



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109039027 B

(45) 授权公告日 2023.05.16

(21) 申请号 201810220686.3

(51) Int.CI.

(22) 申请日 2018.03.16

H02M 1/08 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

H02M 3/35 (2006.01)

申请公布号 CN 109039027 A

H02M 1/44 (2007.01)

(43) 申请公布日 2018.12.18

(56) 对比文件

(30) 优先权数据

CN 102629866 A, 2012.08.08

15/620,018 2017.06.12 US

US 2014167822 A1, 2014.06.19

(73) 专利权人 电力集成公司

US 2013169344 A1, 2013.07.04

地址 美国加利福尼亚州

CN 106464242 A, 2017.02.22

(72) 发明人 R·杜夫尼亞克

US 2016301306 A1, 2016.10.13

(74) 专利代理机构 北京汇知杰知识产权代理有限公司 11587

审查员 武迪

专利代理人 李洁 董江虹

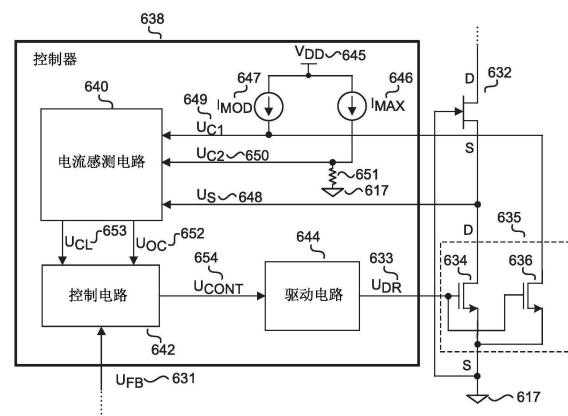
权利要求书3页 说明书8页 附图6页

## (54) 发明名称

用于共源共栅电流感测的多级栅极驱动

## (57) 摘要

用于功率转换器中的控制器包括响应于源极信号、第一感测分支信号和第二感测分支信号产生电流限制信号和过电流信号的电流感测电路。控制电路被耦合以响应于电流限制信号和过电流限制信号产生控制信号。驱动电路被耦合以响应于控制信号利用多级栅极驱动产生驱动信号。多级栅极驱动的第一级中的驱动信号是缓慢地接通开关以降低电磁干扰(EMI)的弱接通驱动信号。多级栅极驱动器的第二级中的驱动信号是快速地完全接通开关以使得能够实现开关的精确电流感测的强接通驱动信号。



1. 一种用于功率转换器中的控制器,包括:

电流感测电路,其被耦合以响应于源极信号、表示所述功率转换器的电流限制的第一感测分支信号和表示所述功率转换器的过电流限制的第二感测分支信号产生电流限制信号和过电流信号;

控制电路,其被耦合以响应于所述电流限制信号和所述过电流限制信号产生控制信号;和

驱动电路,其被耦合以响应于所述控制信号利用多级栅极驱动产生驱动信号,其中,所述多级栅极驱动的第一级中的驱动信号是弱接通驱动信号,所述弱接通驱动信号被配置为缓慢地接通开关以降低电磁干扰(EMI),并且其中,所述多级栅极驱动的第二级中的驱动信号是强接通驱动信号,所述强接通驱动信号被配置为快速地完全增强通过所述弱接通驱动信号接通的所述开关以提供标称 $RDS_{ON}$ 电阻以使得能够实现所述开关的精确电流感测。

2. 根据权利要求1所述的控制器,其中,所述电流感测电路还包括:

第一比较器,所述第一比较器的第一输入端被耦合以接收所述源极信号且第二输入端被耦合以接收所述第一感测分支信号,以产生所述电流限制信号;和

第二比较器,所述第二比较器的第一输入端被耦合以接收所述源极信号且第二输入端被耦合以接收所述第二感测分支信号,以产生所述过电流信号。

3. 根据权利要求2所述的控制器,其中,所述电流感测电路还包括箝位电路,所述箝位电路被耦合以接收所述源极信号,并且所述箝位电路被耦合到所述第一比较器的第一输入端和所述第二比较器的第一输入端。

4. 根据权利要求1所述的控制器,其中,所述驱动电路还包括:

具有第一电阻的第一晶体管,所述第一晶体管被耦合以接收所述控制信号并且被耦合以在所述多级栅极驱动的第一级中产生所述弱接通驱动信号;和

延迟电路,其被耦合以接收所述控制信号并且被耦合以输出经延迟的控制信号;和

具有第二电阻的第二晶体管,其被耦合以接收所述经延迟的控制信号,其中,所述第二晶体管被耦合以在所述多级栅极驱动的第二级中产生所述强接通驱动信号,其中,所述强接通驱动信号的驱动强于所述弱接通驱动信号的驱动,其中,所述第一晶体管的第一电阻大于所述第二晶体管的第二电阻。

5. 根据权利要求1所述的控制器,其中,所述第二感测分支信号由耦合到电阻器的电流源产生。

6. 一种功率转换器,包括:

能量传递元件,其耦合在所述功率转换器的输入和所述功率转换器的输出之间;

共源共栅电路,其耦合到所述功率转换器的输入和所述能量传递元件;和

控制器,其被耦合以控制所述共源共栅电路的切换,以控制从所述功率转换器的输入到所述功率转换器的输出的能量传递,其中,所述控制器包括:

电流感测电路,其被耦合以响应于源极信号以及表示所述功率转换器的电流限制的第一感测分支信号和表示所述功率转换器的过电流限制的第二感测分支信号产生电流限制信号和过电流信号,所述源极信号以及第一感测分支信号和第二感测分支信号被耦合以接收自所述共源共栅电路;

控制电路,其被耦合以响应于所述电流限制信号和所述过电流限制信号产生控制信

号;和

驱动电路,其被耦合以响应于所述控制信号利用多级栅极驱动产生驱动信号,以控制所述共源共栅电路的切换,其中,所述多级栅极驱动的第一级中的驱动信号是弱接通驱动信号,所述弱接通驱动信号被配置为缓慢地接通所述共源共栅电路以降低电磁干扰(EMI),并且其中,所述多级栅极驱动的第二级中的驱动信号是强接通驱动信号,所述强接通驱动信号被配置为快速地完全增强通过所述弱接通驱动信号接通的所述共源共栅电路以提供标称 $RDS_{ON}$ 电阻以使得能够实现所述共源共栅电路的精确电流感测。

7. 根据权利要求6所述的功率转换器,其中,所述共源共栅电路包括:

常通开关;和

耦合到所述常通开关的控制开关,其中,所述控制开关包括耦合到第一感测分支的常关开关,其中,所述第一感测分支的栅极耦合到所述常关开关的栅极。

8. 根据权利要求7所述的功率转换器,其中,所述第一感测分支是提供电阻与所述常关开关的电阻成比例的晶体管。

9. 根据权利要求7所述的功率转换器,其中,所述控制开关还包括耦合到所述常关开关的第二感测分支,其中,所述第二感测分支的栅极耦合到所述常关开关的栅极。

10. 根据权利要求9所述的功率转换器,其中,所述第二感测分支是提供电阻与所述常关开关的电阻成比例的晶体管。

11. 根据权利要求7所述的功率转换器,其中,所述常通开关由氮化镓(GaN)材料构成。

12. 根据权利要求7所述的功率转换器,其中,所述第一感测分支信号由耦合到所述第一感测分支的漏极的第一电流源产生。

13. 根据权利要求9所述的功率转换器,其中,所述第二感测分支信号由耦合到所述第二感测分支的漏极的第二电流源产生。

14. 根据权利要求6所述的功率转换器,其中,所述电流感测电路还包括:

