

## 技术文章

### 具有功率因数校正、控制和保护功能的荧光灯镇流器集成电路

作者：Leigh Cormie, 国际整流器公司

两颗单芯片镇流器控制器集成了功率因数校正、可编程灯功能和电灯失效保护。

---

荧光灯镇流器设计正在向全电子化照明系统转化。与五年前的器件相比，日益成熟的电子镇流器技术现在能以更低的系统成本提供更好的性能。其中 IR2166 和 IR2167 控制集成电路便是最新一代电子镇流器控制集成电路的代表。为了了解这两种集成电路的有关特性，我们先看一看它们能够弥补磁性镇流器不足之处的性能优点，包括：

- 无闪烁照明
- 无可闻噪音
- 轻易增加功率因数校正

电灯闪烁的考虑是很重要的，因为磁性镇流器在 60Hz 工作时会产生闪烁。与之对比，电子镇流器将 60Hz 电源转成高频，因此它将电灯闪烁降低到感受不到的水平。另外，高频产生更少的热，效率也更高。

磁性镇流器会产生可闻噪音，因为它使用操作于 60Hz 的铁芯电磁元件，而设计优秀的高频电子镇流器是不会发出可闻的交流哼声。

功率因数校正（PFC）可以很容易加到所有类型的电子镇流器中，但是对磁性镇流器来说就很困难。PFC 电路可修正交流电流，使输入电压和电流转为正弦波，并将谐波含量变得非常小。另外，由 PFC 电路得到的高功率因数也提高了效率和减小了成本。镇流器谐波的目标是保持低于照明系统谐波电流的国际标准 IEC 61000-3-2 C 级限制。

功率因数校正与总谐波失真（THD，即由镇流器产生的功率谐波）也有关系。由镇流器产生的任何谐波也会对其它连接在同一个电源的电子系统造成坏的影响。功率因数为 1.0 意味着输入功率是纯正弦波和无谐波失真（THD=0%），因此最好是有高功率因数（PF）和低 THD。

当决定采用全电子方案后，设计师需考虑用于照明系统的多个控制 IC 的特性。这些特性影响电子镇流器的整体系统成本。最大的成本因数大概是使用元件的数量，它影响硬件存放、元件布局及整体工程设计，主要的问题是：

- 单片 IC 能否提供完整的镇流器控制？单片 IC 减小了硬件的成本，简化了镇流器到灯的接口。
- IC 是否适用于宽范围的灯类型和尺寸？储存适用于所有系统配置的单片 IC 能减小硬件库存。
- 控制 IC 是否可以编程，以便根据应用的要求设置系统特性？这样可以使系统设计更灵活。
- IC 是否内置了功率因数校正（PFC）？内置 PFC 电路可以减小整体元件数量。
- 是否有演示板？它可以简化照明系统的设计。
- 演示板是否备有计算机辅助设计软件？它可以帮助设计师并减小产品投放市场的时间。

IR2166 和 IR2167 给上面的问题的回答全都是“是”。老一代电子镇流器控制器采用一颗分离的控制 IC、栅极驱动 IC 和 PFC IC，而 IR2166 和 IR2167 是采用单芯片方案，减低系统成本。除了减少元件数量外，这些 IC 也简化安装，提高可靠性和节省设计时间。另外，它们也减小新荧光灯照明系统投放市场的时间。

IR2166 器件备有状态机器以控制镇流器的工作时序，包括欠压锁定、预热、触发、运行和故障模式。该芯片集成了可编程预热时间和频率，能将灯丝加热到适当的发射温度。这种特性将电灯寿命延长达三十倍，同时降低所需触发电压。可编程的死区时间、预热和运行频率的特性使 IR2166 能通过简单地修改元件就可以适配许多不同类型的灯。另外，通用的 90V~260V 交流输入能针对全球市场简化电路设计，减低为不同地区进行特殊设计的需要。

这种集成电路能在电压或电流尖峰时提供保护，从而进一步延长电灯及镇流器的寿命，同时提供无闪烁的高质量照明。这些保护项目包括：欠压锁定、软启动、触发故障、灯丝失效、过电流、寿命完结保护、更换电灯后自动重启，以及直流总线欠压复位。

