(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 203632550 U
(45)授权公告日 2014.06.04

(21)申请号 201320787980.5

(22)申请日 2013.12.03

(73)专利权人 成都芯源系统有限公司
地址 611731 四川省成都市高新西区出口加工区(西区)科新路8号成都芯源系统有限公司

(72)发明人 欧阳茜 袁伟

(51)Int.Cl.
H02M 3/157(2006.01)
H02M 3/158(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

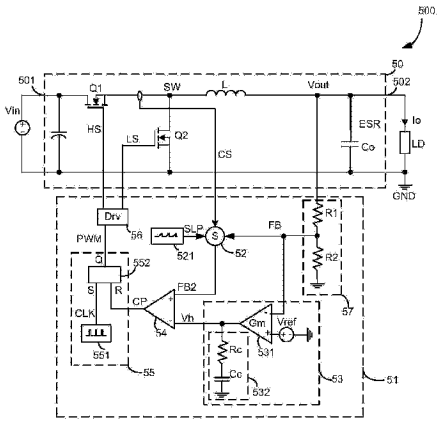
权利要求书2页 说明书8页 附图5页

(54)实用新型名称

一种开关模式电源及其控制电路

(57)摘要

本实用新型公开了一种开关模式电源及其控制电路。开关模式电源包括开关电路、电压反馈电路、电流反馈电路、控制电路和驱动电路；电压反馈电路的输入端耦接开关电路的电源输出端；电流反馈电路的输入端耦接开关电路的开关；加法电路的第一输入端耦接电压反馈电路的输出端，第二输入端耦接电流反馈电路的输出端；比较电路的第一输入端耦接加法电路的输出端，第二输入端接收参考信号；逻辑电路的输入端耦接比较电路的输出端；以及驱动电路的输入端耦接逻辑电路的输出端，驱动电路的输出端耦接开关的控制端。根据本实用新型的实施例所提供的开关模式电源和控制电路，具有控制电路简单，控制稳定以及瞬态响应快速等优点。



CN 203632550 U

1. 一种开关模式电源(SMPS),包括 :

开关电路,具有电源输入端和电源输出端,其中电源输入端耦接输入电压,电源输出端耦接负载,开关电路包括开关 ;

电压反馈电路,具有输入端和输出端,其中电压反馈电路的输入端耦接电源输出端 ;

电流反馈电路,具有输入端和输出端,其中电流反馈电路的输入端耦接开关电路的开关 ;

控制电路 ;以及

驱动电路 ;

其特征在于,控制电路包括 :

加法电路,具有第一输入端、第二输入端和输出端,其中加法电路的第一输入端耦接电压反馈电路的输出端,加法电路的第二输入端耦接电流反馈电路的输出端 ;

比较电路,具有第一输入端、第二输入端和输出端,其中比较电路的第一输入端耦接加法电路的输出端,比较电路的第二输入端接收参考信号 ;以及

逻辑电路,具有输入端和输出端,其中逻辑电路的输入端耦接比较电路的输出端 ;

其中驱动电路具有输入端和输出端,其中驱动电路的输入端耦接逻辑电路的输出端,驱动电路的输出端耦接开关的控制端。

2. 如权利要求 1 所述的 SMPS,其特征在于,控制电路进一步包括直流校正电路,其中 :

直流校正电路具有输入端和输出端,直流校正电路的输入端耦接电压反馈电路的输出端,直流校正电路的输出端提供参考信号 ;

斜坡信号发生电路输出斜坡信号 ;以及

加法电路进一步具有耦接斜坡信号的第三输入端。

3. 如权利要求 2 所述的 SMPS,其特征在于,直流校正电路包括 :

跨导型误差放大电路,具有第一输入端、第二输入端和输出端,其中 跨导型误差放大电路的第一输入端耦接电压反馈电路的输出端,跨导型误差放大电路的第二输入端耦接参考电压 ;以及

补偿电路,包括串联的电容和电阻,串联的电容和电阻一端耦接参考地,串联的电容和电阻另一端耦接跨导型误差放大电路的输出端,其中跨导型误差放大电路的输出端提供参考信号。

4. 如权利要求 1 所述的 SMPS,其特征在于,参考信号为直流信号。

5. 如权利要求 1 所述的 SMPS,其特征在于,控制电路进一步包括 :

直流校正电路,具有输入端和输出端,直流校正电路的输入端耦接电压反馈电路的输出端 ;以及

第二加法电路,具有第一输入端、第二输入端和输出端,其中第二加法电路的第一输入端耦接直流校正电路的输出端,第二加法电路的第二输入端耦接斜坡信号,第二加法电路的输出端提供参考信号。

6. 如权利要求 1 所述的 SMPS,其特征在于,逻辑电路包括 :

时钟信号发生电路,输出端提供时钟信号 ;以及

RS 触发器,具有第一输入端、第二输入端和输出端,其中 RS 触发器的第一输入端耦接时钟信号发生电路的输出端,RS 触发器的第二输入端耦接比较电路的输出端,RS 触发器的

输出端耦接驱动电路的输入端。

7. 如权利要求 6 所述的 SMPS，其特征在于，控制电路进一步包括斜坡信号发生电路，斜坡信号发生电路输出斜坡信号，其中斜坡信号具有与时钟信号相同的频率。

8. 如权利要求 1 所述的 SMPS，其特征在于，电压反馈电路包括：

第一电阻，具有第一端和第二端，其中第一电阻的第一端耦接电源输出端；以及

第二电阻，具有第一端和第二端，其中第二电阻的第一端耦接第一电阻的第二端，第二电阻的第二端耦接参考地，其中第一电阻的第二端提供输出电压反馈信号。

9. 如权利要求 1 所述的 SMPS，其特征在于，开关电路包括：

开关，具有第一端、第二端和控制端，其中开关的第一端耦接电源输入端，开关的第二端耦接开关节点，开关的控制端耦接驱动电路的输出端；

整流管，具有第一端和第二端，其中整流管的第一端耦接开关节点，

整流管的第二端耦接参考地；

输出电感，具有第一端和第二端，其中输出电感的第一端耦接开关节点；以及

输出电容，具有第一端和第二端，其中输出电容的第一端耦接输出电感的第二端，输出电容的第二端耦接参考地，其中输出电容的第一端提供输出电压。

10. 一种用于控制开关电路的控制电路，其特征在于包括权利要求 1-7 中任一项所述的控制电路。

一种开关模式电源及其控制电路

技术领域

[0001] 本实用新型涉及开关电子电路，具体但不限于涉及开关模式电源和瞬态响应控制电路。

背景技术

[0002] 直流－直流开关模式电源（SMPS）被广泛用于电力电子领域，用于通过控制开关的导通和关断来实现将一直流输入电压转换成通常具有预定值的直流输出电压。开关的定频控制是用于开关模式电源的常用控制方式，它采用定频的时钟信号触发控制开关的开关信号的上升沿或下降沿，使得开关信号具有固定的频率。定频控制能用于降低电磁干扰（EMI）效应，因而具有广泛的应用，如用于数据通信领域等对电磁干扰敏感的系统的供电。此外，当负载变化时，由于响应具有一定滞后，输出电压会有一段时间的波动。而一些应用场合对输出电压的迅速稳定具有较高的要求，因此需要控制电路具有较快的响应速度。

