



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104780692 B

(45)授权公告日 2017.06.06

(21)申请号 201510204498.8

(22)申请日 2015.04.28

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104780692 A

(43)申请公布日 2015.07.15

(73)专利权人 福州大学

地址 350108 福建省福州市闽侯县上街镇

大学城学园路2号福州大学新区

(72)发明人 林维明 王雷雨

(74)专利代理机构 福州元创专利商标代理有限

公司 35100

代理人 蔡学俊

(51)Int.Cl.

H05B 37/02(2006.01)

H02M 1/42(2007.01)

(56)对比文件

CN 102611294 A,2012.07.25,全文.

CN 103066873 A,2013.04.24,全文.

US 2004164557 A1,2004.08.26,全文.

审查员 阚子雄

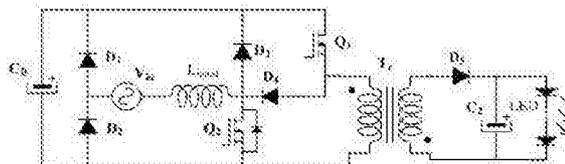
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种单级无桥双Boost与Flyback集成的LED驱动电路

(57)摘要

本发明涉及一种单级无桥双Boost与Flyback集成的LED驱动电路。该LED驱动电路包括一输入电源 $V_{in}$ 、一功率MOS开关管 $Q_1$ 、一功率MOS开关管 $Q_2$ 、一功率二极管 $D_1$ 、一功率二极管 $D_2$ 、一功率二极管 $D_3$ 、一功率二极管 $D_4$ 、一功率二极管 $D_5$ 、一中间电容 $C_B$ 、一输出电容 $C_2$ 、一电感 $L_{Boost}$ 、一高频变压器 $T_r$ 。本发明通过构造单级无桥双Boost与Flyback集成LED驱动电路,实现高效、高功率因数以及恒定的电流输出等功能。



1. 一种单级无桥双Boost与Flyback集成的LED驱动电路,包括一输入交流电压源 $V_{in}$ ,其特征在于:所述输入交流电压源 $V_{in}$ 的一端连接一功率二极管 $D_1$ 的阳极和一功率二极管 $D_2$ 的阴极;所述功率二极管 $D_1$ 的阴极连接一中间电容 $C_B$ 、一功率二极管 $D_3$ 的阴极和一功率MOS开关管 $Q_1$ 的漏极;所述中间电容 $C_B$ 的另一端连接一功率二极管 $D_2$ 的阳极和一功率MOS开关管 $Q_2$ 的源极和一变压器 $T_r$ 的原边非同名端;所述功率MOS开关管 $Q_1$ 的源极连接到变压器 $T_r$ 的原边同名端和一功率二极管 $D_4$ 的阳极,所述功率MOS开关管 $Q_1$ 的栅极连接第一路PWM控制信号;所述功率二极管 $D_3$ 的阳极连接到所述功率MOS开关管 $Q_2$ 的漏极、所述功率二极管 $D_4$ 的阴极和一电感 $L_{Boost}$ 的一端;所述的功率MOS开关管 $Q_2$ 的栅极连接第二路PWM控制信号;所述电感 $L_{Boost}$ 的另一端连接到输入电源的另一端;所述变压器 $T_r$ 的副边非同名端连接一功率二极管 $D_5$ 的阳极;所述功率二极管 $D_5$ 的阴极连接到输出电容 $C_2$ 的正端;所述输出电容 $C_2$ 的负端连接到变压器 $T_r$ 副边的同名端;所述电容 $C_2$ 的正、负端连接所述LED驱动电路的LED负载;所述功率MOS开关管 $Q_1$ 在所有电源周期内高频工作,而功率MOS开关管 $Q_2$ 只需要在电源周期负半周时高频工作,同时,所述功率MOS开关管 $Q_1$ 和 $Q_2$ 在电源周期的负半周时采用高频互补导通。

