



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114123998 A

(43) 申请公布日 2022.03.01

(21) 申请号 202111519675.3

H03F 3/24 (2006.01)

(22) 申请日 2016.06.30

H03B 5/12 (2006.01)

(30) 优先权数据

H03F 1/02 (2006.01)

14/755,462 2015.06.30 US

H03F 3/193 (2006.01)

(62) 分案原申请数据

H03F 3/45 (2006.01)

201680038816.0 2016.06.30

H03G 1/00 (2006.01)

(71) 申请人 德克萨斯仪器股份有限公司

地址 美国德克萨斯州

(72) 发明人 S·查克拉博蒂

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

代理人 李英

(51) Int.Cl.

H03F 3/21 (2006.01)

H03F 3/213 (2006.01)

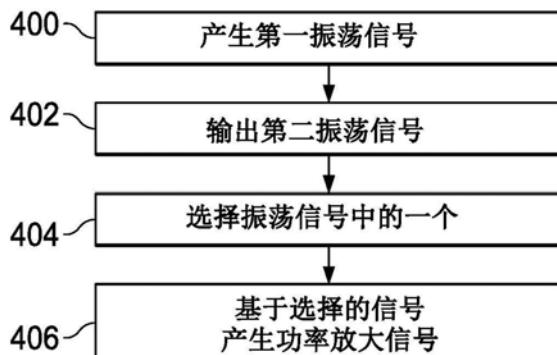
权利要求书5页 说明书24页 附图18页

(54) 发明名称

可变增益功率放大器

(57) 摘要

本发明涉及可变增益功率放大器。在描述的示例中，可变增益功率放大技术包括：利用被包括在振荡器中的一个或多个电抗组件的网络来产生第一振荡信号(400)；和经由被包括在电抗组件的网络中的一个或多个抽头来输出第二振荡信号(402)。第二振荡信号具有与第一振荡信号成比例并小于第一振荡信号的幅度。功率放大技术进一步包括选择第一振荡信号和第二振荡信号中的一个以用于产生功率放大的输出信号(404)，和放大第一振荡信号和第二振荡信号中的所选择的一个以产生功率放大的输出信号(406)。



