



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103368456 B

(45)授权公告日 2018.02.09

(21)申请号 201310113722.3

(22)申请日 2013.04.03

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103368456 A

(43)申请公布日 2013.10.23

(30)优先权数据

13/440110 2012.04.05 US

(73)专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72)发明人 J.S.格拉泽 R.拉马巴德兰

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 柯广华 王忠忠

(51)Int.Cl.

H02N 2/06(2006.01)

H02M 3/335(2006.01)

(56)对比文件

US 6556462 B1, 2003.04.29,

CN 101257273 A, 2008.09.03, 全文.

审查员 潘莉

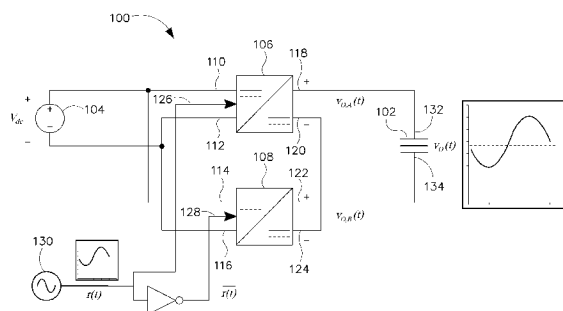
权利要求书4页 说明书7页 附图5页

(54)发明名称

用于驱动压电负载的系统 and 制造其的方法

(57)摘要

本申请公开用于驱动压电负载的系统 and 制造其的方法。一种驱动器系统包括直流(DC)电压和第一双向DC-到-DC转换器,其具有耦合到DC电压源的一次侧以及二次侧并且配置成将一次侧上的第一电压转换成二次上的第二电压。该驱动器系统还包括第二双向DC-到-DC转换器,其具有耦合到DC电压源的一次侧和耦合到第一双向DC-到-DC转换器的二次侧的二次侧并且配置成将一次侧上的第一电压转换成二次上的第三电压。该第一和第二双向DC-到-DC转换器能够提升第一电压,并且第二控制信号是第一控制信号的补。第二与第三电压之间的电压差包括输出电压,其包括第一控制信号的放大。



1. 一种驱动器系统,包括:

DC (直流) 电压源;

第一双向DC-到-DC转换器,其具有耦合到所述DC电压源的一次侧以及二次侧并且包括控制输入,所述控制输入配置成接收第一控制信号,所述第一控制信号配置成控制所述第一双向DC-到-DC转换器的所述一次侧上的第一电压到所述第一双向DC-到-DC转换器的所述二次侧上的第二电压的转换;

第二双向DC-到-DC转换器,其具有耦合到所述DC电压源的一次侧和耦合到所述第一双向DC-到-DC转换器的所述二次侧的二次侧并且包括控制输入,所述控制输入配置成接收第二控制信号,所述第二控制信号配置成控制所述第二双向DC-到-DC转换器的所述一次侧上的所述第一电压到所述第二双向DC-到-DC转换器的所述二次侧上的第三电压的转换;

其中所述第一和第二双向DC-到-DC转换器能够提升所述第一电压;

其中所述第二控制信号是所述第一控制信号的补;

其中所述第二与第三电压之间的电压差包括输出电压;并且

其中所述输出电压包括所述第一控制信号的放大,

所述驱动器系统进一步包括控制系统,其耦合到所述第一和第二双向DC-到-DC转换器并且配置成:

基于由AC电压源产生的参考信号产生所述第一和第二控制信号;以及

将所述第一和第二控制信号分别供应给所述第一和第二双向DC-到-DC转换器。

2. 如权利要求1所述的驱动器系统,进一步包括无功负载,其具有第一端子和第二端子;

其中所述第一双向DC-到-DC转换器包括:

第一二次侧端子,其耦合到所述无功负载的所述第一端子;以及

第二二次侧端子;并且

其中所述第二双向DC-到-DC转换器包括:

第一二次侧端子,其耦合到所述无功负载的所述第二端子;以及

第二二次侧端子,其耦合到所述第一双向DC-到-DC转换器的所述第二二次侧端子。

3. 如权利要求2所述的驱动器系统,其中,所述无功负载包括压电负载。

4. 如权利要求2所述的驱动器系统,其中,所述第一双向DC-到-DC转换器进一步包括耦合到所述DC电压源的一次侧端子对;并且

其中所述第二双向DC-到-DC转换器进一步包括耦合到所述DC电压源的一次侧端子对。

5. 如权利要求4所述的驱动器系统,其中,所述第一双向DC-到-DC转换器的所述第二二次侧端子耦合到所述第一双向DC-到-DC转换器的所述一次侧端子对中的一个以及耦合到所述第二双向DC-到-DC转换器的所述一次侧端子对中的一个。

6. 如权利要求2所述的驱动器系统,其中,所述第一和第二双向DC-到-DC转换器中的每个包括:

变压器,其包括:

一次侧绕组;以及

二次侧绕组;

第一开关,其耦合到所述一次侧绕组;以及

第二开关,其耦合到所述二次侧绕组。

7.如权利要求6所述的驱动器系统,其中,所述第一双向DC-到-DC转换器的所述二次侧绕组耦合到所述无功负载的所述第一端子;

其中所述第二双向DC-到-DC转换器的所述二次侧绕组耦合到所述无功负载的所述第二端子;以及

其中所述第一双向DC-到-DC转换器的所述第二开关进一步耦合到所述第二双向DC-到-DC转换器的所述第二开关。

8.如权利要求1所述的驱动器系统,其中,所述输出电压包括所述第一控制信号的线性放大。

9.如权利要求8所述的驱动器系统,其中,所述第二电压是所述第一控制信号的非线性放大;并且

其中所述第三电压是所述第一控制信号的非线性放大。

10.如权利要求1所述的驱动器系统,其中,所述控制系统包括脉宽调制器。

11.如权利要求1所述的驱动器系统,其中,所述控制系统进一步包括反馈电路,所述反馈电路配置成基于所述第二和第三电压测量反馈电压;并且

其中所述控制系统进一步配置成基于所述反馈电压修改所述第一和第二控制信号使得所述第二和第三电压匹配电压值的目标集。

12.如权利要求1所述的驱动器系统,其中,所述控制系统进一步包括预失真控制器,其配置成修改所述第一和第二控制信号使得所述输出电压接近所述第一和第二控制信号的线性升压转换。

13.如权利要求1所述的驱动器系统,其中,所述控制系统进一步包括数字控制器,其配置成从经由函数发生器和查找表中的一个确定的多个数字值产生所述参考信号。

14.如权利要求13所述的驱动器系统,其中,所述数字控制器进一步配置成经由数模转换器和脉宽调制器中的一个将所述多个数字值转换成模拟信号。

15.如权利要求14所述的驱动器系统,其中,所述控制系统进一步包括滤波器,其配置成使所述模拟信号中的噪声衰减,其中所述噪声是由于量子化和采样中的一个引起。

16.如权利要求14所述的驱动器系统,其中,现有配置成将所述多个数字值转换成模拟信号的所述数字控制器配置成经由Sigma Delta调制器将所述多个数字值转换成模拟信号。

