

基于 DU8608 可控硅调光 LED 驱动方案

文章分析传统开关电源驱动芯片 DU8608 以及可控硅调光的优缺点，通过实验数据验证可控硅调光的可行性。同时针对目前市场上大量涌现的调光方案，提出了几种类型调光方案，着重突出介绍可控硅的原理、优点和良好的发展趋势，展示了基于 DU8608 可控硅调光 LED 驱动方案的性能优势。

1. 引言

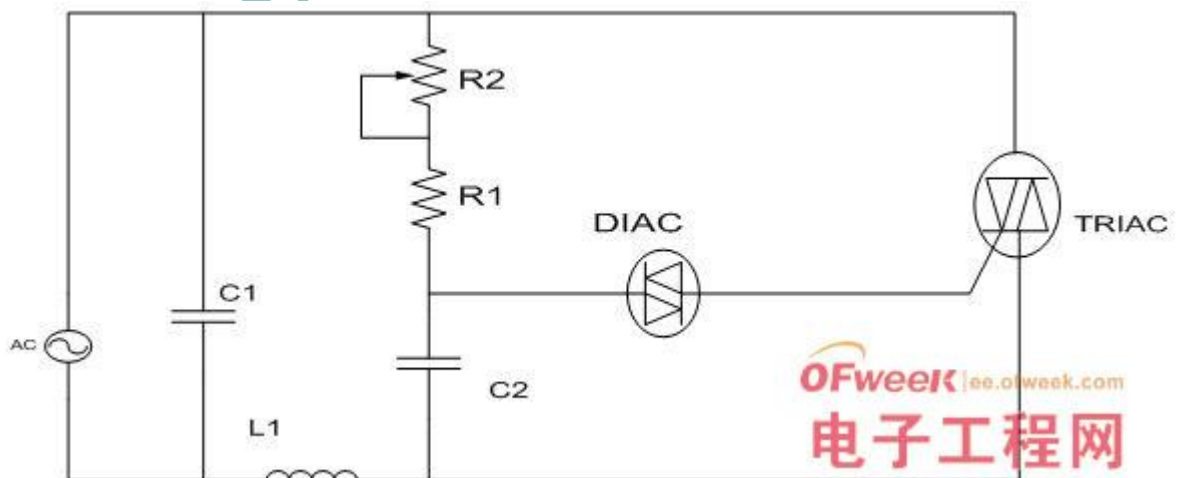
LED 照明经过发展后，由于本身具有绿色、节能、高效的特点，已逐渐开始替代白炽灯荧光灯等传统照明光源，成为 21 世纪的新一代照明光源。现阶段市场上存在的 LED 调光方案有可控硅调光、脉宽调制调光、分段式开关调光等。由于可控硅调光与白炽灯荧光灯的紧密结合性，使其在市场上占据主要地位。脉宽调制由于无法兼容可控硅引线，通常只能应用于调光型台灯，而分段式开关调光无法实现连续调光。综上所述，本文结合 DU8608 的特点和可控硅的优点完成可控硅调光的 LED 驱动。

2. 可控硅的简介

可控硅又称晶闸管。自从 20 世纪 50 年代问世以来已经发展成了一个大的家族，它的主要成员有单向晶闸管、双向晶闸管、光控晶闸管、逆导晶闸管、可关断晶闸管、快速晶闸管等等。可控硅调光器是白炽灯时代的遗物。

可控硅相当于可以控制的二极管，当控制极加一定的电压时，阴极和阳极就导通了。可控硅分单向可控硅和双向可控硅两种，都是三个电极。单向可控硅有阴极、阳极、控制极。双向可控硅等效于两只单项可控硅反向并联而成。

2.1. 可控硅的工作原理



图片说明：前沿可控硅调光器

电位计 R2 调整可控硅的相位角，当 VC2 超过 DIAC 的击穿电压时，可控硅会在每个 AC 电压前沿导通。当可控硅电流降到其维持电流（IH）以下时，可控硅关断，且必须等到 C2 在下个半周期重新充电后才能再次导通。灯泡灯丝中的电压和电流与调光信号的相位角密切相关，相位角的变化范围介于 0 度到 180 度之间。

