

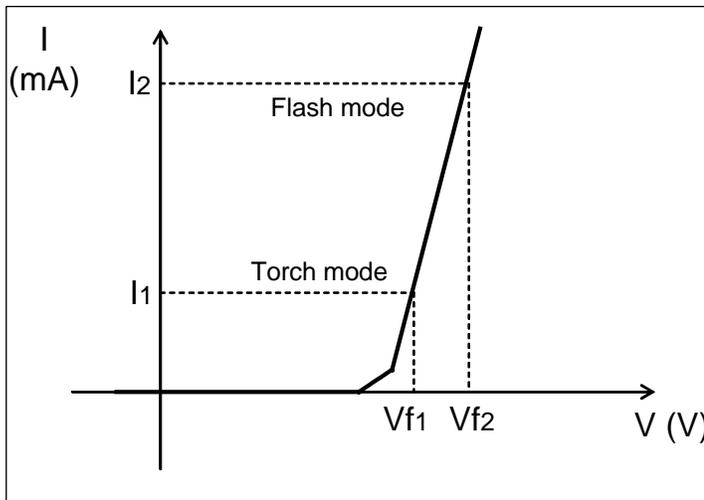
照相手机闪光 LED 驱动器的选用指南

Sipex 提供了一个完整的 LED 驱动方案用于移动电话中的数码拍摄用闪光灯。以下文章阐述了一些基本原则来帮助你如何针对你的应用选择一个合适的 Sipex 驱动器。

A. 简介

如今许多移动电话厂商采用锂或锂聚合物电池来为其有照相功能的移动电话供电。这些电池充满后的电压为 4.2V。但锂电池的输出电压会很快跌落到 3.6V 并在绝大部分使用时间内保持在这个电压上。当电压低于 3.4V 后，电话会强制关机要求使用者进行充电。

闪光 LED 的典型工作电压为 3V 到 4V。LED 是一个单 P-N 节器件。当正向电流流过节内的空穴-电子区域并使空穴-电子对重新结合时就会发光。LED 发光的颜色取决于光的波长，这直接与 LED 的制成材料有关。图示 1 给出了一个典型的 LED I-V 曲线。



图例 1. 这个图例给出了一个闪光 LED 的典型正向特性。LED 的光强取决于其正向导通电流，而加在其上的正向电压 V_f 又决定了电流的大小， V_f 越小电流也越小。因此常亮模式下的 V_f 也就小于闪光模式下的 V_f ，其电压一般低于 3V（对于白光 LED，其理论值为 2.7 V）。二极管的阻抗决定了其电流的变化速率。

为了优化 LED 闪光灯的使用条件，须做如下考虑：

- (1) 封装大小和整个电路在 PCB 上所占的面积
- (2) 如何控制在闪光模式与常亮（视频）模式下切换
- (3) 电路的纹波与噪声
- (4) 电源效率
- (5) 器件的保护和软启动
- (6) 生产成本

B. 闪光 LED 驱动器的种类

Sipex 提供三种不同的 LED 驱动器应用方案，他们是：

- (1) 电荷泵驱动器：一个电荷泵可以产生高于输入电压的输出电压，例如用电池作电源，再将两个电容用一组晶体管开关连接起来。这个简单的结构就可以产生一个两倍于输入电压的输出电压（2X 模式）。如果再添加 3 个开关就可以产生一个 1.5 倍的电压，但这会增加芯片的大小和生产成本。这种升压技术只用到了电容而没有用到任何片内和片外电感。
- (2) 升压器：一个升压器用电感来存储能量，用来产生一个大于电池电压的输出电压。升压器的效率一般很高，同步器件大于 90%，异步器件小于 85%。这种应用最大的缺点是需要一个附加电感。用 PWM 技术和芯片内部的开关电路可以调节输出电压。
- (3) 低压侧驱动器：低压侧驱动器是 **Sipex** 所提供的独特的闪光驱动器方案。这个器件被用于无须提高电池电压的方案中。例如，如果 LED 的正向导通压降 V_f 小于 3.4V，就没有必要进行升压。这是由于电池电压本身就大于 3.4V。正是由于 **Sipex** 低压侧驱动器的超低压差使这种方案成为可能。

