



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111884491 B

(45) 授权公告日 2022. 04. 08

(21) 申请号 202010595162.X

(51) Int.Cl.

(22) 申请日 2020.06.23

H02M 1/088 (2006.01)

H02M 3/07 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 111884491 A

审查员 姜婷婷

(43) 申请公布日 2020.11.03

(73) 专利权人 华为技术有限公司

地址 518129 广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼

(72) 发明人 马蒂亚斯·安德森

格罗弗·维克多·托瑞克·巴斯科佩

代胜勇 张晓 洪庆祖

(74) 专利代理机构 广州三环专利商标代理有限公司 44202

代理人 熊永强 李稷芳

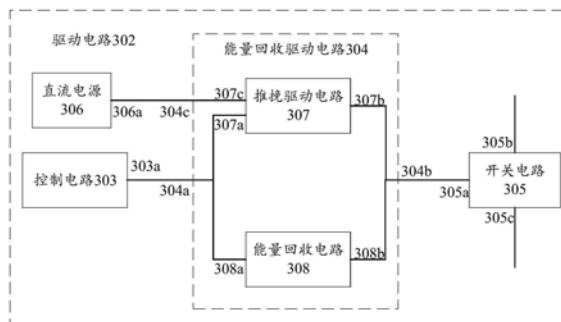
权利要求书3页 说明书12页 附图10页

(54) 发明名称

一种具有能量回收功能的驱动电路及开关电源

(57) 摘要

本发明公开了一种具有能量回收功能的驱动电路,包括:控制电路、能量回收驱动电路、开关电路和直流电源,控制电路,用于控制在第一时刻能量回收驱动电路中的储能电容对开关电路的结电容进行充电,并在第二时刻直流电源通过能量回收驱动电路对开关电路的结电容进行充电,使得开关电路导通;第一时刻在第二时刻之前;并控制在第三时刻开关电路的结电容对能量回收驱动电路中的储能电容进行充电,并在第四时刻开关电路的结电容通过能量回收驱动电路对地放电,使得开关电路关断;第三时刻在第四时刻之前。本发明还公开了一种开关电源。采用本发明实施例可以实现对驱动能量的部分回收再利用,提高能量的使用效率。



1. 一种具有能量回收功能的驱动电路,其特征在于,所述驱动电路包括:控制电路、能量回收驱动电路、开关电路和直流电源,其中,所述能量回收驱动电路包括推挽驱动电路和能量回收电路,所述控制电路与所述推挽驱动电路和所述能量回收电路均连接,所述推挽驱动电路和所述能量回收电路均与所述开关电路连接;所述直流电源与所述推挽驱动电路连接;

所述控制电路,用于控制所述能量回收电路在第一时刻使其中的储能电容对所述开关电路的结电容进行充电;并控制所述推挽驱动电路在第二时刻使所述直流电源通过所述推挽驱动电路对所述开关电路的结电容充电,使得所述开关电路导通;

所述控制电路,用于控制所述能量回收电路在第三时刻使所述开关电路的结电容对所述能量回收电路中的储能电容进行充电;并控制所述推挽驱动电路在第四时刻使所述开关电路的结电容通过所述推挽驱动电路对地放电,使得所述开关电路开断;

所述开关电路包括电阻R4、MOS管M0、电容Cdg和电容Cgs;

其中,所述电阻R4的第一端部连接到所述MOS管M0的栅极,所述电容Cdg的两端分别连接到所述MOS管M0的漏极和栅极,所述电容Cgs的两端分别连接到所述MOS晶体管的源极和栅极,所述MOS管M0的源极连接到所述电阻R4的第二端部;

所述使得所述开关电路导通具体是指使所述MOS管M0的漏极和源极之间导通;

所述使得所述开关电路开断具体是指使所述MOS管M0的漏极和源极之间开断;

所述开关电路的结电容包括所述电容Cds和所述电容Cgs;

所述推挽驱动电路包括NPN型三极管Q1、PNP型三极管Q4、电容C3和电阻R2;

其中,所述三极管Q4的发射极连接到所述三极管Q1的发射极,所述三极管Q4的基极连接到所述三极管Q1的基极,所述电阻R2的第二端部连接到所述三极管Q4的基极,所述电阻R2的第一端部通过电阻R5连接到所述三极管Q4的发射极和所述三极管Q1的发射极之间,所述电容C3的第一端部连接到所述三极管Q4的发射极和所述三极管Q1的发射极之间,所述电容C3的第二端部连接到所述三极管Q4的基极连接到所述三极管Q1的基极之间;所述三极管Q1的集电极接地;

或者,

所述推挽驱动电路包括NPN型三极管Q1、PNP型三极管Q4、电容C3和电容C4;

其中,所述三极管Q4的发射极连接到所述三极管Q1的发射极,所述三极管Q4的基极连接到所述三极管Q1的基极,所述电容C4的第二端部连接到所述三极管Q4的基极,所述电容C4的第一端部通过电阻R5连接到所述三极管Q4的发射极和所述三极管Q1的发射极之间,所述电容C3的第一端部连接到所述三极管Q4的发射极和所述三极管Q1的发射极之间,所述电容C3的第二端部连接到所述三极管Q4的基极连接到所述三极管Q1的基极之间;所述三极管Q1的集电极接地。

2. 根据权利要求1所述的电路,其特征在于,所述能量回收电路包括NPN型三极管Q2、PNP型三极管Q3、钳位二极管D2、钳位二极管D3、电容C2和电阻R1;所述电容C2为所述能量回收驱动电路中的储能电容;

其中所述三极管Q2的发射极连接到所述三极管Q3的发射极,所述三极管Q2的基极和所述三极管Q3的基极均连接到所述电阻R1的第二端部,所述三极管Q2的集电极连接到所述二极管D2的负极,所述三极管Q3的集电极连接到所述二极管D3的正极,所述二极管D3的负极

和二极管D2的正极均连接至所述电容C2的第一端部,所述电容C2的第二端部接地。

3. 根据权利要求1所述的电路,其特征在于,所述能量回收电路包括NPN型三极管Q2、PNP型三极管Q3、钳位二极管D2、钳位二极管D3、电容C2、电容C5和电阻R1;所述电容C2为所述能量回收驱动电路中的储能电容;

其中所述三极管Q2的发射极连接到所述三极管Q3的发射极,所述三极管Q2的基极和所述三极管Q3的基极均连接到所述电阻R1的第二端部和所述电容C5的第二端部,所述电阻R1的第一端部和所述电容C5的第一端部,所述三极管Q2的集电极连接到所述二极管D2的负极,所述三极管Q3的集电极连接到所述二极管D3的正极,所述二极管D3的负极和二极管D2的正极均连接至所述电容C2的第一端部,所述电容C2的第二端部接地。

4. 根据权利要求2或3所述的电路,其特征在于,所述推挽驱动电路和所述能量回收电路均与所述开关电路连接,具体包括:

所述MOS晶体管的栅极连接到所述三极管Q4的发射极和所述三极管Q1的发射极之间,所述MOS晶体管的源极连接到所述三极管Q1的集电极;

所述MOS晶体管的栅极连接到所述三极管Q2的发射极和所述三极管Q3的发射极之间;所述MOS晶体管的源极连接到所述电容C2的第二端部;

所述直流电源与所述推挽驱动电路连接具体包括:所述直流电源的正极与所述三极管Q4的集电极连接,所述直流电源的负极接地。

5. 根据权利要求4所述的电路,其特征在于,所述控制电路包括第一驱动信号发生器,所述控制电路与所述推挽驱动电路和能量回收电路均连接,具体包括:

所述第一驱动信号发生器的正极通过电阻R3连接到所述电阻R2的第一端部和所述电阻R1的第一端部;所述第一驱动信号发生器的负极接地;或者,

所述第一驱动信号发生器的正极通过电阻R3连接到所述电容C4的第一端部和所述电阻R1的第一端部;所述第一驱动信号发生器的负极接地。

6. 根据权利要求5所述的电路,其特征在于,所述控制电路,用于控制所述能量回收电路在所述第一时刻使其中的储能电容对所述开关电路的结电容进行充电,具体包括:

所述第一驱动信号发生器输出驱动信号的上升沿,并在所述第一时刻所述第一驱动信号发生器输出的电压大于所述三极管Q2的导通电压,以使所述电容C2通过所述二极管D2和三极管Q2对所述电容C_{gs}和电容C_{dg}充电;

所述控制电路,用于所述推挽驱动电路在所述第二时刻使所述直流电源通过所述推挽驱动电路对所述开关电路的结电容充电,具体包括:

所述第一驱动信号发生器输出驱动信号的上升沿,并对所述电容C3充电,使得在所述第二时刻所述电容C3上的电压大于所述三极管Q4的导通电压,以实现所述直流电源通过所述三极管Q4对所述电容C_{gs}和电容C_{dg}充电。

7. 根据权利要求5或6所述的电路,其特征在于,所述控制电路,用于控制所述能量回收电路在所述第三时刻使所述开关电路的结电容对所述能量回收电路中的储能电容进行充电,具体包括:

所述第一驱动信号发生器输出驱动信号的下降沿,并在所述第三时刻所述驱动信号的电压与所述开关电路的电容C_{dg}和电容C_{gs}上电压的差值大于所述三极管Q3的导通电压,以使所述开关电路的电容C_{dg}和电容C_{gs}通过所述三极管Q3和所述二极管D3对所述电容C2充

电；

所述控制电路，用于控制所述推挽驱动电路在所述第四时刻使所述开关电路的结电容通过所述推挽驱动电路对地放电，具体包括：

所述第一驱动信号发生器输出驱动信号的下降沿，并使得在所述第四时刻所述电容C3上的电压大于所述三极管Q1的导通电压，以实现所述电容Cgs和电容Cdg通过所述三极管Q1对地放电。

8. 根据权利要求4所述的电路，其特征在于，所述控制电路包括第一驱动信号发生器和第二驱动信号发生器，

所述控制电路与所述推挽驱动电路和能量回收电路均连接，具体包括：

所述第一驱动信号发生器的正极通过电阻R3连接到所述电阻R1的第一端部；所述第一驱动信号发生器的负极接地；所述第二驱动信号发生器的正极通过电阻R6连接到所述电阻R2的第一端部；所述第二驱动信号发生器的负极接地；或者，

所述第一驱动信号发生器的正极通过电阻R3连接到所述电阻R1的第一端部；所述第一驱动信号发生器的负极接地；所述第二驱动信号发生器的正极通过电阻R6连接到所述电容C4的第一端部；所述第二驱动信号发生器的负极接地。

