

文章编号:1007-2780(2009)01-0081-06

基于 SG3525 的液晶显示器平面背光源驱动电路设计

熊 博¹, 刘 震¹, 胡文波^{1*}, 丁兴隆², 唐李晟², 姜凤山²

(1. 西安交通大学 电子物理与器件教育部重点实验室, 陕西 西安 710049, E-mail: xiongbo@stu.xjtu.edu.cn;
2. 彩虹集团公司 技术中心, 北京 100085)

摘 要: 介质阻挡放电平面荧光灯 (Flat Fluorescent Lamps, FFL) 是一种新型的平面光源, 在液晶显示器背光源方面具有很好的应用前景。研制了一种基于 PWM 控制芯片 SG3525 的 FFL 驱动电路, 采用一种反激逆变结构, 以直流 80~100 V 作为输入电压, 产生出脉宽为 3~4 μs , 幅值为 1 500~2 000 V 的高压高频尖峰脉冲信号。本方案具有电路设计简单、灵活、效率高及成本低的优点。对 FFL 进行点屏试验的结果表明, 设计出的电路可使 FFL 的平均亮度达到 6 000 cd/m^2 , 亮度均匀性达到 80% 以上。

关 键 词: 平面荧光灯; 介质阻挡放电; 驱动电路; 反激逆变电路; 背光源
中图分类号: TN27; TM923.01 **文献标识码:** A

1 引 言

近年来, 随着液晶显示器的飞速发展, 作为其重要组成部分的背光源系统也取得了长足的进步。由于传统的 LCD 背光源-冷阴极荧光灯 (CCFL) 存在污染环境、发光均匀性差、响应时间长和显示色域窄等缺点, 所以现在作为其理想替代品的无 Hg 介质阻挡放电平面荧光灯 (FFL) 已在世界范围内得到了人们的广泛重视。德国 Osram、韩国 Samsung Corning 和台湾奇达光电等公司都已经开发出了性能优良的大尺寸 FFL 样品^[1-3]。

介质阻挡放电平面荧光灯的电极一般制作在玻璃基板上并被介质层所覆盖, 电极与放电空间隔离, 不会受到离子的溅射。前、后基板的内表面涂有荧光粉, 根据工作气体的不同, 荧光粉分为含 Hg 和不含 Hg 两种。前者与 CCFL 一样, 利用 Hg 原子辐射的 253.7 nm 的紫外线激发荧光粉发光; 后者内部充入惰性气体, 一般为纯 Xe 或含 Xe 的惰性混合气体, 利用 Xe 的谐振态和准分子发出的 147 nm 及 172 nm 的真空紫外线 (VUV) 激发荧光粉发光。无 Hg 的 FFL 具有无环境污染、可大面积均匀发光、启动快速、寿命长和制作

成本低等优点, 不仅可以作为液晶显示器件的新型背光源, 而且还可以应用于照明、个性装饰等领域。

本文设计了一种基于 PWM 控制芯片 SG3525 的 FFL 驱动电路, 采用一种反激逆变结构, 以直流 80~100 V 作为输入电压, 产生脉宽为 3~4 μs , 幅值为 1 500~2 000 V 的高压高频尖峰脉冲信号。对 FFL 进行点屏试验的结果表明, 设计出的电路可使 FFL 的平均亮度达到 6 000 cd/m^2 , 亮度均匀性达到 80% 以上。

2 FFL 的基本原理

典型的 FFL 结构如图 1 所示。在图 1 中的后玻璃基板 (Back Substrate) 上印有正、负两组电极, 在电极表面覆盖有反射层、介质层和荧光粉层, 通过支撑柱在前后基板间形成一定的放电空间, 整个介质阻挡放电屏 (DBD, Dielectric Barrier Discharge) 的厚度不超过 1 cm。图 2 是 FFL 的典型电极结构示意图。后玻璃基板的内侧面制作有两组电极——阴极和阳极, 每条发光行包括 3 条平行电极。中间的一条是阴极, 其两侧边以一定的间距排列着许多小突起, 两侧边突起的位置相互交错。阴极两侧的 2 条电极是阳极。发光板

