)

浮动电容器的选择

警告：绝对不能用极化电容器 (如钽电容器或铝电容器) 用作浮动电容器，因为它们的电压会在 LTC3205 启动时反向。浮动电容器应始终使用陶瓷电容器。

浮动电容器用于控制充电泵的强度。为了获得额定输出电流，每个浮动电容器需要具有至少 $0.7\mu F$ 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 $85^{\circ}C$ 的温度变化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变化范围内损失大量的电容。Z5U 和 Y5V 电容器可能还具有一个非常

应用信息

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时，更为合适的方法往往是比较它们在给定外壳尺寸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，同样是采用 0603 外壳，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、X7R 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 4 罗列了一些陶瓷电容器制造商以及他们的联系方法。

表 4：推荐的电容器制造商

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

对于负载非常轻的应用，可减少浮动电容器的数目以节省占用空间和成本。2:3 分数充电泵的最小输出电阻理论值由下式给出：

$$R_{OL(MIN)} \equiv \frac{1.5V_{IN} - V_{OUT}}{I_{OUT}} = \frac{1}{2f_{OSC}C_{FLY}}$$

式中的 f_{OSC} 为开关频率（典型值为 800kHz）， C_{FLY} 为浮动电容器的电容值。请注意，由于额外开关电阻的缘故，充电泵强度一般将低于理论限值，然而，

对于负载非常轻的应用，在决定初始电容值时可采用上述公式作为指导准则。

布局的考虑和噪声

考虑到 LTC3205 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。图 7 示出了推荐的布局结构。

浮动电容器引脚 $C1^+$ 、 $C2^+$ 、 $C1^-$ 和 $C2^-$ 将具有边缘速率非常高的波形。这些引脚上的大 dv/dt 能将能量容性耦合至邻近的印刷电路板线路。如果浮动电容器不靠近 LTC3205（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 LTC3205 引脚之间的接地 PC 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 LTC3205 的连续接地平面。

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：

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

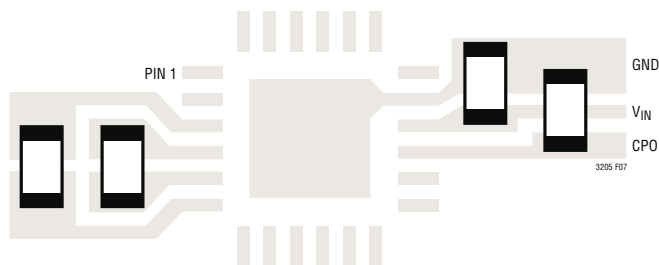


图 7：最佳的单层 PCB 布局

应用信息

LTC3205 的效率取决于其工作模式。假设 LTC3205 用作一个通路开关，则将 V_{IN} 连接至 CPO，直到主显示屏或副显示屏上有一个 LED 进入压降状态为止。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：

$$\eta \equiv \frac{P_{LED}}{P_{IN}} = \frac{V_{LED} \cdot I_{LED}}{V_{IN} \cdot I_{IN}} \approx \frac{V_{LED}}{V_{IN}}$$

因为输入电流将非常接近于 LED 电流。

在中高输出功率条件下，LTC3205 的静态电流可忽略不计，而上述表达式有效。例如，当 $V_{IN} = 3.9V$ 、 $I_{OUT} = 20mA \cdot 6$ LED 和 $V_{LED} = 3.6V$ 时，测得的效率为 92.2%，与 92.3% 的理论计算值非常接近。

一旦一个 LED 进入压降状态，LTC3205 即转换至升压模式。通过采用分数比 2 : 3 充电泵，LTC3205 可提供比采用倍压充电泵时的效率更高。

在 2 : 3 升压模式中，LTC3205 的效率与一个有效输入电压为实际输入电压 1.5 倍的线性稳压器效率相似。这是因为一个 2 : 3 分数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 2 : 3 充电泵中，功率利用系数将由下式给出：

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

热管理

在较高的输入电压和最大输出电流条件下，LTC3205 中的功耗有可能相当大。如果结温升至约 160° 以上，则热停机电路将自动使输出失效。为降低最大结温，建议采用至 PC 板的良好热连接。将 PGND 引脚（裸露中心衬垫）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能够大大降低封装和 PC 板的热阻。