9. 根据权利要求8所述的电路，其特征在于，所述控制电路，用于控制所述能量回收电路在所述第一时刻使其中的储能电容对所述开关电路的结电容进行充电，具体包括：

所述第一驱动信号发生器输出驱动信号的上升沿，并在所述第一时刻所述驱动信号的电压大于所述三极管Q3的导通电压，以使所述电容C2通过所述二极管D2和三极管Q2对所述电容Cgs和电容Cdg充电；

所述控制电路，用于控制所述推挽驱动电路在所述第二时刻使所述直流电源通过所述推挽驱动电路对所述开关电路的结电容充电，具体包括：

所述第二驱动信号发生器输出驱动信号的上升沿，并对所述电容C3充电，使得在所述第二时刻所述电容C3上的电压大于所述三极管Q4的导通电压，以实现所述直流电源通过所述三极管Q4对所述电容Cgs和电容Cdg充电。

10. 根据权利要求8或9所述的电路，其特征在于，所述控制电路，用于控制所述能量回收电路在所述第三时刻使所述开关电路的结电容对所述能量回收电路中的储能电容进行充电，具体包括：

所述第一驱动信号发生器输出驱动信号的下降沿，并在所述第三时刻所述第一驱动信号发生器输出的电压与所述电容Cgs和电容Cdg上电压的差值大于所述三极管Q3的导通电压，以使所述电容Cgs和电容Cdg通过所述三极管Q3和所述二极管D3对所述电容C2充电；

所述控制电路控制所述推挽驱动电路在所述第四时刻使所述开关电路的结电容通过所述推挽驱动电路对地放电，具体包括：

所述第二驱动信号发生器输出驱动信号的下降沿，并使得在所述第四时刻所述电容C3上的电压大于所述三极管Q1的导通电压，以实现所述电容Cgs和电容Cdg通过所述三极管Q1对地放电。

11. 一种开关电源，其特征在于，所述开关电源包括如权利要求1-10任一项所述的驱动电路。

一种具有能量回收功能的驱动电路及开关电源

技术领域

[0001] 本发明涉及电路领域,尤其涉及一种具有能量回收功能的驱动电路及开关电源。

背景技术

[0002] 随着电源及功率模组朝着高密、高效、高频化发展,特别是在大功率应用场景中,需要多个功率管并联应用。

[0003] 图1为现有的采用驱动芯片的驱动电路的结构示意图。如图1所示,驱动芯片内部采用传统的基于(Metal-Oxide-Semiconductor-Field-Effect Transistor, MOSFET)功率场效应晶体管或者三极管(bipolar junction transistor, BJT)的图腾柱推挽电路,通过驱动电阻 R_g 实现对功率管结电容的充放电,充放电的过程中驱动能量会全部消耗在驱动电阻 R_g 和驱动芯片内部的图腾柱推挽电路上。随着并联功率管的数量增大,所需要的驱动损耗也就越大,会降低整个系统的效率。特别是在轻载下,驱动损耗在系统损耗中的占比会急剧上升,严重影响系统轻载效率。

[0004] 因此,现有技术还提出了一种具体能量回收的驱动电路。如图2中的a图和b图所示,在传统的图腾柱推挽电路后增加了谐振电感 L_r 和自由振荡的钳位二极管D1, D2或者MOS管,在功率管关断过程中(S_2 导通),此时功率管Q的结电容和谐振电感发生谐振,将功率管Q的上结电容的能量转移到谐振电感上,从而实现对功率管Q的结电容的驱动能量的回收,在下次开通过程中(S_1 导通),又将谐振电感上储存的能量转移到功率管Q的结电容上。

[0005] 但是在图2中的a图和b图所示电路中增加了谐振电感,使得驱动电路的体积会变得很大,同时也使得驱动电路的控制也变得比传统的驱动电路更加复杂。

发明内容

[0006] 本发明实施例提供一种具有能量回收功能的驱动电路及开关电源,采用发明实施例可以实现对能量的充分利用,并且驱动电路体积小,控制逻辑也简单。

[0007] 第一方面,本发明实施例提供一种具有能量回收功能的驱动电路,包括:控制电路、能量回收驱动电路、开关电路和直流电源,其中,控制电路与能量回收驱动电路连接,该能量回收驱动电路与开关电路的连接,直流电源与能量回收驱动电路连接,

[0008] 控制电路,用于控制能量回收驱动电路在第一时刻使其中的储能电容对开关电路的结电容充电,并在第二时刻使直流电源通过能量回收驱动电路对开关电路的结电容进行充电,使得开关电路导通;

[0009] 该控制电路,还用于控制能量回收驱动电路在第三时刻使开关电路的结电容对能量回收驱动电路中的储能电容进行充电,并在第四时刻使开关电路的结电容通过能量回收驱动电路对地放电,使得开关电路开断。

[0010] 通过控制能量回收驱动电路的工作状态,对存储在开关电路的结电容上的一部分驱动能量转移到能量回收驱动电路的储能电容上,实现了驱动能量的回收再利用,避免了驱动能量全部消耗在驱动电阻上,从而实现驱动损耗大幅下降,使得整机效率更高,并且控

制逻辑简单。

[0011] 在一个可行的实施例中,能量回收驱动电路包括推挽驱动电路和能量回收电路,控制电路与推挽驱动电路和能量回收电路均连接,推挽驱动电路和能量回收电路均与开关电路连接;直流电源与推挽驱动电路连接,控制电路,用于控制能量回收驱动电路在第一时刻使其中的储能电容对开关电路的结电容充电,并在第二时刻使直流电源通过能量回收驱动电路对开关电路的结电容进行充电,包括:

[0012] 控制电路,用于控制所述能量回收电路在第一时刻使其中的储能电容对开关电路的结电容进行充电;并控制推挽驱动电路第二时刻使直流电源通过推挽驱动电路对开关电路的结电容充电;

[0013] 控制电路,还用于控制能量回收驱动电路在第三时刻使开关电路的结电容对能量回收驱动电路中的储能电容进行充电,并在第四时刻使开关电路的结电容通过能量回收驱动电路对地放电,包括:

[0014] 控制电路,用于控制能量回收电路在第三时刻使开关电路的结电容对能量回收电路中的储能电容进行充电;并控制推挽驱动电路在第四时刻使开关电路的结电容通过推挽驱动电路对地放电。

[0015] 可选地,开关电路包括电阻R4、MOS管M0、电容Cdg和电容Cgs;其中,电阻R4的第一端部连接到MOS管M0的栅极,电容Cdg的两端分别连接到所述MOS管M0的漏极和栅极,电容Cgs的两端分别连接到所述MOS晶体管的源极和栅极,所述MOS管M0的源极连接到电阻R4的第二端部;

[0016] 使得所述开关电路导通和开断具体是指使MOS管M0的漏极和源极之间导通和开断;开关电路的结电容包括电容Cds和所述电容Cgs。

[0017] 其中,MOS管M0为NPN型MOS管。

[0018] 可选地,推挽驱动电路包括NPN型三极管Q1、PNP型三极管Q4、电容C3和电阻R2;

[0019] 其中,三极管Q4的发射极连接到三极管Q1的发射极,三极管Q4的基极连接到三极管Q1的基极,电阻R2的第二端部连接到三极管Q4的基极,电阻R2的第一端部通过电阻R5连接到三极管Q4的发射极和三极管Q1的发射极之间,电容C3的第一端部连接到所述三极管Q4的发射极和所述三极管Q1的发射极之间,电容C3的第二端部连接到三极管Q4的基极连接到三极管Q1的基极之间;三极管Q1的集电极接地。

[0020] 可选地,能量回收电路包括NPN型三极管Q2、PNP型三极管Q3、钳位二极管D2、钳位二极管D3、电容C2和电阻R1;电容C2为能量回收驱动电路中的储能电容;

[0021] 其中三极管Q2的发射极连接到三极管Q3的发射极,三极管Q2的基极和三极管Q3的基极均连接到电阻R1的第二端部,三极管Q2的集电极连接到二极管D2的负极,三极管Q3的集电极连接到二极管D3的正极,二极管D3的负极和二极管D2的正极均连接至电容C2的第一端部,电容C2的第二端部接地。

[0022] 可选地,推挽驱动电路包括NPN型三极管Q1、PNP型三极管Q4、电容C3和电容C4;

[0023] 其中,三极管Q4的发射极连接到三极管Q1的发射极,三极管Q4的基极连接到三极管Q1的基极,电容C4的第二端部连接到三极管Q4的基极,电容C4的第一端部通过电阻R5连接到三极管Q4的发射极和三极管Q1的发射极之间,电容C3的第一端部连接到三极管Q4的发射极和三极管Q1的发射极之间,电容C3的第二端部连接到三极管Q4的基极连接到三极管Q1

的基极之间；三极管Q1的集电极接地。

[0024] 可选地，能量回收电路包括NPN型三极管Q2、PNP型三极管Q3、钳位二极管D2、钳位二极管D3、电容C2、电容C5和电阻R1；电容C2为能量回收驱动电路中的储能电容；

[0025] 其中三极管Q2的发射极连接到三极管Q3的发射极，三极管Q2的基极和三极管Q3的基极均连接到电阻R1的第二端部和电容C5的第二端部，电阻R1的第一端部和电容C5的第一端部，三极管Q2的集电极连接到二极管D2的负极，三极管Q3的集电极连接到二极管D3的正极，二极管D3的负极和二极管D2的正极均连接至电容C2的第一端部，电容C2的第二端部接地。

[0026] 可选地，上述二极管D2的参数和二极管D3的参数相同。

[0027] 可选地，三极管Q1的参数和三极管Q3的参数相同，三极管Q2的参数和三极管Q4的参数相同。

[0028] 在一个可行的实施例中，开关电路包括电容C_{dg}和电容C_{gs}和等效驱动下拉电阻R4，推挽驱动电路和能量回收电路均与开关电路连接，具体包括：

[0029] MOS晶体管的栅极连接到三极管Q4的发射极和三极管Q1的发射极之间，MOS晶体管的源极连接到三极管Q1的集电极；

[0030] MOS晶体管的栅极连接到三极管Q2的发射极和所述三极管Q3的发射极之间，MOS晶体管的源极连接到电容C2的第二端部；

[0031] 直流电源与推挽驱动电路连接具体包括：直流电源的正极与三极管Q的集电极连接，直流电源的负极接地。

[0032] 在一个可行的实施例中，控制电路包括第一驱动信号发生器，

[0033] 控制电路与所述推挽驱动电路和能量回收电路均连接，具体包括：

[0034] 第一驱动信号发生器的正极通过电阻R3连接到电阻R2的第一端部和电阻R1的第一端部；第一驱动信号发生器的负极接地；或者，

[0035] 第一驱动信号发生器的正极通过电阻R3连接到电容C4的第一端部和电阻R1的第一端部；第一驱动信号发生器的负极接地。

[0036] 在一个可行的实施例中，控制电路，用于控制能量回收电路在第一时刻使其中的储能电容对开关电路的结电容进行充电，具体包括：

[0037] 第一驱动信号发生器输出驱动信号的上升沿，并在第一时刻所述第一驱动信号发生器输出的电压大于三极管Q2的导通电压，以使电容C2通过二极管D2和三极管Q2对开关电路的电容C_{dg}和电容C_{gs}充电；

