

应用手册

应用 IR2520D 设计适用于 220VAC CFL 方案的设计步骤

Cecilia Contenti

相关标题

综述

220VAC 输入 CFL 应用的典型电路

CFL 镇流器设计要求和约束

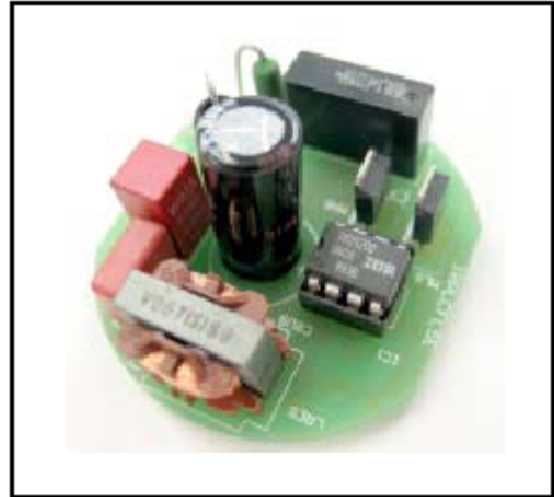
评估参考设计 IRPLCFL5E

使 IRPLCFL5E 参考设计适应于不同的灯的设计步骤

使 IRPLCFL5E 设计适应 18W 灯

使 IRPLCFL5E 设计适应 32W 灯

使 IRPLCFL5E 设计适应 42W 灯



1. 综述

这个应用手册旨在帮助使用 IR2520D 镇流器控制 HVIC 来设计 220VAC 输入的 CFL 镇流器。下面给出的内容有助于使 IRPLCFL5E 参考设计适用于不同的灯。有关电气参数、流程图和所有的功能描述的其它信息可以查阅 IRPLCFL5E 参考设计和 IR2520D 数据表。

2. 220VAC 输入 CFL 应用的典型电路

用于驱动 220VAC 线电压输入的 CFL 电路总是相同的，依赖于灯功率。推荐电路如图 2.1

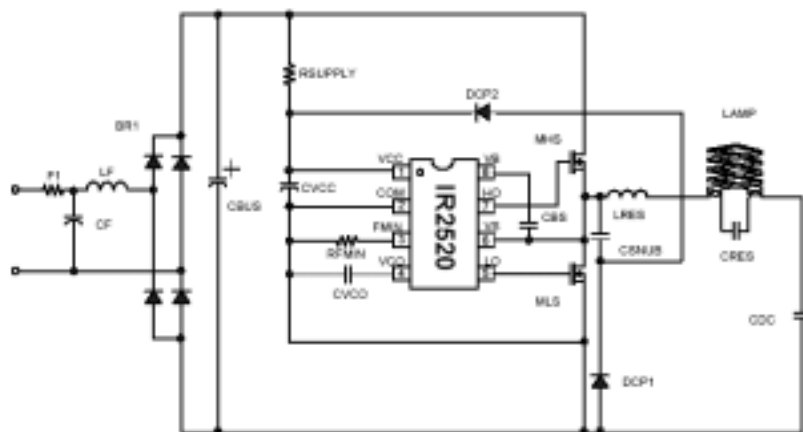


图 2.1 IRPLCFL5E 电路图

如给 IR2520D 供电的一些元器件 (DCP1DCP2, CSNUB, RSUPPLY), CBS 和 CDC 不需要更换。

EMI 滤波器, LF 和 CF 必须和满足 EMI 应用需求相适应, 但是对这些不做进一步的说明。母线电容 CBUS 的值在低功率应用时 (<25W) 可以被减小, 以便节省成本和体积。在大功率应用时 (>25W) 增大 CBUS 值可以避免母线电压的跌落, 但是在此应用文章中 CBUS 始终为 10 μ F。MOSFETs、F1、BR1 和 LRES 的电流额定值必须和不同应用的电流需求相适应。

这个应用文章将从 IRPLCFL5E 的设计开始, 详细解释如何改变 CVC0、RFMIN、CRES 和 LRES 的值以满足不同灯规格: 预热时间、预热比 Rh/Rc、运行灯功、运行灯电压或电流以及触发电压。

3. CFL 镇流器设计要求和约束

电子镇流器的工作遵循 3 种状态: 预热、触发和运行模式。

预热

在预热阶段灯丝必须被加热到适当的发射温度以保证灯的长寿命 (5,000-300,000 次或以上) 为了使灯寿命最长必须遵从以下条件:

- 1) 高的起始频率可以避免灯丝在启动时的重负。IR2520D 能够自动获得高起始频率, 因为它的起始频率大约是最小频率的 2.5 倍。
- 2) 预热比 (R_h/R_c =预热结束时灯丝电阻与冷态时灯丝电阻之比) 介于 4-6.5 (有时在灯的规格说明中指出了所需的预热比 R_h/R_c) 较大的 R_h/R_c 比值保证了较高的发射温度和较大的启动次数。
- 3) 预热时间等长于所需预热时间。预热时间不应低于 200ms 典型预热时间值为 1s。

R_h/R_c 比值可以通过设定预热结束时灯丝的电压和电流来控制。可以通过选择 LRES 和 CRES 的值来实现此目的。选择 CVC0 的值可以调整预热时间。

触发

在触发阶段, 频率将逐渐下降直到谐振, 灯上的电压将增加引起灯的触发。灯规格中规定了“最大触发电压”, 此电压是在最坏情况下 (冷灯) 加在灯上的所需触发电压。镇流器的最大触发电压发生在仅由 LRES 和 CRES 组成的输出电路的谐振点处。通过设定 LRES 和 CRES 的值就能够控制此最大触发电压。

