

市电供电的高亮度LED驱动电路

王君普 临沂师范学院 (276005)

毛兴武 山东临沂电子研究所 (276004)

摘要 LED在手机等便携式电子产品和汽车应用中,都采用电池供电。随大电流大功率高亮度LED的迅猛发展及其广泛应用,在很多场合要求采用工频市电为LED供电。文中介绍了采用市电供电的离线式LED典型驱动电路。

关键词 工频市电供电 大功率LED 驱动电路

引言

在最近几年,超高亮度LED尤其是白光LED的迅猛发展远远超出人们先前的预料。从LED工作电流上看,350 mA、500 mA、750mA和1000 mA的产品已经商品化;从功率方面看,单个LED灯已达5 W乃至10 W;从发光效率看,早已突破60 lm/W。日亚化学工业公司研发的光效达100 lm/W的白色LED,已于2006年6月开始样品供货。西铁城电子公司生产的白色LED,计划在2007年实现100 lm/W的目标。日亚化学工业公司宣布在2007年前后完成150 lm/W产品的开发。毫无疑问,用不了几年时间,在很多场合下,LED会逐步取代白炽灯、卤钨灯、荧光灯乃至HID灯等传统电光源,但并不会淘汰这些传统电光源。

LED在手机、PDA和数码相机等便携式电子产品用作背光灯和闪光灯及其在汽车中应用,均采用锂电池、镍电池和汽车电池供电。随大电流高效LED尤其是白光LED的迅猛发展,其应用将扩展到装饰照明、建筑照明、景观照明、树木和草坪照明、轿车停车场、交通安全岛信号灯及大屏幕显示背光源等许多场合。在这些场合下,LED宜采用工频市电供电。在利用市电作电源时,LED驱动电路通常由AC-DC和DC-DC两级变换器组成,并要求其提供恒流和恒压驱动条件。

1 传统LED离线(off-line)驱动电路

最简单的LED市电供电电路如图1所示。该电路先利用变压器T1将220 V的AC电压降至14 Vac,再采用桥式整流电容滤波电路提供DC输出,为3只LXHL-MW1D型(Luxeon)LED供电。LXHL-MW1D型LED的工作电流 $I_{LED}=350$ mA,正向电压降 $V_{LED}=3.5$ V。

限流电阻 $R1$ 值为: $R1=(1 \cdot 2V_{in}-3V_{LED})/I_{LED}=(1 \cdot 2 \times 14-3 \times 3.5)/350=18 \Omega$,可选择 $R1=20 \Omega$ 。

图1所示的电路虽然简单,但需要工频电源变压器,体积较大。同时,电压和电流调节性能差,在AC线路电压起伏时易损坏LED。

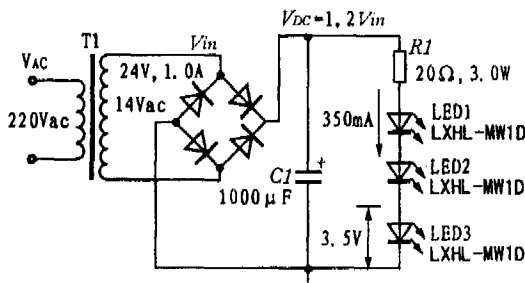


图1 最简单的LED市电供电电路

图2所示为采用线性稳压器的Luxeon LED驱动电路。该电路可提供优良的稳压性能和电流调节性能($1 \pm 5\%$),但功率损耗大(MC7809的功耗达2.73 W),系统效率很低。

