

基于数字调光标准的 LED 驱动器及其道路照明系统智能化的实现

Based on standard digital dimming LED driver and the realization of intelligent road lighting system

叶云燕

摘要： 本文将对基于数字调光标准的 LED 单芯片驱动源特征与应用及基于新拓扑结构的道路照明驱动电源作分析说明，并对 LED 道路照明系统智能化的关键技术作研讨。

关键词： 数字调光，道路照明，驱动电源，智能通信

Abstract: this paper will be based on digital dimming LED single chip driver source characteristics and application of standards and based on the new topology structure of road lighting, also analysis the driving power and the key technology of intelligent LED road lighting system for discussion.

Key words: The digital dimming, Road lighting, Drive power supply, Intelligent communication

中图分类号：TN6 文献标识码：A 文章编号：1606-7517(2015)04-5-137

当今，政府首先将 LED 道路照明产品灯等列为重点发展对象，尤其是道路智能化及其系统。因此，研发具有高效率、高寿命、低成本的驱动电源以及新型数字调光标准的单芯片 LED 驱动器应用于 LED 道路照明产品之中就显得迫在眉睫，与此同时为实现 LED 道路照明系统智能化的设计应用好关键技术也极为重要。

据此，本文将对基于数字调光标准的 LED 单芯片驱动源特征与应用及基于新拓扑结构的道路照明驱动电源作分析说明，并对 LED 道路照明系统智能化的关键技术作研讨。

1 基于数字调光标准的单芯片 LED 驱动器特征与应用

由常规 LED 道路照明驱动电源存在严重不足或缺陷，而引发新型的 LED 道路照明的驱动电源的研发与应用。它的实现有多种，值此仅以二种架构典例作分析，一是在技术上应用数字调光；二是在结构上应用新的拓扑结构。

1.1 LED 照明的数字调光

1.1.1 新的挑战与数字调光技术的呈现

现在 LED 道路 / 隧道照明技术产业有太多的 LED 模块，从而各种不同 LED 模块也带来应用上的复杂性。如何

解决？则以数据为定义的驱动技术与其标准复杂性。目前的 LED 的驱动共有六个参考标准，所有的信号处理是由一个在 LED 信号中预设的参考标准来定义的。如果需要外部任何改动，都需要重新针对芯片预设的参考标准进行调整或校正。

而采用数字定义驱动可以不改变硬件，改的时间只需要几分钟，而不是像改硬件那样需要几个小时甚至几天。另外，在整个灯具组装完成之后，可以进行重新的校准和配置，这样在成品时，可以根据温度等参数再次调整；而且灯泡的功能也可以根据不同的订单要求的规格等进行功能的变化。对此分别以基于数字调光标准 Ledotron 的单芯片 LED 驱动器及应用调光方案作说明。

●数字调光标准 Ledotron 呈现

它可为智能照明应用打造新一代高度灵活与智能的 LED 驱动器 IC。它的第一个特点是即插即用式，以替代传统的调光器。第二个特点是利用基带调制技术，基于电源线的数字调光协议（而不是高频的调制技术），并且兼容各地的所有 EMI 标准。另外，使用这个技术是完全开放、允许可协议的。再有，在 IEC62756 中实现标准化；支持多通道可定址协议；支持颜色控制和可调白光。该调光的优势是，解决了切相调光器的所有兼容性问题，即兼容所

有调光器，以及开关和各种各样其他的灯光设备。此外，无音频噪音，无可靠性问题，无闪光问题，调光器和光源之间的电缆最长可达 100 米，可连接任意数量的灯泡仅受总功率的限制；LED 驱动器的电效率远高于传统的切相调光器。

● 基于数字调光标准 Ledotron 的单芯片 LED 驱动器 (iW6401) 特征与应用

iW6401 (由 Dialog 公司产) 是属智能照明应用新一代高度灵活与智能的 LED 驱动器。其典型 iW6401 构建与应用框图如图 1 所示。

iW6401 特点是非常简单，即使设计者对调光标准 Ledotron 并不是知道得特别详细，也可以应用。整个系统有三个主要因素，第一个是采用市电电压供电；另外还有一个滤波电源，用来支持调光器；第三还有一个控制器。用户可以使用数字处理技术，在电源和 iW6401 芯片之间调节，之

