

I²C 多显示屏 LED 控制器

特 点

- 升压/直接连接型分数充电泵可提供高达 92% 的效率
- 高达 400mA 的连续输出电流
- 可对具 1-6 个 LED 的主显示屏、1-4 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
- 可采用双线式 I²C™ 串行接口来设置 LED 电流
- LED 电流匹配精度达 1%
- 低噪声恒定频率操作 *
- 元件数目极少
- 自动软启动可限制浪涌电流
- 16 种指数间隔调光状态为主和副显示屏提供了 128:1 的亮度范围
- 可为 RGB 显示提供多达 4096 种色彩组合
- 低工作电流: I_{VIN} = 180μA
- 纤巧、扁平的 24 引脚 (4mm×4mm×0.75mm) QFN 封装

应 用

- 蜂窝电话
- 无线 PDA
- 多显示屏手持式设备

LT、LTC 和 LT 是凌特公司的注册商标。
I²C 是 Philips Electronics N.V. 的商标。
* 美国专利第 6,411,531 号

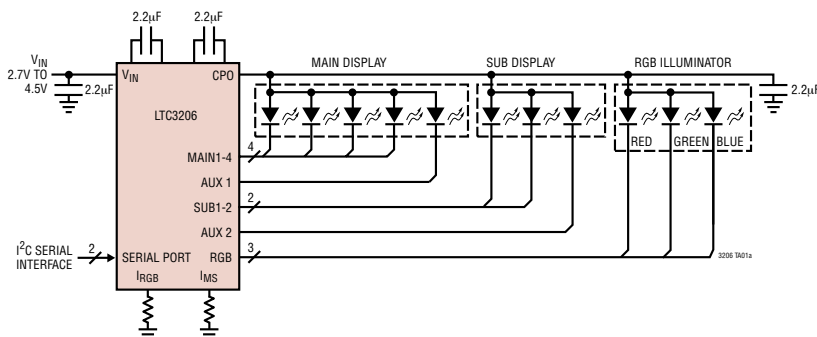
描 述

LTC®3206 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/直接连接型充电泵，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。LTC3206 只需要 4 个小型陶瓷电容器和 2 个电阻器即可形成一个完整的三屏 LED 电源和电流控制器。

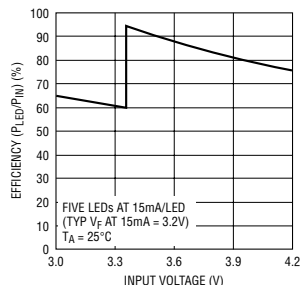
主/副显示屏以及 RGB 显示屏的最大电流均单独设定。每个 LED 的电流由一个内部电流源来控制。所有显示屏的调光和 ON/OFF 控制均通过一个双线式串行接口来完成。可将两个辅助 LED 引脚单独分配给主或副显示屏。主和副显示屏均具有 16 种独立调光状态。每个红、绿和蓝 LED 都具有 16 种调光状态，从而实现了多达 4096 种色彩组合。

LTC3206 的充电泵可根据 V_{IN} 和 LED 正向电压条件来优化效率。该器件在直接连接模式中上电，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 1.5x 升压模式。内部电路在启动和模式转换过程中可防止涌入电流和过高的输入噪声。LTC3206 采用 24 引脚 (4mm×4mm) QFN 封装。

典型应用



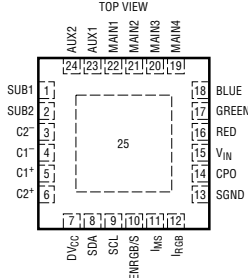
**5 LED 主显示屏效率与
输入电压的关系曲线**



绝对最大额定值 (注1)

V_{IN} , DV_{CC} , CPO 至 GND	-0.3V 至 6V
SDA, SCL, ENRGB/S	-0.3V 至 ($DV_{CC} + 0.3V$)
I_{CPO} (连续) (注 4)	400mA
(以 10% 占空比脉动) (注 4)	1A
$I_{MAIN1-4}$, $I_{SUB1,2}$, $I_{AUX1,2}$ (注 4)	100mA
(以 10% 占空比脉动) (注 4)	125mA
I_{RED} , $GREEN$, $BLUE$ (注 4)	100mA
(以 10% 占空比脉动) (注 4)	125mA
I_{MS} , I_{RGB} (注 4)	1mA
CPO 短路持续时间	未限制
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

 TOP VIEW 24-LEAD (4mm × 4mm) PLASTIC QFN $T_{JMAX} = 125^{\circ}C$, $\theta_{JA} = 37^{\circ}C/W$, $\theta_{JC} = 2^{\circ}C/W$ EXPOSED PAD IS PGND (PIN 25) MUST BE SOLDERED TO PCB	产品型号
	LTC3206EUF
	UF 器件标记
	3206