第一比较器,所述第一比较器的第一输入端被耦合以接收所述源极信号且第二输入端被耦合以接收所述第一感测分支信号,以产生所述电流限制信号;和

第二比较器,所述第二比较器的第一输入端被耦合以接收所述源极信号且第二输入端被耦合以接收所述第二感测分支信号,以产生所述过电流信号。

15. 根据权利要求14所述的功率转换器,其中,所述电流感测电路还包括箝位电路,所述箝位电路被耦合以接收所述源极信号,并且所述箝位电路被耦合到所述第一比较器的第一输入端和所述第二比较器的第一输入端。

16. 根据权利要求6所述的功率转换器,其中,所述驱动电路还包括:

具有第一电阻的第一晶体管,所述第一晶体管被耦合以接收所述控制信号并且被耦合以在所述多级栅极驱动的第一级中产生所述弱接通驱动信号;和

延迟电路,其被耦合以接收所述控制信号并且被耦合以输出经延迟的控制信号;和

具有第二电阻的第二晶体管,其被耦合以接收所述经延迟的控制信号,其中,所述第二晶体管被耦合以在所述多级栅极驱动的第二级中产生所述强接通驱动信号,其中,所述强接通驱动信号的驱动强于所述弱接通驱动信号的驱动,其中,所述第一晶体管的第一电阻大于所述第二晶体管的第二电阻。

17. 根据权利要求6所述的功率转换器,其中,所述第二感测分支信号由耦合到电阻器

的电流源产生。

## 用于共源共栅电流感测的多级栅极驱动

### 技术领域

[0001] 本发明总体上涉及功率转换器,更具体地针对改善功率转换器中对共源共栅开关的电流感测的最佳驱动。

### 背景技术

[0002] 电子装置(诸如移动电话、平板计算机、膝上型计算机等)使用电力来运行。开关模式功率转换器由于其效率高、尺寸小且重量轻,普遍被用于为许多现今的电子设备供电。常规的壁式插座提供高压交流电。在开关功率转换器中,高压交流(ac)输入被转换以通过能量传递元件将相当稳定的直流(dc)输出提供给负载。在运行中,开关被接通和关断,以通过改变开关模式功率转换器中开关的占空比(通常是开关的导通时间与总切换周期之比)、改变切换频率或者改变每单位时间的导通/断开脉冲数量来提供期望的输出。

### 附图说明

[0003] 参照以下附图描述本发明的非限制性和非穷尽实施方案,其中除非另行说明,相同的附图标记贯穿各个视图指代相似的部分。

[0004] 图1是例示根据本发明的教导的具有控制器和共源共栅开关的示例功率转换器的框图。

[0005] 图2是例示根据本发明的教导的图1的示例电流感测电路的框图。

[0006] 图3是例示根据本发明的教导的图1的示例驱动电路的框图。

[0007] 图4是例示根据本发明的教导的示出控制信号、驱动信号、源极信号和漏极电压的一个波形示例的示例时序图。

[0008] 图5是例示根据本发明的教导的示出控制信号、驱动信号、源极信号和漏极电压的另一波形示例的示例时序图。

[0009] 图6是根据本发明的教导的控制器和共源共栅开关的另一示例。

[0010] 图7是例示根据本发明的教导的图6的示例控制器的示例电流感测电路的框图。

[0011] 贯穿附图的多个视图,对应的附图标记表示相应的部件。技术人员会领会,图中的元件是为了简化和清楚起见而示出的,并且不一定是按比例绘制的。例如,图中的一些元件的尺寸可能相对于其他元件被夸大,以帮助改进对本发明的各实施方案的理解。此外,常常不描绘在商业上可行的实施方案中有用或必要的常见但是广为人知的元件,以便于较少受妨碍地查看本发明的这些各实施方案。

### 具体实施方式

[0012] 本文中描述了功率转换器的实施例,该功率转换器具有用于就电流感测而言改进共源共栅电路的接通的控制器。在以下描述中阐述了许多具体细节以便提供对本发明的透彻理解。然而,对于本领域普通技术人员而言显而易见的是,不需要采用该具体细节来实施本发明。在其他情况下,未详细描述公知的材料或方法以避免使本发明模糊。

[0013] 贯穿本说明书对“一个实施方案 (one embodiment)”、“实施方案 (an embodiment)”、“一个实施例 (one example)”或“实施例 (an example)”的提及意味着，结合该实施方案或实施例描述的具体特征、结构或特性被包括在本发明的至少一个实施方案中。因此，贯穿本说明书各处出现的措辞“在一个实施方案中 (in one embodiment)”、“在实施方案中 (in an embodiment)”、“一个实施例”或“实施例”并不一定都指的是相同的实施方案或实施例。此外，具体特征、结构或特性可以在一个或多个实施方案或实施例中以任何合适的组合和/或子组合来组合。具体特征、结构或特性可以被包括在提供所描述的功能的集成电路、电子电路、组合逻辑电路或其他合适的部件中。此外，应当领会，随本文提供的附图是出于向本领域普通技术人员进行说明的目的，并且附图不一定按比例绘制。

[0014] 共源共栅电路可以使用多级栅极驱动以减少在开关接通期间与开关相关联的电磁干扰 (EMI)。共源共栅电路的电流感测可以通过感测低压开关两端的电压来实现。当控制开关未完全增强时，漏极-源极电阻 ( $R_{DS_{ON}}$ ) 不处于标称值并返回不精确的电流值。由于电流感测不准确，相关联的电路比如过电流保护装置可能不正常工作。为了提供精确的电流感测，控制开关必须完全增强以使  $R_{DS_{ON}}$  处于标称值。然而，快速接通控制开关会使 EMI 增加。

[0015] 在一个实施例中，用于共源共栅电路的最佳操作包括多级栅极驱动，多级栅极驱动利用弱接通驱动信号缓慢地接通开关以提供来自开关的低 EMI。根据本发明的教导，在一延迟之后，多级栅极驱动然后利用强接通驱动信号完全地接通开关以快速地提供开关的精确电流感测。换言之，首先在驱动信号的弱接通期间，驱动信号的驱动初始是弱的。在延迟之后，在驱动信号的强接通期间，驱动信号的驱动更强。在驱动信号的弱接通期间，开关缓慢地接通，这使 EMI 降低。然而，在延迟之后，驱动信号变成快速地使开关完全接通的强接通驱动信号，这使得能够实现根据本发明的教导的精确的电流感测。

[0016] 为了进行例示，图1示出示例功率转换器100的功能框图，该功率转换器被例示为包括交流输入电压  $V_{AC}$  102、整流器104、整流电压  $V_{RECT}$  106、输入电容器  $C_{IN}$  108、箝位电路 110、能量传递元件 T1 114、能量传递元件 T1 114 的初级绕组 112、能量传递元件 T1 114 的次级绕组 116、输入回线 (return, 回路线, 返回) 117、整流器 D1 118、输出回线 119、耦合到负载 126 的输出电容器 C1 120、共源共栅电路 129、感测电路 130 和控制器 138。

[0017] 图1还例示了输出电压  $V_0$  124、输出电流  $I_0$  122、输出量  $U_0$  128、反馈信号  $U_{FB}$  131、晶体管 132 的源极信号  $U_S$  148、第一感测分支 (finger, 指) 信号  $U_{C1}$  149 和第二感测分支信号  $U_{C2}$  150。

[0018] 控制器 138 还包括电流感测电路 140、控制电路 142、驱动电路 144、电流源 146 和 147 以及电阻器 151。

[0019] 图1中所例示的示例开关模式功率转换器 100 以反激式配置耦合，该反激式配置仅是可受益于本发明的教导的开关模式功率转换器的一个示例拓扑。应当领会，开关模式功率转换器的其他已知拓扑和配置也可以受益于本发明的教导。另外，图1中所示的示例功率转换器是隔离式功率转换器。应当领会，非隔离式功率转换器也可以受益于本发明的教导。

[0020] 功率转换器 100 从未调节的输入电压向负载 126 提供输出功率。在一个实施方案中，输入电压是交流输入电压  $V_{AC}$  102。在另一个实施方案中，输入电压是经整流的交流输入电压，比如整流电压  $V_{RECT}$  106。整流器 104 输出整流电压  $V_{RECT}$  106。在一个实施方案中，整流器 104 可以是桥式整流器。整流器 104 还耦合到能量传递元件 T1 114。在本发明的一些实施