间的连接非常简单。未来的调光器除了调光以外，还可以控制灯的颜色和温度。为什么需要温度控制？完全是从安全的角度考虑，使功耗产生的温度在安全可控范围内。

图 2 右上方虚线框为初级端数字控制技术 (PrimAccurat fltback)。该技术采用实时波形分析，通过隔离变压器初级端来检测 LED 电流，而不需要来自输出端的直接反馈，同时保持了对 LED 串的严格恒流调节。该技术的另一个好处是内部反馈回路补偿，它简化了设计，减少了外接元件的数量，尤其是不需要光耦这种有最高 FIT 率的元件，提高了 LED 驱动电路的可靠性，因此改善了灯泡的整体可靠性。

iW6401 可以支持高达 25 瓦的 LED 灯泡，并支持多个调光接口，包括通过一个简单的市电开关进行两段或无级数字调光、新的 Ledotron 数字调光协议以及基于钮子开关的调光。其芯片的数字控制回路可以精确控制输入功率和

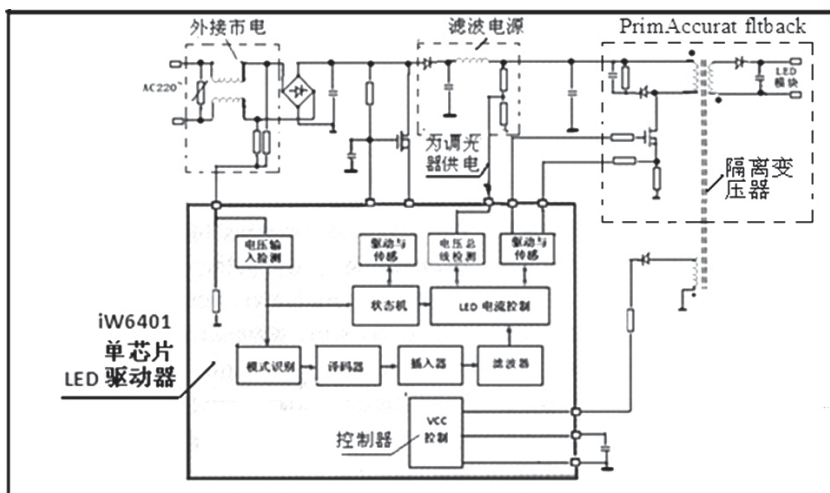


图 1 基于数字调光标准 Ledotron 的单芯片 LED 驱动器 (iW6401) 构建与应用示意

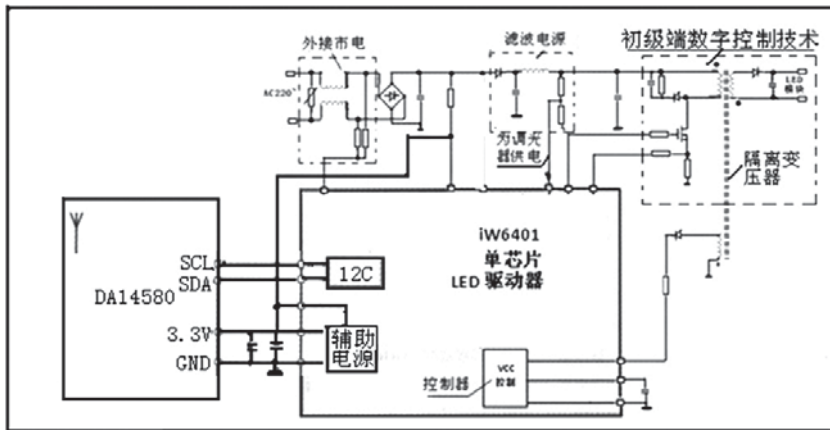


图 2 由单芯片 LED 驱动器 (iW6401) 和蓝牙数据收发器 (DA14580) 组成蓝牙无线调光框图

光输出。该产品可以实现较高的功率因数，同时维持绝对稳定和无闪烁的光输出。由于可支持多个调光接口，故可将电源转换器 AC-DC 连接至隧道照明系统或楼宇、家庭自动化系统。当使用一个外设控制器时，一个可控且稳定的电源管理单元将为其提供电源。