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 $T_A = 25^{\circ}C$ 。 $V_{IN} = 3.6V$ ， $DV_{CC} = 3V$ ，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		●	2.7		4.5	V
	DV _{CC} 工作电压		●	1.5		5.5	V
	V _{IN} 工作电流	I _{CPO} = I _{MS} = I _{RGB} = 0μA，直接连接模式 I _{CPO} = I _M = I _{RGB} = 0μA，1.5x 升压模式			180 3.9		μA mA
	DV _{CC} 工作电流	串行端口空闲				1	μA
	V _{IN} 停机电流				7.3	10	μA
	DV _{CC} 停机电流					1	μA
白光 LED 电流 (MAIN1-MAIN4，SUB1，SUB2，AUX1，AUX2)							
	I _{MS} 伺服电压	25μA < I _{MS} < 75μA		0.585 ● 0.582	0.6 0.6	0.615 0.618	V V
	全标度 LED 电流比 (I _{LED} /I _{MS})	MAIN1-MAIN4，SUB1，SUB2，AUX1，AUX2，电压 = 1V	●	368	400	432	mA/mA
	LED 压降	1.5x 升压模式开关门限，I _{LED} = 20mA			80		mV
	LED 亮度范围			0.78		100	%
	LED 电流匹配	MAIN-MAIN，MAIN-AUX，SUB-SUB，SUB-AUX			1		%
RGB LED 电流 (RED，GREEN，BLUE)							
	I _{RGB} 伺服电压	25μA < I _{RGB} < 75μA		0.585 ● 0.582	0.6 0.6	0.615 0.618	V V
	LED 电流比 (I _{LED} /I _{RGB})	RED、GREEN、BLUE 电压 = 1V		360	400	440	mA/mA
	RGB LED 压降	1.5x 升压模式开关门限，I _{LED} = 20mA			80		mV
	RGB PWM (占空比) 范围			0/15		15/15	%
充电泵 (CPO)							
	1x 模式输出阻抗				0.68		Ω
	1.5x 模式输出阻抗	V _{IN} = 3V，V _{CPO} = 4.2V (注 3)			1.90		Ω

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 $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ 。 $V_{\text{IN}} = 3.6\text{V}$ ， $DV_{\text{CC}} = 3\text{V}$ ，除非特别注明。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
	CPO 调节电压	$I_{\text{CPO}} = 20\text{mA}$ ， 1.5x 模式		4.75		V
	CLK 频率		0.68	0.96	1.36	MHz

SDA， SCL， ENRGB/S

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
I_{IH}	输入电流	SDA， SCL， ENRGB/S = DV_{CC}		-1	1	μA
I_{IL}	输入电流	SDA， SCL， ENRGB/S = 0V		1	1	μA
V_{OL}	数字输出低 (SDA)	$I_{\text{PULLUP}} = 3\text{mA}$	●		0.4	V

定时特性 (注 5)

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
$t_{\text{SU, STD}}$	停止条件建立时间			0.6		μs
$t_{\text{HD, DAT(OUT)}}$	数据保持时间			225	900	ns
$t_{\text{HD, DAT(IN)}}$	输入数据保持时间			0	900	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
t_{SP}	脉冲尖峰抑制时间			50		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：LTC3206E 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控制中的相关性来保证。

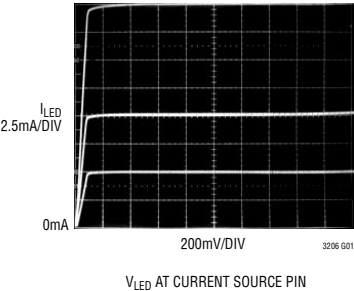
注 3：1.5x 模式输出阻抗被定义为 $(1.5V_{\text{IN}} - V_{\text{CPO}})/I_{\text{OUT}}$ 。

注 4：基于长期电流密度限值。

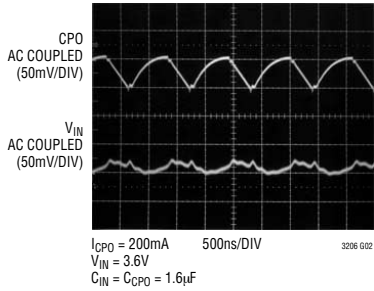
注 5：所有数值均以 V_{IH} 和 V_{IL} 电平为基准。

典型性能特征

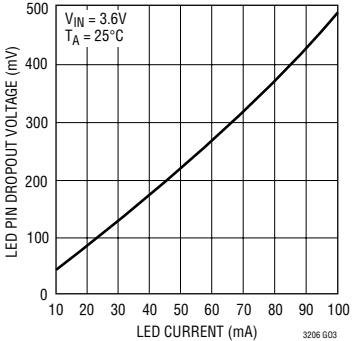
LED 引脚吸收电流与
LED 引脚电压的关系曲线



输入和输出充电泵噪声

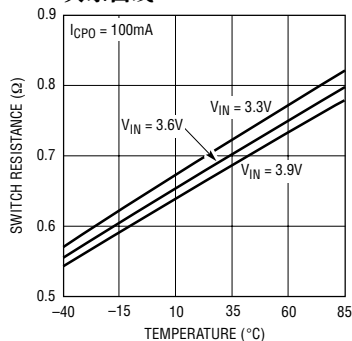
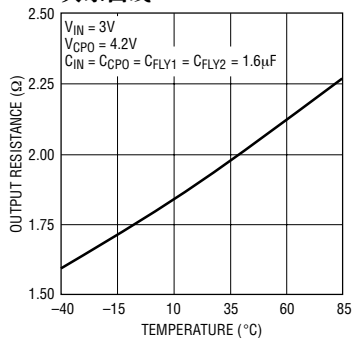


