



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103248108 A

(43) 申请公布日 2013.08.14

(21) 申请号 201310186526.9

(22) 申请日 2013.05.16

(71) 申请人 常州矽能电子科技有限公司

地址 213159 江苏省常州市武进区行政中心5号楼516;518室

(72) 发明人 江金光 李森 谭高建

(74) 专利代理机构 武汉科皓知识产权代理事务所(特殊普通合伙) 42222

代理人 鲁力

(51) Int. Cl.

H02J 7/34(2006.01)

H02M 7/12(2006.01)

H02M 3/10(2006.01)

H05B 37/02(2006.01)

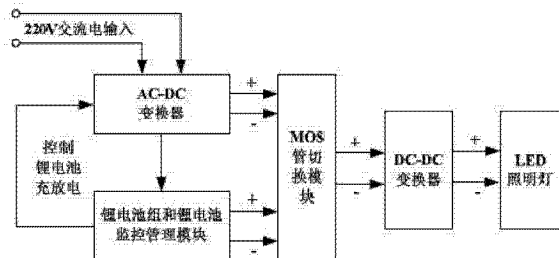
权利要求书2页 说明书9页 附图5页

(54) 发明名称

带 MOS 管切换和可复用 DC-DC 模块的 LED 驱动器

(57) 摘要

本发明涉及带 MOS 管切换和可复用 DC-DC 模块的 LED 驱动器。本发明涉及 3 种工作模式:交流供电模式,锂电池组供电模式和锂电池组充电模式。本发明采用的 DC-DC 变换器具有复用的功能:在交流供电时,将 AC-DC 变换器输出的直流电压转换成恒流源给 LED 供电;在锂电池组供电时,将锂电池输出的直流电压转换成恒流源给 LED 供电。3 种工作模式的转换由 MOS 管切换模块完成,省去了微控制器控制切换模块,使整个系统更加简化和实用,同时也大大降低了制作成本。本发明的功率因数能达到 0.94 以上,效率在 86% 以上,而且在停电时仍能在长时间内持续为 LED 灯供电,保证断电时 LED 灯的正常工...



1. 一种带 MOS 管切换和可复用 DC-DC 模块的 LED 驱动器,其特征在于,包括输入端连接交流信号并将交流信号转换成直流信号的 AC-DC 变换器、储存电能的锂电池组和锂电池监控管理电路、选择供电模式的 MOS 管切换模块和将 AC-DC 变换器和锂电池组和锂电池监控管理模块输出的直流电压转换成恒流源供给 LED 照明灯的 DC-DC 变换器;其中,AC-DC 变换器与锂电池组和锂电池监控管理电路和 MOS 管切换模块相连;锂电池组和锂电池监控管理电路与 AC-DC 变换器和 MOS 管切换模块相连;MOS 管切换模块与锂电池组和锂电池监控管理电路、AC-DC 变换器和 DC-DC 变换器相连;DC-DC 变换器与 MOS 管切换模块和 LED 照明灯相连。

2. 根据权利要求 1 所述的带 MOS 管切换和可复用 DC-DC 模块的 LED 驱动器,其特征在于,所述 AC-DC 变换器包括片内控制模块和与片内控制模块连接的主拓扑模块;片内控制模块包含偏置电路、欠压锁定电路、软启动电路、栅极驱动电路、前沿消隐电路、控制电路、脉冲宽度调制电路、时钟电路、频率抖动电路、误差放大器、采样保持电路以及过流保护电路;偏置电路与电源 VDD、控制电路、栅极驱动电路和欠压锁定电路相连;欠压锁定电路与电源 VDD 和偏置电路相连;软启动电路与脉宽调制电路和模块端口 STP 相连;栅极驱动电路一端接脉冲宽度调制电路相连,另一端与 GATE 端相连;前沿消隐电路同时与时钟电路、过流保护电路和模块端口 CS 相连;控制电路与采样保持电路和脉冲宽度调制电路相连;时钟电路与频率抖动电路、误差放大器、前沿消隐电路和脉冲宽度调制电路相连;误差放大器的负端与采样保持电路相连,正端与 2V 的电源相连,输出端与时钟电路相连;频率抖动电路与时钟电路相连;采样保持电路与控制电路、误差放大器和模块端口 INV 相连;过流保护电路与前沿消隐电路和脉冲宽度调制电路相连;另外,偏置电路、欠压锁定电路、软启动电路、栅极驱动电路、前沿消隐电路、控制电路、脉冲宽度调制电路、时钟电路、频率抖动电路、误差放大器、采样保持电路以及过流保护电路都与模块端口 GND 相连;主拓扑模块包含全桥整流电路、输入滤波电路、变压器 T1、整流滤波电路、电压检测电路、电流检测电路、功率开关管 Q1、整流电路和钳位保护电路;全桥整流电路的一端与交流输入电压相连,一端连接输入滤波电路;输入滤波电路一端接全桥整流电路,另一端与整流滤波电路相连;整流滤波电路一端与输入滤波电路相连,另一端与变压器 T1 相连;电压检测电路一端与变压器 T1 相连,一端与片内控制模块的 STP 端相连;电流检测电路一端与变压器 T1 相连,一端与片内控制模块的 CS 端相连;功率开关管 Q1 的漏极与变压器 T1 相连,栅极通过电阻 R9 与片内控制模块的 GATE 端口相连,源极经过电阻 R12 接地;整流电路一端与变压器相连,一端输出电路。

3. 根据权利要求 2 所述的带 MOS 管切换和可复用 DC-DC 模块的 LED 驱动器,其特征在于,所述锂电池组和锂电池监控管理电路包括锂电池组、锂电池监控管理模块、电压检测电路、电流检测电路、过充和过放保护电路;电压检测电路分别和锂电池组和锂电池监控管理模块相连;电流检测电路分别与锂电池组和锂电池监控管理模块相连;过充和过放保护电路由 MOS 管开关组成,栅极都与锂电池监控管理模块相连,漏极分别与 AC-DC 的输出端和锂电池组相连,源极相互连接。

4. 根据权利要求 3 所述的带 MOS 管切换和可复用 DC-DC 模块的 LED 驱动器,其特征在于,所述 MOS 管切换模块包括 MOS 管 Q4、MOS 管 Q5 和二极管 D11 和二极管 D12;其中 MOS 管 Q4 的栅极与锂电池监控管理模块的充电控制端相连,源极与 AC-DC 变换器的输出端相连,

漏极与二极管 D11 的阳极相连 ;MOS 管 Q5 的栅极与偏置电阻 R17 相连,源极与锂电池组的正端相连,漏极与 D12 的阳极相连 ;二极管 D11 和二极管 D12 的阳极分别与 MOS 管 Q4 和 MOS 管 Q5 的漏极相连,阴极与 DC-DC 变换器的输入端相连。

