

## 一款适合家用调光器的镇流器：IRPLCFL3

内容：

引言

调光器电路

解决方案

原理框图

功能介绍

电路图

设计注意事项

元件表

电感设计

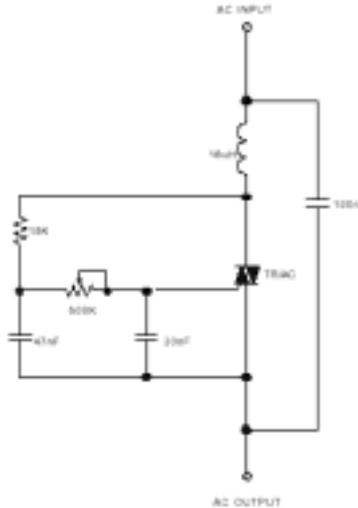


### 引言：

普通电子镇流器的一个缺点是不能用标准类型的调光器（相控）进行调光，特别是在将灯和镇流器合二为一的家庭用节能小镇流器。这是因为在无 PFC 的实际应用中，由整流级和紧随其后的大储能电容组成的镇流器输入部分直接与交流主电源相连，提供直流总线电压。DC 总线给高频半桥和输出部分供电。系统仅在主电压峰值附近吸取电流和给储能电容充电，而在主半周期的其余时间不充电。

事实上所有的家用和专业的调光系统都是基于双向可控硅。当器件被触发并且电流超过器件的保持电流时，这些器件才导通。这些调光器对于阻性负载比如普通的球形钨丝灯工作的非常好。双向可控硅能在主半周期内任意一点触发并且保持导通直到非常接近半周期末，在这个期间不断的吸取电流。这种方法可使灯电流从最大值到零进行调整。

## 120VAC 基本调光电路



当紧凑型镇流器与这种调光电路结合在一起时，双向可控硅仅在半周期内整流主电压比储能电容电压高时才触发导通。在这个实例中电容充电至相同整流电压时双向可控硅将关断。这种方法有可能通过双向可控硅的触发点从 90 度到 180 度的调整使镇流器直流电压有很大的调整，然而这对于控制灯的输出并不是满意的方法。

另外遇到的问题是；因为这种调光器需要在双向可控硅上串联一个电感来限制可控硅触发时电流的上升时间。若没有这个电感，将会产生大量高频谐波电流，并引起不可忽视的辐射和传导干扰问题。因为镇流器电路的负载为容性，所以调光器中的抑制电感与容性负载产生谐振，当双向可控硅触发后会引起“振荡”。当“振荡”输出电压的幅值摆动高于输入电压然后低于输入电压时将导致电流下降到维持电流以下，从而导致双向可控硅的触发并随之关断。在每个半周期这种现象将出现几次，这也就是个别灯闪烁和输出失控的原因。