C. 第一步 - 两个问题

你必须首先为你的方案选择一种合适的驱动器。

问题 1. 是否你的 LED 在整个应用电流范围内始终小于 3.4V？

如果这个问题得到的答案是“是”，那么你应该考虑使用像 **Sipex** SP7618 或 SP7619 这样的**低压侧驱动器**。这种器件很方便的实现 500mA 闪光电流并且效率非常高。这些器件是 2x3mm 8-pin DFN 封装而且驱动一个 LED 不需要任何外部元件。这种方案的优点是简单、小封装、电路面积小、低成本和无纹波（无开关动作）。

特点

- 非常低的输出压差 - 400mA 电流压降为 40 mV
- 无外围元件 No external components
- 内置电流 DAC (SP7618)
- 输出电流以 33mA 为步距可调
- 节电关机模式下静态电流为 12nA
- 快速导通(小于 50uS)
- 精确的电流调节 Down to Dropout Voltage
- 过热保护
- **固定输出 (SP7619)**
- 8 脚 2mm x 3mm DFN 封装节省空间
- 最大电流 1A

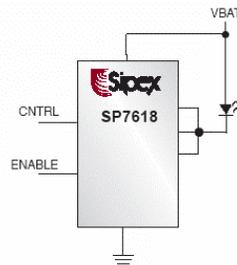


表 1. 低压侧驱动器特点

问题 2. 在你的驱动器设计中可以使用电感(4.7~10uH)吗？

如果你的成本和 PCB 面积允许使用较大的电感的话，那就可以考虑使用升压器件，例如 SP6641，6648，或 7648。这些器件的输出电流分别可以达到 500，800 和 900mA。这些升压器有极低的静态电流（12uA）和高达到 94%的高效率。

Part Number	V _{IN} Range	V _{OUT} (MAX)	I _{OUT} (MAX)	I _Q (TYP)	Efficiency (MAX)	Package
SP6641B	0.9V to 4.5V	3.3V, 5V	500mA	10μA	85%	SOT-23
SP6648	0.9V to 4.5V	Adj, 3.3V	800mA	12μA	94%	3x3mm DFN
SP7648	2.7 to 4.5V	Adj	900mA	12μA	94%	3x3mm DFN

表 2. Sipex 升压闪光 LED 驱动器

如果你对于问题 1 和 2 的答案都是“不”，那么 Sipex 还可为你提供电荷泵的方案。其优点将在如下章节描述。

D. 关于 LED 电荷泵驱动器的考虑

在如下表格 3 中 Sipex 提供了用于移动电话闪光 LED 的电荷泵驱动器。对于白光 LED 来讲，V_f 由于不同厂家和不同批次会在 3V 和 4V 之间变化。因此就使得电荷泵成为其应用最广的驱动器，除非设计者愿意使用一个电感。由于电荷泵可以产生高于电池输出的电压，其性价比也成为同类产品中最高的。

Sipex 型号	闪光电流	持续电流	封装	主要特点	状态
SP6685	最高 780 mA	最高 300mA	3x3 DFN	升压/降压, 2.4MHz 运行频率, 外围元件少, 面积小	量产
SP6686	最高 400 mA	最高 200mA	3x3 DFN	升压/降压, 2.4MHz 运行频率, 外围元件少, 面积小	准量产
SP6683	最高 280 mA	最高 200mA	3x3 DFN	升压/降压, 1.2MHz 运行频率, 外围元件少, 高效率	量产
SP6682	最高 200 mA	最高 150mA	3x3 DFN	1.5/2x 升压, 高效率	量产

表 3. Sipex 闪光 LED 电荷泵驱动器。其它参数请参阅 Sipex 数据手册

在表 3 电荷泵驱动器中，你可以根据自己的要求选择一款。

闪光模式和常亮模式(视频)要求：如果你的设计不要求常亮模式，并且最大闪光电流小于 280mA，你可以使用 SP6682 或 SP6683。对于无须常亮模式的低电流闪光 LED 驱动，以上器件可以构成性价比非常高的方案。如果附加外围电路，你仍然可以在闪光/常亮下切换。

对于其它应用可以在 SP6685 和 SP6686 之中选择。这两个器件的设计思路相同，只是其最大闪光电流不同。SP6685 为 780mA，SP6686 为 400mA。其特性会在以下章节描述。