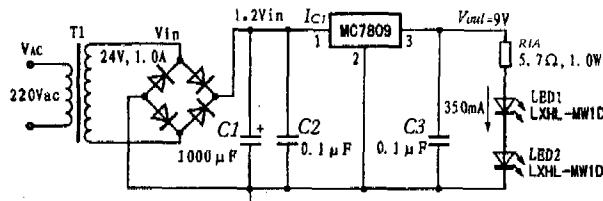


图2 采用线性稳压器的Luxeon LED驱动电路

2 新型离线LED驱动电路

2.1 基于三引脚PWM控制器HV9922的LED驱动电路

由HV9922降压变换器控制器IC组成的LED电源电路如图3所示。该驱动电路适用于85~264 V的全

球AC通用线路输入,负载电流为50 mA ($1 \pm 15\%$),可以驱动8只白光LED(LED串电压为20~30 V),效率达80%。HV9922内置7V的稳压器,引脚3(C_{DD})为其输出,引脚2(GND)为接地端。HV9922内置PWM控制电路和一个带电流传感电阻的功率MOSFET,引脚1(DRAIN)为MOSFET漏极端。二极管D2~D5组成

桥式整流器,VRD1为过电压保护元件, L_{IN} 、 C_{IN} 和 C_{IN2} 组成输入EMI滤波器, $L1$ 为输出电感器,D1为输出整流二极管。基于HV9922的LED驱动器,消除了大而笨重的工频电源(降压)变压器,并可获得约80%的效率。