17.如权利要求14所述的驱动器系统,其中,所述控制系统进一步包括滤波器,其配置成使所述模拟信号中的噪声衰减,其中所述噪声是由于量子化和采样中的一个引起;并且

其中现有配置成将所述多个数字值转换成模拟信号的所述数字控制器配置成经由Sigma Delta调制器将所述多个数字值转换成模拟信号。

18.如权利要求1所述的驱动器系统,其中,所述第一和第二双向DC-到-DC转换器包括单级转换器。

19.一种制造压电驱动器的方法,包括:

使DC(直流)电压源耦合到第一电压转换器的低压侧以及第二电压转换器的低压侧,其中所述第一和第二电压转换器包括双向DC-到-DC电压转换器,其能够使来自所述DC电压源的电压提升;

使所述第一电压转换器的高压侧上的第一高压侧端子耦合到压电致动器的第一侧；

使所述第二电压转换器的高压侧上的第一高压侧端子耦合到所述压电致动器的第二侧；

使所述第一电压转换器的第二高压侧端子耦合到所述第二电压转换器的第二高压侧端子；

使控制系统耦合到所述第一和第二电压转换器；

将所述控制系统配置成向所述第一电压转换器供应第一控制信号以及向所述第二电压转换器供应第二控制信号；

其中所述第一控制信号配置成控制所述第一电压转换器以将来自所述第一电压转换器的所述低压侧上的所述DC电压源的电压转换成所述第一电压转换器的所述高压侧上的第一输出电压；

其中所述第二控制信号是所述第一控制信号的补并且配置成控制所述第二电压转换器以将来自所述第二电压转换器的所述低压侧上的所述DC电压源的电压转换成所述第二电压转换器的所述高压侧上的第二输出电压；以及

其中所述第一和第二输出电压之间的电压差包括差分电压，其包括所述第一控制信号的放大，

其中所述第一和第二控制信号基于由AC电压源产生的参考信号产生。

20. 如权利要求19所述的方法，其中，使所述DC电压源耦合到所述第一和第二电压转换器的所述低压侧包括使所述DC电压源耦合到第一和第二反激式电压转换器。

21. 如权利要求20所述的方法，进一步包括通过以下形成所述第一和第二反激式转换器中的每个：

使第一电力开关耦合到变压器的第一绕组；以及

使第二电力开关耦合到所述变压器的第二绕组。

22. 如权利要求21所述的方法，其中，使所述控制系统耦合进一步包括使反馈控制耦合到所述第一和第二电压转换器的所述高压侧；并且

进一步包括将所述控制系统配置成基于来自所述反馈控制的反馈信号产生所述第一和第二控制信号。

23. 一种压电驱动器，包括：

第一双向DC-到-DC电压转换器，其具有低压侧和高压侧并且包括：

第一高压侧端子；

第二高压侧端子；并且

其中所述第一双向DC-到-DC转换器能够使其所述第一高压侧端子上的电压提升；

第二双向DC-到-DC电压转换器，其具有低压侧和高压侧并且包括：

第一高压侧端子；

第二高压侧端子，其耦合到所述第一电压转换器的所述第二高压侧端子；并且

其中所述第二双向DC-到-DC转换器能够使其所述第一高压侧端子上的电压提升；

DC（直流）电压源，其耦合到所述第一和第二双向DC-到-DC电压转换器的所述低压侧；

压电致动器，其耦合到所述第一双向DC-到-DC电压转换器的所述第一高压侧端子并且耦合到所述第二双向DC-到-DC电压转换器的所述第一高压侧端子；和

控制系统,其耦合到所述第一和第二电压转换器并且配置成:

向所述第一双向DC-到-DC电压转换器供应第一控制信号,其中所述第一控制信号配置成控制所述第一双向DC-到-DC电压转换器以将所述第一双向DC-到-DC电压转换器的所述低压侧上的电压转换成所述第一双向DC-到-DC电压转换器的所述高压侧上的第一输出电压;

向所述第二双向DC-到-DC电压转换器供应第二控制信号,其中所述第二控制信号是所述第一控制信号的补并且配置成控制所述第二双向DC-到-DC电压转换器以将所述第二双向DC-到-DC电压转换器的所述低压侧上的电压转换成所述第二双向DC-到-DC电压转换器的所述高压侧上的第二输出电压,

基于由AC电压源产生的参考信号产生所述第一和第二控制信号;并且

其中所述第一和第二输出电压之间的电压差包括差分电压,其包括所述第一控制信号的放大。

24. 如权利要求23所述的压电驱动器,其中,所述第一和第二双向DC-到-DC转换器中的每个包括:

变压器,其包括:

所述低压侧上的一次侧绕组;以及

所述高压侧上的二次绕组;

第一开关,其耦合到所述一次侧绕组;以及

第二开关,其耦合到所述二次侧绕组。

25. 如权利要求23所述的压电驱动器,包括:

反馈电路,其配置成基于所述第一和第二双向DC-到-DC电压转换器的所述第一高压侧端子测量输出电压;并且

其中所述控制系统进一步配置成基于所述反馈电压修改所述第一和第二控制信号使得所述输出电压的波形匹配期望的波形。

26. 如权利要求23所述的压电驱动器,进一步包括预失真控制器,其配置成修改所述第一和第二控制信号使得所述第一和第二双向DC-到-DC电压转换器的所述低压侧上的电压到所述第一和第二双向DC-到-DC电压转换器的高压侧的转换接近所述第一和第二控制信号的线性升压转换。

用于驱动压电负载的系统和制造其的方法

技术领域

[0001] 本发明的实施例一般来说涉及压电致动器,并且更具体地,涉及用于压电致动器的驱动器电路。

背景技术

[0002] 已知压电材料在电场应用时改变尺寸。该现象允许使用压电材料以在微机电系统(MEMS)装置中用作致动器。例如,这样的致动器已经在产生合成射流流体来影响该流体在表面上的流动的合成射流致动器中使用。典型的合成射流致动器包括限定内室的壳体。在壳体壁中存在孔。致动器进一步包括在壳体中或壳体周围的机构以用于定期改变内室内的体积使得产生一系列流体漩涡并且其在外环境中从壳体的孔投射出来。体积改变机构的示例可包括,例如安置在射流壳体中的活塞以在活塞的往复运动期间使流体移入和移出孔,或作为壳体壁的柔性膜片。该柔性膜片典型地由压电致动器或其它适合的部件致动。

