



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106786406 A

(43)申请公布日 2017. 05. 31

(21)申请号 201611145036.4

(22)申请日 2016.12.13

(30)优先权数据

62/267,099 2015.12.14 US

15/282,904 2016.09.30 US

(71)申请人 成都芯源系统有限公司

地址 611731 四川省成都市成都高新综合  
保税区科新路8号成都芯源系统有限  
公司

(72)发明人 詹姆斯·尼古耶 肖莹

(51)Int.Cl.

H02H 7/22(2006.01)

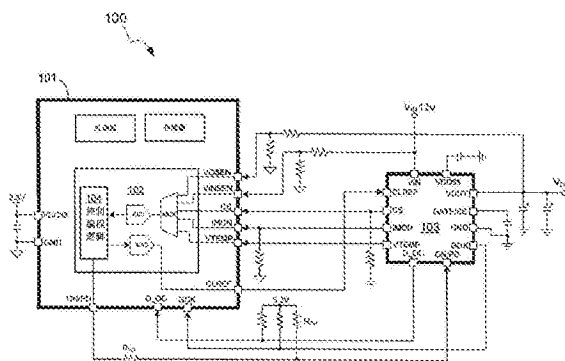
权利要求书2页 说明书16页 附图17页

(54)发明名称

具有安全工作区域保护的单片集成开关器  
件

(57)摘要

本申请公开了一种具有安全工作区域保护的单片集成开关器件、系统和方法。该单片集成开关器件具有自适应的安全工作区域保护电路，用于在单片集成开关器件启动阶段基于单片集成开关器件的温度控制流过单片集成开关器件中功率开关的电流。其中，当单片集成开关器件的温度升高时，安全工作区域保护电路减小流过功率开关的电流。该具有安全工作区域保护的单片集成开关器件可避免开关器件因过流而损坏。



1. 一种系统,包括:

第一单片集成开关器件,包含第一引脚、第二引脚、第一功率开关和第一保护电路;其中,第一功率开关用于在系统导通时将第一单片集成开关器件的第一引脚耦接至第一单片集成开关器件的第二引脚;第一保护电路用于在第一单片集成开关器件启动阶段基于第一单片集成开关器件的温度控制流过第一功率开关的电流;以及

第二单片集成开关器件,包含第一引脚、第二引脚、第二功率开关和第二保护电路;其中,第二功率开关用于在系统导通时将第二单片集成开关器件的第一引脚耦接至第二单片集成开关器件的第二引脚;第二单片集成开关器件的第一引脚和第二引脚分别耦接至第一单片集成开关器件的第一引脚和第二引脚;第二保护电路用于在第二单片集成开关器件启动阶段基于第二单片集成开关器件的温度控制流过第二功率开关的电流。

2. 如权利要求1所述的系统,其中,第一单片集成开关器件的第二引脚和第二单片集成开关器件的第二引脚均连接至系统输出电压提供端。

3. 如权利要求1所述的系统,其中,第一单片集成开关器件基于第一功率开关的温度控制流过第一功率开关的电流。

4. 如权利要求1所述的系统,其中,在第一单片集成开关器件启动阶段,当第一单片集成开关器件的温度升高时,第一保护电路用于减小流过第一功率开关的电流。

5. 如权利要求1所述的系统,其中,当第一单片集成开关器件进入稳态后,第一保护电路不使能。

6. 如权利要求1所述的系统,其中,当第一功率开关两端之间的电压小于保护阈值电压时,第一保护电路不使能。

7. 如权利要求1所述的系统,其中,第一功率开关和第二功率开关包括场效应晶体管。

8. 一种系统,包括第一单片集成开关器件,所述第一单片集成开关器件包括:

第一引脚,用于接收输入电压;

第二引脚,用于提供输出电压;

第一功率开关,用于在系统导通时将第一单片集成开关器件的第一引脚耦接至第一单片集成开关器件的第二引脚;以及

第一自适应安全工作区保护电路,用于在第一单片集成开关器件启动阶段基于温度控制流过第一功率开关的电流。

9. 如权利要求8所述的系统,其中,当第一功率开关的温度升高时,第一自适应安全工作区保护电路减小流过第一功率开关的电流。

10. 如权利要求8所述的系统,其中,当第一单片集成开关器件进入稳态后,第一自适应安全工作区保护电路不使能。

11. 如权利要求8所述的系统,其中,第一自适应安全工作区保护电路包括:

采样电路,采样第一功率开关两端的电压;以及

温度补偿电压产生电路,当第一功率开关两端之间的电压大于保护阈值电压时,温度补偿电压产生电路用于控制流过第一功率开关的电流。

12. 如权利要求11所述的系统,其中,温度补偿电压产生电路产生安全工作区保护信号,用于补偿第一功率开关的温度。

13. 如权利要求8所述的系统,进一步包括与第一单片集成开关器件并联连接的第二单

片集成开关器件,其中,所述第二单片集成开关器件包括:

第一引脚,用于接收输入电压;

第二引脚,用于提供输出电压;

第二功率开关,用于在系统导通时将第二单片集成开关器件的第一引脚耦接至第二单片集成开关器件的第二引脚;以及

第二自适应安全工作区保护电路,用于在第二单片集成开关器件启动阶段基于温度控制流过第二功率开关的电流。

14.一种用于运行单片集成开关器件的方法,包括:

在单片集成开关器件的第一引脚接收输入电压;

当单片集成开关器件导通时,将单片集成开关器件的第一引脚耦接单片集成开关器件的第二引脚以使第一引脚上的输入电压被输送至单片集成开关器件的第二引脚;以及

在单片集成开关器件的启动阶段,基于单片集成开关器件的温度控制流过单片集成开关器件第一引脚和第二引脚的电流。

15.如权利要求14所述的方法,进一步包括,当单片集成开关器件启动结束后,不再基于单片集成开关器件的温度控制流过单片集成开关器件第一引脚和第二引脚的电流。

16.如权利要求14所述的方法,其中,基于单片集成开关器件的温度控制流过单片集成开关器件第一引脚和第二引脚的电流包括:

当单片集成开关器件的温度升高,减小流过单片集成开关器件第一引脚和第二引脚的电流。

17.如权利要求14所述的方法,其中,将单片集成开关器件的第一引脚耦接单片集成开关器件的第二引脚以使第一引脚上的输入电压被输送至单片集成开关器件的第二引脚包括:

当单片集成开关器件导通时,采用一个功率开关将单片集成开关器件的第一引脚耦接单片集成开关器件的第二引脚。

18.如权利要求17所述的方法,其中,单片集成开关器件的温度包括功率开关的温度。

19.如权利要求17所述的方法,其中,当功率开关两端之间的电压小于保护阈值电压,不再基于单片集成开关器件的温度控制流过单片集成开关器件第一引脚和第二引脚的电流。

20.如权利要求14所述的方法,其中,单片集成开关器件的第一引脚耦接至另一个单片集成开关器件的第一引脚,单片集成开关器的第二引脚耦接至另一个单片集成开关器件的第二引脚;在另一个单片集成开关器件导通时,将另一个单片集成开关器件的第一引脚上的输入电压送至与另一个单片集成开关器件第二引脚耦接的输出电压提供端。

## 具有安全工作区域保护的单片集成开关器件

[0001] 相关引用

[0002] 本申请主张于2015年12月14日在美国提交的第62/267,099号临时专利申请和于2016年9月30日在美国提交的第15/282,904号专利申请的优先权和权益,并在此包含了前述专利申请的全部内容。

### 技术领域

[0003] 本发明的实施例涉及集成电路,特别地,涉及用于电子设备的开关器件。

### 背景技术

[0004] 开关器件用于电子设备中以将供电电源与其负载接通或者断开。这些开关器件典型地被用于可移动电路版(例如扩展板)、热插拔存储设备以及其它涉及将供电电源与其负载接通或者断开的应用。用于这些应用的典型开关器件具有第一端和与该第一端相对的第二端,其第一端连接至供电电源,其第二端连接至负载。举个具体例子,这种开关器件可以用于允许热插拔磁盘驱动器(本例中的负载)从磁盘驱动托架或者母板接收供电。该开关器件可以采用功率晶体管实现。功率晶体管的栅极可以耦接电容器。该电容器在启动过程中被充电,一旦充电完成则该电容器使该功率晶体管保持导通以允许负载从供电电源接收供电电压。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的在于解决现有技术的上述技术问题,提出一种具有安全工作区域保护单片集成开关器件的系统和方法。

[0006] 本发明的一实施例提出了一种系统,包括:第一单片集成开关器件,包含第一引脚、第二引脚、第一功率开关和第一保护电路;其中,第一功率开关用于在系统导通时将第一单片集成开关器件的第一引脚耦接至第一单片集成开关器件的第二引脚;第一保护电路用于在第一单片集成开关器件启动阶段基于第一单片集成开关器件的温度控制流过第一功率开关的电流;以及第二单片集成开关器件,包含第一引脚、第二引脚、第二功率开关和第二保护电路;其中,第二功率开关用于在系统导通时将第二单片集成开关器件的第一引脚耦接至第二单片集成开关器件的第二引脚;第二单片集成开关器件的第一引脚和第二引脚分别耦接至第一单片集成开关器件的第一引脚和第二引脚;第二保护电路用于在第二单片集成开关器件启动阶段基于第二单片集成开关器件的温度控制流过第二功率开关的电流。

[0007] 本发明另一实施例提出了一种系统,包括第一单片集成开关器件,所述第一单片集成开关器件包括:第一引脚,用于接收输入电压;第二引脚,用于提供输出电压;第一功率开关,用于在系统导通时将第一单片集成开关器件的第一引脚耦接至第一单片集成开关器件的第二引脚;以及第一自适应安全工作区保护电路,用于在第一单片集成开关器件启动阶段基于温度控制流过第一功率开关的电流。

[0008] 本发明又一实施例提出了一种用于运行单片集成开关器件的方法,包括:在单片集成开关器件的第一引脚接收输入电压;当单片集成开关器件导通时,将单片集成开关器件的第一引脚耦接单片集成开关器件的第二引脚以使第一引脚上的输入电压被输送至单片集成开关器件的第二引脚;以及在单片集成开关器件的启动阶段,基于单片集成开关器件的温度控制流过单片集成开关器件第一引脚和第二引脚的电流。

## 附图说明

[0009] 图1所示为根据本发明一个实施例的用于将供电电源连接至负载的系统100的电路原理图;

[0010] 图2所示为根据本发明一个实施例的单片集成开关器件103的电路原理图;

[0011] 图3所示为根据本发明一个实施例的用于将供电电源连接至一个或多个负载的系统300的电路原理图;

[0012] 图4所示为根据本发明一个实施例的开关器件103在单机模式(不受微控制器控制)下的电路原理图;

[0013] 图5所示为根据本发明一个实施例的开关器件103在启动过程中的波形时序图;

[0014] 图6所示为根据本发明一个实施例,在软启限流条件下开关器件103的上电波形图;

[0015] 图7所示为根据本发明一个实施例,在功率限制条件下开关器件103的上电波形图。

[0016] 图8所示为根据本发明一个实施例,当开关器件103在无故障时,其功率开关的导通和关断波形示意图;

[0017] 图9所示为根据本发明一个实施例的开关器件103在下拉模式的波形示意图;

[0018] 图10所示为根据本发明一个实施例,当开关器件103通过引脚GOK故障监测时,功率开关的导通和关断波形示意图;

[0019] 图11所示为根据本发明一个实施例的单片集成开关器件405的原理图;

[0020] 图12所示为根据本发明一个实施例单片集成的开关器件405的具体内部电路原理图;

[0021] 图13所示为根据本发明一个实施例的具有多个并联连接的开关器件405的系统400的电路原理图;

[0022] 图14所示为根据本发明一个实施例的系统410的电路原理图;

[0023] 图15所示为根据本发明一个实施例单片集成的开关器件412的具体内部电路原理图;

[0024] 图16所示为没有均流的多个并联连接的开关器件(如图13中的开关器件405)的仿真波形图;

[0025] 图17所示为具有均流功能的多个并联连接的开关器件(如图14中的开关器件412)的仿真波形图;

[0026] 图18所示为根据本发明一个实施例的系统400工作流程示意图;

[0027] 图19所示为根据本发明一个实施例的单片集成开关器件720的原理图;

[0028] 图20所示为根据本发明一个实施例单片集成的开关器件720的具体内部原理图;

- [0029] 图21所示为根据本发明一个实施例的电压采样电路732的电路原理图；
- [0030] 图22所示为根据本发明一个实施例的温度补偿电压产生电路733的电路原理图；
- [0031] 图23所示为根据本发明一个实施例的具有多个并联连接的开关器件720的系统750的电路原理图；
- [0032] 图24所示为根据本发明一个实施例的系统工作流程示意图。

## 具体实施方式

[0033] 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。

[0034] 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,在此提供的附图都是为了说明的目的,并且附图不一定是按比例绘制的。应当理解,当称元件“耦接到”或“连接到”另一元件时,它可以是直接耦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“直接耦接到”或“直接连接到”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。