可控硅一旦被触发导通后，将持续导通到交流电压过零时才会截止。为了避免开机时的大电流冲击，选用可控硅要有较大电流裕量。

此外触发脉冲应该有足够的幅度和宽度才能使可控硅完全导通。为了保证可控硅在各种条件下均能可靠触发，触发电路所送出的触发电压和电流必须大于可控硅的触发电压 UGT 与触发电流的 IGT 的最小值，并且触发脉冲的最小宽度要持续到阳极电流上升到维持电流以上，否则可控硅会因没有完全导通而重新关断。

2.2. 可控硅的优点

普通的白炽灯和卤素灯通常采用可控硅来调光。因为白炽灯和卤素灯是一个纯阻器件，它不要求输入电压一定是正弦波，因为它的电流波形永远和电压波形一样，所以不管电压波形如何偏离正弦波，只要改变输入电压的有效值，就可以调光。采用可控硅就是对交流电的正弦波加以切割而达到改变其有效值的目的。负载是和可控硅开关串联的。

改变可变电阻的分压比就可以改变其导通角，从而实现改变其有效值的目的。通常这个电位器带一个开关，用于开关灯。除了可控硅以外，还有晶体管后沿调光技术等。

3. DU8608 的介绍

DU8608 是一款高精度降压型 LED 恒流电源控制芯片主要应用于非隔离 LED 恒流驱动电源系统。系统工作于电感电流连续模式（CCM）。采用独特的闭环恒流控制专利 TRUEC2 技术，使得 LED 电源在宽输入电压、宽输出电压以及宽电感量变化下，输出电流均能保持小于 3% 的恒流精度。DU8608 采用了源极驱动结构，使得系统效率高达 95%。DU8608 内置模拟和 PWM 数字调光功能。DU8608 集成了各种保护功能，包括输出短路、输出开路、主电感短路保护、采样电阻开路、采样电阻短路和过温保护。从而提高了 LED 恒流电源的可靠性。

DU8608 具有如下特点：

TRUEC2 闭环恒流控制技术

3% 系统恒流精度

模拟调光、PWM 数字调光

采样电阻开路、短路保护

输出过流、短路保护

主电感短路保护

输出过压保护

过温保护

源级驱动

4. 实验验证

4.1. 实验样板

实验样板见图 1 和图 2.

4.2. 实验原理图

实验原理图见图 3.

