(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 116711196 A
(43)申请公布日 2023.09.05

(21)申请号 202180087508.8
(22)申请日 2021.12.28
(30)优先权数据
17/138,484 2020.12.30 US
(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2023.06.26
(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2021/065269 2021.12.28
(87)PCT国际申请的公布数据
WO2022/146956 EN 2022.07.07
(71)申请人 德克萨斯仪器股份有限公司
地址 美国德克萨斯州
(72)发明人 N·巴夫纳 M·文卡茨瓦兰 M·杰恩 V·加喀尔 V·拉坎帕尔 P·C·A·塔德帕啼 P·拉玛西达亚
(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245
专利代理师 袁策
(51)Int.Cl.
H02M 3/156(2006.01)

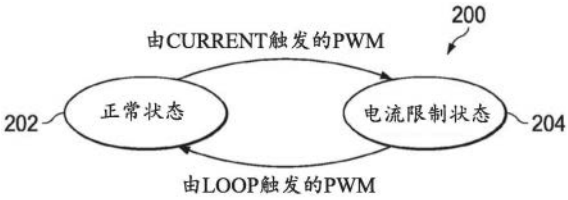
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54)发明名称

电源转换器控制

(57)摘要

在一些示例中，一种电路包括状态机。状态机被配置为在第一状态(202)下操作，在该第一状态下，状态机根据由电压控制回路提供的第一信号对被提供用于控制电源转换器的脉冲宽度调制(PWM)信号进行门控。状态机被配置为在第二状态(204)下操作，在该第二状态下，状态机根据由电流限制比较器提供的第二信号对PWM信号进行门控。状态机被配置为：响应于在电源转换器的开关周期内第二信号在第一信号变为有效之后才变为有效，从第一状态转变到第二状态。状态机被配置为：响应于在电源转换器的开关周期内第一信号在第二信号之后有效，从电流状态转换到第一状态。



CN 116711196 A

1.一种电路,包括:

状态机,所述状态机被配置为:

在第一状态下操作,在所述第一状态下,所述状态机根据由电压控制回路提供的第一信号对被提供用于控制电源转换器的脉冲宽度调制(PWM)信号进行门控;

在第二状态下操作,在所述第二状态下,所述状态机根据由电流限制比较器提供的第二信号对所述PWM信号进行门控;

响应于在所述电源转换器的开关周期内所述第二信号在所述第一信号变为有效之后才变为有效,从所述第一状态转变到所述第二状态;以及

响应于在所述电源转换器的开关周期内所述第一信号在所述第二信号之后有效,从所述第二状态转换到所述第一状态。

2.根据权利要求1所述的电路,其中,所述电压控制回路被配置为将所述电源转换器的输出电压与电压斜坡进行比较,以确定作为所述第一信号提供的输出。

3.根据权利要求1所述的电路,其中,所述电流限制比较器被配置为将表示流过所述电源转换器的电流的信号的值与电流限制阈值进行比较,以确定作为所述第二信号提供的输出。

4.根据权利要求3所述的电路,其中,所述电流限制比较器被配置为由消隐信号进行门控。

5.根据权利要求4所述的电路,其中,在所述第一状态下,所述消隐信号响应于所述PWM信号的无效而有效并且在有效之后的编程时间量内无效。

6.根据权利要求4所述的电路,其中,在所述第二状态下,所述消隐信号响应于所述第二信号的无效而无效并且在有效之后的编程时间量内有效。

7.根据权利要求4所述的电路,其中,所述电流限制比较器被配置为当所述消隐信号具有有效值时被阻止提供具有有效值的所述第二信号。

8.一种电路,包括:

第一比较器,所述第一比较器具有第一输出端、第一输入端和第二输入端,所述第一输入端被适配成耦合到电源转换器的输出端,并且所述第二输入端被配置为接收电压斜坡信号;

电流感测元件,所述电流感测元件具有电流感测输入端和电流感测输出端,所述电流感测输入端被适配成耦合到所述电源转换器;

第二比较器,所述第二比较器具有第二输出端、第三输入端、第四输入端和消隐输入端,所述第三输入端耦合到所述电流感测输出端,所述第四输入端被配置为接收电流限制阈值信号,并且所述消隐输入端被配置为接收消隐信号;以及

状态机,所述状态机耦合到所述第一输出端和所述第二输出端,并且被配置为基于所述第一输出端处的信号和所述第二输出端处的信号来提供用于控制所述电源转换器的脉冲宽度调制(PWM)信号。

9.根据权利要求8所述的电路,其中,所述第二比较器被配置为响应于所述消隐信号有效而防止使所述第二输出端处的所述信号有效。

10.根据权利要求8所述的电路,其中,所述状态机被配置为响应于所述PWM信号是基于所述第一输出端处的所述信号被提供的而在第一状态下操作。

11.根据权利要求10所述的电路,其中,当所述状态机在所述第一状态下操作时,所述消隐信号响应于所述PWM信号的无效而在脉冲持续时间内有效。

12.根据权利要求8所述的电路,其中,所述状态机被配置为响应于所述PWM信号是基于所述第二输出端处的所述信号被提供的而在第二状态下操作。

13.根据权利要求12所述的电路,其中,当所述状态机在所述第二状态下操作时,所述消隐信号响应于所述第二输出端处的所述信号的无效而无效并且在无效之后的编程时间量内有效。

14.一种系统,包括:

负载;以及

开关模式电源(SMPS),所述SMPS耦合到所述负载并且包括被配置为基于由所述SMPS施加的控制将电力切换到所述负载的电源转换器,其中,所述SMPS被配置为实施状态机,所述状态机被配置为:

在第一状态下操作,在所述第一状态下,所述状态机根据由电压控制回路提供的第一信号对被提供用于控制所述电源转换器的脉冲宽度调制(PWM)信号进行门控;

