

第 1 章 白炽灯与日光灯

白炽灯虽被列入高能耗、低照度的灯具行列，但在不少特殊的地方，如卫生间、厨房、楼道、小区路边仍使用白炽灯照明。白炽灯成本低廉，更换方便，许多人仍使用它。时下流行的节能灯，存在质量上的问题，被用户判为“节能不节钱”，有许多人宁愿多花电费，也不愿意三天两头去修节能灯。因此，目前白炽灯还有一定市场，本章仅说明几种灯的保护，一般性内容因市场上书籍多有叙述，在此不予介绍。

1.1 几种白炽灯具的保护电路

1. FH—50 型幻灯机光源的改进

一般幻灯机、多目显微镜大都采用 24V、150W 溴钨灯作光源，此种灯泡冷阻小、启动电流大、易损坏。采用图 1-1 所示的电源电路对其光源进行改进，可有效地避免开机瞬间的大电流冲击，延长灯泡的使用寿命。其工作原理是： V_1 、 V_2 、 R_3 、 C_4 构成可控硅调压电路，接通电源后，变压器初级线圈两端电压为 70V 左右，次级电压为 8V 左右，灯泡低亮度预热。同时，电源经降压、整流、稳压，最后输出 6V 直流电压。 C_3 、 R_2 、IC 构成延时触发电路，刚得电时， C_3 两端电位不能突变，IC 的 2 脚接近电源电压，3 脚输出低电平，随着 C_3 充电，3s（秒）后，2 脚电压低于 $1/3$ 电源电压，状态反转，3 脚输出高电平，通过 D_4 、 R_4 加至 V_1 控制极，使其导通角变大，变压器初级电压接近全电压，次级电压升至 24V，幻灯机进入正常工作状态。断电后， C_3 通过 IC 内部电路迅速放电，为下次开机延时作准备。改变 R_2 、 R_3 的阻值，可分别调整预热时间和预热电压。

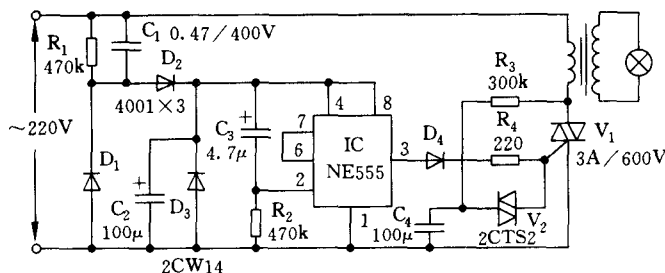
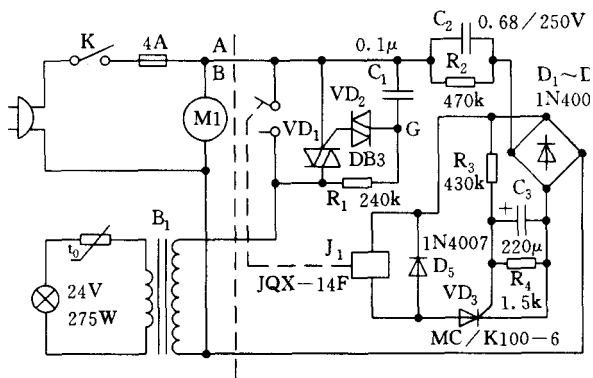


图 1-1 FH—50 幻灯机电源电路改进方法

2. 投影仪灯泡预热保护器

图 1-2 是一投影仪预热保护器电路图。虚线框部分为一简易可调延时电路图。电源开关闭合，电路延时，继电器为开启状态，由于电阻 R 的限制，抑制了流过灯丝的冲击电流，随着灯丝发热，灯丝达到热态稳定值。延时时间到，可控硅导通，继电器吸合，将限流电阻 R 短



调试时，用万用表 250V 交流电压挡测量变压器 B₁ 初级两端电压在刚接通电源时是否为 110V 左右，此时灯泡为半亮，光泽呈红色。若电压偏高，应切断电源，调整电阻 R₁。R₁ 电阻调整结束后通电，灯泡半亮 1s（秒）左右，J₁ 继电器应吸合，灯泡全亮。调整 R₃ 阻值，可

改变灯泡预热（半亮）时间； R_3 阻值增大，延时时间增长。延时时间不宜调得太长，那样会使 VD_1 增大功耗而发热，不便于实际使用。

4. 幻灯机类灯泡使用寿命延长的几种方法

(1) 中心抽头法：如图 1-4- (a)，因幻灯机电源变压器次级线圈有一中心抽头，故可将原电路中 $K1$ 移到次级，改变灯泡两端电压值。

(2) 电容分压法：如图 1-4- (b)， C 是 $400V10\mu F$ 或 $4.75\mu F$ 日光灯电容， $K1$ 接 1 时，灯泡两端电压为 4V 左右，从而起到预热作用，此法元件价格较高，但能耗少，且安装方便（ D 是 1N4007，为防止 $K1$ 转换时 C 放电而装置）。

(3) 电阻分压法：在机外电源上加装一个船型或双掷拨动开关，并利用机内的单刀双掷开关 $K1$ 将增加的电阻 R （300W 电阻或 150W、300W 电熨斗芯）串入电路即可（见图 1-4- (c)）。如果 $K1$ 是单刀单掷开关，可按图 1-4- (d) 连接。

使用时， $K1$ 接 1（或断开），接通 K 后，由于 R 的分压，灯泡两端约为 14V，处于半工作状态， $K1$ 接 2 时 灯正常工作。关机的工作顺序与开机相反。

(4) 自制备用电源插头，原理与方法（3）相似，只是不改幻灯机电路，见图 1-4- (e)。 K 断开时，幻灯机灯泡两端电压为 3V 左右，同样可以起到预热的作用。

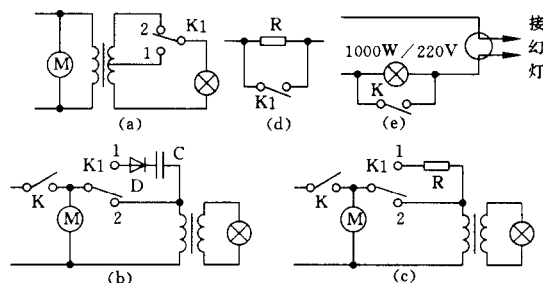


图 1-4 幻灯机灯泡寿命延长的几种方法

1.2 白炽灯、日光灯故障维修

1. 几种白炽灯故障的维修

(1) 电冰箱照明灯是通过开关箱门时内边框的开关弹片受按压来实现开门灯亮、关门灯灭的。若出现照明灯失灵，情况有两种：关门灯不灭，开门灯不亮。

若关门灯不灭，可打开冰箱门用手按一下门开关弹片，若亮则是关门后边框顶不开弹片所致。可用螺丝刀松开温控器的固定螺钉，把温控器向前稍许移动，使照明灯的开关弹片恰好处在关门时和箱门内边框接触的位置，然后把温控器的固定螺丝拧紧。也可以取一块面积约为 $2cm^2$ 的厚纸片，用胶带纸贴到开关弹片在框门内边框的对应位置处，以达到关门时切断电源的目的。