图4所示为图3电路的印制板线路及实物。

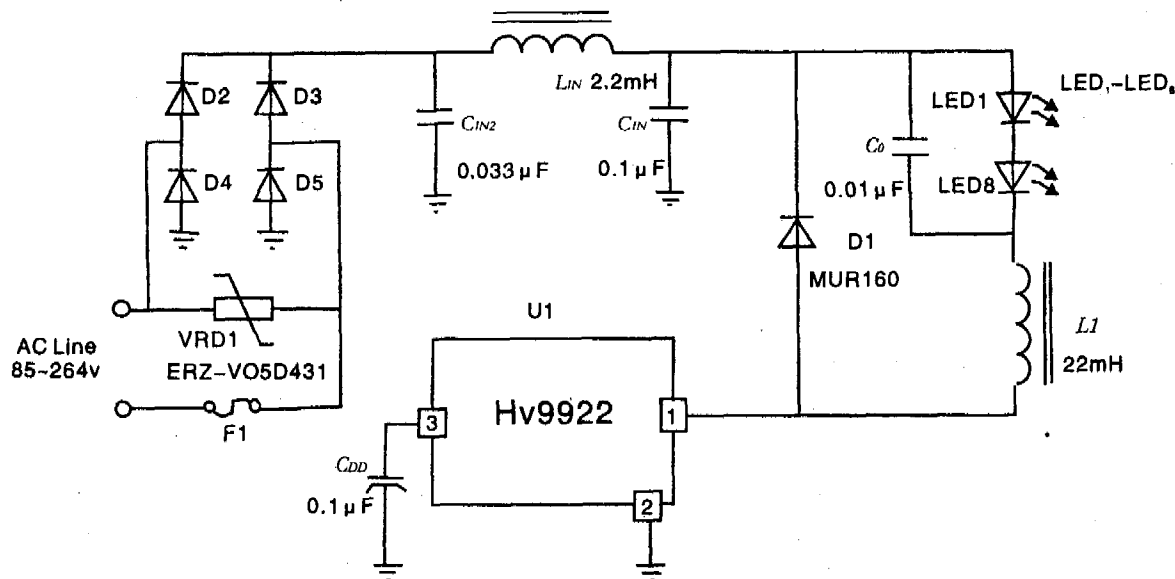


图3 基于HV9922的通用离线LED灯驱动器

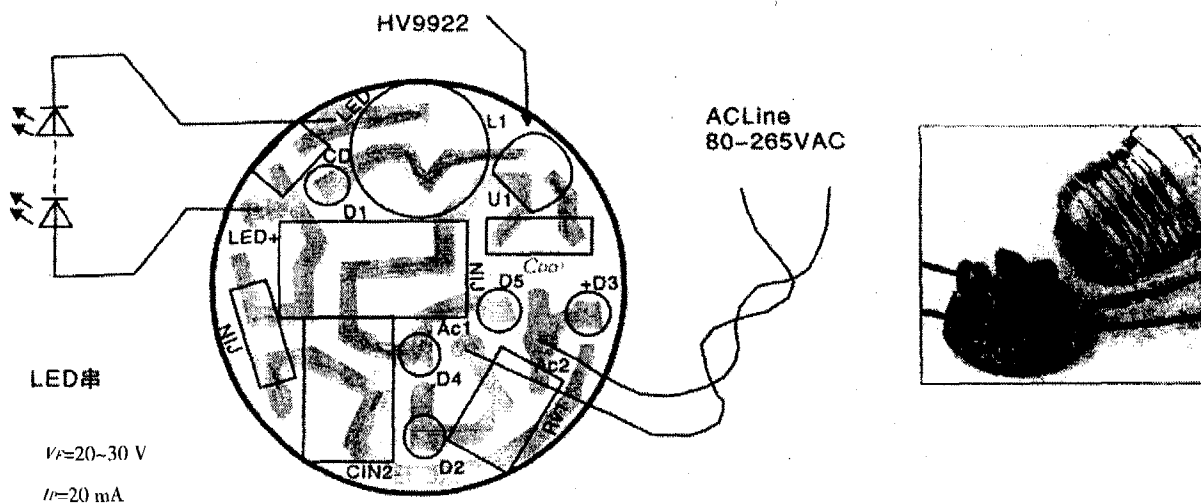


图4 基于HV9922的通用离线LED灯驱动器印刷板电路与实物

2.2 基于NCP101x单片IC的Luxeon Star LED驱动电路

NCP101x是美国安森美半导体推出的为驱动Luxeon Star LED而设计的单片开关转换器。这种单片IC集成了一个固定频率电流模式控制器和一个作为开关使用的功率MOSFET。NCP101x系列包含

NCP1010、NCP1011、NCP1012、NCP1013和NCP1014五个型号,输出峰值电流分100 mA、250 mA、350 mA和450 mA等几种,开关频率为65 kHz、100 kHz或130 kHz。该系列IC提供动态自供电(DSS)、过电压及短路保护和过温度关断保护,可以驱动1 W、3 W和5 W的LED。

基于NCP1012的回扫(反激)式变换器驱动5个 LXHL-MW1D型LED的实际电路如图5所示。变换器输出DC电压为17.5 V,输出功率为6.125 W,效率接

近80%。由于变换器在65 kHz以上的高频下工作,所以变压器T1尺寸可以大幅度缩减。

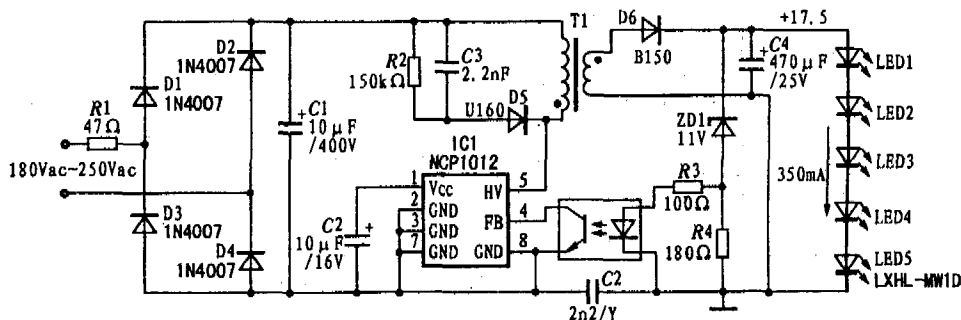


图5 基于NCP1012的回扫式变换器驱动5只Luxeon LED阵列

图6所示为由NCP1013和单只Luxeon V Star LED组成的闪光灯电路。85~265 V的AC输入经D1、D2和C1半波整流和滤波后为以NCP1013为核心的DC-DC

