

Application Note

UCC25640X 在 LED 照明 PSU 中的优势

Adam Lin

摘要

在过去 15 年中，TI 开发了 LLC 控制器，还开发了专门用于 LED 照明 PSU 应用的 LLC 控制器 (TPS9202X)。TI 在 LLC 拓扑和 LED 照明 PSU 领域拥有丰富的经验。上一代器件 UCC256302 也推广给几个重要的 LED 照明 PSU 客户并收到了宝贵的反馈。本应用手册汇集了开发 UCC25640X 产品所获得的经验教训，并介绍了 UCC25640X 在 LED 照明 PSU 中的优势。

内容

1 引言.....	2
2 UCC25640X HS 引脚具有宽 dv/dt 检测范围.....	3
3 UCC256402/4 无需使用辅助电源.....	5
4 UCC25640X 具有更高的 V _{CC} 启动电压，可支持更低的 V _{CC} 电容.....	6
5 UCC25640X 具有可编程突发模式阈值.....	7
6 UCC256402A 支持输入 OVP，以便在电网电压不稳定时保护 PSU.....	8
7 UCC25640X 为每个应用提供不同版本.....	8
8 总结.....	9
9 参考资料.....	9

插图清单

图 1-1. UCC25640X 简化原理图.....	2
图 2-1. LLC 增益曲线 LN=1.....	3
图 2-2. LLC 增益曲线 LN=10.....	3
图 2-3. LED V-I 曲线.....	3
图 2-4. 调光关闭期间的开关频率.....	3
图 2-5. MOS V _{DS} 压摆率.....	4
图 3-1. UCC256402 和 UCC256404 的系统状态机时序图.....	5
图 4-1. 电容与温度间的关系.....	6
图 4-2. 电容与直流偏置间的关系.....	6
图 5-1. 流明输出与 LED 电流间的关系.....	7

表格清单

表 7-1. UCC25640X 功能比较表.....	8
表 7-2. UCC25640X 参数差异表.....	8

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

因为 LLC 是可在整个负载下获得出色效率的软开关拓扑，所以 LLC 拓扑通常用于额定功率为 100W 至约 1KW 的隔离式直流到直流级。在照明应用中，这项优势更为显著，因为照明应用要求环境温度高达 90°C，但没有气流进行散热，LLC 拓扑需要具备出色效率来避免功率级元件过热应力问题。然而，LLC 谐振回路设计并非针对宽输入或输出电压范围而设计。本应用手册介绍了用于照明应用的谐振回路设计，以及 UCC25640X 如何解决照明应用的几个局限性。