若开门灯不亮，但未发生断电、电源插头接触不良或灯泡断丝等情况，则可能是灯泡接头与灯座簧片接触不良所致。

(2) 单相供电照明电路中，灯泡不发光，用试电笔验电，相线和中性线均带电。

在单相供电的照明电路中，正常时相线带电，中性线（地线）不带电。相线和中性线均带电的原因是由于电路中的中性线断开，熔丝熔断或接触不良，相线电压经负载至中性线或感应至中性线所致。

(3) 供电电路有电，但各相照明有亮有暗。

这种故障是因为电源中性线开路，三相负载不平衡所致。电源中性线断开，则三相总负载均串联在三相电路中，所承受的电压为 380V。当任意两相之间的负载比达到或超过 1：1.6 时，其负载轻的一相电压就达到或超过 240V，该相照明负载就特亮甚至烧毁。时间一长会形成恶性循环，造成严重后果。

2. 日光灯镇流器性能的测试

在安装或维修日光灯时，常需知道镇流器性能的好坏，在业余条件下，可用下列几种方法进行检测。

(1) 反电动势检测法：日光灯镇流器是电感量较大的电感线圈。根据其自感电动势的大小可以粗略判断镇流器的好坏。方法是在线圈两端接一个试电笔，然后用两根导线短时间触碰一节一号电池的两端，在断开电池的瞬间，好的镇流器可产生较高的反电势而使试电笔氖泡发光，不能发光的则存在匝间短路故障，也可根据氖泡发光强弱来判断镇流器电感量的大小。

(2) 串接电压判断法：一般情况下，15~40W 的镇流器，其铁心截面积及线圈匝数完全一样，只是铁心磁隙长度存在差别。因质量或振动等原因，有可能使其磁隙改变，影响日光灯的启动，使日光灯管的寿命缩短。对这类镇流器可以用测量串接电压的方法予以鉴别，串接灯泡的大小以及镇流器的功率不同，测出的电压有很大区别。其标准数据见表 1-1 供鉴别时参考。

表 1-1 镇流器电压测定值

电压值	25W 灯泡	40W 灯泡
15W 镇流器	135V	150V
20W 镇流器	100V	120V
30W 镇流器	75V	100V
40W 镇流器	55V	75V

(3) 电流检测法：利用废旧日光灯管的两端灯头（将日光灯管打烂获得），作为专用测试插头，取绝缘电线分别焊接作为短路线，再将它插入两端灯座，用钳形电流表钳在任一端的短路线上。经验证明 40W 镇流器短路电流应不超过 0.5A 为好的，不超过 0.8A 的镇流器质量较差，超过 0.8A 的则是坏镇流器。

3. 启辉器熔焊的一种预防法

日光灯作为一种节能光源，被广泛地应用于工矿企业和家庭之中，而日光灯管、镇流器和启辉器是耗能元件，日光灯管、镇流器的损坏常因启辉器熔焊故障引起。日光灯启辉器接通后，大于其额定电流好几倍的启动电流流过灯管及镇流器，若启辉器熔焊，这个电流将持续下去，直至烧坏灯管，严重到烧坏镇流器，为避免此类故障，可接入一个熔断器。熔断器熔芯额定电流为日光灯启动电流的一半，因正常启动时间很短，熔芯不会熔断，而当启辉器熔焊后，大于熔芯两倍的电流就会在几秒时间内熔断熔芯，切断启动电流，使灯管及镇流器免遭损坏。

4. 消除日光灯噪声的几种方法

日光灯使用长久或装配不良容易出现噪声，发出“嗡嗡”的响声。对人们生活及人的神经系统产生不良影响。

日光灯的噪声主要来自镇流器，消除日光灯噪声的方法有：（1）有些日光灯的噪声主要是其镇流器硅钢片铁心压装不紧产生，或因长期使用有些松动，这可把镇流器的铁壳打开，在镇流器的周围用小刀挑开一条小缝，把熔化的沥青或蜡灌入镇流器的硅钢片的间隙里，噪声便可消除。（2）如果镇流器铁心饱和程度较高，铁心外漏磁较多，距离铁皮 10mm 处仍有磁力，处在此范围内的铁壳和铁灯罩也会产生交流感应振动噪声。这可将镇流器底壳严密包裹，且远离铁罩，消除相互间的感应，消除噪声。（3）有些日光灯具，如吸顶灯镇流器是固定在金属板上，安装时由金属板加固到室内天棚上，镇流器稍有振动就与金属板及天棚连接处产生共振使噪声增大，这可在镇流器与金属板、金属板与天棚的加固螺钉间加胶皮垫片，再拧紧螺钉可消除噪声。实验证明，在有条件的地方把镇流器单独悬挂起来的交流声最小，可进一步消除噪声。

5. 日光灯常见故障的维修

当日光灯管发生漏气、灯丝断或老化故障时，可造成灯丝不红、灯管光度低或两头亮中间不亮、发光颤抖、灯管两端发黑或生黑斑等现象。当镇流器发生故障时，会在工作时发出“嗡嗡”噪声，使灯管发光内烁，使用寿命缩短。启动器常见故障是内部电容器短路或开路，动、定触片短接。故障发生时，会造成发光困难，发光闪烁等现象。

（1）日光灯启辉时间长。闭合开关后，启辉器气泡要过三至五秒才亮，日光灯管还要不停闪烁十几秒后方可点亮。

经查各部件均完好，再查导线，发现启辉器引出脚上，多股线中只有少数几根焊在上面。将多股线全部焊牢，故障排除。启辉器的接通需要有一定的电流，由于导线未焊全，导致启辉时间长。这种故障，较易发生在装配粗糙的成品或自装的日光灯灯架上。另外，电压低、气温低或零部件老化，也会出现这种故障。

（2）日光灯电路关闭，灯管仍有微光闪烁。

这是一种安装错误产生的现象。日光灯安装要求是相线进开关，然后接镇流器，再接灯管。如果错将开关装在零线上，尽管开关关闭，这时由于相线经过镇流器，灯管可与大地形成容性电流回路。因此，灯管仍有微光闪烁。在这种情况下，一旦电路中有雷电侵入，日光灯甚至还会被启动而发光。因此，日光灯的开关一定要安装在相线上。

（3）日光灯用久了会出现不能启辉或启辉困难的故障。

这种故障除了灯丝烧断或灯管老化之外，灯管两端的触头氧化，接触电阻增大是一种常见的故障。在故障发生时常看不到启辉器发光，按压灯管两端有时见效，有时不见效，很容易误判为灯管损坏。修理时，只需用砂纸将灯管两端触头的氧化层磨掉，故障就可排除。

（4）一只家用 40W 日光灯，使用四年多的时间，后来差不多每月要换一只启辉器。换下来的启辉器大部分动、静触点粘连在一起分不开，如果将其外壳轻轻地在桌面上弹几下，动、静触点可分开，但装上去仍不能使日光灯起辉正常地工作。就是偶然启动日光灯，日光灯一会儿正常工作，一会儿又两端发红，不能正常点燃。

这种故障现象的直接原因，是原日光灯管使用日久，灯管性能质量下降，不能在镇流器两端感应出的高压下，使灯管中的气体放电点燃日光灯，故多次烧坏启辉器，并非启辉器的质量不高。

（5）由低压启辉器引发的故障。通过测量可知新日光灯管在正常市电电压工作时，其两端电压一般在 110V 以下，8~12W 的新灯管在正常市电下，其两端电压可低到 55V。所以，

