



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103414354 A

(43) 申请公布日 2013. 11. 27

(21) 申请号 201310298067. 3

(22) 申请日 2013. 07. 16

(71) 申请人 燕山大学

地址 066004 河北省秦皇岛市海港区河北大街西段 438 号

(72) 发明人 杨秋霞 赵清林 王德玉 于志涛

(74) 专利代理机构 石家庄一诚知识产权事务所  
13116

代理人 李合印

(51) Int. Cl.

H02M 5/10 (2006. 01)

H02M 1/44 (2007. 01)

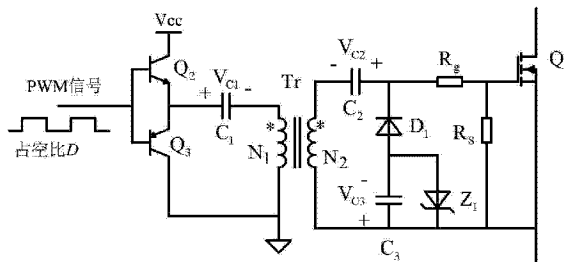
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54) 发明名称

功率开关器件脉冲变压器隔离驱动电路

(57) 摘要

本发明公开了一种功率开关器件脉冲变压器隔离驱动电路,包括一次侧电路、脉冲变压器 Tr 和二次侧电路,所述的一次侧电路包括 NPN 晶体管  $Q_2$ 、PNP 晶体管  $Q_3$  和隔直电容  $C_1$ ;所述的二次侧电路包括功率开关器件  $Q_1$ 、驱动电阻  $R_g$ 、栅极放电电阻  $R_s$ 、二极管  $D_1$ 、补偿电容  $C_2$ 、稳压管  $Z_1$  和负压保持电容  $C_3$ 。本发明可以应用于升压变换器、降压变换器、正激变换器、反激变换器以及半桥、全桥和推挽等所有开关变换器中,并且能够有效的提高开关变换器的可靠性。



1. 一种功率开关器件脉冲变压器隔离驱动电路,包括一次侧电路、脉冲变压器 Tr 和二次侧电路,所述的一次侧电路包括 NPN 晶体管  $Q_2$ 、PNP 晶体管  $Q_3$  和隔直电容  $C_1$ ,NPN 晶体管  $Q_2$  和 PNP 晶体管  $Q_3$  构成图腾柱放大电路,NPN 晶体管  $Q_2$  的集电极与供电电源的正极相连,NPN 晶体管  $Q_2$  的发射极与 PNP 晶体管  $Q_3$  的发射极相连,并且与隔直电容  $C_1$  的一端相连,PNP 晶体管  $Q_3$  的集电极与电路的参考地相连,NPN 晶体管  $Q_2$  的基极和 PNP 晶体管  $Q_3$  的基极连接在一起,作为 PWM 信号的输入端,隔直电容  $C_1$  的另一端与脉冲变压器 Tr 的一次侧绕组的同名端相连,脉冲变压器 Tr 一次侧绕组的异名端与电路的参考地相连;所述的二次侧电路包括功率开关器件  $Q_1$ 、驱动电阻  $R_g$ 、栅极放电电阻  $R_s$ 、二极管  $D_1$  和补偿电容  $C_2$ ,脉冲变压器 Tr 二次侧绕组的同名端与补偿电容  $C_2$  的一端相连,补偿电容  $C_2$  的另一端与二极管  $D_1$  的阴极相连,同时还通过驱动电阻  $R_g$  连接到功率开关器件  $Q_1$  的栅极,栅极放电电阻  $R_s$  并接在功率开关器件  $Q_1$  的栅极与源极之间;其特征在于:

所述的二次侧电路还包括稳压管  $Z_1$  和负压保持电容  $C_3$ ,稳压管  $Z_1$  的阳极与二极管  $D_1$  的阳极连接,稳压管  $Z_1$  的阴极与脉冲变压器 Tr 二次侧绕组的异名端相连,并且连接到功率开关器件  $Q_1$  的源极,负压保持电容  $C_3$  并联在稳压管  $Z_1$  两端。

2. 一种功率开关器件脉冲变压器隔离驱动电路,包括一次侧电路、脉冲变压器 Tr 和二次侧电路,所述的一次侧电路包括 NPN 晶体管  $Q_2$ 、PNP 晶体管  $Q_3$  和隔直电容  $C_1$ ,NPN 晶体管  $Q_2$  和 PNP 晶体管  $Q_3$  构成图腾柱放大电路,NPN 晶体管  $Q_2$  的集电极与供电电源的正极相连,NPN 晶体管  $Q_2$  的发射极与 PNP 晶体管  $Q_3$  的发射极相连,并且与隔直电容  $C_1$  的一端相连,PNP 晶体管  $Q_3$  的集电极与电路的参考地相连,NPN 晶体管  $Q_2$  的基极和 PNP 晶体管  $Q_3$  的基极连接在一起,作为 PWM 信号的输入端,隔直电容  $C_1$  的另一端与脉冲变压器 Tr 的一次侧绕组的同名端相连,脉冲变压器 Tr 一次侧绕组的异名端与电路的参考地相连;所述的二次侧电路包括功率开关器件  $Q_1$ 、驱动电阻  $R_g$ 、栅极放电电阻  $R_s$ 、二极管  $D_1$  和补偿电容  $C_2$ ;补偿电容  $C_2$  的一端与二极管  $D_1$  的阴极相连,同时还通过驱动电阻  $R_g$  连接到功率开关器件  $Q_1$  的栅极,栅极放电电阻  $R_s$  并接在功率开关器件  $Q_1$  的栅极与源极之间;其特征在于:

所述的二次侧电路还包括稳压管  $Z_1$  和负压保持电容  $C_3$ ,脉冲变压器 Tr 的二次侧绕组  $N_2$  的异名端与补偿电容  $C_2$  的另一端相连,稳压管  $Z_1$  的阳极与二极管  $D_1$  的阳极连接,稳压管  $Z_1$  的阴极与脉冲变压器 Tr 二次侧绕组的同名端相连,并且连接到功率开关器件  $Q_1$  的源极,负压保持电容  $C_3$  并联在稳压管  $Z_1$  两端。

3. 一种功率开关器件的脉冲变压器隔离驱动电路,包括一次侧电路、脉冲变压器 Tr、第一二次侧电路和第二二次侧电路;

所述的一次侧电路包括 NPN 晶体管  $Q_2$ 、PNP 晶体管  $Q_3$ 、隔直电容  $C_1$ ,NPN 晶体管  $Q_2$  和 PNP 晶体管  $Q_3$  构成图腾柱放大电路,NPN 晶体管  $Q_2$  的集电极与供电电源的正极相连,NPN 晶体管  $Q_2$  的发射极与 PNP 晶体管  $Q_3$  的发射极相连,并且与隔直电容  $C_1$  的一端相连,PNP 晶体管  $Q_3$  的集电极与一次侧电路的参考地相连,NPN 晶体管  $Q_2$  和 PNP 晶体管  $Q_3$  的基极连接在一起,作为 PWM 信号的输入端;脉冲变压器 Tr 的一次侧绕组  $N_1$  的同名端与隔直电容  $C_1$  的另一端相连,脉冲变压器 Tr 一次侧绕组  $N_1$  的异名端与一次侧电路的参考地相连;其特征在于:

所述的脉冲变压器 Tr 二次侧绕组包括第一二次侧绕组  $N_2$  和第二二次侧绕组  $N_3$ ;

所述的第一二次侧电路包括第一补偿电容  $C_2$ 、第一二极管  $D_1$ 、第一稳压管  $Z_1$ 、第一负压保持电容  $C_3$ 、第一功率开关器件  $Q_1$ 、第一驱动电阻  $R_{g1}$  和第一栅极放电电阻  $R_{s1}$ ,第一补偿电

