

**说明**

LX1691 是既降低成本又增强功能的直接激励 CCFL (冷阴极荧光灯) 控制器产品。其结构建立在非常流行的 LX1689 基础上。通过限制  $V_{DDP}$  为 5.5 伏和采用先进工艺, 在减少冲模尺寸及封装引脚数的同时, 改进调光精度。

以 LX1691 为基础的逆变器几乎可以适用于任何 CCFL 电器, 从数码相机和 PDA 到大屏显示器和汽车司机可视显示器。

新型通用调光电路可以接受数字和模拟控制输入信号并提供六种不同的调光模式, 对灯管电流幅值和占空比同时或分别控制。设计者可以选择正常或反向极性调光并可精确地用电阻设定灯管最小和最大电流。LX1691 故障保护功能得到加强: 在过电压和过电流超过 1 秒时进行关机。

注意: 对于多数数据, 请在 MICROSEMI 公司网站上查询。 <http://www.microsemi.com>

Microsemi 公司经测试并取得专利的“直接激励”结构在系统电压 3 伏到 50 伏以上都可以运行, 只受高压变压器的外部驱动功率 FET 限制。

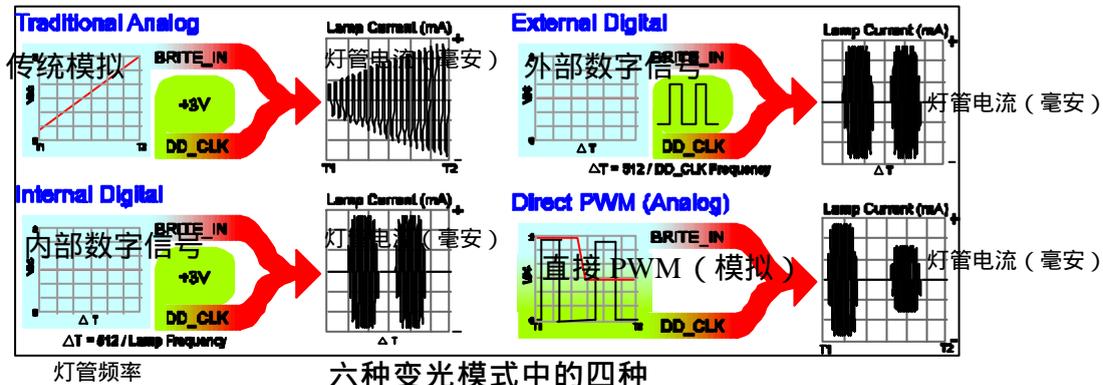
LX1691 包括 Microsemi 公司经测试并取得专利的点灯方法, 该方法不仅大大提高效率而且保证在所有工作温度下都有高的点灯功率。本公司的方法将点灯频率平稳地推到灯管和高压变压器的空载谐振频率。此方法, 在 LX1691 正向高输出电压调节的配合下, 产生恰好足够的触发电压, 无须生成不可预见的高电压尖峰信号而引起电弧和元器件故障。那些仅靠切换到更高频率来点灯的其它同类芯片不具有如此对输出电压的“实时”控制, 还需要对变压器设计格外注意。

**主要功能**

- 同步振幅与占空比调光模式
- 电阻设定最小和最大灯管电流
- 数字调光可与外部或内部时钟同步
- 100 毫秒电源接通延迟
- 灯管开路或短路保护及故障指示
- “芯片内”全波灯管电流电压整流器
- 16 引脚 TSSOP 封装
- 带有芯内定时电容器的非常稳定的振荡器
- 软启动触发
- 增强的数字调光分辨率

**优点**

- 元器件少/模块成本低/尺寸小
- “尼特/瓦”效率高
- 可用单片锂电池直接供电运行
- 工业用最安全、性能最佳的点灯电压发生器 (专利)
- 运行频率允差小, 系统水平 RFI 辐射控制方便

**产品特点**

**产品订购信息**

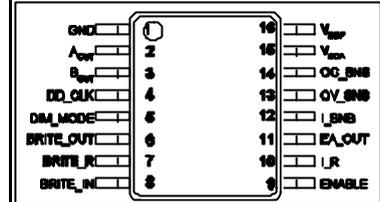
| $T_A$ (°C) | 最低 $V_{DDP}$ | 最高 $V_{DDP}$ | PW | TSSOP 塑封<br>16 引脚 |
|------------|--------------|--------------|----|-------------------|
| -40 至 +85  | 2.8V         | 5.5V         |    | LX1691PW          |

备注: 产品以带、轴方式出售。在零件编号后面加注字母“T”。(即 LX1691PWT)

**绝对最大额定值**

|  |                                     |
|--|-------------------------------------|
| 电源电压 (V <sub>DDP</sub> )   | .....6V                             |
| 数字信号输入 (ENABLE)  | .....-0.3V 至 V <sub>DDP</sub> +0.5V |
| 模拟输入 (I <sub>SNS</sub> , OC <sub>SNS</sub> , OV <sub>SNS</sub> ) | ..... 固定至 +/- 10V 最大峰值电流 +/-100mA   |
| 模拟输入 (BRITE_IN)  | .....-0.3V 至 V <sub>DDP</sub> +0.5V |
| DIM_MODE 输入  | .....-0.3V 至 V <sub>DDP</sub> +0.5V |
| DD_CLK 数字信号输入  | ..... 0.3V 至 V <sub>DDP</sub> +0.5V |
| 数字信号输出 (A <sub>OUT</sub> , B <sub>OUT</sub> )                    | .....-0.3V 至 V <sub>DDP</sub> +0.5V |
| 模拟信号输出 (BRITE_R, L <sub>R</sub> , EA_OUT, BRITE_OUT)             | .....-0.3V 至 V <sub>DDP</sub> +0.5V |
| 工作温度范围   | .....-55 至 125°C                    |
| 最高结区温度   | ..... 150°C                         |

备注：超过该额定值会导致设备的损坏。电压均为对地电压。流入指定端子的电流为正，流出的为负。

**封装输出引脚**

 PW 封装  
(俯视图)

**热数据**
**PW TSSOP 塑胶 16 引脚**

 热阻—结区至环境 (温度), q<sub>JA</sub>
**99°C/W**

 结区温度计算:  $T_J = T_A + (P_D \times \theta_{JA})$ .

