

汽车自适应前照灯系统 (AFS) 的电机控制和诊断

安森美半导体公司

摘要：自适应前照灯 (AFS) 是一种新的智能汽车应用，获得了汽车购买者、立法者和道路安全团体的认可。通过使用步进电机调节前照灯的位置，并在驾驶员操纵时水平调节，AFS 可确保驾驶员获得最佳的夜间视力，同时还可提高其他道路使用者的舒适度和安全性。

响应于来自车辆周围的各种传感器输入，来控制前照灯运动需要电动机驱动器，其不仅快速且准确，而且可靠且容错。自适应失速检测是所有步进电机驱动器 IC 都不支持的重要诊断功能。能够感测电动机反电动势并将其传送到主控制器的驱动器提供软件所需的信息，以防止丢失步骤并保持对前照灯位置的一致控制。

简介：安全和舒适的智能技术

汽车自适应前照灯系统 (AFS) 可以帮助提高车主的驾驶体验，同时提高所有道路使用者的安全性，包括行人和其他车辆的驾驶员。AFS 包含几项先进功能，可增强当今车辆强制性前照灯的功能。这些功能包括灯具转向转向的能力，从而提高转弯时前方道路的可视性。另外，灯位置可以在垂直平面中调节，以在制动期间或在不平坦的地面上校正车辆俯仰的变化，或者在检测到迎面而来的车辆时自动地倾斜前照灯。

这些先进的功能对汽车购买者和立法者都很有吸引力，并且最初为汽车制造商提供了进一步的机会，使他们的产品与竞争对手的产品区别开来。随着时间的推移，预计 AFS 将被广泛采用；到 2015 年，Frost & Sullivan 预计 AFS 和汽车夜视系统的合并市场将超过 9 亿。

照明设计师面临的挑战

AFS 等重要新技术的到来也为新供应商进入市场带来了机遇，当然还需要通常与传统照明设计相关的其他技术能力。例如，可能需要额外的传感器和软件来检测迎面而来的车辆。此外，运动控制是一项明显的技术要求，用于管理每盏灯的左 / 右和上 / 下调节。

在安装到现有汽车的 AFS 中，步进电机用于灯定位。这是实现平稳和渐进运动的首选解决方案，具有合适的响

应时间和高精度。如果检测到小的转向输入，则可以指示步进电机通过少量步骤旋转，以使灯与车辆的方向对准。如果转向传感器指示大的变化，则可以指示电动机适当地移动更多的步骤。

图 1 显示了步进电机控制器的典型架构。托管在微控制器上的应用软件响应于来自各种传感器的信息（例如转向位置、速度、俯仰和迎面而来的车辆），产生用于移动灯的指令。驱动器 IC 负责将微控制器输出转换为驱动步进电机到所需位置所需的 PWM 波形。提供各种控制器，提供微步进精度，并包含一个集成功率级，能够产生 1A 或更高的峰值电流。

除了在正常工作条件下确保电机的正确行为之外，AFS 设计人员面临的一个重要控制挑战是如果灯的运动因任何原因而受到限制，则可能会遇到电机可能停转的可能性。在这种情况下，不允许电动机控制器“失步”，因为这将随后阻止精确的灯定位，从而导致不舒适且可能不安全的驾驶状况。

失速检测是步进电机驱动器的常见功能。它通过检测失速状态的开始并快速切断驱动信号到电机来防止控制器失步。从这一点开始，控制器可以尝试重新启动电动机并将其驱动到所需位置。可以通过首先分析失速检测的原理来评估用于 AFS 应用的合适的失速检测系统所需的能力。

由转子通过电动机磁场的运动产生的负电动势 (EMF) 或反电动势 (BEMF) 是转子绕组的数量，磁场的磁通量和转子速度的函数。由于给定电动机的绕组数和磁通量是恒定的，因此 BEMF 是转子速度的良好指示。如果电动机受阻，其速度降低，导致 BEMF 相应下降。因此，感测 BEMF 提供了检测电动机是否已经停止所需的信息，并指出还必须考虑电动机负载和电源电压的影响。