优势：降低复杂性，简化供应链，一个芯片适用所有情况；终极灵活性，单一芯片支持不同的 LED、功率和功能集；降低了成本。

1.2 蓝牙无线调光

无线控制是非常重要的技术发展方向。不过，无线有不同的技术标准，为此，采用了模块化的思路。图 2 是新型的即插即用的芯片组，由 iW6401 和 DA14580 组成，后者是一个蓝牙数据收发器。即图 2 为由此单芯片 LED 驱动器 (iW6401) 和蓝牙数据收发器 (DA14580) 组成蓝牙无线调光框图。

该方案可以兼容所有“蓝牙 +LED 驱动”的方案，功耗极低，市电状态下，所需功耗仅 5 纳安。现在，可以用 iPhone 里装的 APP 应用来控制灯。iW6401 提供了一个通信的接口和一个辅助电源的接口，所以 iW6401 和 DA14580 的连接不需要其他的芯片，连接非常简单。

选择蓝牙的第二个原因是蓝牙可以通过智能手机进行控制，而 Wi-Fi 没法通过手机实现，与 iW6401 连接的蓝牙模块与普通模块有什么区别，因为灯泡里会有一些金属，例如散热片等，所以天线放的位置需要考虑。

需要指出的是，这里所指的蓝牙无线电收发器，实际上就是指用于数据通信的蓝牙模块，或是通过蓝牙技术收

发数据。蓝牙模块有很多种，有的和 Wifi 模块一起集成在一个 mini-PCI 卡里，有的则相对独立（称作蓝牙适配器），有的笔记本是自带蓝牙功能的，配置里会做说明（如：自带蓝牙 2.0 或 3.0）目前比较流行的是 3.0 或 4.0。

1.3 新的拓扑结构

为了解决传统 LED 道路照明产品驱动电源的缺陷，提出了一种新型 LED 道路照明产品驱动电源的拓扑结构，来优化驱动电源的设计并实现量产化。如图 3 所示，新型的 LED 道路 / 隧道照明产品驱动电源采用两级结构，省略了传统方案的三级结构中的每串 DC/DC 恒流电路。

AC 交流输入端首先加入功率因数校正 (PFC) 电路，该 PFC 电路与传统方案是一样的，一般为有源 BOOST 升压电路。第二级采用新型的多串变压器谐振半桥电路结构，谐振电路控制器放在变压器输出次级侧，直接对流过 LED 的总电流进行恒流反馈变频谐振控制，并通过变压器磁平衡实现多串 LED 输出侧的电流均衡。电磁干扰输入桥。

* 新型优势

其一、效率高，由于新型驱动电源采用两级结构，第二级的谐振半桥电路具有 ZVS 零电压软开关的工作特性，可以实现高效率，在 220Vac/50Hz 输入条件下，整体效率可以高达 92% 以上；其二、成本低，可靠性高、具有 LED 过压（开路）、短路、过温等保护，由于谐振主控制器放在次级侧，可以直接对 LED 输出的电压进行过压和短路保护，同时，原边侧具有过流保护；其三、兼容 PWM 数字无线调光 and 传统模拟调光 由于谐振主控制器放在次级侧，这样