 θ<sub>JA</sub> 数值用于分析设备/PC板系统热性能。上述情况都假定周围没有气流。

**引脚功能说明**

| 引脚名称             | 说明  |
|------------------|---|
| GND              | 接地  |
| V <sub>DDP</sub> | 电压输入, 输入电压范围为 3.0 至 5.5V。通过开关切换 V <sub>DDP</sub> (参见 ENABLE), 从芯片中取电。并用一个 LDO 调节器生成 V <sub>DDA</sub> (参见 V <sub>DDA</sub> )。输出激励级直接由 V <sub>DDP</sub> 输入电压供电。配电设计时, 必须注意尽可能减少在从 V <sub>DDP</sub> 耦合至 V <sub>DDA</sub> 输出的瞬变现象和噪音。   |
| V <sub>DDA</sub> | 模拟 V <sub>DDA</sub> 电源输出。该输出引脚用于连接外部电容器以稳定和过滤芯片内 LDO 调节器。LDO 的输入是开关后的 V <sub>DDP</sub> 电源。LDO 输出一般为 3.0 伏, 用于激励除 A <sub>OUT</sub> 和 B <sub>OUT</sub> 输出缓冲器以外的所有电路。在平均内部负载 5 毫安下, 压降一般为 50 毫伏 (@ 25°C)。该输出可以提供最多 5 毫安的外部负载。输出电容器建议采用 100 到 1000nF 的瓷介无极性电容器。   |
| A <sub>OUT</sub> | 缓冲存储器 N-FET 激励输出 A。10K 内部下拉电阻、当 3 伏直流电施加在 V <sub>DDP</sub> 引脚上时有 ± 100 毫安峰值电流。  |
| B <sub>OUT</sub> | 缓冲存储器 N-FET 激励输出 B。10K 内部下拉电阻、当 3 伏直流电施加在 V <sub>DDP</sub> 引脚上时有 ± 100 毫安峰值电流。  |
| DD_CLK*          | 数字调光时钟/调光极性。可以选择的输入引脚, 对“数字调光”的脉冲频率进行控制。该输入可以接到 V <sub>DDA</sub> 或 VSS 或可大到 1MHz 的任何时钟信号上。该引脚还用于在内部时钟数字调光模式下控制调光极性*。如果处于 DIM_MODE 开状态 (“模拟调光模式”), DD_CLK 输入接在 V <sub>DDA</sub> 上或开路的状态 (内部下拉), 就选择了正常调光模式。DD_CLK 输入接在地上就选择了反极性调光。正常极性指灯管亮度随着 BRITE_IN 引脚上的电压的升高而增加。反向极性指灯管亮度随着电压的降低而增加。如果 DIM_MODE 是开路的且在 DD_CLK 上施加一个低频脉冲, 灯管电流幅值与 BRITE_IN 端电压成正比, 其占空比同 DD_CLK 波形, 如当 DD_CLK 值高时有电流。在此模式下脉冲计数应比假计数大。 |

**引脚功能说明 (续)**

| 引脚名称      | 说明   |
|-----------|--|
| DIM_MODE* | 调光模式选择输入端。三种状态输入此引脚可将 IC 置于“模拟调光模式”、内部“数字调光模式”或外部“数字调光模式”。如果输入为开路或接到 $V_{DDA}/2$ 上,即选择“模拟”模式。如果接在 $V_{DDA}$ 上,就选择了由 DD_CLK 脚输入的外部时钟来控制调光脉冲频率的“数字调光”模式。脉冲频率为外部时钟频率除以 512。如果 DIM_MODE 接地,即选择由内部时钟控制的“数字调光”模式。在内部时钟模式下的脉冲频率为灯管电流频率除以 512,脉冲占空比与 BRITE_IN 端电压成正比。  |
| OC_SNS    | 过电流感测输入。输入一个以地为中点与高压变压器次级线圈电流成正比的全波交流电压。OC_SNS 输入经全波整流,然后加在以 2 伏为参考电压的数字比较器上,如果峰值电压大于 2V 将产生除 ISNS 以外的另一个调节回路。如果不正常的状况继续 (>2 伏),那么就发生过电流关闭。<br>输入信号的频率范围为 10 KHz 至 500KHz。正常工作电压小于 $\pm 2$ 伏,不正常电压可以在负载故障状况下以 $\pm 7$ 伏峰值连续运行。在故障状态瞬变值可以达到 $\pm 10$ VPK。大于 $\pm 3$ 伏峰值而小于 $\pm 10$ 伏峰值的输入电压会导致饱和但不会导致 IC 故障、反相或可靠性问题。                                  |
| OV_SNS    | 过电压感测输入。输入一个以地为中点与灯管电压成正比的全波交流电压。OV_SNS 输入经全波整流,然后加在以 2 伏参考电压的数字比较器上,以产生大于 2 伏的峰值电压,该电压根据各个脉冲信号以数字化方式复位 PWM 逻辑。<br>输入信号的频率范围为 10 KHz 至 500KHz。正常工作电压小于 $\pm 2$ 伏,不正常电压可以在负载故障状况下以 $\pm 7$ 伏峰值连续运行。在故障状态瞬变值可以达到 $\pm 10$ VPK。大于 $\pm 3$ 伏峰值而小于 $\pm 10$ 伏峰值的输入电压会导致饱和但不会导致 IC 故障、反相或可靠性问题。输入有一个 $20K \pm 12K$ (最大过热温度) 下拉电阻,对于灯管电压的分压外部电容器,它如同直流成分恢复电路。 |
| I_SNS     | 电流检测输入。输入一个以地为中点与灯管电流成正比的全波交流输入电压。I_SNS 输入经全波整流,然后施加在电流误差放大器的反向端。在点灯模式期间,禁用电流传感输入。<br>输入信号的频率范围为 10 KHz 至 500KHz。正常工作电压小于 $\pm 2$ 伏,不正常电压可以在负载故障状况下以 $\pm 7$ 伏峰值连续运行。在故障状态瞬变值可以达到 $\pm 10$ VPK。不大于 $\pm 3$ 伏峰值的输入电压经线性整流。大于 $\pm 3$ 伏峰值而小于 $\pm 10$ 伏峰值的输入电压会导致饱和但不会导致 IC 故障、反相或可靠性问题。   |
| EA_OUT    | 误差放大器输出。一外部电容器由此引脚接地,调节逆变器模块的回路响应。本电容器值在各种不同用途下可以为 10pF 至 5000pF。  |
| BRITE_IN  | 亮度控制输入。输入信号应为直流电压或滤波后的高频脉宽调制数字信号。直流正电压范围为 0 至 2.0 伏。大于 2V 的信号在芯片内被切掉。  |
| ENABLE    | 芯片启用输入。如果逻辑值高,所有功能均启用。如果逻辑值低,内部电源与 $V_{DDP}$ 引脚断开,禁用全部功能。当 $ENABLE < 0.3$ 伏、 $V_{DDP} < 5$ 伏时,进入 $V_{DDP}$ 的电流为 10 微安。如果没有使用禁用功能,ENABLE 可以直接连在 $V_{DDP}$ 上。  |
| I_R       | 设置参考电流的电阻输入端。与决定内部偏置电流的幅值的外部电阻相连。通过在 40 至 100 千欧姆范围内改变此电阻器的值,可以调节灯管工作频率。<br>$I_{I_R} = \frac{1.00V}{R_{I_R}}$  |