[0035] 图1所示为根据本发明一个实施例的用于将供电电源连接至负载的系统100的电路原理图。在图1所示实施例中,系统100包括单晶片微控制器101和单片集成电路开关器件103。开关器件103可以是“智能开关”,也就是说该开关器件103是可控的(例如可以由微控制器控制),并集成了可用于驱动功率晶体管的驱动电路以及用于向微控制器提供开关和供电电源状况并发送至微处理器的监测电路。

[0036] 在一个实施例中,开关器件103为一个单晶片的单片集成电路。在图1所示实施例中,开关器件103包括多个引脚,这些引脚包括用于接收输入供电电压VIN的引脚VIN和连接至负载的引脚VOUT。开关器件103包括功率开关(如图2中所示的功率开关201),如功率场效应晶体管(FET)。该功率开关的第一端(例如漏极)耦接至引脚VIN,第二端(例如源极)耦接至引脚VOUT。该开关器件103还包括驱动电路,用于驱动功率开关的栅极从而使该功率开关在可控的模式下进行导通和关断切换。当功率开关被导通,连接在引脚VIN上的输入供电电压VIN将被送至连接在引脚VOUT上的负载。在图1所示实施例中,输入供电电压VIN被示意为12V,60A。然而本领域技术人员应该理解这仅仅是示例,系统100还可以被用于将其它提供不同电压和电流的供电电源耦接至负载。

[0037] 在图1所示实施例中,开关器件103还包括:指示系统故障(例如:过温、电路短路、和功率开关短路等)的引脚GOK;将开关器件103连接至信号地的引脚GND;使能/不使能开关器件103或将开关器件103锁定在下拉模式的引脚ON/PD;提供数字过流指示信号的D\_OC引脚;指示开关器件103结温(即:该单片集成电路的晶片温度)的引脚VTEMP;指示开关器件

103输出电流量(即:从引脚VOUT流出的直流电流)的引脚IMON;指示开关器件103输出电流量的电流采样引脚CS;接收限流参考信号的引脚CLREF;通过耦接电容控制功率开关导通斜率的引脚GATE/SS连;输出内置(即单晶片集成电路开关器件103内部)低压差线性调节器(LDO)输出电压的引脚VDD33。

[0038] 在图1所示实施例中,微控制器101包括一个智能开关控制电路102,该智能开关控制电路102包括多路复用器MUX、模数转换器ADC、数模转换器DAC、以及控制编程逻辑104(如:固件、可编程逻辑)。微控制器101根据开关器件103的运行状态将其使能或不使能。微控制器101接收来自开关器件103的状态指示信号(如:温度指示信号、电流采样信号、电流监测信号、故障指示信号等)。微控制器101可以采用任何适合的集成有模数输入/输出引脚、可配置固件以及数据获取和处理部件的通用型微处理器或其他单晶片处理器。这里的“通用型”是指微控制器101并非特地设计用于开关器件103,而是包括通用型微控制器/处理器的所有元件,例如处理器和存储器。更优势地,开关器件103采用通用型微控制器控制时,不需要特别设计的专用外部控制器以提供该开关器件103与微控制器接口。也即是,开关器件103可以直接由微控制器101控制。

[0039] 在图1所示实施例中,微控制器101接收开关器件103提供的状态指示信号,并基于这些指示信号控制开关器件103的运行。更具体地,开关器件103的引脚CS、引脚IMON、引脚VTEMP、引脚D\_OC和引脚GOK可以耦接至微处理器101,允许微处理器101接收并处理上述引脚提供的指示信号。例如,微控制器101接收来自开关器件103其中一个引脚的指示信号(如从引脚VTEMP上接收结温指示信号),该指示信号被直接送至模数转换器进行模拟-数字转换,并输出该指示信号的等效数字信号至控制编程逻辑104进行处理。微控制器101还可以类似的方式连接至相应地引脚以检测输入供电电压VIN和输出电压VOUT。具体地,微控制器101可以在引脚VINSEN采样输入供电电压VIN,以及在引脚VOSEN采样输出电压VOUT。微控制器101通过通路(智能开关控制电路102中的多路复用器MUX和模数转换器ADC)直接将采样的输入供电电压VIN和采样的输出电压VOUT送至控制编程逻辑104。

[0040] 在图1所示实施例中,开关器件103的引脚GOK和引脚D\_OC输出数字指示信号,该数字指示信号通过微控制器101的数字输入引脚送至控制编程逻辑104进行处理。在一个实施例中,由开关器件103的引脚GOK和引脚D\_OC输出的状态指示信号为数字信号,因此,这些信号不需要进行模拟-数字转换,可直接被控制编程逻辑104处理。

[0041] 在图1所示实施例中,微控制器101具有引脚GOK,耦接至开关器件103的引脚GOK。来自开关器件103的引脚GOK的故障指示信号用于指示开关器件103的运行状态是否正常。微控制器101接收并处理来自开关器件103的引脚GOK的故障指示信号,并根据该指示信号控制开关器件103。例如,当故障指示信号指示开关器件103出现故障时,微控制器103可以控制开关器件103进入下拉模式或者将开关器件103不使能。

[0042] 在图1所示实施例中,微控制器101还包括引脚ON/PD,耦接至开关器件103的引脚ON/PD。微处理器101通过发送一个使能信号至开关器件103的引脚ON/PD使能开关器件103。在一个实施例中,当使能信号被加载到开关器件103的引脚ON/PD时,开关器件103使能,即:输入供电电源连接至负载;当使能信号未被加载到开关器件103的引脚ON/PD时,开关器件103不使能,即:输入供电电源与负载断开。在一个实施例中,在该模式下,当使能信号维持在预设电平一段预设时间后,开关器件103恢复至下拉模式,开关器件103将其引脚VOUT下

拉。

[0043] 在图1所示实施例中,控制编程逻辑104可用于获取或设置软启动限流值。该控制编程逻辑104还可以基于检测的输入供电电压VIN和输出电压VOUT和/或基于系统负载的需求,在运行器件随时调节该限流值。通过智能开关控制电路102中的数字模拟转换器,该限流值可以被转换为模拟形式的限流参考信号,又或者被转换为数字编码,该数字编码再通过分立元件将该数字代码转换为模拟形式的信号。微控制器101在其引脚CLREF输出限流参考信号(模拟形式或数字形式),开关器件103对应的在其引脚CLREF接收限流参考信号。

[0044] 在图1所示实施例中,微控制器101从开关器件103接收两个供电电流指示信号。第一供电电流指示信号可以是开关器件103引脚CS输出的电流采样信号。在一个实施例中,该电流采样信号可以是正比于输出电流的电流信号,可以用于均流及过流保护控制。第二供电电流指示信号为开关器件103引脚IMON输出的电流监测信号。在一个实施例中,电流监测信号是线性正比于输出电流的电压信号,其幅值相对较小,一般在0~1.6V之间。电流监测信号有利于微控制器101准确检测流过开关器件103中功率开关的电流。

[0045] 由于各种原因包括安全性、故障查找、负载均衡等等原因,最好知道开关器件103的结温。因此,在图1所示实施例中,微控制器101接收表征开关器件103结温的温度指示信号。在一个实施例中,开关器件103引脚VTEMP输出的温度指示信号是一个与结温成正比的电压信号,例如,10mv/°C。编程控制逻辑104可以基于该结温度指示信号将结温度考虑在内以决定是否将开关器件103不使能、或触发警报、或输出故障报告等等。

[0046] 图2所示为根据本发明一个实施例的单个集成开关器件103的电路原理图。在图2所示实施例中,开关器件103中的功率开关201被示意为功率场效应晶体管。电流采样电路202采样从引脚VIN流向引脚VOUT的电流,并分别在引脚CS输出电流采样信号和在引脚IMON输出电流监测信号。晶体管203(例如一个场效应晶体管)与功率开关201并联用于电流采样,其尺寸远小于功率开关201的尺寸,例如晶体管203尺寸仅为功率开关201的1/10000。电流采样信号(例如为电压信号)被送至比较器204与阈值电压比较(例如图2中示意为1V),并据此判断过流状态,该过流状态可以在D\_OC引脚上以数字过流指示信号来指示。开关器件103在其引脚CLREF接收电压形式的限流参考信号,并将其送至放大器205与电压形式的电流采样信号比较,进而控制功率开关201的栅极以限制功率开关201在启动阶段的浪涌电流,例如,在将可移动的电路插件插入带电底板的应用场合。类似地,运算放大器205的输出信号用于控制功率开关201的栅极,从而限制在正常运行阶段或节能模式下从引脚VIN流向引脚VOUT的负载电流。在一个实施例中,运算放大器205包括跨导运算放大器。

[0047] 在图2所示实施例中,低压差调节器LDO在引脚VIN接收输入供电电压VIN,并在引脚VDD33提供调节后的电压(例如3.3V)。热感测电路206采样开关器件103的结温,并将采样结果送至控制逻辑207,控制逻辑207在引脚VTEMP输出对应的结温指示信号。在一个实施例中,当结温到达一个预设结温限值(例如145°C)时,控制逻辑207通过实施过温锁定将开关器件103关断。

[0048] 在一个实施例中,控制逻辑207在引脚GOK上输出故障指示信号,用于表征电路短路、功率开关短路或开路、过温或其他故障状态。GOK引脚可以是栅极耦接逻辑控制电路207的输出、源极耦接至地的晶体管211的漏极输出。在正常工作模式下,引脚GOK输出的即为晶体管211的漏极开路电压,而在故障状态下(即探测到任何故障时),引脚GOK被拉至低电位。



开关器件103在引脚ON/PD上通过ON/PD控制电路208接收来自控制器101的使能信号,即:ON/PD控制电路208将使能信号送至逻辑控制电路207。当使能信号无效时,逻辑控制电路207关断功率开关201,以将输入供电电源和负载断开。在一个实施例中,在一个实施例中,当使能信号在预设时间内被维持在预设电平期满后,ON/PD控制电路208拉低引脚VOUT。

[0049] 在图2所示实施例中,金属模块210可将引脚GATE/SS直接连接到功率开关201的栅极或软起电路211。当引脚GATE/SS被直接连接到功率开关201的栅极时,可以在引脚GATE/SS连接一个电容以减小浪涌电流。当引脚GATE/SS被金属模块210连接到软启电路211时,连接到引脚GATE/SS的电容的容值决定了系统软启动的时间。

[0050] 图3所示为根据本发明一个实施例的用于将供电电源连接至一个或多个负载的系统300的电路原理图。在图3所示实施例中,单输入供电电源提供输入供电电压VIN至多个并联连接的开关器件103。微控制器301分别接收每个开关器件103的电流采样信号,并根据接收的电流采样信号进行各自的控制和状态诊断。

[0051] 在图3实施例中,多个开关器件103各自提供的多个电流监测信号,可以分别送至微控制器301,也可以一起成组送至微控制器301。对于温度指示信号也可以采用与电流监测信号类似的方式送至微控制器301。在图3所示实施例中,微控制器301集成了足够多的数模引脚I/O以及数据采集组件以满足多个开关器件103的需求。

[0052] 在图3所示实施例中,两个开关器件103(位于图上端和中间)形成一个主通路并联接收输入供电电压VIN,其引脚VOUT连接在一起共同提供输出电压VOUT。另一个开关器件103(位于图下端)作为辅助通路也并联接收同一输入供电电压VIN,并独自在其引脚VOUT上提供另一个输出电压VOUTA。系统300可以通过一个输入供电电压产生两个输出电压VOUT和VOUTA。

[0053] 由于每个开关器件103均可以单独提供电流采样信号至微控制器,因此图3所示的并联结构有利于提供至少两个功率电流指示信号至微控制器用于每个开关器件103的独立限流程序设计。在图3所示实施例中,来自开关器件103引脚CS的电流采样信号被分别送至微控制器301。两个或多个开关器件103的引脚IMON连接在一起,引脚IMON上的电流检测信号被共同送至微控制器301,以使微控制器301检测整个开关器件103的总输出电流量。图3示意出将三个开关器件103的引脚IMON耦接在一起,并提供一个表征总的输出电流量的电流检测信号,由微控制器301上的单个引脚IMON接收。

[0054] 图4所示为根据本发明一个实施例的开关器件103在单机模式(不受微控制器控制)下的电路原理图。在图4所示实施例中,开关器件103的引脚GATE/SS通过电容下拉至地,通过控制功率开关的导通程度以实现软启动。引脚CS通过电阻RCS下拉至地,用于设置过流标示电平(显示在引脚D\_OC上)和允许通过功率开关201(见图2)的最大直流输出电流。过流标示电平的参考值由开关器件103决定,其允许的最大限流参考值可通过在引脚CLREF上连接电阻RCL来设置。在一个实施例中,采用开关器件103内置10uA电流源驱动引脚CLREF以获得最大限流参考值,其中, $RCL \times 10\mu A$ 即为最大限流参考值。例如,在一个示例中,设置引脚CLREF的电压为1.4V,当电阻RCS乘以电流采样信号的值大于1.4V,则代表输出电流超过了编程设置的允许的最大直流输出电流,引脚CLREF的电平将被钳位在1.4V。当过流状况持续时间超过预设值,则关断开关器件103。在软启过程中,限流参考值将自动调低用于控制电流斜率以使开关器件103安全工作。