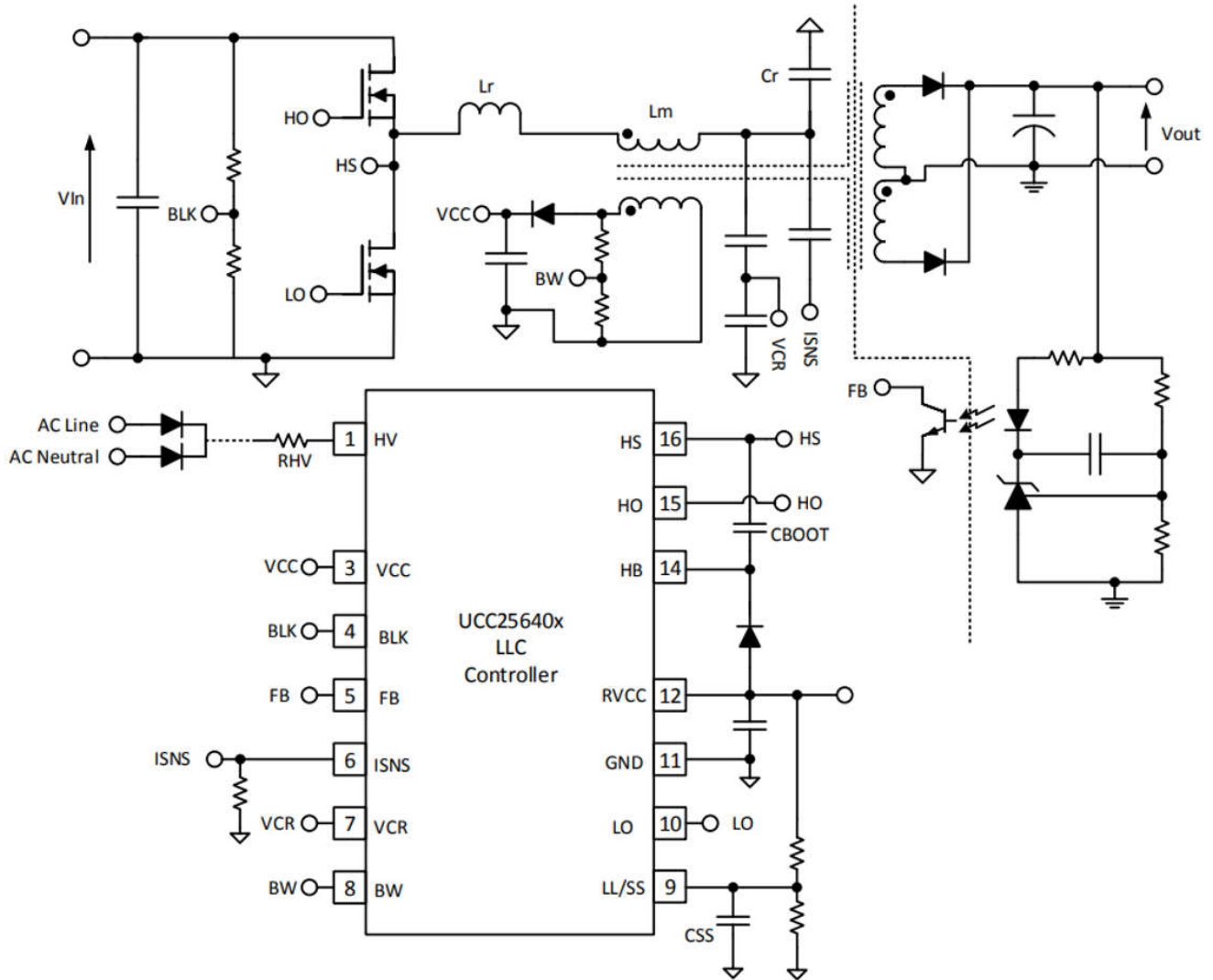


图 1-1. UCC25640X 简化原理图

2 UCC25640X HS 引脚具有宽 dv/dt 检测范围

如前所述，由于散热问题，LED 照明 PSU 需要获得高效率，并且 LED 也没有保持时间要求，因此客户会增加磁化电感来减小磁化循环电流，从而优化效率。

LED 照明 PSU 还需要支持高达两倍的输出电压范围，因此谐振回路需要设计成宽增益曲线，如图 2-1 和图 2-2 所示。客户可以选择更低的 L_n 进行设计，这样谐振回路曲线会有所差异，并且频率发生微小变化时增益会发生显著变化。