LED 引脚压降与 LED 引脚
电流的关系曲线

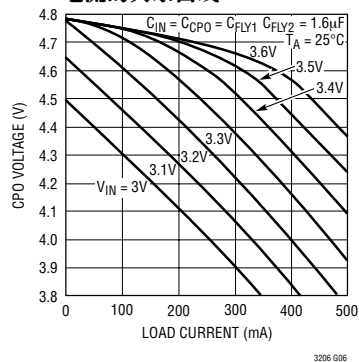


典型性能特征

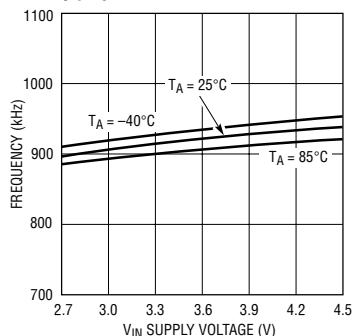
1x 模式开关电阻与温度的关系曲线

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

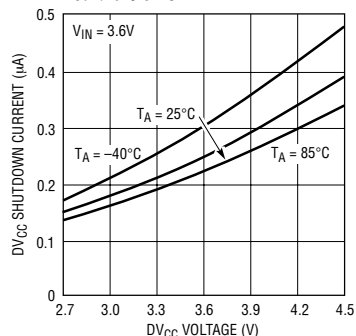
1.5x 模式 CPO 电压与负载电流的关系曲线



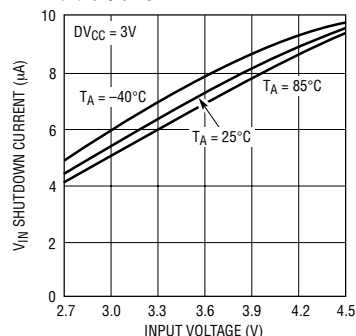
振荡器频率与供电电压的关系曲线



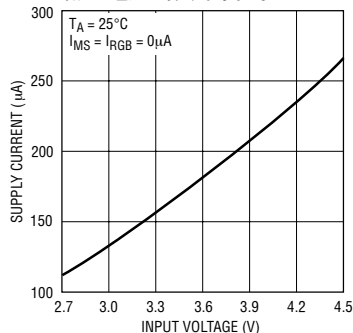
DVCC 停机电流与输入电压的关系曲线



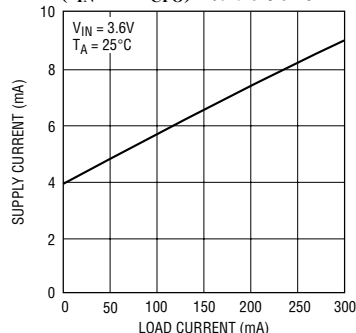
VIN 停机电流与输入电压的关系曲线



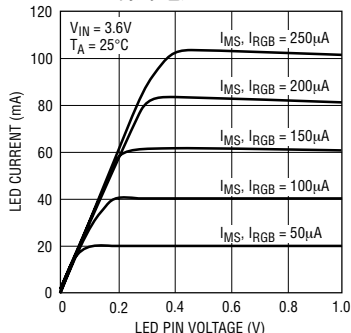
1x 模式无负载供电电流与输入电压的关系曲线



1.5x 模式供电电流与 ICPO (IIN - 1.5ICPO) 的关系曲线



用于获得较高 LED 电流的 LED 引脚电压



引脚功能

SUB1、SUB2 (引脚 1、2) : 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。可将副显示屏上的 LED 设定为在全标度值的 0.78% 至 100% 之间呈指数性增加的亮度等级。见表 1。

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 2.2 μ F 的 X7R 或 X5R 陶瓷电容器。

DV_{CC} (引脚 7) : 该引脚用于设定 SDA、SCL 和 ENRGB/S 引脚的逻辑基准电平。

SDA (引脚 8) : I²C 串行端口的输入数据。串行数据每个时钟周期移动一位，以控制 LTC3206 (见图 3 和图 4)。SDA 的逻辑电平以 DV_{CC} 为基准。

SCL (引脚 9) : I²C 串行端口的时钟输入 (见图 3 和图 4)。SCL 的逻辑电平以 DV_{CC} 为基准。

ENRGB/S (引脚 10) : 该引脚用于对 RED、GREEN 和 BLUE LED 电流源或副显示屏执行使能和禁止操作 (视通过 I²C 端口所进行的响应编程是针对前者还是后者来决定)。当 ENRGB/S 引脚升至高电平时，LTC3206 将以先前通过 I²C 端口所设置的色彩组合或密度来点亮 RGB 或副显示屏。ENRGB/S 的逻辑电平以 DV_{CC} 为基准。

