



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105722274 B

(45)授权公告日 2019.03.19

(21)申请号 201610146219.1

(22)申请日 2013.12.18

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105722274 A

(43)申请公布日 2016.06.29

(62)分案原申请数据
201310701205.8 2013.12.18

(73)专利权人 矽力杰半导体技术(杭州)有限公司

地址 310012 浙江省杭州市文三路90号东部软件园科技大厦A1501

(72)发明人 徐孝如

(51)Int.Cl.
H05B 33/08(2006.01)

(56)对比文件

CN 101707837 A,2010.05.12,
CN 101616524 A,2009.12.30,
CN 102684492 A,2012.09.19,
CN 102735906 A,2012.10.17,
JP 2012221899 A,2012.11.12,

审查员 邢玉良

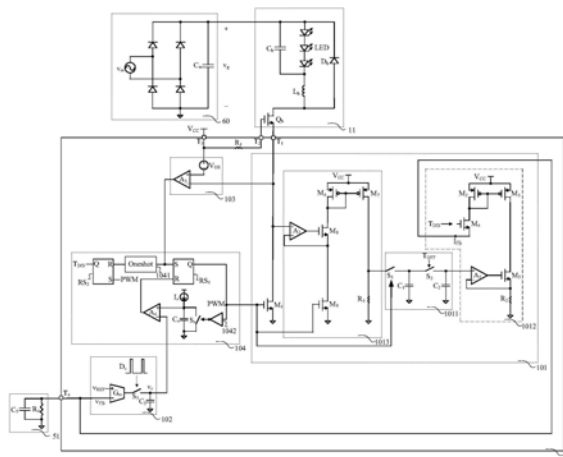
权利要求书2页 说明书8页 附图6页

(54)发明名称

有源功率因数校正控制电路、芯片及LED驱动电路

(57)摘要

本发明提供了一种APFC控制电路,包括输出电流计算电路、误差计算电路、电感电流过零检测电路和占空比计算电路。上述电路采用直流供电电压为直流-直流变换器功率开关管的栅极提供恒定的电压,仅通过调整功率开关管的源极电压来控制功率开关管周期性的导通和截止,从而驱动直流-直流变换器工作,使应用该APFC控制电路时的调试更加简单。另外,上述APFC控制电路可直接集成在同一芯片上,芯片的引脚数目仅为4个,从而降低了外围电路的数目和复杂程度,进一步的解决了当采用APFC控制电路提高LED驱动电路的PF值时,LED驱动电路调试繁琐的问题。



1. 一种有源功率因数校正控制芯片,其特征在于,包括:

第一引脚、第二引脚、第三引脚和第四引脚;

电感电流过零检测电路,其第一输入端通过所述第二引脚与功率开关管的栅极相连接,并通过所述第三引脚与直流供电电压相连接,用以检测流过电感的电流,并在所述电感的电流减小至零时,产生比较信号;

输出电流计算电路,包括第一开关管,所述第一开关管的第一端通过所述第一引脚与所述功率开关管的第一端相连接;

误差计算电路,其输入端通过所述第四引脚与滤波电路相连接,所述滤波电路对所述输出电流计算电路产生的电流反馈信号进行滤波后输出至所述误差计算电路以产生补偿信号;占空比计算电路,接收所述补偿信号和所述比较信号以产生脉冲宽度调制信号和触发信号,所述脉冲宽度调制信号输出给所述输出电流计算电路,以驱动所述功率开关管周期性的导通和关断;所述触发信号输出给所述输出电流计算电路,以控制所述输出电流计算电路产生电流反馈信号。

2. 根据权利要求1所述的有源功率因数校正控制芯片,其特征在于,当所述电感的电流过零时,并且脉冲宽度调制信号为高电平时,所述触发信号为高电平。

3. 根据权利要求1所述的有源功率因数校正控制芯片,其特征在于,所述输出电流计算电路在所述电感的电流达到峰值时,输出表征功率开关管的峰值电流的电压信号;然后根据所述电压信号和所述触发信号,产生电流反馈信号。

4. 根据权利要求3所述的有源功率因数校正控制芯片,其特征在于,所述误差计算电路接收表征所述电流反馈信号的电压反馈信号,以产生补偿信号输出给所述占空比计算电路。

5. 根据权利要求1所述的有源功率因数校正控制芯片,其特征在于,

所述第一开关管的漏极与直流-直流变换器的功率开关管的源极相连,所述第一开关管的源极接地;

所述第一开关管的栅极接收所述脉冲宽度调制信号,所述脉冲宽度调制信号控制所述第一开关管的导通和截止,进而控制输出给所述功率开关管的源极的电压信号,进而使所述功率开关管周期性的导通和截止。

6. 根据权利要求1所述的有源功率因数校正控制芯片,其特征在于,所述输出电流计算电路包括电感电流峰值检测电路和电流反馈信号产生电路,

所述电感电流峰值检测电路的输入端与所述第一开关管的漏极相连,输出端与所述电流反馈信号产生电路的输入端相连,其检测直流-直流变换器的电感的电流是否达到峰值,并在所述直流-直流变换器的电感的电流达到峰值时,将表征所述电感的电流峰值的电压信号输出给所述电流反馈信号产生电路;

所述电流反馈信号产生电路接收所述表征所述电感的电流峰值的电压信号,并根据所述占空比计算电路输出的触发信号,以产生所述电流反馈信号。

7. 根据权利要求1所述的有源功率因数校正控制芯片,其特征在于,所述误差计算电路包括跨导放大器和第三电容;

所述跨导放大器的同相输入端接收电压参考信号,反相输入端接收表征所述电流反馈信号的电压反馈信号,输出端与所述第三电容的第一端连接;

第三电容的第二端接地,其第一端的电压信号作为所述补偿信号。

8. 根据权利要求7所述的有源功率因数校正控制芯片,其特征在于,所述误差计算电路还包括第三可控开关,

所述第三可控开关的第一端与所述跨导放大器的输出端连接,所述第三可控开关的第二端与所述第三电容的第一端相连,

其中,所述第三可控开关受控于一占空比小于或等于0.05的信号。

9. 根据权利要求1所述的有源功率因数校正控制芯片,其特征在于,所述电感电流过零检测电路包括偏置电压源和第三比较器;

所述偏置电压源的正极作为所述电感电流过零检测电路的第一输入端与直流供电电压相连,负极与所述第三比较器的同相输入端相连;

所述第三比较器的反相输入端作为所述电感电流过零检测电路的第二输入端与所述功率开关管的源极相连,输出端输出所述比较信号给所述占空比计算电路。

10. 一种LED驱动电路,其特征在于,包括:直流-直流变换器、权利要求1~9任一项所述的有源功率因数校正控制芯片和滤波电路;

所述直流-直流变换器用于在所述有源功率因数校正控制芯片的驱动下对所述LED驱动电路的输入电压进行变换,以产生输出电流;

所述滤波电路用于对所述电流反馈信号进行滤波,以将所述电流反馈信号转换为表征所述电流反馈信号的电压反馈信号。

有源功率因数校正控制电路、芯片及LED驱动电路

[0001] 本申请是申请号为201310701205.8,申请日为2013年12月18日,发明名称为“有源功率因数校正控制电路、芯片及LED驱动电路”的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及电力电子技术领域,更具体地说,涉及一种有源功率因数校正控制电路、芯片及LED驱动电路。

背景技术

[0003] LED (Light-Emitting Diode,发光二极管)相对于传统的白炽灯、日光灯等发光器件具有寿命长、绿色无污染等优点,具有非常广阔的应用前景。

