

基于新型LED驱动器在汽车尾灯创新中的应用

Application of New LED Driver in Automotive Taillight Innovation

吴康

摘要: 本文从智能化的汽车驱动的需求出发,以汽车尾灯创新与应用为例对基于新型LED驱动器在汽车尾灯创新中的应用作剖析。

关键词: 汽车尾灯, LED驱动器, 信号线传输, 车身控制模块

Abstract: Based on the demand of intelligent car driver, this paper analyzes the application of the new LED driver in the innovation of car taillight by taking the innovation and application of car taillight as an example.

Keywords: automobile tail light, LED driver signal line transmission, body control module

前言

LED虽然小,但无疑是汽车系统中不可或缺的部分,其主要功能是以清晰明确的方式,与其他道路使用者进行有效沟通和交互,以减少交通事故。不仅如此,车灯系统从纯粹的“功能性通信和照明系统”变身为汽车制造商设计语言的重要要素。因此,相对于其他的模块来说,LED具有更快的迭代速度,帮助车厂抓住消费者的眼球。加之汽车LED是个相对独立系统,因此对设计有着自己独有的要求。值此以汽车尾灯创新与应用为例对基于新型LED驱动器在汽车尾灯创新中的应用作剖析,以帮助厂商与设计工程师缩短LED设计周期,降低系统成本、提高系统性能,以满足未来汽车高颜值、智能化的汽车驱动的需求。

1 汽车尾灯创新的由来

现今,绝大多数LED尾灯设计仍采用分立式电阻器控制LED照明。除系统成本较高之外,这还增加了系统复杂性,此外,由于分立元件数量多而降低了LED尾灯的可靠性,汽车零件制造商偶尔不得不处理焊接不合格问题。采用新型LED驱动(以LITIX Basic系列器件为例),PCB组件数量可以减少40%左右,这相应能够降低故障风险,并在设计和组装阶段节约成本。由此降低系统复杂性成为一种挑战。如何应对?这是设计工程师必须解决的课题。

从可有可无的照明系统到汽车设计中不可或缺的组成部分,从灯泡到LED:多年以来,汽车尾灯系统取得了长

足的发展,进入自动驾驶时代,它们将发挥更大作用。相当初,尤其在汽车时代初期,汽车数量很少,行驶速度也很慢:汽车仅配备前照灯,就像标准马车那样。尾灯系统并非强制性要求,后雾灯和刹车灯则根本不存在,驾驶员通过打手势来指示转弯。随着汽车行驶速度加快和夜间行驶增多,需要有更可靠的方式来传达驾驶员的意图。从蜡烛改为煤油灯和在汽车尾部提供照明,已迫在眉睫。20世纪50年代,随着线束架构问世,电灯和适当的尾灯系统成为汽车标配设备的组成部分。与此同时,指示停车、转弯、减速和倒车等的信号灯开始出现。20世纪80年代兴起的CHMSL(中央高位刹车灯)是最新的尾灯系统主要新功能。尾灯系统是最早的人车交互系统之一:其主要功能不是直接改善驾驶员体验,而是以清晰明确的方式,与其他道路使用者进行有效沟通和交互,以减少交通事故。

2 汽车尾灯创新基本设计方案

汽车尾灯创新基本设计方案它最少的是应由一个LED灯含有电源转换器件(直流/交流)、LED的驱动芯片或模板、用于热控的散热器和优化灯光质量的光学器件及电缆线等构成。

从灯泡到LED。在任何照明应用中,LED都可以被视为重大技术变革。LED提高了系统能效和可靠性。汽车照明系统发生了翻天覆地的转变:从每个功能使用一个或两个灯泡变为多个LED,从标准圆形外壳到任何线条形状。此外,现在还可以提供具备动画效果的动态照明功能。

不仅如此,尾灯系统从纯粹的功能性通信系统变身为汽车制造商设计语言的重要要素。得益于更小巧的LED尺寸,新的照明效果和视觉效果现已投入使用。具备动画效果的动态转向灯就是一个很好的例子。这个特性对沟通效率的提升不大,也不会直接改善驾驶员体验。然而,它能非常有效地表现出独特风格,给其他道路使用者留下深刻印象。诸如问候或徽标动画等新的动态和装饰照明功能也已问世。尾灯系统中的LED矩阵能够显示附加信息,如在制动时或在滑行模式下显示“停车”或“慢行”字样。然而,这种情况下,仍有必要确保汽车制造商遵守国家法规,因为这一特性与世界标准公约恰恰相反,可能造成混淆或导致其他驾驶员需要花时间来读取和解读讯息从而减慢响应速度。