在第二状态下操作,在所述第二状态下,所述状态机根据由电流限制比较器提供的第二信号对所述PWM信号进行门控;

响应于在所述电源转换器的开关周期内所述第二信号在所述第一信号变为有效之后才变为有效,从所述第一状态转变到所述第二状态;以及

响应于在所述电源转换器的开关周期内所述第一信号在所述第二信号之后有效,从所述电流状态转换到所述第一状态。

15.根据权利要求14所述的系统,其中,所述电压控制回路被配置为将所述电源转换器的输出电压与电压斜坡进行比较,以确定作为所述第一信号提供的输出。

16.根据权利要求14所述的系统,其中,所述电流限制比较器被配置为将表示流过所述电源转换器的电流的信号的值与电流限制阈值进行比较,以确定作为所述第二信号提供的输出。

17.根据权利要求16所述的系统,其中,所述电流限制比较器被配置为由消隐信号进行门控。

18.根据权利要求17所述的系统,其中,在所述第一状态下,所述消隐信号响应于所述PWM信号的无效而有效并且在有效之后的编程时间量内无效。

19.根据权利要求17所述的系统,其中,在所述第二状态下,所述消隐信号响应于所述第二信号的无效而无效并且在有效之后的编程时间量内有效。

20.根据权利要求17所述的系统,其中,所述电流限制比较器被配置为当所述消隐信号具有有效值时被阻止提供具有有效值的所述第二信号。

电源转换器控制

背景技术

[0001] 开关模式电源(SMPS)通过对通过开关节点/端子耦合到储能元件(比如电感器、变压器的电感、和/或电容器)的一个或多个功率晶体管或其他开关元件进行开关来将电力从输入电源传递到负载,该SMPS能够耦合到负载。功率晶体管可以包括在电源转换器中,该电源转换器包括或能够耦合到储能元件。SMPS可以包括SMPS控制器以提供一个或多个栅极驱动信号来对(多个)功率晶体管进行开关。可以基于流过电源转换器的电流来控制(多个)功率晶体管的开关。

发明内容

[0002] 在一些示例中,一种电路包括状态机。状态机被配置为在第一状态下操作,在该第一状态下,状态机根据由电压控制回路提供的第一信号对被提供用于控制电源转换器的脉冲宽度调制(PWM)信号进行门控。状态机被配置为在第二状态下操作,在该第二状态下,状态机根据由电流限制比较器提供的第二信号对PWM信号进行门控。状态机被配置为:响应于在电源转换器的开关周期内第二信号在第一信号变为有效之后才变为有效,从第一状态转变到第二状态。状态机被配置为:响应于在电源转换器的开关周期内第一信号在第二信号之后有效,从电流状态转换到第一状态。

[0003] 在一些示例中,一种电路包括第一比较器、电流感测元件、第二比较器和状态机。第一比较器具有第一输出端、第一输入端和第二输入端,该第一输入端被适配成耦合到电源转换器的输出端并且该第二输入端被配置为接收电压斜坡信号。电流感测元件具有电流感测输入端和电流感测输出端,该电流感测输入端被适配成耦合到电源转换器。第二比较器具有第二输出端、第三输入端、第四输入端和消隐输入端,该第三输入端耦合到电流感测输出端,该第四输入端被配置为接收电流限制阈值信号,并且该消隐输入端被配置为接收消隐信号。状态机耦合到第一输出端和第二输出端,并且被配置为基于第一输出端处的信号和第二输出端处的信号来提供用于控制电源转换器的PWM信号。

[0004] 在一些示例中,一种系统包括负载和开关模式电源(SMPS)。SMPS耦合到负载并且包括被配置为基于由SMPS施加的控制将电力切换到负载的电源转换器。SMPS被配置为实施状态机,该状态机被配置为在第一状态下操作,在该第一状态下,状态机根据第一信号对被提供用于控制电源转换器的PWM信号进行门控。状态机被配置为在第二状态下操作,在该第二状态下,状态机根据第二信号对PWM信号进行门控。状态机被配置为:响应于在电源转换器的开关周期内第二信号在第一信号变为有效之后才变为有效,从第一状态转变到第二状态。状态机被配置为:响应于在电源转换器的开关周期内第一信号在第二信号之后有效,从电流状态转换到第一状态。

附图说明

[0005] 图1是示例系统的框图。

[0006] 图2是状态机的示例状态图。

[0007] 图3是可以在SMPS中提供的信号的示例信号图。

[0008] 图4是可以在SMPS中提供的信号的示例信号图。

具体实施方式

[0009] 在一些设备架构中,开关模式电源(SMPS)包括或者能够耦合到与负载并联的输出电容器。SMPS控制器对(多个)功率晶体管进行开关以形成具有(多个)储能元件的电路布置,从而将负载电流供应到负载和/或输出电容器以使输出电压保持稳定。可替代地,虽然未在本文示出,但至少一些功率晶体管可以被实施为无源开关,比如二极管。在电源转换器的充电开关状态和/或放电开关状态期间,功率晶体管可以通过开关节点/端子耦合到储能电感器。在至少一些示例中,储能电感器通过SMPS控制器在充电开关状态与放电开关状态之间进行切换,以将电感器电流(例如,通过储能电感器的电流)供应到负载和输出电容器以使输出电压保持稳定。如上所述,在至少一些示例中,功率晶体管中的一个或多个被无源开关代替,这些无源开关基于接收到的输入信号的特性做出反应并且不通过SMPS控制器进行切换。在一些示例中,SMPS可以被配置为具有储能元件但没有输出电容器的恒流源以进行操作。电源转换器周期性地重复开关状态(比如“开”状态和“关”状态)的序列。单个开/关周期可以被称为开关周期。