方案中,能量传递元件T1 114可以是耦合电感器。在其他实施方案中,能量传递元件T1 114可以是变压器。在另一实施例中,能量传递元件T1 114可以是电感器。在图1的实施例中,能量传递元件T1 114包括两个绕组,即初级绕组112和次级绕组116。然而,应当领会,能量传递元件T1 114可以具有不止两个绕组。在图1的实施例中,初级绕组112可以被认为是输入绕组并且次级绕组116可以被认为是输出绕组。初级绕组112还耦合到常通(normally-on)开关132和控制开关135,该控制开关然后还耦合到输入回线117。

[0021] 另外,箝位电路110在图1的实施例中被例示为耦合在能量传递元件T1 114的初级绕组112两端。输入电容器C<sub>IN</sub> 108可以并联耦合于初级绕组112和常通开关132。换言之,输入电容器C<sub>IN</sub> 108可以耦合到整流器104和输入回线117。

[0022] 能量传递元件T1 114的次级绕组116耦合到整流器D1 118。在图1的实施例中,整流器D1 118被例示为二极管。输出电容器C1 120和负载126两者在图1中被示出为耦合到整流器D1 118。输出被提供给负载126,并且可以经调节的输出电压V<sub>0</sub> 124、经调节的输出电流I<sub>0</sub> 122或这两者的组合的形式被提供。

[0023] 功率转换器100还包括用于调节输出的电路,该输出被例示为输出量U<sub>0</sub> 128。通常,输出量U<sub>0</sub> 128是输出电压V<sub>0</sub> 124、输出电流I<sub>0</sub> 122或者这两者的组合。感测电路130被耦合以感测输出量U<sub>0</sub> 128并提供代表输出量U<sub>0</sub> 128的反馈信号U<sub>FB</sub> 131。反馈信号U<sub>FB</sub> 131可以是电压信号或电流信号。在一个实施例中,感测电路130可以从包括在能量传递元件T1 114中的附加绕组感测输出量U<sub>0</sub> 128。

[0024] 在另一个实施例中,在控制器138和感测电路130之间可以存在电流隔离(未示出)。电流隔离可以通过使用设备诸如光耦合器、电容器或磁耦合来实现。在另一实施例中,感测电路130可以利用分压器从功率转换器100的输出感测输出量U<sub>0</sub> 128。

[0025] 共源共栅电路129包括常通开关132和控制开关135。在一个实施例中,常通开关是高电子迁移率晶体管(HEMT)。在这个实施例中,常通开关由氮化镓(GaN)材料构成。在另一实施例中,常通开关与由碳化硅(SiC)材料构成的JFET类似地进行工作。

[0026] 控制开关135包括常关(normally-off,常断)开关134以及第一感测分支136和第二感测分支137。常关开关134的栅极耦合到第一感测分支136的栅极和第二感测分支137的栅极。为了提高电流感测的精确度,存在第一感测分支136和第二感测分支137的电阻与常关开关134的电阻RDS<sub>ON</sub>的一般比率。

[0027] 常通开关132的栅极被耦合为使得其在串联的常关开关134断开时是断开的。在该实施例中,常通开关132的栅极连接到常关开关134的源极端子,这导致:当常关开关134上的漏源电压导致夹断常通开关132的沟道的用于常关开关134的负栅极-源极电压时,常通开关132关断。

[0028] 电流感测电路140被耦合以接收常通开关132的源极信号U<sub>S</sub> 148、第一感测分支信号U<sub>C1</sub> 149、第二感测分支信号U<sub>C2</sub> 150,并且输出电流限制信号U<sub>CL</sub> 153和过电流信号U<sub>OC</sub> 152。控制电路142被耦合以响应于反馈信号U<sub>FB</sub> 131、电流限制信号U<sub>CL</sub> 153、过电流信号U<sub>OC</sub> 152输出控制信号U<sub>CONT</sub> 154。

[0029] 在运行中,第一感测分支信号U<sub>C1</sub> 149由感测分支136的漏极以及电流源I<sub>MOD</sub> 147产生。电流源I<sub>MOD</sub> 147的参考值在一个实施例中可以用于调节输出电压或者共源共栅电路129的接通时间。第一感测分支136和第二感测分支137提供相对于常关开关134成比例的电阻。

第二感测分支信号 $U_{C_2}$  150由感测分支137的漏极以及电流源 $I_{MAX}$  146产生。电流源 $I_{MAX}$  146的参考值被选择为表示功率转换器的最大电流极限。常关开关135中的附加的第二感测分支可以提高随温度和部件变化感测分支信号 $U_{C_2}$  150的精确度。然而,在一些应用中,感测分支信号 $U_{C_2}$  150的较低精确度是可以容许的,因为它被用于生成用于提供对转换器的保护的信号。在一个实施例中,第二感测分支信号 $U_{C_2}$  150可以由电流源 $I_{MAX}$  146和电阻器(未示出)产生。在一些实施例中,可以使用电阻器而不是使用常关开关135的第二指(finger, 分支)来容许第二感测分支信号 $U_{C_2}$  150的较大公差,以提供成本有效且不太复杂的实现方式。

[0030] 驱动电路144被耦合以响应于控制信号 $U_{CONT}$  154提供驱动信号 $U_{DR}$  133。驱动信号 $U_{DR}$  133包括多级栅极驱动,在多级栅极驱动中第一级提供弱接通驱动信号 $U_{DR}$  133来缓慢地接通控制开关135以降低EMI,而第二级在一延迟时间之后提供强接通驱动信号 $U_{DR}$  133,以便完全地接通控制开关135以快速地提供控制开关135的精确电流感测。对驱动电路的进一步描述将在图3中提供。

[0031] 图2是例示电流感测电路240的实施例的框图,该电流感测电路可以是图1的电流感测电路140的示例,并且因此,下面所提及的类似命名和编号的元件可以类似于上文中所述地被耦合和起作用。电流感测电路240被耦合以接收常通开关132的源极信号 $U_S$  248、第一感测分支信号 $U_{C_1}$  249和第二感测分支信号 $U_{C_2}$  250,并且输出电流限制信号 $U_{CL}$  252和过电流信号 $U_{OC}$  251。电流感测电路240包括比较器254和256以及可选的箝位电路257。比较器254被耦合以在非反相输入端处接收源极信号 $U_S$  248、在反相输入端处接收第一感测分支信号 $U_{C_1}$  249,并且输出电流限制信号 $U_{CL}$  252。当源极信号 $U_S$  248大于感测分支信号 $U_{C_1}$  249时,电流限制信号 $U_{CL}$  252转变为逻辑高。比较器256被耦合以在非反相输入端处接收源极信号 $U_S$  248并且在反相输入端处接收第二感测分支信号 $U_{C_2}$  250。当源极信号 $U_S$  248大于第二感测分支信号 $U_{C_2}$  250时,过电流信号 $U_{OC}$  251转变为逻辑高。箝位电路257被耦合以箝制源极信号 $U_S$  248的电压范围。

[0032] 图3是例示驱动电路344的实施例的框图,该驱动电路可以是图1的驱动电路144的示例,并且因此,下面所提及的类似命名和编号的元件可以类似于上文中所述地被耦合和起作用。驱动电路344被耦合以接收控制信号 $U_{CONT}$  353并输出驱动信号 $U_{DR}$  333。驱动电路344还包括晶体管346、348和351以及延迟电路349。