实用新型内容

[0003] 为了解决前面描述的一个问题或者多个问题，本实用新型提出一种开关模式电源及相应的控制电路。

[0004] 根据本实用新型的一种实施方式，一种开关模式电源（SMPS）包括开关电路、电压反馈电路、电流反馈电路、控制电路以及驱动电路，其中开关电路具有电源输入端和电源输出端，其中电源输入端耦接输入电压，电源输出端耦接负载，开关电路包括开关；电压反馈电路具有输入端和输出端，其中电压反馈电路的输入端耦接电源输出端；电流反馈电路具有输入端和输出端，其中电流反馈电路的输入端耦接开关电路的开关；控制电路包括加法电路、比较电路和逻辑电路，其中：加法电路具有第一输入端、第二输入端和输出端，其中加法电路的第一输入端耦接电压反馈电路的输出端，加法电路的第二输入端耦接电流反馈电路的输出端；比较电路具有第一输入端、第二输入端和输出端，其中比较电路的第一输入端耦接加法电路的输出端，比较电路的第二输入端接收参考信号；逻辑电路具有输入端和输出端，其中逻辑电路的输入端耦接比较电路的输出端；以及驱动电路具有输入端和输出端，其中驱动电路的输入端耦接逻辑电路的输出端，驱动电路的输出端耦接开关的控制端。在一个实施例中，控制电路进一步包括直流校正电路，其中：直流校正电路具有输入端和输出端，其中直流校正电路的输入端耦接电压反馈电路的输出端，直流校正电路的输出端提供参考信号；斜坡信号发生电路输出斜坡信号；以及加法电路进一步具有耦接斜坡信号的第三输入端。在一个实施例中，直流校正电路包括：跨导型误差放大电路，具有第一输入端、第二输入端和输出端，其中跨导型误差放大电路的第一输入端耦接电压反馈电路的输出端，跨导型误差放大电路的第二输入端耦接参考电压；以及补偿电路，包括串联的电容和电阻，串联的电容和电阻一端耦接参考地，串联的电容和电阻另一端耦接跨导型误差放大电路的输出端，其中跨导型误差放大电路的输出端提供参考信号。在一个实施例中，参考信号为直流信号。在一个实施例中，控制电路进一步包括：直流校正电路，具有输入端和输出端，

直流校正电路的输入端耦接电压反馈电路的输出端；以及第二加法电路，具有第一输入端、第二输入端和输出端，其中第二加法电路的第一输入端耦接直流校正电路的输出端，第二加法电路的第二输入端耦接斜坡信号，第二加法电路的输出端提供参考信号。在一个实施例中，逻辑电路包括：时钟信号发生电路，输出端提供时钟信号；以及 RS 触发器，具有第一输入端、第二输入端和输出端，其中 RS 触发器的第一输入端耦接时钟信号发生电路的输出端，RS 触发器的第二输入端耦接比较电路的输出端，RS 触发器的输出端耦接驱动电路的输入端。在一个实施例中，控制电路进一步包括斜坡信号发生电路，斜坡信号发生电路输出斜坡信号，其中斜坡信号具有与时钟信号相同的频率。在一个实施例中，电压反馈电路包括：第一电阻，具有第一端和第二端，其中第一电阻的第一端耦接电源输出端；以及第二电阻，具有第一端和第二端，其中第二电阻的第一端耦接第一电阻的第二端，第二电阻的第二端耦接参考地，其中第一电阻的第二端提供输出电压反馈信号。在一个实施例中，开关电路包括：开关，具有第一端、第二端和控制端，其中开关的第一端耦接电源输入端，开关的第二端耦接开关节点，开关的控制端耦接驱动电路的输出端；整流管，具有第一端和第二端，其中整流管的第一端耦接开关节点，整流管的第二端耦接参考地；输出电感，具有第一端和第二端，其中输出电感的第一端耦接开关节点；以及输出电容，具有第一端和第二端，其中输出电容的第一端耦接输出电感的第二端，输出电容的第二端耦接参考地，其中输出电容的第一端提供输出电压。

[0005] 根据本实用新型的另一种实施方式，一种用于控制开关电路的控制电路包括上述控制电路。在一个实施例中，控制电路包括：电压检测电路，具有输入端和输出端，其中电压检测电路的输入端耦接开关电路的电源输出端；电流检测电路，具有输入端和输出端，其中电流检测电路的输入端耦接开关电路的开关；加法电路，具有第一输入端、第二输入端和输出端，其中第一输入端耦接电压反馈电路的输出端，第二输入端耦接电流反馈电路的输出端，加法电路的输出端提供复合反馈信号；比较电路，具有第一输入端、第二输入端和输出端，其中比较电路的第一输入端耦接加法电路的输出端，比较电路的第二输入端接收参考信号；逻辑电路，具有输入端和输出端，其中逻辑电路的输入端耦接比较电路的输出端，逻辑电路的输出端耦接开关的控制端。在一个实施例中，控制电路进一步包括直流校正电路，其中直流校正电路包括：跨导型误差放大电路，具有第一输入端、第二输入端和输出端，其中第一输入端耦接电压反馈电路的输出端，跨导型误差放大电路的第二输入端耦接参考电压；以及补偿电路，包括串联的电容和电阻，串联的电容和电阻的一端耦接参考地，串联的电容和电阻的另一端耦接跨导型误差放大电路的输出端并提供参考信号。

[0006] 根据本实用新型的实施例所提供的开关模式电源和控制电路，具有控制电路简单，控制稳定以及瞬态响应快速等优点。

附图说明

[0007] 为了更好的理解本实用新型，将根据以下附图对本实用新型进行详细描述：

[0008] 图 1 示出了根据本实用新型一实施例的 SMPS 示意框图；

[0009] 图 2 示出了根据本实用新型一个实施例的 SMPS 示意框图；

[0010] 图 3 示出了根据本实用新型又一实施例的 SMPS 示意框图；

[0011] 图 4 示出了根据本实用新型再一实施例的 SMPS 示意框图；

[0012] 图 5 示出了根据本实用新型一具体实施例的 SMPS 的示意图；

[0013] 图 6 示出了根据本实用新型一实施例的 SMPS 中多个信号的波形示意图；

[0014] 图 7 示出了根据本实用新型一实施例的负载上升时的瞬态响应波形图以及传统控制方法下负载上升时的瞬态响应波形图；

[0015] 图 8 示出了根据本实用新型一实施例的负载下降时的瞬态响应波形图以及传统控制方法下的负载下降时的瞬态响应波形图。

[0016] 下面将参考附图详细说明本实用新型的具体实施方式。贯穿所有附图相同的附图标记表示相同的或相似的部件或特征。

具体实施方式

[0017] 下面将详细描述本实用新型的具体实施例，应当注意，这里描述的实施例只用于举例说明，并不用于限制本实用新型。在下面对本实用新型的详细描述中，为了更好地理解本实用新型，描述了大量的细节。然而，本领域技术人员将理解，没有这些具体细节，本实用新型同样可以实施。为了清晰明了地阐述本实用新型，本文简化了一些具体结构和功能的详细描述。此外，在一些实施例中已经详细描述过的类似的结构和功能，在其它实施例中不再赘述。尽管本实用新型的各项术语是结合具体的示范实施例来一一描述的，但这些术语不应理解为局限于这里阐述的示范实施方式。