4.3. 实验结果

由于可控硅是将输入电压固定在一个点上，因此本次实验参数如下：

输入电压：220V/50Hz

输出电压：76V

额定输出电流：250mA

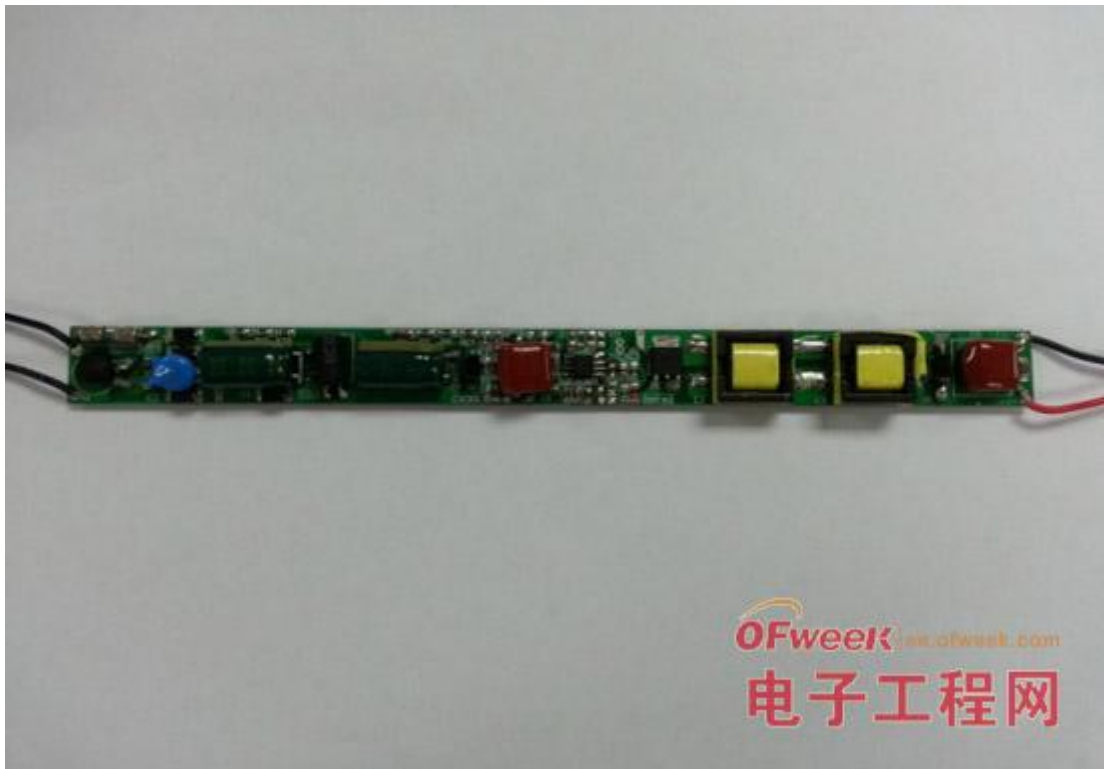


图 1:DU8608 测试板



图 2:带可控硅 DU8608 测试板

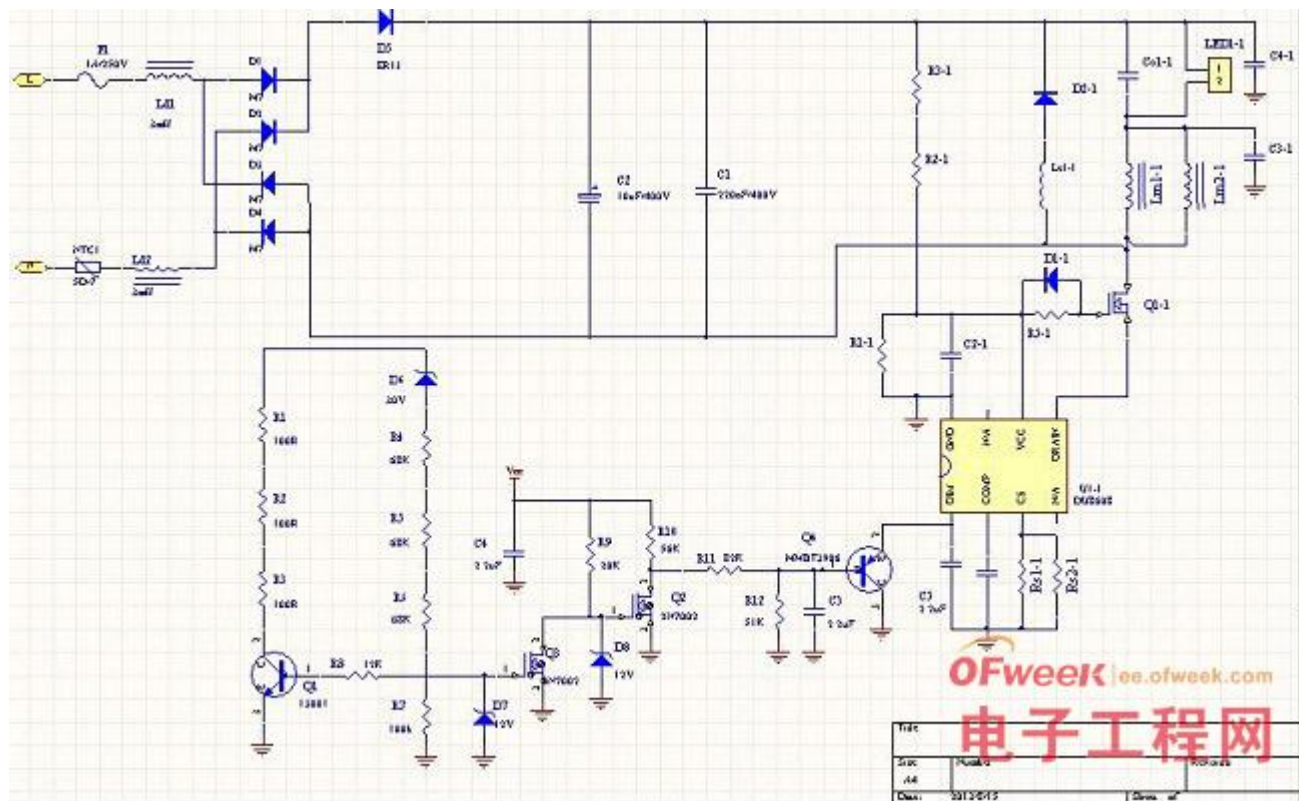


图 3:DU8608 可控硅调光原理图