2. 根据权利要求1所述的一种单级无桥双Boost与Flyback集成的LED驱动电路,其特征在于:变压器 $T_r$ 是高频变压器,原副边同名端是反方向的。

3. 根据权利要求1所述的一种单级无桥双Boost与Flyback集成的LED驱动电路,其特征在于:所述功率二极管 $D_1$ 、功率二极管 $D_2$ 、功率二极管 $D_3$ 、功率二极管 $D_4$ 、功率二极管 $D_5$ 是快恢复二极管。

4. 根据权利要求1所述的一种单级无桥双Boost与Flyback集成的LED驱动电路,其特征在于:所述中间电容 $C_B$ 是电解电容。

5. 根据权利要求1所述的一种单级无桥双Boost与Flyback集成的LED驱动电路,其特征在于:所述输出电容 $C_2$ 是电解电容。

## 一种单级无桥双Boost与Flyback集成的LED驱动电路

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种单级无桥双Boost与Flyback集成的LED驱动电路,更具体说是一种将无桥双Boost PFC电路和后级Flyback电路集成的单级LED驱动电路以实现输入功率因数校正和输出恒流LED驱动。

### 背景技术

[0002] 为了抑制网侧输入电流的低频谐波污染,25瓦以上的照明电器需要满足国际电工委员会颁布的标准IEC1000-3-2等权威机构颁布的低频谐波电磁兼容标准。为了符合上述要求,功率因数校正技术成为了必要。

[0003] 通常交流-直流PFC变换器从电路结构上可分为单级与多级PFC电路两大类。LED驱动电源前级一般为PFC电路,后级为恒流输出电路;前级一般采用Boost、buck、cuk等结构,后级DC-DC电路根据功率等级一般采用Flyback、LLC等结构。两级PFC电路具有输入电流总谐波失真度小,功率因数接近单位值的优点。但两级PFC电路控制相对复杂,成本较高,整机效率低,不适用于中小功率场合。单级功率因数校正电路(简称单级PFC电路)将前级PFC变换器与后级DC-DC变换器拓扑上集成,即共用一个功率开关管和一套控制电路,具有控制简单、整机效率高和功率器件少等优点。

[0004] 传统前级Boost PFC电路由于整流桥的存在而影响整机的效率,特别在低压大电流的场合,过高的导通损耗降低整机效率,同时使整机的功率密度无法改善,而无桥Boost电路可以有效的降低半导体功率二极管的导通损耗;反激变换电路由于具有拓扑简单,输入输出电气隔离,升/降压范围广,实现多路输出等优点而被广泛应用。本发明单级无桥双Boost与Flyback集成LED驱动电路既具有降低整流桥导通损耗的优点,又能有效实现输入输出隔离和多路输出,并且只需要一套控制电路,可以有效的降低成本和提高整机效率。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种单级无桥双Boost与Flyback集成的LED驱动电路,实现高功率因数、高效和恒流输出,并降低主电路的导通损耗实现整机效率的提高,通过电路集成,也有效的减小了功率半导体器件数目和节约了系统的成本。

[0006] 为实现上述目的,本发明的技术方案是:一种单级无桥双Boost与Flyback集成的LED驱动电路,包括一输入交流电压源 $V_{in}$ ,所述输入交流电压源 $V_{in}$ 的一端连接一功率二极管 $D_1$ 的阳极和一功率二极管 $D_2$ 的阴极;所述功率二极管 $D_1$ 的阴极连接一中间电容 $C_B$ 、一功率二极管 $D_3$ 的阴极和一功率MOS开关管 $Q_1$ 的漏极;所述中间电容 $C_B$ 的另一端连接一功率二极管 $D_2$ 的阳极和一功率MOS开关管 $Q_2$ 的源极和一变压器 $T_r$ 的原边非同名端;所述功率MOS开关管 $Q_1$ 的源极连接到变压器 $T_r$ 的原边同名端和一功率二极管 $D_4$ 的阳极,所述功率MOS开关管 $Q_1$ 的栅极连接第一路PWM控制信号;所述功率二极管 $D_3$ 的阳极连接到所述功率MOS开关管 $Q_2$ 的漏极、所述功率二极管 $D_4$ 的阴极和一电感 $L_{Boost}$ 的一端;所述的功率MOS开关管 $Q_2$ 的栅极连接第二路PWM控制信号;所述电感 $L_{Boost}$ 的另一端连接到输入电源的另一端;所述变压器 $T_r$ 的副边