市电网电压正常或电压偏低地区低压启辉器都能使日光灯启辉和照明。

然而当日光灯管使用一段时间后，其管导电内阻加大，在正常电网电压下工作，灯管两端电压会升高，当到 120~150V 超过低压启辉器的启动电压时，则日光灯将产生频繁的亮熄交替现象，即频闪。在这种情况下，若改换普通启辉器，闪光灯便可正常工作，因普通启辉器的启动电压将高于 165V，不会发生频闪。

另外有些厂家生产的灯管在 220V 市电下工作，灯管两端电压也接近 120V 若在这样的灯管上用低压启辉器启动，即使是刚使用的新灯管，启辉器也总是发红，甚至使日光灯产生频闪。

现在生产的一些低压启辉器是用普通的启辉器的氖泡加上电子元件制成，这样既提高了成本，又易发生频闪。这样的启辉器不易采用。在这些电压偏低地区若用按钮开关代替氖泡的低压启辉器，虽操作不便，但日光灯不会产生频闪。

(6) 日光灯启动时，日光灯丝发红，镇流器发出“嗡嗡”的响声，日光灯无法启动。

这种故障一般是由于启辉器内部电容击穿短路造成的，更换启辉器便可排除故障。应急修理可直接将电容拆掉即可。

(7) 接通日光灯电源后，日光灯忽亮忽灭，不停闪烁，并且灯丝发红。

这种故障是由于启辉器的动、静触片距离过近或启辉器老化造成的。更换启辉器即可排除故障。

(8) 接通日光灯电源后，日光灯无任何反应。

这时可先检查灯管有无断丝，如果发生断丝，应急修理时可将断丝的一端短接使用，如启动困难，可将灯管两端对调一试。如仍不能启动，只好更换灯管了。如果还不行，则说明电路（如镇流器）中存在断路，可用万用表检查。

另外，如果镇流器内部局部短路或电压太低（小于 190V），也可能造成启动困难。

(9) 灯管一端发黑，启辉困难。

这种故障多半是由于灯管发黑一端的灯丝电阻大造成的，只要在发黑一端灯丝的引脚上并联一只电阻，使灯管两端的灯丝等效阻抗一致即可。

第 2 章 节 能 灯

我国近年在生产和应用电子镇流器方面有很大的发展。用电子镇流器构成的节能灯已经普及，由于电子镇流器有无噪声节电、一次性启动、无闪烁、无频闪等优点，电感式镇流器势必被电子镇流器所代替。

不管是分立元件的电子镇流器，还是集成电路的电子镇流器，其最基本的结构都是由整流电路、触发控制电路、振荡逆变电路、灯管负载电路及启动电路组成，见图 2-1 实线框内的部分。

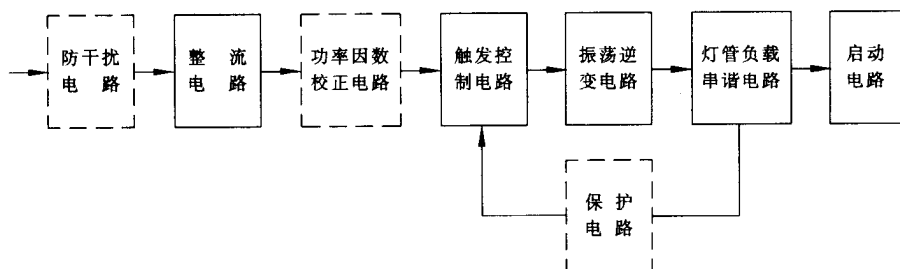


图 2-1 节能灯的工作流程图

为了改善节能灯电子镇流器的工作状态或工作性质，有些电子镇流器电路中还设有各种附加电路。如为了提高电能的利用率，减少无功电能的损耗，有些电子镇流器加有功率因数校正电路。电子镇流器在灯管负载电路出现断路、短路的情况下，逆变输出电压或电流将会成倍增加，很容易烧坏电路元件，因此有些电子镇流器中设有过压、过流保护电路，当负载电路出现异常时，迫使逆变输出电路停止工作，避免烧坏电子元件。经过振荡逆变电路输出的高频交流电必然反射干扰市电网，为了防止交流信号干扰，电子镇流器电路中，还设有防干扰电路等，如图 2-1 虚线框内部分所示。

2.1 各种电子镇流器电路

1. 最常用的一种电子镇流器

最常用的一种电子镇流器电路如图 2-2 所示。此电路是由四部分组成的：① $D_1 \sim D_4$ 和 C_1 组成整流滤波电路；② R_2 、 C_2 和 D_6 组成启动锯齿波发生电路；③ BG_1 、 BG_2 及 B_1 、 B_2 、 B_3 组成高频振荡开关电路；④ L 及 C_5 、 C_6 组成串联谐振负载电路。

接通电源，在 M、N 两点间得到 310V 左右的直流电压，经 R_2 对 C_2 充电，当 C_2 上的电压达到 D_6 雪崩击穿电压值 ($16V \pm 4V$ 或 $32V \pm 4V$) 时，触发 BG_2 导通，这时电流经 r_1 、 C_6 、 C_5 、 r_2 、 B_2 和 BG_2 到 N 对 C_4 充电。由于 B_2 与 B_1 同相而与 B_3 反相，流经 B_2 的电流很快使 BG_2 截止，使 B_1 导通，电流又经 BG_1 、 B_2 、 L 、 r_2 、 C_5 、 C_6 、 r_1 给 C_4 放电，产生振荡。

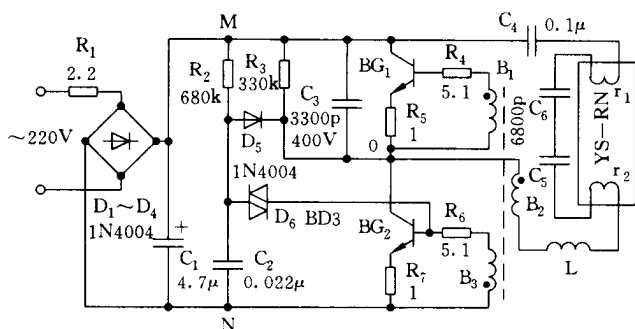


图 2-2 最常用的电子镇流器电路

在刚接通电源的瞬间，脉冲电流经 C_4 、 C_6 、 C_5 给灯丝预热。当振荡电路起振后，负载串联谐振电路电容上的电压（即 C_5 、 C_6 上的电压）达到灯管击穿放电电压时，荧光灯启动点亮。电流大部分通过灯管，谐振电路失谐，电压降低，这时 C_5 、 C_6 仍有一定的分流作用，可对灯丝有辅助加热的作用。

灯管正常工作电压在 $105\sim 110\text{V}$ ，灯管的电流一般为 $0.3\sim 0.4\text{A}$ 。灯管启动后， B_2 只起到限流作用（即镇流）。启动电路完成启动任务后， C_2 经 D_5 、 BG_2 放电，不再起作用。高频振荡电路的振荡频率一般在 $20\sim 30\text{kHz}$ ，因此使荧光灯无频闪效应。