[0038] 控制电路，用于控制推挽驱动电路在第二时刻使直流电源通过推挽驱动电路对开关电路的结电容充电，具体包括：

[0039] 第一驱动信号发生器输出驱动信号的上升沿，并对电容C3充电，使得在第二时刻电容C3上的电压大于三极管Q4的导通电压，以实现直流电源通过三极管Q4对电容C_{dg}和电容C_{gs}充电。

[0040] 在一个可行的实施例中，控制电路，用于控制所述能量回收电路在第三时刻使开关电路的结电容对能量回收电路中的储能电容进行充电，具体包括：

[0041] 第一驱动信号发生器输出驱动信号的下降沿，并在第三时刻驱动信号的电压与开关电路的电容C_{dg}和电容C_{gs}上电压的差值大于三极管Q3的导通电压，以使开关电路的电容

Cdg和电容Cgs通过三极管Q3和二极管D3对电容C2充电；

[0042] 控制电路,用于控制推挽驱动电路在第四时刻使开关电路的结电容通过推挽驱动电路对地放电,具体包括:

[0043] 第一驱动信号发生器输出驱动信号的下降沿,并使得在第四时刻电容C3上的电压大于三极管Q1的导通电压,以实现开关电路的电容Cdg和电容Cgs通过三极管Q1对地放电。

[0044] 在一个可行的实施例中,控制电路包括第一驱动信号发生器和第二驱动信号发生器,

[0045] 控制电路与推挽驱动电路和能量回收电路均连接,具体包括:

[0046] 第一驱动信号发生器的正极通过电阻R3连接到电阻R1的第一端部;第一驱动信号发生器的负极接地;第二驱动信号发生器的正极通过电阻R6连接到电阻R2的第一端部;第二驱动信号发生器的负极接地;或者,

[0047] 第一驱动信号发生器的正极通过电阻R3连接到电阻R1的第一端部;第一驱动信号发生器的负极接地;第二驱动信号发生器的正极通过电阻R6连接到电容C4的第一端部;第二驱动信号发生器的负极接地。

[0048] 在一个可行的实施例中,控制电路,用于控制所述能量回收电路在第一时刻使其中的储能电容对开关电路的结电容进行充电,具体包括:

[0049] 第一驱动信号发生器输出驱动信号的上升沿,并在第一时刻驱动信号的电压大于三极管Q3的导通电压,以使电容C2通过二极管D2和三极管Q2对开关电路的电容Cdg和电容Cgs充电;

[0050] 控制电路用于推挽驱动电路在第二时刻使直流电源通过推挽驱动电路对开关电路的结电容充电,具体包括:

[0051] 第二驱动信号发生器输出驱动信号的上升沿,并对电容C3充电,使得在第二时刻电容C3上的电压大于三极管Q4的导通电压,以实现直流电源通过三极管Q4对电容充电。

[0052] 在一个可行的实施例中,控制电路,还用于控制能量回收电路在第三时刻使开关电路的结电容对能量回收电路中的储能电容进行充电,具体包括:

[0053] 第一驱动信号发生器输出驱动信号的下降沿,并在第三时刻第一驱动信号发生器输出的电压与开关电路的电容Cdg和电容Cgs上电压的差值大于三极管Q3的导通电压,以使开关电路的电容Cdg和电容Cgs通过三极管Q3和二极管D3对电容C2充电;

[0054] 控制电路,用于控制推挽驱动电路在第四时刻使开关电路的结电容通过推挽驱动电路对地放电,具体包括:

[0055] 第二驱动信号发生器输出驱动信号的下降沿,并使得在第四时刻电容C3上的电压大于三极管Q1的导通电压,以实现开关电路的电容Cdg和电容Cgs通过所述三极管Q1对地放电。

[0056] 其中,上述第一驱动信号发生器和第二驱动信号发生器可以是但不限于驱动芯片。

[0057] 第二方面,本发明实施例提供一种开关电源,该开关电源包括第一方面所述的驱动电路的部分或全部。

[0058] 本发明的这些方面或其他方面在以下实施例的描述中会更加简明易懂。

附图说明

[0059] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,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附图。

[0060] 图1为现有技术中的一种驱动电路;

[0061] 图2为现有技术中的一种具有能量回收功能的电路;

[0062] 图3为本发明实施例提供的一种具有能量回收功能的驱动电路的应用场景示意图;

[0063] 图4为本发明实施例提供的一种具有能量回收功能的驱动电路的结构示意图;

[0064] 图5a为本发明实施例提供的一种具有能量回收功能的驱动电路的具体结构示意图;

[0065] 图5b为储能电容对开关电路的结电容充电时能量流向示意图;

[0066] 图5c为开关电路的结电容对储能电容充电时能量流向示意图;

[0067] 图5d为本发明实施例提供的一种具有能量回收功能的驱动电路工作时各器件上的电压变化示意图;

[0068] 图6a为本发明实施例提供的另一种具有能量回收功能的驱动电路的具体结构示意图;

[0069] 图6b为储能电容对开关电路的结电容充电时能量流向示意图;

[0070] 图6c为开关电路的结电容对储能电容充电时能量流向示意图;

[0071] 图7为本发明实施例提供的另一种具有能量回收功能的驱动电路的具体结构示意图;

[0072] 图8为本发明实施例提供的另一种具有能量回收功能的驱动电路的具体结构示意图。

具体实施方式

[0073] 下面结合附图对本申请的实施例进行描述。

[0074] 参见图3,图3为本发明实施例提供的一种具有能量回收功能的驱动电路的应用场景示意图。如图3所示,该应用场景包括开关电源30和用电器31,其中,开关电源30与用电器31连接。

[0075] 开关电源30包括电源301和驱动电路302;电源驱动电路302的第一端口302a与电源301连接,驱动电路302的第二端口302b与用电器31连接。

[0076] 通过驱动电路302来控制电源301与用电器31之间回路的导通和断开,进而实现开关电源的功能。

[0077] 在此需要指出的是,本发明公开的具有能量回收功能的驱动电路还可以应用于其他电路,比如逆变器等。

[0078] 参见图4,图4为本发明实施例提供的一种具有能量回收功能的驱动电路的架构示意图。如图4所示,该驱动电路302包括控制电路303、能量回收驱动电路304、开关电路305和直流电源306,其中控制电路303的控制端303a与能量回收驱动电路304的第一端口304a连

接,直流电源306的输出端306a与能量回收驱动电路304的第三端口304c连接,能量回收驱动电路304的第二端口304b与开关电路305的第一端口305a连接。

[0079] 其中,控制电路303用于控制能量回收驱动电路304在第一时刻使其中的储能电容对开关电路305的结电容充电,并在第二时刻使直流电源306通过能量回收驱动电路304对开关电路305的结电容进行充电,使得开关电路305导通,其中第一时刻在第二时刻之前;

[0080] 控制电路303还用于控制能量回收驱动电路304在第三时刻使开关电路305的结电容对能量回收驱动电路304中的储能电容进行充电,并在第四时刻使开关电路305的结电容通过能量回收驱动电路304对地放电,使得开关电路305开断,第三时刻在第四时刻之前。

[0081] 其中,开关电路305导通和开断具体是指:开关电路305的第二端口和第三端口之间导通和开断。

[0082] 其中,开关电路305的第二端口305b和第三端口305c分别连接在用电器31和电源301,通过控制电路303控制开关电路305的第二端口305b和第三端口305c之间关断和导通,从而实现电源301与用电器31之间回路的导通和断开。

[0083] 进一步地,能量回收驱动电路304包括推挽驱动电路307和能量回收电路308,能量回收驱动电路304的第一端口304a包括推挽驱动电路307的第一端口307a和能量回收电路308的第一端口308a,能量回收驱动电路304的第二端口304b包括推挽驱动电路307的第二端口307b和能量回收电路308的第二端口308b,

[0084] 其中,控制电路303的控制端303a与能量回收驱动电路304的第一端口304a连接,具体包括:控制电路303的控制端303a与推挽驱动电路307的第一端口307a和能量回收电路308的第一端口308a均连接;能量回收驱动电路304的第二端口304b与开关电路305的第一端口305a连接具体包括:推挽驱动电路307的第二端口307b和能量回收电路308的第二端口308b均与开关电路305的第一端口305a连接,直流电源306的输出端306a与能量回收驱动电路304的第三端口304c具体是指直流电源306的输出端306a与推挽驱动电路307的第三端口307c连接;

[0085] 具体地,控制电路303控制能量回收驱动电路304在第一时刻使其中的储能电容对开关电路305的结电容进行充电,并在第二时刻使直流电源306通过能量回收驱动电路304对开关电路305的结电容进行充电具体包括:

[0086] 控制电路303控制能量回收电路308在第一时刻使能量回收电路308中的储能电容对开关电路305的结电容进行充电;并控制推挽驱动电路307在第二时刻使直流电源306通过推挽驱动电路307对开关电路305的结电容充电;

[0087] 控制电路303控制能量回收驱动电路304在第三时刻使所述开关电路305的结电容对能量回收驱动电路304中的储能电容进行充电,并在第四时刻使开关电路305的结电容通过能量回收驱动电路304对地放电,具体包括:

[0088] 控制电路303控制能量回收电路308在第三时刻使开关电路的结电容对能量回收电路308中的储能电容进行充电;并控制推挽驱动电路307在第四时刻使开关电路305的结电容通过推挽驱动电路307对地放电。

[0089] 可选地,如图5a或图6a所示,开关电路包括电阻R4、MOS管M0、电容Cdg和电容Cgs,其中,电阻R4的第一端部连接到MOS管M0的栅极,电容Cdg的两端分别连接到MOS管M0的漏极和栅极,电容Cgs的两端分别连接到MOS晶体管的栅极和源极,MOS管M0的源极连接到电阻R4

的第二端部。

[0090] 其中,开关电路305的第二端部305b和第三端部305c分别包括MOS管M0的漏极和源极,开关电路305的第二端口和第三端口之间导通和开断是指MOS管M0的漏极和源极之间导通和开断。

[0091] 其中,在本申请中,开关电路305的结电容包括电容Cdg和电容Cgs。

[0092] 可选地,开关电路305还包括电容Cds,该电容Cds的两端分别连接到MOS管M0的漏极和源极。

[0093] 可选地,MOS管M0为NPN型MOS管。

[0094] 其中,上述MOS管可以是但不限于普通的硅基功率场效应晶体管(Si MOSFET),碳化硅高电子迁移率晶体管(silicon carbide high electron mobility transistors,SiC HEMT),氮化镓高电子迁移率晶体管(gallium nitride high electron mobility transistors,GaN HEMT)等。