[0003] 典型地,压电致动器通常需要几十伏或更高的电压以用于正确操作,并且一些种类的致动器需要具有可能可变频率和幅度的AC电压。在压电致动器与例如在便携式、消费者、航空或运输电子装置中的低压电路接口的应用中,可能难以驱动这些致动器。例如,当尝试用AC电压波形或具有可变值(其中峰值电压高于从电源可获得的)的一个来驱动压电致动器时,已知的方法通常使用复杂、低效、大的和/或昂贵的驱动器来实现该目标。另外,其中使用压电致动器的许多应用要求使用最小功耗,并且具有低效率的低效压电致动器通常不合这样的最小功耗要求。

[0004] 因此,需要有助于驱动压电负载的系统以便提供非常有效的驱动器电路,其可以从低压电源操作并且有效地产生具有可变频率和幅度的可控高压AC波形的。

发明内容

[0005] 根据本发明的一个方面,驱动器系统包括直流(DC)电压源和第一双向DC-到-DC转换器,其具有耦合于DC电压源的一次侧和二次侧并且包括控制输入,该控制输入配置成接收第一控制信号,该第一控制信号配置成控制第一双向DC-到-DC转换器的一次侧上的第一电压到第一双向DC-到-DC转换器的二次侧上的第二电压的转换。该驱动器系统还包括第二双向DC-到-DC转换器,其具有耦合于DC电压源的一次侧和耦合于第一双向DC-到-DC转换器的二次侧的二次侧并且包括控制输入,该控制输入配置成接收第二控制信号,该第二控制信号配置成控制第二双向DC-到-DC转换器的一次侧上的第一电压到第二双向DC-到-DC转换器的二次侧上的第三电压的转换。该第一和第二双向DC-到-DC转换器能够提升第一电压,并且第二控制信号是第一控制信号的补(complement)。第二与第三电压之间的电压差包括输出电压,并且该输出电压包括第一控制信号的放大。

[0006] 根据本发明的另一个方面,制造压电驱动器的方法包括使直流(DC)电压源耦合于第一电压转换器的低压侧以及第二电压转换器的低压侧,其中该第一和第二电压转换器包括双向DC-到-DC电压转换器,其能够使来自DC电压源的电压提升。该方法还包括使第一电

压转换器的高压侧上的第一高压侧端子耦合于压电致动器的第一侧、使第二电压转换器的高压侧上的第一高压侧端子耦合于压电致动器的第二侧,以及使第一电压转换器的第二高压侧端子耦合于第二电压转换器的第二高压侧端子。该方法还包括使控制系统耦合于第一和第二电压转换器并且将控制系统配置成向第一电压转换器供应第一控制信号以及向第二电压转换器供应第二控制信号。该第一控制信号配置成控制第一电压转换器以将来自第一电压转换器的低压侧上的DC电压源的电压转换成第一电压转换器的高压侧上的第一输出电压,并且该第二控制信号是该第一控制信号的补并且配置成控制第二电压转换器以将来自第二电压转换器的低压侧上的DC电压源的电压转换成第二电压转换器的高压侧上的第二输出电压。第一和第二输出电压之间的电压差包括差分电压,其包括第一控制信号的放大。

[0007] 根据本发明的再另一个方面,压电驱动器包括具有低压侧和高压侧的第一双向DC-到-DC电压转换器并且包括具有低压侧和高压侧的第二双向DC-到-DC电压转换器。该第一双向DC-到-DC电压转换器包括第一高压侧端子、第二高压侧端子,并且其中该第一双向DC-到-DC转换器能够使其第一高压侧端子上的电压提升。第二双向DC-到-DC电压转换器包括第一高压侧端子、第二高压侧端子,其耦合于第一电压转换器的第二高压侧端子,并且其中该第二双向DC-到-DC转换器能够使其第一高压侧端子上的电压提升。压电驱动器还包括:直流(DC)电压源,其耦合于第一和第二双向DC-到-DC电压转换器的低压侧;压电致动器,其耦合于第一双向DC-到-DC电压转换器的第一高压侧端子并且耦合于第二双向DC-到-DC电压转换器的第一高压侧端子;和控制系统,其耦合于第一和第二电压转换器。该控制系统配置成向第一双向DC-到-DC电压转换器供应第一控制信号,其中该第一控制信号配置成控制第一双向DC-到-DC电压转换器以将第一双向DC-到-DC电压转换器的低压侧上的电压转换成第一双向DC-到-DC电压转换器的高压侧上的第一输出电压。该控制系统还配置成向第二双向DC-到-DC电压转换器供应第二控制信号,其中该第二控制信号是第一控制信号的补并且配置成控制第二双向DC-到-DC电压转换器以将第二双向DC-到-DC电压转换器的低压侧上的电压转换成第二双向DC-到-DC电压转换器的高压侧上的第二输出电压。第一和第二输出电压之间的电压差包括差分电压,其包括第一控制信号的放大。

[0008] 从下列连同附图提供的本发明的优选实施例的详细说明,将更容易地理解这些以及其他优点和特征。

附图说明

[0009] 图图示目前设想用于实行本发明的实施例。

[0010] 在图中:

[0011] 图1是图示根据本发明一实施例的压电负载的压电驱动器的框示意图。

[0012] 图2是图示根据本发明一实施例的压电负载的压电驱动器电路的示意图。

[0013] 图3是图示根据本发明另一个实施例的压电驱动器的框示意图。

[0014] 图4是图示根据本发明另一个实施例的压电驱动器的框示意图。

[0015] 图5是图示根据本发明一实施例的参考信号发生器的框示意图。

具体实施方式

[0016] 参考图1,框示意图图示耦合于压电负载或致动器102的压电驱动器100。压电负载102是电容性或无功负载。

[0017] 压电驱动器100包括电压源104以及第一和第二转换器106、108。第一和第二转换器106、108是DC-到-DC双向转换器/放大器,其配置从电压源104取电压,该电压供应给相应的低侧转换器端子对110、112和114、116,并且使到相应的高侧转换器端子对118、120和122、124的供应电压提升。第一和第二转换器106、108还使从相应端子118、120和122、124到相应端子110、112和114、116的电压降低。第一转换器106配置成将来自电压源104的电压 v_{dc} 转换成输出电压 v_{0A} ,并且第二转换器108配置成将来自电压源104的电压 v_{dc} 转换成输出电压。在一个实施例中,输出电压 v_{0A} 和 v_{0B} 是电压 v_{dc} 的非线性放大。然而,电压 v_{0A} 和 v_{0B} 之间的差是电压 v_{dc} 的近似线性缩放或提升版本。

[0018] 在一个实施例中,第一和第二转换器106、108大致上是相同的单级双向开关模式电力转换器。如本文使用的,单级转换器是在单级中将输入电压转换成输出电压而在该输出电压之前不将输入电压转换成中间电压的转换器。