[0018] 上述本实用新型的说明书和实施仅仅以示例性的方式对本实用新型进行了说明，这些实施例不是完全详尽的，并不用于限定本实用新型的范围。对于公开的实施例进行变化和修改都是可能的，其他可行的选择性实施例和对实施例中元件的等同变化可以被本技术领域的普通技术人员所了解。本实用新型所公开的实施例的其他变化和修改并不超出本实用新型的精神和保护范围。

[0019] 本实用新型的说明书中提到的“耦接”可指直接的连接或通过间接物的连接，如通过导体的连接，该导体具有阻值，也可有寄生参数，如具有电感值和电容值，以及如通过二极管的连接。本实用新型的说明书提到的“电路”可表现为集成电路，也可表现为器件、电路印刷板模块、系统及其它的形式。

[0020] 图 1 示出了根据本实用新型一实施例的 SMPS100 示意框图。SMPS100 包括开关电路 10、加法电路 12、比较电路 14（CMP）、逻辑电路 15（LGC）以及驱动电路 16（DRV）。开关电路 10 具有电源输入端和电源输出端，其中电源输入端耦接输入电压 Vin，电源输出端提供输出电压 Vout 用于为负载 LD 供电。标记 Vin 和 Vout 在下文中也可用于表征电源输入端 Vin 和电源输出端 Vout。开关电路 10 包括开关 Q1，开关电路 10 在开关 Q1 的导通和关断动作下将输入电压 Vin 转换成输出电压 Vout。在一个实施例中，开关电路 10 包括直流－直流降压转换电路（buck），输出的输出电压 Vout 低于输入电压 Vin。加法电路 12 具有第一输入端、第二输入端和输出端，其中第一输入端耦接电源输出端 Vout 用于接收表征输出电压 Vout 的输出电压反馈信号 FB。在一个实施例中，输出电压反馈信号 FB 等于输出电压 Vout。在另一个实施例中，SMPS100 进一步包括电压反馈电路，检测输出电压 Vout 获得输出电压反馈信号 FB，其中电压反馈电路的输入端耦接电源输出端 Vout，电压反馈电路的输出端提供电压反馈信号 FB。加法电路 12 的第二输入端用于接收开关电路 10 的输出电流反馈信号 CS，其中输出电流反馈信号 CS 表征流过开关 Q1 或其它节点的电流值。在一个实

施例中，SMPS100 包括输出电流反馈电路，输出电流反馈电路的输入端耦接开关电路 10 用于感测流过开关的电流，输出电流反馈电路的输出端提供输出电流反馈信号。在一个实施例中，输出电流反馈信号 CS 为通过电流检测电路检测流过开关 Q1 的电流而得到的表征输出电流的电压信号。加法电路 12 至少对输出电压反馈信号 FB 和输出电流反馈信号 CS 进行叠加，获得复合反馈信号 FB2。比较电路 14 具有第一输入端、第二输入端和输出端，其中比较电路 14 的第一输入端耦接加法电路 12 的输出端用于接收复合反馈信号 FB2，比较电路 14 的第二输入端接收一参考信号 V1，比较电路 14 将复合反馈信号 FB2 和参考信号 V1 进行比较并输出比较信号 CP。SMPS100 根据比较电路 14 的比较信号 CP 对开关电路 10 进行控制。在一个实施例中，参考信号 V1 为对输出电压反馈信号 FB 进行积分和滤波的信号，如图 2 所示，参考信号 V1 为输出电压校正信号，由直流校正电路 23 产生，直流校正电路 23 具有低频滤波性能，使得输出电压校正信号 V1 变化缓慢。在另一个实施例中，参考信号 V1 为一直流信号，如图 4 所示。SMPS100 可进一步采用斜率补偿，将一斜坡信号 SLP 叠加入比较电路 12 的任意一输入端，如将一斜坡信号 SLP 和输出电压反馈信号 FB 以及输出电流反馈信号 CS 叠加获得复合反馈信号 FB2，如图 2 所示；或者将斜坡信号 SLP 叠加如比较电路 14 的一端以获得参考信号 V1，如图 3 所示。斜坡信号 SLP 在一个周期中的至少一个时间段内具有斜坡波形，如在输出电流上升阶段具有斜坡波形。在一个实施例中，斜坡信号 SLP 为锯齿波。

[0021] 继续图 1 的说明，逻辑电路 15 具有输入端和输出端，其中逻辑电路的输入端耦接比较电路 14 的输出端用于接收比较信号 CP，逻辑电路 15 的输出端耦接驱动电路 16 的输入端。逻辑电路 15 根据比较电路 14 提供的比较信号 CP 输出脉冲宽度调制（PWM）信号。驱动电路 16 用于将逻辑电路 15 输出的 PWM 信号转换成适用于驱动开关 Q1 的电压信号。驱动电路 16 的输出端耦接开关电路 10 的开关 Q1 用于控制开关 Q1 的导通和关断。在一个实施例中，SMPS100 包括开关电路 10 和控制电路 11。其中控制电路 11 包括加法电路 12、比较电路 14、逻辑电路 15 和驱动电路 16。在另一个实施例中，SMPS100 包括开关电路 10、控制电路和驱动电路 16，其中控制电路包括加法电路 12、比较电路 14 和逻辑电路 15。在一个实施例中，控制电路制作在一集成电路中。

[0022] 图 2 示出了根据本实用新型一个实施例的 SMPS200 示意框图。与图 1 的 SMPS100 相比，SMPS200 进一步包括一直流校正电路 23，且加法电路 22 将输出电压反馈信号 FB、输出电流反馈信号 CS 和斜坡信号 SLP 进行叠加获得复合反馈信号 FB2。为了使描述简单清楚，对 SMPS200 中与 SMPS100 相同的部件和连接将不再进行赘述。直流校正电路 23 具有输入端和输出端，其中直流校正电路 23 的输入端耦接电源输出端 Vout 用于接收输出电压反馈信号 FB，输出端提供参考信号 V1，其中参考信号 V1 为对输出电压 Vout 至少进行过积分的输出电压校正信号。在一个实施例中，参考信号 V1 为对输出电压 Vout 针对时间进行积分并进行低通滤波后得到的信号。在另一个实施例中，参考信号 V1 为直流信号。加法电路 22 除了具有接收输出电压反馈信号 FB 的第一输入端和接收输出电流反馈信号 CS 的第二输入端外，还进一步具有第三输入端，其中第三输入端接收斜坡信号 SLP，使得加法电路 22 的输出端提供的复合反馈信号 FB2 为输出电压反馈信号 FB、输出电流反馈信号 CS 和斜坡信号 SLP 的叠加信号，即 FB2=FB+CS+SLP。比较电路 14 进一步将 FB2 与输出电压校正信号 V1 进行比较，获得比较信号 CP。控制电路 21 基于比较信号 CP 控制开关电路 10 中开关 Q1 的导