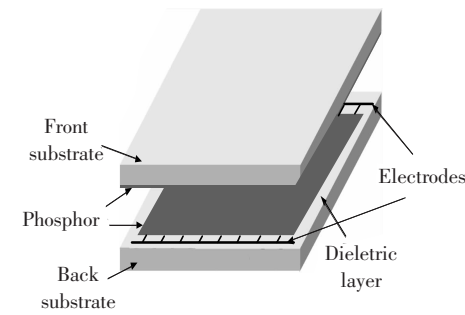


图 1 FFL 结构图
Fig. 1 Structure of FFL

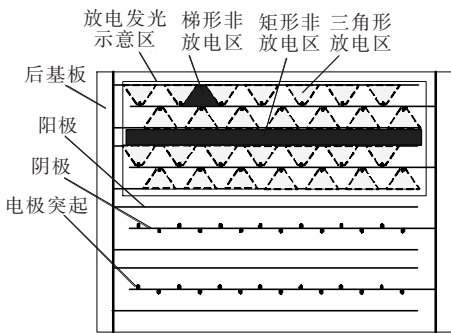


图 2 FFL 电极结构
Fig. 2 Electrode structure of FFL

采用单极性脉冲驱动。工作时,在适当的电压脉冲作用下,阴极和阳极间产生辉光放电,并且此微放电从阴极突起向阳极展开成三角形,三角形放电区产生的紫外辐射激发荧光粉发出白色光。整个光源的发光面均匀地分布着几十个甚至几千个三角形的发光区,使 FFL 发光亮度均匀。

3 反激逆变电路的工作特点

为得到适当的驱动波形,平面光源驱动电路

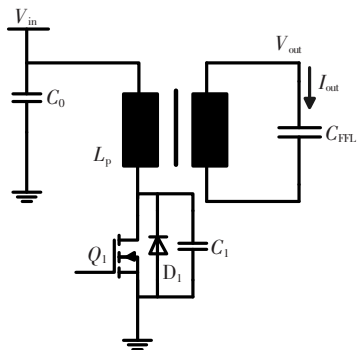


图 3 反激逆变电路基本结构图
Fig. 3 Schematic circuit diagram of proposed flyback inverter

采用了一种脉冲控制式的反激逆变电路,其基本电路结构如图 3 所示^[4]。图 3 中 L_p 表示初级电感量, D_1 、 C_1 分别为开关管 Q_1 的体内等效二极管和寄生电容或者外部并接二极管和电容。图 4 为反激逆变电路的各个关键点的工作波形理论分析。图 4 中 V_{out} 为次级输出电压, i_{out} 为次级输出电流, i_{Lp} 为流过变压器初级电感 L_{LP} 的电流, Q_1 为开关管的控制信号。

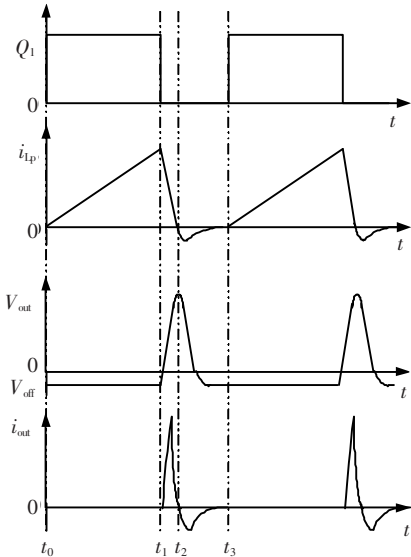


图 4 反激逆变电路关键点波形
Fig. 4 Main waveform of the flyback inverter circuit

4 驱动电路的设计

本文中设计的驱动电路是一种以 PWM 控制芯片 SG3525 为控制核心,工作在不连续模式下的反激逆变电路。其设计过程主要分两个步骤:一是控制部分的电路设计,即对 SG3525 的应用;二是反激变压器的设计。至于其它外围电路,设计者可自行确定。另外由于液晶显示器内部提供的是 24 V 直流电压,所以可以在本电路之前加上一个前级电路,其目的是提供稳定的直流 80~100 V 输入电压。

