



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112564458 B

(45) 授权公告日 2021.12.31

(21) 申请号 201910854250.4

(22) 申请日 2019.09.10

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 112564458 A

(43) 申请公布日 2021.03.26

(73) 专利权人 苏州捷芯威半导体有限公司  
地址 215123 江苏省苏州市工业园区金鸡湖大道99号西北区2幢311-B室

(72) 发明人 胡茂 朱永生 裴轶

(74) 专利代理机构 北京品源专利代理有限公司  
11332

代理人 孟金喆

(51) Int. Cl.  
H02M 1/08 (2006.01)

(56) 对比文件

- CN 106208637 A, 2016.12.07
- CN 103066814 A, 2013.04.24
- CN 104269997 A, 2015.01.07
- CN 107659128 A, 2018.02.02
- CN 103532356 A, 2014.01.22
- CN 102280990 A, 2011.12.14
- US 2013285712 A1, 2013.10.31
- CN 109474166 A, 2019.03.15
- CN 105375908 A, 2016.03.02
- CN 106603055 A, 2017.04.26
- CN 105375908 A, 2016.03.02
- CN 108667444 A, 2018.10.16
- CN 202424662 U, 2012.09.05
- CN 201590755 U, 2010.09.22

审查员 魏小凤

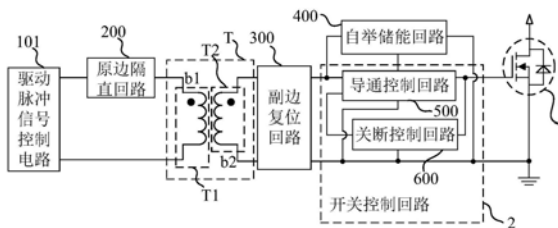
权利要求书2页 说明书10页 附图6页

(54) 发明名称

一种隔离驱动电路

(57) 摘要

本发明公开了一种隔离驱动电路,隔离驱动电路包括电磁耦合器、自举储能回路和开关控制回路,电磁耦合器用于将原边电路接入的驱动脉冲信号耦合至副边电路,自举储能回路用于根据副边电路的输出信号向功率开关供电,并进行自举充电,开关控制回路用于根据副边电路的输出信号向功率开关提供可调的恒流导通电流,并根据副边电路的输出信号为功率开关提供放电电流可调的放电回路。通过本发明的技术方案,有利于提高隔离驱动电路的驱动能力,简化电路结构,改善了开关延时问题,提高了功率开关的开关速度。



1. 一种隔离驱动电路,其特征在于,包括:

电磁耦合器,所述电磁耦合器用于将原边电路接入的驱动脉冲信号耦合至副边电路;

自举储能回路,所述自举储能回路用于根据所述副边电路的输出信号向功率开关供电,并进行自举充电;

开关控制回路,所述开关控制回路用于根据所述副边电路的输出信号向所述功率开关提供可调的恒流导通电流,并根据所述副边电路的输出信号为所述功率开关提供放电电流可调的放电回路。

2. 根据权利要求1所述的隔离驱动电路,其特征在于,所述开关控制回路包括:

导通控制回路,所述导通控制回路用于根据所述副边电路的输出信号向所述功率开关提供可调的恒流导通电流;

关断控制回路,所述关断控制回路用于根据所述副边电路的输出信号为所述功率开关提供放电电流可调的放电回路。

3. 根据权利要求2所述的隔离驱动电路,其特征在于,所述导通控制回路包括:

电位调节模块,所述电位调节模块用于根据第一副边输入端和第一充电端的输入信号调节电位控制输出端以及电流调节输出端的输出信号;

电流镜,所述电流镜根据电位控制输入端的输入信号调节电流镜的工作状态,并根据电流调节输入端的输入信号调节导通信号控制端输出的恒流电流。

4. 根据权利要求3所述的隔离驱动电路,其特征在于,所述电位调节模块包括:

第一开关,所述第一开关的控制端作为所述电位调节模块的第一副边输入端,所述第一开关的第一端接入设定信号;

上拉阻抗元件,所述上拉阻抗元件的第一端与所述第一开关的第二端电连接,所述上拉阻抗元件的第二端作为所述电位调节模块的第一充电端;

第二开关,所述第二开关的控制端与所述第一开关的第二端电连接,所述第二开关的第一端作为所述电位调节模块的电位控制输出端;

第一调节阻抗元件,所述第一调节阻抗元件的第一端与所述第二开关的第二端电连接作为所述电位调节模块的电流调节输出端,所述第一调节阻抗元件的第二端接入所述设定信号;

所述电流镜包括:

第三开关、第四开关和第五开关;

所述第三开关的控制端、所述第三开关的第一端、所述第四开关的控制端、所述第五开关的控制端电连接作为所述电流镜的电位控制输入端,所述第四开关的第一端作为所述电流镜的电流调节输入端,所述第三开关的第二端、所述第四开关的第二端和所述第五开关的第二端电连接,所述第五开关的第一端作为所述电流镜的导通信号控制端;

所述电流镜还包括第一防逆流元件,所述第一防逆流元件的第一端与所述第五开关的第一端电连接,所述第一防逆流元件的第二端作为所述电流镜的导通信号控制端。

5. 根据权利要求2所述的隔离驱动电路,其特征在于,所述关断控制回路用于根据第二副边输入端的输入信号调节放电端的放电电流;

所述关断控制回路包括:

第六开关,所述第六开关的控制端作为所述关断控制回路的第二副边输入端,所述第

六开关的第一端接入设定信号；

第二调节阻抗元件，所述第二调节阻抗元件的第一端与所述第六开关的第二端电连接，所述第二调节阻抗元件的第二端作为所述关断控制回路的放电端；

所述关断控制回路还包括第二防逆流元件，所述第二防逆流元件的第一端与所述第六开关的第二端电连接，所述第二防逆流元件的第二端与所述第二调节阻抗元件的第一端电连接，所述第二调节阻抗元件的第一端通过所述第二防逆流元件与所述第六开关的第二端电连接。

6. 根据权利要求1所述的隔离驱动电路，其特征在于，所述自举储能回路用于根据第三副边输入端的输入信号通过第二充电端向功率开关供电，并进行自举充电；

所述自举储能回路包括：

第一阻抗元件、第七开关和第一存储元件；

所述第一阻抗元件的第一端与所述第七开关的第一端电连接作为所述自举储能回路的第三副边输入端，所述第一阻抗元件的第二端与所述第七开关的控制端电连接，所述第七开关的第二端与所述第一存储元件的第一端电连接作为所述自举储能回路的第二充电端，所述第一存储元件的第二端接入设定信号。

