设计方案

电源

利用高功率Buck LED控制器实现优异的汽车外部照明

引言

得益于优异的照明特性和效率，高功率LED在汽车外部照明设计中越来越流行。支持LED的电子器件必须快速、高效、高精度，以控制照明强度、方向和聚焦。这些器件必须支持较宽的输入电压范围，且能够在汽车无线电的AM频段范围之外工作，以避免电磁干扰(EMI)。电子器件还必须支持LED矩阵中要求的复杂照明模式，以支持自适应前灯照明系统。本文回顾典型的LED电源管理方案，并介绍支持快速、高效、高精度LED照明方案的创新buck控制器IC。

LED在汽车外部照明中的应用

由于相对于传统技术具有显著优势，LED正在汽车行业掀起一场风暴。LED前灯中的白光具有优异的清晰度，从而减少驾驶员反应时间。自适应前灯照明系统(AFS)由LED矩阵支持，能够产生快速、复杂的照明模式变化，提高驾驶员在不良照明条件下的能见度。夜间，AFS能够根据对向车辆的射束，自动调节照明模式，防止本方驶员被强光致盲。LED照明开启的上升时间比白炽灯光源快2倍，所以基于LED的制动灯点亮更快，提前警示驾驶员，提高道路安全。最后，与相当的白炽灯相比，LED功耗更低，所以在耗能方面拥有明显优势。LED控制器是负责操作LED的电子器件，在保持和增强LED固有的清晰度、速度和效率方面具有重要作用。

LED供电

LED在汽车领域应用广泛，被广泛用于从单颗LED到LED灯串和矩阵的各种配置之中。为了实现最优性能，高亮度(HB)LED要求恒流。电流与结温及颜色有关。所以HB LED必须由电流而非电压驱动。支持长灯串的电源可以是从12V汽车电池到高达60V升压转换器的任何电源。采用启/停技术的汽车在引擎启动时，电池压降比较大，造成电池电压下降到典型12V以下，甚至6V或更低。

调光

调光是许多汽车应用中普遍采用的功能，也是LED前灯的重要安全特性。照明灯从100%调暗至50%时，人眼几乎觉察不到。为保证清晰辨别，必须调暗至1%或更低。明白了这一点，就不会奇怪调光比为什么高达1000:1或更高。由于人眼在适当条件下能够感知到单个光子，所以实际上该功能没有限制。

为保证颜色，电流必须保持恒定，最佳的LED调光策略是



图1. LED汽车前灯

PWM (脉宽调制)，通过对电流进行时间上的分段式开关来调制光强，而不是更改幅值。为防止LED闪烁，PWM频率必须保持高于200Hz。

采用PWM调光时，限制LED最小“开/关”时间的因素是开关稳压器电感中电流上升/下降的时间。这可能造成数十微妙的响应时间，对于依赖于快速、复杂调光方法的LED前灯组来说，这一时间太慢了。

此时实现调光的唯一方法是采用专用的MOSFET开关(图2)中的S_{W1-K}对灯串中的每一颗LED进行独立开/关。对电流控制环路的挑战是能够足够快的从输出电压瞬态变化中恢复，这一瞬态变化由二极管投切引起。

LED控制器特性

为达到最优效果，LED控制器必须支持较宽的输入电压范围，且具有如上文所述的快速瞬态响应。为降低射频干扰以及满足EMI标准，要求较高、受控良好的开关频率，且位于AM频带范围之外。最后，高效率能够减少发热，提高LED照明系统的可靠性。

前灯系统

精良的前灯系统采用升压转换器作为前端，管理输入电压(抛负载或冷启动)和EMI辐射的变化。升压转换器提供稳定、足够高的输出电压(图2)。专用的降压转换器使用该稳定电压作为输入，允许每个降压转换器控制单一功能，例如远光、近光、雾灯、日间行车灯(DRL)、方向等，从而克服控制照明亮度和方向的复杂性。

