



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102801288 B

(45) 授权公告日 2015.05.13

(21) 申请号 201210311563.3

CN 101312327 A, 2008.11.26, 说明书第13

(22) 申请日 2012.08.29

页第3段 - 第17页第1段, 图7-10.

(73) 专利权人 成都芯源系统有限公司

审查员 汤场

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

(72) 发明人 欧阳茜

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021

代理人 王波波

(51) Int. Cl.

H02M 1/08(2006.01)

H02M 3/155(2006.01)

(56) 对比文件

JP 特开 2006-166613 A, 2006.06.22, 全文.

US 2010/0097003 A1, 2010.04.22, 全文.

CN 201750340 U, 2011.02.16, 全文.

CN 202840923 U, 2013.03.27, 权利要求
1-5.

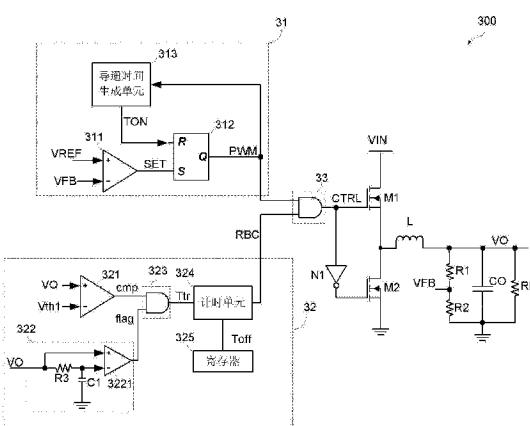
权利要求书2页 说明书10页 附图8页

(54) 发明名称

控制电路、开关模式变换器及控制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种控制电路、开关模式变换器及控制方法，其中开关模式变换器包括第一开关管，控制电路控制第一开关管的导通与关断使开关模式变换器的输出电压等于预设的输出参考电压值，所述控制电路在开关模式变换器的输出电压大于第一阈值电压时关断第一开关管并至少维持一定的关断时间，从而减小输出电压的过冲，其中第一阈值电压小于预设的输出参考电压值。



1. 一种控制电路，用于开关模式变换器，其中开关模式变换器包括第一开关管，控制电路控制第一开关管的导通与关断并使开关模式变换器的输出电压等于预设的输出参考电压值，所述控制电路在输出电压增大至第一阈值电压时关断第一开关管并维持一定的关断时间从而减小输出电压的过冲，其中第一阈值电压小于预设的输出参考电压值；其中

所述控制电路根据所述开关模式变换器的输出电压从第二阈值电压增大至第一阈值电压的时间间隔提供所述关断时间，其中所述关断时间随着开关模式变换器的输出电压从第二阈值电压增大至第一阈值电压的时间间隔的增大或缩小而相应的增大或缩小。

2. 如权利要求 1 所述的控制电路，包括：

开关控制单元，根据输出电压和预设的输出参考电压值产生脉冲控制信号；

过冲控制单元，根据输出电压和第一阈值电压产生过冲控制信号；以及

逻辑单元，根据脉冲控制信号和过冲控制信号产生开关控制信号以控制第一开关管的导通与关断；其中

当过冲控制信号处于第一状态时开关控制信号控制第一开关管关断，以及当过冲控制信号处于第二状态时开关控制信号根据脉冲控制信号控制第一开关管的导通与关断。

3. 如权利要求 2 所述的控制电路，其中过冲控制单元包括：

第一比较单元，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至输出电压，第二输入端耦接至第一阈值电压；

上升判断单元，具有输入端和输出端，其中输入端接收输出电压，输出端输出上升状态判断信号，判断输出电压是否处于上升阶段；以及

第一计时单元，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至第一比较单元的输出端和上升判断单元的输出端，第二输入端接收关断时间，输出端输出过冲控制信号；其中

当输出电压增大至第一阈值电压时第一计时单元开始计时且过冲控制信号为第一状态，直到第一计时单元的计时时间等于关断时间时第一计时单元停止计时且过冲控制信号为第二状态。

4. 如权利要求 2 所述的控制电路，其中过冲控制单元包括：

第一比较单元，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至输出电压，第二输入端耦接至第一阈值电压；

第二比较单元，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至输出电压，第二输入端耦接至第二阈值电压，其中第二阈值电压小于第一阈值电压；

上升判断单元，具有输入端和输出端，其中输入端接收输出电压，输出端输出上升状态判断信号，判断输出电压是否处于上升阶段；

第二计时单元，具有启动输入端、停止输入端和输出端，其中启动输入端耦接至第二比较单元的输出端和上升判断单元的输出端，停止输入端耦接至第一比较单元的输出端和上升判断单元的输出端，输出端输出第二计时时间，其中当输出电压增大至第二阈值电压时第二计时单元开始计时，以及当输出电压增大至第一阈值电压时第二计时单元停止计时；

计算单元，根据第二计时时间得到关断时间；以及

第一计时单元，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至第一比较单元的输出端和上升判断单元的输出端，第二输入端接收关断时间，输出端输出过冲控

制信号；其中

当输出电压增大至第一阈值电压时第一计时单元开始计时且过冲控制信号为第一状态，直到第一计时单元的计时时间等于关断时间时第一计时单元停止计时且过冲控制信号为第二状态。

5. 一种开关模式变换器，包括第一开关管和如权利要求 1 至 4 中任一项所述的控制电路。

6. 如权利要求 5 所述的开关模式变换器，其中第一开关管具有第一端、第二端和控制端，其中第一端接收输入电压，控制端耦接至控制电路的输出端；

该开关模式变换器还包括：

第二开关管，具有第一端、第二端和控制端，其中第一端耦接至第一开关管的第二端，第二端耦接至地，控制端耦接至控制电路的输出端；

电感器，具有第一端和第二端，其中第一端耦接至第一开关管的第二端和第二开关管的第一端；以及

输出电容器，电耦接于电感器的第二端与地之间，其中电感器的第二端提供所述输出电压。

7. 一种用于开关模式变换器的控制方法，该开关模式变换器包括第一开关管和用于控制第一开关管导通和关断的控制电路，该控制方法包括：

在开关模式变换器的输出电压增大至预设的输出参考电压值之前关断第一开关管并维持一定的关断时间从而减小输出电压的过冲；

根据所述开关模式变换器的输出电压从第二阈值电压增大至第一阈值电压的时间间隔提供所述关断时间；以及

在开关模式变换器的输出电压增大至第一阈值电压时关断第一开关管并维持所述关断时间；其中

所述关断时间随着开关模式变换器的输出电压从第二阈值电压增大至第一阈值电压的时间间隔的增大或缩小而相应的增大或缩小。

8. 如权利要求 7 所述的控制方法，其中所述第一阈值电压为预设的输出参考电压值和第一常数之差，所述第二阈值电压为预设的输出参考电压值和第二常数之差，第二常数是第一常数的两倍。

9. 如权利要求 7 所述的控制方法，其中所述关断时间随开关模式变换器的输入电压和开关模式变换器的输出电压之差的增大而增大，所述关断时间随开关模式变换器的输出电压的增大而缩小。

控制电路、开关模式变换器及控制方法

技术领域

[0001] 本发明主要涉及一种电子电路，尤其涉及一种用于开关模式变换器的控制电路及其控制方法。

背景技术

[0002] 大多数电子产品如笔记本电脑、台式电脑、PDA 等，需要直流 (DC) 电源向各个功能模块提供经过调节的功率，例如供电电压。随着电子技术的发展，电源通常需要较快的负载瞬态响应速度。然而负载瞬态响应速度过快，容易引起新的问题，如输出电压在负载正跳变时产生较大的过冲，也就是输出电压回振。

[0003] 如图 1 所示，以恒定导通时间控制的直流降压式变换器为例，在 T0 时刻，负载电流 I_0 以较快的速度正向跳变，从而导致输出电压 V_0 迅速减小，电感电流 I_L 缓慢上升，上侧开关管在控制电路的控制下，周期性的以恒定导通时间开通，直至 T1 时刻输出电压 V_0 增大到预设的输出参考电压值 DV_0 。为简单起见，图 1 所示电感电流 I_L 代表了流过电感的平均电流。在输出电容器的影响下，输出电压 V_0 在相位上滞后于电感电流 I_L 。当输出电压 V_0 增大到预设的输出参考电压值 DV_0 时，电感电流 I_L 已远远大于负载电流 I_0 ，储存在电感器中的能量转移到输出电压 V_0 ，从而引起输出电压 V_0 远高于预设的输出参考电压值 DV_0 ，产生较大的过冲。

发明内容

[0004] 为了解决前面描述的一个问题或者多个问题，本发明提出一种用于开关模式变换器的控制电路及控制方法，以减小或避免因负载电流跳变而引起的输出电压过冲。

[0005] 根据本发明一实施例的一种用于开关模式变换器的控制电路，其中开关模式变换器包括第一开关管，控制电路控制第一开关管的导通与关断并使开关模式变换器的输出电压等于预设的输出参考电压值，所述控制电路在输出电压增大至第一阈值电压时关断第一开关管并维持一定的关断时间从而减小输出电压的过冲，其中第一阈值电压小于预设的输出参考电压值。