[0019] 第一和第二转换器106、108基于由产生供应给控制输入126的参考信号 $r(t)$ 的AC电压源130供应的控制输入对126、128而使电压降低或提升,该参考信号 $r(t)$ 的放大版本意在驱动压电负载102。是参考信号 $r(t)$ 的补的参考信号 $\overline{r(t)}$ 供应给控制输入128。

[0020] 第一转换器106的转换器端子118耦合于压电负载102的第一端子132,并且第二转换器108的转换器端子122耦合于压电负载102的第二端子134。此外,转换器端子120耦合于转换器端子124。在该配置中,转换器端子118-124差分驱动压电负载102。如在图1中图示的,转换器106、108的输出电压 v_{0A} 和 v_{0B} 分别供应给压电负载102,其看到跨端子132、134的电压为 $v_0 = v_{0A} - v_{0B}$ 。通常,期望 $v_0 = k * r(t)$,其中 k 等于恒定增益。采用该方式,输出电压 v_0 大致上等于恒定增益乘以参考信号。

[0021] 在许多频率处,例如致动器102的压电负载的阻抗具有大量的无功分量。如此,在AC驱动条件下,每个AC周期功率将流入和流出负载。因此,第一和第二转换器106、108是双向转换器,如上文阐述的,以便适应该双向功率流。

[0022] 尽管第一和第二转换器106、108可以是能够使电压提升和降低的任何种类的双向转换器,图2图示根据本发明一实施例的双向反激式降压/升压转换器实施例。这样的反激式转换器适合于需要大的电压提升和/或需要隔离的时候。然而,本发明的实施例还预想关于转换器的变化(例如用于减少开关损耗的软开关或有源钳位)也可以与本文描述的电路一起使用。

[0023] 如示出的,第一和第二转换器106、108分别包括变压器136、138和开关140、142和144、146。开关140-146是电力开关并且可以是,例如MOSFET、IGBT、SCR和本领域内已知的其它电力开关。

[0024] 在一个实施例中,控制脉宽调制器(PWM) 148来提供AC或正弦参考信号 $r(t)$ 以控制转换器106、108中的转换过程。PWM 148的控制输入126与开关140、146联络并且配置成向其输送信号 $d_{SPA}(t)$ 和 $d_{SSB}(t)$ 。控制输入128(其是控制输入126的逆)与开关142、144联络并且配置成向其输送信号 $d_{SPB}(t)$ 和 $d_{SSA}(t)$ 。在一个示范性情况下, $d_{SPA}(t) = d_{SSB}(t) = k_1 * r(t)$,并且 $d_{SPB}(t) = d_{SSA}(t) = 1 - k_1 * r(t)$,其中 $d_x(t)$ 是开关占空比, k_1 是常数,并且 $r(t)$ 是参考信号。

[0025] 节点 $V_{REF,P}$ 和 $V_{REF,S}$ 对分别在压电驱动器100的一次(P)侧和二次(S)侧上形成。节点 $V_{REF,P}$ 和 $V_{REF,S}$ 可耦合于例如相应的地平面,或可经由单个地平面而耦合在一起。使节点 $V_{REF,P}$ 和 $V_{REF,S}$ 经由单个地平面耦合在一起可有助于减少压电驱动器100的构造成本以及简化压电负载102的驱动。当耦合于共同的单个地平面时,转换器端子120和124耦合于转换器端子112和116。

[0026] 在第一和第二转换器106、108的控制-到-输出函数不是线性的或不是可接受的线性近似的情况下,误差校正或减少方法可用于校正第一和第二转换器106、108的输出使得接近更线性的输出。图3图示框示意图,其示出根据本发明一实施例使用反馈作为误差校正的一示例。图3图示图1的压电驱动器100的组件连同图2的PWM 148。还示出补偿器150耦合于AC电压源130与PWM 148之间。补偿器150接收如经由电压传感器152测量的跨压电负载102的输出电压 $v_0(t)$ 。从电压传感器152接收的实际输出波形电压 $v_0(t)$ 用于修改输入波形电压 $r(t)$ 使得第一和第二转换器106、108的PWM控制基于修改的输入波形电压来生成期望的输出电压波形。采用该方式,使用反馈修改输入波形电压 $r(t)$ 来控制第一和第二转换器106、108以在整个宽转换范围接近线性转换。

[0027] 图4图示框示意图,其示出根据本发明另一个实施例使用预失真作为误差校正方法的一示例。图4图示图1的压电驱动器100的组件连同图2的PWM 148。还示出预失真块154耦合于AC电压源130与PWM 148之间。可使用配置成修改输入波形电压 $r(t)$ 的控制器或其它硬件组件执行预失真154使得第一和第二转换器106、108的PWM控制基于修改的输入波形电压生成期望的输出电压波形 $v_0(t)$ 。例如,预失真控制器可用查找表或用预失真算法对预失真控制器编程,该预失真算法配置成由输入波形电压 $r(t)$ 在它的整个波形范围控制时基于第一和第二转换器106、108的已知升压转换功能行为使输入波形电压 $r(t)$ 失真。采用该方式,使用预定的失真修改来修改输入波形电压 $r(t)$ 以控制第一和第二转换器106、108以在整个宽转换范围接近线性转换。

[0028] 图5示出框示意图,其示出根据本发明一实施例产生在图1-4中图示的参考信号 $r(t)$ 的源130的一示例。采用该方式 $r(t)$ 的产生可以在压电驱动器输出处生成高保真。

[0029] 参考信号 $r(t)$ 的产生可使用模拟电路或数字实现来合成参考信号 $r(t)$ 而实现。在简单的情况下,参考信号 $r(t)$ 的产生可在模拟电路中进行。例如,可用Wein桥或相似的振荡器实现正弦波的产生。然而,为了产生更复杂的图样,或为了补偿由转换器引入的非线性效应和失真,数字实现是更方便的。例如FPGA、DSP的单板计算机或微控制器可以用于该目的。在数字实现中,还可以包括例如在图4中描述的预失真。

[0030] 图5图示用于产生可以驱动PWM 148的规定命令信号的控制器的块156。控制器156包括函数产生块158和 $\Sigma-\Delta$ (Sigma Delta) 调制器块160。在函数产生块158中,可以将期望的波形编程为函数或查找表。例如,函数发生器可执行算法来确定用于使用的数字值。备选地,查找表可具有预先计算并且存储在其中的数字值。数字控制器或DSP(未示出)可以取这些数字值并且进一步根据多种方法产生参考信号 $r(t)$ 。在一个实施例中,数字值可以馈送到数模转换器(DAC) 162,其产生模拟波形。在另一个实施例中,数字值可以驱动数字控制器156内部的脉宽调制器(未示出),该数字控制器156的输出随后通过滤波器(未示出)滤波以去除不希望的频率分量。在再另一个实施例中,数字值可以驱动数字PWM 148,其直接产生电力开关控制波形。

