



评估智能照明 系统中的传感器



Solutions

Safety. Science. Transformation.™



执行摘要

对于消费者、商业、工业以及公共基础设施应用领域的照明系统而言，智能照明系统中的传感器已成为实现高效管理与控制的关键。传感器在照明性能和能效优化方面发挥关键作用。它们还能发出与照明组件性能问题、故障和中断有关的信号，方便及时维护。此外，传感器还能与楼宇自动化和安保系统集成，为楼宇的整体安全和安保提供保障。

随着人工智能 (AI) 和机器学习 (ML) 背后的科学不断进步，使用 AI/ML 技术变得更加容易和更加经济高效。这些技术在各种各样的应用中变得更加普及。因此，在生成 AI/ML 算法所需的关键数据以实现照明自动化和进一步优化方面，传感器将变得更加重要。

出于这些以及其他原因，实施高级传感器技术作为智能照明系统的一部分，对制造商而言是一个重要且不断增长的市场。然而，与此同时，用于评估此类系统中所用传感器性能的标准化方法却迟迟没有出现。在这一空白领域，传感器制造商和集成商按照各自特定的要求来评估和测试传感器，这可能造成传感器特性、质量和可靠性的重大差异。为了确保无缝的客户体验和提升产品和系统之间的互操作性，标准化势在必行。

本 UL Solutions 白皮书讨论传感器在智能照明系统中的使用并介绍传感器性能标准化的案例。本文首先回顾了传感器技术并概述了其日益增长的重要性，然后探讨了当前传感器标准的示例，并确定了智能照明系统所用传感器未来技术标准的关键考虑因素。本白皮书最后介绍了 UL Solutions 对照明传感器和其他联网技术标准 and 协议的当前和未来发展所做的贡献。

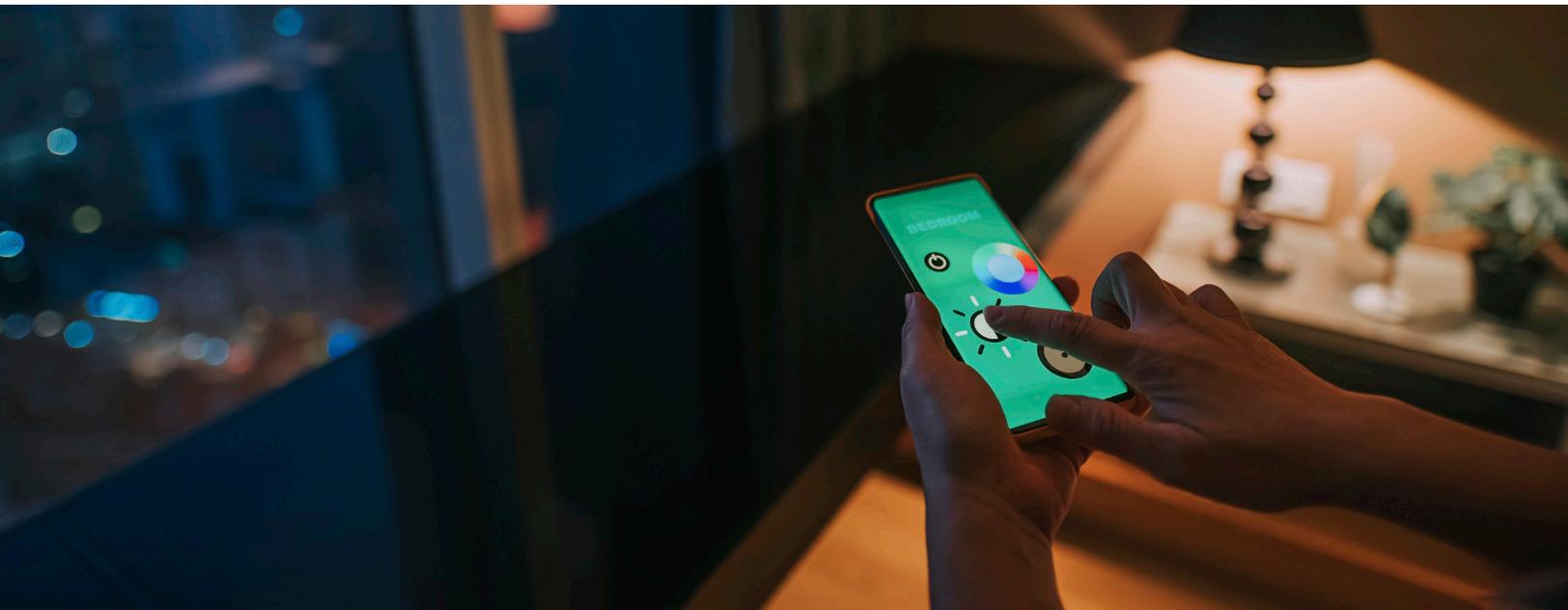
什么是传感器？

传感器将物理世界的特性转变为可用来监控、控制和优化其他设备和系统性能的信息。传感器是 21 世纪诸如智能家居、智能楼宇和智能城市、自动驾驶车辆、自动化工厂和生产设施中的智能系统（即工业 4.0）等进步背后的驱动力。