设计 LLC 谐振半桥电源转换器应用手册详细说明了如何设计谐振半桥转换器。

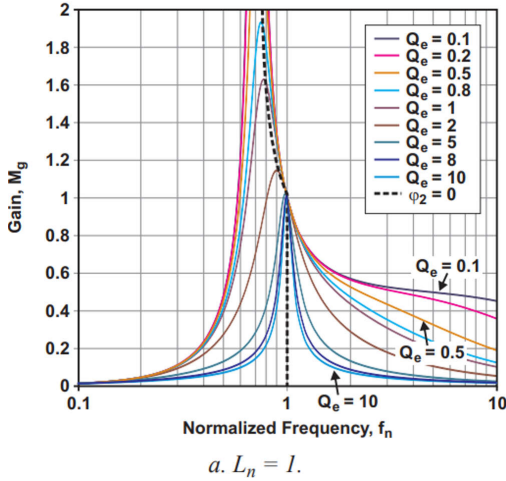


图 2-1. LLC 增益曲线 LN=1

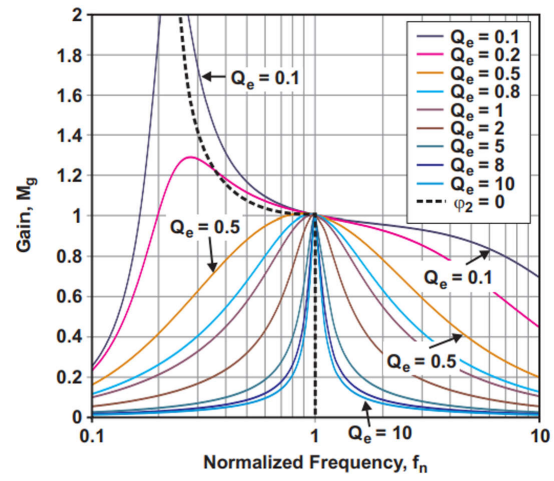


图 2-2. LLC 增益曲线 LN=10

LED 照明 PSU 还对调光关闭功能有特殊要求，该功能可通过降低输出电压来关闭 LED。

LED 与二极管类似，因为 LED 需要传导最小正向电压，如图 2-3 曲线所示，因此客户可以控制电压反馈环路，使输出电压低于最小正向电压，从而可以关闭 LED。

但在调光关闭条件下，可以大幅提高开关频率，因为 LED 照明 PSU 在空载和低增益条件下运行，因此开关频率如图 2-4 所示。

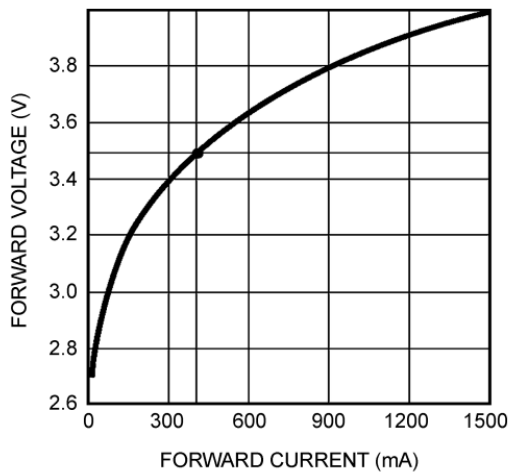


图 2-3. LED V-I 曲线

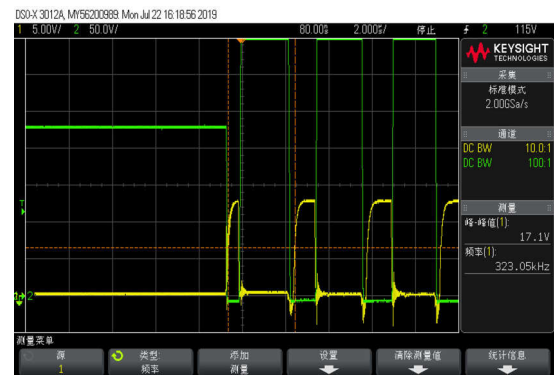


图 2-4. 调光关闭期间的开关频率

如果在照明应用中采用谐振回路设计和调光关闭功能，则在调光关闭条件下，谐振电流非常小。

1. 更高的磁化电感会减小磁化循环电流，从而优化谐振回路设计的效率。
2. 调光关闭条件下具有更高的开关频率

客户还可以添加电容器，并并联到 MOS 漏源极来提高 EMI 性能，因此 MOS VDS 压摆率会非常慢，如图 2-5 所示。TI 意识到客户电路板上的 UCC25630X 存在这个问题，因此 UCC25640X 增加了 HS 引脚 dv/dt 检测范围，并可设计用于 LED 照明 PSU 应用。