容  $C_2$  的一端与脉冲变压器 Tr 的第一二次侧绕组  $N_2$  的同名端相连, 第一补偿电容  $C_2$  的另一端与第一二极管  $D_1$  的阴极相连, 并且通过第一驱动电阻  $R_{g1}$  连接到第一功率开关器件  $Q_1$  的栅极, 第一二极管  $D_1$  的阳极与第一稳压管  $Z_1$  的阳极相连, 第一稳压管  $Z_1$  的阴极与脉冲变压器 Tr 的第一二次侧绕组  $N_2$  的异名端相连, 并且连接到第一功率开关器件  $Q_1$  的源极, 第一稳压管  $Z_1$  两端并联第一负压保持电容  $C_3$ , 第一功率开关器件  $Q_1$  的栅源极之间并接第一栅极放电电阻  $R_{s1}$ ;

所述的第二二次侧电路包括第二补偿电容  $C_4$ 、第二二极管  $D_2$ 、第二稳压管  $Z_2$ 、第二负压保持电容  $C_5$ 、第二功率开关器件  $Q_4$ 、第二驱动电阻  $R_{g2}$  和第二栅极放电电阻  $R_{s2}$ , 第二补偿电容  $C_4$  的一端与脉冲变压器 Tr 的第二二次侧绕组  $N_3$  的异名端相连, 第二补偿电容  $C_4$  的另一端与第二二极管  $D_2$  的阴极相连, 并且通过第二驱动电阻  $R_{g2}$  连接到第二功率开关器件  $Q_4$  的栅极, 第二二极管  $D_2$  的阳极与第二稳压管  $Z_2$  的阳极相连, 第二稳压管  $Z_2$  的阴极与脉冲变压器 Tr 的第二二次侧绕组  $N_3$  的同名端相连, 并且连接到第二功率开关器件  $Q_4$  的源极, 第二稳压管  $Z_2$  两端并联第二负压保持电容  $C_5$ , 第二功率开关器件  $Q_4$  的栅源极之间并接第二栅极放电电阻  $R_{s2}$ 。

4. 一种功率开关器件的脉冲变压器隔离驱动电路, 包括一次侧电路、脉冲变压器 Tr、第一二次侧电路和第二二次侧电路;

所述的一次侧电路包括 NPN 晶体管  $Q_2$ 、PNP 晶体管  $Q_3$ 、隔直电容  $C_1$ , NPN 晶体管  $Q_2$  和 PNP 晶体管  $Q_3$  构成图腾柱放大电路, NPN 晶体管  $Q_2$  的集电极与供电电源的正极相连, NPN 晶体管  $Q_2$  的发射极与 PNP 晶体管  $Q_3$  的发射极相连, 并且与隔直电容  $C_1$  的一端相连, PNP 晶体管  $Q_3$  的集电极与一次侧电路的参考地相连, NPN 晶体管  $Q_2$  和 PNP 晶体管  $Q_3$  的基极连接在一起, 作为 PWM 信号的输入端; 脉冲变压器 Tr 的一次侧绕组  $N_1$  的同名端与隔直电容  $C_1$  的另一端相连, 脉冲变压器 Tr 一次侧绕组  $N_1$  的异名端与一次侧电路的参考地相连; 其特征在于:

所述的脉冲变压器 Tr 二次侧绕组包括第一二次侧绕组  $N_2$  和第二二次侧绕组  $N_3$ ;

所述的第一二次侧电路包括第一补偿电容  $C_2$ 、第一二极管  $D_1$ 、第一稳压管  $Z_1$ 、第一负压保持电容  $C_3$ 、第一功率开关器件  $Q_1$ 、第一驱动电阻  $R_{g1}$  和第一栅极放电电阻  $R_{s1}$ , 第一补偿电容  $C_2$  的一端与脉冲变压器 Tr 第一二次侧绕组  $N_2$  的同名端相连, 第一补偿电容  $C_2$  的另一端与第一二极管  $D_1$  的阴极相连, 并且通过第一驱动电阻  $R_{g1}$  连接到第一功率开关器件  $Q_1$  的栅极, 第一二极管  $D_1$  的阳极与第一稳压管  $Z_1$  的阳极相连, 第一稳压管  $Z_1$  的阴极与脉冲变压器 Tr 的第一二次侧绕组  $N_2$  的异名端相连, 并且连接到第一功率开关器件  $Q_1$  的源极, 第一稳压管  $Z_1$  两端并联第一负压保持电容  $C_3$ , 第一功率开关器件  $Q_1$  的栅源极之间并接第一栅极放电电阻  $R_{s1}$ ;

所述的第二二次侧电路包括第二补偿电容  $C_4$ 、第二二极管  $D_2$ 、第二稳压管  $Z_2$ 、第二负压保持电容  $C_5$ 、第二功率开关器件  $Q_4$ 、第二驱动电阻  $R_{g2}$  和第二栅极放电电阻  $R_{s2}$ , 第二补偿电容  $C_4$  的一端与脉冲变压器 Tr 的第二二次侧绕组  $N_3$  的同名端相连, 第二补偿电容  $C_4$  的另一端与第二二极管  $D_2$  的阴极相连, 并且通过第二驱动电阻  $R_{g2}$  连接到第二功率开关器件  $Q_4$  的栅极, 第二二极管  $D_2$  的阳极与第二稳压管  $Z_2$  的阳极相连, 第二稳压管  $Z_2$  的阴极与脉冲变压器 Tr 第二二次侧绕组  $N_3$  的异名端相连, 并且连接到第二功率开关器件  $Q_4$  的源极; 第二稳压管  $Z_2$  两端并联第二负压保持电容  $C_5$ , 第二功率开关器件  $Q_4$  的栅源极之间并接第二栅极放电电阻  $R_{s2}$ 。

## 功率开关器件脉冲变压器隔离驱动电路

### 技术领域

[0001] 本发明涉及开关模式功率变换器领域,具体而言,涉及功率变换器中一种功率开关器件脉冲变压器隔离驱动电路。

### 背景技术

[0002] 在开关模式功率变换器中,功率开关器件经常需要隔离驱动,常规方法是采用光耦隔离加功率放大电路来驱动功率开关器件,但是该方法需要独立的隔离驱动供电电源,这会增加额外的成本和电路的复杂性。在中小功率应用场合,通常采用脉冲变压器隔离驱动电路,以减少额外的驱动电源,降低成本,如图 1 所示,是第一种脉冲变压器隔离驱动电路,它包括晶体管  $Q_2$  和  $Q_3$ , 隔直电容  $C_1$ , 脉冲变压器  $T_r$ ,  $Q_1$  是变换器中的功率开关器件 MOSFET (也可以是 IGBT),  $R_g$  是驱动电阻,  $R_s$  是栅极放电电阻。图 2 所示是图 1 所示驱动电路的主要工作波形图,其中:图 2(a) 所示是 PWM 信号波形,幅值为  $V_{cc}$ , 占空比为  $D$ ; 图 2(b) 所示是隔直电容  $C_1$  的电压波形,考虑隔直电容  $C_1$  的容量足够大,忽略其电压脉动,忽略晶体管的管压降,根据变压器的伏秒平衡原理可知,隔直电容  $C_1$  的电压  $V_{c1}$  等于  $DV_{cc}$ ; 图 2(c) 所示是经过隔离脉冲变压器  $T_r$  后施加在功率开关器件  $Q_1$  栅源极两端的驱动信号,其正的脉冲电压幅值为  $n(1-D)V_{cc}$ , 负的脉冲电压幅值为  $nDV_{cc}$ , 这里  $n$  为脉冲变压器  $T_r$  的匝数比,  $n=N_2/N_1$ 。由此可见,经过脉冲变压器  $T_r$  后,功率开关器件  $Q_1$  得到的驱动信号的正负幅值与 PWM 信号的占空比  $D$  有关,当占空比  $D$  较小时,驱动信号的正幅值较大,负的幅值较小,而当占空比  $D$  较大时,驱动信号的正幅值较小,负的幅值较大,甚至达不到功率开关器件  $Q_1$  所需要的驱动电压幅值,因此,图 1 所示的第一种脉冲变压器隔离驱动电路不适合占空比变化较大的应用场合。

