



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103280974 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 02

(21) 申请号 201310245650. 8

(22) 申请日 2013. 06. 20

(30) 优先权数据

13/530, 290 2012. 06. 22 US

(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

(72) 发明人 杨先庆 姜礼节 欧阳茜 吴小康 张波

(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 3/158(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 203352443 U, 2013. 12. 18,

CN 101976948 A, 2011. 02. 16,

US 2008/0303495 A1, 2008. 12. 11,

US 2009/0072800 A1, 2009. 03. 19,

CN 102364855 A, 2012. 02. 29,

审查员 冯昊

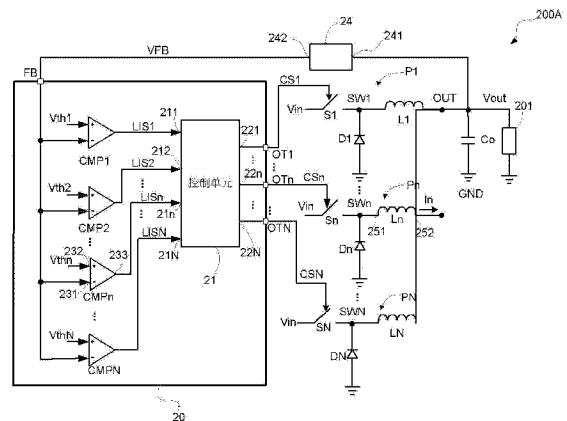
权利要求书2页 说明书9页 附图11页

(54) 发明名称

多相关关模式电源及其控制电路和控制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种多相关关模式电源及其控制电路和控制方法。多相关关模式电源 SMPS 包括 :N 个开关电路耦接至输出节点,其中每个开关电路包括一个开关,多相 SMPS 在输出节点提供输出电压,其中 N 为自然数;多个比较电路,每个比较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阈值电压,第二输入端耦接输出电压反馈信号,输出端提供负载指示信号;以及控制单元,具有多个输入端和 N 个输出端,其中每个输入端接收一个负载指示信号,每个输出端提供一个控制信号至相应开关,控制单元用于根据负载指示信号选择性地同时导通 n 个开关,其中 n 为不大于 N 的自然数。该多相 SMPS 能适应不同的瞬态负载水平,具有响应准确及时等优点。



1. 一种多相开关模式电源,包括:

N 个开关电路耦接至输出节点,其中每个开关电路包括一个开关,多相开关模式电源在输出节点提供输出电压用于为负载供电,其中 N 为自然数;

多个比较电路,每个比较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阈值电压,第二输入端耦接输出电压的反馈信号,输出端提供负载指示信号;以及

控制单元,具有多个输入端和 N 个输出端,其中多个输入端一对一耦接多个比较电路的输出端用于接收负载指示信号, N 个输出端一对一耦接 N 个开关电路的开关的控制端,其中控制单元用于根据负载指示信号选择性地同时导通 n 个开关, n 为不大于 N 的自然数。

2. 如权利要求 1 所述的多相开关模式电源,其中每个负载指示信号具有预定的索引参数,所述索引参数为不大于 N 的自然数,且越小的阈值电压对应越大的索引参数,当反馈信号低于阈值电压时相应的负载指示信号处于有效状态,其中 n 等于处于有效状态的负载指示信号的索引参数的最大值。

3. 如权利要求 1 所述的多相开关模式电源,其中每个开关 S_i 具有序号 i , $i = 1, 2 \dots N$, 其中:

当 $m+n-1$ 不大于 N 时, n 个开关包括从开关 S_m 至 $S_{(m+n-1)}$ 同时导通,其中 m 代表当前序号;或者

当 $m+n-1$ 大于 N 时, n 个开关包括从开关 S_m 至 S_N 以及开关 S_1 至 $S_{(m+n-N-1)}$ 同时导通。

4. 如权利要求 1 所述的多相开关模式电源,包括 N 个比较电路,其中当反馈信号低于阈值电压时相应的负载指示信号转变为有效状态,其中当 n 个负载指示信号为有效状态时, n 个开关同时导通。

5. 如权利要求 1 所述的多相开关模式电源,进一步包括 N 个非门,其中:

每个开关电路包括同步整流管;以及

每个非门包括输入端和输出端,其中输入端耦接控制单元相应的输出端,输出端耦接相应的同步整流管用于控制同步整流管。

6. 如权利要求 1 所述的多相开关模式电源,其中多个比较电路包括第一比较电路,第一比较电路耦接最大的阈值电压,其中当第一比较电路输出脉冲时,一个开关被导通并维持固定导通时间。

7. 如权利要求 1 所述的多相开关模式电源,其中耦接到多个比较电路的阈值电压呈等差数列递减。

8. 如权利要求 1 所述的多相开关模式电源,进一步包括耦接在输出节点和参考地之间的输出电容,其中每个开关电路进一步包括:

整流器,耦接在对应的开关和参考地之间;以及

电感,具有第一端和第二端,其中第一端耦接相应的开关和整流器,第二端耦接输出节点。

9. 如权利要求 1 所述的多相开关模式电源,进一步包括加法电路,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反馈信号,第二输入端耦接斜率补偿信号,输出端耦接所述多个比较电路的第二输入端。

10. 如权利要求 1 所述的多相开关模式电源,进一步包括:

数模转换电路 DAC, 具有输入端和输出端, 其中输入端耦接控制单元 ; 以及

电阻分压电路, 包括串联耦接的多个电阻, 电阻分压电路具有耦接第一电阻的第一输入端, 耦接最后一个电阻的第二输入端以及多个输出端, 其中第一输入端耦接 DAC 的输出端, 第二输入端耦接参考地, 多个输出端用于提供多个阈值电压。

11. 如权利要求 1 所述的多相开关模式电源, 进一步包括反馈电路, 反馈电路具有输入端和输出端, 其中输入端耦接输出节点, 输出端提供反馈信号。

12. 一种控制电路, 包括 :

反馈端, 用于接收反馈信号 ;

多个控制信号输出端 ;

多个比较电路, 每个比较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反馈端、第二输入端耦接阈值电压, 输出端提供一个负载指示信号 ; 以及

控制单元, 具有多个输入端和多个输出端, 其中多个输入端一对一耦接多个比较电路的输出端, 多个输出端一对一耦接多个控制信号输出端用于提供多个脉冲宽度调制 PWM 信号, 控制单元用于根据多个负载指示信号的状态选择性地同时将一定数量的 PWM 信号置高。

13. 如权利要求 12 所述的控制电路, 其中当反馈信号低于阈值电压时, 相应的负载指示信号为有效状态, 当 n 个负载指示信号为有效状态时, n 个 PWM 信号同时置高。

14. 如权利要求 12 所述的控制电路, 进一步包括 :

数模转换电路 DAC, 具有输入端和输出端, 其中输入端耦接控制单元 ; 以及

电阻分压电路, 包括串联耦接的多个电阻, 电阻分压电路具有耦接第一电阻的第一输入端, 耦接最后一个电阻的第二输入端以及多个输出端, 其中第一输入端耦接 DAC 的输出端, 第二输入端耦接参考地, 多个输出端用于提供多个阈值电压。

15. 一种用于多相开关模式电源的负载瞬态控制方法, 其中多相开关模式电源具有耦接 N 个开关的输入端和提供输出电压的输出端, 该方法包括 :

将输出电压的反馈信号和多个阈值电压进行比较 ;

基于比较结果判断多相开关模式电源的负载水平 ; 以及

根据负载水平选择性地同时导通 n 个开关, 其中 n 为不大于 N 的自然数。

16. 如权利要求 15 所述的方法, 更具体包括 :

将反馈信号和多个阈值电压 V_{th1} 、 V_{th2} ... V_{thf} 相比较获得多个负载指示信号, 其中 $V_{th1} > V_{th2} > \dots > V_{thf}$, 其中 f 为从 2 到 N 的任意自然数 ;

为每个负载指示信号设置一个索引参数, 索引参数为不大于 N 的自然数, 其中当反馈信号低于阈值电压时相应的负载指示信号为有效状态, 且越小的阈值电压对应越大的索引参数 ;

找出处于有效状态的负载指示信号的索引参数的最大值 ; 以及

同时导通 n 个开关, 其中 n 等于索引参数的最大值。

17. 如权利要求 16 所述的方法, 其中每个开关 S_i 对应的序号为 i , $i = 1, 2 \dots N$:

若 $m+n-1$ 不大于 N , 将开关从 S_m 至 $S_{(m+n-1)}$ 同时导通, 其中 m 代表当前序号 ; 或者

若 $m+n-1$ 大于 N , 将开关从 S_m 至 S_N 以及从开关 S_1 至 $S_{(m+n-1)-N}$ 同时导通。

多相开关模式电源及其控制电路和控制方法

[0001] 本发明要求申请号为 13/530,290, 申请日期为 2012 年 6 月 22 日的美国专利申请的优先权。

技术领域

[0002] 本发明涉及开关模式电源 (SMPS), 具体但不限于涉及多相 SMPS 及其控制电路和负载瞬态控制方法。

背景技术

[0003] 多相 SMPS 由于能提供大电流而被普遍应用, 如用于微处理系统等。图 1 示出了一个现有技术的多相 SMPS。多相 SMPS100 具有 N 相的开关电路 P1-PN, 开关电路 P1-PN 具有共同的输入端 Vin 和输出端 Vout。输出端 Vout 为负载提供电能。多相 SMPS100 的每个开关电路如开关电路 P1 包括开关 S1, 在开关 S1 的开关动作下开关电路 P1 为负载提供电流。开关 S1-SN 在多个控制信号的控制下依次导通。然而在负载瞬态状况下, 即负载突然增大等情况下, SMPS100 需要通过同时将开关 S1-SN 导通来提供足够的电流。