[0004] LED作为照明产品,需要满足相关的谐波标准,因此就要求LED驱动电路的PF (Power Factor,功率因数)值较高。为了提高PF值,要采用PFC (Power Factor Correction,功率因数校正)。PFC分为PPFC (Passive Power Factor Correction,无源功率因数校正)和APFC (Active Power Factor Correction,有源功率因数校正)。

[0005] 采用APFC的LED驱动电路主要包括:直流-直流变换器和APFC控制电路,其中,直流-直流变换器与负载LED相连。驱动工作过程中,交流输入电压经过整流和滤波后,转换为直流输入电压,直流-直流变换器对该直流输入电压进行电压变换,最终得到负载LED所需的驱动电压,实现对LED的驱动。在此过程中,APFC控制电路通过向直流-直流变换器输出PWM (Pulse Width Modulation,脉冲宽度调制)信号,控制直流-直流变换器的功率开关管的导通和截止,以提高LED驱动电路的PF值。

[0006] 但是,在LED驱动电路中,如果采用APFC来实现高PF值,APFC控制电路会相对简单。目前,大多数APFC控制电路集成在芯片中,要实现LED驱动电路的直流-直流变换器的较好调节,则该芯片的外围电路较多且较复杂,导致电路的调试繁琐。

发明内容

[0007] 本发明提供了一种APFC控制芯片及LED驱动电路,以解决当采用APFC控制电路提高LED驱动电路的PF值时,LED驱动电路操作复杂、调试繁琐的问题。

[0008] 为实现上述目的,本发明提供了如下技术方案:

[0009] 本发明提出了一种有源功率因数校正控制芯片,包括:

[0010] 第一引脚、第二引脚、第三引脚和第四引脚;

[0011] 电感电流过零检测电路,其第一输入端通过所述第二引脚与所述功率开关管的栅极,并通过所述第三引脚与直流供电电压相连接,用以检测流过电感的电流,并在所述电感得电流减小至零时,产生比较信号;

[0012] 输出电流计算电路,包括第一开关管,所述第一开关管的第一端通过所述第一引脚与所述功率开关管的第一端相连接;

[0013] 误差计算电路,其输入端通过所述第四引脚与滤波电路相连接,所述滤波电路对

所述输出电流计算电路产生的电流反馈信号进行滤波后输出至所述误差计算电路以产生补偿信号；占空比计算电路，接收所述补偿信号和所述比较信号以产生脉冲宽度调制信号和触发信号，所述脉冲宽度调制信号输出给所述输出电流计算电路，以驱动所述功率开关管周期性的导通和关断；所述触发信号输出给所述输出电流计算电路，以控制所述输出电流计算电路产生电流反馈信号。

[0014] 本发明还提出了一种LED驱动电路，包括：直流-直流变换器和上述有源功率因数校正控制芯片和滤波电路；

[0015] 所述直流-直流变换器用于在所述有源功率因数校正控制芯片的驱动下对所述LED驱动电路的输入电压进行变换，以产生输出电流；

[0016] 所述滤波电路用于对所述电流反馈信号进行滤波，以将所述电流反馈信号转换为表征所述电流反馈信号的电压反馈信号。

[0017] 与现有技术相比，本发明所提供的技术方案至少具有以下优点：

[0018] 本发明所提供的APFC控制芯片及LED驱动电路中，APFC控制芯片包括输出电流计算电路、误差计算电路、电感电流过零检测电路和占空比计算电路，采用直流供电电压为直流-直流变换器的功率开关管的栅极提供恒定的电压，仅通过控制电路驱动功率开关管的源极，就能实现对功率开关管源极电压的调整，进而控制功率开关管栅源电压的变化，使功率开关管发生周期性的导通和截止，以驱动直流-直流变换器工作。上述仅改变源极电压进行驱动的方式，相对于现有技术中同时调整栅极和源极的电压进行驱动的方式，使应用该APFC控制芯片时的调试更加简单。

[0019] 另外，上述APFC控制芯片的引脚数目仅为4个，从而降低了外围电路的数目和复杂程度，进一步的解决了当采用APFC控制电路提高LED驱动电路的PF值时，LED驱动电路调试繁琐的问题。

附图说明

[0020] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0021] 图1为本发明实施例一所提供的APFC控制电路的结构图；

[0022] 图2为本发明实施例二所提供的APFC控制电路的结构图；

[0023] 图3为本发明实施例三所提供的APFC控制电路的结构图；

[0024] 图4为本发明实施例四所提供的APFC控制电路的结构图；

[0025] 图5为本发明实施例五所提供的APFC控制芯片的结构图；

[0026] 图6为本发明实施例六所提供的LED驱动电路的结构图。

具体实施方式

[0027] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂，下面结合附图对本发明的具体实施方式做详细的说明。

[0028] 在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明，但是本发明还可以

采用其他不同于在此描述的其它方式来实现,本领域技术人员可以在不违背本发明内涵的情况下做类似推广,因此本发明不受下面公开的具体实施例的限制。

[0029] 实施例一

[0030] 本实施例提供了一种APFC控制电路,该控制电路用于驱动直流-直流变换器工作,以提高直流-直流变换器的功率因数。该控制电路的结构如图1所示,图中10为APFC控制电路,11为直流-直流变换器,APFC控制电路10包括:输出电流计算电路101、误差计算电路102、电感电流过零检测电路103和占空比计算电路104。

[0031] 输出电流计算电路101的第一输入端与占空比计算电路104的第一输出端相连,第二输入端与占空比计算电路104的第二输出端相连,第三输入端与直流-直流变换器11的功率开关管 Q_b 的源极相连,输出端与误差计算电路102的输入端相连;误差计算电路102的输出端与占空比计算电路104的第一输入端相连;电感电流过零检测电路103的第一输入端分别与直流供电电压 V_{CC} 和功率开关管 Q_b 的栅极相连,第二输入端与功率开关管 Q_b 的源极相连,输出端与占空比计算电路104的第二输入端相连。

[0032] 上述APFC控制电路10中,输出电流计算电路101通过采样流过电感 L_b 的电流,得到流过电感 L_b 的电流的变化情况,在流过电感 L_b 的电流达到峰值时,产生一电流反馈信号 I_{FB} ;误差计算电路102获取表征该电流反馈信号 I_{FB} 的电压反馈信号,响应占空比计算电路104输出的触发信号,以产生补偿信号,并将该补偿信号输出给占空比计算电路104;电感电流过零检测电路103检测流过电感 L_b 的电流,在流过电感 L_b 的电流减小至零时,产生比较信号,并将该比较信号输出给占空比计算电路104;占空比计算电路104接收补偿信号和比较信号,以产生脉冲宽度调制信号PWM和触发信号 T_{DIS} ,并将脉冲宽度调制信号PWM输出给输出电流计算电路101,以驱动功率开关管 Q_b 周期性的导通和关断,将触发信号 T_{DIS} 输出给输出电流计算电路101,以控制输出电流计算电路101产生电流反馈信号 I_{FB} 。

[0033] 本实施例中,直流-直流变换器11的功率开关管 Q_b 的栅极与直流供电电压 V_{CC} 相连,即直流供电电压 V_{CC} 为功率开关管 Q_b 提供了一偏置电压,功率开关管 Q_b 的栅极电压恒定不变。功率开关管 Q_b 的源极与输出电流计算电路101的第三输入端相连,当输出电流计算电路101的第三输入端的电压发生变化时,功率开关管 Q_b 的源极电压也随之变化,从而功率开关管 Q_b 的栅源电压变化,使功率开关管 Q_b 导通或截止。可见,本实施例所提供的APFC控制电路10是通过采用源极驱动的方式来驱动功率开关管 Q_b 工作的,而现有技术中一般是通过对功率开关管的栅极和源极电压同时进行调整来驱动功率开关管工作的,因此本实施例中的APFC控制电路10比现有技术中的简单,从而在使用时的调试也就得到简化。