1. 一种集成电路，其包括：

粗略增益控制电路，该粗略增益控制电路包括：

第一输入端，其被配置为耦连到振荡器以接收第一振荡信号；

第二输入端，其被配置为耦连到所述振荡器以接收第二振荡信号，所述第二振荡信号是所述第一振荡信号的衰减版本；

控制输入端，其被配置为接收第一增益控制信号；以及

输出端，其中所述粗略增益控制电路被配置为：

基于所述第一增益控制信号在所述第一振荡信号和所述第二振荡信号之间选择振荡信号；以及

基于所述第一增益控制信号衰减所述振荡信号以在所述粗略增益控制电路的所述第一输入端提供第一输出信号；以及

放大器级，其包括：

耦连到所述粗略增益控制电路以接收所述第一输出信号的输入端；和

输出端，其中所述放大器级被配置为基于第二增益控制信号放大所述第一输出信号以在所述放大器级的输出端提供第二输出信号；

其中所述粗略增益控制电路包括一组无源器件，其被配置为选择所述振荡信号并且衰减所述振荡信号以提供所述第一输出信号。

2. 根据权利要求1所述的集成电路，包括可调整电源，其中：

所述可调整电源包括被配置为接收所述第二增益控制信号的输入端和输出端；

所述可调整电源被配置为基于所述第二增益控制信号在所述输出端提供可调整电源信号；

所述放大器级包括电源输入端，其耦连到所述可调整电源的输出端以接收所述可调整电源信号；以及

所述放大器级被配置为基于所述可调整电源信号放大所述第一输出信号。

3. 根据权利要求1所述的集成电路，其中：

所述放大器级是第一放大器级；

所述集成电路包括第二放大器级，所述第二放大器级包括耦连到所述第一放大器级的输出端以接收所述第二输出信号的输入端和被配置为耦连到发射器的匹配网络的输出端；以及

所述第二放大器级被配置为基于第三增益控制信号放大所述第二输出信号以在所述第二放大器级的输出端提供第三输出信号。

4. 根据权利要求1所述的集成电路，其中：

所述放大器级的输入端是一对差分输入端；

所述放大器级的输出端是一对差分输出端；和

所述放大器级包括：

耦连在电源节点和该对差分输出端的第一输出端之间的第一晶体管，其包括耦连到该对差分输入端的第一输入端的栅极；

耦连在该对差分输出端的第一输出端和接地节点之间的第二晶体管，其包括耦连到该对差分输入端的第一输入端的栅极；

耦连在所述电源节点和该对差分输出端的第二输出端之间的第三晶体管，其包括耦连到该对差分输入端的第二输入端的栅极；和

耦连在该对差分输出端的第二输出端和接地节点之间的第四晶体管，其包括耦连到该对差分输入端的第二输入端的栅极。

5. 根据权利要求4所述的集成电路，其中：

所述第一晶体管通过第一可调电阻与第一电阻耦接到所述电源节点；

所述第三晶体管通过所述第一可调电阻与第二电阻耦接到所述电源节点；

所述第二晶体管通过第二可调电阻与第三电阻耦接到所述接地节点；以及

所述第三晶体管通过所述第二可调电阻与第四电阻耦接到所述接地节点。

6. 一种集成电路，其包括：

振荡器，该振荡器包括：

包括第一输出节点和第二输出节点的第一差分输出对，

耦连在所述第一输出节点和所述第二输出节点之间的电抗组件网络，和

第二差分输出对，其包括第三输出节点和第四输出节点，其中所述第二差分输出对耦连到所述电抗组件网络；以及

功率放大器，其包括：

放大器级，和

选择电路，其包括：

耦连到所述振荡器的所述第一差分输出对的第一输入端，

耦连到所述振荡器的所述第二差分输出对的第二输入端，以及

耦连到所述放大器级的输出端。

7. 根据权利要求6所述的集成电路，其中：

所述电抗组件网络包括串联耦连在所述振荡器的所述第一输出节点和所述第二输出节点之间的电感器；

所述电感器的子集串联耦连在所述振荡器的所述第三输出节点和所述第四输出节点之间；以及

所述振荡器的所述第一差分输出对的所述第一和第二输出节点之间的电感大于所述振荡器的所述第二差分输出对的所述第三和第四输出节点之间的电感。

8. 根据权利要求6所述的集成电路，其中：

所述电抗组件网络包括串联耦连在所述振荡器的所述第一输出节点和所述第二输出节点之间的电容器；

所述电容器的子集串联耦连在所述振荡器的所述第三输出节点和所述第四输出节点之间；以及

所述振荡器的所述第一差分输出对的所述第一和第二输出节点之间的电容大于所述振荡器的所述第二差分输出对的所述第三和第四输出节点之间的电容。

9. 根据权利要求6所述的集成电路，其中：

所述电抗组件网络包括串联耦连在所述振荡器的所述第一输出节点和所述第二输出节点之间的电感器；

所述电感器中的第一电感器将所述第一输出节点直接耦连至所述第三输出节点；以及

所述电感器中的第二电感器将所述第二输出节点直接耦连到所述第四输出节点。

10. 一种发射器电路，包括：

振荡器，所述振荡器包括：

提供第一振荡信号的第一组输出端；和

提供第二振荡信号的第二组输出端；

粗增益控制电路，其包括：

耦连到所述振荡器的第一组输出端的第一组输入端；

耦连到所述振荡器的第二组输出端的第二组输入端；

接收第一增益控制信号的增益控制输入端；和

提供第一输出信号的输出端，其中所述粗增益控制电路被配置为：

从所述第一振荡信号和所述第二振荡信号中选择一个信号；和

根据所述第一增益控制信号调整选择的信号以产生所述第一输出信号；和

放大器级，其包括：

耦连到所述粗增益控制电路的输出端以接收所述第一输出信号的输入端；

用于接收第二增益控制信号的增益控制输入端；和

提供第二输出信号的输出端，其中所述放大器级被配置为基于所述第二增益控制信号放大所述第一输出信号以产生所述第二输出信号；和

耦连到所述放大器级的匹配网络；

其中所述粗增益控制电路包括一组无源器件，其被配置为选择所述信号并调整所选信号以产生所述第一输出信号。

11. 根据权利要求10所述的发射器电路，其中：

所述振荡器的所述第一组输出端包括第一输出节点和第二输出节点；

所述振荡器的所述第二组输出端包括第三输出节点和第四输出节点；以及

所述振荡器包括：