3 信号线传输架构特征与散热管理挑战

首个标准尾灯架构基于来自车身控制模块(BCM)的信号线传输,后者充当了主用智能主控器。在这种设置中,单片机(MCU)部署在车身控制模块中,电源管理集成电路(PMIC)和收发器(TRX)则分别向MCU供电和与其他模块通信。在这种架构中,一条信号线对应于一个照明功能。有时候,电源线和信号线合二为一。可利用智能高边开关(例如英飞凌 PROFET™ +2 器件等)(参见图1)提供电气保护。唯一可用的功能是开关车灯以及使用数字调光来切换尾灯和刹车灯功能。自采用灯泡以来,这种架构一直变化不大,至今仍然十分普遍,因为它实现了尾灯系统的所有基本功能:以非常简单有效的方式传达驾驶员的意图,以及即使隔着很远的距离,也能指示车辆的存在。

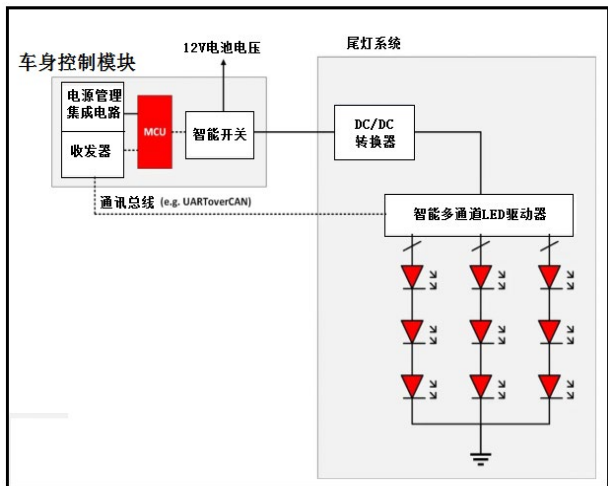


图1 信号线传输架构

诸如LITIX™ Basic+ 器件等LED驱动器,驱动着每个LED灯串,以对负载电流进行高精度控制,以及实现模拟/数字调光和诊断/保护功能。如果需要一些基本动画效果,则必须为每个LED灯串再加一条从BCM到尾灯模块的控制线。(图1)

3.1 那么LITIX Basic+ 器件等LED驱动器的应用特征是什么呐?

* 而LITIX™ Basic+ 器件等LED驱动器的应用特征是,中低功率汽车外部照明应用的LITIX™ Basic系列LED驱动器。这一高度集成的LED驱动器系列可降低系统复杂性,提高转向、尾灯、停车和倒车LED灯的可靠性。由于减少了零件数量并且具备比分立式设计更多的功能,LITIX Basic系列使汽车制造商能够扩展使用强化安全功能的品牌专用LED灯系统。

* 另一个优势特征是 具有引脚兼容和可扩展功能

通过推出符合汽车行业认证的LITIX Basic系列成为提供包括15款采用相同封装的可扩展LED驱动器产品组合的首家半导体供应商(如英飞凌等公司)。这使该系列产品在需求变更时,比如输出电流或故障检测需求变更时,能够轻松改动设计以适用于新LED配置。另外,通过并联多个LITIX Basic LED驱动器,可以轻松实现单个器件负载电流高达180mA。LITIX Basic系列所有器件均具有过载和超温保护功能,以及5.5V至40V的广泛电源电压。

对于具有集成诊断功能的器件而言,可以选择SC(短路)、OL(开路负载)或N-1(器件间诊断总线)功能用于LED故障检测。LITIX Basic驱动器适合集中式诊断和分散式诊断。集中式诊断意味着故障诊断由集中式车身控制模块进行控制,而分散式诊断能够实现实时故障检测。在分散式架构中,LITIX Basic LED驱动器与微控制器通信,而微控制器可以安装在尾灯内或其附近的额外模块内。不论是集中式还是分散式架构,LITIX Basic LED驱动器的功能能够确保快速识别故障灯,以便快速检修。这不仅可满足安全功能和法律要求,而且能够帮助维持汽车制造商所设计的汽车外观,从而呈现汽车品牌的优质形象。LITIX Basic LED驱动器的还具备PWM(脉宽调制)功能,能够帮助轻松实现一灯两用,比如停车灯和尾灯功能合二为一。

其LITIX Basic LED驱动器系列对我们把握汽车

LED 市场机遇而言是一个重要里程碑。这一前景光明的市场未来几年有望实现两位数增长。LITIX 系统的优势已得到全球各地众多汽车制造商的认可。

LITIX Basic 系列能够在较宽的电压范围内提供精准电流控制。该系列产品包括 15 个引脚兼容的 1-3 输出通道线性电流源, 额定电流为 60 至 180mA。除了稳定可靠的 LED 亮度, LITIX Basic 系列包括支持直接在 LED 负载点提供高级诊断功能的版本。这使汽车制造商能够实现最高照明质量。

