

现阶段 LED 照明调光方案解析

面对一个看似非常简单的调光功能需求，现代的3G、4G、云端运算世代的电子业却束手无策。当红的媒体宠儿——智慧电网——对照明控制也完全无能为力。这难免让人怀疑整个智慧电网的概念，纯粹是一场炒作的泡沫闹剧而已。

绝大部分的电子工程师都感到同样困惑，为何谈到照明调光，我们还是要依靠一个古老的元件——SCR硅控管？设计一个调光功能，真的有那么难吗？

其实困难点是在装置成本与市场的不确定性。若能自硅控调光器的优缺点以及其他调光方案装置成本来分析，许多困惑将可以澄清。

本文针对现有的调光方案进行解析。并提出几项大胆的预测：

- (1) 硅控调光器将和白炽灯一起走入历史
- (2) 电子调光器与遥控调光器也没有市场前景
- (3) EZ Dimming 是唯一通用可行的调光方案，也将成为无所不在的调光方式。

1、照明需求基准

首先让我们先了解照明需求的基准与调光节能的关系。照明设计须考虑光源强度，和被照物或被照平面所得到的光通量。光源强

度的计量单位是流明 (Lumen)。照度的计量单位是 Lux。两者之间的关系是 $1 \text{ Lux} = 1 \text{ Lumen/m}^2$

假设我们有一座 10W的LED台灯，发出来的总光通量是 600 Lumens。如果这 600 Lumens全部集中在一平方米的桌面，那桌面的照度就是 600 Lux。

(1) 商用照明——明亮的食物，尤其是面包、汉堡、海鲜、烧烤等可以刺激食欲。所以面包蛋糕店、汉堡速食店、餐馆的橱窗要有 1000 Lux 以上的照度。珠宝、钟表、衣饰店，也必须要有明亮的照度，以刺激购买欲。精密工业、彩色印刷、博物馆、画廊、眼镜店、3C 卖场、书店、打字、制图、诊疗室都要有 1000 Lux 照度。

(2) 一般照明——办公室、教室、量贩店、一般店面、咖啡店、快餐馆、工厂、生产线，则要有 300-800 Lux。

(3) 非工作场合——如车站、机场、医院、大楼大厅、病房、走廊、楼梯间、厕所，则 100-300 Lux 即可。公园、停车场、与街道则可以低到 10-50 Lux。

(4) 非营业时段——商用照明、一般照明在非营业时段，可以降到 100-300 Lux。

适度的照明，对商店的竞争力，绝对有显著的影响。便利商店、百货公司一楼的重点专柜，包括化妆品、珠宝，照度都超。照过 2000Lux 明不足，就不会吸引注意力与购买欲。若照明过度不足，还会增加人员的疲惫感与睡意。

[lux]	3000	1000	300	100	30	10
工廠	精密機械電子 零件製造印 刷製圖	一般製造業	機房 通道 樓梯 廁所	庫房 材料放置場		
商店	陳列櫥窗重點	收銀機包裝台 電梯廳店面	機房 通道 樓 梯 廁所			
事務所	設計製圖打字 大廳玄關	會議室主管 室	機房 通道 樓梯 廁 所			
住宅		書房客廳化妝	餐桌調理台 浴室	通道 樓梯 廁所 全般性		
學校	設計製圖 打字	禮堂 通道 樓梯 廁所	教室 研究室 閱覽室 教 職員室 室內運動場	室外運動場		

表 1 各場所照明的基準

2、调光节能

灯光是人为照明，在夜晚或自然光不足の場合提供足够的照度。但是灯光消耗电力，在不需要时关掉灯光是可以节约能源。不过在有些时段和情况，如果可以把灯光调到较暗的程度（25~50%），也是可以大幅降低能源消耗（-50%~-75%）。

许多公用建筑或场所，如机场、车站、码头、停车场、街道医院、病房、工厂，在夜晚不宜把灯光全部关掉，否则有行动不方便或治安的顾虑。、公园、百货商场、学校、

办公大楼的大厅、厕所、走廊、楼梯间等场所，在下班后维持适度的照明，也可以方便加班工作的员工，并避免治安的死角。

24 小时营业的便利商店、加油站、旅馆等，也可以在深夜生意较清淡时，把灯光调暗一部分，以节省电费。

3、现有主要调光装置

常见的调光器包括硅控调光器 (Triac dimmer) (前切式)，电子式调光器 (后切式)，与遥控调光器 (红外线或RF式)。

(1) 电子式调光器 —— 可以添加许多先进功能。但是必须施工，更改灯具接线 (一般墙壁开关只有接往一条交流电线，无法提供电源予电子线路)，装置成本高。

(2) 遥控调光器——可以添加许多先进功能。但有遥控器昂贵，容易遗失，公共场合不适用等问题。目前飞利浦与Sharp都有照明遥控调光器产品。价格相当昂贵，可调光的灯泡售价约是无调光灯泡两倍。遥控器另计，通常要价在\$30 ~\$50。遥控调光器另一缺点就是容易遗失，尤其是在公共的场所如学校、办公大楼等地方。