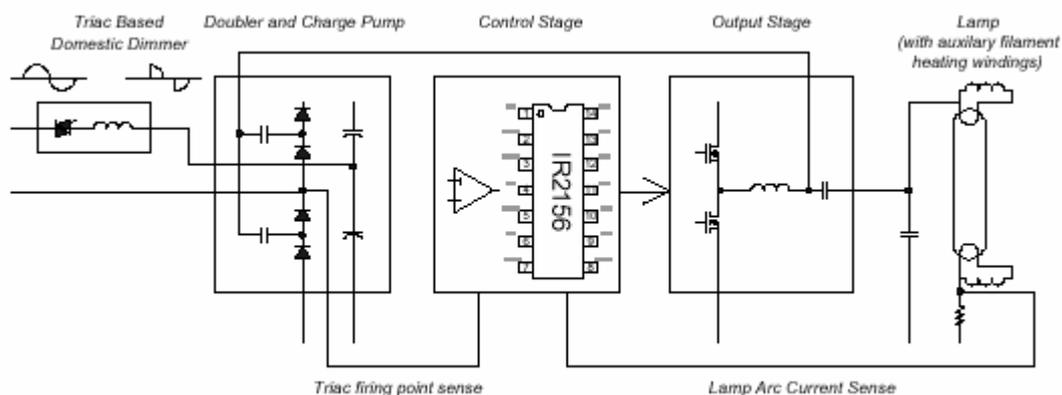
## 解决方案

现在提出基于 IR2156 的镇流器系统，该镇流器能够在覆盖调光器大部分调光范围内最小闪烁地工作，灯可以在受控范围内，输出功率从最大值到最大值的 10%。这个镇流器系统前端电路的设计使

调光器中的双向可控硅触发后能够持续保持导通直至主半周期末。除此以外它还有双向可控硅触发角检测电路，并且通过增加开关频率来调整灯电流，因此灯的输出由调光器的设置电平来控制。

需注意的是当调光器与容性负载相连或镇流器正在运行并且调光器设置的非常低时镇流器没有足够的总线电压工作，双向可控硅将不能触发。由于以上原因，镇流器不能工作在调光器整个调光范围之内。当镇流器亮度调到最低达到灯熄灭点时，调光器在灯再次触发之前必须回调，因此存在滞后现象。

## 原理方框图



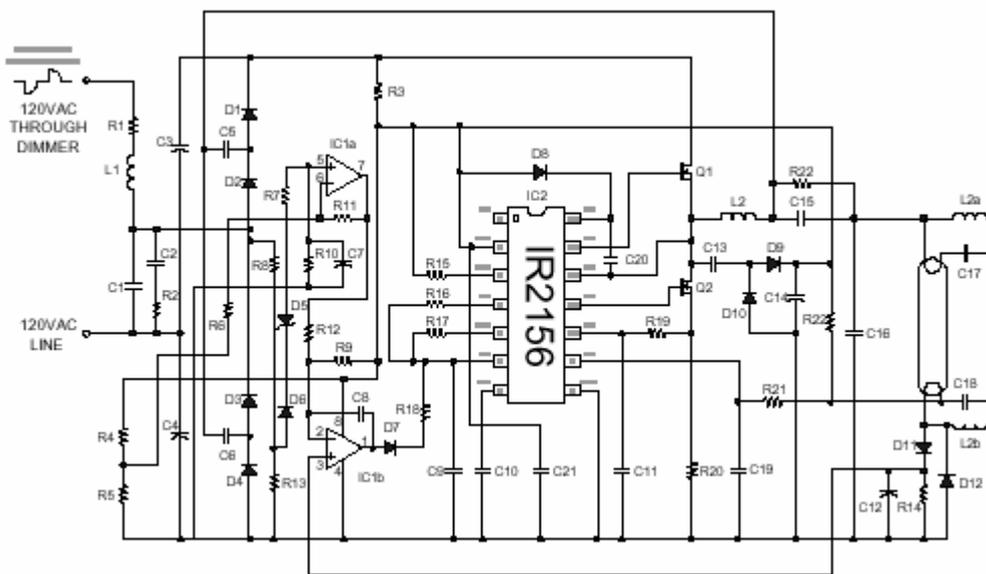
## 功能描述

当调光器的双向可控硅触发后，电流必须保持高于维持电流直到接近主半周期末，双向可控硅的电压非常低。为达到此目的就要确保镇流器吸收电流高于在大多数调光器应用中的标准功率双向可控硅的维持电流。镇流器工作时，当 Q2 导通时，L2 与 C5 之间的电压下降到最低点，在主电压的正半周期通过 D2 向 C5 充电。当 Q2 关断 Q1 开通时，L2 与 C5 之间电压上升到最高点时，C5 通过 D1 向储能电容 C3 放电。在主电压负半周期 C4 和 C6 恰好是相反，结果是在双向可控硅触发后到接近主半周期末期间，可不断的从输入吸取连续电流脉冲。电感 L1 确保了从输入连续吸取电流使双向可控硅在两个脉冲之间不会关断。这就要求电感必须在通过充电泵吸取电流时储存能量，在 C5 和 C6 放电期间释放能量。当灯调暗时镇流器