[0033] 晶体管346和351提供多级栅极驱动的弱接通级和强接通级。控制信号 $U_{CON}$  353耦合到晶体管346、晶体管348的栅极以及延迟电路349。多级栅极驱动的第一级利用晶体管346为驱动信号 $U_{DR}$  333提供弱接通来缓慢地接通控制开关以降低EMI。当驱动信号 $U_{DR}$  333相对于驱动电路电源电压(未示出)处于较低值时,弱接通级利用晶体管346提供弱接通驱动信号 $U_{DR}$  333。当驱动信号 $U_{DR}$  333处于高于该较低值并接近驱动电路电源电压(未示出)的值时,强接通级利用晶体管351提供强接通驱动信号 $U_{DR}$  333。晶体管346具有比晶体管351更高的电阻。延迟电路349被耦合以响应于控制信号 $U_{CON}$  353输出延迟信号 $U_{DEL}$  350,以相对于晶体管346的启用延迟晶体管351的启用。在多级栅极驱动的第二级中,驱动信号 $U_{DR}$  333具有较强的接通,该较强的接通由晶体管351的低电阻产生以快速增强控制开关135从而提供根据本发明的教导的精确电流感测。

[0034] 在运行中,当控制信号 $U_{CONT}$  353转变为逻辑低时,晶体管348关断,并且晶体管346接通,这为驱动信号 $U_{DR}$  333提供弱接通来缓慢地接通控制开关135以降低EMI。延迟电路349

被耦合以延迟控制信号 $U_{\text{CONT}} 350$ 并输出经延迟的控制信号 $U_{\text{DEL}} 353$ 。驱动信号 $U_{\text{DR}} 333$ 响应于弱接通而开始上升，并且对常关开关134充电，该常关开关保持关断直到驱动信号 $U_{\text{DR}} 333$ 达到常关开关134的阈值电压。当驱动信号 $U_{\text{DR}} 333$ 达到常关开关134的阈值电压时，常关开关134开始接通且源极信号开始下降，并且常通开关132保持断开，这是因为常关开关134的漏极上的电压大于常通开关132的接通阈值。当常关开关的漏极上的电压达到常通开关132的阈值时，常通开关132开始接通，并且当常通开关132完全接通时，其漏极电压最终达到接近0V的值。然而，在那一瞬间，常关开关134没有被完全增强并且其漏极-源极电阻( $RDS_{\text{ON}}$ )不处于标称值。当延迟电路349的延迟结束时，经延迟的控制信号 $U_{\text{DEL}} 353$ 被耦合以接通晶体管351，这为驱动信号 $U_{\text{DR}} 333$ 提供强接通。现在，驱动信号 $U_{\text{DR}} 333$ 利用由晶体管351所提供的强接通，与由第一级的晶体管346所提供的弱接通相比，以较大的斜率上升。因此，现在控制开关134被完全增强，并且漏极-源极电阻( $RDS_{\text{ON}}$ )处于标称值，这提供根据本发明的教导的精确电流感测。

[0035] 图4是例示根据本发明的教导的示出控制信号、驱动信号、源极信号和漏极电压的一个波形示例的示例时序图。在这个示例中，根据不提供多级栅极驱动的控制器，用于使控制开关变得完全增强的时间( $t_{\text{FE}} 457$ )更长。

[0036] 在时间 $t_0$ 之前，控制信号 $U_{\text{CONT}} 453$ 为逻辑高，驱动信号 $U_{\text{DR}} 433$ 近似为零。源极信号 $U_s 448$ 处于高于阈值 $V_{\text{TH}} 455$ 的值，该阈值 $V_{\text{TH}}$ 表示用于接通常通开关的阈值。常通开关的漏极电压 $V_d 456$ 为高值。

[0037] 在时间 $t_0$ ，控制信号 $U_{\text{CONT}} 453$ 转变为逻辑低。驱动信号 $U_{\text{DR}} 433$ 开始向着电源电压上升。源极信号 $U_s 448$ 处于高于阈值 $V_{\text{TH}} 455$ 的值。常通开关的漏极电压 $V_d 456$ 保持处于逻辑高。

[0038] 在时间 $t_1$ ，源极信号 $U_s 448$ 开始下降，但是大于阈值 $V_{\text{TH}} 455$ 。漏极电压 $V_d 456$ 保持不变。

[0039] 在 $t_1$ 和 $t_2$ 之间的时间，源极信号 $U_s 448$ 以向下的斜率下降。

[0040] 在时间 $t_2$ ，由于米勒电容，驱动信号 $U_{\text{DR}} 433$ 保持在几乎相同的值。源极信号 $U_s 448$ 处于比在时间 $t_1$ 时更低的值，并且在时刻 $t_2$ 达到电压阈值 $V_{\text{TH}} 455$ 。漏极电压 $V_d 456$ 以向下的斜率开始下降。

[0041] 在 $t_2$ 和 $t_3$ 之间的时间，由于米勒电容，驱动信号 $U_{\text{DR}} 433$ 保持在几乎恒定的值。源极信号 $U_s 448$ 下降到电压阈值 $V_{\text{TH}} 455$ 以下。漏极电压 $V_d 456$ 以向下的斜率朝向零下降。

[0042] 在时间 $t_3$ ，驱动信号保持在几乎相同的值。源极信号 $U_s 448$ 已经降至电压阈值 $V_{\text{TH}} 455$ 以下，并且以大于时间段 $t_2$ 至 $t_3$ 期间的斜率的向下斜率继续下降。漏极电压 $V_d 456$ 处于接近零伏特。

[0043] 在时间 $t_4$ ，驱动信号开始朝向驱动电路的电源电压上升。源极信号 $U_s 448$ 接近零。漏极电压 $V_d 456$ 接近零伏特。

[0044] 在 $t_4$ 和 $t_5$ 之间的时间，驱动信号继续上升。尽管控制开关被接通，但是驱动信号 $U_{\text{DR}} 433$ 未高至足以使常关开关完全地增强，并且所述控制需要被定义为完全增强时间 $T_{\text{FE}} 457$ 的一段时间，其中控制开关能够提供标称电阻 $RDS_{\text{ON}}$ 。

[0045] 在时间 $t_5$ ，驱动信号 $U_{\text{DR}} 433$ 接近驱动器的供电轨。控制开关完全接通并且具有标称电阻 $RDS_{\text{ON}}$ 。源极信号 $U_s 448$ 处于接近零的非常低的值。漏极电压 $V_d 456$ 处于零伏特，并且

常通开关完全接通。

[0046] 图5是例示根据本发明的教导的示出控制信号、驱动信号、源极信号和漏极电压的一个波形示例的示例时序图。与图4相比,通过使用图1和图2中描述的驱动电路,用于使控制开关完全增强以提供标称RDS<sub>ON</sub>的时间( $t_{FE}$  557)显著小于之前所示的时间。

[0047] 在时间t0之前,控制信号U<sub>CONT</sub> 553处于逻辑高。驱动信号U<sub>DR</sub> 533为低。延迟信号U<sub>DEL</sub> 550为逻辑高。源极信号U<sub>S</sub> 548大于电压阈值V<sub>TH</sub> 555,该电压阈值V<sub>TH</sub>表示用于接通常通开关的阈值。漏极电压V<sub>D</sub> 556表示常通开关的漏极,其处于高值。

[0048] 在时间t0,控制信号U<sub>CONT</sub> 553转变为逻辑低。驱动信号U<sub>DR</sub> 533处于低值。源极信号U<sub>S</sub> 548大于电压阈值V<sub>TH</sub> 555。漏极电压V<sub>D</sub> 556处于高值。

[0049] 在t0和t1之间的时间,驱动信号U<sub>DR</sub> 533以向上的斜率朝向驱动电路电源电压上升。延迟信号U<sub>DEL</sub> 550保持逻辑高。源极信号U<sub>S</sub> 548处于相同的值并且保持大于电压阈值V<sub>TH</sub> 555。漏极电压V<sub>D</sub> 556处于高值。

[0050] 在时间t1,驱动信号U<sub>DR</sub> 533达到控制开关的阈值并开始接通。延迟信号U<sub>DEL</sub> 550保持在逻辑高值。源极信号U<sub>S</sub> 548大于电压阈值V<sub>TH</sub> 555。