[0006] 在一个实施例中，所述控制电路包括：开关控制单元，根据输出电压和预设的输出参考电压值产生脉冲控制信号；过冲控制单元，根据输出电压和第一阈值电压产生过冲控制信号；以及逻辑单元，根据脉冲控制信号和过冲控制信号产生开关控制信号以控制第一开关管的导通与关断；其中当过冲控制信号处于第一状态时开关控制信号控制第一开关管关断，以及当过冲控制信号处于第二状态时开关控制信号根据脉冲控制信号控制第一开关管的导通与关断。

[0007] 在一个实施例中，所述过冲控制单元包括：第一比较单元，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至输出电压，第二输入端耦接至第一阈值电压；上升判断单元，具有输入端和输出端，其中输入端接收输出电压，输出端输出上升状态判断信号，判断输出电压是否处于上升阶段；以及第一计时单元，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至第一比较单元的输出端和上升判断单元的输出端,第二输入端接收关断时间,输出端输出过冲控制信号;其中当输出电压增大至第一阈值电压时第一计时单元开始计时且过冲控制信号为第一状态,直到第一计时单元的计时时间等于关断时间时第一计时单元停止计时且过冲控制信号为第二状态。

[0008] 在一个实施例中,所述过冲控制单元包括:第一比较单元,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至输出电压,第二输入端耦接至第一阈值电压;第二比较单元,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至输出电压,第二输入端耦接至第二阈值电压,其中第二阈值电压小于第一阈值电压;上升判断单元,具有输入端和输出端,其中输入端接收输出电压,输出端输出上升状态判断信号,判断输出电压是否处于上升阶段;第二计时单元,具有启动输入端、停止输入端和输出端,其中启动输入端耦接至第二比较单元的输出端和上升判断单元的输出端,停止输入端耦接至第一比较单元的输出端和上升判断单元的输出端,输出端输出第二计时时间,其中当输出电压增大至第二阈值电压时第二计时单元开始计时,以及当输出电压增大至第一阈值电压时第二计时单元停止计时;计算单元,根据第二计时时间得到关断时间;以及第一计时单元,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至第一比较单元的输出端和上升判断单元的输出端,第二输入端接收关断时间,输出端输出过冲控制信号;其中当输出电压增大至第一阈值电压时第一计时单元开始计时且过冲控制信号为第一状态,直到第一计时单元的计时时间等于关断时间时第一计时单元停止计时且过冲控制信号为第二状态。

[0009] 根据本发明一实施例的一种开关模式变换器,该开关模式变换器包括上述控制电路和第一开关管。

[0010] 在一个实施例中,所述第一开关管具有第一端、第二端和控制端,其中第一端接收输入电压,控制端耦接至控制电路的输出端。

[0011] 在一个实施例中,所述开关模式变换器还包括:第二开关管,具有第一端、第二端和控制端,其中第一端耦接至第一开关管的第二端,第二端耦接至地,控制端耦接至控制电路的输出端;电感器,具有第一端和第二端,其中第一端耦接至第一开关管的第二端和第二开关管的第一端;以及输出电容器,电耦接于电感器的第二端与地之间,其中电感器的第二端提供所述输出电压。

[0012] 根据本发明一实施例的一种用于开关模式变换器的控制方法,该开关模式变换器包括第一开关管和用于控制第一开关管导通和关断的控制电路,该控制方法包括:在开关模式变换器的输出电压增大至预设的输出参考电压值之前关断第一开关管并维持一定的关断时间从而减小输出电压的过冲。

[0013] 在一个实施例中,所述控制方法进一步包括:根据所述开关模式变换器的输出电压从第二阈值电压增大至第一阈值电压的时间间隔提供所述关断时间;以及在开关模式变换器的输出电压增大至第一阈值电压时关断第一开关管并维持所述关断时间。

[0014] 在一个实施例中,所述第一阈值电压为预设的输出参考电压值和第一常数之差,所述第二阈值电压为预设的输出参考电压值和第二常数之差,第二常数是第一常数的两倍。

[0015] 在一个实施例中,所述所述关断时间随开关模式变换器的输入电压和开关模式变换器的输出电压之差的增大而增大,所述关断时间随开关模式变换器的输出电压的增大而

缩小。

[0016] 根据本发明的实施例，通过在开关模式变换器的输出电压增大至预设的输出参考电压值之前关断第一开关管并维持一定的关断时间来实现减小甚至消除负载变化所引起的输出电压过冲。

附图说明

[0017] 为了更好的理解本发明，将根据以下附图对本发明进行详细描述：

[0018] 图 1 是现有的恒定导通时间控制下的直流降压式变换器在负载电流正跳变时的电感电流和输出电压的波形图；

[0019] 图 2 是根据本发明一实施例的开关模式变换器 200 的电路框图；

[0020] 图 3 是根据本发明一实施例的降压变换器 300 的电路原理图；

[0021] 图 4 是根据本发明一实施例的根据图 3 所示降压变换器 300 的负载电流正跳变时的波形图；

[0022] 图 5 是根据本发明一实施例的控制方法的流程图；

[0023] 图 6 是根据本发明一实施例的用于图 3 所示降压变换器 300 的过冲控制电路 600 的电路原理图；

[0024] 图 7 是根据本发明一实施例的在图 6 所示过冲控制电路 600 控制下负载电流正跳变时的波形图；

[0025] 图 8 是根据本发明另一实施例的控制方法的流程图。

具体实施方式

[0026] 下面将详细描述本发明的具体实施例，应当注意，这里描述的实施例只用于举例说明，并不用于限制本发明。在以下描述中，为了提供对本发明的透彻理解，阐述了大量特定细节。然而，对于本领域普通技术人员显而易见的是：不必采用这些特定细节来实行本发明。在其他实例中，为了避免混淆本发明，未具体描述公知的电路、材料或方法。

[0027] 在整个说明书中，对“一个实施例”、“实施例”、“一个示例”或“示例”的提及意味着：结合该实施例或示例描述的特定特征、结构或特性被包含在本发明至少一个实施例中。因此，在整个说明书的各个地方出现的短语“在一个实施例中”、“在实施例中”、“一个示例”或“示例”不一定都指同一实施例或示例。此外，可以以任何适当的组合和、或子组合将特定的特征、结构或特性组合在一个或多个实施例或示例中。此外，本领域普通技术人员应当理解，在此提供的示图都是为了说明的目的，并且示图不一定是按比例绘制的。应当理解，当称“元件”“连接到”或“耦接”到另一元件时，它可以是直接连接或耦接到另一元件或者可以存在中间元件。相反，当称元件“直接连接到”或“直接耦接到”另一元件时，不存在中间元件。相同的附图标记指示相同的元件。这里使用的术语“和 / 或”包括一个或多个相关列出的项目的任何和所有组合。

[0028] 图 2 是根据本发明一实施例的开关模式变换器 200 的电路框图。开关模式变换器 200 包括功率级电路 21 和控制电路 22。

[0029] 功率级电路 21 包括开关主电路 211 和低通滤波器 212，其中开关主电路 211 包括第一开关管。在一个实施例中，低通滤波器 212 由电感器和电容器组成。开关主电路 211

接收输入电压 VIN, 通过第一开关管的导通与关断, 经过低通滤波器 212 输出直流输出电压 V0。负载 RL 耦接在输出电压 V0 和系统地之间。功率级电路 21 可以为直流 / 直流变换电路或交流 / 直流变换电路, 可以采用如降压变换器、升压变换器、半桥变换器等任意适合的拓扑结构。

[0030] 控制电路 22 包括开关控制单元 221、过冲控制单元 222 以及逻辑单元 223。控制电路 22 通过输出开关控制信号 CTRL 控制第一开关管的导通与关断来调节输出电压 V0, 使输出电压 V0 等于预设的输出参考电压值 DVO。控制电路 22 可以在集成在一个芯片上。在一个实施例中, 控制电路 22 由模拟集成电路实现。在其它实施例中, 控制电路 22 可以由单片机 (MCU)、数字信号处理器 (DSP)、现场可编程门阵列 (FPGA) 以及专用集成电路 (ASIC) 等数字电路实现。

[0031] 开关控制单元 221 根据输出电压 V0 和预设的输出参考电压值 DVO 输出脉冲控制信号 PWM。在一个实施例中, 开关控制单元 221 耦接至输出电压 V0 和参考电压 VREF, 其中参考电压 VREF 等于预设的输出参考电压值 DVO。在其它实施例中, 参考电压 VREF 也可以等于预设的参考电压值 DVO 和补偿信号等的其它信号相叠加。开关控制单元 221 也可以通过反馈电路耦接至输出电压 V0。在一个实施例中, 开关控制单元 221 接收代表输出电压 V0 的反馈信号 VFB 以及参考电压 VREF, 通过比较反馈信号 VFB 和参考电压 VREF 输出脉冲控制信号 PWM, 其中参考电压 VREF 同预设的输出电压参考值 DVO 与一比例系数 K 的乘积有关, 例如 $VREF = DVO * K$, 所述比例系数 K 等于反馈信号 VFB 和输出电压 V0 的比值。开关控制单元可以采用电压单环反馈控制、电压电流双环反馈控制、非线性控制、恒定导通时间控制或者恒定关断时间控制等任意适合的控制方式。