4.1 控制电路的设计

驱动电路以 SG3525 作为控制核心。SG3525 的具体内部引脚结构如图 5 所示。其中,脚 16 为 SG3525 的基准电压源输出,精度可以达到 $(5.1 \pm 1\%)$ V,采用了温度补偿,而且设有过流保护电路。脚 5、脚 6、脚 7 内有一个双门限比较器,内设电容充放电电路,加上外接的电阻电容电路共同

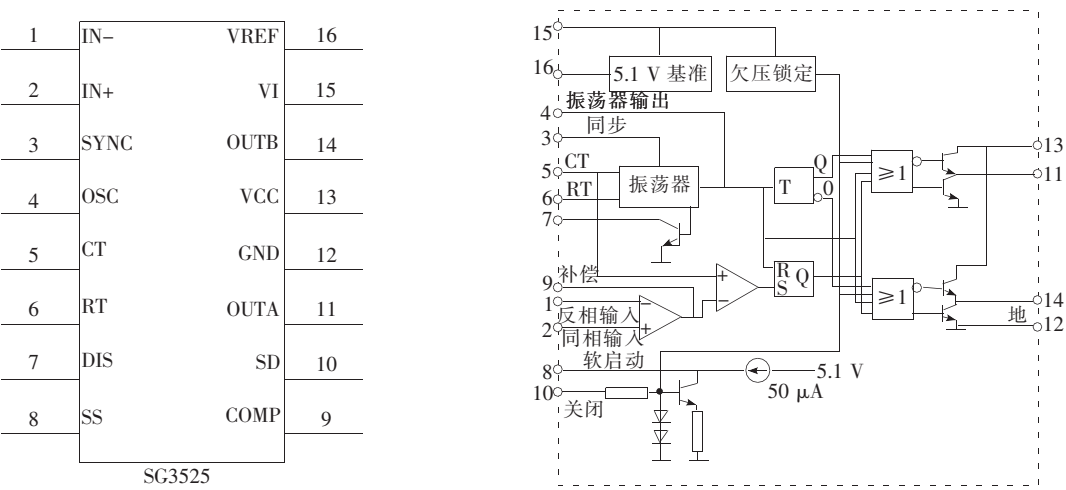


图 5 SG3525 引脚结构图和内部结构图
Fig. 5 Pin structure and internal structure of SG3525

构成 SG3525 的振荡器。振荡器还设有外同步输入端(脚 3)。脚 1 及脚 2 分别为芯片内部误差放大器的反相输入端和同相输入端。该放大器是一个两级差分放大器,直流开环增益约为 70 dB。根据系统的动态和静态特性要求,在误差放大器的输出脚 9 和脚 1 之间一般要添加适当的反馈补偿网络。

对于 SG3525 的使用者而言,首要任务是确定其所产生的控制信号的频率和占空比。SG3525 芯片振荡频率的设定范围为 100 k~500 kHz,芯片的脚 5 和脚 7 间串联一个电阻 R_d 就可以在较大范围内调节死区时间。SG3525 的振荡频率可表示为:

$$f_s = 1/[C_T(0.7R_T + 3R_d)] \tag{1}$$

式(1)中, C_T 、 R_T 分别是与脚 5、脚 6 相连的振荡器的电容和电阻; R_d 是与脚 7 相连的放电端电阻值。

占空比是通过改变脚 9 的电压值(小于基准电压)进行设定,调整范围是 0%~50%。在电路连接上可以将脚 1 或脚 2 通过一个大电阻(如 10 kΩ)同脚 9 相连,脚 1、脚 2 不相连的作为电压输入端,并使其输入电压可调。