5. 根据权利要求 4 所述的带 MOS 管切换和可复用 DC-DC 模块的 LED 驱动器,其特征在于,所述 DC-DC 变换器包括 Boost 变换器拓扑结构电路和与 Boost 变换器拓扑结构电路连接的控制模块脉宽调制芯片 ;Boost 变换器拓扑结构电路包含输入滤波电容 CIN、电感 L、功率开关管 M4、整流二极管 D13 、输出电容 COUT、整流电路、负载电流检测网络、电感电流检测网络和输出电压检测网络 ;其中输入滤波电容 CIN 一端接输入,一端接地 ;电感 L 的一端接输入,另一端接整流二极管 D13 的阳极 ;整流二极管 D13 的阳极接电感,阴极接输出电容 COUT ;输出电容 COUT 一端接二极管 D13 的阴极,另一端接地 ;整流电路一端接 MOS 管 Q4 的栅极,另一端与脉宽调制控制模块的 GATE 端相连 ;负载电流检测网络由电阻 R26 与电阻 R25 组成,电阻 R25 的一端与脉宽调制控制模块的 FB 引脚相连,另一端与电阻 R26 连接 ;电阻 R26 的一端与电阻 R25 连接,另一端接地 ;电感电流检测网络包括电阻 R28 与电阻 R27,电阻 R28 的一端与脉宽调制控制模块的 CS 端相连,另一端与电阻 R27 相连 ;电阻 R27 的一端与电阻 R28 相连,另一端接地 ;输出电压检测网络包括电阻 R31、电阻 R32 与电容 C15 ;电阻 R31 一端接二极管 D13 的阴极,另一端接电阻 R32,电阻 R32 的另一端接地 ;电容 C15 的一端接电阻 R32,另一端接电阻 R24 ;脉宽调制控制模块包含偏置电路、欠压锁定电路、软启动电路、振荡电路、误差放大器、斜坡补偿电路、脉宽调制比较器、过压保护误差放大器、热保护电路、逻辑控制电路和栅极驱动电路 ;其中偏置电路与欠压锁定电路和逻辑控制电路相连 ;欠压锁定电路与偏置电路和模块端口 VIN 相连 ;软启动电路分别与振荡电路和误差放大器的正端相连 ;误差放大器的正输入端接第一参考电压,负输入端接模块端口 FB,输出端接脉宽调制比较器 ;斜坡补偿电路与模块端口 CS 和脉宽调制比较器相连 ;脉宽调制比较器的正输入端与斜坡补偿电路相连,负输入端与误差放大器的输出端相连,输出端接逻辑控制电路 ;过压保护误差放大器的正输入端接模块端口 OVP,负输入端接第二参考电压,输出端接逻辑控制电路 ;逻辑控制电路分别与偏置电路、热保护电路、振荡电路、脉宽调制比较器、过压保护误差放大器和栅极驱动电路相连 ;热保护电路与逻辑控制电路连接 ;栅极驱动电路一端接逻辑控制电路的输出,另一端接模块的输出端口 GATE ;另外,偏置电路、欠压锁定电路、软启动电路、振荡电路、误差放大器、斜坡补偿电路、脉宽调制比较器、过压保护误差放大器、热保护电路、逻辑控制电路和栅极驱动电路都与模块的端口 GND 相连。

## 带 MOS 管切换和可复用 DC-DC 模块的 LED 驱动器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种 LED 驱动电源,特别涉及带 MOS 管切换和可复用 DC-DC 模块的 LED 驱动器。

### 背景技术

[0002] 随着社会的发展,人们对电力的需求急剧增加,特别是在广大农村,电力经常出现短缺现象,这严重影响了人们的正常生活。因而,电力节能和电力储能方面的技术成为当今的研究热点。在此背景下,储能 LED 照明技术应运而生。其中 LED 灯由于具有高效、节能、环保等一系列优点,无论在照明、背光源还是显示板领域,都得到了广泛的应用。

[0003] 然而,由于储能 LED 驱动电源涉及到复杂的电路模式切换问题,需要复杂的 MCU 控制模块才能完成切换。这不仅增加了整个系统的电路难度,也使制作成本非常昂贵,实用性不高,不利于产品的市场化。另外,LED 需要在恒流的模式下才能正常工作,获得一种稳定的高效的恒流源也是 LED 照明技术的关键。

### 发明内容

[0004] 针对背景技术存在的问题,本发明提供了一种带 MOS 管切换和可复用 DC-DC 模块的 LED 驱动器。

[0005] 为达到上述目的,本发明的技术方案为:

[0006] 一种带 MOS 管切换和可复用 DC-DC 模块的 LED 驱动器,其特征在于,包括输入端连接交流信号并将交流信号转换成直流信号的 AC-DC 变换器、储存电能的锂电池组和锂电池监控管理电路、选择供电模式的 MOS 管切换模块和将 AC-DC 变换器和锂电池组和锂电池监控管理电路输出的直流电压转换成恒流源供给 LED 照明灯的 DC-DC 变换器;其中,AC-DC 变换器与锂电池组和锂电池监控管理电路和 MOS 管切换模块相连;锂电池组和锂电池监控管理电路与 AC-DC 变换器和 MOS 管切换模块相连;MOS 管切换模块与锂电池组和锂电池监控管理电路、AC-DC 变换器和 DC-DC 变换器相连;DC-DC 变换器与 MOS 管切换模块和 LED 照明灯相连。

[0007] 在上述的带 MOS 管切换和可复用 DC-DC 模块的 LED 驱动器,所述 AC-DC 变换器包括片内控制模块和与片内控制模块连接的主拓扑模块;片内控制模块包含偏置电路、欠压锁定电路、软启动电路、栅极驱动电路、前沿消隐电路、控制电路、脉冲宽度调制电路、时钟电路、频率抖动电路、误差放大器、采样保持电路以及过流保护电路;偏置电路与电源 VDD、控制电路、栅极驱动电路和欠压锁定电路相连;欠压锁定电路与电源 VDD 和偏置电路相连;软启动电路与脉宽调制电路和模块端口 STP 相连;栅极驱动电路一端接脉冲宽度调制电路相连,另一端与 GATE 端相连;前沿消隐电路同时与时钟电路、过流保护电路和模块端口 CS 相连;控制电路与采样保持电路和脉冲宽度调制电路相连;时钟电路与频率抖动电路、误差放大器、前沿消隐电路和脉冲宽度调制电路相连;误差放大器的负端与采样保持电路相连,正端与 2V 的电源相连,输出端与时钟电路相连;频率抖动电路与时钟电路相连;采样保

持电路与控制电路、误差放大器和模块端口 INV 相连；过流保护电路与前沿消隐电路和脉冲宽度调制电路相连；另外，偏置电路、欠压锁定电路、软启动电路、栅极驱动电路、前沿消隐电路、控制电路、脉冲宽度调制电路、时钟电路、频率抖动电路、误差放大器、采样保持电路以及过流保护电路都与模块端口 GND 相连。主拓扑模块包含全桥整流电路、输入滤波电路、变压器 T1、整流滤波电路、电压检测电路、电流检测电路、功率开关管 Q1、整流电路和钳位保护电路；全桥整流电路的一端与交流输入电压相连，一端连接输入滤波电路；输入滤波电路一端接全桥整流电路，另一端与整流滤波电路相连；整流滤波电路一端与输入滤波电路相连，另一端与变压器 T1 相连；电压检测电路一端与变压器 T1 相连，一端与片内控制模块的 STP 端相连；电流检测电路一端与变压器 T1 相连，一端与片内控制模块的 CS 端相连；功率开关管 Q1 的漏极与变压器 T1 相连，栅极通过电阻 R9 与片内控制模块的 GATE 端口相连，源极经过电阻 R12 接地；整流电路一端与变压器相连，一端输出电路。

[0008] 本发明采用电压跟踪法使 AC-DC 变换器在保证高效率的同时，功率因数能达到 0.94 以上。其原理为：控制电感电流峰值包络的相位跟随输入电压的相位，在 DCM 模式下，

源边主线圈上的峰值电流为  $i_{pk} = \frac{v_{in}DT_s}{L}$ ，其中  $v_{in}$  为整流滤波后加到源边主线圈两端的电

压， $D$ 、 $T_s$  分别为开关信号的占空比和周期， $L$  为源边主线圈的电感量。源边主线圈的平均电

流为  $i_{av} = \frac{v_{in}t_{on}(t_{on} + t_{down})}{2LT_s} = v_{in}K \cdot D$ ，其中， $t_{on}$  为电感电流上升时间（即为功率开关管的导通

时间）， $t_{down}$  为电感电流从峰值下降到 0 的时间， $K$  为固定常数。可见，只要占空比  $D$  恒定峰值电流  $i_{pk}$  和平均电流  $i_{av}$  都与输入电压成正比。本发明所述的 AC-DC 变换器，在大负载状态下，工作在 CC 模式，开关控制信号是脉宽受调制的恒频信号，此时，在半个市电周期内，占空比的变化量不大；在中/轻度负载状态下，工作在 CV 模式，开关信号是占空比固定的变频信号。在中/轻度负载下，开关信号的频率没有达到最大值，从而降低了开关损耗，进一步提高工作效率。经测试，本发明所设计的 AC-DC 变换器，功率因数达到 0.94 以上，效率达到了 86% 以上。