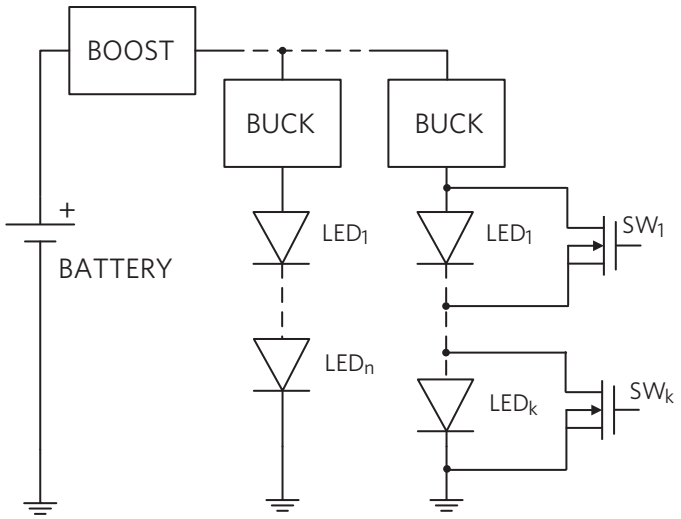


图2. 高级LED照明系统

该应用中，每个buck转换器的主控制环路设置其LED灯串中的电流，两个辅助环路实施过压和过流保护。

典型高功率Buck LED驱动器方案

典型的buck LED驱动器方案如(图3)所示。该方案使用p沟道、高边MOSFET，其R_{DSON}比n沟道晶体管高；并采用非同步结构，肖特基二极管D用于电流回流。这两者都是效率不高的因素。

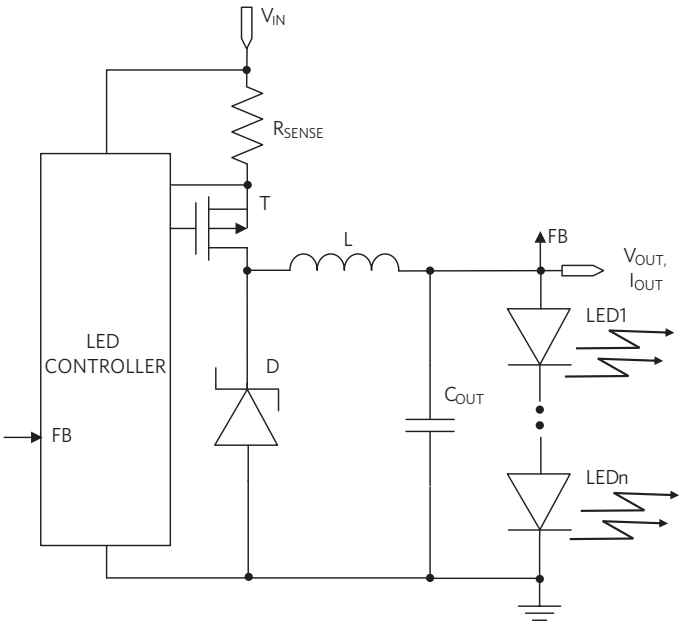


图3. 典型非同步Buck LED驱动器

典型瞬态响应

(图4)所示为典型方案在瞬态响应方面的另一个缺点。本项测试的12颗LED组成的灯串中，上电二极管的数量从8个激增至12个。致使输出电压阶跃产生电流和电压波动，需要数十微妙的时间才能熄灭。高调光比PWM调光电路只在初始几微妙内将对该电流进行采样，此时幅值正在下降，造成调光亮度和颜色不正确。