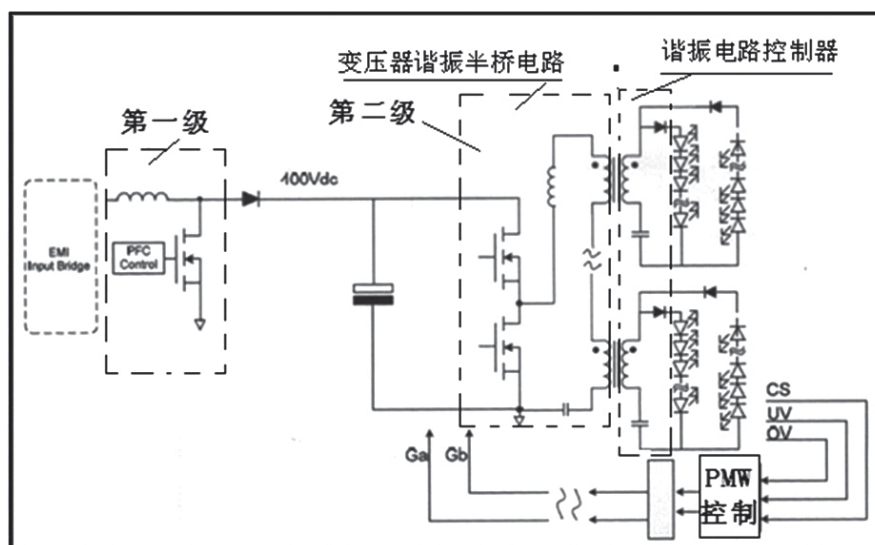


图 3 二级新结构的新型的 LED 道路照明驱动电源构建示意

可以和 PWM 数字无线调光和传统模拟调光兼容，实现整体 LED 系统控制。

2 关于实现 LED 道路照明系统智能化应重视的关键因素

LED 道路或隧道照明系统的智能化程度是一个值得关注的问题。而通信、电能测量和环境光检测是 LED 道路系统智能化设计的基础，其因是，通信功能则将每个光源连接在一起，以进行维护识别、系统级协调并允许远程控制并将小型、大型照明装置连接成中央网络；电能测量提供系统的健康运转及能耗信息，并测量准确计算消耗的功率，为预测性维护提供系统洞察力；环境光检测可以减少 LED 的实际照明时间，节约电能并延长二极管寿命，通过环境光检测，可以在其它光源已提供充足照明时调暗照明灯，此外，通过检测环境光的颜色，能够调节高级 RGB LED 照明系统的颜色。所有环境光检测、通信、电能测量这些特性，将进一步节省能源，降低运营成本。为此对实现 LED 道路照明系统智能化的关键因素作解析。

2.1 关 LED 的智能通信

“耳朵”和“喉咙”是实现实现 LED 道路照明系统智能化的最重要功能。通过将照明灯简单组网，即可通过网络控制灯的开、关，或者调光，这种操作将降低能耗。通信也为断电、维护和应急提供快速反馈，该信息将节省总体系统维护成本。无线和有线通信能够在不同环境下很好地工作，取决于网络规模和拓扑。无线比较适合于小型室内以及大型室外应用，后者需要具有连续视线、可用的频段以及裕量足够的传输功率。电力线通信 (PLC) 利用现有电力线实现通信。PLC 非常适合于大型市政类照明装置、

隧道、室内停车场等由于物理位置或建筑墙壁的原因而无法使用自然光的环境。所有通信引用中，可靠性是关键所在。如果通信发生故障，系统就毫无益处。无线应用中，信号传输方式可能是 Wi-Fi®、ZigBee® 或其它往往属于，但不仅限于工业、科学和医疗 (ISM) 射频频的标准协议。限制功耗提供了网络灵活性，如果端点使用电池时则至关重要。目前有一种独特的应用，其中照明灯开关上配备有能量收集射频 (RF) 收发器。系统收集用于拨动开关的能量，产生可使用的直流电压，支持照明灯具的无线电通信 (< 1GHz RF)。只要信号能够覆盖光源，该开关可置于房间内的任何地方。无需连接照明开关，室内设计更灵活，照明控制更可靠。

而电力线通信 (PLC) 利用现有电力线实现通信。PLC 非常适合于隧道、大型市政类照明装置、室内停车场等由于物理位置或建筑墙壁的原因而无法使用自然光的环境。这是为什么呐？

PLC 照明控制方法利用现有的供电线路，不失为高性价比选择。由于通过维护很好的现有供电线路实现通信，PLC 避免了许多麻烦，例如共用通信频率、恶劣天气时的性能以及网络维护。范围、速度和可靠性是设计 PLC 的关键。电力线的噪声极大，影响系统通信的可靠性。通信是一种基于 OFDM 的新型 PLC 标准，可实现电力线的可靠通信。该标准支持高达 300kbps 的速度、网状组网以及高噪声环境下的可靠模式非常适合 LED 控制网络。基于 OFDM、PLC 控制的照明网络类似于现有的 G3-PLC。图 4 所示为用于隧道照明的 PLC 装置，该系统已经节约了 25% 的电能，维护成本降低 30%。该大型设施系统支持最多 1022 盏照明灯，通信距离长达 3km。

