



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105960745 B

(45)授权公告日 2018.11.23

(21)申请号 201580007464.8

(72)发明人 Q·李

(22)申请日 2015.02.03

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105960745 A

代理人 袁逸

(43)申请公布日 2016.09.21

(51)Int.Cl.

(30)优先权数据

14/175,922 2014.02.07 US

H02J 1/02(2006.01)

G11C 5/14(2006.01)

H02M 1/15(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2016.08.05

H02H 9/04(2006.01)

G01R 19/12(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2015/014313 2015.02.03

(56)对比文件

US 2009/0174262 A1, 2009.07.09,

US 2003/0085754 A1, 2003.05.08,

CN 102420527 A, 2012.04.18,

CN 1405961 A, 2003.03.26,

(87)PCT国际申请的公布数据

W02015/119971 EN 2015.08.13

审查员 李永亮

(73)专利权人 高通股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

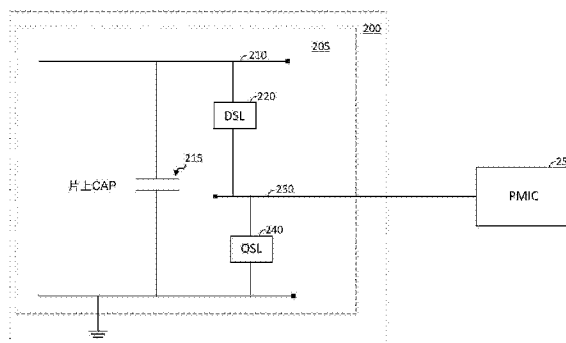
权利要求书3页 说明书7页 附图10页

(54)发明名称

功率分配网络(PDN)调节器

(57)摘要

本文描述了用于调节电源轨(230)(例如,减少电源轨上的电压降和/或电压过冲)的系统和方法。在一个实施例中,电源电路包括耦合至高压轨(210)的电容器(215)和耦合在高压轨和电源轨之间的下降斜率限制器(DSL)。该DSL被配置成检测电源轨上的向下电压斜率,以及基于检测到的向下电压斜率来控制从高压轨通过该DSL至电源轨的电流流动。



1. 一种电源电路,包括:

耦合至高压轨的电容器;以及

耦合在所述高压轨和电源轨之间的下降斜率限制器(DSL),其中所述DSL被配置成检测所述电源轨上的向下电压斜率,以及基于检测到的向下电压斜率来控制从所述高压轨通过所述DSL至所述电源轨的电流流动,

其中所述DSL被配置成通过以下方式控制所述电流流动:如果所述检测到的向下电压斜率的幅值低于斜率阈值,则阻止所述电流流动,而如果所述检测到的向下电压斜率的幅值超过所述斜率阈值,则允许所述电流流动。

2. 如权利要求1所述的电源电路,其中所述高压轨处于比所述电源轨至少高50%的电压。

3. 如权利要求1所述的电源电路,其中在所述DSL允许所述电流流动的时间期间,所述DSL被配置成控制通过所述DSL的电流流动,使得所述检测到的向下电压斜率的幅值约被限于所述斜率阈值。

4. 如权利要求1所述的电源电路,其中所述DSL包括:

耦合至所述电源轨的斜率检测电路,其中所述斜率检测电路被配置成检测所述电源轨上的所述向下电压斜率,以及基于所述检测到的向下电压斜率来输出斜率信号;

耦合在所述高压轨和所述电源轨之间的功率晶体管;以及

控制电路,所述控制电路被配置成将来自所述斜率检测电路的所述斜率信号和斜率阈值信号作比较,以及基于所述比较来控制所述功率晶体管的导电率。

5. 如权利要求4所述的电源电路,其中所述功率晶体管包括场效应晶体管(FET),并且所述控制电路被配置成通过控制所述功率晶体管的栅极电压来控制所述功率晶体管的导电率。

6. 如权利要求1所述的电源电路,进一步包括耦合在所述电源轨和地之间的过冲斜率限制器(OSL),其中所述OSL被配置成检测所述电源轨上的向上电压斜率,以及基于检测到的向上电压斜率来控制从所述电源轨通过所述OSL至地的电流流动。

7. 如权利要求6所述的电源电路,其中所述OSL被配置成通过以下方式控制从所述电源轨至地的电流流动:如果所述检测到的向上电压斜率低于斜率阈值,则阻止从所述电源轨至地的电流流动,而如果所述检测到的向上电压斜率超过所述斜率阈值,则允许从所述电源轨至地的电流流动。

8. 如权利要求7所述的电源电路,其中在所述OSL允许从所述电源轨至地的电流流动的时间期间,所述OSL被配置成控制从所述电源轨通过所述OSL至地的电流流动,使得所述检测到的向上电压斜率约被限于所述斜率阈值。

9. 如权利要求1所述的电源电路,其中所述电源电路被集成在单个芯片上。

10. 如权利要求9所述的电源电路,进一步包括耦合在所述电源轨和所述芯片上的电路之间的头开关,其中所述头开关被配置成对所述芯片上的所述电路进行电源选通。

11. 一种用于调节电源轨的方法,包括:

检测所述电源轨上的向下电压斜率;以及

基于检测到的向下电压斜率来控制从高压轨至所述电源轨的电流流动,其中电容器被耦合至所述高压轨,其中控制电流流动进一步包括:

如果所述检测到的向下电压斜率的幅值低于斜率阈值,则阻止所述电流流动;以及
如果所述检测到的向下电压斜率的幅值超过所述斜率阈值,则允许所述电流流动。

12. 如权利要求11所述的方法,其中所述高压轨处于比所述电源轨至少高50%的电压。

13. 如权利要求11所述的方法,其中允许所述电流流动进一步包括调节所述电流流动,使得所述检测到的向下电压斜率的幅值约被限于所述斜率阈值。

14. 如权利要求13所述的方法,其中场效应晶体管(FET)被耦合在所述高压轨和所述电源轨之间,并且调节所述电流流动包括调节所述FET的栅极电压。

15. 如权利要求11所述的方法,进一步包括:

检测所述电源轨上的向上电压斜率;以及

基于检测到的向上电压斜率来控制从所述电源轨至地的电流流动。

16. 如权利要求15所述的方法,其中控制从所述电源轨至地的电流流动进一步包括:

如果所述检测到的向上电压斜率低于斜率阈值,则阻止从所述电源轨至地的电流流动;以及

如果所述检测到的向上电压斜率超过所述斜率阈值,则允许从所述电源轨至地的电流流动。

17. 如权利要求16所述的方法,其中允许从所述电源轨至地的电流流动进一步包括调节从所述电源轨至地的电流流动,使得所述检测到的向上电压斜率约被限于所述斜率阈值。

18. 如权利要求11所述的方法,其中所述检测和控制是在单个芯片上执行的。

19. 一种用于调节电源轨的设备,包括:

用于检测电源轨上的向下电压斜率的装置;以及

用于基于检测到的向下电压斜率来控制从高压轨至所述电源轨的电流流动的装置,其中电容器被耦合至所述高压轨,其中用于控制电流流动的装置进一步包括:

用于如果所述检测到的向下电压斜率的幅值低于斜率阈值,则阻止所述电流流动的装置;以及

用于如果所述检测到的向下电压斜率的幅值超过所述斜率阈值,则允许所述电流流动的装置。

20. 如权利要求19所述的设备,其中所述高压轨处于比所述电源轨至少高50%的电压。

21. 如权利要求19所述的设备,其中用于允许所述电流流动的装置进一步包括用于调节所述电流流动,使得所述检测到的向下电压斜率的幅值约被限于所述斜率阈值的装置。

22. 如权利要求21所述的设备,其中场效应晶体管(FET)被耦合在所述高压轨和所述电源轨之间,并且用于调节所述电流流动的装置包括用于调节所述FET的栅极电压的装置。

23. 如权利要求19所述的设备,进一步包括:

用于检测所述电源轨上的向上电压斜率的装置;以及

用于基于检测到的向上电压斜率来控制从所述电源轨至地的电流流动的装置。

24. 如权利要求23所述的设备,其中用于控制从所述电源轨至地的电流流动的装置进一步包括:

用于如果所述检测到的向上电压斜率低于斜率阈值,则阻止从所述电源轨至地的电流流动的装置;以及

用于如果所述检测到的向上电压斜率超过所述斜率阈值,则允许从所述电源轨至地的电流流动的装置。

25.如权利要求24所述的设备,其中用于允许从所述电源轨至地的电流流动的装置进一步包括用于调节从所述电源轨至地的电流流动,使得所述检测到的向上电压斜率约被限于所述斜率阈值的装置。