[0095] 可选地,如图5a或图6a所示,推挽驱动电路307包括NPN型三极管Q1、PNP型三极管Q4、电容C3和电阻R2;

[0096] 其中,三极管Q4的发射极连接到三极管Q1的发射极,三极管Q4的基极连接到三极管Q1的基极,电阻R2的第二端部连接到三极管Q4的基极,电阻R2的第一端部通过电阻R5连接到三极管Q4的发射极和三极管Q1的发射极之间,电容C3的第一端部连接到三极管Q4的发射极和三极管Q1的发射极之间,电容C3的第二端部连接到三极管Q4的基极连接到三极管Q1的基极之间;三极管Q1的集电极均接地。

[0097] 可选地,如图5a或图6a所示,能量回收电路308包括NPN型三极管Q2、PNP型三极管Q3、钳位二极管D2、钳位二极管D3、电容C2和电阻R1;电容C2为能量回收驱动电路304中的储能电容;

[0098] 其中,三极管Q2的发射极连接到三极管Q3的发射极,三极管Q2的基极和三极管Q3的基极均连接到电阻R1的第二端部,三极管Q2的集电极连接到二极管D2的负极,三极管Q3的集电极连接到二极管D3的正极,二极管D3的负极和二极管D2的正极均连接至电容C2的第一端部,电容C2的第二端部接地。

[0099] 可选地,如图7或图8所示,推挽驱动电路包括NPN型三极管Q1、PNP型三极管Q4、电容C3和电容C4;

[0100] 其中,三极管Q4的发射极连接到三极管Q1的发射极,三极管Q4的基极连接到三极管Q1的基极,电容C4的第二端部连接到三极管Q4的基极,电容C4的第一端部通过电阻R5连接到三极管Q4的发射极和三极管Q1的发射极之间,电容C3的第一端部连接到三极管Q4的发射极和三极管Q1的发射极之间,电容C3的第二端部连接到三极管Q4的基极连接到三极管Q1的基极之间;三极管Q1的集电极接地。

[0101] 可选地,如图7或图8所示,能量回收电路包括NPN型三极管Q2、PNP型三极管Q3、钳位二极管D2、钳位二极管D3、电容C2、电容C5和电阻R1;电容C2为能量回收驱动电路304中的储能电容;

[0102] 其中三极管Q2的发射极连接到三极管Q3的发射极,三极管Q2的基极和三极管Q3的基极均连接到电阻R1的第二端部和电容C5的第二端部,电阻R1的第一端部和电容C5的第一端部,三极管Q2的集电极连接到二极管D2的负极,三极管Q3的集电极连接到二极管D3的正

极,二极管D3的负极和二极管D2的正极均连接至电容C2的第一端部,电容C2的第二端部接地。

[0103] 可选地,钳位二极管D2的参数和钳位二极管D3的参数相同。

[0104] 可选地,三极管Q1的参数和三极管Q3的参数相同,三极管Q2的参数和三极管Q4的参数相同。

[0105] 如图5a或图6a所示,推挽驱动电路307的第二端口307b和能量回收电路308的第二端口308b均连接到开关电路305的第一端口305a,具体包括:

[0106] MOS晶体管的栅极连接到三极管Q4的发射极和三极管Q1的发射极之间,MOS晶体管的源极连接到三极管Q1的集电极;

[0107] MOS晶体管的栅极连接到三极管Q2的发射极和三极管Q3的发射极之间;MOS晶体管的源极连接到电容C2的第二端部;

[0108] 直流电源306与推挽驱动电路连接具体包括:直流电源306的正极与三极管Q4的集电极连接,直流电源306的负极接地。

[0109] 控制电路303包括第一驱动信号发生器V1,控制电路303的控制端304a与推挽驱动电路307的第一端口307a和能量回收电路308的第一端口308a均连接,具体包括:

[0110] 如图5a所示,第一驱动信号发生器V1的正极通过电阻R3连接到推挽驱动电路307中电阻R2的第一端部和能量回收电路308中电阻R1的第一端部;第一驱动信号发生器V1的负极接地;或者,

[0111] 如图7所示,第一驱动信号发生器V1的正极通过电阻R3连接到推挽驱动电路307中电容C4的第一端部,和能量回收电路308中电阻R1的第一端部及电容C5的第一端部。

[0112] 具体地,如图5a所示,第一驱动信号发生器V1输出驱动信号,在输出驱动信号的上升沿时,第一驱动信号发生器输出的电压V1逐渐增大,并在第一时刻第一驱动信号发生器V1输出的电压V1大于能量回收电路308中三极管Q2的导通电压 V_{be2} ,比如0.7V时,此时三极管Q2的集电极和发射极导通,能量回收电路308的电容C2通过二极管D2和三极管Q2对开关电路305的电容C_{dg}和电容C_{gs}充电,直至电容C2上的电压小于开关电路305的电容C_{dg}和电容C_{gs}上的电压,此时开关电路305的结电容上的电压达到中间电平。在第一驱动信号发生器V1输出驱动信号的上升沿时,对电容C3进行充电,在第二时刻电容C3上的电压大于三极管Q4的导通电压 V_{be4} ,比如0.7V时,三极管Q4的集电极和发射极导通,直流电源VCC通过推挽驱动电路307中的三极管Q4对开关电路305的电容C_{dg}和电容C_{gs}充电,直至电容C_{dg}和电容C_{gs}的电压等于直流电源VCC与三极管Q4的压降 V_{ce} 的差值,此时开关电路305的结电容上的电压达到高电平,开关电路305导通。对开关电路305的电容C_{dg}和电容C_{gs}进行充电的回路如5b所示。

[0113] 在输出驱动信号的下降沿时,第一驱动信号发生器V1输出的电压V1逐渐降低,并在第三时刻第一驱动信号发生器V1输出驱动信号的电压与开关电路305的电容C_{dg}和电容C_{gs}上的电压的差值大于三极管Q3的导通电压 V_{be3} 时,三极管Q3导通,开关电路305的电容C_{dg}和电容C_{gs}通过三极管D3和三极管Q3对能量回收电路308中的电容C2进行充电,直至开关电路305的电容C_{dg}和电容C_{gs}上的电压小于电容C2上的电压,此时开关电路305的电容C_{dg}和电容C_{gs}上的电压从高电平下降到中间电平;随着第一驱动信号发生器输出的电压的降低,电容C3上的电压逐渐减小;在第四时刻电容C3上的电压小于三极管Q1的导通电压

V_{be1} ,比如(-0.7V)时,开关电路305的电容 C_{dg} 和电容 C_{gs} 通过推挽驱动电路307中的三极管Q1对地放电,使得开关电路305的电容 C_{dg} 和电容 C_{gs} 从中间电平下降到低电平,进而使得开关电路305关断。开关电路305的电容 C_{dg} 和电容 C_{gs} 的放电回路如图5c所示。

[0114] 图5d为图5a所示驱动电路工作时各器件上电压变化示意图。其中,图5d中的VC1指的是电容 C_{dg} 和电容 C_{gs} 上的电压。如图5d所示,第一驱动信号发生器V1输出方波信号。随着输出方波信号的上升沿,三极管Q2的基极与发射极之间的电压 V_{be2} 逐渐增大;当三极管Q2的 V_{be2} 大于0.7V时,二极管Q2导通,储能电容C2通过二极管D2和三极管Q2对开关电路305的电容 C_{dg} 和电容 C_{gs} 充电,储能电容C2上的电压降低,电容 C_{dg} 和电容 C_{gs} 上的电压增大,直至开关电路305的电容 C_{dg} 和电容 C_{gs} 上的电压大于储能电容C2上的电压;电容C3上的电压随着第一驱动信号发生器V1输出的信号的电压逐渐增大;当电容C3上的电压大于三极管Q4的基极与发射极之间的电压时,三极管Q4导通,电源V2通过三极管Q4对开关电路305的电容 C_{dg} 和电容 C_{gs} 充电,使得开关电路305的MOS管M0的漏极和源极之间导通;

[0115] 随着第一驱动信号发生器V1输出方波信号的下降沿时,三极管Q3的基极与发射极之间的电压 V_{be3} 逐渐减小;当三极管Q3的 V_{be3} 小于(-0.7)V时,三极管Q3导通,开关电路305的电容 C_{dg} 和电容 C_{gs} 通过三极管Q3和二极管D3对储能电容C2充电,开关电路305的电容 C_{dg} 和电容 C_{gs} 上的电压降低,储能电容C2上的电压增大,直至储能电容C2上的电压大于开关电路305的电容 C_{dg} 和电容 C_{gs} 上的电压;电容C3上的电压随着第一驱动信号发生器V1输出的信号的电压逐渐减小;当电容C3上的电压小于三极管Q1的基极与发射极之间的电压 V_{be1} 时,三极管Q1导通,开关电路305的电容 C_{dg} 和电容 C_{gs} 通过三极管Q1对地放电,直至开关电路305的电容 C_{dg} 和电容 C_{gs} 上的电压为0,使得开关电路305的MOS管M0的漏极和源极之间断开。

[0116] 在此需要说明的是,图7所示电路的工作原理具体可参见图5a的工作原理的相关描述,在此不再叙述。

[0117] 在此需要指出的是,对于图5a、图5b、图5c和图7所示的电路中,第一时刻和第二时刻为第一驱动信号发生器V1在输出驱动信号的上升沿过程中的时刻,且第一时刻在第二时刻之前;第三时刻和第四时刻为第一驱动信号发生器V1在输出驱动信号的下降沿过程中的时刻,且第三时刻在第四时刻之前。可选地,第一时刻可在第三时刻之前,或者第一时刻在第四时刻之后。

[0118] 控制电路303包括第一驱动信号发生器V1和第二驱动信号发生器V2,控制电路303与推挽驱动电路307和能量回收电路308均连接,具体包括:

[0119] 如图6a所示,第一驱动信号发生器V1的正极通过电阻R2连接到电阻R1的第一端部;第一驱动信号发生器V1的负极接地;第二驱动信号发生器V2的正极通过电阻R6连接到电阻R2的第一端部;第二驱动信号发生器V2的负极接地;或者,

[0120] 如图8所示,第一驱动信号发生器V1的正极通过电阻R3连接到电阻R1的第一端部;第一驱动信号发生器V1的负极接地;第二驱动信号发生器V2的正极通过电阻R6连接到电容C4的第一端部;第二驱动信号发生器V2的负极接地。