[0055] 图5所示为根据本发明一个实施例的开关器件103在启动过程中的波形时序图。在热插拔应用场合,引脚VIN在热插拔过程中将经历电压过冲或动态变化,例如将包含开关器件103的电路插件插入带电底板。电压过冲或动态变化基本上是由输入路径上的寄生电感和引脚VIN上连接的输入电容导致的。当微控制器(见图1)控制开关器件103工作时,微控制器将拉低引脚ON/PD以关断功率开关201,即插入一段延时以使输入供电电压VIN稳定。经过该插卡延时之后,ON/PD引脚可以被驱动至高以将功率开关201导通。

[0056] 在图5所示实施例中,输入电压VIN将以一个相对较快的速率增大,相应地在开关器件103被接入电压变化率(即较高的 $dv/dt$ )较快的输入供电电压VIN时,开关器件103内置的控制电路将拉低开关器件103中功率开关的栅极。开关器件103内置的LDO在VDD33引脚输出的调节后电压跟随输入供电电压VIN增大。

[0057] 当开关器件103与微控制器协同工作时,微控制器由LDO在引脚VDD33的输出或内置3.3V电源供电。功率开关201保持关断状态直到微控制器拉高引脚ON/PD上的使能信号。当使能信号变高,内置电荷泵充电功率开关201,当功率开关201的栅源电压VGS上升到栅源电压阈值VGSTH,输出电压VOUT开始增大。

[0058] 图6和图7所示为根据本发明一个实施例,在软启限流和功率限制条件下开关器件103的上电波形图。在软启过程中,开关器件103的输出电流由引脚CLREF的限流参考信号限制。在一个实施例中,放大器205将引脚CS上的代表采样电流信号的电压与代表限流参考信号的电压比较,进而调节功率开关201的栅极,以防止输出电流超出由限流参考信号设定的限流值。在启动过程中,该限流参考信号应该被设定在比正常工作时相对较低的值以控制输出电压VOUT逐步上升。当输出电压VOUT上升至接近输入电压VIN时,该限流参考信号可以被提升至正常工作时的满幅限流值,功率开关201的栅极将完全驱动,系统将从输入供电电源汲取电能。

[0059] 为了防止开关器件103在启动过程中过热,可以在启动过程中加入最大功率限制功能。在一个实施例中,引脚CLREF处的电流参考信号的内置最大钳位值由输入电压VIN和输出电压VOUT的关系决定。当 $VOUT < 30\% VIN$ ,限流参考信号被钳位在200mV;当 $30\% VIN < VOUT < 80\% VIN$ ,限流参考信号被钳位在600mV;当 $80\% VIN < VOUT$ ,限流参考信号不再被钳位。

[0060] 在一个实施例中,开关器件103的引脚ON/PD用于控制功率开关201的导通和关断切换或者用于选择输出电压下拉模式。例如,当引脚ON/PD用于控制功率开关201的导通和关断切换时,当引脚ON/PD上的使能信号的电压高于1.4V,功率开关201导通;当引脚ON/PD上的使能信号的电压低于1.2V,功率开关201关断。当开关器件103的引脚ON/PD用于选择输出电压下拉模式时,引脚ON/PD上的电压将被钳位在1V左右超过200us,例如,当引脚ON/PD上的电压位于0.8~1.2V之间超过200us,开关器件103进入输出电压下拉模式。

[0061] 在一个实施例中,当LDO输出电压和输入供电电压VIN高于欠压锁定阈值或ON/PD控制逻辑变高后(以前二者情况最后发生者为准),ON/PD控制电路208(见图2)产生1ms固定消隐时间。在消隐时间段里,所有故障功能都是可工作的,以使GOK引脚处的故障指示信号在检测到故障状态时被拉高,而在未检测到故障状态时保持低。在消隐时间段里,引脚ON/PD上的高电平信号并不能用于导通功率开关201。消隐时间段结束后,若未检测到故障状态,则引脚ON/PD上的电压允许进入正常模式以导通功率开关201。当引脚ON/PD上的电压被拉高到超过1.4V,且消隐时间结束,内置电流源将对功率开关201的栅极充电。当功率开关

201的栅源电压VGS到达栅源电压阈值VGSTH,输出电压VOUT开始增大。输出电压VOUT跟随由引脚CLREF控制的限流参考信号和输出电容增大。图8所示为根据本发明一个实施例,当开关器件103在无故障时,其功率开关的导通和关断波形示意图。

[0062] 在一个实施例中,引脚ON/PD被内置5uA的上拉电流源拉高。当开关器件103单机工作时(不受微控制器控制),引脚ON/PD将通过一个外部电容连接至地。在启动过程中,内置5uA的上拉电流源通过对该外部电容进行充电以实现插入延时的设定。当引脚ON/PD上的电压达到其导通阈值时,功率开关201导通。

[0063] 图9所示为根据本发明一个实施例的开关器件103在下拉模式的波形示意图。在一个实施例中,当引脚ON/PD上的电压被钳位在1V左右超过200us,开关器件103将工作在下拉模式。在该模式下,当功率开关201关断经过设定的延时例如5ms后,输出端将通过集成的内置下拉电源(电阻或功率开关)放电。如果引脚ON/PD上的电压被直接拉低,则下拉模式不稳定,且输出电压可能通过外部负载放电。

[0064] 图10所示为根据本发明一个实施例,当开关器件103通过引脚GOK故障监测时,功率开关的导通和关断波形示意图。在一个实施例,引脚GOK逻辑低有效,即:当出现故障,引脚GOK被拉低。当故障解除时,GOK引脚处的故障指示信号被拉高至LDO输出的调节后电压,即VDD33引脚处的电压,例如通过100k $\Omega$ 的上拉电阻。但是,在LDO的输出电压上电阶段,引脚GOK上的电压会被拉低。

[0065] 图11所示为根据本发明一个实施例的单片集成开关器件405的原理图。开关器件405为图2中开关器件103的一个特别实施例。开关器件405为一个单片集成电路,即单晶片芯片。在图11所示实施例中,开关器件405包括多个引脚,这些引脚包括:接收输入供电电压VIN的引脚IN,给负载(例如一个电路等)提供输出电压VOUT的引脚OUT。在图11所示实施例中,输出电容C2连接在引脚OUT和地之间。

[0066] 开关器件405包括诸如功率场效应管的功率开关(如图12中所示的功率开关421)。功率开关的第一端(例如漏极)连接至引脚IN,第二端(例如源极)连接至引脚OUT。开关器件405还包括驱动电路,驱动功率开关的栅极在可控的模式下进行导通和关断切换。在图11所示实施例中,开关器件405还包括引脚ON用于接收使能信号,用于使能和不使能开关器件405。当开关器件405使能,引脚IN通过功率开关连接至引脚OUT;当开关器件405不使能,功率开关关断,引脚IN与引脚OUT断开。此外,诸如微控制器的外部电路也可在开关器件405的引脚ON上提供使能信号,以控制开关器件405的使能和不使能。

[0067] 在图11所示实施例中,开关器件405进一步包括:引脚SS,用于接收软启信号;引脚ILIMIT,用于接收限流参考信号;引脚IS,用于输出电流采样信号;以及引脚GND,用于接收参考地。

[0068] 在图11所示实施例中,引脚ILIMIT耦接外部电阻R1上用于设置开关器件405的限流值。在一个实施例中,开关器件包括内置电流源(如图12中的423)提供电流信号至引脚ILIMIT。电流信号流过电阻R1产生限流电压VLIM,用于设置开关器件405的限流值。在一个实施例中,开关器件405还包括电流采样电路(如图12中的424),提供表征流过引脚OUT的输出电流的采样电流,该采样电流流过引脚IS上连接的外部电阻R2,转换为电流采样电压VCS。开关器件405将电流采样电压VCS和限流电压VLIM比较以检测输出电流是否过流。在一个实施例中,开关器件405还包括内部软启电路(如图12中的426),用于在引脚SS上产生软

启电流。在图11所示实施例中,软启电流对引脚SS上连接的外部电容C1充电进而转换为软启电压。开关器件405还包括其他附加电路,如热感测电路用于检测开关器件405的结温,以及其他和图2中单片集成开关器件103中包含的类似的附加电路。

[0069] 在图11所示实施例中,均是通过在开关器件405相应的引脚连接无源组件(例如电阻和电容)产生软启电压、限流电压VLIM和电流采样电压VCS。本领域技术人员可以理解,通过微控制器或其他外部电路也可以产生软启电压、限流电压VLIM和电流采样电压VCS。

[0070] 图12所示为根据本发明一个实施例单片集成的开关器件405的具体内部电路原理图。在图12所示实施例中,开关器件405包括功率开关421(N沟道场效应晶体管,N-FET)和采样晶体管422(N-FET)。当引脚ON上的使能信号使能开关器件405,功率开关421导通,引脚IN通过功率开关421连接至引脚OUT。采样晶体管422与功率晶体管421并联连接以进行电流采样。

[0071] 电流采样电路424采样流过采样晶体管422的电流,该电流表征开关器件405的输出电流,即:从引脚IN流向引脚OUT的电流。电流采样电路424输出表征输出电流的采样电流信号Isense,并送至引脚IS。如前文已参考图11所述,引脚IS上的采样电流流过外部电阻,进而转换为采样电压,并送至放大器430的输入端。内置电流源423提供一个电流信号至引脚ILIMIT,该电流信号流过外部电阻,转换为限流电压,并送至放大器430的另一个输入端。放大器430将引脚IS上的电流采样电压和引脚ILIMIT上的限流电压比较以检测输出电流是否过流,即:检测当输出电流从引脚IN流向引脚OUT的输出电流是否超过预设限流值。当过流状况出现时,放大器430导通晶体管427(例如也可以是N沟道场效应晶体管)以关断功率开关421,进而将引脚IN和引脚OUT断开。在图12所示实施例中,电流源426产生软启电流ISS流向引脚SS,该软启电流充电外部电容(图11中的电容C1),进而转换为软启电压,并送至软启放大器429的一个输入端。电压源V1连接在软启放大器429的另一个输入端和引脚OUT之间,用于在软启结束后将软启放大器429和晶体管428不使能。

[0072] 在启动阶段,即当开关器件405刚从关断状态被导通时,引脚ON上的使能信号生效,功率开关421栅极上的栅极电压VG被电荷泵425中的电流源拉高,因此,功率开关421开始导通并对引脚OUT上连接的外部电容(图11中的电容C2)充电。引脚OUT上的输出电压VOUT将以受控速率逐步增大,该受控速率由引脚SS上的软启电压的变化率控制。软启放大器429比较引脚SS上的软启电压和输出电压VOUT,并将比较结果通过控制晶体管428的栅极电压VG,从而调整输出电压VOUT跟随软启电压。

[0073] 在多个开关器件405并联连接的运用场合,其中一个或多个开关器件405可能会启动失败。特别地,当开关器件405内部一些组件不匹配或者软启放大器429的失调电压有所不同,可能会导致其中某一个开关器件405汲取更多的电流。即,开关器件405内的软启放大器429的失调电压不匹配。这些在多个开关器件405并联运用场合可能潜在的问题将在下面图13所示实施例中进一步说明。

[0074] 图13所示为根据本发明一个实施例的具有多个并联连接的开关器件405的系统400的电路原理图。在图13所示实施例中,系统400包括多个并联连接的开关器件405(例如405-1、405-2和405-3)。虽然在图13所示实施例中示出了3个并联连接的开关器件405,但本领域的技术人员应该理解本公开并不限于此,系统400中包含的开关器件405的个数可以根据实际应用的功率需求而合适选取。

[0075] 由于开关器件405并联连接,每个开关器件405的引脚IN和引脚OUT分别各自连接在一起。每个开关器件405的引脚ON也连接在一起以使该多个开关器件405作为一个单元被整体导通或关断。将多个开关器件405并联可以提高功效,同时系统400总的输出电流将平均分摊到每个开关器件405。但是,只有在稳态时每个开关器件405才能平均分担,在启动阶段,如果各开关器件405内有元件不匹配,每个开关器件405分担的电流可能不相等。

[0076] 具体地,当开关器件405引脚ON上的使能信号生效,开关器件405的功率开关开始导通并对输出电容C2充电。每个开关器件405中的软启放大器(图12中的429)开始调节输出电压VOUT跟随软启动电压逐步增大。理想情况下,系统400的总输出电流将在三个开关器件405之间均分,因此不会出现某个开关器件405过热或过流的问题。但是,由于每个开关器件405中的软启放大器429的失调电压不同,其中一个开关器件405可能汲取系统400的全部输出电流。汲取全部输出电流的开关器件405将会过热并被关闭,全部输出电流又被下一个开关器件405汲取,进而导致下一个开关器件405关闭,依次类推,最终导致整个系统400启动失败。