功率因数校正（PFC）是 IR2166 和 IR2167 的主要集成功能。没有 PFC，控制器将产生谐波电流，引起电源分布系统的损耗和发热，甚至损坏发电设备。虽然单个控制器的功率一般较低，但多个控制器产生的综合谐波电流能产生巨大的影响。如果产生了足够的负载，便可能触发断路器，干扰其他产品或引起火灾。

IR2166 和 IR2167 两者也有类似的 PFC 电路在芯片上。传统的 PFC 电路以非常低的增益工作，以实现高功率因数和低 THD，但问题是在灯触发时直流总线电压会大幅下降，阻碍了灯触发或使灯熄灭。IR2166 和 IR2167 可在预热和触发期间动态地改变至高增益模式，防止直流总线电压下降，然后在正常运行时变回低增益模式以得到高功率因数和低 THD。加入 PFC 增益作为镇流器模式的功能体现了集成的好处，它的性能比现有 PFC 方法更优秀。没有 PFC 阶段，THD 会高于 100%，功率因数会低至 0.50。此外，从 2005 年起，欧洲强制执行镇流器 PFC 法案，即所有功率大于 25W 的镇流器都必须具备 PFC。

图 1 是 IR2167 的典型原理图。交流电一般接口到为 IC 提供直流电的桥式整流器。IC 驱动两个外部低成本功率 MOSFET 以控制荧光灯管和另外一个用于 PFC 电路的外部 MOSFET。PFC 电路是一个工作于临界导通和自由运行模式的有源升压变换器。在整个通用输入电压范围内，PFC 电路实现大于 99% 的功率因数和低于 10% 的总谐波失真 (THD)。

IR2167 是一个完整保护的 600V 镇流器控制 IC，容易适配于不同类型的电灯。IC 灵活性高，设计者可以独立设置预热和触发频率。镇流器控制部分的核心是一个具有外部可编程死区时间的变频振荡器。镇流器控制部分也提供电灯故障检测、关断和更换电灯后自动重启所需的电路。Vcc 内部的 15.6V 齐纳二极管可防止直流的过电压影响输入。IR2167 IC 备有 20 脚 PDIP 和宽体 SOIC 封装。

该 IC 有多方面的保护功能，包括电灯触发失效、灯丝失效、低交流电压、热过载、正常工作时电灯失效，同时提供电灯暗保护和寿命完结保护。此外，IC 也具有容性模式保护、抗锁定能力和 ESD 保护。

可编程特性提供了高度的设计灵活性，包括预热时间和频率、触发斜率、过电流和运行频率。其它工作特性包括内部故障计数器、动态重启、欠压锁定和 150 $\mu$ A 启动电流。

基本上这两个 IC 的 PFC 控制是一样的，但镇流器控制却不同。IR2167 具有额外的特性，如欠电流保护、低于谐波点保护和热过载保护。IR2167 也简化了电灯并联、多灯和多类型电灯的设计。因为 IR2167 具有更多的功能，其封装为 20 脚，而 IR2166 是 16 脚。

IR2167 的 CS 接脚负责检测故障情况，如触发失败、正常工作时过电流、硬开关、无负载和低于谐振点工作。如检测到以上任何一个状态，故障锁存器便会置位，振荡器关上，栅极驱动器输出变低，及芯片进入微功率模式。对于过电流、触发失败和硬开关故障，芯片在预热尾声时可启动外部可编程正向 CS+ 临界，而正向临界的水平由外部电阻值决定。