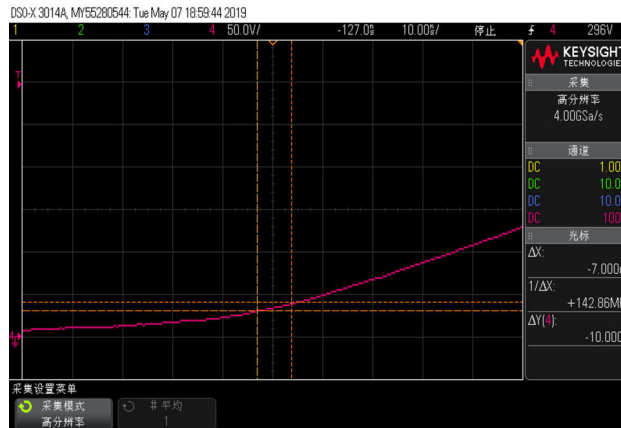


图 2-5. MOS VDS 压摆率

3 UCC256402/4 无需使用辅助电源

UCC256402/4 使用自偏置启动方案，因此无需使用单独的辅助电源。当首次插入交流电源时，PFC 和 LLC 均关闭。启用 HV 引脚上的内部 JFET，并可为 VCC 电容器充电。当 VCC 引脚电压低于 VCCShort 时，充电电流很小；然后当 VCC 引脚电压高于 VCCShort 时，充电电流会变得更大。VCC 引脚电压超过 VCCStartSelf 阈值 (26V) 后，电流源会关闭，并启用 RVCC 来打开 PFC。当 PFC 输出电压达到 BLK 开启阈值时，打开 LLC。当 LLC 正在运行且稳定在输出电压后，辅助绕组可为 PFC 和 LLC 控制器器件提供电流。