频率上升，C5 和 C6 的电流也上升，保证了在所有暗光水平双向可控硅保持很好的开关性能。

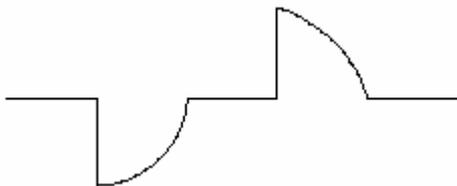
缓冲器由 C2 和 R2 组成。其目的是为了减小调光器双向可控硅触发时串联电感和容性负载发生谐振所引起的振荡。实际上 R1 也是起这个作用，选择 L1 很重要，它可以有大约 5 欧姆的直流阻抗，以提供额外的阻尼。如果串联阻抗太低镇流器在暗光水平将不能稳定工作。

## 电路图

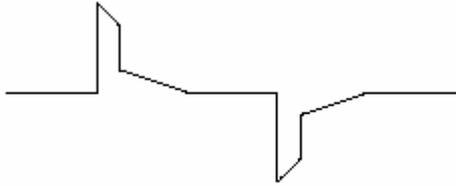


## 相控电压和电流

### 镇流器输入电压



## 镇流器输入电流



忽略高频分量，D2 和 D3 的连接点的电压波形与调光器的输出电压一样。相对于负总线电压，它是一个带有直流偏量的近似于正弦波的相控电压，负峰值电压为 0V。这个电压被 R8 和 R13 分压网络削减后馈送给 D6 和 D5。D5 阳极反映的是输入正半周期时信号通过滤波网络 R7，R10 和 C7 转换成直流电平信号。因为在出现最暗电平点调光器能够为镇流器的运行提供足够的输出，实际上这个电压是绝对不为零的。当调光器调到最大值时这个电压近似为调至最小值时电压的 3 倍。以前我们要求在闭环系统用参考电压来控制灯电流，这样做只允许下调到灯电流的 1/3，显然没有足够的范围。为此增加了偏置级，OP 放大器 IC1a 的反相输入端与由 IR2156 钳位在 15.6V 左右的 IC 供电电压经 R4，R5 分压取出作为参考电压相连。这个正增益由 R11 和 R6 的比值来设定。

如果同相输入端电压为： $V_{in}$ ，R4 和 R5 的连接点电压是  $V_{ref}$ ，那么  $V_{out}$  为：

$$(1+R_{11}/R_6) * V_{in} - (R_{11}/R_6) * V_{ref}$$

在这个电路中  $R_6=R_{11}$  则

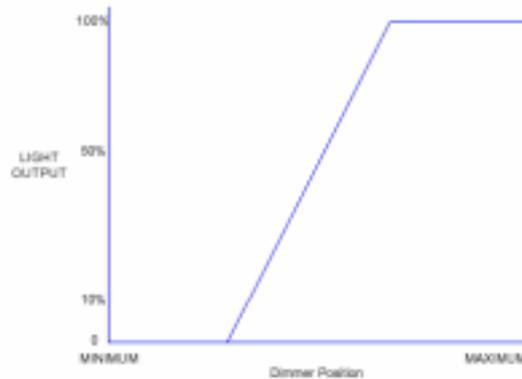
$$V_{out}=2*V_{in}-V_{ref}$$

选取 R4,R5 的值使调光器设在最小值时 IC1a 的输出将为零，调光器的输出上升时，IC1a 的输出大约将上升到 0.5V。当灯电流到达最大值时选择的电流取样电阻 R14 要给出 0.5V 电压。