如果想要得到高于 50% 占空比的控制信号,则可以采用将脚 11、脚 14 接地而以脚 13 作为输出端的方法。

基于上述对 SG3525 的分析,得到如图 6 所示的带有自动锁死功能和调频调宽功能的驱动电路控制部分。其所产生的控制信号的占空比大于 50%。

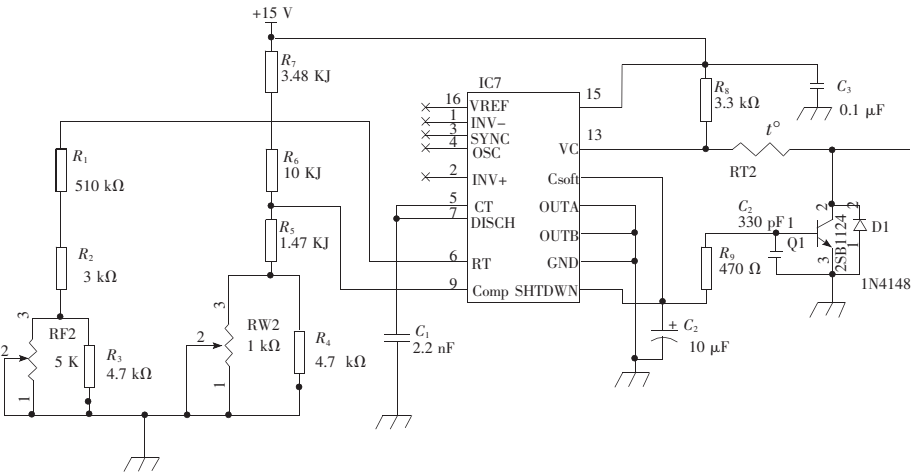


图 6 驱动电路的控制部分电路
Fig. 6 Control circuit of driving circuit

4.2 不连续模式下的反激变压器的设计

反激变压器是逆变电路的核心部件之一,对于它的设计可以分为以下几个步骤:

(1) 确定初次级匝比

匝比的确定必须保证 MOS 管所能承受的应力,即:

$$V_{or} = V_{in_max} + \frac{N_p}{N_s} V_o \quad (2)$$

例如可以采用两个耐压为 600 V 的 MOS 管串联,因而理论上耐压最高可达 1 200 V。

但是为了降低开关损耗,这里设定反激电压为 680 V,也就是匝比为 1:3,此时次级输出电压为 1 800 V。

(2) 设定变压器工作在 DCM 方式

$$V_{in} + T_{on} = V_o \times \frac{N_p}{N_s} \times T_r \quad (3)$$

取 $T_{on} + T_r = 0.8T$,联立上述两式则有:

$$T_{ON_MAX} = \frac{V_o \times \frac{N_p}{N_s} \times 0.8 \times T}{V_{in_MIN} + V_o \times \frac{N_p}{N_s}} \quad (4)$$

当匝比为 1:3 时,可以求出此时的占空比与输入电压的关系曲线,如图 7 所示。

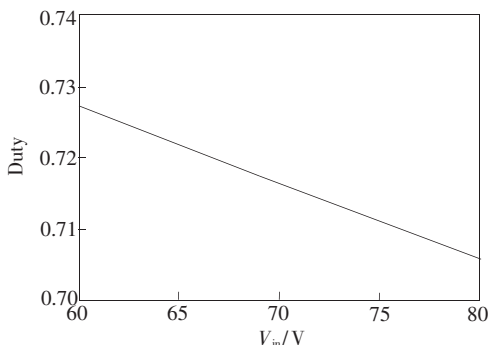


图 7 占空比与输入电压关系

Fig. 7 Relation of duty cycle versus input voltage

从图中可以看出占空比在 0.705~0.73 间变化,其实只要设定在手动调节时最大占空比不超过 0.71 就可以了。

由上式可以求得:

$$T_{ON_MAX} = \frac{V_o \times \frac{N_p}{N_s} \times 0.8 \times T}{V_{in_MIN} + V_o \times \frac{N_p}{N_s}} = 0.7272T = 12.15 \mu s \quad (5)$$

产品本身要求工作频率最小为 60 kHz,因此 T 取

值为 1/60 kHz。

(3) 确定初级电感

$$L_p = \frac{[V_{in_min} \times T_{ON_MAX}]^2}{2.5 \times T \times P_o} = 353.6 \mu H \quad (6)$$

取电感量为 350 mH。

(4) 确定 MOS 管的峰值电流

$$I_p = \frac{V_{in_min} \times T_{ON_MAX}}{L_p} = 2.08 A \quad (7)$$

为使导通电阻小,导通压降足够低,所以 MOS 管的最大额定电流应为此峰值的 5~10 倍,即 MOS 管的额定电流至少应为 10 A。

(5) 初级的电流有效值和导线选择

$$I_{rms(p)} = \frac{I_p}{\sqrt{3}} \sqrt{\frac{T_{ON_MAX}}{T}} = 1.02 A \quad (8)$$