7. 根据权利要求1所述的隔离驱动电路，其特征在于，还包括：

原边隔直回路，所述原边隔直回路用于抑制所述驱动脉冲信号中的直流分量。

8. 根据权利要求7所述的隔离驱动电路，其特征在于，所述原边隔直回路包括：

第二阻抗元件，所述第二阻抗元件的第一端接入所述驱动脉冲信号；

第二存储元件，所述第二存储元件的第一端与所述第二阻抗元件的第二端点连接，所述第二存储元件的第二端与所述原边电路的第一耦合端电连接。

9. 根据权利要求1所述的隔离驱动电路，其特征在于，还包括：

副边复位回路，所述副边复位回路用于恢复所述原边电路到所述副边电路的直流电平，并对所述副边电路输出的低电平信号进行磁复位。

10. 根据权利要求9所述的隔离驱动电路，其特征在于，所述副边复位回路包括：

第三存储元件，所述第三存储元件的第一端与所述副边电路的第一端电连接；

钳位元件，所述钳位元件的第一端与所述第三存储元件的第二端电连接，所述钳位元件的第二端与所述副边电路的第二耦合端电连接并接入设定信号。

## 一种隔离驱动电路

### 技术领域

[0001] 本发明实施例涉及集成电路技术领域,尤其涉及一种隔离驱动电路。

### 背景技术

[0002] 开关电源对高效可靠的门驱动器的需求每年都在增长,现有的大多数片内集成电路驱动器利用脉宽调制信号输出与栅极之间的直接连接,具有高速和高电压电流比(dV/dt)抗扰度等优点。然而,在处理大功率变换器和电机驱动应用时,通常需要隔离低压侧和高压侧,光学隔离和磁隔离是提供隔离的常用方法,然而光耦合器等光学隔离装置的工作温度范围有限,平均光耦合器的工作温度低于100℃。因此,磁隔离因其具有直流隔离、阻抗匹配、变比和电平切换等优点成为处理上述应用时的首选方法,具有很好的应用前景。

[0003] 但是,传统的隔离驱动电路在功率开关管导通时,隔离变压器副边的驱动电流需要原边提供,这使得驱动电路的开关速度受限于隔离变压器的驱动能力,且无法实现快速的驱动上升沿和下降沿,进一步地限制了隔离驱动电路在高频开关场合的应用。

### 发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明实施例提供了一种隔离驱动电路,有利于提高隔离驱动电路的驱动能力,简化电路结构,改善了开关延时问题,提高了功率开关的开关速度。

[0005] 本发明实施例提供了一种隔离驱动电路,包括:

[0006] 电磁耦合器,所述电磁耦合器用于将原边电路接入的驱动脉冲信号耦合至副边电路;

[0007] 自举储能回路,所述自举储能回路用于根据所述副边电路的输出信号向功率开关供电,并进行自举充电;

[0008] 开关控制回路,所述开关控制回路用于根据所述副边电路的输出信号向所述功率开关提供可调的恒流导通电流,并根据所述副边电路的输出信号为所述功率开关提供放电电流可调的放电回路。

[0009] 进一步地,所述开关控制回路包括:

[0010] 导通控制回路,所述导通控制回路用于根据所述副边电路的输出信号向所述功率开关提供可调的恒流导通电流;

[0011] 关断控制回路,所述关断控制回路用于根据所述副边电路的输出信号为所述功率开关提供放电电流可调的放电回路。

[0012] 进一步地,所述导通控制回路包括:

[0013] 电位调节模块,所述电位调节模块用于根据第一副边输入端和第一充电端的输入信号调节电位控制输出端以及电流调节输出端的输出信号;

[0014] 电流镜,所述电流镜根据电位控制输入端的输入信号调节电流镜的工作状态,并根据电流调节输入端的输入信号调节导通信号控制端输出的恒流电流。

[0015] 进一步地,所述电位调节模块包括:

[0016] 第一开关,所述第一开关的控制端作为所述电位调节模块的第一副边输入端,所述第一开关的第一端接入设定信号;

[0017] 上拉阻抗元件,所述上拉阻抗元件的第一端与所述第一开关的第二端电连接,所述上拉阻抗元件的第二端作为所述电位调节模块的第一充电端;

[0018] 第二开关,所述第二开关的控制端与所述第一开关的第二端电连接,所述第二开关的第一端作为所述电位调节模块的电位控制输出端;

[0019] 第一调节阻抗元件,所述第一调节阻抗元件的第一端与所述第二开关的第二端电连接作为所述电位调节模块的电流调节输出端,所述第一调节阻抗元件的第二端接入所述设定信号;

[0020] 所述电流镜包括:

[0021] 第三开关、第四开关和第五开关;

[0022] 所述第三开关的控制端、所述第三开关的第一端、所述第四开关的控制端、所述第五开关的控制端电连接作为所述电流镜的电位控制输入端,所述第四开关的第一端作为所述电流镜的电流调节输入端,所述第三开关的第二端、所述第四开关的第二端和所述第五开关的第二端电连接,所述第五开关的第一端作为所述电流镜的导通信号控制端;

[0023] 优选地,所述电流镜还包括第一防逆流元件,所述第一防逆流元件的第一端与所述第五开关的第一端电连接,所述第一防逆流元件的第二端作为所述电流镜的导通信号控制端。

[0024] 进一步地,所述关断控制回路用于根据第二副边输入端的输入信号调节放电端的放电电流;

[0025] 所述关断控制回路包括:

[0026] 第六开关,所述第六开关的控制端作为所述关断控制回路的第二副边输入端,所述第六开关的第一端接入设定信号;

[0027] 第二调节阻抗元件,所述第二调节阻抗元件的第一端与所述第六开关的第二端电连接,所述第二调节阻抗元件的第二端作为所述关断控制回路的放电端;

[0028] 优选地,所述关断控制回路还包括第二防逆流元件,所述第二防逆流元件的第一端与所述第六开关的第二端电连接,所述第二防逆流元件的第二端与所述第二调节阻抗元件的第一端电连接,所述第二调节阻抗元件的第一端通过所述第二防逆流元件与所述第六开关的第二端电连接。

[0029] 进一步地,所述自举储能回路用于根据第三副边输入端的输入信号通过第二充电端向功率开关供电,并进行自举充电;

[0030] 所述自举储能回路包括:

[0031] 第一阻抗元件、第七开关和第一存储元件;

[0032] 所述第一阻抗元件的第一端与所述第七开关的第一端电连接作为所述自举储能回路的第三副边输入端,所述第一阻抗元件的第二端与所述第七开关的控制端电连接,所述第七开关的第二端与所述第一存储元件的第一端电连接作为所述自举储能回路的第二充电端,所述第一存储元件的第二端接入设定信号。

[0033] 进一步地,所述隔离驱动电路还包括:

[0034] 原边隔直回路,所述原边隔直回路用于抑制所述驱动脉冲信号中的直流分量。

- [0035] 进一步地,所述原边隔直回路包括:
- [0036] 第二阻抗元件,所述第二阻抗元件的第一端接入所述驱动脉冲信号;
- [0037] 第二存储元件,所述第二存储元件的第一端与所述第二阻抗元件的第二端点连接,所述第二存储元件的第二端与所述原边电路的第一耦合端电连接。
- [0038] 进一步地,所述隔离驱动电路还包括:
- [0039] 副边复位回路,所述副边复位回路用于恢复所述原边电路到所述副边电路的直流电平,并对所述副边电路输出的低电平信号进行磁复位。
- [0040] 进一步地,所述副边复位回路包括:
- [0041] 第三存储元件,所述第三存储元件的第一端与所述副边电路的第一端电连接;
- [0042] 钳位元件,所述钳位元件的第一端与所述第三存储元件的第二端电连接,所述钳位元件的第二端与所述副边电路的第二耦合端电连接并接入设定信号。
- [0043] 本发明实施例提供了一种隔离驱动电路,隔离驱动电路包括电磁耦合器、自举储能回路和开关控制回路,电磁耦合器用于将原边电路接入的驱动脉冲信号耦合至副边电路,自举储能回路用于根据副边电路的输出信号向功率开关供电,并进行自举充电,开关控制回路用于根据副边电路的输出信号向功率开关提供可调的恒流导通电流,并根据副边电路的输出信号为功率开关提供放电电流可调的放电回路,这样,利用自举储能回路的自举充电功能使得电磁耦合器的副边电路无需额外的供电电源,隔离驱动电路的驱动能力不受限于电磁耦合器磁芯饱和的影响,有利于提高隔离驱动电路的驱动能力,简化电路结构。另外,利用开关控制回路得到快速的驱动上升沿和下降沿,进而改善开关延时问题,提高功率开关的开关速度。