[0009] 在上述的带 MOS 管切换和可复用 DC-DC 模块的 LED 驱动器，所述锂电池组和锂电池监控管理电路包括锂电池组、锂电池监控管理模块、电压检测电路、电流检测电路、过充和过放保护电路。电压检测电路分别和锂电池组和锂电池监控管理模块相连；电流检测电路分别与锂电池组和锂电池监控管理模块相连；过充和过放保护电路由 MOS 管开关组成，栅极都与锂电池监控管理模块相连，漏极分别与 AC-DC 的输出端和锂电池组相连，源极相互连接。

[0010] 锂电池组包含 4 节串联的锂电池，它是储能的载体。

[0011] 锂电池监控管理模块，可以对 4 节串联的锂电池进行监控和保护。它能够控制电池组的充放电状态间的转换，实现了待机休眠功能，能够对电池组进行过流，过压，欠压保护。它的工作原理如下：

[0012] 电池通过引脚与内部的电压检测电路相连，电压电路实时检测电池的电压，并与基准电压相比较，当电池出现过压或者欠压情况时，产生控制信号电平。控制模块在一段可控延迟时间后，接收到此信号电平，在欠压时切断放电 FET 对电池进行欠压保护，同时在电池上升到欠压临界电压后，结束欠压检测状态；过压时切断充电 FET 对电池进行过压保护，

同时在电池下降到过压临界电压后,结束过压检测状态。外部电流检测电路实时地检测,锂电池的工作电流,当电路出现过流情况时,输出对应的信号电平。经过一段固定延时后,此信号通过引脚输入到内部控制模块,控制模块响应并切断充放电 FETs,对电池进行过流保护。

[0013] 在上述的带 MOS 管切换和可复用 DC-DC 模块的 LED 驱动器,所述 MOS 管切换模块包括 MOS 管 Q4、MOS 管 Q5 和二极管 D11 和二极管 D12 ;其中 MOS 管 Q4 的栅极与锂电池监控管理模块的充电控制端相连,源极与 AC-DC 变换器的输出端相连,漏极与二极管 D11 的阳极相连 ;MOS 管 Q5 的栅极与偏置电阻 R17 相连,源极与锂电池组的正端相连,漏极与 D12 的阳极相连 ;二极管 D11 和二极管 D12 的阳极分别与 MOS 管 Q4 和 MOS 管 Q5 的漏极相连,阴极与 DC-DC 变换器的输入端相连。它可以根据系统所处的实际情况,使系统在交流供电模式,锂电池组供电模式和锂电池组充电模式之间直接切换,保证整个系统正常工作。

[0014] 在上述的带 MOS 管切换和可复用 DC-DC 模块的 LED 驱动器,所述 DC-DC 变换器包括 Boost 拓扑模块和脉宽调制控制模块。Boost 拓扑模块采用 Boost 拓扑结构,工作在连续导通模式(CCM)。Boost 变换器拓扑结构电路包含输入滤波电容 CIN、电感 L、功率开关管 M4、整流二极管 D13、输出电容 COUT、整流电路、负载电流检测网络、电感电流检测网络和输出电压检测网络 ;其中输入滤波电容 CIN 一端接输入,一端接地 ;电感 L 的一端接输入,另一端接整流二极管 D13 的阳极 ;整流二极管 D13 的阳极接电感,阴极接输出电容 COUT ;输出电容 COUT 一端接二极管 D13 的阴极,另一端接地 ;整流电路一端接 MOS 管 Q4 的栅极,另一端与脉宽调制控制模块的 GATE 端相连 ;负载电流检测网络由电阻 R26 与电阻 R25 组成,电阻 R25 的一端与脉宽调制控制模块的 FB 引脚相连,另一端与电阻 R26 连接 ;电阻 R26 的一端与电阻 R25 连接,另一端接地 ;电感电流检测网络包括电阻 R28 与电阻 R27,电阻 R28 的一端与脉宽调制控制模块的 CS 端相连,另一端与电阻 R27 相连 ;电阻 R27 的一端与电阻 R28 相连,另一端接地 ;输出电压检测网络包括电阻 R31、电阻 R32 与电容 C15 ;电阻 R31 一端接二极管 D13 的阴极,另一端接电阻 R32,电阻 R32 的另一端接地 ;电容 C15 的一端接电阻 R32,另一端接电阻 R24 ;脉宽调制控制模块包含偏置电路、欠压锁定电路、软启动电路、振荡电路、误差放大器、斜坡补偿电路、脉宽调制比较器、过压保护误差放大器、热保护电路、逻辑控制电路和栅极驱动电路 ;其中偏置电路与欠压锁定电路和逻辑控制电路相连 ;欠压锁定电路与偏置电路和模块端口 VIN 相连 ;软启动电路分别与振荡电路和误差放大器的负端相连 ;斜坡补偿电路与模块端口 CS 和脉宽调制比较器相连 ;误差放大器的正输入端接第一参考电压,负输入端接模块端口 FB,输出端接脉宽调制比较器 ;脉宽调制比较器的正输入端与斜坡补偿电路相连,负输入端与误差放大器的输出端相连,输出端接逻辑控制电路 ;过压保护误差放大器的正输入端接模块端口 OVP,负输入端接第二参考电压,输出端接逻辑控制电路 ;逻辑控制电路分别与偏置电路、热保护电路、振荡电路、脉宽调制比较器、过压保护误差放大器和栅极驱动电路相连 ;热保护电路与逻辑控制电路连接 ;栅极驱动电路一端接逻辑控制电路的输出,另一端接模块的输出端口 GATE。另外,偏置电路、欠压锁定电路、软启动电路、振荡电路、误差放大器、斜坡补偿电路、脉宽调制比较器、过压保护误差放大器、热保护电路、逻辑控制电路和栅极驱动电路都与模块的端口 GND 相连。

[0015] 因此,本发明具有如下优点 :1. 设计合理,采用 MOS 管切换模块,结构简单且实用。2. 不含价格昂贵且电路复杂的 MCU 控制器,成本低。3. 在供电模式中都采用 DC-DC 变换器,

获得了稳定的恒流源,使 LED 在健康的环境下能够长寿命的工作。

### 附图说明

- [0016] 图 1 所示为一种带 MOS 管切换和可复用 DC-DC 模块的 LED 驱动器整体图。  
[0017] 图 2 所示为 AC-DC 变换器电路原理图。  
[0018] 图 3 所示为 AC-DC 变换器的片内控制模块的功能模块图。  
[0019] 图 4 所示为 MOS 管切换模块、锂电池组和锂电池监控管理电路电路图。  
[0020] 图 5 所示为锂电池监控管理模块的内部框图。  
[0021] 图 6 所示为 DC-DC 变换器的电路原理图。  
[0022] 图 7 所示为 DC-DC 变换器中控制模块脉宽调制芯片的电路原理图。

### 具体实施方式

[0023] 为了更加清楚明白的解释本发明的目的、技术方案和优点,下面结合附图和实施例对本发明进行进一步的说明。

[0024] 一种带 MOS 管切换和可复用 DC-DC 模块的 LED 驱动器如图 1 所示,其特征在于,包括输入端连接交流信号并将交流信号转换成直流信号的 AC-DC 变换器、储存电能的锂电池组和锂电池监控管理电路、选择供电模式的 MOS 管切换模块和将 AC-DC 变换器和锂电池组和锂电池监控管理电路输出的直流电压转换成恒流源供给 LED 照明灯的 DC-DC 变换器;其中,AC-DC 变换器与锂电池组和锂电池监控管理电路和 MOS 管切换模块相连;锂电池组和锂电池监控管理模块与 AC-DC 变换器和 MOS 管切换模块相连;MOS 管切换模块与锂电池组和锂电池监控管理电路、AC-DC 变换器和 DC-DC 变换器相连;DC-DC 变换器与 MOS 管切换模块和 LED 照明灯相连。