[0034] 另外,直流-直流变换器11中主要包括:功率开关管 Q_b 和电感 L_b ,还可以包括:电容 C_b 和二极管 D_b ,电容 C_b 与负载LED并联后与电感 L_b 串联构成一支路,二极管 D_b 并联在电容 C_b 、负载LED和电感 L_b 所构成的支路两端,输入电压 v_g 向电容 C_b 、负载LED和电感 L_b 所构成的支路提供直流电压,通过功率开关管 Q_b 的导通和截止来控制上述电路对输入电压 v_g 进行变换(降压或升压等)。

[0035] 实施例二

[0036] 基于实施例一,本实施例提供了一种APFC控制电路10,如图2所示,该电路中输出电流计算电路101包括:第一开关管 M_1 、电感电流峰值检测电路1011和电流反馈信号产生电路1012。

[0037] 第一开关管 M_1 的栅极作为所述输出电流计算电路101的第一输入端与占空比计算电路104的第一输出端相连,漏极作为输出电流计算电路101的第三输入端与直流-直流变换器11的功率开关管 Q_b 的源极相连,源极接地;电感电流峰值检测电路1011的输入端与第一开关管 M_1 的漏极相连,输出端与电流反馈信号产生电路1012的输入端相连;电流反馈信号产生电路1012的输出端作为输出电流计算电路101的输出端与误差计算电路102的输入端相连。

[0038] 第一开关管 M_1 采样流过直流-直流变换器11的电感 L_b 的电流,因此流过第一开关管 M_1 的电流等于流过功率开关管 Q_b 的电流;电感电流峰值检测电路1011通过与功率开关管 Q_b 的源极(即第一开关管 M_1 的漏极)相连,获取表征第一开关管 M_1 采样得到的电流值的电压信号,检测直流-直流变换器11的电感 L_b 的电流是否达到峰值,在电感 L_b 的电流达到峰值时,将表征电感 L_b 的电流峰值的电压信号输出给电流反馈信号产生电路1012;电流反馈信号产生电路1012接收该表征电感 L_b 的电流峰值的电压信号,在触发信号 T_{DIS} 的作用下产生电流反馈信号 I_{FB} 。

[0039] 本实施例中,通过占空比计算电路104产生的脉冲宽度调制信号PWM控制第一开关管 M_1 的导通和截止,进而控制输出给功率开关管 Q_b 的源极的电压信号,进而使功率开关管 Q_b 周期性的导通或截止。

[0040] 需要说明的是,本实施例所提供的输出电流计算电路的上述实现形式仅为本发明中该电路实现形式的一种,在本发明的其它实施例中,输出电流计算电路101还可以采用其它电路和连接关系实现。

[0041] 另外,本实施例中第一开关管 M_1 的类型可以为N型,也可以为P型,在此并不限定。

[0042] 本实施例中还可以优选的在功率开关管 Q_b 的栅极与直流供电电压 V_{CC} 之间增设一第一电阻 R_1 ,该第一电阻 R_1 的一端与功率开关管 Q_b 的栅极相连,另一端与直流供电电压 V_{CC} 相连,以更好的为功率开关管 Q_b 的栅极提供恒定的偏置电压。

[0043] 实施例三

[0044] 基于实施例二,本实施例提供了一种APFC控制电路10的具体实现电路,该电路的结构如图3所示:

[0045] 输出电流计算电路101的电感电流峰值检测电路1011可包括:第一可控开关 S_1 、第二可控开关 S_2 、第一电容 C_1 和第二电容 C_2 。第一可控开关 S_1 的第一端作为电感电流峰值检测电路1011的输入端与第一开关管 M_1 的漏极相连,第二端与第一电容 C_1 的第一端相连;第一电容 C_1 的第二端接地;第二可控开关 S_2 的第一端与第一电容 C_1 的第一端相连,第二端与第二电容 C_2 的第一端相连;第二电容 C_2 的第一端作为电感电流峰值检测电路1011的输出端与电流反馈信号产生电路1012的输入端相连,第二端接地。

[0046] 上述电路中,第一可控开关 S_1 受控于占空比计算电路102产生的脉冲宽度调制信号PWM,即功率开关管 Q_b 导通的时间,在该脉冲宽度调制信号PWM的控制下导通或关断;第二可控开关 S_2 受控于功率开关管 Q_b 的关断时间 T_{OFF} ,与第一可控开关 S_1 互补导通,即第一可控开关 S_1 与第二可控开关 S_2 的关断时刻与导通时刻互补。由于流过第一开关管 M_1 的电流等于流过电感 L_b 的电流,因此当流过第一开关管 M_1 的电流达到峰值时,脉冲宽度调制信号PWM一直保持为高电平,第一可控开关 S_1 开通,则第一电容 C_1 的电压为表征流过功率开关管 Q_b 的峰值电流的电压信号,从而第一电容 C_1 采样得到表征功率开关管 Q_b 的峰值电流的电压信号。此

时脉冲宽度调制信号PWM变为低电平,第一可控开关 S_1 关断,表征功率开关管 Q_b 的关断时间 T_{OFF} 的信号为高电平,第二可控开关 S_2 开通,则第二电容 C_2 的电压等于表征功率开关管 Q_b 的峰值电流的电压信号,将该功率开关管 Q_b 的峰值电流的电压信号输出给电流反馈信号产生电路1012。

[0047] 输出电流计算电路101的电流反馈信号产生电路1012可包括:第二开关管 M_2 、第三开关管 M_3 、第四开关管 M_4 、第五开关管 M_5 、第一比较器 A_1 和第二电阻 R_2 。第二开关管 M_2 的栅极与第三开关管 M_3 的栅极相连,第二开关管 M_2 的栅极还与第二开关管 M_2 的漏极相连,第二开关管 M_2 的源极与第三开关管 M_3 的源极均与直流供电电压 V_{CC} 相连,第二开关管 M_2 的漏极与第四开关管 M_4 的漏极相连,第三开关管 M_3 的漏极与第五开关管 M_5 的漏极相连;第四开关管 M_4 的栅极作为输出电流计算电路101的第二输入端与占空比计算电路104的第二输出端相连,源极作为输出电流计算电路101的输出端与误差计算电路102的输入端相连;第五开关管 M_5 的栅极与第一比较器 A_1 的输出端相连,源极分别与第一比较器 A_1 的反相输入端和第二电阻 R_2 的第一端相连;第一比较器 A_1 的同相输入端作为电流反馈信号产生电路1012的输入端与第二电容 C_2 的第一端相连;第二电阻 R_2 的第二端接地。

[0048] 上述电路中,第一比较器 A_1 接收表征功率开关管 Q_b 的峰值电流的电压信号,与第二电阻 R_2 的电压信号进行比较,输出第二比较信号以控制第五开关管 M_5 导通,进而控制第三开关管 M_3 开启,由于第二开关管 M_2 与第三开关管 M_3 成镜像关系,因此第二开关管 M_2 开启,同时第四开关管 M_4 在占空比计算电路104产生的触发信号 T_{DIS} 的控制下,产生电流反馈信号 I_{FB} 。