[0010] 功率晶体管可以被实施为场效应晶体管(FET)(比如金属氧化物场效应晶体管(MOSFET))或任何其他合适的固态晶体管器件(例如,比如双极结型晶体管(BJT))。电源转换器可以具有各种架构,每种架构都具有特定的功能,比如降压、升压和降压-升压等。取决于使用降压-升压转换器的应用,电源转换器的输入电压(VIN)和/或输出电压(VOUT)可能有所不同。为了解决这一问题,SMPS控制器将控制降压-升压转换器在不同的操作模式下操作。例如,基于VIN大于VOUT,SMPS控制器将使电源转换器在降压操作模式下操作。基于VIN小于VOUT,SMPS控制器将使电源转换器在升压操作模式下操作。基于VIN大致等于VOUT,SMPS控制器将使电源转换器在降压-升压操作模式下操作或在降压操作模式和升压操作模式的交替周期中操作。上述示例是非排他性的并且总体上适用于具有降压-升压拓扑结构或架构的电源转换器。然而,上述示例中的至少一些还适用于在某些控制模式下操作的具有其他拓扑结构或架构(比如降压或升压)的电源转换器。

[0011] 为了控制电源转换器的操作模式,SMPS控制器向电源转换器的一个或多个功率晶体管提供栅极控制信号。由功率晶体管接收的栅极控制信号控制功率晶体管是处于导电状态(例如,导通)还是处于非导电状态(例如,关断)。电源转换器的每种状态涉及处于导通状态的晶体管和处于非导通状态的晶体管的特定组合。为了改变电源转换器的操作模式,SMPS控制器修改其命令晶体管采取的开关状态序列。在至少一些示例中,SMPS控制器实施状态机或其他逻辑,使得基于电源转换器的操作模式或用于电源转换器的操作模式来确定栅极控制信号的值。此外,当保持在电源转换器的操作模式下时,SMPS控制器可以修改栅极控制信号中的一个或多个的值,以使一个或多个功率晶体管交替地导通和关断。

[0012] 在一些示例中,储能元件可能变得饱和。例如,当储能元件是电感器时,储能元件可能变得饱和,使得电感器的磁通量不会随着通过电感器的电流增加而递增。以这种方式,电感器的饱和可能会造成电感器电流不受控制地增加。电感器电流不受控制地增加进而可能会损坏从SMPS接收VOUT的负载或以其他方式对负载产生不利影响。进一步地,电感器重

复饱和可能使电感器的操作特性发生变化(比如其饱和点发生变化),并且可能会损坏电感器或对电感器产生不利影响。为了防止储能元件的饱和,可以在SMPS中实施电流限制。例如,SMPS可以对储能元件实施谷值或峰值感测电流限制。然而,基于感测电流限制的控制有时可能具有某些缺点,比如在低占空比操作下或以高开关频率运行时。例如,在每种操作情况下,对电流进行感测与基于感测到的电流做出控制决策之间的延迟可能大于在SMPS控制器已经提供使储能元件的电流超过所编程的电流限制的脉冲宽度调制(PWM)信号之前的可用时间量。

[0013] 本文描述了用于控制电源转换器的控制方案的各种示例。在一些示例中,电源转换器可以是SMPS的部件。控制方案可以在控制器中实施,该控制器也可以是SMPS的部件或者可以被适配成耦合到SMPS。例如,控制器可以实施状态机(比如数字有限状态机),以根据本文的控制方案来控制电源转换器。在本文的控制方案的至少一些示例中,定义了两种操作模式。第一种操作模式是正常操作模式,而第二种操作模式是电流限制操作模式。在至少一些示例中,状态机可以接收来自PWM比较器的输入信号,该比较器将具有基于电源转换器的输出电压的值的信号与参考信号(比如电压斜坡信号(Vramp))进行比较。状态机还可以接收来自电流限制比较器的输入信号,该电流限制比较器将电源转换器的储能元件的感测电流与所编程的电流限制阈值进行比较。PWM比较器可以提供信号LOOP,而电流限制比较器可以提供信号CURRENT,出于本文的目的,这些信号中的每一个都是低电平有效信号。

[0014] 电流限制比较器可以通过消隐信号(BLANK)进行门控,出于本文的目的,该消隐信号也是低电平有效信号。例如,当BLANK有效时,可以防止电流限制比较器将CURRENT提供为具有有效值,而不管电源转换器的储能元件的感测电流的值或电流限制阈值如何。通过修改BLANK有效的时间量,可以在BLANK的编程时间内阻止电流限制比较器,而不管电源转换器的最小导通时间如何。编程时间可以基于电源转换器的开关频率,从而提高电源转换器的电流限制控制的准确性,比如通过提高电源转换器的控制的抗噪能力。在一些示例中,BLANK的有效可以进一步考虑其他电路条件。例如,可以至少部分地根据传感器输出、信号、各种编程的电路保护或操作方案等来确定BLANK是否有效。例如,微控制器或其他(多个)处理部件(比如数字逻辑器件)可以接收信号并提供具有基于那些接收到的信号和使用BLANK的特定用例确定的值的BLANK。

[0015] 在至少一些示例中,状态机可以被配置为响应于在电源转换器的开关周期期间LOOP和CURRENT中第二个变得有效的信号而提供具有有效值的PWM信号。在上述正常操作模式期间,由状态机提供的用于激发电源转换器的脉冲的PWM信号通过LOOP进行门控。例如,CURRENT可以先变得有效,然后是LOOP变得有效。在至少一些示例中,CURRENT可能只有在BLANK也有效时才变得有效。在正常操作模式下,由状态机提供的PWM信号可以基于LOOP变得有效而变得有效。此外,当在正常操作模式下操作时,BLANK可以在由状态机提供的PWM信号的下降沿(例如,无效)处变得有效,并且可以响应于CURRENT变得无效而变得无效。如果在LOOP变得有效之后CURRENT才变得有效,那么由状态机提供的PWM信号可以基于OCP_RAW的有效而变得有效,并且状态机可以转到电流限制操作模式。在电流限制操作模式下,由状态机提供的PWM信号可以基于CURRENT变得有效而变得有效。此外,当在电流限制操作模式下操作时,BLANK有效的时间量可以是可编程的,以防止OCP_BLANK在编程时间量期间变得有效。如果在CURRENT变得有效之后LOOP才变得有效,那么由状态机提供的PWM信号可以基