\*与 DD\_CLK 和 DIM\_MODE 有关的调光部分,见调光模式真值表。

**引脚功能说明 (续)**

| 引脚名称      | 说明  |
|-----------|---|
| BRITE_OUT | <p>亮度参考电流输出。</p> <p>该可变电流源是 BRITE_R 电流乘以 BRITE_IN 信号的积，在 DIM_MODE 为开路或为 <math>V_{DDA}</math> 的 1/2 时，成为误差放大器的参考电压。</p> <p>在 <math>V_{DDA}</math> 和此管脚之间再连接一个电阻决定灯管的最小电流，以防止出现故障。光传感器 (LX1970) 可以同 BRITE_OUT 一起使用，使灯管电流幅值自动感应周围光线强度的变化。</p> <p><math>V_{BRITE\_OUT} = V_{BRITE\_IN} \times BRITE\_OUT / BRITE\_R</math> (当 DD_CLK 接在 <math>V_{DDA}</math> 上时)<br/> <math>V_{BRITE\_OUT} = (2V_{BRITE\_IN}) \times BRITE\_OUT / BRITE\_R</math> (当 DD_CLK 接在 GND 上时))</p> <p>当 DIM_MODE 为 GND 或 <math>V_{DDA}</math> 时，BRITE_OUT 必须用外部电阻偏置。</p> |
| BRITE_R   | <p>当 DIM_MODE 为开或为 <math>1/2V_{DDA}</math> 时，电流源的固定偏压电阻 把另一个电阻接在 <math>V_{DDA}</math> 上，在数字调光时决定最小脉冲占空比。光传感器 (LX1970) 可以同 BRITE_R 一起使用，使灯管电流幅值自动感应周围光线强度的变化。</p>  |

**调光模式真值表**

| 说明  | DIM_MODE         | DD_CLK | 条件   |
|---|------------------|--------|--|
| 反向内部数字调光                                    | 0V               | 低电平    | BRITE_IN 的电压控制灯管电流脉冲占空比。占空比与 BRITE_IN 电压成反比。脉冲频率为 LX1691 振荡器频率除以 1024 (灯管电流频率除以 512)。接在 BRITE_OUT 的外部电压设定灯管电流幅值。                 |
| 普通内部数字调光<br>内部时钟 PWM 脉冲振荡发生器，外部输入到 BRITE_IN |                  | 高电平    | BRITE_IN 的电压控制灯管电流脉冲占空比。占空比与 BRITE_IN 电压成正比。脉冲频率为 LX1691 振荡器频率除以 1024 (灯管电流频率除以 512)。接在 BRITE_OUT 的外部电压设定灯管电流幅值。                 |
| 普通外部数字调光<br>外部时钟 PWM 脉冲振荡发生器，外部输入到 BRITE_IN | $V_{DDA}$        | 脉冲     | 在 BRITE_IN 端的电压控制灯管电流脉冲占空比。占空比与 BRITE_IN 端的电压成正比。脉冲频率为 DD_CLK 输入除以 512。接在 BRITE_OUT 引脚上的外部电压设定灯管电流幅值。                            |
| 反向模拟幅值调光                                    | $1/2 V_{DDA}$ 或开 | 低电平    | 在 BRITE_IN 端的电压控制灯管电流幅值。幅值与 BRITE_IN 端的电压成反比。  |
| 普通模拟幅值调光                                    |                  | 高电平    | 在 BRITE_IN 端的电压控制灯管电流幅值。幅值与 BRITE_IN 端的电压成正比。  |
| 用外部直接 PWM 控制的普通模拟幅值调光                       |                  | 脉冲     | 脉冲周期与占空比与 DD_CLK 输入引脚的信号成正比。如果保持为低，占空比为 0% (零占空比会引起故障停机)。防止进入故障停机的最低占空比取决于灯管和温度。用户必须描述灯管特性以决定最小占空比。}}}}}} 如果保持为高，占空比为 100% (最亮)。 |

**推荐的工作条件**

| 参数                           | LX1691 |    |     | 单位              |
|------------------------------|--------|----|-----|-----------------|
|                              | 最小     | 标准 | 最大  |                 |
| 电源电压 (V <sub>DDP</sub> )     | 2.8    |    | 5.5 | V               |
| 数字输入 (ENABLE)                | 0      |    | 5.5 | V               |
| 模拟输入 (I_SNS, OC_SNS, OV_SNS) | -2     |    | 2   | V <sub>PK</sub> |
| BRITE_IN线性直流电压范围             | 0      |    | 2   | V               |
| 数字输入 (DIM_MODE, DD_CLK)      | 0      |    | 5.5 | V               |
| 内部振荡器频率 (I_R电阻范围 42K至 175K)  | 60     |    | 250 | KHz             |
| 最大输出栅电荷                      |        | 10 | 20  | nC              |

**电气特性 (续)**

除非另有规定, 以下规格适用在 40°C ≤ T<sub>A</sub> ≤ 85°C 工作环境温度, 特别注明的除外。测试条件: V<sub>DDP</sub> = 3.3 至 5.5 V, I<sub>R</sub> = 80.6KΩ, BRITE\_R = BRITE\_OUT = 20KΩ, OVSNS = OCSNS = 0V, DD\_CLK = DIM\_MODE = 悬浮