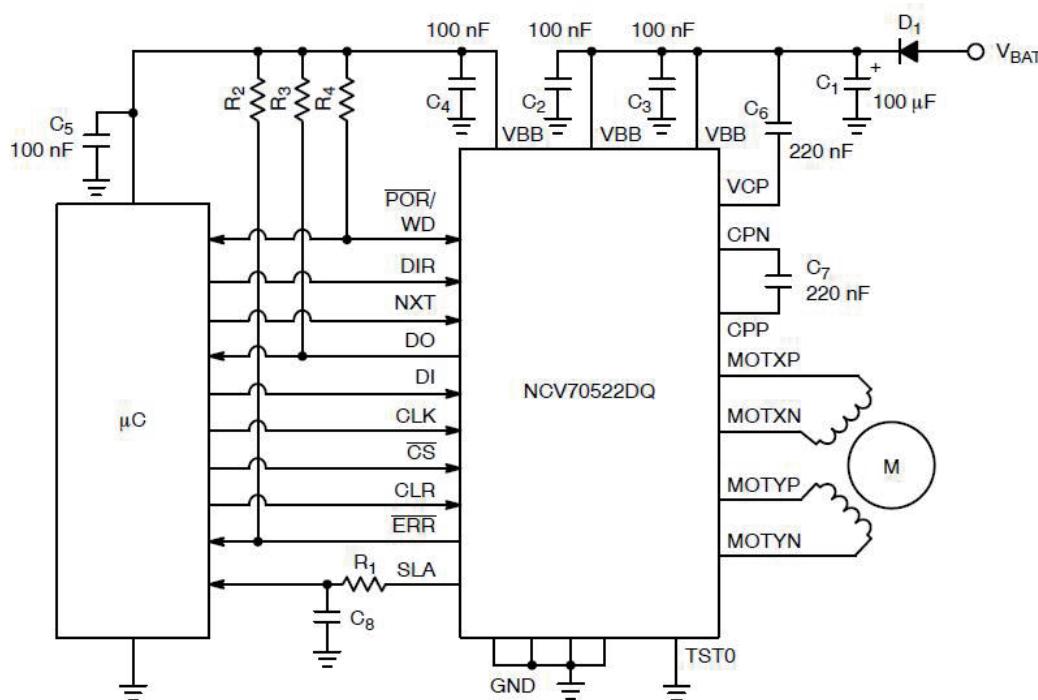


图 1 步进电机控制器的典型架构

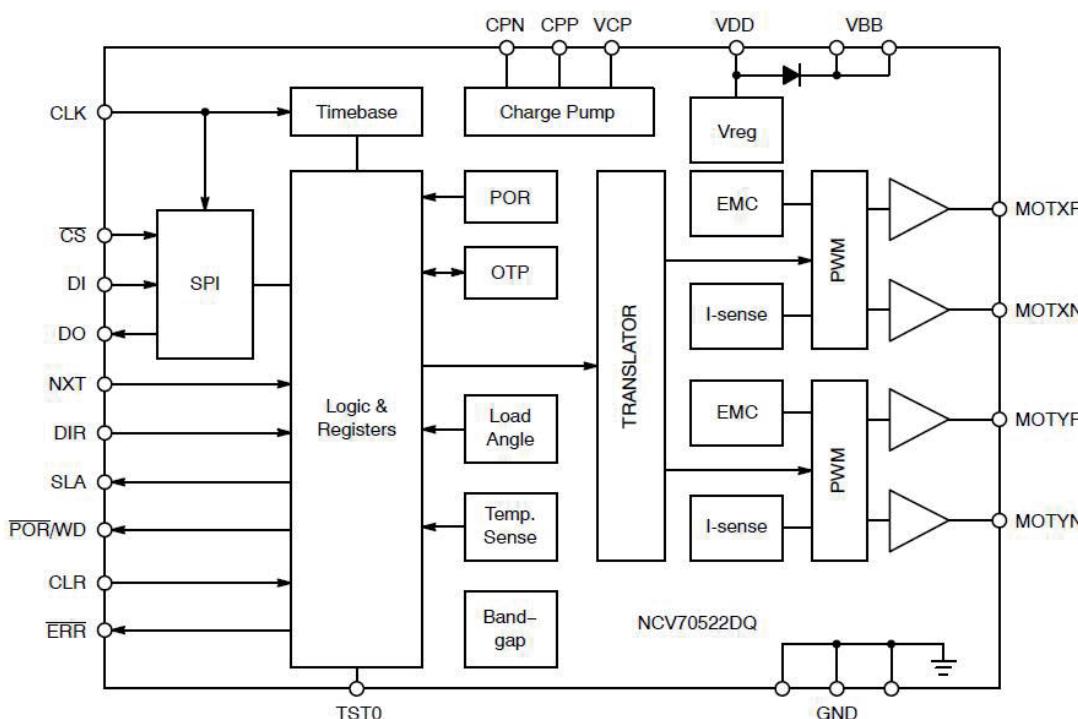


图 2 NCV70522 的框图

AFS 的步进电机驱动器

具有内置失速检测功能的典型通用驱动器不提供BEMF输出。设计人员只能通过在内部寄存器中设置阈值来配置失速检测参数。这要求在真实的道路条件下操作系统之前，所有设置都是“离线”预定义的，因此无需根据预期应用调整和微调系统。