IC1b 是误差放大器。灯电流反馈馈送到同相输入端，控制电压馈送到反相输入端。选择输入电阻 R12，R14 再与 10nf 的电容器构成一体使其具有最好的响应特性从而消除闪烁，但是要避免产生 RFI。

IC1b 的输出作为电流源，正向输出摆动越大，供给 IR2156 CT 引脚的电流就越大，这就会增大 RT 的电流供给量，并会引起 CT 更快速的充电和频率的增加。如果 IC1b 的输出电流是零，由 RT 给出最小频率。在预热阶段频率只与 RPH 的设置有关与 IC1b 无关。R9 可保证当作为调光参考电压的 IC1a 输出为零时，误差放大器的反相输入端有非常小的电压，也就是说不可能在某个设定点以下调光。这个点使灯保持点亮并且无闪烁的最小亮度电平来选择。如果必须除去在低照度水平时灯管中出现的条痕（黑色圆环）可以增加 R23。

### 调光特性



### 设计注意事项

#### 保护电路

IR2156 的 SD 引脚是在灯管取掉时起保护作用的。如果没有灯管时 SD 脚的电压将被提升到 5.1V 阈值电压以上，经 R21, R22 向 C19 充电。当灯管存在时，经过 D11 和 R14 使 R21 和 R22 连接点保持低电压。

选择电流检测电阻 R20，在触发模式中当频率接近谐振频率时，使触发失败，IC2 将关断，从而保护 Q1 和 Q2。本案中没有使用 Vdc 脚。Vdc 经过 R15 与 VCC 连接。镇流器完全由闭环系统控制频率使系统运行在最佳频率。

### 布线问题

当对这些闭环控制系统的电路布线时要注意。所有的地线应是同一个点，特别是 IC1 的 4 脚，IC2 的 8 脚，R20，C12，R14，D12，C9，C10，C11 和 C14 它们应由尽可能短的单根导线返回到 C4 的负端。这一点要尽可能的接近 IC2 的 8 脚 COM 端并且 C21 的位置要尽可能接近 IC2，布线要短。这样将避免地线环路问题。D1 到 D4，C3 和 C4 应靠近在一起，连接线要尽可能的短。从 C5 和 C6 到半桥 MOSFET 的连线也要保持短，并且尽可能的远离误差放大器。C14 要接近 IC1 和 IC2 并用短线连接到供电端以便提供最强的退耦。输出部分中所有传输高频电流的导线应远离 IC1 和 IC2 及其相关元件。

### 元件选择

在镇流器允许运行 40KHZ 左右的最大亮度处选择输出电感和电容，这样电感的损耗最小。以 TC-DEL26W 灯为例，应用 IR 镇流器设计辅助软件选择要求的预热，触发，运行频率，则会给出 L 为 2.3mH，C 为 6.8nF。在这个电路中两个电容 C5 和 C6 增加了储存容量所以输出电容实际上 4.7nF 就够了。由 R16，R17 和 C9 的值计算得到预热频率为 55KHz，运行频率为 40KHz，触发频率在 45KHz 左右。

### 输出电感设计

设计的输出电感 L2 允许在高的触发峰值电流时不饱和。这一点是非常重要的，如果电感饱和 IR2156 将关断。触发电流与灯的类型有关，应选择合适的预热使触发电流最小。为了使电感损耗最小，应使用多股线和高质量的铁芯。最好的设计方法是尽可能的用多股线多绕几匝，在得到合适电感量时有最大的气隙。这样通过最大峰值电流时电感不会饱和。当铁芯发热时饱和点下降，因此电感中的峰值电流也将下降，那么设计不合适的电感可能导致镇流器在热态时连续触发失败。

### *灯的预热过程*

在触发之前灯要有充分的预热。合适的预热电流可以从数据表或 IR 镇流器设计帮助软件中确定。调整 C10 的值可以设置预热时间。一个普通的规律是在触发之前灯丝发红光。如果预热不够镇流器可能在触发阶段关断，因为输出电感在高电流要求下不能够工作。输出电感 L2 中辅助阴极绕组匝数的选择是：应能提供足够的预热，在镇流器和灯集成在一起的设计中，关断脚可以接地，因此电感可以饱和而不会关断电路。