运行模式

在运行模式时, 加在灯上的电压和电流必须保证灯正常的电压、电流和功率。除发生非 ZVS 外, IR2520D 将工作在最小频率 (f_{min})。通过改变 LRES、CRES 和最小频率可以调整输入功率。

小节, 灯规格要满足如下要求:

- 1) 预热比 Rh/Rc
- 2) 预热时间
- 3) 加在灯上的触发电压
- 4) 灯运行功率
- 5) 灯运行电压和电流

也要考虑一些约束条件：

- 1) 运行频率要大于 40KHz（以避免开红外线范围）
- 2) 起始电压要足够小（低于最小触发电压），以避免在预热时触发
- 3) 触发电流要低于 FETs 和 LRES 的最大额定电流

4. 评估参考设计 IRPLCFL5E

IRPLCFL5E 是关于驱动 220VAC 线电压输入的 24W 紧凑型荧光灯电子镇流器的参考设计。材料明细表（BOM）如表 4.1 所示，灯是 GEF26DX/827/4P。

表 4.1 IRPLCFL5E 参考设计材料明细表（BOM）

Item #	Qty	Manufacturer	Part Number	Description	Reference
1	1	International Rectifier	DF10S	Bridge Rectifier, 1A 1000V	BR1
2	1	Dale	CW-1/2	Resistor, 0.5Ohm, 1/2W	F1
3	1	Panasonic	ECQ-U2A104ML	Capacitor, 0.1uF 275 VAC	CF
		Digikey	P10730-ND		
4	1	Epcos	B82145-A1105-J	EMI Inductor, 1mH 370mA	LF
		Digikey	M5830-ND	RF Chokes 1mH 200mA	
5	1	Wima	MKS2 Series	Capacitor, 47nF 400V	CDC
6	1	Panasonic	EEU-EB2V100	Capacitor, 10uF 350VDC 105C	CBUS
7	1	Panasonic	ECJ-3VB1H104K	Capacitor, 0.1uF 50V 1206	CBS
8	1	Panasonic	ECJ-3VF1E474Z	Capacitor, 0.47uF 25V 1206	CVCO
9	1	Panasonic	ECY-3YB1E105K	Capacitor, 1uF 25V 1206	CVCC
10	1	AVX	1812AA681J	Capacitor, 680pF 1KV SMT 1812	CSNUB
11	1	Wima	MKP4 Series	Capacitor, 4.7nF 1KV Polypropylene	CRES
12	1	International Rectifier	IR2520D	IC, Ballast Driver	IC BALLAST
13	1	VOGT	5750924800	Inductor, 2.25mH, 5%, 1Apk	LRES
14	2	International Rectifier	IRFU320	Transistor, MOSFET	MHS, MLS
15	2	Panasonic		Resistor, 1M, 1206, 100V	RSUPPLY1, RSUPPLY2
16	1	Panasonic	ERJ-8ENF6812V	Resistor, 68.1K, 1%, 1206	RFMIN
17	2	Diodes	LL4148DICT-ND	Diode, 1N4148 SMT DL35	DCP1, DCP2
Total	20				

步骤 1) 检查运行条件

测量输入功率，查看 VS 脚波形和加在灯上的电压和电流。（图 4.2）核实以下两点：

- 运行频率大于 40KHz
- 灯的输入功率、电压和电流等于灯规格要求的正常值

Input (VAC)	Pin (W)	Iinrms (mA)	Vbusav (V)	Freq. (KHz)	PF	THD (%)
220	24	168	300	40.3	0.62	118

