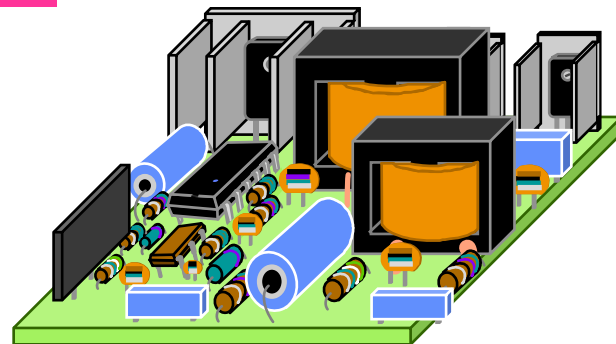


LED照明智能化与调光技 术发展



林维明

福州大学
FUZHOU UNIVERSITY

电气工程与自动化学院

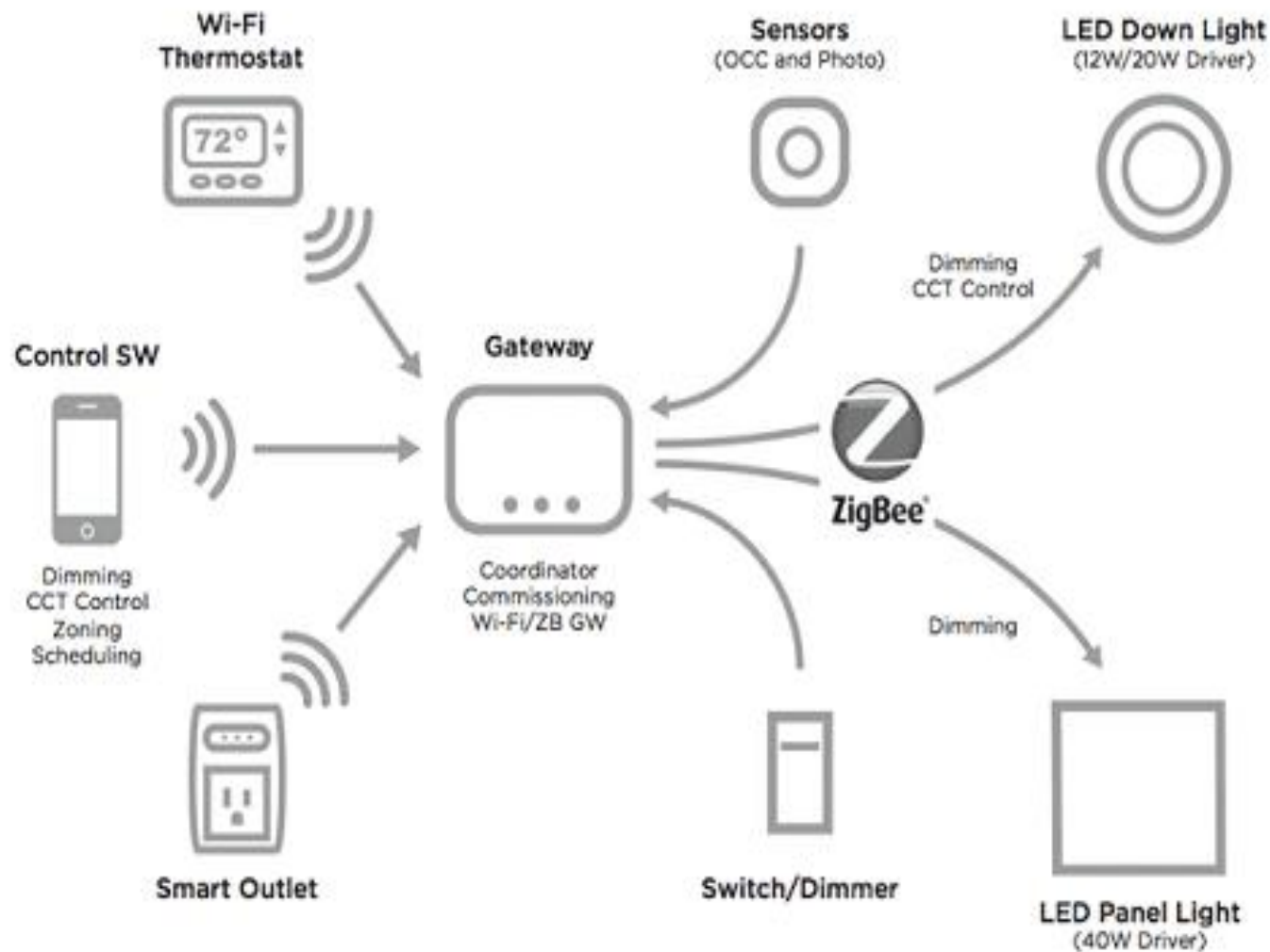


LED被誉为“**21世纪新光源**”，是继白炽灯、荧光灯和高强度气体放电灯之后的“**第四代光源**”。随着半导体材料技术，封装技术的不断发展创新，**LED**正在逐步迈向普通照明领域。节能减排，除了节约能源，还可以减少污染、保护环境，因此照明节能具有重要意义。

1. 热辐射光源
2. 荧光灯
3. 气体放电光源
4. 第四代光源 “LED”



LED照明智能化系统



- 主要由智能手机或计算机接口；
- 电子控制单元微控制器；
- 无线通信部分；
- 诸如运动控制等外围设备；
- 日光或照明使用传感器；
- 以及用于驱动照明灯具的可控开关。







智能化照明系统具有许多特点,如遥控, 自适应调光, 均流, 精确光色混合和自动产生所需光景。采用合适的联网技术, 智能化系统可以设计成紧凑、低成本、用户自定义和多功能照明系统, 是一种可视的能量管理系统。

LED照明智能化系统主要元素包括：通信技术、控制技术、传感器技术和驱动执行部分。LED电光源具有寿命长、可靠性高和光学特性优良等特点，研究发展赋予LED“头脑”，使其智能化，通过发展基于LED照明的包括可见光无线通信技术等相关智能化技术，为这些LED照明灯装上眼睛、喉咙、计数等功能，将优化能源效率、延长照明寿命，并降低维护成本，将给LED电光源在通用照明领域带来极具竞争能力和照明革命。

照明技术:



提高光源光效;

通过控制技术提高光源使用效率*



LED的调光

Reading light

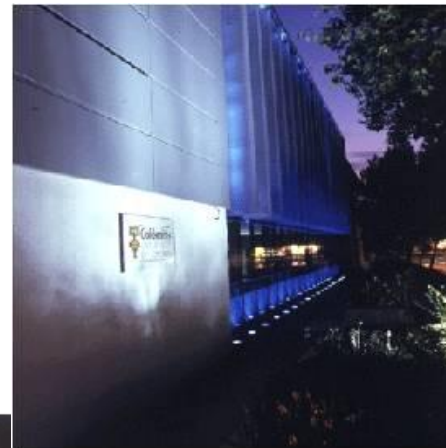
Desk luminaries



Furniture and display cases

shop lighting

facade illumination



Mobile light



and, and, and

会议室照明



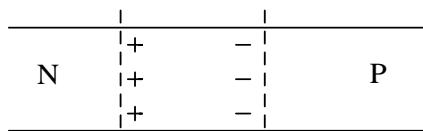
The four exclusive fixtures, each one a metre square in size, combine to provide an unusually homogenous source of lighting above the conference table.

Each fixture is made up of 128 glass-mounted LINEARlight Modules and combines the luminosity of 4096 white LEDs. The luminaires feature a sandwich-layout and are based on a perforated and insulated metal plate onto which the LED modules are mounted.

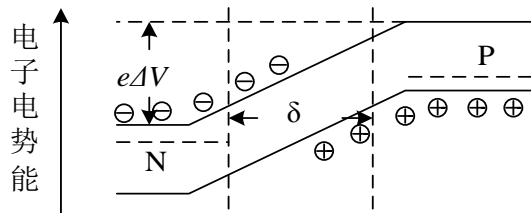
From underneath they resemble a grid made up of dots of light on a dark background. Just as required for this lighting concept, the LED modules deliver cold, white light with a colour reproduction index of $Ra = 80$ and can achieve colour temperatures between 5250 and 6250 K.



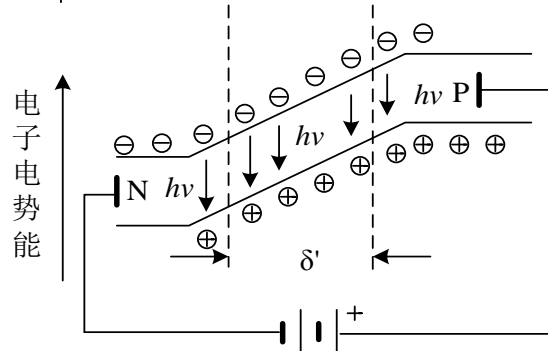
(a)电子和空穴扩散



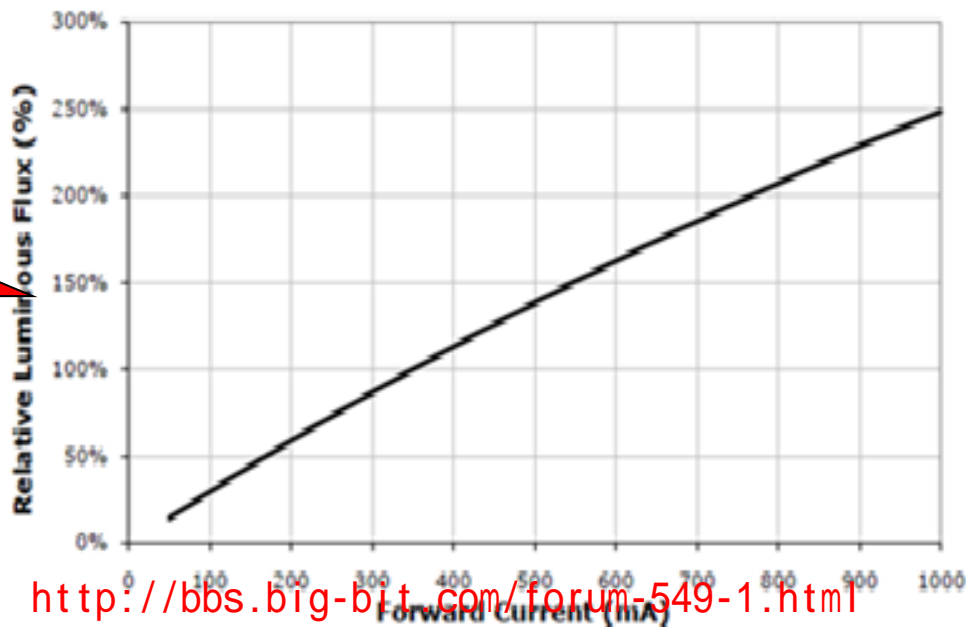
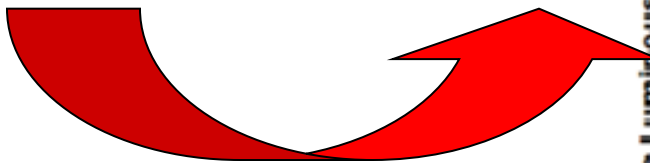
(b)形成势垒



(c)产生发光



这些注入的电子和空穴在**PN**结处相遇发生复合，将多余的能量以光的形式释放出来，从而使得**PN**结发光。这种发光也称注入式发光，光子的能量由带间隙决定。





由图可知，假如以**350mA**时的光输出作为**100%**，那么**200mA**时的光输出就大约是**60%**，**100mA**时大约是**25%**。所以调电流可以很容易实现亮度的调节。然而用改变**LED**正向电流的方法来调亮度会产生一个问题，那就是在调亮度的同时也会改变它的光学特性，如光效、光谱和色温等。