变换器提供DC电压。IC引脚FB外部电容C3,用作旁路高频噪声,ZD1和D3为IC内MOSFET提供漏极钳位。

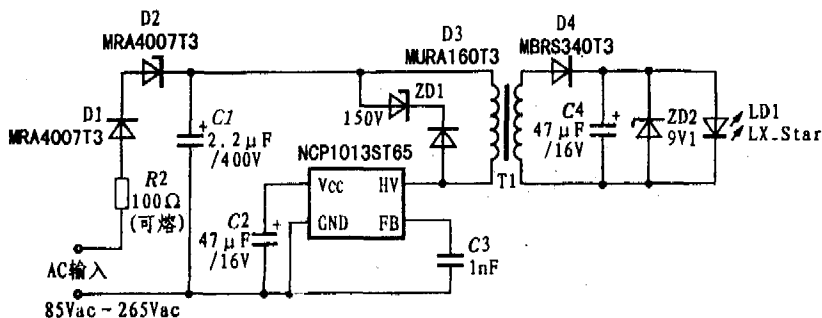


图6 由NCP1013和Luxeon V Star LED组成的闪光灯电路

图7所示为闪光灯电路板上元件排布。

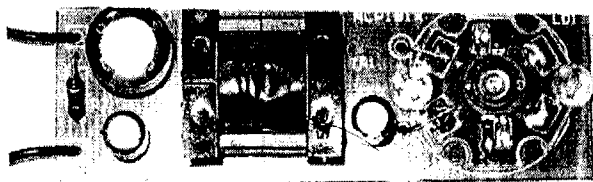


图7 闪光灯电路板上元件排布

2.3 基于PWM控制器HV9931的高功率因数LED灯驱动电路

图8所示为基于固定频率PWM控制器HV9931的高功率因数LED灯驱动电路。HV9931为Supertex公司所研发,它被设计利用单级功率因数校正(PFC)降压升压-降压(buckboost-buck)拓扑控制LED灯驱动器。LED可用作交通信号灯、街道照明灯及装饰照明灯。

HV9931的外部驱动电路是一种单级单开关非隔

离专利拓扑。其中, $L1$ 、 $C1$ 、 $D1$ 和 $D4$ 组成输入buck-boost级,后面与 $L2$ 、 $D2$ 和 $D3$ 组成的输出buck级相级联。两级变换器共用一个开关($Q1$),并且输入级在不连续导电模式(DCM)工作,输出级则工作在连续导电模式(CCM)。

在接通AC供电电源后, $Q1$ 接通,电流经 $D4$ 、 $L1$ 和 $Q1$ 及 $RS1$ 返回。与此同时,降压电容 $C1$ 为输出级加电,电流经 $Q1$ 、 $RS2$ 、LED、 $L2$ 和 $D2$ 流入 $C1$ 负级。当 $Q1$ 关断时, $D1$ 正向偏置,输入电感器电流通过 $C1$ 和 $D1$ 、同时,因 $D2$ 截止,通过 $L2$ 的电流流过 $D3$ 。通过 $L1$ 的电流一旦降为零,通过 $L2$ 的电流仍继续流动, I_{L1} 出现为零的死区。一旦死区结束, I_{L1} 从零开始线性增加并通过 $Q1$,新的开关周期开始。

图9所示为输入电压 V_{IN} 、电感峰值电流 $I_{L1}(PK)$ (包迹波)和输入电流 I_{IN} 波形。由于输入平均电流 I_{IN} 正比于输入电压 V_{IN} ,且趋于同相位,故输入功率因数接近于1。图中, D 为占空因数, T_{ON} 为导通时间, T_s