耦连于所述第一输出节点与所述第三输出节点之间的第一电感器；

耦连于所述第三输出节点与所述第四输出节点之间的第二电感器；和

耦连在所述第四输出节点和所述第二输出节点之间的第三电感器。

12. 根据权利要求11所述的发射器电路，其中：

所述振荡器包括耦连在所述第三输出节点和所述第四输出节点之间的第四电感器，使得：

所述第三输出节点通过所述第二电感器耦连到电压节点；以及

所述第四输出节点通过所述第四电感器耦连到所述电压节点。

13. 根据权利要求1所述的发射器电路，包括可调电源，其中：

所述可调电源包括被配置为接收所述第二增益控制信号的输入端和输出端；

所述可调电源被配置为基于所述第二增益控制信号在所述输出端提供可调电源信号；

所述放大器级包括耦连到所述可调电源的输出端以接收所述可调电源信号的电源输入端；以及

所述放大器级被配置为基于所述可调电源信号放大所述第一输出信号。

14. 根据权利要求11所述的发射器电路，其中：

所述放大器级为第一放大器级；

所述发射器电路包括第二放大器级，其包括耦连到所述第一放大器级的输出端以接收所述第二输出信号的输入端和耦连到所述匹配网络的输出端；以及

所述第二放大器级被配置为基于第三增益控制信号放大所述第二输出信号以在所述第二放大器级的输出端提供第三输出信号。

15. 根据权利要求11所述的发射器电路，其中：

所述放大器级的输入端是差分输入对；

所述放大器级的输出端是差分输出对；以及

所述放大器级包括：

耦连在电源节点和所述差分输出对的第一输出端之间第一晶体管，其包括耦连到所述差分输入对的第一输入端的栅极；

耦连在所述差分输出对的第一输出端和接地节点之间的第二晶体管，其包括耦连到所述差分输入对的第一输入端的栅极；

耦连在所述电源节点和所述差分输出对的第二输出端之间的第三晶体管，其包括耦连到所述差分输入对的第二输入端的栅极；和

耦连在所述差分输出对的第二输出端和接地节点之间的第四晶体管，其包括耦连到所述差分输入对的第二输入端的栅极。

16. 一种电路装置，包括：

功率放大器，所述功率放大器包括：

被配置为耦连到振荡器的第一组差分输入端；

被配置为耦连到所述振荡器的第二组差分输入端；

配置为耦连到匹配网络的输出端；

耦连到所述第一组差分输入端的第一放大器级；

耦连到所述第一放大器级的第二放大器级；

耦连到所述第二组差分输入端的第三放大器级；

耦接至所述第三放大器级的第四放大器级；

选择电路，其耦接至所述第二放大器级及所述第四放大器级，其中所述选择电路包含耦接至所述功率放大器的所述输出端的输出端；

第一增益控制输入端；

第一可调电源，其包括耦连到所述第一增益控制输入端的输入端和耦连到所述第一放大器级和所述第三放大器级的输出端，其中所述第一可调电源被配置为在所述输出端提供具有基于所述第一增益控制输入端的功率水平的第一功率信号；

第二增益控制输入端；和

第二可调电源，其包括耦连到所述第二增益控制输入端的输入端和耦连到所述第二放大器级和所述第四放大器级的输出端，其中所述第二可调电源被配置为在所述输出端提供第二功率信号，其具有基于第二增益控制输入端的功率水平。

17. 根据权利要求16所述的电路装置，其中所述功率放大器还包括：

耦连在所述第一组差分输入端和所述第一放大器级之间的第一增益控制电路；和

耦连在所述第二组差分输入端和所述第三放大器级之间的第二增益控制电路。

18. 根据权利要求17所述的电路装置，其中：

所述第一增益控制电路包括被耦连以接收第一增益控制信号的增益控制输入端；并且

所述第二增益控制电路包括被耦连以接收独立于所述第一增益控制信号的第二增益控制信号的增益控制输入端。

19. 根据权利要求16所述的电路装置，还包括所述振荡器，其中所述振荡器包括：

第一组差分输出端，其耦连到所述功率放大器的第一组差分输入端，其中所述第一组差分输出端包括第一输出节点和第二输出节点；

耦连在所述第一输出节点和所述第二输出节点之间的一组电抗组件；和

耦连到所述功率放大器的第二组差分输入端的第二组差分输出端。

20. 根据权利要求19所述的电路装置，其中：

所述第二组差分输出端包括第三输出节点和第四输出节点；

所述一组电抗组件包括串联耦连在所述第一输出节点和所述第二输出节点之间的一组电容器；以及

该组电容器包括串联耦连在所述第三输出节点和所述第四输出节点之间的电容器子集。

可变增益功率放大器

[0001] 本申请是2016年6月30日提交的题为“可变增益功率放大器”的中国专利申请201680038816.0的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明总体涉及电路，并且更具体地涉及功率放大器。

背景技术

[0003] 收发器用于各种各样的应用，例如像移动电话、无线电设备和无线通信。收发器可以使用功率放大器来增加驱动天线的信号的功率，使得信号的功率是足够强的以达到相对远的距离。许多类型的收发器应用可以是功率有限的和/或面积有限的。例如，移动电话无线电设备可以使用具有有限功率量的电池，并且可以具有用于收发器组件的有限空间量。设计用于低功率、低面积收发器的功率放大器可能呈现重大挑战。

发明内容

[0004] 在所描述的示例中，集成电路包括振荡器和功率放大器。振荡器包括第一节点、第二节点和耦连在第一节点与第二节点之间的一个或多个电抗组件的网络。电抗组件的网络具有在第一节点与第二节点之间的至少一个抽头。振荡器进一步包括经由第二节点耦连到电抗组件的网络的第一输出端，和经由抽头耦连到电抗组件的网络的第二输出端。功率放大器包括耦连到振荡器的第一输出端的第一输入端，耦连到振荡器的第二输出端的第二输入端，以及输出端。

[0005] 根据进一步的示例，集成电路包括具有一个或多个电抗组件的压控振荡器(VCO)。集成电路进一步包括耦连到VCO的可编程无源衰减电路。可编程无源衰减电路包括被包括在VCO中的一个或多个电抗组件的至少一部分。集成电路进一步包括耦连到可编程无源衰减电路的功率放大器。