I_{MS} (引脚 11) : 该引脚用于控制主和副 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 0.6V。主和副显示屏 LED 中的全标度 (100%) 电流将是 I_{MS} 引脚电流的 400 倍。

I_{RGB} (引脚 12) : 该引脚控制 RED、GREEN 和 BLUE LED 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 0.6V。当 RED、GREEN 和 BLUE LED 中的电流被设置为全标度时，其数值将是 I_{RGB} 引脚电流的 400 倍。

SGND (引脚 13) : 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。

CPO (引脚 14) : 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。红光 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) 2.2 μ F 电荷存储电容器。

V_{IN} (引脚 15) : 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 2.2 μ F 的 X5R 或 X7R 陶瓷电容器来旁路。

RED、GREEN、BLUE (引脚 16、17、18) : 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 种色调，并为照明装置提供总共 4096 种色彩。见表 1。RGB LED 的调制速率为充电泵振荡器频率的 1/240 (约为 4kHz)。

MAIN1 – MAIN4 (引脚 22、21、20、19) : 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。可将主显示屏上的 LED 设定为在全标度值的 0.78% 至 100% 之间呈指数性增加的 16 个亮度等级。见表 1。

AUX1、AUX2 (引脚 23、24) : 辅助白光 LED 的电流源输出。可通过 I²C 串行端口将辅助电流源单独分配给主显示屏或副显示屏 LED。当 AUX1 和/或 AUX2 被分配给主显示屏时，它们将具有与其他主显示屏 LED 相同的功率设定值。同样地，当 AUX1 和/或 AUX2 被分配给副显示屏时，它们将具有与其他副显示屏 LED 相同的功率设定值。AUX1 和 AUX2 引脚的电流由 I_{MS} 引脚上的电阻器来控制。

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。

工作原理

可强制 LTC3206 的充电泵起动, 即使未对 LED 进行电流设置也不例外。设置 I²C 串行端口中的 A3 位可强制充电泵进入接通状态 (见图 3)。

软启动

为了防止在转换至升压模式时出现过大的涌入电流和电源电压下降, LTC3206 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约 400μs 的时间里线性增加。

充电泵强度

当 LTC3206 工作于 1.5x 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 (图 1)。

R_{OL} 取决于诸多因素, 包括开关项 1/(2f_{OSC} • 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}, 可获得的电流将与优势电压 (1.5V_{IN} - V_{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, 则优势电压为 3.1V • 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:

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

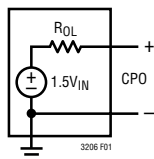


图 1: 等效开环电路

R_{OL} 的典型值是一个温度函数, 如图 2 所示。

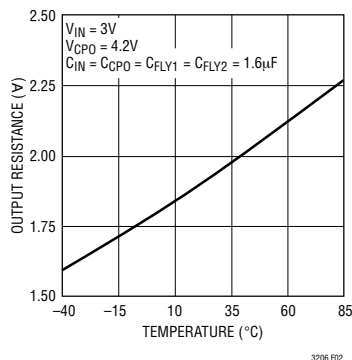


图 2: R_{OL} 典型值与温度的关系曲线

I²C 接口

LTC3206 采用标准的 I²C 双线式接口来与一个主机 (主控器) 进行通信。时序图 (图 4) 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)。LTC3206 是一款只收 (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。

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。

工作原理

字节格式

传送至 LTC3206 的每个字节的长度必须为 8 位，其后是一个用于由 LTC3206 回送的确认位的附加时钟周期。数据应首先传送至 LTC3206 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 (LTC3206) 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

LTC3206 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 ($R/\bar{W}$) 必须为 0，以便 LTC3206 进行地址识别 (因为它是一款只写器件)。这等同于一个最低有效位始终为 0 的 8 位地址。如果提供了一个正确的 7 位地址但 $R/\bar{W}$ 位为 1，则 LTC3206 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 $R/\bar{W}=0$ 的 7 位地址来启动与 LTC3206 的通信。如果该地址与 LTC3206 的地址相匹配，则 LTC3206 回送一个确认信号。主控器随后应输送最高有效数据字

节。LTC3206 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 LTC3206 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 LTC3206 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，则可传送一个停止条件，而且，LTC3206 将利用其接收到的数据来更新其命令锁存器。

在某些场合，I²C 总线上的数据有可能遭到损坏。此时，LTC3206 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 LTC3206 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。LTC3206 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 LTC3206 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，而丝毫不受已经出现的重复起动条件的数量的影响。如果提供了一个重复起动条件且 LTC3206 成功地确认了其被寻址，则会出现一个例外情况。此时，它将不会在第一个数据字节被确认之后对一个停止条件做出响应。不过，它将在第三个数据字节被确认之后做出响应。