通或关断。

[0023] 图3示出了根据本实用新型又一实施例的SMPS300的示意框图。与图1的SMPS100相比，SMPS300进一步包括直流校正电路23和第二加法电路32。与图2中的SMPS200相比，图3中的SMPS300将斜坡信号SLP与输出电压校正信号Vh进行叠加以获得参考信号V1，而图2中的SMPS200将斜坡信号SLP与输出电压反馈信号FB和输出电流反馈信号CS进行叠加以获得复合反馈信号FB2。是为了使描述简单清楚，对SMPS300中与SMPS100相同的部件和连接将不再进行赘述。其中直流校正电路23用于提供输出电压校正信号Vh，输出电压校正信号Vh可为对输出电压Vout进行积分和滤波的信号。第二加法电路32具有第一输入端、第二输入端和输出端，其中第一输入端耦接直流校正电路23用于接收输出电压校正信号Vh，第二输入端接收斜坡信号SLP，输出端提供参考信号V1耦接至比较电路14。这样，比较电路14的第一输入端接收将输出电压反馈信号FB和输出电流反馈信号CS进行叠加的复合反馈信号FB2，即FB2=FB+CS；而比较电路14的第二输入端接收将输出电压校正信号Vh和斜坡信号SLP进行叠加的参考信号V1，即V1=Vh+SLP；比较电路14将复合反馈信号FB2和参考信号V1进行比较获得比较信号CP，控制电路31基于该比较信号CP控制开关电路10中开关Q1的导通和关断。

[0024] 图4示出了根据本实用新型再一实施例的SMPS400的示意框图。与图1中的SMPS100相比，SMPS400将斜坡信号SLP与输出电压反馈信号FB和输出电流反馈信号CS进行叠加获得复合反馈信号FB2，同时SMPS400的参考信号V1为一直流信号。是为了使描述简单清楚，对SMPS400中与SMPS100相同的部件和连接将不再进行赘述。直流参考信号V1可通过直流参考电压发生电路产生。这样，比较电路将复合反馈信号FB2(FB2=FB+CS+SLP)与直流的参考信号DC进行比较以获得比较信号CP。控制电路41基于该比较信号CP控制开关电路10中开关Q1的导通和关断。

[0025] 图5示出了根据本实用新型一具体实施例的SMPS500的示意图。SMPS500包括开关电路50和控制电路51。其中控制电路51包括加法电路52、斜坡信号发生电路521、直流校正电路53、比较电路54、逻辑电路55、驱动电路56和电压反馈电路57。在一个实施例中，控制电路51集成在一电子封装体内。在另一个实施例中，控制电路51集成在一半导体衬底上并可仅包括加法电路52、斜坡信号发生电路521、直流校正电路53、比较电路54、逻辑电路55、驱动电路56和电压反馈电路57之中的部分电路和部件。

[0026] 开关电路50为buck型开关电路。开关电路50包括开关Q1、同步整流管Q2、输出电感L以及输出电容Co。其中开关Q1的第一端耦接电源输入端用于接收输入电压Vin，开关Q1的第二端耦接开关节点SW，开关Q1的控制端耦接驱动电路56。同步整流管Q2的第一端耦接开关节点SW，同步整流管Q2的第二端耦接参考地GND，同步整流管Q2的控制端耦接驱动电路56。在另一个实施例中，同步整流管Q2被一个非同步整流管如二极管代替。开关Q1和同步整流管Q2包括金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)。MOSFET管可包括增强型N-沟道MOSFET。在另一个实施例中，开关和同步整流管为P-沟道MOSFET。在其它的实施例中，开关和同步整流管可包括其他类型的器件，如结型场效应晶体管(JFET)或双极结型晶体管(BJT)。输出电感L的第一端耦接开关节点SW，输出电感的第二端耦接输出电容Co。输出电容Co的第一端耦接输出电感L，输出电感Co的第二端耦接参考地GND。输出电感Co的第一端直接耦接电源输出端用于提供输出电压Vout。开关电路50可进一步包括

输入电容 Cin 用于将输入电压 Vin 进行滤波。开关电路 50 除了具有接收输入电压 Vin 的电源输入端和提供输出电压 Vout 的电源输出端外，还具有接收第一控制信号 HS 的第一控制信号输入端和接收第二控制信号 LS 的第二控制信号输入端，其中第一控制信号输入端耦接开关 Q1 的控制端，第二控制信号输入端耦接同步整流管 Q2 的控制端。当开关 Q1 导通时，同步整流管 Q2 关断，开关节点 SW 上的电压上升至输入电压 Vin，输出电流经输出电感 L 从开关节点 SW 流向电源输出端，负载电流 Io 上升。此时输出电容 Co 可被充电，输出电压 Vout 可上升。然后，开关 Q1 关断，同步整流管 Q2 导通，输出电流经输出电感 L 和同步整流管 Q2 从电源输出端流向参考地 GND。此时输出电容 Co 可放电，输出电压 Vout 可下降。开关节点 SW 处的电压被 PWM 信号调制，波形近可似于 PWM 波形。开关节点 SW 处电压经输出电感 L 和输出电容 Co 的滤波被转换成直流电压 Vout。该直流电压 Vout 受负载 LD 大小的影响而波动。例如，当负载 LD 升高时，如负载 LD 阻抗降低，输出电压 Vout 下降。当负载 LD 降低时，输出电压 Vout 升高。此外由于输出电容 Co 等效电阻的存在，输出电压 Vout 具有与 PWM 信号周期相近的纹波。在另一些实施例中，开关电路可包括升压型（boost）转换电路或其它类型的开关电路。

[0027] 加法电路 52 将输出电流反馈信号 CS、输出电压反馈信号 FB 和斜坡信号 SLP 进行叠加，生成复合反馈信号 FB2。在一个实施例中，加法电路 52 将输出电流反馈信号 CS、输出电压反馈信号 FB 和斜坡信号 SLP 以 1 :1 :1 的比例进行叠加。在另外的实施例中，加法电路 52 可将输出电流反馈信号 CS、输出电压反馈信号 FB 和斜坡信号 SLP 以任意的其它比例进行叠加。输出电流反馈信号 CS 可通过检测流过开关 Q1 的电流获得，其中流过开关 Q1 的电流在上升阶段可反映输出电流的变化。在另一个实施例中，输出电流反馈信号 CS 通过检测流过输出电感 L 的电流来获得。输出电流反馈信号可通过任意形式的电流检测电路和电流检测方法获得。

[0028] 斜坡信号 SLP 由斜坡信号发生电路 521 生成并输出。在一个实施例中，斜坡信号 SLP 具有与时钟信号 CLK 相同的频率，并至少在输出电流上升阶段具有斜坡。

[0029] 直流校正电路 53 包括跨导型误差放大电路 531 和补偿电路 532。跨导型误差放大电路 531 具有耦接电源输出端用于接收输出电压反馈信号 FB 的第一输入端，耦接参考电压 Vref 的第二输入端以及输出端。在图示的实施例中，跨导型误差放大电路 531 的同相输入端耦接参考电压 Vref，反相端耦接输出电压反馈信号 FB。跨导型误差放大电路 531 用于将输出电压反馈信号 FB 与参考电压 Vref 的差值进行积分放大，并输出电流信号，该电流信号经补偿电路 532 的转换在跨导型误差放大电路 531 的输出端提供输出电压校正信号 V1。补偿电路 532 包括串联的电容 Cc 和电阻 Rc，串联的电容 Cc 和电阻 Rc 一端耦接参考地 GND，另一端耦接跨导型误差放大电路 531 的输出端。其中电容 Cc 耦接参考地，电阻 Rc 耦接跨导型误差放大电路 531 的输出端。补偿电路 532 可设置具有低通滤波功能，使得输出电压校正信号 V1 具有很低的频率，即输出电压校正信号 V1 较为平坦。当负载上升时，输出电压反馈信号 FB 下降，输出电压校正信号 V1 可平缓上升。在另一个实施例中，当负载上升时，输出电压 Vout 下降，而输出电压反馈信号可为上升，相应地输出电压反馈信号输入跨导型误差放大电路的同相端，使得输出电压校正信号亦平缓上升。