## 附图说明

[0044] 为了更清楚地说明本发明实施例或背景技术中的技术方案,下面将对实施例或背景技术描述中所需要使用的附图做一简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图是本发明的一些实施例的示意图,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的方案。

- [0045] 图1为本发明实施例提供的一种隔离驱动电路的结构示意图;
- [0046] 图2为本发明实施例提供的一种隔离驱动电路的电路结构示意图;
- [0047] 图3为本发明实施例提供的一种导通控制回路的电路结构示意图;
- [0048] 图4为本发明实施例提供的一种自举储能回路的电路结构示意图;
- [0049] 图5为本发明实施例提供的另一种自举储能回路的电路结构示意图;
- [0050] 图6为本发明实施例提供的一种关断控制回路的电路结构示意图;
- [0051] 图7为本发明实施例提供的一种隔离驱动电路在不同占空比驱动脉冲信号下的仿真图;
- [0052] 图8为本发明实施例提供的隔离驱动电路与传统的隔离驱动电路的对比示意图。

## 具体实施方式

[0053] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步的详细说明。可以理解的是,此处所描述的具体实施例仅仅用于解释本发明,而非对本发明的限定。另外还需要说明的是,为了便

于描述,附图中仅示出了与本发明相关的部分而非全部结构。贯穿本说明书中,相同或相似的附图标号代表相同或相似的结构、元件或流程。需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0054] 图1为本发明实施例提供的一种隔离驱动电路的结构示意图。如图1所示,隔离驱动电路包括电磁耦合器T、自举储能回路400和开关控制回路2,电磁耦合器T用于将原边电路T1接入的驱动脉冲信号耦合至副边电路T2,自举储能回路400用于根据副边电路T2的输出信号向功率开关1供电,并进行自举充电,开关控制回路2用于根据副边电路T2的输出信号向功率开关1提供可调的恒流导通电流,并根据副边电路T2的输出信号为功率开关1提供放电电流可调的放电回路。

[0055] 具体地,如图1所示,电磁耦合器T可以为能够实现原边信号和副边信号传输以及电气隔离的高频隔离变压器,电磁耦合器T的原边电路T1包括原边绕组,副边电路T2包括副边绕组,电磁耦合器T的原边电路T1可以和驱动脉冲信号控制电路101电连接,驱动脉冲信号控制电路101输出驱动脉冲信号至电磁耦合器T的原边电路T1,电磁耦合器T将原边电路T1接入的驱动脉冲信号耦合至副边电路T2。另外,自举储能回路400向与隔离驱动电路电连接的功率开关1供电,且可以将自举储能回路400设置在电磁耦合器T的副边电路T2一侧,开关控制回路2根据副边电路T2的输出信号向功率开关1提供可调的恒流导通电流,即在功率开关1的导通时间内向功率开关1提供可调的恒流导通电流,并根据副边电路T2的输出信号为功率开关1提供放电电流可调的放电回路,即在功率开关1的关断时间内充当功率开关1的放电回路。

[0056] 目前开关电源对高效可靠的门驱动器的需求每年都在增长,现有的大多数片内集成电路驱动器利用脉宽调制信号输出与栅极之间的直接连接,具有高速、和高 $dV/dt$ 抗扰度等优点。然而,在处理大功率变换器和电机驱动应用时,通常需要隔离低压侧和高压侧。光学隔离和磁隔离是提供隔离的常用方法,然而光耦合器等光学隔离装置的工作温度范围有限,平均光耦合器的工作温度低于 $100^{\circ}\text{C}$ 。因此,磁隔离因其具有直流隔离、阻抗匹配、变比和电平切换等优点成为处理上述应用的首选方法,具有很好的应用前景。

[0057] 传统的隔离驱动电路中,当驱动脉冲信号为高电平时,隔离变压器副边感应到高电平,并经过驱动电阻后开通功率开关。当驱动脉冲信号为低电平时,隔离变压器副边感应到低电平,关断功率开关。然而,上述隔离驱动电路需要变压器具有较好的耦合性,否则一个较小的漏感值都会引起驱动电压的畸变和振荡,导致隔离变压器饱和或功率开关管的误开通。

[0058] 为了解决上述问题,现有技术中主要有如下三种方法,一是在隔离变压器的原边、副边分别并联电阻来抑制振荡,二是利用电路中的漏感构成谐振门极驱动电路(RGD),三是通过辅助开关管构成谐振回路,但这几种方案除了会增加电路复杂程度,增加电路损耗,甚至会在开关谐振过程增加驱动电压尖峰,加剧误开通风险,并不能很好地解决上述问题,并且由于在抑制电压尖峰电路中引入了过多的元件会使得驱动电路的输入到输出信号的延时加大,影响驱动电路在高频场合的应用。

[0059] 此外,传统的隔离驱动电路在功率开关管导通时,隔离变压器副边的驱动电流需要原边提供,这使得驱动电路的开关速度受限于隔离变压器的驱动能力,无法实现快速的驱动上升沿和下降沿,进一步地限制了隔离驱动电路在高频开关场合的应用。另外,可以采

用电压源推挽型驱动方式使得驱动电流的幅值取决于驱动回路驱动电阻的阻值,但是为了抑制驱动振荡通常会将驱动电阻设计到一定阻尼值,仍然无法获得理想的驱动上升沿。

[0060] 本发明实施例提供的隔离驱动电路具有以下有益效果:

[0061] (1) 利用自举储能回路400存储的能量用于导通功率开关1管,高频电磁耦合器T的副边电路T2无需额外的供电电源,结构简单,驱动能力强,驱动能力不受限于电磁耦合器T磁芯饱和的影响,电磁兼容性强。

[0062] (2) 开关控制回路2采用可调恒流电路,并为功率开关1提供放电电流可调的放电回路以快速泄放功率开关1的电荷,进而得到快速的驱动上升沿和下降沿,进而改善开关延时问题,提高功率开关1的开关速度,有利于隔离驱动电路在高频隔离驱动场合的应用。

[0063] 可选地,如图1所示,开关控制回路2包括导通控制回路500和关断控制回路600,导通控制回路500用于根据副边电路T2的输出信号向功率开关1提供可调的恒流导通电流,关断控制回路600用于根据副边电路T2的输出信号为功率开关1提供放电电流可调的放电回路。