26.如权利要求19所述的设备,其中所述设备被集成在单个芯片上。

27.如权利要求26所述的设备,进一步包括用于对所述芯片上的电路进行电源选通的装置,其中用于进行电源选通的装置被耦合在所述电源轨和所述芯片上的所述电路之间。

功率分配网络 (PDN) 调节器

[0001] 背景

[0002] 领域

[0003] 本公开的各方面一般涉及功率分配网络,尤其涉及功率分配网络 (PDN) 调节器。

背景技术

[0004] 功率分配网络 (PDN) 被用于从片外电源 (例如,功率管理集成电路 (PMIC)) 向片上系统 (SoC) 中的各种电路分配功率。PDN可采用电源选通以节省电力,其中PDN选择性地将在SoC中活跃的电路连接至电源,而将SoC中不活跃的电路从电源断开。PDN在将SoC连接至片外电源 (例如,PMIC) 的引线中通常具有大电感。当电源轨上的负载突变 (例如,由于电源选通引起) 时,该电感在电源轨上引发纹波。

[0005] 概述

[0006] 以下给出对一个或多个实施例的简化概述以提供对此类实施例的基本理解。此概述不是所有构想到的实施例的详尽综览,并且既非旨在标识所有实施例的关键性或决定性要素亦非试图界定任何或所有实施例的范围。其唯一的目的是要以简化形式给出一个或更多个实施例的一些概念以作为稍后给出的更加具体的说明之序。

[0007] 根据第一方面,本文中描述了一种电源电路。该电源电路包括耦合至高压轨的电容器和耦合在高压轨和电源轨之间的下降斜率限制器 (DSL)。该DSL被配置成检测电源轨上的向下电压斜率,以及基于检测到的向下电压斜率来控制从高压轨通过该DSL至电源轨的电流流动。

[0008] 第二方面涉及一种用于调节电源轨的方法。该方法包括检测电源轨上的向下电压斜率,以及基于检测到的向下电压斜率来控制从高压轨至电源轨的电流流动,其中电容器被耦合至该高压轨。

[0009] 第三方面涉及一种用于调节电源轨的设备。该设备包括用于检测电源轨上的向下电压斜率的装置,以及用于基于检测到的向下电压斜率来控制从高压轨至电源轨的电流流动的装置,其中电容器被耦合至该高压轨。

[0010] 为能达成前述及相关目的,这一个或多个实施例包括在下文中充分描述并在权利要求中特别指出的特征。以下说明和所附插图详细阐述了这一个或更多个实施例的某些解说性方面。但是,这些方面仅仅是指示了可采用各个实施例的原理的各种方式中的若干种,并且所描述的实施例旨在涵盖所有此类方面及其等效方案。

[0011] 附图简述

[0012] 图1示出针对直接置于轨上的解耦电容器的有效电荷和针对置于耦合至轨的低压差调整器 (LDO) 之后的解耦电容器的有效电荷的示例。

[0013] 图2是根据本公开的一实施例的功率分配网络 (PDN) 调节器的框图。

[0014] 图3示出了根据本公开的一实施例的针对耦合至高压轨的电容器的有效电荷的示例。

[0015] 图4示出了根据本公开的一实施例的在没有下降斜率限制器 (DSL) 的情况下的纹

波和在具有DSL的情况下的纹波的示例。

[0016] 图5示出了根据本公开的一实施例的在没有过冲斜率限制器(OSL)的情况下的纹波和在具有OSL的情况下的纹波的示例。

[0017] 图6示出了根据本公开的一实施例的一示例,其中PDN调节器将涌入电流提供至片上电路。

[0018] 图7示出了根据本公开的一实施例的PDN调节器的示例,该PDN调节器针对多个电源轨中的每一个电源轨包括单独的DSL和单独的OSL。

[0019] 图8示出了根据本公开的一实施例的DSL的实现。

[0020] 图9示出了根据本公开的一实施例的OSL的实现。

[0021] 图10是根据本公开的一实施例的用于调节电源轨的方法的流程图。

[0022] 详细描述

[0023] 以下结合附图阐述的详细描述旨在作为各种配置的描述,而无意表示可实践本文中所描述的概念的仅有的配置。本详细描述包括具体细节以便提供对各种概念的透彻理解。然而,对于本领域技术人员将显而易见的是,没有这些具体细节也可实践这些概念。在一些实例中,以框图形式示出众所周知的结构和组件以避免湮没此类概念。

[0024] 功率分配网络(PDN)被用于从片外电源(例如,功率管理集成电路(PMIC))向片上系统(SoC)中的各种电路分配功率。PDN可采用电源选通以节省电力,其中PDN选择性地将SoC中活跃的电路连接至电源,而将SoC中不活跃的电路从电源断开。这防止了从不活跃的(例如,空闲的)电路的功率漏泄,由此省电。

[0025] PDN在将SoC连接至片外电源(例如,PMIC)的引线中通常具有大电感。例如,该电感可包括板电感、封装电感等。当电源轨上的负载突变(例如,由于电源选通引起)时,该电感在电源轨上引发纹波。当电源轨上的电压降低(例如,低于0.9V)且SoC的负载增加(例如,由于更高的集成引起)时,纹波效应变得如此严重以至于其极大地影响了耦合至电源轨的数字电路的操作。例如,纹波效应可在SoC和/或存储器单元中导致逻辑错误,从而翻转SoC中的状态。因此,希望减少纹波效应。

[0026] 减少纹波效应的一种方法是将片上解耦电容器直接连接至电源轨。然而,制造大的片上电容器是非常昂贵的。此外,电容器的电荷存储容量的仅一小部分能被用于减少纹波效应。这可以参照图1来展示。

[0027] 在图1的示例中,电源轨上的供电电压约为1.0V,而电源轨上可容许的最大电压降约为 ΔV ,该电压降比1.0V小得多(例如,0.1V或更少)。存储在解耦电容器(在图1中标记为CAP)上的总电荷约等于 $C \cdot V$,其中C是电容器的电容而V是供电电压(例如,在图1中为1.0V)。然而,该电荷的仅约等于 $C \cdot \Delta V$ 的一小部分(称为有效电荷)可用于减少电源轨上的纹波效应。换言之,电容器的电荷存储容量的仅一小部分(称为有效电容)可用于减少纹波效应。如图1中所示,该有效电荷(阴影区域)只构成了存储在解耦电容器上的总电荷的一小部分。

[0028] 减少纹波效应的另一种方法是将片上解耦电容器放置在耦合至电源轨的片上低压差调整器(LDO)后面。在此方法中,解耦电容器被连接到更高的电压(例如,1.2V)且通过LDO向电源轨提供电荷以减少纹波效应。与先前的方法(如图1中所示)相比,此方法中的有效电荷更大,但由于LDO中的能量损耗,有效电荷大得不多。

[0029] 与先前的两种方法相比,本公开的实施例显著增加了用于减少纹波效应的电容器的有效电容,如以下进一步讨论的那样。

[0030] 图2示出了根据本公开的一实施例的PDN调节器205。该PDN调节器205可被集成在具有电源轨230的芯片200上,该电源轨230连接到片外PMIC 250用于从PMIC 250向该芯片上的各种电路(未在图2中示出)供电。将PMIC250连接到电源轨230的引线可包括电感(例如,板电感和/或封装电感),当电源轨上的负载改变(例如,由于电源选通引起)时,该电感在电源轨230上产生纹波。

[0031] PDN调节器205包括耦合在高压轨210与地之间的片上电容器215。高压轨210具有比用于从PMIC 250向芯片上的各种电路(未在图2中示出)供电的电源轨230更高的电压。例如,高压轨210可具有约2.4V的标称电压,而电源轨230可具有约1.0V的供电电压。一般而言,高压轨210可具有比电源轨230的供电电压至少高50%的电压。PDN调节器205还包括耦合在高压轨210与电源轨230之间的下降斜率限制器(DSL) 220、以及耦合在电源轨230与地之间的过冲斜率限制器(OSL) 240。DSL 220与OSL 240在下文中更详细地讨论。

[0032] 与上文讨论的先前两种方法相比,片上电容器215的有效电荷大得多(例如,高5~10倍)这是因为片上电容器215连接至高压轨210,而有效电荷与高压轨210和电源轨230之间相对较大的电压差成比例。