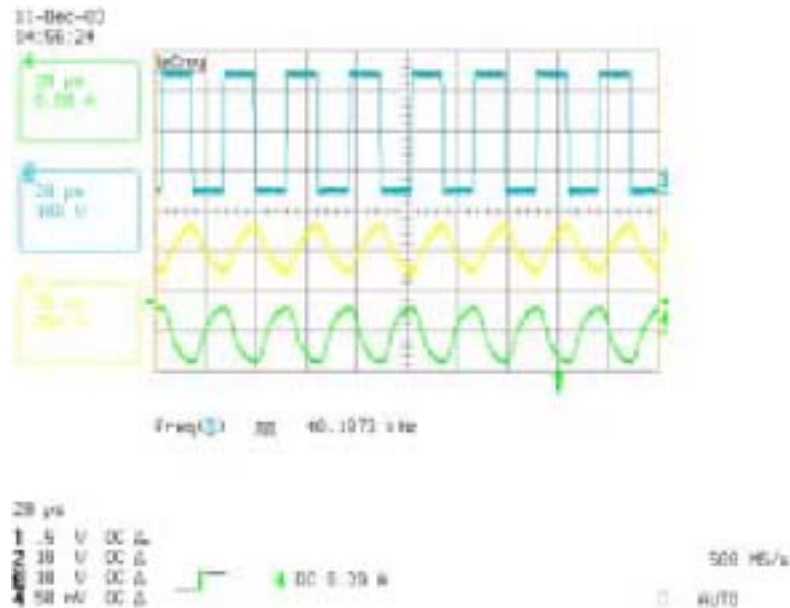


图 4.2 在运行模式时 VS 脚（蓝色）、灯电压（黄色）灯电流（绿色）波形

步骤 2) 检查启动、预热和触发

在预热结束时测量灯丝上的电压和电流（图 4.3），测量启动时灯上的电压和谐振电感电流（图 4.4）。核实以下几点：

- 预热时间 $0.2s < t < 1s$ ；此参考设计为 0.8s。

通过查看图 4.3 或 4.4 就能测量预热时间。预热时间就是电压和电流上升的长度，既电压和电流下降之前。

- 触发电压足够大以保证在最坏情况下能够触发

在图 4.4 中可以测量触发电压，在此图中看不到最大触发电压是因为在最大触发电压发生之前灯已经被点燃。为了看到最大触发电压必须无灯（用电阻代替电极或加在灯上）或冷灯时重新测量。必须核实的是最大触发电压如灯的规格要求中所给出的值。开关镇流器几次以及在灯丝冷态时开启灯也能够进行简单测试。要确保灯的触发没有问题。

- 触发电流要低于 FETs 和电感的最大额定值

在图 4.4 中测量触发电流再加 10%的裕量。

- 预热比介于 4-6.5 之间

利用图 4.3 来计算 R_h/R_c 比值，必须在预热结束时计算 $R_h=V_{pkpk}/I_{pkpk}$ 。 R_c =灯断开时的冷态灯丝电阻。比值= R_h/R_c 。用这种方法很难得到精确的测量。

为了得到更精确的测量建议采取如下措施：

- a) 在预热结束时测量 V_{pkpk}
- b) 计算 $V_{rms}=V_{pkpk}/2.8284$
- c) 用一个电源测量 I_{rms} ，给灯丝加一个等于 V_{rms} 的直流电压
- d) 计算 $R_h=V_{rms}/I_{rms}$

在此例子中 $V_{pkpk}=21.4V$ ， $V_{rms}=7.56V$ ， $I_{rms}=0.38A$ ，于是 R_h 为 20。测量得到 R_c 为 5。比值等于 $20/5=4$ 。这种方法的局限就是能够用电源为此测试加在灯丝上的电压被限制在 10-12V。设置正确预热建议采用如下多数实际方法：

- a) 选择 CRES 值在所需预热时间内以较低的触发电压点燃灯。
- b) 在预热、触发和运行之间寻求一个良好的过渡。触发的上升斜坡必须清晰。
- c) 灯运行寿命测试。用一个有开关顺序显示的普通检验设备来验证开启次数（市场上方案的开启次数有 5000 次，10000 次和大于 30000 次的；好的方案必须保证至少 5000 次的开启次数）。