[0032] 过冲控制单元 222 在输出电压 V0 增大至预设的输出参考电压值 DVO 之前关断第一开关管并维持一定的关断时间 Toff, 以减小或避免输出电压 V0 的过冲。在一个实施例中, 过冲控制单元 222 耦接至输出电压 V0 和第一阈值电压 Vth1, 并输出过冲控制信号 RBC。当输出电压 V0 增大至第一阈值电压 Vth1 时, 过冲控制信号 RBC 为有效状态, 例如低电平。过冲控制信号 RBC 维持有效状态一定的关断时间 Toff 之后转换为无效状态, 例如高电平。当过冲控制信号 RBC 为有效状态时, 控制电路 22 维持第一开关管关断; 当过冲控制信号 RBC 为无效状态时, 第一开关管在开关控制单元 221 的控制下导通与关断。在一个实施例中, 关断时间 Toff 为一个固定的常数。在其它实施例中, 关断时间 Toff 可以根据开关模式变换器 200 的电路参数实时调整。关断时间 Toff 也可以储存在寄存器中, 通过如 I2C、SMBUS 等通讯总线设置。在一个实施例中, 第一阈值电压 Vth1 小于预设的输出参考电压值 DVO。

[0033] 逻辑单元 223 接收脉冲控制信号 PWM 和过冲控制信号 RBC, 并根据脉冲控制信号 PWM 和过冲控制信号 RBC 产生开关控制信号 CTRL 以控制第一开关管的导通与关断。当过冲控制信号 RBC 处于有效状态时, 开关控制信号 CTRL 控制第一开关管关断; 当过冲控制信号 RBC 处于无效状态时, 开关控制信号 CTRL 根据脉冲控制信号 PWM 控制第一开关管工作, 如导通以及关断。

[0034] 图 3 是根据本发明一实施例的降压变换器 300 的电路原理图。图 3 以降压变换器拓扑为例, 本领域技术人员应该知道其它任意适合的电路拓扑结构也可以应用于本发明。降压变换器 300 的功率级电路包括由上侧开关管 M1 以及下侧开关管 M2 组成的开关主电路

和由电感器 L 以及输出电容器 C0 组成的低通滤波器。降压变换器 300 的控制电路包括开关控制单元 31、过冲控制单元 32 以及逻辑单元 33。在一个实施例中，降压变换器 300 还包括由电阻器 R1 和电阻器 R2 组成的反馈电路。电阻器 R1 具有第一端和第二端，其中第一端耦接至输出电压 V0。电阻器 R2 具有第一端和第二端，其中第一端耦接至电阻器 R1 的第二端，第二端耦接系统地。电阻器 R1 和电阻器 R2 的公共端点输出反馈信号 VFB。

[0035] 上侧开关管 M1 具有第一端、第二端和控制端，其中第一端耦接至输入电压 VIN。下侧开关管 M2 具有第一端、第二端和控制端，其中第一端耦接至上侧开关管 M1 的第二端，第二端耦接至系统地。电感器 L 具有第一端和第二端，其中第一端耦接至上侧开关管 M1 和下侧开关管 M2 的公共端。输出电容器 C0 具有第一端和第二端，其中第一端耦接至电感器 L 的第二端，第二端耦接至系统地。上侧开关管 M1 例如可以是双极结晶体管 (BJT)、结型场效应晶体管 (JFET)、金属氧化物半导体场效应晶体管 (MOSFET)、绝缘栅门极晶体管 (IGBT) 等任意适合的开关管。在图 3 所示实施例中，上侧开关管 M1 为 n 型 MOSFET。在其它实施例中，上侧开关管 M1 也可以是 p 型 MOSFET。下侧开关管 M2 例如可以是双极结晶体管 (BJT)、结型场效应晶体管 (JFET)、金属氧化物半导体场效应晶体管 (MOSFET)、绝缘栅门极晶体管 (IGBT) 等任意适合的开关管。下侧开关管 M2 也可以是二极管。在图 3 所示实施例中，下侧开关管 M2 为 n 型 MOSFET。在其它实施例中，下侧开关管 M2 也可以是 p 型 MOSFET。

[0036] 在图 3 所示实施例中，开关控制单元 31 包括比较器 311、复位 - 置位 (RS) 触发器 312 以及导通时间生成单元 313。比较器 311 具有第一输入端、第二输入端和输出端，其中第一输入端例如可以是正向输入端，第二输入端例如可以是反向输入端。在一个实施例中，比较器 311 的第一输入端耦接至参考电压 VREF，比较器 311 的第二输入端耦接至反馈信号 VFB。参考电压 VREF 代表了预设的输出参考电压值 DVO，或者预设的输出参考电压值 DVO 和补偿信号的叠加。参考电压 VREF 例如可以是恒定的直流电平，也可以是包含了补偿信号的实时调节的直流信号。比较器 311 通过比较参考电压 VREF 和反馈信号 VFB 在输出端输出置位信号 SET。在一个实施例中，当反馈信号 VFB 小于参考电压 VREF 时，置位信号 SET 处于有效状态，例如高电平。当反馈信号 VFB 大于参考电压 VREF 时，置位信号 SET 处于无效状态，例如低电平。RS 触发器 312 包括置位输入端 S、复位输入端 R 和输出端 Q，其中置位输入端 S 耦接至比较器 311 的输出端，复位输入端 R 耦接至导通时间生成单元 313 的输出端，输出端 Q 输出脉冲控制信号 PWM。导通时间生成单元 313 接收脉冲控制信号 PWM 并输出导通时间控制信号 TON。当脉冲控制信号 PWM 处于有效状态时，例如高电平，导通时间生成单元 313 开始计时，直到计时时间等于预定的导通时间，导通时间控制信号 TON 使 RS 触发器 312 复位并输出无效状态的脉冲控制信号 PWM，例如低电平，以关断上侧开关管 M1。在一个实施例中，导通时间生成单元 313 接收输入电压 VIN 和输出电压 V0，并根据输入电压 VIN 和输出电压 V0 生成一恒定导通时间 $V0/(VIN*fs)$ ，其中 fs 为降压变换器 300 的开关频率。

[0037] 在图 3 所示实施例中，过冲控制单元 32 包括比较单元 321 以及计时单元 324。

[0038] 比较单元 321 具有第一输入端、第二输入端和输出端，其中第一输入端例如可以是正向输入端，第二输入端例如可以是反向输入端。在一个实施例中，第一输入端耦接至输出电压 V0，第二输入端耦接至第一阈值电压 Vth1。在如图 3 所示的实施例中，当输出电压 V0 大于第一阈值电压 Vth1 时，比较单元 321 输出高电平的比较信号 cmp，否则当输出电压 V0 小于第一阈值电压 Vth1 时，比较单元 321 输出低电平的比较信号 cmp。

[0039] 计时单元 324 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至比较单元 321 的输出端,第二输入端接收关断时间 $Toff$,输出端输出过冲控制信号 RBC。计时单元 324 根据比较单元 321 输出的比较信号 cmp 启动计时器,并输出有效的过冲控制信号 RBC 直到计时时间等于关断时间 $Toff$ 。在一个实施例中,当输出电压 V_0 增大至第一阈值电压 V_{th1} 时,计时单元 324 启动计时器并开始计时,过冲控制信号 RBC 变为有效状态,例如低电平;直到计时时间等于关断时间 $Toff$ 时,计时单元 324 停止计时,过冲控制信号 RBC 变为无效状态,例如高电平。

[0040] 在一个实施例中,过冲控制单元 32 还包括用来判断输出电压 V_0 是否处于上升阶段的上升判断单元 322。上升判断单元 322 接收输出电压 V_0 ,当输出电压处于连续的上升状态时输出有效的上升状态判断信号 flag。上升判断单元 322 例如可以包括斜率判断电路,判断相邻一个或几个开关周期的输出电压 V_0 变化的斜率是否为正,从而判断输出电压 V_0 是否处于上升状态。上升判断单元 322 例如可以通过延时单元得到输出电压 V_0 的延时信号,并将该延时信号和输出电压 V_0 相比较来判断输出电压 V_0 是否处于上升阶段。在如图 3 所示的实施例中,上升判断单元 322 包括由电阻器 R3 和电容器 C1 组成的延时单元,以及比较器 3221。电阻器 R3 的一端耦接至输出电压 V_0 ,电阻器 R3 的另一端耦接至电容器 C1 的一端,电容器 C1 的另一端耦接至系统地。比较器 3221 具有第一输入端、第二输入端和输出端,其中其中第一输入端例如可以是正向输入端,第二输入端例如可以是反向输入端。在一个实施例中,比较器 3221 的第一输入端耦接至输出电压 V_0 ,比较器 3221 的第二输入端耦接至电阻器 R3 和电容器 C1 的公共端点以接收输出电压 V_0 的延时信号。在如图 3 所示的实施例中,当输出电压 V_0 处于上升阶段时,输出电压 V_0 大于其延时信号,上升判断单元 322 输出有效的上升状态判断信号 flag,例如高电平。