[0077] 图14所示为根据本发明一个实施例的系统410的电路原理图。与图13所示的系统400相比,系统410用开关器件412(例如412-1、412-2和412-3)代替了系统400中的开关器件405。在一个实施例中,开关器件412除多添加了一个引脚IAVE和相关的内置均流电路(图15中的501)外其他模块和引脚与开关器件405相同,该引脚IAVE和相关的内置均流电路有助于防止系统启动失败。

[0078] 在图14所示实施例中,系统410包括多个单片集成开关器件412(例如412-1、412-2和412-3)并联连接。虽然在图14所示实施例中示出了3个并联连接的开关器件412,但本领域的技术人员应该理解本公开并不限于此,系统400中包含的开关器件405的个数可以根据实际应用的功率需求而合适选取。

[0079] 在图14所示实施例中,开关器件412并联连接成一个组合开关器件。。更具体地,每个开关器件412的引脚ON连接在一起;每个开关器件412的引脚IN连接在一起;每个开关器件412的引脚OUT连接在一起;以及每个开关器件405的引脚SS也连接在一起。因此,该多个并联耦接的开关器件412作为一个组合开关器件或一个单元可以被整体导通/关断,例如通过在ON引脚上施加使能信号。当系统410导通,开关器件412将其引脚IN和引脚OUT连通;相反地,当系统410关断,开关器件412将引脚IN和引脚OUT断开。

[0080] 在图14所示是实施例中,该多个开关器件412的引脚IAVE连接在一起并通过均流电阻R7连接至地。在一个实施例中,每个开关器件412还包含其他内部产生的采样电流送至引脚IAVE。在图14所示是实施例中,由于每个引脚IAVE连接在一起,每个开关器件412的采样电流均被送至均流电阻R7,进而产生表征多个开关器件412的总的输出电流的平的平均电压VAVG。例如,假定开关器件412-1的输出电流是2A(2Amps),开关器件412-2的输出电流是1A,假定开关器件412-3的输出电流是3A,则系统410的总输出电流为6A(即:2A+1A+3A),每个开关器件的平均输出电流为2A(即:6A/3)。在图14所示是实施例中,所有开关器件412具有相同的平均电压VAVG,该平均电压VAVG作为每个开关器件412的参考值,用于检测开关器件412汲取的电流是否超过平均输出电流的参考值。

[0081] 在一个实施例中,均衡电阻R7的阻值被选取为使所述平均电压可以表征所述平均输出电流。在一个实施例中,平均输出电流等于总的输出电流除以系统中开关器件的数量。

例如,当系统410包括三个开关器件时,平均输出电流等于总的输出电流除以三。例如,图14所示的实施例中,假定总的输出电流是9A,则平均电流等于3A。在图14所示的实施例中,均流电阻R7的阻值也可以等于外部电阻R的阻值除以开关器件412的个数。即: $R7 = R/N$ 。其中, $R = R2 = R3 = R4 = R5 = R6$ ,N为开关器件412的个数。例如,电阻R1、R2、R3、R4、R5和R6均具有 $3K\Omega$ 的阻值,则均流电阻R7具有 $1K\Omega$ 的阻值(即 $3K\Omega/3$ )。可以理解,均流电阻可以表示单个电阻,也可以表示一个电阻网络(例如等效并联和/或等效串联电阻)。

[0082] 图15所示为根据本发明一个实施例单片集成的开关器件412的具体内部电路原理图。开关器件412除还包括IAVE引脚和均流电路501之外,其他模块元件与图12所示的开关器件405中的模块元件相同,其中,均流电路501用于在启动过程中对并联连接的多个开关器件412的输出电流进行均流调节。开关器件412中的其它电路元件的工作方式与开关器件405中的相同。

[0083] 在图15的示例中,均流电路501可以包括放大器502和晶体管503(例如可以是N沟道场效应晶体管)。均流电路501可以在启动过程中使能,并在启动过程结束后不使能。例如,均流电路501可以在输出引脚OUT处的输出电压VOUT达到高于IN引脚处的输入电压VIN的90%时不使能。图15所示实施例中,电流采样电路424产生表征输出电流的第二采样电流信号Isense2,即:从引脚IN流向引脚OUT的电流。在图15所示实施例中,第二采样电流信号Isense2等于采样电流信号Isense。第二采样电流信号Isense2流向引脚IAVE,并流过外部均流电阻(例如图14中的R7),进而转换为平均电压,并送至放大器502的输入端。放大器502将引脚IAVE上的电压(表征多个并联连接的开关器件412的平均输出电流)和引脚IS上的电压比较(表征开关器件412的输出电流)。当开关器件412的输出电流大于平均输出电流,放大器502将通过晶体管503拉低功率开关421的栅极电压VG,进而降低开关器件412的输出电流,这样就可以防止每个开关器件412汲取的电流超过平均电流。实际上,均流电路501作为一个电流调节环路使得系统总输出电流在该多个并联耦接的开关器件412之间均分。

[0084] 图16和图17所示为具有多个并联连接的开关器件的系统的仿真示意图,其中,引脚IN上的输入电压为12V。

[0085] 图16所示为没有均流的多个并联连接的开关器件(如图13中的开关器件405)的仿真波形图。图16所示的波形图包括引脚OUT上的输出电压波形601、系统总的输出电流波形602和并联耦接的多个开关器件的输出电流波形603~605。从图中可以看出,在没有均流电路/均流措施时,在启动过程中随着输出电压VOUT增大,各开关器件的输出电流(波形603~605)可能差异很大。具体地,其中一个开关器件的汲取的输出电流(与波形603对应的)比其余两个开关器件汲取的输出电流(与波形604和605对应的)相比承担了大量输出电流。。

[0086] 图17所示为具有均流功能的多个并联连接的开关器件(如图14中的开关器件412)的仿真波形图。图17所示的波形图包括引脚OUT上的输出电压波形611、系统总的输出电流波形612和并联耦接的多个开关器件412中的每个开关器件(例如图14中的412-1、412-2和412-3)的输出电流波形613。。从图中可以看出,在有均流电路/均流措施时,在启动过程中随着输出电压VOUT增大,各开关器件的输出电流其实相同,因而波形几乎重合(见波形613)。

[0087] 图18所示为根据本发明一个实施例的系统400工作流程示意图。图18所示的方法用于多个并联连接的开关器件412。应该理解,其它开关器件也可以用来实施该方法而并不

超出本公开的精神和保护范围。

[0088] 在图18所示实施例中,多个单片集成开关器件并联连接。每个单片集成的开关器件包括第一引脚和第二引脚。单片集成的开关器件在第一引脚上接收输入电压(步骤701);当单片集成开关器件导通时,连接第一引脚和第二引脚(步骤702)。多个并联连接的单片集成开关器件被构建成一个单元作为系统的一部分被整体导通/关断。当系统导通时,单片集成开关器件导通。单片集成开关器件包括一个功率开关,当单片集成开关器件导通时,该功率开关连接第一引脚和第二引脚。该单晶片集成电路开关器件导通时还在其第二引脚流出输出电流。该单晶片集成电路开关器件还可以将其输出电流与该多个并联耦合的单晶片集成电路开关器件的总输出电流的平均输出电流相比较(步骤703)。在启动过程中,当该单晶片集成电路开关器件的输出电流超出总输出电流的平均输出电流,则该单晶片集成电路开关器件降低其输出电流(步骤704)。例如,该单晶片集成电路开关器件可以通过拉低其功率开关的栅极电压以降低其输出电流。

[0089] 为了避免损坏电子器件,常常需要控制电子器件运行在一个电压和电流合适的安全工作区(safe operation area, SOA)。一般来说,通过限制单片集成开关器件的电流,可以使其限制运行在SOA区,例如,通过可在引脚ILIMIT上提供预设限流值(例如限流电压VLIM)限制。遗憾地是,由于器件的制造过程和运用的场合均有所不同,正确设置合适的限流值并不容易。具体地讲,如果选择的限流值较小,则可能重复触发开关器件使其进入故障模式;另一方面,如果选择的限流值较大,则可能损坏开关器件。为了处理这样的问题,图19所示实施例将公开一种具有合适的SOA保护的单片集成开关器件。

[0090] 图19所示为根据本发明一个实施例的单片集成开关器件720的原理图。开关器件720为图2中开关器件103的一个特别实施例。开关器件720为一个单片集成电路,即单晶片芯片。在图19所示实施例中,开关器件720包括多个引脚,这些引脚包括:接收输入供电电压VIN的引脚IN,给负载(例如一个电路等)提供输出电压VOUT的引脚OUT。在图19所示实施例中,输出电容C2连接在引脚OUT和地之间。

[0091] 开关器件720包括诸如功率场效应管的功率开关(如图20中所示的功率开关721)。功率开关的第一端(例如漏极)连接至引脚IN,第二端(例如源极)连接至引脚OUT。开关器件720还包括驱动电路,驱动功率开关的栅极从而使该功率开关在可控的模式下进行导通和关断切换。在图19所示实施例中,开关器件720还包括引脚ON用于接收使能信号,用于使能和不使能开关器件720。当开关器件720使能,引脚IN通过功率开关连接至引脚OUT;当开关器件720不使能,功率开关关断,引脚IN与引脚OUT断开。此外,诸如微控制器的外部电路也可提供使能信号至开关器件720的引脚ON,以控制开关器件720的使能和不使能。

[0092] 在图19所示实施例中,开关器件720进一步包括:引脚SS,用于接收软启信号;引脚ILIMIT,用于接收限流参考信号;引脚IS,用于输出电流采样信号;以及引脚GND,用于接收参考地信号。

[0093] 在图19所示实施例中,外部电阻R11耦接在引脚ILIMIT上用于设置开关器件720的限流值。在一个实施例中,开关器件包括内置电流源(如图20中的723)提供电流信号至引脚ILIMIT。电流信号流过电阻R11产生限流电压VLIM,用于设置开关器件720的限流值。在一个实施例中,开关器件720进一步包括电流采样电路(如图20中的724),提供表征流过引脚OUT的输出电流的采样电流信号。采样电流流过引脚IS上连接的外部电阻R12,进而转换为电流

采样电压VCS。开关器件720将电流采样电压VCS和限流电压VLIM比较以检测输出电流是否过流。在一个实施例中,开关器件720进一步包括内置软启电路(如图20中的726),用于在引脚SS上产生软启电流。在图19所示实施例中,软启电流对引脚SS上连接的外部电容C11充电进而转换为软启电压。开关器件720还包括其他附加电路,如热感测电路用于检测开关器件405的结温,以及其他和图2中单片集成开关器件103中包含的类似的附加电路。

[0094] 在图19所示实施例中,均是通过在开关器件720相应的引脚连接无源组件(例如电阻和电容)产生软启电压、限流电压VLIM和电流采样电压VCS。本领域技术人员可以理解,通过微控制器或其他外部电路也可以产生软启电压、限流电压VLIM和电流采样电压VCS。

[0095] 图20所示为根据本发明一个实施例单片集成的开关器件720的具体内部原理图。在图20所示实施例中,开关器件720包括功率开关721(N沟道场效应晶体管,N-FET)和采样晶体管722(N-FET)。当引脚ON上的使能信号使能开关器件720,功率开关721导通,引脚IN通过功率开关721连接至引脚OUT。采样晶体管722与功率晶体管721并联连接以进行电流采样。

[0096] 电流采样电路724采样流过采样晶体管722的电流,该电流表征开关器件720的输出电流,即:从引脚IN流向引脚OUT的电流。电流采样电路724输出表征输出电流的采样电流信号Isense,并送至引脚IS。如前文已参考图19所述,引脚IS上的采样电流流过外部电阻,进而转换为采样电压,并送至放大器730的输入端。内置电流源723提供一个电流信号至引脚ILIMIT,该电流信号流过外部电阻,转换为限流电压,并送至放大器730的另一个输入端。放大器730将引脚IS上的电流采样电压和引脚ILIMIT上的限流电压比较以检测输出电流是否过流,即:检测当输出电流从引脚IN流向引脚OUT的输出电流是否超过预设限流值。当过流状况出现时,放大器730导通晶体管727(N-FET)以关断功率开关721,进而将引脚IN和引脚OUT断开。此外,放大器730还包括另一个输入端用于接收自适应SOA保护信号VCLAMP用于设定允许流过功率开关的电流(即输出电流),自适应SOA保护信号VCLAMP的值随温度变化而变化,其中温度可包括功率开关721的温度、开关器件720的结温等。当温度降低时,自适应SOA保护信号VCLAMP的值升高;当温度升高时,自适应SOA保护信号VCLAMP的值下降。

[0097] 在图20所示实施例中,电流源726产生软启电流ISS流向引脚SS。软启电流通过充电外部电容(图19中的电容C11)进而转换为软启电压,并送至软启放大器729的一个输入端。电压源V2连接在软启放大器729的另一个输入端和引脚OUT之间,用于在软启结束后控制软启放大器729和晶体管728不使能。