| 参数                            | 符号                     | 测试条件  | LX1691 |      |       | 单位 |
|-------------------------------|------------------------|---|--------|------|-------|----|
|                               |                        |   | 最小     | 标准   | 最大    |    |
| <b>电源</b>                     |                        |   |        |      |       |    |
| 电源输入电压                        | V <sub>BATT</sub>      |   | 2.8    |      | 5.5   | V  |
| 调节器输出电压                       | V <sub>DDA</sub>       | V <sub>DDP</sub> = 3.3 至 5.5V, 负荷电流 = 0 mADC                              | 2.85   | 3.0  | 3.15  | V  |
| V <sub>DDA</sub> Drop Out 电压降 | V <sub>DROPOUT</sub>   | 负荷电流 = 0 mADC   |        | 50   | 150   | mV |
| V <sub>DDP</sub> 工作电流         | I <sub>BB</sub>        | C <sub>AOUT</sub> = C <sub>BOUT</sub> = 1000pF; f <sub>OSC</sub> = 130kHz |        | 10   | 15    | mA |
| 睡眠模式电流                        | I <sub>DD_SLEEP</sub>  | V <sub>ENABLE</sub> = 0.8V, V <sub>DDP</sub> = 5.5V                       |        | 10   |       | uA |
| <b>启用输入</b>                   |                        |   |        |      |       |    |
| 运行阈值                          | V <sub>TH_ENRUN</sub>  |   |        | 1.5  | 2.8   | V  |
| 停机阈值                          | V <sub>TH_ENSHDN</sub> |   | 0.8    | 1.1  |       | V  |
| 输入高电流                         | I <sub>IH_ENABLE</sub> | ENABLE = 2V   |        | 2    | 12    | uA |
| 输入高电流                         | I <sub>IH_ENABLE</sub> | ENABLE = 5V   |        | 35   | 80    | uA |
| 输入低电流                         | I <sub>IL_ENABLE</sub> | ENABLE = 0V   | -1     | 0    | 1     | uA |
| <b>低电压锁定</b>                  |                        |   |        |      |       |    |
| 启动阈值                          | V <sub>TH_UVLO</sub>   | 运行模式  |        | 2.55 | 2.8   | V  |
| UVLO 阈值                       |                        | 停机模式  | 2.1    | 2.35 |       |    |
| UVLO 滞后                       | V <sub>H_UVLO</sub>    |   |        | 200  |       | mV |
| <b>偏压 部件</b>                  |                        |   |        |      |       |    |
| I_R 引脚的电压                     | V <sub>IR</sub>        | 80.6K   | 0.975  |      | 1.025 | V  |
| I_R 引脚最大源电流                   | I <sub>MAX_IR</sub>    |   |        | 100  |       | uA |
| 电压参考电压 (内部结点)                 | V <sub>2P0</sub>       |   | 1.98   |      | 2.02  | V  |
| <b>输出缓冲器 部件</b>               |                        |   |        |      |       |    |
| 输出沉降电流                        | I <sub>SK_OUTBUF</sub> | V <sub>AOUT</sub> , V <sub>BOUT</sub> = V <sub>DDP</sub>                  |        | 100  |       | mA |
| 输出源电流                         | I <sub>S_OUTBUF</sub>  | V <sub>AOUT</sub> , V <sub>BOUT</sub> = 0V                                |        | 100  |       | mA |

**电气特性 (续)**

| 参数                    | 符号                 | 测试条件   | LX1691 |       |      | 单位   |
|-----------------------|--------------------|--|--------|-------|------|------|
|                       |                    |  | 最小     | 标准    | 最大   |      |
| <b>斜波发生器</b>          |                    |  |        |       |      |      |
| 最大点灯/工作频率比率           | $F_{RAMP\_STK}$    | 与运行频率的比值, $I_{SNS} = 0V, I_{SNS} = 0V$             |        | 3     |      |      |
| 最大灯管工作频率              | $F_{RAMP\_RUNMAX}$ | 灯点亮, $I_R = 20K$                                   | 250    | 262   |      | KHz  |
| 灯管工作频率                | $F_{LAMP\_RUN}$    | 灯点亮, $I_R = 80.6K, T_A = 25^\circ C$               | 63     | 65    | 67   | KHz  |
| 灯管工作频率                | $F_{LAMP\_RUN}$    | 灯点亮, $I_R = 80.6K$                                 | 61     | 65    | 69   | KHz  |
| 灯管工作频率对 $V_{DDP}$ 的调节 | $F_{LAMP\_REG}$    | $3.3 \leq V_{DDP} \leq 5.5V$                       |        | 0.1   |      | %    |
| 内部数字调光脉冲频率            | $F_{BURST}$        | $DIM\_MODE = 0V, F_{LAMP\_RUN} / 512, I_R = 80.6K$ |        | 127   |      | Hz   |
| <b>PWM 部件</b>         |                    |  |        |       |      |      |
| 误差放大器互导               | $G_{M\_EAMP}$      |  | 60     | 150   |      | uohm |
| 误差放大器输出源电流            | $I_{S\_EAMP}$      |  |        | 100   |      | uA   |
| 误差放大器输出沉降电流           | $I_{SK\_EAMP}$     |  |        | 100   |      | uA   |
| 误差放大器输出高电压            | $V_{H\_EAMP}$      | $BRITE\_OUT - EA\_IN = 50mV$                       | 2.5    | 2.9   |      | V    |
| 误差放大器输出低电压            | $V_{L\_EAMP}$      | $EA\_IN - BRITE\_OUT = 50mV$                       |        | 0.015 | 0.5  | V    |
| 误差放大器输入偏移电压           | $V_{OS\_EAMP}$     |  |        |       | 30   | mV   |
| 最大占空比                 | $DC_{MAX}$         |  |        | 47    |      | %    |
| 斜波谷值电压                | $R_{VV}$           |  |        | 100   |      | mV   |
| 斜波峰值电压                | $R_{PV}$           |  |        | 2.1   |      | V    |
| <b>DD_CLK 输入</b>      |                    |  |        |       |      |      |
| 下拉电阻                  |                    | To $V_{DDA}$                                       |        | 50    |      | Kohm |
| 输入高阈值                 | $V_{TH\_DD\_CLK}$  | 普通调光   |        | 1.6   | 2.0  | V    |
| 输入低阈值                 | $V_{TL\_DD\_CLK}$  | 反向调光   | 0.4    | 0.9   |      | V    |
| 输入高电流                 | $I_{IH\_DD\_CLK}$  | $DD\_CLK = 5V; V_{DDP} = 5V$                       |        | 45    | 70   | uA   |
| 输入低电流                 | $I_{IL\_DD\_CLK}$  | $DD\_CLK = 0V; V_{DDP} = 5V$                       |        | -65   | -100 | uA   |
| <b>DIM_MODE 输入</b>    |                    |  |        |       |      |      |
| 低态                    | $V_{TL\_TRI\_}$    |  | 0.4    | 0.85  |      | V    |
| 悬浮态                   | $V_{TF\_TRI\_}$    |  | 1.2    | 1.35  | 1.8  | V    |
| 高态                    | $V_{TH\_TRI\_}$    |  |        | 2.35  | 2.8  | V    |
| 输入高电流                 | $I_{IH\_TRI\_}$    | $DIM\_MODE = 5V$                                   |        | 70    | 120  | uA   |
| 输入低电流                 | $I_{IL\_TRI\_}$    | $DIM\_MODE = 0V$                                   |        | -25   | -50  | uA   |
| <b>模拟调光功能块</b>        |                    |  |        |       |      |      |
| BRITE_IN 输入电流         | $BRITE\_IN_{II}$   | $BRITE\_IN = 0$ to 5V                              | -1     |       | 1    | uA   |
| 普通调光                  |                    | $BRITE\_IN = 0V$                                   | 0      | 25    | 50   | mV   |
| BRITE_OUT             |                    | $BRITE\_IN \geq 2.05V; T_A = 25^\circ C$           | 1.95   | 2.0   | 2.05 | V    |
|                       |                    | $BRITE\_IN \geq 2.05V$                             | 1.95   | 2.0   | 2.10 | V    |
|                       |                    | $BRITE\_IN \leq 0V; T_A = 25^\circ C$              | 2.1    | 2.0   | 2.05 | V    |
| 反向调光                  |                    | $BRITE\_IN \leq 0V$                                | 1.9    | 2.0   | 2.1  | V    |
| BRITE_OUT             |                    | $BRITE\_IN \geq 2.05V$                             | 0      | 25    | 50   | mV   |