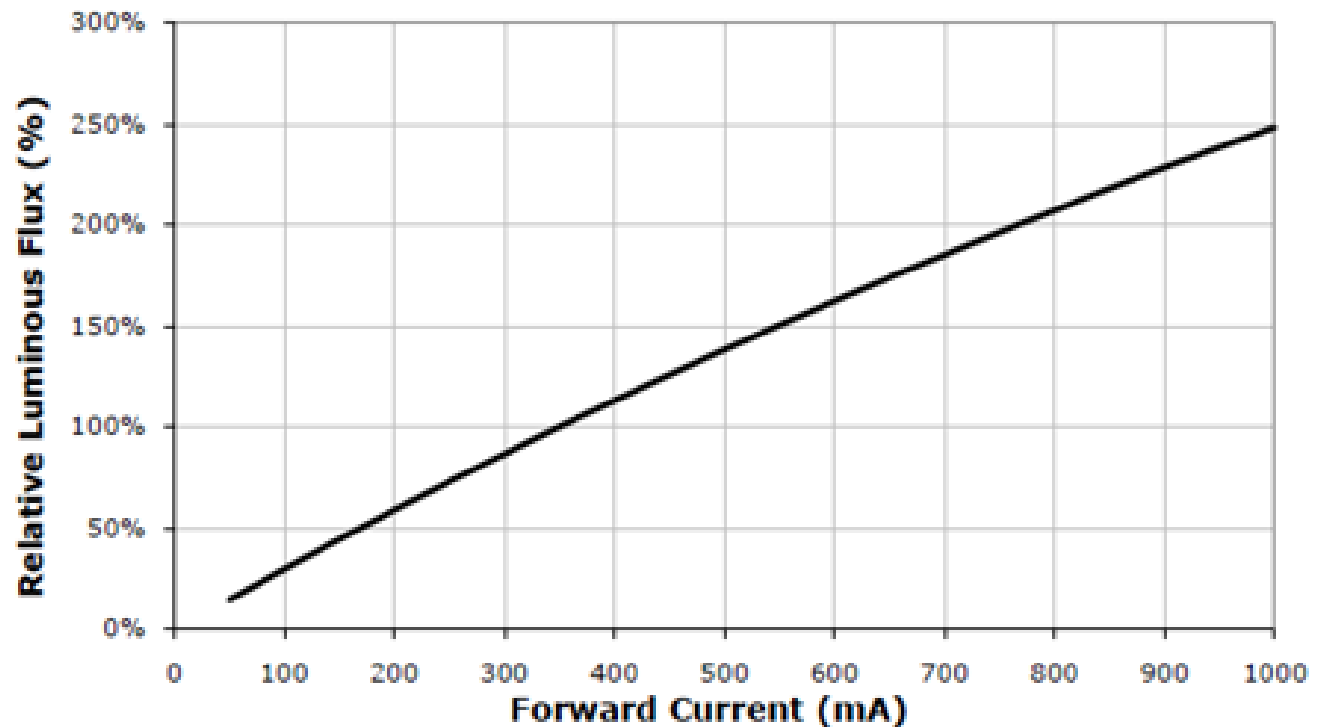


图 1. XLampXP-G 的输出相对光强和正向电流的关系

LED灯的调光方式

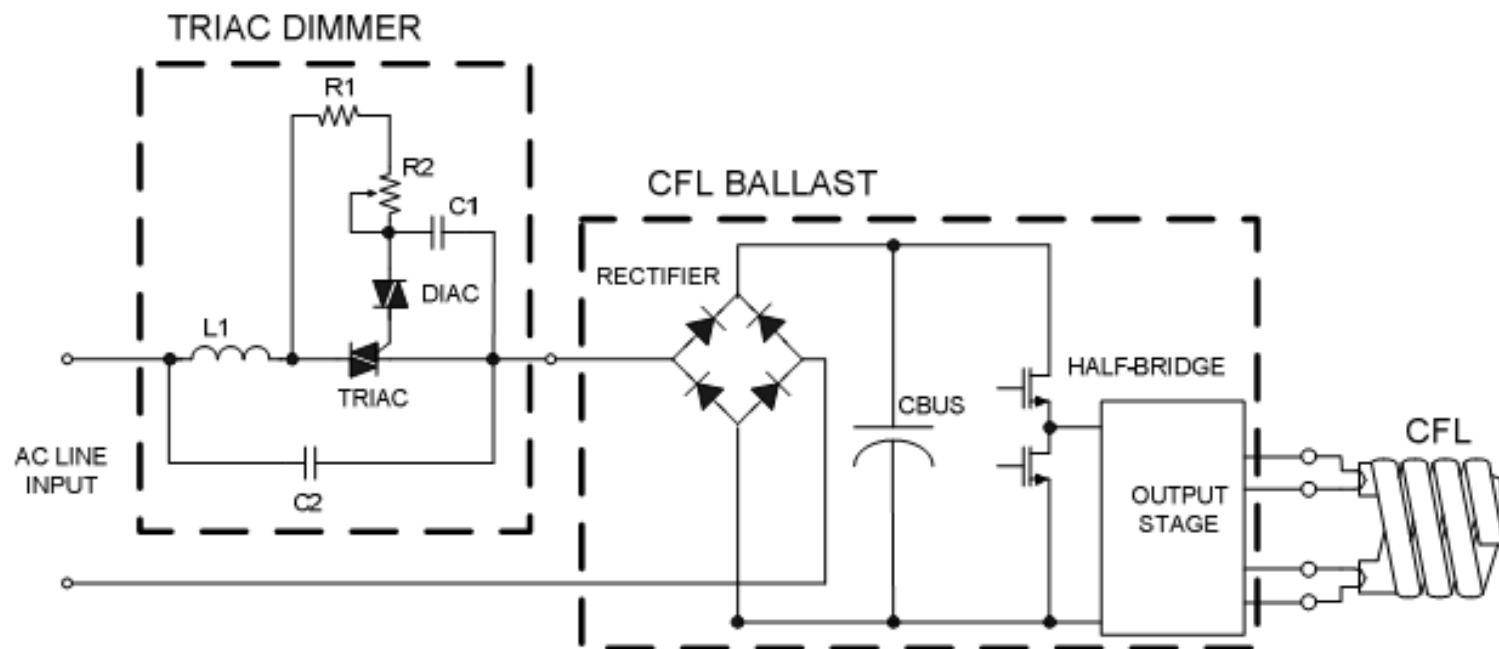
1. 一是如何传递调光信号，即告诉驱动器的需要输出的电流百分比，以及开关灯等信号；
2. 二是调光的执行方式即采用何种方式来调光（反激变换器或LLC变换器输出正向电流调节调光，反激变换器输出级调频调光，LED串并联开关PWM调光、反激变换器输出级工作周期占空比调光等）；

LED调光传递方式

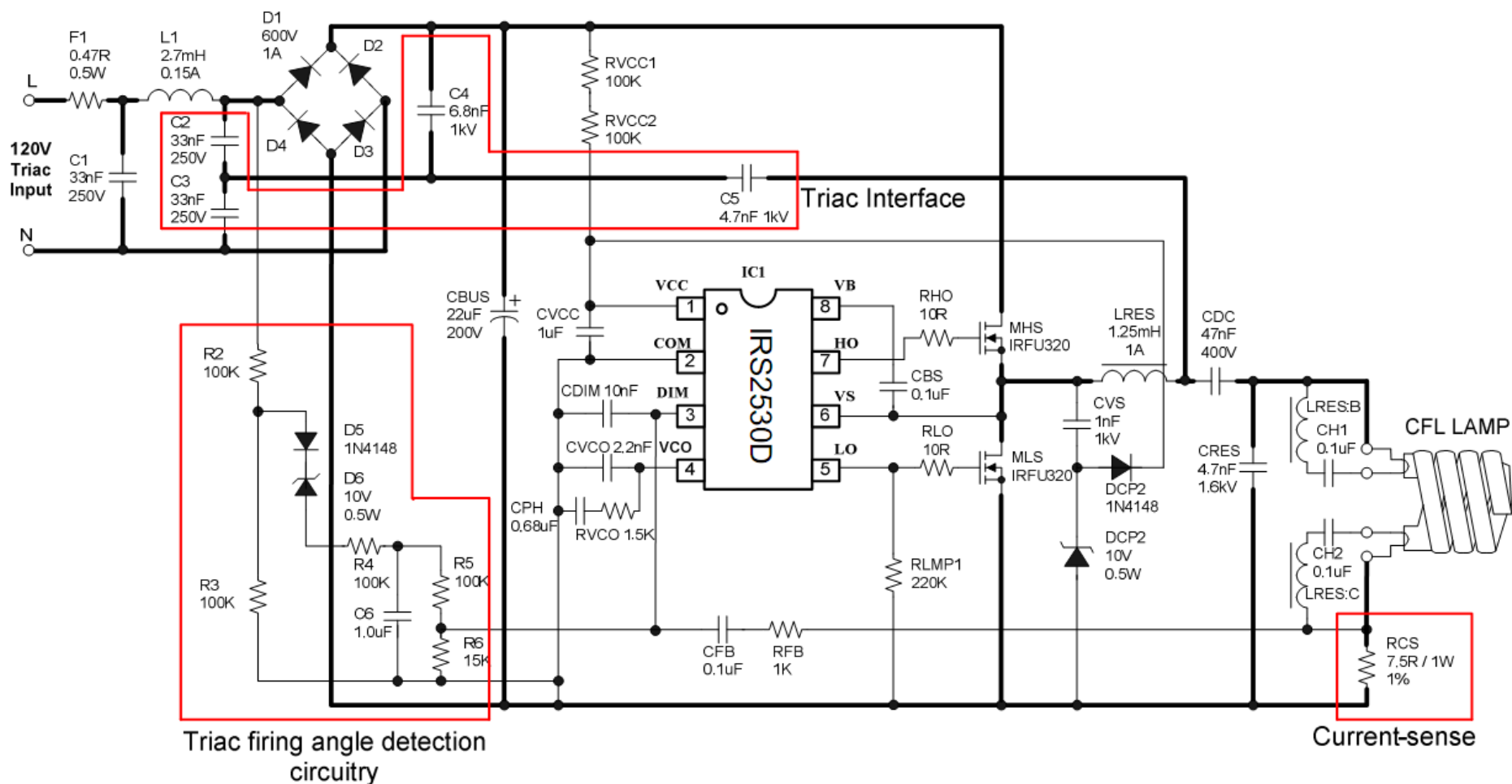
- 无线通信技术；利用电磁波信号可以在自由空间中传播的特性进行信息交换的一种通信方式，例如红外遥控技术、射频通信技术；
- 电力载波技术：利用电力线作为信息传输媒介进行语音或数据传输的一种通信方式；
- 信号线调光：光源除了需要两根供电电源线外还需要增加至少一根调光信号线；
- 其他可用的信号传递方式如：采用**DALI**（数字可寻址灯光接口**Digital Addressable Lighting Interface**），采用遥控调光remote（**Rolling Code**滚动码控制器实现的遥控调光），采用**timer** 定时器调光（灯具内置定时器调光，多用于道路照明）等，都可用来完成调光信号的传递。

*LED调光执行方式

一、可控硅调光



荧光灯

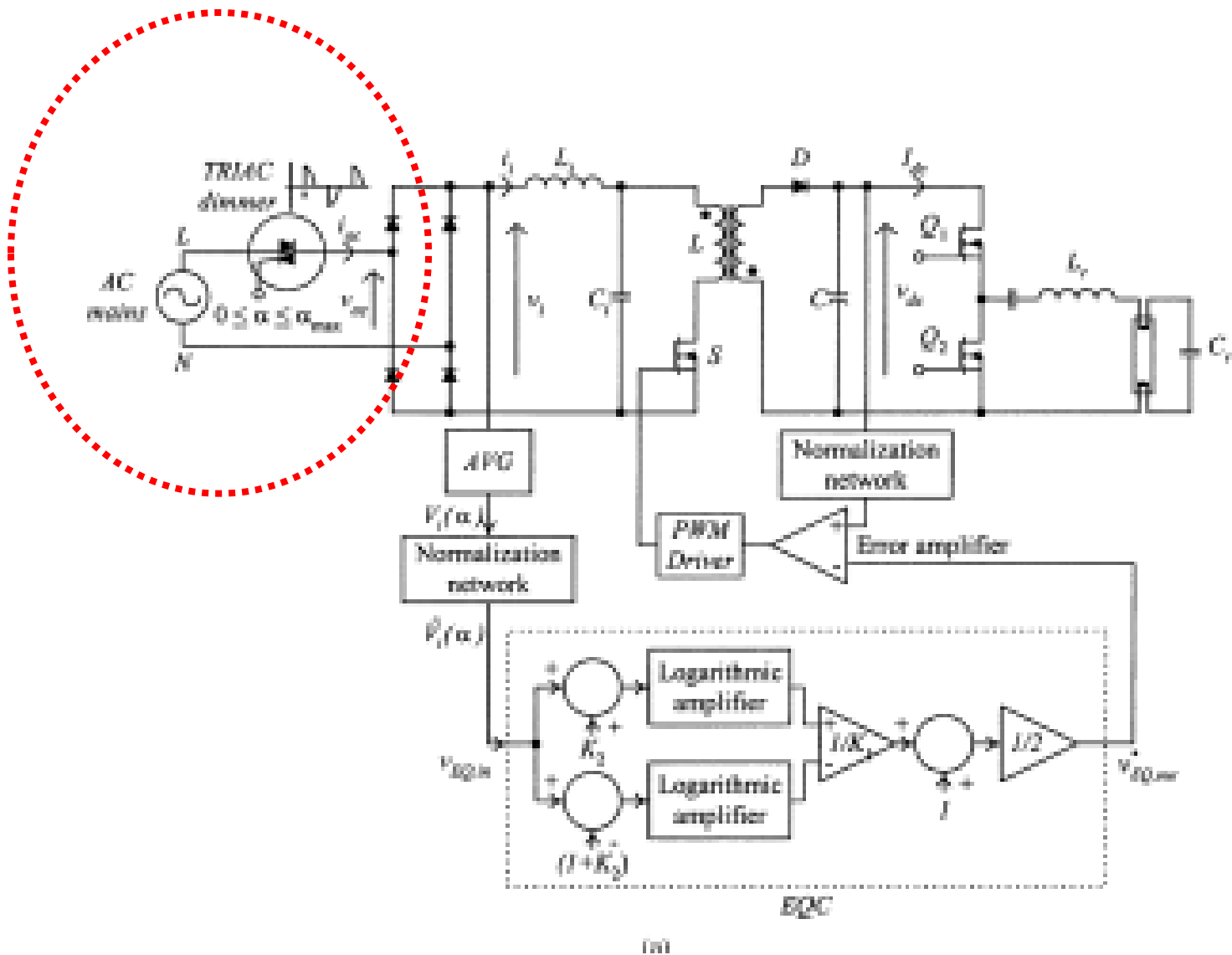


可控硅调光的优点：(1) 调节电压的速度快，调光功率控制范围宽，调光参数可以分时段实时调整。(2) 调光电路主要是电子元件组成，相对来说体积小，设备质量轻，成本低。

可控硅调光的缺点：(1) 可控硅相控调光由于是工作在斩波方式，电压无法实现正弦波输出，由此出现大量谐波，产生大量无功功率，形成对电网系统的谐波污染，尤其是不能用于有电容补偿的电