[0004] 因此在负载瞬态状况下需要进行瞬态控制。而且, 瞬态控制最好可以适应不同的瞬态负载水平。

发明内容

[0005] 为了解决前面描述的一个问题或者多个问题, 本发明提出一种多相 SMPS 及其控制电路和控制方法。

[0006] 根据本发明的一个方面, 一种多相开关模式电源 (SMPS) 包括: N 个开关电路耦接至输出节点, 其中每个开关电路包括一个开关, 多相 SMPS 在输出节点提供输出电压用于为负载供电, 其中 N 为自然数; 多个比较电路, 每个比较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阈值电压, 第二输入端耦接输出电压的反馈信号, 输出端提供负载指示信号; 以及控制单元, 具有多个输入端和 N 个输出端, 其中每个输入端耦接相应比较电路的输出端用于接收一个负载指示信号, 每个输出端提供一个控制信号至相应开关的控制端, 其中控制单元用于根据负载指示信号选择性地同时导通 n 个开关, 其中 n 为不大于 N 的自然数。

[0007] 在一个实施例中, 每个负载指示信号具有预定的索引参数, 所述索引参数为不大于 N 的自然数, 且越小的阈值电压对应越大的索引参数, 当反馈信号低于阈值电压时相应的负载指示信号处于有效状态, 其中 n 等于处于有效状态的负载指示信号的索引参数的最大值。

[0008] 在一个实施例中, 其中每个开关 Si 具有序号 i (i=1, 2...N), 其中: 当 m+n-1 不大于 N 时, n 个开关包括从开关 Sm 至 S(m+n-1) 同时导通, 其中 m 代表当前序号; 或者当 m+n-1 大于 N 时, n 个开关包括从开关 Sm 至 SN 以及开关 S1 至 S(m+n-N-1) 同时导通。

[0009] 在一个实施例中, 多相 SMPS 包括 N 个比较电路, 其中当反馈信号低于阈值电压时

相应的负载指示信号转变为有效状态,其中当 n 个负载指示信号为有效状态时, n 个开关同时导通。

[0010] 在一个实施例中,多相 SMPS 进一步包括 N 个非门,其中:每个开关电路包括同步整流管;以及每个非门包括输入端和输出端,其中输入端耦接控制单元相应的输出端,输出端耦接相应的同步整流管。

[0011] 在一个实施例中,多个比较电路包括第一比较电路,第一比较电路耦接最大的阈值电压,其中当第一比较电路输出一脉冲时,一个开关被导通并维持固定导通时间。

[0012] 在一个实施例中,耦接到多个比较电路的阈值电压呈等差数列递减。

[0013] 在一个实施例中,多相 SMPS 进一步包括耦接在输出节点和参考地之间的输出电容,其中每个开关电路进一步包括:整流器,耦接在对应的开关和参考地之间;以及电感,具有第一端和第二端,其中第一端耦接对应开关和整流器,第二端耦接输出节点。

[0014] 在一个实施例中,多相 SMPS 进一步包括加法电路,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反馈信号,第二输入端耦接斜率补偿信号,输出端耦接所述多个比较电路的第二输入端。

[0015] 在一个实施例中,多相 SMPS 进一步包括:数模转换电路 (DAC),具有输入端和输出端,其中输入端耦接控制单元;以及电阻分压电路,包括串联耦接的多个电阻,电阻分压电路具有耦接第一电阻的第一输入端,耦接最后一个电阻的第二输入端以及多个输出端,其中第一输入端耦接 DAC 的输出端,第二输入端耦接参考地,多个输出端用于提供多个阈值电压。

[0016] 在一个实施例中,多相 SMPS 进一步包括反馈电路,反馈电路具有输入端和输出端,其中输入端耦接输出节点,输出端提供反馈信号。

[0017] 根据本发明的另一个方面,一种控制电路包括:反馈端,用于接收反馈信号;多个控制信号输出端;多个比较电路,每个比较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反馈端、第二输入端耦接阈值电压,输出端提供一个负载指示信号;以及控制单元,具有多个输入端和多个输出端,其中多个输入端一对一耦接多个比较电路的输出端,多个输出端一对一耦接多个控制信号输出端用于提供多个脉冲宽度调制 (PWM) 信号,控制单元用于根据多个负载指示信号的状态选择性地同时将一定数量的 PWM 信号置高。

[0018] 在一个实施例中,当反馈信号低于阈值电压时,相应的负载指示信号为有效状态,当 n 个负载指示信号为有效状态时, n 个 PWM 信号同时置高。

[0019] 在一个实施例中,控制电路进一步包括: DAC,具有输入端和输出端,其中输入端耦接控制单元;以及电阻分压电路,包括串联耦接的多个电阻,电阻分压电路具有耦接第一电阻的第一输入端,耦接最后一个电阻的第二输入端以及多个输出端,其中第一输入端耦接 DAC 的输出端,第二输入端耦接参考地,多个输出端用于提供多个阈值电压。

[0020] 根据本发明的又一个方面,一种用于多相 SMPS 的负载瞬态控制方法,其中多相 SMPS 具有耦接 N 个开关的输入端和提供输出电压的输出端,该方法包括:将输出电压的反馈信号和多个阈值电压进行比较;基于比较结果判断多相 SMPS 的负载水平;以及根据负载水平选择性地同时导通 n 个开关,其中 n 为不大于 N 的自然数。

[0021] 在一个实施例中,该方法更具体包括:将反馈信号和多个阈值电压 V_{th1} 、 V_{th2} ...

V_{thf} 相比较获得多个负载指示信号,其中 $V_{th1} > V_{th2} > \dots > V_{thf}$,其中 f 为从 2 到 N 的任意自然数;为每个负载指示信号设置一个索引参数,索引参数为不大于 N 的自然数,其中当反馈信号低于阈值电压时相应的负载指示信号为有效状态;找出处于有效状态的负载指示信号的索引参数的最大值;以及同时导通 n 个开关,其中 n 等于索引参数的最大值。

[0022] 在一个实施例中,每个开关 S_i 对应的序号为 i ($i=1, 2, \dots, N$):若 $m+n-1$ 不大于 N ,将开关从 S_m 至 $S_{(m+n-1)}$ 同时导通,其中 m 代表当前序号;或者若 $m+n-1$ 大于 N ,将开关从 S_m 至 S_N 以及从开关 S_1 至 $S_{(m+n-1)-N}$ 同时导通。

[0023] 根据本发明的实施例所提供的电路和瞬态控制方法能适应不同的瞬态负载水平,具有响应准确及时等优点。

附图说明

[0024] 为了更好的理解本发明,将根据以下附图对本发明的实施例进行描述。这些附图仅用于示例。附图通常仅示出实施例中系统或电路的部分特征。

[0025] 图 1 示出了现有技术的多相 SMPS 的示意图;

[0026] 图 2A 示出了根据本发明一实施例的多相 SMPS 的示意图;

[0027] 图 2B 示出了根据本发明一实施例的包括同步整流管的多相 SMPS 的示意图;

[0028] 图 2C 示出了根据本发明一实施例的具有外部补偿的多相 SMPS 的示意图;

[0029] 图 3A 示出了根据本发明一实施例的多相 SMPS 中一些信号的波形图;

[0030] 图 3B 示出了根据本发明一实施例的带外部补偿的多相 SMPS 中一些信号的波形图;

[0031] 图 4A 示出了根据本发明一实施例的多相 SMPS 第一状态下的多个信号波形图,其中该多个信号包括瞬态状况下的多个控制信号;

[0032] 图 4B 示出了根据本发明一实施例的多相 SMPS 第二状态下的多个信号波形图,其中该多个信号包括瞬态状况下的多个控制信号;

[0033] 图 5 示出了根据本发明一实施例的具有数模转换器和电阻分压器的多相 SMPS;

[0034] 图 6 示出了根据本发明一实施例的多相 SMPS 的负载瞬态控制方法;

[0035] 图 7A、图 7B 和图 7C 中的每个图示出了根据本发明多个实施例的多相 SMPS 中的负载指示信号系列及其对应的索引参数。

[0036] 贯穿所有附图相同的附图标记表示相同或相似的部件或特征。

具体实施方式

[0037] 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。在下面对本发明的详细描述中,为了更好地理解本发明,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,本发明同样可以实施。为了清晰明了地阐述本发明,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。尽管本发明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。