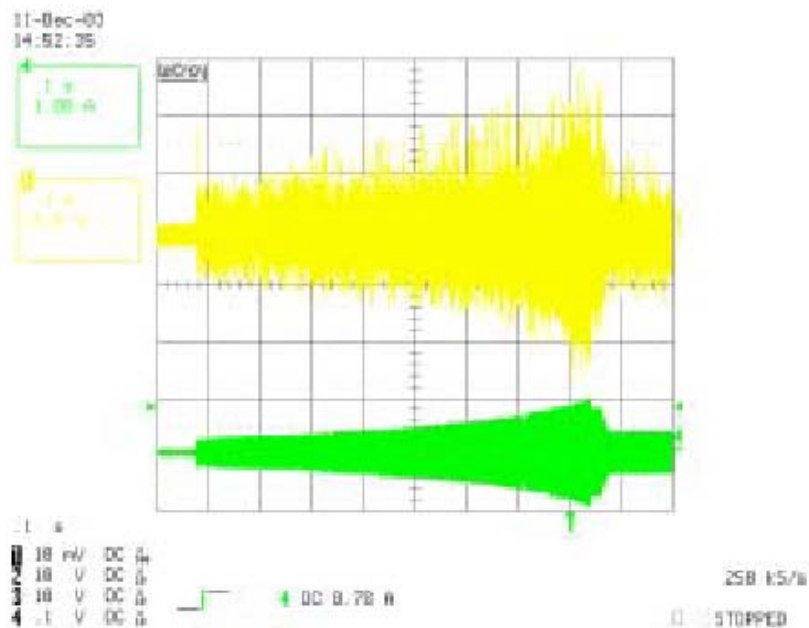


图 4.3 启动时加在灯丝上的电压（黄色）和谐振电感中的电流（绿色）

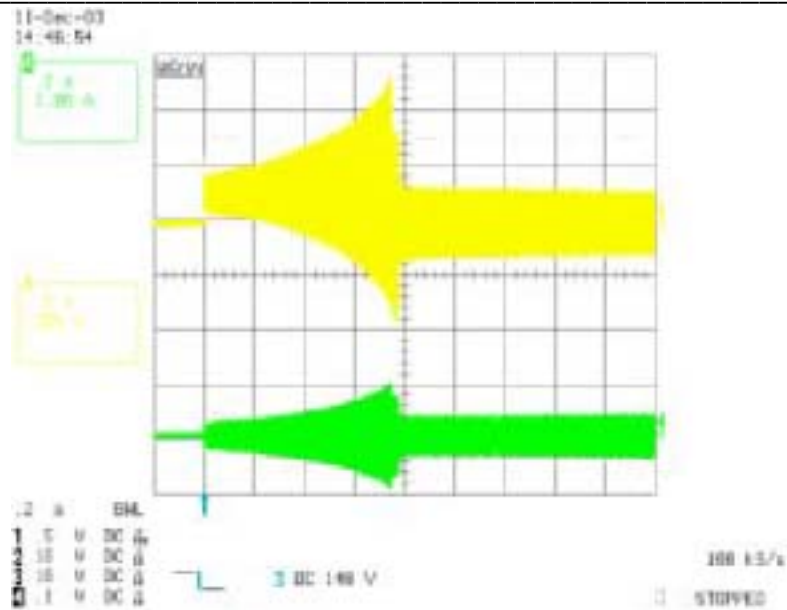


图 4.4 在启动、预热、触发和运行模式期间灯上的电压（黄色）和谐振电感中的电流（绿色）

5. 使 IRPLCFL5E 参考设计适应于不同的灯的设计步骤

用 IR2520D 进行设计非常简单，因为它仅有 2 个控制脚：VCO 脚（0-5V 振荡电压输入）和 FMIN 脚（最小频率设置）。修改设计驱动一个较大功率的灯，需要修改 RFMIN、CVCO、LRES 和 CRES 参数。对于新灯要确保 FETs 和电感是所需的电流额定值，VCC 也要稳定。修改设计为一个低功率灯时，将需要减少 RFMIN。仅在一些场合也需要修改 CVCO、LRES 和 RES 参数。在大多数场合 FETs 和电感可以工作在较低电流额定值下。

FMIN 脚通过电阻 RFMIN 和地相连接。该电阻值设定了 IC 的最小频率 (f_{min}) 和起始频率 ($2.5 \times f_{min}$)。除非检测到非 ZVS 外 IR2520D 将以最小频率工作在运行模式。一般说来为了恒频率工作，需要选择最小频率大于低 Q R-C-L 电路的频率。在此例中，增大 RFMIN 值可以减小频率，增大灯功率。或者减小 RFMIN 值增大运行频率，减小灯功率。

VCO 脚通过电容 CVCO 和地连接。该电容值设定了频率从 2.5 倍 f_{min} 下降到 f_{min} 时间。增大电容值增大预热时间，减小电容值减小预热时间。

推荐设计步骤如下：

1) 使用 BDA 软件计算 LRES 和 CRES。

选择无 PFC 输入结构，选择 IR2156 IC 和单灯电流模式结构，在数据库中选择新灯或者通过“高级”选项手动输入灯参数。

计算工作点选择合适的 L 和 C 的值使其满足：

1. 1) 运行频率为 40KHz-45KHz（最佳工作范围）
1. 2) C 值尽可能的小以使损耗最小（建议值 4.7nF）

1.3) L 值灵活选择

2) 测量 L0。在 VCC 脚和 COM 脚之间加上 15V 电压调整 RFMIN 值得到合适的最小频率（建议恒频率工作，通过 BDA 软件设置 f_{min} =运行频率）。增大 RFMIN 使最小频率减小或减小 RFMIN 使最小频率增大。

3) 接上交流输入检查灯的预热、触发和运行状态。

3.1) 如果预热期间灯触发或者预热电流太小或者灯上的起始电压太高，就增大 CRES 值来减小预热期间和启动时灯上的电压，也增大预热电流，同时需要减小 LRES 以维持相同的功率和频率。

3.2) 如果 IC 工作频率大于 f_{min} ，就增大 CRES 或 LRES 来减小谐振频率避免硬开关或者减小 CSNUBBER 值（建议最小值取为 680pF 以确保 VCC 保持在 UVLO-之上）。

3.3) 如果 VCC 跌落，就增大 CSNUBBER 或 CVCC 的值。

4) 调整 RFMIN 的值以得到合适的灯功率（增大 RFMIN 时功率增大，减小 RFMIN 时功率减小），CVC0 设置合适的预热时间（增大 CVC0 时预热时间增大，减小 CVC0 时预热时间减小）。

5) 在整个电压输入范围内测试确保频率变化不超出工作范围之外。选择 RSUPPLY 值使在合适的交流电压输入点启动，在较高交流输入电压点启动时增大 RSUPPLY 的值，在较低交流输入电压点启动时减小 RSUPPLY 的值。

6) 测试灯寿命（开启次数）。一个好的设计应保证至少 5000 次的开启次数。增大 CRES 或者预热时间（CVC0）可以增加开启次数。

6. 使 IRPLCFL5E 设计适应 18W 灯

灯规格：OSRAM DULUX 18W

步骤 1) 检查运行条件：

简单地增加运行频率（ f_{run} ）就能使设计适合低功率灯。仅有的限制是： f_{run} 变得太大（>50KHz）或者发生了非 ZVS 开关引起 IR2520D 工作在比 f_{min} 更高的频率上。如果这些限制的其中之一被证实，必须增大 LRES 值。在此例子中不需要改变 LRES 值，因为减小 RFMIN 值到 53.6K，220VAC 输入时不我待灯功率为 18W，运行频率大约为 49KHz。

步骤 2) 检查启动、预热和触发：

验证触发电压足够大允许冷灯开启（在冷灯时试着开启灯几次），并验证预热是正确的。察看灯的预热（在预热期间预热灯丝变成红白色），或者观察波形（计算的预热比大于 7）。上述其中之一得到证实就说明是过预热，能够损坏灯丝。为了减小预热，必须通过减小 CRES 值来减小预热电流。较小的 CRES 意味着预热期间灯丝电流小，在启动和触发期间加在灯上的电压更大。减小 CRES 值到 3.3nF 得到如图 6.1 和