图 3-1 显示了上电序列，UCC25640x LLC 谐振控制器特性简要概述与启动指南应用手册介绍了 UCC25640X 功能。

PFC Vcc 由 LLC RVcc 引脚供电，因此 LLC 可以通过在 LLC 触发保护时禁用 RVcc 来关闭 PFC，从而更好地保护 PFC 功率级。

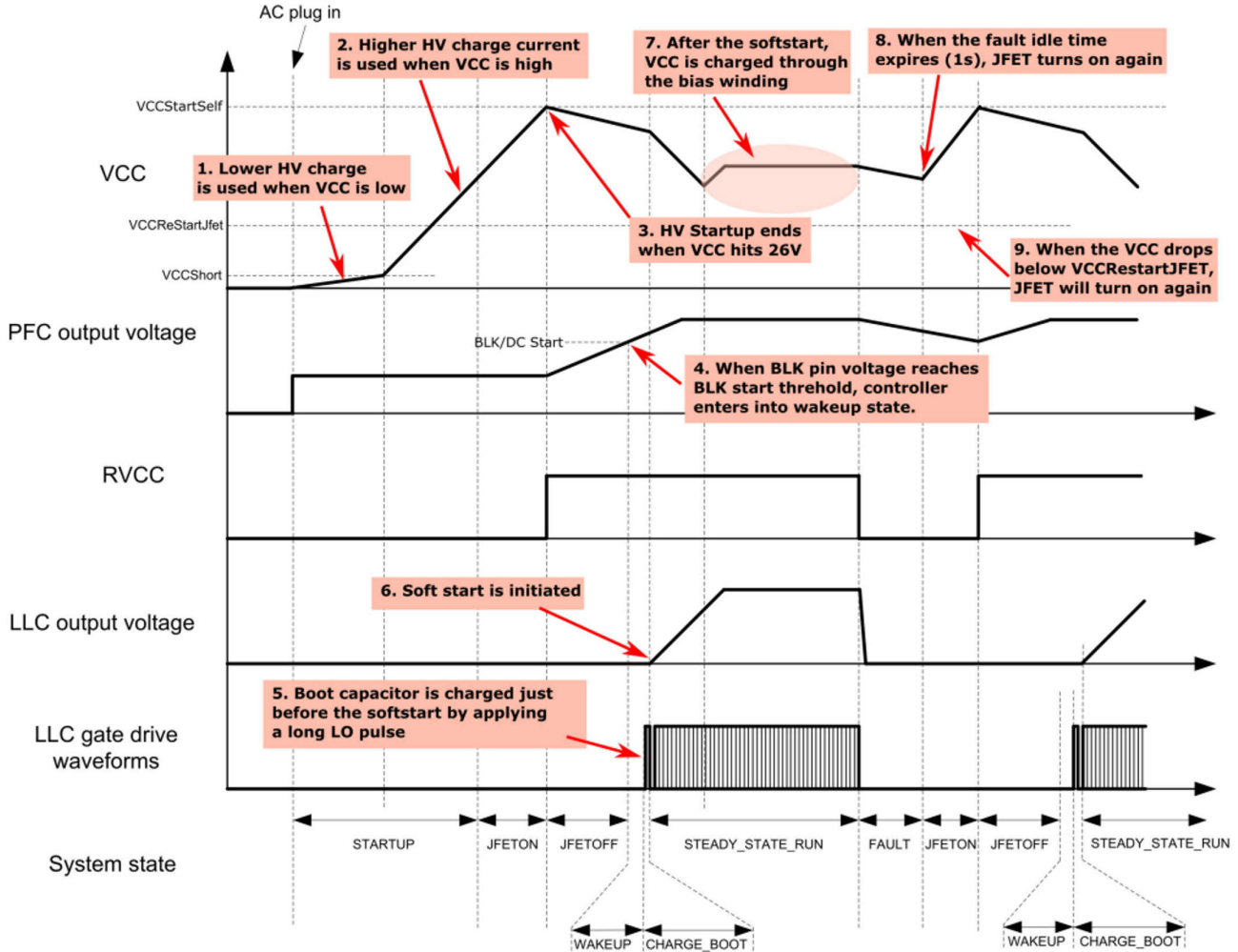


图 3-1. UCC256402 和 UCC256404 的系统状态机时序图

4 UCC25640X 具有更高的 Vcc 启动电压，可支持更低的 Vcc 电容

与前一节相同，Vcc 电压充电至高达 Vccstartself 阈值 (26V)，然后 JFET 关闭以使 Vcc 电压下降至 VCCReStartJfet (9.65V)。如果 PFC 提升 Vbus 电压以使 BLK 引脚高于 BLK 启动阈值，则 PWM 可以开始切换，然后辅助绕组电压为 Vcc 充电，因此更大的 Vcc 迟滞时段有助于降低 Vcc 电容。

在 LED 照明 PSU 应用中，这项优势更为显著，因为 LED 需要在 -40°C 至大约 +90°C 的环境温度下运行，但没有气流进行散热，因此 Vcc 等效电容会因环境温度过低和过高而下降，如图 4-1 所示。

如图 4-2 所示，电容器偏置电压也会影响电容，因为 LED 照明 PSU 还需要支持两倍的输出电压范围且 Vcc 电压也高达两倍，因此在高输出电压条件下 Vcc 等效电容会下降。