[0049] 误差计算电路102可包括:跨导放大器 G_m 、第三可控开关 S_3 和第三电容 C_3 。跨导放大器 G_m 的同相输入端接收电压参考信号 V_{REF} ,反相输入端作为误差计算电路102的输入端与第四开关管 M_4 的源极相连,输出端与第三可控开关 S_3 的第一端相连;第三可控开关 S_3 的第二端与第三电容 C_3 的第一端相连;第三电容 C_3 的第二端接地。

[0050] 上述电路中,第三可控开关 S_3 ,受控于一占空比小于或等于0.05的脉冲信号 D_c 。电流反馈信号 I_{FB} 对应的电压反馈信号 V_{FB} (即表征所述电流反馈信号 I_{FB} 的电压反馈信号)与基准电压信号 V_{REF} 分别输入给跨导放大器 G_m ,跨导放大器 G_m 对电压反馈信号 V_{FB} 与基准电压信号 V_{REF} 进行运算,得到电压反馈信号 V_{FB} 相对于基准电压信号 V_{REF} 的误差。第三可控开关 S_3 受控于脉冲信号 D_c 而导通和关断,当第三可控开关 S_3 导通时,第三电容 C_3 充电,则第三电容 C_3 的第一端的电压为 V_c ,当第三可控开关 S_3 关断时,第三电容 C_3 的电压 V_c 基本保持不变,从而产生一补偿信号输出给占空比计算电路104,该补偿信号表征电压反馈信号 V_{FB} 相对于基准电压信号 V_{REF} 的误差值。

[0051] 需要说明的是,若脉冲信号 D_c 的占空比等于0.5,第三电容 C_3 的容值等于1,则占空比等于0.05时,第三电容 C_3 的容值就等于0.1;若不设置第三可控开关 S_3 ,则可认为占空比等于1,则容值等于2,通过设置第三可控开关 S_3 ,并使控制其的脉冲信号 D_c 的占空比 $D_c \leq 0.05$,可使容值小于或等于0.1。上述电路中设置一第三可控开关 S_3 ,减小了第三电容 C_3 的容值,由于电容的容值与其自身的体积成正比,因此第三电容 C_3 可集成在芯片里,从而减少了芯片的引脚数和外围电路。

[0052] 电感电流过零检测电路103包括:偏置电压源 V_{OS} 和第三比较器 A_3 。偏置电压源 V_{OS} 的正极作为电感电流过零检测电路103的第一输入端与直流供电电压 V_{CC} 相连,负极与第三比较器 A_3 的同相输入端相连;第三比较器 A_3 的反相输入端作为电感电流过零检测电路103的第

二输入端与输出电流计算电路101的第三输入端相连,输出端作为电感电流过零检测电路103的输出端与占空比计算电路104的第二输入端相连。

[0053] 上述电路中,电感电流过零检测电路103检测流过电感 L_b 的电流,在电感 L_b 的电流过零时,第三比较器 A_3 输出高电平,将该高电平作为比较信号输出给占空比计算电路104。

[0054] 占空比计算电路104包括:第一触发器 RS_1 、第二触发器 RS_2 、脉冲发生器1041、第四比较器 A_4 、电流源 I_s 、第四电容 C_4 、第四可控开关 S_4 和非门1042;第一触发器 RS_1 的置位端S作为占空比计算电路104的第二输入端与第三比较器 A_3 的输出端相连,复位端R与第四比较器 A_4 的输出端相连,输出端Q与非门1042的输入端相连,并作为占空比计算电路104的第一输出端与第一开关管 M_1 的栅极相连;第四比较器 A_4 的同相输入端与第四电容 C_4 的第一端相连,反相输入端作为占空比计算电路104的第一输入端与第三电容 C_3 的第一端相连;电流源 I_s 的负极与第四电容 C_4 的第一端相连;第四电容 C_4 的第二端接地;第四可控开关 S_4 的第一端与第四电容 C_4 的第一端相连,第二端与第四电容 C_4 的第二端相连,第四可控开关 S_4 受控于非门1042的输出信号;脉冲发生器1041的第一端与第一触发器 RS_1 的置位端S相连,第二端与第二触发器 RS_2 的复位端R相连;第二触发器 RS_2 的置位端S与非门1042的输入端相连,输出端Q作为占空比计算电路104的第二输出端与第四开关管 M_4 的栅极相连。

[0055] 上述电路中,当流过电感 L_b 的电流过零时,第三比较器 A_3 输出高电平信号(即比较信号),经过脉冲发生器1041处理后,第一触发器 RS_1 的置位端S接收该高电平信号,则第一触发器 RS_1 的输出端Q端输出的脉冲宽度调制信号PWM为高电平,第一开关管 M_1 开通,则功率开关管 Q_b 开通;同时为高电平的脉冲宽度调制信号PWM经过非门1042后变为低电平,使得电流源 I_s 对第四电容 C_4 充电;当第四电容 C_4 两端的电压达到第三电容 C_3 两端的电压时,第四比较器 A_4 输出高电平给第一触发器 RS_1 的复位端R,则第一触发器 RS_1 的输出端Q输出的脉冲宽度调制信号PWM为低电平,第一开关管 M_1 关断,则功率开关管 Q_b 关断,至第一开关管 M_1 再次开通,一个开关周期(即功率开关管 Q_b 的驱动周期)的工作结束,开始下一个开关周期的工作。可见,本实施例所提供的APFC控制电路10驱动功率开关管 Q_b 的周期恒定,功率开关管 Q_b 开通时间恒定,从而简单了APFC控制电路10的调试和操作。

[0056] 在上述占空比计算电路产生脉冲宽度调制信号PWM的同时,当流过电感 L_b 的电流过零时,第三比较器 A_3 输出的高电平,经过脉冲发生器处理后,被第二触发器 RS_2 的复位端R接收,且置位端S接收的脉宽调制信号PWM也为高电平,则第二触发器 RS_2 的输出端Q输出的触发信号 T_{DIS} 为高电平,此时第四开关管 M_4 导通,同时流过电感 L_b 的电流由零继续减小到负值,则第四开关管 M_4 导通后,强制将镜像过来的电感 L_b 的电流切断,使得输出的电流反馈信号为零。

[0057] 本实施例所提供的APFC控制电路驱动功率开关管 Q_b 的周期恒定,从而使功率开关管 Q_b 的开通时间恒定,使该电路应用于提高直流-直流变换器的功率因数时,调试得以简化。

[0058] 进一步的,本实施例中通过在误差计算电路中增设一可控开关,并使该可控开关受控于一占空比不大于0.05的脉冲信号,使电容的容值可相应的减小,从而电容能够与APFC控制电路集成在同一芯片上,减少了芯片的引脚数和外围电路数,进一步的简化了控制电路应用时的调试。

[0059] 实施例四

[0060] 本实施例为进一步提高APFC控制电路的精度,在电感电流峰值检测电路与第一开关管 M_1 之间增设一电流镜像电路。该电流镜像电路与其它电路之间的连接关系如图4所示,电流镜像电路1013的第一输入端与第一开关管 M_1 的漏极相连,第二输入端与第一开关管 M_1 的栅极相连,输出端与电感电流峰值检测电路1011的第一输入端相连,构成电感电流峰值检测电路1011的第一输入端通过该电流镜像电路1013与第一开关管 M_1 的漏极间接相连的结构。