[0033] 这可以参照图3来展示,图3示出与图1所示的先前两种方法相比片上电容器215的有效电荷的示例。如图3中所示,对于给定的电容器大小,片上电容器215的有效电荷(阴影区域)比先前两种方法的电容器的有效电荷显著更大。因为电容器215具有大得多的有效电荷,所以该电容器215能够供应显著更多的电荷来减少电源轨230上的纹波。

[0034] 回头参照图2,DSL 220被配置成基于电源轨230上的向下(负)电压斜率来控制从电容器215至电源轨230的电流流动。更具体地,DSL 220被配置成检测电源轨230上的向下电压斜率,以及基于检测到的向下电压斜率而导通/关断。当DSL 220被导通时,该DSL 220允许电流从电容器215通过该DSL 220流到电源轨230,而当DSL 220被关断时,该DSL 220阻止电流从电容器215流到电源轨230。

[0035] 在一个实施例中,如果检测到的向下电压斜率的幅值(绝对值)低于斜率阈值或没有检测到向下电压斜率,则DSL 220被配置成关断。如果检测到的向下电压斜率的幅值超过(越过)斜率阈值,则DSL 220被配置成导通。因此,当电源轨230上的纹波在电源轨230上产生具有超过斜率阈值的幅值的向下电压斜率时,该DSL 220允许电流从电容器215流到电源轨230。来自电容器215的电流限制了向下电压斜率,从而减少了纹波的电压降。

[0036] 图4示出了在没有DSL 220的情况下的纹波405和在具有DSL 220的情况下的纹波410的比较。如图4中所示,在没有DSL 220的情况下的纹波405具有相对大的电压降415。纹波405可由耦合至电源轨230的负载的增加(例如,由于电源选通引起)造成。纹波405随时间衰减(例如,由于PDN中的电阻引起),造成纹波405的振幅随时间减小。在具有DSL 220的情况下的纹波410具有小得多的电压降420。这是由于当向下电压斜率的幅值越过斜率阈值时,DSL 220导通,从而允许电流从电容器215通过DSL 220流到电源轨230。来自电容器215的电流减小了电压降420的大小,从而减小了纹波410的振幅。

[0037] 当DSL 220导通时,DSL 220可控制(调整)从电容器215流到电源轨230的电流,使得电源轨230上的向下电压斜率的幅值大约被限于斜率阈值。当电源轨230上的向下电压

斜率的幅值下降到斜率阈值以下时,DSL 220可关断自己。因此,DSL 220可仅仅导通相对短的持续时间(例如,小于100ns)以减少电源轨230上的纹波。这一点的示例在图4中示出。

[0038] 在图4中的示例中,当电源轨230上的向下电压斜率的幅值越过斜率阈值时,DSL 220导通,从而减少电源轨230上的电压降420的大小。当向下电压斜率的幅值下降到斜率阈值以下时,DSL 220关断,该情况可恰好发生在到达电压降420的底部之前,如图4中所示。在DSL 220被导通的时间期间,该DSL 220可将向下电压斜率控制(调整)为由斜率阈值设定的值。与在没有DSL 220的情况下的纹波405相比,通过减小电压降420的大小,DSL 220显著减小了纹波410的振幅。由于DSL 220仅导通短持续时间以减小纹波,所以DSL 220的降压(buck)功效不是问题,且因此DSL 220能在高压轨210上操作。

[0039] OSL 240以与DSL 220相类似的方式操作,不同之处在于OSL 240基于电源轨230上的向上(正)电压斜率来控制从电源轨230到地的电流流动。更具体地,该OSL 240被配置成检测电源轨230上的向上电压斜率,以及基于检测到的向上电压斜率而导通/关断。当OSL 240被导通时,该OSL 240允许电流从电源轨230通过OSL 240流至地,而当OSL 240被关断时,该OSL 240阻止电流从电源轨230流至地。

[0040] 在一个实施例中,如果检测到的向上斜率低于斜率阈值或没有检测到向上电压斜率,则OSL 240被配置成关断。如果检测到的向上斜率超过斜率阈值,则OSL 240被配置成导通。因此,当电源轨230上的纹波在电源轨230上产生超过斜率阈值的向上电压斜率时,OSL 240允许电流从电源轨230流至地。流至地的电流限制了向上电压斜率,因而减少了纹波的电压过冲。针对DSL 220和OSL 240的斜率阈值可以是相同的或是不同的。

[0041] 图5示出了不具有OSL 240的情况下的纹波505和具有OSL 240的情况下的纹波510的比较。如图5中所示,在不具有OSL 240的情况下的纹波505具有相对大的电压过冲515。纹波505可由耦合至电源轨230的负载的减小(例如,由于电源选通引起)造成。纹波505随时间衰减(例如,由于PDN中的电阻引起),造成纹波的振幅随时间减小。在具有OSL 240的情况下的纹波510具有小得多的过冲520。这是由于当电源轨230上的向上电压斜率越过斜率阈值时,OSL 240导通,从而允许电流从电源轨230流至地。流至地的电流减小了过冲520的大小,因而减小了纹波510的振幅。

[0042] 当OSL 240导通时,OSL 240可控制(调整)从电源轨230流至地的电流量,使得电源轨230上的向上电压斜率大约被限于斜率阈值。当电源轨230上的向上电压斜率下降到斜率阈值以下时,OSL 240可关断自己。因此,OSL 240可仅仅导通相对短的时间(小于100ns)以减少纹波。这一点的示例在图5中示出。

[0043] 在图5的示例中,当电源轨230上的向上电压斜率越过斜率阈值时,OSL240导通,从而减小了过冲520的大小。当向上电压斜率下降到斜率阈值以下时,OSL 240关断,该情况可恰好发生在到达过冲520的顶部之前,如图5中所示。在OSL 240被导通的时间期间,OSL 240可将向上电压斜率控制(调整)为由斜率阈值设定的值。与不具有OSL 240的情况下的纹波505相比,通过减小过冲520的大小,OSL 240显著减小了纹波510的振幅。

[0044] 图6示出了一示例,其中芯片200包括通过电源选通开关610(例如,头开关)从电源轨230接收功率的电路620。当通过导通电源选通开关610使电路620活跃时,功率管理电路(未示出)可将电路620连接至电源轨230。当通过关断电源选通开关610使电路620不活跃(例如,空闲)时,该功率管理电路可将电路620从电源轨230断开。尽管为了便于解说在图6

中示出了一个电路620,但是应领会,芯片200可包括多个电路,其中每个电路可被单独的电源选通开关选择性地连接到电源轨230。这允许这些电路被独立地进行电源选通。

[0045] 当电源选通开关610将电路620从电源轨230断开时,由于电流漏泄,电路620中的电容器被放电。当电源选通开关610初始将电路620连接至电源轨230以使电路620上电至活跃状态时,由于电路620中的电容器,大的电容性负载被突然置于电源轨230上。电路620中的电容器从电源轨230汲取电流以便充电,使得电源轨230上的电压下降。PMIC 250可能无法足够快地供应电流以阻止由将PMIC 250连接至电源轨230的引线中的大电感(例如,板电感和/或封装电感)引起的下降。由此,在没有DSL 220的情况下,当电路620在处于不活跃状态之后被初始连接至电源轨230时,电源轨230上可能会出现大的电压降。

[0046] 在有DSL 220的情况下,当电源轨230上的电压开始下降时,向下电压斜率出现在电源轨230上,该情况被DSL 220检测到。当向下电压斜率的幅值越过DSL 220的斜率阈值时,该DSL 220导通,从而允许片上电容器215通过DSL 220将电流提供至电路620,这减少了电压降,如上文所讨论的那样。片上电容器215能够比PMIC 250快得多地将电流提供给电路620,以减少电压降。这是由于片上电容器215和电路620之间通过DSL 220的路径具有比将PMIC 250连接至电源轨230的引线小得多的电感。片上电容器215和电路620两者都位于芯片200上。因此,它们之间的路径比将电源轨230连接至位于片外的PMIC 250的引线短得多(且因此具有更小的电感)。此外,将电流从片上电容器215提供至电路620减少了将电源轨230连接至PMIC 250的引线中的电感中的电流变化,因而减小了该电感所引起的噪声。

[0047] 尽管图2中的示例示出一个电源轨230,但是应领会,由于片上电容器215具有大有效电荷,所以该片上电容器215可被SoC中的多个电源轨共享。就此,图7示出包括多个电源轨230-1至230-3的PDN调节器705的示例。电源轨230-1至230-3被耦合至PMIC 250,且可从PMIC 250接收相同的供电电压或从PMIC 250接收不同的供电电压。在任一情形中,每个电源轨230-1至230-3的供电电压均比高压轨210的电压低。