[0038] 图 2A 示出了根据本发明一实施例的多相 SMPS200A 的示意图。多相 SMPS200A 包括

N 个开关电路 P1、P2...PN, N 个比较电路 CMP1、CMP2...CMPN 以及控制单元 21。N 个开关电路 P1、P2...PN 一起耦接到输出端 OUT。每个开关电路 Pi 包括一个耦接在输入电压 Vin 和开关节点 SWi 之间的开关 Si, 其中 i 为从 1 到 N 的自然数。每个开关电路如开关电路 Pn 进一步包括整流器 Dn 和电感 Ln。整流器 Dn 耦接在对应的开关 Sn 和参考地 GND 之间。开关节点 SWn 为开关 Sn 和整流器 Dn 的公共节点。电感 Ln 具有耦接到开关节点 SWn 的第一端 251 和耦接到输出节点 OUT 的第二端 252。多相 SMPS200A 进一步包括耦接在输出节点 OUT 和参考地 GND 之间的输出电容 Co。经过开关 S1、S2...SN 的交替导通和关断以及电感 Ln 和输出电容 Co 的滤波, 输入电压 Vin 被转换成低于输入电压 Vin 的输出电压 Vout。每个开关电路中的电流如电流 In 从开关电路 Pn 流向输出节点 OUT。在正常的稳态运行模式中, 即负载水平稳定的情况下, 开关 S1、S2...SN 一个接一个地依次导通。多相 SMPS200A 在输出节点 OUT 提供输出电压 Vout, 为负载 201 供电, 流经负载 201 的电流为流经各开关电路 P1、P2...PN 的电流之和。然而, 当负载瞬态状况被检测到后, 如输出电压 Vout 低于一预定参考电压时, 多个开关电路中的开关同时导通。多相 SMPS200A 采用降压变换器。然而在另一个实施例中, 多相 SMPS 可采用升压变换器。在又一个实施例中, 多相 SMPS 可采用降压-升压变换器或其它类型的电压变换器。

[0039] 多相 SMPS200A 可进一步包括反馈电路 24, 其中反馈电路 24 具有输入端 241 和输出端 242。输入端 241 耦接输出节点 OUT, 输出端 242 提供反馈信号 VFB。在一个实施例中, 反馈信号 VFB 和输出电压 Vout 成正比。在另一个实施例中, 反馈电路包含加法电路, 反馈信号 VFB 为输出电压检测值和斜率补偿信号如锯齿波信号的叠加信号。

[0040] 每个比较电路如比较电路 CMPn 具有第一输入端 231、第二输入端 232 和输出端 233。其中第一输入端 231 耦接反馈信号 VFB。第二输入端 232 耦接阈值电压 Vthn, 输出端 233 耦接控制单元 21 的输入端 21n。也就是说, 对于比较电路 CMPi (i=1, 2...N), 其第一输入端耦接同一个反馈信号 VFB, 其第二输入端耦接阈值电压 Vthi, 其输出端提供负载指示信号 LISi 发送至控制单元 21。

[0041] 在图示的实施例中, 比较电路 CMPn 的第一输入端 231 为反相输入端, 第二输入端 232 为同相输入端。当反馈信号 VFB 低于阈值电压 Vthn 时, 相应的负载指示信号 LISn 为逻辑高, 为有效状态。当反馈信号 VFB 高于阈值电压 Vthn 时, 相应的负载指示信号 LISn 为逻辑低, 为无效状态。在另一个实施例中, 阈值电压耦接比较电路的反相端, 反馈信号耦接比较电路的同相端, 则负载指示信号的有效状态为逻辑低, 无效状态为逻辑高。

[0042] 控制单元 21 具有 N 个输入端 211、212...21N; N 个输出端 221、222...22N。N 个输入端 21i (i=1, 2...N) 一对一耦接多个比较电路 CMPi (i=1, 2...N) 的输出端, 用于接收相应的负载指示信号 LISi。控制单元 21 的多个输出端 22i (i=1, 2...N) 一对一耦接 N 个开关 Si (i=1, 2...N) 的控制端用于提供控制信号 CSi (i=1, 2...N)。例如, 比较电路 CMPn 的输出端耦接开关 Sn 的控制端。

[0043] 在图 2A 所示的实施例中, 控制电路 20 包括多个比较电路 CMP1、CMP2...CMPN 和控制单元 21。控制电路 20 具有反馈端 FB 和多个控制信号输出端 OT1、OT2...OTN。每个比较电路如比较电路 CMPn 具有耦接反馈端 FB 的第一输入端 231, 耦接阈值电压 Vthn 的第二输入端和提供负载指示信号 LISn 的输出端。控制单元 21 具有多个输入端 211、212...21N, 分别一对一耦接多个比较电路 CMP1、CMP2...CMPN 的输出端用于接收负载指示信号 LIS1、LIS2...

LISN。控制单元 21 进一步具有多个输出端 221、222...22N, 分别一对一耦接多个控制信号输出端 OT1、OT2...OTN。多个控制信号输出端 OT1、OT2...OTN 分别提供 N 个脉冲宽度调制 (PWM) 信号 CS1、CS2...CSN。在图示的实施例中, 阈值电压 $V_{th1} > V_{th2} > \dots V_{thN}$ 。当反馈端 FB 的反馈电压正好小于 V_{thn} 时, n 个负载指示信号 LIS1、LIS2...LISn 处于有效状态, n 个 PWM 信号置为逻辑高, 同时将 n 个开关导通。

[0044] 在图 2A 所示的实施例中, 整流器 D_i ($i=1, 2, \dots, N$) 为二极管。然而在如图 2B 所示的实施例中, 整流器可为同步整流管 SR_i ($i=1, 2, \dots, N$)。在图 2B 所示的实施例中, 每个开关电路如开关电路 P1 进一步包含非门 26, 非门 26 具有耦接控制信号 C51 的第一输入端 261 和耦接对应整流器 SR1 的输出端 262。

[0045] 和图 2A 中的控制电路 20 相比, 图 2B 所示实施例中的控制电路 20B 进一步包括: 对应 N 个开关电路 P1、P2...PN 的 N 个非门; 以及 N 个整流输出端 RC1、RC2...RCN。以整流输出端 RC1 为例, 非门 26 的输入端 261 耦接控制单元 21 的输出端 221, 非门 26 的输出端 262 耦接对应的整流输出端 RC1。控制电路 20B 控制开关 S1、S2...SN 和整流器 SR1、SR2...SRN 的开关动作。在一个实施例中, 对每一个开关电路如开关电路 P1 来说, 开关 S1 和整流器 SR1 以互补模式进行导通和关断。

[0046] 在一个实施例中, 参看图 2C, 多相 SMPS200C 和控制电路 20C 进一步包括加法电路 27, 将反馈信号 VFB 和斜率补偿信号如锯齿波信号进行叠加, 用于进行外部补偿。其中加法电路 27 具有接收反馈信号 VFB 的第一输入端 271, 接收斜率补偿信号的第二输入端 272, 以及输出端 273。其中输出端 273 耦接各比较电路 CMP1、CMP2...CMPN 的反相输入端。相应地, 阈值电压 V_{th1} 、 V_{th2} ... V_{thN} 可为直流 (DC) 信号。

[0047] 在另一个实施例中, 比较电路 CMP1、CMP2...CMPN 的反相输入端接收反馈信号 VFB, 而阈值电压 V_{th1} 、 V_{th2} ... V_{thN} 为锯齿波电压信号。

[0048] 在一个实施例中, 多相 SMPS200A 或 200B 为固定导通时间 (COT) 变换器。COT 变换器在预定条件满足时触发控制信号 CS_i ($i=1, 2, \dots, N$) 用于导通一开关, 例如当输出电压 V_{out} 低于第一阈值电压 V_{th1} 时一控制信号置为逻辑高, 并保持固定导通时间后置低。该固定导通时间可经输入电压 V_{in} 和输出电压 V_{out} 进行调节。

[0049] 每个负载指示信号 LS_i 具有预定的索引参数 ID_i , 其中索引参数 ID_i 为不大于 N 的自然数。索引参数 ID_i 为每个负载指示信号设置的数字值。当其中一个负载指示信号为有效值时, 其索引参数用于决定瞬态状况下多少个开关同时导通。

[0050] 在图 2A 所示的实施例中, 阈值电压依次递减, 即: $V_{th1} > V_{th2} > \dots V_{thN}$, 每个负载指示信号 LIS_i 的索引参数 ID_i 等于其序号 i, 可以表示为 $ID_i=i$ ($i=1, 2, \dots, N$)。因此当 n 个负载指示信号 (LIS_1 、 LIS_2 ... LIS_n) 为有效状态时, 最大的索引参数为 n, n 个 PWM 信号置高用于同时开通 n 个开关。

[0051] 在一个实施例中, 一多相 SMPS 包括 N 个开关电路和小于 N 个的比较电路。负载指示信号对应的索引参数可不等于其序号。例如, 一多相 SMPS 包括 N 个开关电路和 f 个比较电路 CMP1、CMP2...CMPf, 其中 f 为小于 N 的自然数。f 个比较电路将一反馈信号与 f 个阈值电压 V_{th1} 、 V_{th2} 、... V_{thf} 分别进行比较, 产生 f 个负载指示信号 LIS_1 、 LIS_2 ... LIS_f , 其中 $V_{th1} > V_{th2} > \dots V_{thf}$ 。多相 SMPS 控制器具有 f 个输入端用于接收 f 个负载指示信号, 同时具有 N 个输出端提供 N 个控制信号 CS1、CS2...CSN。负载指示信号 LIS_i 的索引参数可为