灯丝（阴极）电阻在整个可调光范围内必须是冷态电阻的 3 至 5.5 倍。确定热态电阻的简单方法是首先将阴极的一端通过电表与直流电源相连，缓慢的将电压从零开始增加，每增加 1V 记录下电流值。一直这样做直到能够看到阴极发出红光。当这种现象出现时停止增加电压以防止阴极可能损坏。这样就可以计算出每一个电压下对应的电阻值。因此依据电阻值遵循冷态电阻的 3 至 5.5 倍能得到可接受的电压范围。

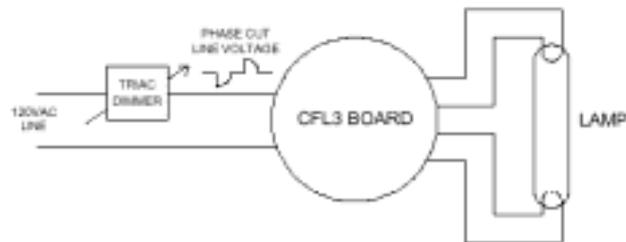
当镇流器正常运行时将数字电压表跨接在一个阴极上，可以观察到最大和最小亮度时的电压，当镇流器调暗时阴极电压上升。C17 和 C18 的值将控制电压上升的多少，减少容量将减少总的上升电压。

选择合适的值，防止在最小输出时超过电压上限。记住重要的一点，用电感的附加线圈为阴极提供预热意味着能量通过铁芯传送，因此铁芯的损耗将会上升，铁芯的工作温度也会上升。镇流器工作在最小照度时铁芯将达到最高工作温度。

下列元件值适用于 **26W** 紧凑型灯，对于特别的灯对电路进行优化后能获得最好的性能。

### *演示板的连接*

CFL3 演示板有两条长导线连接到 120VAC 输入电源，此板不能连接高于 120VAC 的电源。有四个输出接线柱与紧凑型灯相连接，它们位于演示板相对输入的另一边。靠上的两个与灯的一个阴极相连，靠下的两个与灯的另一个阴极相连。



## 电感规格

磁芯尺寸: E20/10/6 (EF20)

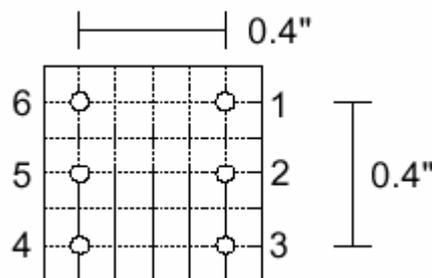
气隙间距: 1.0mm

磁芯材料: Philips 3C85, Siemens N27 或与其等效的材料

绕组名称	起始位	终止位	匝数	线径(mm)
主绕组	1	6	240*	10/38 多标准
ZX	N/A	N/A		
辅助绕组	N/A	N/A		
阴极绕组	2	5	5.5	26号绝缘线 (美制)
阴极绕组	3	4	5.5	26号绝缘线 (美制)