R_1 为限流电阻，许多电路中用熔断管代替。由于输出回路中的基频电压与电流不同相。对输出功率影响十分明显，电容 C_3 与电阻 R_3 组成输出相位校正网络，使负载回路中的电流与输出端产生的基频电压同相。 R_5 、 R_7 是 BG_1 、 BG_2 的负反馈电阻。 R_4 、 R_6 是 BG_1 、 BG_2 的基极限流电阻，其作用是使 BG_1 、 BG_2 有合适的输入电流，以便使两管截止或导通，达到振荡波形好（上升沿、下降沿陡峭且上下对称）。 C_4 有隔直流的作用，且提供负载电流。

当灯管功率增大时，应相应增大 C_5 、 C_6 ， BG_1 、 BG_2 也应选用功耗较大的晶体管， L 、 B_1 、 B_2 、 B_3 也要做相应的变化， C_5 、 C_6 串联是为增加耐压性。

2. 荧光灯电子节能镇流器

荧光灯电子节能镇流器电路如图 2-3 所示。该电路采用高频自激触发形式，直流电压经 R_2 、 R_3 给 V_2 基极加以偏压，使 V_2 首先导通，逆变电路起振。振荡电路的反馈元件是两个初级绕组相串联的脉冲变压器 B_1 、 B_2 。电路中使用新型电子专用器件 MJE13005， C_3 、 C_4 、 C_5 及 PTC 热敏电阻等组成“软启动”电路，让灯丝经过适当的加热再发射电子，以延长灯管的寿命，PTC 受热，电阻突变为高阻值时，灯管才能启动。另外，电路输入端加有电阻、电容组成的抗干扰电路，从而抑制了镇流器及灯管对外界的影响，也延长了镇流器及灯管的寿命。

3. 性能达标的电子镇流器

我国关于“管形荧光灯用电子镇流器的性能要求”的国家标准中(GB/T15144—94)规定:(1)电子镇流器线路功率因数不小于0.85;(2)电流三次谐波小于37% λ (λ 为基波功率因数);(3)灯电流波峰系数小于1.7;(4)灯启动预热时间不小于0.4s(秒)。

使用无源功率因数校正电路，虽然能明显提高线路功率因数，降低三次谐波，但灯电流波峰系数很难不小于 1.7。使用专用集成电路，虽然各项指标都能达到国家要求，但成本增加

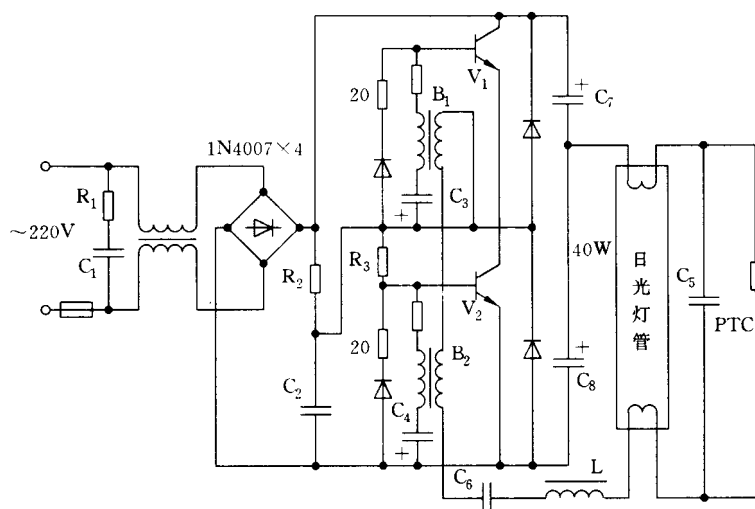


图 2-3 荧光灯电子节能镇流器电路

很多。此电路应用了有源功率因数校正电路，经 HB-3 电子镇流器系统测试，功率因数为 0.99，电流三次谐波不大于 10%，符合标准要求，电路见图 2-4。

C_1 、 L_1 组成射频抑制电路，消除高频振荡产生的谐波。 L_2 、 D_5 、 Q_1 、 R_1 、 R_2 组成有源因数校正电路，由磁环的一个绕组 T_{1-1} 向 Q_1 提供脉冲信号，控制 Q_1 的导通；当 Q_1 导通时， D_5 截止，当 Q_1 截止时， D_5 导通，给 C_2 充电；从而保证交流输入电流跟随电压呈正弦变化，降低电流的畸变，提高线路功率因数。

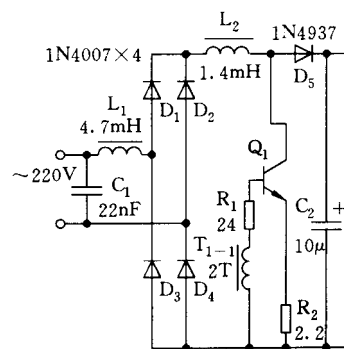


图 2-4 性能达标的电子镇流器电路

4. 银河牌节能灯系列电子镇流器

图 2-5 (a) 所示电路是采用无源功率因数校正模块 PPFC-YHA 的银河牌节能灯电子镇流器电路。图 2-5 (b) 所示电路是采用无源功率因数校正模块 PPFC-YHB 的银河牌节能灯电子镇流器电路。在此只简单地把两种功率因数校正模块予以介绍。

若在电子镇流中仅采用桥式整流和电容滤波电路，其对输入电压波形影响甚微（只能改变畸变率的 5%），然而却能使输入电流 I_{in} 发生严重畸变，不再为正弦波，而变为 3ms 宽的尖峰脉冲，也使线路的功率因数只有 0.6 左右。

采用有源功率因数校正电路，则有些节能灯因受体积限制，不能应用这样的电路。近几年来生产的节能灯的电子镇流器交流输入电流也有较大的改善，功率因数 λ 可达 0.95，总电路电流畸变率 THD 不大于 37%，电阻 R_5 的接入可使 λ 提高 0.01~0.02。

节能灯电子镇流器可改进成为更简单经济的 PPFC 模块（如图 2-5 的电路），该模块 PPFC 系列，有两种型号，PPFC-YHA 内部由一只电容 C_2 和两只二极管 VD_5 、 VD_6 组成。其 2 脚为反馈输入端（见图 2-5 (a)），电子镇流器输出信号经二极管 VD_6 对电容 C_2 充电，只要全波整流输出电压 U_{DC} 高于 C_2 上的电压 UC_2 ，二极管 VD_5 则截止。当交流市电瞬间值低于 U_{DC} 时， C_2