[0048] PDN调节器705还包括针对每个电源轨230-1至230-3的单独的DSL220-1至220-3、以及针对每个电源轨230-1至230-3的单独的OSL 240-1至240-3。每个DSL 220-1至220-3耦合在高压轨210和相应的电源轨230-1至230-3之间,而每个OSL 240-1至240-3耦合在相应的电源轨230-1至230-3和地之间。每个DSL 220-1至220-3被配置成通过限制相应的电源轨230-1至230-3上的向下电压斜率来减少相应的电源轨230-1至230-3上的纹波的电压降(并因此减小纹波的振幅),如以上所讨论的。类似地,每个OSL 240-1至240-3被配置成通过限制相应的电源轨230-1至230-3上的向上电压斜率来减少相应的电源轨230-1至230-3上的纹波的电压过冲(并且因此减小纹波的振幅),如以上所讨论的。

[0049] 图8示出了根据本公开的一实施例的DSL 220的示例性实现。为了便于解说,OSL 240未在图8中示出。在此实施例中,DSL 220包括功率场效应晶体管(FET) 810、控制电路820和斜率检测电路830。功率FET 810可以是P型FET(PFET)或N型FET(NFET)。功率FET 810的源极和漏极被耦合在高压轨210和电源轨230之间。例如,如果功率FET 810是PFET,则功率FET810的源极被耦合至高压轨210,而功率FET 810的漏极被耦合至电源轨230。功率FET 810的栅极被耦合至控制电路820。如以下进一步讨论的,该控制电路820通过控制功率FET 810的栅极电压来控制功率FET 810的源极与漏极之间的导电率(并且因此控制从高压轨210至电源轨230的电流流动)。

[0050] 斜率检测电路830被耦合至电源轨230,并且被配置成检测电源轨230上的向下(负)电压斜率。例如,斜率检测电路830可通过检测电源轨230上负电压的时间变化率(即, $\Delta V/\Delta t$)来检测向下电压斜率。斜率检测电路830可输出电压(标记为 $V_{\text{斜率}}$)到控制电路820,该电压与检测到的向下电压斜率的幅值成比例。

[0051] 控制电路820将来自斜率检测电路830的电压($V_{\text{斜率}}$)与根据期望的向下电压斜率设定的斜率阈值电压(标记为 $V_{\text{阈值}}$)相比较。如果 $V_{\text{斜率}}$ 低于 $V_{\text{阈值}}$,则控制电路820关断功率FET 810。对于功率FET 810是PFET的示例,控制电路820可通过输出约等于高压轨210的电压的栅极电压来关断功率FET 810。

[0052] 如果 $V_{\text{斜率}}$ 超过 $V_{\text{阈值}}$,则控制电路820可导通功率FET 810,并朝减少 $V_{\text{斜率}}$ 和 $V_{\text{阈值}}$ 之间的电压差的方向调节功率FET 810的栅极电压。例如,通过在增加功率FET 810的导电率的方向上调节功率FET 810的栅极电压,控制电路820可减少该电压差。增加的导电率允许更多电流从片上电容器215通过功率FET 810流到电源轨230,这减小了电源轨230上的向下电压斜率,并因此减少了 $V_{\text{斜率}}$ 和 $V_{\text{阈值}}$ 之间的电压差。因此,控制电路820采用负反馈以将电源轨230上的向下电压斜率限制为由 $V_{\text{阈值}}$ 设定的值。图8中,该负反馈由负反馈环路835指示。当 $V_{\text{斜率}}$ 下降到 $V_{\text{阈值}}$ 以下时,控制电路820可重新关断功率FET 810。

[0053] 图9示出了根据本公开的一实施例的OSL 240的示例性实现。为了便于解说,DSL 220未在图9中示出。在此实施例中,OSL 240包括功率FET 910、控制电路920和斜率检测电路930。功率FET 910可以是P型FET (PFET) 或N型FET (NFET)。功率FET 910的漏极和源极被耦合在电源轨230和地之间。例如,如果功率FET 910是NFET,则功率FET 910的漏极被耦合至电源轨230而功率FET 910的源极被耦合至地。功率FET 910的栅极被耦合至控制电路920。

[0054] 斜率检测电路930被耦合至电源轨230,并且被配置成检测电源轨230上的向上(正)电压斜率。例如,斜率检测电路930可通过检测电源轨230上正的电压的时间变化率(即, $\Delta V/\Delta t$)来检测向上电压斜率。斜率检测电路930可输出电压(标记为 $V_{\text{斜率}}$)到控制电路920,该电压与检测到的向上电压斜率成比例。

[0055] 控制电路920将来自斜率检测电路930的电压($V_{\text{斜率}}$)与根据期望的向上电压斜率设定的斜率阈值电压(标记为 $V_{\text{阈值}}$)相比较。如果 $V_{\text{斜率}}$ 低于 $V_{\text{阈值}}$,则控制电路920关断功率FET 910。对于功率FET 910是NFET的示例,控制电路920可通过将功率FET 910的栅极接地来关断功率FET 910。

[0056] 如果 $V_{\text{斜率}}$ 超过 $V_{\text{阈值}}$,则控制电路920可导通功率FET 910,并朝减少 $V_{\text{斜率}}$ 和 $V_{\text{阈值}}$ 之间的电压差的方向调节功率FET 910的栅极电压。例如,通过在增加功率FET 910的导电率的方向上调节功率FET 910的栅极电压,控制电路920可减少电压差。增加的导电率允许更多电流从电源轨230通过功率FET 910流至地,这减小了电源轨230上的向上电压斜率,并因此减少了 $V_{\text{斜率}}$ 和 $V_{\text{阈值}}$ 之间的电压差。因此,控制电路920采用负反馈以将电源轨230上的向上电压斜率限制为由 $V_{\text{阈值}}$ 设定的值。图9中,该负反馈由负反馈环路935指示。当 $V_{\text{斜率}}$ 下降到 $V_{\text{阈值}}$ 以下时,控制电路920可重新关断功率FET 910。

[0057] 图10示出了用于调节电源轨230的方法1000。例如,该方法可通过减少电源轨230上的电压降和/或电压过冲来调节电源轨230。

[0058] 在步骤1010中,在电源轨上检测向下电压斜率。例如,耦合至电源轨(例如,电源轨230)的斜率检测电路(例如,斜率检测电路830)可检测向下(负)电压斜率。

[0059] 在步骤1020中,基于检测到的向下电压斜率,电流流动被控制为从高压轨至电源轨,其中一电容器被耦合至该高压轨。例如,通过基于检测到的向下电压斜率来调节功率FET(例如,功率FET 810)的栅极电压可控制电流流动。

[0060] 本领域技术人员将领会,本文所述的电路可以使用各种晶体管类型来实现,并且因此不限于场效应晶体管。例如,诸如双极结型晶体管、结型场效应晶体管、或任何其他晶体管类型之类的晶体管类型可被用来替代功率FET 810。对于双极结型晶体管的示例,双极晶体管的集电极和发射极可被耦合在高压轨210和电源轨230之间。在该示例中,通过控制双极结型晶体管的基极电流,控制电路820可控制双极结型晶体管的导电率(并且因此控制从片上电容器215至电源轨210的电流流动)。本领域技术人员还将领会,本文所述的电路可以用各种IC工艺技术来制造,诸如CMOS、双极结型晶体管(BJT)、双极CMOS(BiCMOS)、硅锗(SiGe)、砷化镓(GaAs)等。

[0061] 提供对本公开的先前描述是为使得本领域任何技术人员皆能够制作或使用本公开。对本公开的各种修改对本领域技术人员而言将容易是显而易见的,并且本文中所定义的普适原理可被应用到其他变型而不会脱离本公开的精神或范围。由此,本公开并非旨在被限定于本文中所描述的示例,而是应被授予与本文中所公开的原理和新颖特征相一致的最广范围。