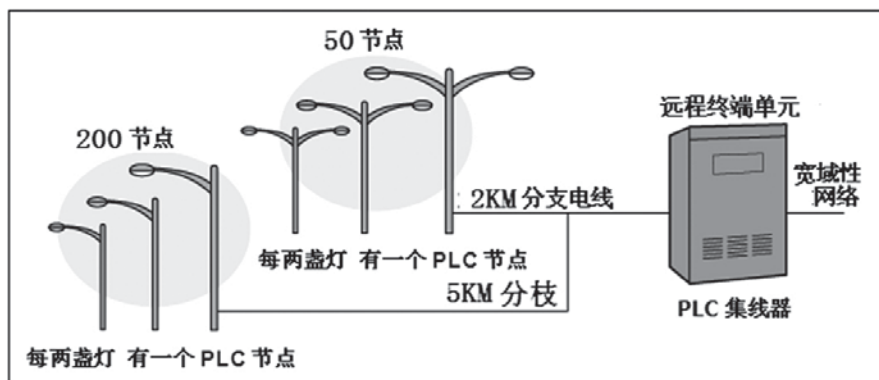


图 4 用于道路或隧道照明的 PLC 装置 采用 PLC 的道路灯网络示例

4.2 关于光检测

通过环境光检测,可以在其它光源已提供充足照明时调暗照明灯;此外,通过检测环境光的颜色,能够调节高级 RGB LED 照明系统的颜色;而通信功能则允许远程控制并将小型、大型照明装置连接成中央网络;则电能测量准确计算消耗的功率,为预测性维护提供系统洞察力。所有环境光检测、通信、电能测量这些特性,将进一步节省能源,降低运营成本。

环境光传感器 (ALS) 检测传感器附近的光量。这些简单器件成为 LED 照明系统的“眼睛”,也是节约能耗的关键。当房间已经有充足的光源时,照明完全没必要,可将照明灯调暗或完全关闭,降低功耗、延长照明灯寿命。ALS 的关键特性包括功耗、流明监测范围,以及 IR 和 UV 滤光。这些传感器必须安静地呆在系统中,不能消耗过大电能,从而破坏节约系统能耗的初衷。好的 ALS 耗流达到 $1\mu\text{A}$ 以下。流明检测范围必须达到室外环境的典型流明范围。 0.1lx 至 $100,000\text{lx}$ 一般可满足大多数应用要求。考虑到系统可靠性,可能有必要采用略大的范围。IR 和 UV 滤光可消除实际系统中不可见光的光谱。

4.3 关于电能测量

智能 LED 灯还需要具备电量计算能力。从智能电表到电压控制器再到电动汽车充电器,每个智能电网装置都具有电能测量功能,实时为电力公司和用户提供准确的用电信息。发回耗电量的大多数照明装置提供关于建筑及市政照明环境的详细信息,可确保电力公司的收费与耗电严格一致。通过调光或在不使用时关闭照明灯,及时、准确地响应用户需求。此外,特定照明灯的耗电波动说明需要进行系统维修、维护或更换。毫无疑问,许多照明灯处于难以触及的区域,优化维护可节省费用。为生成智能电网中的有用数据,电能测量设计必须在较宽的电流范围保持高精度测量。不仅如此,限制或消除校准时间也会降低总体系统成本。图 4 所示为一种灵活的 LED 照明参考设计,具有电能测量功能 5。电能测量芯片也提供系统调光和 DALI 接口。

目前许多城市安装了非智能 LED 照明灯,这为改善 LED 照明设施性能的集成模块提供了巨大的商机。为实现可升级,这些系统需要连接到智能照明系统。如果 LED 的成本和容量一定,简单更换相对较新和效率较高的 LED,性价比较低。简单接口,例如 DALI,允许将来增加 ALS、通信和电能测量功能。