[0030] 比较电路 54 的同相端接收复合反馈信号 FB2，比较电路 54 的反相端接收参考信号 V1（该实施例中为输出电压校正信号 V1），比较电路 54 的输出端输出比较信号 CP 至逻辑电

路 55 用于控制开关 Q1 的导通或关断。当复合反馈信号 FB2 大于输出电压校正信号 V1 时，比较信号 CP 为高电平，触发逻辑电路 55 输出低电平的 PWM 信号用于关断开关 Q1。然而在另一个实施例中，比较电路的同相端和反相端接收信号可相反。

[0031] 逻辑电路 55 包括时钟信号发生电路 551 和 RS 触发器 552。其中时钟信号发生电路 551 产生时钟信号 CLK。如图所示，时钟信号 CLK 在每一个周期开始时出现一高电平脉冲，用于在每个周期将 PWM 信号置高从而导通开关 Q1。RS 触发器 552 具有置位输入端 S、复位输入端 R 和输出端 Q，其中置位输入端 S 耦接时钟信号发生电路 551 用于接收时钟信号 CLK，复位输入端 R 耦接比较电路 54 的输出端用于接收比较信号 CP，以及输出端 Q 输出 PWM 信号用于控制开关 Q1 的导通和关断。当时钟信号 CLK 为高电平时，RS 触发器 552 输出高电平的 PWM 信号。PWM 信号一直置高，直到当比较信号 CP 为高电平时，PWM 信号置低。当下一个时钟高电平脉冲到来时，PWM 信号再次置高。在另一个实施例中，RS 触发器 552 的置位输入端接收比较信号，而复位输入端接收时钟信号，而当 PWM 信号为低电平时开关 Q1 导通。

[0032] 驱动电路 56 用于将逻辑电路 55 输出的逻辑电平的 PWM 信号转换成适于驱动开关 Q1 的第一控制信号 HS 和适于控制同步整流管 Q2 的第二控制信号 LS。在另一个实施例中，开关电路 50 不包括同步整流管，驱动电路 56 只输出控制开关的第一控制信号 HS。

[0033] 控制电路 51 可进一步包括电压反馈电路 57，用于耦接开关电路 50 的电源输出端将输出电压 Vout 转换成输出电压反馈信号 FB。电压反馈电路 57 包括电阻分压电路，即包括第一电阻 R1 和第二电阻 R2，其中第一电阻 R1 的第一端作为电压反馈电路 57 的输入端耦接开关电路 50 的电源输出端 Vout，第一电阻 R1 的第二端耦接第二电阻 R2，第二电阻 R2 的另一端耦接参考地 GND，第一电阻和第二电阻的公共节点即第一电阻 R1 的第二端作为输出端提供输出电压反馈信号 FB。这样，输出电压反馈信号 FB 正比于输出电压 Vout，即 FB=R2/(R1+R2)*Vout。在另一些实施例中，电压反馈电路 57 可包括其它类型的电路，或具有其它类型的检测部件。

[0034] 图 6 示出了根据本实用新型一实施例的 SMPS 中多个信号的波形示意图。该示意图从上至下分别表示参考信号 V1，复合反馈信号 FB2，输出电流反馈信号 CS，输出电压反馈信号 FB，负载电流 Io，PWM 信号和时钟信号 CLK。下面将结合图 5 和图 6 中的波形示意图阐述 SMPS 工作的方式。如图 5 所示，因为补偿电路 532 采用低频滤波，输出电压校正信号 V1 很平坦，在较短时间内基本为直流电压。该电路不需要对补偿电路进行复杂的校正。在另一个实施方式中，参考信号 V1 为直流参考信号。输出电压反馈信号 FB 具有周期性的纹波，同时受负载变化的影响。在时间 t3，负载增大，即负载电流 Io 增大，输出电压反馈信号 FB 跟随输出电压 Vout 下降而下降。输出电流反馈信号 CS 为流过开关 Q1 的输出电流检测信号，在开关 Q1 导通期间（PWM 信号为高）上升，在开关 Q1 关断期间（PWM 信号为低）无电流。复合反馈信号 FB2 为输出电流反馈信号 CS、输出电压反馈信号 FB 和斜坡信号 SLP 的叠加信号，即复合反馈信号 FB2=CS+FB+SLP。斜坡信号 SLP 用于斜率补偿，使得复合反馈信号 FB2 更迅速更稳定地触发开关 Q1 的变化，降低误触发，提高可靠性。当输出电压反馈信号 FB 较大时，复合反馈信号 FB2 信号的上升初始值也较大；当输出电压反馈信号 FB 较低时，复合反馈信号 FB2 的上升初始值也较低，从而更好地响应负载的变化。

[0035] 在时间 t1，时钟信号 CLK 出现高电平脉冲，RS 触发器 552 被置位，输出端 Q 提供高电平的 PWM 信号，开关 Q1 导通，输出电流反馈信号 CS 上升。复合反馈信号 FB2 也上升。在

时间 t2，当复合反馈信号 FB2 上升到高于参考信号 V1 时，比较电路 24 输出高电平的比较信号 CP 将 RS 触发器 552 复位，RS 触发器 552 输出端 Q 的 PWM 信号转换为低电平，开关 Q1 关断。当下一个时钟信号 CLK 的高电平脉冲到来时，PWM 信号再次置高以导通开关 Q1。

[0036] 在时间 t3，负载上升，即负载电流 Io 上升，输出电压反馈信号 FB 下降。此时 PWM 信号为低，开关 Q1 处于关断状态。在时间 t4，时钟信号 CLK 的高电平脉冲到来，PWM 信号转换为高电平，开关 Q1 导通。因为在时间 t4 时的输出电压反馈信号 FB 比在时间 t1 时的输出电压反馈信号 FB 低，复合反馈信号 FB2 的初始值较低，因此需要更长的时间使得复合反馈信号 FB2 上升至高于输出电压校正信号 V1，这直接导致在该周期 PWM 信号占空比提高，因此很好地响应了负载上升的变化。从图上可见，SMPS 对负载瞬态变化的响应时间为 Td，小于一个时钟周期。这种对负载瞬态变化的快速响应使得系统对输出电压校正信号 V1 对负载瞬态响应的调节重要性降低，因此不需对补偿电路进行复杂的调节，使得控制电路和控制简单，控制稳定。