[0061] 该电流镜像电路1013用于对流过第一开关管 M_1 的电流镜像放大,得到镜像电流,因此该镜像电流同样可表征第一开关管 M_1 采样得到的电流值,即可表征流过电感 L_b 的电流;电流镜像电路1013将该经过镜像放大的镜像电流输出给电感电流峰值检测电路1011,由于该镜像电流表征电感 L_b 的电流,因此电感电流峰值检测电路1011可通过检测该镜像电流得到电感 L_b 的电流何时达到峰值,且由于该镜像电流是电感 L_b 的电流经放大得到,因此检测的精度会比没有电流镜像电路1013时更高,进而使整个APFC控制电路能够更好的提高功率因数。

[0062] 具体的,该电流镜像电路1013可包括:第六开关管 M_6 、第七开关管 M_7 、第八开关管 M_8 、第九开关管 M_9 、第二比较器 A_2 和第三电阻 R_3 ;第六开关管 M_6 的栅极与第七开关管 M_7 的栅极相连,第六开关管 M_6 的栅极还与第六开关管 M_6 的漏极相连,第六开关管 M_6 的源极与第七开关管 M_7 的源极均与直流供电电压 V_{CC} 相连,第六开关管 M_6 的漏极与第八开关管 M_8 的漏极相连,第七开关管 M_7 的漏极与第三电阻 R_3 的第一端相连,第七开关管 M_7 的漏极还作为电流镜像电路1013的输出端与第一可控开关 S_1 的第一端相连,第六开关管 M_6 与第七开关管 M_7 成镜像关系;第八开关管 M_8 的栅极与第二比较器 A_2 的输出端相连,源极分别与第二比较器 A_2 的反相输入端和第九开关管 M_9 的漏极相连;第九开关管 M_9 的栅极作为电流镜像电路1013的第二输入端与第一开关管 M_1 的栅极相连,源极接地,第九开关管 M_9 与第一开关管 M_1 成镜像关系;第二比较器 A_2 的同相输入端作为电流镜像电路1013的第一输入端与第一开关管 M_1 的漏极相连;第三电阻 R_3 的第二端接地。

[0063] 上述电路中,假如设置流过第一开关管 M_1 和第九开关管 M_9 的电流比为 $K:1$,即流过电流镜像电路1013的电流等于流过第一开关管 M_1 的电流的 $1/K$ 倍,而流过第一开关管 M_1 的电流等于流过电感 L_b 的电流,因此流过电流镜像电路1013的电流等于流过电感 L_b 的电流的 $1/K$ 倍。若 K 小于1,则电流镜像电路1013将采样得到的流过电感 L_b 的电流放大了 $1/K$ 倍,将该经过放大的、表征了电感 L_b 的电流的信号输出给电感电流峰值检测电路1011,可使电感电流峰值检测电路1011对电感 L_b 的峰值电流更加敏感,从而提高了对峰值电流检测的精度。

[0064] 本实施例优选的可将第三电阻 R_3 与第二电阻 R_2 成比例设定,从而无需对电阻的实际值进行调整,仅通过调整二者的比值关系,即可改变电流镜像电路1013放大电流的倍数,降低了对第三电阻 R_3 与第二电阻 R_2 精度的要求。

[0065] 实施例五

[0066] 本实施例提供了一种APFC控制芯片,如图5所示,该APFC控制芯片50包括:实施例一~实施例四所述的APFC控制电路、第一引脚 T_1 、第二引脚 T_2 、第三引脚 T_3 和第四引脚 T_4 ;APFC控制电路的输出电流计算电路101的第三输入端通过第一引脚 T_1 与直流-直流变换器11的功率开关管 Q_b 的源极相连;APFC控制电路的电感电流过零检测电路103的第一输入端通过第二引脚 T_2 与功率开关管 Q_b 的栅极相连;APFC控制电路的电感电流过零检测电路103的

第一输入端通过第三引脚 T_3 与直流供电电压 V_{CC} 相连;APFC控制电路的误差计算电路102的输入端通过第四引脚 T_4 与滤波电路51相连。

[0067] 本实施例所提供的APFC控制芯片直接将输出电流计算电路101、误差计算电路102、电感电流过零检测电路103和占空比计算电路104集成在同一芯片上,芯片的引脚数仅为4个,从而降低了外围电路的数目和复杂程度,使应用APFC控制芯片提高功率因数时,对电路的调试得以简化。

[0068] 实施例六

[0069] 本实施例提供了一种LED驱动电路,如图6所示,该LED驱动电路包括:直流-直流变换器11、实施例一~实施例四所述的APFC控制电路和滤波电路51;其中,直流-直流变换器11用于在APFC控制电路的驱动下对LED驱动电路的输入电压 v_g 进行变换,得到负载LED需要的直流电压;滤波电路51用于对APFC控制电路的输出电流计算电路101产生的电流反馈信号进行滤波,以将电流反馈信号转换为表征该电流反馈信号的电压反馈信号。

[0070] 上述LED驱动电路中,交流输入电压 v_{in} 经过整流电路(本实施例中以桥式整流电路为例进行说明)的整流和电容 C_{in} 的滤波后,变为直流的输入电压 v_g ,然后利用直流-直流变换器11在APFC控制电路的驱动下,对该输入电压 v_g 进行电压变换,得到负载LED的工作电流,使负载LED发光。

[0071] APFC控制电路驱动直流-直流变换器11的过程已在上述实施例中有详细的描述,在此不再赘述。需要指出的是,在输出电流计算电路101产生电流反馈信号 I_{FB} 输出给误差计算电路102之前,需要利用滤波电路51对电流反馈信号 I_{FB} 进行滤波,将电流反馈信号转换为电压反馈信号。

[0072] 本实施例中,所述直流-直流变换器11可包括:电感 L_b 和功率开关管 Q_b ,电感 L_b 的第一端与负载LED的阴极相连,第二端与功率开关管 Q_b 的漏极相连。

[0073] 另外,所述滤波电路51可包括:第四电阻 R_4 和第五电容 C_5 ;第四电阻 R_4 与第五电容 C_5 并联,第四电阻 R_4 的第一端通过第四引脚 T_4 与APFC控制电路的误差计算电路102的输入端相连,第二端接地。

[0074] 本实施例所提供的LED驱动电路,采用APFC控制电路提高直流-直流变换器11的功率因数,APFC控制电路通过使直流-直流变换器11的功率开关管 Q_b 的栅极电压恒定,仅驱动功率开关管 Q_b 的源极的方法,驱动功率开关管 Q_b 开启和关断,使功率开关管 Q_b 的开通时间恒定,这种驱动方便APFC控制电路的调试得到极大的简化。

[0075] 且本实施例可进一步的将输出电流计算电路101、误差计算电路102、电感电流过零检测电路103和占空比计算电路104集成在同一芯片内,芯片的外围电路数和复杂程度大大减小,当用户将该芯片应用于LED驱动电路时,使本实施例所提供的LED驱动电路的调试得到简化,方便了用户的使用。

[0076] 虽然本发明已以较佳实施例披露如上,然而并非用以限定本发明。任何熟悉本领域的技术人员,在不脱离本发明技术方案范围情况下,都可利用上述揭示的方法和技术内容对本发明技术方案作出许多可能的变动和修饰,或修改为等同变化的等效实施例。因此,凡是未脱离本发明技术方案的内容,依据本发明的技术实质对以上实施例所做的任何简单修改、等同变化及修饰,均仍属于本发明技术方案保护的范围内。