例如，由于BEMF取决于负载，由于风阻增加，负载可以在更高的速度下变化，因此系统必须能够改变参数，以便在操作条件改变时允许AFS保持一致的失速检测精度。因此，通用驱动器不一定适合在AFS应用中使用。

诸如安森美半导体 NCV70522 之类的驱动器在称为速度和负载角（SLA）引脚的外部输出端提供电机反电动势的指示。此引脚上的模拟信号提供信息，使应用程序能够实时执行失速检测，并根据驱动条件的变化调整检测电平。该应用还可以根据电机 BEMF 调整电机转矩和速度。

NCV70522 是一款微步进驱动器，包含两个完整的

H 桥输出，用于驱动双极步进电机的 X 和 Y 线圈。它适用于汽车、工业、医疗和船舶应用，并且完全兼容汽车电压和温度要求。

图 2 显示了驱动器的功能模块，它采用 I2T100 工艺技术制造，可在同一芯片上实现高压模拟电路和数字功能。该 IC 使用图中所示的 I / O 引脚和 SPI 接口连接到外部微控制器。根据 SPI CRO 寄存器中的设置，它提供从全步到 32 微步的七步模式。参考内部电流转换表生成电机驱动电压，使电机根据“NXT”输入引脚上的时钟信号和方向寄存器的状态进行下一个微步骤或 IC 的 DIR 输入引脚。

系统上电后，微控制器初始化并复位 NCV70522 驱动器。接下来，设置线圈电流和步进模式并启用电机驱动器。接着将发送 NXT 脉冲以转动电机。电机的旋转速度等于 NXT 脉冲频率乘以步进模式的值。图 3 示出了使用该设备实现的AFS的步进电机控制器的流程图。