[0031] 在使用数字波形产生方法时由于“量子化”，低成本微控制器中可用的比特的数量典型地受到限制并且通常意味着在参考波形构造中存在可见的“阶梯”或量子。这些伪像可以表现为控制器156的输出164处的失真或低保真波形。在一些情况下，这些伪像可以导致非期望的行为，例如产生可听噪声。因为基本模拟波形可以具有低频率，去除这些伪像通常牵涉在输出164处使用庞大的滤波器来对较高阶谐波滤波。滤波器块166作为控制器156与PWM 148之间的接口而被包括。如果没有做任何事情来解决上文描述的量子化效应，重的低通滤波可用于确保量子化效应不影响驱动器和转换器的输出。如果控制器156具有较低的分辨率，滤波器的截止频率将低到足以使参考信号 $r(t)$ 衰减。补偿该效应可能需要提升功耗。

[0032] 当采用预失真时，具有接近基频的截止频率的低通滤波器可以在第一和第二转换器106、108中引起 $r(t)$ 的不准确缩放表示。例如，因为从转换器106、108期望的输出信号是 $r(t)$ 的缩放表示，如果转换器106、108是非线性的， $r(t)$ 可采用补偿转换器106、108的非线性行为的方式在输入到PWM 148之前被预失真为信号 $r'(t)$ 。该预失真的信号 $r'(t)$ 将修改 $r(t)$ 的谐波。如果低通滤波使这些谐波衰减或使它们的相位相对于彼此和基频改变，将增加非期望的失真，并且转换器106、108的输出将不再是参考信号 $r(t)$ 的准确缩放表示。

[0033] 为了避免滤波约束并且减轻量子化有关的效应，使用有效采样分辨率的增加。Sigma Delta技术可以在控制器156中实现来增加分辨率并且减小量子化的影响。如果控制器156具有足够高的采样速率，可以针对参考信号 $r(t)$ 的频率分量权衡控制器156更高的采样和计算速率来对信号过采样。这还可以实现为查找表，其中对参考信号 $r(t)$ 过采样并且条目被编程为控制器156中的查找表。

[0034] 这样的过采样的优点是在采样波形中任何所得的不准确或失真现在取决于信号被过采样或过表示所处的频率。之前源于量子化的伪像现在移向更高的频率。因为sigma delta技术160使伪像频率移向比基本参考分量高得多的值，这允许在模拟波形从具有比常规的DAC所可能的更高的截止频率的控制器156出来时在该模拟波形上实现滤波。这具有至少两个益处。首先，滤波器的尺寸和成本可以降低。其次，更高的滤波器截止频率成为可能意味着滤波器对由预失真产生或修改的谐波分量的影响将被最小化，从而使预失真的使用变得实用。

[0035] 对PWM 148产生清除命令的该方法对于维持输出波形 $v_o(t)$ 的保真是重要的。实际上，在一些实现中，整个链可以在微控制器块或数字处理器中实现，其也包括滤波器166和PWM 148。

[0036] 本发明的实施例允许具有高效率、低成本、小尺寸和良好的波形保真的压电驱动器。另外，在一些实施例中使用例如参考图2描述的那些的反激式转换器对于所有电力开关允许电流隔离、宽电压范围和共同参考接地。此外，使用反馈、预失真或例如前馈误差校正技术的其它误差校正技术补偿非线性DC-到-DC转换允许跨压电致动器的电压是用于控制升压转换过程的控制信号的线性近似。

[0037] 因此，根据本发明的一个实施例，驱动器系统包括直流(DC)电压源和第一双向DC-到-DC转换器，其具有耦合于DC电压源的一次侧和二次侧并且包括控制输入，该控制输入配置成接收第一控制信号，该第一控制信号配置成控制第一双向DC-到-DC转换器的一次侧上的第一电压到第一双向DC-到-DC转换器的二次侧上的第二电压的转换。该驱动器还包括第

二双向DC-到-DC转换器,其具有耦合于DC电压源的一次侧和耦合于第一双向DC-到-DC转换器的二次侧的二次侧并且包括控制输入,该控制输入配置成接收第二控制信号,该第二控制信号配置成控制第二双向DC-到-DC转换器的一次侧上的第一电压到第二双向DC-到-DC转换器的二次侧上的第三电压的转换。该第一和第二双向DC-到-DC转换器能够提升第一电压,并且第二控制信号是第一控制信号的补。第二和第三电压之间的差包括输出电压,并且该输出电压包括第一控制信号的放大。

[0038] 根据本发明的另一个实施例,制造压电驱动器的方法包括使直流(DC)电压源耦合于第一电压转换器的低压侧以及第二电压转换器的低压侧,其中该第一和第二电压转换器包括双向DC-到-DC电压转换器,其能够使来自DC电压源的电压提升。该方法还包括使第一电压转换器的高压侧上的第一高压侧端子耦合于压电致动器的第一侧、使第二电压转换器的高压侧上的第一高压侧端子耦合于压电致动器的第二侧,以及使第一电压转换器的第二高压侧端子耦合于第二电压转换器的第二高压侧端子。该方法还包括使控制系统耦合于第一和第二电压转换器并且将控制系统配置成向第一电压转换器供应第一控制信号以及向第二电压转换器供应第二控制信号。该第一控制信号配置成控制第一电压转换器以将来自第一电压转换器的低压侧上的DC电压源的电压转换成第一电压转换器的高压侧上的第一输出电压,并且该第二控制信号是该第一控制信号的补并且配置成控制第二电压转换器以将来自第二电压转换器的低压侧上的DC电压源的电压转换成第二电压转换器的高压侧上的第二输出电压。第一和第二输出电压之间的电压差包括差分电压,其包括第一控制信号的放大。

[0039] 根据本发明的再另一个实施例,压电驱动器包括具有低压侧和高压侧的第一双向DC-到-DC电压转换器并且包括具有低压侧和高压侧的第二双向DC-到-DC电压转换器。该第一双向DC-到-DC电压转换器包括第一高压侧端子、第二高压侧端子,并且其中该第一双向DC-到-DC转换器能够使其第一高压侧端子上的电压提升。第二双向DC-到-DC电压转换器包括第一高压侧端子、第二高压侧端子,其耦合于第一电压转换器的第二高压侧端子,并且其中该第二双向DC-到-DC转换器能够使其第一高压侧端子上的电压提升。压电驱动器还包括:直流(DC)电压源,其耦合于第一和第二双向DC-到-DC电压转换器的低压侧;压电致动器,其耦合于第一双向DC-到-DC电压转换器的第一高压侧端子并且耦合于第二双向DC-到-DC电压转换器的第一高压侧端子;和控制系统,其耦合于第一和第二电压转换器。该控制系统配置成向第一双向DC-到-DC电压转换器供应第一控制信号,其中该第一控制信号配置成控制第一双向DC-到-DC电压转换器以将第一双向DC-到-DC电压转换器的低压侧上的电压转换成第一双向DC-到-DC电压转换器的高压侧上的第一输出电压。该控制系统还配置成向第二双向DC-到-DC电压转换器供应第二控制信号,其中该第二控制信号是第一控制信号的补并且配置成控制第二双向DC-到-DC电压转换器以将第二双向DC-到-DC电压转换器的低压侧上的电压转换成第二双向DC-到-DC电压转换器的高压侧上的第二输出电压。第一和第二输出电压之间的电压差包括差分电压,其包括第一控制信号的放大。