(2) 可控硅破坏了正弦波的波形

匹配问题，要开发一种与市面上的硅控调光器都保证相容的可调光LED灯具，是相当困难的。



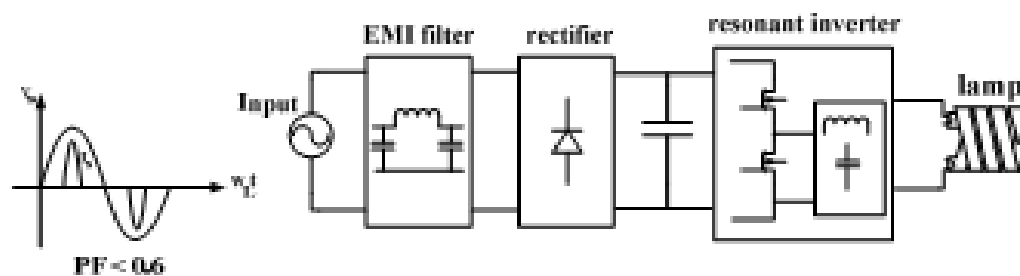
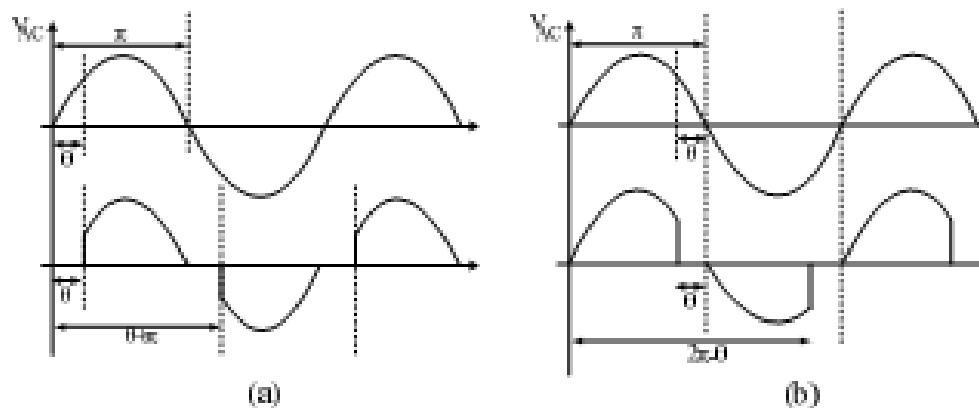
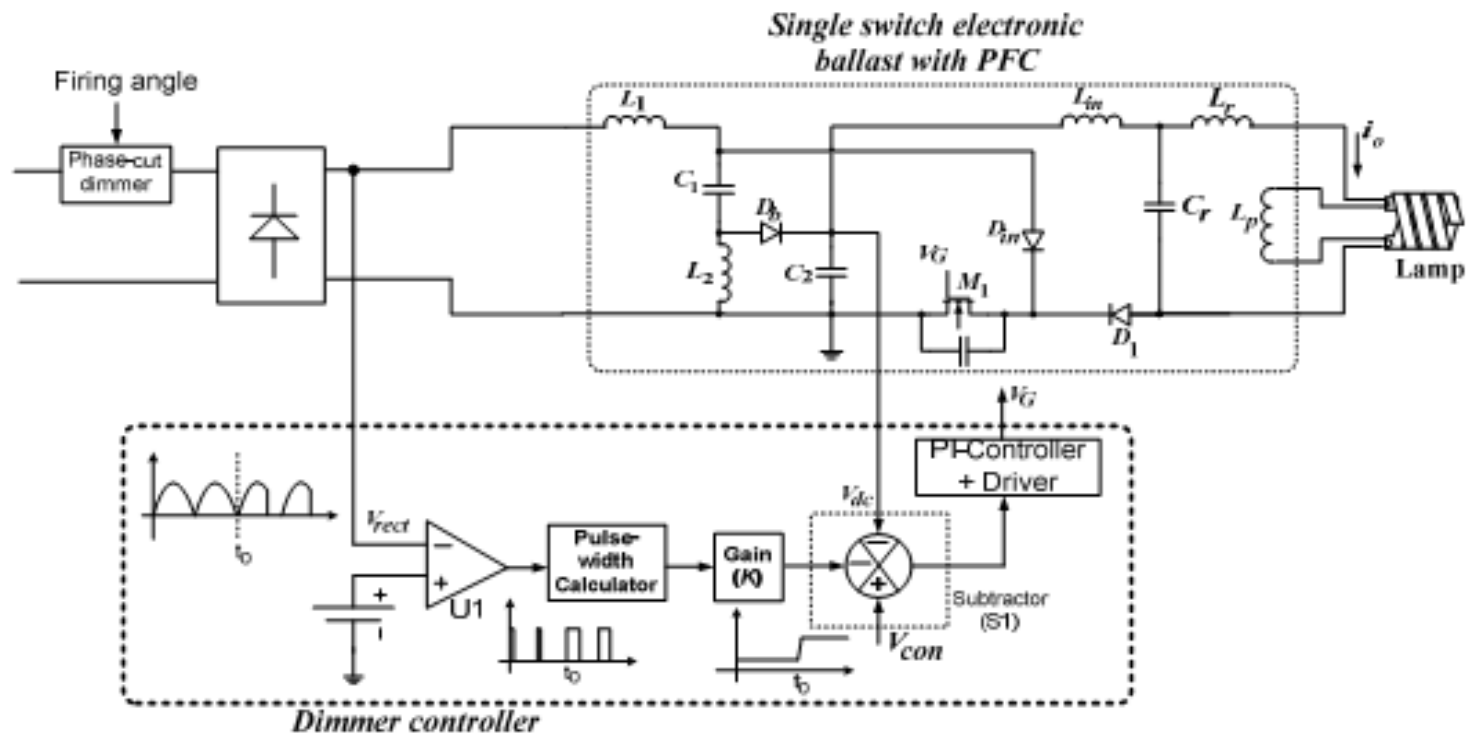
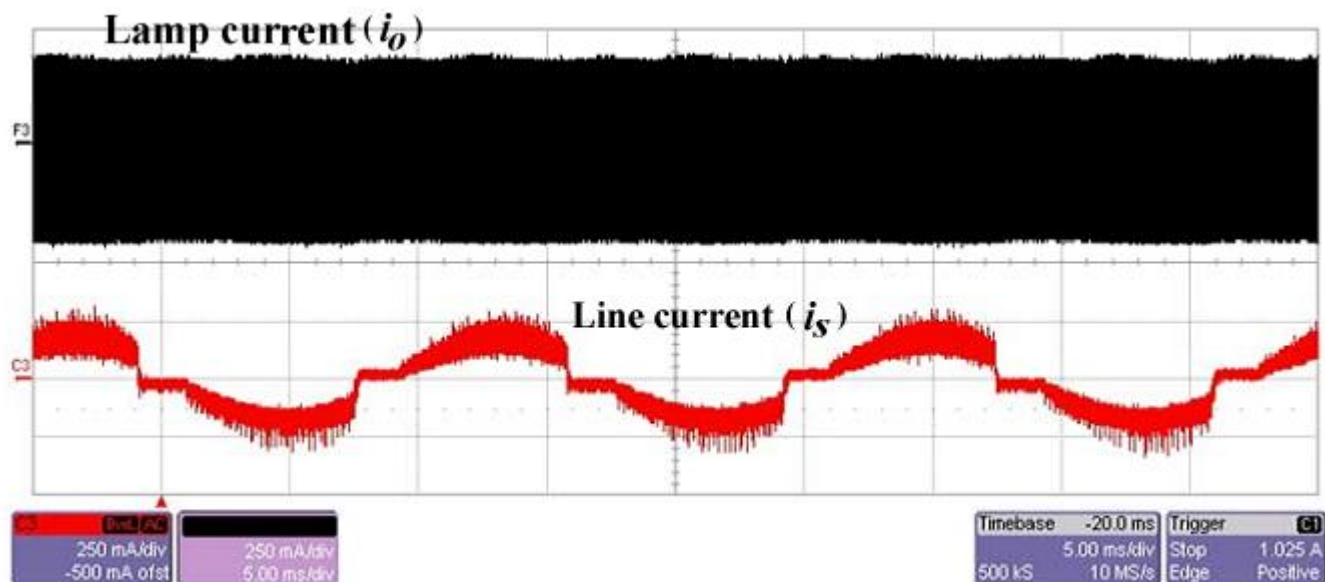


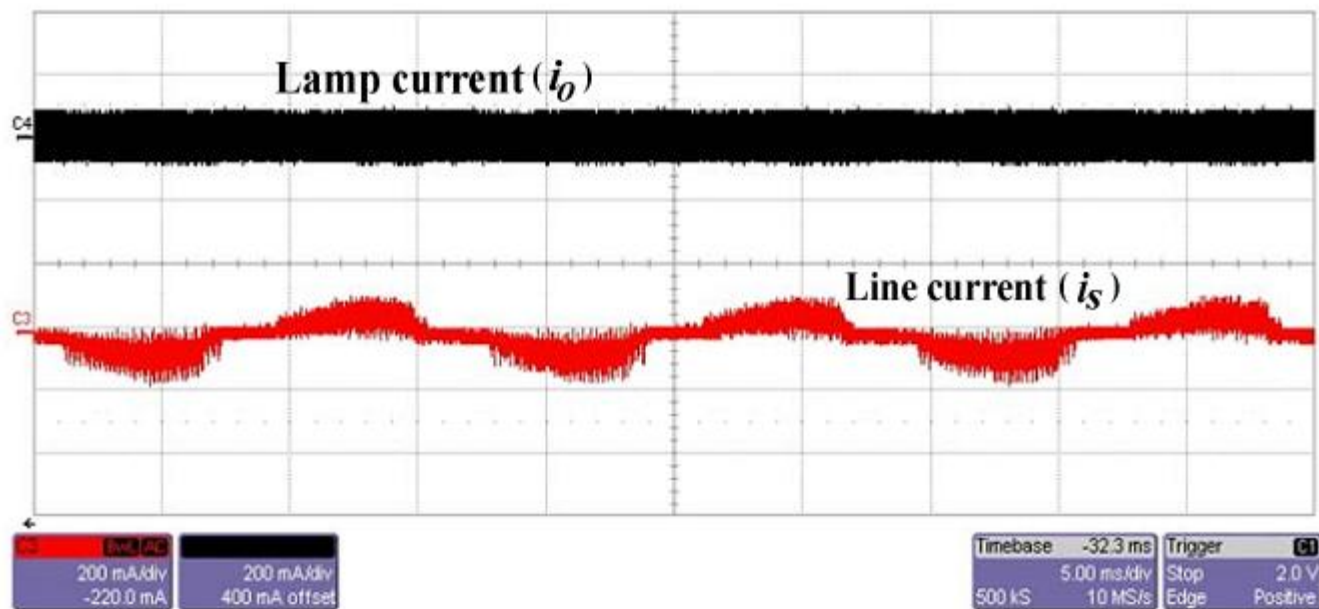
Fig. 2. Block diagram of electronic ballast in commercial non-dimmable CFL



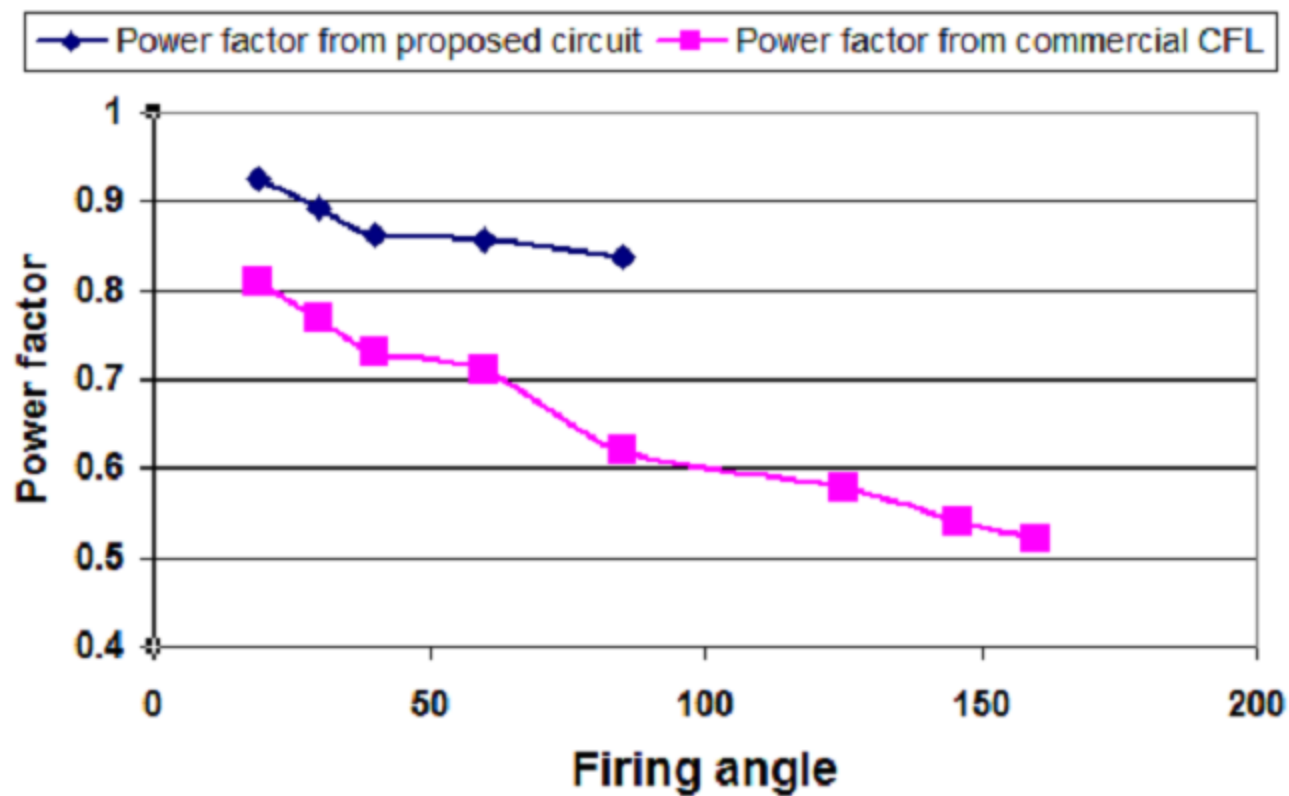




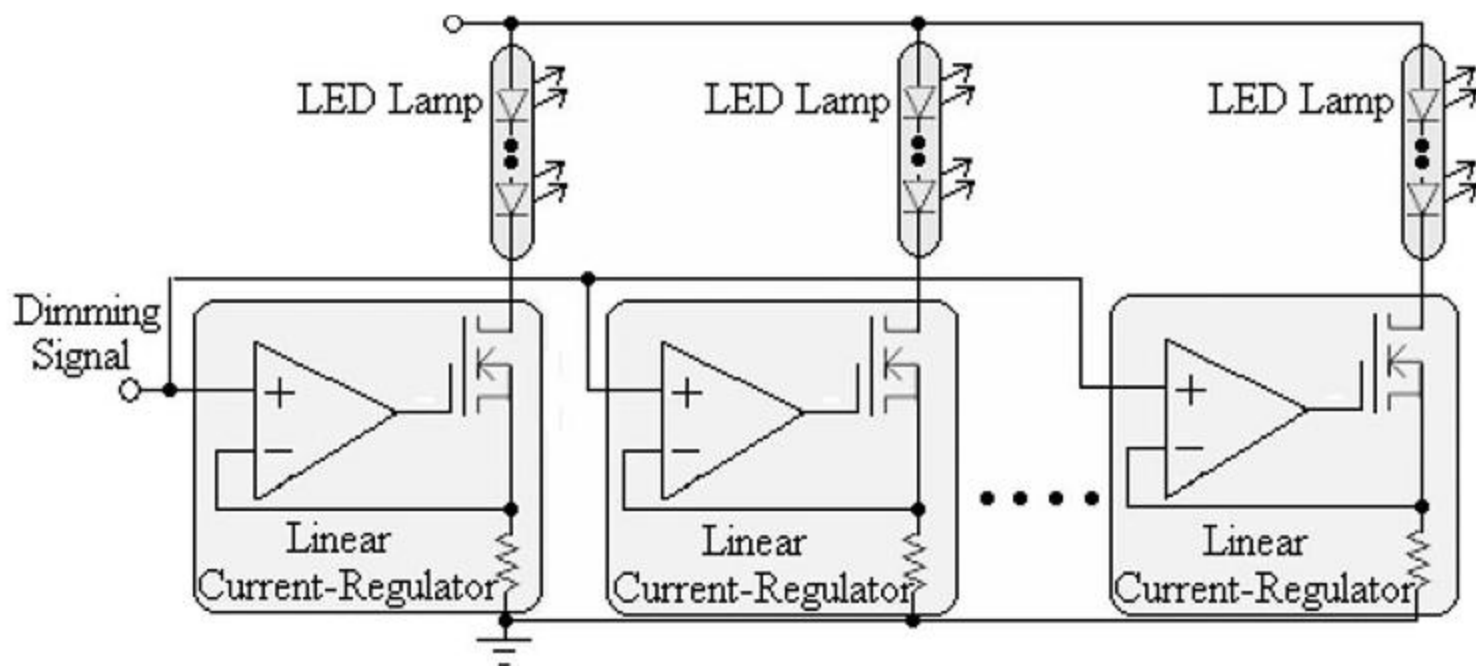
(a)



(b)