[0121] 具体地,第一驱动信号发生器V1输出驱动信号,在输出驱动信号的上升沿时,第一驱动信号发生器V1输出的电压 V_1 逐渐增大,并在第一时刻第一驱动信号发生器输出的电压 V_1 大于能量回收电路308中三极管Q2的导通电压 V_{be2} ,比如0.7V时,此时三极管Q2的集电极

和发射极导通,能量回收电路308的电容C2通过二极管D2和三极管Q2对开关电路305的电容Cdg和电容Cgs充电,直至电容C2上的电压小于开关电路305的电容Cdg和电容Cgs上的电压,此时开关电路305的结电容上的电压达到中间电平。在第二驱动信号发生器V2输出驱动信号的上升沿时,对电容C3进行充电,在第二时刻电容C3上的电压大于三极管Q4的导通电压Vbe4,比如0.7V,三极管Q4的集电极和发射极导通,电源VCC通过推挽驱动电路307中的三极管Q4对开关电路305的电容Cdg和电容Cgs充电,直至电容Cdg和电容Cgs的电压等于电源VCC301与三极管Q4的压降Vce的差值,此时开关电路305的结电容上的电压达到高电平,开关电路305导通。对开关电路305的电容Cdg和电容Cgs进行充电的回路如6b所示。

[0122] 在第一驱动信号发生器V1输出驱动信号的下降沿时,第一驱动信号发生器V1输出的电压V1逐渐降低,并在第三时刻第一驱动信号发生器V1输出驱动信号的电压与电容Cdg和电容Cgs上的电压的差值大于三极管Q3的导通电压Vbe3时,三极管Q3的集电极和发射极导通,开关电路305的电容Cdg和电容Cgs通过三极管D3和三极管Q3对能量回收电路308中的电容C2进行充电,直至开关电路305的电容Cdg和电容Cgs上的电压小于电容C2上的电压,此时开关电路305的电容Cdg和电容Cgs上的电压从高电平下降到中间电平;在第二驱动信号发生器V2输出驱动信号的下降沿时,第二驱动信号发生器V2输出驱动信号的电压逐渐降低;随着第二驱动信号发生器V2输出驱动信号的电压的降低,电容C3上的电压逐渐减小;在第四时刻电容C3上的电压小于三极管Q1的导通电压Vbe1,比如(-0.7V)时,开关电路305的电容Cdg和电容Cgs通过推挽驱动电路307中的三极管Q1对地放电,使得开关电路305的电容Cdg和电容Cgs从中间电平下降到低电平,进而使得开关电路305关断。开关电路305的电容Cdg和电容Cgs的放电回路如图6c所示。

[0123] 其中,通过调节第一驱动信号发生器和第二驱动信号发生器的时延,来达到上述第一时刻在第二时刻之前和第三时刻在第四时刻之前的目的。在驱动上升沿过程中,能量回收电路308的驱动信号先于推挽驱动电路307的驱动信号,在驱动下降沿过程中,能量回收电路308的驱动信号仍然先于推挽驱动电路307的驱动信号,从而,能量回收电路308提供中间电平,可以在开通过程中提供一部分驱动能量,在关断过程中实现对开关电路305的电容Cdg和电容Cgs上存储的驱动能量的部分回收。

[0124] 在驱动电压上升到能量回收电路308的电容C2上的电压后,正常推挽驱动电路,提供开关电路305完全导通或关断所需的电压,即高电平和低电平;在开通过程中补充开关电路305的电容Cdg和电容Cgs从中间电平到驱动完全导通对应的设定电压所需的能量,关断过程中抽取经过回收后开关电路305的结电容上剩余的能量以达到驱动关断状态对应的设定电压。由此可以看成该驱动电路是三电平驱动,即高电平、中间电平和低电平。

[0125] 可选地,第一驱动信号发生器V1或第二驱动信号发生器V2可以为驱动芯片,该驱动芯片可以由MOS管组成的推挽电路及对应的驱动放大电路组成二极管和电阻构成。驱动芯片的前级输入信号用于调节推挽驱动电路和能量回收驱动电路的工作状态,驱动芯片的驱动信号可以由控制芯片或者逻辑门来实现。

[0126] 在此需要说明的是,图8所示电路的工作原理具体可参见图6a的工作原理的相关描述,在此不再叙述。

[0127] 在此需要指出的是,对于图6a、图6b、图6c和图8所示的电路中,第一时刻和第二时刻为第一驱动信号发生器V1在输出驱动信号的上升沿过程中的时刻,且第一时刻位于第二

时刻之前;第三时刻和第四时刻为第二驱动信号发生器V2在输出驱动信号的下降沿过程中的时刻,且第三时刻位于第四时刻之前。可选地,第一时刻可在第三时刻之前,或者第一时刻在第四时刻之后。

[0128] 通过控制第一驱动信号发生器V1和第二驱动信号发生器V2输出信号的时序,可基于第一驱动信号发生器V1和第二驱动信号发生器V2输出如图5a所示的第一驱动信号发生器V1所输出的信号。

[0129] 其中,电阻R1的作用是为能量回收电路308提供脉冲控制信号,使对应的三极管Q2和Q3工作在饱和态。同时电阻R1也是驱动限流电阻,可以通过调节三极管Q2和Q3的基极电流 I_b 来调节能量回收电路308对开关电路的电容Cdg和电容Cgs进行充放电的电流大小。

[0130] 二极管D2的作用:一是作为三极管Q2充放电导通回路的一部分,二是利用其反向截止特性,防止在开关电路305的电容Cdg和电容Cgs驱动电压大于能量回收电路308中电容C2上的电压后,三极管Q2的CE结因承受反向电压而损坏。同理,二极管D3的作用一是作为三极管Q3充放电导通回路的一部分,二是防止在开关电路305的电容Cdg和电容Cgs驱动电压小于能量回收电路308中电容C2电压后,三极管Q3的CE结因承受反向电压而损坏。

[0131] R2和C3的作用是为推挽驱动电路307提供脉冲控制信号,同时可以通过调整R2和C3的大小,即调整其时间常数,来调整能量回收电路308中三极管Q2和三极管Q3和推挽驱动电路307应的三极管Q1和三极管Q4之间工作的时间差。该时间差也可以看成能量回收电路308的开始工作的时间与推挽驱动电路307开始工作的时间之间的差值。在开关电路305的电容Cdg和电容Cgs的电压到达能量回收电路308产生的中间电平后,推挽驱动电路307要快速切入,通过直流电源306替代能量回收电路308继续向开关电路305的电容Cdg和电容Cgs充电。同时R2也是驱动限流电阻,可通过电阻R2的大小来调节三极管Q1和Q4的基极电流 I_b ,进而实现调节推挽驱动电路307对开关电路的电容Cdg和电容Cgs进行充放电时电流的大小。

[0132] 可选地,上述第一驱动信号发生器输出的驱动信号的上升沿速度和下降沿速度可调整。

[0133] 其中,电容C2的作用是:在为开关电路305的电容Cdg和电容Cgs进行充电过程中提供开关电路305的电容Cdg和电容Cgs的电压到达中间电平电压所需的能量,在开关电路305的电容Cdg和电容Cgs放电过程中,回收开关电路305的电容Cdg和电容Cgs的电压到达中间电平电压释放的能量。在由开关电源30和开关电路305组成的系统达到稳态后,C2上的电压会稳定在直流电源VCC的一半;并且C2的容量要大于开关电路的结电容的一百倍以上,从而避免C2电容上的电压波动过大。

[0134] R5的作用是在控制电路303输出的电压小于三极管Q4或Q1的对应的导通电压 V_{be} 后来提供开关电路305的电容Cdg和电容Cgs的卸放电路,保证开关电路305的可靠关断。

[0135] 在此需要指出的是,图7和图8中电容C4起到的作用与图5a和图6a中电阻R2的作用相同;图7和图8中电容C5和电阻R1起到的作用与图5a和图6a中电阻R1的作用相同。在第一驱动信号发生器V1输出稳态电平时,电阻R1用于嵌位电容C5上的电压。

[0136] 在一个具体的示例中,图5a、图5b、图5c、图6a、图6b、图6c、图7和图8中各器件的参数如下:电容C2的电容值为100nF,电容C3的电容值为4.8nF,电容C4的电容值为2nF,电容C5的电容值为1nF,电阻R1的阻值为22 Ω ,电阻R2的阻值为47 Ω ,电阻R3的阻值为3 Ω ,电阻R4

的阻值为 $10\text{k}\Omega$ ，电阻R5的阻值为 220Ω ；二极管D2和二极管D3的型号为MBRS130L；三极管Q1和三极管Q3的型号为2N2907，三极管Q2和三极管Q4的型号为2N2219A。

[0137] 可选地，上述推挽驱动电路中的三极管可替换为MOS晶体管。

[0138] 可以看出，在本申请的方案中，在对开关电路的结电容进行充电过程中，首先控制能量会后电路工作，以实现能量回收电路中的储能电容C2对开关电路的结电容进行充电，而再控制推挽驱动电路工作，以实现电源VCC对开关电路的结电容进行充电；在开关电路的结电容放电时，首先控制能量会后电路工作，以实现开关电路的结电容对能量回收电路中的储能电容C2进行充电，而再控制推挽驱动电路工作，以开关电路的结电容对地放电。

[0139] 通过控制能量回收电路和推挽驱动电路的工作顺序，对存储在开关电路上结电容的一部分驱动能量转移到能量回收驱动电路的储能电容上，实现了驱动能量的回收再利用，避免了驱动能量全部消耗在驱动电阻和推挽驱动电路上，从而实现驱动损耗大幅下降，使得整机效率更高。

[0140] 以上对本发明实施例进行了详细介绍，本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述，以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想；同时，对于本领域的一般技术人员，依据本发明的思想，在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处，综上所述，本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