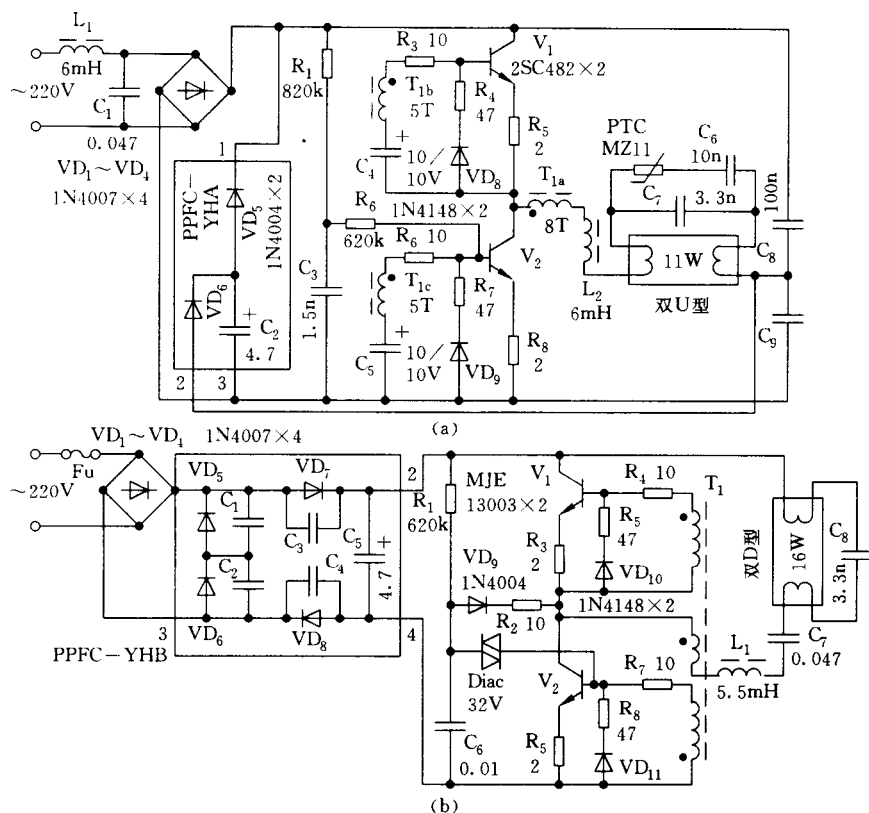


图 2-5 银河牌节能灯功率因数校正电子镇流器电路

则通过 VD₅ 和电子镇流器功率网络放电，与直接在全桥整流输出端接滤波电容器相比，采用 PPFC 模块后，镇流器输入交流电流不再是宽度约为 3ms 尖峰脉冲，而是大体跟踪交流电压轨迹且趋于连续，因此高次谐波得到抑制，系统的功率因数也得到显著提高。利用 8791 型电子镇流器参数测试仪测试，总谐波含量 THD 不大于 25%，功率因数大于 0.96。

模块 PPFC-YHB 滤波效果对电路输入的交流电流的改善更为显著，16W 双 D 型节能灯采用 PPFC-YHB 模块后，总电流谐波畸变 THD 不大于 20% 系统功率因数 λ 大于 0.985。两种模块的电子镇流器的输入电流谐波畸变达到产品标准中“带 H 标志”的规定要求。

模块 PPFC-YHB 中，VD₅~VD₈ 采用 1N4936，C₁、C₂ 容量为 0.033μF；C₃、C₄ 容量为 300pF，C₅ 采用 4.7μF/400V 的铝电解电容。

应该指出，两种功率因数校正模块使得电路的直流输出电压仅有 230V 左右，比仅用电容滤波电路低了 60V，其纹波也很大，灯电流波峰系数达 2 左右，远高于标准规定（不大于 1.7）。因此，低谐波畸变和高功率因数的获得是以牺牲灯电流波峰比这个参数为代价的。灯电流波峰比过大，不仅会危及节能灯管的使用寿命，而且对电子镇流器半桥逆变电路中功率开关器件的要求更加苛刻。表 2-1 列出几种滤波、功率因数校正电路对电子镇流器电路参数的作用效果比较。

表 2-1 几种滤波、功率因数校正电路作用效果比较

参数		单只电容滤波	三只二极管和两只电容滤波	两只二极管和一只电容滤波
谐波含量(基波为100%)%	2次	4.5	2.0	2.1
	3次	77.1	11.0	2.0
	5次	49.9	19.3	11.7
	7次	14.5	3.9	11.4
	9次	38.8	9.4	6.6
	11次	29.9	2.8	0.9
	13次	20.1	7.5	3.4
总谐波含量(THD)%		117.5	32.2	20.5
功率因数(λ)		0.5~0.59	0.93~0.95	0.95~0.975
灯电流波峰因数		≤ 1.7	1.75~2.1	1.75~2.1

5. 多灯管电子镇流器

图 2-6 所示的多灯管电子镇流器电路的特点是有两组用彩电磁芯 E122 作骨架, $\phi 0.31\text{mm}$ 高度漆包线绕 120 圈制成的防高频信号干扰电网的滤波电路 L_1 、 L_2 与 L_3 、 L_4 以加强滤波效果。

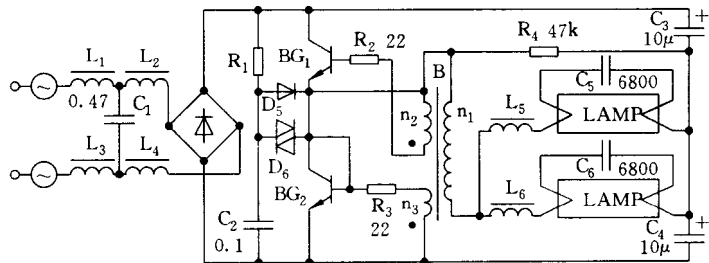


图 2-6 多灯管电子镇流器电路

6. 冷启动电子镇流器

图 2-7 是美国摩托罗拉公司的电子镇流器电路, 是专门为冷启动灯管而设计的。此电路是由变压器输入、输出及反馈电路, 推挽振荡电路组成的。

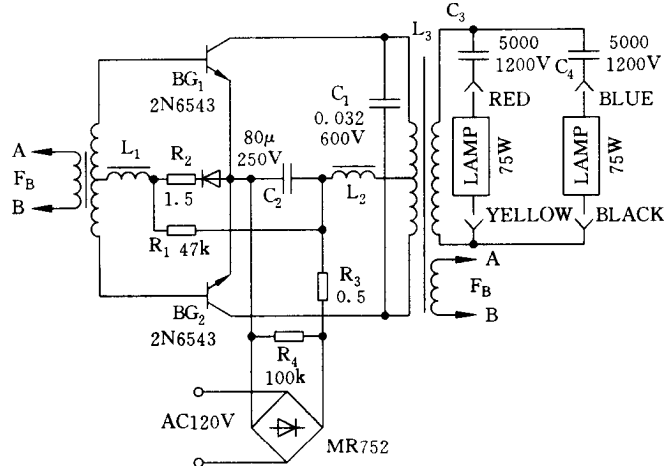


图 2-7 冷启动电子镇流器电路

7. 热启动电子镇流器

图 2-8 是美国摩托罗拉公司设计的一种电子镇流器电路。它有两大特点：（1）点双管 40W 荧光灯时三极管不用散热器；（2）当一个灯管损坏的时候，另一个灯管光照度会增加。