[0006] 根据附加的示例，一种方法包括利用被包括在压控振荡器(VCO)中的一个或多个电抗组件的网络来产生第一振荡信号。方法进一步包括经由被包括在电抗组件网络中的一个或多个抽头来输出第二振荡信号。第二振荡信号具有与第一振荡信号成比例并小于第一振荡信号的幅度(magnitude)。方法进一步包括基于增益控制选择第一振荡信号和第二振荡信号中的一个以用于产生功率放大的输出信号。方法进一步包括基于第一振荡信号和第二振荡信号中的所选择的一个来产生功率放大的输出信号。

附图说明

[0007] 图1是示出根据本公开的示例性发射器的框图。

[0008] 图2和图3是根据本公开的图1的示例性发射器的框图，其中更详细地示出示例振荡器。

[0009] 图4和图5是根据本公开的图1的示例性发射器的框图，其中更详细地示出示例功

率放大器。

- [0010] 图6是示出可以在本公开的示例振荡器中使用的示例电抗组件网络的示意图。
- [0011] 图7是示出根据本公开的合并图6的示例电抗组件网络的示例振荡器的示意图。
- [0012] 图8是示出可以在本公开的示例振荡器中使用的另一个示例电抗组件网络的示意图。
- [0013] 图9是可以在本公开的示例发射器中使用的示例性电抗组件和切换电路的示意图。
- [0014] 图10是示出可以在本公开的示例振荡器中使用的另一个示例电抗组件网络的示意图。
- [0015] 图11是示出根据本公开的合并图10的示例电抗组件网络的示例振荡器的示意图。
- [0016] 图12是示出可以在本公开的示例振荡器中使用的另一个示例电抗组件网络的示意图。
- [0017] 图13-图15是示出可以在本公开的功率放大器中使用的示例性放大器级的示意图。
- [0018] 图16-图20是示出根据本公开的附加示例发射器的框图。
- [0019] 图21是示出根据本公开的用于放大信号功率的示例技术的流程图。
- [0020] 图22和图23是示出可以在本公开的示例振荡器中使用的附加示例电抗组件网络的示意图。

具体实施方式

[0021] 本公开描述可以用于放大发射器和/或收发器中的信号的可变增益功率放大器。在一些示例中，功率放大器可以包括振荡器，所述振荡器包括一个或多个电抗组件的网络。电抗组件网络可以包括一个或多个抽头(tap)，所述抽头允许振荡器输出跨越(across)电抗组件网络的不同部分出现的不同电压。功率放大器可以接收不同电压，并且选择性地放大一个或多个不同电压以获得功率放大的输出信号。

[0022] 选择性地放大跨越振荡器中的电抗组件网络的不同部分出现的不同电压可以允许功率放大器的增益被调整，这进而可以允许基于发射器的动态功率要求调整放大器的输出功率。允许基于发射器的动态功率要求调整放大器的输出功率可以允许减小发射器或收发器的总体功耗。通过使用被包括在振荡器中的电抗组件网络的一个或多个抽头来获得选择性放大的不同电压，可以减小获得不同电压所需的组件量。以此方式，可以通过相对小数目的组件来获得可变增益的相对低功率的放大器。

[0023] 在一些示例中，一个或多个电抗组件的网络可以包括串联耦连的一个或多个电感器。在此类示例中，可以跨越电感器的第一部分获得第一电压，并且可以跨越电感器的第二部分获得第二电压。第二部分可以是第一部分的子集。在进一步的示例中，电抗组件网络可以包括串联耦连的一个或多个电容器。其他示例也是可能的并且在本公开的范围内。

[0024] 在一些示例中，为了选择性地放大多个电压，功率放大器可以基于增益控制来选择电压中的一个，并且使用多个放大器级来放大所选择的电压。在进一步的示例中，为了选择性地放大多个电压，功率放大器可以在单独放大器信号链中放大每个电压，并且然后基于增益控制来选择放大的电压中的一个。

[0025] 在一些示例中,功率放大器可以包括多个增益控制。例如,功率放大器可以包括:粗略增益控制,其控制选择哪个振荡器电压以用于产生功率放大的输出信号;以及精细增益控制,其控制在放大所选择的振荡器电压的多级放大器中的一个或两个放大器级的增益。在一些示例中,精细增益控制可以提供连续的增益控制函数,但是其中增益控制函数为线性的增益值范围可能相对较小。同时,粗略增益控制函数在相对大的增益值范围内可以是线性的,但是可能是具有离散增益步长的离散函数。

[0026] 提供粗略增益控制和精细增益控制两者可以允许在宽增益值范围内精细调谐(tuned)功率放大器的增益。以此方式,可以实现在相对大的输出功率设置范围内具有相对高精度的增益控制的功率放大器。

[0027] 在一些示例中,功率放大器中的一个或多个放大器级可以包括差分自偏置放大器。差分自偏置放大器可以包括:第一可变电阻,其耦连在电源与一个或多个上拉(pull-up)晶体管的源极端子之间;以及第二可变电阻,其耦连在接地轨与一个或多个下拉(pull-down)晶体管的源极端子之间。

