

增加 LED 的智能 改善发光质量、效率与成本

数字控制灵活性使 OEM 只要设计一种控制器，就可以驱动各种最终产品，提升设计灵活性，为灯光装置带来新的智能与差异化。

随着照明业转向 LED 技术，也增加了对更智能控制器与驱动器的需求。LED 的高效运行可以有效抑制家庭与单位上涨的电费支出。很多应用需要提供恒定不变的照明质量，同时支持先进的控制功能，如调光、色温均衡，以及精确混色等。应用的自诊断可以减少对技术人员的需求，从而降低维护费用，远程连接也成为这些应用的一种常规要求。

LED 照明应用中加入智能可能需从固定功能的 LED 驱动器转向基于微控制器或可编程架构。专用的功率电子微控制器还能够在照明控制与通信以外控制照明电源，从而使照明应用拥有更高效率和更具性价比。向数字控制的转化提升了灵活性，可以使照明产品达到新的智能与差异化水平。

获得智能平台

照明行业正在快速地利用 LED 技术的很多优点（见附文“LED 的优点”）。不过，LED 应用对于所需要支持的能力有着很大的差异。

家居应用包括灯泡替换、重点照明，以及小型室外照明。通常情况下，只需要点亮少数 LED，一般是一串至两串。鉴于这个市场存在着低成本压力，一般不常用到先进的控制功能。

商务应用包括荧光镇流器、灯泡替换，以及重点照明。只需要点亮少数 LED，一般是一串至两串。虽然关注成本，但这个市场也注重节能。较高端应用需要远程连接能力，以及某些控制器智能。

娱乐应用包括高端显示屏和情境照明。对光强度的完全控制以及始终如一的彩色质量是基本需求，另外还要有远程连接，以及支持业界标准协议，如 DALI（可数字寻址照明接口）和 DMX512。

室外与基础设施应用包括街道照明以及工厂和大型办公楼的照明。通常需要大量 LED，必须支持很多灯串；高亮度 LED 也很常用。这些应用需要远程连接能力，以及高水平的控制器智能。

基于 LED 的最简单照明系统是使用一个 LED 驱动器，通常是一个固定功能的设备，它提供一种简单直接的低成本控制方法。一般来说，它们有不错的功率效率，不需要软件编程。开发人员顶多是在选择驱动器或决定电路板上元件的具体数值时要做一些计算。

虽然使用简单明确，但很多 LED 驱动器缺乏更先进系统的充分灵活性。要在某个给定应用中支持多种 LED 类型或 LED 串结构，就可能需要不同的方案。事实

上，系统中的任何修改都可能需要改动驱动器，如一串中 LED 数量变化，或一个装置中 LED 串数的变化等。因此，一家 OEM 提供的多数照明产品都可能需要专门的模拟驱动器。如果产品数量众多，这种要求会增加 OEM 或供应商的库存品种种类，可能降低规模经济性，或导致更高的设备成本。

另一方面，智能控制器则使开发者能够创造出更灵活的照明系统。在采用微控制器的系统中，可以通过配置代码来支持各种不同类型的 LED、专有的功率级需求、不同的串长度，以及不同的串数，而无需对硬件做大的改动。系统可以设计成能自动检测需要驱动的 LED 数量。微控制器系统的可编程特性甚至能够实现高级的调光和定时功能，用于更高级的照明场景控制与自动照度水平。

数字控制的灵活性使 OEM 只要设计一种控制器，就可以驱动各种最终产品。重新使用控制 IP 还可以大大降低设计投入。一只灵活的控制器可减少需要库存的器件数量，通过规模经济性而降低总的系统成本。

用数字控制的集成

一个智能 LED 照明系统的基本架构包括三个主要部分：功率转换、LED 控制和通信（图 1）。

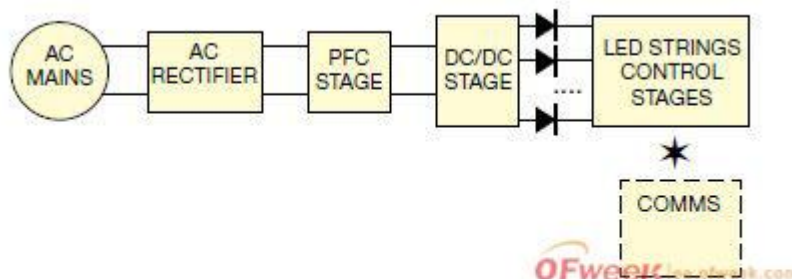


图 1：一个智能 LED 照明系统主要有三大部分：功率转换、LED 控制和通信，所有这些都需要智能控制。电源采用数字方案后，控制器就可以与一个微控制器相结合，降低系统复杂性与成本。