[0041] 逻辑电路 323 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至比较单元 321 的输出端,第二输入端耦接至上升判断单元 322 的输出端。计时单元 324 通过逻辑电路 323 耦接至比较单元 321 的输出端以及上升判断单元 322 的输出端。逻辑电路 323 根据比较信号 cmp 和上升状态判断信号 flag 输出计时启动信号 Ttr 。当输出电压 V_0 大于第一阈值电压 V_{th1} 并且输出电压 V_0 处于上升状态时,计时启动信号 Ttr 有效。在如图 3 所示实施例中,逻辑电路 323 是与门电路。当比较信号 cmp 和上升状态判断信号 flag 同时为高电平时,输出高电平的计时启动信号 Ttr 。在一个实施例中,当计时启动信号 Ttr 为高电平时,计时单元 324 中的计时器启动并从零开始向上计时,过冲控制信号 RBC 变为有效状态;当计时时间等于关断时间 $Toff$ 时,计时单元停止计时,过冲控制信号 RBC 从有效状态变为无效状态。

[0042] 在一个实施例中,过冲控制单元 32 还包括寄存器 325,用以输出关断时间 $Toff$ 。关断时间 $Toff$ 例如可以通过如 I2C、SMBUS 等通讯总线设置。在其它实施例中,关断时间 $Toff$ 也可以通过实时计算得到(后面详细描述)。

[0043] 逻辑单元 33 接收脉冲控制信号 PWM 和过冲控制信号 RBC,并根据脉冲控制信号 PWM 和过冲控制信号 RBC 产生开关控制信号 CTRL 以控制上侧开关管 M1 和下侧开关管 M2 的导通与关断。在一个实施例中,当过冲控制信号 RBC 处于有效状态时,例如低电平,开关控制信号 CTRL 控制上侧开关管 M1 关断。当过冲控制信号 RBC 处于无效状态时,例如高电平,开关控制信号 CTRL 根据脉冲控制信号 PWM 控制上侧开关管 M1 和下侧开关管 M2 的导通与

关断。在如图 3 所示的实施例中，逻辑单元 33 为与门电路。

[0044] 图 4 是根据本发明一实施例的根据图 3 所示降压变换器 300 的负载电流正跳变时的波形图。如图 4 所示，在 T3 时刻，负载电流 I_O 以较快的速度正跳变，例如 $100A/us$ ，输出电压 V_O 迅速减小，电感电流 I_L 缓慢上升，过冲控制信号 RBC 为高电平，即处于无效状态，开关控制信号 CTRL 由脉冲控制信号 PWM 决定。在 T4 时刻，输出电压 V_O 处于上升状态并且输出电压 V_O 大于第一阈值电压 V_{th1} ，过冲控制信号 RBC 变为低电平，即为有效状态，无论脉冲控制信号 PWM 处于何种状态，开关控制信号 CTRL 为低电平以维持上侧开关管 M1 关断。直到 T5 时刻，即上侧开关管 M1 维持关断的时间等于关断时间 T_{off} 时，过冲控制信号 RBC 从有效状态变为无效状态，开关控制信号 CTRL 由脉冲控制信号 PWM 决定，上侧开关管恢复正常工作。

[0045] 在图 4 所示实施例中，控制电路在输出电压 V_O 增大至第一阈值电压 V_{th1} 时关断上侧开关管 M1 直到上侧开关管 M1 维持关断的时间等于关断时间 T_{off} ，从而提前关断上侧开关管 M1，使储存在电感 L 中的能量提前释放到输出电压 V_O 中，以减小输出电压 V_O 的过冲。

[0046] 本发明还提供了开关模式变换器的一种控制方法，包括在开关模式变换器的输出电压 V_O 增大至预设的输出参考电压值 DV_O 之前关断第一开关管并维持一定的关断时间 T_{off} 从而减小输出电压 V_O 的过冲，例如在输出电压 V_O 增大至第一阈值电压 V_{th1} 时关断第一开关管并维持关断时间 T_{off} ，其中第一阈值电压 V_{th1} 小于预设的输出参考电压值 DV_O 。关断时间 T_{off} 例如可以通过如 I2C、SMBUS 等通讯总线设置，也可以通过计算得到（后面详细描述）。

[0047] 图 5 是根据本发明一实施例的控制方法的流程图。图 5 所示控制方法的流程图以开关模式变换器 200 为例进行阐述。电路开始运行时，将输出电压 V_O 和第一阈值电压 V_{th1} 进行比较，并判断输出电压 V_O 是否处于上升阶段，也就是判断输出电压 V_O 是否在增大。当输出电压 V_O 不处于上升阶段或输出电压 V_O 小于第一阈值电压 V_{th1} 时，保持功率级电路 21 当前的开关状态，第一开关管正常工作，例如在开关控制单元 221 的控制下导通或者关断第一开关管；当输出电压 V_O 处于上升阶段并且输出电压 V_O 大于第一阈值电压 V_{th1} 时，进入步骤 501，维持第一开关管关断。第一开关管关断后继续维持一定的关断时间 T_{off} 。在如图 5 所示的实施例中，维持关断时间 t_{off} 包括步骤 502-504。步骤 502 中，当第一开关管强制关断的同时计时单元启动，计时时间 cnt_1 清零。步骤 503 中，计时时间 cnt_1 增加，即 $cnt_1 = cnt_1 + \Delta T$ ，其中 ΔT 例如可以是一个或多个系统时钟的周期。当计时时间 cnt_1 不等于关断时间 T_{off} 时，回到步骤 503，计时时间 cnt_1 继续增加；当计时时间 cnt_1 等于关断时间的 T_{off} 时，进入步骤 504 及步骤 505，计时单元停止计时，第一开关管恢复正常工作。第一开关管恢复正常工作例如可以是在开关控制单元 221 的控制下导通或者关断。

[0048] 注意，在上文描述的流程图中，框中所标注的功能也可以按照不同于图中所示的顺序发生。例如，两个接连地表示的方框实际上可以基本并行地执行，它们有时也可以按相反的顺序执行，这取决于所涉及的具体功能。

[0049] 负载电流正跳变时，当输出电压 V_O 增大至第一阈值电压 V_{th1} 时，关断第一开关管并维持一定的关断时间 T_{off} 以减小或者避免输出电压 V_O 的过冲。对于不同的应用场合，关断时间 T_{off} 例如可以通过通讯总线或者外部电路设置。但是不同的负载跳变幅度以及

速度可能需要不同的关断时间 T_{off} 以达到最优化的控制效果。当关断时间 T_{off} 过长,输出电压 V_0 对于负载变化的动态响应速度变慢,输出电压需要更长的时间恢复到预定的输出参考电压 V_{D0} ;当关断时间 T_{off} 过短,输出电压 V_0 的动态响应速度够快,输出电压 V_0 可以很快恢复到预定的输出参考电压 V_{D0} ,但是过快的响应速度可能会引起过冲。以下提出了一种可以自适应计算关断时间 T_{off} 的过冲控制电路。

[0050] 图 6 是根据本发明一实施例的用于图 3 所示降压变换器 300 的过冲控制电路 600 的电路原理图。过冲控制电路 600 在输出电压 V_0 增大至第一阈值电压 V_{th1} 时,关断第一开关管并维持一定的关断时间 T_{off} ,其中关断时间 T_{off} 根据输出电压 V_0 从第二阈值电压 V_{th2} 增大到第一阈值电压 V_{th1} 的时间间隔计算得到。

[0051] 过冲控制电路 600 包括比较单元 601、上升判断单元 602、逻辑电路 603、计时单元 604、比较单元 605、逻辑单元 606、计时单元 607 以及计算单元 608。

[0052] 比较单元 601 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至输出电压 V_0 ,第二端耦接至第一阈值电压 V_{th1} ,输出端根据输出电压 V_0 和第一阈值电压 V_{th1} 输出比较信号 cmp 。上升判断单元 602 根据输出电压 V_0 得到上升状态判断信号 $flag$ 。在一个实施例中,上升判断单元 322 可以包括斜率判断电路,判断相邻一个或几个开关周期的输出电压 V_0 变化的斜率是否为正,从而判断输出电压 V_0 是否处于上升状态。在一个实施例中,可以根据输出电压 V_0 得到一个延迟信号,然后将该延迟信号和输出电压 V_0 相比较,当输出电压 V_0 大于该延迟信号时可以认为输出电压 V_0 处于上升阶段。逻辑电路 603 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至比较单元 601 的输出端,第二输入端耦接至上升判断单元 602 的输出端,输出端根据比较信号 cmp 和上升状态判断信号 $flag$ 输出计时启动信号 T_{tr} 。当输出电压 V_0 大于第一阈值电压 V_{th1} 并且输出电压 V_0 处于上升状态时,计时启动信号 T_{tr} 有效,例如为高电平。在如图 6 所示实施例中,逻辑电路 603 是与门电路。计时单元 604 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至逻辑电路 603 的输出端以接收计时启动信号 T_{tr} ,第二输入端接收关断时间 T_{off} ,输出端输出过冲控制信号 RBC 。计时单元 604 根据计时启动信号 T_{tr} 启动计时器并输出有效的过冲控制信号 RBC ,直到计时时间等于关断时间 T_{off} 。