[0028] 增加可变电阻可以增加放大器级的偶次谐波抑制,但是减小放大器级的增益。减少可变电阻可以具有相反的效果。因此,通过将可变电阻定位在差分自偏置放大器中的上述位置处,可以在功率放大器中动态地调整和平衡偶次谐波抑制与放大器增益之间的折衷。

[0029] 在进一步的示例中,功率放大器中的一个或多个放大器级可以被配置为以自偏置模式和非线性模式操作。自偏置模式可以提供比非线性模式更大的线性度,但是自偏置模式可能功率效率更低。另一方面,非线性模式可能功率效率更高,但是提供更小的线性度。通过提供可配置为以自偏置模式和非线性模式操作的放大器级,可以在功率放大器中动态地调整和平衡线性度与功率效率之间的折衷。

[0030] 在附加的示例中,功率放大器可以是多级放大器,其中每个级包括单端或差分自偏置放大器。每个级可以进一步包括可独立调整的功率轨电压。调整特定放大器级的功率轨电压可以引起该级中的自偏置放大器在不同的偏置电流处偏置,这进而可以调整自偏置放大器的增益。因此,通过针对不同的自偏置放大器级使用可独立调整的功率轨电压,可以利用相对小数目的电路组件来实现具有与级无关的增益调整的多级功率放大器。

[0031] 图1是示出根据本公开的示例发射器10的框图。发射器10包括:振荡器12,功率放大器14,匹配网络16,天线18,连接20、22、24、28和增益控制导线26。振荡器12的第一输出端通过连接20耦连到功率放大器14的第一输入端。振荡器12的第二输出端通过连接22耦连到功率放大器14的第二输入端。功率放大器14的增益控制输入端耦连到增益控制导线26。功率放大器14的输出端通过连接24耦连到匹配网络16的输入端。匹配网络16的输出端通过连接28耦连到天线18的输入端。

[0032] 连接20、22、24、28中的每一个可以是单端连接或差分连接,并且可以包括形成该连接的一个或多个导线。单端连接可以被实施为单个导线。差分连接可以利用差分导线对来实施。

[0033] 振荡器12在振荡器12的第一输出端处产生第一振荡信号并且在振荡器12的第二输出端处产生第二振荡信号。第二振荡信号可以是第一振荡信号的衰减版本。振荡信号可以是单端信号或差分信号。功率放大器14分别在功率放大器14的第一输入端和第二输入端

处接收振荡信号，并且基于振荡信号产生在功率放大器14的输出端处的功率放大的输出信号。为了产生功率放大的输出信号，功率放大器14可以选择振荡信号中的一个，产生振荡信号中的所选择信号的放大版本，并且输出振荡信号中的所选择信号的放大版本作为功率放大的输出信号。功率放大器14可以利用增益来产生振荡信号中的所选择信号的放大版本，该增益基于在功率放大器14的增益控制输入端处接收的增益控制信号来确定。匹配网络16在匹配网络16的输入端处接收功率放大的输出信号，并且转换功率放大的输出信号以在匹配网络16的输出端处产生已转换的功率放大输出信号。匹配网络16可以具有被设计成基本匹配功率放大器14的输出阻抗的输入阻抗，以及基本匹配天线18的阻抗的输出阻抗。天线18从匹配网络16接收已转换的功率放大输出信号，并且将该信号作为电磁辐射进行辐射。

[0034] 为了在振荡器12的第一输出端和第二输出端处产生振荡信号，振荡器12可以包括一个或多个电抗组件的网络(本文称为电抗组件网络)。电抗组件网络可以具有连接到网络的第一端部的第一节点、连接到网络的第二端部的第二节点、以及连接在第一节点和第二节点之间的相应位置处的一个或多个抽头。

[0035] 在一些示例中，振荡器12可以基于在第一节点和第二节点中的一者或两者处的电压来产生第一振荡信号，并且基于在一个或多个抽头处的电压来产生第二振荡信号。在其中振荡信号是差分信号的示例中，电抗组件网络可以具有位于第一节点和第二节点之间的两个不同位置处的至少两个抽头。在此类示例中，第一振荡信号可以对应于第一节点和第二节点之间的电压，并且第二振荡信号可以对应于第一抽头和第二抽头之间的电压。

[0036] 电抗组件网络可以包括一个或多个电抗组件(例如，电感器或电容器)。如果电抗组件网络包括一个以上的电抗组件，则电抗组件可以串联耦连。在任一种情况下，第一抽头与第二抽头之间的一个或多个电抗组件的部分可以是第一节点与第二节点之间的电抗组件的部分的子集。因此，在第一抽头与第二抽头之间的电抗(例如，电感或电容)可以小于第一节点与第二节点之间的电抗。因此，对应于在第一抽头与第二抽头之间获取的电压的第二振荡信号可以是对应于在第一节点与第二节点之间获取的电压的第一振荡信号的衰减版本。在第二振荡信号的振幅与第一振荡信号成比例但小于第一振荡信号的意义上，第二振荡信号可以是第一振荡信号的衰减形式。