亮度控制

虽然 LTC3205 具有 3 个用于主和副显示屏的对

数间隔亮度设定值，但还可以采用其他方法来控制亮度。图 8 示出了利用一个外部电压源来把电流注入 I_{MS} 或 I_{RGB} 引脚以控制亮度的实例。例如，若 R1 和 R2 为 50k，则 LED 电流将随着 V_{CNTRL} 在 0V 至 2.5V 之间摆动而在 20mA 至 0mA 之间变化。

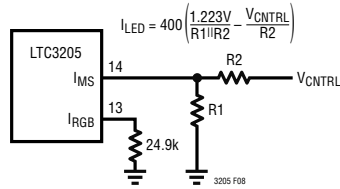


图 8：线性亮度控制替代方案

另一种方法是在只能获得数字输出的情况下，通过简单地将 V_{CNTRL} 连接至一个数字信号来把设定值的数目从 3 个倍增至 6 个。当采用一个 1.8V 逻辑电源时，图 9 中所示的电路具有 2.5mA、5mA、7.5mA、10mA、15mA 和 20mA 共 6 个 LED 电流设定值。该拓扑结构可推广至任何位数并可应用于 RGB 显示屏。

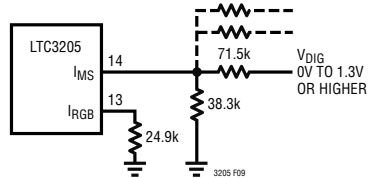


图 9：数字亮度控制替代方案

最后，如图 10 所示，PWM 亮度控制可通过给 I_{MS} 设置电阻器施加一个 PWM 信号来实现。该信号的电平变化范围应在 0V（全导通时）至任何高于 1.3V（全断开时）的电压之间。

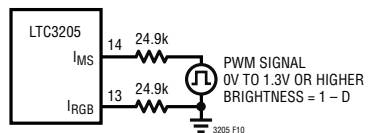
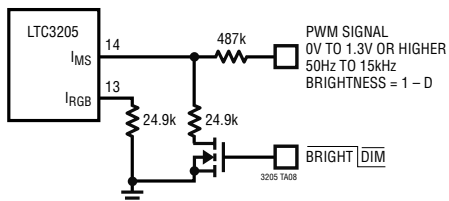