[0003] 为了解决图 1 所示第一种脉冲变压器隔离驱动电路存在的问题,图 3 所示为第二种脉冲变压器隔离驱动电路,这是一种驱动电压幅值不随占空比变化而改变的具有电压恢复能力的脉冲变压器隔离驱动电路,与图 1 所示的电路相比,在二次侧增加了一个二极管  $D_1$  和一个补偿电容  $C_2$ 。图 4 所示是图 3 所示第二种脉冲变压器隔离驱动电路的主要工作波形图,其中:图 4(a) 所示是 PWM 信号波形,幅值为  $V_{cc}$ , 占空比为  $D$ ; 图 4(b) 所示是隔直电容  $C_1$  的电压波形,考虑隔直电容  $C_1$  的容量足够大,忽略其电压脉动,忽略晶体管的管压降,根据变压器的伏秒平衡原理可知,隔直电容  $C_1$  的电压  $V_{c1}$  等于  $DV_{cc}$ ; 图 4(c) 所示是补偿电容  $C_2$  的电压波形,忽略二极管  $D_1$  的管压降,补偿电容  $C_2$  两端电压为  $nDV_{cc}$ , 由图 3 所示的第二种脉冲变压器隔离驱动电路原理可知,补偿电容  $C_2$  的电压可以补偿隔直电容  $C_1$  电压引起的驱动脉冲幅值的下降,从而保持 PWM 信号的脉冲幅值; 图 4(d) 所示是施加在功率开关器件  $Q_1$  栅源极两端的驱动信号,经过补偿电容  $C_2$  电压的补偿后,驱动信号只有正向的脉冲,脉冲幅值为  $nV_{cc}$ , 通常脉冲变压器  $T_r$  匝数比  $n$  取 1, 因此驱动信号完全保持与 PWM 信号一致,并且不受占空比  $D$  的影响。

[0004] 但是,在高可靠性开关变换器中,为了提高功率开关器件工作的可靠性,在开关器件关断期间通常需要施加一定幅值的负电压,以保证功率开关器件不受噪声的影响而误开

通,并且仍然需要其正向脉冲电压幅值和负偏置电压幅值不受占空比  $D$  的影响而保持恒定。

### 发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种功率开关器件脉冲变压器隔离驱动电路,该电路具有一定的负偏置电压,并且驱动信号正脉冲幅值不随占空比  $D$  的改变而变化,从而满足通用开关器件的驱动要求和提高开关器件的抗噪声干扰能力、防止开关器件的误开通。

[0006] 为了实现上述目的,本发明是通过以下技术方案实现的:

[0007] 方案 1:一种功率开关器件脉冲变压器隔离驱动电路,包括一次侧电路、脉冲变压器  $Tr$  和二次侧电路,所述的一次侧电路包括 NPN 晶体管  $Q_2$ 、PNP 晶体管  $Q_3$  和隔直电容  $C_1$ ,NPN 晶体管  $Q_2$  和 PNP 晶体管  $Q_3$  构成图腾柱放大电路,NPN 晶体管  $Q_2$  的集电极与供电电源的正极相连,NPN 晶体管  $Q_2$  的发射极与 PNP 晶体管  $Q_3$  的发射极相连,并且与隔直电容  $C_1$  的一端相连,PNP 晶体管  $Q_3$  的集电极与电路的参考地相连,NPN 晶体管  $Q_2$  的基极和 PNP 晶体管  $Q_3$  的基极连接在一起,作为 PWM 信号的输入端,隔直电容  $C_1$  的另一端与脉冲变压器  $Tr$  的一次侧绕组的同名端相连,脉冲变压器  $Tr$  一次侧绕组的异名端与电路的参考地相连;所述的二次侧电路包括功率开关器件  $Q_1$ 、驱动电阻  $R_g$ 、栅极放电电阻  $R_s$ 、二极管  $D_1$  和补偿电容  $C_2$ ,脉冲变压器  $Tr$  二次侧绕组的同名端与补偿电容  $C_2$  的一端相连,补偿电容  $C_2$  的另一端与二极管  $D_1$  的阴极相连,同时还通过驱动电阻  $R_g$  连接到功率开关器件  $Q_1$  的栅极,栅极放电电阻  $R_s$  并接在功率开关器件  $Q_1$  的栅极与源极之间;

[0008] 所述的二次侧电路还包括稳压管  $Z_1$  和负压保持电容  $C_3$ ,稳压管  $Z_1$  的阳极与二极管  $D_1$  的阳极连接,稳压管  $Z_1$  的阴极与脉冲变压器  $Tr$  二次侧绕组的异名端相连,并且连接到功率开关器件  $Q_1$  的源极,负压保持电容  $C_3$  并联在稳压管  $Z_1$  两端。

[0009] 作为本发明的一种改进,方案 2:一种功率开关器件脉冲变压器隔离驱动电路,包括一次侧电路、脉冲变压器  $Tr$  和二次侧电路,所述的一次侧电路包括 NPN 晶体管  $Q_2$ 、PNP 晶体管  $Q_3$  和隔直电容  $C_1$ ,NPN 晶体管  $Q_2$  和 PNP 晶体管  $Q_3$  构成图腾柱放大电路,NPN 晶体管  $Q_2$  的集电极与供电电源的正极相连,NPN 晶体管  $Q_2$  的发射极与 PNP 晶体管  $Q_3$  的发射极相连,并且与隔直电容  $C_1$  的一端相连,PNP 晶体管  $Q_3$  的集电极与电路的参考地相连,NPN 晶体管  $Q_2$  的基极和 PNP 晶体管  $Q_3$  的基极连接在一起,作为 PWM 信号的输入端,隔直电容  $C_1$  的另一端与脉冲变压器  $Tr$  的一次侧绕组的同名端相连,脉冲变压器  $Tr$  一次侧绕组的异名端与电路的参考地相连;所述的二次侧电路包括功率开关器件  $Q_1$ 、驱动电阻  $R_g$ 、栅极放电电阻  $R_s$ 、二极管  $D_1$  和补偿电容  $C_2$ ;补偿电容  $C_2$  的一端与二极管  $D_1$  的阴极相连,同时还通过驱动电阻  $R_g$  连接到功率开关器件  $Q_1$  的栅极,栅极放电电阻  $R_s$  并接在功率开关器件  $Q_1$  的栅极与源极之间;

[0010] 所述的二次侧电路还包括稳压管  $Z_1$  和负压保持电容  $C_3$ ,脉冲变压器  $Tr$  的二次侧绕组  $N_2$  的异名端与补偿电容  $C_2$  的另一端相连,稳压管  $Z_1$  的阳极与二极管  $D_1$  的阳极连接,稳压管  $Z_1$  的阴极与脉冲变压器  $Tr$  二次侧绕组的同名端相连,并且连接到功率开关器件  $Q_1$  的源极,负压保持电容  $C_3$  并联在稳压管  $Z_1$  两端。

[0011] 作为本发明的另一种改进,通过在脉冲变压器  $Tr$  二次侧增加一个二次绕组  $N_3$ 、一个负压保持电容  $C_4$  和一个补偿电容  $C_5$ 、一个二极管  $D_2$  和一个稳压管  $Z_2$ 、一个功率开关器件