非同名端连接一功率二极管D<sub>5</sub>的阳极;所述功率二极管D<sub>5</sub>的阴极连接到输出电容C<sub>2</sub>的正端;所述输出电容C<sub>2</sub>的负端连接到变压器Tr副边的同名端;所述电容C<sub>2</sub>的正、负端连接所述LED驱动电路的LED负载。

[0007] 在本发明一实施例中,所述功率二极管D<sub>1</sub>、功率二极管D<sub>2</sub>、功率二极管D<sub>3</sub>、功率二极管D<sub>4</sub>、功率二极管D<sub>5</sub>是快恢复二极管。

[0008] 在本发明一实施例中,变压器Tr是高频变压器,原副边同名端反方向。

[0009] 在本发明一实施例中,所述中间电容C<sub>B</sub>是电解电容。

[0010] 在本发明一实施例中,所述输出电容C<sub>2</sub>是电解电容。

[0011] 在本发明一实施例中,所述功率MOS开关管Q<sub>1</sub>在所有电源周期内高频工作,而功率MOS开关管Q<sub>2</sub>只有在电源周期负半周时高频工作,同时,所述功率MOS开关管Q<sub>1</sub>和Q<sub>2</sub>在电源周期的负半周时采用高频互补导通。

[0012] 在本发明一实施例中,所述功率MOS开关管Q<sub>1</sub>作为双Boost电路正半周期的开关管,所述功率MOS开关管Q<sub>2</sub>作为双Boost电路负半周期的开关管,同时功率MOS开关管Q<sub>1</sub>作为反激变换器的开关管。

[0013] 相较于现有技术,本发明具有以下有益效果:

[0014] 1.相对于两级无桥双Boost+Flyback电路,单级集成电路少了一个开关管,减少了功率半导体器件的数量,可以有效降低成本;

[0015] 2.单级电路只需要一套控制方案,减小了控制电路的复杂性,同时也可以节约成本;

[0016] 3.与Boost PFC电路相比,本发明减少输入功率整流二极管桥损耗,在低压输入时具有更低的导通损耗,具有更高的变换效率;

[0017] 4.本发明具有无桥双Boost电路和Flyback电路的优点,在能实现高功率因数的同时,实现恒流输出控制,无整流桥、一套控制电路,控制简单,节约成本,提高了整机效率,降低了系统的复杂性。

## 附图说明

[0018] 图1是本发明的一种单级无桥双Boost与Flyback集成的LED驱动电路原理图。

[0019] 图2是本发明的一种单级无桥双Boost与Flyback集成的LED驱动电路在电感L<sub>Boost</sub>电流断续模式工作,输入交流电压正半周、功率MOS开关管Q<sub>1</sub>导通时的工作模态示意图。

[0020] 图3是本发明的一种单级无桥Boost+Flyback集成的LED驱动电路在电感电流断续模式工作,输入交流电压正半周、功率MOS开关管Q<sub>1</sub>关断时电感L<sub>Boost</sub>电流给中间电容充电的工作模态示意图。

[0021] 图4是本发明的一种单级无桥双Boost与Flyback集成的LED驱动电路在电感电流断续模式工作,输入交流电压正半周、功率MOS开关管Q<sub>1</sub>关断时电感L<sub>Boost</sub>电流为0时的工作模态示意图。

[0022] 图5是本发明的一种单级无桥双Boost与Flyback集成的LED驱动电路在电感电流断续模式工作,输入交流电压负半周、功率MOS开关管Q<sub>2</sub>导通时电感L<sub>Boost</sub>电流充电的工作模态示意图。