[0064] 具体地,如图1所示,导通控制回路500用于在需要功率开关1导通的时间内,根据副边电路T2的输出信号向功率开关1提供可调的恒流导通电流,即导通控制回路500提供至功率开关1的电流为恒定电流,且该恒定电流的大小可调。另外,关断控制回路600用于在需要功率开关1关断的时间内,根据副边电路T2的输出信号为功率开关1提供放电电流可调的放电回路,即功率开关1能够通过关断控制回路600进行放电,且放电电流可调,这样,采用可调恒流电路组成功率开关1的导通控制回路500,并通过关断控制回路600快速泄放功率开关1的电荷,可以得到快速的驱动上升沿和下降沿,有利于隔离驱动电路在高频隔离驱动场合的应用。

[0065] 图2为本发明实施例提供的一种隔离驱动电路的电路结构示意图,图3为本发明实施例提供的一种导通控制回路的电路结构示意图。结合图1至图3,导通控制回路500包括电位调节模块3和电流镜4,电位调节模块3用于根据第一副边输入端A1和第一充电端A2的输入信号调节电位控制输出端A3以及电流调节输出端A4的输出信号,电流镜4根据电位控制输入端B1的输入信号调节电流镜4的工作状态,并根据电流调节输入端B2的输入信号调节导通信号控制端B3输出的恒流电流。

[0066] 可选地,结合图1至图3,电位调节模块3包括第一开关P1、上拉阻抗元件R4、第二开关Q2和第一调节阻抗元件R5,第一开关P1的控制端作为电位调节模块3的第一副边输入端A1,第一开关P1的第一端接入设定信号,例如地信号,上拉阻抗元件R4的第一端与第一开关P1的第二端电连接,上拉阻抗元件R4的第二端作为电位调节模块3的第一充电端A2,第二开关Q2的控制端与第一开关P1的第二端电连接,第二开关Q2的第一端作为电位调节模块3的电位控制输出端A3,第一调节阻抗元件R5的第一端与第二开关Q2的第二端电连接作为电位调节模块3的电流调节输出端A4,第一调节阻抗元件R5的第二端接入设定信号,例如地信号。

[0067] 电流镜4包括第三开关P2、第四开关P3和第五开关P4,第三开关P2的控制端、第三开关P2的第一端、第四开关P3的控制端、第五开关P4的控制端电连接作为电流镜4的电位控制输入端B1,第四开关P3的第一端作为电流镜4的电流调节输入端B2,第三开关P2的第二端、第四开关P3的第二端和第五开关P4的第二端电连接,第五开关P4的第一端作为电流镜4

的导通信号控制端B3。优选地,电流镜4还可以包括第一防逆流元件D3,第一防逆流元件D3的第一端与第五开关P4的第一端电连接,第一防逆流元件D3的第二端作为电流镜4的导通信号控制端B3。

[0068] 具体地,结合图1至图3,导通控制回路500在功率开关1的导通时间内给功率开关1提供便于调节的恒流导通电流,可以设置第一开关P1、第三开关P2、第四开关P3和第五开关P4为PMOS管,可以设置第二开关Q2为NPN型三极管或者N型复合管,另外,除了上拉阻抗元件R4和第一调节阻抗元件R5,还可以在第二开关P2的控制端设置分压阻抗元件R3,分压阻抗元件R3与第二开关P2的控制端电连接的一端连接至关断控制回路600。也可以在第一防逆流元件D3的第二端设置分压阻抗元件R6,即分压阻抗元件R6的第一端与第一防逆流元件D3的第二端电连接,分压阻抗元件R6的第二端作为电流镜4的导通信号控制端B3,电流镜4的导通信号控制端B3与功率开关1的控制端电连接,在功率开关1导通时电流镜4的导通信号控制端B3输出高电平信号。另外,第一开关P1管的漏极连接至高频隔离变压器,即电磁耦合器T副边电路T2的异名端,第一调节阻抗元件R5的第二端也连接至高频隔离变压器,即电磁耦合器T副边电路T2的异名端。

[0069] 可选地,结合图1至图3,隔离驱动电路还可以包括原边隔直回路200,原边隔直回路200用于抑制驱动脉冲信号中的直流分量。具体地,结合图1至图3,可以设置原边隔直回路200包括第二阻抗元件R1和第二存储元件C1,第二阻抗元件R1的第一端接入驱动脉冲信号,第二存储元件C1的第一端与第二阻抗元件R1的第二端点连接,第二存储元件C1的第二端与原边电路T1的第一耦合端b1电连接。

[0070] 具体地,由于高频隔离变压器,即电磁耦合器T的耦合性能的影响,电路中的漏感值会引起驱动电压畸变和振荡,导致隔离变压器,即电磁耦合器T饱和或功率开关1的误开通。结合图1至图3,本发明实施例通过设置原边隔直回路200中设置第二存储元件C1,例如电容,可以有效抑制隔离驱动电路中的直流分量,且在原边隔直回路200中加入阻尼电阻,即第二阻抗元件R1,可以在抑制隔离驱动电路中直流分量的同时有效降低驱动电压的振荡。

[0071] 具体地,第二阻抗元件R1用于抑制原边驱动电压振荡,第二阻抗元件R1的阻值不能过低,过低将导致高频隔离变压器的伏秒不平衡,即降低对原边驱动电压振荡的抑制效果,因此第二阻抗元件R1的大小 $R_1$ 需满足原边谐振阻抗网络条件:

$$[0072] \quad R_1 \geq 2 \times \sqrt{\frac{L_p}{C_1}}$$

[0073] 其中, $L_p$ 为电磁耦合器T中原边线圈的等效电感, $C_1$ 等于第二存储元件C1的电容值。

[0074] 可选地,结合图1至图3,隔离驱动电路还可以包括副边复位回路300,副边复位回路300用于恢复原边电路T1到副边电路T2的直流电平,并对副边电路T2输出的低电平信号进行磁复位。具体地,结合图1至图3,副边复位回路300包括第三存储元件C2和钳位元件D1,第三存储元件C2的第一端与副边电路T2的第一端电连接,钳位元件D1的第一端与第三存储元件C2的第二端电连接,钳位元件D1的第二端与副边电路T2的第二耦合端b2电连接并接入设定信号,即第三存储元件C2第一端连接有高频隔离变压器,即电磁耦合器T副边电路T2的同名端,钳位元件D1,例如可以为复位二极管的阳极连接有高频隔离变压器,即电磁耦合器T副边电路T2的异名端。

[0075] 具体地,结合图1至图3,副边复位回路300分别与电磁耦合器T的副边电路T2的两

端电连接,交流信号在原边隔直回路200中的第二存储元件C1上有损耗,且驱动脉冲信号的占空比不同,交流信号在原边隔直回路200中的第二存储元件C1上有损耗不同。副边复位电路工作过程为:当高频隔离变压器,即电磁耦合器T的副边电路T2输出高电平时,通过第三存储元件C2将脉冲驱动信号在原边隔直电路中的第二存储元件C1中丢失的电平信号复原后输出,使得脉冲驱动信号的幅值不会因为占空比变化而丢失,从而影响正常驱动,当高频隔离变压器,即电磁耦合器T的副边电路T2输出低电平时,通过钳位元件D1,即复位二极管将高频隔离变压器,即电磁耦合器T的副边电路T2输出的电压钳位在复位二极管的导通压降值,以满足电磁耦合器T的磁芯复位,并使得后级驱动信号维持在低电平。这样,副边复位回路300将由原边隔直回路200中丢失的直流电平进行复位,使得副边驱动回路的电平幅值基本不受脉冲驱动信号的占空比影响,隔离驱动电路能够在占空比大范围变化的情况下保证驱动波形符合要求。