$Q_4$ 、一个驱动电阻  $R_{g2}$  和一个栅极放电电阻  $R_{s2}$ ，构成了具有两路驱动信号的脉冲变压器隔离驱动电路，可以同时驱动两个功率开关器件；所述的脉冲变压器 Tr 二次侧的第一二次绕组  $N_2$  的同名端与由负压保持电容  $C_2$ 、二极管  $D_1$ 、稳压管  $Z_1$  和补偿电容  $C_3$  构成的一个二次侧电路的连接与方案 1 的二次侧电路相同；所述的脉冲变压器 Tr 二次侧的第二二次绕组  $N_3$  的同名端与由负压保持电容  $C_4$ 、二极管  $D_2$ 、稳压管  $Z_2$  和补偿电容  $C_5$  构成的另一个二次侧电路的连接则与方案 2 的二次侧电路相同，使本发明的脉冲变压器隔离驱动电路可以产生两路互补的，正脉冲幅值恒定，并且具有固定的负偏置电压的功率开关器件的驱动信号；所述脉冲变压器 Tr 二次侧的两个二次绕组  $N_2$  和  $N_3$  分别与两个二次侧电路的连接关系与方案 1 所述的连接关系一致，使本发明的脉冲变压器隔离驱动电路可以产生两路同相的，正脉冲幅值恒定，并且具有固定的负偏置电压的功率开关器件的驱动信号，并且两路驱动信号与 PWM 信号逻辑同相。

[0012] 依上述可以有方案 3：一种功率开关器件的脉冲变压器隔离驱动电路，包括一次侧电路、脉冲变压器 Tr、第一二次侧电路和第二二次侧电路；

[0013] 所述的一次侧电路包括 NPN 晶体管  $Q_2$ 、PNP 晶体管  $Q_3$ 、隔直电容  $C_1$ ，NPN 晶体管  $Q_2$  和 PNP 晶体管  $Q_3$  构成图腾柱放大电路，NPN 晶体管  $Q_2$  的集电极与供电电源的正极相连，NPN 晶体管  $Q_2$  的发射极与 PNP 晶体管  $Q_3$  的发射极相连，并且与隔直电容  $C_1$  的一端相连，PNP 晶体管  $Q_3$  的集电极与一次侧电路的参考地相连，NPN 晶体管  $Q_2$  和 PNP 晶体管  $Q_3$  的基极连接在一起，作为 PWM 信号的输入端；脉冲变压器 Tr 的一次侧绕组  $N_1$  的同名端与隔直电容  $C_1$  的另一端相连，脉冲变压器 Tr 一次侧绕组  $N_1$  的异名端与一次侧电路的参考地相连；

[0014] 所述的脉冲变压器 Tr 二次侧绕组包括第一二次侧绕组  $N_2$  和第二二次侧绕组  $N_3$ ；

[0015] 所述的第一二次侧电路包括第一补偿电容  $C_2$ 、第一二极管  $D_1$ 、第一稳压管  $Z_1$ 、第一负压保持电容  $C_3$ 、第一功率开关器件  $Q_1$ 、第一驱动电阻  $R_{g1}$  和第一栅极放电电阻  $R_{s1}$ ，第一补偿电容  $C_2$  的一端与脉冲变压器 Tr 的第一二次侧绕组  $N_2$  的同名端相连，第一补偿电容  $C_2$  的另一端与第一二极管  $D_1$  的阴极相连，并且通过第一驱动电阻  $R_{g1}$  连接到第一功率开关器件  $Q_1$  的栅极，第一二极管  $D_1$  的阳极与第一稳压管  $Z_1$  的阳极相连，第一稳压管  $Z_1$  的阴极与脉冲变压器 Tr 的第一二次侧绕组  $N_2$  的异名端相连，并且连接到第一功率开关器件  $Q_1$  的源极，第一稳压管  $Z_1$  两端并联第一负压保持电容  $C_3$ ，第一功率开关器件  $Q_1$  的栅源极之间并接第一栅极放电电阻  $R_{s1}$ ；

[0016] 所述的第二二次侧电路包括第二补偿电容  $C_4$ 、第二二极管  $D_2$ 、第二稳压管  $Z_2$ 、第二负压保持电容  $C_5$ 、第二功率开关器件  $Q_4$ 、第二驱动电阻  $R_{g2}$  和第二栅极放电电阻  $R_{s2}$ ，第二补偿电容  $C_4$  的一端与脉冲变压器 Tr 的第二二次侧绕组  $N_3$  的异名端相连，第二补偿电容  $C_4$  的另一端与第二二极管  $D_2$  的阴极相连，并且通过第二驱动电阻  $R_{g2}$  连接到第二功率开关器件  $Q_4$  的栅极，第二二极管  $D_2$  的阳极与第二稳压管  $Z_2$  的阳极相连，第二稳压管  $Z_2$  的阴极与脉冲变压器 Tr 的第二二次侧绕组  $N_3$  的同名端相连，并且连接到第二功率开关器件  $Q_4$  的源极，第二稳压管  $Z_2$  两端并联第二负压保持电容  $C_5$ ，第二功率开关器件  $Q_4$  的栅源极之间并接第二栅极放电电阻  $R_{s2}$ 。

[0017] 作为上述方案 3 的一种改进，方案 4：一种功率开关器件的脉冲变压器隔离驱动电路，包括一次侧电路、脉冲变压器 Tr、第一二次侧电路和第二二次侧电路；

[0018] 所述的一次侧电路包括 NPN 晶体管  $Q_2$ 、PNP 晶体管  $Q_3$ 、隔直电容  $C_1$ ，NPN 晶体管  $Q_2$

和 PNP 晶体管  $Q_3$  构成图腾柱放大电路, NPN 晶体管  $Q_2$  的集电极与供电电源的正极相连, NPN 晶体管  $Q_2$  的发射极与 PNP 晶体管  $Q_3$  的发射极相连, 并且与隔直电容  $C_1$  的一端相连, PNP 晶体管  $Q_3$  的集电极与一次侧电路的参考地相连, NPN 晶体管  $Q_2$  和 PNP 晶体管  $Q_3$  的基极连接在一起, 作为 PWM 信号的输入端; 脉冲变压器 Tr 的一次侧绕组  $N_1$  的同名端与隔直电容  $C_1$  的另一端相连, 脉冲变压器 Tr 一次侧绕组  $N_1$  的异名端与一次侧电路的参考地相连;

[0019] 所述的脉冲变压器 Tr 二次侧绕组包括第一二次侧绕组  $N_2$  和第二二次侧绕组  $N_3$ ;

[0020] 所述的第一二次侧电路包括第一补偿电容  $C_2$ 、第一二极管  $D_1$ 、第一稳压管  $Z_1$ 、第一负压保持电容  $C_3$ 、第一功率开关器件  $Q_1$ 、第一驱动电阻  $R_{g1}$  和第一栅极放电电阻  $R_{s1}$ , 第一补偿电容  $C_2$  的一端与脉冲变压器 Tr 第一二次侧绕组  $N_2$  的同名端相连, 第一补偿电容  $C_2$  的另一端与第一二极管  $D_1$  的阴极相连, 并且通过第一驱动电阻  $R_{g1}$  连接到第一功率开关器件  $Q_1$  的栅极, 第一二极管  $D_1$  的阳极与第一稳压管  $Z_1$  的阳极相连, 第一稳压管  $Z_1$  的阴极与脉冲变压器 Tr 的第一二次侧绕组  $N_2$  的异名端相连, 并且连接到第一功率开关器件  $Q_1$  的源极, 第一稳压管  $Z_1$  两端并联第一负压保持电容  $C_3$ , 第一功率开关器件  $Q_1$  的栅源极之间并接第一栅极放电电阻  $R_{s1}$ ;