E. SP6685/6686 系列优点

Sipex 此系列产品有着诸多的优点，这使得其成为闪光驱动器的主要供应商。

1. 高效的电流调整方案 - 由于 LED 是电流器件，因而使用电压调整无法克服其由于生产工艺原因造成的批与批之间的 Vf 差异，进而影响到发光强度的不同。
2. 业界领先的 2.4 MHz 电荷泵减小了芯片的尺寸和纹波噪声。
3. 减小了周边电容的容值和尺寸（3 个）。和其它供应商相比我们有更小的 PCB 面积。
4. 两个电阻分别控制闪光与常亮模式下的电流。
5. 内置开关选择切换闪光与常亮模式。
6. 关机控制。
7. 低的 20uA 静态电流。
8. 根据电池电压自动切换 1X 和 2X 升压比率。
9. 软启动抑制浪涌电流。
10. 过压、过流和过温保护。
11. SP6685 和 SP6686 为 pin-to-pin 替换的 3x3mm DFN 封装。你只需考虑闪光 LED 的电流。对于需要 780mA 或以下闪光电流的移动电话，可以选择 SP6685。对于需要 400mA 或以下闪光电流的移动电话，可以选择 SP6686 来降低总体成本。对于更小电流的应用只需选用小的容值。这就意味着，你可以在准备投产的最后阶段来决定在你的移动电话里使用那种芯片。

综上所述，对于不能使用低压侧驱动器和电感升压方案的应用，SP6685 和 SP6686 可满足绝大部分应用的需求。

F. SP6685/6686 系列驱动器的进一步讨论 s

电源效率

电荷泵电源效率 (PE) 是电池电压 (Vbatt)，LED 的正向压降 (Vf) 和工作模式 (1X 或 2X) 的函数。

在常亮模式下，电源效率可以近似的描述为：（忽略开关电路的损耗）

$$PE = Vf/Vbatt \quad (\text{对于 } 1X \text{ 模式, } Vbatt > Vf + Vsense + I_{LED} * Req1)$$

$$PE = Vf / (2 * Vbatt) \quad (\text{对于 } 2X \text{ 模式, } Vbatt < Vf + Vsense + I_{LED} * Req2)$$

在这里的 Vsense 是电流控制回路的反馈参考电压 (SP6685/6686 在常亮模式下为 50mV)，Req 为驱动器的输出等效电阻 (SP6685/6686 在 1X 式下 Req1 = 0.6 ohm，在 2X 模式下 Req2 = 5 ohm)。例如，当 Vf = 3.3V，Vbatt = 3.6V 时，PE 为 91%。但如果 Vf = 4V，而 Vbatt = 3.4V，PE 就会下降到 59%，这时芯片就会切换到 2X 模式。白光 LED 制造商可以提供低的 Vf。SP6685/6686 驱动器在 1X 常亮模式下有着极高的效率。由于其它供应商驱动器的反馈电压大大高于 Sipex，使得其很难像 SP6685 那样在 1X 模式下保持如此宽范围的高效率。

在闪光模式下，芯片或许必须工作在 2X 模式下，这时由于电池会下降到接近到 Vf。其效率可由如下公式描述：

$$PE = Vf/Vbatt \quad (\text{对于 } 1X \text{ 模式, } Vbatt > Vf + 50mV * I_{Flash} / I_{Torch} + I_{LED} * Req1)$$

$$PE = Vf / (2 * Vbatt) \quad (\text{对于 } 2X \text{ 模式, } Vbatt < Vf + 50mV * I_{Flash} / I_{Torch} + I_{LED} * Req2)$$

在两倍模式 (2X) 电压高于常亮模式，但是其效率计算方法是相同的。在闪光模式下，反馈电压等于 50 mV * IFlash / ITorch。

与 1.5X 模式下电荷泵的比较 - 芯片大小的考虑

一些提供可工作在 1.5X 模式下的电荷泵的效率在某些工作条件下可能会大于 2X 模式。Sipex 提供可工作在 1.5X 模式下的器件，例如 SP6682 和 SP6683，但是其最大电流为 200mA。对于象 SP6685 这样工作电流为 780mA 器件，其大小会显著大于 1.5X 的器件。典型的，1.5X 的电荷泵内部含有 7 个开关而 2X 电荷泵只含有 4 个。作为交换，我们得到的只是效率轻微的改善。