于LOOP的有效而再次变得有效，并且状态机可以返回到正常操作模式。在至少一些示例中，BLANK的可编程性有助于电源转换器在各种开关频率上操作，这提供了基于CURRENT的准确控制，同时限制了对电源转换器的瞬态性能的不利影响。

[0016] 图1示出了示例系统100的框图。在至少一个示例中，系统100包括SMPS 102，该SMPS包括控制器104和电源转换器106。SMPS 102通过电源转换器106将提供给SMPS 102的电力作为VIN切换到负载108。在一些示例中，SMPS被适配成在SMPS 102的输出端子处耦合到负载108。在一些示例中，电源转换器106是降压电源转换器。在其他示例中，电源转换器106是降压-升压电源转换器，该降压-升压电源转换器能够根据降压操作模式、升压操作模式和/或降压-升压操作模式进行操作。在其他示例中，电源转换器106是升压电源转换器。出于描述性目的，本文假设实施的电源转换器为降压电源转换器。在至少一个示例中，控制器104包括或者被适配成耦合到PWM比较器111、电流限制比较器112和状态机114。在一些示例中，电源转换器106还被适配成耦合到电容器115。控制器104可以进一步包括或者被适配成耦合到驱动器116和电流感测元件118。在其他示例中，电流感测元件118是电源转换器106的部件。电源转换器106包括功率晶体管120、功率晶体管122，并且被适配成耦合到电感器124。本文的SMPS 102被示出和描述为对电源转换器106实施谷值模式恒定导通时间控制。然而，其他控制方法是可能的，比如峰值电流模式控制、平均电流模式控制、电压模式控制、或以固定频率方法、可变频率方法、恒定时间方法(例如，恒定Ton或恒定Toff)等实施的任何其他合适形式的控制。

[0017] SMPS 102的至少一个示例包括位于同一半导体管芯上的和/或同一部件封装(package)(或封装(encapsulation))中的控制器104和电源转换器106的至少一些方面，而在其他示例中，控制器104和电源转换器106可以是单独制造的并被适配成耦合在一起。例如，控制器104的至少一些方面可以是单独制造的并耦合在一起。因此，虽然控制器104被示出为包括驱动器116，但在至少一个示例中，该控制器不包括驱动器116，而是被适配成耦合到驱动器116。类似地，被示出为包括在控制器104中的其他部件可以被适配成全部或部分地耦合到控制器104，并且未与控制器104包括在同一半导体管芯上和/或同一部件封装中。类似地，本文中示出或描述为包括在电源转换器106中的部件(比如电感器)可以被适配成全部或部分地耦合到电源转换器106，并且未与电源转换器106包括在同一半导体管芯上和/或同一部件封装中。

[0018] 在系统100的至少一个示例架构中，PWM比较器111具有第一输入端子(例如，正输入端子或非反相输入端子)、第二输入端子(例如，负输入端子或反相输入端子)和输出端子。PWM比较器111的第一输入端子耦合到在其处提供VOUT的节点125，PWM比较器111的第二输入端子被配置为接收Vramp，并且PWM比较器111的输出端子耦合到状态机114。在至少一些示例中，节点125是SMPS 102的输出端子。在至少一些示例中，PWM比较器111的第一输入端子与节点125之间耦合有一个或多个部件或电路，比如回路补偿电路或部件、斜率补偿电路或部件等。电流限制比较器112具有第一输入端子(例如，正输入端子或非反相输入端子)、第二输入端子(例如，负输入端子或反相输入端子)和输出端子。电流限制比较器112的第一输入端子耦合到电流感测元件118，电流限制比较器112的第二输入端子被配置为接收电流限制阈值信号(在图1中示为CURRENT_LIMIT)，并且电流限制比较器112的输出端子耦合到状态机114。电流限制比较器112进一步具有被配置为接收BLANK的控制输入端。状态机

114的输出端子被适配成耦合到驱动器116的输入端子，该驱动器的输出端子被适配成耦合到节点125。电容器115被适配成耦合在节点125与接地之间。功率晶体管120的栅极端子被适配成耦合到节点125，其漏极端子被配置为接收VIN，并且其源极端子耦合到节点126。功率晶体管122的栅极端子被适配成耦合到节点125，其漏极端子被适配成耦合到接地，并且其源极端子耦合到节点126。电感器124被适配成耦合在节点126与节点125之间。电流感测元件118被适配成耦合到电感器124或者以其他方式感测该电感器的电流。在至少一些示例中，控制器104或控制器104中的任何一个或多个部件、和/或电流感测元件118可以统称为电压控制回路，使得在节点125处提供的电压(或在节点125处提供的电压所基于的PWM)由电压控制回路进行控制。

[0019] 在系统100的操作示例中，状态机114基于由状态机114至少部分地基于LOOP和CURRENT而做出的决策来提供PWM。基于PWM，驱动器116被配置为驱动功率晶体管120和功率晶体管122。例如，响应于PWM的有效，驱动器116被配置为驱动功率晶体管120以使功率晶体管120处于导电状态，从而将电流从其中接收VIN的电源传导到节点126来使电感器124通电。当PWM有效时，驱动器116还被配置为驱动功率晶体管122以使功率晶体管122在节点126与接地之间处于非导电状态。响应于PWM无效，驱动器116被配置为驱动功率晶体管120以使功率晶体管120在其中接收VIN的电源与节点126之间处于非导电状态。此外，当PWM无效时，驱动器116被配置为驱动功率晶体管122以使功率晶体管122在节点126与接地之间处于导电状态，从而使电感器124断电。