[0023] 图6是本发明的一种单级无桥双Boost与Flyback集成的LED驱动电路在电感电流

断续模式工作,输入交流电压负半周、功率MOS开关管 $Q_1$ 、 $Q_2$ 关断、处于死区时电感 $L_{Boost}$ 给中间电容充电的工作模式示意图。

[0024] 图7是本发明的一种单级无桥双Boost与Flyback集成的LED驱动电路在电感电流断续模式工作,输入交流电压负半周、功率MOS开关管 $Q_1$ 导通中间电容给反激变压器充电的工作模式示意图。

[0025] 图8是本发明的一种单级无桥双Boost与Flyback集成的LED驱动电路在电感电流断续模式工作,输入交流电压负半周、功率MOS开关管 $Q_1$ 、 $Q_2$ 关断、处于死区时反激变压器给负载LED供电的工作模式示意图。

### 具体实施方式

[0026] 下面结合附图,对本发明的技术方案进行具体说明。

[0027] 本发明的一种高效单级LED驱动电路,具体为一种单级无桥双Boost与Flyback集成的LED驱动电路,包括一输入交流电压源 $V_{in}$ ,所述输入交流电压源 $V_{in}$ 的一端连接一功率二极管 $D_1$ 阳极和一功率二极管 $D_2$ 的阴极;所述功率二极管 $D_1$ 的阴极连接一中间电容 $C_B$ 、一功率二极管 $D_3$ 的阴极和一功率MOS开关管 $Q_1$ 的漏极;所述中间电容 $C_B$ 的另一端连接所述功率二极管 $D_2$ 的阳极和一功率MOS开关管 $Q_2$ 的源极和一变压器 $Tr$ 的原边非同名端;所述功率MOS开关管 $Q_1$ 的源极连接到变压器 $Tr$ 的原边同名端和一功率二极管 $D_4$ 的阳极,所述功率MOS开关管 $Q_1$ 的栅极连接一第一路PWM控制信号;所述功率二极管 $D_3$ 的阳极连接到所述功率MOS开关管 $Q_2$ 的漏极、所述功率二极管 $D_4$ 的阴极和一电感 $L_{Boost}$ 的一端;所述的功率MOS开关管 $Q_2$ 的栅极连接一第二路PWM控制信号;所述电感 $L_{Boost}$ 的另一端连接到输入电源的另一端;所述变压器 $Tr$ 的副边非同名端连接一功率二极管 $D_5$ 的阳极;所述功率二极管 $D_5$ 的阴极连接到输出电容 $C_2$ 的正端;所述输出电容 $C_2$ 的负端连接到变压器 $Tr$ 副边的同名端;所述电容 $C_2$ 的正、负端作为所述LED驱动电路的输出端。所述功率二极管 $D_1$ 、功率二极管 $D_2$ 、功率二极管 $D_3$ 、功率二极管 $D_4$ 、功率二极管 $D_5$ 是快恢复二极管。所述中间电容 $C_B$ 及输出电容 $C_2$ 是电解电容。所述功率MOS开关管 $Q_1$ 在所有电源周期内高频工作,而功率MOS开关管 $Q_2$ 只有在电源周期负半周时高频工作,同时,所述功率MOS开关管 $Q_1$ 和 $Q_2$ 在电源周期的负半周时采用高频互补导通。MOS开关管 $Q_1$ 和 $Q_2$ 在正负电源周期分别构成双BOOST电路工作,且功率MOS开关管 $Q_1$ 又作为Flyback开关管工作;所述变压器 $Tr$ 是高频变压器。

[0028] 以下讲述本发明的一实施例:

[0029] 本发明通过采用单级无桥Boost和Flyback集成的LED驱动电路,实现高效恒流输出,降低主电路的导通损耗并能同时达到功率因数校正功能。下面结合图1中的具体实例具体说明本发明的一种单级无桥双Boost+Flyback集成的LED驱动电路在无桥Boost电感 $L_{Boost}$ 电流断续模式(DCM模式)和后级Flyback变换器电路的变压器 $Tr$ 电流连续模式(CCM模式)下的具体工作模式,如图2至图8所示。