[0053] 比较单元 605 具有第一输入端、第二输入端和输出端,其中第一输出端耦接至输出电压 V_0 ,第二输入端耦接至第二阈值电压 V_{th2} ,输出端根据输出电压 V_0 和第二阈值电压 V_{th2} 输出比较信号 $cmp2$ 。当输出电压 V_0 大于第二阈值电压 V_{th2} 时,比较信号 $cmp2$ 有效,例如为高电平;当输出电压 V_0 小于第二阈值电压 V_{th2} 时,比较信号 $cmp2$ 无效,例如为低电平。

[0054] 逻辑单元 606 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至延迟比较单元 604 的输出端,第二输入端耦接至比较单元 605 的输出端,输出端输出计时启动信号 T_{tr2} 。在一个实施例中,逻辑单元 606 为与门电路。当输出电压 V_0 大于第二阈值电压 V_{th2} 并且输出电压 V_0 处于上升阶段时,计时启动信号 T_{tr2} 有效,例如为高电平。

[0055] 计时单元 607 具有启动输入端 Start、停止输入端 Stop 以及输出端,其中启动输入端 Start 耦接至逻辑单元 606 的输出端,停止输入端 Stop 耦接至逻辑单元 603 的输出端,输出端输出计时时间 $cnt2$ 。当输出电压 V_0 大于第二阈值电压 V_{th2} 并且输出电压 V_0 处于上升状态时,计时启动信号 T_{tr2} 有效,计时单元 607 开始计时,直到输出电压 V_0 上升到第

一阈值电压 V_{th1} 时,计时单元停止计时,并输出计时时间 $cnt2$ 。计时时间 $cnt2$ 代表了输出电压 V_0 从第二阈值电压 V_{th2} 增大到第一阈值电压 V_{th1} 的时间间隔。在一个实施例中,第二阈值电压 V_{th2} 小于第一阈值电压 V_{th1} ,第一阈值电压 V_{th1} 小于预设的输出参考电压值 DV_0 。在一个实施例中,第一阈值电压 V_{th1} 等于预设的输出参考电压值 DV_0 减去一常数 M ,也就是 $V_{th1} = DV_0 - M$,第二阈值电压 V_{th2} 等于预设的输出参考电压值 DV_0 减去 2 倍的常数 M ,也就是 $V_{th2} = DV_0 - 2M$ 。

[0056] 计算单元 608 具有输入端和输出端,其中输入端耦接至计时单元 607 的输出端以接收计时时间 $cnt2$,输出端根据计时时间 $cnt2$ 输出关断时间 $Toff$ 。关断时间 $Toff$ 随着计时时间 $cnt2$ 的增大或缩小而相应地增大或缩小。在一个实施例中,关断时间 $Toff$ 随着输入电压 VIN 和输出电压 V_0 之差(即 $VIN - V_0$)的增大或缩小而相应地增大或缩小,关断时间 $Toff$ 随着输出电压 V_0 的增大或缩小而相应地缩小或增大。

[0057] 在一个实施例中,关断时间 $Toff$ 为:

$$Toff = cnt2(VIN - V_0) / V_0 \quad (1)$$

[0059] 如图 6 所示的过冲控制电路 600 不需要外部设置关断时间 $Toff$,可以在不同的应用场合下,灵活的计算关断时间 $Toff$,得到较优化的过冲控制控制信号 RBC。

[0060] 图 7 是根据本发明一实施例的在过冲控制电路 600 控制下负载电流正跳变时的波形图。如图 7 所示,在 T_6 时刻,负载电流 I_0 以较快的速度正跳变,例输出电压 V_0 迅速减小,电感电流 IL 缓慢上升,过冲控制信号 RBC 为高电平,即处于无效状态,开关控制信号 CTRL 由脉冲控制信号 PWM 决定。在 T_7 时刻,输出电压 V_0 处于上升阶段并且输出电压 V_0 大于第二阈值电压 V_{th2} ,计时单元 607 开始计时。在 T_8 时刻,输出电压 V_0 增大到第一阈值电压 V_{th1} ,计时单元 607 停止计时并输出计时时间 $cnt2$,计时时间 $cnt2$ 代表了输出电压 V_0 从第二阈值电压 V_{th2} 增大到第一阈值电压 V_{th1} 所用的时间间隔 $T_8 - T_7$ 。在 T_8 时刻,过冲控制信号 RBC 变为有效状态,即低电平,无论脉冲控制信号 PWM 处于何种状态,开关控制信号 CTRL 输出低电平以关断上侧开关管 $M1$ 。直到 T_9 时刻,过冲控制信号 RBC 持续有效状态的时间等于关断时间 $Toff$ 时,过冲控制信号 RBC 从有效状态变为无效状态,例如变为高电平,开关控制信号 CTRL 由脉冲控制信号 PWM 决定,上侧开关管 $M1$ 在脉冲控制信号 PWM 的控制下正常工作。在一个实施例中,第一阈值电压 V_{th1} 等于预设的输出参考电压值 DV_0 减去一常数 M ,也就是 $V_{th1} = DV_0 - M$,第二阈值电压 V_{th2} 等于预设的输出参考电压值 DV_0 减去 2 倍的常数 M ,也就是 $V_{th2} = DV_0 - 2M$,关断时间 $Toff$ 等于 $CNT(VIN - V_0) / V_0$ 。

[0061] 图 8 是根据本发明另一实施例的控制方法的流程图。图 8 所示控制方法以开关模式变换器 200 为例进行阐述。图 8 所示控制方法在输出电压 V_0 增大至第一阈值电压 V_{th1} 时,关断第一开关管并维持一定的关断时间 $Toff$,其中关断时间 $Toff$ 根据输出电压 V_0 从第二阈值电压 V_{th2} 增大到第一阈值电压 V_{th1} 的时间间隔计算得到。第一阈值电压 V_{th1} 例如可以是预设的输出参考电压值 DV_0 减去一常数 M ,也就是 $V_{th1} = DV_0 - M$,第二阈值电压 V_{th2} 例如可以是预设的输出参考电压值 DV_0 减去 2 倍的常数 M ,也就是 $V_{th2} = DV_0 - 2M$ 。

[0062] 电路开始运行时,将输出电压 V_0 和第二阈值电压 V_{th2} 进行比较,并判断输出电压 V_0 是否处于上升阶段,也就是判断输出电压 V_0 是否在增大。当输出电压 V_0 处于上升阶段并且输出电压 V_0 小于第二阈值电压 V_{th2} 时,进入步骤 801,第二计时单元启动,计时时间 $cnt2$ 清零。步骤 802 中,计时时间 $cnt2$ 增加,即 $cnt2 = cnt2 + \Delta T$,其中 ΔT 例如可以是一

个或多个系统时钟的周期。当输出电压 V_O 大于第一阈值电压 V_{th1} 时,计时时间 cnt2 继续增加;当输出电压 V_O 小于第一阈值电压 V_{th1} 时,进入步骤 803,第二计时单元停止,并输出计时时间 cnt2,计时时间 cnt2 代表了输出电压 V_O 从第二阈值电压 V_{th2} 增大到第一阈值电压 V_{th1} 需要的时间间隔。在一个实施例中,根据计时时间 cnt2 计算得出关断时间 T_{off},关断时间 T_{off} 例如等于 cnt2(V_{IN}-V_O)/V_O。步骤 804 中,关断第一开关管并维持一定的关断时间 T_{off},计时时间 cnt2 清零。当关断时间 T_{off} 时间到时,步骤 805 中,第一开关管恢复正常工作,例如在开关控制单元 221 的控制下导通或者关断。

[0063] 注意,在上文描述的流程图中,框中所标注的功能也可以按照不同于图中所示的顺序发生。例如,两个接连地表示的方框实际上可以基本并行地执行,它们有时也可以按相反的顺序执行,这取决于所涉及的具体功能。

[0064] 上述的一些特定实施例仅仅以示例性的方式对本发明进行说明,这些实施例不是完全详尽的,并不用于限定本发明的范围。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。本发明所公开的实施例的其他变化和修改并不超出本发明的精神和保护范围。