时序图

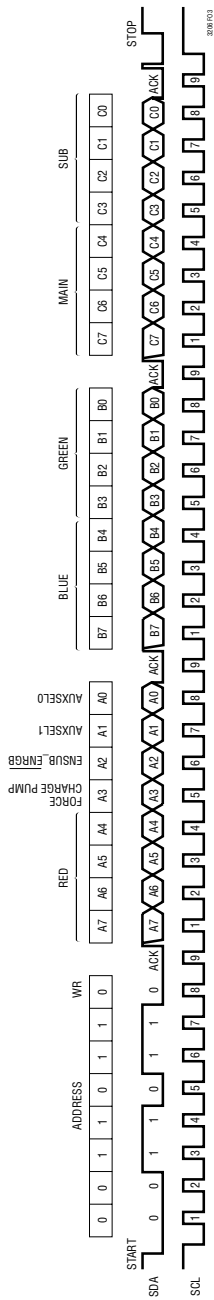


图 3：位分配

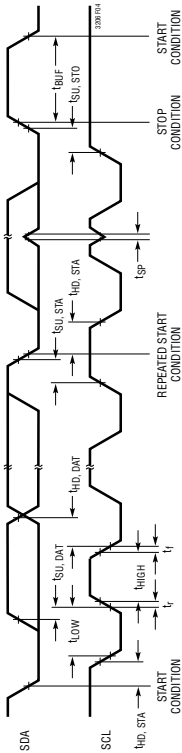


图 4：定时参数

表 1：串行业端口位分配

RED	GREEN	BLUE	MAIN	SUB	AUX	SUB-RANGE	4-BIT CODE	DUTY CYCLE	BRIGHTNESS LEVEL	RED	GREEN	BLUE
RED	A7	A6	A5	A4								
GREEN	B3	B2	B1	B0								
BLUE	B7	B6	B5	B4								
MAIN	C7	C6	C5	C4								
SUB	C3	C2	C1	C0								
HEX	0	0	0	0	0	NA	0	0	OFF			
	1	0	0	0	1	1/4	3.13%	1/4	0.78%	1/15(6.7%)		
	2	0	0	1	0	1/4	4.42%	1/4	1.07%	2/15(13.3%)		
	3	0	0	1	1	1/4	6.25%	1/4	1.56%	3/15(20.0%)		
	4	0	1	0	0	1/4	8.80%	1/4	2.25%	4/15(26.7%)		
	5	0	1	0	1	1/4	12.50%	1/4	3.13%	5/15(33.3%)		
	6	0	1	1	0	1/4	17.70%	1/4	4.40%	6/15(40.0%)		
	7	0	1	1	1	1/4	25.00%	1/4	6.25%	7/15(46.7%)		
	8	1	0	0	0	1/4	35.35%	1/4	8.90%	8/15(53.3%)		
	9	1	0	0	1	1/4	50.00%	1/4	12.50%	9/15(60.0%)		
A	1	0	1	0		1/4	70.70%	1/4	17.70%	10/15(66.6%)		
B	1	0	1	1		1/4	100.00%	1/4	25.00%	11/15(73.3%)		
C	1	1	0	0		1/2	70.70%	1/2	35.35%	12/15(80.0%)		
D	1	1	0	1		1/2	100.00%	1/2	50.00%	13/15(86.7%)		
E	1	1	1	0		1	70.70%	1	70.70%	14/15(93.3%)		
F	1	1	1	1		1	100.00%	1	100.00%	15/15(100.0%)		

表 2：辅助 LED 引脚配置

A0	A1	AUX1	AUX2
0	0	MAIN	MAIN
0	1	MAIN	SUB
1	0	SUB	MAIN
1	1	SUB	SUB

表 3：ENRGB/S 配置

A2	CONTROL
0	RGB DISPLAY
1	SUB DISPLAY

应用信息

白光 LED 亮度控制

白光 LED 显示屏 (MAIN、SUB 和 AUX) 具有 16 种单独的亮度设定值。这些设定值呈指数间隔，用以对接近对数特性的人眼视觉感知特性进行补偿。功率设定值的基数为 $\sqrt{2}$ 。关断设定值 (零功率) 是停机所需的一种特殊场合。

LTC3206 采用一种子区间调节技术来控制 LED 亮度，该技术兼用了 DC 电平控制和脉宽调制。表 1 对电平控制操作进行了汇总。LED 的 DC 电平将为三个子区间设定值 (即全标度值的 100%、50% 或 25%) 中的一个。例如，若全标度 LED 电流被设定 (通过 IMS 引脚) 为 20mA，则 LED 的“接通”电平将分别为 20mA、10mA 或 5mA。输送至 LED 的功率将是子区间 (DC 电流) 与 PWM 设定值的乘积。例如，如果需要一个 2.25% 的 LED 功率，则 LTC3206 将子区间设定为 25%，并将占空比设定为 8.8%。这些设定值专为优化双模式 LTC3206 电源管理系统的效率并同时保持低功率电平条件下的 LED 彩色准确度而设计。

为了借助纯粹的 DC 方法来实现亮度控制，应只选择 100%、50% 或 25% 的功率设定值。

MAIN、SUB 和 AUX LED 的 DC 电流水平由 I_{MS} 引脚电流的一个精确反射倍数电流来控制。 I_{MS} 引脚被维持于一个 0.6V 的固定电平上，这样就可以简单地通过在 I_{MS} 引脚与地之间增设一个电阻器来设置电流。