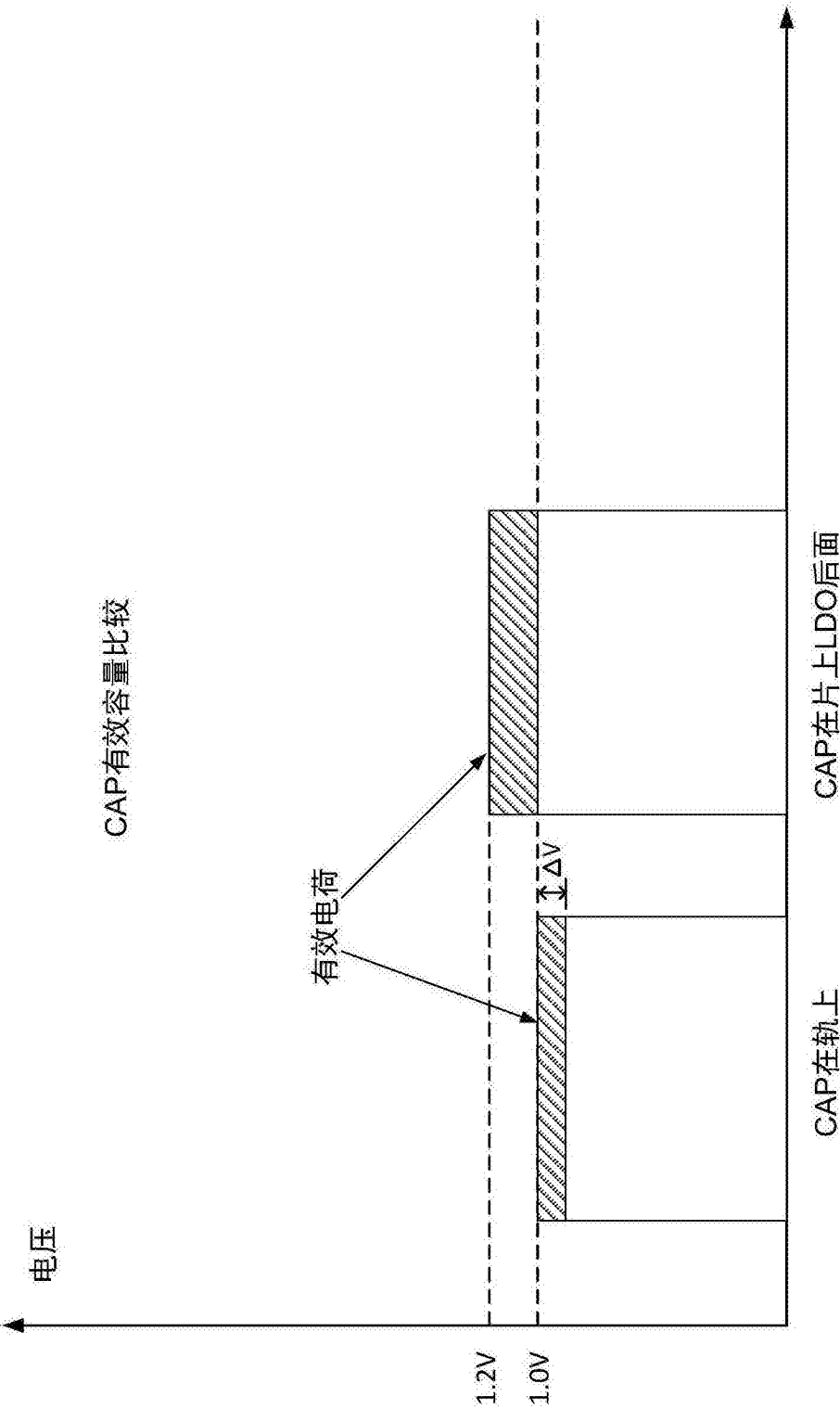


图1

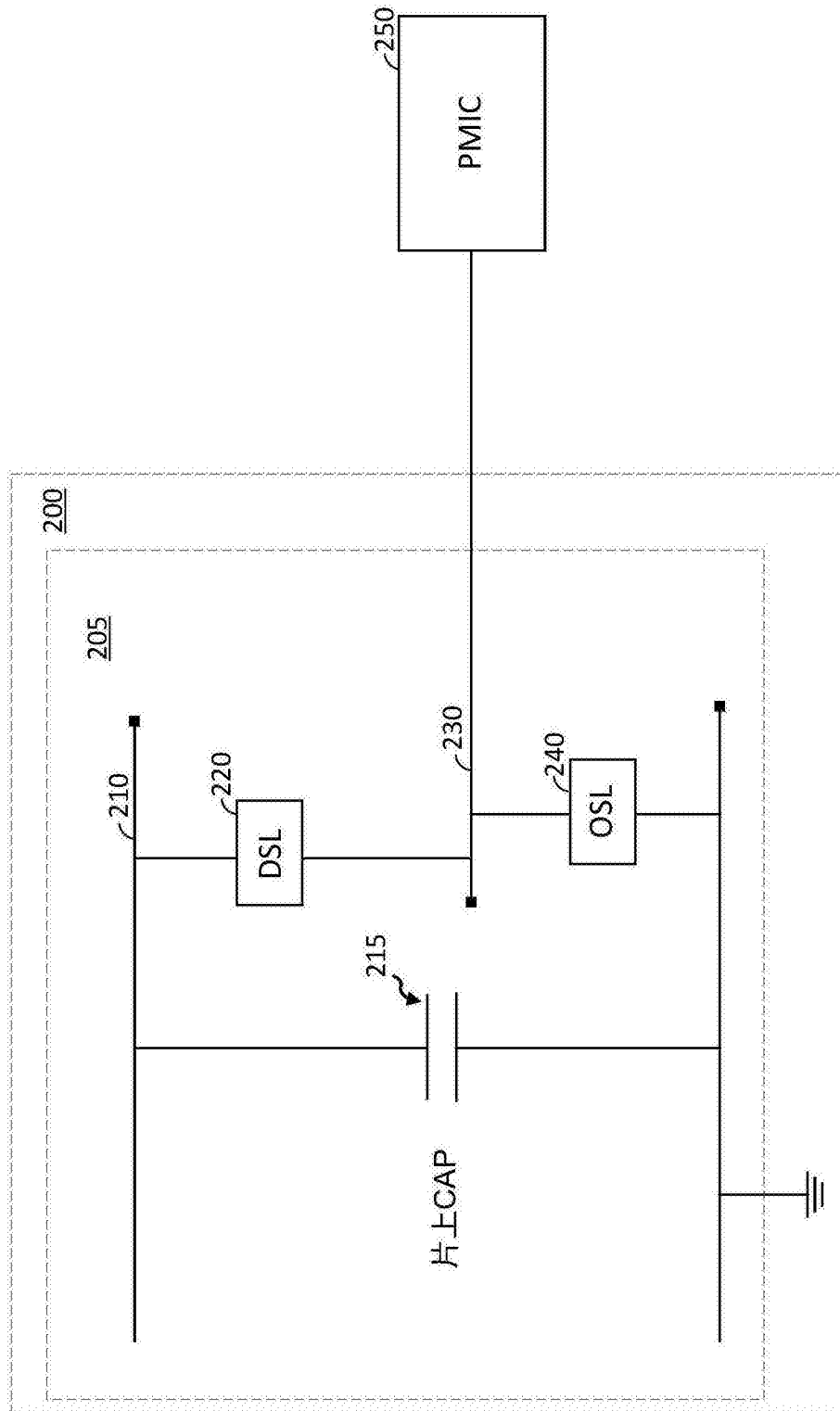


图2

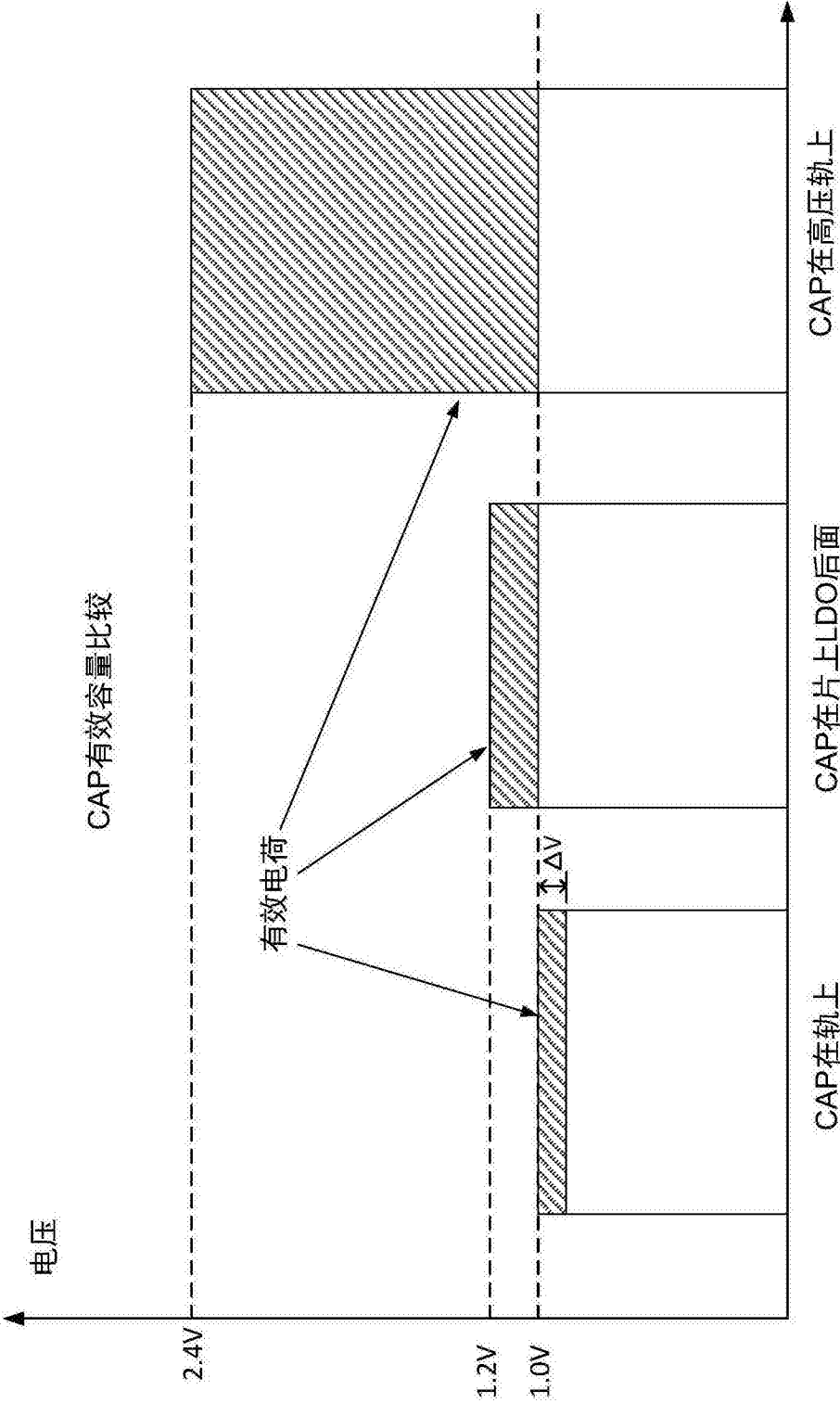