任意不大于N的自然数 ($i=1, 2 \dots f$), 只需满足 $ID_1 < \dots < ID_f$, 即越小的阈值电压对应越大的索引参数。

[0052] 图 7A、图 7B 和图 7C 示出了一些实施例用于说明负载指示信号可能的索引参数。图 7A、图 7B 和图 7C 中的每个实施例示出了具有 10 相开关电路的多相 SMPS 的一系列负载指示信号和其对应的索引参数,

[0053] 图 7A 示出了根据本发明一实施例的具有 10 相开关电路的多相 SMPS 的负载指示信号 LIS1-LIS6 和其索引参数 ID1-ID6。其中当反馈信号 VFB 小于阈值电压 V_{thi} ($i=1, 2 \dots 6$) 时, 负载指示信号 LIS_i 为有效状态, 阈值电压 $V_{th1} > V_{th2} > \dots > V_{th6}$ 。信号 LIS1, LIS2...LIS6 的索引参数分别为 1、2、4、6、8 和 10。因此, 当仅有信号 LIS1 和 LIS2 为有效状态时, 信号 LIS1 和 LIS2 的索引参数最大值为 2, 相应地 2 个开关电路中的开关将被同时导通用于瞬态控制。当信号 LIS1、LIS2、LIS3 和 LIS4 处于有效状态时, 对应的最高索引参数为 6, 因此 6 个开关将被同时导通用于瞬态控制。当所有的负载指示信号 LIS1、LIS2...LIS6 都处于有效状态时, 对应的最高索引参数为 10, 10 个开关电路中的 10 个开关将被同时导通。

[0054] 图 7B 示出了根据本发明一实施例的包括 10 个开关电路的多相 SMPS 中的负载指示信号 LIS1、LIS2...LIS6 及其索引参数。和图 7A 中的实施例相比, 图 7B 中的索引参数 ID6 为 8, 而不是 10, 也就是说当所有的负载指示信号 LIS1、LIS2...LIS6 都为有效状态时, 8 个开关将被同时导通用于瞬态控制。

[0055] 图 7C 示出了根据本发明另一实施例的包括 10 个开关电路的多相 SMPS 中的负载指示信号 LIS1-LIS4 及其索引参数。和图 7A 和图 7B 中的实施例相比, 图 7C 中的多相 SMPS 实施例具有更少的比较电路, 只产生 4 个负载指示信号。

[0056] 图 3A 示出了根据本发明一实施例的多相 SMPS 的信号波形图。耦接到比较电路 CMP1、CMP2...CMPN 反相输入端的信号 VFB 为输出电压 V_{out} 反馈信号和锯齿波信号的叠加信号。阈值电压 $V_{th1}, V_{th2} \dots V_{thN}$ 依次减小 $V_{th1} > V_{th2} > \dots > V_{thN}$ 。在一个实施例中, 阈值电压 $V_{th1}, V_{th2} \dots V_{thN}$ 呈等差数列递减: $V_{th1} - V_{th2} = V_{th2} - V_{th3} \dots = V_{thn} - V_{th(n+1)} \dots = V_{th(N-1)} - V_{thN}$ 。输出电压 V_{out} 的反馈信号 VFB 分别和多个阈值电压进行比较。例如, 将信号 VFB 与阈值信号 V_{th1} 比较用于产生第一负载指示信号 LIS1, 将信号 VFB 与阈值信号 V_{th2} 比较用于产生第二负载指示信号 LIS2, 等等。在时间 t_1 之前, 在稳态工作模式下, 信号 LIS1 呈现较高频的周期性脉冲 (方波), 其它负载指示信号为无效状态。当负载上升时, 信号 VFB 下降, 在时间 t_2 后, 信号 VFB 小于第二阈值电压 V_{th2} , 信号 LIS2 呈现电平。

[0057] 在时间 t_1 之前的稳态模式下, 信号 LIS1 呈现周期脉冲, 其它负载指示信号 LIS2、LIS3...LISN 为逻辑低, 即无效状态。当负载瞬态上冲时, 其它负载指示信号变为有效状态。在所示的实施例中, 负载指示信号 LIS_i 的有效状态为逻辑高。当然应当知道, 在另外的实施例中, 负载指示信号的有效状态可为逻辑低而无效状态为逻辑高。在时间 t_2 和 t_3 之间, 负载指示信号 LIS1 和 LIS2 为逻辑高。随着负载的升高, 在时间 t_3 和 t_4 之间, 负载指示信号 LIS1、LIS2 和 LIS3 为逻辑高。在时间 t_4 和 t_5 之间, 信号 LIS1、LIS2...LIS(N-1) 为逻辑高。

[0058] 在所示的实施例中, 负载指示信号 LIS_i 的索引参数 $ID_i = i$ ($i=1, 2 \dots N$)。例如, 在时间 t_2 和 t_3 之间, 负载指示信号 LIS1 和 LIS2 为有效状态, 处于有效状态的负载指示信号

的最大索引参数为 2, 控制信号 CS1、CS2...CSN 之中的 2 个信号置高用于同时使 2 个开关导通。当两个开关同时导通时, 提供给负载的电流增大, 多相 SMPS 就能适应负载瞬态上升变化了。同样地, 随着负载的上升, 在时间 t4 和 t5 之间, N-1 个负载指示信号 LIS1、LIS2...LIS(N-1) 处于有效状态, 有效状态的负载指示信号的最大索引参数为 N-1, 使得 N-1 个开关被同时导通。

[0059] 图 3B 示出了根据本发明一实施例的多相 SMPS 的信号波形图。在这个实施例中, 反馈信号 VFB 为输出电压 V_{out} 的检测值。在其中一个实施例中, 反馈信号 VFB 正比于输出电压 V_{out} , 且每个阈值电压 V_{thi} 为一直流信号和一锯齿波信号的叠加值。在一个实施例中, 叠加到阈值电压 V_{th1} 、 V_{th2} ... V_{thN} 的锯齿波信号大致相同, 其中阈值电压 V_{th1} 、 V_{th2} ... V_{thN} 中的直流信号 $d1$ 、 $d2$... dN 依次下降。在一个实施例中, 阈值电压 V_{th1} 、 V_{th2} ... V_{thN} 中的直流信号 $d1$ 、 $d2$... dN 的值为等差数列。

[0060] 输出电压 V_{out} 的反馈信号 VFB 和多个阈值电压 V_{th1} 、 V_{th2} ... V_{thN} 分别相比。例如, 将信号 VFB 和阈值电压 V_{th1} 相比较得到第一个负载指示信号 LIS1, 将信号 VFB 和 V_{th2} 比较得到第二个负载指示信号 LIS2, 等等。在时间 t11 之前的稳态阶段, 信号 LIS1 呈现周期性脉冲。当负载上升, 反馈信号 VFB 下降。在时间 t12 后, 信号 VFB 低于第一阈值电压 V_{th1} , 负载指示信号 LIS1 呈现高电平。时间 t13 后, 信号 VFB 下降到低于阈值 V_{th2} , 信号 LIS2 为高电平。当信号 VFB 低于阈值电压 V_{thi} 时, 信号 LISi 呈现高电平 (其中 $i=1, 2$...N)。

[0061] 继续图 3B 的说明, 当阈值电压高于反馈信号 VFB 时, 信号 LISi 变高, 即在负载瞬态上升阶段, 一些负载指示信号变为有效状态。在图示的实施例中, 有效状态为高电平。

[0062] 在时间 t13 和 t14 之间, 负载指示信号 LIS1 和 LIS2 为有效状态, 其最高索引参数为 2。因此开关 S1、S2...SN 中的两个开关同时导通。依次类推。在时间 t15 和 t16 之间, N-1 个开关同时导通。

[0063] 图 4A 示出了根据本发明一实施例的对应图 2A-2C 中的多相 SMPS 的信号图。在该实施例中, 当负载指示信号 LIS1、LIS2...LISn 为有效状态时, 控制信号 CS1、CS2...CSN 之中的 n 个控制信号置高用于使 n 个开关同时导通。每个开关 Si 的序号为 i ($i=1, 2$...N), 该 n 个同时被导通的开关序号连续。

[0064] 参看图 4A, 在时间 t43 前, 多相 SMPS 处于稳态模式, 控制信号 CS1、CS2...CSN 交替依次导通各开关。在一个实施例中, 当耦接最大阈值电压的比较电路输出端或负载指示信号出现脉冲时, 控制信号 CSm 置高将开关 Sm 导通一固定时间。在稳态模式中, 开关 S1-SN 按照预定的顺序依次导通, 开关 Si 位于第 i 相开关电路 (其中 $i=1, 2$...N), m 代表当前序号, 即若在稳态模式下按顺序控制信号 CSm 被导通。例如, 在时间 t41, 控制信号 CS1 在第一负载指示信号 LIS1 的第一个脉冲的上升沿置高, 当前序号为 1。在时间 t42, 控制信号 CSm 在信号 LIS1 的上升沿置高, 当前序号为 m, 等等。第一负载指示信号 LIS1 可被作为 COT 控制的置位信号, 其它的负载指示信号 LIS2、LIS3...LISN 作为同时控制多个开关导通的控制信号。每个负载指示信号 LISi 的索引参数为 i。当 $V_{FB} < V_{thn}$ 时, 负载指示信号 LISn 为有效状态, 且处于有效状态的负载指示信号的最大索引参数为 n 时, n 个控制信号同时置高用于使 n 个开关同时导通。