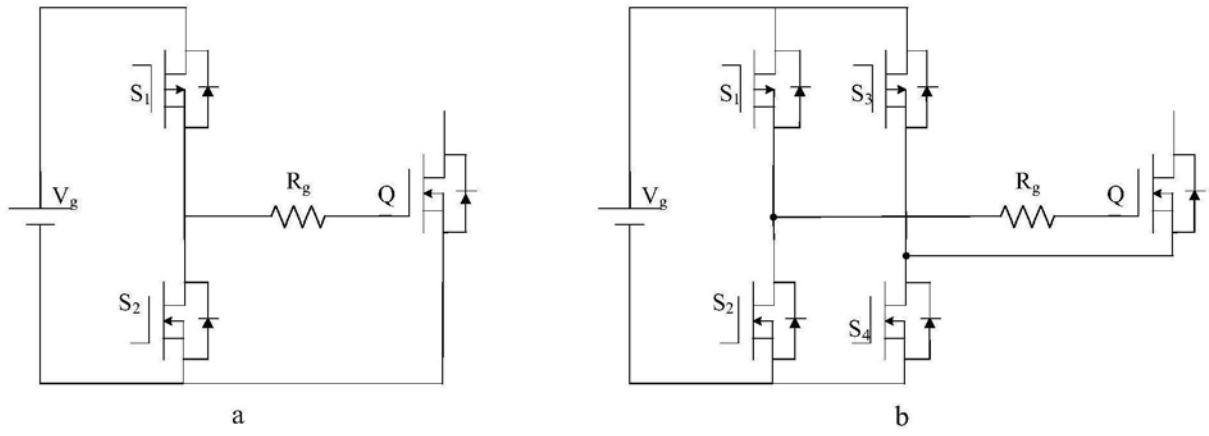


图1

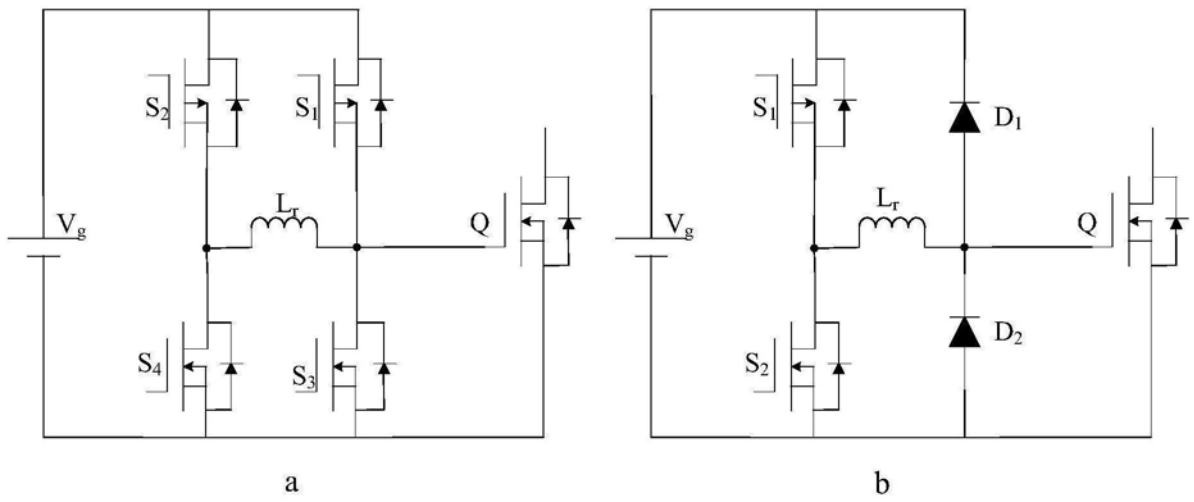


图2

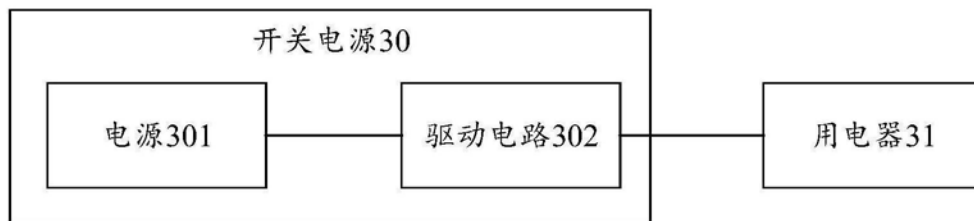


图3

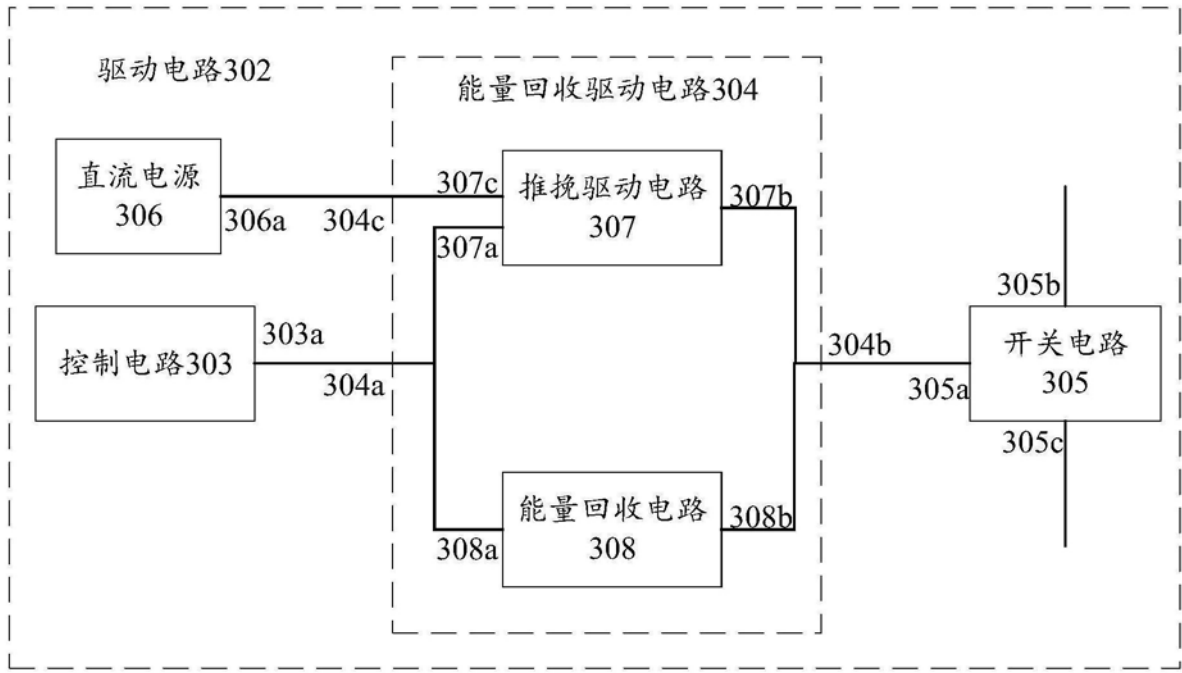


图4