图3

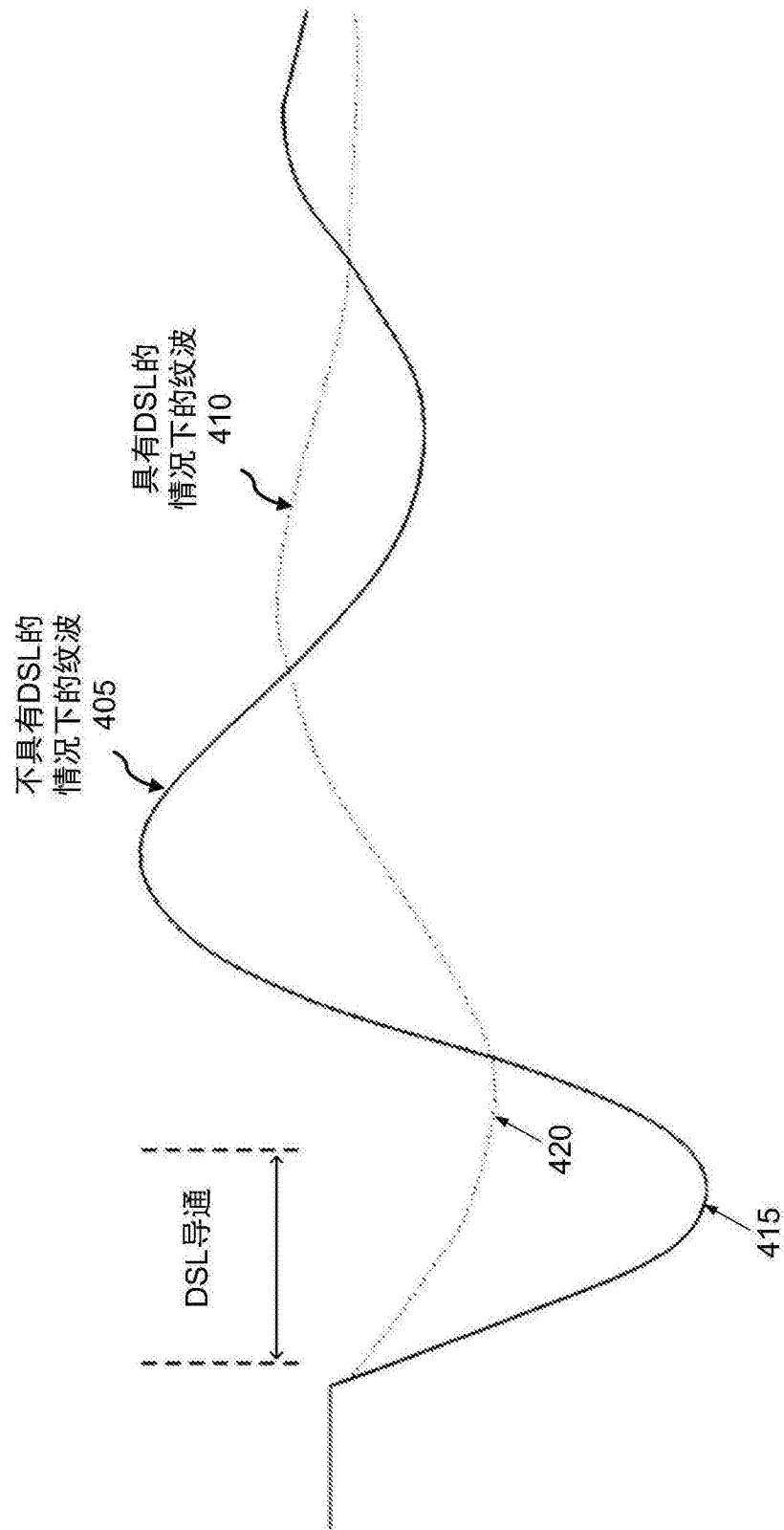


图4

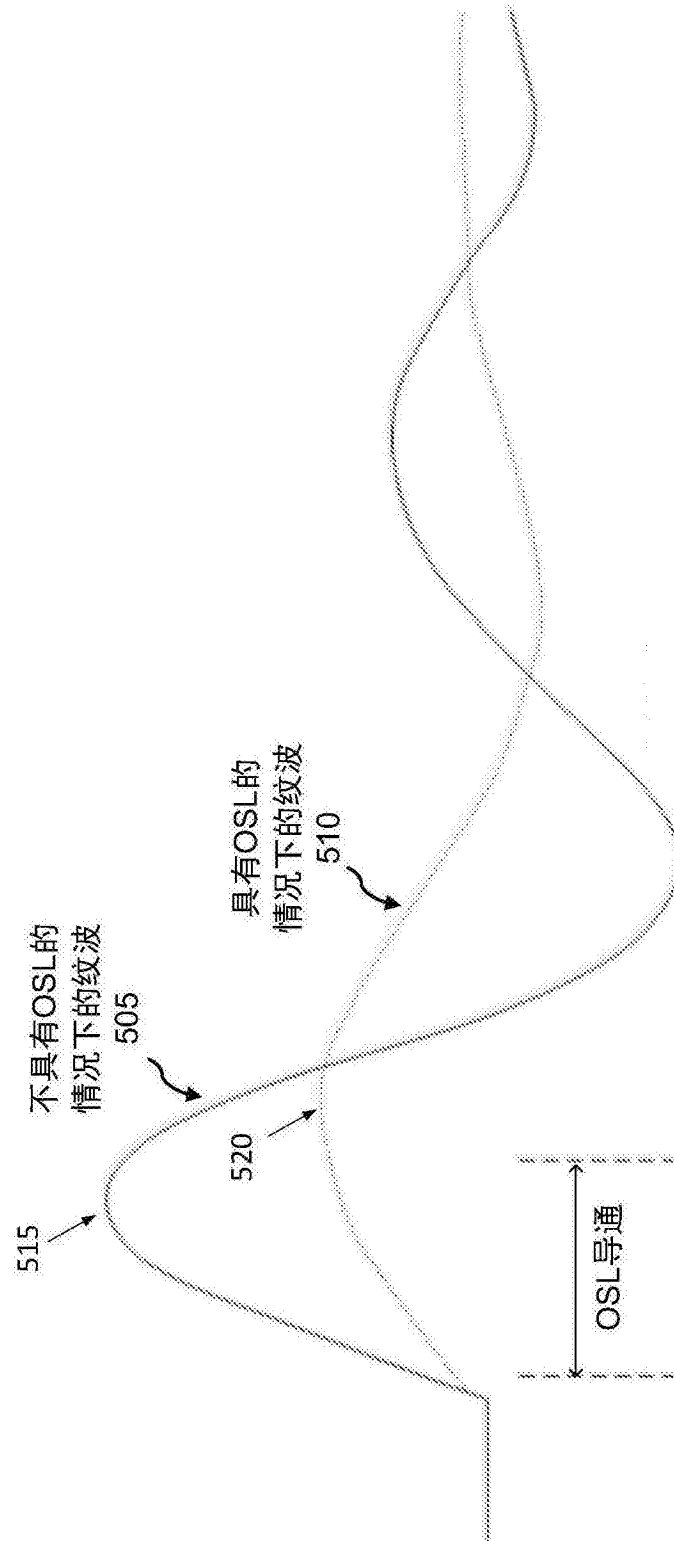


图5