照明系统中使用的传感器通常是低功率的微电子元件，设计用于检测一个或多个特定的物理、电气或化学特性。传感器可以是专为特定应用设计的单一功能的简单器件，例如与用于开关照明设备的开关结合使用的光电器件。也可以由多个感测元件组成，使其成为多传感器，并集成到更先进的设备中，例如消费者、商业或工业应用中为了进行监控和控制所使用的控制器。当与有线或无线连接元件封装在一起时，由此产生的联网传感器就能传输与这些特性变化有关的数据，以便于进一步地集中分析，从而识别可行的情报。

智能照明系统中使用的传感器可以有多种类型。这包括光敏传感器、红外传感器、超声波传感器、微波传感器、温度传感器、声传感器等多种传感器。新的微机电系统 (MEMS) 技术使得传感器比传统传感器更小、更灵敏、更准确、用途更广。所有这些使得传感器成为开发和广泛部署构成物联网 (IoT) 的互联设备和技术的重要组件，因此需要对其进行网络安全风险评估。

智能手机的日益普及，以及 IoT 和工业物联网 (IIoT) 的增长和扩张，将推动传感器市场的急剧增长。传感器元件和器件的全球销售额在 2021 年估计约为 1566 亿美元，预计在 2026 年将超过 2496 亿美元，复合年增长率 (CAGR) 超过 9.8%。¹ 此外，Gartner 预测，全球依赖传感器的 IoT/IIoT 联网设备将从 2022 年的 144 亿台增长到 2025 年的 270 多亿台。² 这些预测趋势与 IoT/IIoT 对传感器技术的依赖密切相关，这随后加大了该产品类别质量基准的需求。