图 6.2 波形。图 6.1 给出的是预热期间灯丝上的电压和电流，图 6.2 是启动时灯电压和谐振电感电流。

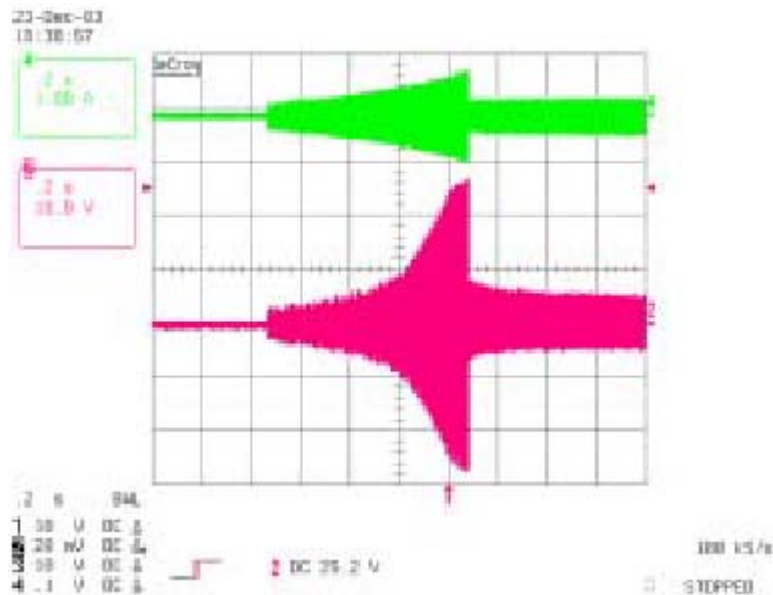


图 6.1 预热期间灯丝上的电压（红色）和电流（绿色）

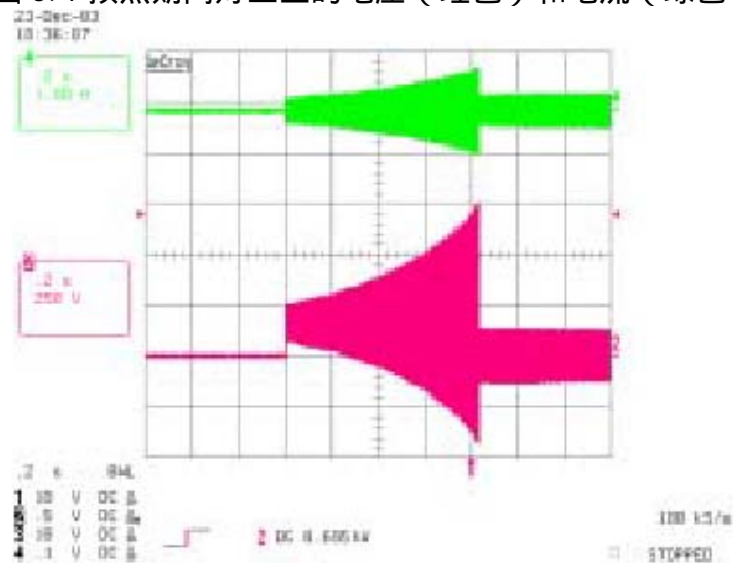


图 6.2 启动时灯电压（红色）和谐振电感电流（绿色）

触发斜坡看起来非常干净，预热比 R_h/R_c 大约是 4 ($I_{pkpk}=1.71A$, $V_{pkpk}=50V$, $R_h=50/1.71=29\text{ ohm}$, 比 $R_h/R_c=4.2$)，预热时间是 0.8s。使 $C_{VCO}=0.56\mu F$ 设定预热时间为 1s 可以大大增加开启次数。

步骤 3) 再次验证运行条件

需要返回到步骤 1) 去看使用新 CRES 后，是否需要再次改变 R_{FMIN} 以获得正确的功率。要清楚运行条件被验证。图 6.3 是 VS 脚和灯电压、电流波形。

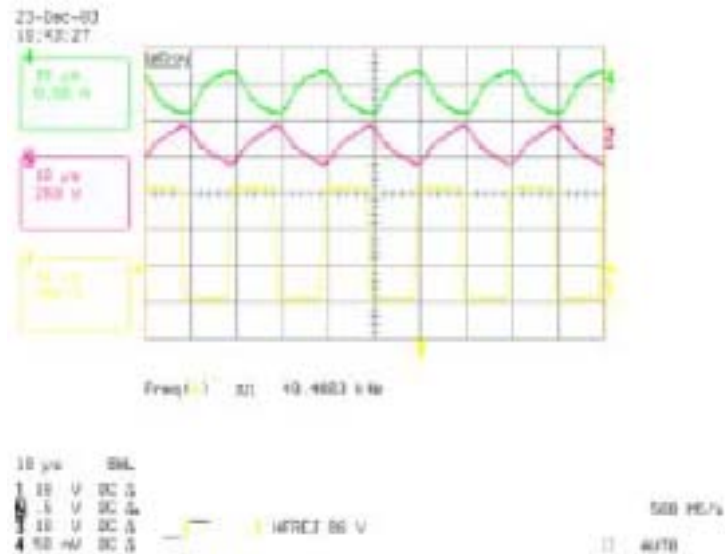


图 6.3 在运行模式时 VS 脚和灯电压、电流波形

Input (VAC)	Pin (W)	I _{inrms} (mA)	V _{busav} (V)	Freq. (KHz)	PF
220	18.5	150	300	49.4	0.6