故初级取用直径为 0.14 mm×10 的多股线,采用 3 股并绕的方法来实现。

(6) 次级的电流有效值和导线选择

$$I_{rms(p)} = \frac{I_p \times \frac{N_p}{N_s}}{\sqrt{3}} \sqrt{\frac{T_r}{T}} = 0.11 A \quad (9)$$

故次级采用直径为 0.4 mm 的单股线即可,当然也可采用一股直径为 0.14 mm×10 的多股线。

(7) 初级匝数的确定

$$N_p = \frac{V_{in_MIN} \times T_{ON_MAX}}{B \times S} \quad (10)$$

这里可以选用 PQ32/30 的磁芯,其有效面积为 161 mm²;或者选用 PQ32/20 的磁芯,有效面积为 170 mm²。但是因为前者的绕线面积较大,因而采用前者,则初级匝数为 28 匝,次级为 84 匝即可。

5 试验结果

为了验证基于 SG3525 的反激变换电路的可行性,对其进行了 FFL 点屏试验,电路的效率经测量可以达到 90% 左右。电路的输入电压为 DC 80~100 V,得到的输出波形如图 8 所示,其中通道 1 为控制信号,通道 3 为输出电流,通道 4 为输出电压。从图 8 中可以看出,本文所设计的反激逆变电路可以得到与理论分析完全相符合的输出波形。另外如实物图 9 所示,此电路可以较理想地驱动 FFL,使其平均亮度达到 6 000 cd/m²,亮度均匀性达到 80% 以上。测量方法为将 FFL 的发光面分成 9 个窗口,分别测出这 9 个窗口内的

最高亮度 ($L_{\max 1} \sim L_{\max 9}$) 和最低亮度 ($L_{\min 1} \sim L_{\min 9}$), 然后按照公式 (11)、(12) 计算平均亮度 (L_{av}) 和发光效率 (η)。

$$L_{av} = \frac{\sum_{i=1}^9 L_{\max i} + \sum_{j=1}^9 L_{\min j}}{18} \tag{11}$$

$$\eta = \frac{\pi L_{av} S}{P} \tag{12}$$

式中 S 代表发光面积, P 为系统整体功耗, 采用电力分析仪对 P 进行测量。

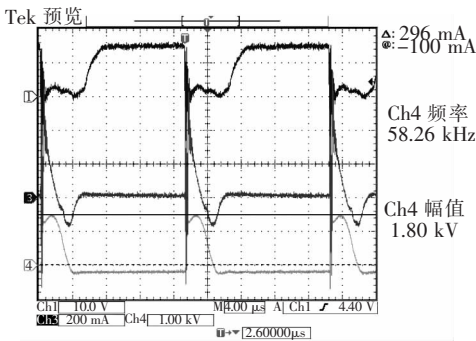


图 8 实际测量波形
Fig. 8 Measured waveform

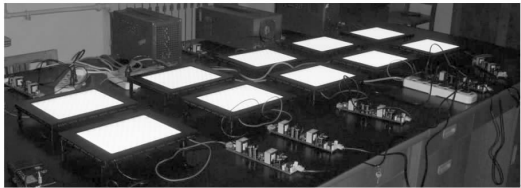


图 9 FFL 及其驱动电路实物图
Fig. 9 Developed FFL and designed circuit

6 结 论

采用 PWM 控制芯片 SG3525 设计了 FFL 驱动电路, 该电路采用一种反激逆变结构, 以直流 80~100 V 作为输入电压, 产生脉宽为 3~4 μ s, 幅值为 1 500~2 000 V 的高压高频尖峰脉冲信号。本方案具有电路设计简单、灵活、效率高及成本低的优点。对 FFL 进行点屏试验的结果表明, 设计出的电路可使 FFL 的平均亮度达到 6 000 cd/m^2 , 亮度均匀性达到 80% 以上, 是一种效果理想的 FFL 驱动电路。

参 考 文 献:

[1] 王海峰, 杨淑燕, 张凤生, 等. 平面荧光灯背光模组设计 [J]. 液晶与显示, 2008, 23(3): 377-381.
[2] 徐学基. 21 世纪照明新光源研究和开发 [J]. 灯与照明, 2001, (1): 4-6.
[3] Shuhai L, Neiger M. Double discharges in unipolar-pulsed dielectric barrier discharge xenon excimer lamps [J]. *Appl. Phys.*, 2003, 36(6): 1565-1572.
[4] Sowa W, Lecheler R. Lamp driver concepts for dielectric barrier discharge lamps and evaluation of a 110 W ballast [C]// *IAS'39 Annual Meeting*, Seattle, USA; Conference Record of the 2004 IEEE, Industry Applications, 2004.