“接通”期间的电流将遵循下面的关系式：

$$I_{LED} = 400 \cdot S \cdot \frac{0.6V}{R_{MS}}$$

式中的 S 为针对给定功率设定值的子区间 (它将为 25%、50% 或 100%，见表 1)， R_{MS} 为 I_{MS} 引脚上的电阻器的阻值。

平均 LED 电流 (LED 功率电平) 将遵循下面的关系式：

$$AVG(I_{LED}) = 400 \cdot \frac{0.6V}{R_{MS}} \cdot \sqrt{2^{D-15}}$$

式中的 D 为针对给定显示屏进行编程的 4 位数字代码的十进制等效值 (0 至 15)。

PWM 频率是充电泵振荡器频率的 1/1024 (典型值为 938Hz)。在 PWM 期间，对 LED 电流进行软开关，以便最大限度地降低噪声。

AUX LED

AUX1 和 AUX2 LED 可被任意地分配给主或副显示屏。表 2 汇总了可行的分配方案。当一个 AUX 引脚被分配给一个显示屏时，它将遵循为该显示屏所设定的功率电平 (DC 和 PWM)。

未用的白光 LED 引脚

LTC3206 能够为多达 8 个白光 LED (4 个用于主显示屏、2 个用于副显示屏以及 2 个灵活的 AUX 引脚) 供电。不过，并不是在每种应用中都需要采用所有 8 个白光 LED 引脚。

这些 LED 引脚中的任何一个都会在其发生压降时导致 LTC3206 从 1x 模式转换至 1.5x 充电泵模式。事实上，如果一个未用的 LED 引脚被置于不连接状态或接地，则其将发生压降并强制 LTC3206 进入充电泵模式。

为避免出现这一问题，可通过将未用的 MAIN、SUB 或 AUX 显示屏连接至 CPO 来使其失效。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 10 μ A 测试电流。图 5 示出了每个 MAIN、SUB 和 AUX LED 引脚的方框图。

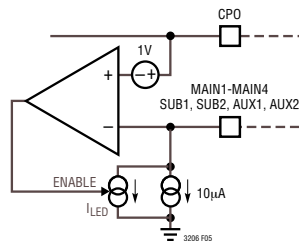


图 5：内部 MAIN、SUB 和 AUX 显示屏 LED 失效电路

应用信息

RED、GREEN 和 BLUE 引脚也能够开启充电泵，然而，由于它们各自拥有单独的失效控制，因此不用时可将其置于悬浮状态或接地。

RGB 照明装置亮度控制

可单独地将 RED、GREEN、BLUE 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 LED 提供了 4096 种色彩。表 1 指示了 RED、GREEN 和 BLUE LED 的解码。

RED、GREEN、BLUE LED 中的全标度电流由 I_{RGB} 引脚电流按照与主、副和辅助显示屏中 LED 电流设置相似的方式进行控制。 I_{RGB} 引脚电压也被维持于 0.6V，而且，RGB LED 电流是 I_{RGB} 电流的一个精确倍数。RGB 显示屏 LED 电流的 DC 值将遵循下面的关系式：

$$I_{\text{RED} \cdot \text{GREEN} \cdot \text{BLUE}} = 400 \frac{0.6V}{R_{\text{RGB}}}$$

式中的 R_{RGB} 为 I_{RGB} 引脚上的电阻器的阻值。

RED、GREEN 和 BLUE LED 中的电流的平均值将为：

$$\text{AVG}(I_{\text{RED} \cdot \text{GREEN} \cdot \text{BLUE}}) = 400 \cdot \frac{D}{15} \cdot \frac{0.6V}{R_{\text{RGB}}}$$

式中的 D 为针对给定显示屏进行编程的 4 位数字代码的十进制等效值 (0 至 15)。表 1 汇总了 RED、GREEN 和 BLUE LED 的功率设定值。

在充电泵振荡器频率的 1/240 或 4kHz 左右的频率条件下对 RED、GREEN 和 BLUE LED 进行脉宽调制。

ENRGB/S 引脚

ENRGB/S 引脚可被用来对 LTC3206 实施使能和失效操作，而无需对 I²C 端口进行再寻址。这或许有益于在不唤醒微控制器的情况下指示一个电话呼入。可将 ENRGB/S 作为一个用于 RGB 显示屏或 SUB 显示屏的独立控制来进行软件编程。串行端口中的控制位 A2 (见图 3 和表 3) 负责确定 ENRGB/S 引脚

所控制的显示屏。当 A2 位为 0 时，ENRGB/S 引脚控制 RGB 显示屏。如果 A2 位被设定为 1，则 ENRGB/S 引脚将控制 SUB 显示屏。

如欲使用 ENRGB/S 引脚，则必须首先将 I²C 端口配置为期望的设定值。例如，若 ENRGB/S 引脚将被用来控制 SUB 显示屏，则在 I²C 端口的 C3-C0 半字节中必须存在一个非零代码，而且 A2 位必须被设定为 1 (见表 1)。现在，当 ENRGB/S 引脚为高电平 (DV_{CC}) 时，则 SUB 显示屏将在 C3-C0 设定值的条件下处于接通状态。当 ENRGB/S 引脚为低电平时，SUB 显示屏将处于关断状态。如果没有其他显示屏被设置为接通状态，则整个芯片将处于停机模式。