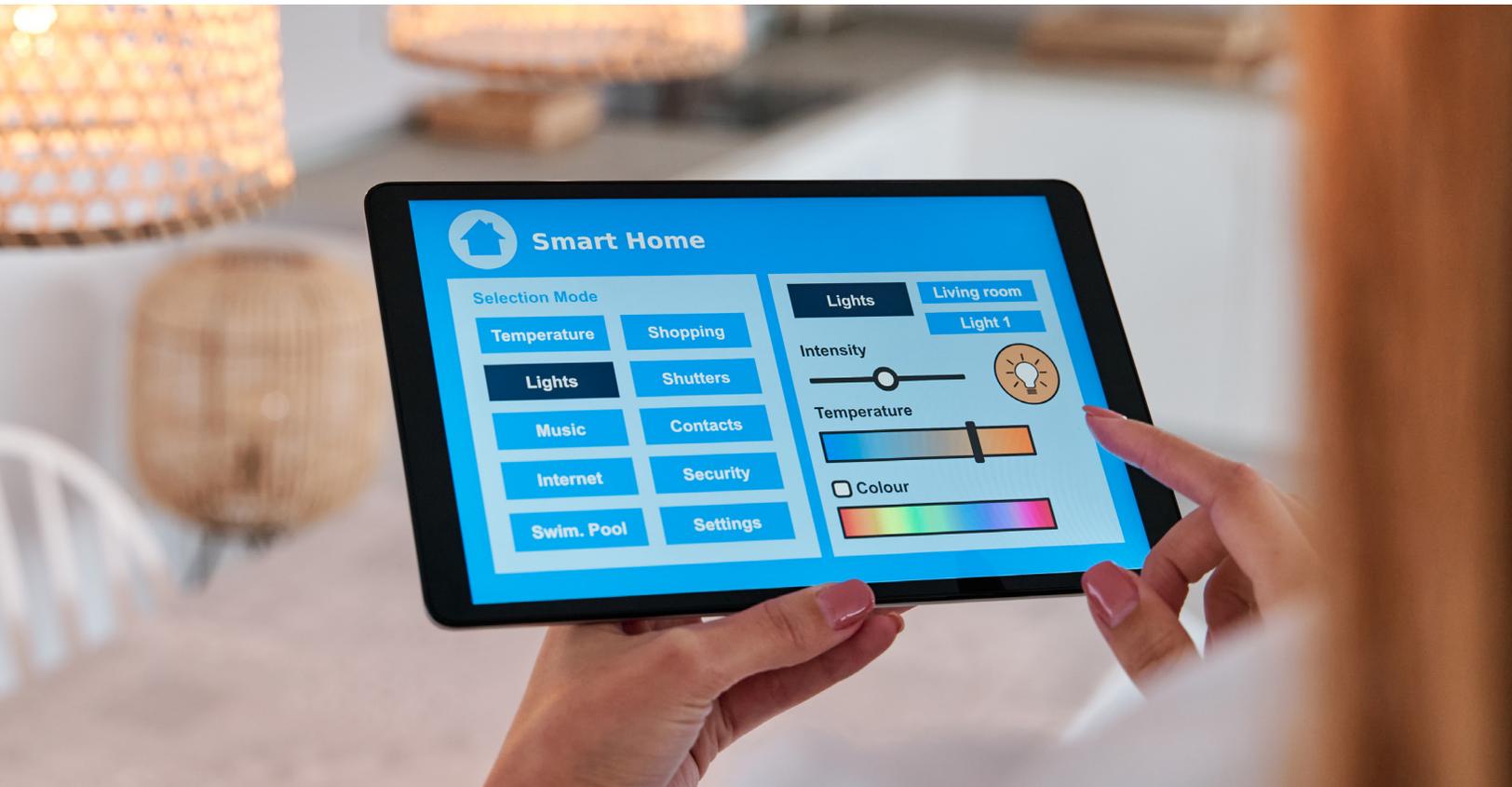
传感器在智能照明系统中的作用



据估计，依赖传感器的 IOT/IIOT 联网设备将从 2022 年的 144 亿台增长到**2025 年的 270 多亿台**

根据美国能源信息署 (EIA) 的数据，近年来，与照明产品相关的能源使用量大幅下降，从 2013 年占美国电力消费的约 18%³ 降至 2021 年的仅 5%。⁴ 虽然美国和世界其他地区的经济增长继续推动能源需求的整体增长，但当今的先进照明产品所消耗的能源明显低于几年前的同类产品，这为整体节能做出了重要贡献。LED 照明产品和其他用于商业和住宅应用的先进照明技术是这些节约背后的重要因素。

除了降低能耗，LED 照明的广泛普及还为传感器集成到照明系统铺平了道路。对于数以百万计的消费者来说，这种集成使用户能够对复杂的住宅照明系统进行动态编程，允许通过几乎无限的输出电平、强度和颜色范围来控制照明，所有这些都可通过智能手机或平板电脑实现。



由于照明无处不在，因此智能照明系统可作为传感器平台，从而在所有类型的环境和应用中提供一系列更加广泛的功能。下面列举几个示例：

能效

传感器可用于检测环境照度，以便在白天关闭照明（“日光采集”），或检测运动、声音甚至身体热量，以根据占用情况调整照明系统。在楼宇中，基于传感器的照明产品数据可上传至基于云的楼宇管理系统，并针对特定占用和使用模式进行分析，从而让基础设施、楼宇和工厂的运营者能够更加轻松地监控和控制与照明系统有关的能源使用。这些来自照明系统的传感器数据还可用于对供暖、通风和空调（HVAC）系统进行编程以协调额外的潜在节能。在公共应用中，运动传感器还可用于检测车辆、骑行者和行人以控制调光级别，进而实现节能和公共安全之间的平衡。

设施维护

照明系统中的传感器可在照明系统或组件需要或临近维修或维护时发出信号。例如，传感器可根据理论规格测量照明系统性能参数（例如照度、能耗和温度），让资产管理者能够主动进行维修和维护规划。

安保

基于传感器的照明系统可进行编程，在照明意外启动或其他局部活动（例如玻璃破碎或巨大噪音）发出潜在入侵信号时联系安保服务。智能照明系统还可配备摄像头或红外运动探测传感器，这些设备可集成到楼宇监控系统中以提供更全面的安全保障。

楼宇自动化

智能照明系统的运行可以与其他基础设施运行（如工厂和设备激活、电梯运行、门禁控制）集成，作为统筹工作的一部分，更有效地管理楼宇和基础设施的运行。

人因照明

新兴照明技术正在迅速发展，其中一些技术专注于光对健康与舒适的影响。除了医疗和保健应用，专为家庭、办公室和商业空间设计的、能够测量昼夜节律刺激、色彩还原和其他因素的人因照明 (HCL) 解决方案在照明行业越来越普遍。近年来，人们开始接受每天所接触的光线会对昼夜节律产生影响这一理论，这提升了人们对于测量昼夜节律有效性的兴趣。测量环境光线和颜色的高精度传感器为维持平衡的环境提供有用的数据。

植物/垂直农场

为粮食生产和其他植物应用设计的照明和种植系统是推动植物发育和生长优化的关键技术。照明系统需要可靠的传感器来根据特定植物需求验证光输出是否得到优化，这对于提高设施的投资回报率和推动更可持续的作物种植方式至关重要。

紫外线 (UVC)