[0051] 在t1和t2之间的时间,由于米勒电容,驱动信号U<sub>DR</sub> 533保持处于控制开关的阈值,并且控制开关继续接通。延迟信号U<sub>DEL</sub> 550保持处于逻辑高值。源极信号U<sub>S</sub> 548开始以向下的斜率下降,但仍大于电压阈值V<sub>TH</sub> 555。漏极电压V<sub>D</sub> 556处于高值。

[0052] 在时间t2,由于米勒电容,驱动信号U<sub>DR</sub> 533保持几乎处于控制开关的阈值,并且控制开关继续接通。延迟信号U<sub>DEL</sub> 550保持处于逻辑高值。源极信号U<sub>S</sub> 548就接近常通开关的电压阈值V<sub>TH</sub>。一旦源极信号U<sub>S</sub> 548达到电压阈值V<sub>TH</sub>,常通开关就开始接通。

[0053] 在t2和t3之间的时间,由于米勒电容,驱动信号U<sub>DR</sub> 533保持几乎处于控制开关的阈值,并且控制开关继续接通。源极信号U<sub>S</sub> 548略低于常通开关的电压阈值V<sub>TH</sub> 555并继续接通。

[0054] 在时间t3,由于米勒电容,驱动信号U<sub>DR</sub> 533保持几乎处于控制开关的阈值,并且控制开关继续接通。延迟信号U<sub>DEL</sub> 550保持在逻辑高值。源极信号U<sub>S</sub> 548低于常通开关的电压阈值,并且常通开关完全接通。漏极电压V<sub>D</sub> 556接近于零。

[0055] 在t3和t4之间,由于米勒电容,驱动信号U<sub>DR</sub> 533保持几乎处于控制开关的阈值,并且控制开关继续接通。延迟信号U<sub>DEL</sub> 550保持在逻辑高值。源极信号U<sub>S</sub> 548在以向下的斜率朝向零下降。漏极电压V<sub>D</sub> 556接近于零。

[0056] 在时间t4,由于米勒电容,驱动信号U<sub>DR</sub> 533保持几乎处于控制开关的阈值,并且控制开关继续接通。延迟信号U<sub>DEL</sub> 550保持处于逻辑高值。源极信号U<sub>S</sub> 548处于趋于零的非常低的值。漏极电压V<sub>D</sub> 556接近于零。

[0057] 在t4和t5之间的时间,驱动信号U<sub>DR</sub> 533开始朝向驱动电路的电压供电轨斜升,但是控制开关未完全增强。控制开关的RDS<sub>ON</sub>随着驱动信号增加而减小。延迟信号U<sub>DEL</sub> 550保持处于逻辑高值。源极信号U<sub>S</sub> 548接近于零。漏极电压V<sub>D</sub> 556接近于零。

[0058] 在时刻t5,延迟信号U<sub>DEL</sub> 550转变为逻辑低,并且多级栅极驱动的第二级被启用。多级驱动的第二级接通图3的晶体管351,该晶体管具有比晶体管346更低的电阻。源极信号U<sub>S</sub> 548接近零。漏极电压V<sub>D</sub> 556接近于零。

[0059] 在t5和t6之间的时间,驱动信号U<sub>DR</sub> 533朝向驱动电路的电源电压斜升。源极信号

$U_S$  548以负斜率接近零。漏极电压 $V_D$ 接近于零。

[0060] 在时间 $t_6$ ,驱动信号接近驱动器的供电轨的电压。控制开关完全接通并完全增强。用于使功率开关变得完全增强的时间( $t_{FE}$  557)小于如图4中所示的变为完全增强的时间。

[0061] 图6是根据本发明的教导的用于感测共源共栅开关的电流的控制器的另一示例。共源共栅开关包括控制开关635和常通开关632。

[0062] 控制开关635包括常关开关634和第一感测分支636。

[0063] 控制器638被耦合以接收源极信号 $U_S$  648、第一感测分支信号 $U_{C1}$  649、反馈信号 $U_{FB}$  631,并且向控制开关635输出驱动信号 $U_{DR}$  633。控制器638还包括电流感测电路640、控制电路642和驱动电路644。

[0064] 电流感测电路640被耦合以接收常通开关632的源极信号 $U_S$  648、第一感测分支信号 $U_{C1}$  649、第二感测分支信号 $U_{C2}$  650,并且输出电流限制信号 $U_{CL}$  653和过电流信号 $U_{OC}$  652。

[0065] 控制电路642被耦合以接收反馈信号 $U_{FB}$  631、电流限制信号 $U_{CL}$  653、过电流信号 $U_{OC}$  652,并且输出控制信号 $U_{CONT}$  654。

[0066] 在运行中,第一感测分支信号 $U_{C1}$  649由第一感测分支636的漏极以及电流源 $I_{MOD}$  647产生。电流源 $I_{MOD}$  647的值被选择用于调节输出电压或共源共栅电路的接通时间。第一感测分支636提供与开关634成比例的电阻。第二感测分支信号 $U_{C2}$  650由电流源 $I_{MAX}$  646和电阻器651产生。电流源 $I_{MAX}$  646的参考值被选择以表示功率转换器的最大电流极限。

[0067] 驱动电路644被耦合以响应于控制信号 $U_{CONT}$  654提供驱动信号 $U_{DR}$  633。驱动信号 $U_{DR}$  633包括多级栅极驱动,在多级栅极驱动中第一级是弱接通以降低EMI,并且第二级是在一延迟时间之后的强接通以便提供根据本发明的教导的精确电流感测。

[0068] 图7是例示电流感测电路740的一个实施例的框图,该电流感测电路可以是图1的电流感测电路140或图6的电流感测电路640的示例,并且因此,下面所提及的类似命名和编号的元件可以类似于上文中所述地被耦合和起作用。电流感测电路740被耦合以接收源极信号 $U_S$  748、第一感测分支信号 $U_{C1}$  749和第二感测分支信号 $U_{C2}$  750,并且输出电流限制信号 $U_{CL}$  752和过电流信号 $U_{OC}$  751。电流感测电路740包括比较器754和756以及可选的箝位电路757。比较器754被耦合以在非反相输入端处接收源极信号 $U_S$  748并在反相输入端处接收感测分支信号 $U_{C1}$  749,并且输出电流限制信号 $U_{CL}$  752,所述源极信号 $U_S$ 在一个实施例中可以通过可选的箝位电路757来接收。当源极信号 $U_S$  748大于感测分支信号 $U_{C1}$  749时,电流限制信号 $U_{CL}$  752转变为逻辑高。比较器756被耦合以在非反相输入端处接收源极信号 $U_S$  748并在反相输入端处接收第二感测分支信号 $U_{C2}$  750,所述源极信号 $U_S$ 在一个实施例中可以通过可选的箝位电路757来接收。当源极信号 $U_S$  748大于第二感测分支信号 $U_{C2}$  750时,过电流信号 $U_{OC}$  751转变为逻辑高。

[0069] 对例示的本发明的实施例的以上描述,包括在摘要中所描述的,不旨在是穷尽性的或是对所公开的确切形式的限制。尽管为了说明的目的在本文中描述了本发明的具体实施方案和实施例,但是在不脱离本发明的更宽泛精神和范围的情况下,各种等同修改是可能的。事实上,应当领会的是,具体的示例电压、电流、频率、功率范围值、时间等是为了说明的目的而提供的,并且根据本发明的教导,在其他实施方案和实施例中也可以使用其他值。

[0070] 根据以上的详细描述,可以对本发明的实施例进行这些修改。所附权利要求书中

使用的术语不应被解释为将本发明限制于说明书和权利要求书中公开的具体实施方案。相反，范围完全由所附权利要求书确定，权利要求书应根据既定的权利要求解释原则进行解释。因此，本说明书和附图应被视为说明性的而非限制性的。