[0065] 继续图 4A 的说明, 在时间 t44, m 又成为当前相。在该时间点, 负载瞬态上冲, n 个

负载指示信号同时置高。因此 n 个控制信号置高用于使 n 个开关同时导通。该 n 个开关的序号连续。例如, 参看图 4A, 当 $m+n-1$ 不大于 N 时, 在时间 t_{43} , n 个控制信号 $CS_m, CS_{(m+1)} \dots CS_{(m+n-1)}$ 同时置高用于导通相应的 n 个从 S_m 至 $S_{(m+n-1)}$ 的开关。其中 m 为当前序号, n 可为任何一个不大于 N 的自然数。

[0066] 图 4B 示出了根据本发明一实施例的对应图 2A-2C 中多相 SMPS 的信号波形图, 其中 $m+n-1$ 大于 N 。每个负载指示信号 LIS_i 的索引参数等于其序号 i 。在时间 t_{45} , 信号 $LIS_1, LIS_2 \dots LIS_n$ 为有效状态, m 为当前序号, n 为负载指示信号 $LIS_1, LIS_2 \dots LIS_n$ 的最高索引参数。此时 n 个控制信号从 CS_m 至 CS_N , 以及控制信号从 CS_1 至 $CS_{(m+n-N-1)}$ 同时置高。相应地, n 个开关从开关 S_m 至 S_N , 以及从开关 S_1 至 $S_{(m+n-N-1)}$ 同时导通。

[0067] 图 4A 和图 4B 中的信号仅用于示例。在不脱离本发明的精神下, 本发明旨在涵盖所有不同于图 4A 和图 4B 中信号波形的实施例。

[0068] 图 5 示出了根据本发明一实施例的多相 SMPS500。与图 2A 中的实施例相比, SMPS500 的控制电路 50 进一步包括数模转换电路 (DAC) 51 和电阻分压电路 52。DAC51 具有输入端 511 和输出端 512。DAC51 的输入端 511 耦接控制单元 21。控制单元 21 输出数字阈值信号至 DAC51 的输入端 511。经过数模转换, DAC51 输出模拟阈值信号 V_{th1} 。电阻分压电路 52 具有串联耦接的多个电阻 $R_1, R_2 \dots R_N$ 。电阻分压电路 52 具有耦接 DAC51 输出端 512 用于接收阈值信号 V_{th1} 的第一输入端 521, 耦接参考地 GND 的第二输入端 522 以及多个分别耦接比较电路 $CMP_1, CMP_2 \dots CMP_N$ 的输出端 $53_1, 53_2 \dots 53_N$ 。例如, 电阻分压电路 52 的输出端 53_1 耦接第一比较电路 CMP_1 的同相输入端。输出端 53_2 耦接第二比较电路 CMP_2 的同相端, 等等。电阻分压电路 52 的第一输入端 521 内部耦接第一电阻 R_1 , 第二输入端 522 内部耦接最后电阻 R_N 。电阻分压电路 52 的第一输出端 521 直接耦接第一输入端 521。第二输出端 53_2 在电阻分压电路 52 内部耦接在第一电阻 R_1 和第二电阻 R_2 之间。电阻分压电路 52 的最后输出端 53_N 在内部耦接在电阻 $R_{(N-1)}$ 和电阻 R_N 之间。 N 个输出端 $53_1, 53_2 \dots 53_N$ 分别为 N 个比较电路 $CMP_1, CMP_2 \dots CMP_N$ 提供 N 个阈值电压 $V_{th1}, V_{th2} \dots V_{thN}$ 。在一个实施例中, 电阻 $R_1, R_2 \dots R_N$ 的电阻值相同或基本相同, N 个阈值电压 $V_{th1}, V_{th2} \dots V_{thN}$ 以等差数列递减, 可表示为: $V_{th1} - V_{th2} = V_{th2} - V_{th3} = \dots = V_{th(N-1)} - V_{thN}$ 。

[0069] 图 6 示出了根据本发明一实施例的用于多相 SMPS 的负载瞬态控制方法。多相 SMPS 具有一输入端, 该输入端和多个开关耦接, 多相 SMPS 进一步具有一输出端提供一输出电压。该方法包括: 在步骤 601, 将输出电压的反馈信号和多个阈值电压相比较。其中包括 N 个开关电路的多相 SMPS 采用 N 个阈值电压 $V_{th1}, V_{th2} \dots V_{thN}$ 。在一个实施例中, 阈值电压 $V_{th1}, V_{th2} \dots V_{thN}$ 依次下降, 即 $V_{th1} > V_{th2} > \dots > V_{thN}$ 。

[0070] 继续图 6 的说明, 反馈信号和输出电压呈正相关关系。在一个实施例中, 反馈信号 V_{FB} 正比于多相 SMPS 的输出电压。将反馈信号和多个阈值电压进行比较获得多个负载指示信号。当负载增大时, 输出电压的反馈信号 V_{FB} 下降, 更多的负载指示信号转变为有效状态。其中当反馈信号低于阈值电压时相应的负载指示信号为有效状态。在步骤 602, 该方法进一步包括根据比较结果判断负载水平。对于包括 N 个开关电路的多相 SMPS, 负载水平通过高于反馈信号 V_{FB} 的阈值电压个数来确定, 即通过处于有效状态的负载指示信号个数来确定。每个负载指示信号都分配一个固定的索引参数, 索引参数为不大于 N 的自然数。该方法进一步包括找出有效状态的负载指示信号的最高索引参数 n , 其中 n 为从 1 至 N 之间的

一个自然数。在步骤 603,方法进一步包括根据负载水平选择并同时导通多个开关。例如,对于包括N个开关电路的多相 SMPS 来说,当处于有效状态的负载指示信号的最高索引参数为n时,同时使n个开关导通。在一个实施例中,n个被导通的开关的序号连续,其中每个开关 S_i 的序号为 i ($i = 1, 2 \dots N$)。参看图 4A,如果 $m+n-1$ 不大于N,n个开关从开关 S_m 到 $S_{(m+n-1)}$ 同时导通,其中m为预定开关导通顺列下的当前序号。参看图 4B,如果 $m+n-1$ 高于N,n个开关从开关 S_m 至 S_N 以及从开关 S_1 至 $S_{(m+n-1)-N}$ 同时导通。