[0030] 参照图2,输入交流电压为正半周期,在功率MOS开关管 $Q_1$ 导通时,输入的输入交流电压源 $V_{in}$ 通过功率MOS开关管 $Q_1$ 对电感 $L_{Boost}$ 进行充电,同时中间电容通过 $Q_1$ 给反激变换器变压器 $Tr$ 充电,输出电容 $C_2$ 给LED供电。此时,快恢复功率二极管 $D_2$ 、 $D_3$ 、 $D_5$ 承受反向电压而截止。

[0031] 参照图3,输入交流电压为正半周期,在功率MOS开关管 $Q_1$ 截止时,电感 $L_{Boost}$ 上的能

量通过快恢复功率二极管 $D_1$ 和 $Q_2$ 的体二极管给中间电容 $C_B$ 充电,同时 $T_r$ 的能量通过功率二极管 $D_5$ 给输出电容 $C_2$ 充电并给LED供电。此时功率二极管 $D_2$ 、 $D_3$ 、 $D_4$ 因承受反压关断, $Q_1$ 和 $Q_2$ 处在死区时间也关断。

[0032] 参照图4,输入交流电压为正半周期,电感 $L_{Boost}$ 上的能量释放完,功率二极管 $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$ 、 $D_4$ 承受反压截止,因 $T_r$ 工作在连续模式(CCM),此时 $T_r$ 能量通过功率二极管 $D_5$ 给输出电容 $C_2$ 充电并给LED供电。在交流电源正半周期内,下一个开关周期重复图一到图四工作过程。

[0033] 参照图5,输入交流电压为负半周期,在功率MOS开关管 $Q_2$ 导通时,输入的输入交流电压源 $V_{in}$ 通过功率MOS开关管 $Q_2$ 、功率二极管 $D_2$ 给电感 $L_{Boost}$ 充电, $T_r$ 的能量通过功率二极管 $D_5$ 给输出电容 $C_2$ 充电并给LED供电,此时功率二极管 $D_2$ 、 $D_3$ 、 $D_4$ 承受反压截止。

[0034] 参照图6,输入交流电压为负半周期,在功率MOS开关管 $Q_1$ 、 $Q_2$ 都关断时,电感 $L_{Boost}$ 通过功率二极管 $D_3$ 、 $D_2$ 给中间电容 $C_B$ 充电, $T_r$ 的能量通过功率二极管 $D_5$ 给输出电容 $C_2$ 充电并给LED供电,功率二极管 $D_1$ 、 $D_4$ 承受反压截止。

[0035] 参照图7,输入交流电压为负半周期,功率MOS开关管 $Q_1$ 导通,中间电容 $C_B$ 和电感 $L_{Boost}$ 同时给Flyback变压器 $T_r$ 充电,此时LED负载由 $C_2$ 来供电。此时功率二极管 $D_1$ 、 $D_4$ 承受反压截止。

[0036] 参照图8,输入交流电压为负半周期,功率MOS开关管 $Q_1$ 、 $Q_2$ 都关断,功率二极管 $D_1$ 、 $D_2$ 、 $D_3$ 、 $D_4$ 承受反压截止,因 $T_r$ 工作在连续模式(CCM),此时 $T_r$ 能量通过功率二极管 $D_5$ 给输出电容 $C_2$ 充电并给LED供电。在交流电源负半周期内,下一个开关周期重复图五到图八工作过程。

[0037] 上列为一实施例,对本发明的目的、技术方案和优点进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的一个实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