功率转换级为 LED 提供正确的电压与电流。开始是 AC/DC 整流，然后是一个 PFC（功率因数校正）级，再后面是一个或多个并联的 DC/DC 转换级。高效率的功率转换要求对这些级进行精确和灵活的控制。

主级的每个部分都需要一个智能控制器，以维持其效率及功能。固定功能的模拟方案可能需要独立的 PFC、DC/DC、LED 和通信控制器。而专用的功率电子微控制器可以实现高度的集成，减少了电源的元件数量。事实上，单只微控制器有足够的性能、功率优化外设及通信端口，可以提供一个中心化的可编程平台，从而协调地控制一个智能照明系统的所有三个级，处理有关电源、LED 照明控制与通信的任务。

数字功率控制也有可能使动态系统实现更高的转换效率。虽然 LED 较传统光源效率有明显的提升，从而相应地降低了使用与电费成本，但并非所有 LED 系统都是相同的。数字电源控制可以在 LED 照明系统做调光、改变颜色输出，或调整光强输出时，让功率级获得更高效率。同样，在固定照明条件下，微控制器可以通过更先进的功率级设计，增加运行效率。这种效率增长对最终用户很有吸引力，可以成为两种 LED 系统相互比拼时的一个关键差异点。

假设一个城市打算更换 2000 盏街灯，正在评估两种模型，相互之间效率有 10% 的差值（图 2）。对高效率系统来说，进入系统的输入功率为 178W，而低效率系统需要 200W 才能获得相同效果的 160W 光输出。这样单是电源本身的功率，转换成每年能源成本，大约能多节省 10%，本例中就是 33,726 美元。节省余额超过采用 LED 系统的节省。

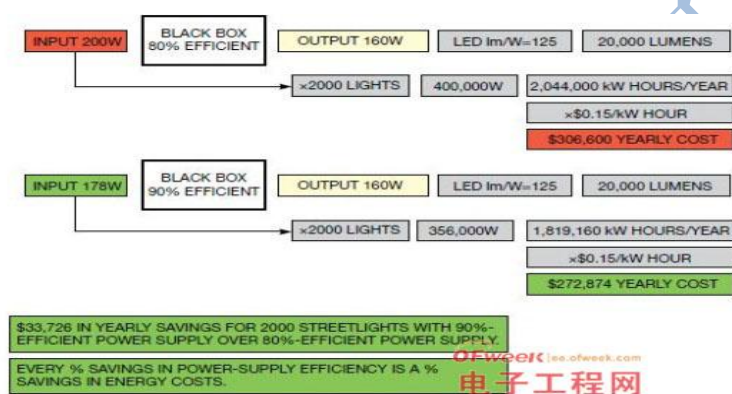


图2: 与模拟系统相比，对电源的数字控制能够获得更高的转换效率，超过了来自LED技术的节约程度。因此，效率转换上的10%差异可大致获得每年10%的节能效果，本例中相当于33,726美元。

智能的好处

对于很多应用来说（包括商业显示屏与娱乐照明），发光的质量很重要。此时，质量是指输出稳定光强与颜色的能力。影响 LED 性能有三大主要因素：制造差异、温度和老化。

不同批次的 LED 输出可能有很大变化；采用同一产品线但不同批次 LED 的器件，可能发光质量也不同，就是因为存在制造差异。在单台设备上使用相同批次的 LED，就可以保持质量的一致性，如果不能做到这点，不同批次 LED 做的设备相邻安装时，其发光质量就能产生可察觉（以及不可接受）的差异。有了智能控制器，系统可以对任何差异做校准补偿。由于这一工作是软件完成，因此，如果需要产品的一致性，可以在设备制造期间完成校准工艺。