[0021] 所述的第二二次侧电路包括第二补偿电容  $C_4$ 、第二二极管  $D_2$ 、第二稳压管  $Z_2$ 、第二负压保持电容  $C_5$ 、第二功率开关器件  $Q_4$ 、第二驱动电阻  $R_{g2}$  和第二栅极放电电阻  $R_{s2}$ , 第二补偿电容  $C_4$  的一端与脉冲变压器 Tr 的第二二次侧绕组  $N_3$  的同名端相连, 第二补偿电容  $C_4$  的另一端与第二二极管  $D_2$  的阴极相连, 并且通过第二驱动电阻  $R_{g2}$  连接到第二功率开关器件  $Q_4$  的栅极, 第二二极管  $D_2$  的阳极与第二稳压管  $Z_2$  的阳极相连, 第二稳压管  $Z_2$  的阴极与脉冲变压器 Tr 第二二次侧绕组  $N_3$  的异名端相连, 并且连接到第二功率开关器件  $Q_4$  的源极; 第二稳压管  $Z_2$  两端并联第二负压保持电容  $C_5$ , 第二功率开关器件  $Q_4$  的栅源极之间并接第二栅极放电电阻  $R_{s2}$ 。

[0022] 在方案 1 中, 所述的脉冲变压器隔离驱动电路产生的功率开关器件  $Q_1$  的驱动信号与 PWM 信号逻辑同相, 二极管  $D_1$  和补偿电容  $C_2$  用于补偿隔直电容  $C_1$  引起的驱动电压的电压降, 并且保持驱动电压恒定, 稳压管  $Z_1$  和负压保持电容  $C_3$  用于功率开关器件  $Q_1$  关断期间产生固定的负偏置电压, 以此提高功率开关器件  $Q_1$  的抗干扰能力, 防止其误开通。

[0023] 在方案 2 中, 所述脉冲变压器 Tr 的二次侧绕组  $N_2$  的同名端与上述方案 1 中的脉冲变压器 Tr 的二次侧绕组  $N_2$  的同名端相反, 即脉冲变压器 Tr 的二次侧绕组  $N_2$  的异名端与补偿电容  $C_2$  的一端相连, 脉冲变压器 Tr 的二次侧绕组  $N_2$  的同名端与稳压管  $Z_1$  的阴极相连, 脉冲变压器隔离驱动电路产生的功率开关器件  $Q_1$  的驱动信号与 PWM 信号逻辑反相, 产生的功率开关器件  $Q_1$  的驱动信号正脉冲幅值恒定, 并且具有固定的负偏置电压。

[0024] 在方案 3 中, 所述脉冲变压器的第一二次侧绕组  $N_2$  与第一二次侧电路的连接与方案 1 相同, 脉冲变压器的第二二次侧绕组  $N_3$  与第二二次侧电路的连接与方案 2 相同, 这样可以产生逻辑互补、正脉冲幅值恒定, 并且具有固定的负偏置电压的两路驱动信号, 同时驱动第一功率开关器件  $Q_1$  和第二功率开关器件  $Q_4$  两个功率开关器件。

[0025] 在方案 4 中, 所述脉冲变压器 Tr 二次侧的两个二次绕组  $N_2$  和  $N_3$  分别与两个二次侧电路的连接关系与方案 1 所述的连接关系一致, 使本发明的脉冲变压器隔离驱动电路可以产生两路同相的, 正脉冲幅值恒定, 并且具有固定的负偏置电压的功率开关器件的驱动信号, 并且两路驱动信号与 PWM 信号逻辑同相, 同时驱动第一功率开关器件  $Q_1$  和第二功率

开关器件  $Q_1$  两个功率开关器件。

[0026] 由于采用上述技术方案,本发明提供的一种功率开关器件脉冲变压器隔离驱动电路,具有这样的有益效果:

[0027] 脉冲变压器隔离驱动不需要额外的驱动电源,加入补偿电容、稳压管和负压保持电容后,可以产生具有一定幅值的负偏置电压的脉冲驱动信号,提高了功率开关器件的抗噪声干扰能力,而且还能保证驱动信号正脉冲电压幅值不随占空比变化而改变,拓宽了脉冲变压器隔离驱动的应用范围。

[0028] 本发明的脉冲变压器隔离驱动电路可以应用于升压变换器、降压变换器、正激变换器、反激变换器以及半桥、全桥和推挽等所有开关变换器中,并且能够有效的提高开关变换器的可靠性。

### 附图说明

[0029] 图 1 是第一种脉冲变压器隔离驱动电路;

[0030] 图 2 是图 1 所示电路的主要工作波形;

[0031] 图 3 是第二种脉冲变压器隔离驱动电路;

[0032] 图 4 是图 3 所示电路的主要工作波形;

[0033] 图 5 是本发明的功率开关器件脉冲变压器隔离驱动电路;

[0034] 图 6 是本发明驱动电路的主要工作波形;

[0035] 图 7 是本发明的具有反逻辑输出的功率开关器件脉冲变压器隔离驱动电路;

[0036] 图 8 是本发明的具有反逻辑输出驱动电路的主要工作波形;

[0037] 图 9 是本发明的具有两路逻辑互补驱动信号的功率开关器件脉冲变压器隔离驱动电路;

[0038] 图 10 是本发明的具有两路逻辑同相驱动信号的功率开关器件脉冲变压器隔离驱动电路。

### 具体实施方式

[0039] 下面结合附图与具体实施方式对本发明作进一步详细描述:

[0040] 一种功率开关器件脉冲变压器隔离驱动电路,如图 5 所示,它包括 NPN 晶体管  $Q_2$ 、PNP 晶体管  $Q_3$ 、隔直电容  $C_1$ 、脉冲变压器  $Tr$ 、功率开关器件  $Q_1$ 、驱动电阻  $R_g$ 、栅极放电电阻  $R_s$ 、二极管  $D_1$  和补偿电容  $C_2$ ,NPN 晶体管  $Q_2$  和 PNP 晶体管  $Q_3$  构成图腾柱放大电路,NPN 晶体管  $Q_2$  的集电极与供电电源的正极相连,NPN 晶体管  $Q_2$  的发射极与 PNP 晶体管  $Q_3$  的发射极相连,并且与隔直电容的一端相连,PNP 晶体管  $Q_3$  的集电极与电路的参考地相连,NPN 晶体管  $Q_2$  的基极和 PNP 晶体管  $Q_3$  的基极连接在一起,作为 PWM 信号的输入端,隔直电容  $C_1$  的另一端与脉冲变压器  $Tr$  的一次侧绕组的同名端相连,脉冲变压器  $Tr$  一次侧绕组的异名端与电路的参考地相连,脉冲变压器  $Tr$  二次侧绕组的同名端与补偿电容  $C_2$  的一端相连,补偿电容  $C_2$  的另一端与二极管的阴极相连,并且通过驱动电阻  $R_g$  连接到功率开关器件  $Q_1$  的栅极,栅极放电电阻  $R_s$  并接功率开关器件  $Q_1$  的栅极与源极之间;

[0041] 还包括稳压管  $Z_1$  和负压保持电容  $C_3$ ,稳压管  $Z_1$  的阳极与二极管  $D_1$  的阳极连接,稳压管  $Z_1$  的阴极与脉冲变压器  $Tr$  二次侧绕组的非同名端相连,并且连接到功率开关器件  $Q_1$