[0037] 图 7 示出了根据本实用新型一实施例的负载上升时的瞬态响应波形图以及传统控制方法下负载上升时的瞬态响应波形图。其中信号 HS 代表了根据本实用新型一实施例的 PWM 控制信号波形图。信号 FB 代表了根据本实用新型一实施例的输出电压反馈信号波形图。HS-A 代表了传统控制方法的采用补偿网络调节控制方法下的 PWM 控制信号波形图。FB-A 代表了传统控制方法下的输出电压反馈信号波形图。其中其它条件如输入电压、输出电压预定值、负载条件等在上述两个例子中一致。可以看到，当负载上升时，输出电压反馈信号下降。当输出电压反馈信号回复到预定值附近时，相比传统控制方法，根据本实用新型一实施例的 PWM 信号能及时地适应这种变化，在短时间内具有比传统控制方法更大的占空比，且输出电压反馈信号 FB 的过冲和波动比较小。而传统控制方法中的输出电压反馈信号 FB-A 具有较大的过冲和波动。可见根据本实用新型一实施例的 SMPS 和控制方法在负载上升时具有更快速更良好的瞬态响应和更稳定的控制。

[0038] 图 8 示出了根据本实用新型一实施例的负载下降时的瞬态响应波形图以及传统控制方法下的负载下降时的瞬态响应波形图。其中 HS 代表了根据本实用新型一实施例的 PWM 控制信号波形图。FB 代表了根据本实用新型一实施例的输出电压反馈信号波形图。HS-A 代表了传统控制方法的采用补偿网络调节控制方法下的 PWM 控制信号波形图。FB-A 代表了传统控制方法下的输出电压反馈信号波形图。其中其它条件如输入电压、输出电压预定值、负载条件等在上述两个例子中一致。可以看到，当负载下降时，输出电压反馈信号上升。当输出电压反馈信号回复到预定值附近时，相比传统控制方法，根据本实用新型一实施例的 PWM 信号能及时地适应这种变化，在短时间内具有比传统控制方法更小的占空比，输出电压反馈信号 FB 的过冲和波动比较小。而传统控制方法中的输出电压反馈信号 FB-A 具有较大的过冲和波动。可见根据本实用新型一实施例的 SMPS 和控制方法在负载下降时具有更快速更良好的瞬态响应和更稳定的控制。

[0039] 上述的一些特定实施例仅仅以示例性的方式对本实用新型进行说明，这些实施例不是完全详尽的，并不用于限定本实用新型的范围。对于公开的实施例进行变化和修改都是可能的，其他可行的选择性实施例和对实施例中元件的等同变化可以被本技术领域的普通技术人员所了解。本实用新型所公开的实施例的其他变化和修改并不超出本实用新型的精神和保护范围。