3.2 散热管理挑战

散热管理是初代架构面临的巨大挑战之一: 温度对 LED 使用寿命和性能有严重影响。此外, LITIX™ Basic+ 等 LED 驱动器是线性电路, 其功率耗散 $P_{DR(max)}$ 与电池电压呈线性关系。

LED 能效通常随结温升高而降低, 因此, 可能有必要增大电流以确保同样的灯光亮度。这可能导致电流与温度之间的正反馈循环, 而这是必须避免的。

如下面等式 1 和 2 有助于更好地理解驱动器结温 T_{JDR} 、LED 电流 $I_{LED(max)}$ 和 LED 驱动器环境温度 $T_{AMB(max)}$ 之间的关系: 设计人员应当确保实际热阻值 $R_{th(JA)}$ 低于最大允许 $R_{th(JA)(max)}$ 。

等式 1: $P_{DR(max)} = \Delta V_{DR} \times I_{LED(max)}$, 其中 $\Delta V_{DR} = V_{BATT(max)} - V_{LED}$

等式 2: $T_{JDR} = T_{AMB(max)} + (P_{DR(max)} \times R_{th(JA)}) \Rightarrow R_{th(JA)(max)} = (T_{JDR} - T_{AMB(max)}) / P_{DR(max)}$

极端情况示例: $V_{BATT(max)} = 16V$, $I_{LED(max)} = 60mA$ / 通道, $V_{LED} = 2V/LED$, 3 个 LED / 灯串, $T_{AMB(max)} = 75^\circ C$, $T_{JDR} = 150^\circ C$ 。

计算得出以下数据: $P_{DR(max)} = (16V - 6V) \times 180mA = 1.8W$; $R_{th(JA)(max)} = (150^\circ C - 75^\circ C) / 1.8W \approx 42K/W$ 。

新的动画趋势要求汽车尾灯呈现的效果是完全的面而不是点, 为此, 可以采用光学解决方案来实现灯光漫射: 其主要缺点是降低 LED 亮度效率, 所以, 现在需要增大电流或使用更多 LED。如果施加更大 LED 电流, 那么, 对于同一个驱动器则必须进一步降低最大热阻值, 这导致散热系统设计工作量增加。常见的解决方案是使用更大面积 PCB 或更厚铜层。但是, 若需要许多 LED 驱动器, 这会对系统成本产生负面影响, 或者受空间限制而无法采用

这种解决方案。一种可能的架构改良方法是在电池与 LED 驱动器之间插入集成式 DC-DC 转换器 (如 OPTIREG™ Switcher TLS4120 或 TLS4125): 现在, DC-DC 转换器输出电压将固定为 $V_{LED} + 1V$, 并且仅需增加一点空间即可将 LED 驱动器的耗散功率降至最低。这样一来, 就可以在与标准架构相同的结温下实现更大电流, 同时削减散热设计工作量, 实现富有竞争力的系统成本。如果单个 LED 驱动器超出电流限值, 则可以并联额外的功率分担器件 (如 TLD1114-1EP), 以解决这个设计任务。

4 单个 LED 短路检测功能与智能 LED 驱动器架构

4.1 由于多灯串中的 LED 数量越来越多, 检测 LED 故障的重要性越来越突出

如果任何 LED 发生断路故障, 这种故障很容易检测出, 因为没有电流流动, 整个灯串熄灭。然而, 如果是单个 LED 发生短路故障, 则电流仍在流动, 只是可能未达到最低亮度要求。

LITIX™ Basic+ 器件的单个 LED 短路 (SLS) 检测功能, 可用于确保恰当地检测并管理这种故障, 通常是关断整个灯串或灯, 并向 BCM 发送错误反馈信号。

4.2 智能 LED 驱动器架构: 从信号到数据传输

改变标准信号线架构的主要原因在于, 需要实现更多功能与降低系统成本之间的矛盾: 驱动许多 LED 灯串来提供动画效果灯光, 将会增加线束长度、重量和成本。为了攻克这个挑战, LED 驱动器必须变得更加智能, 能够通过通信总线 (通常是通过 CAN 收发器) 接收和应答 BCM 消息。在这种架构中, 单个电源和单个通信总线就能实现尾灯系统中的任何照明功能。智能多通道驱动器将能通过总线消息驱动多个 LED 灯串, 并提供集成式诊断和保护功能。LED 驱动器和接线数量大大减少, 有助于仅通过少量软件开发工作来解决这个设计挑战。尾灯系统也有功能安全等级, 最高可达 ASIL B。必须满足多个系统安全目标, 并且必须达到特定 FIT 值。开发面向高端尾灯系统的 LED 驱动器必须符合 ISO26262 标准的规定, 并且必须实现高级诊断功能 (如, 通信总线看门狗, 或 MCU 故障时的可编程安全状态, 见图 1 所示, 因图 1 也是智能 LED 驱动器架构)。