[0037] 在其中振荡信号是单端信号的示例中，在一些示例中，第一振荡信号可以对应于振荡器12的节点之一与参考电压之间的电压，并且在此类示例中，第二振荡信号可以对应于振荡器12的抽头之一与参考电压之间的电压。在一些示例中，第一节点可以耦连到接地轨或功率轨并且用作参考电压。在此类示例中，第一振荡信号在一些示例中可以对应于第一节点与第二节点之间的电压，并且在此类示例中，第二振荡信号可以对应于抽头之一与第一节点之间的电压。

[0038] 抽头与第一节点之间的一个或多个电抗组件的部分可以是第一节点与第二节点之间的电抗组件的部分的子集。因此，抽头与第一节点之间的电抗(例如，电感或电容)可以小于第一节点与第二节点之间的电抗。因此，对应于在抽头与第一节点之间获取的电压的第二振荡信号可以是对应于在第一节点与第二节点之间获取的电压的第一振荡信号的衰减版本。

[0039] 振荡器12可以基于控制信号来产生第一振荡信号和第二振荡信号。例如，振荡器12可以是压控振荡器(VCO)，并且控制信号可以是电压信号。在一些情况下，发射器10可以

基于要被发射的数据产生控制信号。在此类示例中，振荡器12可以使用控制信号，以基于要被发射的数据对振荡器12的第一输出端和第二输出端处的振荡信号进行频率调制和/或相位调制。换言之，在此类示例中，每个振荡信号可以是频率调制(FM)或相位调制(PM)的信号。在一些示例中，振荡信号可以是电压信号。

[0040] 在一些示例中，功率放大器14可以包括单个放大器信号链。在此类示例中，为了产生功率放大的输出信号，功率放大器14可以选择振荡信号中的一个，通过单个放大器信号链来放大振荡信号中的所选择信号，并且输出振荡信号中的所选择信号的放大版本作为功率放大的输出信号。

[0041] 在进一步的示例中，功率放大器14可以包括多个放大器信号链。在此类示例中，为了产生功率放大的输出信号，功率放大器14可以通过相应的放大器信号链来放大每个振荡信号，并且选择振荡信号的放大版本中的一个以输出为功率放大的输出信号。

[0042] 增益控制信号可以控制功率放大器14的增益。在一些示例中，功率放大器14可以包括选择单元，该选择单元选择由振荡器12输出的振荡信号之一或者振荡信号之一的放大版本，以在产生功率放大的输出信号中使用。在此类示例中，增益控制信号可以耦连到选择单元的控制输入端，并且选择单元可以基于增益控制信号来选择信号中的一个。

[0043] 在一些示例中，增益控制信号可以包括多个信号分量。例如，增益控制信号可以包括第一增益控制信号分量和第二增益控制信号分量。第一增益控制信号分量可以耦连到选择单元的控制输入端并控制由选择单元提供的增益(例如，衰减)，并且第二增益控制信号分量可以耦连到功率放大器14中的一个或多个放大器级并控制由一个或多个放大器级提供的增益。

[0044] 功率放大器14可以是单级放大器或多级放大器。单级放大器可以具有单个放大器级，并且多级放大器可以具有多个放大器级。在功率放大器14是多级放大器并且增益控制信号包括耦连到放大器级的增益控制信号分量的示例中，增益控制信号分量可以包括各自耦连到多级放大器的相应级的多个增益控制信号子分量。每个增益控制信号子分量可以调整和控制多级放大器中的一个相应级的增益。在此类示例中，可以独立地调整多级放大器中的每个增益级的增益。

[0045] 在其中功率放大器14包括多个放大器信号链的示例中，每个放大器信号链可以是单级放大器信号链或多级放大器信号链。在其中多个放大器信号链是多级放大器信号链的示例中，在一些示例中，可以基于增益控制信号的相同增益控制信号子分量来控制在每个放大器信号链中的对应放大器级。在其他示例中，对应放大器级的增益可以是可独立编程的。

[0046] 在附加的示例中，功率放大器14可以是多级放大器，其中每个级包括单端或差分自偏置放大器。每个级可以进一步具有可独立调整的功率轨电压。调整用于特定放大器级的功率轨电压可以引起该级中的自偏置放大器在不同的偏置电流处偏置，这进而可以调整自偏置放大器的增益。因此，通过针对不同的自偏置放大器级使用可独立调整的功率轨电压，可以利用相对小数目的电路组件来实现具有与级无关的增益调整的多级功率放大器。

[0047] 在一些示例中，可调整功率轨电压可以由一个或多个可调整电源供应。例如，可调整电源可以是可调整电压调节器，例如可调整低压差(low-dropout)调节器(LDO)。在调节器和/或LDO可以输出基于控制输入确定的电压水平的意义上，电压调节器和/或LDO可以是