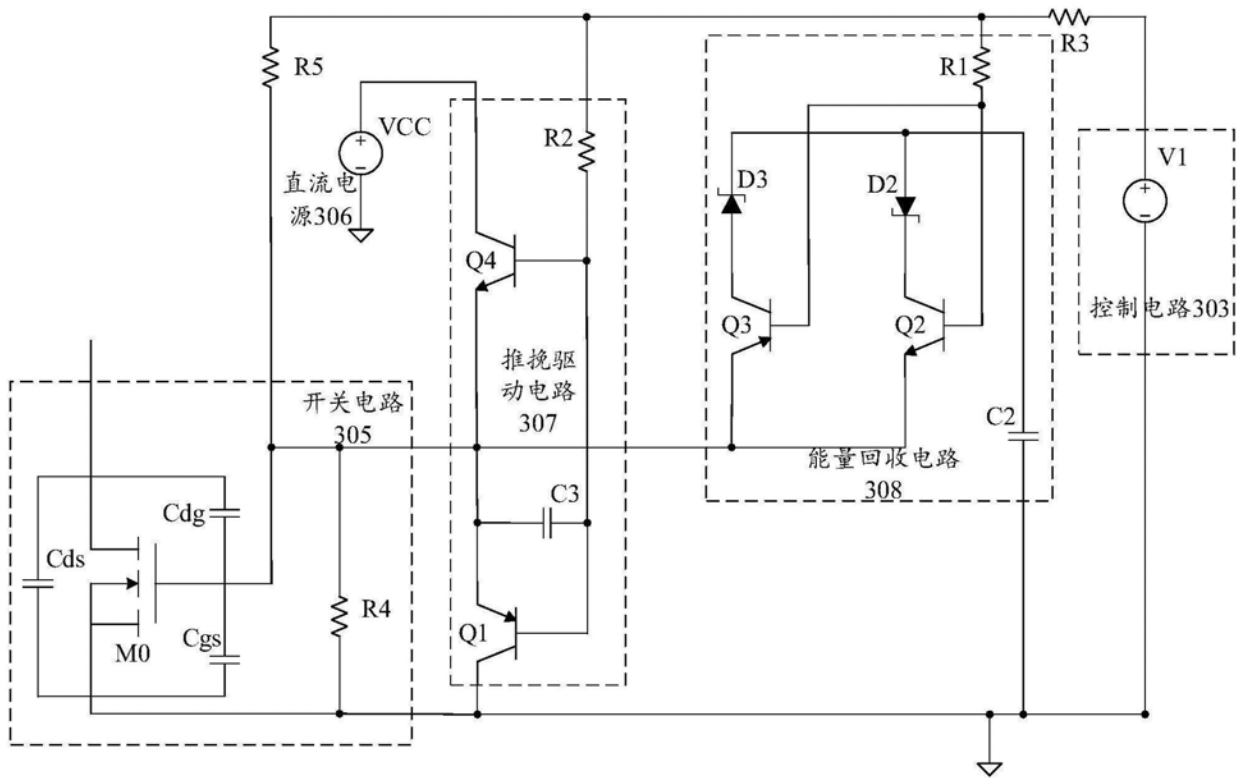


图5a

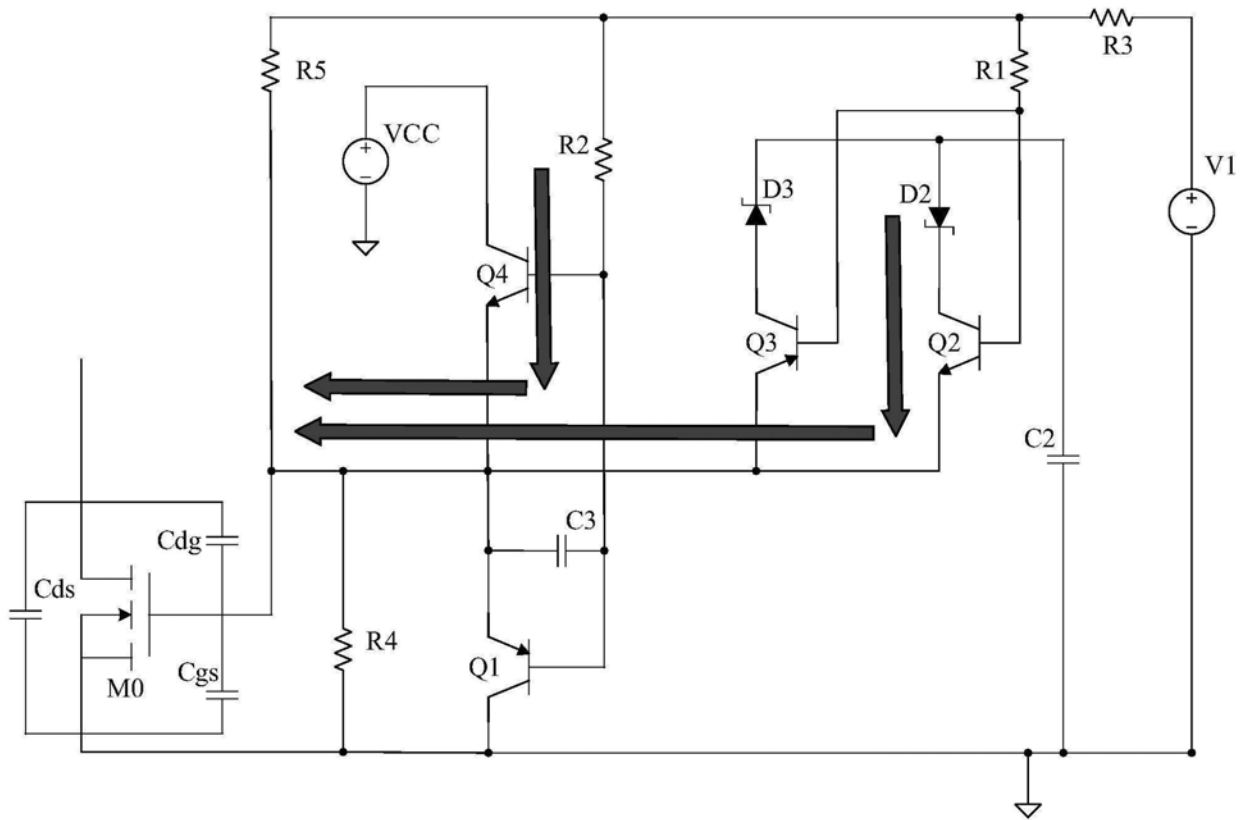


图5b

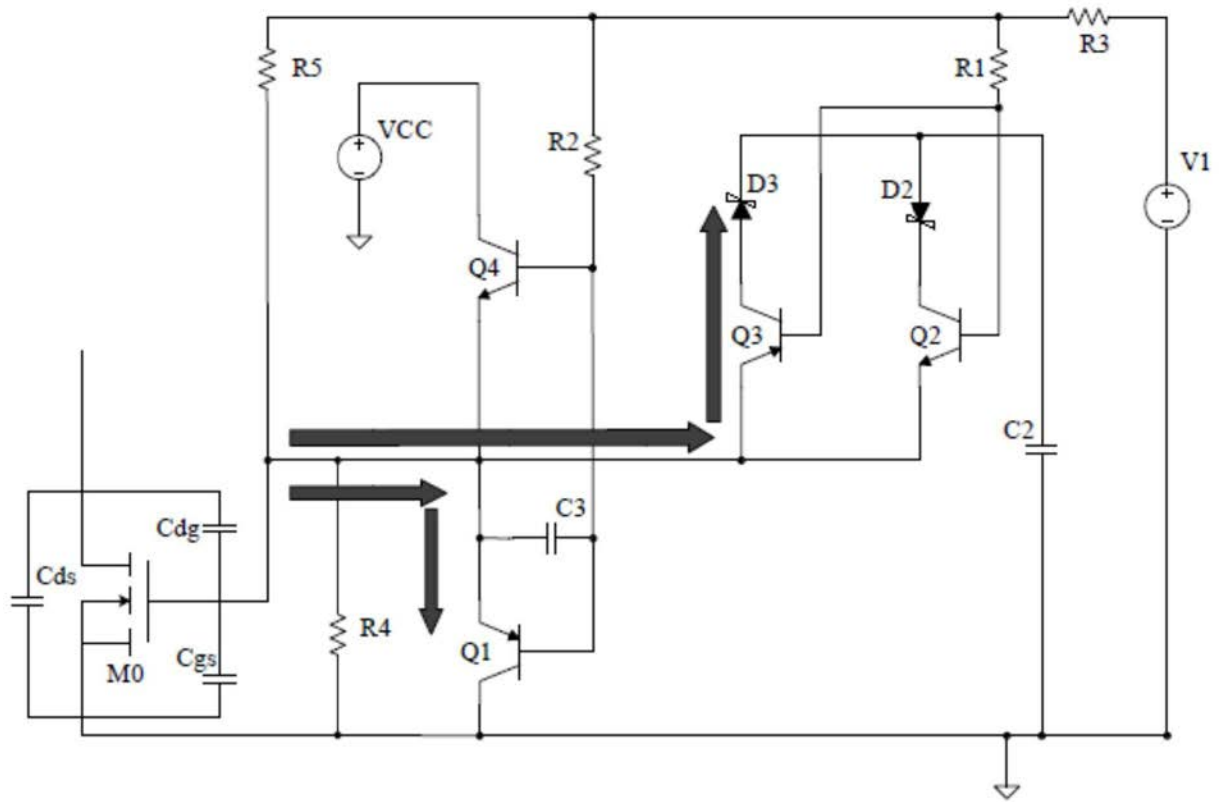


图5c

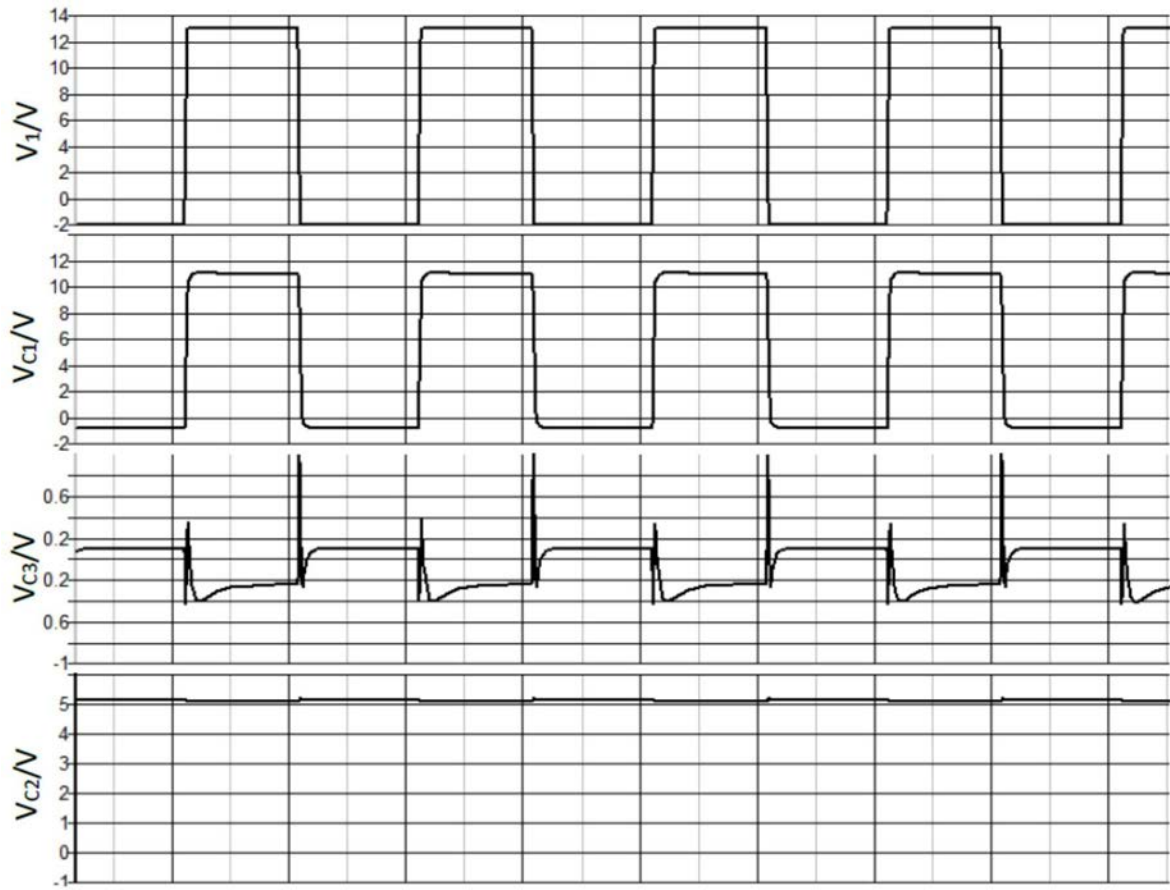


图5d