**电气特性 (续)**

| 参数                        | 符号                      | 测试条件  | LX1691 |       |     | 单位               |
|---------------------------|-------------------------|---|--------|-------|-----|------------------|
|                           |                         |   | 最小     | 标准    | Max |                  |
| <b>数字调光功能块</b>            |                         |   |        |       |     |                  |
| 普通调光<br>占空比               |                         | 最小占空比; BRITE_IN = 0.1 伏                                   | 2      | 5     | 7   | %                |
|                           |                         | 最大占空比; BRITE_IN = 1.90 伏                                  | 90     | 95    | 100 | %                |
| 反向调光<br>占空比               |                         | 最大占空比; BRITE_IN = 2.05 伏                                  | 100    |       |     | %                |
|                           |                         | 最大占空比; BRITE_IN = 0.0 伏                                   | 100    |       |     | %                |
|                           |                         | 最大占空比; BRITE_IN = 0.1 伏                                   | 90     | 95    | 100 | %                |
|                           |                         | 最小占空比; BRITE_IN = 1.95 伏                                  | 2      | 5     | 7   | %                |
| <b>定时信号振荡器功能块</b>         |                         |   |        |       |     |                  |
| 运行模式前灯管返回电流周期数            | N <sub>GNITE</sub>      | 切换到运行模式   |        | 4     |     | 周期               |
| I <sub>SNS</sub> 运行模式检查间隔 |                         | 灯管返回电流周期  |        | 2048  |     | 周期               |
| 点灯有效性阈值                   |                         | 切换到运行模式, T <sub>A</sub> = 25° C                           |        | 700   |     | mV <sub>PK</sub> |
| 故障比较器阈值运行                 |                         | I <sub>SNS</sub> 打开灯管故障检测, T <sub>A</sub> = 25° C         |        | 300   |     | mV <sub>PK</sub> |
| 在故障停机前触发扫描尝试次数            | N <sub>STRK_FAULT</sub> | FLAMP 扫描周期, I <sub>SNS</sub> = 0 伏, I <sub>SNS</sub> = 0V |        | 5     |     |                  |
| 在点灯前电源接通延迟时间              | T <sub>D_PWRON</sub>    | I <sub>R</sub> = 80.6K                                    |        | 125   |     | ms               |
| 每次尝试扫描点灯频率步数              |                         |   |        | 1024  |     | 步                |
| 每次点灯步的输出脉冲数               |                         |   |        | 16    |     | 周期               |
| <b>灯管反馈调节功能块</b>          |                         |   |        |       |     |                  |
| I <sub>SNS</sub> 输入电流     | I <sub>SNS_IIN</sub>    | I <sub>SNS</sub> = +2.5V                                  |        | 14    |     | uA               |
|                           |                         | I <sub>SNS</sub> = -2.5V                                  |        | -40   |     | uA               |
| OV <sub>SNS</sub> 输入高阈值   | V <sub>TH_OV_SNS</sub>  | 过电压积极保护   |        | ± 2.2 |     | V <sub>PK</sub>  |
| OV <sub>SNS</sub> 输入低阈值   | V <sub>TL_OV_SNS</sub>  | 过电压消极保护   |        | ± 1.8 |     | V <sub>PK</sub>  |
| OV <sub>SNS</sub> 输入电流    | OV <sub>SNS_IIN</sub>   | OV <sub>SNS</sub> = +2.5V                                 |        | 140   |     | uA               |
|                           |                         | OV <sub>SNS</sub> = -2.5V                                 |        | -170  |     | uA               |
| OC <sub>SNS</sub> 输入高阈值   | V <sub>TH_OC_SNS</sub>  | 过电流积极保护   |        | ± 2.2 |     | V <sub>PK</sub>  |
| OC <sub>SNS</sub> 输入低阈值   | V <sub>TL_OC_SNS</sub>  | 过电流消极保护   |        | ± 1.8 |     | V <sub>PK</sub>  |
| OC <sub>SNS</sub> 输入电流    | OC <sub>SNS_IIN</sub>   | OC <sub>SNS</sub> = 10V                                   |        | 14    |     | uA               |
|                           |                         | OC <sub>SNS</sub> = -2.5V                                 |        | -40   |     | uA               |
| 全波整流器 RMS 传输              | I <sub>SNS_RMS</sub>    | I <sub>SNS</sub> = 0.3VDC, T <sub>A</sub> = 25° C         |        | 0.3   |     | V                |
|                           |                         | I <sub>SNS</sub> = 2.5VDC, T <sub>A</sub> = 25° C         |        | 2.5   |     | V                |
|                           |                         | I <sub>SNS</sub> = -0.3VDC, T <sub>A</sub> = 25° C        |        | 0.3   |     | V                |
|                           |                         | I <sub>SNS</sub> = -2.5VDC, T <sub>A</sub> = 25° C        |        | 2.5   |     | V                |