[0025] 图 2 是 AC-DC 变换器的电路图,由主拓扑模块和片内控制模块组成,片内控制模块之外的电路都属于主拓扑模块。

[0026] 片内控制模块的引脚分别是供电引脚 VDD、软启动引脚 STP、接地引脚 GND、电压反馈引脚 INV、电流反馈引脚 CS 和功率开关管的驱动引脚 GATE。

[0027] 主拓扑模块采用源边反馈形式的反激式变换电路,工作在断续导通模式(DCM)下,包含全桥整流电路、输入滤波电路、变压器 T1、整流滤波电路、电压检测电路、电流检测电路、功率开关管 Q1、整流电路和钳位保护电路。如图 2 所示,主拓扑模块的具体实施方式如下:

[0028] 二极管 D1、D2、D3 和 D4 组成全桥整流电路,将输入主拓扑模块的高压交流信号转换为纹波较大的高压直流信号。

[0029] 输入滤波电路由电阻 R1、电感 L1、L3 与电容 C1、C2 组成,用于减小高压直流信号的纹波。此高压直流信号通过电阻网络 R2 和 R3 后为大电容 C4 充电,C4 的电压由 VDD 引脚和 STP 引脚输入到片内控制模块,用于片内控制模块的供电和软启动。待输出稳定后,由源边副线圈的反馈电压,通过二极管 D6 和电阻 R11 为片内控制模块供电。

[0030] 输入滤波电路与变压器 T1 的源边初级线圈相连,源边初级线圈的另一端与功率开关管 Q1 的漏极相连。功率开关管 Q1 的栅极通过整流电路与片内控制模块的 GATE 引脚相连,GATE 引脚输出的高频开关信号控制功率开关管 Q1 的导通与关断。

[0031] 变压器 T1 通过源边初级线圈与源边次级线圈的匝数比控制输出电压的大小,从

而将高压信号转换为低压信号。源边次级线圈与源边副级线圈的匝数比控制着反激到源边副级线圈的电压大小,这样连接到源边副级线圈的电压检测网络就能反映输出负载的情况。

[0032] 与源边副级线圈相连的电压检测网络由电阻 R7、R8 与二极管 D7 组成。INV 引脚将 R8 上的电压反馈到片内控制模块,改变 R7 与 R8 的阻值比可调节输出电压的恒压值。

[0033] 电流检测电路由电阻 R12 与 R11 组成,并与功率开关管 Q1 的源极相连,用于检测源边初级线圈上的电流。CS 引脚将 R12 上的电压反馈到片内控制模块,改变 R12 的电阻值可调节输出恒定电流的幅值。

[0034] 电压检测电路和电流检测电路将反馈信号输入到片内控制模块,用于控制开关信号的脉宽和频率。

[0035] 整流滤波电路由二极管 D8、电容 C5、C6、C7 与电阻 R13、R14 组成,可将变压器传输来的高频低压信号转换为直流低压信号。当开关管 Q1 导通时变压器 T1 的源边初级线圈储存能量,此时二极管 D8 反向截止,变压器 T1 的源边次级线圈中没有电流流过。此时电容 C6 和 C7 放电,作为 AC-DC 变换器的输出电流。当开关管 Q1 断开时,二极管 D8 正向导通,源边初级线圈中储存的能量通过变压器传输到源边次级线圈,以提供输出电流,并为电容 C6、C7 充电。这样在功率开关管 Q1 的快速开关过程中,主拓扑模块的输出端将形成低压直流信号,,从而实现市电到低压直流电的转换。

[0036] 整流电路由 R9 和 R10 组成,对片内控制模块输出的开关信号进行整流,使得功率开关管 Q1 的导通与关断得以精确控制。

[0037] 当开关管 Q1 由导通切换到断开时,源边初级线圈的两端会产生尖峰电压和感应电压。钳位保护电路由电阻 R5、R6、二极管 D5 与电容 C3 组成,可对源边初级线圈两端的电压进行吸收和钳位,以保护功率开关管 Q1 不被损坏。

[0038] 片内控制模块有多种工作模式,包括 CC/CV (恒流 / 恒压) 模式和脉宽调制 /PFM (脉冲宽度调制 / 脉冲频率调制)模式。如图 3 所示,片内控制模块包含偏置电路、欠压锁定电路(UVLO)、软启动电路(SoftStart)、栅极驱动电路、前沿消隐电路(LEB)、控制电路、脉冲宽度调制电路(脉宽调制)、时钟电路(CLK)、频率抖动电路、误差放大器(EA)、采样保持电路、过流保护电路(OCP)。片内控制模块的具体实施方式如下:

[0039] VDD 引脚与偏置电路和欠压锁定电路(UVLO)相连,偏置电路将 VDD 引脚电压转换为 5V 稳定电压,为片内电路供电。欠压锁定电路(UVLO) 又与偏置电路相连当 VDD 电压低于锁定阈值 UVLO(ON) 时,控制偏置电路关闭电路,高于开启阈值 UVLO(OFF) 时启动电路。

[0040] 当电路刚启动时,与 STP 引脚连接的软启动电路(Soft Start)通过脉冲宽度调制电路(脉宽调制) 关闭反馈电压信号和反馈电流信号对开关信号的脉宽调制,然后使输出开关信号的脉宽逐渐增大,输出电压呈台阶式上升,同时电路中的电容缓慢充电以防止产生过大的尖峰电流。

[0041] 电路正常工作时,控制电路给脉冲宽度调制电路(脉宽调制) 发出控制信号,用于选用相应的调制信号输出,调制信号经栅极驱动电路增强驱动能力后作为开关信号,通过 GATE 引脚输出到外部功率开关管 Q1 的栅极,用于控制开关的导通与关断。

[0042] 控制电路与采样保持电路连接。控制电路分析由采样保持电路输入的检测电压,以判断 AC-DC 变换器的负载状况。大负载时控制电路工作在 CC 模式,中 / 轻度负载时控制



电路工作在 CV 模式。CC 模式下误差放大器(EA)输出的误差电压稳定在最大值,进而控制时钟电路(CLK)输出时钟的频率稳定在最大值 60KHz。此时,控制电路给脉冲宽度调制模块(脉宽调制)发出控制信号,选用电流反馈信号调制开关信号的脉冲宽度。CV 模式下,误差电压信号通过时钟电路(CLK)调制开关信号的频率,控制电路给脉冲宽度调制模块(脉宽调制)发出控制信号,选用时钟电路(CLK)的固定占空比变频信号作为开关信号。当负载电压过高时,时钟频率减小,反之时钟频率增大。

[0043] 采样保持电路与控制电路连接,每个采样周期采集一次稳定的反馈电压信号并维持。

[0044] 误差放大器(EA)的反相输入端与采样保持电路连接,正相输入端连接到 2V 的参考电压。误差放大器输出的误差电压反映了 AC-DC 模块的输出电压与参考电压的偏移程度。

[0045] 前沿消隐电路(LEB)分别与时钟电路(CLK)和过流保护电路(OCP)连接,用于消除由 CS 引脚输入的电流检测信号中尖峰电流的干扰。

[0046] 过流保护电路(OCP)在每个时钟周期都会判断由前沿消隐电路(LEB)输入的电流反馈信号,若外部电路的电流过大或出现短路时,就通过脉冲宽度调制模块(脉宽调制)关闭开关信号,以实现逐周期的过流保护功能。