UVC 辐射具有消毒特性，在商业、医疗保健和消费性环境中应用广泛。UVC 具有杀菌功效，具体效果取决于暴露剂量（基于强度、距离和时间）。然而，UVC 暴露的风险极高，因此安全防护措施必不可少。UVC 防护对于消费性和专业环境都至关重要。虽然集成了接近和方向传感器以及联网传感器（例如开门传感器，以促进防护），但人们仍然担忧这些防护措施的准确性和可靠性以及可能造成人身伤害的误用或绕过机会。

其他定制应用

支持基于传感器的照明产品的当前技术提供了一个用于开发各种定制照明应用的平台。而且，未来传感器技术和光子学的进步可能会提供监测使用环境和共享数据的新方法，从而支持智能照明系统的其他应用。

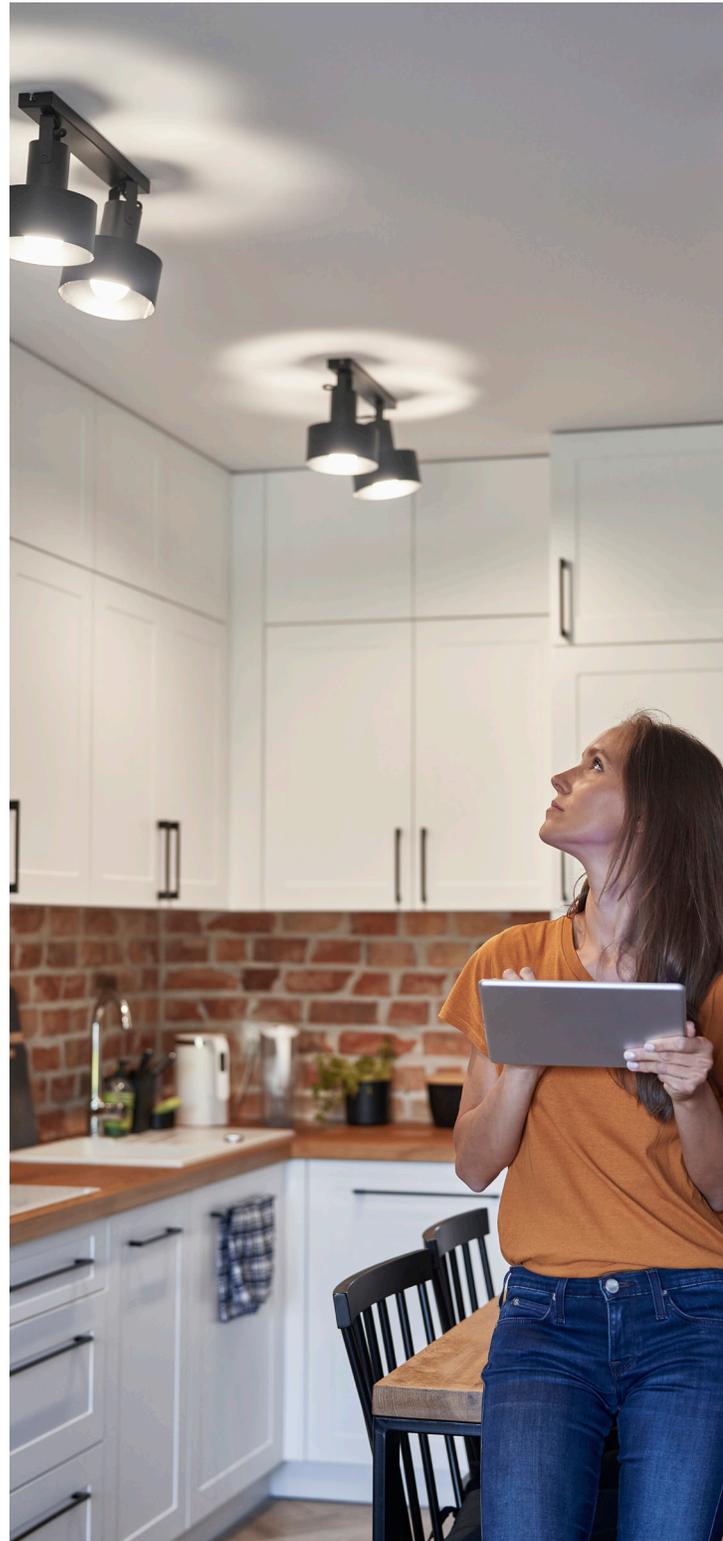


现行传感器标准

对于智能照明系统中使用的传感器，适用标准的制定并未跟上其重要性和未来潜力的增加。相反，很多目前可用的传感器相关标准通常专注于传感器技术或用于特定应用的传感器。一些行业和专业组织，例如美国国家电气制造商协会 (NEMA)、电气与电子工程师协会 (IEEE) 以及国际电工委员会 (IEC)，通过开发行业接受且传感器制造商和集成商采用的标准为传感器技术的标准化做出了贡献。