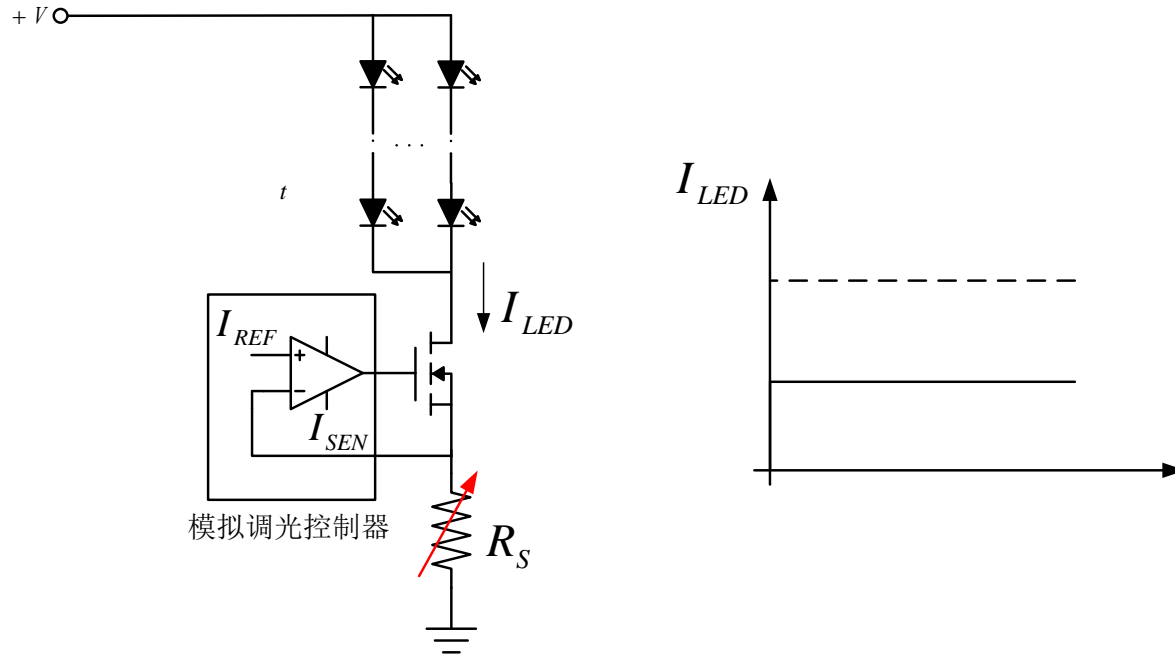
二、模拟调光



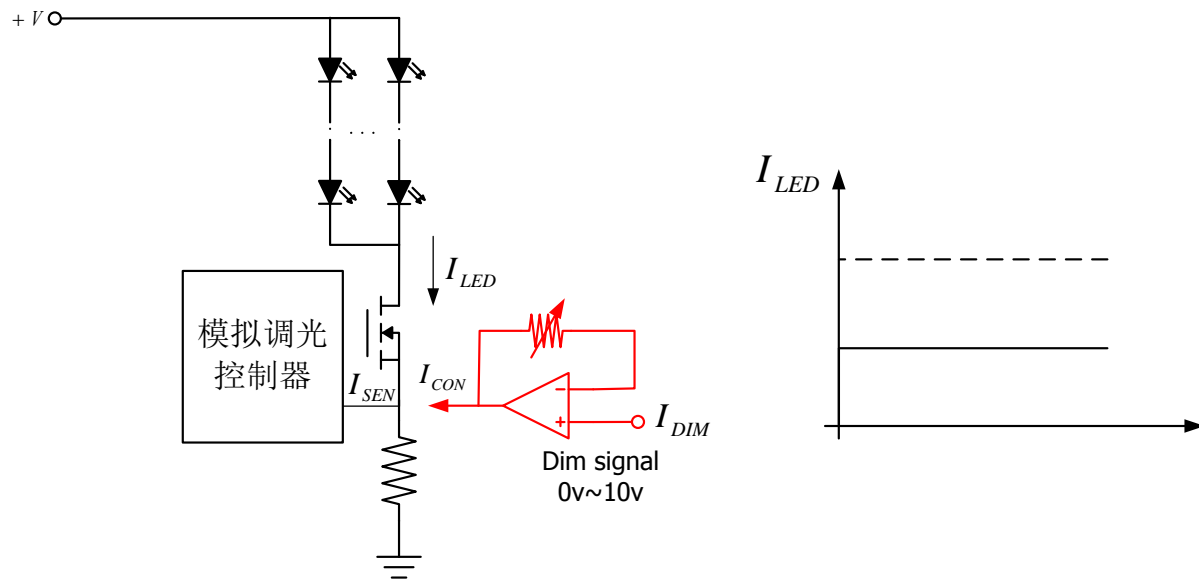
(a)