在参考设计 IRPLCFL5E 的 BOM 表中被改变的元件是：RFMIN=53.5K，CRES=3.3nF。

7. 使 IRPLCFL5E 设计适应 32W 灯

灯规格：OSRAM DULUX T/E 32W

步骤 1) 检查运行条件

通过减小运行频率 (frun) 可以使设计适和较高功率工作。仅有的限制是：frun 变得太低或者发生了非 ZVS 开关引起 IR2520D 工作在比 fmin 更高的频率上。如果这些限制的其中之一被证实，LRES 的值必须被减小或者增大 CRES 的值。使 RFMIN=88.7K 时，输入功率变为 30W，运行频率为 33KHz。如果试图进一步增大 RFMIN 以增大输入功率时，运行频率将不会进一步下降，因为 IR2520D 检测到非 ZVS 后开始工作在比 fmin 更高的频率上。增大 CRES 可能会避免非 ZVS，这也会增大灯丝预热电流，并有助于设计因为可以使我们明白灯丝上的预热是不可见的。使 CRES=6.8nF, RFMIN=90.9KHz 最终得到所需的 32W 输入功率。运行频率为 32KHz，对于应用来说有点低，更可取的是升高运行频率到 40KHz 以上。然而我们人为这个频率仍旧可以接受。如果用户因为 EMI 和干扰原因宁愿使用更高频率的话，那么应当要减小 LRES 和再次减小 RFMIN 直到频率增大到 40KHz 以上并且输入功率等于 32W。

步骤 2) 检查启动、预热和触发

验证触发电压足够大允许冷灯开启（在冷灯时试着开启灯几次），并验证预热是正确的。查看预热波形（启动时灯丝上的电压和电流）和启动波形（启动时电感电流和灯电压）可以看出预热时间是 0.6s，Rh/Rc 比值大约是 3.8。触发阶段灯电压是

1054V(Vpkpk), 谐振电感中的电流是 2.42A(Ipkpk)。为了改进设计可以增加预热时间获得较高的预热比 R_h/R_{che} 、较低的灯触发电压和电感电流, 并简化了设计。使 $CVC0=0.56\mu F$ 预热时间变为 0.8s, 触发电压降低为 950V (Vpkpk), 触发电流为 2.3A (Ipkpk)。图 7.1 示出了预热时的灯丝电压和电流波形。图 7.2 示出了启动时灯电压和谐振电感电流波形。