调节可控硅旋钮，当调到 2 档时，LED 灯刚刚被点亮，此时输出电流为 93mA，输入电流和输入电压波形如下，蓝色代表输入电压，粉色代表输入电流：

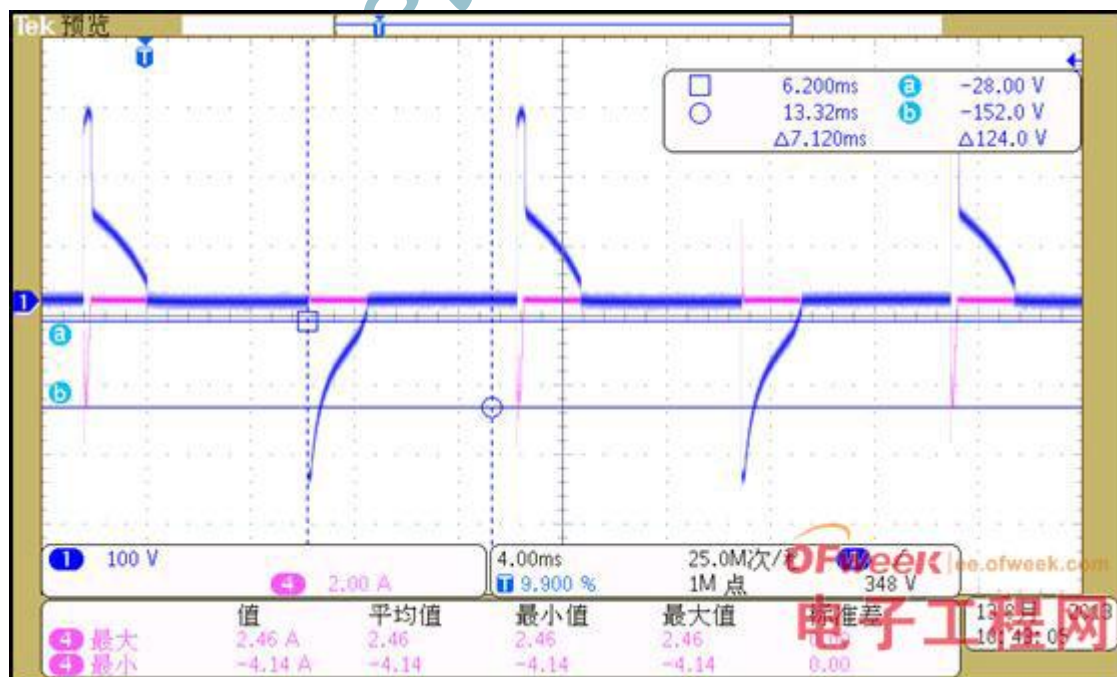


图 4:2 档时输入电压和输入电流波形

然后逐步调节至 5 档，调节过程中灯逐渐变亮，调至额定输出电流 240mA 时，此时灯最亮，得到的输入电压和输入电流波形依次如下：

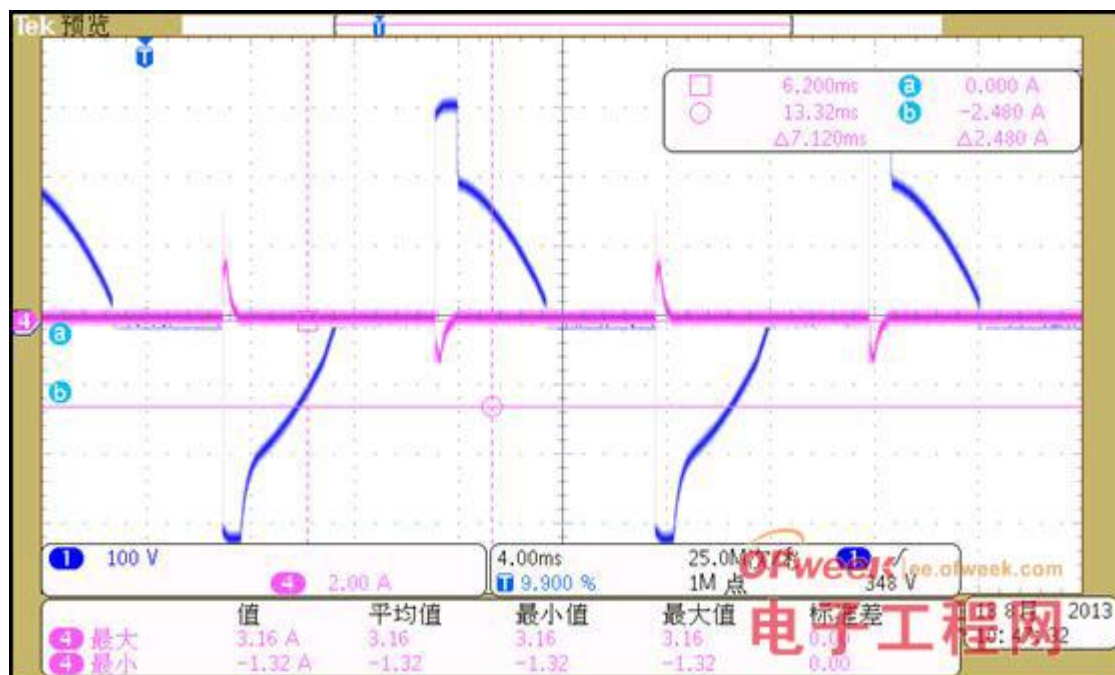