[0098] 在启动阶段,当开关器件720刚从关断状态被导通时,引脚ON上的使能信号生效,功率开关721栅极上的栅极电压VG被电荷泵725中的电流源拉高,因此,功率开关721开始导通并对引脚OUT上连接的外部电容(图19中的电容C12)充电。引脚OUT上的输出电压VOUT将以受控速率逐步增大,该受控速率由引脚SS上的软启电压的变化率控制。软启放大器729比较引脚SS上的软启电压和输出电压VOUT,并将比较结果通过控制晶体管728的栅极电压VG,从而调整输出电压VOUT跟随软启电压。

[0099] 在图20所示实施例中,单片集成开关器件720进一步包括自适应SOA保护电路,其包括功率开关漏源电压采样电路732和温度补偿电压产生电路733。在一个实施例中,SOA保护电路基于温度控制输出电流。在图20所示实施例中,SOA保护电路基于功率开关721的温度限制流过功率开关721的电流。在一些实施例中,当功率开关721占据功率器件720的晶片



的大部分位置(例如功率开关721占据功率器件720的晶片面积的80%),SOA保护电路基于功率器件720的结温限制流过功率开关721的电流(即输出电流)。

[0100] 在图20所示实施例中,自适应SOA保护电路在功率器件720启动过程中使能,当启动结束后(进入稳态)不使能。在启动过程中,当功率开关721的温度升高时,自适应SOA保护电路减小流过功率开关721的输出电流。当功率开关721的温度降低时,自适应SOA保护电路增大流过功率开关721的输出电流。

[0101] 在图20所示实施例中,电压采样电路732采样功率开关721漏源两端的电压VDS,以判断开关器件720位于启动阶段还是稳态阶段。更具体地,在启动过程中,功率开关721开始传导电流;当进入稳态阶段后,功率开关721完全导通。因此,功率开关721漏源两端的电压VDS的值在功率开关721完全导通后较低,在启动过程中较高。在图20所示实施例中,电压采样电路732采样功率开关721漏源两端的电压VDS,并基于漏源电压VDS产生信号CLAMP ENABLE。在图20所示实施例中,当功率开关721的漏源电压VDS大于SOA保护阈值(例如0.6V)时,信号CLAMP ENABLE使能温度补偿电压产生电路733;当功率开关721的漏源电压VDS小于等于SOA保护阈值时,信号CLAMP ENABLE控制温度补偿电压产生电路733不使能。

[0102] 图21所示为根据本发明一个实施例的电压采样电路732的电路原理图。在图21所示实施例中,电压采样电路732包括比较器740。比较器740的第一端连接至功率开关721的漏极,其第二端连接至功率开关721的源极。比较器740的第二端还具有电压源V3用于调节SOA保护阈值。在图21所示实施例中,例如在启动阶段时,当功率开关721的漏极电压大于其源极电压与电压源V3的和时,较器740输出的信号CLAMP ENABLE有效;又如在稳态阶段,当功率开关721的漏极电压小于等于其源极电压与电压源V3的和时,较器740输出的信号CLAMP ENABLE无效。

[0103] 返回图20所示实施例,温度补偿电压产生电路733接收漏源电压采样电路732产生的信号CLAMP ENABLE。在图20所示实施例中,温度补偿电压产生电路733产生自适应SOA保护信号,该自适应SOA保护信号包括压信号VCLAMP。温度补偿电压产生电路733基于功率开关721的温度产生自适应SOA保护信号。在图20所示实施例中,温度补偿电压产生电路733产生的电压信号VCLAMP用于表征功率开关721的温度变化。具体地,当功率开关721的温度升高,电压信号VCLAMP减小;当功率开关721的温度降低,电压信号VCLAMP增大。在图20所示实施例中,电压信号VCLAMP将与引脚ILIMIT上的电压VLIM相加,因此,当功率开关721的温度升高时,可以通过减小电压信号VCLAMP降低限流值。类似地,当功率开关721的温度降低时,可以通过增大电压信号VCLAMP增大限流值,以使更多的输出电流通过功率开关721。因此,自适应SOA保护电路有利于在系统启动阶段,控制限流值基于温度的变化自适应调整。

[0104] 更具体地,在功率开关721启动阶段,由于电压采样电路732检测到功率开关721的漏源电压VDS大于SOA保护阈值,因此温度补偿电压产生电路733使能。当功率开关721的温度升高时,温度补偿电压产生电路733输出的电压VCLAMP减小,限流值降低(该限流值由引脚ILIMIT上的电压VLIM和电压信号VCLAMP决定)。当引脚IS上的电流采样电压指示输出电流超过限流值时,放大器730导通晶体管727进而拉低功率开关721的栅极,从而减少流过功率开关721的电流。

[0105] 图22所示为根据本发明一个实施例的温度补偿电压产生电路733的电路原理图。如图22所示实施例,温度补偿电压产生电路733包括双极性NPN晶体管741,该晶体管741被

电流源742偏置。在图22所示实施例中,晶体管741的集电极和基极连接在一起,发射极连接至地。在图22所示实施例中,晶体管741的基极-发射极电压 $V_{BE}$ 具有负温度系数(e.g.,  $-2\text{mV}/^\circ\text{C}$ )。也即是说,当晶体管741的温度下降,则晶体管741的基极-发射极电压 $V_{BE}$ 上升;当晶体管741的温度上升,则晶体管741的基极-发射极电压 $V_{BE}$ 下降。在图20-21所示实施例中已经详述,功率开关721占据了开关器件720晶片的大部分位置。在图22中,晶体管741的温度可以表征开关器件720的温度,因此,晶体管741的温度可以表征功率开关721的温度。因此,基于功率开关721的温度变化的晶体管741的基极-发射极电压 $V_{BE}$ 将作为温度补偿电压产生电路733输出的电压信号 $V_{CLAMP}$ 。

[0106] 在图22所示实施例中,温度补偿电压产生电路733还包括由信号 $CLAMP\_ENABLE$ 控制的开关743和开关744。在图22所示实施例中,当信号 $CLAMP\_ENABLE$ 有效时,开关743关断,开关744导通。相应地,在图22所示实施例中,当温度补偿电压产生电路733使能时,晶体管741的基极-发射极电压 $V_{BE}$ 即为电压信号 $V_{CLAMP}$ 。当系统进入稳态阶段时,信号 $CLAMP\_ENABLE$ 无效,开关743导通,开关744关断,此时温度补偿电压产生电路733不使能,电压信号 $V_{CLAMP}$ 被赋最大值 $V_{MAX}$ 。该最大值 $V_{MAX}$ 等于开关器件720的最大绝对值电压。

[0107] 图23所示为根据本发明一个实施例的具有多个并联连接的开关器件720的系统750的电路原理图。在图23所示实施例中,系统750包括多个并联连接的开关器件720(例如720-1、720-2和720-3)。虽然在图23所示实施例中示出了3个并联连接的开关器件720,但本领域的技术人员应该理解本公开并不限于此,系统750中包含的开关器件720的个数可以根据实际应用的功率需求而合适选取。

[0108] 由于开关器件720并联连接,每个开关器件720的引脚 $IN$ 和引脚 $OUT$ 分别各自连接在一起。每个开关器件720的引脚 $ON$ 也连接在一起,以使该多个开关器件720作为一个单元被整体导通或关断。将多个开关器件720并联可以提高功效,同时系统750总的输出电流将平均分摊到每个开关器件720。在启动阶段每个开关器件720中的自适应SOA保护电路阻止每个开关器件720从系统750中汲取过多的总输出电流。例如,在启动阶段,当开关器件720-1的输出电流增大时,开关器件720-1中的功率开关温度升高,开关器件720-1的限流值降低以减小其输出电流。这样可阻止开关器件720-1从系统750中汲取过多的总输出电流。减小开关器件720-1的输出电流将导致开关器件720-2汲取更多的总输出电流,但是当开关器件720-2的功率开关的温度上升到一定值时,开关器件720-2中的自适应SOA保护电路将减小其输出电流,依次类推。因此可实现系统750总的输出电流在启动阶段可在所有开关器件720中均衡分配。

[0109] 图24所示为根据本发明一个实施例的系统工作流程示意图。图24所示的方法用于单片集成开关器件720。单开关器件720可以和其他多个单片集成开关器件720并联连接使用,或单独在备用模式使用,也可与其他包括本发明所公开的优点的电路结合使用。可以理解,图24所公开的方法主要涉及根据开关温度自动调整流过开关的电流值。

[0110] 在图24所示实施例中,单片集成开关器件包括第一引脚和第二引脚。单片集成开关器件在第一引脚上接收输入电压(步骤751);当单片集成开关器件导通时,连接第一引脚和第二引脚(步骤752)。单片集成开关器件720进一步包括自适应SOA保护电路,当系统启动时,使能自适应SOA保护电路(步骤753)。例如,当功率开关的漏源电压 $V_{DS}$ 大于SOA保护阈值时,使能自适应SOA保护电路。在启动阶段,基于温度限制单片集成开关器件的输出电流(步

骤754)。例如,基于功率开关的温度限制单片集成开关器件的输出电流。更具体地,当功率开关的温度升高时,降低流过开关器件的电流量;当功率开关的温度降低时,增大流过开关器件的电流量。在一个实施例中,当功率开关的温度升高时,通过减小单片集成开关器件的限流值以控制单片集成开关器件的输出电流;功率开关的温度降低时,通过增大单片集成开关器件的限流值以控制单片集成开关器件的输出电流。当系统启动结束进入稳态阶段,控制单片集成开关器件的自适应SOA保护电路不使能(步骤755)。例如,当功率开关的漏源电压VDS小于SOA保护阈值时,控制自适应SOA保护电路不使能。

[0111] 本公开公开了自适应SOA保护电路的单晶片集成开关器件及相关的方法,虽然详细介绍了本发明的一些实施例,然而应该理解,这些实施例仅用于示例性的说明,并不用于限定本发明的范围。其它可行的选择性实施例可以通过阅读本公开被本技术领域的普通技术人员所了解。