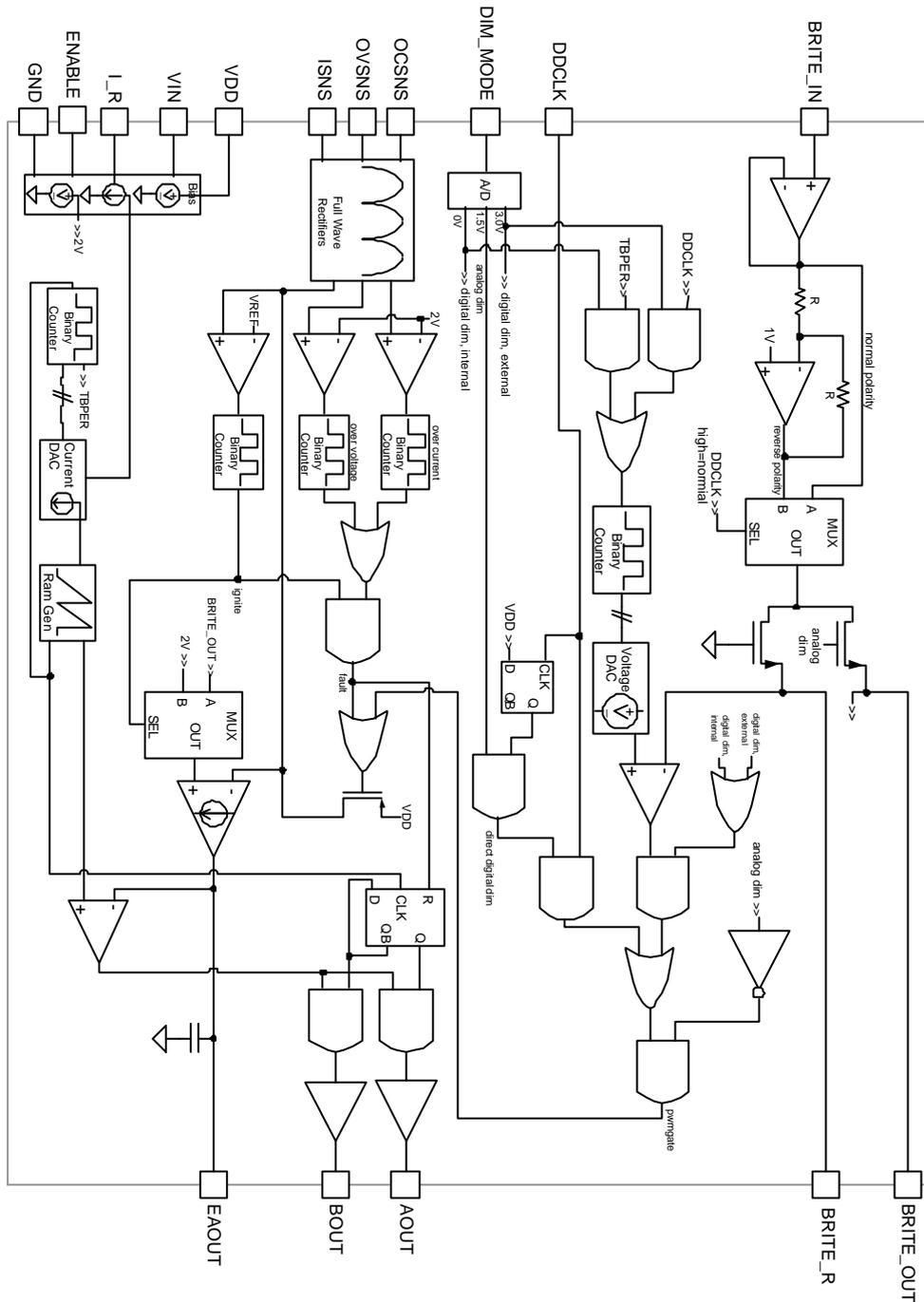
**方框图**


图 1—简化方框图

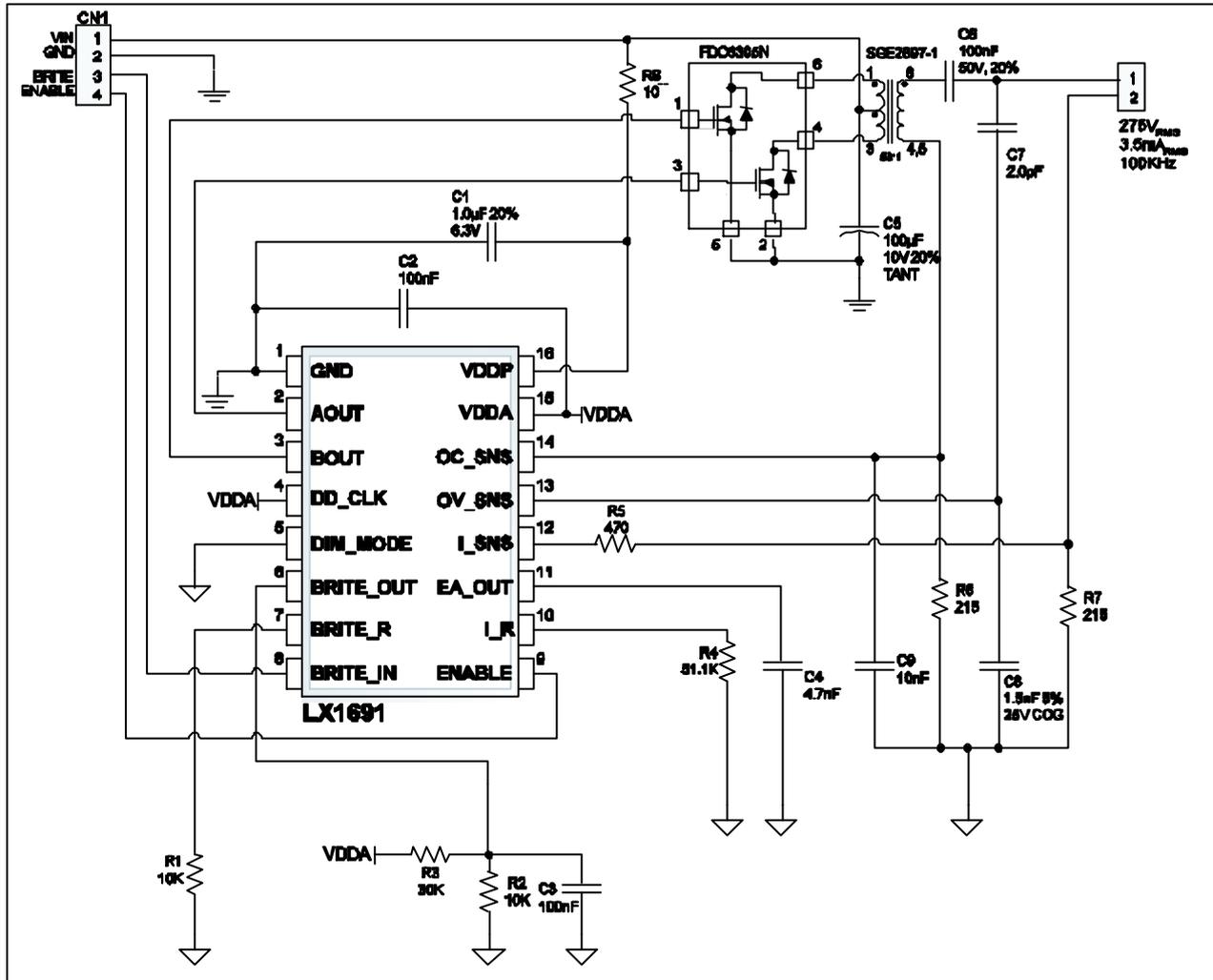
**典型应用**


图 2—应用 LX1691 为 PDA 设计的逆变器：用单节锂电池，用 PWM 输入到 BRITE\_IN 模拟调光方式，并通过 R2/R3 设定最小电流为 1.33 毫安。