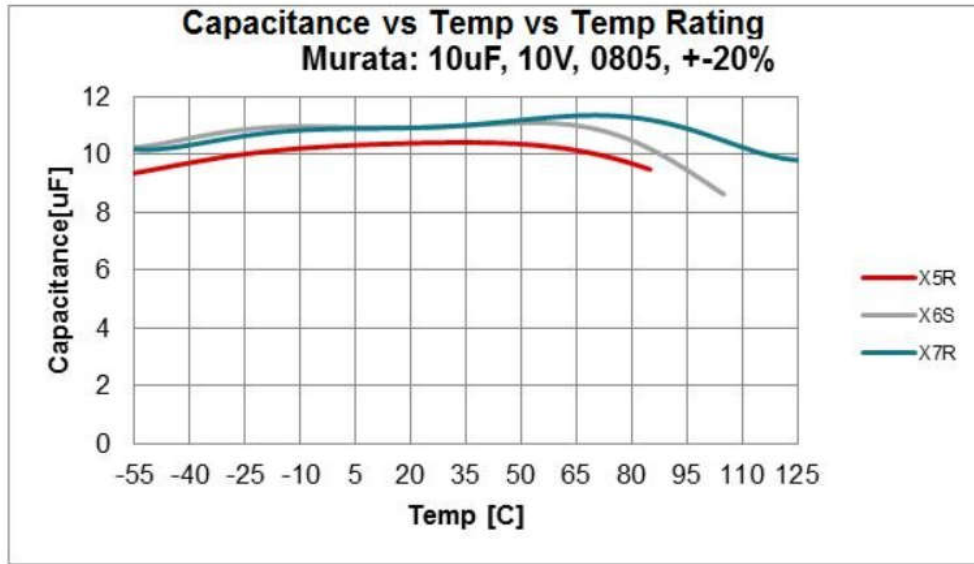


图 4-1. 电容与温度间的关系

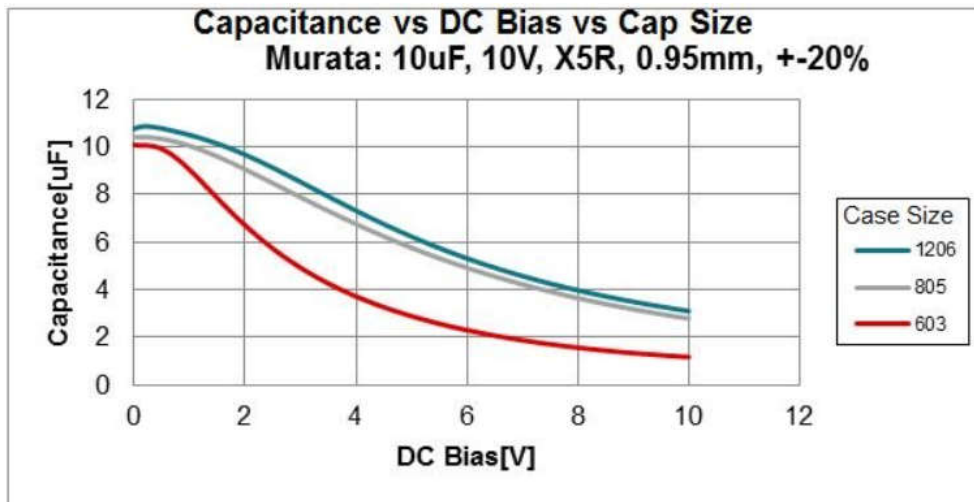


图 4-2. 电容与直流偏置间的关系

5 UCC25640X 具有可编程突发模式阈值

LED 照明 PSU 具有调光功能，可微调输出电流来控制 LED 磁通，曲线如图 5-1 所示。

如果 LLC 在突发模式下运行，则输出电流不会持续，然后 LLC 会导致 LED 闪烁，因此客户无法让 LLC 在调光范围内以突发模式运行。

UCC25640X 具有 LLSS 引脚，可通过外部电阻分压器对突发模式阈值进行编程，从而使客户能够轻松地对突发模式阈值进行微调，还可以禁用突发模式来强制 LLC 在空载条件下继续开关，这有助于防止 LED 闪烁。

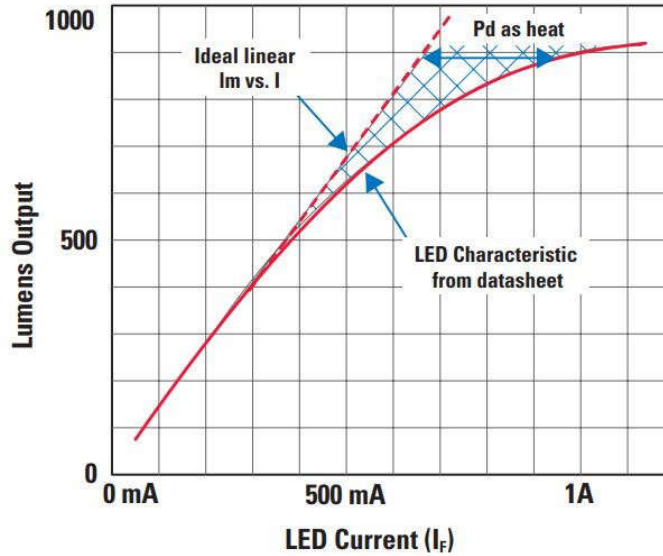


图 5-1. 流明输出与 LED 电流间的关系

但是，LED 照明 PSU 仍需要突发模式功能，以便在调光关闭时降低功耗。

如前所述，LED 照明 PSU 可以控制输出电压，以使 LED 可以在调光关闭条件下运行，从而能够关闭 LED 作为待机模式。

突发模式阈值设置对于调光关闭条件也很重要，并具有以下一些权衡。

如果突发模式阈值设置过高，则 V_{CC} 会在突发关断时间内降至低于 UVLO 阈值，还可允许控制器在调光范围内以突发模式运行。

如果突发模式阈值设置过低，开关频率会增加，开关损耗也会增加，这样就无法满足待机功耗要求。

6 UCC256402A 支持输入 OVP，以便在电网电压不稳定时保护 PSU

在某些地区，电网电压不稳定，电网电压甚至比正常运行时高两倍，并会在客户安装完系统后发现这种现象。当提供了三相电源时，客户意外地安装在 L1 和 L2 之间，而不是在 L1 和 N 之间。