同样地，如果 ENRGB/S 引脚被用来使能 RGB 显示屏，则在串行端口 (A4-A7 或 B0-B7) 的 RED、GREEN 或 BLUE 半字节中必须存在一个非零代码，且 A2 位必须为 0。现在，当 ENRGB/S 引脚为高电平 (DV_{CC}) 时，RGB 显示屏将以设定的色彩发光。当 ENRGB/S 引脚为低电平时，RGB 显示屏将处于关断状态。如果没有其他显示屏被设置为接通状态，则整个芯片将处于停机模式。

如果 A2 位被设定为 1 (SUB 显示屏控制)，则 ENRGB/S 引脚将不会对 RGB 显示屏产生影响。同样地，如果 A2 位被设定为 0 (RGB 显示屏控制)，则 ENRGB/S 引脚将不会对 SUB 显示屏有任何的影响。

如果 ENRGB/S 引脚未被使用，则应将其连接至 DV_{CC}。不得将其接地或置于悬浮状态。

V_{IN}、CPO 电容器的选择

与 LTC3206 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 引脚上的电容器的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：

$$V_{\text{RIPPLE-P}} \approx \frac{I_{\text{CPO}}}{3f_{\text{OSC}} \cdot C_{\text{CPO}}}$$

应用信息

式中的 f_{OSC} 为 LTC3206 的振荡器频率 (一般为 960kHz), C_{CPO} 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 LTC3206 的稳定性都会有显著的影响。LTC3206 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著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 μ 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 LTC3206 环路稳定性的劣化。LTC3206 的闭环输出电阻的设计值为 0.4 Ω 。对于一个 100mA 的负载电流变化, 误差信号将发生约 40mV 的变化。如果输出电容器的 ESR 为 0.4 Ω 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_{CPO} 的数值控制著输出纹波的大小一样, C_{IN} 的数值也控制著出现在输入引脚 (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, LTC3206 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 LTC3206 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。

浮动电容器的选择

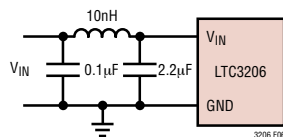


图 6：用于输入降噪的 10nH 电感器
(约 1cm 的连线)

警告：绝对不能用极化电容器 (比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 LTC3206 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 1 μ 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°C 至 85°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的外壳尺寸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 μ 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 μ F、10V 的 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。

应用信息

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：推荐的电容器供应主

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。1.5x 分数充电泵的最小输出电阻理论值由下式给出：

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

式中的 f_{OSC} 为开关频率 (典型值为 960kHz)， 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 LTC3206 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 有可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 LTC3206 (即环路面积很大)，则还可能产生磁场。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 LTC3206 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 LTC3206 的连续接地平面。

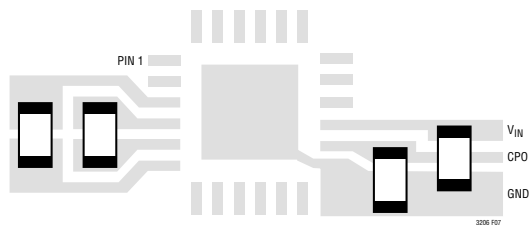


图 7：最佳的单层 PCB 布局

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：

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

LTC3206 的效率取决于其工作模式。假设 LTC3206 用作一个通路开关，则将 V_{IN} 连接至 CPO，直到其中的一个 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：

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

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，LTC3206 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。

应用信息

一旦一个 LED 进入压降状态，LTC3206 即转换至升压模式。通过采用分数比为 1.5x 的充电泵，LTC3206 提供的效率比采用倍压充电泵时更高。

在 1.5x 升压模式中，LTC3206 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 1.5x 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 1.5x 充电泵中，功率效率将由下式给出：

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

热管理

在较高的输入电压和最大输出电流条件下，LTC3206 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 LTC3206 具有多个用于主和副显示屏的指数间隔亮度设定值，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 24k，则 LED 电流将随著 V_{CNTRL} 在 0V 至 1.2V 之间摆动而在 20mA 至 0mA 之间变化。