下面是现行传感器相关标准的示例：

- **IEC 61757 系列, 光纤传感器**
该国际标准系列涵盖可测量物理量或电量、特性或条件的传感器，特别适用于光纤感测应用。
- **IEC 62047-1, 半导体器件——微机电器件——第 1 部分: 术语和定义**
该 IEC 标准定义了微机电系统 (MEMS) 和器件 (包括生产此类器件的工艺) 的术语。
- **IEEE 2700, 传感器性能参数定义 IEEE 标准**
为传感器性能规范术语、单位、条件和限制提供了通用框架。
- **NEMA WD-7, 占用运动传感器**
WD-7 由美国国家电气制造商协会 (NEMA) 制定，提供了使用和应用占用运动传感器的参考定义和测量特性。
- **NEMA WD-9, 调光器、光电控制器、存在传感器和多出口条能耗测试和标记**
另一项 NEMA 标准，即 WD-9 提供测量和标记调光器、光电控制器、存在/运动传感器和多出口条待机能耗的标准化测试方法。
- **NFPA 72, 国家火灾报警与信号规范范围**
NFPA 72 由美国国家消防协会 (NFPA) 制定，涵盖火灾报警系统、火灾报警设备、紧急通信系统及其组件的安装、性能、检验和测试。
- **ANSI/UL 217, 烟雾报警标准**
该标准涵盖用于室内场所开放区域保护的电动单站和多站烟雾报警器和远程附件，以及便携式烟雾报警器。
- **ANSI/UL 268, 火灾报警系统烟雾探测器标准**
UL 268 根据 NFPA 72 确立了烟雾探测器和附件的要求，例如释放电磁门保持器以及防火和防烟阀等装置控制器。
- **ANSI/UL 639, 入侵探测装置标准**
UL 639 阐述了预期用于防盗信号系统的入侵探测装置的性能。
- **ANSI/UL 1434, 热敏电阻型设备标准**
该标准涵盖可能用作不同产品温度传感器的热敏电阻型设备。





· **ANSI/UL 1484, 住宅气体探测器标准**

该标准涵盖用于在居住用房和休闲车中安装的电动气体探测器。

· **ANSI/UL 2075, 气体和蒸汽探测器和传感器标准**

该标准涵盖用于便携式、室内或室外应用的有毒和可燃气体与蒸汽探测器和传感器。

· **UL 8802, UV 杀菌设备和系统评估大纲**

这些要求适用于预期在商业和工业环境中使用的、发出不受控 UV 的紫外线杀菌辐射 (UVGI) 设备和系统。UL 8802 的第四版引入了该评估大纲的新附录，其中阐述了用作 UV 杀菌系统防护措施的运动探测器。

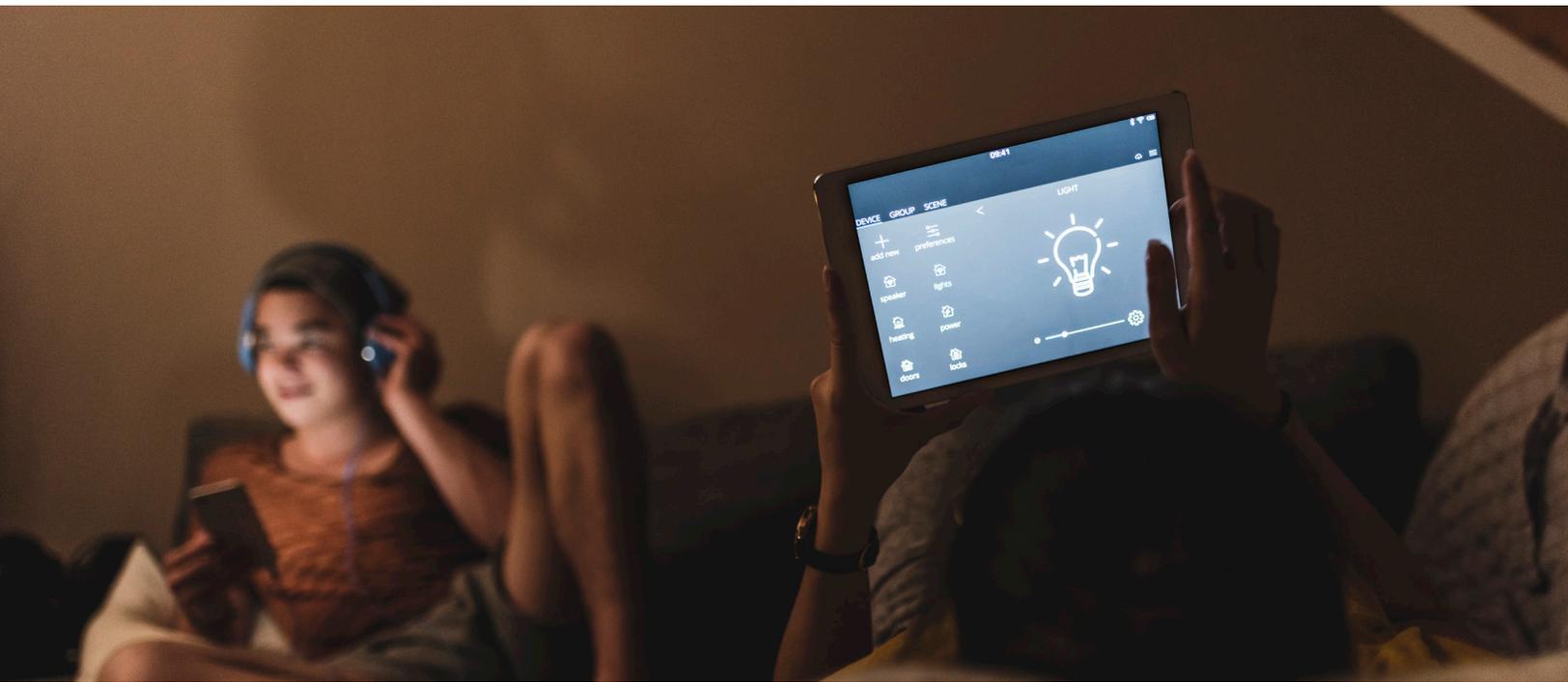
· **UL 60730-2-101, 自动电气控制评估大纲——第 2-101 部分: 电气传感器和感测元件的特殊要求**