[0076] 图4为本发明实施例提供的一种自举储能回路的电路结构示意图。结合图1至图4,自举储能回路400用于根据第三副边输入端F1的输入信号通过第二充电端F2向功率开关1供电,并进行自举充电。自举储能回路400包括第一阻抗元件R2、第七开关Q1和第一存储元件C3,第一阻抗元件R2的第一端与第七开关Q1的第一端电连接作为自举储能回路400的第三副边输入端F1,第一阻抗元件R2的第二端与第七开关Q1的控制端电连接,第七开关Q1的第二端与第一存储元件C3的第一端电连接作为自举储能回路400的第二充电端F2,第一存储元件C3的第二端接入设定信号。

[0077] 具体地,结合图1至图4,自举储能回路400用于通过导通控制回路500给功率开关1供电,提供驱动能量,可以设置第七开关Q1为N型三极管或者N型复合管,第一存储元件C3为电容,第七开关Q1的第二端与第一存储元件C3的第一端电连接作为自举储能回路400的第二充电端F2,即作为自举储能回路400的高电位端以输出高电平,第一存储元件C3的第二端接入设定信号,即与高频隔离变压器,即电磁耦合器T的副边电路T2的异名端电连接。

[0078] 自举储能回路400在副边复位回路300输出高电平时,后级驱动回路导通,第一存储元件C3放电提供驱动能量,但第一存储元件C3放电到一定阶段电位下降,第七开关Q1的基极电位高于发射极电位,第七开关Q1导通,由第一开关P1的集电极流向发射极的电流给第一存储元件C3和驱动负载补充能量,从而维持第一存储元件C3中的能量平衡,自举储能回路400利用第七开关Q1和第一阻抗元件R2实现了的自举充电。

[0079] 图5为本发明实施例提供的另一种自举储能回路的电路结构示意图。结合图1、图2和图5,也可以设置自举储能回路400包括自举二极管D2和存储电容C4,设置自举二极管D2的阳极连接于钳位元件D1,即复位二极管的阴极,自举二极管D2的阴极与储能电容C4的一端共同作为自举储能回路400的第二充电端F2,即作为自举储能回路400的高电位端以输出高电平,储能电容C4的另一端连接有高频隔离变压器,即电磁耦合器T的副边电路T2的异名端,也即接入设定信号,例如地信号。

[0080] 具体地,结合图1、图2和图5,自举储能回路400在副边复位回路300输出高电平时,后级驱动回路导通,储能电容C4放电提供驱动能量,但储能电容C4放电到一定阶段电位下降,自举二极管D2导通,给储能电容C4和驱动负载补充能量,从而维持储能电容C4中的能量平衡,自举储能实现自举充电。

[0081] 下面结合图1至图5对导通控制回路500的具体工作原理进行说明:

[0082] 结合图1至图5,导通控制回路500在副边复位回路300输出高电平时,第一开关P1关断,第二开关Q2的控制端,即基极承受高电位,第二开关Q2导通,将第三开关P2、第四开关P3和第五开关P4的控制端,即栅极电位变低,

[0083] 第三开关P2、第四开关P3和第五开关P4导通,第三开关P2、第四开关P3和第五开关P4组成电流镜回路,第三开关P2、第四开关P3和第五开关P4导通后,第一调节阻抗元件R5为可调电阻,可以通过调整第一调节阻抗元件R5的阻值调整导通控制回路500输出的恒流电流幅值。

[0084] 第四开关P3基于负反馈原理可以减小第一存储元件C3电压对输出电流的影响,具体地,第一存储元件C3两端的电位可能发生振荡,以第一存储元件C3两端的电位减小为例,功率开关1所需驱动电流减小,第五开关P4产生的电流减小,第三开关P2和第四开关P3产生的电流均减小,第三开关P2、第四开关P3和第五开关P4各自的栅极电位降低,第一调节阻抗元件R5上方节点的电位降低,即第二开关Q2的发射极电位降低,第二开关Q2产生的电流增加,使得第一开关P1的栅极电压回升,即副边电位回升,达到抵消第一存储元件C3电压降低的效果,相当于实现了负反馈,进而实现恒流输出,导通控制回路500恒流充电电流幅值满足如下计算公式:

$$[0085] \quad I_g \approx \frac{\beta \times (V_{C3} + V_{b_{Q3}})}{R_4 + R_5 \times (2\beta + 1)}$$

[0086] 式中 $I_g$ 为导通控制回路500产生的恒流电流值, $\beta$ 为第二开关Q2的静态电流放大系数, $V_{C3}$ 为第一存储元件C3两端的电压, $V_{b_{Q3}}$ 为第二开关Q2管的基极电压, $R_4$ 为上拉阻抗元件R4的阻值, $R_5$ 为第一调节阻抗元件R5的阻值。

[0087] 具体地,结合图1至图5,导通控制回路500在副边复位回路300输出低电平时,第一开关P1导通,第二开关Q2的基极承受高电位,第二开关Q2关断,第三开关P2、第四开关P3和第五开关P4组成的电流镜4回路关闭,第一防逆流元件D3阻止电流倒灌。

[0088] 图6为本发明实施例提供的一种关断控制回路的电路结构示意图。结合图1至图6,关断控制回路600用于根据第二副边输入端E1的输入信号调节放电端E2的放电电流,关断控制回路600包括第六开关P5和第二调节阻抗元件R7,第六开关P5的控制端作为关断控制回路600的第二副边输入端E1,第六开关P5的第一端接入设定信号,第二调节阻抗元件R7的第一端与第六开关P5的第二端电连接,第二调节阻抗元件R7的第二端作为关断控制回路600的放电端E2。优选地,关断控制回路600还包括第二防逆流元件D4,第二防逆流元件D4的第一端与第六开关P5的第二端电连接,第二防逆流元件D4的第二端与第二调节阻抗元件R7的第一端电连接,第二调节阻抗元件R7的第一端通过第二防逆流元件D4与第六开关P5的第二端电连接。

[0089] 具体地,结合图1至图6,关断控制回路600在功率开关1的关断时间内实现功率开关1的快速关断,第二调节阻抗元件R7的第二端连接至功率开关1的栅极,在功率开关1关断时,为功率开关1的栅极提供泄放电流路径,第六开关P5的漏极连接至高频隔离变压器,即电磁耦合器T的副边电路T2的异名端,第六开关P5可以是PMOS管,高频隔离变压器,即电磁耦合器T的副边电路T2的异名端连接至功率开关1的源极。

[0090] 具体地,结合图1至图6,关断控制回路600在副边复位回路300输出高电平时,第六开关P5关断,在副边复位回路300输出低电平时,第六开关P5迅速导通,将第二防逆流元件

D4的阴极电位拉低,第二防逆流元件D4导通,提供功率开关1的放电回路,第二调节阻抗元件R7的阻值可调,通过调节第二调节阻抗元件R7的阻值可以调节放电电流的幅值。

[0091] 结合图1至图6对驱动隔离电路的整体工作过程进行说明,当驱动脉冲信号控制电路101输出高电平时,电磁耦合器T的副边电路T2输出高电平,随之由第三开关P2、第四开关P3和第五开关P4组成的电流源工作,负责给功率开关1恒流充电,使之快速导通。当驱动脉冲信号控制电路101输出低电平时,副边复位回路300将副边电平迅速钳位在低电平,第六开关P5快速导通,为功率开关1提供快速放电回路。