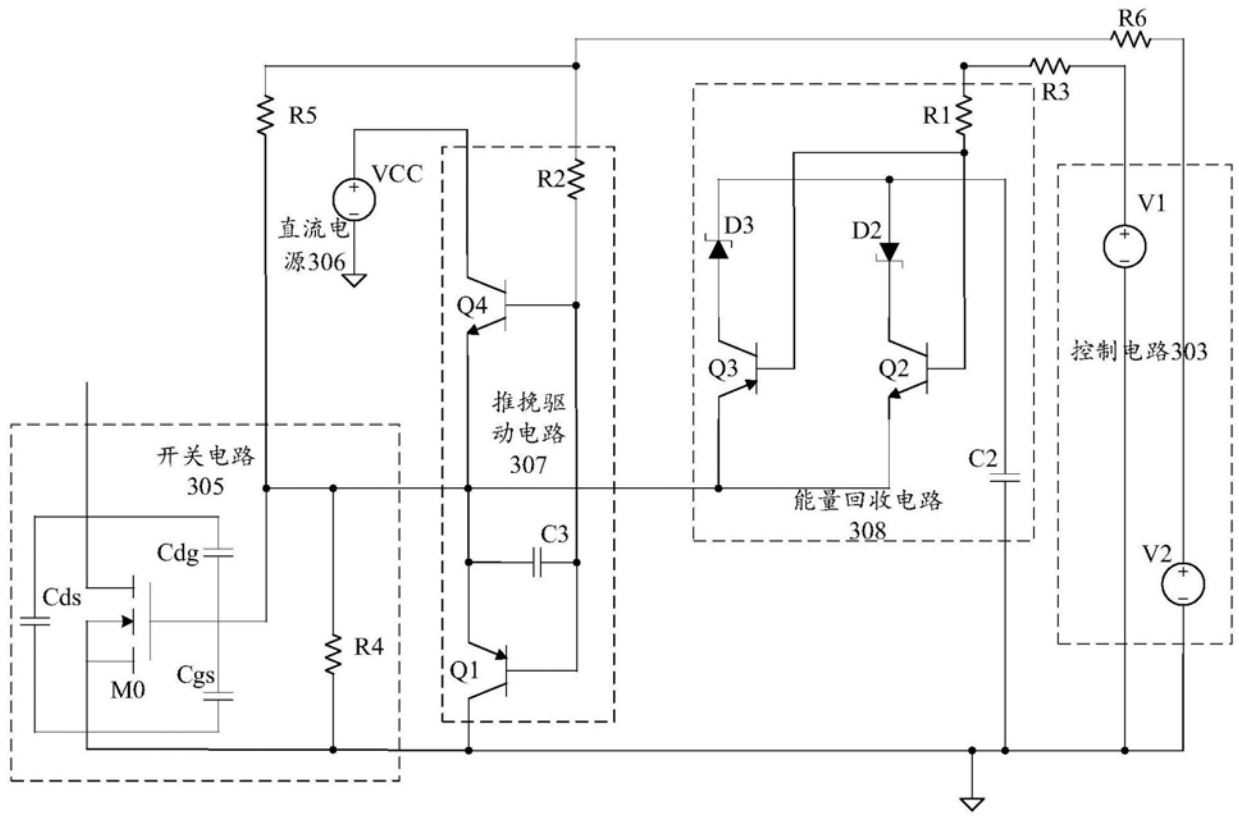


图6a

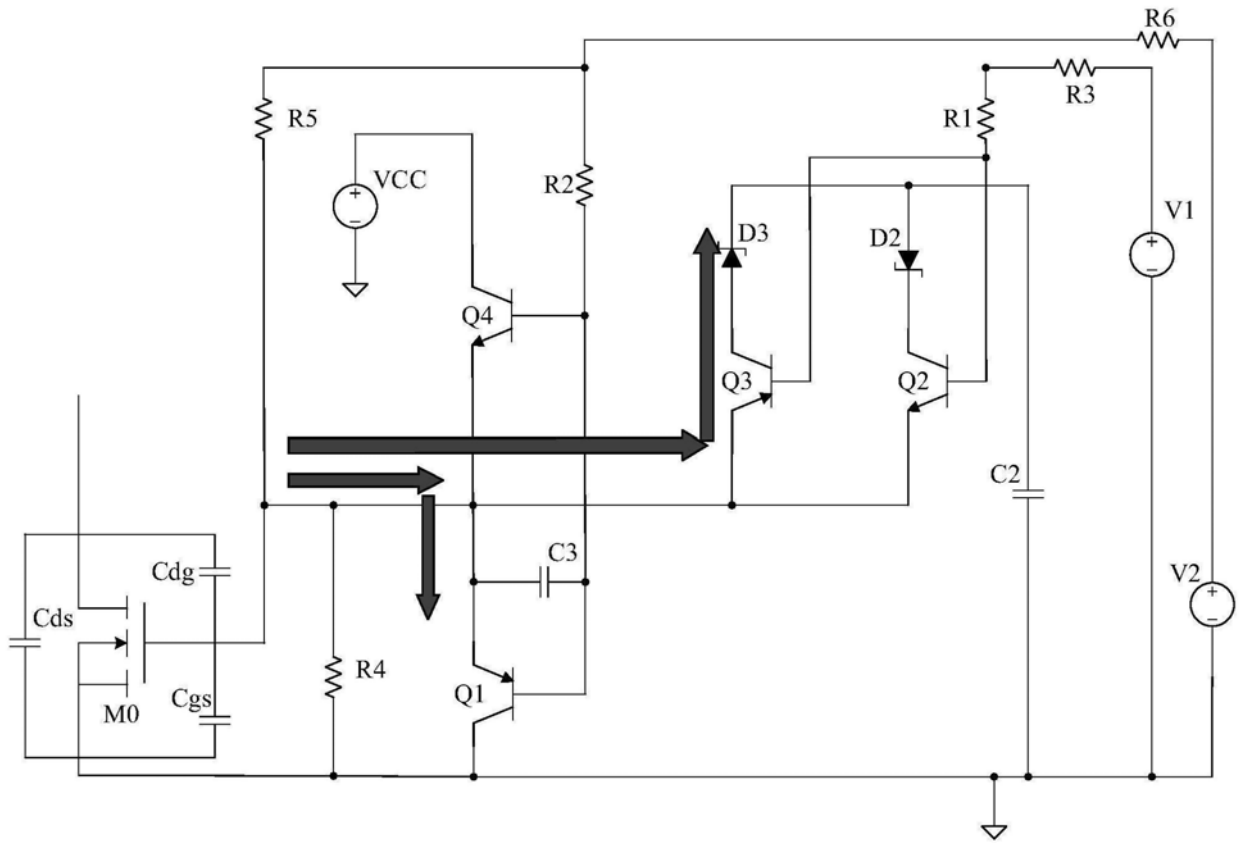


图6c

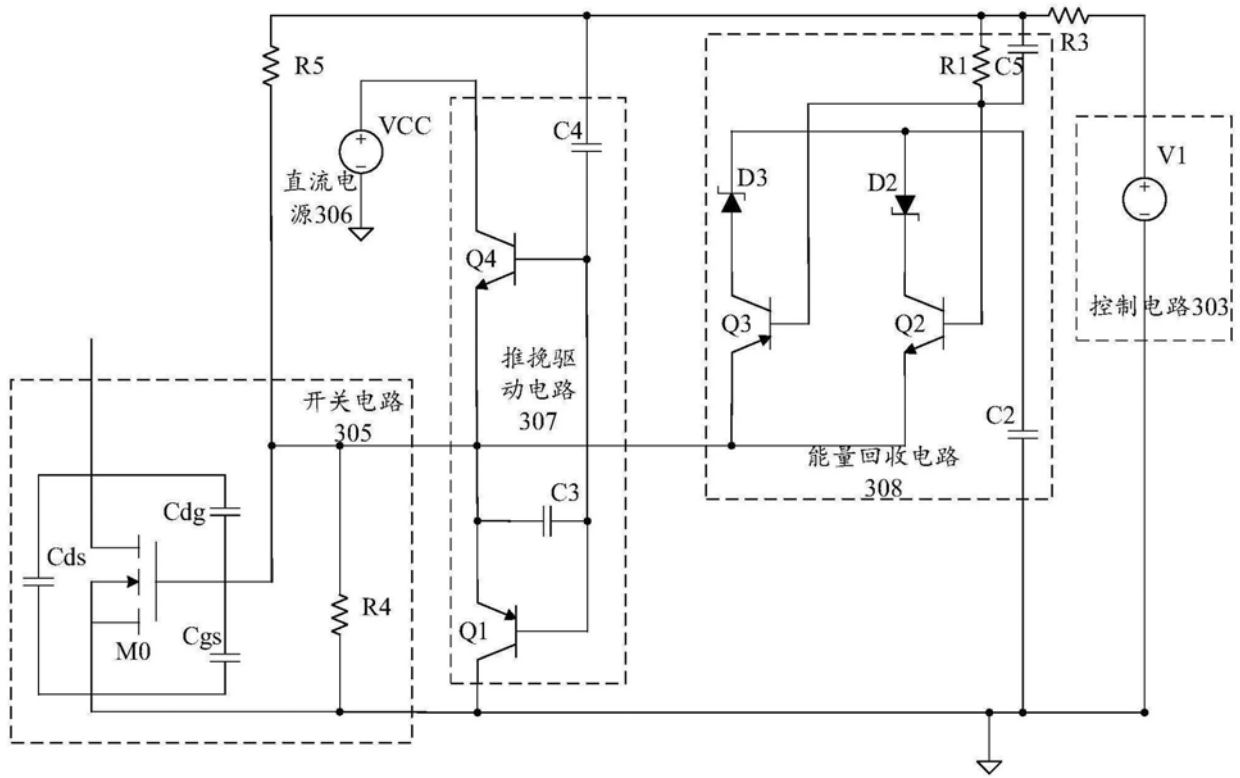


图7

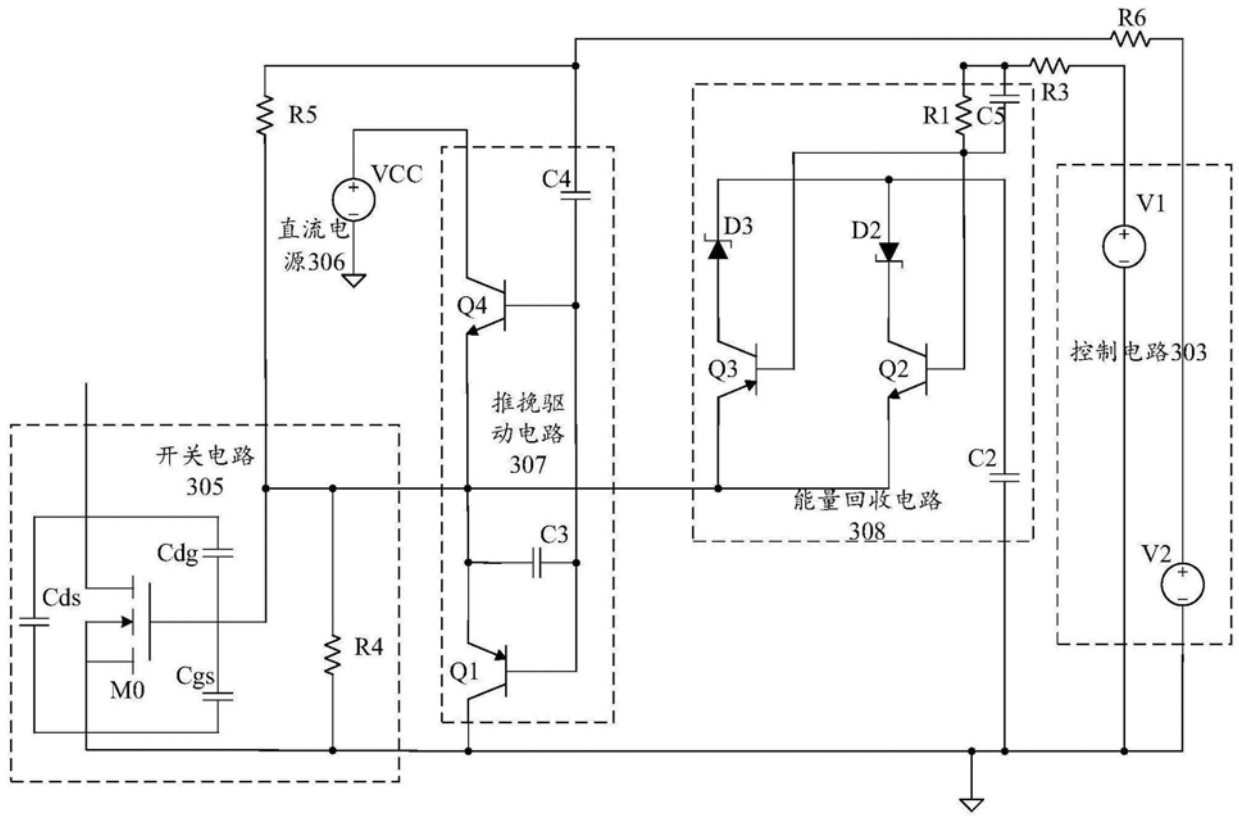


图8