图 5:3 档时输入电压和输入电流波形

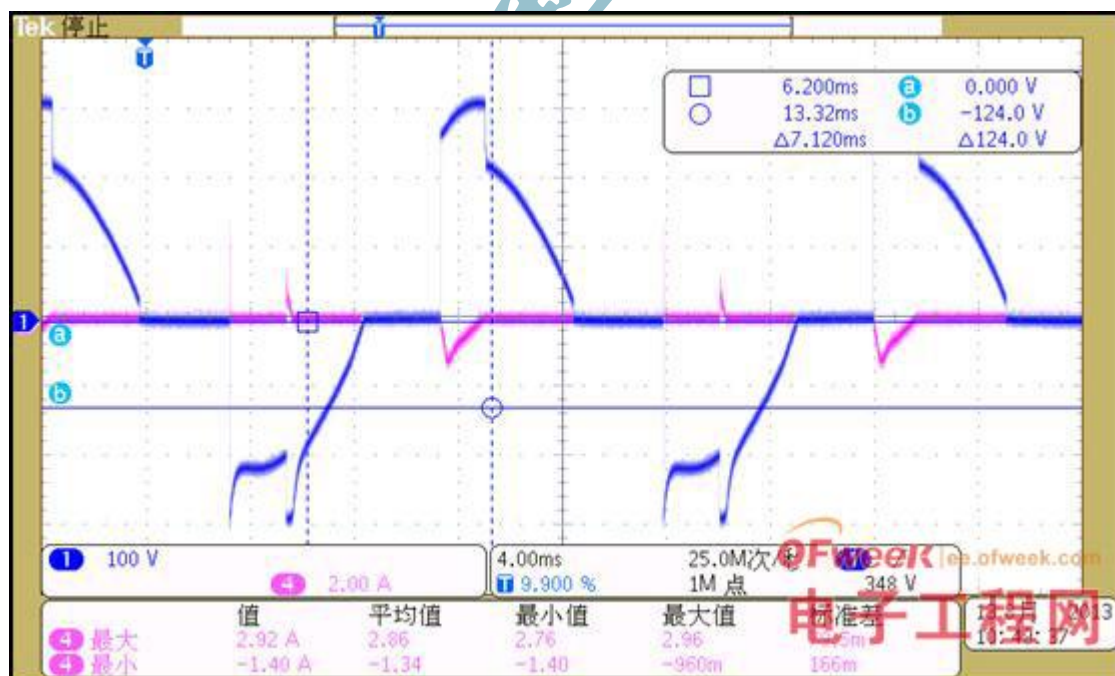


图 6:4 档时输入电压和输入电流波形

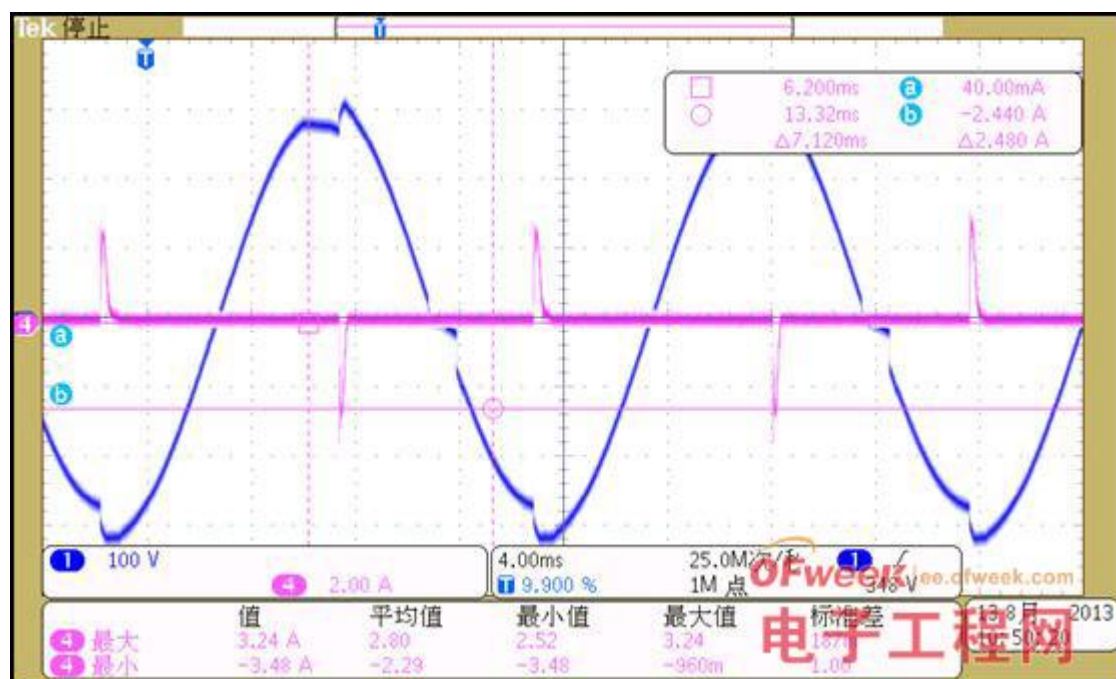


图 7:5 档时输入电压和输入电流波形

实现 LED 灯亮度的调节就是控制输出电流的平均值，由于输出电流的峰值由采样基准决定，而采样电阻是固定的，因此只需控制采样电流基准就可实现调光。

调节可控硅的旋钮时，对输入电压进行斩控，可控硅内部滑动变阻器阻值改变，因此可变电阻的分压比就可以改变其导通角，输入电压的变化通过 DU8608 的 DIM 脚外围电路被 DIM 接收，然后该引脚将接收的调光控制信号对 DIM 脚的电压值进行控制，从而控制 VPK 的幅值，实现改变采样电流的基准，改变输出电流的目的。由以上图形可以知道可控硅的旋钮档位越大，它对输入电压的斩波越小，输入电压的相位变化越小，因此输出电流越大，LED 灯也越亮。因此可控硅是通过输入交流正弦电压斩波来调节灯的亮度。