[0092] 图7为本发明实施例提供的一种隔离驱动电路在不同占空比驱动脉冲信号下的仿真图。结合图1至图7,驱动脉冲信号控制电路101输入开关频率100kHz,占空比分别为10% (图7A)、50% (图7B) 和90% (图7C) 的驱动脉冲信号时,驱动脉冲信号 $V_{in}$ 和驱动电路输出信号 $V_o$ 关系如图7所示。可以看出,在较大的占空比变化范围下,隔离驱动电路的输出电压幅值 $V_{o\_H}$ 仍然保持基本不变,幅值变化差低于1V,满足高频大占空比变化范围下的驱动需求。

[0093] 表1

	传统技术		本发明	
	ton	toff	ton	toff
[0094] D=50%, fs=50kHz	67ns	565.2ns	40.8ns	176.8ns
D=50%, fs=100kHz	67.9ns	563.4ns	37.6ns	180.2ns
D=10%, fs=100kHz	66.9ns	562.2ns	36.6ns	177.1ns

[0095] 图8为本发明实施例提供的隔离驱动电路与传统的隔离驱动电路的对比示意图,图8给出了本发明实施例提供的隔离驱动电路与传统的隔离驱动电路在输入的驱动脉冲信号的开关频率为100kHz,占空比50%时的对比结果,功率开关1例如可以采用IRFP460型号的晶体管,图8中 $V_{ds}$ 为功率开关1的漏源极电压差, $V_{gs}$ 为功率开关1的栅源极电压差,ton和toff分别为功率开关1的导通时间和关断时间,图8A表示传统的隔离驱动电路在特定条件下导通时间的示意图,图8B表示本发明实施例提供的隔离驱动电路在同种条件下导通时间的示意图,图8C表示传统的隔离驱动电路在特定条件下关断时间的示意图,图8D表示本发明实施例提供的隔离驱动电路在同种条件下关断时间的示意图。另外,表1中D表示占空比,fs表示驱动脉冲信号的开关频率,结合图8和表1可以看出,本发明实施例提供的隔离驱动电路与传统的隔离驱动电路在不同条件下,本发明实施例提供的隔离驱动电路可以将功率开关1的导通和关断时间大幅度降低,提供较快的开通和关断速度,相比传统的隔离驱动电路具备更好的高频开关优势。

[0096] 本发明实施例提供的隔离驱动电路,克服了现有技术中由于隔离变压器耦合性和漏感导致的驱动振荡和驱动电流变化率受限问题,基于隔离变压器的寄生电感与电容、电阻谐振,降低了开关信号延时,通过自举储能回路400作为能量转换中间环节,给功率管供电,实现功率开关1管的浮压驱动,无需额外的供电,结构简单,提高了电路驱动能力,同时采用可调恒流源能实现快速的驱动上升沿和下降沿,实现了隔离驱动电路高频化应用。

[0097] 注意,上述仅为本发明的较佳实施例及所运用技术原理。本领域技术人员会理解,本发明不限于这里的特定实施例,对本领域技术人员来说能够进行各种明显的变化、重新调整和替代而不会脱离本发明的保护范围。因此,虽然通过以上实施例对本发明进行了较为详细的说明,但是本发明不仅仅限于以上实施例,在不脱离本发明构思的情况下,还可以包括更多其他等效实施例,而本发明的范围由所附的权利要求范围决定。