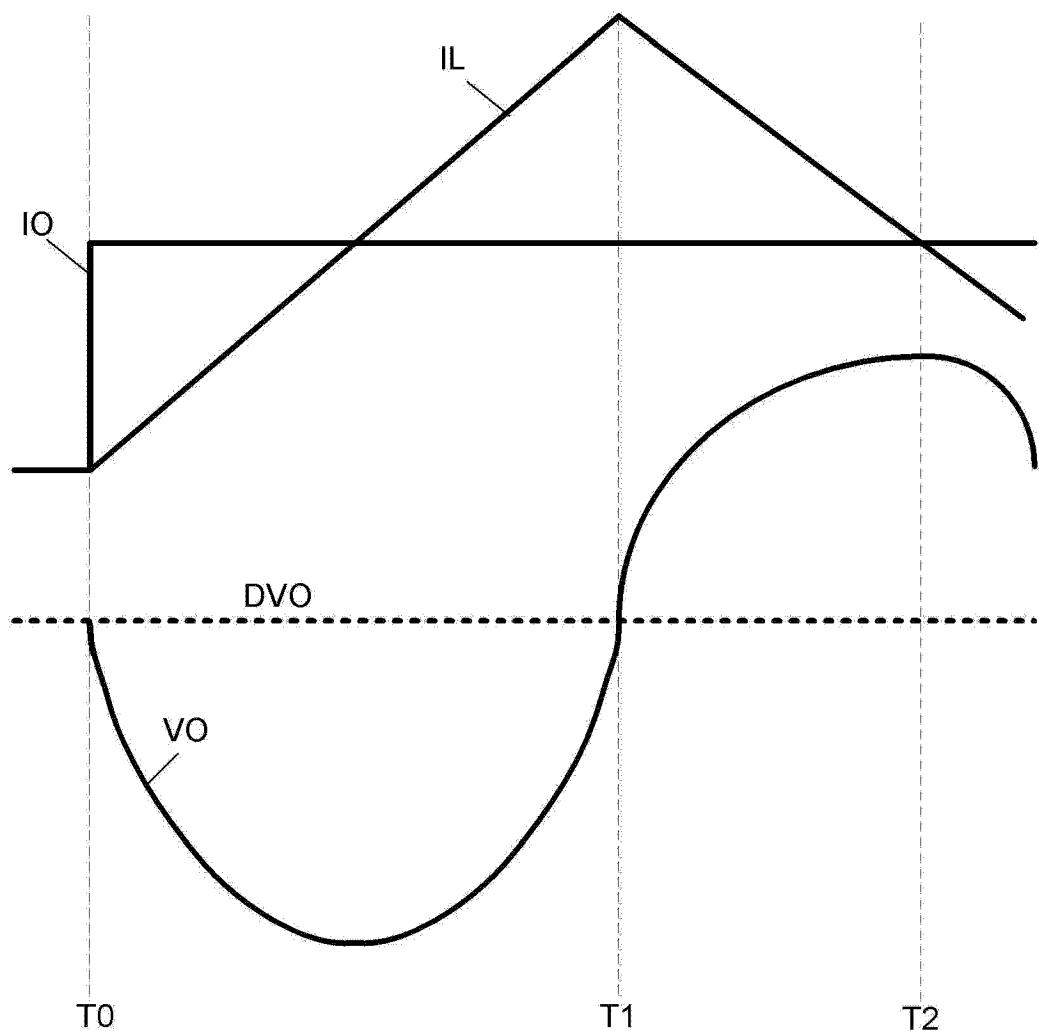


图 1

200

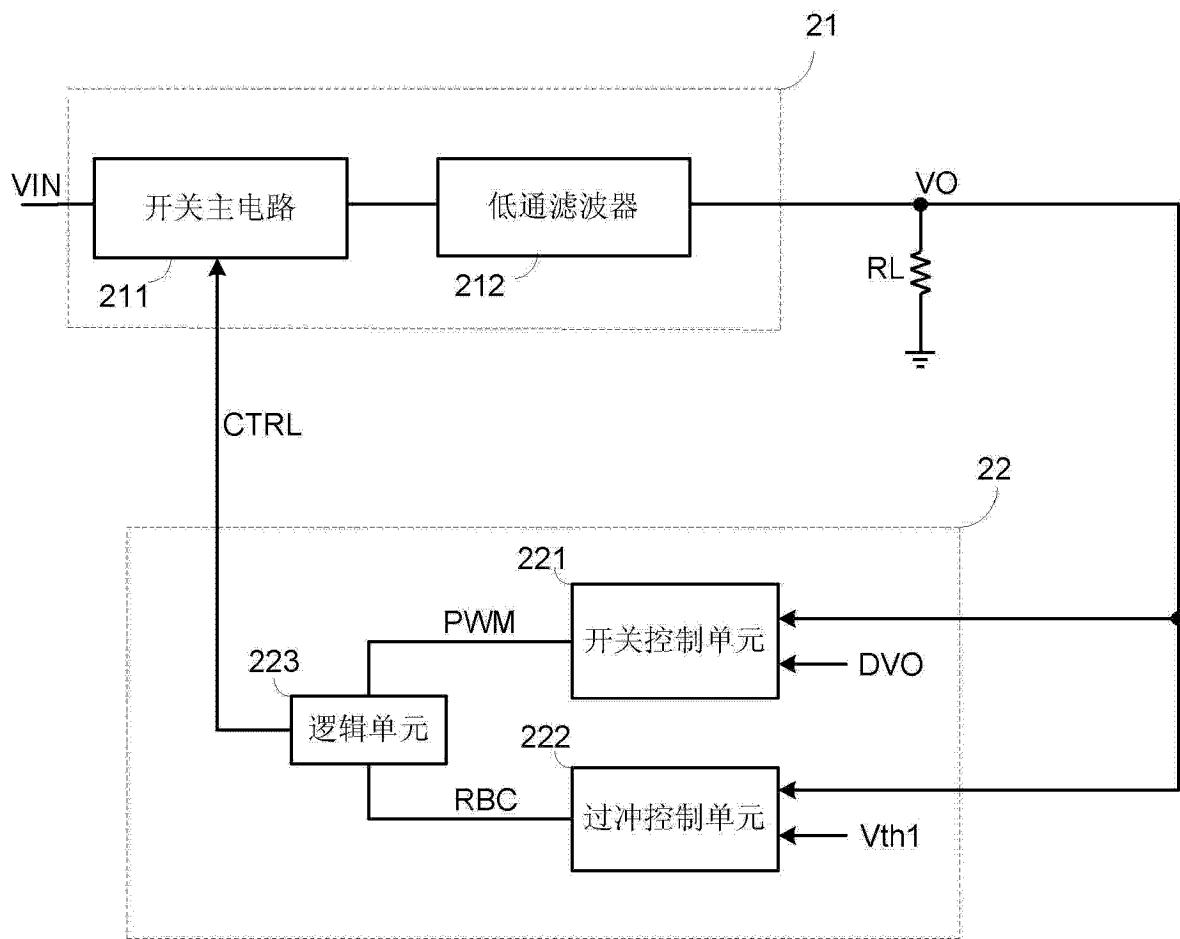
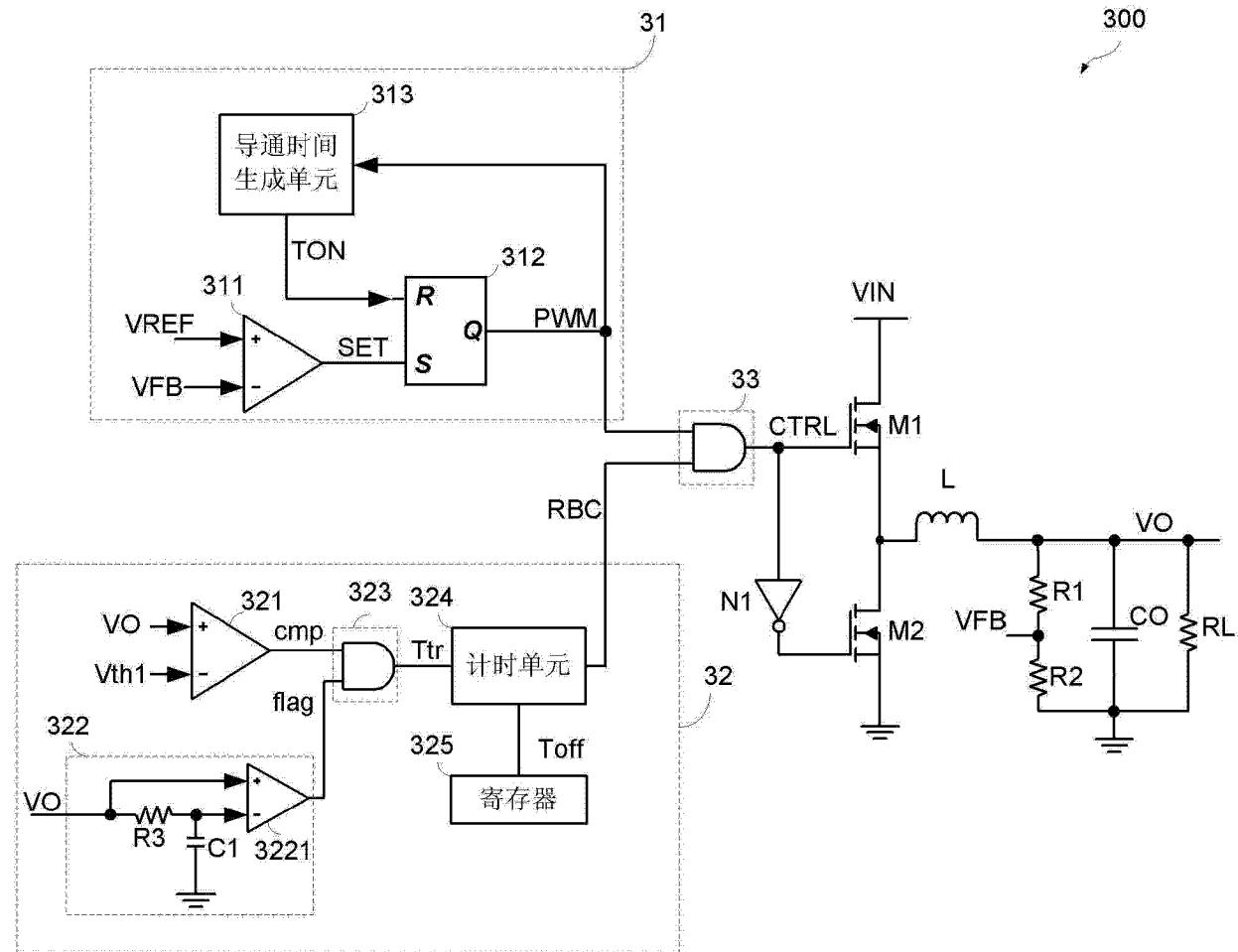