[0020] PWM比较器111在PWM比较器111的第一输入端子处接收表示VOUT的信号(或者，在一些示例中接收VOUT)。PWM比较器111将表示VOUT的信号与Vramp进行比较。响应于表示VOUT的信号的值不超过Vramp的值，PWM比较器111提供具有有效值的LOOP。响应于表示VOUT的信号的值超过Vramp的值，PWM比较器111提供具有无效值的LOOP。电流限制比较器112在电流限制比较器112的第一输入端子处从电流感测元件118接收表示电感器124的电感器电流的信号(在图1中示出为IL)。电流限制比较器112将IL与CURRENT_LIMIT进行比较。响应于IL的值不超过CURRENT_LIMIT，并且当BLANK具有有效值时，电流限制比较器112提供具有有效值的CURRENT。响应于IL的值超过CURRENT_LIMIT，并且当BLANK具有有效值时，电流限制比较器112提供具有无效值的CURRENT。响应于BLANK具有无效值，电流限制比较器112提供具有无效值的CURRENT。

[0021] 在至少一些示例中，状态机114被配置为响应于LOOP和CURRENT中第二个接收到的信号具有有效值而提供具有有效值的PWM。下文关于图2进一步描述状态机114的操作。

[0022] 图2示出了状态机114的示例状态图200。在至少一些示例中，状态图200表示图1的状态机114的至少一种实施方式的状态和状态转变。状态机114的至少一些示例被配置为实施正常状态202和电流限制状态204。

[0023] 当在正常状态202下操作时，状态机114被配置为控制电源转换器106在正常操作模式下操作，在该正常操作模式下，状态机114根据LOOP对PWM进行门控。例如，当在正常状态202下操作时，在电源转换器106的给定开关周期内，状态机114在已经接收到具有有效值的CURRENT之后可以在同一开关周期内接收具有有效值的LOOP。基于接收到LOOP作为LOOP和CURRENT中第二个变为有效的信号，状态机114提供具有有效值的PWM。在正常状态202下的一些操作示例中，状态机114接收CURRENT作为LOOP和CURRENT中第二个变为有效的信号。

响应于接收到CURRENT作为LOOP和CURRENT中第二个变为有效的信号，状态机114从正常状态202转变到电流限制状态204。

[0024] 当在电流限制状态204下操作时，状态机114被配置为控制电源转换器106在电流限制操作模式下操作，在该电流限制操作模式下，状态机114根据CURRENT对PWM进行门控。例如，当在电流限制状态204下操作时，在电源转换器106的给定开关周期内，状态机114在已经接收到具有有效值的LOOP之后可以在同一开关周期内接收具有有效值的CURRENT。基于接收到CURRENT作为LOOP和CURRENT中第二个变为有效的信号，状态机114提供具有有效值的PWM。响应于状态机114接收LOOP作为LOOP和CURRENT中第二个变为有效的信号，状态机114从电流限制状态204转变回正常状态202。

[0025] 图3示出了可以在SMPS 102中提供的信号的示例信号图300。在至少一些示例中，信号图300示出了PWM、BLANK、CURRENT、LOOP、IL和CURRENT_LIMIT，每一个都如上所述。在至少一些示例中，信号图300对应于状态机114从正常状态202开始并转变到电流限制状态204的操作。

[0026] 如信号图300所示，在正常状态202下，状态机114基于LOOP的有效而在脉冲持续时间内提供PWM。当在正常状态202下操作时，BLANK被配置为响应于PWM的无效(例如，下降沿)而变为有效。当BLANK有效时，电流限制比较器112允许CURRENT有效。例如，当BLANK有效时并且响应于IL小于或等于CURRENT_LIMIT，CURRENT可以在脉冲持续时间内有效。当BLANK无效时，禁止或阻止电流限制比较器112提供具有有效值的CURRENT。

[0027] 如信号图300进一步所示，响应于CURRENT的有效变得延迟使其成为LOOP和CURRENT中第二个变为有效的信号，状态机114基于CURRENT的有效而提供PWM。例如，响应于由负载108汲取的电流的增加，IL也增加。随着IL的增加，CURRENT的有效开始延迟。类似地，如果由负载108汲取的电流大于CURRENT_LIMIT，则LOOP有效的频率可以增加以便为负载108提供更多的能量。响应于状态机114基于CURRENT的有效而提供PWM，状态机114从正常状态202转变到电流限制状态204，如信号图300所示。当在电流限制状态204下操作时，根据所编程的值来修改BLANK无效从而阻止CURRENT有效的时间段。所编程的值可以基于任何合适的因素来确定，比如电源转换器106的开关频率、PWM的占空比、包括SMPS 102的至少一些部件的电路板的板噪声等。

[0028] 在至少一些示例中，修改BLANK无效的时间段为SMPS 102提供了一定程度的抗噪能力。例如，在不包括BLANK的系统中，响应于IL由于信号噪声或其他外部影响而瞬间超过阈值CURRENT_LIMIT，CURRENT可能变得有效。在一些示例中，当电源转换器中的电感器(比如电感器124)具有较高电感时，电感器可以用具有较小斜率的电流来通电和断电。如本文所述，在不存在BLANK的情况下，这种示例可能易受不正确的CURRENT有效的影响。由信号噪声引起的这些CURRENT有效可能使IL增加超过SMPS 102配置的值，从而可能损坏SMPS 102的部件和/或负载108。此外，通过在可编程的时间量内防止CURRENT有效，防止状态机114提供具有有效值的PWM。在至少一些示例中，这在SMPS 102的低占空比或高开关频率应用中是有利的。例如，在低占空比或高开关频率应用中，在电感器124的电流发生变化与电流限制比较器112基于IL和CURRENT_LIMIT做出决策(其被提供作为CURRENT的值)之间可能存在延迟。这种延迟可能意味着，当电流限制比较器112已经做出决策时，状态机114可能已经提供了另一个有效的PWM脉冲。然而，状态机114然后可以在PWM变得无效之后接收延迟的