[0047] 频率抖动电路与时钟电路相连,用于调制主开关频率,在主频带周围产生一系列的边频带,从而将噪声能量分布在很宽的频带上,以减少了 EMI。

[0048] 图 4 是锂电池组和锂电池监控管理电路以及 MOS 管切换模块电路图。其中锂电池组和锂电池监控管理电路:P 型 MOS 管 Q2 和 Q3 分别为放电和充电开关,它们的栅极都与锂电池控制模块的 1 端和 3 端口相连,漏极分别与 AC-DC 的输出端和电池组的正端相连,源极相互连接;电阻 R14(R15)和发光二极管 D9(D10)串联在一起,首尾分别与 AC-DC 的输出端和 Q2(Q3)的栅极相连,它具有放电(充电)指示灯的作用;电容 C10~C13 的一端接电池组的正极,另一端分别与电阻 R19~R22 相连;锂电池 BT1~BT4 的正极分别与电阻 R19~R22 相连,负极分别与 R20~R23 相连;电阻 R18,电容 C8 和 C9 的一端分别与锂电池监控管理模块的 4 端口、5 端口和 6 端口相连,另一端都和地相连。锂电池监控管理模块的内部框图如图 5 所示,此模块通过 13 根引脚与外围电路相连。此模块功能的具体实现如下:

[0049] 电压检测与保护:引脚 13、7 分别接电池组的正负极,同时 7 脚接地,引脚 12、11、10、9 分别接 4 节电池(B1、B2、B3、B4)的正极。上述 6 根引脚与控制模块间的电阻 RN1~RN16、过零比较器 A1~A8、稳压二极管 DN1~DN7、内部基准源 VSN1~VSN4 组成了电压检测电路。比较器  $A_{(2n-1)}$  比较电池  $B_n$  的电压与过压临界值,当电池  $B_n$  处于过压状态时,  $A_{(2n-1)}$  输出高电平驱动或门 OR1 输出高电平。控制模块在经过一个过压延迟时间后,接收到此高电平,切断充电 FET 进行过压保护。同时在条件允许时接通放电 FET,使电池对外放电,当电池电压低于过压临界值,结束过压检测状态。比较器  $A_{(2n)}$  比较电池  $B_n$  的电压与欠压临界值,当电池  $B_n$  处于欠压状态时,  $A_{(2n)}$  输出高电平驱动或门 OR1 输出高电平。控制模块在经过一个过压延迟时间后,接收到此高电平,切断放电 FET 进行欠压保护。同时在条件允许时接通放电 FET,为电池充电,当电池电压高于欠压临界值,结束欠压检测状态。对与  $B_n$  来说过压临界值:  $VSN_n * (1 + RN_{(4n-3)} / RN_{(4n-2)})$ ; 欠压临界值:  $VSN_n * (1 + RN_{(4n-1)} / RN_{(4n)})$ 。

[0050] 电流检测与保护:引脚 2、4 是电流检测输入引脚,外部电流检测电路将检测到的

电流信号,转换为电压信号后,通过这两个引脚反馈给控制模块。这两个引脚输入的电流检测信号,通过比较器 A9、A10 与基准电压相比较,经过一个固定的延迟时间后,传送给控制模块。当比较器 A9、A10 输出存在高电平时,表示电路处于过流状态,控制模块在接收到此信号后切断充放电 FET 进行电流保护。

[0051] 控制功能引脚:引脚 1 为充电 FET 控制端口,此引脚输出高电平时,切断充电 FET,电池组充电停止。输出低电平时打开充电 FET,为锂电池组充电。

[0052] 引脚 3 为放电 FET 控制端口。此引脚输出高电平时,切断放电 FET,电池组放电停止。输出低电平时打开放电 FET,锂电池组为外电路供电。

[0053] 引脚 5、6 输入的电平,分别控制着过压检测与欠压检测的延迟时间。

[0054] 引脚 8 为外部控制输入端口,可以通过此端口控制锂电池监控管理模块,以实现锂电池组充放电状态间的切换。

[0055] 所述 MOS 管切换模块由 P 型 MOS 管 Q4 和 Q5、分压电阻 R16 和 R17 以及二极管 D11 和 D12 组成。其中,R16 和 R17 串联,R16 的一端与 AC-DC 的输出端相连,另一端与 R17 相连;R17 的一端与 R16 相连,另一端与地相连;Q4 的源极与 AC-DC 的输出端相连,漏极与 D11 相连,栅极与 Q2 的栅极相连;Q5 的源极与电池组的正极相连,漏极与 D12 相连,栅极与 R17 相连;D11 和 D12 的正极分别与 Q4 和 Q5 的漏极相连,负极与 DC-DC 的输入端相连。

[0056] 图 6 是 DC-DC 变换器的电路原理图。DC-DC 变换器由 Boost 拓扑模块和脉宽调制控制模块组成。

[0057] 脉宽调制控制模块上的引脚分别是供电引脚 VIN、负载电流反馈引脚 FB、开关电流检测引脚 CS、输出电压检测引脚 OVP、功率开关管控制引脚 GATE 和接地引脚 GND。

[0058] Boost 拓扑模块采用 Boost 拓扑结构,工作在连续导通模式(CCM)。主要包含输入滤波电容 CIN、电感 L、功率开关管 M4、整流二极管 D13、输出电容 COUT、整流电路、负载电流检测网络、电感电流检测网络和输出电压检测网络。Boost 拓扑模块功能的具体实现如下:

[0059] 外部输入的 12V 直流电源信号首先经过输入电容 CIN 滤除高频干扰分量后,通过电阻 R33 给电容 C14 充电,电容 C14 上的电压通过脉宽调制控制模块的 VIN 引脚给脉宽调制控制模块供电。

[0060] 电感 L 的一端接到电源,即与输入电容 CIN 的正极相连,另一端同时与功率开关管 M4 的漏极支路、整流二极管 D13 的阳极支路相连。功率开关管 M4 的源极与检测电阻 R27 串联后接地,当功率开关管 M4 导通时,这一支路导通,图 6 中 A 点电位接近地,电源信号加到电感 L 上,电感 L 储存能量,电感电流呈线性上升。当功率开关管 M4 关断后,图 6 中 A 点电位开始上升,趋于输出电压,当 A 点电位高于电感 L 另一端的电源电位时,电感 L 反向偏置并释放能量,电感电流保持原方向并呈线性下降,直至下一时钟周期,功率开关管 M4 再次导通。整流二极管 D13 的阴极同时与输出滤波电容 COUT 的正极和 DC-DC 变换器的正输出端相连。功率开关管 M4 关断期间,当图 6 中 A 点电位高于整流二极管 D13 阴极电位时,整流二极管 D13 正向导通,电感电流流向负载和输出电容 COUT,为 COUT 充电的同时,输出电压呈线性上升。当功率开关管 M4 导通时,图 6 中 A 点电位接近地,整流二极管 D13 反向截止,输出电容 COUT 放电,使输出电压呈线性下降。由于功率开关管的导通与关断速度很快,COUT 的电容值较大,所以由输出电压的线性上升与下降造成的纹波很小,可视为恒定电流输出。

[0061] 整流电路由电阻 R30 与 R29 组成,保证开关信号能精确控制功率开关管 M4 的导通

与关断。其中 R30 的一端与脉宽调制控制模块的 GATE 引脚相连；另一端同时与 R29、功率开关管 M4 的栅极相连；R29 的另一端和 M4 的源极相连。负载电流检测网络由电阻 R26（与负载串联）与电阻 R25 组成，通过 FB 引脚将负载电流反馈信号输入到脉宽调制控制模块，改变 R26 阻值可调节输出电流的恒定值。电感电流检测网络由电阻 R28 与 R27 组成，通过 CS 引脚将电感电流反馈信号输入到脉宽调制控制模块。输出电压检测网络由电阻 R31、R32 与电容 C15 组成，通过 OVP 引脚将分压后的电压反馈信号输入到脉宽调制控制模块。

[0062] 脉宽调制控制模块采用电流控制模式。如图 7 所示，脉宽调制控制模块包含偏置电路、欠压锁定电路(UVLO)、软启动电路(SoftStart)、振荡电路(OSC)、误差放大器(EA)、斜坡补偿电路、脉宽调制比较器、过压保护误差放大器、热保护电路、逻辑控制电路和栅极驱动电路。脉宽调制控制模块功能的具体实现如下：