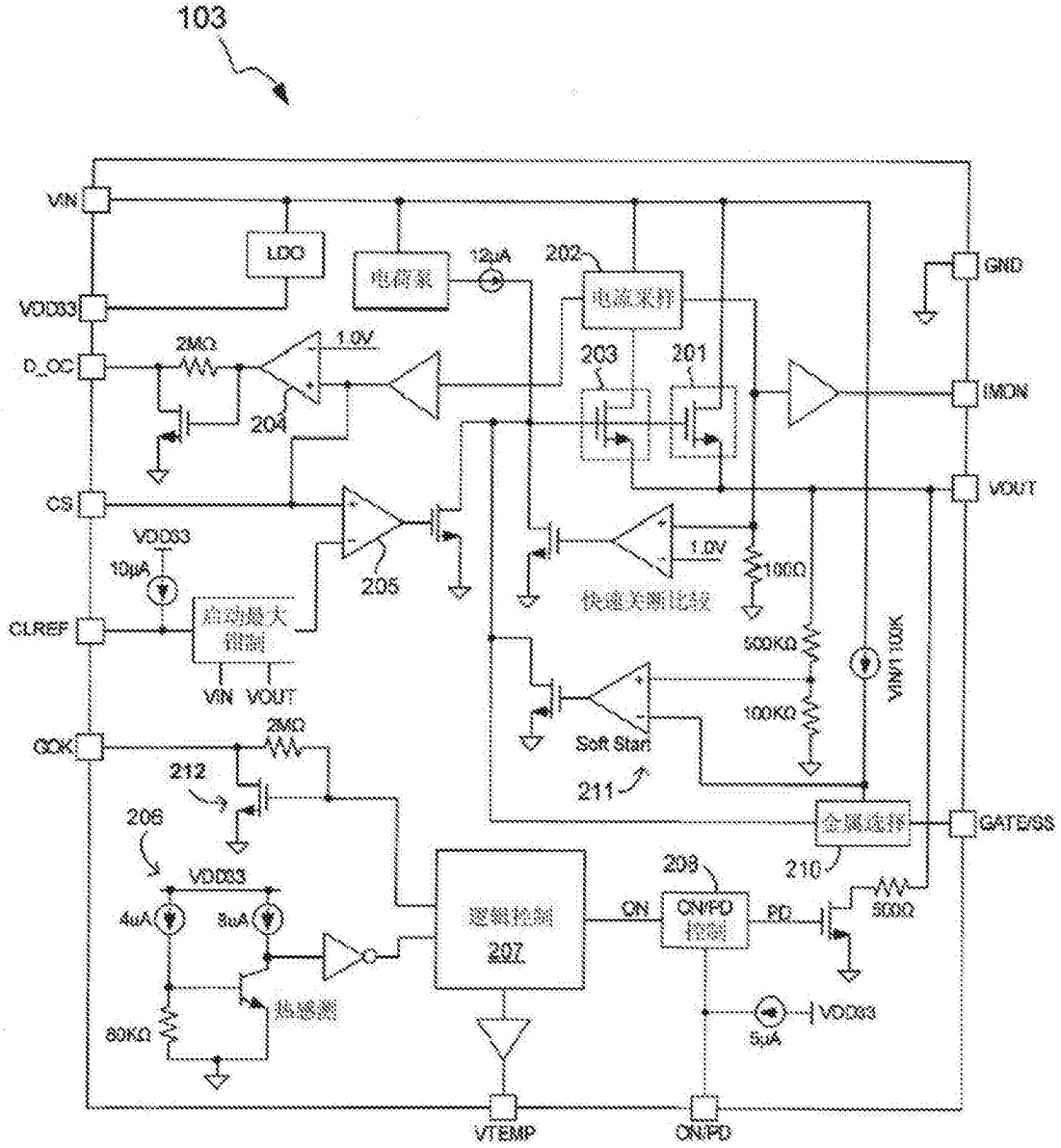


图2

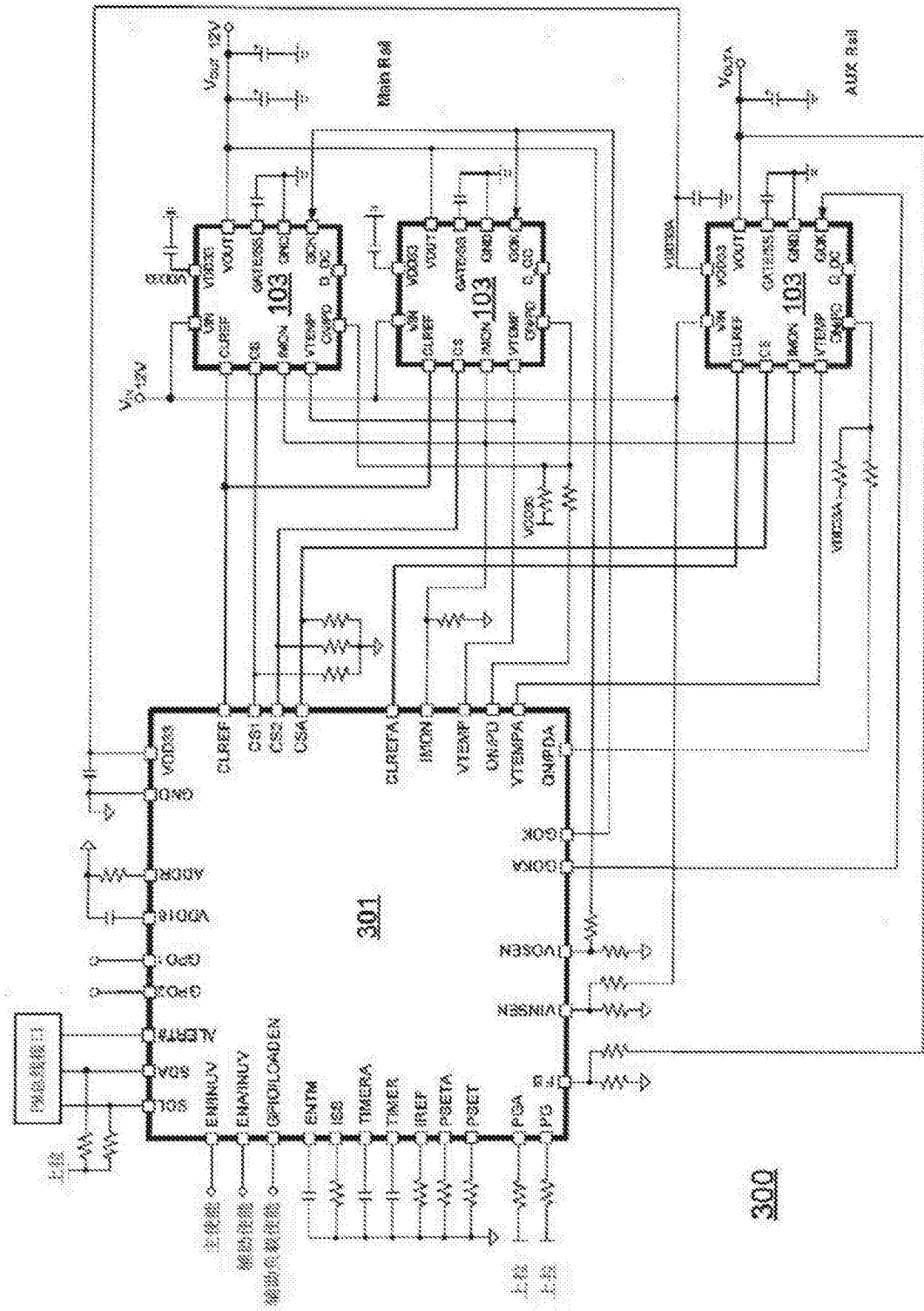


图3

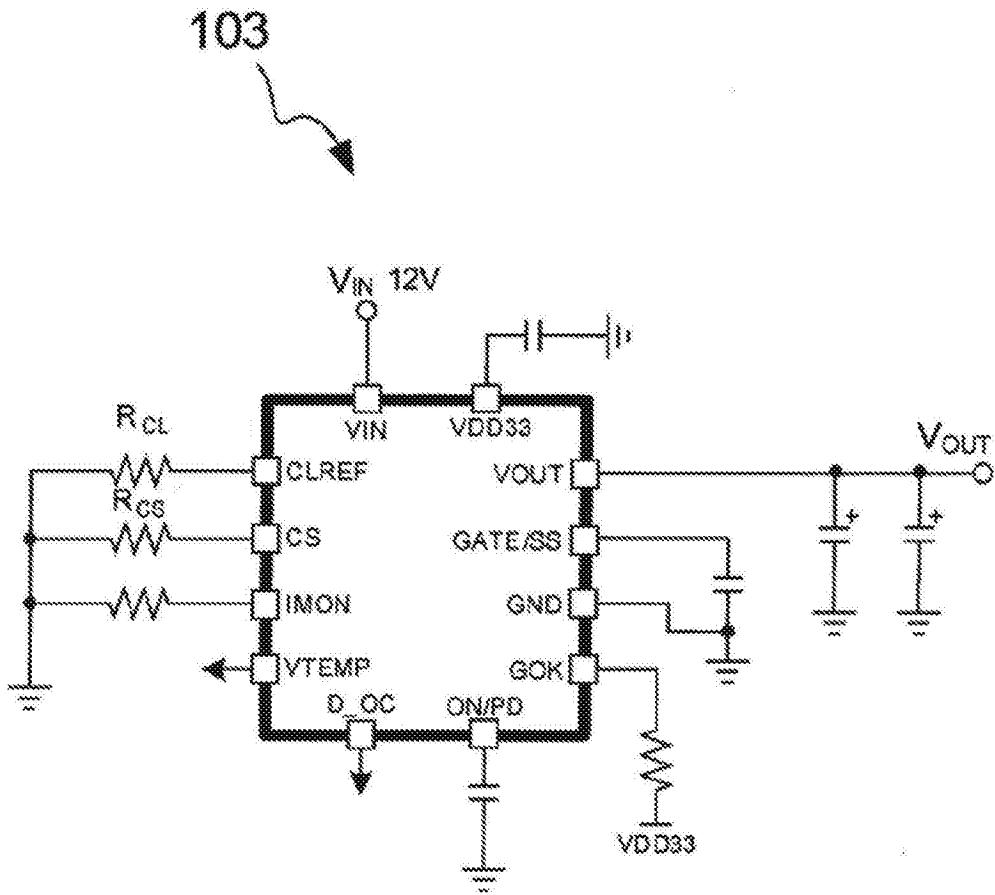


图4

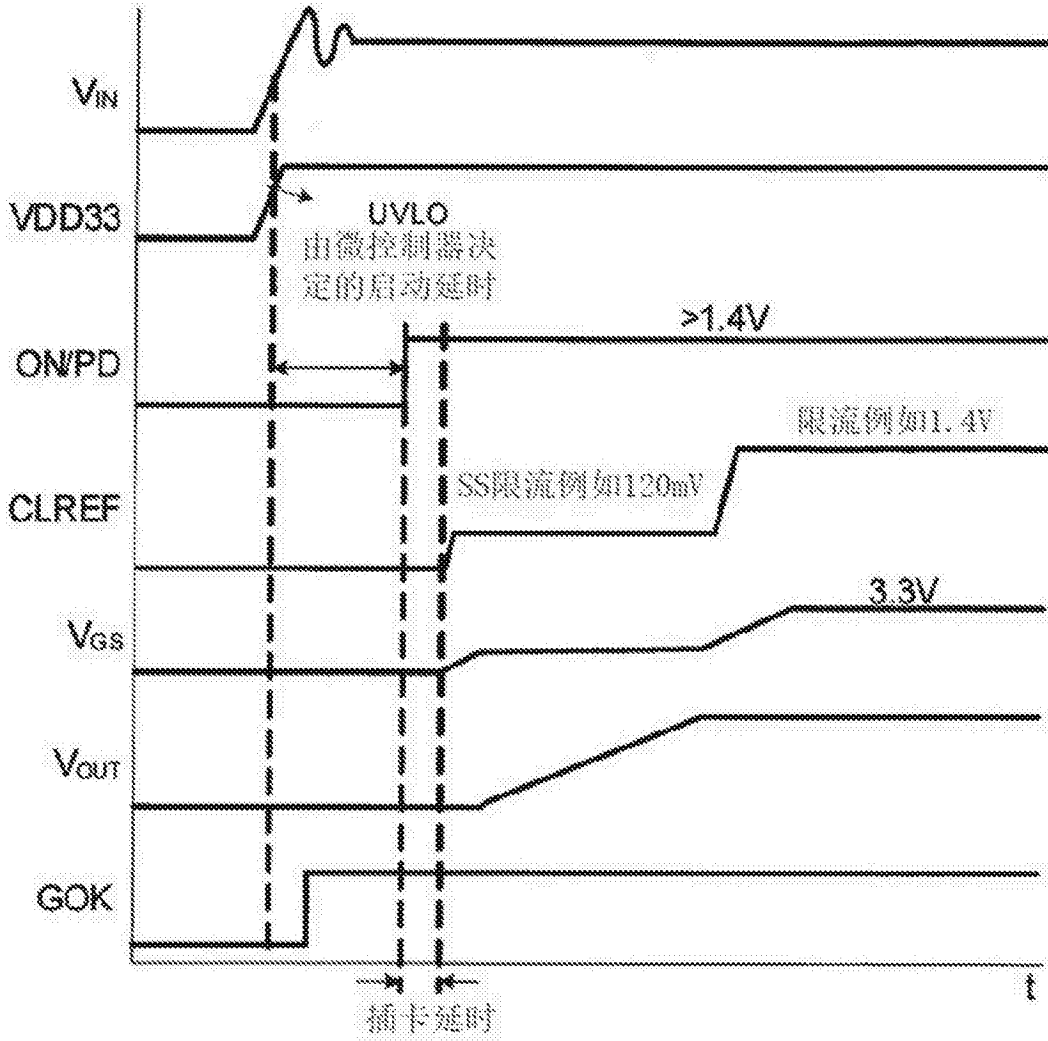


图5



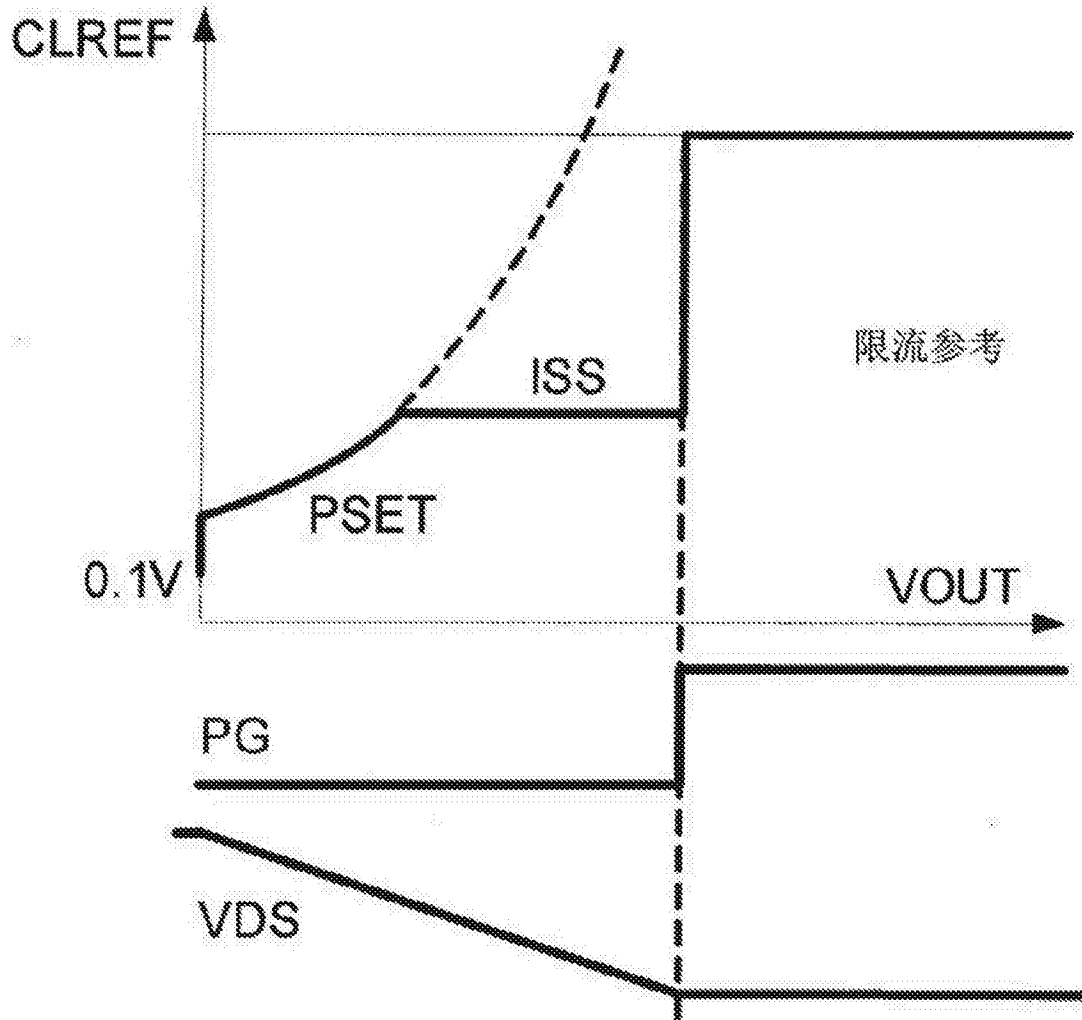


图6