导致单相电压大幅波动的另一个原因是配电变压器峰值负载过大，使得超过 300VAC 的电压是常见现象。

UCC256402A 通过 BLK 引脚来检测大容量电容器电压，以便在电网电压异常，或者甚至比正常交流输入高两倍时支持输入过压保护功能。

UCC25640X 还在 HV 引脚和 HB 引脚上支持 700V 的额定电压，以便在电网电压不稳定时可以更加稳健。

7 UCC25640X 为每个应用提供不同版本

UCC25640X 提供不同版本，可满足每个应用的不同要求。

请参阅以下各器件的详细差异。

- UCC256402：不带 X 电容器放电功能，可支持直流输入（照明和工业 PSU）
- UCC256402A：基于 UCC256402 并添加了输入 OVP 功能。
- UCC256403：不带 HV 启动功能，可通过辅助电源支持 PSU（工业 PSU 和高功率电视）
- UCC256404：正常的交流输入应用
- UCC256403/4A：基于 UCC256403/4 且输出 OVP 为锁存模式

表 7-1. UCC25640X 功能比较表

器件	集成高电压启动	集成 X 电容器放电	需要外部辅助电源	突发软开/关	BLK OVP	BW OVP 模式
UCC256402	是	否	否	否	否	重启
UCC256402A	是	否	否	否	是	重启
UCC256403	否	否	是	是	否	重启
UCC256403A	否	否	是	否	否	锁存
UCC256404	是	是	否	是	否	重启
UCC256404A	是	是	否	否	否	锁存
UCC256404B	是	是	否	是	否	重启

表 7-2. UCC25640X 参数差异表

器件	突发封装尺寸	BLK 开始	BLK 停止	BLK OVP	Vcc 启动电压	FB 引脚电流源	最高交流过零检测测试电流	HB-HS 额定电压
UCC256402	16	3V	2.2V	不适用	26V	82uA	不适用	17V
UCC256402A	16	3V	2.2V	4V	26V	82uA	不适用	17V
UCC256403	40	3V	2.2V	不适用	10.9V	164uA	不适用	17V
UCC256403A	16	3V	2.2V	不适用	10.9V	164uA	不适用	17V
UCC256404	40	1V	0.9V	不适用	26V	82uA	1.7mA	17V
UCC256404A	16	1V	0.9V	不适用	26V	82uA	1.7mA	17V
UCC256404B	40	1V	0.9V	不适用	26V	82uA	1.3mA	25V

8 总结

本应用手册介绍在 LED 照明 PSU 中使用 UCC25640X 的优势。这里重复介绍了之前介绍过的主要优势。

1. UCC25640X HS 引脚具有宽 dv/dt 检测范围，对于 LED 照明 PSU 非常有用，可优化谐振回路设计，还可以添加 CDS 来提高 EMI 性能。
2. 成本是客户的首要考虑因素，因此 UCC256402/4 还支持 HV 启动，以便自行给 Vcc 电容器充电，然后客户可以节省辅助电源的成本。
3. LED 照明 PSU 还需要支持宽环境温度，并导致 Vcc 等效电容发生漂移，因此更高的 Vcc 启动电压有助于避免在启动期间 Vcc 下降至 UVLO。
4. LED 照明 PSU 需要避免突发模式导致 LED 闪烁，但仍需要尽可能降低空载功耗，以便可编程突发模式阈值有助于权衡取舍。
5. UCC25640x 还具有不同版本，可以满足不同的要求。

9 参考资料

1. 德州仪器 (TI)，[用于开关模式 LED 驱动器的调光技术](#) 应用手册。
2. 德州仪器 (TI)，[AN-1656 开关 LED 驱动器的设计挑战](#) 应用手册。
3. 德州仪器 (TI)，[设计 LLC 谐振半桥电源转换器](#)
4. 德州仪器 (TI)，[UCC25640x LLC 谐振控制器特性简要概述与启动指南](#) 应用手册。
5. 德州仪器 (TI)，[UCC25640x 具有超低可闻噪声和待机功耗的 LLC 谐振控制器](#) 数据表。
6. 德州仪器 (TI)，[LDO 基础知识：电容器与电容](#)

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司