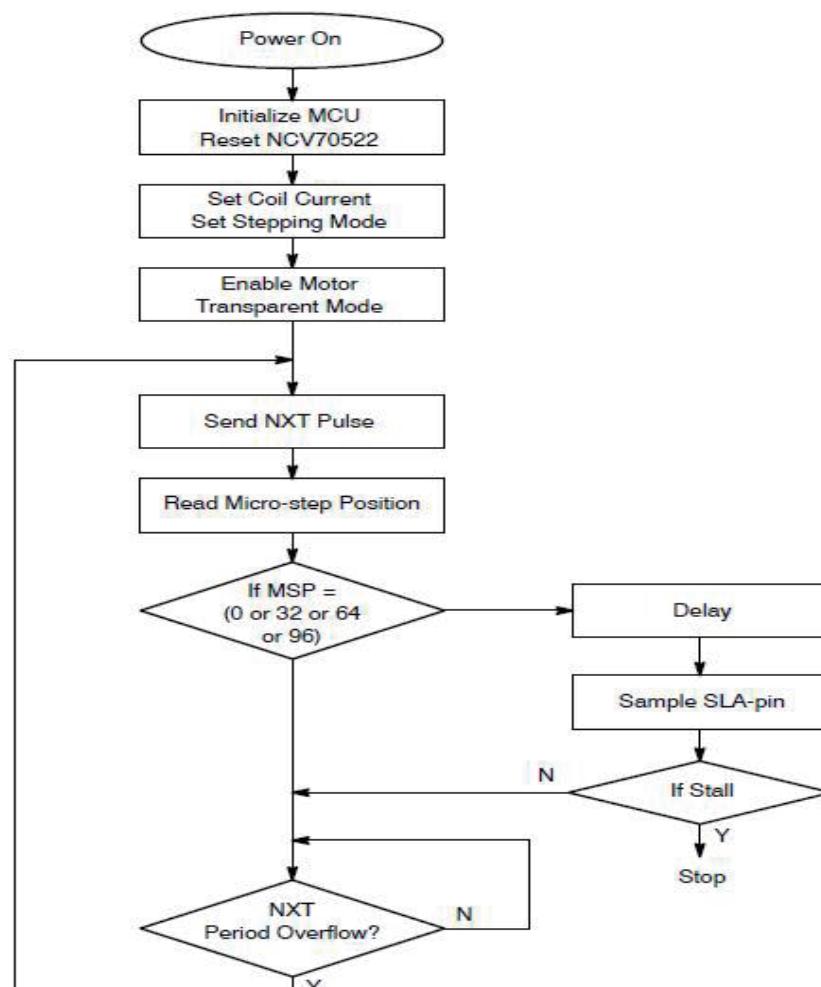


图 3 步进电机驱动的流程图

详解失速检测

从图 3 中可以看出，驱动器具有用户可选择的“透明”模式，该模式在上电之后并且在开始产生电动机驱动信号之前被选择或禁用。在 SPI 控制寄存器 CR2 中将 SLAT 位设置为 1，使控制器进入透明模式，从而可以完全看到 SLA 引脚上的 BEMF 电压。然而，这可能导致 SLA 引脚处的相对复杂的 BEMF 信号，因为在电流衰减期间线圈中的相对高的再循环电流在线圈电压 V_{COIL} 中产生瞬态行为。

通过将 SLAT 位设置为低以选择非透明模式，可以实现更平滑的 BEMF 输入，从而简化应用程序处理。在这种情况下，只有在没有电流流过线圈时才对 BEMF 进行采样。也就是说，在每个线圈电流过零点结束时。

为了将采样的 BEMF 转换为 0-5V 范围内的合适输

出电压，采样的线圈电压 V_{COIL} 除以 2 或 4。该分频器通过 SPI CR2 寄存器的 SLAG 位置 1。

图 4 说明了 SLA 引脚和透明位 SLAT 的操作。“ $PWMsh$ ”和“ $I_{coil}=0$ ”是内部信号。与 SLAT 位一起，这些定义了线圈电压的采样和保持时刻。

对于每个线圈，每个电周期存在两个零电流位置，每个电周期产生总共四个零电流观测点。因此，每个电周期可以测量 BEMF 四次。如果微步位置位于线圈电流过零点上，则 BEMF 电压仅由电机驱动器采样。SPI 可以读取微步位置。