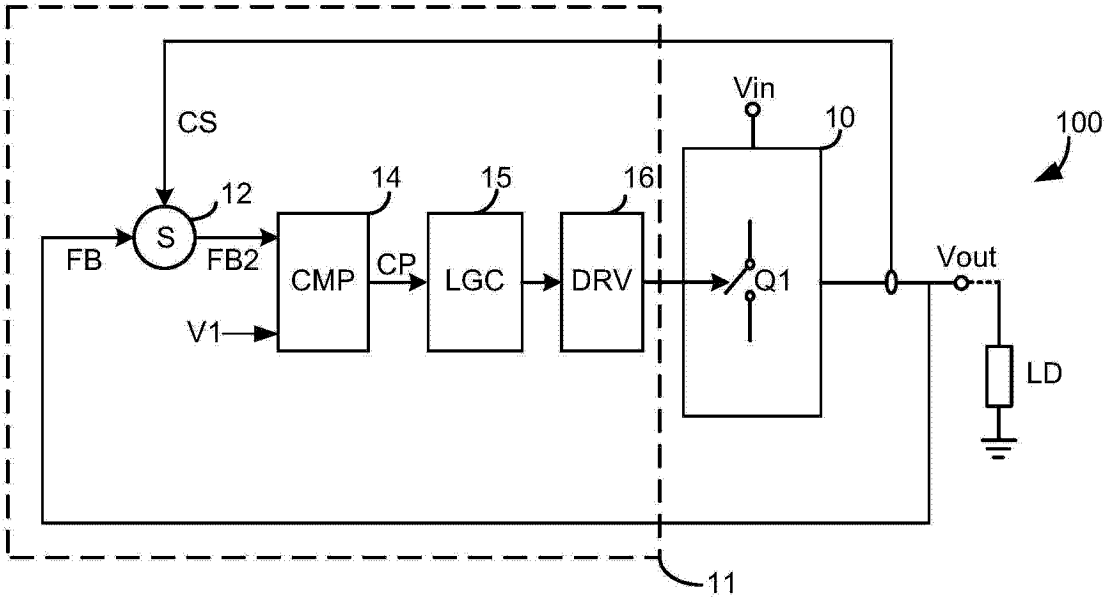

CS
Vin
10
100
12
14
15
16
S
FB
FB2
CMP
CP
LGC
DRV
Q1
Vout
V1
LD
11

图 1

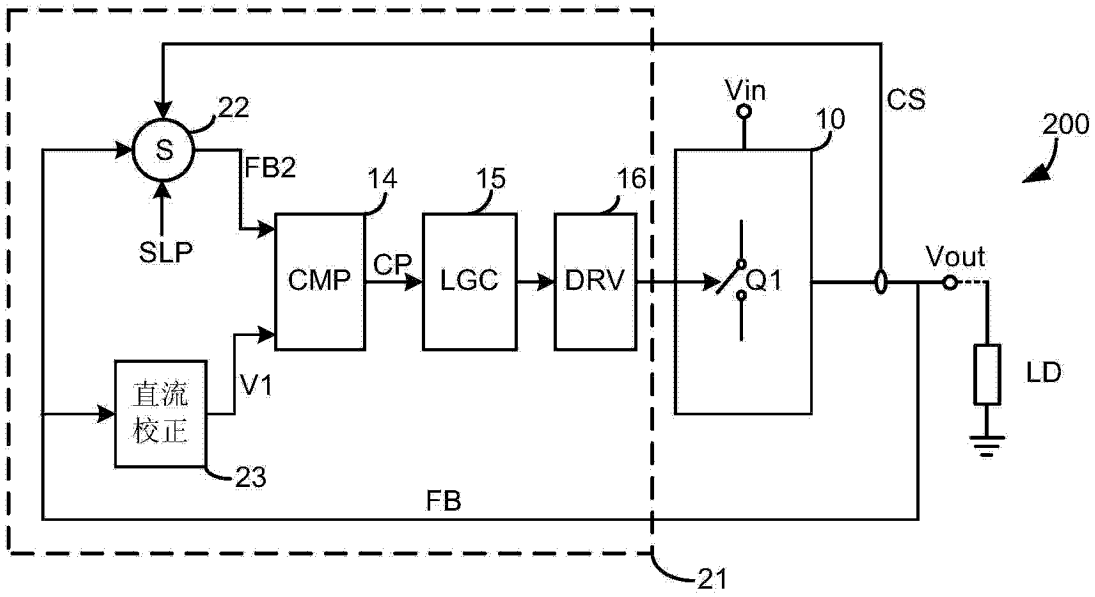

Vin
CS
10
200
22
S
FB2
14
15
16
SLP
CMP
CP
LGC
DRV
Q1
Vout
直流
校正
V1
LD
23
FB
21

图 2

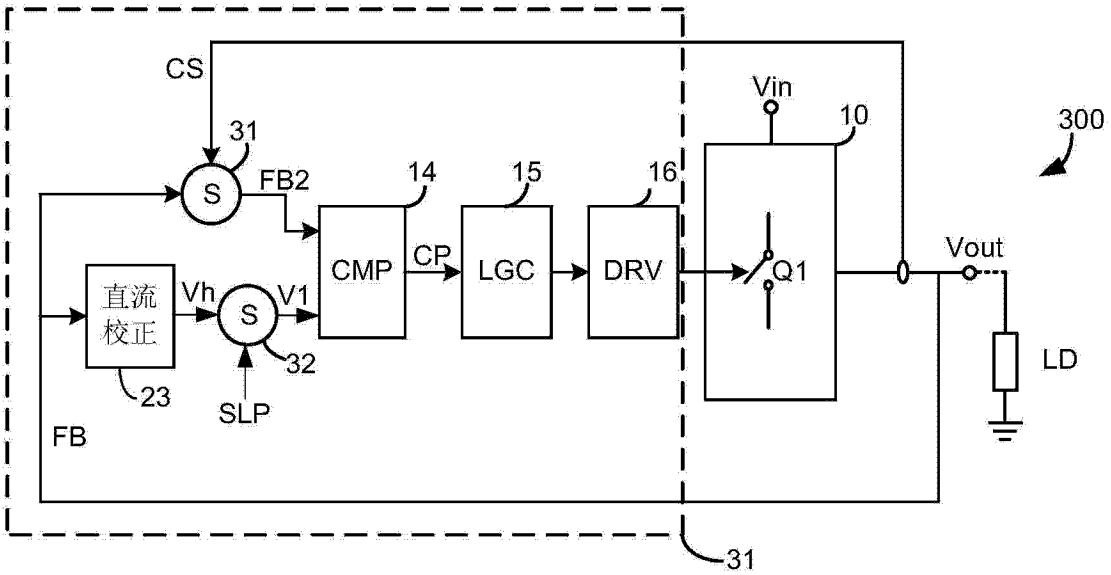

CS
31
S
FB2
14
15
16
Vin
10
300
CMP
CP
LGC
DRV
Q1
Vout
直流
校正
Vh
S
V1
32
LD
23
SLP
FB
31

图 3

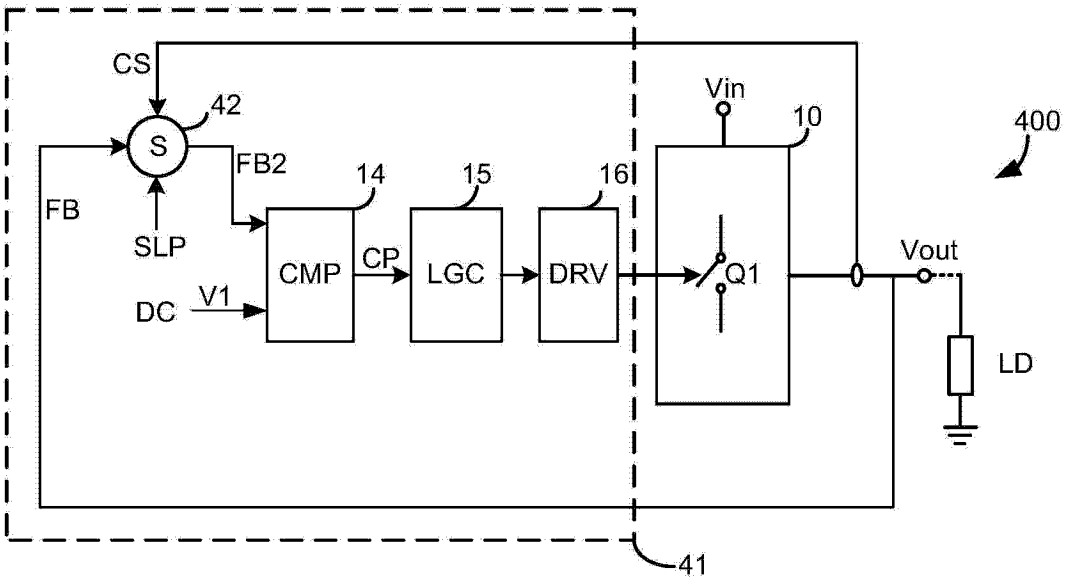

CS
42
S
FB2
14
15
16
Vin
10
400
FB
SLP
CMP
CP
LGC
DRV
Q1
Vout
DC
V1
LD
41

图 4

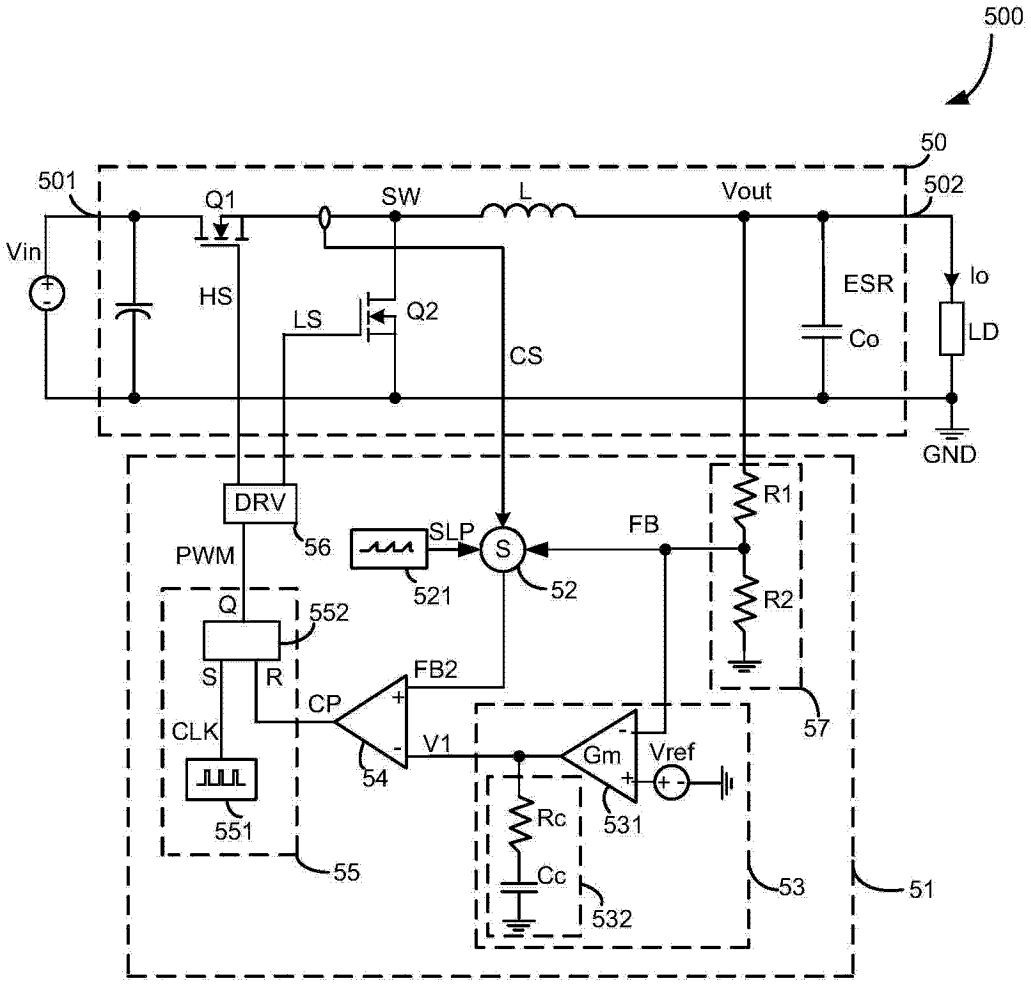

500
50
501
502
Q1
SW
L
Vout
Vin
HS
LS
Q2
CS
ESR
Co
Io
LD
GND
DRV
56
PWM
SLP
521
S
52
FB
R1
R2
57
Q
552
S
R
CP
FB2
CLK
V1
54
Gm
Vref
551
55
Rc
Cc
531
532
53
51