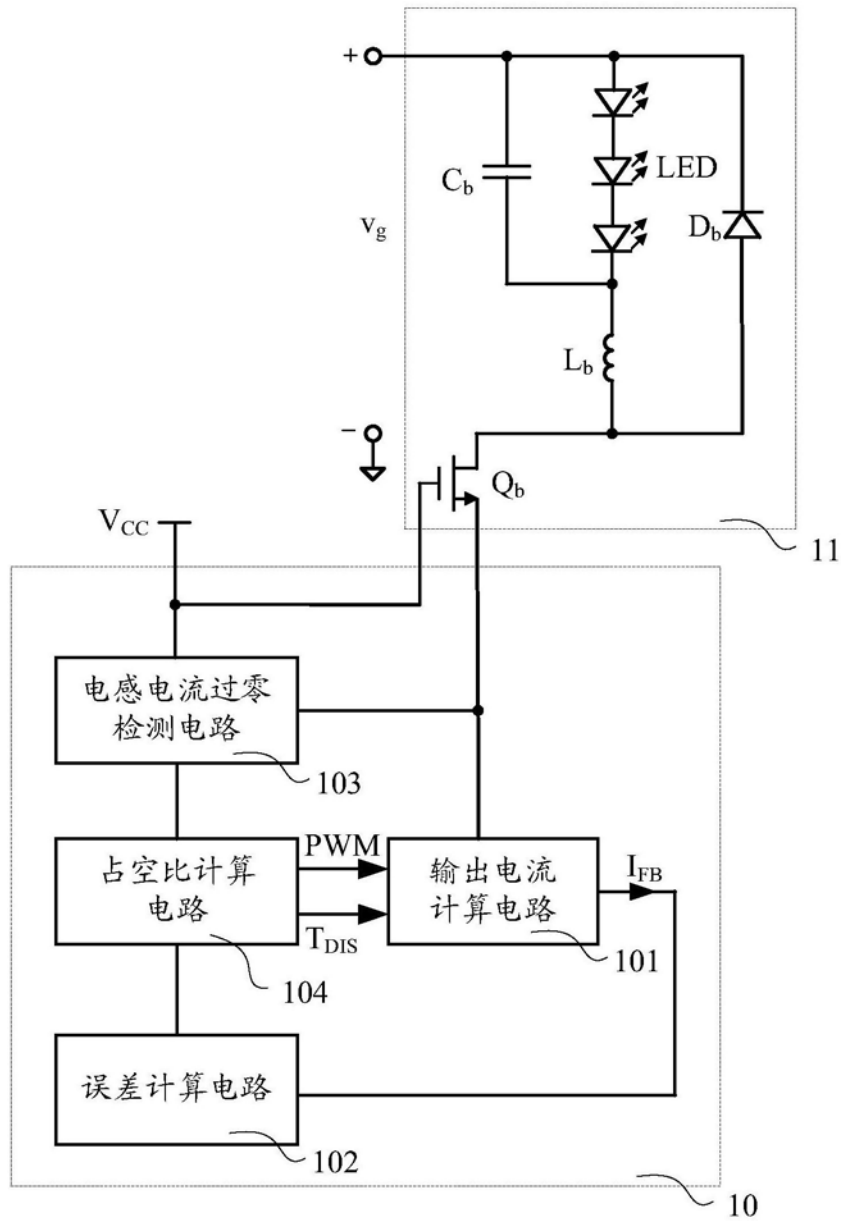


图1

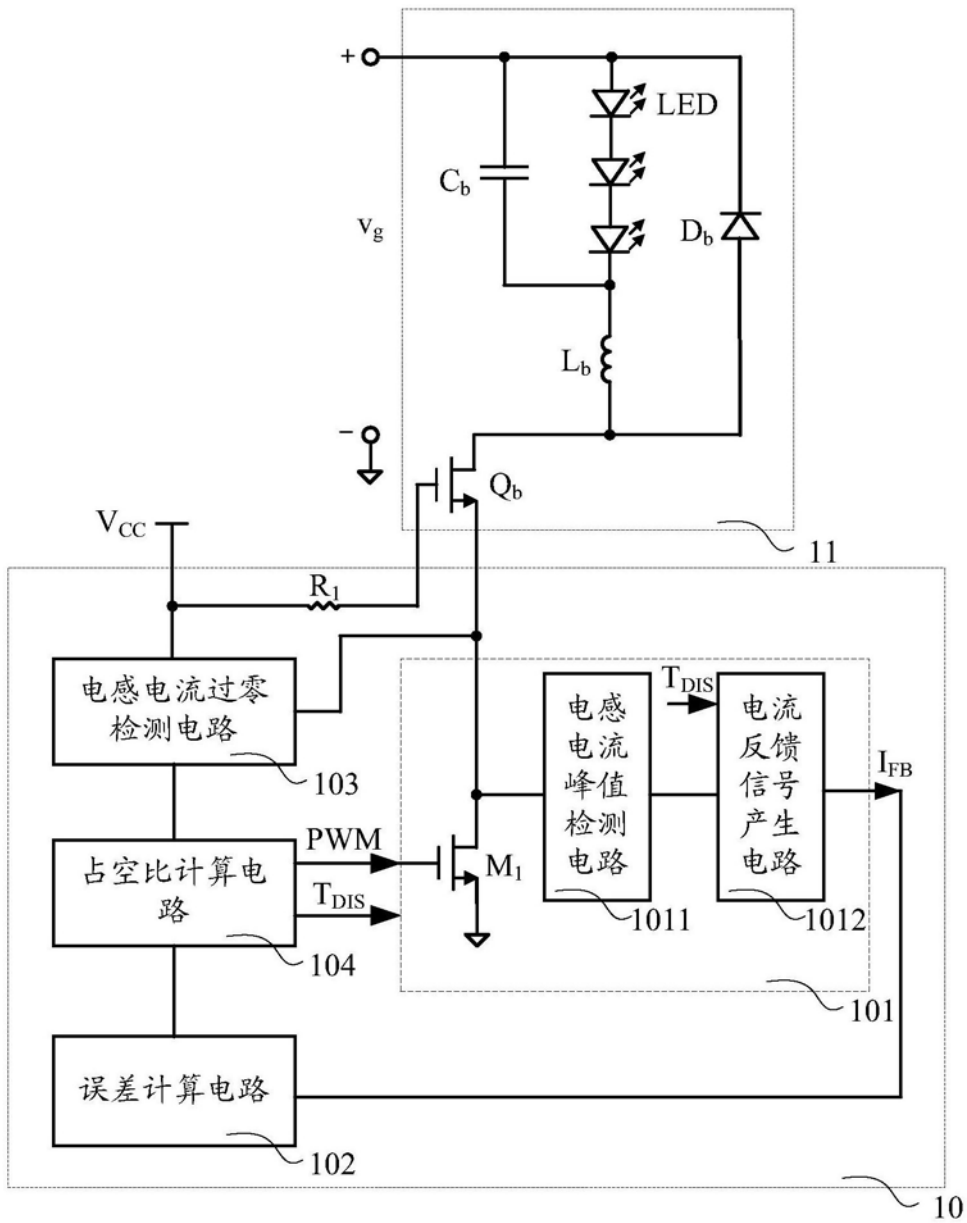


图2