CURRENT有效，从而使状态机114响应于LOOP有效而在电源转换器106的最小关断时间之后不久(或之后立即)提供又一个有效的PWM脉冲。这可能会使电源转换器106的电流(有时大量)超过基于CURRENT_LIMIT所设置的编程值，从而可能损坏SMPS 102和/或负载108。通过根据BLANK在编程时间内防止CURRENT有效，可以防止该过冲。

[0029] 图4示出了可以在SMPS 102中提供的信号的示例信号图400。在至少一些示例中，信号图400示出了PWM、BLANK、CURRENT、LOOP、IL和CURRENT_LIMIT，每一个都如上所述。在至少一些示例中，信号图400对应于状态机114从电流限制状态204开始并转变到正常状态202的操作。

[0030] 如信号图400所示，在电流限制状态204下，状态机114基于CURRENT的有效而在脉冲持续时间内提供PWM。当在电流限制状态204下操作时，BLANK被配置为在无效之后的编程时间内变为有效，该BLANK的无效与CURRENT的无效基本上同时发生。当BLANK有效时，电流限制比较器112允许CURRENT有效。例如，当BLANK有效时并且响应于IL小于或等于CURRENT_LIMIT，CURRENT可以在脉冲持续时间内有效。当BLANK无效时，禁止或阻止电流限制比较器112提供具有有效值的CURRENT。在至少一些示例中，这种阻止防止电流限制比较器112不正确地提供基本上连续的多个CURRENT有效。这种不正确提供的多个CURRENT有效可能是由电流限制比较器112(和CURRENT有效)的准确决策及随后的电流限制比较器112(和CURRENT有效)的一个或多个不准确决策引起的，比如，由IL的噪度引起。

[0031] 如信号图400进一步所示，响应于LOOP的有效变得延迟使其成为CURRENT和LOOP中第二个变为有效的信号，状态机114基于LOOP的有效提供PWM。响应于状态机114基于LOOP的有效提供PWM，状态机114从电流限制状态204转变回正常状态202，如信号图400所示。当在正常状态202下操作时，BLANK可以响应于PWM的无效(例如，下降沿)而变得有效并且可以响应于CURRENT的无效而变得无效。

[0032] 在本文中，术语“耦合”可以涵盖能够实现与本文一致的功能关系的连接、通信或信号路径。例如，如果设备A提供信号来控制设备B执行动作，则：(a)在第一示例中，设备A直接耦合到设备B；或者(b)在第二示例中，设备A通过中间部件C间接耦合到设备B，条件是中间部件C基本上没有改变设备A与设备B之间的功能关系，因此设备B由设备A经由设备A提供的控制信号来控制。

[0033] “被配置为”执行任务或功能的设备可以在制造时由制造商配置(例如，编程和/或硬连线)以执行该功能，和/或可以在制造之后可由用户配置(或可重新配置)以执行该功能和/或其他附加或替代的功能。该配置可以通过对设备进行固件和/或软件编程、通过对设备的硬件部件和互连进行构造和/或布局、或其组合来进行。

[0034] 本文描述为包括某些部件的电路或设备可以被适配成与那些部件耦合以形成所描述的电路系统或设备。例如，被描述为包括一个或多个半导体元件(比如，晶体管)、一个或多个无源元件(比如，电阻器、电容器和/或电感器)、和/或一个或多个电源(比如，电压源和/或电流源)的结构可以仅包括单个物理器件(例如，半导体管芯和/或集成电路(IC)封装)内的半导体元件，并且可以被适配成在制造时或制造后(例如由终端用户和/或第三方)与至少一些无源元件和/或电源耦合以形成所描述的结构。

[0035] 虽然某些部件在本文中可能被描述为特定工艺技术的部件，但是这些部件可以更换为其他工艺技术的部件。本文描述的电路可重新配置为包括所替换的部件，以提供至少

部分地与在进行部件替换之前可用的功能类似的功能。除非另有声明，否则被示出为电阻器的部件一般地表示串联和/或并联耦合以提供由所示出的电阻器表示的阻抗量的任何一个或多个元件。例如，本文作为单个部件示出和描述的电阻器或电容器可以替代地分别是在与单个电阻器或电容器相同的两个节点之间串联或并联耦合的多个电阻器或电容器。

[0036] 在本文中“接地电压电位”一词的使用包括外壳接地、地面接地、浮动接地、虚拟接地、数字接地、公共接地和/或适于或适合于本文的教导的任何其他形式的接地连接。除非另有说明，数值前的“大约”、“大致”或“基本上”是指所述值的+/-10％。