的源极, 负压保持电容  $C_3$  并联在稳压管  $Z_1$  两端。

[0042] 图 6 所示是本发明电路的主要工作波形, 图 6(a) 所示是 PWM 信号波形, 幅值为  $V_{cc}$ , 占空比为  $D$ ; 图 6(b) 所示是隔直电容  $C_1$  的电压波形, 考虑隔直电容的容量足够大, 忽略其电压脉动, 忽略晶体管  $Q_2$  和  $Q_3$  的管压降, 根据变压器的伏秒平衡原理可知, 隔直电容的电压  $V_{c1}$  等于  $DV_{cc}$ ; 图 6(c) 所示是补偿电容  $C_2$  的电压波形, 图 6(d) 所示是稳压管  $Z_1$  和滤波电容  $C_3$  的电压波形 (其中  $V_z$  是稳压管  $Z_1$  的反向击穿电压), 图 6(e) 所示是功率开关器件  $Q_1$  的栅极驱动电压波形。当 PWM 信号为正时, NPN 晶体管  $Q_2$  导通,  $V_{cc}$  加在了隔直电容  $C_1$  和变压器  $Tr$  一次侧绕组  $N_1$  的串联支路上,  $N_1$  绕组同名端的电压为  $V_{cc}-V_{c1}=(1-D)V_{cc}$ , 变压器二次侧绕组  $N_2$  两端的感应电压为  $n(1-D)V_{cc}$  (同名端为正), 二极管  $D_1$  承受反压关断, 此时, 施加在功率晶体管  $Q_1$  栅源极之间的正向驱动电压为  $n(1-D)V_{cc}+V_{c2}$ ; 当 PWM 信号由正变为零时, PNP 晶体管  $Q_3$  导通, 隔直电容  $C_1$  两端的电压  $V_{c1}$  施加在变压器一次侧绕组  $N_1$  上,  $N_1$  绕组同名端电压为  $-DV_{cc}$  (同名端为负), 变压器二次侧绕组  $N_2$  两端的感应电压为  $-nDV_{cc}$  (同名端为负), 二极管  $D_1$  承受正向电压而导通, 此时, 隔直电容的能量通过变压器传输到二次侧, 二次侧构成的回路为: 变压器二次侧绕组  $N_2$  的异名端、稳压管  $Z_1$  和负压保持电容  $C_3$  的并联支路、二极管  $D_1$ 、补偿电容  $C_2$ 、 $N_2$  绕组的同名端,  $C_2$  与  $C_3$  两端的电压之和  $V_{c2}+V_{c3}=nDV_{cc}$ , 稳态时,  $V_{c3}$  两端的电压等于稳压管  $Z_1$  的反向击穿电压  $V_z$ , 那么  $C_2$  两端的电压  $V_{c2}=nDV_{cc}-V_z$ , 由此使功率开关器件  $Q_1$  栅源极之间承受负偏置电压, 其幅值为  $V_z$ , 由前面的分析可知功率开关器件  $Q_1$  栅源极之间的正向电压等于  $n(1-D)V_{cc}+V_{c2}=nV_{cc}-V_z$ , 改变稳压管的反向击穿电压  $V_z$  可以改变驱动信号的正向脉冲幅值和负偏置电压幅值, 功率开关器件  $Q_1$  栅源极之间完整的驱动波形如图 6(e) 所示。

[0043] 图 7 所示是本发明的具有反逻辑的脉冲变压器隔离驱动电路, 其与图 5 的区别仅在于脉冲变压器的同名端相反, 从而产生与 PWM 信号逻辑相反的功率开关器件的驱动信号。

[0044] 图 8 所示是图 7 电路的主要工作波形, 图 8(a) 所示是 PWM 信号波形, 幅值为  $V_{cc}$ , 占空比为  $D$ ; 图 8(b) 所示是功率开关器件  $Q_1$  栅源极之间的驱动波形, 其逻辑与 PWM 信号反相, 正脉冲电压幅值仍为  $nV_{cc}-V_z$ , 负偏置电压幅值为  $V_z$ 。

[0045] 图 9 所示是本发明的功率开关器件脉冲变压器隔离驱动电路的拓展电路之一, 具有两路逻辑互补驱动信号的功率开关器件脉冲变压器隔离驱动电路, 其由一次侧电路、脉冲变压器  $Tr$  和两个二次侧电路构成, 一次侧电路包括 NPN 晶体管  $Q_2$ 、PNP 晶体管  $Q_3$  和隔直电容  $C_1$ ; 脉冲变压器  $Tr$  具有一次侧绕组  $N_1$ 、第一二次侧绕组  $N_2$  和第二二次侧绕组  $N_3$ ; 第一二次侧电路包括第一二极管  $D_1$ 、第一补偿电容  $C_2$ 、第一稳压管  $Z_1$ 、第一负压保持电容  $C_3$ 、第一驱动电阻  $R_{g1}$ 、第一栅极放电电阻  $R_{s1}$  和第一功率开关器件  $Q_1$ ; 第二二次侧电路包括第二二极管  $D_2$ 、第二补偿电容  $C_4$ 、第二稳压管  $Z_2$ 、第二负压保持电容  $C_5$ 、第二驱动电阻  $R_{g2}$ 、第二栅极放电电阻  $R_{s2}$  和第二功率开关器件  $Q_4$ ; 一次侧电路及其连接关系与图 5 所示的一次侧电路完全相同; 第一二次侧绕组  $N_2$  与第一二次侧电路的连接关系与图 5 所示的二次侧电路的连接关系相同; 第二二次侧绕组  $N_3$  与第二二次侧电路的连接关系与图 7 所示的二次侧电路的连接关系相同, 可以产生两路逻辑互补的功率器件驱动信号, 同时驱动两个功率开关器件。该电路可以用于不对称半桥变换器或有源箝位正激变换器中需要互补逻辑的两个开关器件的驱动电路。

[0046] 图 10 所示是本发明的功率开关器件脉冲变压器隔离驱动电路的拓展电路之二, 具有两路逻辑同相驱动信号的功率开关器件脉冲变压器隔离驱动电路, 其与图 9 所示电路的区别是两个二次侧电路与脉冲变压器二次侧绕组的连接关系均与图 5 所示二次侧电路的连接关系相同, 可以产生逻辑同相的两路驱动信号, 且与输入 PWM 信号同相, 可以用于双管正激变换器和全桥变换器中控制逻辑完全相同的两个开关器件的驱动。

[0047] 通过对本发明的功率开关器件隔离驱动电路的分析, 可以总结电路有以下特点: 该驱动电路采用脉冲变压器实现电气隔离和驱动信号的传输, 省去了一路隔离驱动电源; 功率开关器件获得的驱动信号具有恒定幅值的负偏置电压, 提高了功率开关器件关断的可靠性; 功率开关器件获得的正向驱动信号的电压幅值不随占空比的变化而变化, 拓宽了脉冲变压器驱动应用的范围。本发明主要应用于功率变换器中功率开关器件的驱动电路。