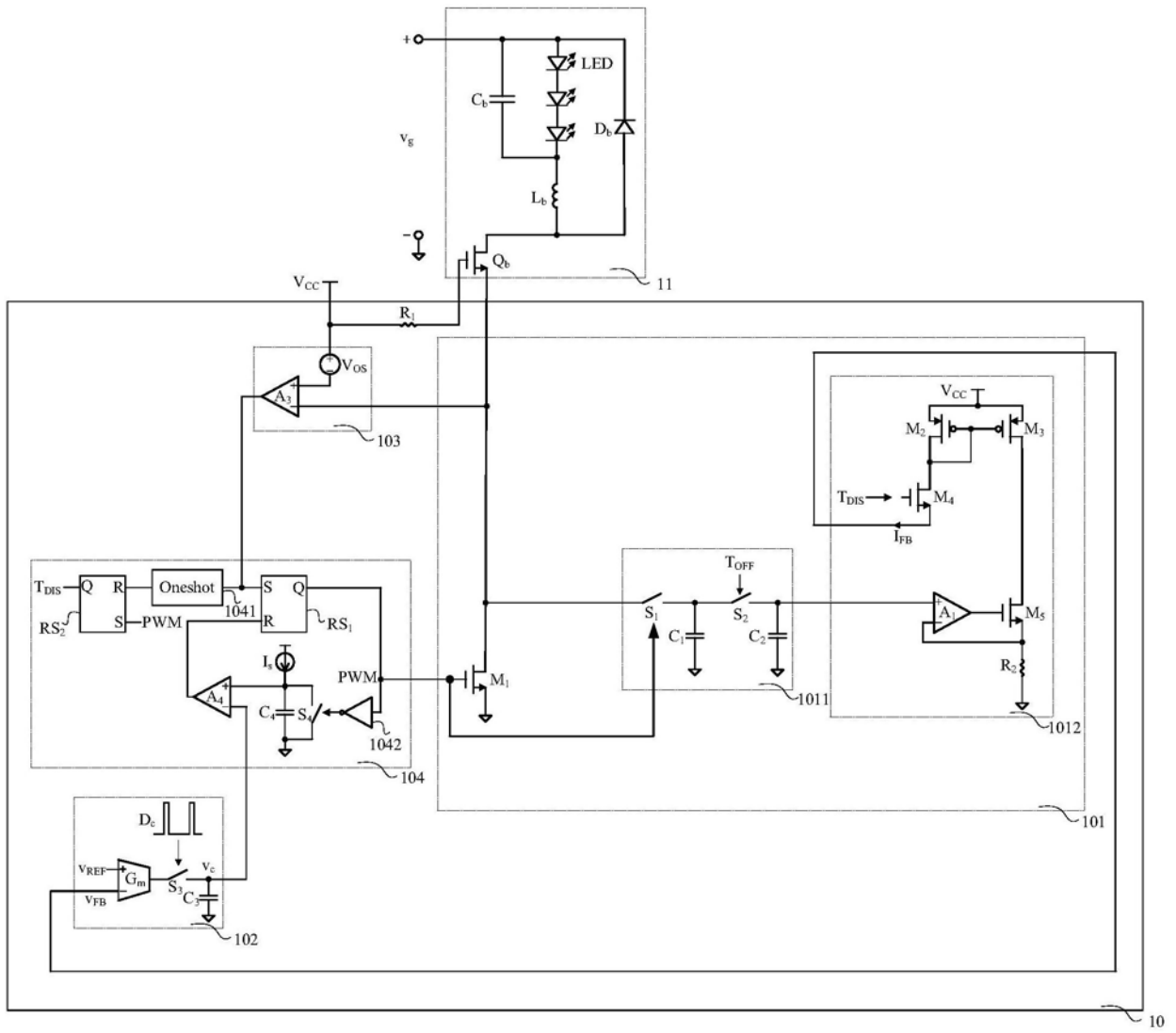


图3

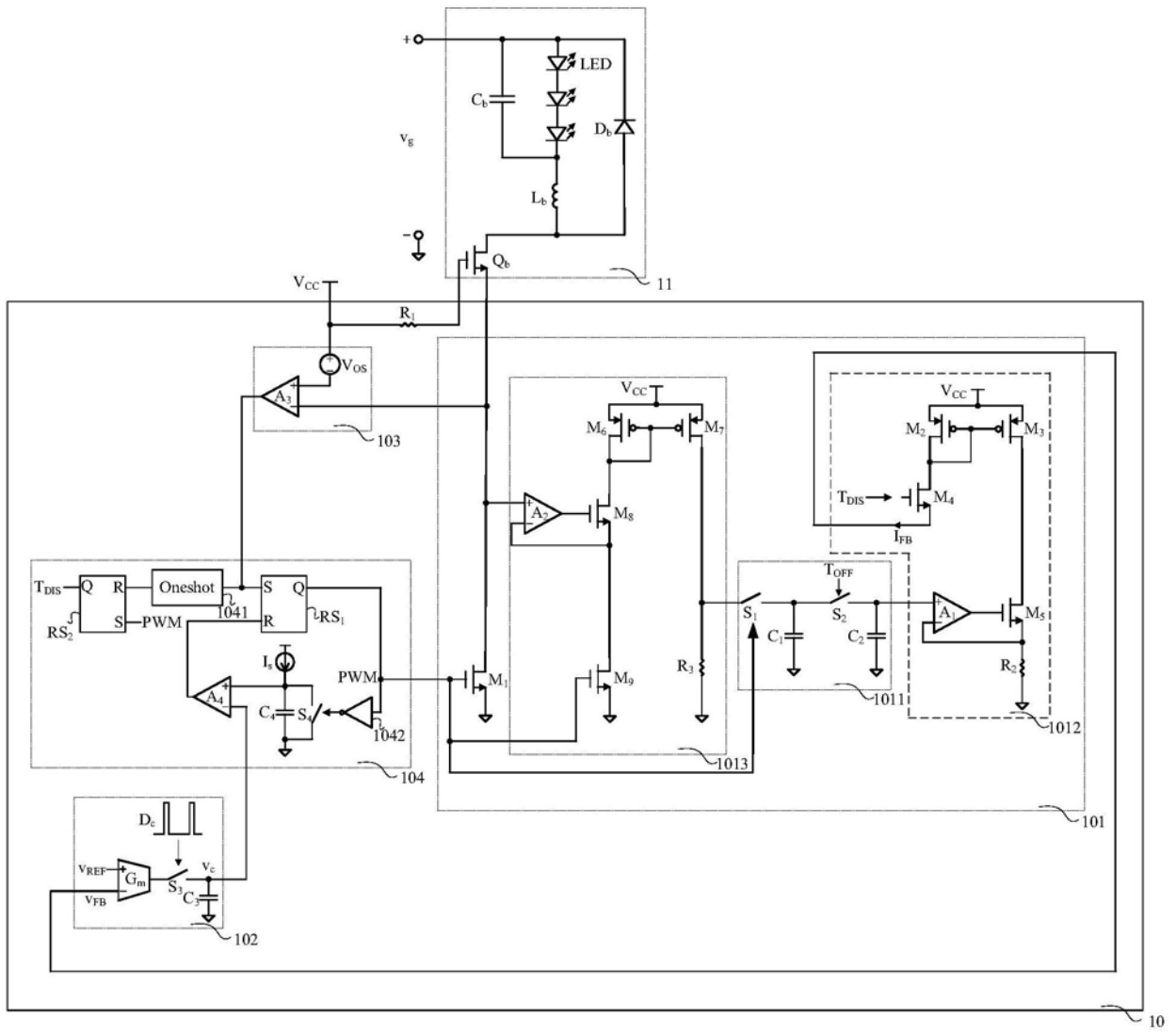


图4