[0037] 在权利要求的范围内，对所描述的示例进行修改是可能的，并且其他示例也是可能的。

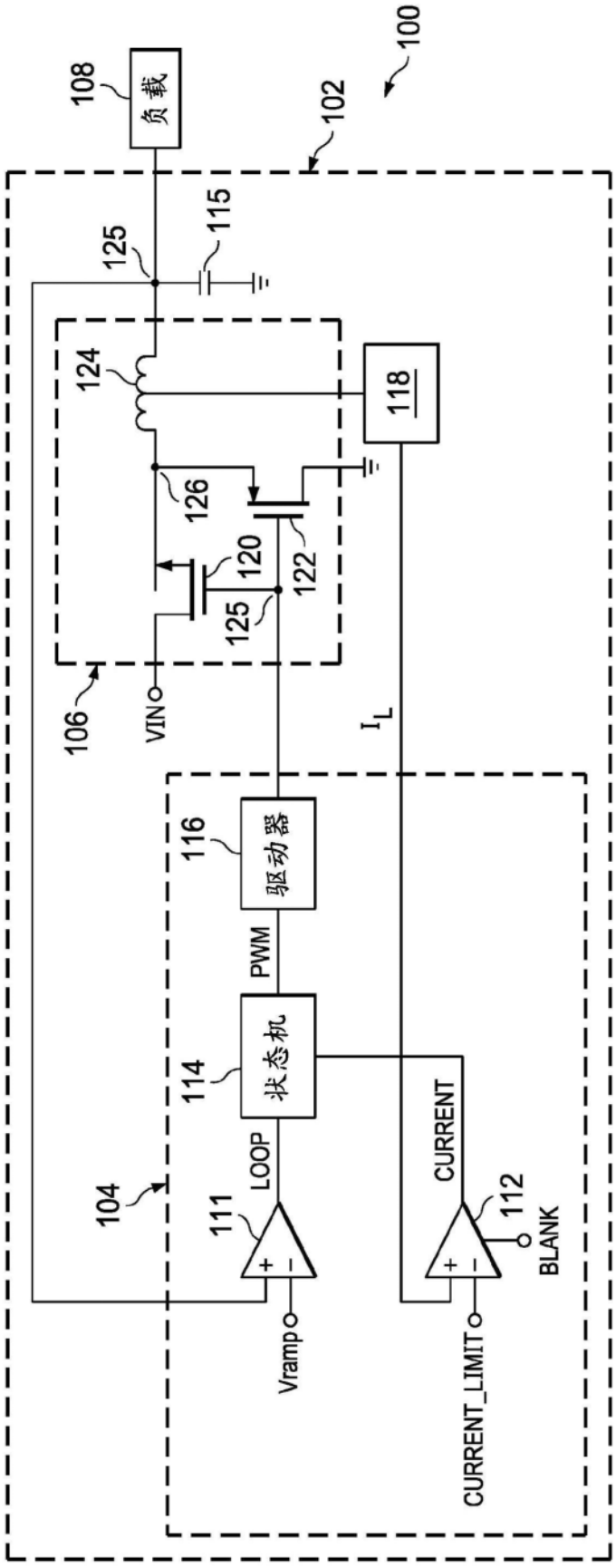

100
102
108
负载
115
125
124
118
126
120
122
125
106
VIN
I_L
116
驱动器
PWM
114
状态机
LOOP
104
111
CURRENT
112
BLANK
Vramp
CURRENT_LIMIT