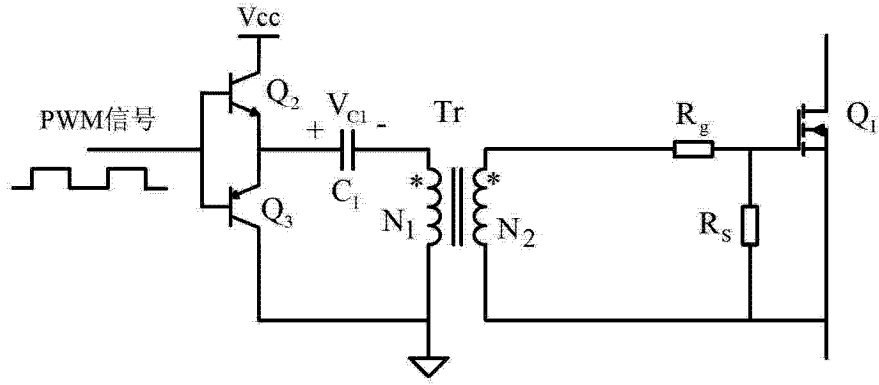


图 1

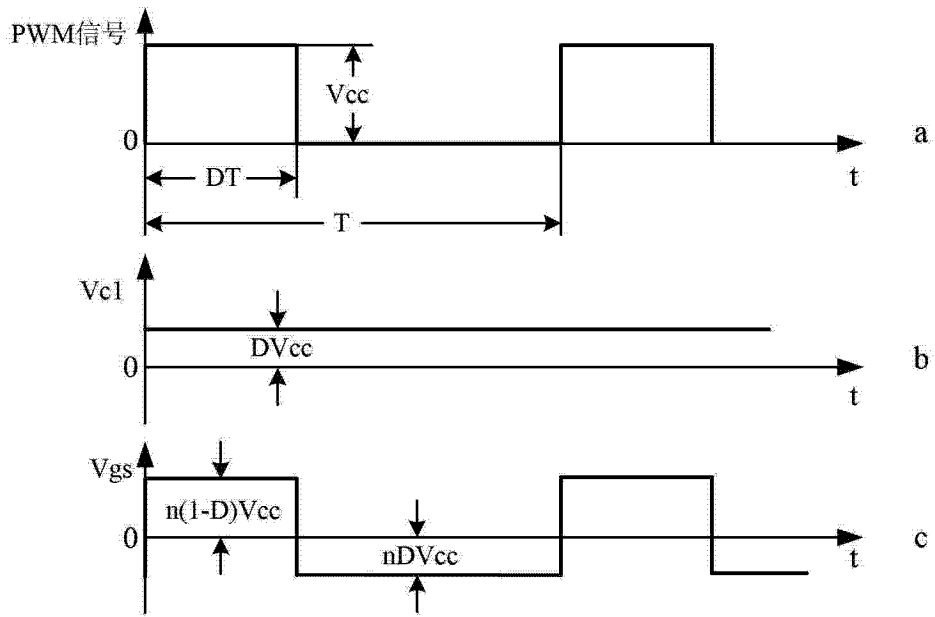


图 2

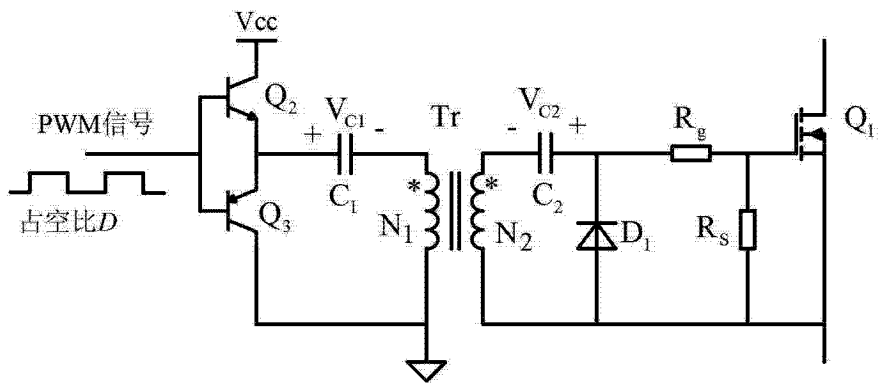


图 3

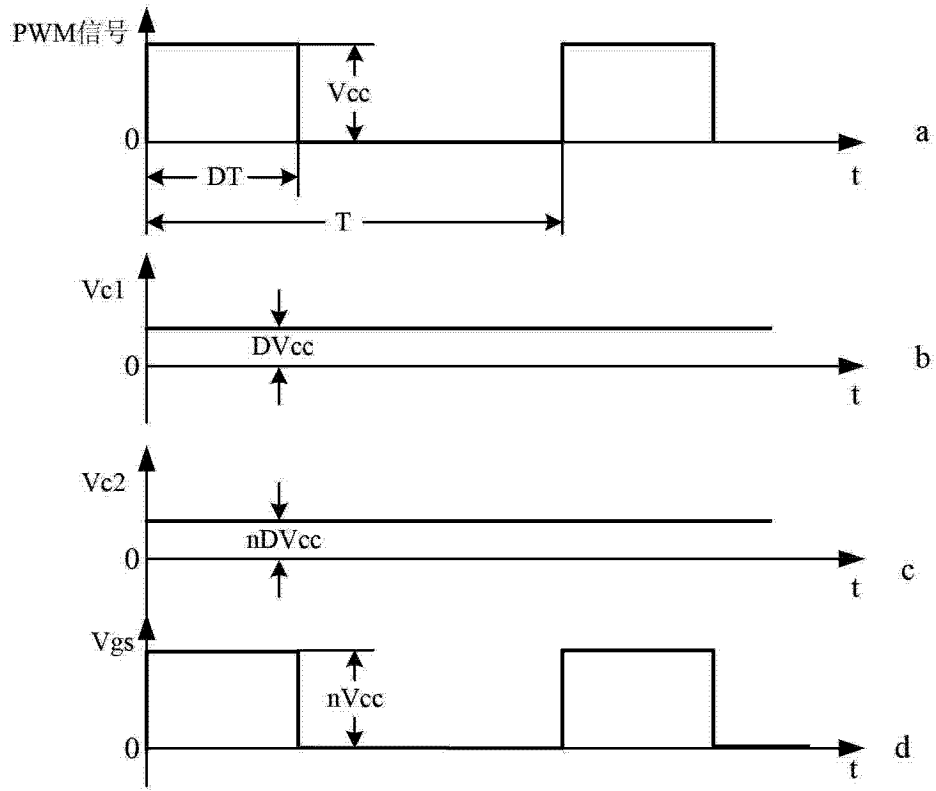


图 4

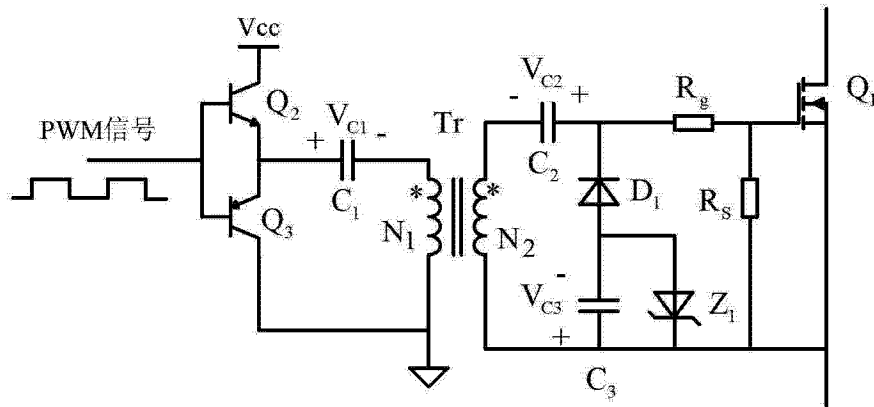


图 5