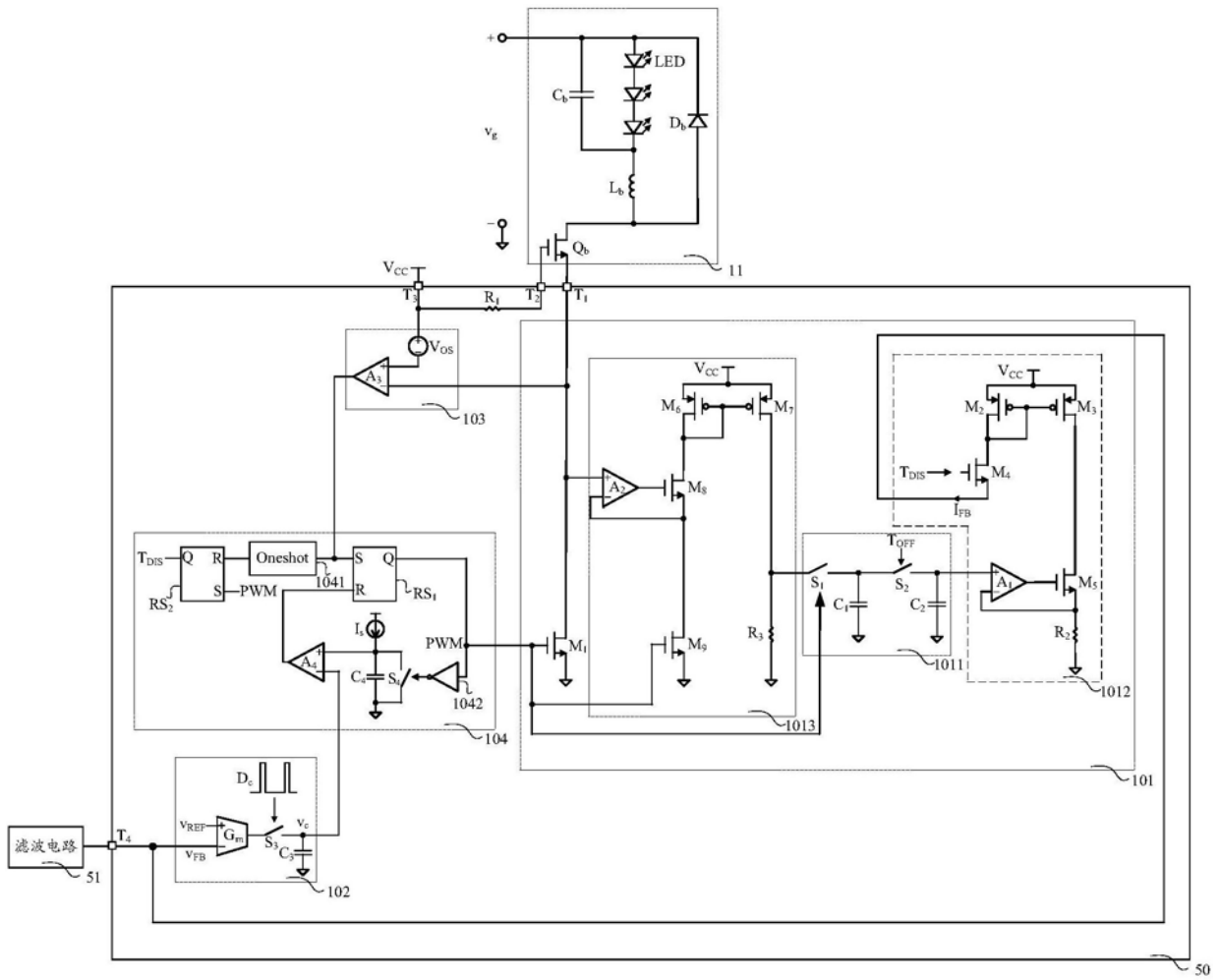


图5

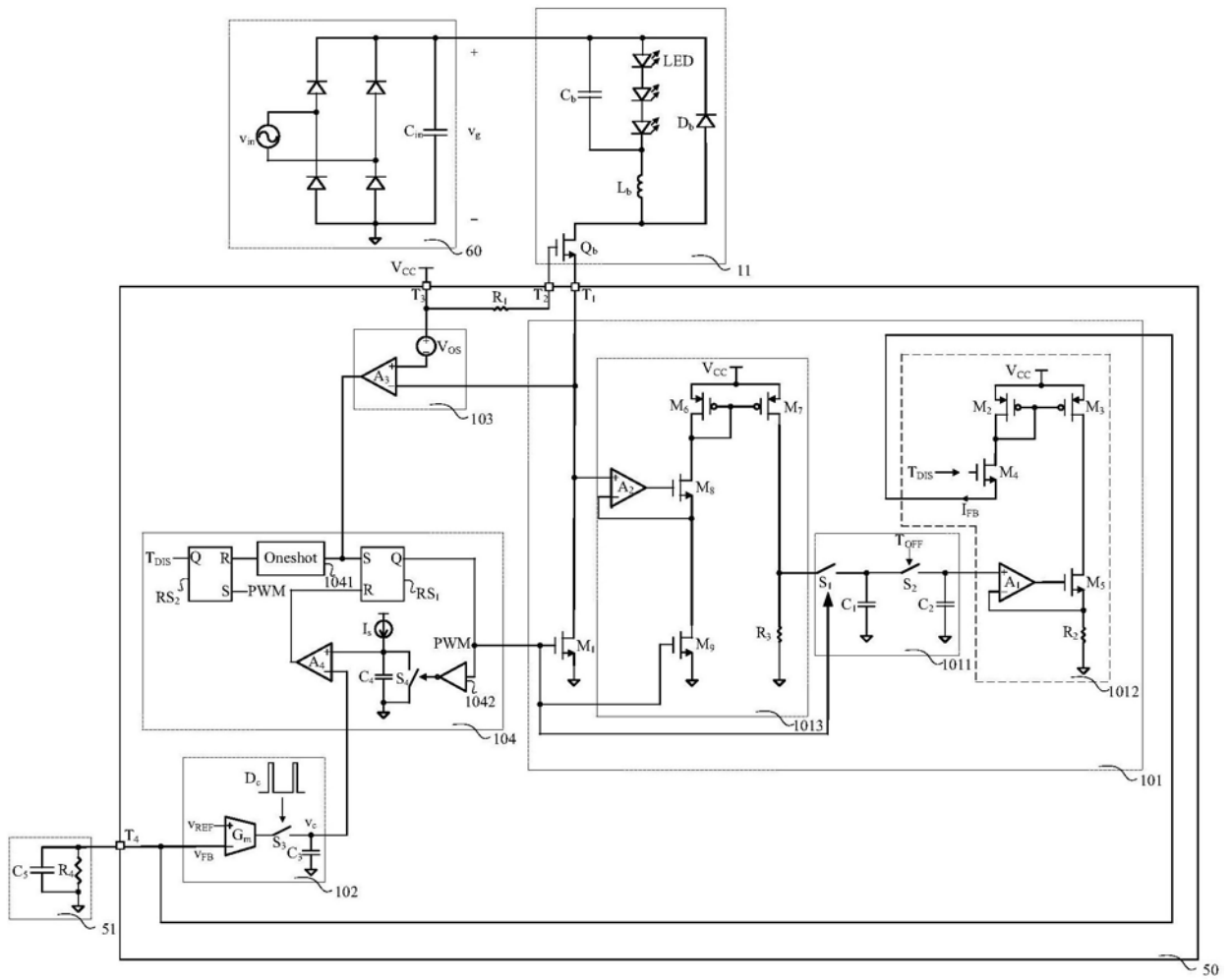


图6