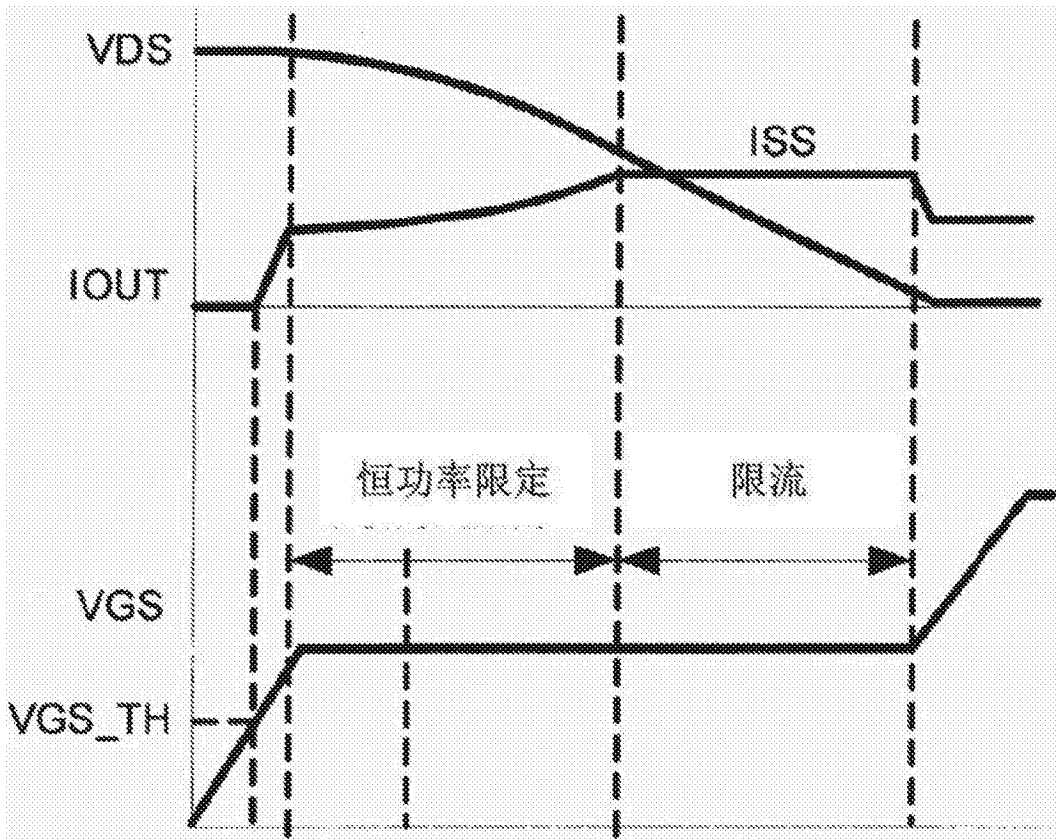


图7

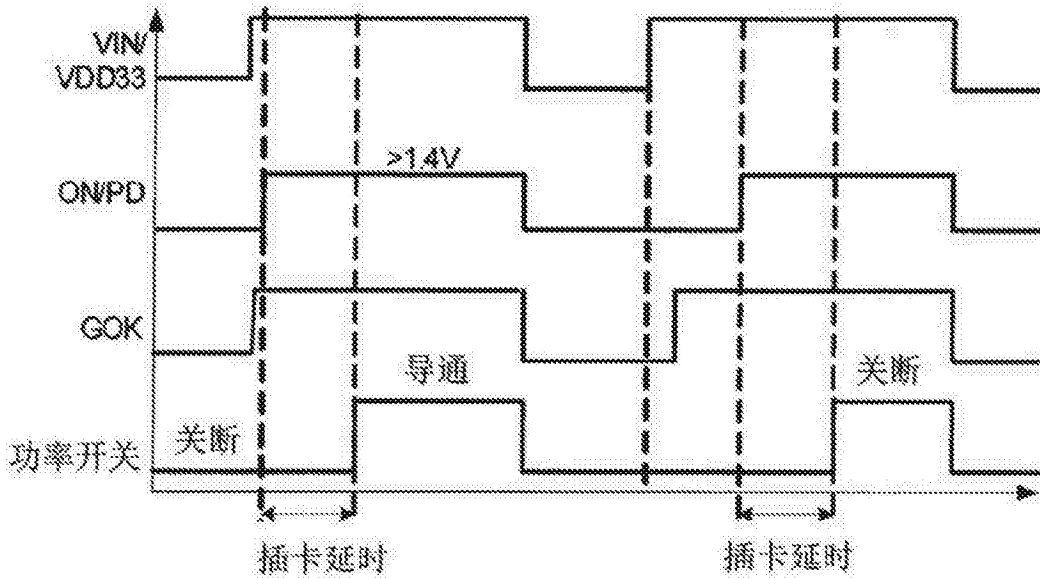


图8

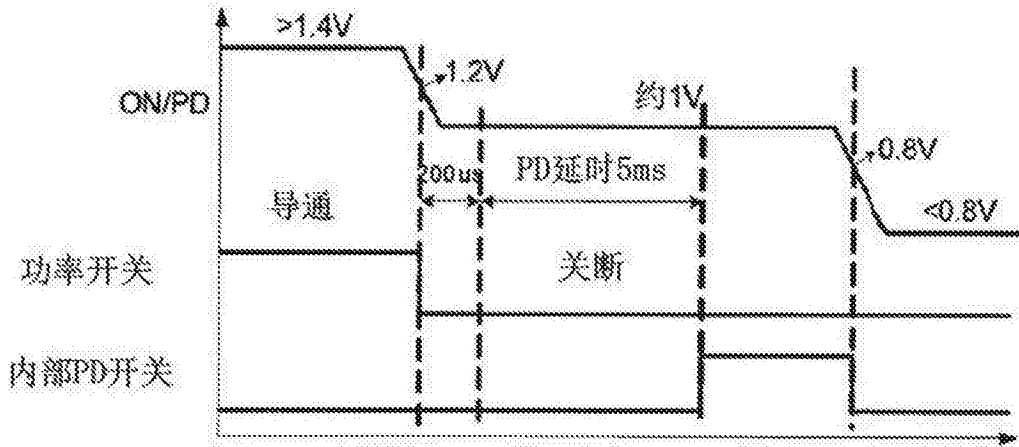


图9

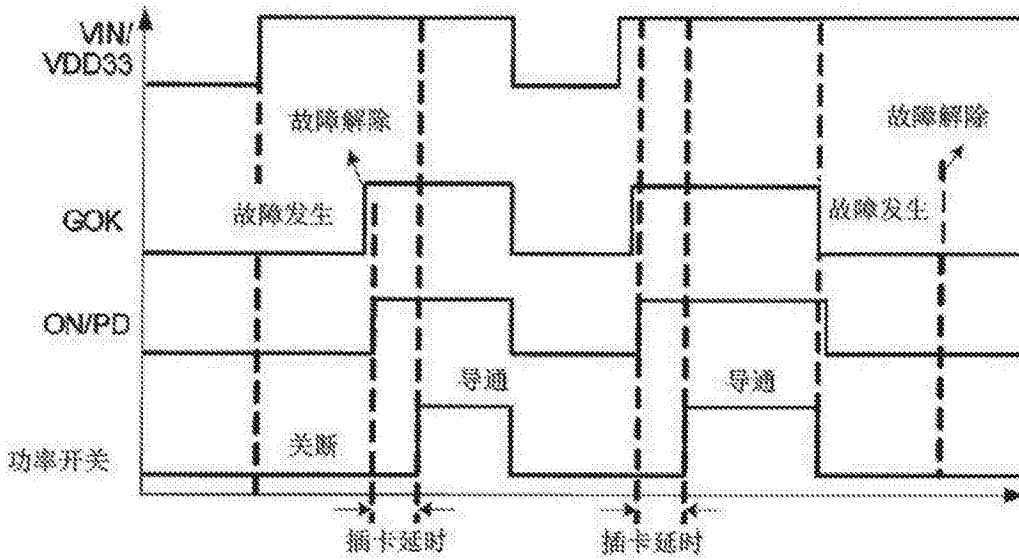


图10









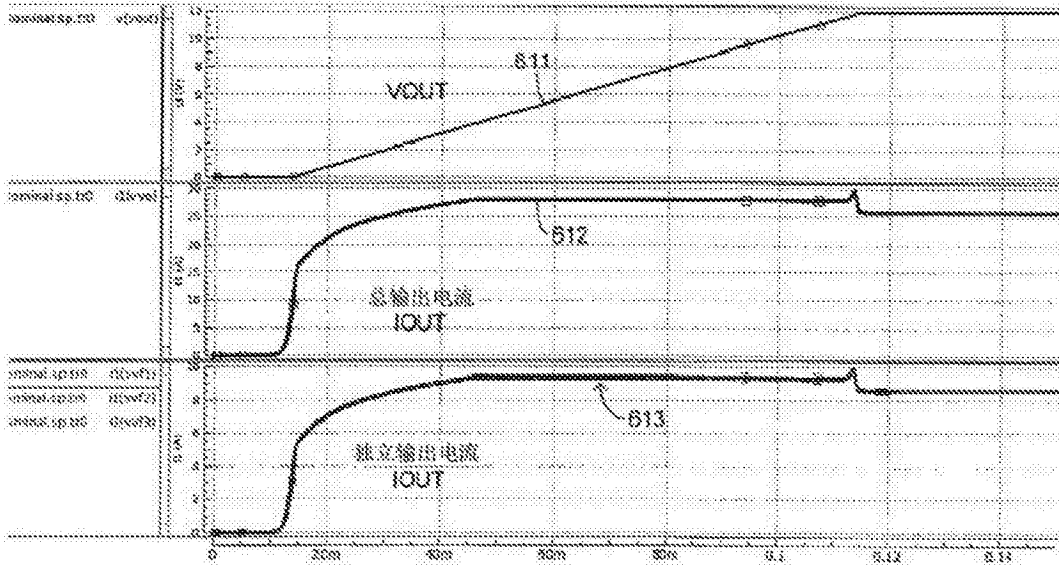


图17