更糟的是，这两者都有灯具需要搭配相同厂牌的调光器，所以没有统一规格。也就是因为各厂牌互相无法相容，所以现有市场很小，未来也不太可能普及。

GE、Toshiba、Panasonic尚未推出遥控调光照明产品，相信不会采用竞争者的产品规格。诸大厂各行其是，就像手机的充电器一样，Nokia、Samsung、LG、Motorola 都互不相容。

(3) 硅控调光器 —— 电子式调光器、遥控调光器装置成本高，又无统一标准，所以古老的硅控调光器采用量稍多。虽然硅控调光具有许多缺点，但是因为不用改变接线，装置成本较低，各厂牌硅控调光器的性能和规格差别不大，是许多LED照明厂目前选择的调光方案。

	SSL2101	LM3445	IW3610
可支援調光器型式	Triac dimmer Transistor dimmer	Triac dimmer Transistor dimmer	Triac dimmer Transistor dimmer
Input voltage buffer 方式	Passive PFC	Passive PFC	Boost front-end
Power MOSFET	內建 600V, 15W MOSFET	外接兩顆 MOSFET	外接兩顆 MOSFET
驅動線路架構	Flyback	Buck or flyback	Flyback
宣稱最高效率	約 75%	約 85% (buck)	約 75%
Bleeder 損耗	約需用 1W	約需用 1W	不明

表 2 市面上可见的 Triac Dimmable LED Lighting Driver IC

4、硅控调光器的缺点

但是硅控调光器会成为未来 LED 照明的主流调光方式吗？答案是相当不乐观的。首先来检讨硅控调光器的工作原理与其先天的缺点。

硅控调光器主要构成元件包括：(1) 硅控管——用来截取交流电压部分导通角度，以改变灯具的输入功率 (2) RtCt timer——Rt为可调电阻，用来改变硅控管导通角度 (3) Diac——一种击发硅控管的元件。注意：硅控管在击发之后就维持导通状态，直到流通的电流降到 hold-up current (维繫电流) 准位以下。硅控调光器原来是为

纯电阻性负载的白炽灯专用的，通常是无法匹配荧光灯与省电灯泡 (CFL) 。

硅控调光器的主要缺点包括：

(1) 功率因数会变差，导通角愈短，功因就愈差。调到 1/4 亮时，功因将低于 0.25。

(2) 效率会变差，因为在调暗时，负载不足，会造成硅控管提早关闭，导致 RC timer 与导通角错乱。更造成荧光灯或 LED 灯操作无法稳定，而闪烁不定的问题。欲解决闪烁问题，通常要加装洩流电阻 (bleeder or dummy load)。如此一来，用 bleeder 来消耗功率以维持硅控管的正常操作，就违背了原先调光节能的立意。

(3) 匹配问题，要开发一种与市面上数十厂牌硅控调光器，都保证相容的可调光LED灯具，是相当困难的。硅控调光器的匹配问题，请参阅NXP Application Note AN10754。

(4) 高装置成本，雇请一个电气工人来装置硅控调光器至少需要 \$30 至 \$50。

(5) 有限的既有市场，目前大部分办公室及商店照明都以荧光灯为主；而几乎所有的荧光灯都不能匹配硅控调光器。不管是在欧美，日本，或新兴国家，硅控调光器事实上都不普及。据统计，全美国包括家庭、商店、工厂与办公室，全部加起来约有七十亿灯管和灯泡。平均每个人备有 28 颗灯泡。但是装有调光器者，不到 1%。

照明大厂对硅控调光器前景不看好的几个实例就是上述 Philips、Sharp 推出的遥控调光器。但是不管硅控调光器或是遥控调光器，整个照明产业，显然没有共识。或者说，当消费者不能接受昂贵的调光方案，而品牌厂商只有兴趣生产高利润的遥控调光器时，调光节能环保的美意就无疾而终了。

所以就如前述，我们现在处于 3G、4G 世代的电子业对一个简单的调光功能却束手无策，实在很讽刺。事实上，无法提供调光功能，是照明业者长久以来的一个窘境。LED 照明业者，必须果断地突破这个僵局。更佳者，若能开创出一种接近零成本，不需要改变接线，不需要遥控调光器，又能维持高效率与高功因，又能立即被普遍采用的调光方式，就能让 LED 照明更可以和省电灯泡竞争。调光功能的突破，对整个 LED 照明产业，是一个非常重要的关键。

5、四段调光

在照明这种传统产业，最可行的标准，就是原来的标准。最容易的方案，就是不需改变现状。

LED 照明产业是一种渐进演变，不能改变现有照明系统的基础建设 (infra-structure)。不管是灯具造型 (PAR38, PAR30, A19, MR16, T8, T12)，灯具接头 (E27, E26, E17, G13 for T8, T12)，都很难再改变。到目前为止，比较成功的LED照明的产品，都是造型和使用方式与传统的灯泡和灯管很类似。日系LED照明厂在造型