5 自动驾驶照明控制装置

L3 或更高级别的自动驾驶需要在尾灯模块中加装其他传感器,如摄像头。由于需要进行大量计算,新的架构应运而生,以在 BCM 与其他 ECU/LCU (电子或照明控制装置) 之间分配智能处理能力。LCU 不仅驱动 LED,它们还负责整辆汽车的照明功能,并通过中央网关向 BCM 报告(见图 2)。其 MCU 还将详细描述发送给 BCM 的原始传感器数据,并最终根据外部条件运行算法,以执行自适应照明功能(如在水平巷道内或遇到大雾时)。

如图 2 所示,智能照明架构需要在 BCM 与 LCU 之间部署多条通信总线(如,以太网和 CAN),以集成所需的全部功能,并确保在各种条件下实现可接受的响应时间。

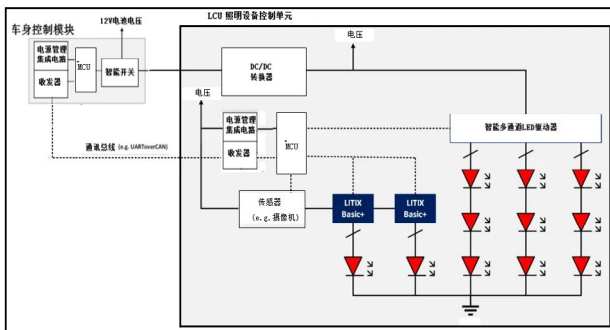


图 2 智能照明架构

这种架构存在的主要挑战是：

* 软件开发和功能安全分析工作：负责处理原始传感器数据的尾灯模块是确保车辆在道路上正常行驶的关键部件。功能安全和信息安全要求更为严格,开发 BCM 和 LCU 需要进行合作,并最终由不同的一级供应商进行生产或者汽车制造商直接参与生产。

* 散热管理、EMC 和静态电流：外壳内部空间有限造成了散热管理挑战。MCU 及众多器件和负载导致功耗散功率增加。

为优化集成,MCU 电源也可以是 SBC (系统基础芯片,如 TLE9471),它可充当 MCU 看门狗,以确保功能安全和提供 CAN 通信。满足 EMC 要求也可能颇具难度,

因为净空有限,并且有多个开关器件。为了优化 EMC 性能,扩展频谱频率调制是一项非常重要的功能,TLS4120 或 TLS4125 (DC-DC 转换器) 和 LITIX™ Power TLD5190 (DC-DC 控制器) 也具备这个特性。最后,最终设计必须将系统总静态电流值纳入考虑:为此,最重要器件特性之一是休眠模式处理能力,以减少车辆停泊状态下发生的漏电,并且仅在需要时恢复满负荷运行。

结语

* 如今尾灯系统取得了长足的发展。在汽车时代初期,人们甚至不认为汽车必须配备尾灯,而现在,它们却对汽车设计和驾驶员体验有着举足轻重的影响。两项主要技术进步彻底改变了尾灯架构:LED 和通信协议。现在,汽车设计师可以随心所欲地设计照明模块外形,并仅用少量器件来驱动许多 LED 灯串,以实现引人注目的动画效果。尾灯系统的任务已从标准的 LED 驱动,发展到复杂的动画效果管理,以及安全关键型任务和数据处理任务。由此在任何架构中,应对设计师面临的挑战,满足并超越当前及未来的需求,譬如,智能 LED 驱动器、DC-DC 转换器或控制器以及 SBC。

* 将创新技术成功的与社会责任结合在一起,致力于让人们的生活更加便利、安全和环保。半导体芯片创新技术已经成为了我们日常生活中不可或缺的一部分。不论在电力生产、传输还是利用等方面始终发挥着至关重要的作用。此外,它们在保护数据通信,提高道路交通安全性,降低车辆的二氧化碳排放等领域同样功不可没。

* 值得注意的是,而如今可能会对尾灯系统造成损坏的原因是在交流电源线路中发生的瞬态浪涌事件。该瞬态浪涌则对于直接连接到交流电源 (220VAC) 的一个 LED 灯具或灯泡内部元件来说可能会因电子或电气的短路和过载情况而损坏。除此之外,产生于灯具外部的雷击浪涌或负荷开关瞬态能够造成电压尖峰或环形波,也会给元件造成压力并最终导致损坏,并使灯泡报废。这是对尾灯系统正常运行的挑战,因为 LED 照明系统的价值定位不仅仅是降低能源消耗,还需求有更长使用寿命。