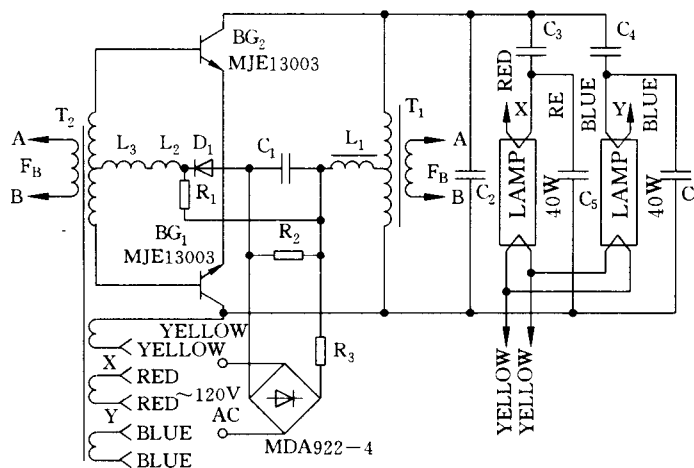


图 2-8 热启动电子镇流器电路

8. 电子镇流器过压、过流保护电路

图 2-9 是一电子镇流器过压、过流保护电路。

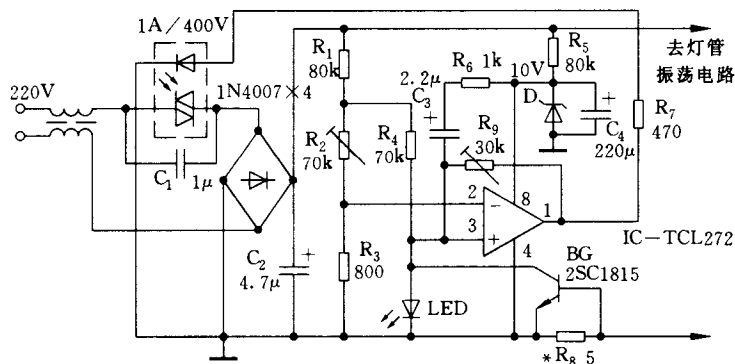


图 2-9 电子镇流器过压、过流保护电路

工作原理：此保护电路的异常状态检测电路处于电源整流电路后，灯管电路之前。图中由 R_1 、 R_2 和 R_3 组成分压器，从 R_3 端取出所需检测的电压送至运放的反相输入端，利用 LED 导通发光时的正向压降作为比较参考电压加至运放的同相输入端。当电源电压超过一定数值时， R_3 端电压增高使运放翻转输出低电平，光耦合器切断电源，迫使灯管电路停止工作。当灯管电路中出现过流时， R_8 两端电压升高，迫使运放输出低电平，而通过光耦合器将电源电压切断。只要电路出现异常状态，则本电路保护一直起作用。直至排除故障为止。而平常 LED 两端电压，总是高于 R_3 两端设定电压值。因此，光耦合器总处于导通状态，电源电压被送至电子镇流器，使节能灯正常工作。

电路中在光可控硅没有接通时 C_1 给电路提供的启动电压较小，灯管电路不工作，而运放

可在此电压下工作，并输出高电平使可控硅导通。图中 C_3 为启动加速电容器。调节电路中的 R_2 、 R_9 可设定此保护电路在过压状态时的起控电压值，选取适当 R_8 阻值，可设定过流状态时的起控值。

图中元器件取值是 40W 节能灯电路的保护取值，光耦合器（光耦合可控硅）选用 1A、400V，运放为双运放 TLC272 的一半， R_8 可在试验中确定。

9. 用 MOSEFT 管作保护电路的电子镇流器

用 MOSEFT 管作保护电路的电子镇流器电路如图 2-10 所示。此镇流器振荡电路也采用 MOSEFT 场效应管。这是因为场效应管是电压控制元件，输出阻抗低，带负载能力强，输入阻抗高，饱和和截止性好，使振荡波形好，但易损坏功率管。因此，电路中需设有保护电路。

电路的工作原理如下：在荧光灯正常工作的情况下，通过 R_6 和 CR_7 对 C_3 充电，电压约达 20V，此电压不能使 CR_6 产生雪崩和 Q_3 导通。如果电路产生故障，输出电流增大，过电流使电感 L 上的电压升高， C_3 充电电压达 35V 左右， CR_6 便可产生雪崩， Q_3 在 C_3 和 R_5 控制的时间内饱和导通，这时 Q_1 栅极上的交流驱动信号被 Q_3 短路接地，停止振荡，电容 C_1 重新充电。约 1s（秒）后，电路重新启动。如果振荡 1~2ms 后，灯管因故障不能点亮，则它的保护电路会再次使振荡停止。

这种串联谐振自激振荡电子镇流器的主要优点是交流输出电压仅在可调负载线路产生诸如电感线圈间跳火、电容电介质损坏、电阻损坏或电介质损耗而使 Q 值受限等故障时，才受到控制。

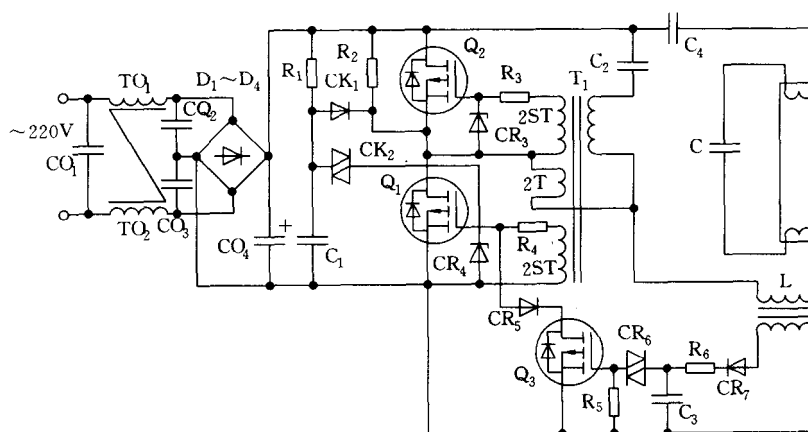


图 2-10 MOSEFT 管电子镇流器电路

输出电压可产生高达 5kV 的开路电压。不论灯丝是否热，此电压足以使灯管点亮。这种镇流器可提供较高的灯管电压来补偿灯管正常损耗，从而维持较高光通量。

电路中变压器 T_1 有一个与 C_2 串联的 2ST 绕组，这是为加速 MOSEFT 输入电容充放电速度而设置的。当 T_1 初级 2T 绕组中电流变化时，第一个次级和第二个次级绕组中产生电压，逆变输出的方波电压经 C_2 耦合到第三次级绕组上，使 T_1 再产生一个开关动作，从而起到加速 MOSEFT 输入电容充放电的速度的作用。因为这个时间差与逆变器的正弦负载电流成正比，增加这个加速电路可使功率管 Q_1 和 Q_2 的开关速度提高一个数量级（从 $1\mu s$ 提至 $100ns$ ），并可降低功率晶体管的损耗。

10. 集成块保护电路电子镇流器

图 2-11 是带有集成块保护电路的电子镇流器电路。如前所述, 电子镇流器能把输入能量

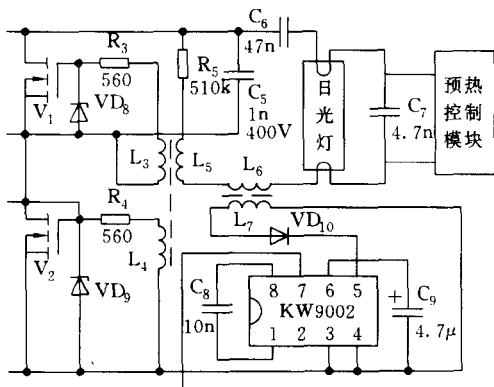


图 2-11 集成块保护电路电子镇流器电路

通过串联谐振电路转换到荧光灯上，使灯管发光，因此电子镇流器的核心部分是串联谐振电路。在灯管老化或漏气时不能启动，此时串联谐振电路的等效电阻 R 有几十欧姆（灯丝电阻、线圈电阻和开关管导通电阻之和）。根据理论分析，振荡电路的电流近似为 $I=V/R$ ，回路电流是很大的，若无保护措施，便会立即烧毁电子镇流器。当电子镇流器正常工作时，荧光灯管等效电阻有几百欧姆，不会使电流很大，电子镇流器不会烧坏。