Design of Driving Circuit for LCD Flat Backlighting Based on SG3525

XIONG Bo, LIU Zhen, HU Wen-bo,

DING Xing-long, TANG Li-sheng, JIANG Feng-shan

(1. Key Laboratory for Physical Electronics and Devices of the Ministry of Education, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China, E-mail: xiongbo@stu.xjtu.edu.cn;
2. Technology Center of Irico Group Electronics Co., Beijing 100085, China)

Abstract

Flat Fluorescent Lamps (FFL) with dielectric barrier discharge is a new type of flat light source, which has a cheerful prospect as backlight for LCD. In this paper, the pin structure and internal structure of SG3525 were introduced, moreover, based on this chip, a method of designing the driving

circuit for FFL was proposed. A flyback inverter was adopted in this design. A series of peak pulses with a width of $3\sim 4\ \mu\text{s}$ and an amplitude of $2\ 000\sim 2\ 500\ \text{V}$ were created, when the input direct current voltage was $80\sim 100\ \text{V}$. The circuit has been proved on a FFL prototype, the results show that this design method has some advantages such as easy, flexible, high efficient and cheap. Moreover, the FFL's brightness of $6\ 000\ \text{cd}/\text{m}^2$ and brightness uniformity of above 80% can be achieved by the circuit.

Key words: flat fluorescent lamps; dielectric barrier discharge; driver circuit; flyback inverter; back-light

作者简介:熊博(1982—),男,吉林蛟河人,硕士研究生,主要从事模拟及数字电路的设计。

《发 光 学 报》

——中文核心期刊(物理学类;无线电电子学、电信技术类)

《发光学报》是中国物理学会发光分会与中国科学院长春光学精密机械与物理研究所共同主办的中国物理学会发光分会的学术会刊。该刊是以发光学、凝聚态物质中的激发过程为专业方向的综合性学术刊物。

《发光学报》于1980年创刊,曾于1992年,1996年,2000年和2004年连续四次被《中文核心期刊要目总览》评为“物理学类核心期刊”,并于2000年同时被评为“无线电电子学、电信技术类核心期刊”。2000年获中国科学院优秀期刊二等奖。现已被《中国学术期刊(光盘版)》、《中国期刊网》和“万方数据资源系统”等列为源期刊。英国《科学文摘》(SA)自1999年;美国《化学文摘》(CA)和俄罗斯《文摘杂志》(AJ)自2000年;美国《剑桥科学文摘社网站》自2002年;日本《科技文献速报》(CBST, JICST)自2003年已定期收录检索该刊论文。2001年在国家科技部组织的“中国期刊方阵”的评定中,《发光学报》被评为“双效期刊”。2002年获中国科学院2001~2002年度科学出版基金“择重”资助。2004年被选入《中国知识资源总库·中国科技精品库》。本刊内容丰富、信息量大,主要反映本学科专业领域的科研和技术成就,及时报道国内外的学术动态,开展学术讨论和交流,为提高我国该学科的学术水平服务。

《发光学报》为双月刊, A4开本, 144页, 国内外公开发行。自2007年起, 国内定价: 40元, 全年240元, 全国各地邮局均可订阅。《发光学报》欢迎广大作者、读者广为利用, 踊跃投稿。

地 址: 长春市东南湖大路3888号

《发光学报》编辑部

邮 编: 130033

电 话: (0431)86176862, 84613407

E-mail: fgxb@ciomp.ac.cn

国内统一刊号: CN 22-1116/O4

国际标准刊号: ISSN 1000-7032

国内邮发代号: 12-312

国外发行代号: 4863BM

http://www.faguangxuebao.org