图 2



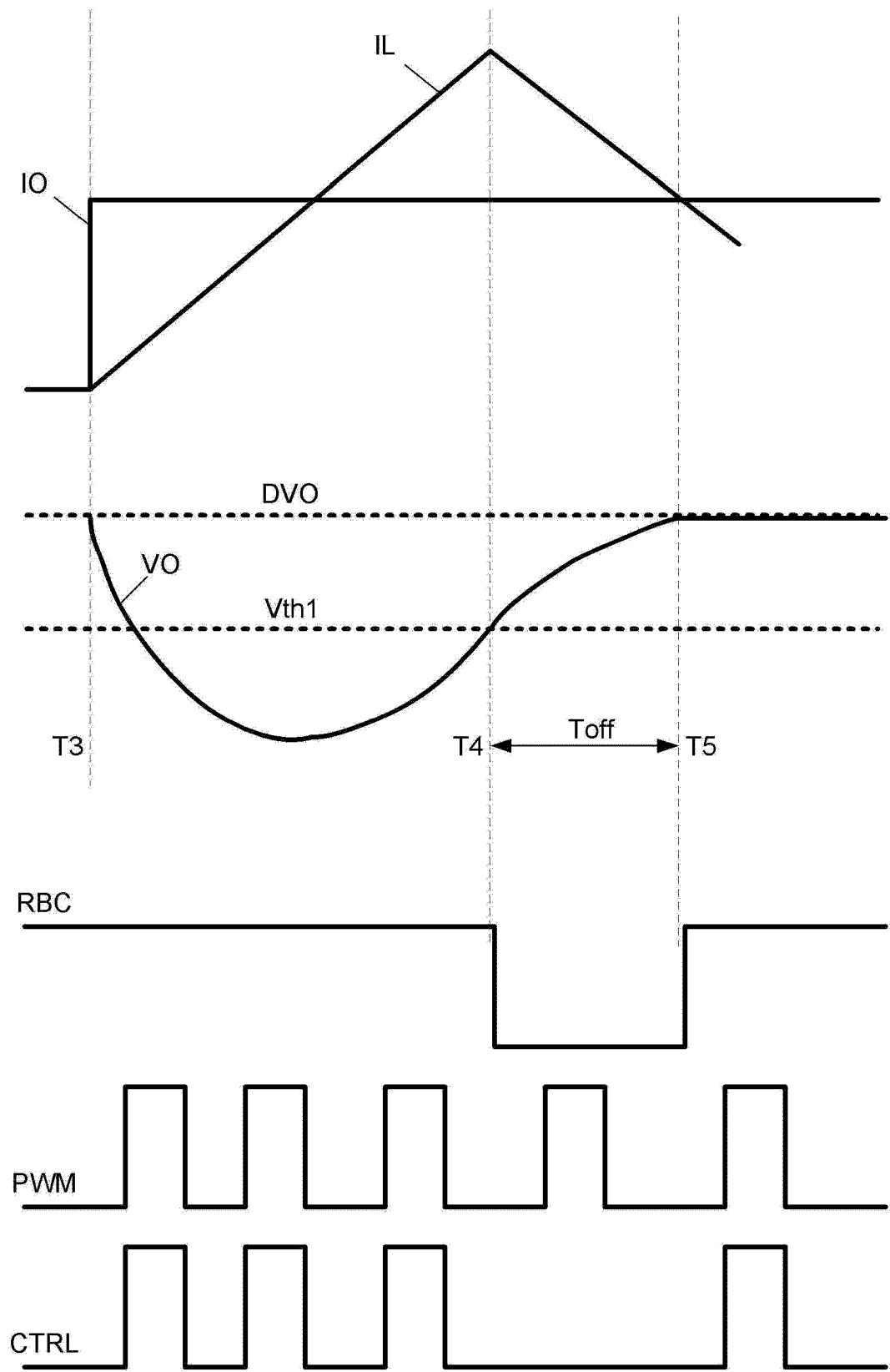


图 4

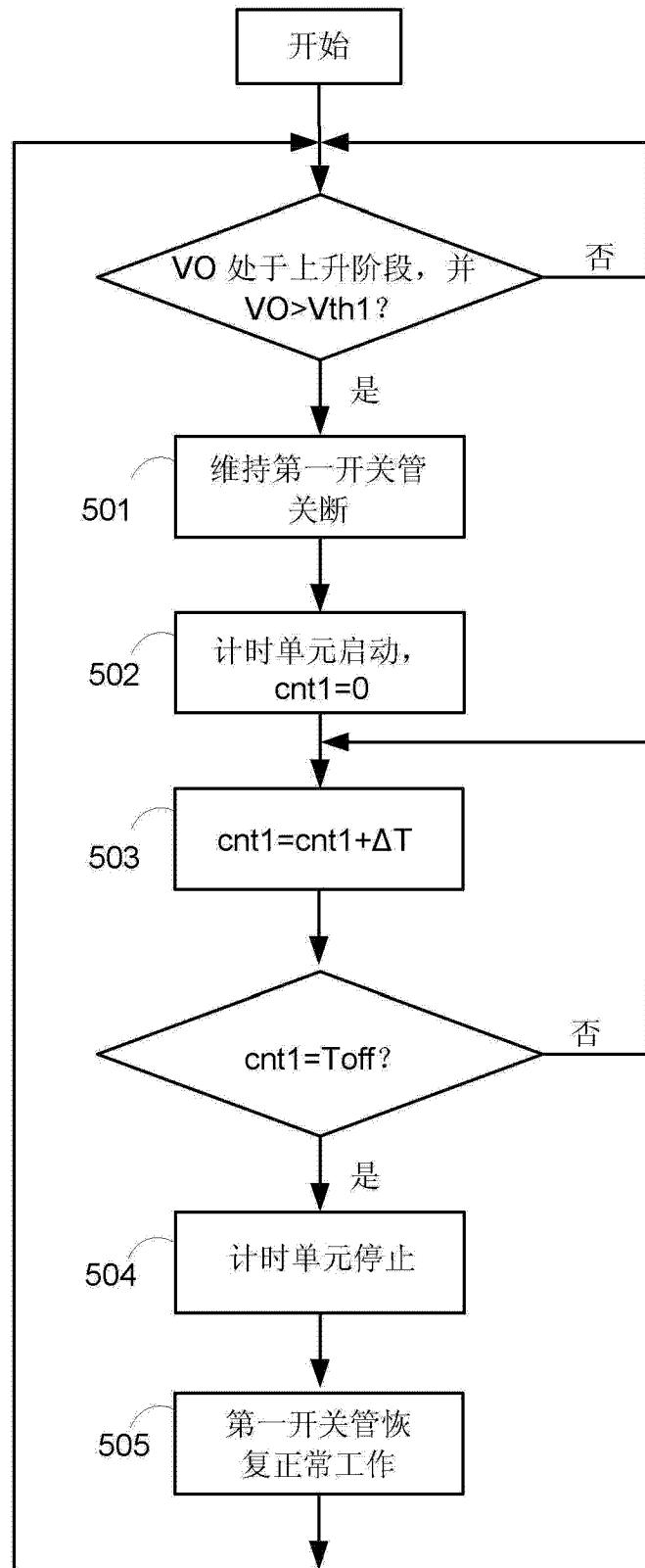


图 5