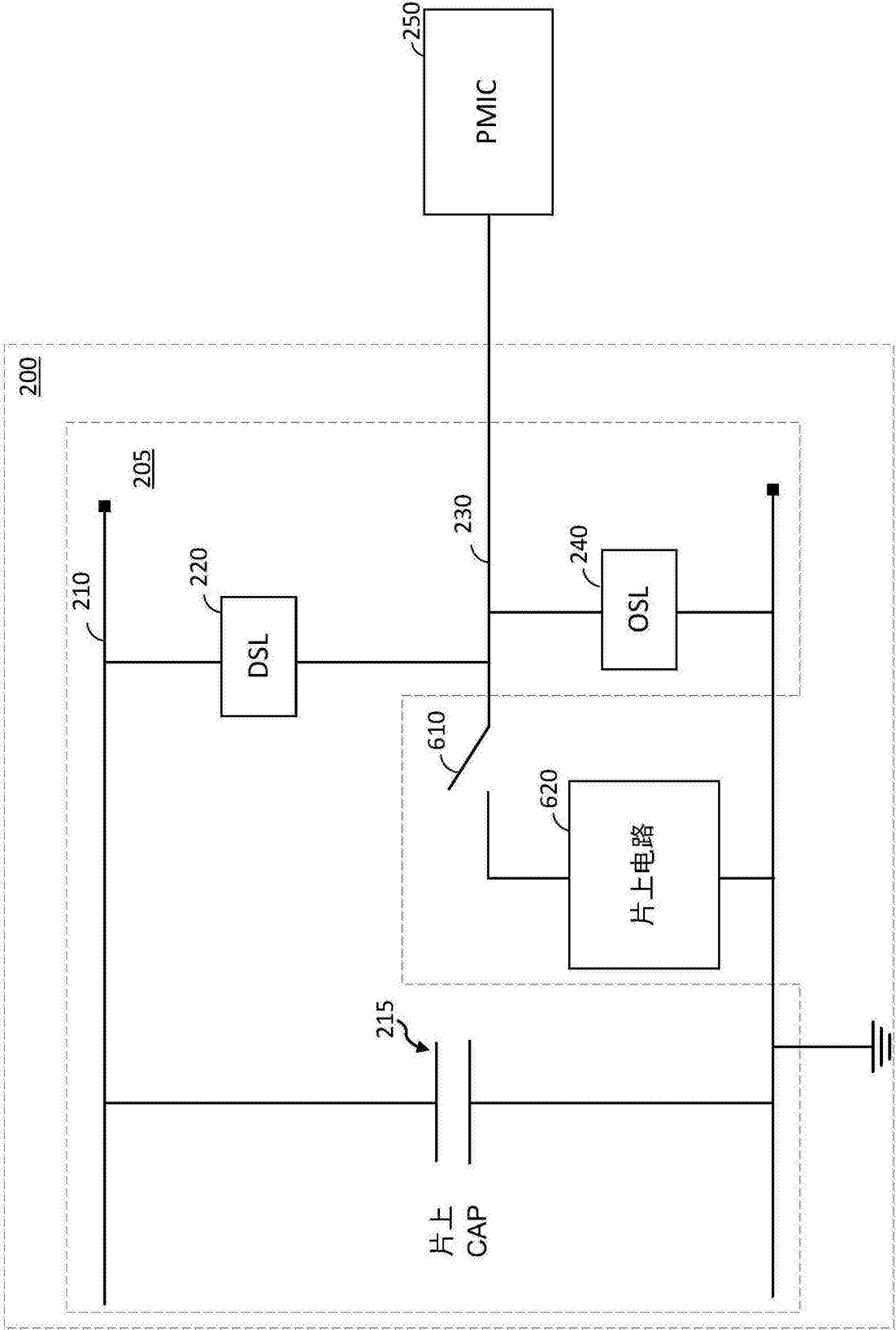


图6

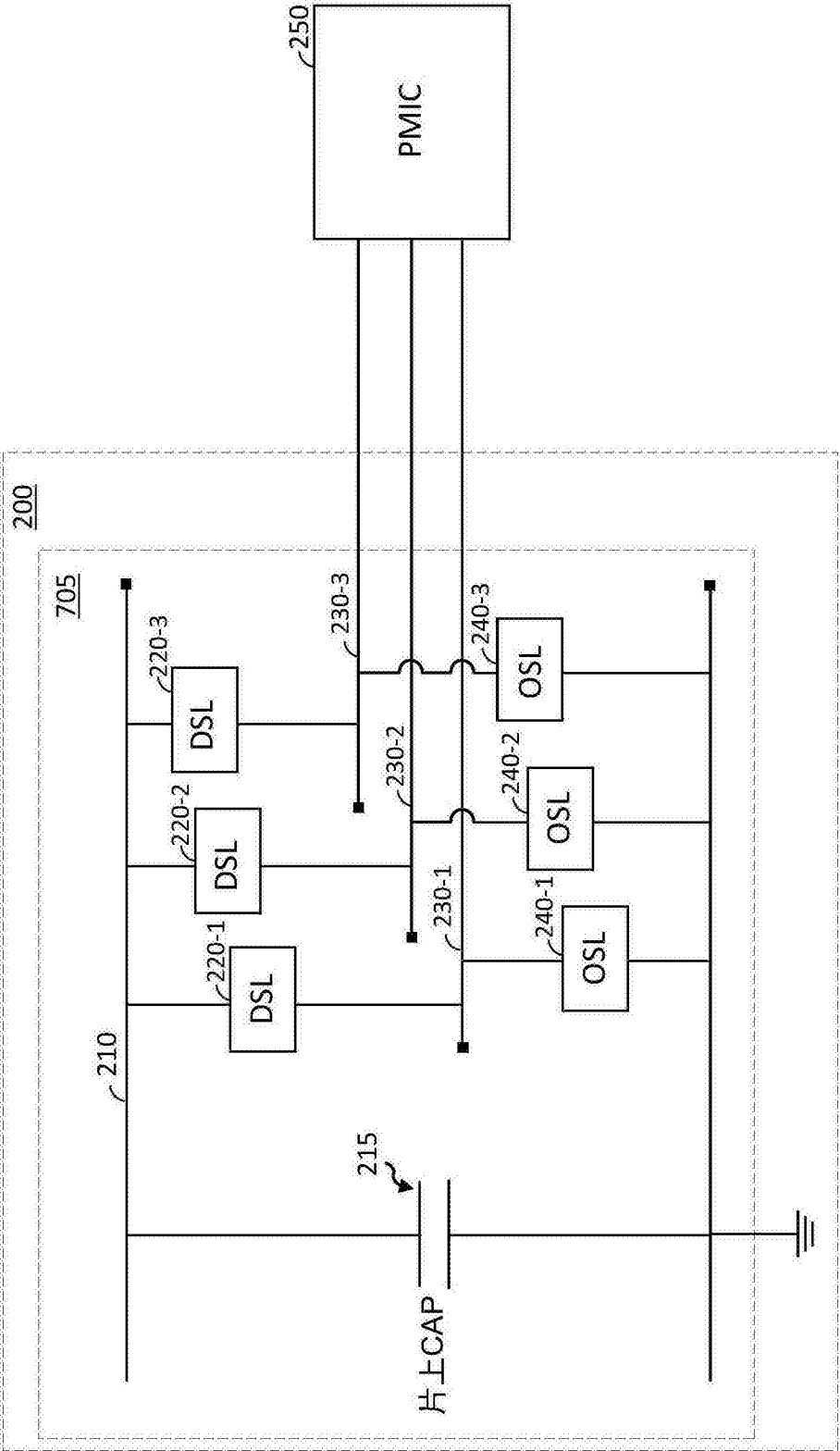


图7

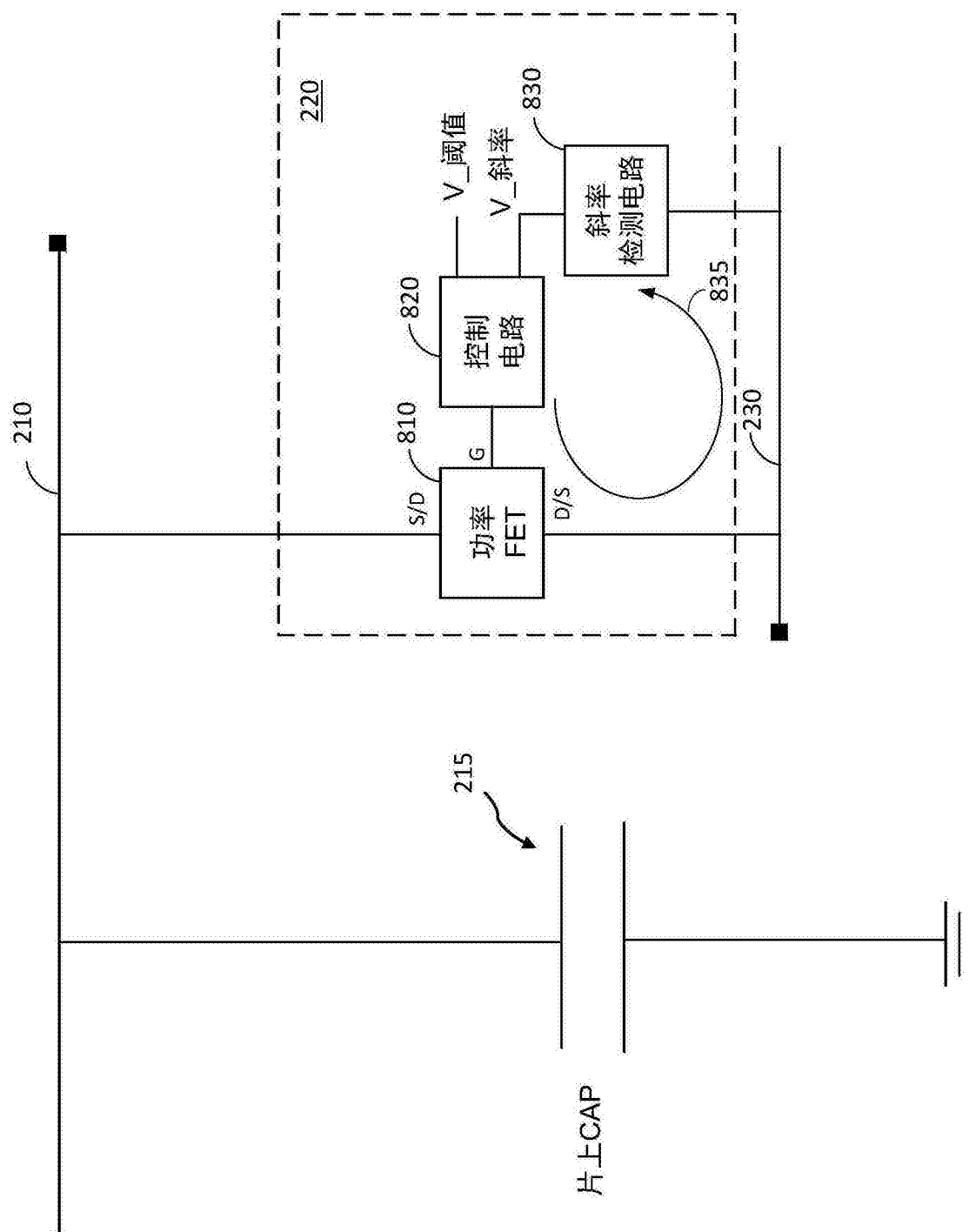