[0040] 该书面描述使用示例以公开本发明,其包括最佳模式,并且还使本领域内任何技术人员能够实践本发明,包括制作和使用任何装置或系统并且执行任何结合的方法。本发明的专利范围由权利要求限定,并且可包括本领域内技术人员想到的其他示例。这样的其他示例如果它们具有不与权利要求的文字语言不同的结构元件,或者如果它们包括与权利

要求的文字语言无实质区别的等同结构元件则确定在权利要求的范围内。

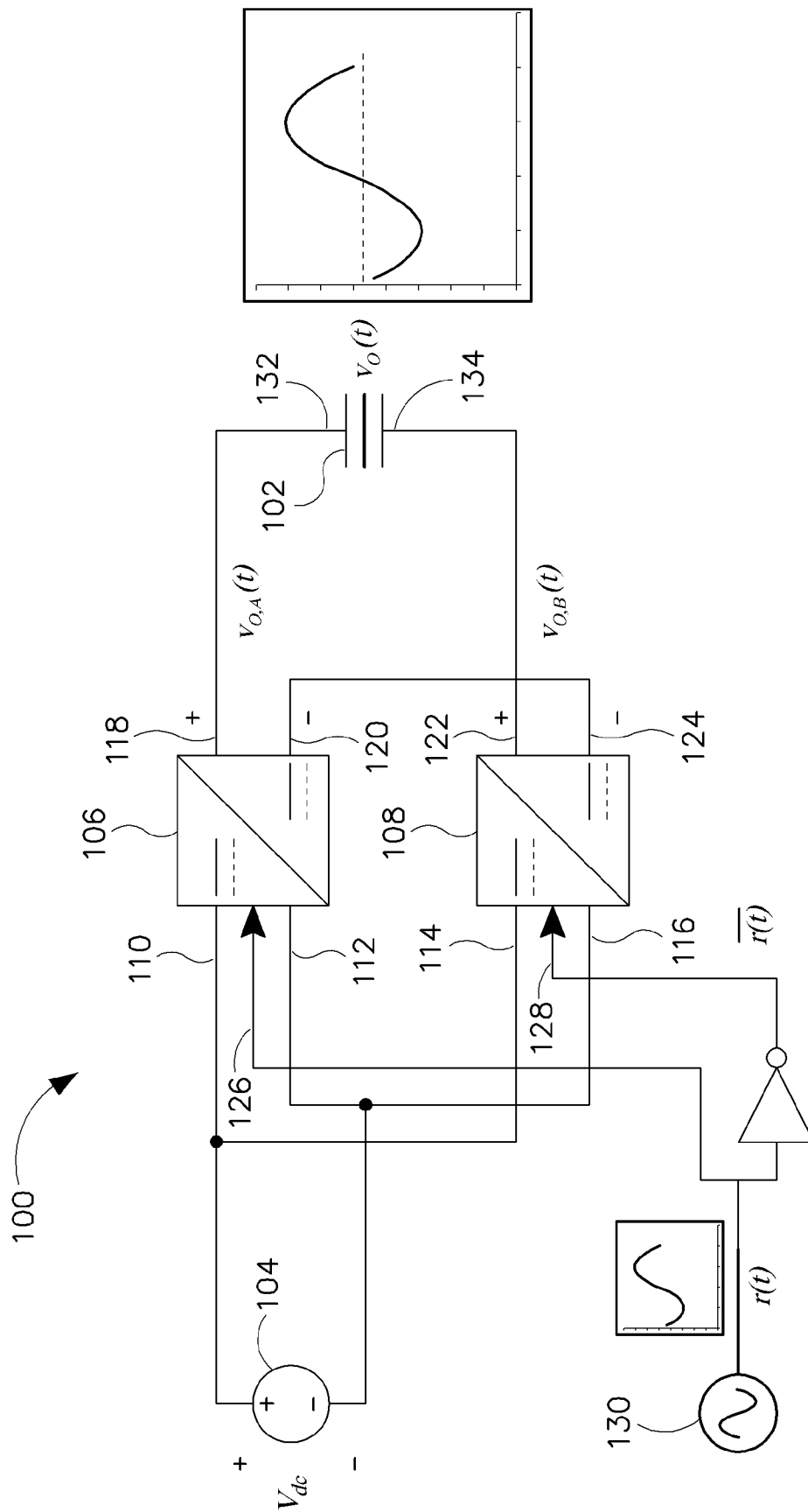


图 1

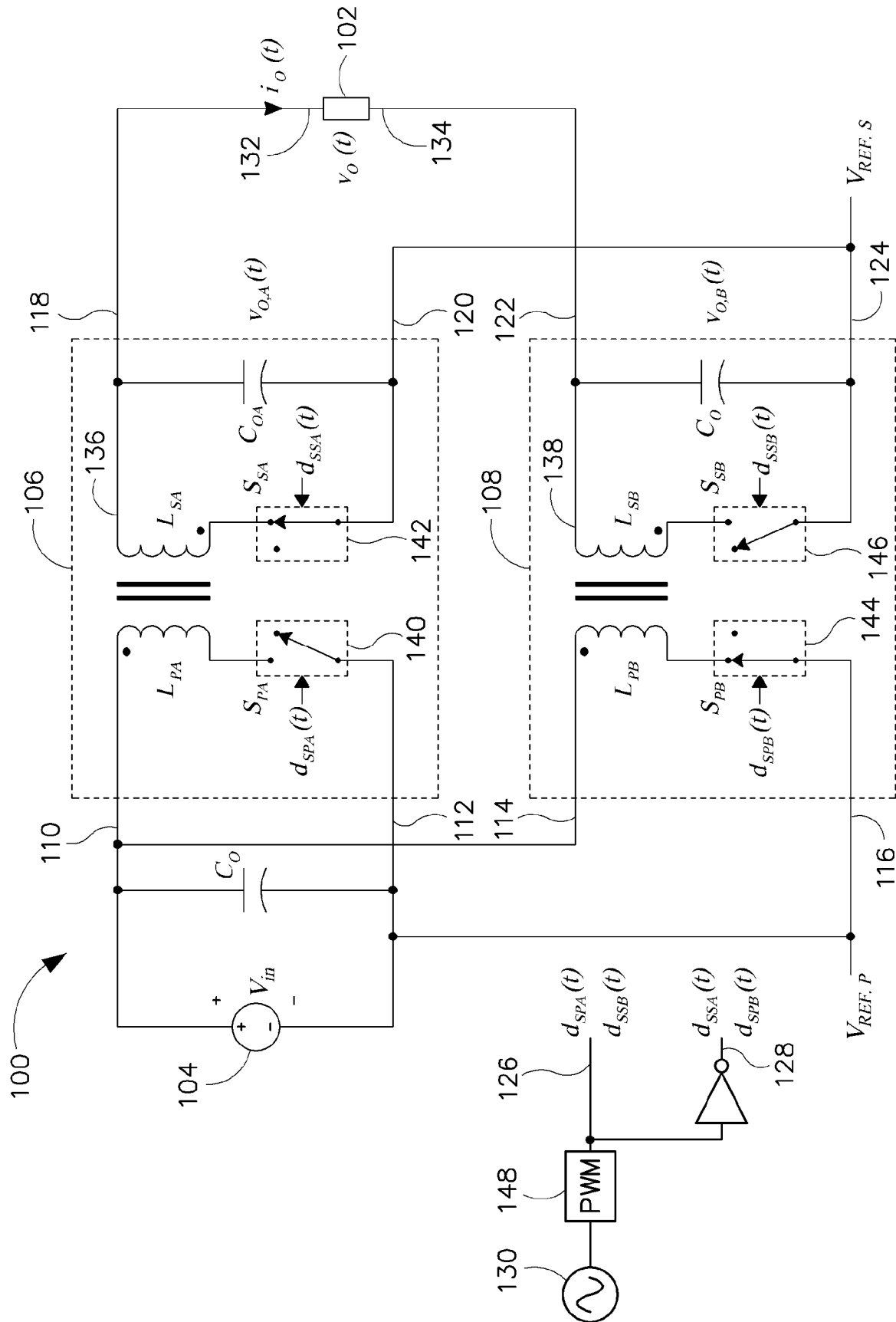


图 2