线性

A、改变采样电阻的阻值

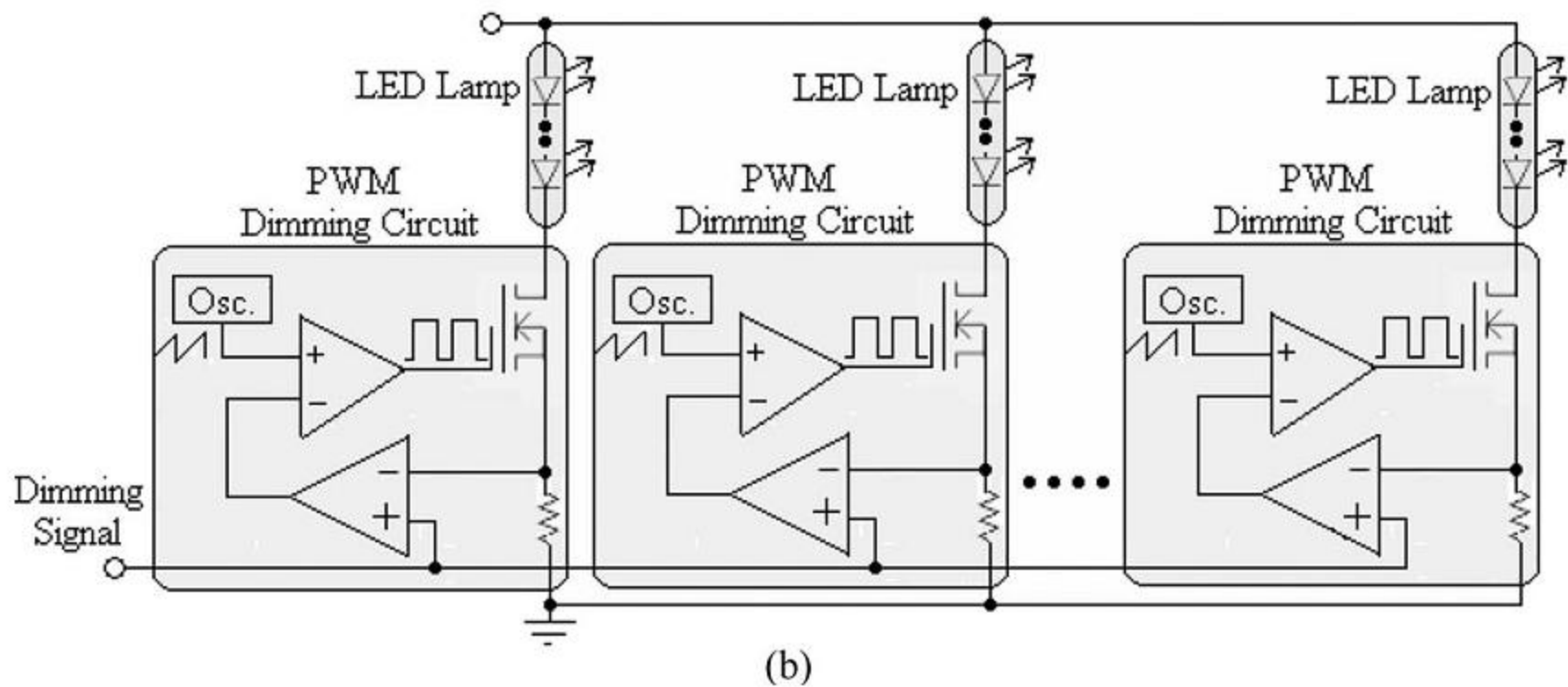


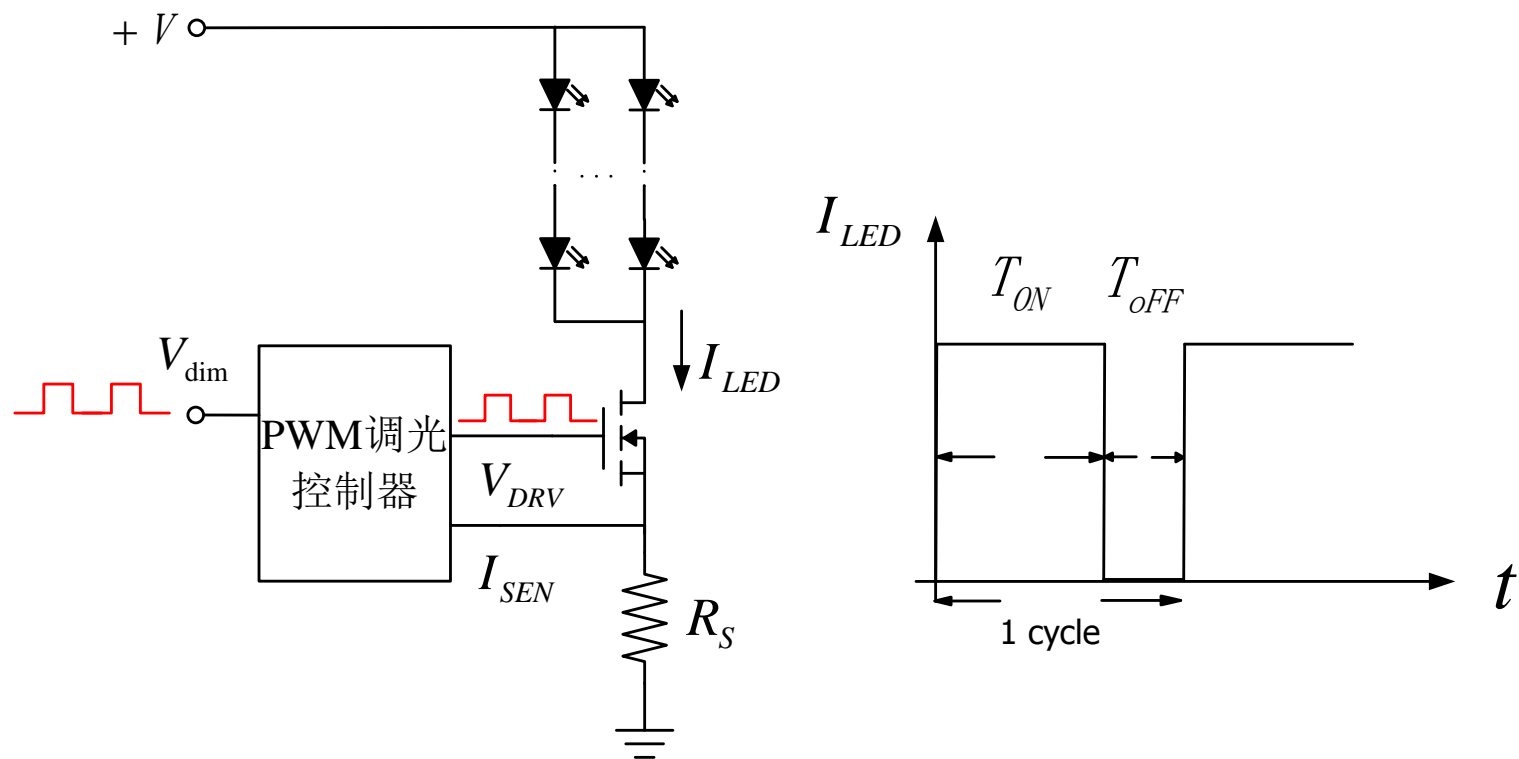
B、调节电流检测端的电流

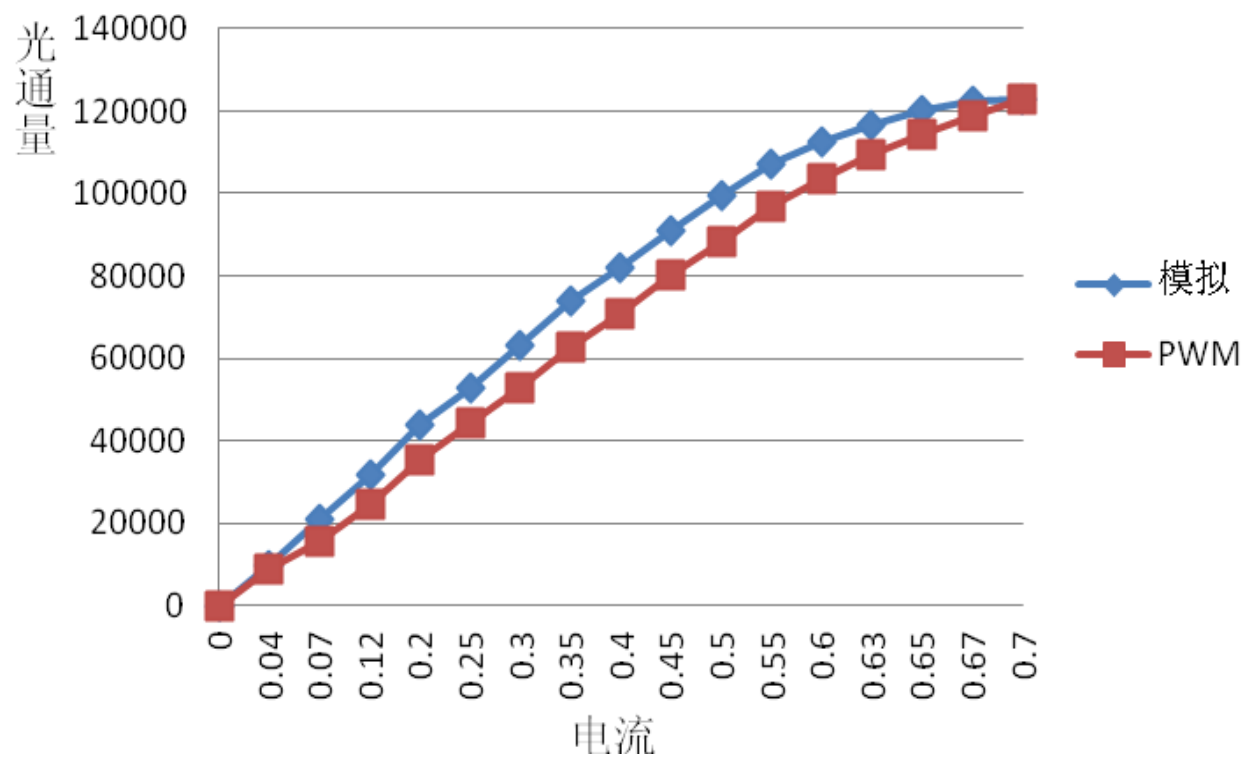


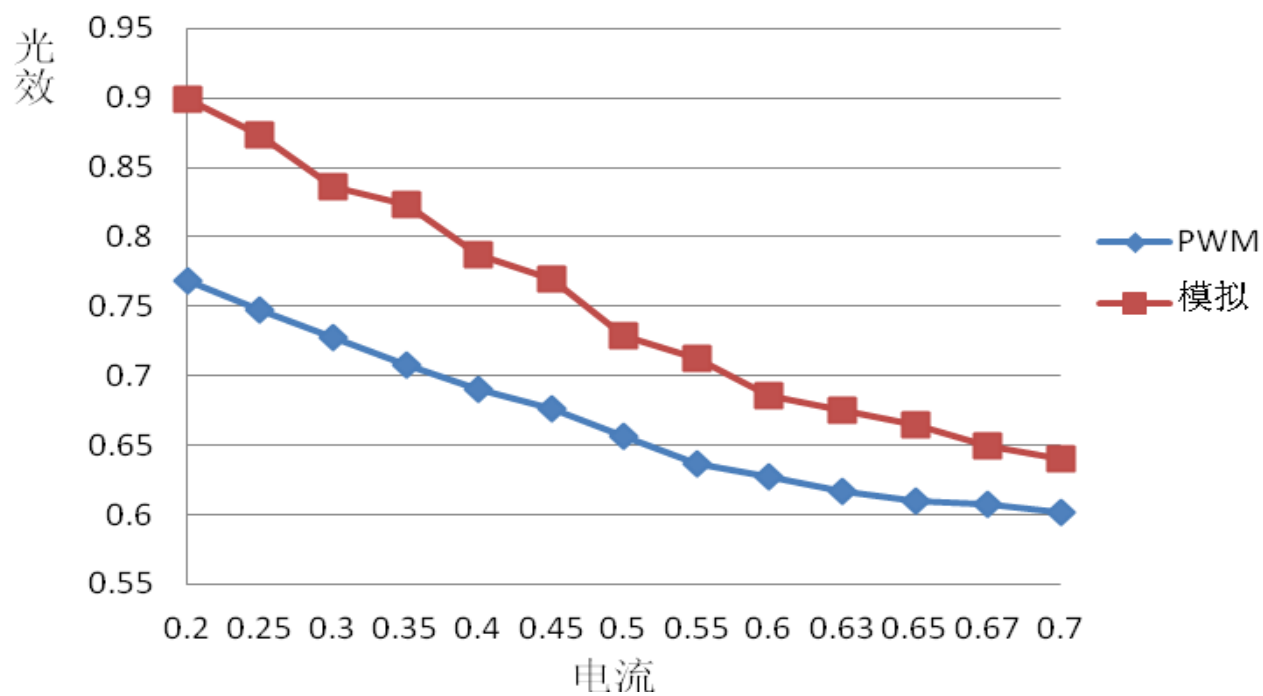
可以发现模拟调光的调光范围很窄，不能满足从100%输出电流到5%输出电流的控制变化范围，当前设计的最大电流为0.45A，而实际最低的电流只能调节到0.07A，这由于芯片的电流采样脚的控制电压范围所限。但是由于模拟调光的电路简单，元器件少，在窄调光范围的驱动电源中还是得到了广泛的应用。同时，在实验中发现小电流的情况下，模拟调光受外界干扰影响大，各路电流之间误差较大。

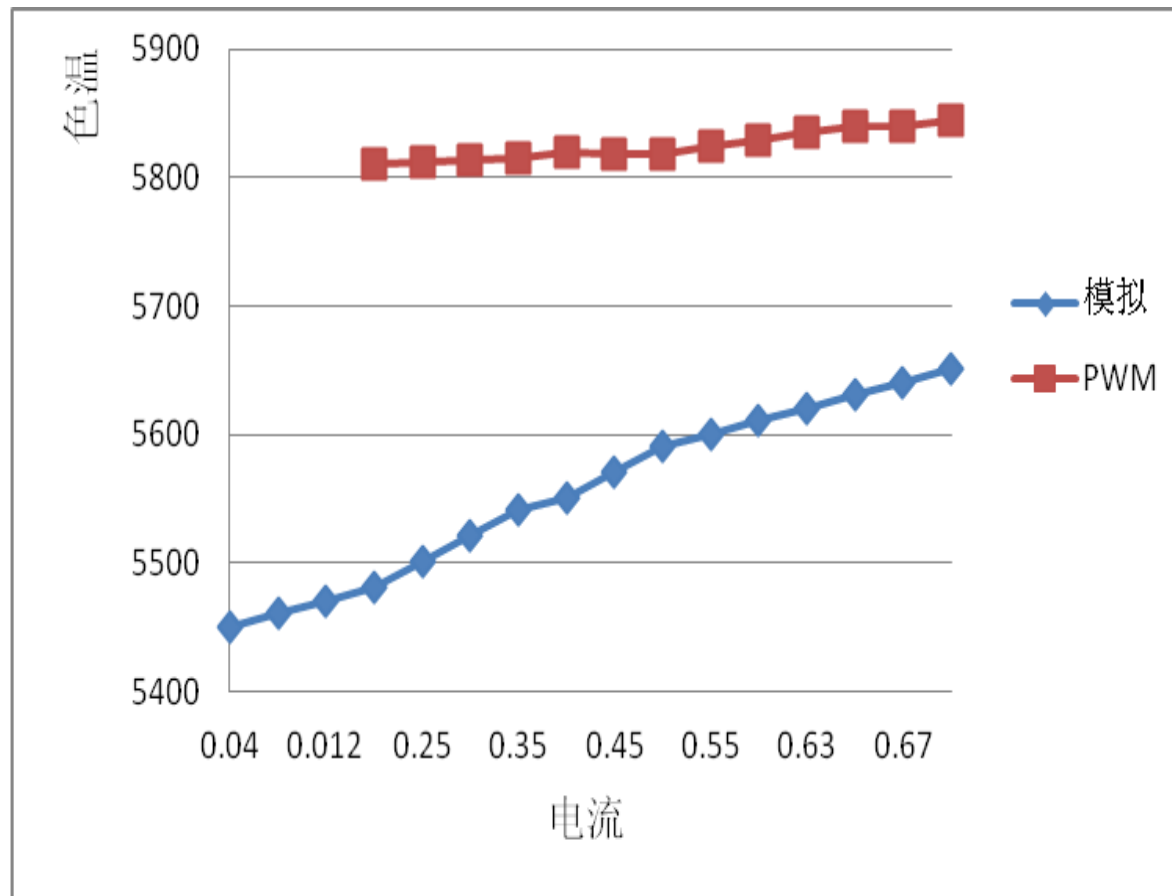
三、PWM调光











●线性调光特点：

1) 调光时光效高

2) 改变电流幅值，会影响显色性，色温等参数

3) **LED**的动态电阻较小，改变电流幅值进行调光，精度难控制。

4) 受温度影响，**LED**的光输出量的大小与电流大小只是在很小的范围里近似呈线性关系；芯片结温升高时，即使加大电流，光输出量的大小变化也不大。

●PWM特点：

1) 控制较灵活

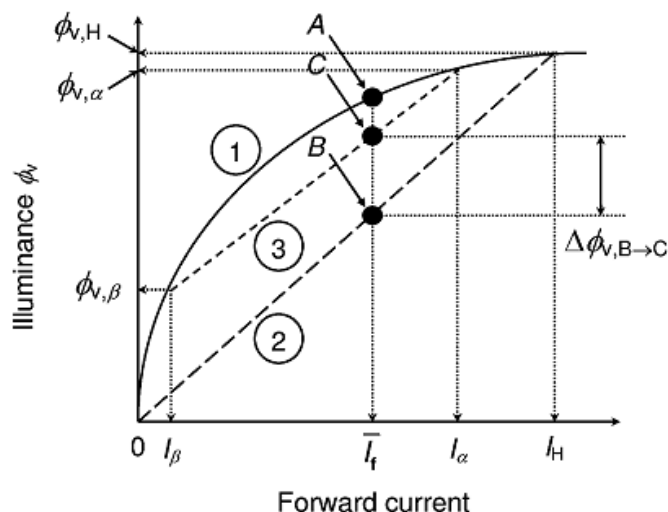
2) 电流的幅值未变，所以与电流幅值有关的光学参数变化不大。

3) 调光时，输出光的光效会降低很多

考虑：将两者的优点结合起来调光

AM+PWM组合调光策略

1) 调光策略



AM调光与PWM调光
综合调光方式

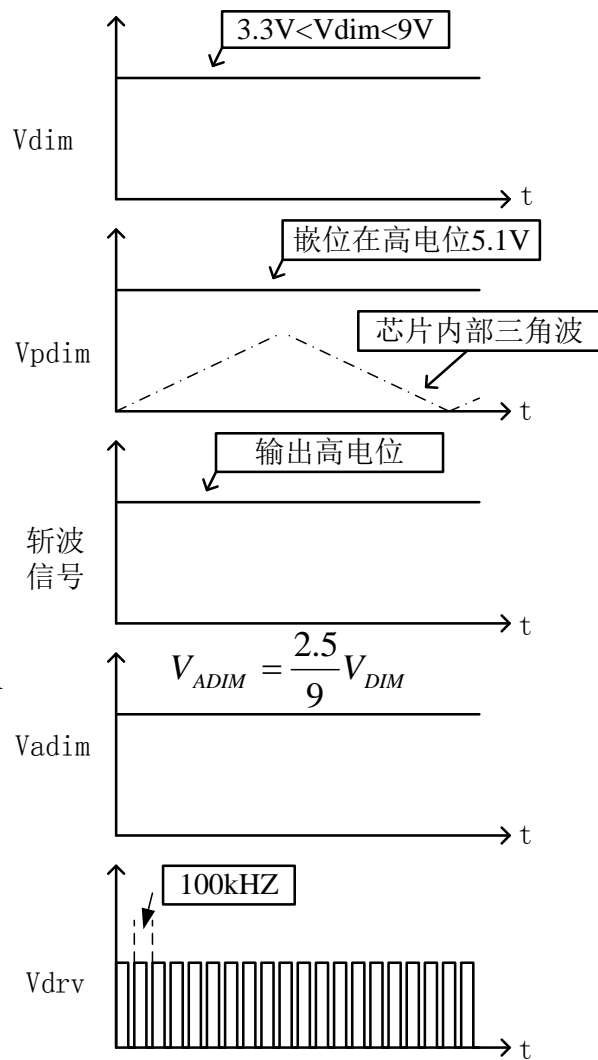
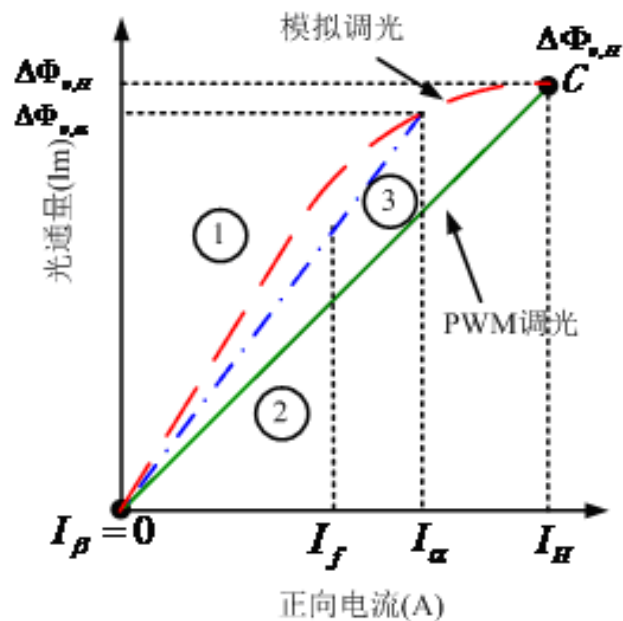
AM调光+PWM调光综合调光方式:

在电流比较高和电流比较低的阶段采用线性调光，在中间区域采用PWM调光方式。

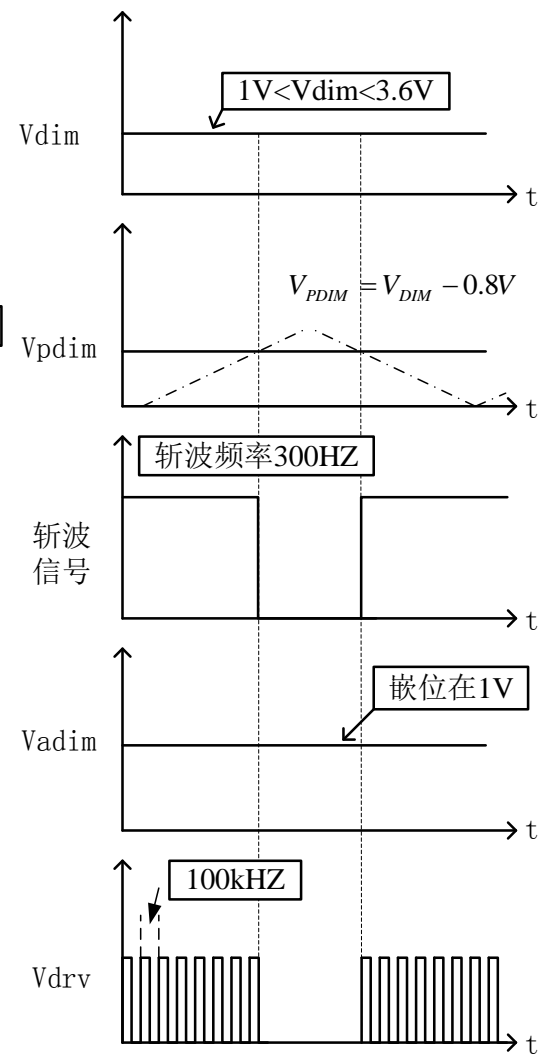
根据虚线③的变化来调光的方式，可以通过改变占空比，也可以通过改变 I_α 和 I_β 值的大小来实现，这样调光的方式变得很灵活。

特点:

调光时可得到较高光效;
控制灵活

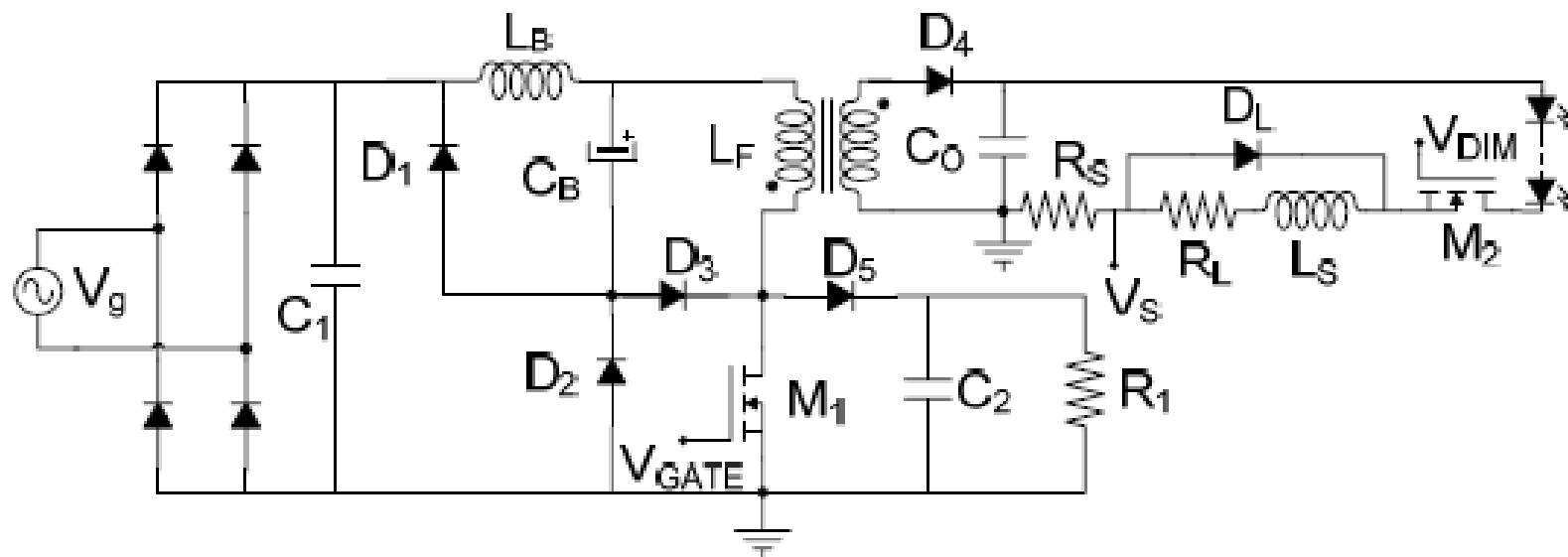


模拟调光控制波形

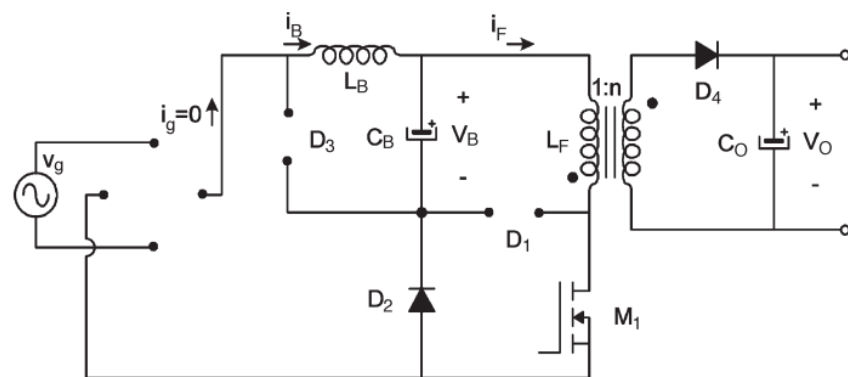
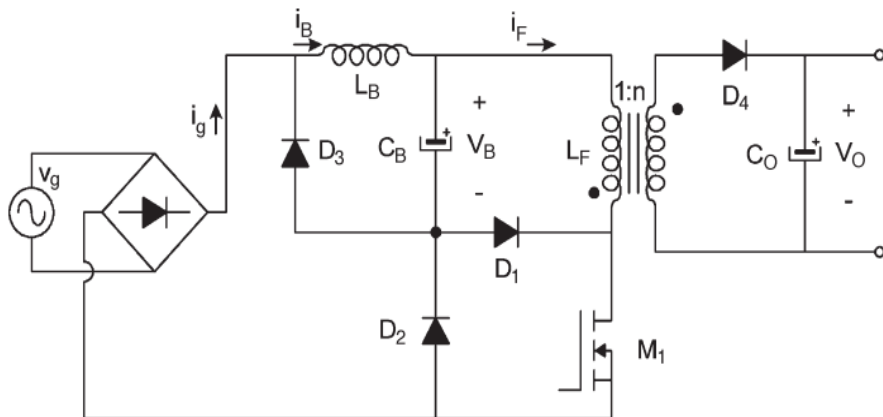


PWM调光控制波形

组合调光电路

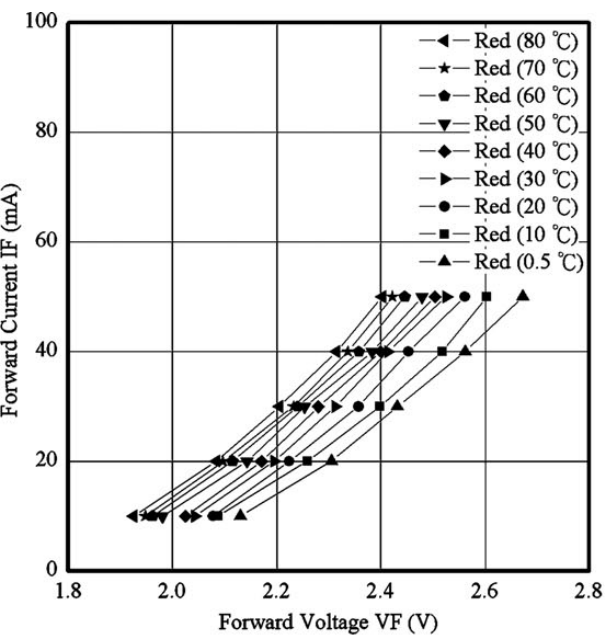


Buck+Flyback单级PFC电路

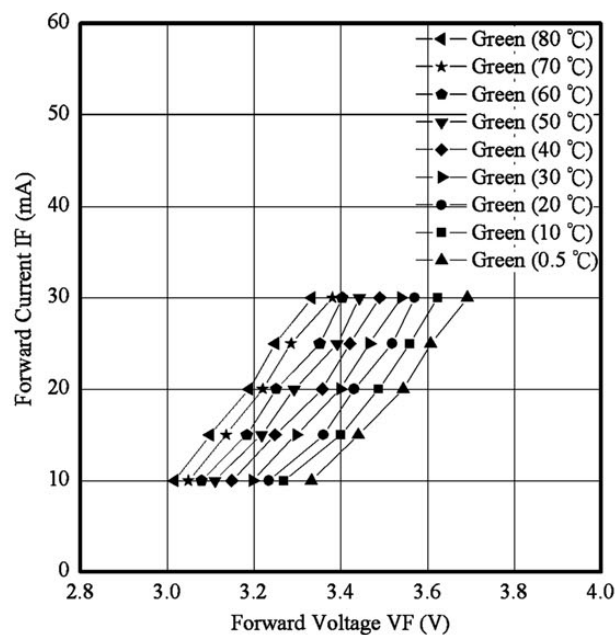


(a) $V_g < V_B$. 相当FLYBACK工作

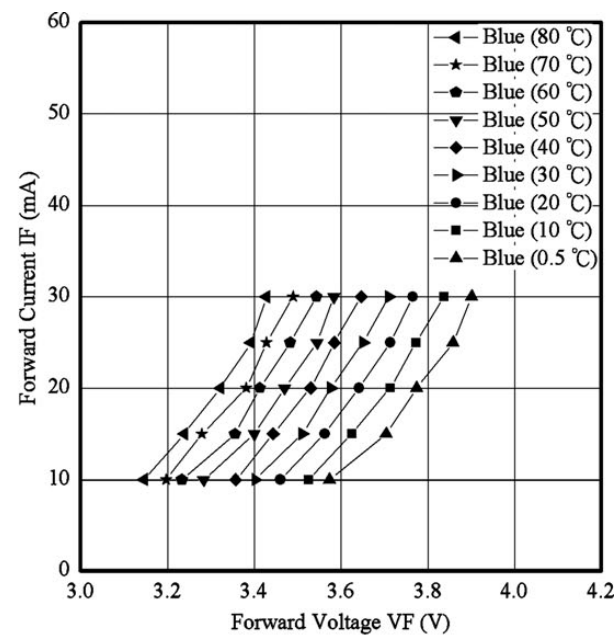
基于电功率的调光方式



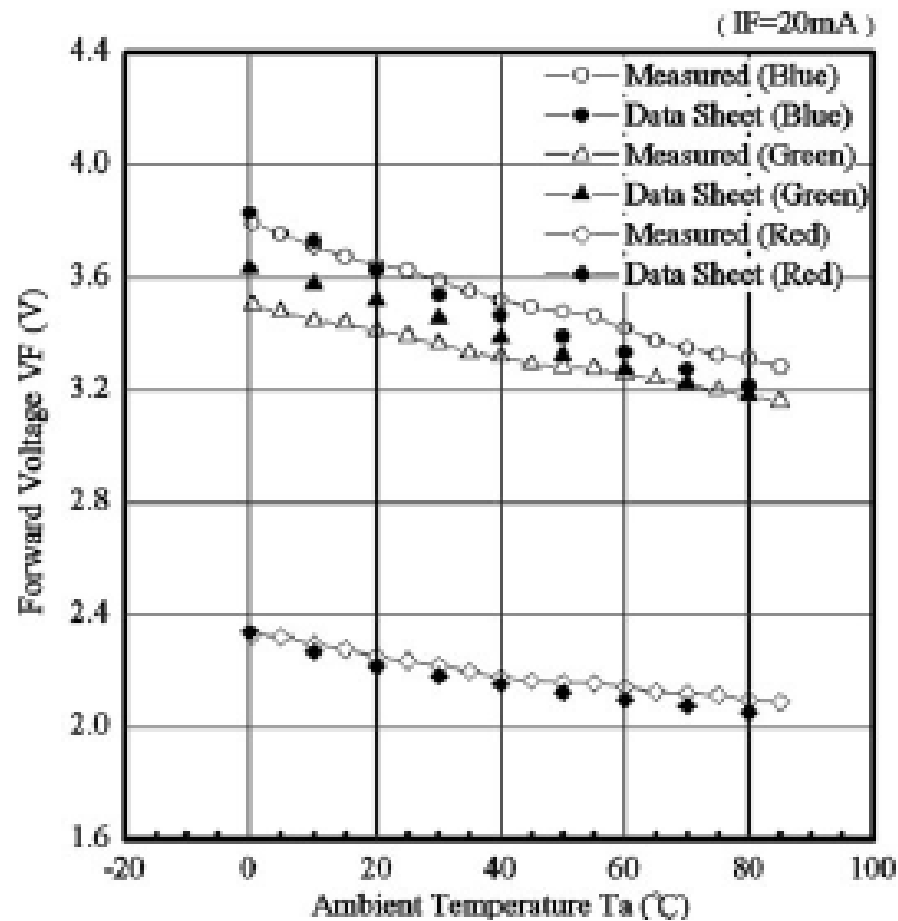
(a)

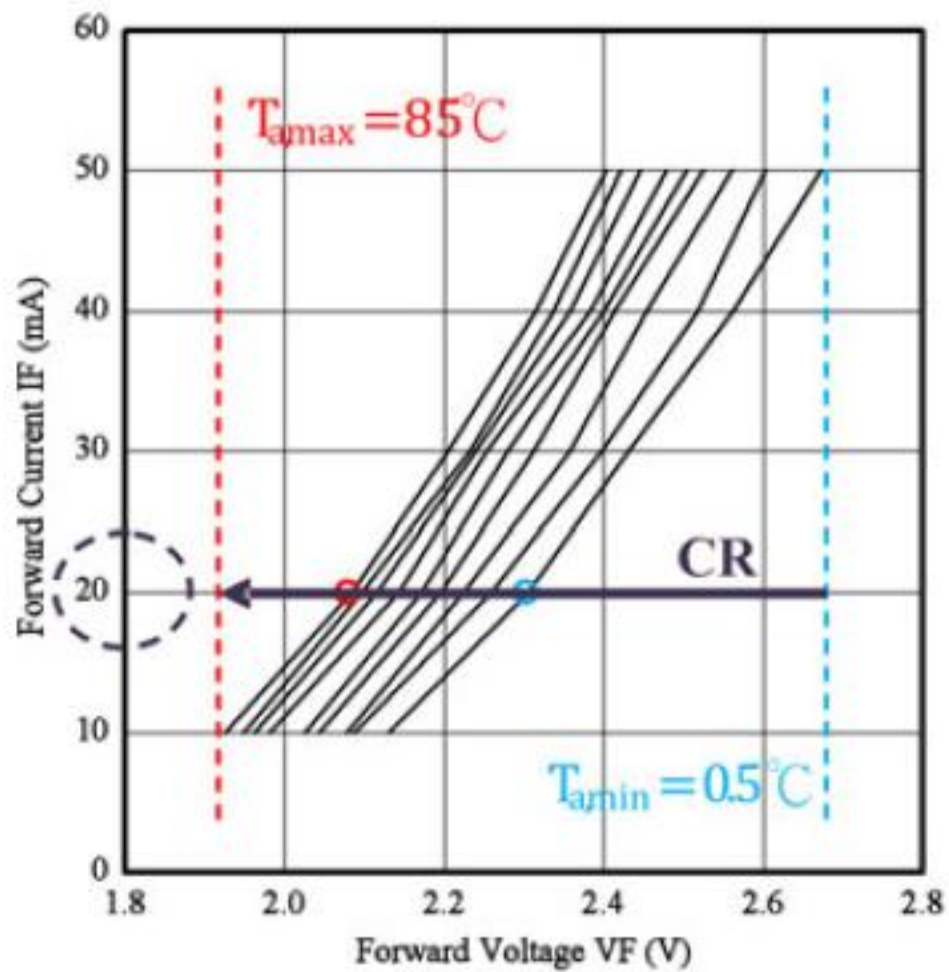


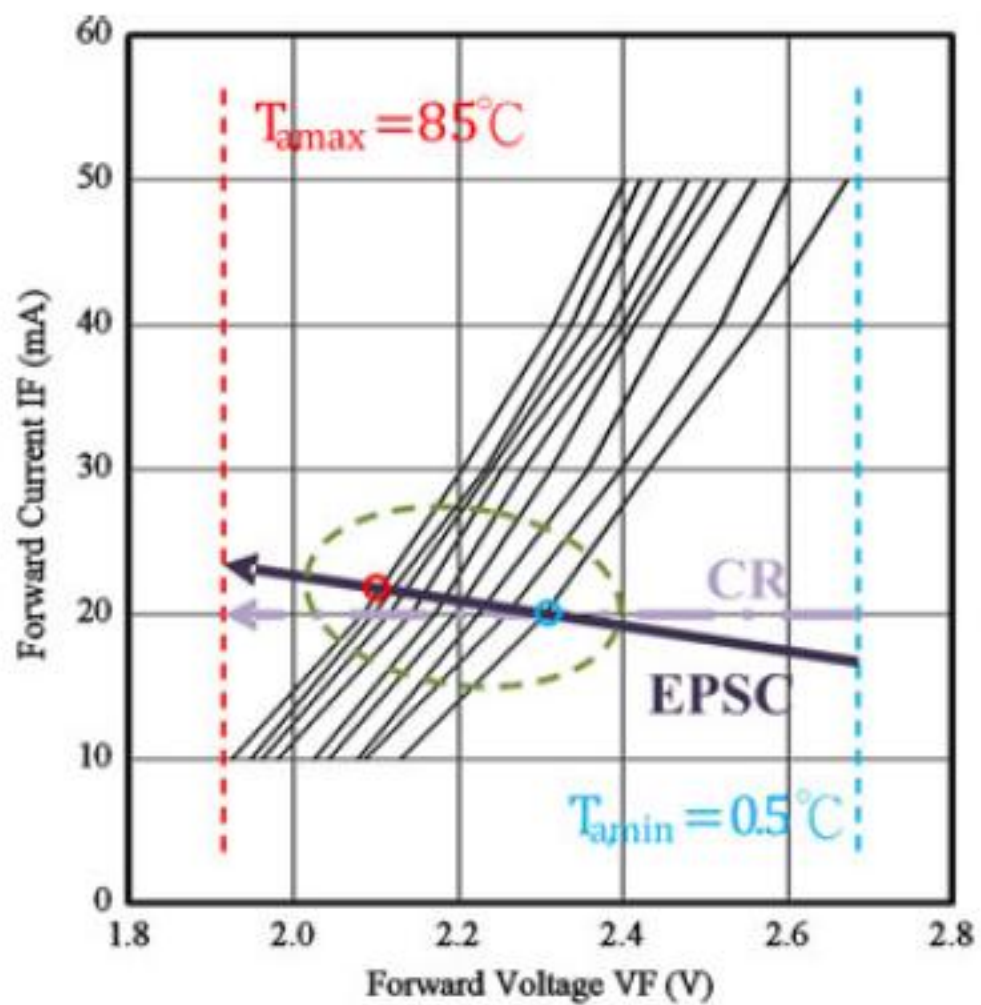
(b)