图 2-11 集成块保护电路电子镇流器电路

此电子镇流器保护电路是应用具有异常状态保护功能的集成电路 KW9002。当镇流器正常工作时, KW9002 输入端 5 脚接收不到从电感 L_7 送来的感应信号, 它的输出端 2 脚处于开路状态, 不影响 VDMOS 管 V_2 的正常工作。当电子镇流器系统出现异常状态时 (如不启动), 回路电流猛增, 电感 L_7 感应出较强的信号。此信号经二极管 VD_{10} 整流, 送到 KW9002 的输入端, 经延时后使它的输出端 2 脚变成低电平, 把 V_2 的栅极接地, 迫使振荡电路停振。总的输入电流此时几乎等于零, 达到保护电子镇流器的目的。KW9002 能记忆这种异常保护状态, 直到排除故障后, 电子镇流器才能正常工作。

11. 整流滤波模块 HD9712 组装的电子镇流器

功率因数、灯电流波峰系数、电流谐波含量是荧光灯电子镇流器的三项指标。普通电子镇流器线路要实现三项指标同时达到国家标准是很困难的。

整流滤波模块 HD9712, 因内部电路原理主要是同时整流同时电流跟踪及分级滤波, 若将其用于镇流器前置整流滤波电路中, 则改善三项指标效果颇佳, 可实现三项指标同时达到国家标准中“H”级所规定的要求。

应用这种模块接线方法很简单，模块为五脚接线，二进三出，只要将普通镇流器电源部

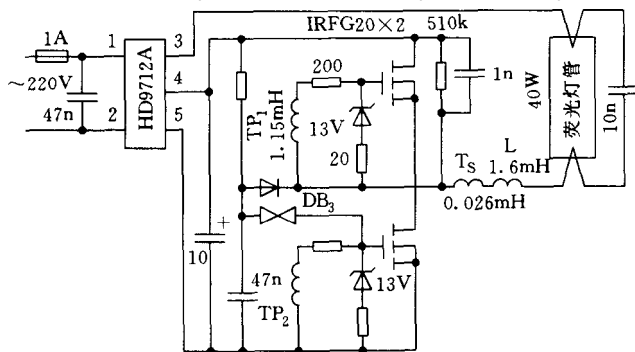


图 2-12 整流滤波模块 HD9712 组装的电子镇流器电路

分中的四只整流二极管去掉，用模块代替即可。该模块分 A、B 两种型号，分别使用场效应管和平面型开关三极管，见图 2-12 所示（仅列 1 种）。

12. 用 MPIC2151 自振荡 IC 驱动的电子镇流器

MPIC2151 采用 8 脚 DIP 封装，引脚 1 (V_{CC}) 为 IC 电源电压，与 4 脚 (COM) 之间接一只稳压管，稳压电压为 15.6V。MPIC2151 左边部分与 555 时基电路内的振荡器十分相似，振荡频率 $f=1/1.4R_T C_T$ (R_T 、 C_T 为 2 脚与 3 脚的外接电阻)。振荡器输出信号控制高端输出 H_L 和低端输出 L_L ，从而可驱动外接的两只功率开关 MOSFET 或绝缘栅双极晶体管 (IGBT)。在高边和低端电路中，加有死区时间控制电路，7 脚和 5 脚输出的方波脉冲之间的时间间隔为 $1.3\mu s$ ，从而可避免外接的两只功率管“共通”。2 脚与 5 脚是同相位的，7 脚与 5 脚的输出传播延时是匹配的，从而可保持占空比为 50%，简化外电路设计。MPIC2151 设有欠压锁定电路，其门限值为 8.4V。MPIC2151 与美国国际整流器 (IR) 公司的产品 IR2151 是等效的，可以互相代换。

由 MPIC2151 驱动的 20W 荧光灯电子镇流器电路如图 2-13 所示。市电整流滤波后 310V 直流电经 R_1 加 IC1 脚上，为 IC 电源。IC 的 1 脚与 8 脚之间的二极管 D_5 为自举二极管，对连接在 6 脚与 8 脚之间的电容 C_4 充电，使 8 脚电压 $U_b=V_s+V_{CC}$ ，为 IC 内的高端输出驱动级电路供电。 R_2 与 C_3 决定 IC 内部振荡器的振荡频率。IC7 脚与 5 脚分别输出高波脉冲驱动 Q_1 和 Q_2 ，使 Q_1 、 Q_2 交替导通。PTC 热敏电阻可使灯管灯丝预热 1~1.2s 后启动点燃，原理是：室温下 PTC 阻值很小， C_8 容量较大，LC 串联电路并不发生谐振，PTC 预热灯丝后本身由于温升、阻值增大，相当把电路开路，这时由 L 及 C_5 、 C_6 组成的串联谐振电路、使灯管两端产生高压，使灯管内气体产生辉光放电点燃灯管。灯点燃后，LC 失谐，灯管两端加有正常工作电压。此时，L 为限流元件。

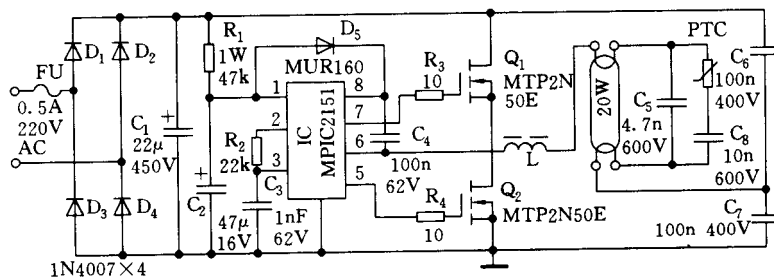


图 2-13 MPIC2151 自振荡单片 IC 电子镇流器电路

元件的选择及安装：IC 正常工作后，1 脚电压被钳住在 15.6V 电源电流 $I_{CC}=5mA$ 。 C_2 取 $47\mu F/16V$ 电解电容器； D_5 取 1A/400V 快恢复二极管，如 MUR160、11DF4 等； Q_1 、 Q_2 取 MTP2N50E 或 IRF720 功率 MOSFET，L 为 2~2.5mH，线圈匝数视所用磁芯而定。PTC 可选国产 M261 型热敏电阻，室温阻值约为 200Ω； C_5 可用 2200~4700pF/630V 的金属聚丙烯电容器。FU 为 0.5A；也可用 $\phi 0.08mm$ 漆包线代替。

调试时，若灯电流偏离额定值，可调节 L 的电感量予以解决。为防浪涌冲击，调试时应加设开关。 Q_1 、 Q_2 中点输出脉冲高波，占空比为 50%，输出电压有效值为 160V。若灯管两端发红而灯不能正常发光，可将 C_5 减至 2200pF，若灯管不能实现正常预热启动，可改变 C_8 进行试验。