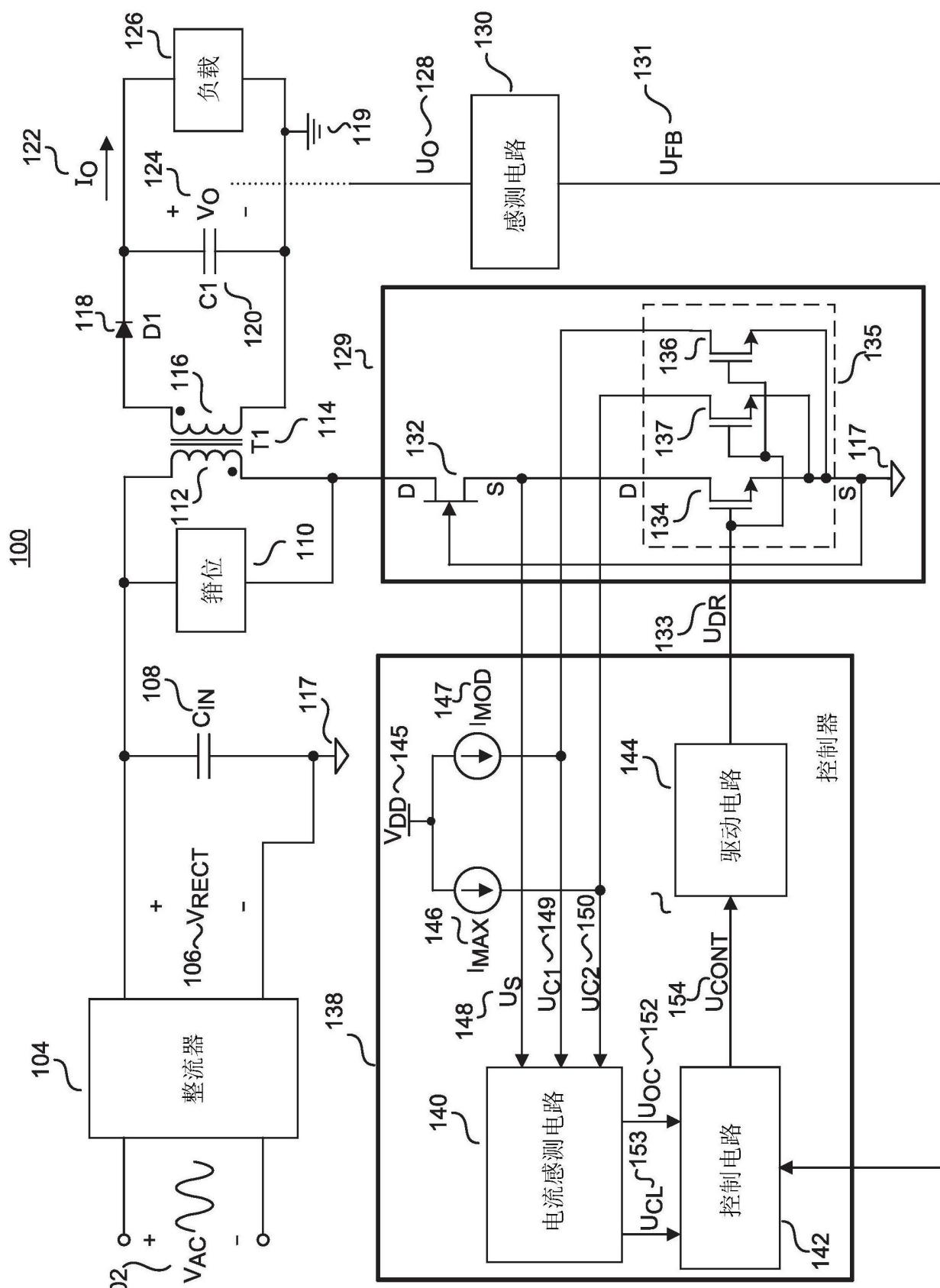


图1

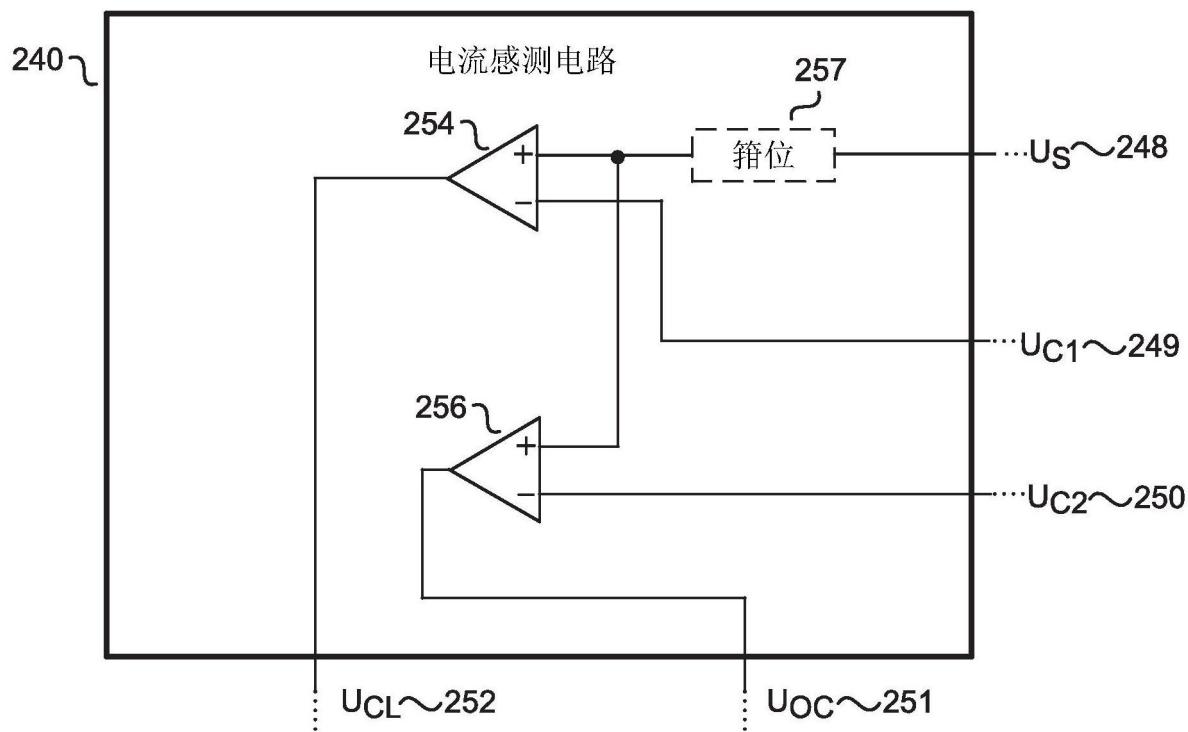


图2