对于电荷泵器件其电流可以用与电压有关的公式表示：

$$I_{LED} = (K \cdot V_{batt} - V_f - V_{sense}) / R_{eq}$$

这里 K 是比例因子（2X 为 2，1.5X 为 1.5）， V_{sense} 是在检流电阻上的压降。为了使得电荷泵能够在 1X 和 2X 模式下实现相同的电流，1.5X 模式下就必须有更小的 R_{eq} ，这也就意味着要为那 7 个开关设计更大的晶体管。通常也就需要更大的管芯，因此导致了大电流电荷泵器件的成本增加。例如某一个厂商的封装大小为 3x4mm DFN，而 Sipex 为 3x3mm DFN。Sipex 甚至还计划减小 SP6686 的尺寸为 2x3mm。

与 1.5X 模式下电荷泵的比较 - 效率的考虑

常亮模式的效率

如上所述，SP6685 在 1X 常亮模式下有着非常低的 50mV 的 V_{sense} ，因此，SP6685 在常亮模式下的典型电源效率为 ~90%，高于任何一个竞争对手的产品。

闪光模式的效率

举一个电池在闪光模式下的应用实例。假定 V_{batt} 是 3.6V，闪光 LED 的 V_f 在 700 mA 的闪光电流条件下是 4V。SP6685 在 2X 模式下，电源效率是 $PE = V_f / (2 \cdot V_{batt}) = 55.6\%$ 。电池电流为 $I_{batt} = I_{LED} \cdot 2 = 1.4A$ 。闪光周期是典型的 200 mS，因此电池的耗电量为 $1400mA \cdot 0.2sec = 280mA \cdot sec$ 。

如果我们计算电荷泵在 1.5X 模式下的电池电流， $I_{batt} = I_{LED} \cdot 1.5 = 1.05A$ 。对于 0.2 秒的闪光周期，电池的耗电量为 210mA·sec。

其差异为 70mA·sec，或者大约为 1.1mA·minute。如果以在照相时闪光 50 次为例，电池所消耗的额外电流大约为 ~55mA·min。对于 CDMA 手机，通话时在天线端的输出功率为 10dBm，这就要求其 RF 功率放大器达到 13-14dBm。其电流大约为 100mA。这就导致了电荷泵在 2X 和 1.5X 闪光模式下产生如下差异：最多 30 秒包括电池再充电周期的通话时间。

SP6685/6686 系列产品正是基于如上考虑才设计为 1X 和 2X 模式，并提供了最优秀的移动电话闪光解决方案。

纹波抑制

Sipex 低压侧驱动器没有附加任何开关电路，因此，其具有与生俱来的优秀的低纹波与低噪声品质。

任何一个电荷泵或是 boost 升压电路 IC 都是由内部开关电路来完成升压或降压操作。业界同类产品的典型的开关频率大约为 1MHz。直流输入电压以此频率被斩波，然后再重新进行升压或降压转换。对于任何一个厂商的产品，其纹波都是由于开关产生的。

LED 是基于电子空穴对的再结合的原理。总体来说，纹波对于 LED 驱动器不是大问题。但对于整个电路来讲，将电源输入纹波最小化就显得尤为重要了。

SP6685/6686 电荷泵驱动器的开关频率为业界领先 2.4MHz，由于开关频率的提高，纹波的频率也随之提高但其幅值会减小。平滑滤波电路相对于 1MHz 的开关频率来讲，可选用更小的电容值。此特点可使得 SP6685/6686 的用户在选择电容值上有更大的余地。如下表格给出了满足低纹波的电容值的选择。

型号	LED/电流	Cin	Cf	Cout
SP6685	Lumiled PWF1/ 700mA	10uF	1uF	4.7uF
	AOT/ 250mA	10uf	0.5uF	2.2uF
SP6686	AOT/ 250mA	10uF	0.5uF	2.2uF

表 4. SP6685/6686 驱动 LED 的低纹波电容值的选择.

G. 总结

如果所驱动的 LED 的正向压降小于 3.4V ,**Sipex** 低压侧驱动器在性价比上是最好的选择。**Sipex** 的 boost 升压器的效率很高但是需要外加电感。

对于其它应用，SP6685/6686 电荷泵驱动器则是最佳的选择。SP6685/6686 系列是专为移动电话闪光灯设计的。其方案提供了 780mA 的 LED 驱动电流并具有设计简单、小封装和最佳的能效比等特点。对于日益增长的市场，其方案亦具有最好的性价比。

作者：张毅民，*Sipex* 公司深圳代表处