13. 长寿命自振荡驱动集成块 IR2155 电子镇流器系列

美国 IR 公司设计的自振荡驱动集成块可高压快速驱动功率 MOSFET 或 IGBT 管，应用于高频开关电源、交直流电机驱动、霓虹灯高压电源、高频电子变压器、荧光灯电子镇流器。其外围元件小、电路简单、工作可靠、功率因数高，且使用寿命长，有材料介绍用它装制的镇流器寿命可达两万小时。

IR2155 外部结构见图 2-14 (a)，其内部结构和功能与 IR2151、IR2153 基本相同。采用双列直插式 8 脚塑封。1 脚 (V_{CC}) 为电源端，2 脚 (R_T) 为外接定时电阻端，3 脚 (C_T) 为外接定时电容端，4 脚 (COM) 为公共地端，5 脚 (L_O) 为低电平输出端，6 脚 (V_S) 悬浮电源端，7 脚 (H_O) 为高电平输出端，8 脚 (V_B) 为高压悬浮端。

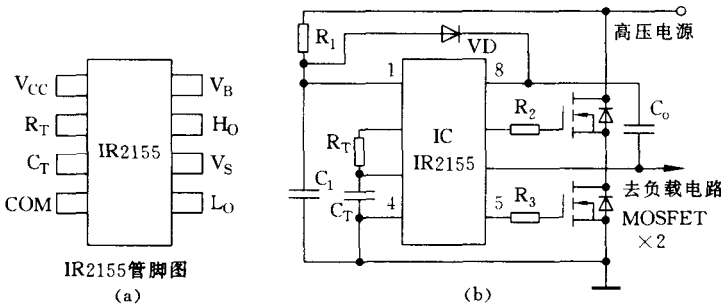


图 2-14 IR2155 结构及典型应用电路

IR2155 的主要电参数见表 2-2，其典型应用电路如图 2-14 (b) 所示，工作过程与 IR2151 相同。可参见 IR2151 有关电路。

表 2-2 IR2155 的主要电参数

参数名称	符号	指标	单位
V_{CC} 并联二极管稳定电压	$V_{CC}LAMP$	15.6	V
V_{CC} 欠压锁定电压门限电压	$V_{CC}UV$	8.4	V
高端输出悬浮电源最高电压	V_B	615	V
高端输出悬浮电源偏移电压	V_S	600	V
高通悬浮输出电压	H_O	615	V
低通道输出电压	L_O	15	V
振荡频率 $R_T=35.8k\Omega$, $C_T=1000pF$ $R_T=7.12k\Omega$, $C_T=1000pF$	f_{osc}	20	kHz
		100	kHz
高端最大输出电流	I_{HO}	500	mA
低端最大输出电流	I_{LO}	500	mA
最大电源电流	I_{CC}	25	mA
工作环境温度	T_A	$-40\sim+125$	$^{\circ}C$

14. ATT2161/2162 电子镇流器

ATT2161/2162 是 AT&T 公司推出的电子镇流器集成电路 (见图 2-15) 内装有 300V/2 Ω 的功率 MOSFET 管，ATT2161 为零电压开关，其控制逻辑有预热、启动和正常三种模式。ATT2162 为逻辑状态控制模块。由它们组成的低成本串联谐振式镇流器电路，无需外加功率开关器件，对荧光灯具有良好的阴极预热启动功能。

ATT2161/2162 电子镇流器典型应用电路见图 2-15。OUT 输出直接与荧光灯相连，逻辑电源电压分别由 ATT2161 的 4 脚和 ATT2162 的 3 脚提供。当 ATT2162 的 7 脚为高电平时，

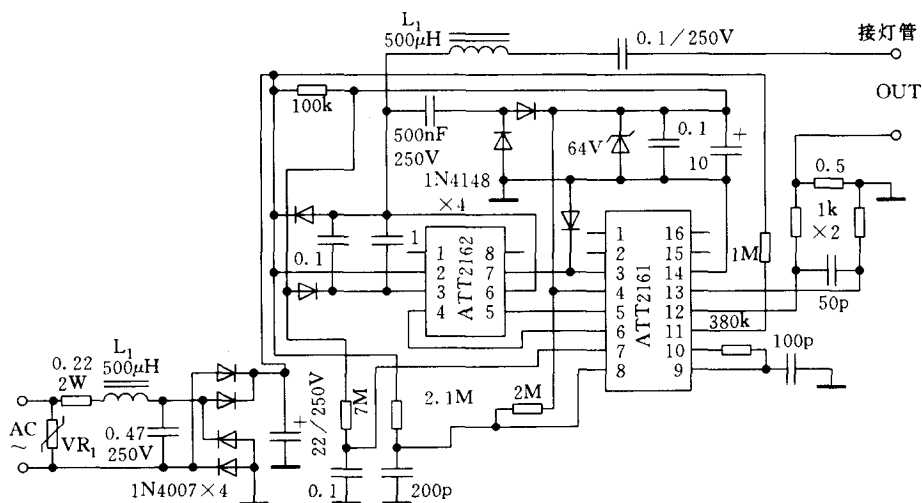


图 2-15 IC ATT2161/2162 电子镇流器电路

ATT2161 处于工作模式。当 ATT2162 的 7 脚为低电平时，ATT2161 处于预热模式。

ATT2161 内 MOSFET 管间的死区时间变化由 ATT2161 的 10 脚上的电阻和 9 脚与地之间的电容决定。IC 随死区时间执行零电压开关，参考电源电平由 11 脚上电阻、12 脚和 13 脚上的电阻和电容产生。

ATT2162 的 7 脚上的低电平迫使 ATT2161 处于预热模式。如 7 脚为高电平，IC 处于启动或工作模式，这取决于负载特性，亦即灯管是否点亮。

假如荧光灯由于某种原因进行“冷”启动，ATT2161 将自行进行重复启动，当 12 脚上电压变为 0.7V 时，ATT2161 将通过减小半桥输出来限制峰值灯电流。

15. 控制 IC TFA3351 电子镇流器

控制 IC TFA3351 是 SMI 半导体公司推出的电子镇流器控制集成电路。其作用如下：

(1) 为电子镇流器的振荡器提供触发脉冲，使振荡电路建立振荡。在振荡成功启动并被监视之后，后续的触发脉冲则被阻塞。

(2) IC 带有低压有源输出定时器，在施加电源电压之后 1s（秒）内，对于预热和点火系统，开关输出是有效的。

(3) IC 内含有误差指示输入，若 IC 出现停止振荡，查询周期的干预衰减。

(4) TFA3351 一旦达到关机点温度（典型值是 105℃），则自动切断振荡，从而实现过热保护；在灯更换之后，IC 重新启动振荡。图 2-16 是其装成的电子镇流器电路。

TFA3351 采用 DIP 和 SOP8 两种封装，其各引脚功能如表 2-3 所示。

表 2-3 TFA3351 脚功能

引脚号	功能	引脚号	功能
1	温度模式选择	5	误差指示输入
2	时钟脉冲产生器	6	灯更换输入
3	触发器和关断输出及振荡检测	7	定时器开关输出
4	接地	8	电源电压

TFA3351 这种双极型单片 IC 通过几种控制和防护功能来启动、监视和关闭 RF 振荡器。其电源电压 V_{cc} 为 11V。内部开关门限一旦达到 7V，触发脉冲从 TR 脚发送。振荡检测器只