方面通常会沿用传统风格。比起造型怪异的省电灯泡，古典造型的LED灯泡自然会更受到消费者的喜爱。

我们可以推测，最可行的调光方式，就是不制定新标准，不改变现况，不需要改变接线，不增加任何调光器，就能达到调光功能的一种方案。在这样的条件之下，我们直觉想到可以利用的，就只有在最基本的 wall switch 上动脑筋了。

四段调光——在台湾大部分家庭的客厅，都装有可切换灯泡数目的控制装置。其原理是有一块控制板，装在客厅吊灯上方。当墙壁开关切换数次，控制板就透过几个继电器 (relay) 来改变点亮灯泡的数目。

但是四段调光器必须外接线路板，而且是改变点灯的数目。如何把四段调光做进单一灯泡之内，的确需要创意。以往有使用MCU来侦测墙壁开关切换次数，并改变萤光灯电子安定器的输出功率，但是线路板元件相当多，成本也不低。

6、EZ Dimming

就是采取用四段调光的基本概念，但把调光功能内建在一颗MSOP-10的LED驱动器之内，没有任何其他外接零件的需要。同时在各段调光准位时，都能维持高效率与高功因。因为EZ Dimming结合了正弦降压线路 (sinusoidal buck)，或正弦正激线路 (sinusoidal forward) 的专利驱动技术，所以能轻易达到这种高功因、高效率、线路最小、成本最低的调光方案。

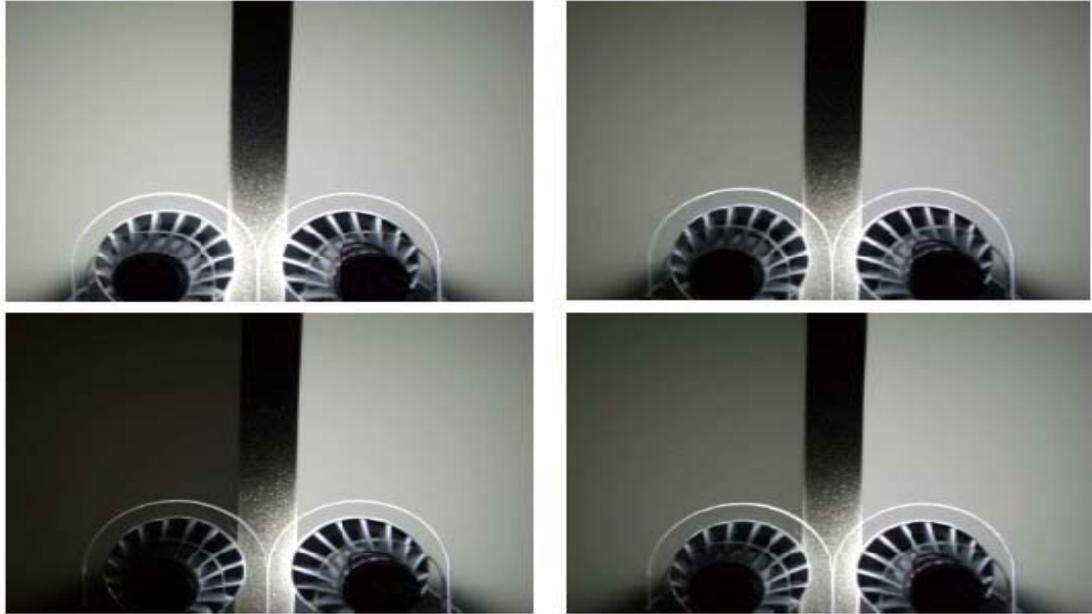


图2 EZ Dimming 四段调光的准位

说明：左侧A灯进行四段调光，右侧B灯维持全亮度

左上：A灯全亮 右上：A灯 60%亮 右下：A灯 40%亮 左下：A灯 20%亮

	Power Set Level	Measured Power Input	Measured Power Factor
Initial on	100%	8.7W	0.982
Toggle once	60%	5.1W	0.979
Toggle twice	40%	3.3W	0.953
Toggle thrice	20%	1.5W	0.922

表3 EZ Dimming 四段调光准位的功因

结论

照明消耗发电系统的 20%电力。近年来，世界各国相继立法，欲淘汰低效率的白炽灯。省电灯泡虽然价格低廉，发光效率也很高，但是其含汞及使用大量玻璃，很不符合环保宗旨。LED照明具有比省电灯泡更环保、不放射紫外线等优点，但是目前价格偏高。所以

LED照明需要提供一个省电灯泡所欠缺的调光功能，才能在这一波的白炽灯替代潮流中，很快争取到主要的市场占有率。

若能让所有现有照明系统都改成高效率，而且具有调光功能的LED照明器具，对全世界环保节能将有很大贡献。

现有的硅控调光器、电子市调光器、遥控调光器都有许多难以克服的缺点。EZ Dimming结合了正弦降压线路，或正弦正激线路的专利驱动技术，所以能达到高功因、高效率、最低成本、立即可用的调光方案。EZ Dimming无疑是最佳的调光方式，也是协助LED照明完成第三次照明革命的重要发明之一。