图8

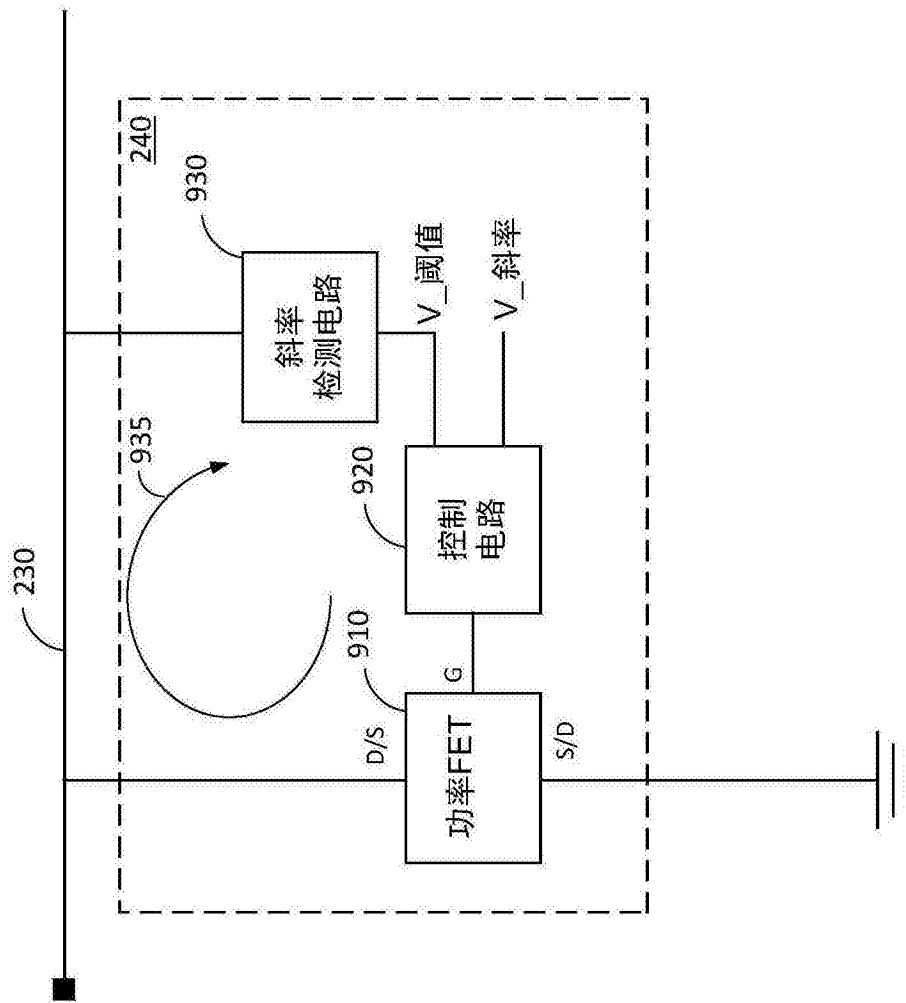


图9

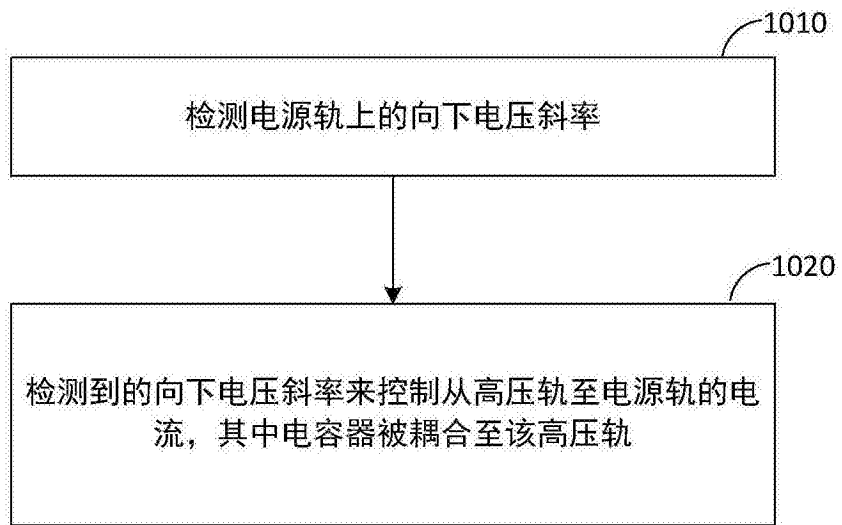
1000

图10