为开关周期, F_s 为开关频率, R_{eq} 为输入等效电阻。

HV9931 引脚 8 与引脚 4 之间的电阻 R_T 是用来设置开关频率 (100 kHz)。IC 引脚 1 内部稳压器输入电

压 V_{IN} 可达 450 V, 在引脚 6 上的输出 (见图 8) 为 7.5 V。

R_{S1} 用作检测输入级电流, R_{S2} 用作传感输出级电流。

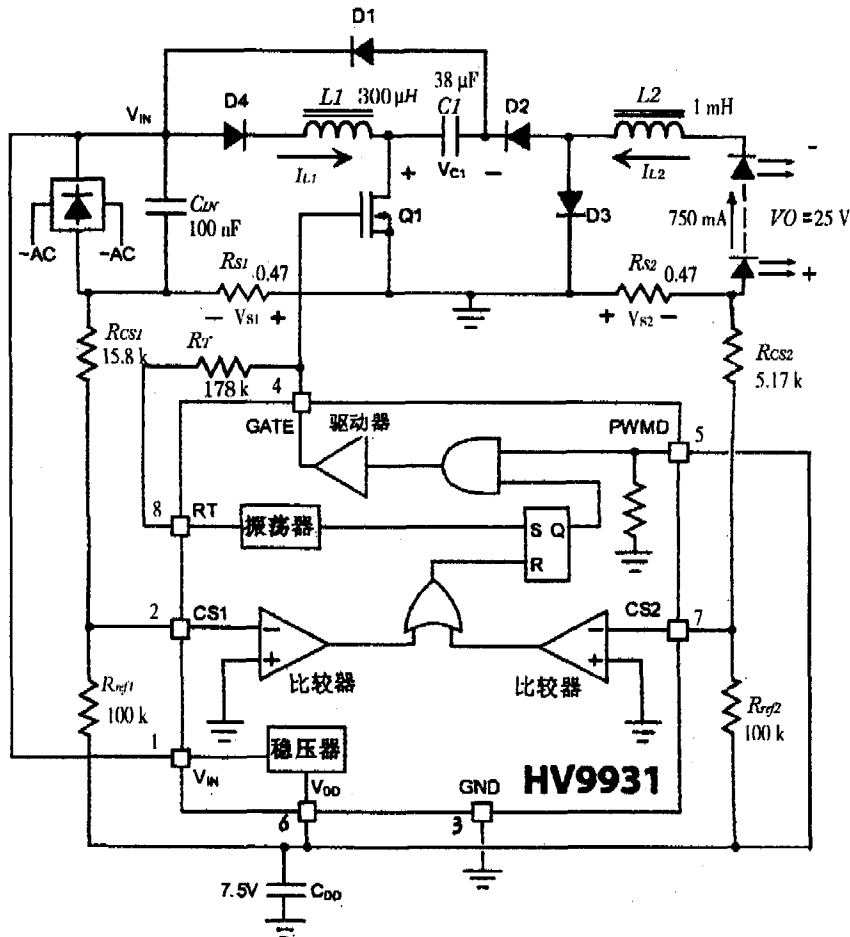


图8 基于定频PWM控制器HV9931的高功率因数LED灯驱动电路

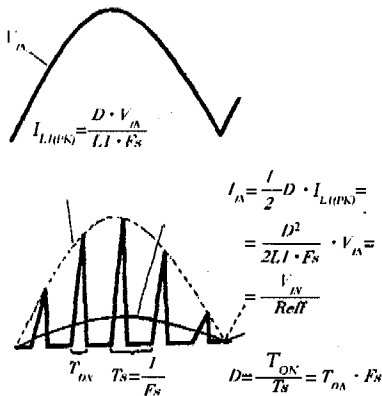


图9 单级PFC电路电压和电流波形

图3所示的LED灯驱动电路AC输入电压范围为80~260 V, 输出电压达25 V, 输出电流为750 mA, 输入电流总谐波失真THD<20%, 效率达78%(输入级效率 $\eta_1=86.7\%$, 输出级效率 $\eta_2=90\%$, 总效率 $\eta =$

$\eta_1 \cdot \eta_2=78\%$)。该电路可以驱动750 mA的6~7只LED灯。

3 结束语

目前我国和许多发达国家都在推行半导体照明工程或计划。世界各著名半导体厂商都紧紧追踪LED的发展, 不失时机地研发出LED驱动IC。本文介绍的由工频市电供电的大电流LED驱动电路, 仅是有代表性的几种。其中的非隔离式无变压器离线变换器和隔离式反激式变换器拓扑, 代表了市电供电的LED驱动电路发展方向。

参考文献

- [1] 郭道杰, 孙小平. 基于三引脚PWM控制器HV9921/HV9922的LED灯电源及设计. 中国电源博览, 2006(7)
- [2] 许程明, 王颖颖. NCP101x系列转换开关在超高亮度Luxeon Star LED驱动电路中的应用. 国外电子元器件, 2006(6)