下图为 LED 灯最亮时的实验结果图：

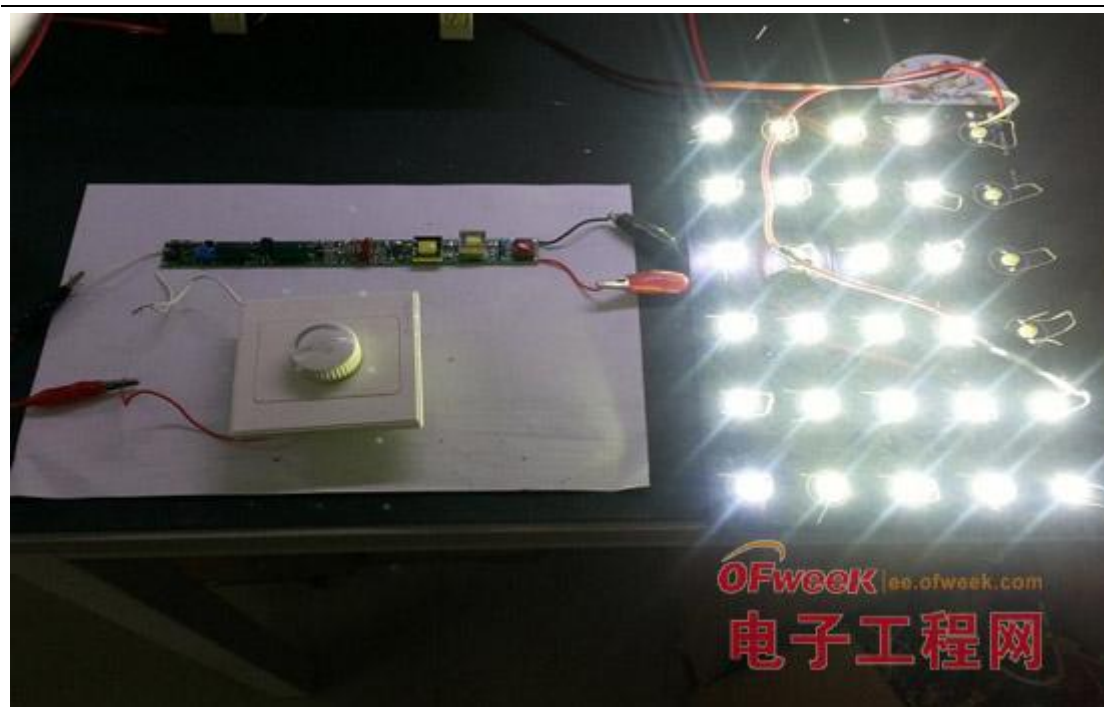


图 8:可控硅调光实验结果

因为可控硅调光是通过引脚 DIM 的外围电路改变该引脚的电压，从而调节输出电流，二者的关系可以用图表表示如下：

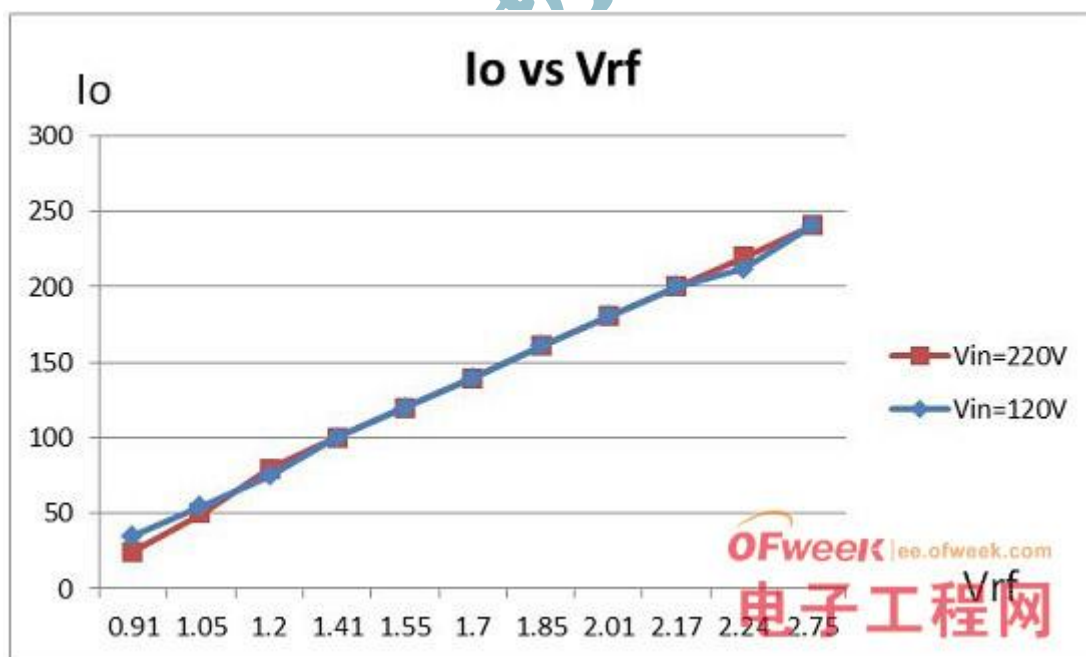


图 9:输出电流随 DIM 引脚电压变化曲线

由图 9 可以看出输出电流随 DIM 引脚电压变化而变化，因此可以看出可控硅调光是通过对输入电压进行斩控，再通过外围电路改变 DIM 引脚电压，从而改变采样基准，使输出电流改变。