Brite 输入控制范围（线性直流电压 DCV）

最小值 Brite 'Lo' = 100mV

最大值 Brite 'Hi' = 2.0V

脉冲频率=200Hz

启用输入

关闭逻辑 'Lo' <= 0.80V

接通逻辑 'Hi' >= 1.7v

| 灯管电流 mA <sub>RMS</sub> | R3    | R7  |
|------------------------|-------|-----|
| 4.0                    | 30K   | 187 |
| 3.5                    | 30K   | 215 |
| 3.0                    | 30K   | 255 |
| 2.5                    | 30K   | 301 |
| 2.0                    | 60.4K | 215 |
| 1.5                    | 60.4K | 287 |

**详细说明****特性概览****芯片内 LDO 调节器**

一个 LDO 调节器使关键模拟控制电路在整个输入电压范围内保持最佳运行状态。亮度控制电压和工作频率极其稳定。

**低电压锁定**

如果电池输入电压太低以至控制器无法正常工作，将会自动关闭，防止虚假运行。如果电池电压下降到 1 伏以下以至无法保证 UVLO， $A_{OUT}$  and  $B_{OUT}$  引脚上的 10K 下拉电阻保证外部电源 FETs 无法产生偏压。

**电源接通延迟**

在加电后延迟  $A_{OUT}$  和  $B_{OUT}$  接通时间约 100 毫秒的电源启动复位。这为 BRITE\_IN 电源电压的稳定提供额外的时间，使得灯管不在高亮度下通电再突然失电，产生不良的灯光闪烁现象。

**增强型 BRITE 调节电路**

BRITE\_IN 引脚提供线性控制复位 0 至 2.0 伏的高阻抗输入。引脚的功能取决于控制器设定的是六种调光模式中的一个。（参见第 4 页调光表）LX1691 的一种新功是用 DD\_CLK 输入控制脉冲频率和占空比而 BRITE\_IN 输入控制输出电流幅值（另请参见以下信息）。

**数字或模拟调光模式**

一个 DIM\_MODE 输入引脚来选择模拟或数字模式。在模拟模式中，BRITE\_IN 端的直流电压控制灯管电流幅值。在数字模式中，它控制数字调光占空比。在数字模式下，通过选择内部计时或外部计时，调光脉冲频率可以与灯管电流同步。在采用外部计时信号源时，脉冲频率为时钟频率除以 512。当采用内部计时信号源时，脉冲频率为内部振荡器除以 1024，等于灯管电流频率除以 512。

**亮度极性和两种模式调光控制**

在模拟调光模式中，可以设定 IC，通过连接 DD\_CLK 引脚至  $V_{DDA}$  或接地（参见调光表）来选择当增大 BRITE\_IN 引脚处的信号时是增加或减少灯管电流幅值。如果要求幅值控制调光和数字调光同时存在，那么在 DD\_CLK 上施加一 PWM 信号。灯管电流波形会与 DD\_CLK（DD\_CLK 在此模式下不被除）完全一致；如：当 DD\_CLK 高时灯管有电流而当 DD\_CLK 低时灯管没有电流。

在数字调光模式下，灯管电流占空比与 BRITE\_IN 引脚端的直流输入电压成正比或反比，这取决于 DD\_CLK 的状态。如果选择了外部时钟，占空比会与 BRITE\_IN 引脚端的直流输入电压成正比，而脉冲周期为 DD\_CLK 周期 X 512。

可以通过在 BRITE\_OUT 端引脚上另外施加直流电压而设定和改变灯管电流幅值。该电压范围可以从零至 2.0VDC。零电压产生零电流（灯管产生故障）。2.0 伏会产生最大电流，该电流由  $I_{SNS}$  至 GND 的电流感测电阻值决定。

**产生点击穿电压**

改进的击穿电压产生电路使击穿电压缓慢地滑落到设定的最大电位值并在 65 赫兹工作频率下保持约 350 毫秒。这保证最差情况下灯管仍会在任何温度下击穿。当灯管击穿或达到时限，击穿电位立即消除。

**击穿检测**

LX1691 包含了新的灯管击穿检测设计，省掉一个封装引脚和三个外部部件。内部电路监视灯管在  $I_{SNS}$  端的电流脉冲，以确定灯管是否被击穿或工作状态下是否保持点亮。

**故障超时**

如果灯管在约 350 毫秒内没有点亮，或在点亮后又熄灭，或当外部数字调光模式下在 DD\_CLK 端的引脚的时钟信号终止，输出驱动关断。

如果灯管短路或断开时间超过 350 毫秒，也会进入故障模式。

**芯片内整流器**

灯管的三个输入端中每一个都集成有全波整流器，大大减少灯管反馈元件数量。

各用一个外部定标电阻或电容器检测电流检测 ( $I_{SNS}$ )、过电流检测 ( $OC_{SNS}$ ) 和过电压检测 ( $OV_{SNS}$ ) 信号。

高性能的芯片内整流器使整流精度得到改进，提供更好的灯管电流和电压调节。

**完整的故障保护功能**

除了灯管故障超时，在各种故障状态下调节最大输出电压和电流。断路电压决不可以比预设最大击穿电位高，电路中的总电流由一个定标电阻安全地限定。现在对于任何用途都可以轻松采用 UL 安全规格。

**熟悉的磁性参数**

LX1691 可以使用与所有其他直接驱动控制器相同的磁性参数。请参考应用注释 AN13 有关变压器设计和功率 FET 选择标准的内容。

**详细说明 (续)****LX1691 工作过程**

四个运行模式：LX1691 采用电源接通延迟、点灯、运行和故障模式。接通电源或 ENABLE 为真时，电源接通延迟自动启用。接通电源延迟终止或 ENABLE 为真后，立即进入点灯模式。在点灯成功后，如灯管点亮，进入运行模式。如果没有点亮，或如果灯管在运行过程中熄灭，进入故障模式。灯管点亮与否由监视灯管电流在 I<sub>SNS</sub> 端的反馈电压决定。灯管电流周期从进入点灯模式起开始计数。如果发生 4 个以上的完整周期，灯管检测结果为点亮。如果少于 4，灯管就当没有点亮，点灯触发模式继续进行直到检测到点亮或点灯时间超时（约 350 毫秒）。

在进入运行模式后，灯管电流脉冲计数每一秒引脚抽样数次，以确定灯管还没有因疏忽而熄灭。如果灯管电流脉冲在每次抽样中都计数，保持在运行模式。否则，进入故障模式。对于 V<sub>DDP</sub> 或 ENABLE 的每个开/关周期，触发模式只进入一次。这确保即使间歇灯管故障也无法引起逆变器连续地输出最大触发电压。