随着环境温度的变化，LED 的输出也会改变。为补偿这个效应，系统需要用一只传感器检测环境的温度。微控制器读出传感器数据，相应地调节 LED 驱动，动态地校准颜色和光强度。由于温度只需要定期检查，所以这个工作的负荷不高。这也能让系统监控自己本身的安全状况。例如当 LED 温度超过了一个规定阈值时，照明控制器可以降低光强，或关掉某个 LED 串，并远程通知工作人员。极端温度

会使 LED 过早老化，使其光输出降级。确保 LED 不超过某个温度，可以延长其使用寿命。

LED 的老化会影响发光质量，造成颜色的变化。例如，红色 LED 要比蓝色 LED 老化得更快，某个确定功率输出或 PWM 频率产生的颜色会随时间而漂移。智能控制器可以考虑到老化情况，校正颜色曲线，从而在 LED 系统的整个生命周期内维持一致的发光。

用于质量管控的同种技术还可以提高安全性和效率，可以调节发光强度以配合当前的环境光，例如在暴风雨的天气，街灯可能提前开启，或当有充足的环境光时，可以调低亮度以节省能耗。交通灯或特殊街灯上的传感器可以监控深夜的交通状况，如果车流变多，可以提高街面照明亮度。

在仓库里，工人可能会零散地使用不同的空间。通过室内感应传感器，能够只对正在使用的部分照明。如果在任何时间，只用到车间的 50% 面积，则其余的灯可以关闭，节省一半能耗。

同样考虑图 2 中的街灯例子。在深夜里，很多街灯可以比全亮时调暗，因为交通流量下降。如果运动传感器之间有通信网络，街灯就可以动态地开关，以适应车流的需求。为获得更高效率，图 2 中显示的 178W 输入系统可关闭 25% 的灯，相应节省 25% 的能耗，相当于每年 68,218 美元，以下面几个式子计算：

$1,819,160\text{kWhr/年} \times 75\% / \text{夜晚工作时间} = 1,364,370\text{kWhr/年}$
 $1,364,370\text{kWhr/年} \times 0.15 \text{ 美元/kWhr} = 204,656 \text{ 美元}$
每年费用 272,874 美元
初始的年费用减去 204,656 美元修正后年费用 = 68,218 美元
每年节约将电源效率的节省数与智能工作的节省数相加，每年可节约 101,944 美元，约占系统的大约 33%。

远程连接

远程连接是智能照明系统的一个关键性能。智能设备可以自动管理自己的运行，提升效率与质量。但除非设备可以与中心控制器通信，否则这种智能必须预先编写好，并且只有单台设备可以获得最高效率。

通过将照明系统中的各个部件连网，开发人员可以协调整体装置中各设备的运行。这样做能实现一种全新的功能，包括远程调光、远程关机与紧急控制。操作者可以从一个中心控制位置调节整个光组的照明强度，而不需要单独调节每盏灯。

为获得最多功能，每个部件都必须既能接收信息，也能将信息发回给操作者。这样，街灯可以做简单的自我诊断，以判断是 LED 烧坏，还是性能低于了一个最小品质阈值，然后告知操作员做必要的维护。这样，就不需要让技工去做定期维护来确保设备正常工作，操作人员可以远程做出检查，只有当问题严重到一定程度时，才派技工去。这种远程监控与 LED 的长工作寿命相结合，可以大大节省维护成本，增加运行的安全性，因为可以立即判断出故障。

远程控制还能实现其它先进功能, 这些功能对工作效率和成本有明显的影响, 能够动态地控制灯光, 以及将多处照明点连网到某处的一个控制点, 这个控制点也许与实际灯光位置距离遥远。例如, 街灯可能需要按照夏令时做出调整, 此时不需要派技工去每个控制箱, 照明系统操作人员可以在系统中修改所有灯光的时间表。操作人员还可以轻易地在时间表中实现临时改变, 例如在晚场结束的运动会后提供道路灯光照明, 或者在繁忙季节中保持工厂照明等。远程控制还能在紧急状况下直接控制灯光, 从而提高安全性。

商用与工业中的智能照明还有一个更有益的功能, 这就是精确地跟踪功耗情况。例如, 过去街灯的支付费率是固定不变的, 而有了智能灯光控制器, 市政操作人员就可以跟踪实际功耗, 将数据发至一个中心控制点, 确保该市支付的电费不超过实际金额。