[0038] 以上是本发明的较佳实施例,凡依本发明技术方案所作的改变,所产生的功能作用未超出本发明技术方案的范围时,均属于本发明的保护范围。

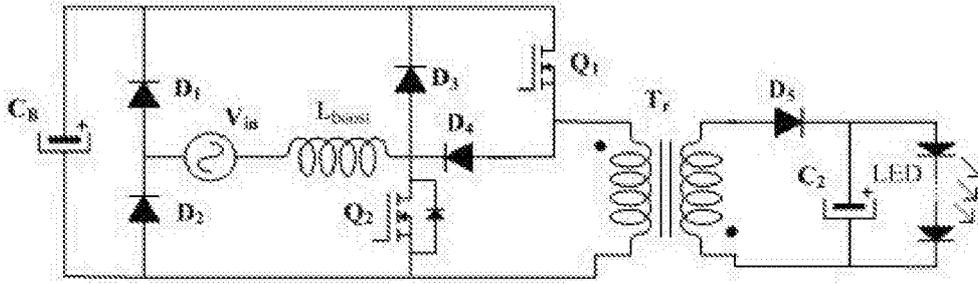


图1

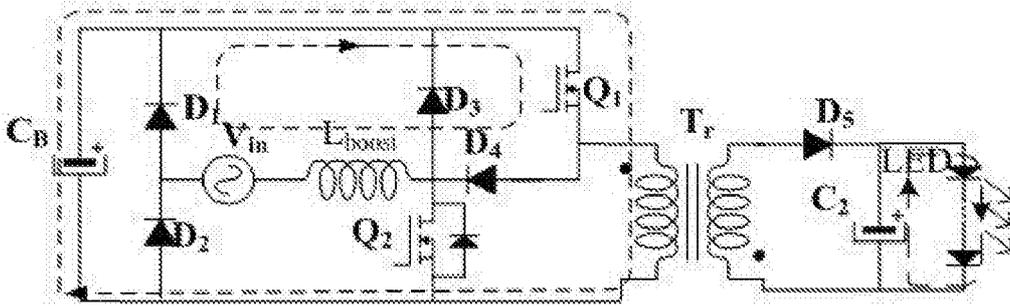


图2

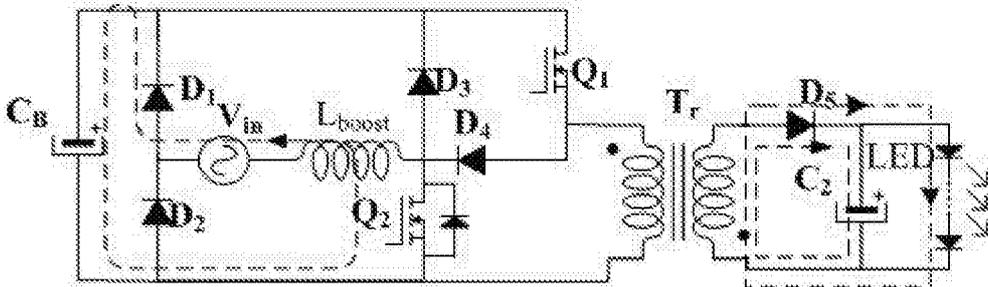


图3