在点灯触发期间，工作频率从正常运行值变化到约 3 倍运行频率。这会激励变压器和灯管负荷的空载谐振频率，生成所需的灯管触发电压。如果灯管在约 350 毫秒后还没有点亮，就说明有故障并关闭 A 和 B 输出。

并且，如果在点灯触发扫频期间，如果在 OV<sub>SNS</sub> 端检测到过电压设定或在 OV<sub>SNS</sub> 端检测到过电流设定，点灯触发频率保持在预设值上直到灯管点亮或已超时。这使得最大触发电位在整个触发期间连续地施加在灯管上。

并且，如果在点灯触发扫频期间，如果在 OC<sub>SNS</sub> 端检测到过电流设定，点灯触发频率保持在预设值上直到灯管点亮或已超时。这将确保短路调节的保持，因此使 UL 故障要求在逆变器模块水平上很容易地得到满足。

重新启动触发过程的唯一方式是轮换地开关 V<sub>DDP</sub> 或 ENABLE。

如果成功点亮，斜波频率立即返回到其设定的运行值。

**电源接通延迟模式**

除了 AOUT 和 BOUT 被禁止外所有功能都启用。延迟时间在 100 毫秒 范围内，由计数器决定。电源接通延迟在每个 V<sub>DDP</sub> 接通顺序和 ENABLE 顺序上启用。

**点灯触发模式**

由电源接通延迟模式进入或在 ENABLE 顺序时进入。斜波发生器频率的控制切换到 DAC 输出。频率由其正常运行值增加到不超过该值的三倍，扫描次数不超过 5 次。如果在点灯触发频率变化期间，检测到在 OV<sub>SNS</sub> 和/或 OC<sub>SNS</sub> 端的设定值，触发频率就会冻结在当前值，直到灯管击穿或超过时间。扫频计数达到 5 次或检测灯管点亮时即终止点灯触发模式。如果点灯成功，进入运行模式。如果不成功，进入故障模式。

**运行模式**

该模式仅在检测到成功点亮时进入。频率控制立即切换到设定运行频率的固定参考值。检测灯管电流周期计数器以保证在每个脉冲周期至少收到 4 个电流周期。如果少于 4 个，灯管看作熄灭而进入故障模式。

**故障模式**

如上所述，故障模式可以由点灯触发或运行模式进入。在故障模式，A 和 B 输出缓冲器置低。可以通过使 ENABLE 关后再开或撤消和施加 V<sub>DDP</sub> 而清除故障模式。

**计算方法****选择 1R 电阻值**

该电阻确定几个控制定时的内部参考电流的值。必须首先选择它，并且在 40 至 120K 欧姆范围内选择。在我们的示范设计中，我们采用 80.6K、1% 低 TCR 电阻，设定灯管标称电流频率为 65 千赫兹。输出频率由以下公式估算： $R_{1R} = 5.24E9 / F_{LAMPOUTHZ}$

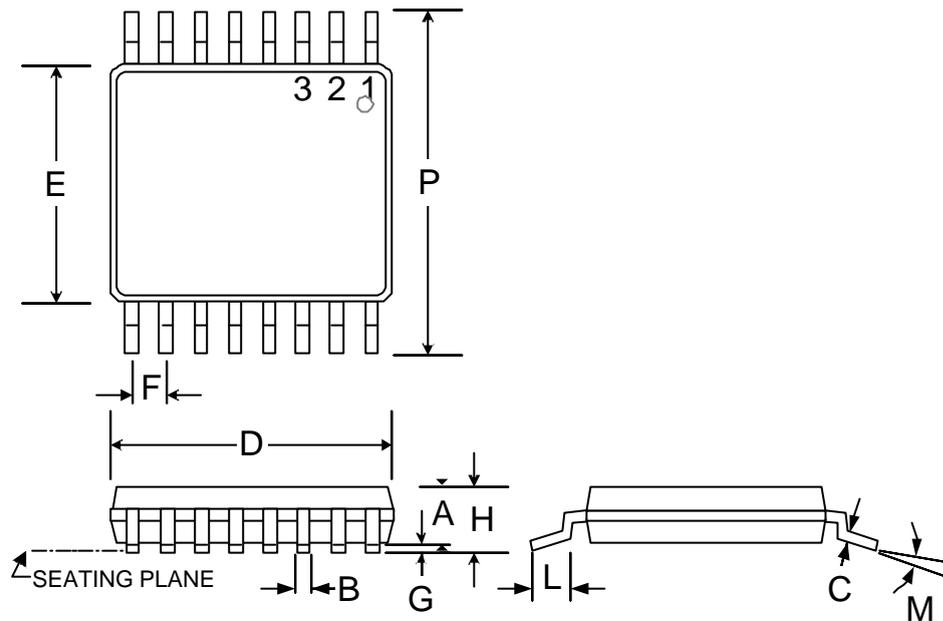
**驱动 BRITE\_IN 脚的输入**

BRITE\_IN 输入电路包括了一个将 2.0 伏以上输入电压切掉的芯片内积极电压钳位电路。输入阻抗非常高以至于它也可以由一个 100K 电位计驱动而不产生偏移误差。BRITE\_IN 可以是一直流电压，或为一高频外部过滤后的 PWM 信号。BRITE\_IN 输入有一个在 0.0 到 2.0 伏之间的线性活动范围。



#### 机械图纸

### PW 16 引脚超薄紧缩小型封装 (TSSOP)



| 尺寸  | 毫米       |      | 英寸        |       |
|-----|----------|------|-----------|-------|
|     | 最小       | 最大   | 最小        | 最大    |
| A   | 0.85     | 0.95 | 0.033     | 0.037 |
| B   | 0.19     | 0.30 | 0.007     | 0.012 |
| C   | 0.09     | 0.20 | 0.0035    | 0.008 |
| D   | 4.90     | 5.10 | 0.192     | 0.200 |
| E   | 4.30     | 4.50 | 0.169     | 0.177 |
| F   | 0.65 BSC |      | 0.025 BSC |       |
| G   | 0.05     | 0.15 | 0.002     | 0.005 |
| H   | -        | 1.10 | -         | .0433 |
| L   | 0.50     | 0.75 | 0.020     | 0.030 |
| M   | 0°       | 8°   | 0°        | 8°    |
| P   | 6.25     | 6.50 | 0.246     | 0.256 |
| *LC | -        | 0.10 | -         | 0.004 |

#### 备注：

1. 尺寸不包括溢料和隆起，这些部分在各边均不应超过 0.155 毫米 (0.06 英寸)。

引线尺寸不包括焊层。