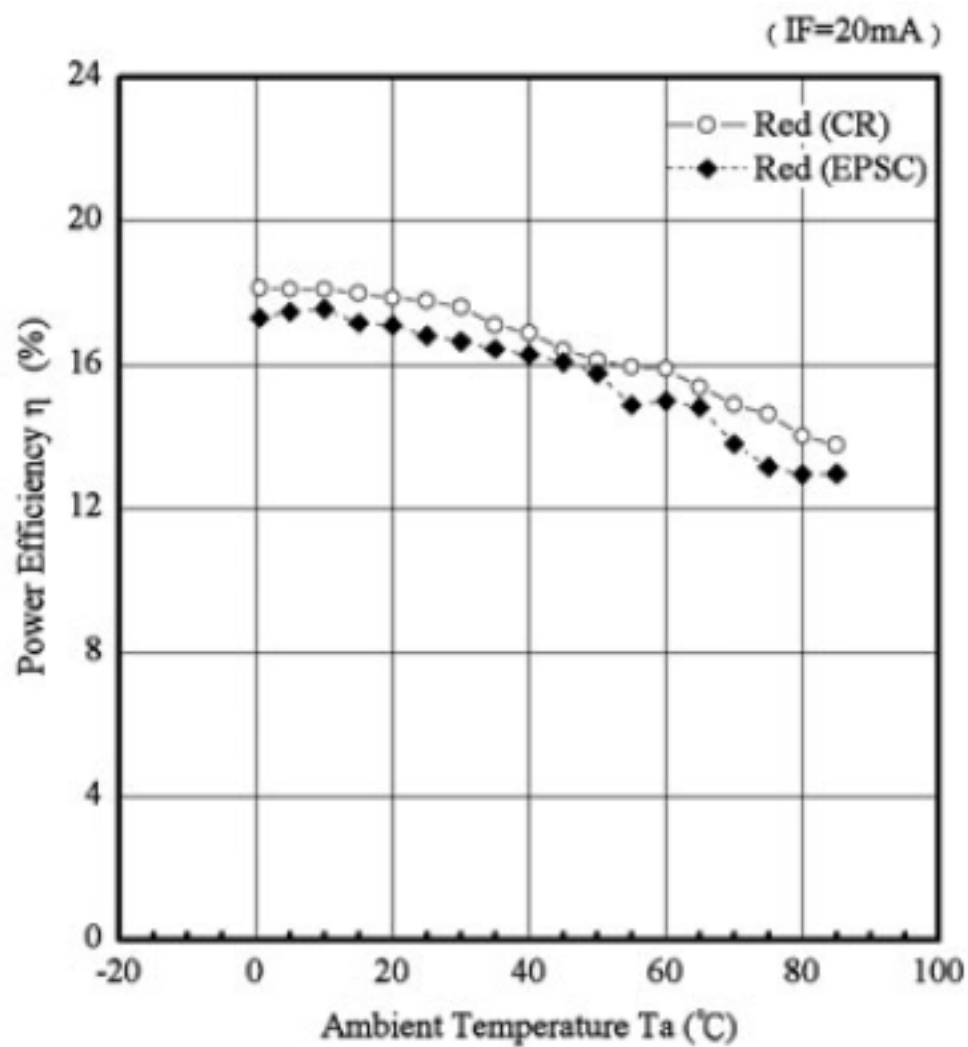


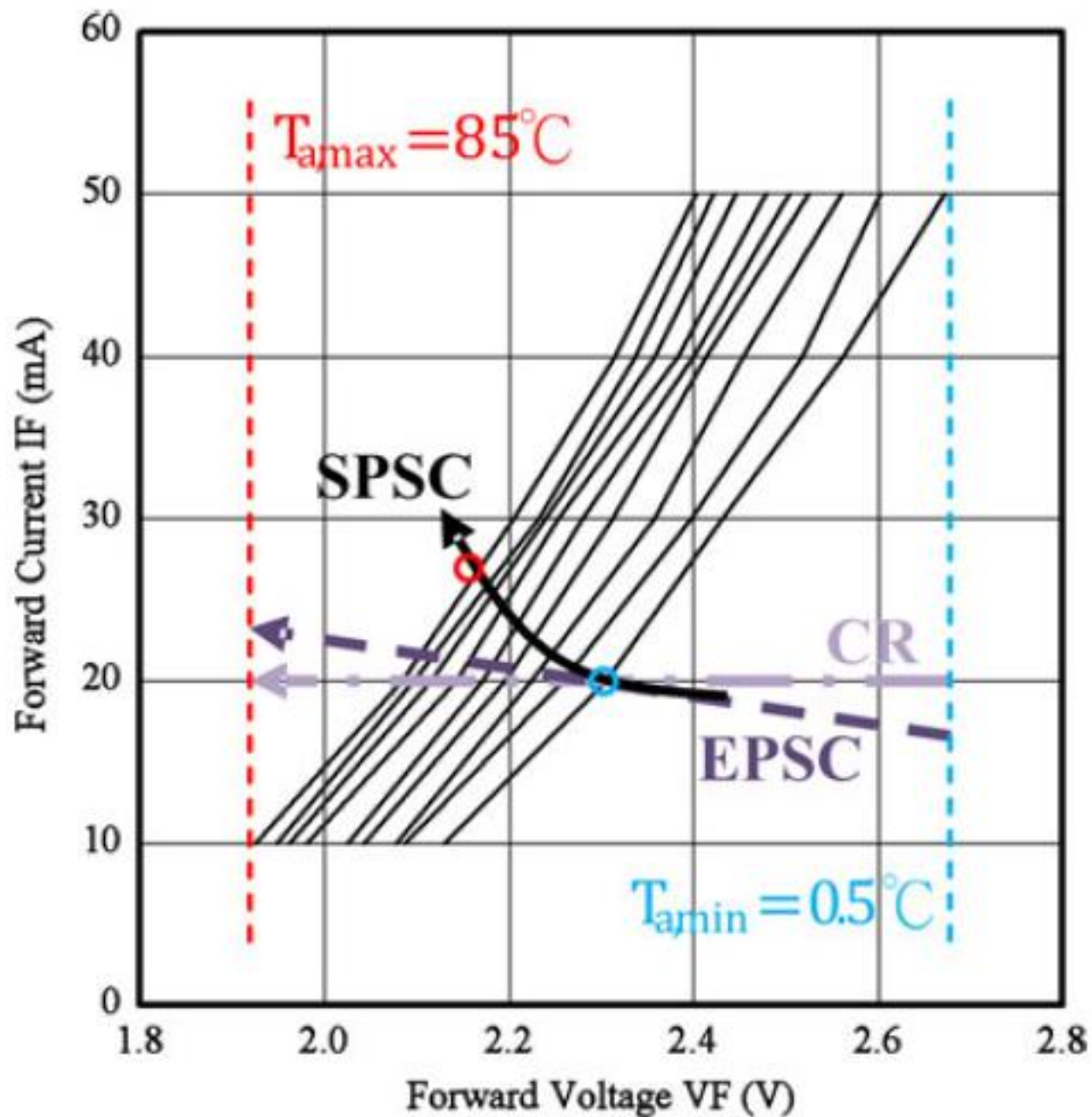
(c)