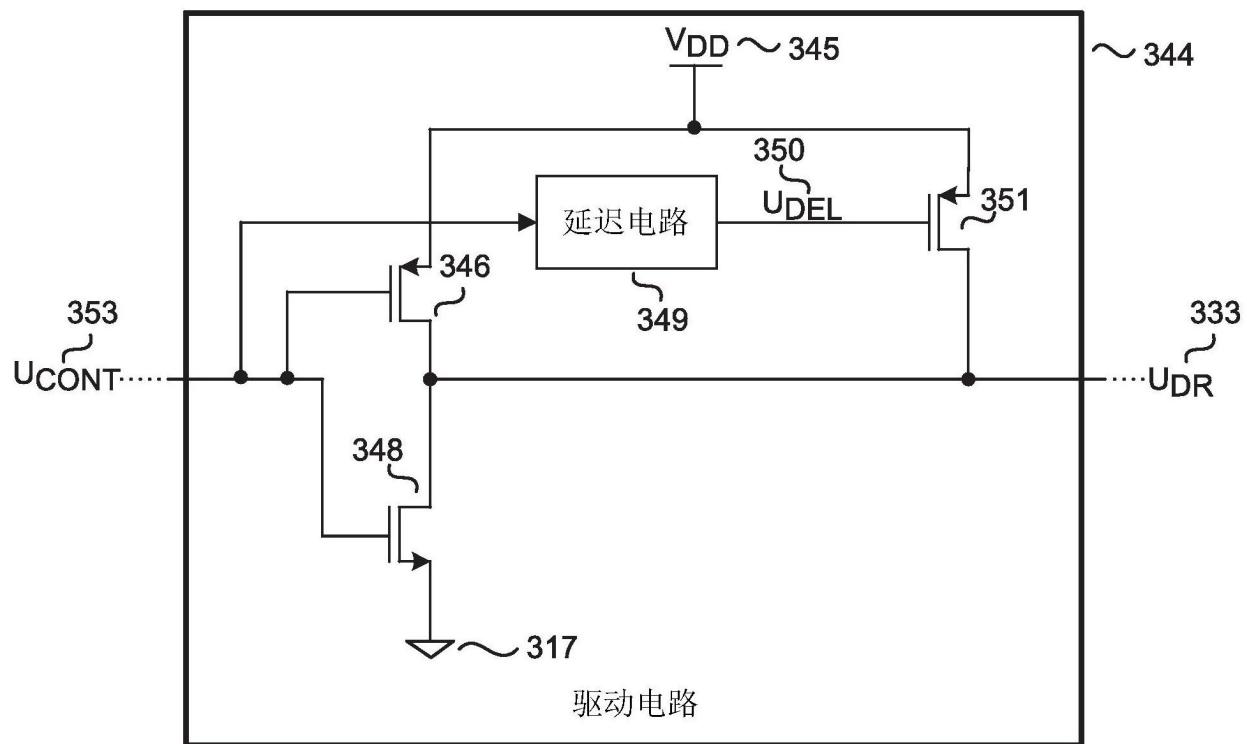


图3

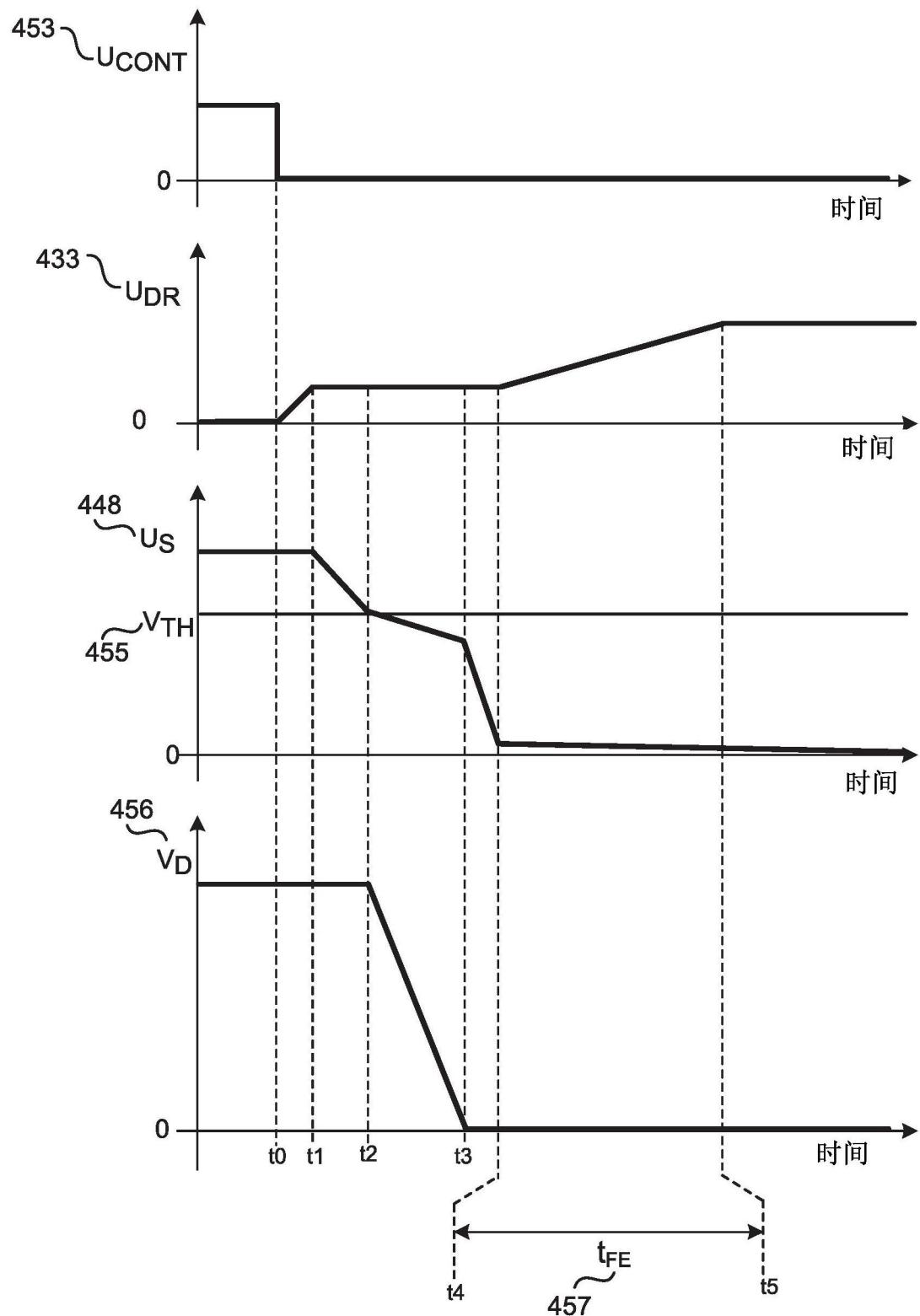


图4

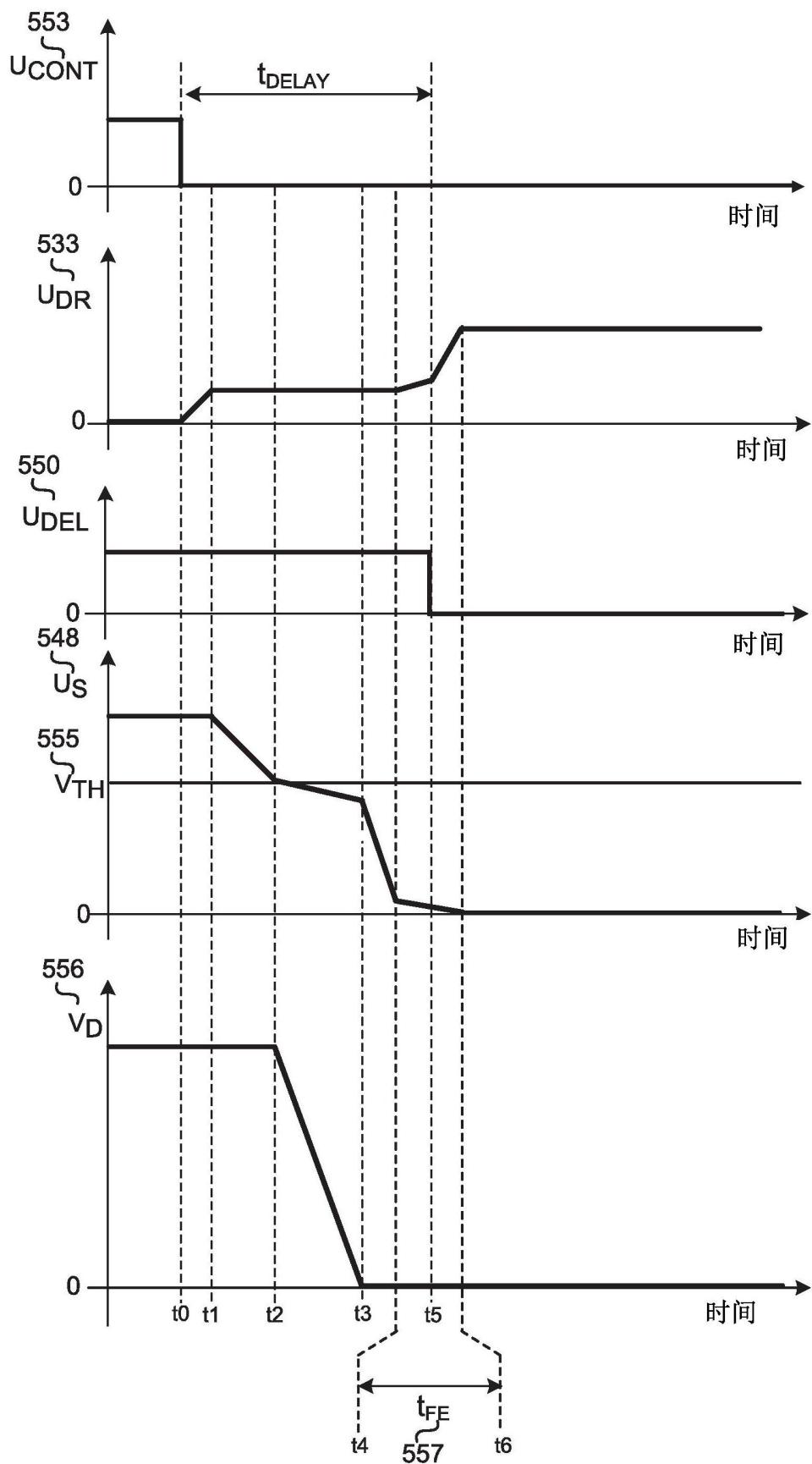