[0063] VIN 引脚与偏置电路、欠压锁定电路(UVLO)相连。偏置电路将 VIN 输入的信号转换为稳定的 5V 直流信号，给内部模块供电。欠压锁定电路(UVLO)与偏置电路相连，当 VIN 低于锁定阈值 UVLO(ON) 时，通过偏置电路关闭脉宽调制控制模块，高于开启阈值 UVLO(OFF) 时启动脉宽调制控制模块。振荡电路(OSC)分别与软启动电路(SoftStart)、斜坡补偿电路和逻辑控制电路相连，为电路提供频率和脉宽固定的时钟信号。软启动电路(Soft Start)的输出与误差放大器(EA)的正相输入端相连，为误差放大器提供参考电压。当电路刚启动时，脉宽调制控制模块首先进入软启动状态，参考电压由 0 开始缓慢上升，开关信号的脉冲宽度逐渐增加，输出电容得以缓慢充电，以防止电路产生过大的尖峰电流。若干时钟周期后参考电压稳定在第一参考电压不变，电路开始正常工作。

[0064] 误差放大器(EA)的反相输入端与 FB 引脚相连，负载电流反馈信号与第一参考电压间的误差被放大后作为误差电压信号，输出到脉宽调制比较器的反相输入端，用于调制开关信号的脉冲宽度。

[0065] 斜坡补偿电路与 CS 引脚相连，将电感电流反馈信号调整后，与振荡电路输入的锯齿波信号叠加形成斜坡补偿信号，并输出到脉宽调制比较器的正相输入端，作为参考电压。当开关信号占空比超过 50% 时，斜坡补偿电路会消除外部干扰引起的次谐波振荡，以增强系统的稳定性。脉宽调制比较器将误差电压信号与斜坡补偿信号进行比较，得到脉冲宽度被调制的开关信号，并输出到逻辑控制电路。

[0066] 过压保护误差放大器与 OVP 引脚相连，将负载电压反馈信号与第二参考电压进行比较，并将结果送到逻辑控制电路。当输出电压超过预设阈值时，逻辑控制电路便关闭输出，以实现过压保护的功能。

[0067] 热保护电路内部的热敏电阻将温度转换为电信号，并与参考电压比较，当温度超过预设的阈值时，输出控制信号到逻辑控制电路，关闭输出。

[0068] 与逻辑控制电路相连的有热保护电路、过压保护误差放大器、偏置电路和脉宽调制比较器。电路工作过程中，逻辑控制电路时刻判断热保护电路和过压保护误差放大器的反馈信号，一旦温度过高或输出电压过高时，就关闭电路输出。偏置电路为逻辑控制电路供电，只要 VIN 引脚输入的电源正常，没有被锁定，就能给逻辑控制电路正常供电，否则逻辑控制电路不能启动。当温度、输出电压、VIN 引脚输入的电压均处在预设的安全范围内时，逻辑控制电路就选通脉宽调制比较器输入的开关信号，并输出给栅极驱动电路，以增强开关信号的驱动能力。栅极驱动电路又与 GATE 引脚相连，通过 GATE 引脚把驱动能力增强后

的开关信号输出到外部拓扑电路。

[0069] 下面具体说明整个系统的工作原理：

[0070] 在交流供电模式：AC-DC 变换器将交流高压转换成直流低压，由于此时电池组已经充满电，锂电池监控管理模块的 1 端口输出高电平，Q3 关断，充电指示灯 D10 熄灭；锂电池监控管理模块的 3 端口输出低电平，Q4 被打开，AC-DC 变换器的输出电压通过 Q4 到达 DC-DC 变换器，然后给 LED 供电；此时 Q5 的栅极由于 R16 和 R17 的分压，处于高电平状态，所以关断。在电池组供电模式：此时没有市电，AC-DC 变化器输出为电平，所以 Q5 的栅极为低电平，Q5 被打开，此时锂电池组的电压通过 Q5 到达 DC-DC 变换器，然后给 LED 供电。在锂电池组充电模式：锂电池监控管理模块的 1 端口和 3 端口分别输出低电平和高电平，所以 Q4 和 Q2 关断，D9 熄灭，Q3 被打开，充电指示灯 D10 变亮。而 Q5 也在分压的作用下处于关断状态，此时 AC-DC 变换器的输出电压通过 D8 和 Q3 给锂电池组充电。

[0071] 本文中所描述的具体实施例仅仅是对本发明精神作举例说明。本发明所属技术领域的技术人员可以对所描述的具体实施例做各种各样的修改或补充或采用类似的方式替代，但并不会偏离本发明的精神或者超越所附权利要求书所定义的范围。