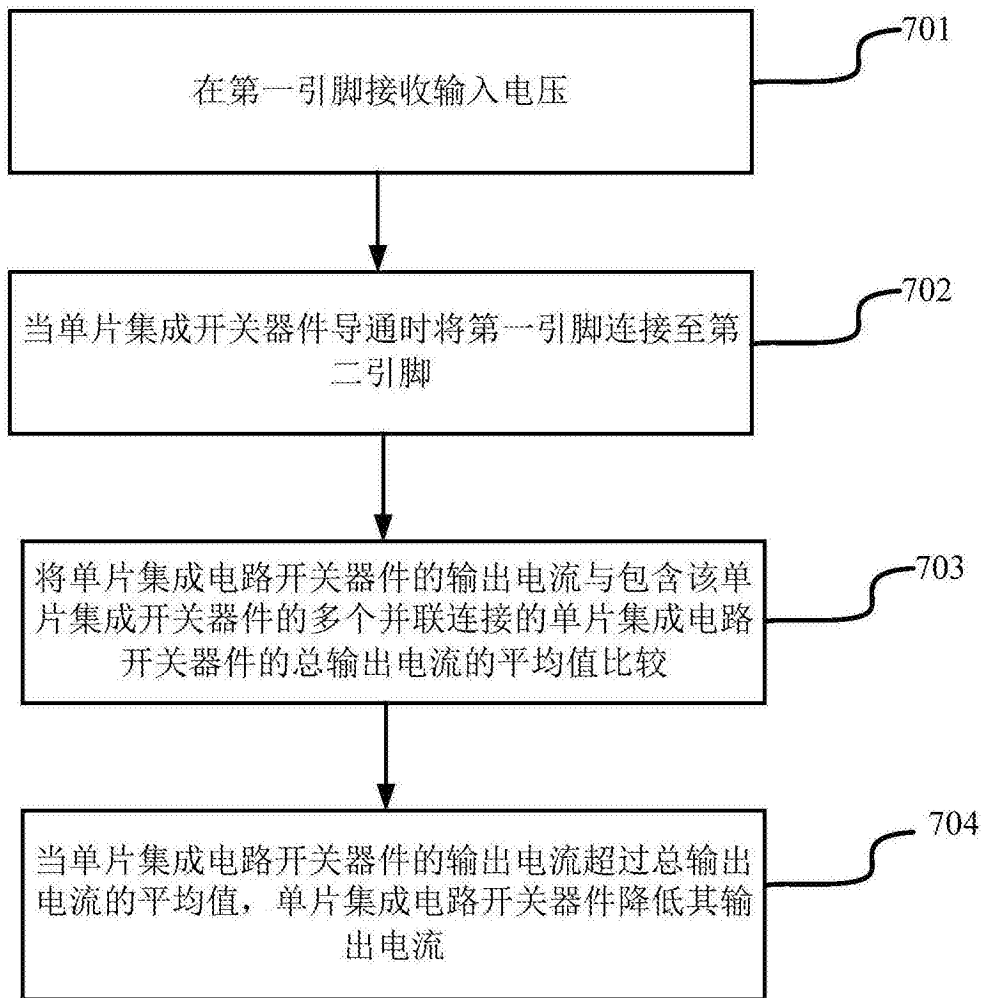


图18





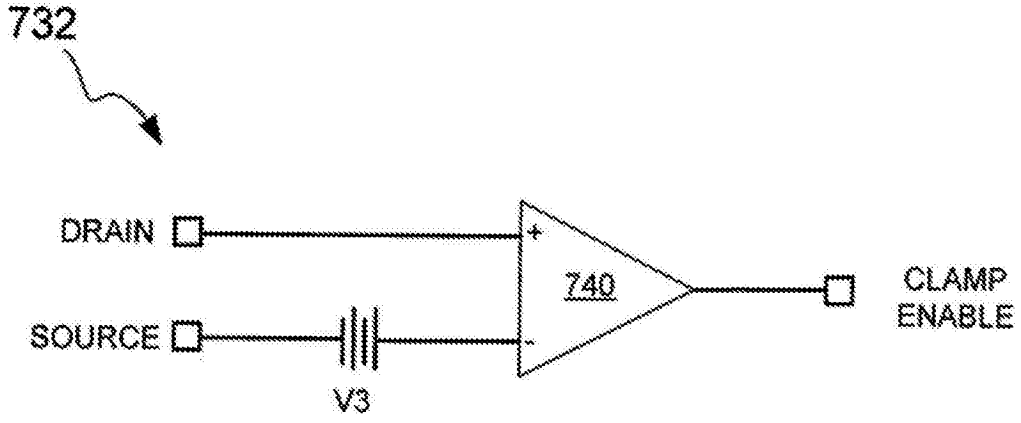


图21

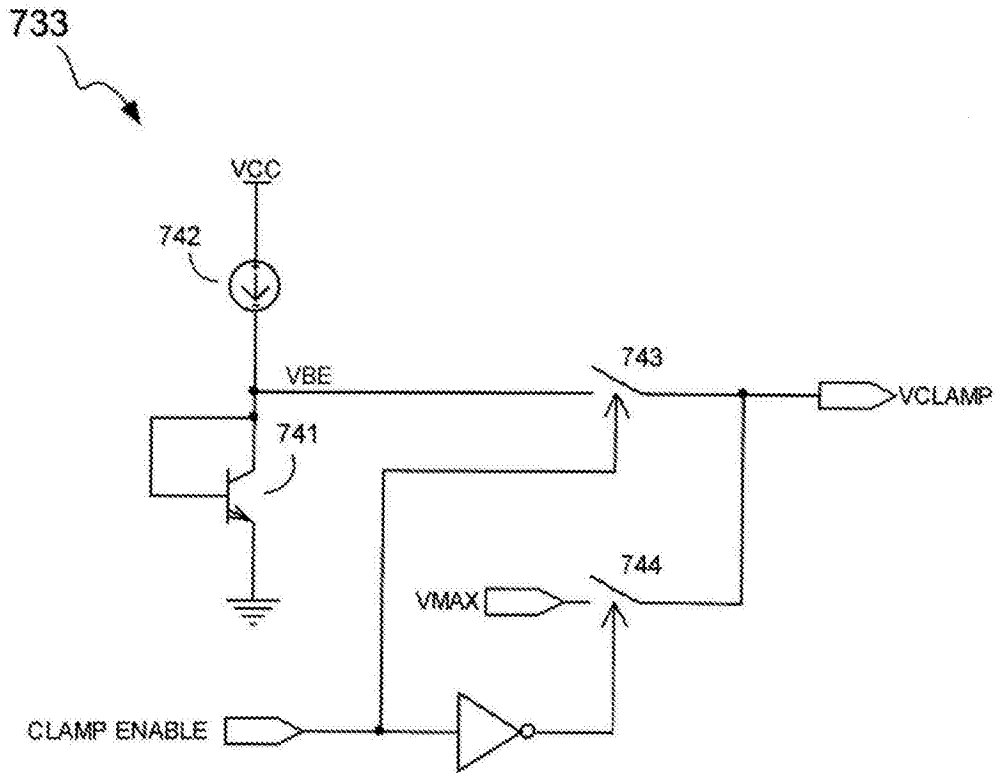


图22

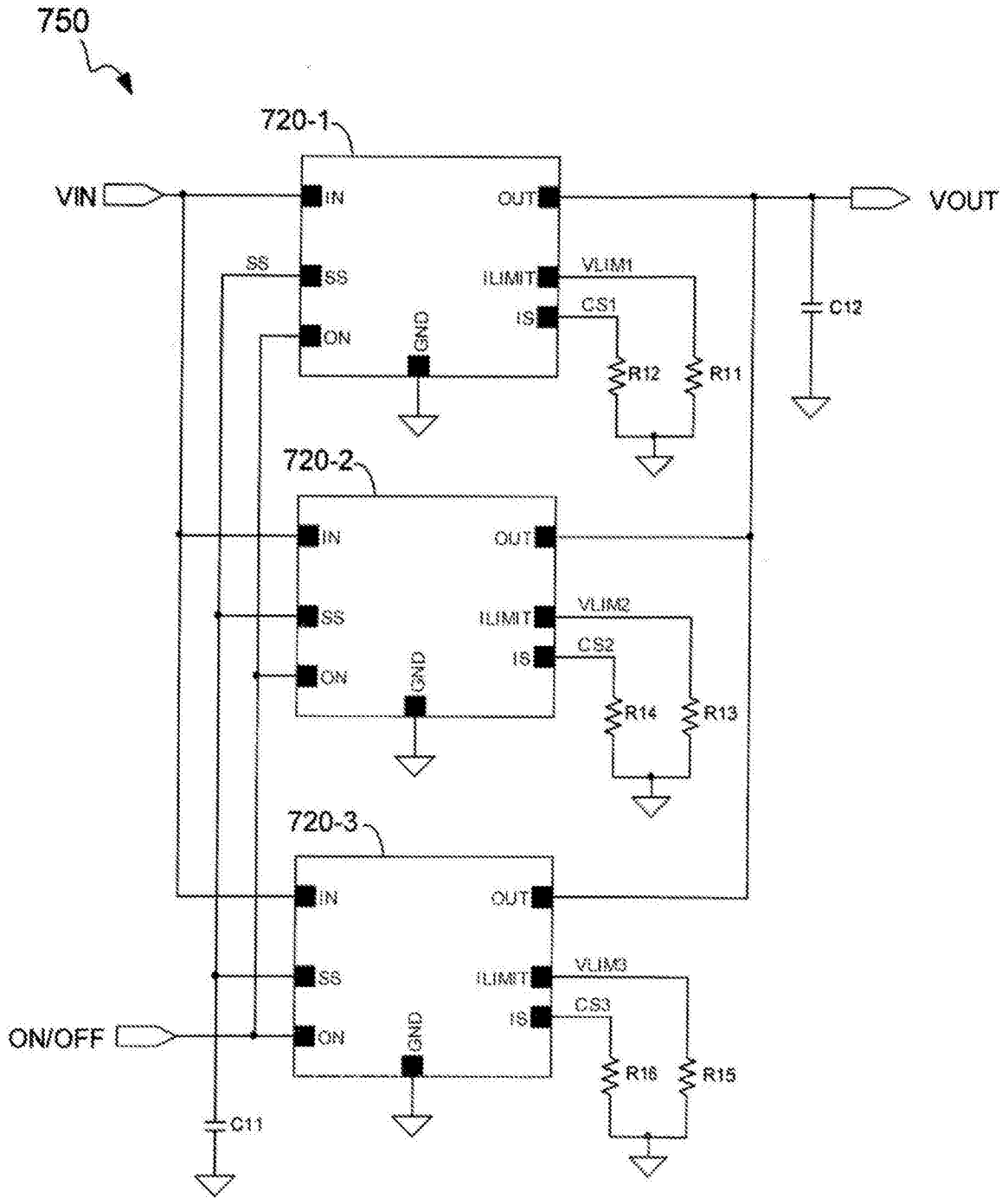


图23

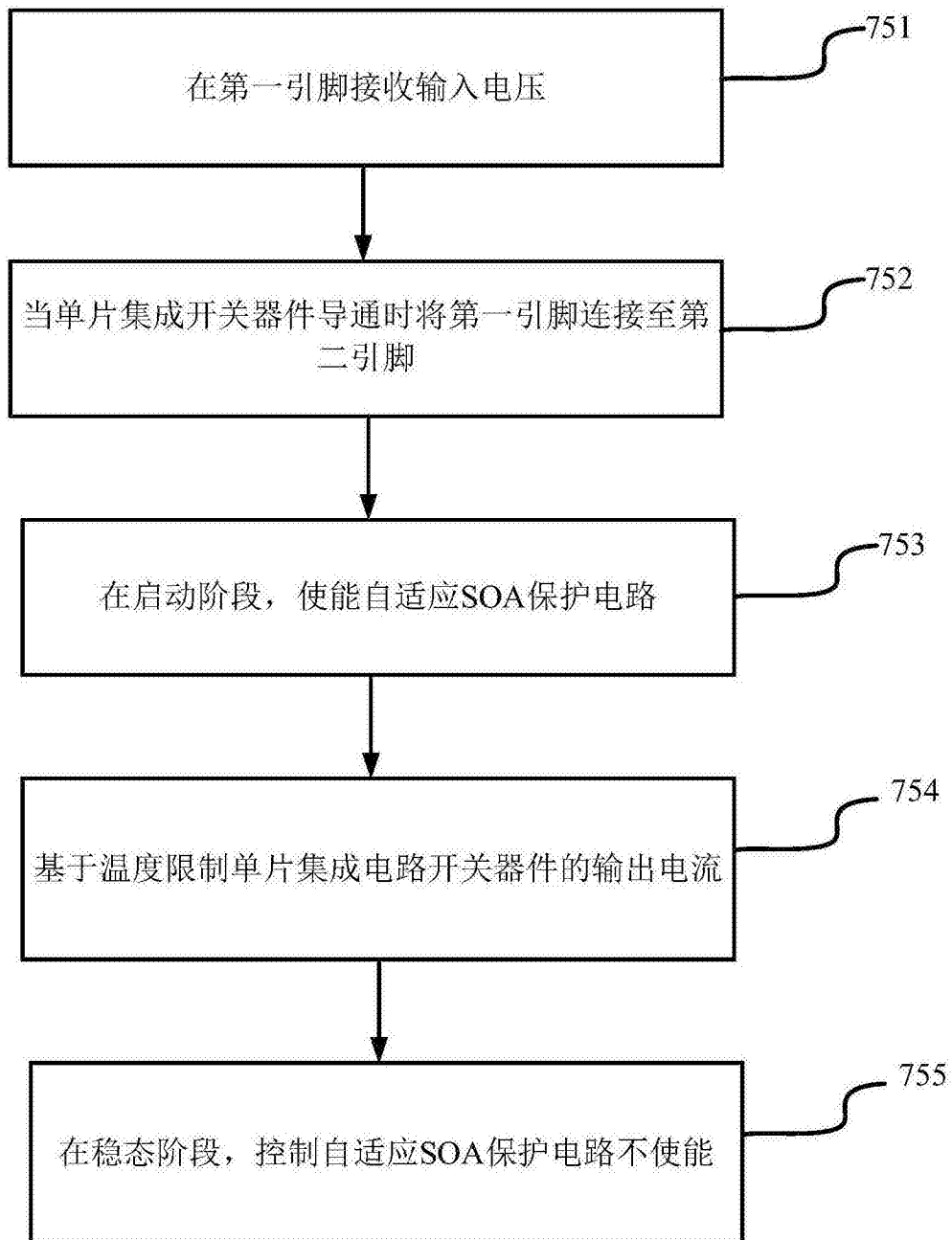


图24