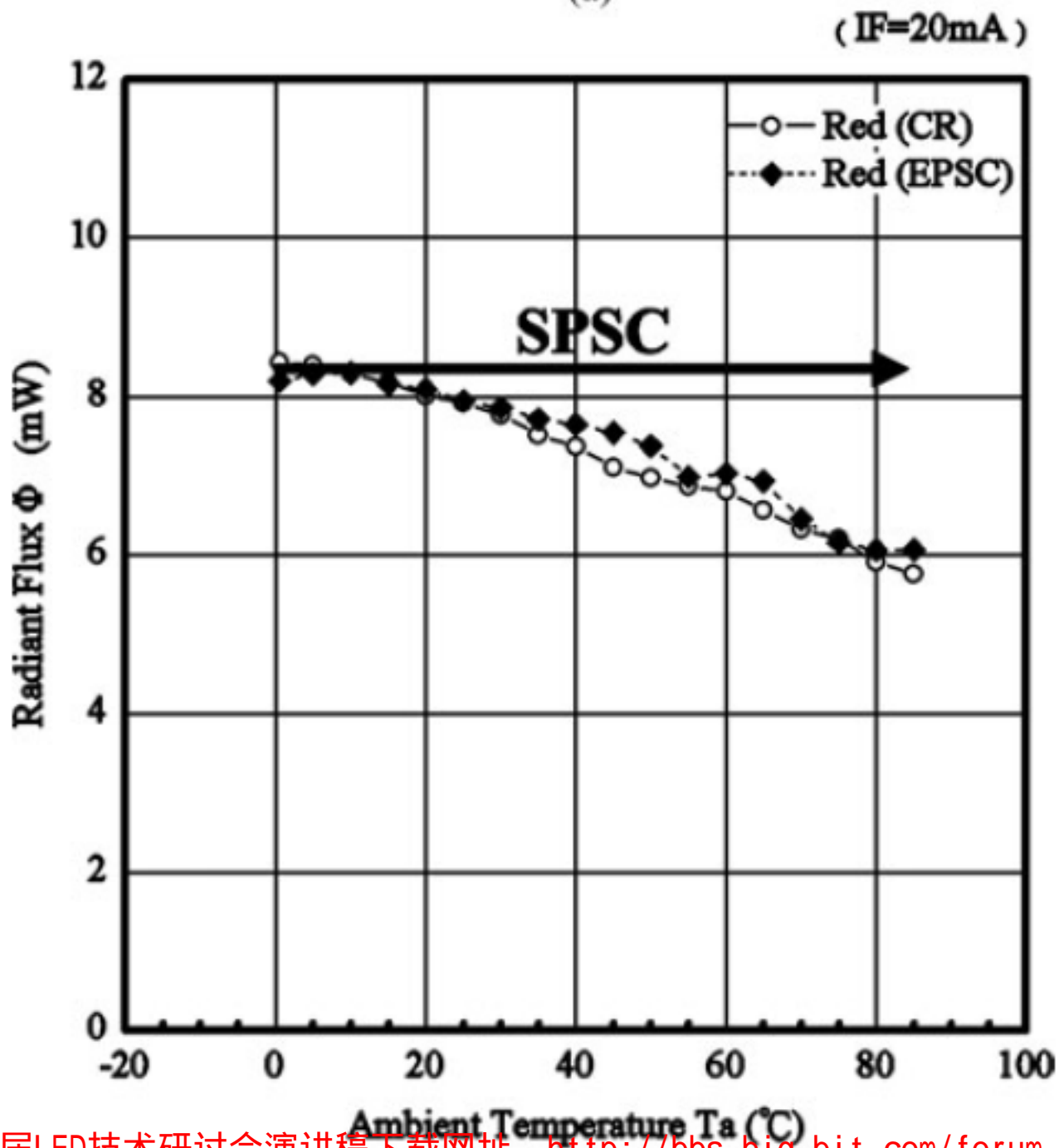




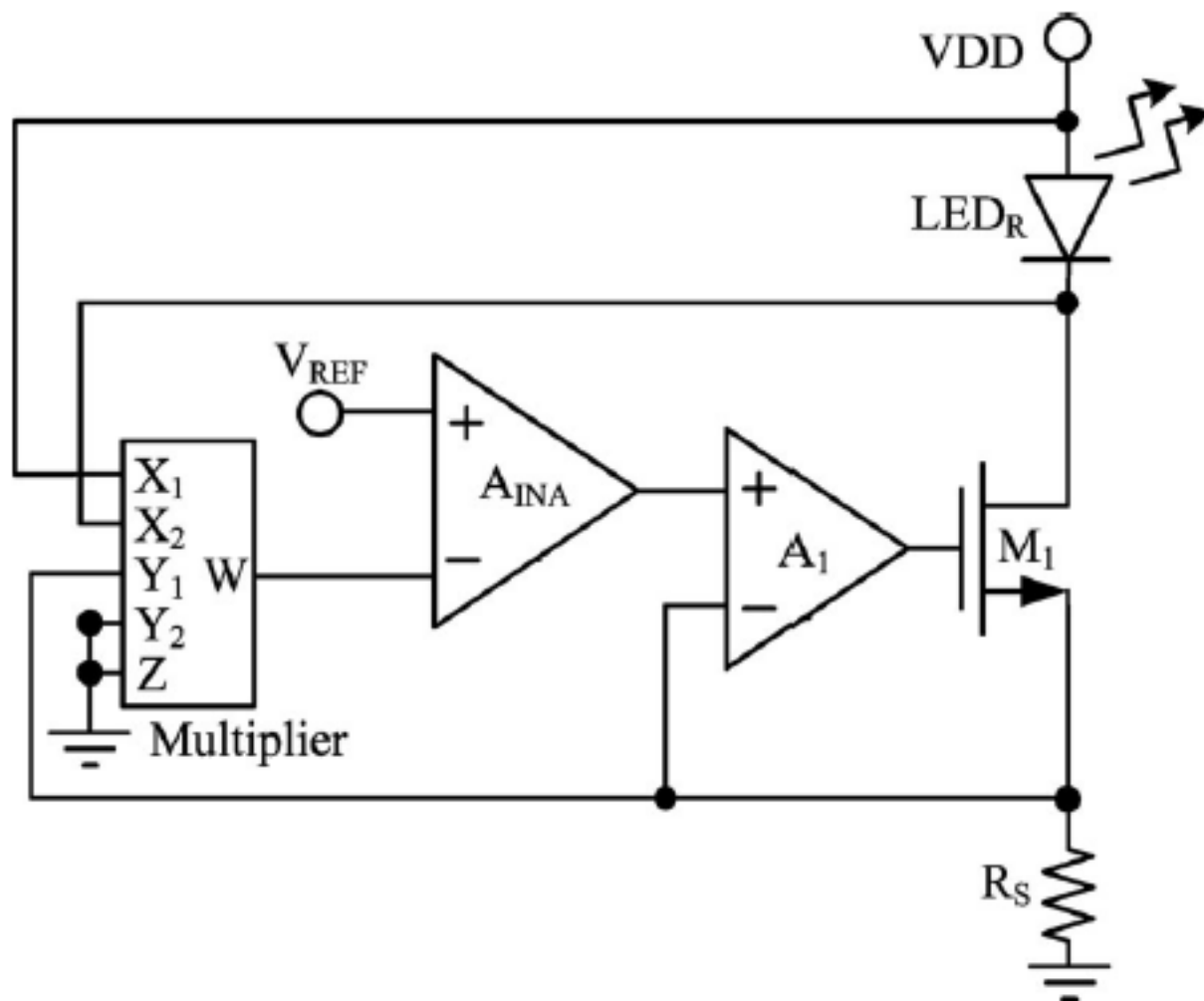




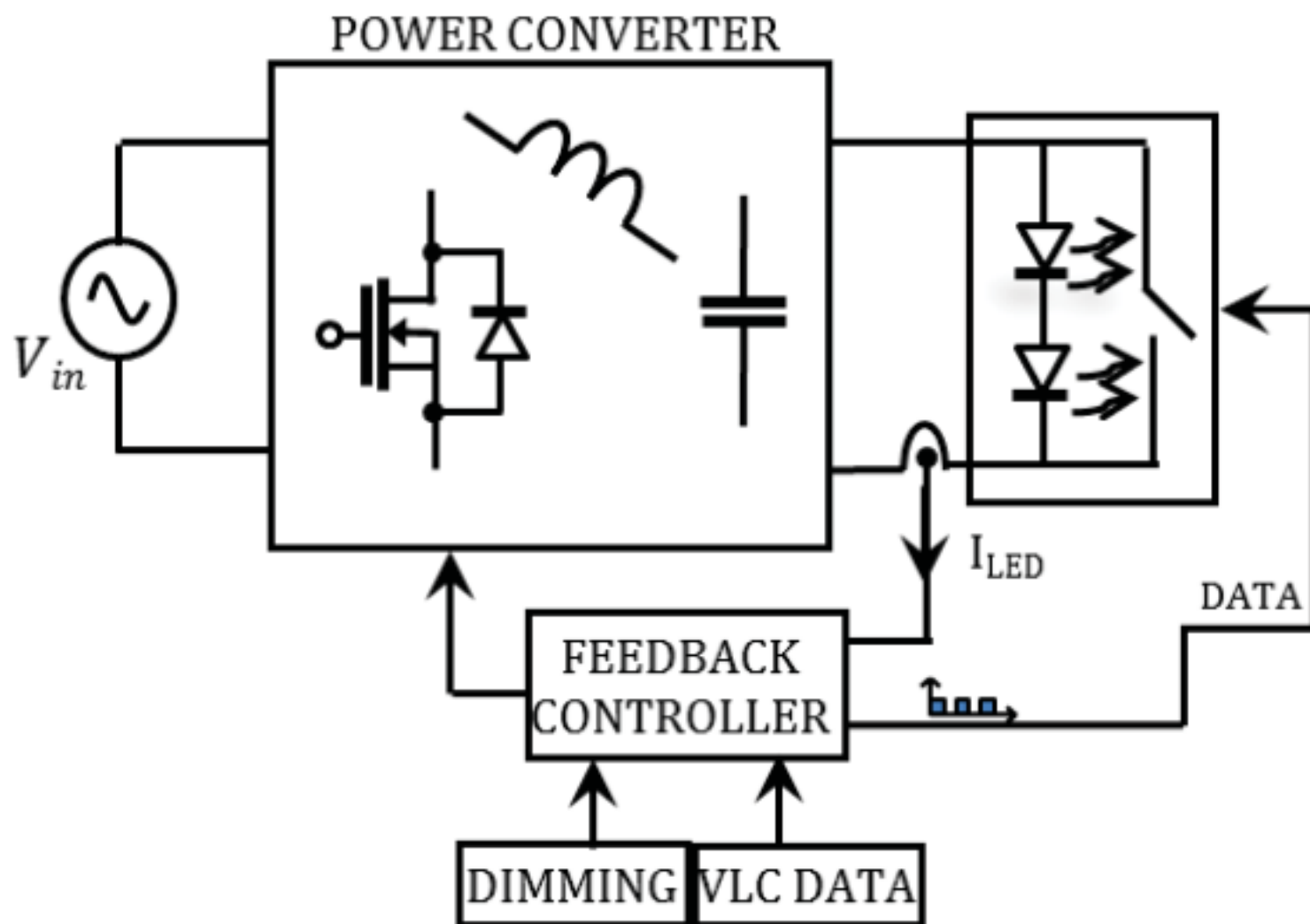


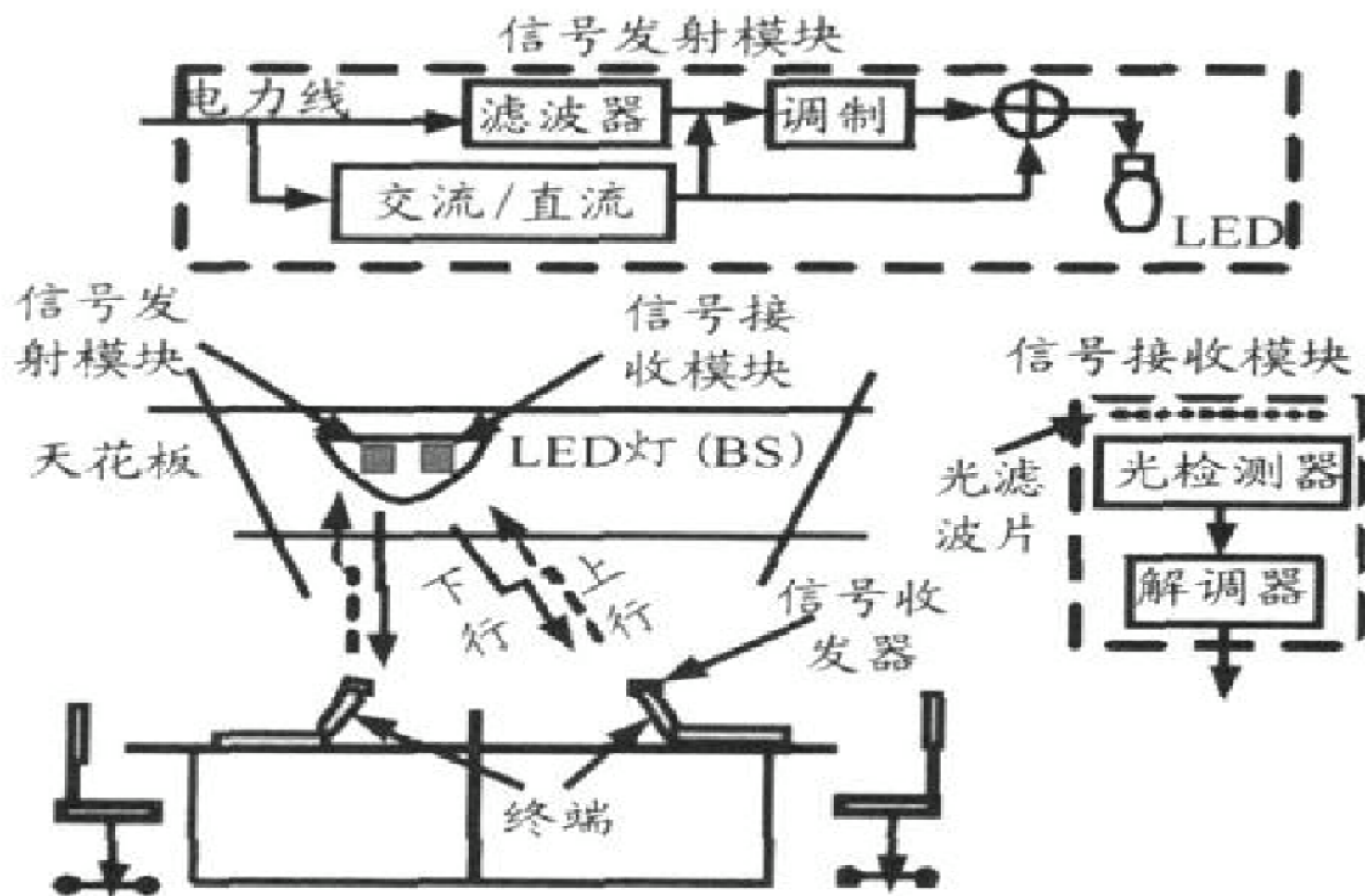


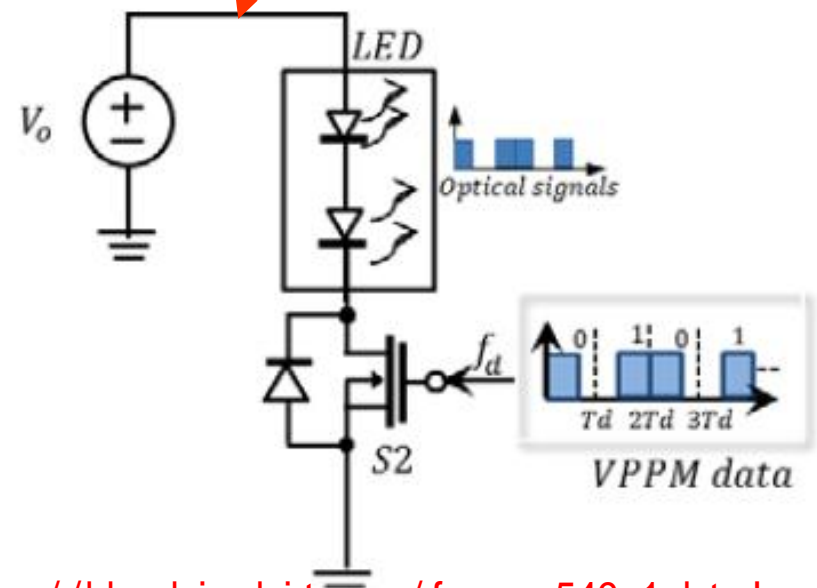
功率控制

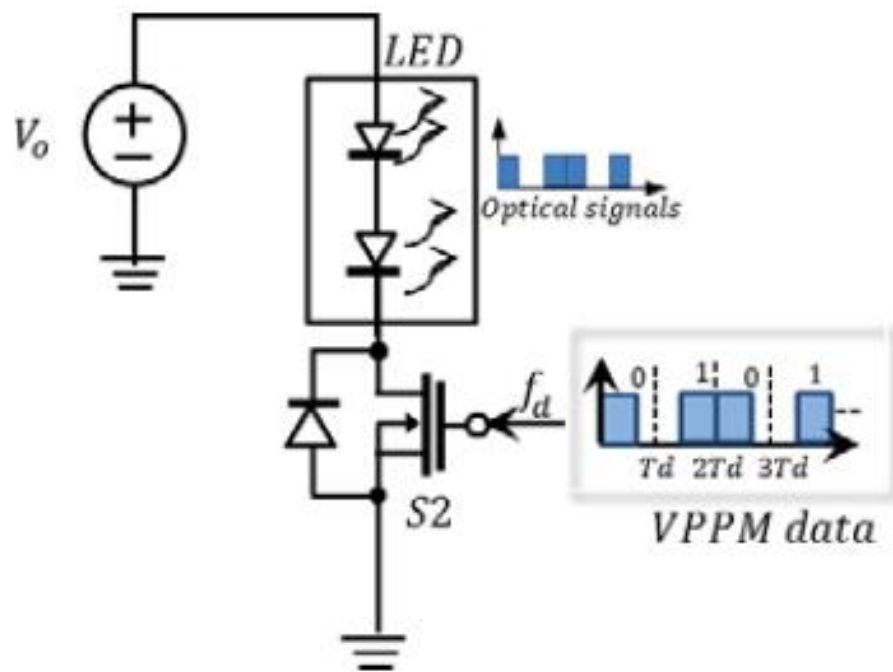


兼具通信功能LED调光

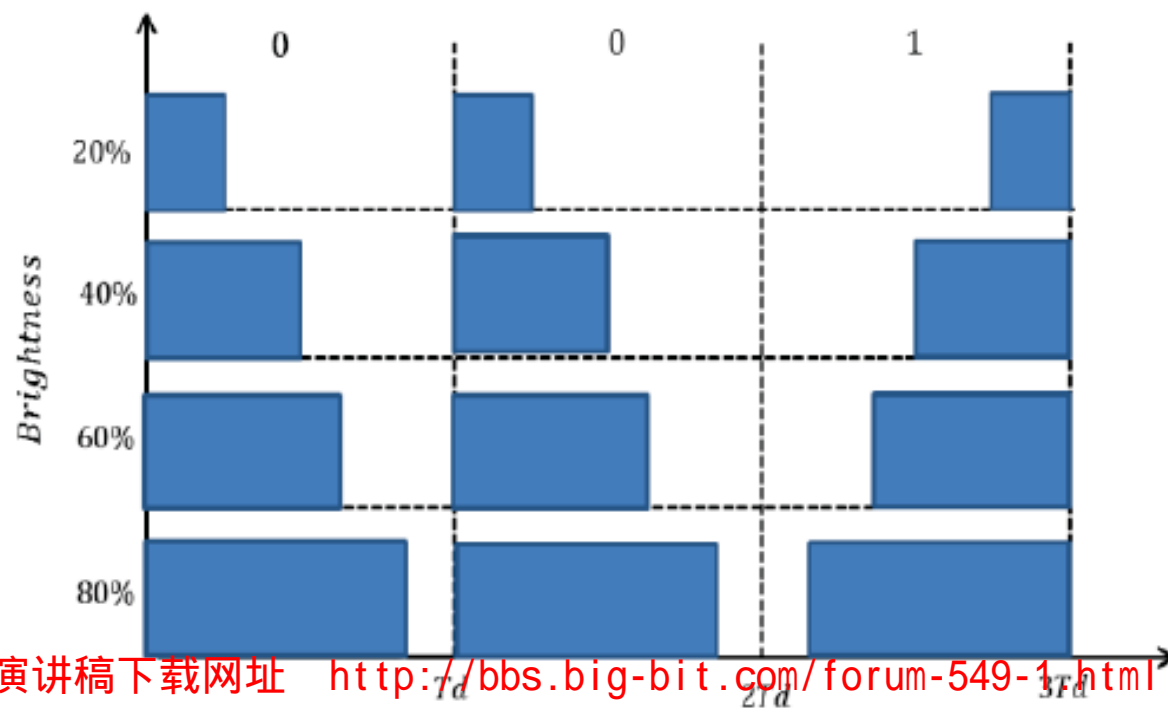








VPPM调制



结论：

- 组合调光策略更能发挥LED优良光学特性，实现较佳照明节能效果；
- 研究具有照明调光与通信双功能LED调光技术是今后一大趋势；
- 发展基于电功率与LED光学特性关系的调光概念与方法，更能准确实现光学特性控制；

福州大学
FUZHOU UNIVERSITY



谢谢！