[0071] 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权利要求限定的保护范围。

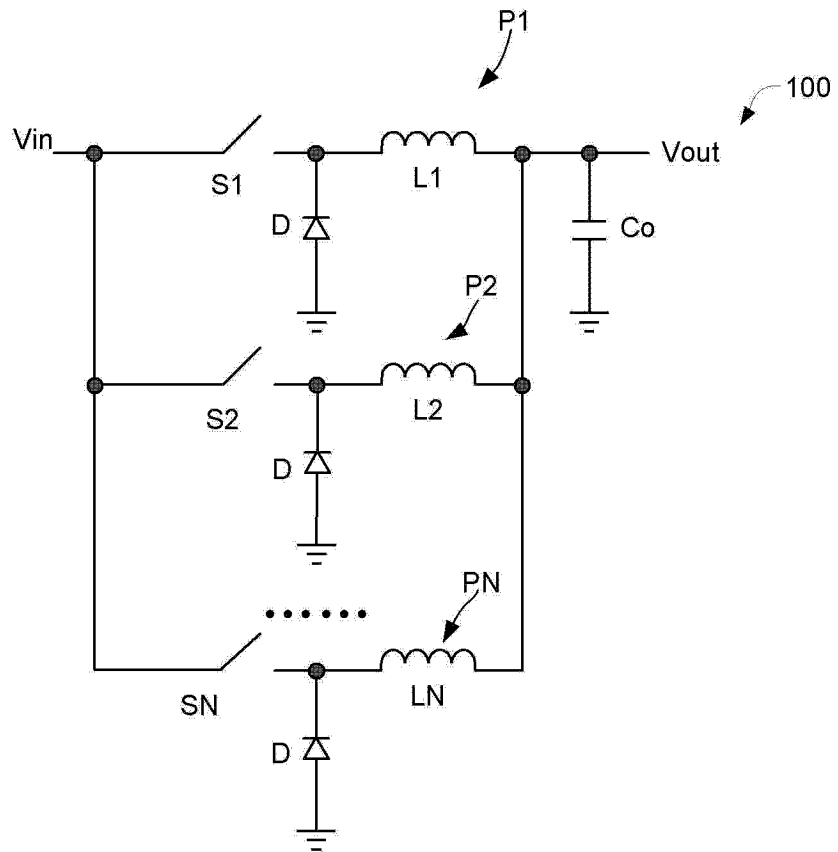


图 1

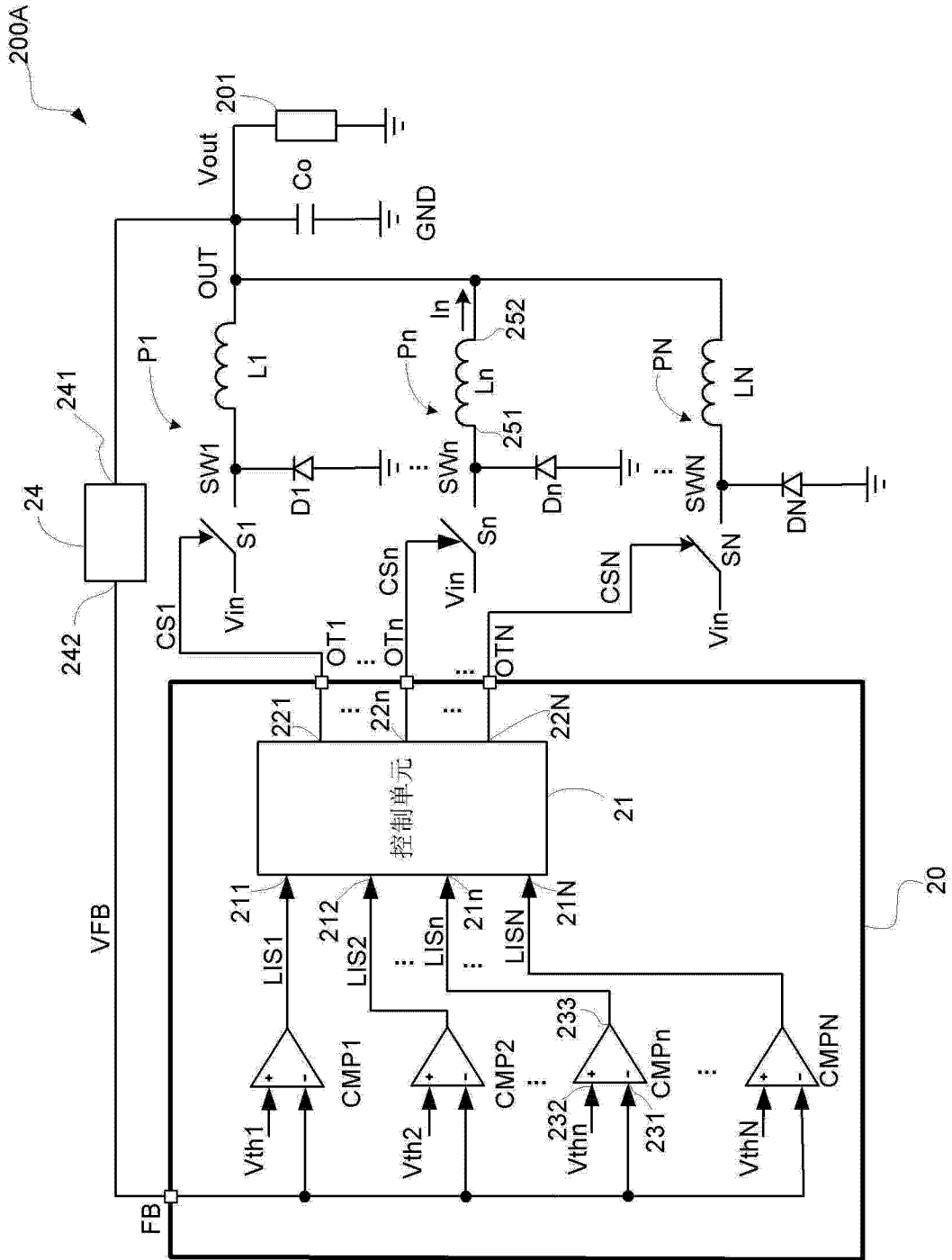


图 2A

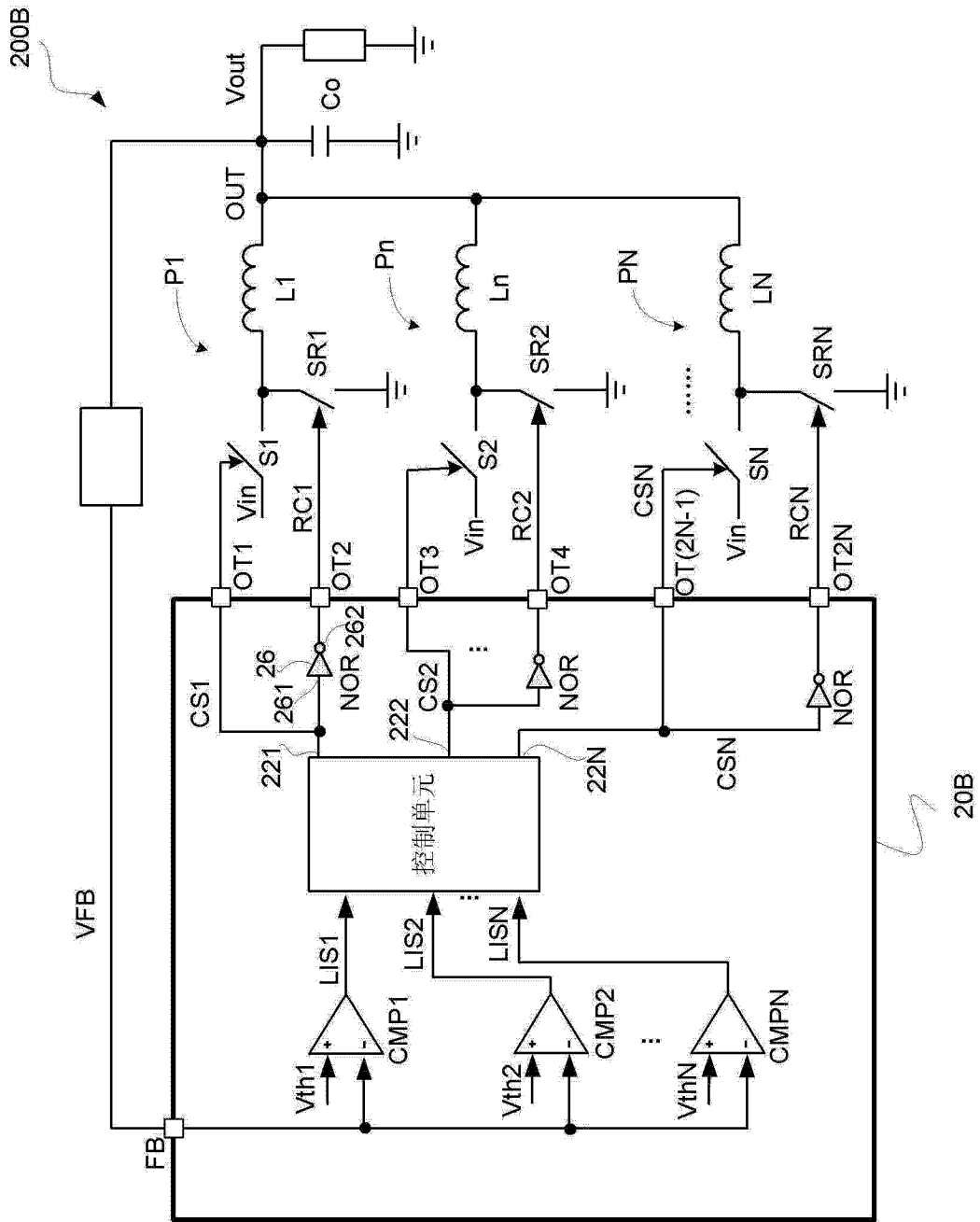


图 2B

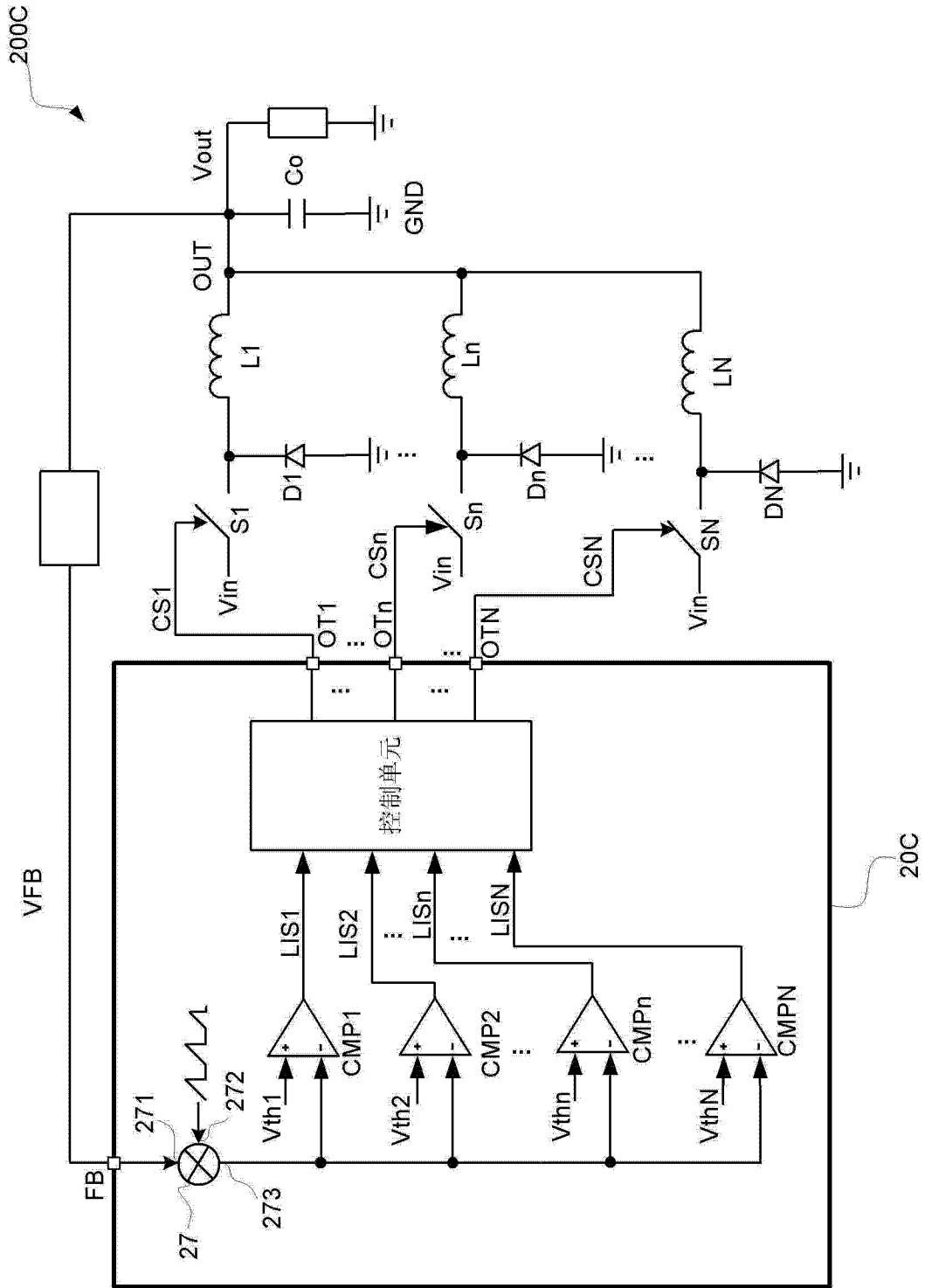