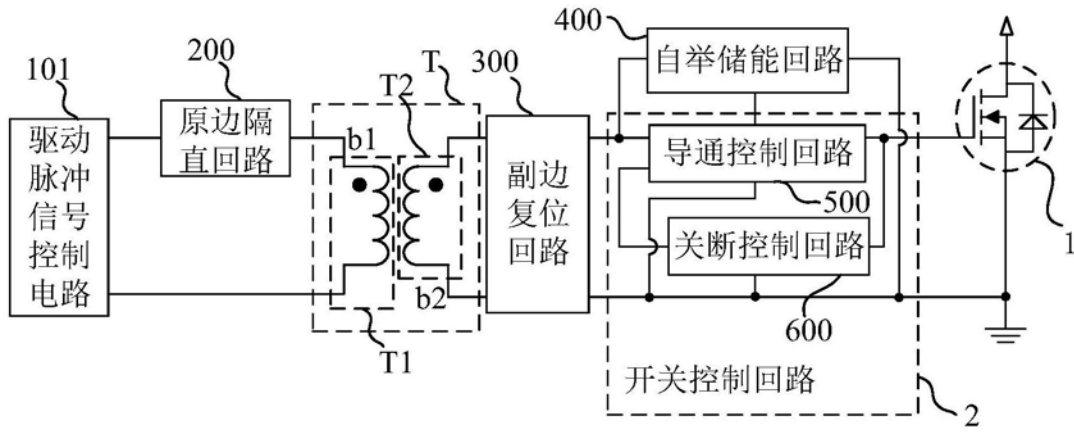


图1

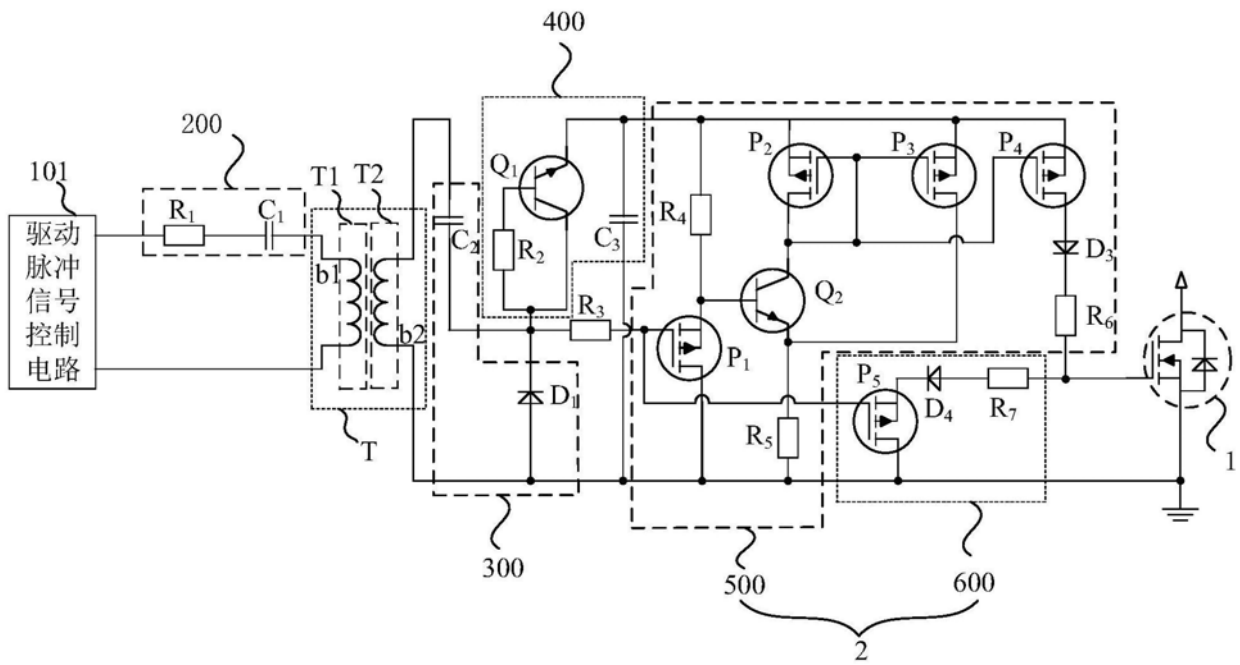


图2

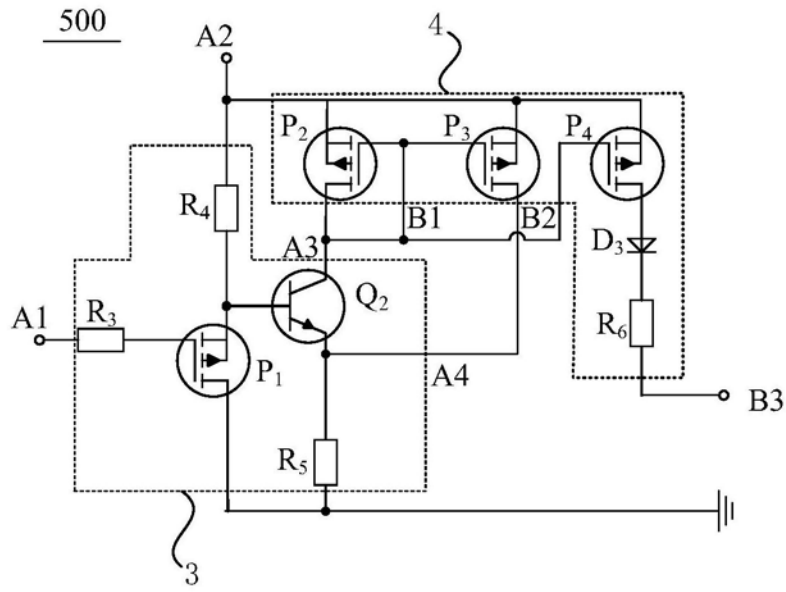


图3

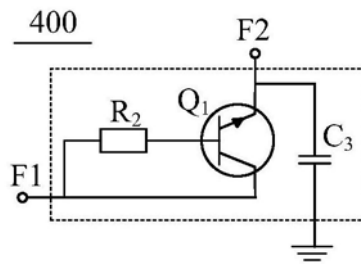


图4

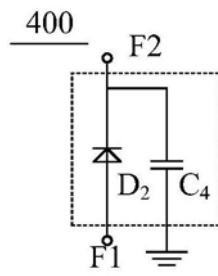


图5

600

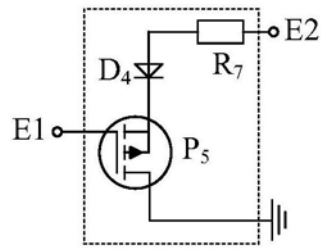
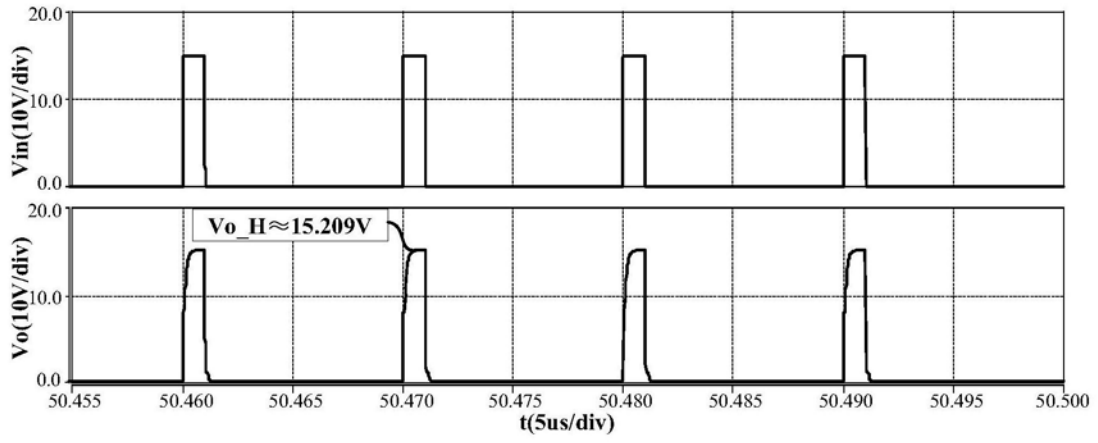
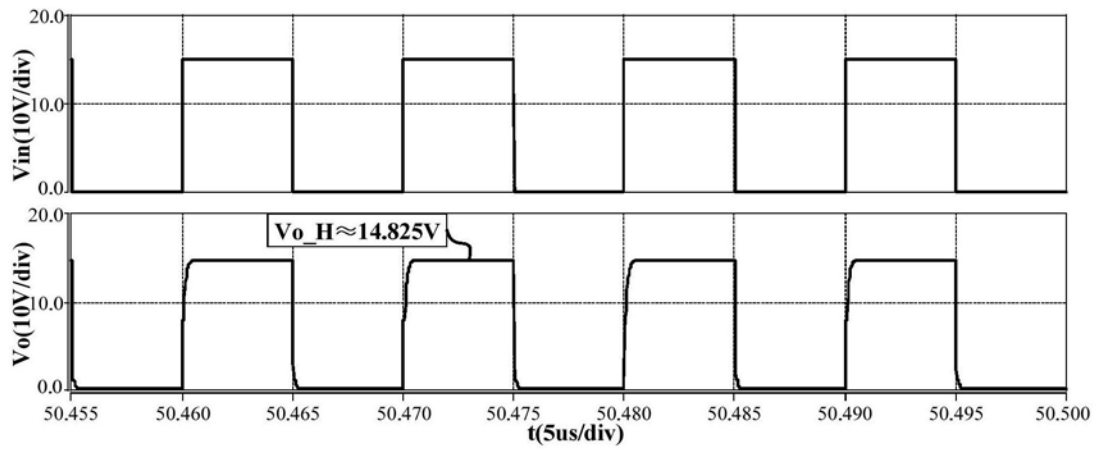