通过软件，可以基于在每个电气周期期间收集的四个 SLA 样本来判断电动机是否已经停止。

图 5 和图 6 比较了正常条件下和电机停转时 SLA 引脚的电压。如果 SLA 引脚的电压低于 1.5V，则每四个线

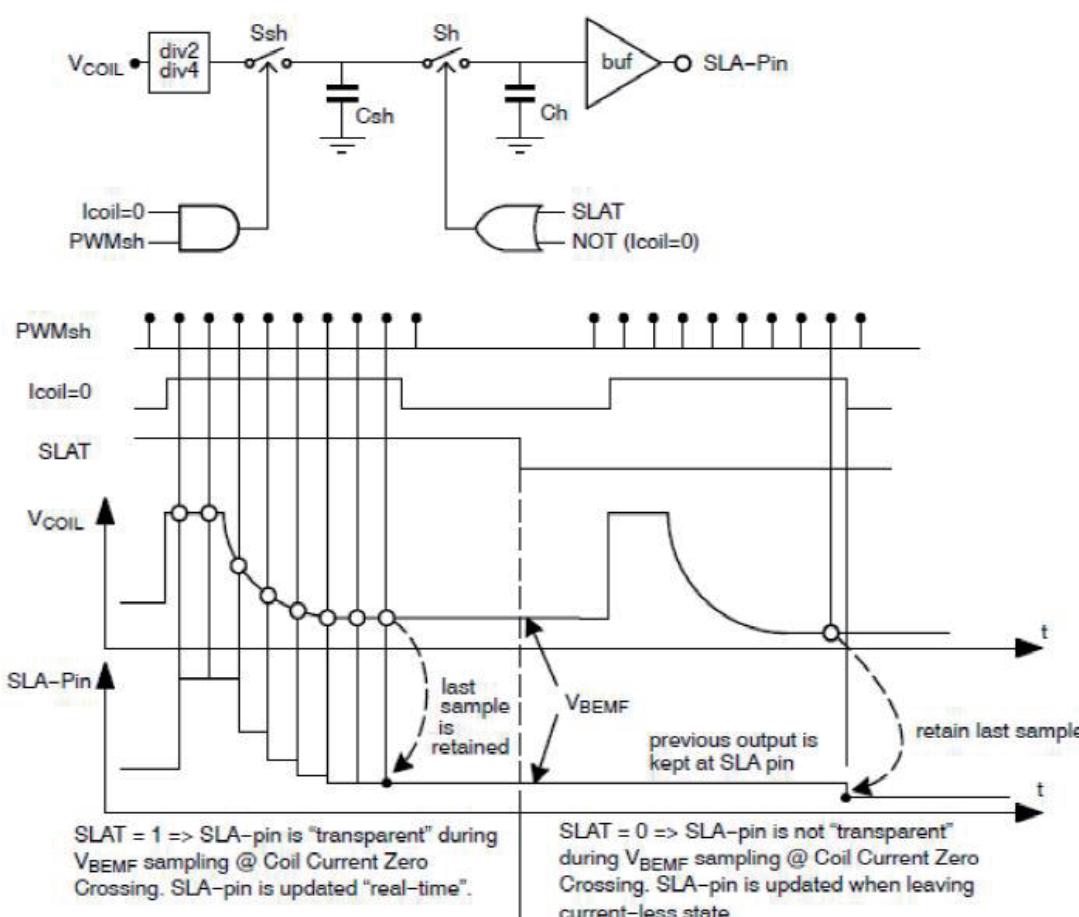


图 4 SLA 引脚的时序图

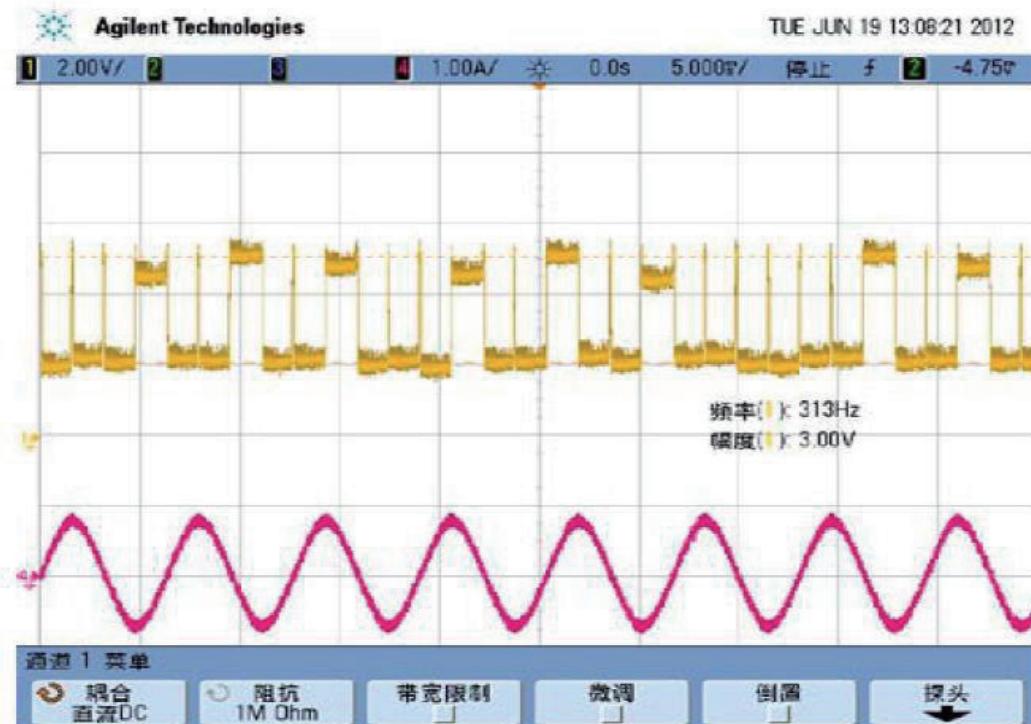


图 5 正常电机运行期间的 SLA 采样

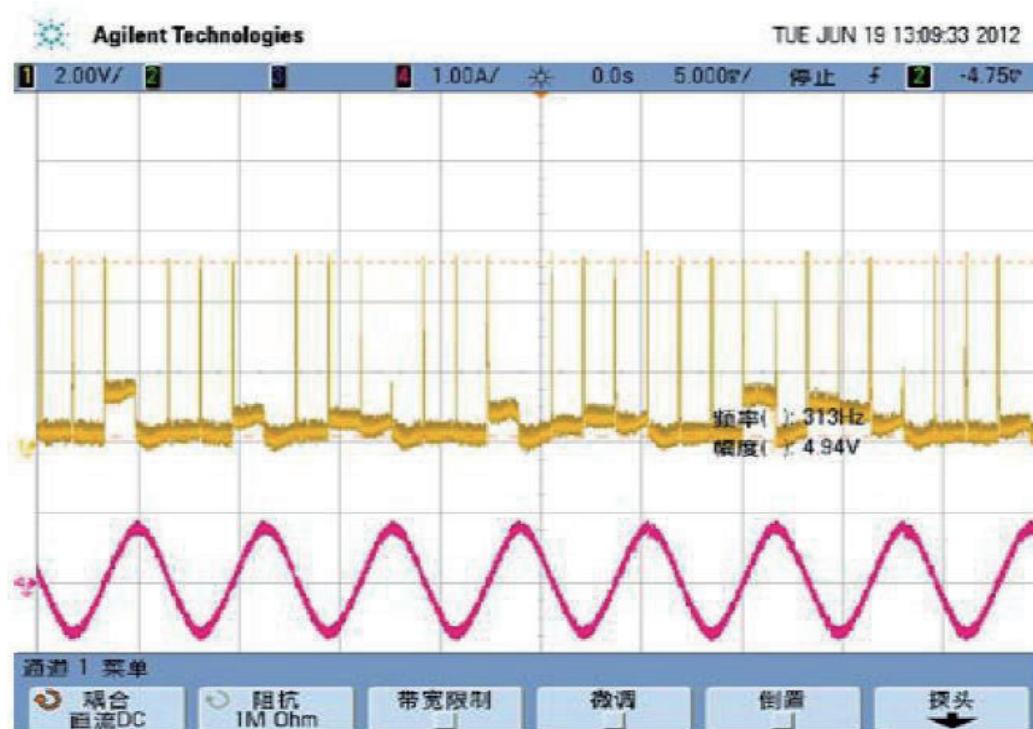


图 6 电机停转时的 SLA 采样

圈电流过零点至少有两个采样，可以可靠地识别失速状态。

结论

汽车 AFS 在夜间驾驶时具有改善视野的前景，对道路安全和驾驶员舒适性具有积极意义。预计客户需求将在各个市场领域增加，为已建立的车辆照明供应商和新进入

者创造机遇和挑战。重要的挑战在于需要开发适合 AFS 应用的可靠且经济的电机驱动器，最重要的是在用于一致的前照灯定位的失速检测的实施。这种强大的失速检测要求，能够自我调节以在广泛的工作条件下保持精度，从而要求使用步进电机驱动器，它能够将电动机 BEMF 电压反馈到应用软件中包含的自学习失速检测算法。

上接30页

公众参与。

案例研究——印度尼西亚雅加达