图5

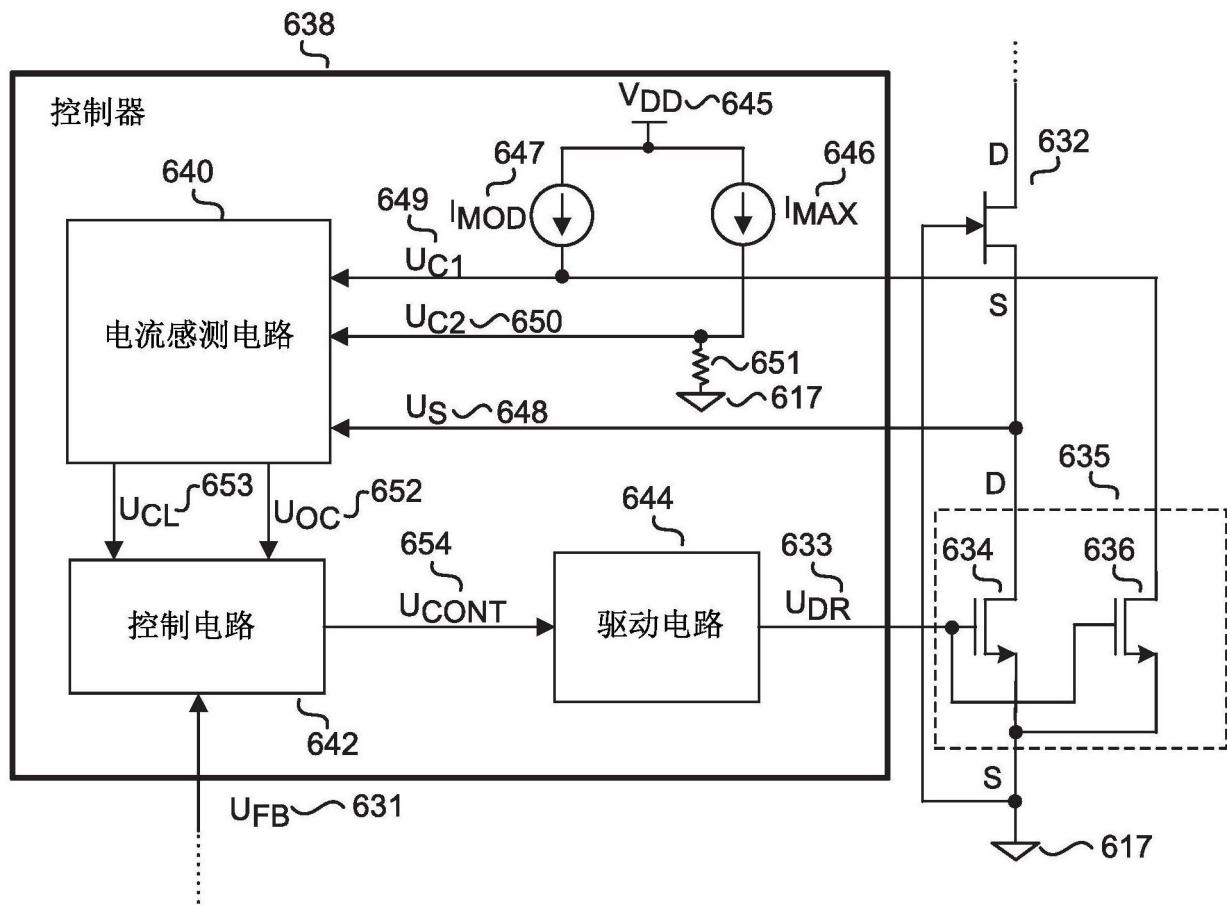


图6

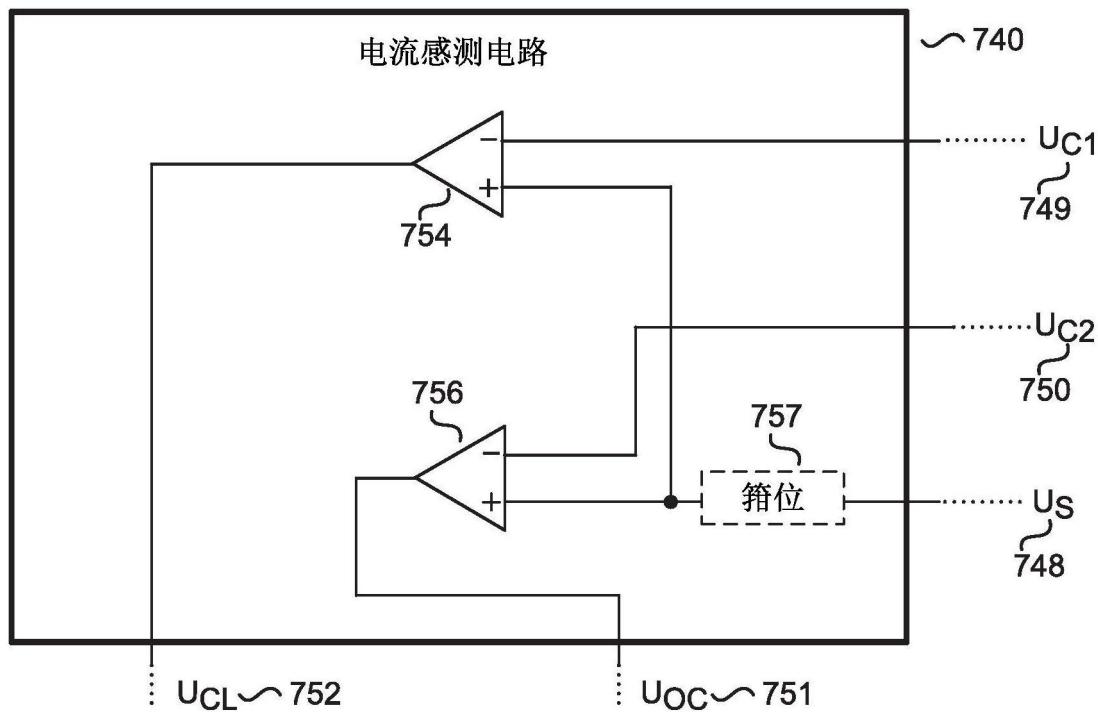


图7