UL 60730 的这部分适用于电气、机电和电子传感器 (包括感测元件和任何调节电路) 的安全性。本文档范围内的离散传感器仅用于将激活量转换为可用输出, 不执行第 1 部分中定义的控制操作。

这些列表中没有专门适用于智能照明系统中使用的更新和更复杂传感器的标准。没有此类标准, 各传感器制造商就只能根据专有技术规范 and 协议开发新传感器。这种方法可能有助于支持技术创新和加强率先进入市场优势, 但总体而言, 它对促进基于传感器的智能照明技术几乎没有帮助, 因为它带来了与兼容性、互操作性和互换性有关的新挑战。

未来传感器性能标准化的具体领域

随着市场越来越依赖于传感器的性能，传感器标准的制定将变得越来越势在必行。该标准不仅仅要解决探测器型传感器技术的安全性能。事实上，随着智能照明系统市场的扩大，购买者和规范制定者开始担心越来越广泛的传感器问题，包括性能和可靠性、功能集成、电池使用寿命和易受网络攻击性。可以预见，为了实现成果，市场对传感器的依赖会增加。因此，未来的标准制定活动将需要采取全面的方法来解决智能照明系统中传感器的技术要求，并在系统集成的背景下评估传感器，而系统集成比单个传感器的影响更大。



在为智能照明系统中使用的传感器制定新标准时，应考虑的一些具体性能预期包括：

安全

传感器制造商要求进行传感器特定的安全认证，因为他们通常不知道自己的传感器会用于哪种类型的系统。从安全角度来看，经过安全认证的传感器有助于降低设计中的传感器冗余需求，从而符合功能安全的确定性方法。但是，目前还不存在传感器特定的安全标准。

参数测量准确性和可靠性

应根据行业和其他利益相关方的标准化准确性和可靠性指标评估传感器，从而针对预期应用进行预先选择，简化安装校准和调试，并提高运行准确性和可靠性的预期和实际一致性。

能源经济

很多传感器依靠电池来提供备用能源，以应对无法获得主要能源的情况（如停电），或为开发人员提供更大的安装和使用灵活性。低功率需求的传感器设计可以支持其长时间持续运行，从而减少维护和意外停机时间。

互操作性

单个和组合传感器的无缝互操作性对于其在联网照明产品中的有效部署至关重要。若要促进互操作性，就需要采用非专有行业通信标准和协议，而且产品设计应便于与联网照明系统和其他智能基础设施系统进行轻松的性能和物理集成。