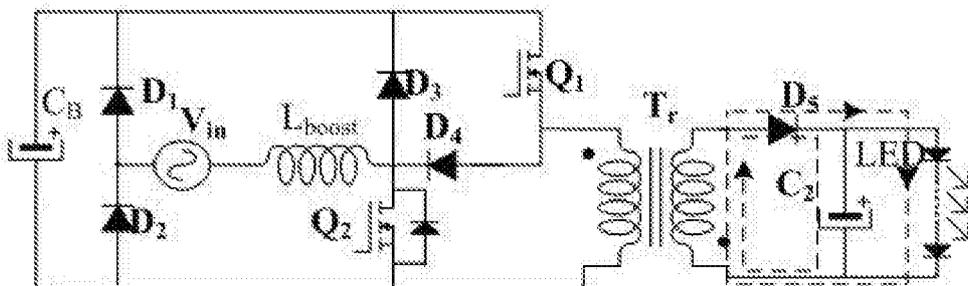


图4

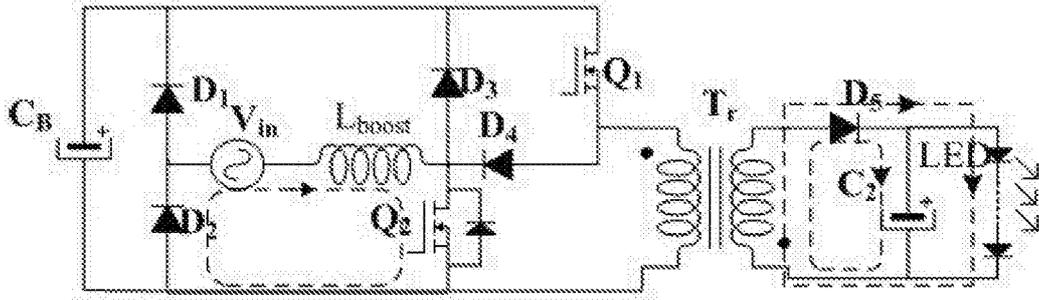


图5

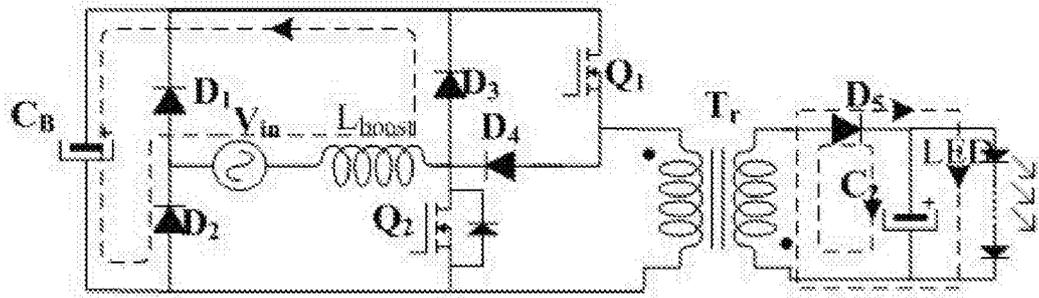


图6

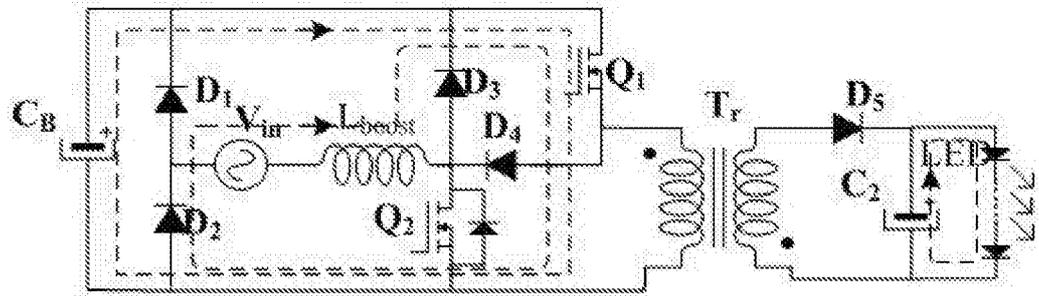


图7

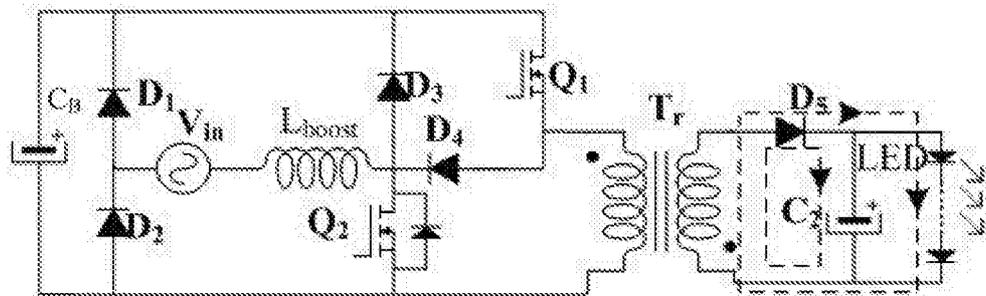


图8