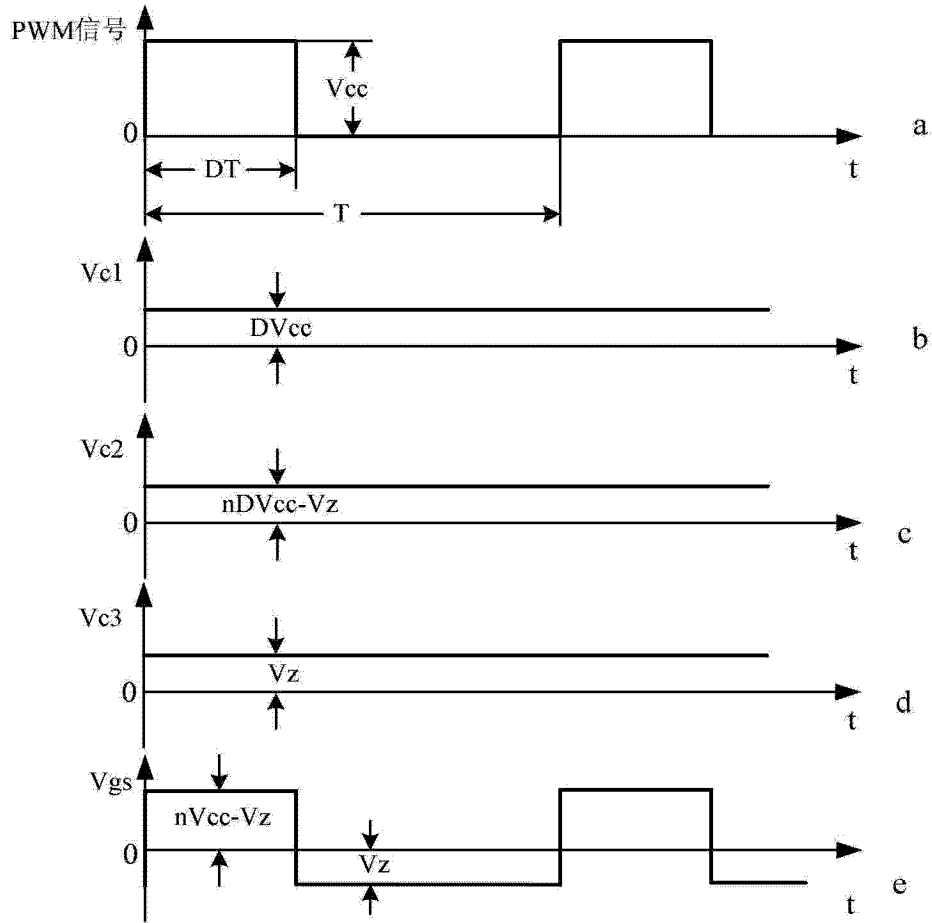


图 6

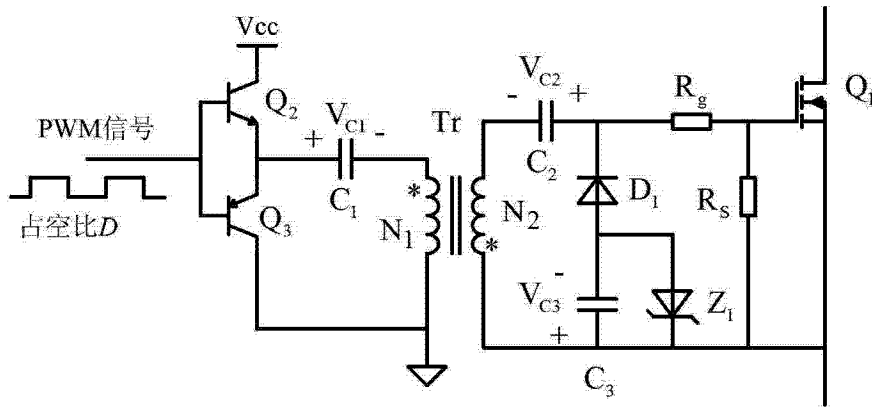


图 7

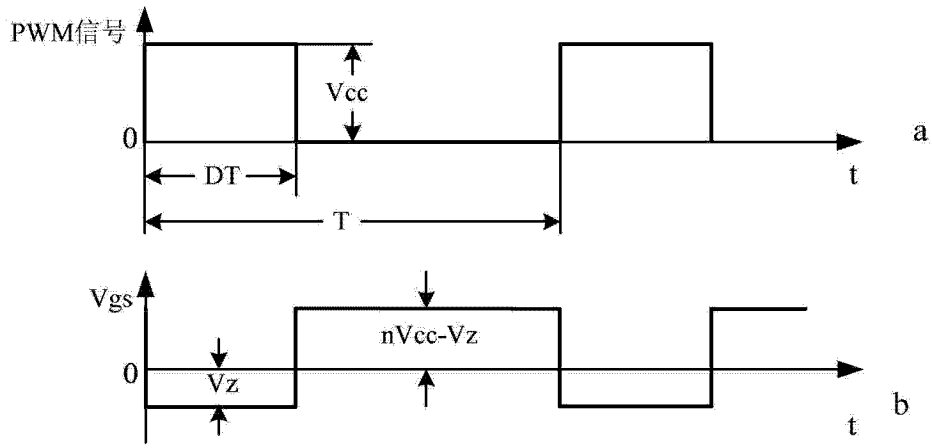


图 8

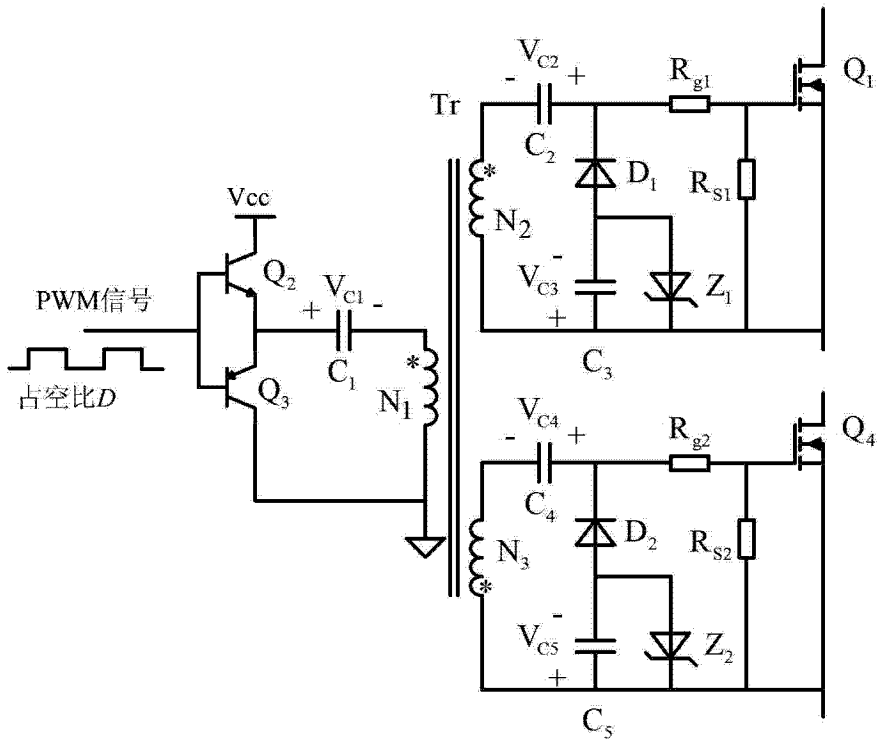


图 9

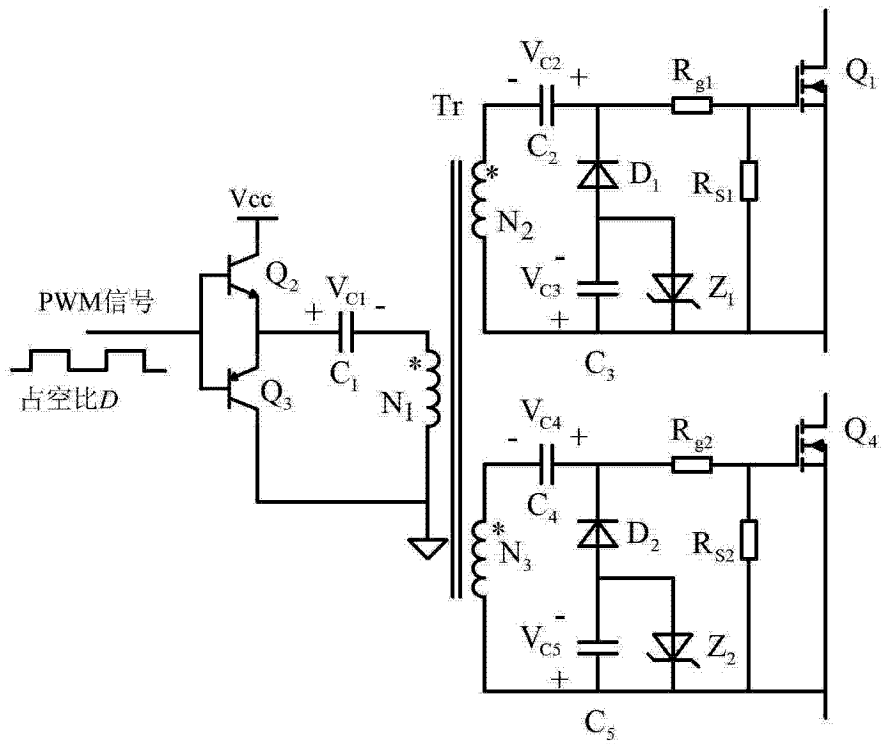


图 10