互换性

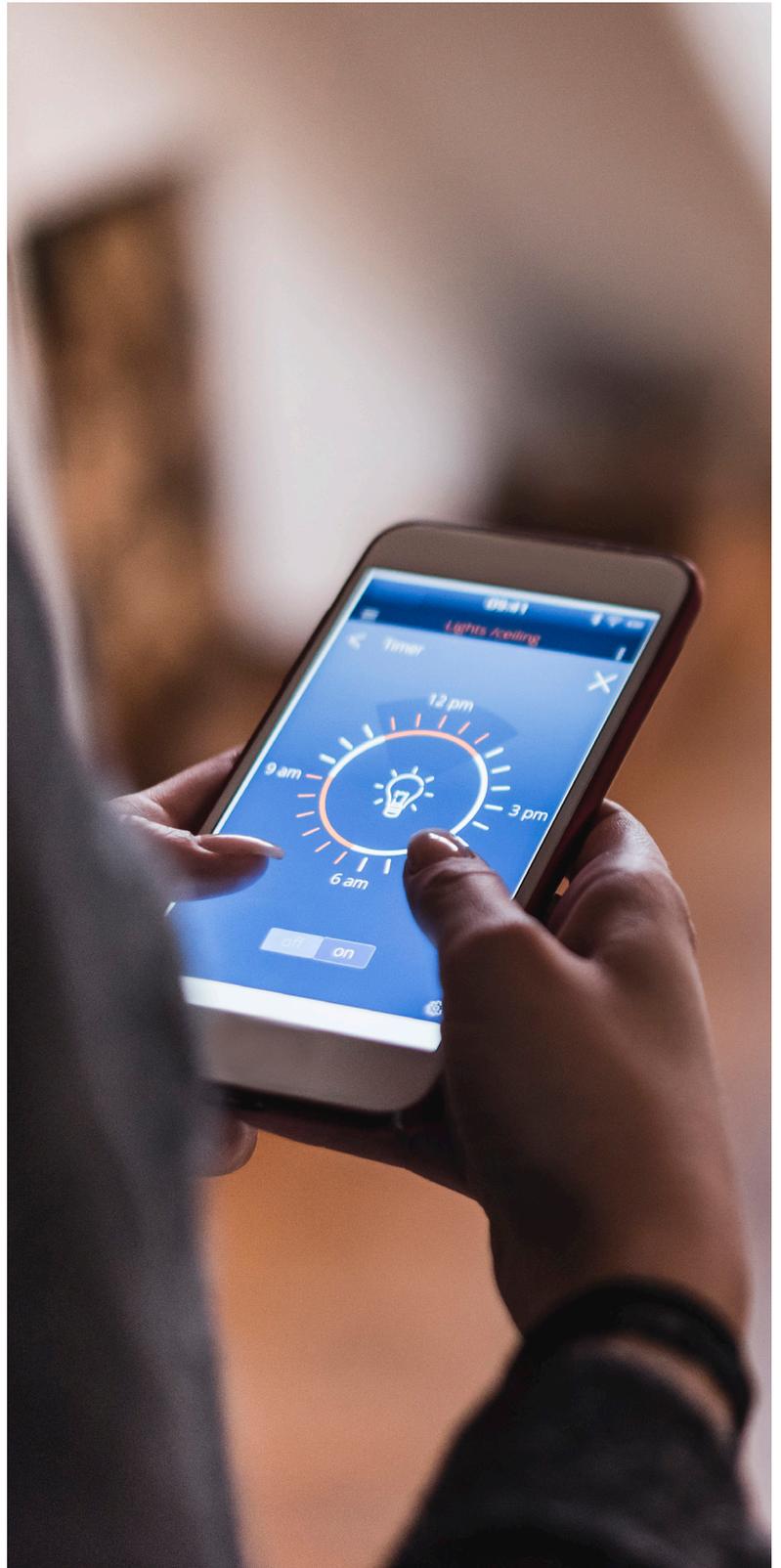
由于很多先进照明产品和灯具可能具有 15 年或更长的使用寿命，因此，采用标准化传感器接口能够支持照明系统性能的不断升级，从而跟上新的和更先进传感器技术的脚步。随着时间的推移，传感器的互换性也有助于促进联网照明系统的更广泛使用，从而增加它们的价值。

频谱效率

采用智能技术的商业和工业环境可能同时运行数十种不同的联网系统、设备和应用程序，这可能提高无线频谱的干扰风险。因此，为用于联网照明产品设计的传感器设备需要高效地利用可用频谱，以最大限度降低干扰其他联网设备的风险。

安全与隐私

与其他所有联网技术一样，传感器可能很容易受到黑客和其他形式的网络攻击，这些攻击可能来自外部来源，也可能来自其他联网系统和组件。因此，联网照明产品中的传感器必须针对网络安全漏洞进行严格的评估和测试。





智能产品标准的制定

从物联网诞生开始，我们就已主动支持开发和广泛部署构成 IoT 生态系统的智能技术，包括传感器。我们的技术专家参与关键标准的制定工作，包括解决照明系统和组件安全性、电源、控制、兼容性和互操作性的工作。我们参与了众多国内和国际技术论坛，包括参与 IoT 技术标准制定的委员会和工作组。