对实际使用情况的数据记录能让操作人员精确地调节自己的运行成本规划、维护资源以及未来投入。它还能够实现更先进的前瞻性诊断。动态高能耗或需要大量更换灯泡, 这些问题如果能提早告知操作人员, 就可以在它们推高运行与维护成本以前, 尽快加以处理。

连接能力也是很多照明系统的基础, 尤其是娱乐应用。这个市场中已有了很多通信标准, 包括 DALI、DMX512 和 KNX, 而支持这些协议的设备就拥有了一种竞争优势。

电力线通信

PLC (电力线通信) 即让网络设备运行在为设备供电的相同电源线上, 而无需装设独立电缆作为通信链路, 这是照明应用的一种重要技术。对于不需要全套 PLC 功能集的应用, PLC-Lite 是一种灵活的替代方法, 它以较低的数据速率提供了简捷性, 并降低了协议开销。开发人员能够以低得多的每链路成本实现 PLC-Lite, 小于 PLC 的一些更复杂变型, 如 G3 或 PRIME (电力线智能读表演化)。

由于 PLC-Lite 不是一个固定的标准, 开发人员可以利用它的灵活性优化某个通道特性的实现, 以提高那些需要处理电力线干扰环境下的链路强健性。PLC-Lite 非常适用于需要低成本但有强健通信通道的应用, 如家庭网络中的单只灯泡或墙上开关。

开发人员还可以采用射频技术, 以无线方式连接各个设备。通过模块化结构, 设备可以采用任何最适合客户需求的连接。无论链接是采用 PLC 或 Wi-Fi, 数据都通过一个标准 I2C 或 SPI 端口传送给微控制器。

集成化优势

为降低系统成本, 开发人员需要一种有足够处理能力的微控制器, 用一只微控制器就能实现功率级、LED 控制、传感器输入以及远程连接能力。通常情况下, 一个集成了所有系统控制器的单芯片设计要比需要多 MCU 的方案价格更低。

不过，有些照明系统中存在着高电压和低电压，通常需要在 PFC 和 DC/DC 之间有一种隔离边界（图 3）。这种情况下，采用两只微控制器可能更容易些，两只微控制器通过 I2C 或 SPI 接口实现跨隔离边界的通信。如果设计是非隔离的，则用同一只微控制器实现 PFC 和 DC/DC 转换功能就相对简单些。

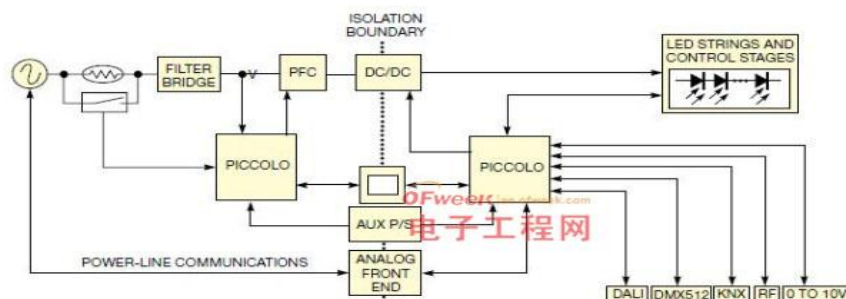


图3: 这是一个需要在高低电压之间采用隔离边界的系统。这时采用两只微控制器可能更简单，它们之间通过 I2C 和 SPI 通信。如果设计是非隔离的，则用同一只 MCU 实现 PFC 和 DC/DC 转换就更简单。

当为 LED 设计使用单个微控制器时，最好是有一种适合于广泛应用的高性能架构，这样针对数字功率控制的设计就能支持各种电源结构。微控制器最好集成有以下功能：

(1) 高精度 PWM 生成以及占空比控制，以及高精度的死区，以实现对功率级的更高效、更高性能控制。先进 PWM 提供了生成非常精准彩色输出以及调光级的能力。例如，通过 16 路 PWM 输出，微控制器可以独立地控制多达 16 个单独 LED 串。

(2) 提供高达 4.6M 采样/s 采样与转换速度的模数转换器。A/D 模块与 PWM 相结合，使工程师能够创造出一个严密的反馈回路，对不断变化的系统与周围工作条件做出快速反应。