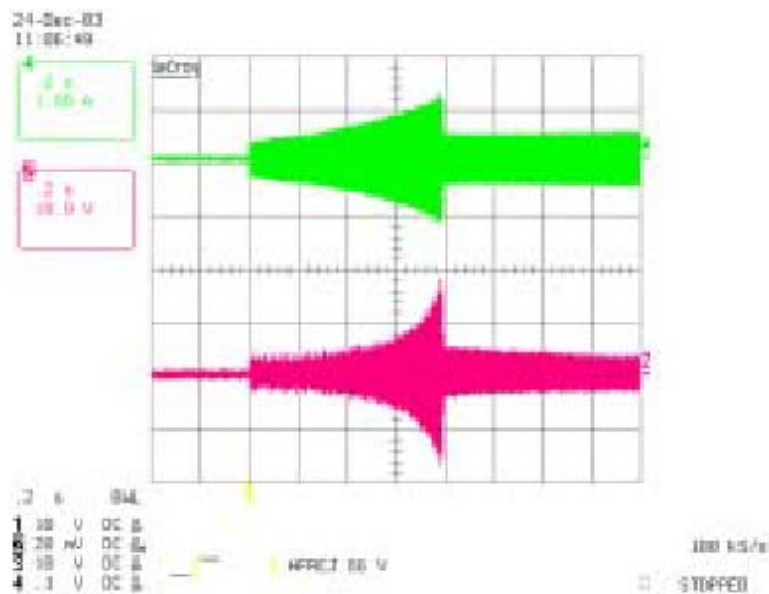


图 7.1 预热时的灯丝电压 (红色) 和电流 (绿色) 波形

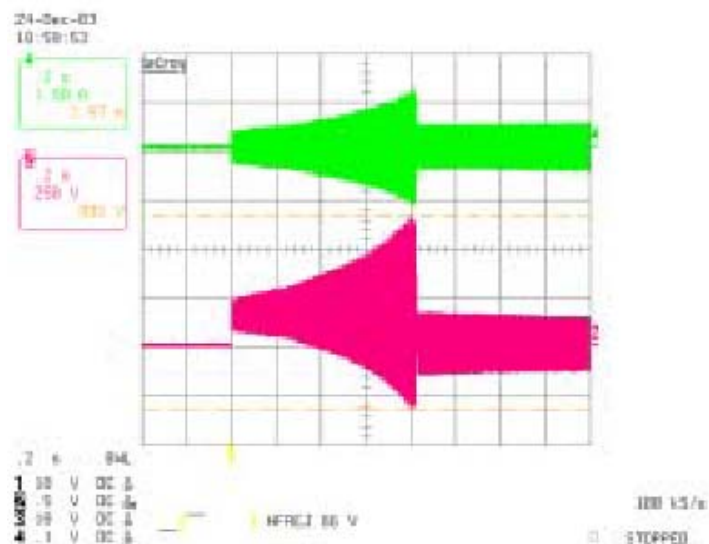


图 7.2 启动时灯电压 (红色) 和电感电流 (绿色) 波形

触发斜坡看起来非常干净, 预热比 R_h/R_c 大约为 4.26 ($I_{pkpk}=2.3A$, $V_{pkpk}=35.3V$, $R_h=35.3/2.3=15.5 \text{ ohm}$, $R_c=3.6 \text{ ohm}$, 比值= $R_h/R_c=4.26$), 预热时间大约为 0.8s。使 $CVC0=0.68\mu F$ 时能够使预热时间增加到 1s, 这样可以增加开启次数。

步骤 3) 再次验证运行条件

可以看出运行条件已被验证。图 7.3 示出了 VS 脚、灯电压和电感电流波形。

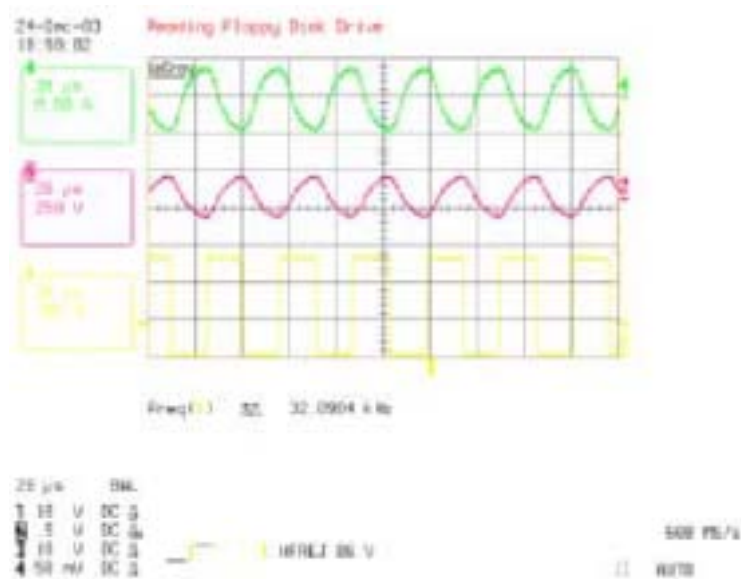


图 7.3 运行模式时 VS 脚、灯电压和电感电流波形

Input (VAC)	Pin (W)	I _{inrms} (mA)	V _{busav} (V)	Freq. (KHz)	PF
220	32	230	280	32	0.63

在参考设计 IRPLCFL5U 的 BOM 表中被改变的元件是：RFMIN=90.9K，CRES=6.8nF 和 CVCO=0.56uF。

8. 使 IRPLCFL5E 设计适应 42W 灯

灯规格：OSRAM DULUX T/E 42W

步骤 1) 检查运行条件

我们需要把功率从 25W 增加到 42W。为了在 30-50KHz 频率时功率有一个非常大的变化，必须减小 LRES 值。使 LRES=1.4mH, CRES=4.7nF 时，镇流器在 220VAC 输入时工作频率大于 55KHz，这是由于非 ZVS 使频率发生了偏移。为了消除非 ZVS 必须增加 CRES 到 6.8nF。能够看出使 LRES=1.4mH，CRES=6.8nF，RFMIN=53.6K，在 220VAC 输入时能得到 41W 的正确功率，频率为 49.5KHz。实际上在低线电压时（200-210VAC）仍旧发生非 ZVS，为了使在工作电压范围 200-240VAC 内镇流器工作在恒频率必须进一步增大 CRES 到 8.2nF（频率偏移将使在低线电压输入时功率很低），这也允许预热时间较短。在此应用文章中 CRES 为 6.8nF。可以看到在启动后的前 10 秒内工作频率大于 50KHz。这不会存在问题，相反地它可以避免启动时灯被过驱动。

步骤 2) 检查启动、预热和触发

验证触发电压要足够高。查看预热波形（启动时灯丝上的电压和电流）和启动时的波形（启动时电感电流和灯电压）就能够看出触发斜坡看起来非常干净。预热时间是 1.1s， R_h/R_c 比值约是 4.12（ $R_h=52V/3A=17.3\text{ ohm}$ ， $R_c=4.2$ ， $R_h/R_c=17.3/4.2=4.12$ ）。为了改进设计可以减小预热时间使小于 1s，但是这需要 $CRES=8.2nF$ ，较大的 $CRES$ 值会使 R_h/R_c 比值变大，因此在相同预热时间时必然有较大的开启次数。