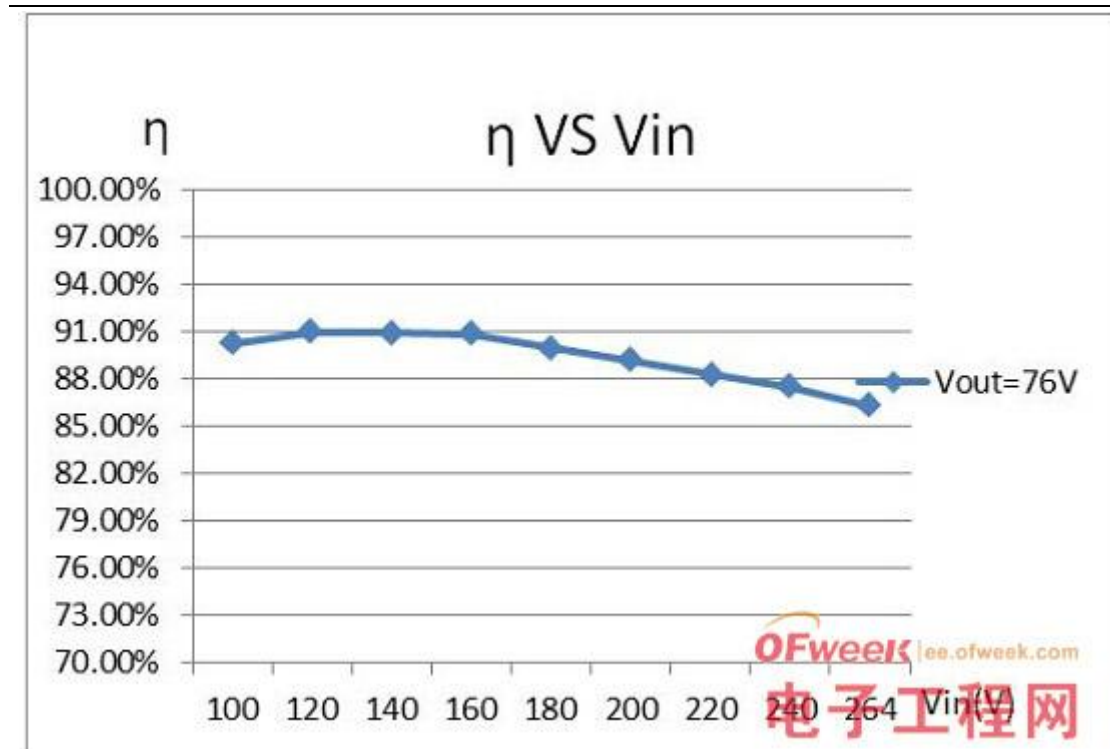


图 10: 额定负载下的效率

基于 DU8608 可控硅调光的 LED 驱动减少了不必要的电光线，从而进一步发挥 LED 照明节能环保以及光线可调性好的优势。同时由图 10 可知 DU8608 在额定负载下的工作效率为 85% 以上，且电网电压波动变化不会对其效率造成太大影响。因此该电路不仅能实现调光功能，满足日常需要，且保证了工作效率，是一个良好的 LED 驱动方案。

5. 发展前景与展望

可控硅的优势是和白炽灯卤素灯结成了联盟，占据了很大的调光市场。如果 LED 想要取代可控硅调光的白炽灯和卤素灯灯具的位置，就也要和可控硅调光兼容。

为了方便、更广泛的应用 LED，就需要我们研发出更多能直接兼容现有可控硅调光的驱动芯片，这样我们就可以直接替换白炽灯，使 LED 具有更广泛的市场。本文介绍的就是占空比公司提供的能兼容可控硅调光的芯片 DU8608。与其他方案相比，它具有较大的调光范围且保证额定负载下的工作效率，因此具有良好的发展前景。

结论：由于可控硅调光破坏了正弦波的波形，从而降低了功率因素值，同时非正弦的波形加大了谐波系数等缺点。所以未来的发展上我们要进一步改进 IC，使调光时要在保证效率的前提下完成较大的功率因数。如果保证了功率因数和效率，LED 作为新型能源的优势日益显著，将会逐渐代替白炽灯，成为新一代的日常照明源。