图 5

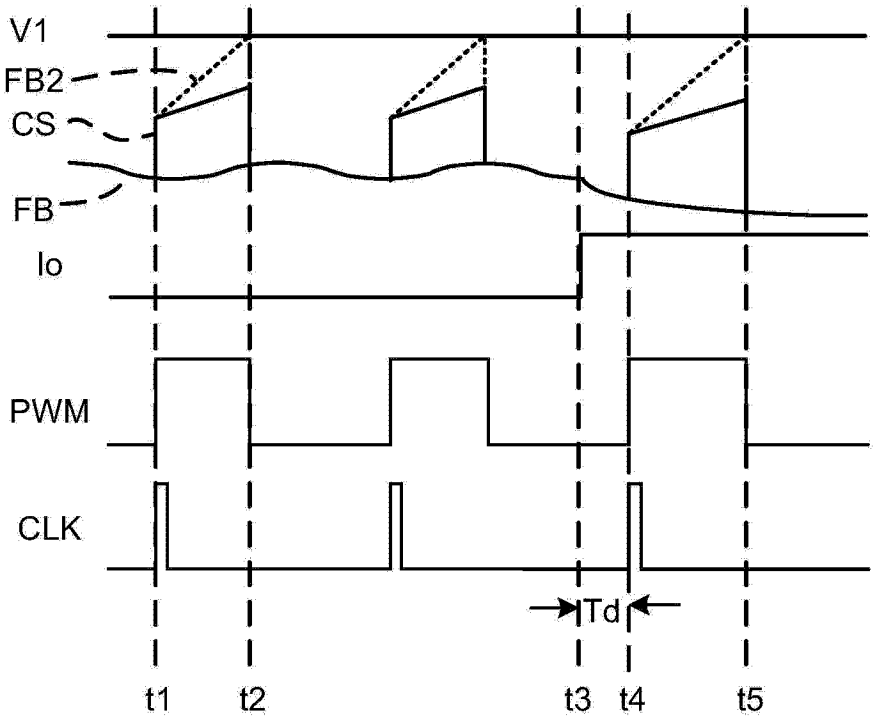


图 6

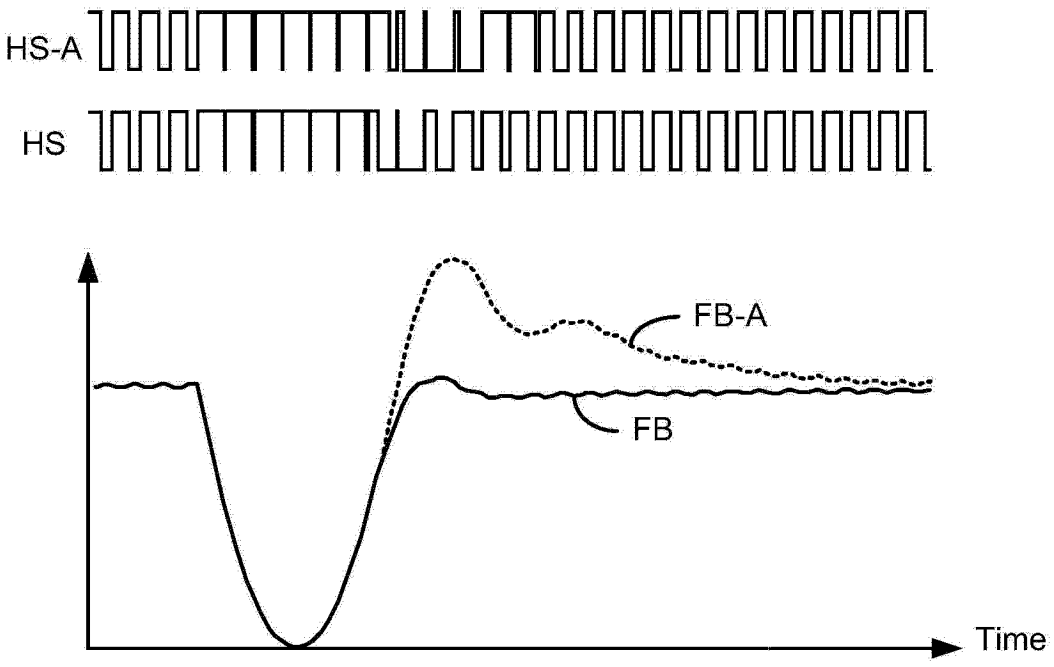


图 7

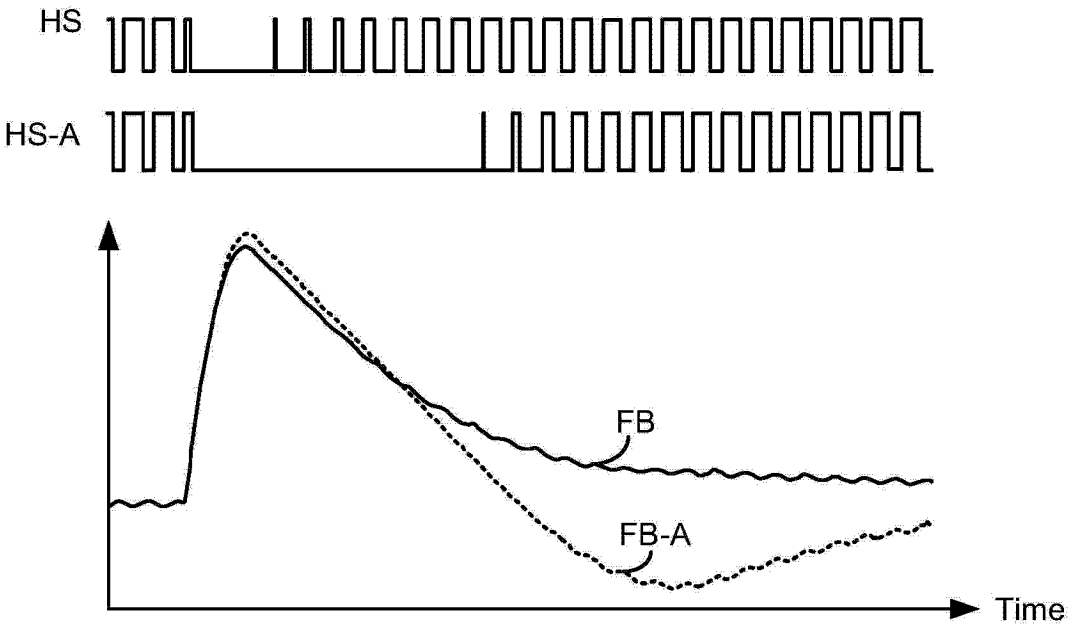


图 8