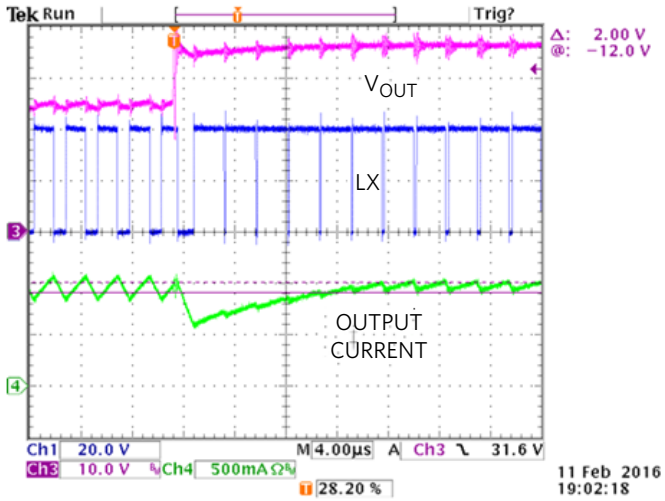


图4. 带有滞回Buck的典型瞬态响应

同步高功率Buck LED驱动器方案

理想的方案应满足宽输入电压范围、快速瞬态响应、高且控制良好的开关频率等要求，同时通过同步整流支持高效率。MAX20078 LED控制器支持这样的方案(图5)。

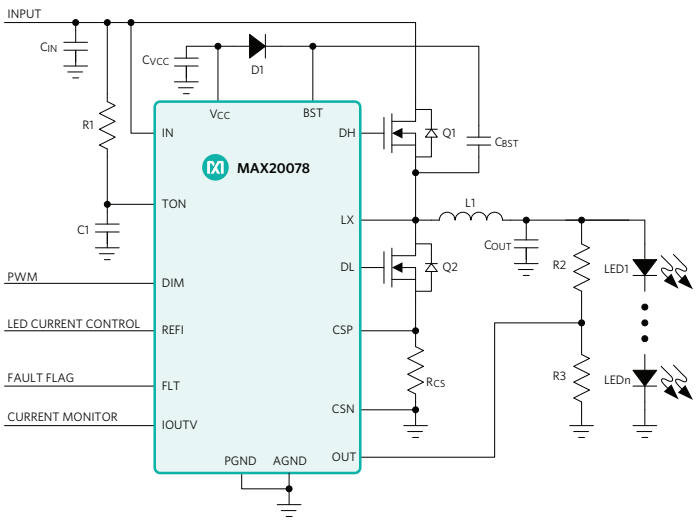


图5. 同步高功率Buck LED驱动器

MAX20078 LED控制器采用专有的平均电流模式控制方法，在调节电感电流的同时保持开关频率接近恒定。器件工作在4.5V至65V宽输入电压范围，开关频率高达1MHz，同时支持模拟和PWM调光功能。器件采用节省空间(3mm x 3mm)的16引脚TQFN封装(普通或SW)或16引脚TSSOP封装。