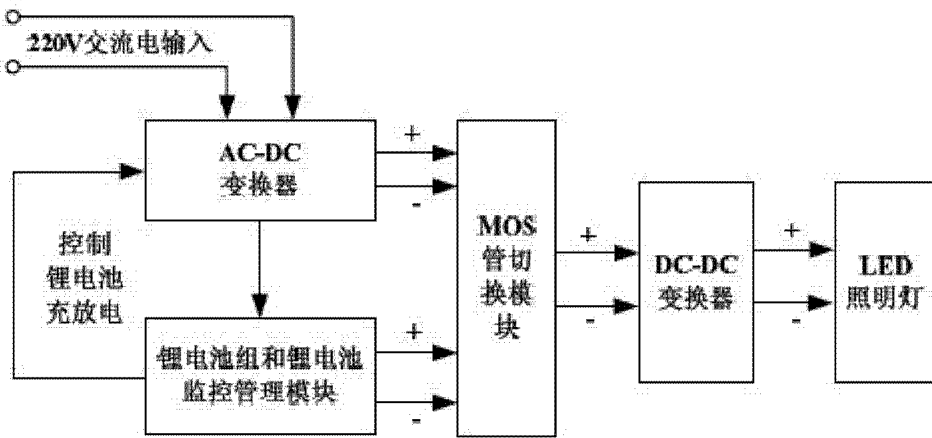


图 1

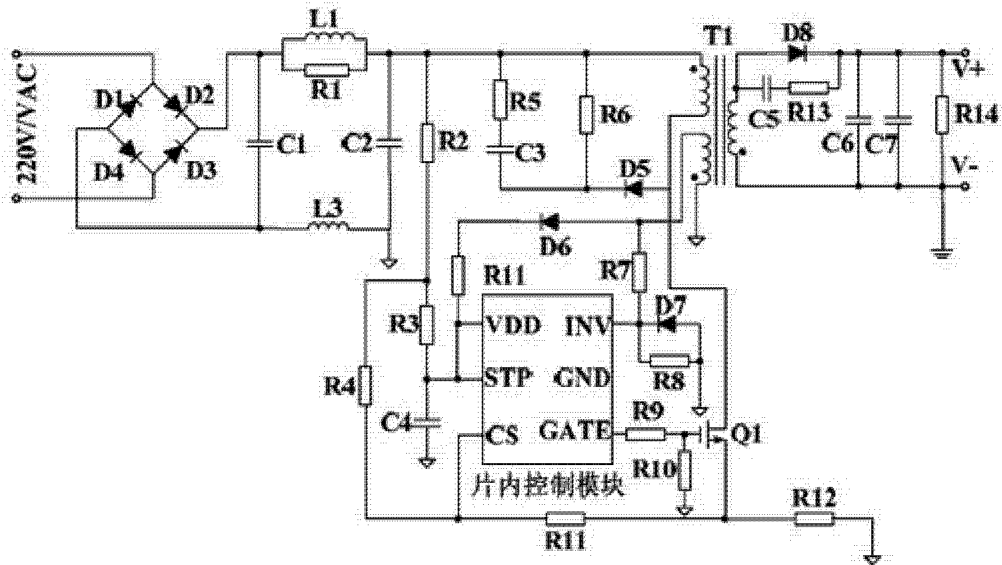


图 2

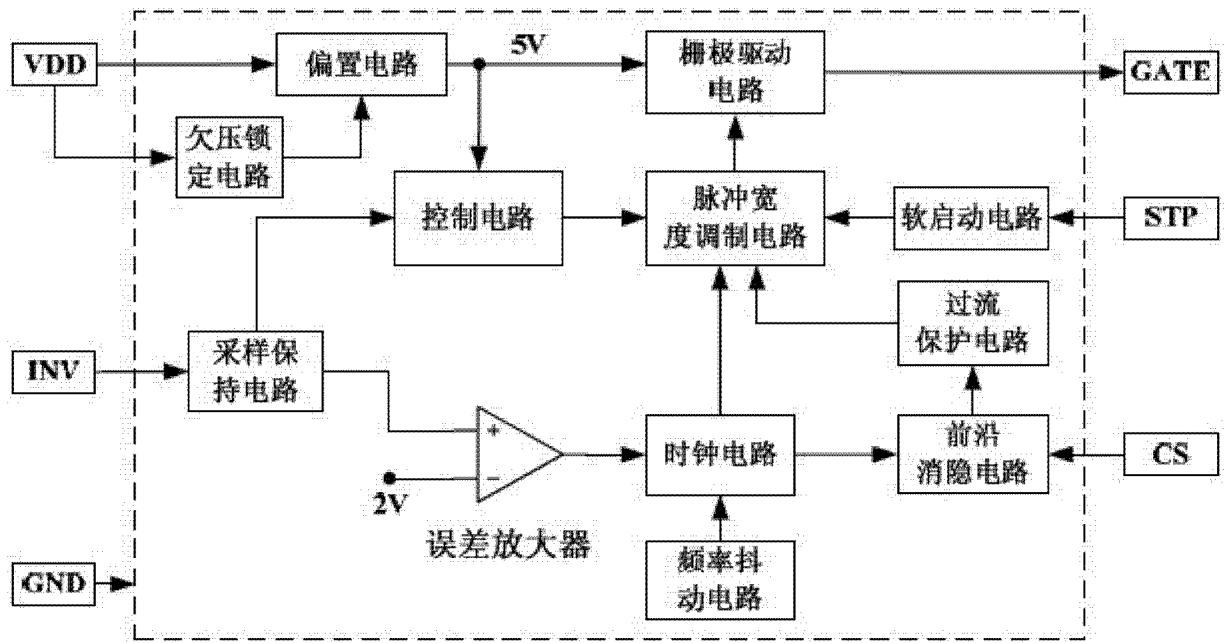


图 3

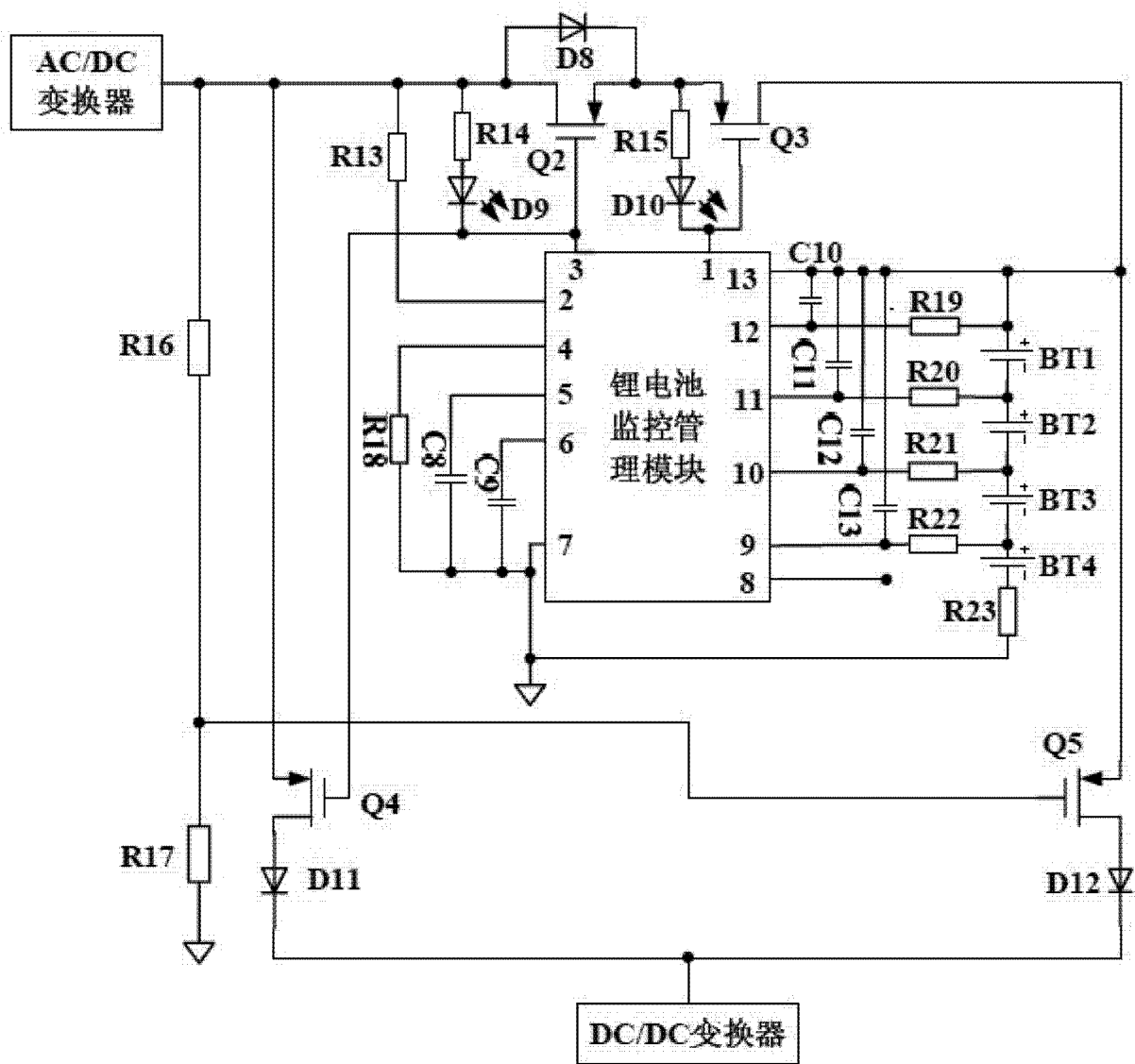