图 8.1 给出了预热阶段灯丝上的电流和电压波形。图 8.2 给出了启动时灯电压和谐振电感电流波形。

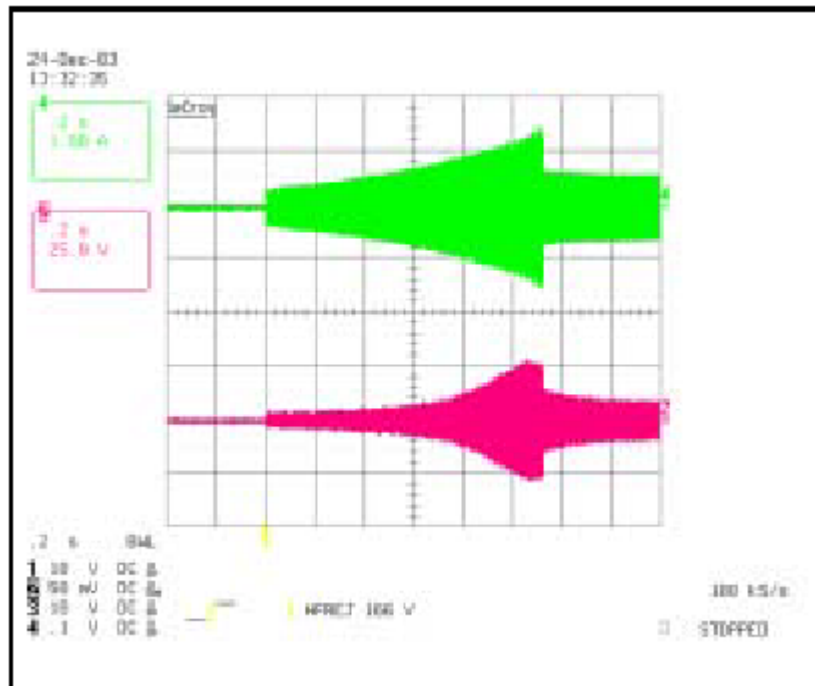


图 8.1 预热阶段灯丝上的电流（绿色）和电压（红色）波形

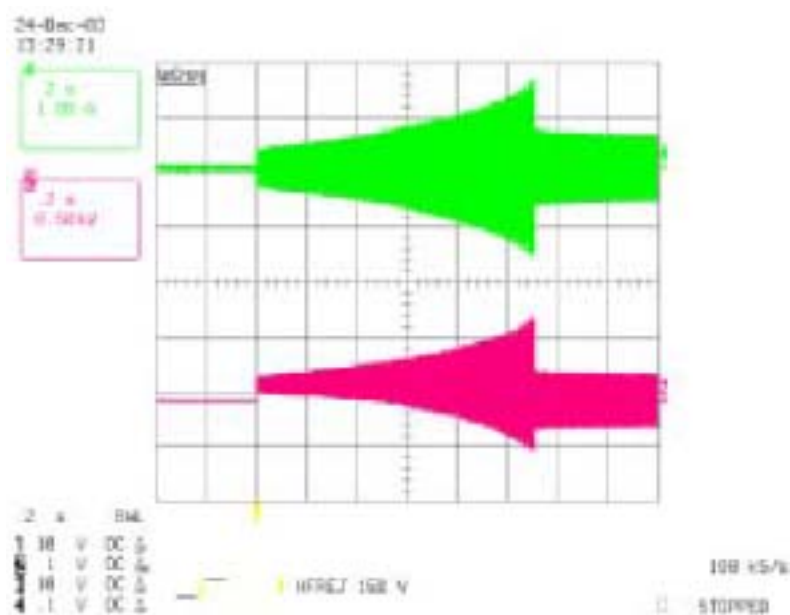


图 8.2 启动时灯电压（红色）和电感电流（绿色）波形

步骤 3) 再次验证运行条件

可以看出运行条件已被验证。图 8.3 示出了 VS 脚波形和灯电压、电流波形

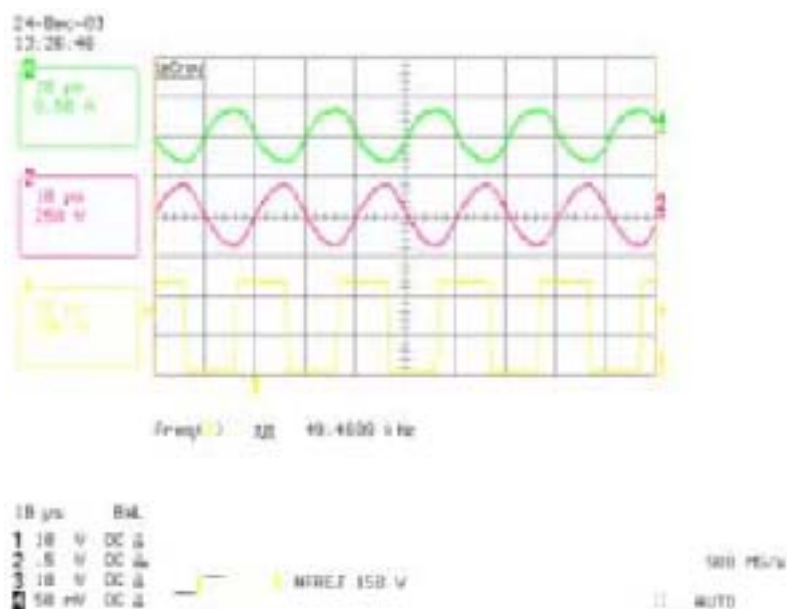


图 8.3 在运行模式时 VS 脚、灯电压和灯电流波形

Input (VAC)	Pin (W)	Iinrms (mA)	Vbusav (V)	Freq. (KHz)	PF
220	40.5	290	280	49.4	0.64

在参考设计 IRPLCFL5E 的 BOM 表中被改变的元件是：RFMIN=53.6K，CRES=6.8nF 和 LRES=1.4mH。

对于 LRES 建议采用：VOGT，P/N5750924700（1.4mH，1.8Apk 饱和）。