高效

(图6)所示为基于MAX20078的LED驱动器的效率与电源电压的关系。两个107mΩ同步整流MOSFET晶体管保证了整个宽输入电压范围内都具有高效率。

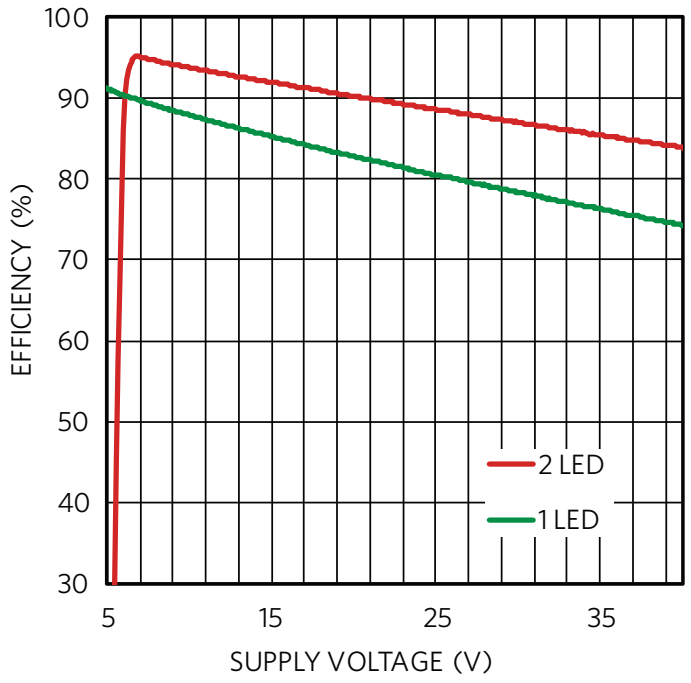


图6. MAX20078方案效率与电源电压的关系

高精度光强控制

与(图4)所示的例子相比，MAX20078的专有架构提供几乎无误差的瞬态响应(图7)中，二极管的数量从8个增加到12个，输出电压或电流未发生任何明显波动。

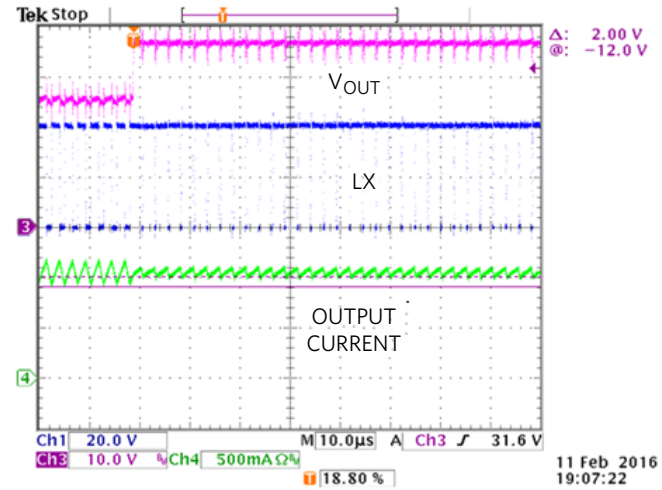


图7. MAX20078瞬态响应

高工作频率

MAX20078的导通时间可编程，开关频率范围为100kHz至高达1MHz。器件的导通时间与输入电压和输出电压成比例，这意味着开关频率几乎是恒定的。MAX20078具有较高且控制良好的开关频率，且在AM频带范围之外，很容易设置。在降低射频干扰的同时，扩频特性满足EMI标准。

总结

我们回顾了复杂LED照明系统供电中存在的诸多挑战，以及最优化LED系统性能的要求。我们介绍了MAX20078如何通过创新的LED控制器架构来克服这些挑战，提供高精度平均电流控制、AM频带范围之外的高工作频率、支持高调光精度的良好瞬态响应，以及高效率，最大程度降低功耗。这些特性支持优异的汽车外部照明，且效率更高，支持复杂的照明模式和更高精度的照明亮度、方向和聚焦控制。

AFS：自适应前灯照明系统
LED：发光二极管
SW：侧面防潮

更多信息

MAX20078同步、Buck、高亮度LED控制器

作者简介：

Nazzareno (Reno) Rossetti，电气工程博士，任职于Maxim Integrated。是经验丰富的模拟和电源管理专家，著名作者并持有该领域多项专利。拥有意大利都灵理工大学(Politecnico di Torino)电气工程博士学位。

Yin Wu，MBA，电子工程硕士，半导体业务专家，任职于Maxim Integrated。拥有圣克拉拉大学(Santa Clara University)工商管理硕士和圣何塞州立大学(San Jose State University)电气工程硕士学位。

设计方案52

需要设计支持?
请拨打800 MAXIM-IC (888 629-4642)

更多设计方案

Maxim Integrated
160 Rio Robles
San Jose, CA 95134 USA
408–601–1000
maximintegrated.com/design-solutions

Maxim Integrated和Maxim徽标是Maxim Integrated Corporation的注册商标。所有商标均为其相应所有人的知识产权。