图 4

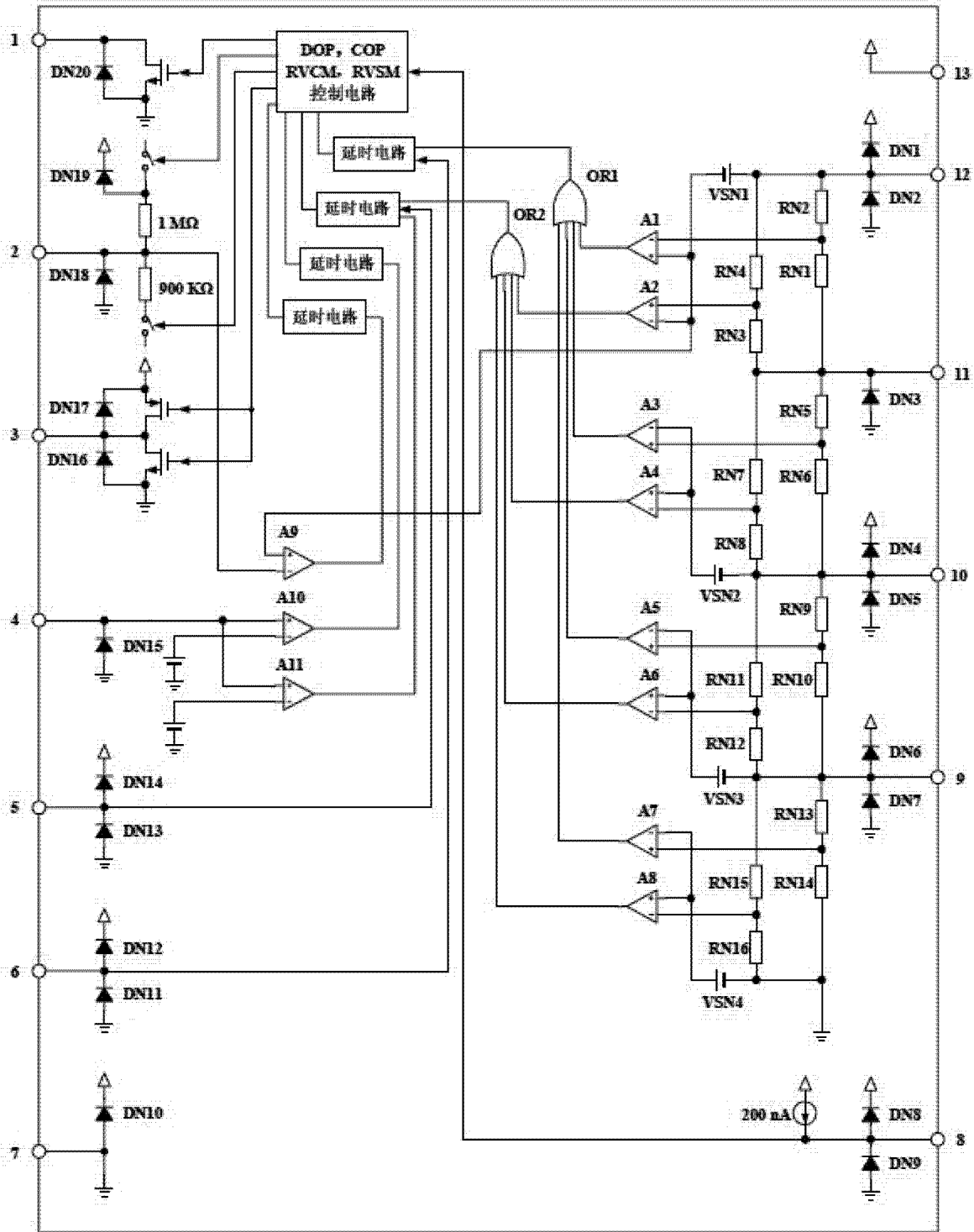


图 5



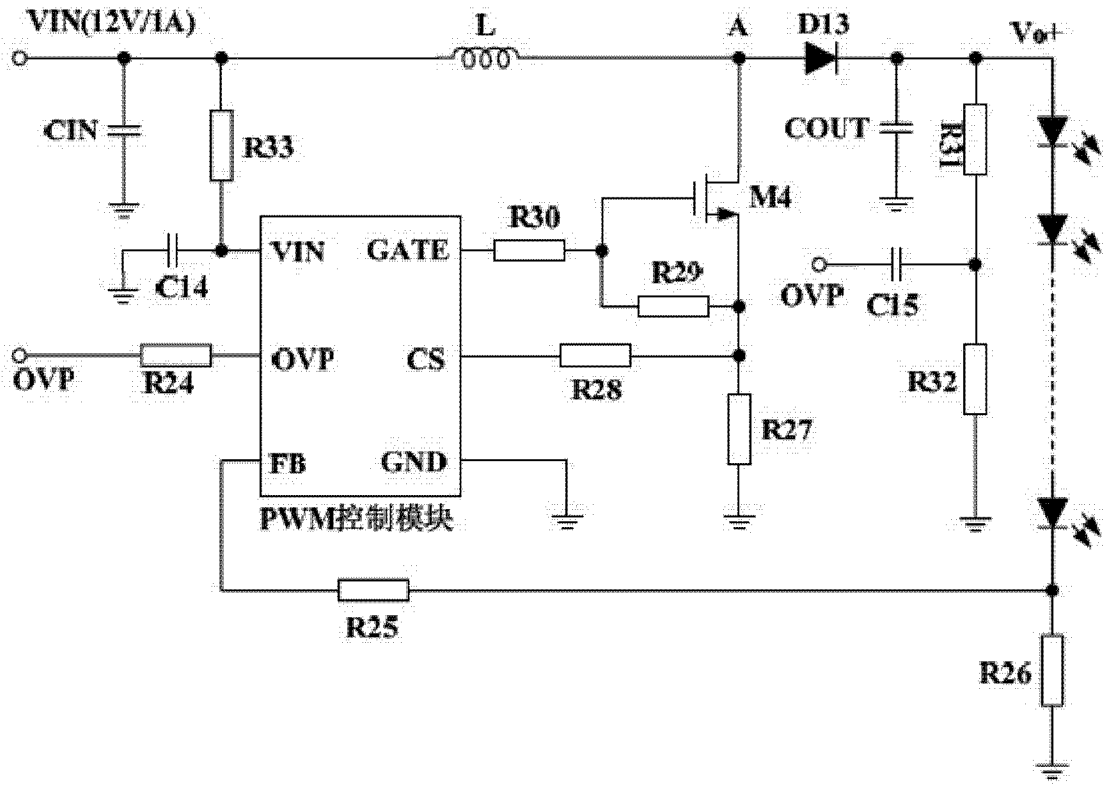


图 6

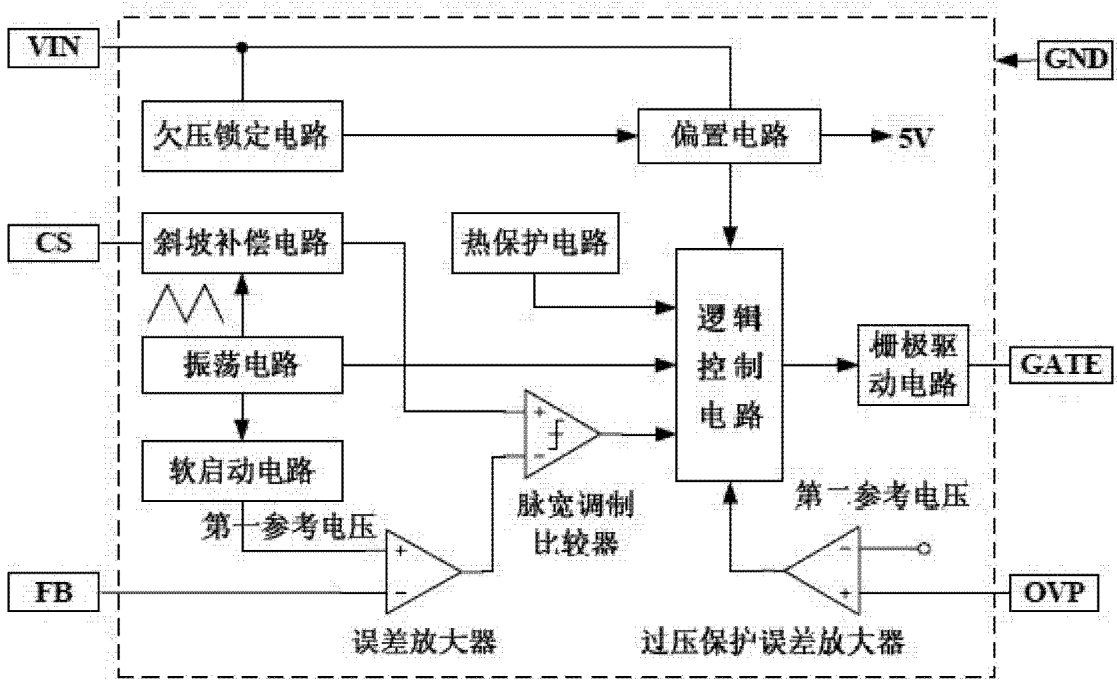


图 7