(3) 内置故障保护机制，处理过流和过压情况。PWM 故障跳闸区使系统能够在意外系统状况下，绕过 CPU 并用一个预先设定的状态替代 PWM 信号，从而防止系统损坏。

(4) I2C、SPI、UART、USB 与 CAN 外设具有已生产就绪的固件驱动，满足大多数 LED 应用的连接需求。

德州仪器公司的 C2000Piccolo 平台是用于 LED 照明设计的集成微控制器的例子（图 4）。32 位 TMS320C28x 核心提供了微控制器器件中的数字信号处理能力，具有经优化的算术运算、用于实时控制的中断驱动架构，以及能响应变化事件的可编程灵活性。TI 的集成 CLA（控制规齿加速器）是一个独立核心，在无需增加成本或第二只 MCU 开销的前提下，实现了双核运行。CLA 能够独立于 C28xDSP 运行，其设计可完成高效的并行处理。

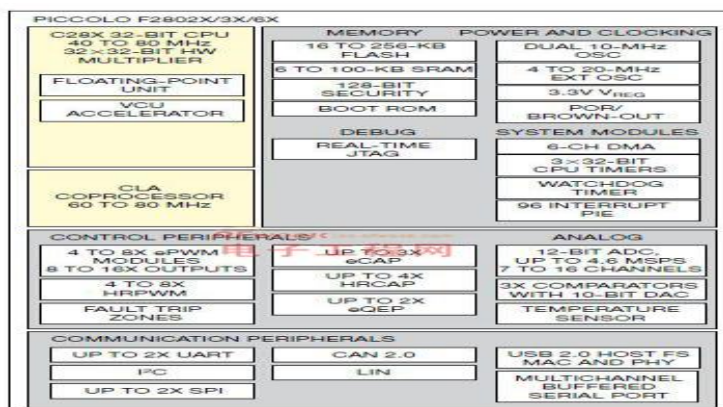


图4: TI公司的Piccolo微控制器平台提供了针对数字电源控制而设计的高性能、高集成架构。具备支持各种电源结构的灵活性。

Piccolo 微控制器将一个照明系统的功能划分为 C28x 核心和 CLA 核心，用一只芯片实现了完整的智能 LED 控制器。例如，CLA 可以用于运行 PLC 算法，而同时 C28x 核心则专注于数字功率转换以及 LED 串控制。对于需要更先进或更高带宽 PLC 的应用，还有一个供 Piccolo F2806x 微控制器使用的集成式 Viterbi 复杂算术单元 (VCU)。该 VCU 专门针对 PLC 算法做了调整，与没有 VCU 情况相比，可以使 PLC 处理速度提高 6 倍。

很多公司都提供开发软硬件，帮助工程师们评估和设计出各种 LED 照明应用，从小电压的辅助供电系统，直到有远程连接功能的高电压全交流供电系统。TMSIACLED COMKITacLED 照明与通信开发人员套件就提供了一个完整的平台，可加快交流供电的智能照明产品设计，使其具有高的工作效率（约 90%），并完全支持远程连接以及照明通信协议。

附文：LED 的优点

照明行业正在所有领域转向 LED 技术，以获得 LED 优于白炽灯、紧凑型荧光灯，甚至高压钠灯的优点。这些优点包括：

更高效率：LED 有高的流明/瓦性能，较传统光源大大节省了能耗。

较少维护：LED 的寿命在 5 万小时水平，因此几乎不需要频繁的更换与维护。

直接照明：当光源可以直接照射时，照亮一个区域需要的光输出就较低。LED 的光线旁漏较少，因此降低了光“污染”，优于其它光源。

抵御振动：对街灯等应用很重要，因为外部作用力可能影响一盏灯的工作寿命。

更安全的技术：LED 不包含水银，较其它照明技术对环境更加安全。

智能控制：LED 照明系统可以支持先进的功能，提高效率，以及更优化的照明。这些功能从自动调光直到自动适配当前环境光，以及自适应的每日定时运行，以获得最大的节能效果。

快速工作：LED 可以快速地完成开/闭转换，并且具有较短的起动时间。

OFweek 电子工程网