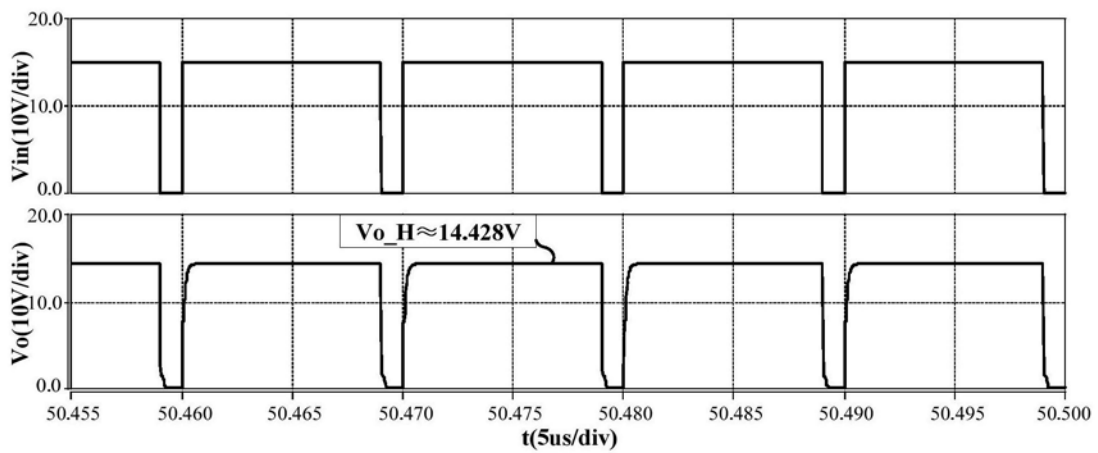
图6



A

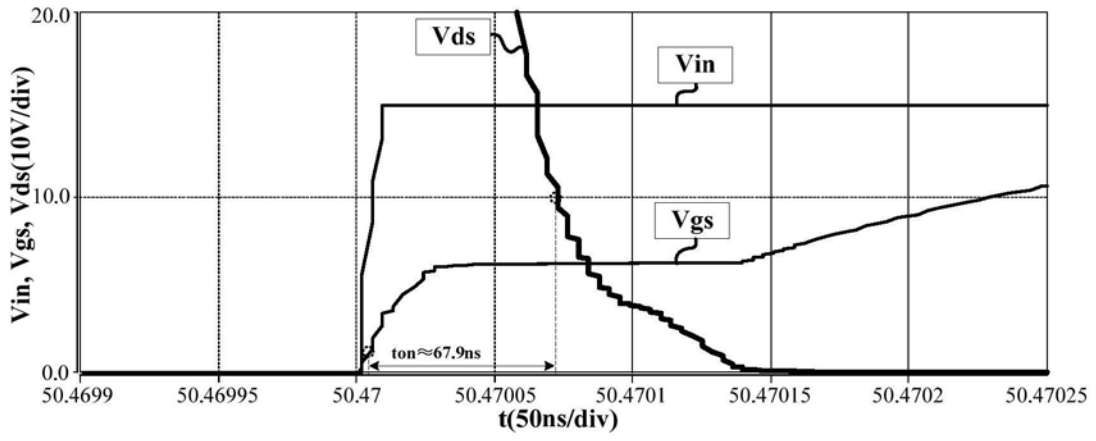


B

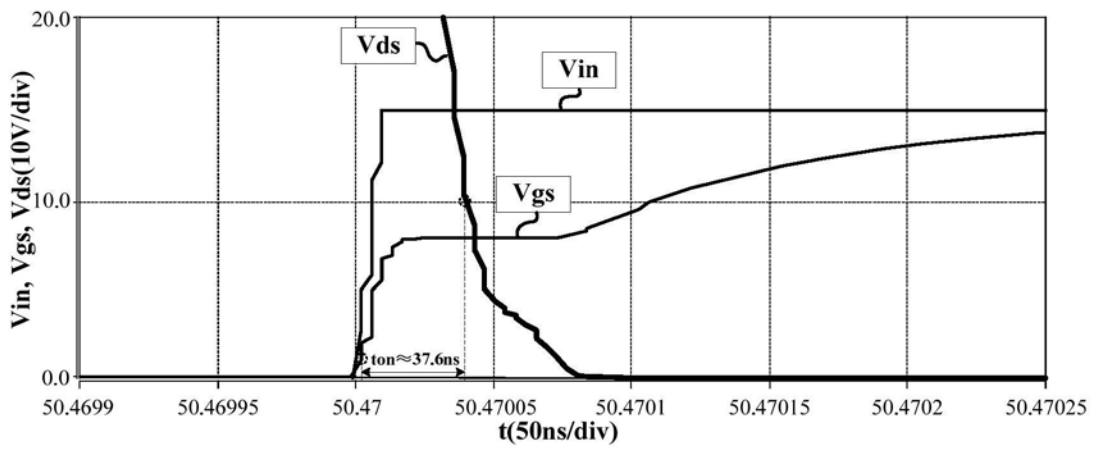


C

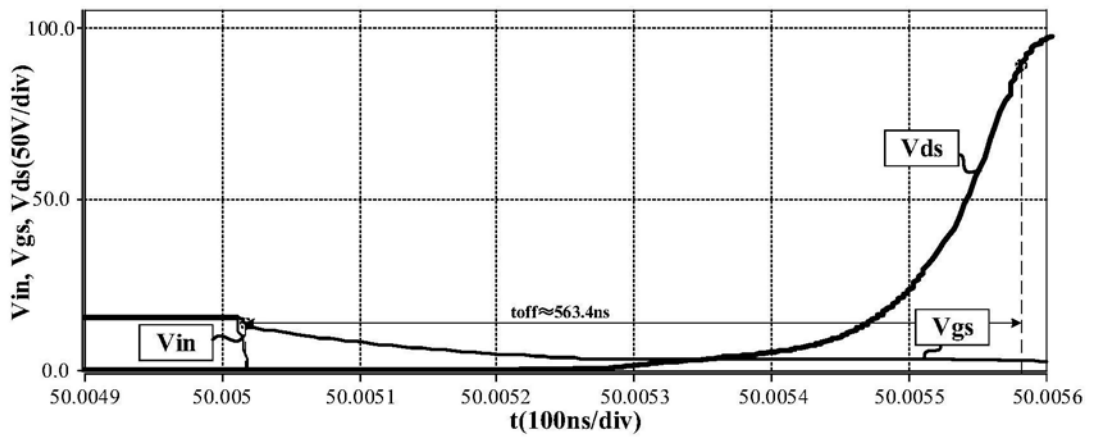
图7



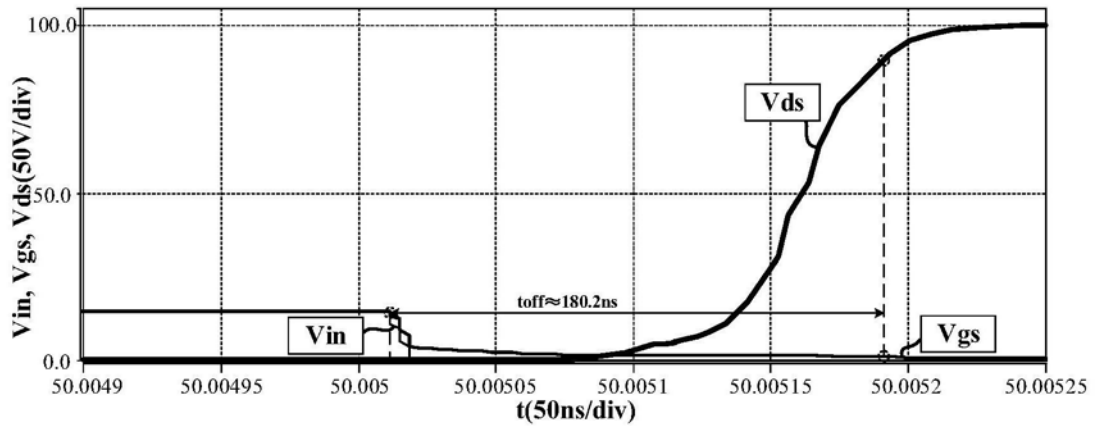
A



B



C



D

图8