### 物理连接

(立式6脚骨架) 脚位图示



### 测试

主绕组感量: 最小值 2.1mH 最大值 2.4mH

\*根据感量要求调整匝数

元件表

Item #	Qty	Manufacturer	Part Number	Description	Reference
1	1	National Semiconductor	LM358AM	Dual Op Amp	IC1
2	1	International Rectifier	IR2156	Ballast Controller	IC2
3	2	International Rectifier	IRF730	MOSFET	Q1,2
4	5	On Semi	MURS160T	600V 1A Fast Diode SMD	D1,2,3,4,8
5	6	Microsemi	DL4148	Small Signal Diode SMD	D6,7,9,10,11,12
6	1	Diodes	BZT52C10	Zener Diode 10V 500mW SMD	D5
7	1	Renco	RL-5480-3-2700	Inductor 2.5mH 50hm	L1
8	1	B.I.Technologies	HM00-01741 (See Spec)	Inductor 2.3mH EF20	L2
9	1	Panasonic	ECQ-E2104KB	100nF 200V	C1
10	1	Panasonic	ECQ-E2224KF	220nF 200V	C2
11	2	Panasonic	EEU-EB2V220	22uF 200V 105C Electrolytic	C3,4
12	2	Roederstein	WY0102MCMB FOK	1nF 250Vac Dipped Ceramic	C5,6
13	1	Panasonic	ECE-AIVKG220	22uF 35V 105C Electrolytic	C7
14	1	Panasonic	ECJ-3FCIH103J	10nF 50V 1206	C8
15	1	Panasonic	ECU-VIH681KBM	680pF 50V NPO 1206	C9
16	1	Panasonic	ECJ-3VBIE334K	0.33uF 25V 1206	C10
17	1	Panasonic	ECU-VIH102JCH	1nF 50V 1206	C11
18	2	Panasonic	ECJ-3VBIH104K	100nF 50V 1206	C19,21
19	2	Panasonic	ECJ-3VB1E474K	470nF 50V 1206	C17,18
20	1	Panasonic	ECJ-D3A102KBN	1nF 1kV Ceramic	C13
21	1	Panasonic	ECE-AIEF2R2	2.2uF 25V 105C Electrolytic	C14
22	1	Wima	MKS2 Series	47nF 400V	C15

23	1	Wima	MKP4 Series	4.7nF 1kV Polypropylene	C16
24	1	Mallory	TDC474K050N SE	0.47uF 10V Tantalum Bead	C12
25	1	Panasonic	ECQ-E1104KF	100nF 100V	C20
26	1	Yageo	CFR-50JB-5R6	5.6R 1W Axial	R1
27	1	Yageo	RSF100JB- 100R	100R 1W Axial	R2
28	1	Yageo	CFR-50JB-220K	220K 0.5W Axial	R3
29	1	Panasonic	ERJ- 8GEYJ683V	68K 1206	R4
30	1	Panasonic	ERJ- 8GEYJ332V	3K3 1206	R5
31	1	Yageo	CFR-25JB-100K	100K 0.25W Axial	R21
32	4	Panasonic	ERJ- 8GEYJ104V	100K 1206	R6,7,8,11
33	1	Panasonic	ERJ- 8GEYJ223V	22K 1206	R10
34	3	Panasonic	ERJ- 8GEYJ103V	10K 1206	R12,13,18
35	1	Panasonic	ERJ- 8GEYJ472V	4K7 1206	R15
36	1	Panasonic	ERJ- 8GEYJ333V	33K 1206	R16
37	1	Panasonic	ERJ- 8GEYJ473V	47K 1206	R17
38	1	Panasonic	ERJ- 8GEYJ102V	1K 1206	R19
39	1	Dale		0.5R 0.25W Axial	R20
40	1	Panasonic	ERJ- 8GEYJ105V	1M 1206	R22
41	1	Panasonic	ERJ- 8GEYJ220V	22R 1206	R14
42	1	Panasonic	ERJ- 8GEYJ225V	2M2 1206	R9
43	1	Yageo	CFR-50JB-220K	220K 0.5W	R23*

**注意:**

如果需要消除黑环，可以增加电阻 R23。只有某些箝会有此类问题。本案没有设计此电阻安装位置，如果需要，可以安装在 PCB 板下面。

**参考文献:**

数据表: PD60182-B “IR2156 镇流器 IC”

参考设计 IRPLCFL2 “42W 紧凑型荧光灯镇流器”

IR 网站: [www.irf.com](http://www.irf.com)