雅加达拥有超过 900 万居民，是世界上人口最稠密 / 发展最快的城市之一。雅加达成立了一个智慧城市单位，以推进它们雄心勃勃的计划，以接纳大数据，并增加公民参与，以改善城市服务。作为计划的一部分，该市超过 90,000 盏路灯已替换为 LED 照明系统，使其成为世界上最大的联网系统之一（并实现 70% 的节能）。联网照明系统与城市其他智慧城市系统集成，使城市能够远程管理照明并根据每个区域的需求调整。

其目的是通过大数据的使用和改善连通性和社区安全来增强公民的城市生活。智慧城市平台通过移动和社交媒体网络提供反馈，以便与公民充分互动，并从它们的投入中获益。这反过来又使城市获得了宝贵的见解并运行更智能的政府服务。

最后的话：推动 LED 采用

LED 技术可提供前所未有的节能机会，以及以前无法提供的各种照明选项和功能。

气候组织的目标是突出 LED 和联网照明在货币和能源节约方面可以提供的直接机会，获得这些节约的即时性，以及刺激更广泛的智慧城市和物联网服务的范围。我们寻求推动和支持有助于加速 LED 采用并实现 2025 年全球呼吁的行动。

气候组织希望帮助确保节能照明的紧急驱动，不会受到那些被允许进入市场的低质量、低于标准的 LED 产品的影响，也不会导致不适当更换传统灯具、不必要的过度照明或缺乏光线调节的灵活性，有助于避免安装时过度眩光或光污染。我们建议尽早进行咨询，并在必要时进行样品试验，以确认和证明照明需求，并协助完善大规模 LED 推出的采购规范。

作为城市可以探索的低碳和节能行动的一部分，LED 现在已经准备就绪，应该优先考虑。如果您还没有对节能照明的潜在利益和节省进行审查——请立即进行。