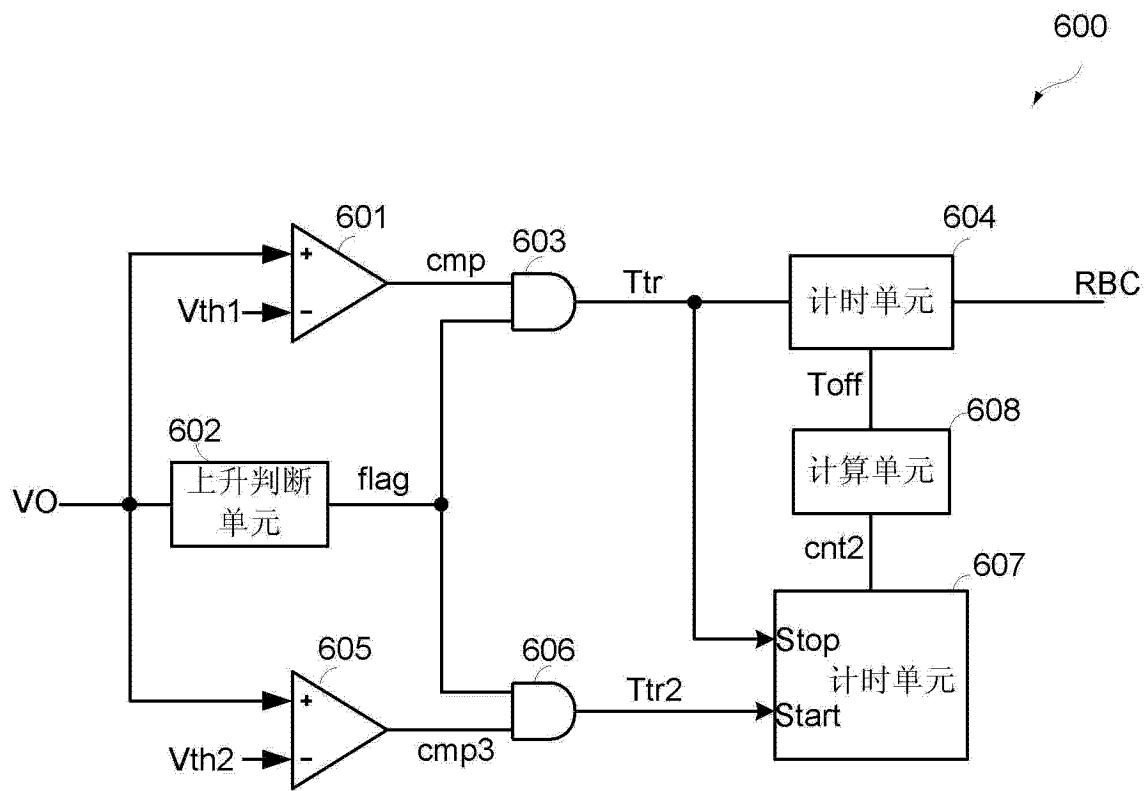


图 6

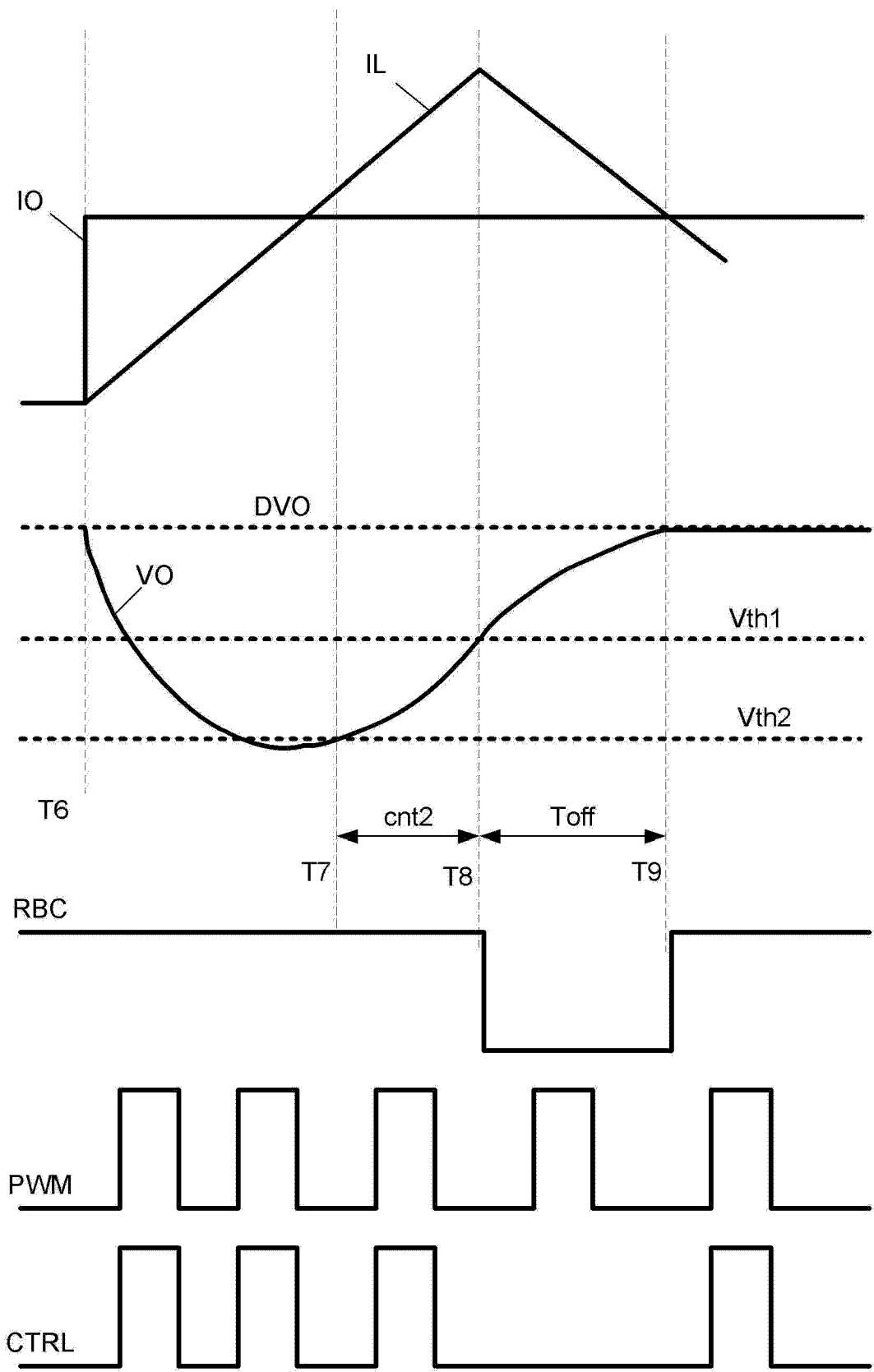


图 7

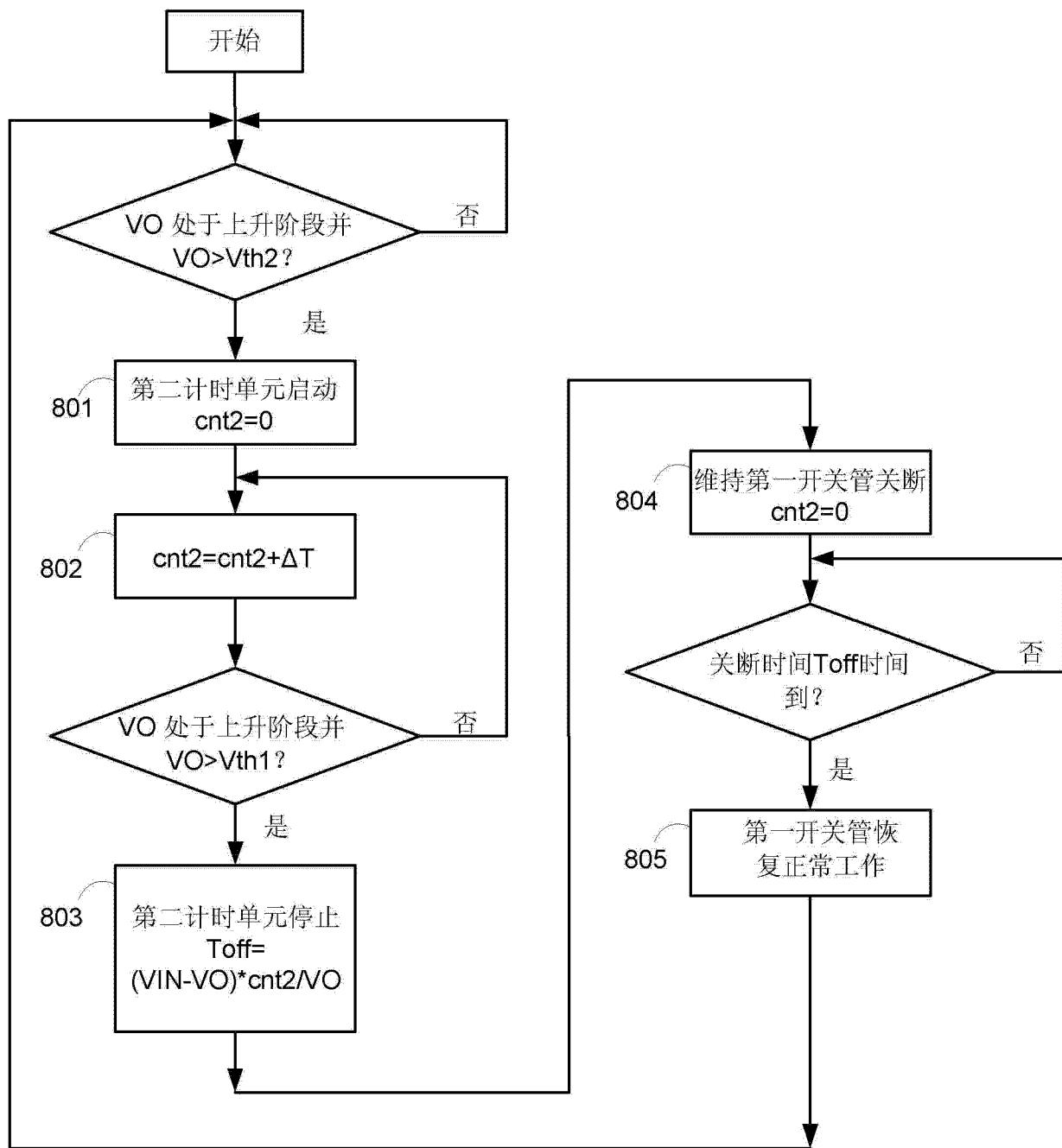


图 8