UL Solutions 是经验丰富的 IoT 测试实验室，已经过连接标准联盟 (CSA) 和高通快速充电 (Qualcomm Quick Charging) 授权进行 DALI、KNX、蓝牙 SIG、Thread Group、Matter 测试。我们为专业汽车公司、无线设备生产商和无线运营商提供蓝牙和 WiFi 兼容性以及性能测试服务。此外，专业 IoT 和技术公司也委托 UL Solutions 实施定制互操作性计划，以确认其产品是否按预期联网和运行。我们的 IoT 和互操作性服务已经成为产品发布前不可或缺的一部分，用于评估产品连接性是否符合消费者预期。

为了解决 IoT 处处部署的潜在障碍，UL Solutions 开发了安全框架 UL MCV 1376，市场宣称验证方法：安全能力可验证为青铜/白银/黄金/铂金/钻石级别，并采用全面方法降低联网产品和组件的网络安全风险。其中概述了与全球行业框架和最佳实践一致的特定要求和测试方法。该方法有助于降低传感器和其他联网技术的易受网络攻击性，并为设备制造商提供与其产品性能和安全性有关的更有力保证。UL MCV 1376 是 DesignLights Consortium (DLC) 认可的网络安全服务，可验证网络照明控制 (NLC) 是否符合其 NLC5 技术要求。除了 UL MCV 1376，我们还提供针对其他网络安全标准的测试服务，包括针对消费性 IoT 设备的 ETSI EN 303 645 网络安全标准。

总体而言，我们广泛参与传感器和 IoT 组件标准与测试的开发制定，补充了我们的全面标准和测试服务组合并为我们提供了指引。凭借对安全、性能、可用性和可持续性评估和测试的了解，我们致力于成为照明传感器技术标准制定的助力者，使我们整个世界所依赖的传感器能够提供更优、更可靠和更有韧性的性能。



总结和结论

基于传感器的智能照明系统以及作为其他楼宇和基础设施系统平台的智能照明系统将为智能家居、智能楼宇、智能工业和智能城市的发展做出巨大贡献。然而，为了尽可能发掘这些系统的潜力，迫切需要为这些应用制定解决性能、可靠性、兼容性、互操作性和互换性等考虑因素的标准。UL Solutions 正在主动与照明行业、专业协会和推动 IoT 技术采用的其他组织合作。我们的目标之一就是促进利益相关方支持全面制定照明特定传感器标准，为传感器性能提供一致性和可预测性，并促进智能照明产品和系统部署的持续增长。

有关智能照明系统传感器评估的更多信息，以及我们对制定传感器标准和协议的持续贡献，请访问 www.UL.com/lighting。

尾注

1. 《传感器: 技术与全球市场》, BCC Research, 2022 年 4 月。
<https://www.bccresearch.com/market-research/instrumentation-and-sensors/sensors-technologies-markets-report.html>。
2. 《2022 年 IoT 现状: 全球联网 IoT 设备增长 18%, 达到 144 亿台》, IoT Analytics, 2022 年 5 月 18 日。
<https://iot-analytics.com/number-connected-iot-devices/>。
3. 《固态照明在一般照明应用中的节能预测》, 一份为美国能源部编写的报告, 2014 年 8 月。网络。2017 年 6 月 1 日。
<https://energy.gov/sites/prod/files/2015/05/f22/energysavingsforecast14.pdf>。
4. 《常见问题: 美国用于照明的电量是多少?》, 来自美国能源信息署 (EIA) 网站, 上次更新于 2017 年 5 月 23 日。网络。2017 年 6 月 1 日。
<https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=99&t=3>。
5. DesignLights Consortium® (DLC) 发布了联网照明控制技术要求第 5 版 (NLC5) 的最终版本。NLC5 着重于强化 NLC 技术的价值, 并包含一项新的网络安全要求以鼓励市场接受和提升客户信心。2020 年 6 月 23 日。
<https://www.designlights.org/news-events/news/new-dlc-policy-networked-lighting-controls-technical-requirements-v5-nlc5-released>。

联系我们

北美: LightingInfo@UL.com

欧洲: AppliancesLighting.EU@UL.com

中国: GC.LightingSales@UL.com

澳大利亚和新西兰 (ANZ): CustomerService.ANZ@UL.com

东南亚国家联盟 (ASEAN): UL.ASEAN.AHLSales@UL.com

日本: ULJ.AHL@ul.com

韩国: Sales.KR@UL.com

中东和非洲: UL.MEA@UL.com

南亚: Sales.IN@UL.com





©2022 UL LLC 保留所有权利 未经许可，不得复制或散布本白皮书。
本白皮书仅供一般信息用途，且无意传达法律或其他专业性建议。

TC:AHL22CS467850zhCN