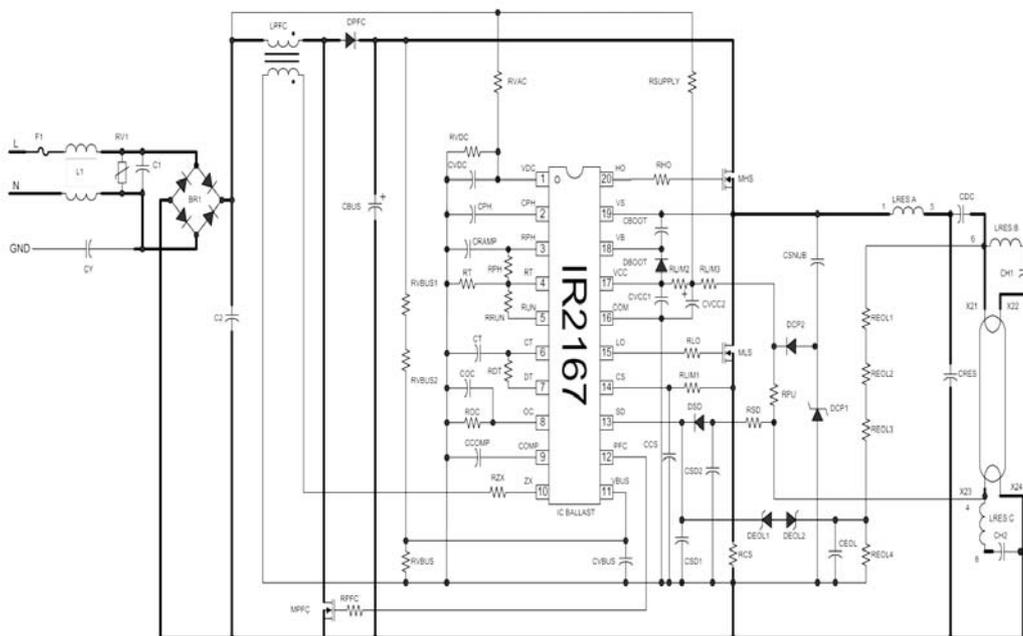
IR2166 和 IR2167 同样具有演示板，可简化照明系统的样机设计。演示板专为驱动快速启动荧光灯而设计，具有高效率、高功率因素和固定输出电子镇流器。这些演示板包括 EMI 滤波器、有源功率因数校正和一个镇流器控制电路。

镇流器控制部分提供一个具备外部可编程死区时间的变频振荡器，可简单适配于不同类型的电灯。镇流器控制部分也提供电灯故障检测、关断和更换电灯后自动重启所需的电路。表 1 列出了 IR2166 和 IR2167 演示板的特点，它们也代表了典型的荧光灯系统。

演示板附有一套计算机辅助设计软件。设计者只需选择荧光灯类型和可编程功能的值，软件便能提供原理图和材料清单。

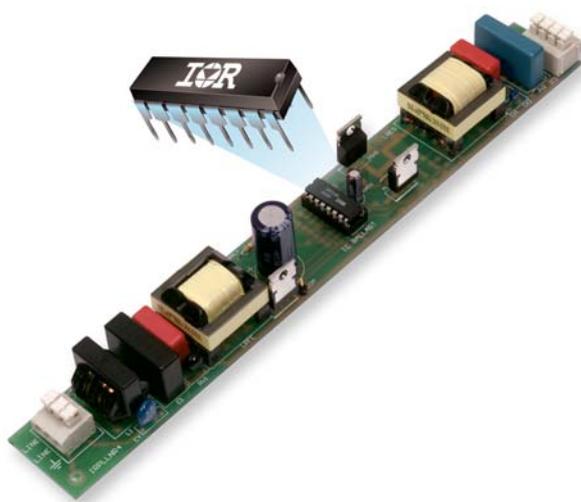
参数	IR2167	IR2166
灯类型	35W TL5	35W TL5
输入功率	35W	38W
灯运行电压	750Vpk-pk	600Vpk-pk
运行频率	42kHz	44kHz
预热频率	56kHz	57kHz
预热时间	1 秒	1 秒
灯预热电压	400Vpk-pk	660Vpk-pk
欠电流保护	是	无
低于谐振点保护	是	无
热过载保护	是	无
灯并联能力	是	无
触发斜率频率	36kHz	---
触发电压	2000Vpk-pk	1700Vpk-pk
输入交流电压范围	80-260Vac(rms)	90-260Vac(rms)
功率因数	0.99 @ 120Vac	0.995 @ 120Vac
总谐波失真	<10% @ 120Vac	<10% @ 120Vac
封装接脚	20	16

表 1: IR2166 和 IR2167 演示板特性



Note: Thick traces represent high-frequency, high-current paths. Lead lengths should be minimized to avoid high-frequency noise problems

图 1： IR2167 镇流器控制系统



图片 1： IR2166 荧光灯镇流器控制器和演示板