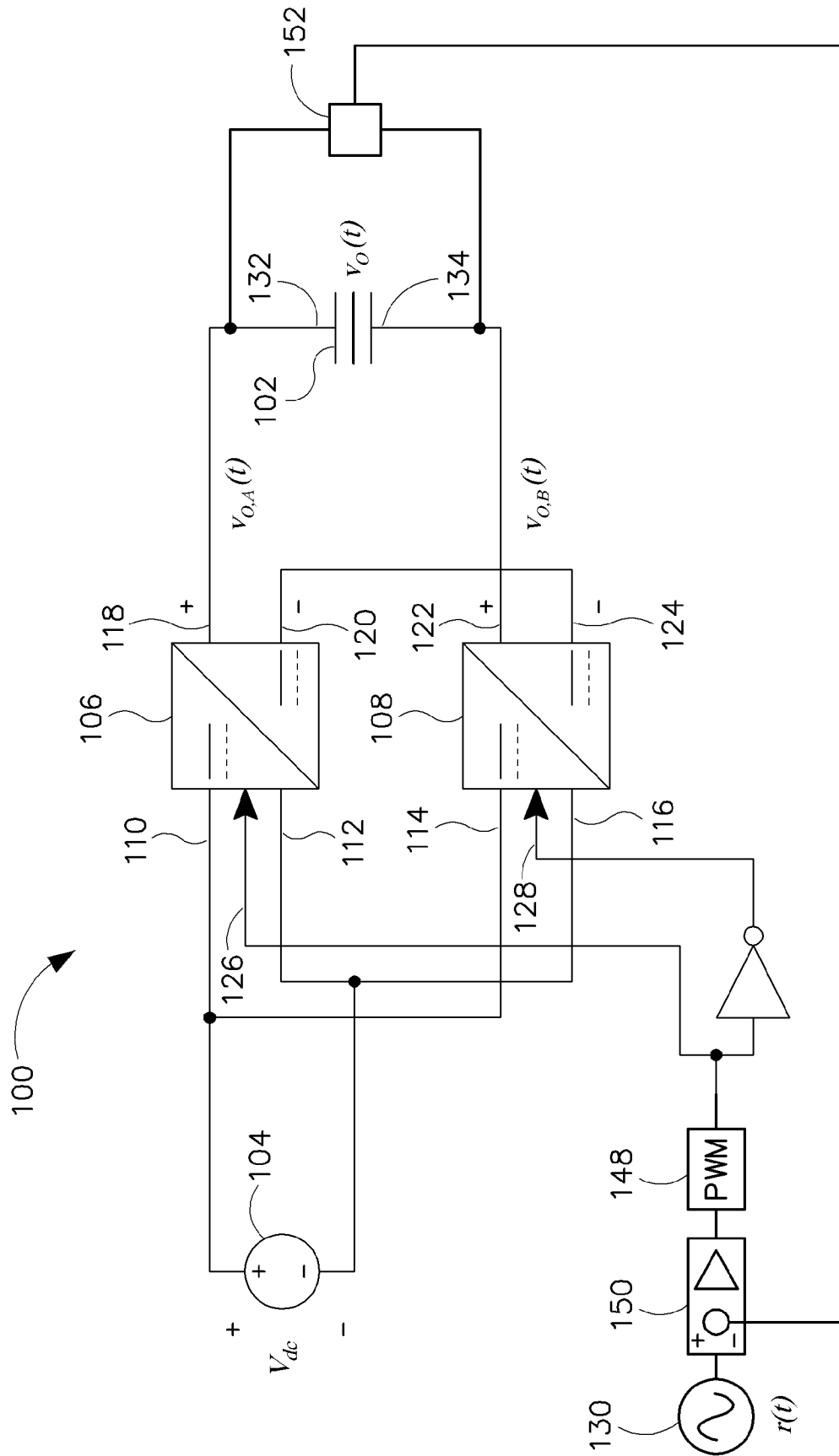


图 3

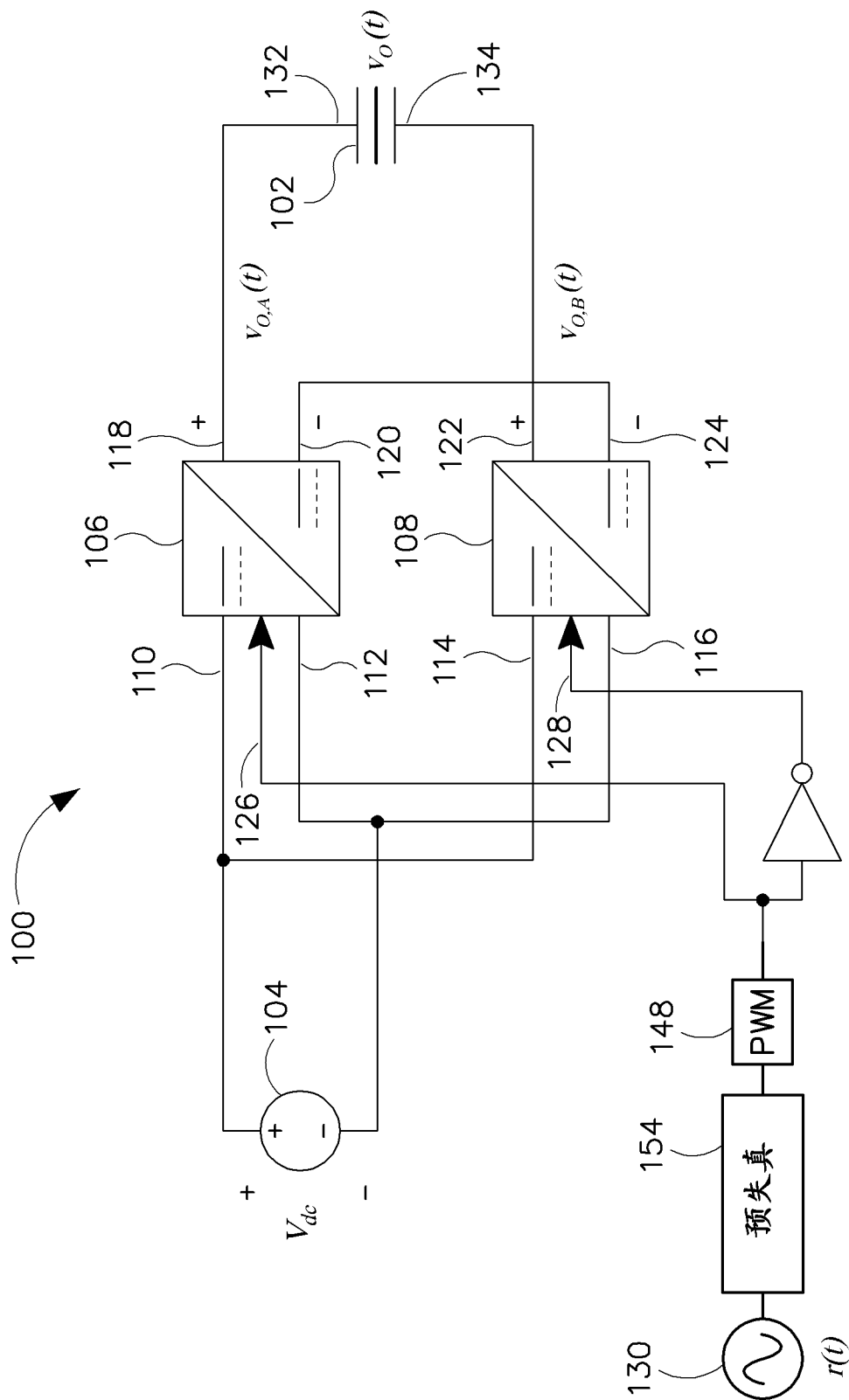


图 4

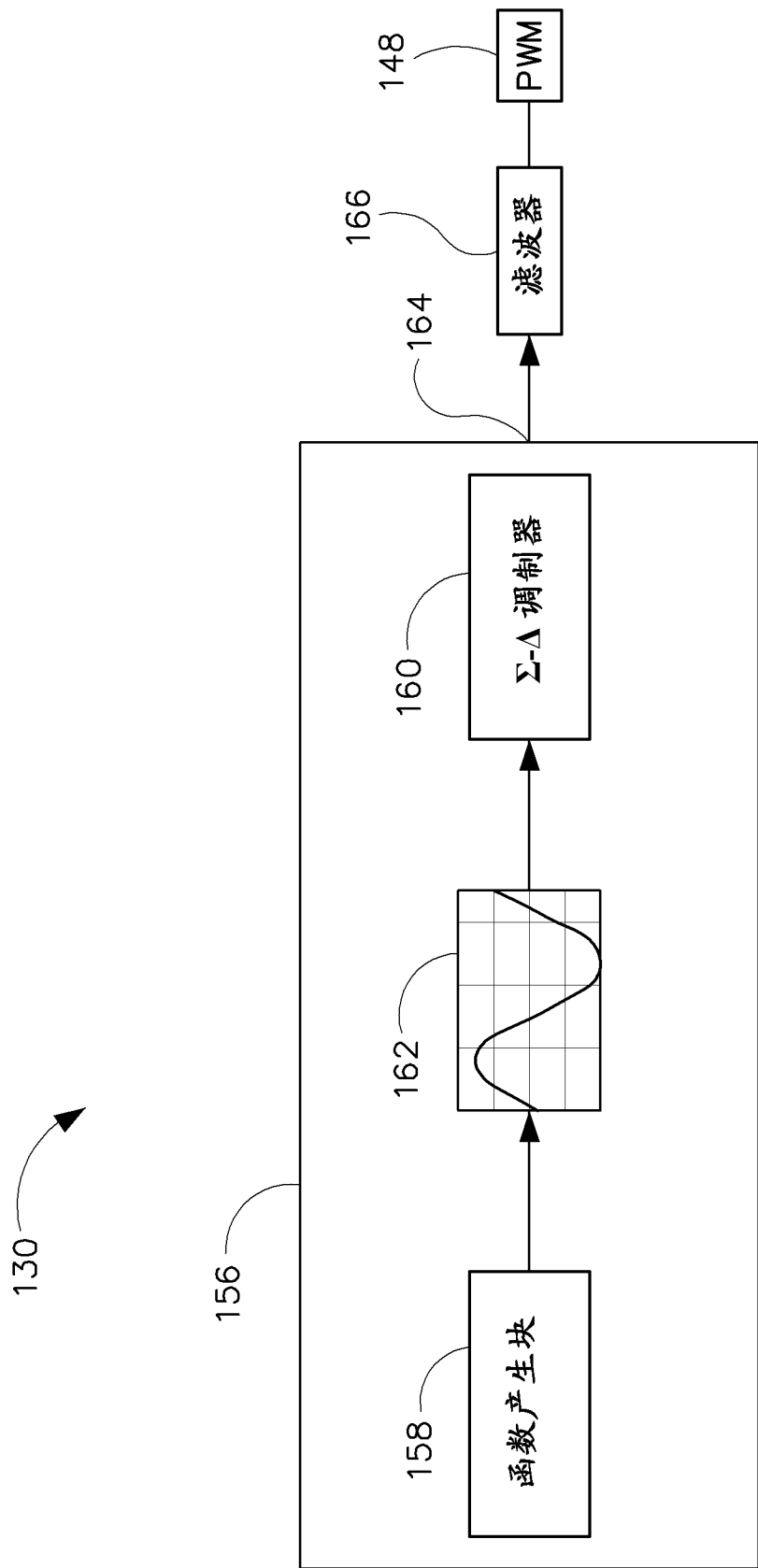


图 5