图 2C

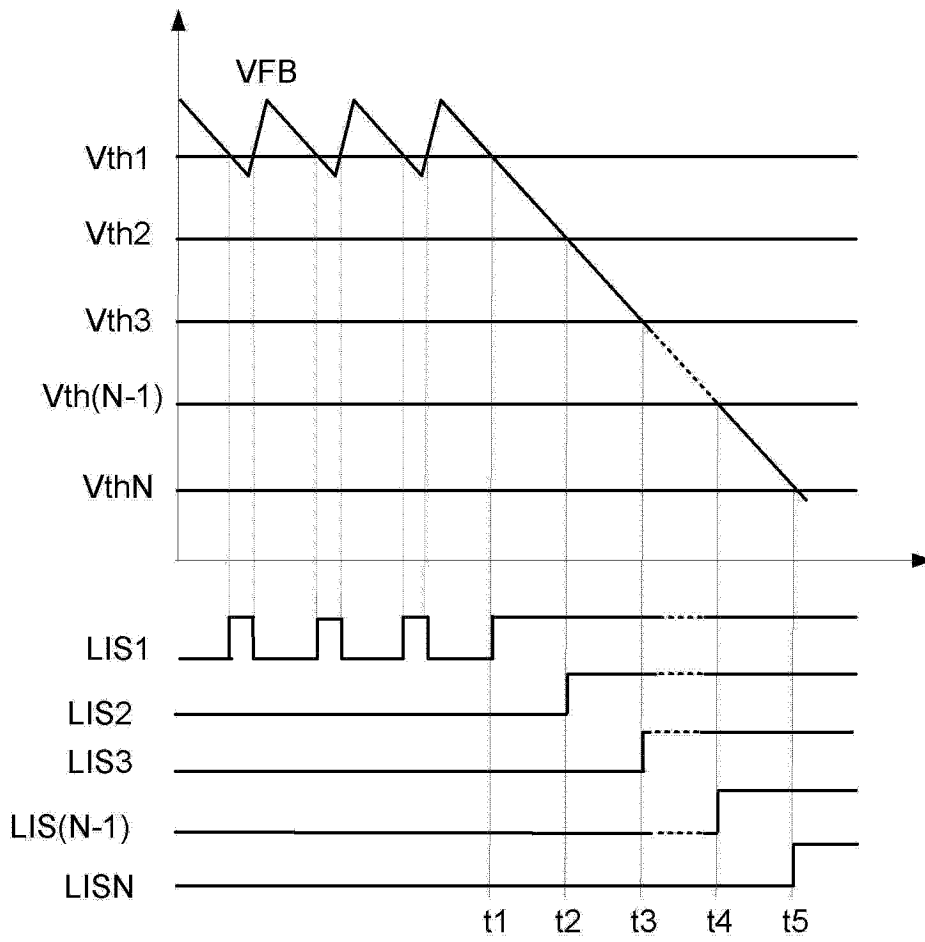


图 3A

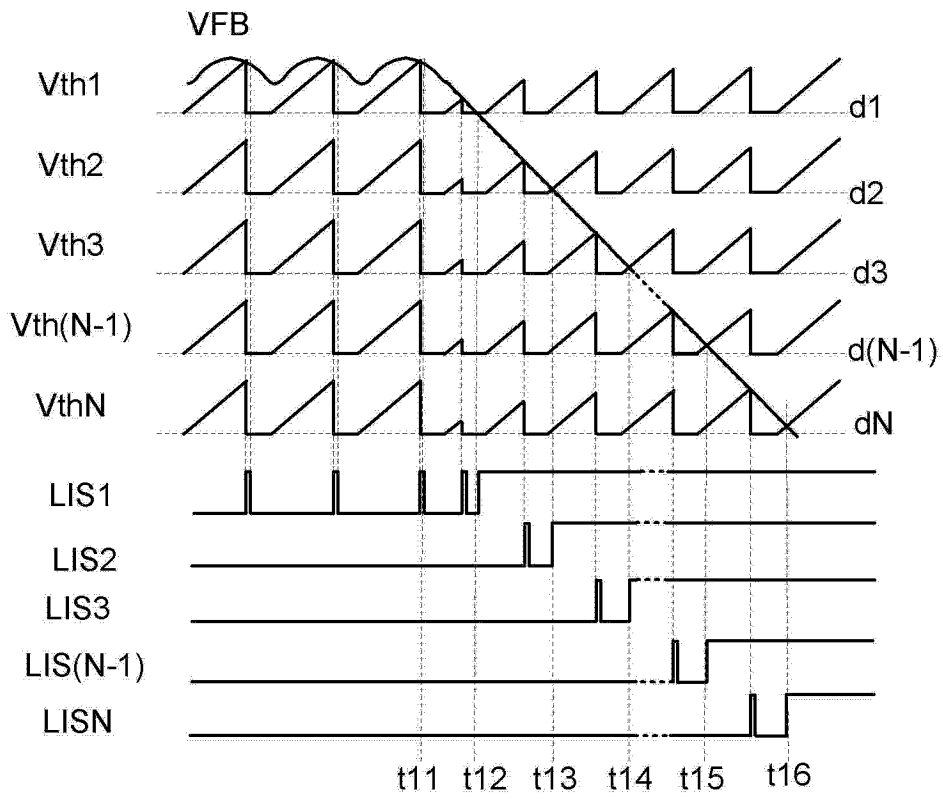


图 3B

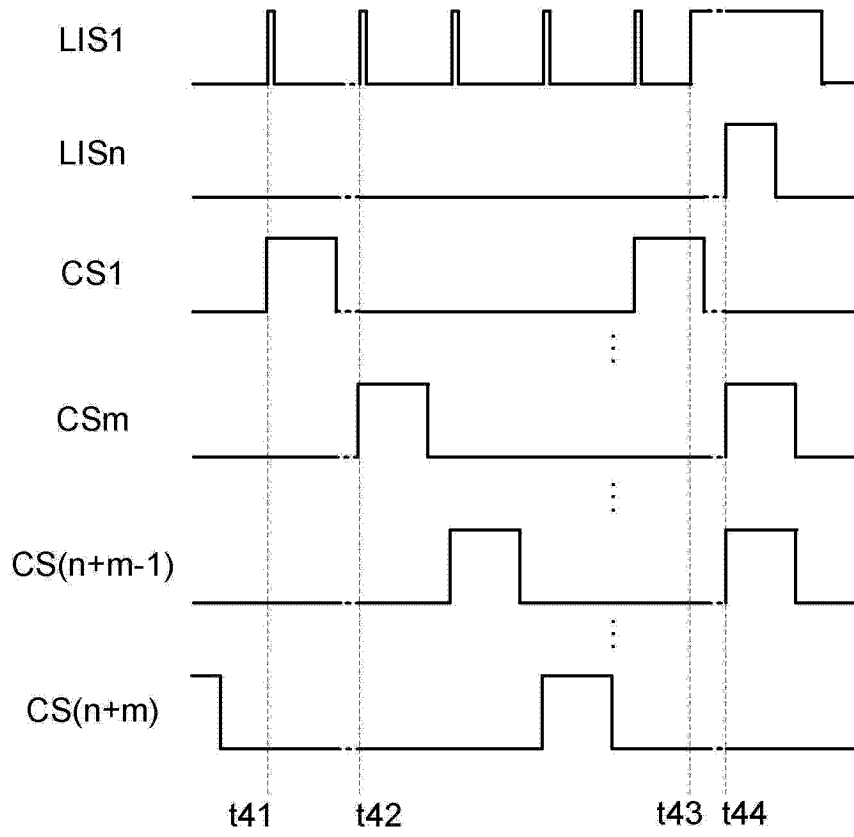


图 4A

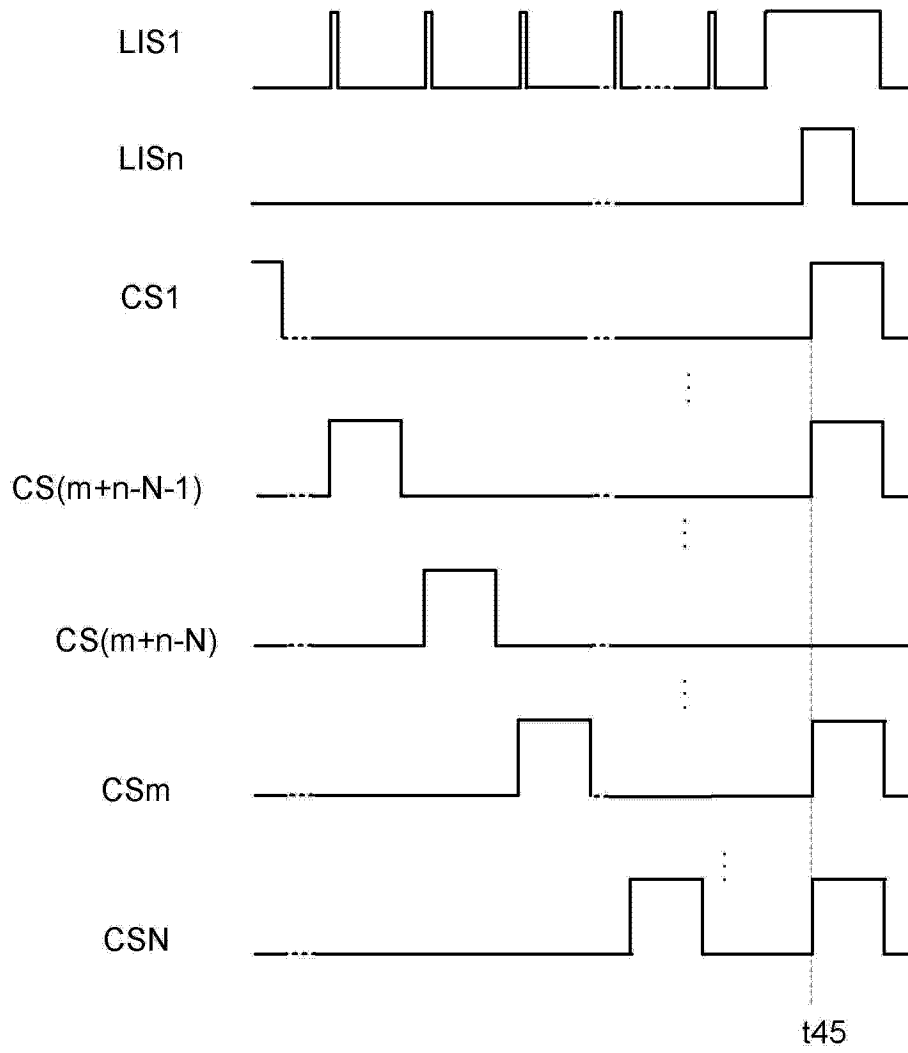


图 4B

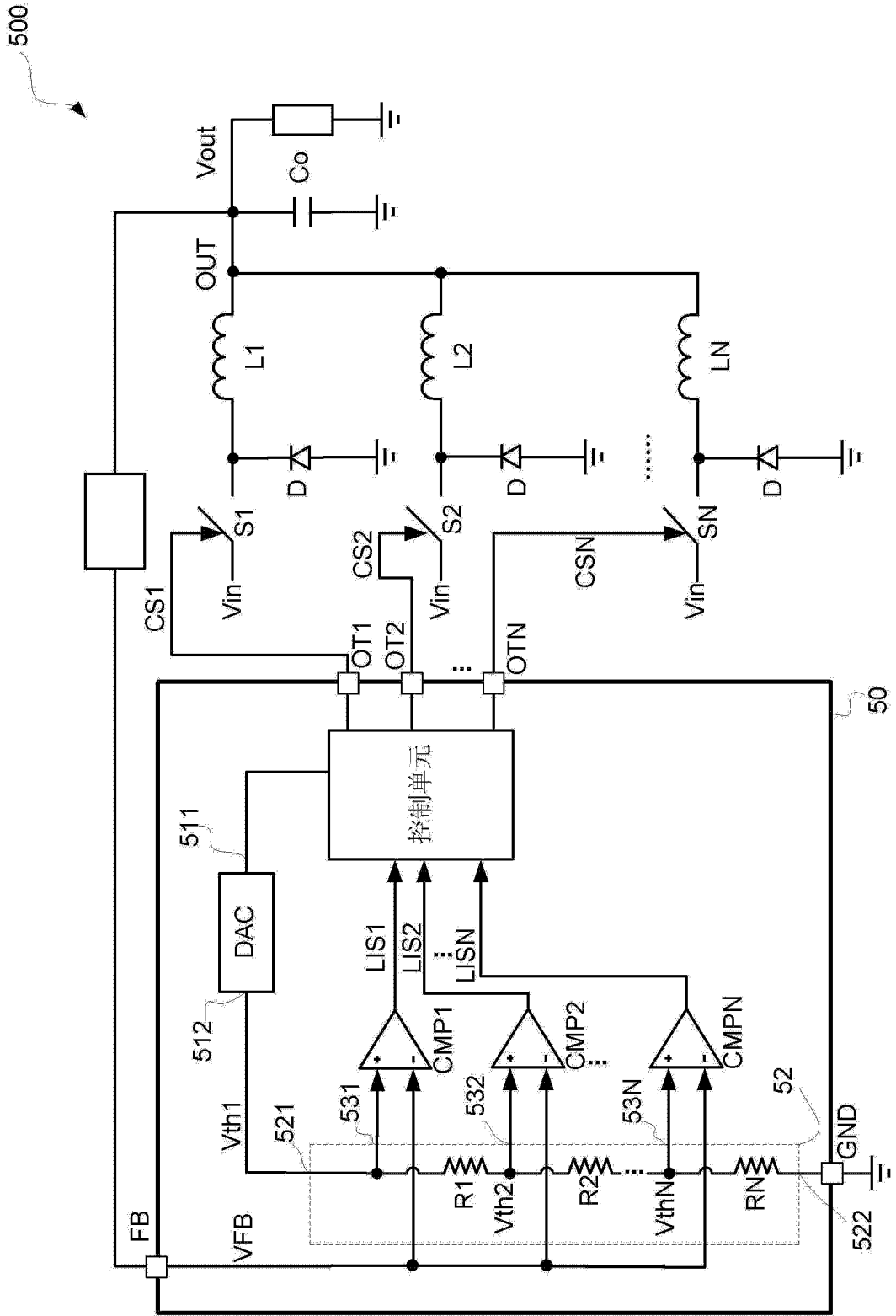