可调整的。

[0048] 在其中功率放大器14中的一个或多个放大器级由一个或多个可调整电源供电的示例中,针对每个可调整电源的控制输入端可以耦连到增益控制信号的相应增益控制信号子分量。在此类示例中,放大器级可以被配置成具有基于电源输出水平(例如,电压水平)确定的增益。

[0049] 在其中增益控制信号包括多个信号分量的示例中,功率放大器14可以被认为包括多个增益控制。例如,功率放大器14可以包括:粗略增益控制,其控制选择哪个振荡信号以用于产生功率放大的输出信号;以及精细增益控制,其控制放大所选择振荡器电压的多级放大器中的一个或多个放大器级的增益。在一些示例中,精细增益控制可以提供连续的增益控制函数,但是其中增益控制函数为线性的增益值范围可能相对较小。同时,粗略增益控制函数在相对大的增益值范围内可以是线性的,但是可能是具有离散增益步长的离散函数。

[0050] 提供粗略增益控制和精细增益控制两者可以允许在宽增益值范围内精细调谐功率放大器14的增益。以此方式,可以实现在相对大的输出功率设置范围内具有相对高精度的增益控制的功率放大器。

[0051] 在一些示例中,功率放大器14中的一个或多个放大器级可以是差分自偏置放大器级。差分自偏置放大器级可以包括:第一可变电阻,其耦连在电源与一个或多个上拉晶体管的源极端子之间;以及第二可变电阻,其耦连在接地轨与一个或多个下拉晶体管的源极端子之间。

[0052] 增加可变电阻可以增加放大器级的偶次谐波抑制,但是减小放大器级的增益。减少可变电阻可以具有相反的效果。因此,通过将可变电阻定位在差分自偏置放大器中的上述位置处,可以在功率放大器14中动态地调整和平衡偶次谐波抑制与放大器增益之间的折衷。

[0053] 在一些示例中,功率放大器14可以包括具有如先前示例所述的一个或多个可变电阻的差分自偏置放大器级,其中放大器级也由可调整电源(例如,可调整LDO)供电。在此类示例中,粗略增益控制可以耦连到可变电阻,并且精细增益控制可以耦连到可调整电源。

[0054] 在进一步的示例中,功率放大器14中的一个或多个放大器级可以被配置为以自偏置模式和非线性模式操作。自偏置模式可以提供比非线性模式更大的线性度,但是可能功率效率更低。另一方面,非线性模式可能是功率效率更高的,但是提供较小的线性度。通过提供可配置为以自偏置模式和非线性模式操作的放大器级,可以在功率放大器14中动态地调整和平衡线性度与功率效率之间的折衷。

[0055] 匹配网络16可以包括被配置为提供功率放大器14与天线18之间的阻抗匹配的任何组件。在一些示例中,匹配网络16可以包括一个或多个电感器或电容器,其被配置成使得匹配网络16的输出阻抗与天线18的阻抗匹配,并且使得匹配网络16的输入阻抗与功率放大器14的输出阻抗匹配。天线18可以是被配置为向远程装置发射电磁信号的任何类型的天线。

[0056] 功率放大器14可以选择性地放大由振荡器12输出的振荡信号以产生功率放大的输出信号。每个振荡信号可以对应于跨越被包括在振荡器12中的电抗组件网络的不同部分出现的不同电压。选择性地放大跨越振荡器12的电抗组件网络的不同部分出现的不同电压

可以允许调整功率放大器14的增益,这进而可以允许基于发射器10的动态功率要求调整功率放大器14的输出功率。允许基于动态功率要求调整功率放大器14的输出功率可以允许减小功率放大器14的总体功耗。通过使用振荡器12中包括的电抗组件网络的一个或多个抽头来获得由功率放大器14选择性放大的不同电压,可以减小获得不同电压所需的组件量。以此方式,可以利用相对小数目的组件来获得可变增益的相对较低功率的放大器。

[0057] 图2是图1的示例发射器10的框图,其中根据本公开更详细地示出了示例振荡器12。在图2中,振荡器12的第一输出和第二输出是产生单端输出信号的单端输出。振荡器12包括振荡器电路系统32,其包括电抗组件网络34。电抗组件网络34包括连接到电抗组件网络34的第一端部的节点36、以及连接到电抗组件网络34的第二端部的节点38。电抗组件网络34还包括抽头40,抽头40耦连到在电抗组件网络34的第一端部与第二端部之间的电抗组件网络34中的电抗组件。

[0058] 节点38通过导线42耦连到功率放大器14的第一输入端,并且抽头40通过导线44耦连到功率放大器14的第二输入端。节点38可以耦连到振荡器12的第一输出端和/或形成振荡器12的第一输出端,并且抽头40可以耦连到振荡器12的第二输出端和/或形成振荡器12的第二输出端。图2中的导线42、44可以分别对应于图1中的连接20、22。