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

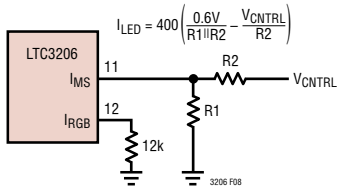


图 8：线性亮度控制替代方案

值的数目从 15 个倍增至 30 个。该拓扑结构可推广至任何位数并可应用于 RGB 显示屏。

最后，如图 10 所示，PWM 亮度控制可通过给

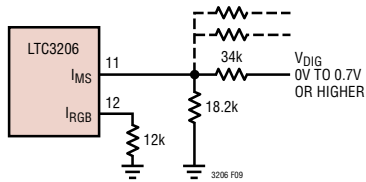


图 9：数字亮度控制替代方案

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 0.7V (全断开时) 的电压之间。

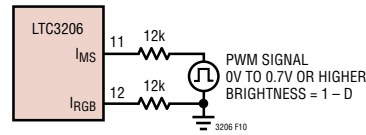
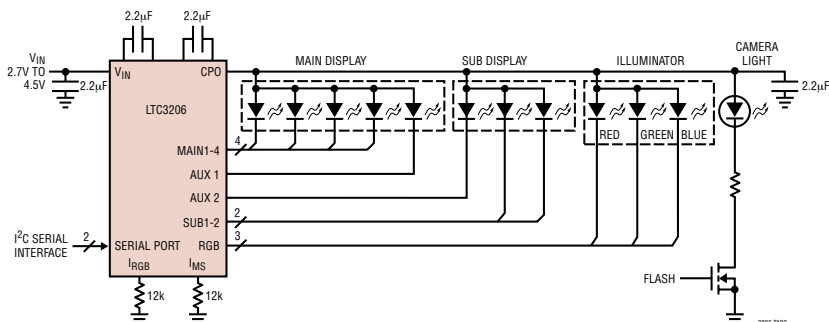


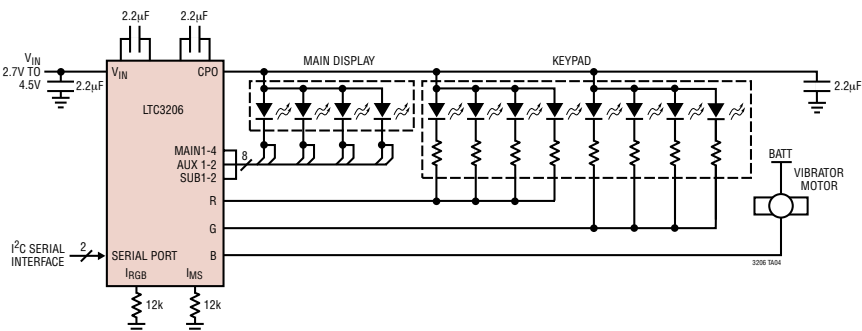
图 10：主和副显示屏的 PWM 亮度控制

应用信息

4 显示屏控制器



主显示屏背光、键盘背光和马达控制器

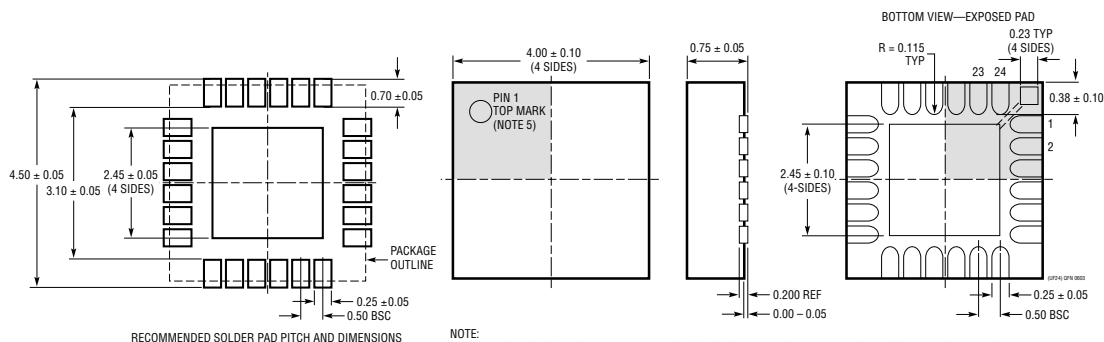


封装描述

UF 封装

24 引脚塑料 QFN (4mm×4mm)

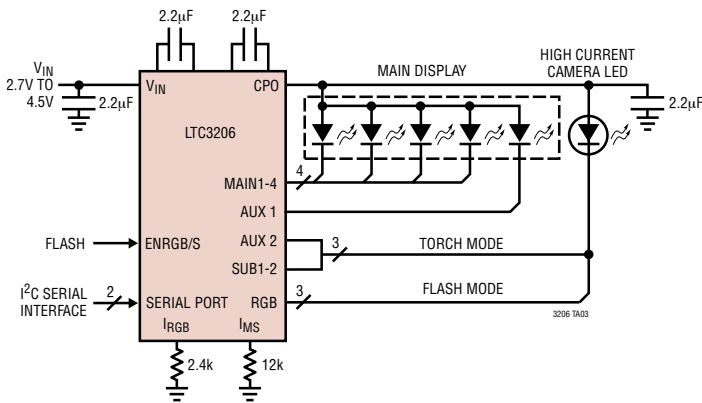
(参考 LTC DWG # 05-08-1692)



- 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

5 LED 主显示器和低/高电流摄像机闪光灯



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
LTC3205	多显示屏 LED 控制器	效率达 92%， V_{IN} ：2.8V 至 4.5V， I_Q = 50µA， $I_{SD} \leq 1\mu A$ ，4mm × 4mm QFN 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 = 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	1.2MHz/2.7MHz 和内置肖特基二极管	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。