图 5

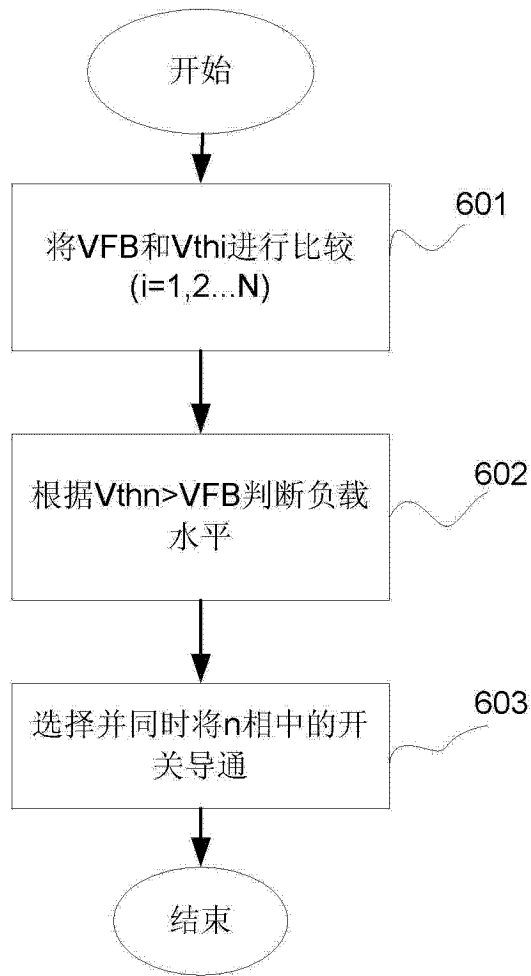


图 6

负载指示信号	索引参数
LIS1	1
LIS2	2
LIS3	4
LIS4	6
LIS5	8
LIS6	10

图 7A

负载指示信号	索引参数
LIS1	1
LIS2	2
LIS3	4
LIS4	6
LIS5	7
LIS6	8

图 7B

负载指示信号	索引参数
LIS1	1
LIS2	2
LIS3	5
LIS4	10

图 7C