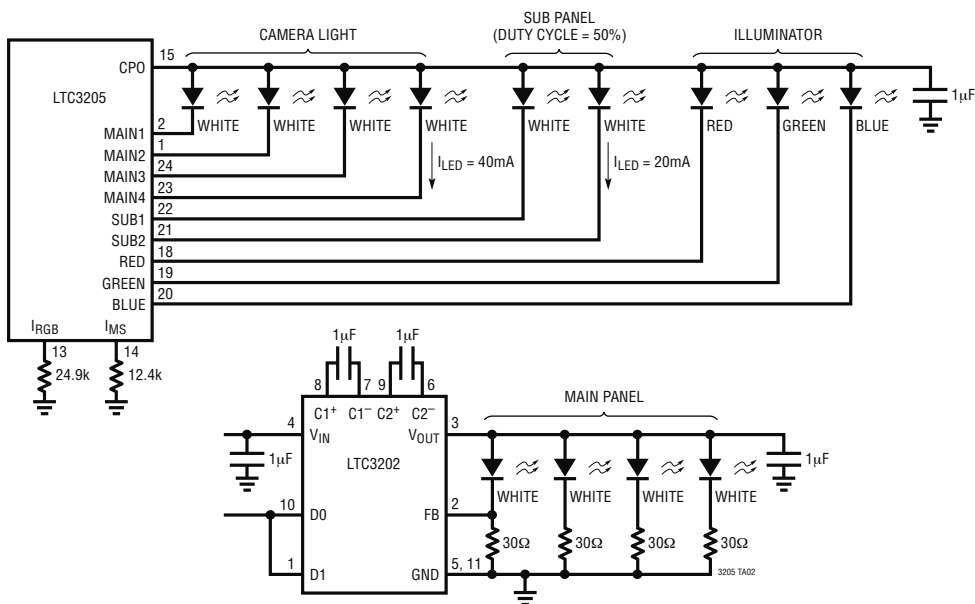
图 10：MAIN 和 SUB 显示屏的 PWM 亮度控制

典型应用

超低亮度 MAIN 和 SUB 显示屏

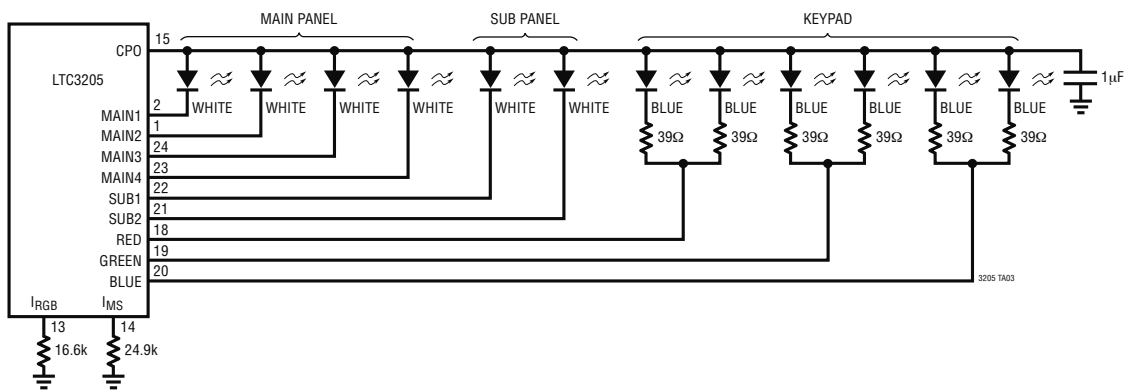


全充电泵主、副、RGB 和摄像机照明控制器

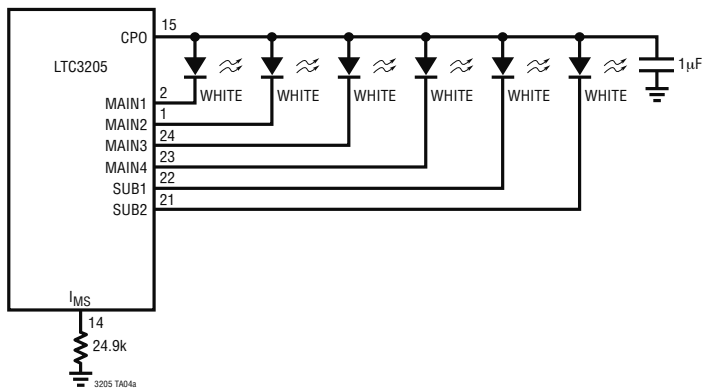


典型应用

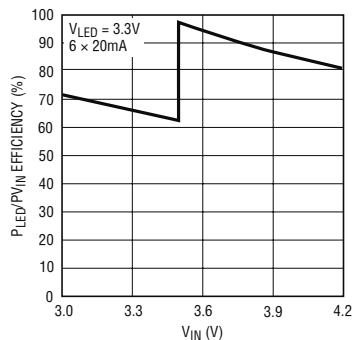
主、副和键盘照明



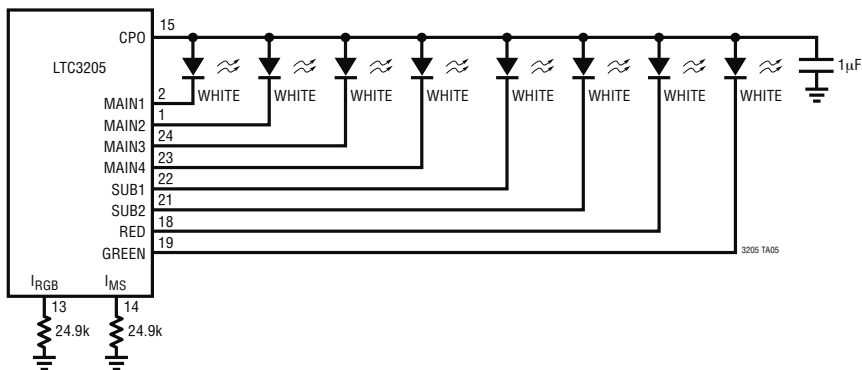
高效 20mA×6-LED 摄像机照明灯



效率与输入电压的关系曲线

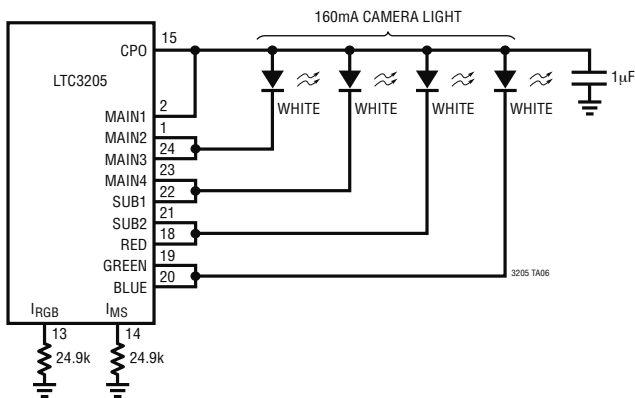


8-LED 独立型摄像机照明灯



典型应用

4-LED 160mA 独立型摄像机照明灯

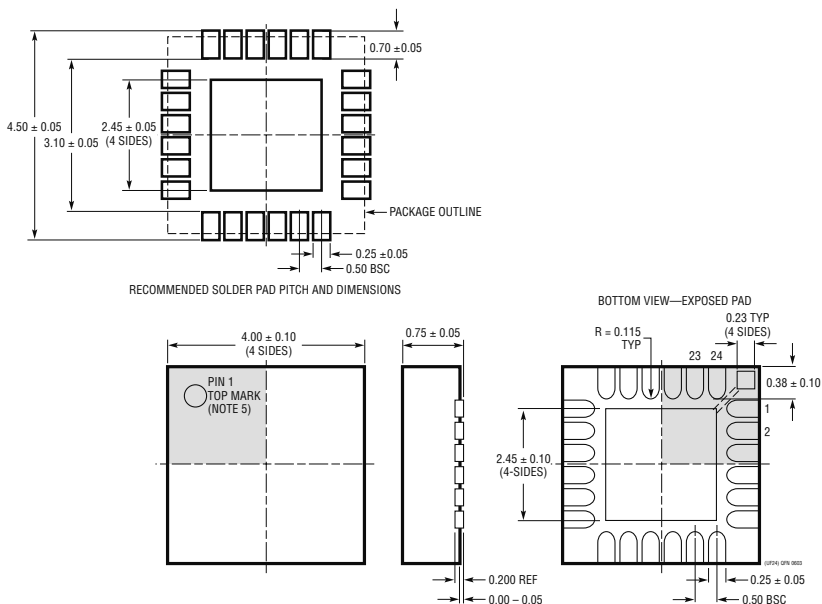


封装描述

UF 封装

24 引脚塑料 QFN 封装 (4mm × 4mm)

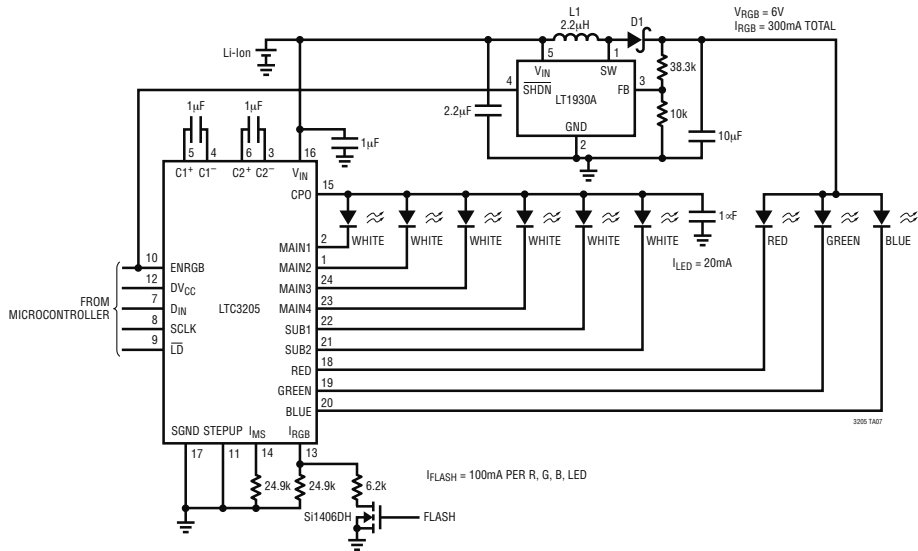
(参考 LTC DWG # 05-08-1692)



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

典型应用

将 RGB 显示灯用作摄像机闪光灯



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 : 180µA, 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 和 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
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, $V_{OUT(MIN)}$: 0.9V 至 1.6V, I_Q : 9µA, 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 : 20µA, 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} : 2.5V 至 5.5V, $V_{OUT(MIN)}$: 0.6V, I_Q : 20µA, 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 : 25µA, 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/2.7MHz	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} : $< 1\mu A$, ThinSOT 封装

ThinSOT 是凌特公司的商标。