图1

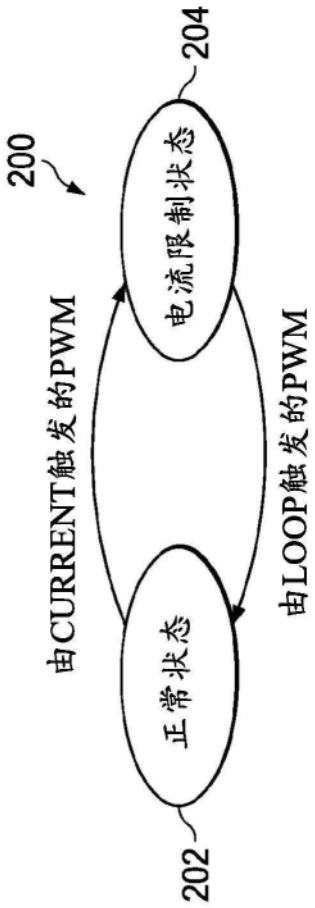


图2

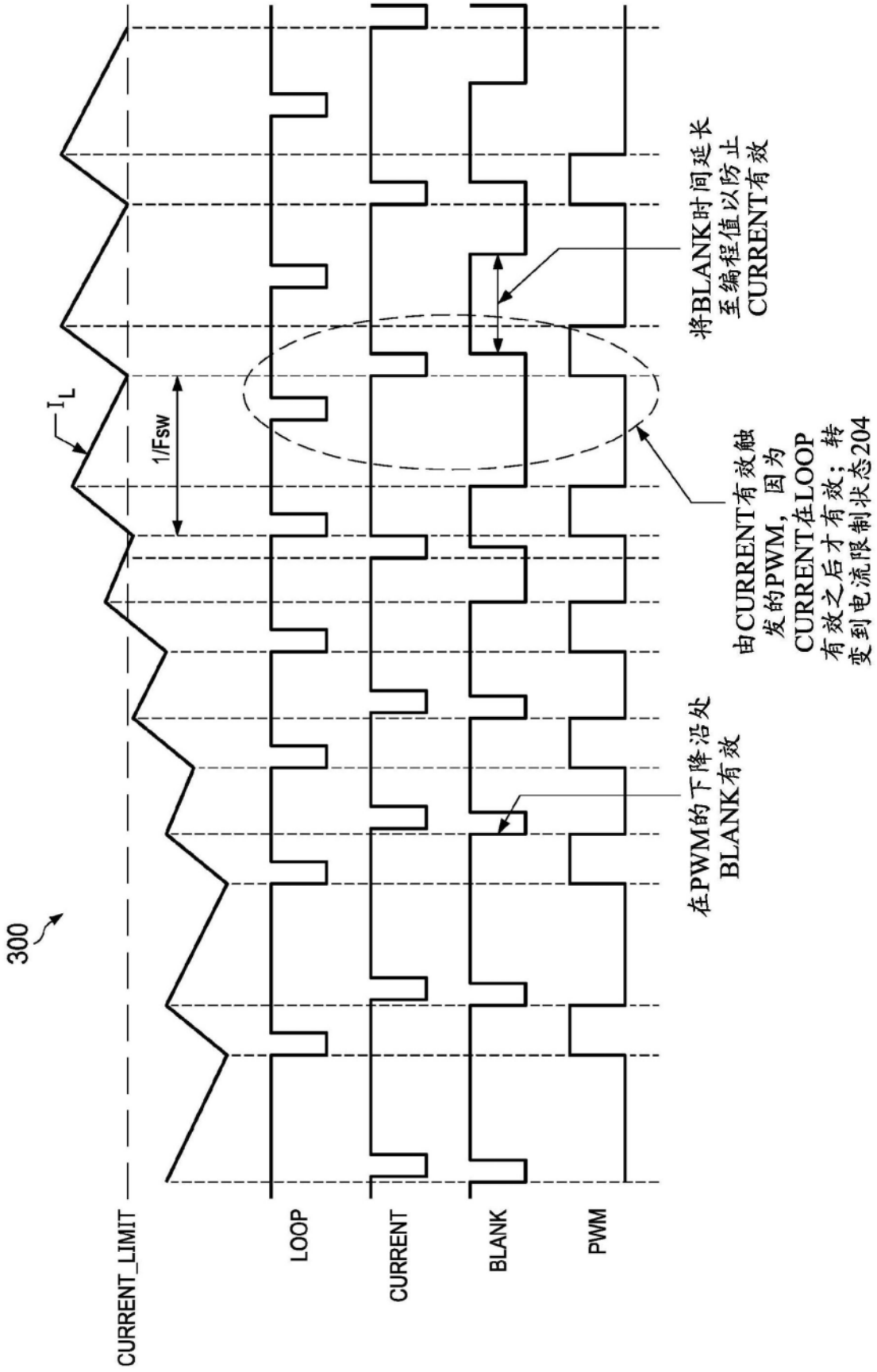

300
CURRENT_LIMIT
LOOP
CURRENT
BLANK
PWM
I_L
1/Fsw
将BLANK时间延长
至编程值以防止
CURRENT有效
由CURRENT有效触
发的PWM，因为
CURRENT在LOOP
有效之后才有效；转
变到电流限制状态204
在PWM的下降沿处
BLANK有效

图3

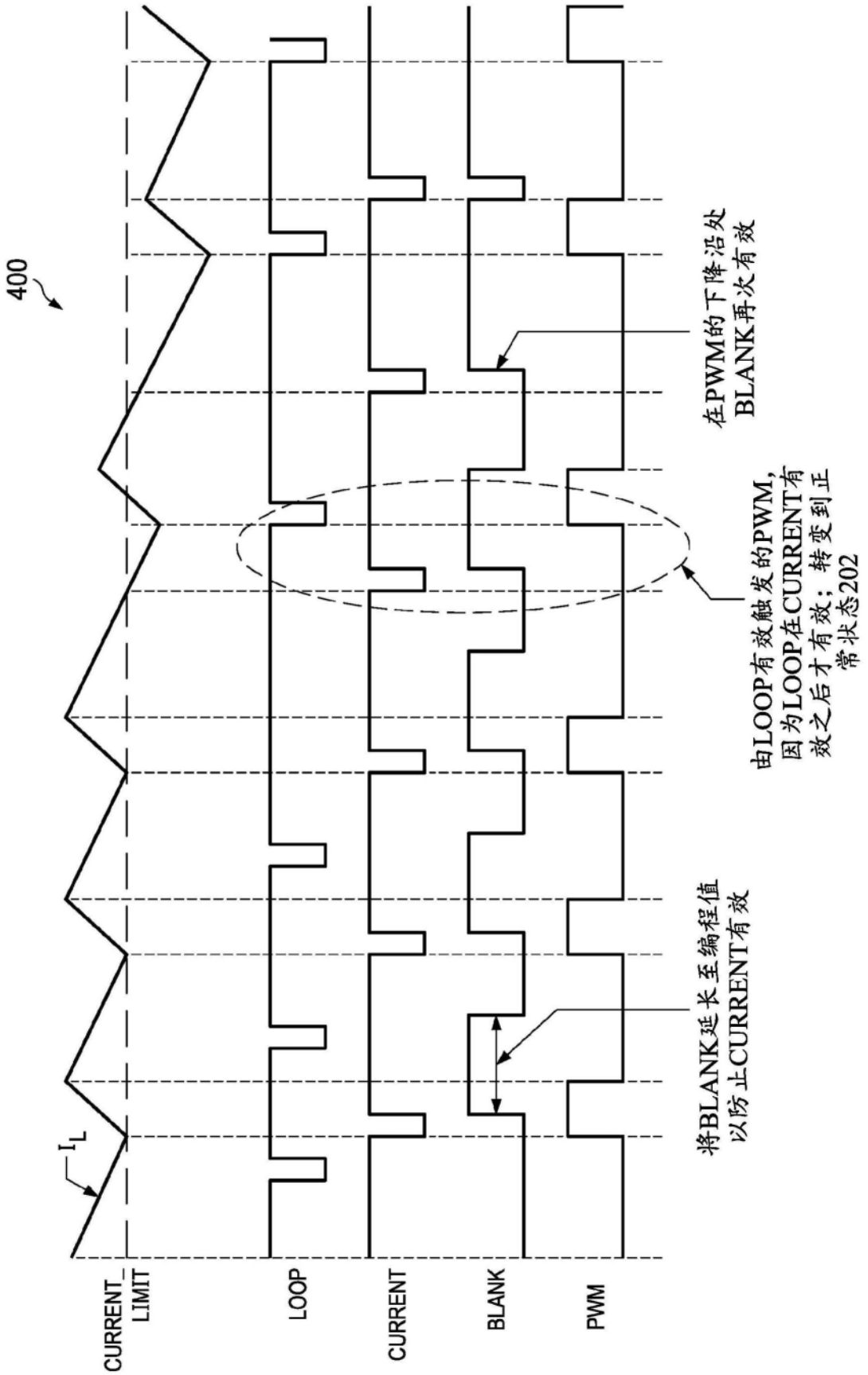

400
CURRENT_LIMIT
LOOP
CURRENT
BLANK
PWM
I_L
在PWM的下降沿处BLANK再次有效
由LOOP有效触发的PWM，因为LOOP在CURRENT有效之后才有效；转变到正常状态202
将BLANK延长至编程值以防止CURRENT有效

图4