[0059] 在操作期间,振荡器12在振荡器12的第一输出端处产生第一振荡信号,并且在振荡器12的第二输出端处产生第二振荡信号。第二振荡信号可以是第一振荡信号的衰减版本。在一些示例中,第一振荡信号可以对应于节点38与参考电压之间的电压,并且第二振荡信号可以对应于抽头40与参考电压之间的电压。在进一步的示例中,节点36可以耦连到接地轨或功率轨并且用作参考电压。在此类示例中,第一振荡信号可以对应于节点36与节点38之间的电压,并且第二振荡信号可以对应于抽头40与节点36之间的电压。

[0060] 在一些示例中,图2的发射器10可以实施在集成电路上。集成电路可以包括振荡器12,振荡器12具有节点36、节点38和耦连在节点36与节点38之间的电抗组件网络34(即一个或多个电抗组件的网络)。电抗组件网络34可以具有在节点36与节点38之间的至少一个抽头40。振荡器12可以进一步包括经由节点38耦连到电抗组件网络34的第一输出端、以及经由抽头40耦连到电抗组件网络34的第二输出端。集成电路可以进一步包括功率放大器14,其具有耦连到振荡器12的第一输出端的第一输入端、耦连到振荡器12的第二输出端的第二输入端、以及输出端。

[0061] 在一些示例中,振荡器12的节点36是用于振荡器12的功率轨或接地轨中的至少一个。在此类示例中,电抗组件网络34在一些示例中包括串联耦连在振荡器12的节点36与节点38之间的一个或多个电感器。在此类示例中,抽头40耦连到一个或多个电感器,并且振荡器12的节点36与节点38之间的电感大于电抗组件网络34的抽头40与振荡器12的节点36之间的电感。

[0062] 在振荡器12的节点36是用于振荡器12的功率轨或接地轨中的至少一个的附加示例中,电抗组件网络34包括串联耦连在振荡器12的节点36与节点38之间的一个或多个电容器。在此类示例中,抽头40耦连到一个或多个电容器,并且振荡器12的节点36与节点38之间的电容大于电抗组件网络34的抽头40与振荡器12的节点36之间的电容。

[0063] 图3是图1的示例发射器10的框图,其中根据本公开更详细地示出了另一个示例振荡器12。如图3所示,振荡器12包括振荡器电路系统52,其类似于图2的振荡器电路系统32,

不同之处在于：(1) 节点36通过导线56耦连到功率放大器14，(2) 电抗组件网络34包括节点36、节点38之间的附加抽头54，并且(3) 抽头54通过导线58耦连到功率放大器14。图2的振荡器电路系统32与图3的振荡器电路系统52之间的相同或类似的组件已经用同一的附图标记进行编号。

[0064] 在图3中，振荡器12的第一输出端和第二输出端是产生差分输出信号的差分输出端。具体地，节点36、节点38可以形成第一差分输出端，并且抽头40、54可以形成第二差分输出端。类似地，功率放大器14的第一输入端和第二输入端可以是差分输入端。振荡器12的第一差分输出端通过导线42、56耦连到功率放大器14的第一差分输入端。振荡器12的第二差分输出端通过导线44、58耦连到功率放大器14的第二差分输入端。图3中的导线42、导线56可以共同对应于图1中的连接20。类似地，图3中的导线44、导线58可以共同对应于图1中的连接22。

[0065] 在操作期间，振荡器12在振荡器12的第一输出端处产生第一差分振荡信号，并且在振荡器12的第二输出端处产生第二差分振荡信号。第二差分振荡信号可以是第一差分振荡信号的衰减版本。第一差分振荡信号可以对应于节点36与节点38之间的电压，并且第二差分振荡信号可以对应于电抗组件网络34的抽头54与抽头40之间的电压。

[0066] 在一些示例中，图3的发射器10可以实施在集成电路上。集成电路可以包括振荡器12，其具有节点36、节点38、以及耦连在节点36与节点38之间的电抗组件网络34。电抗组件网络34可以具有在节点36与节点38之间的抽头40、54。振荡器12可以进一步包括经由节点36、节点38耦连到电抗组件网络34的第一输出端、以及经由抽头40、抽头54耦连到电抗组件网络34的第二输出端。集成电路可以进一步包括功率放大器14，其具有耦连到振荡器12的第一输出端的第一输入端、耦连到振荡器12的第二输出端的第二输入端、以及输出端。

[0067] 在一些示例中，电抗组件网络34可以具有耦连在节点36与节点38之间的抽头40、抽头54。在此类示例中，振荡器12的第一输出端是第一差分输出端，其具有经由节点36耦连到电抗组件网络34的第一端子、和经由节点38耦连到电抗组件网络34的第二端子。在此类示例中，VCO的第二输出端是第二差分输出端，其具有经由抽头54耦连到电抗组件网络34的第一端子、和经由抽头40耦连到电抗组件网络34的第二端子。

[0068] 在进一步的示例中，电抗组件网络34包括串联耦连在振荡器12的节点36与节点38之间的一个或多个电感器，并且抽头40、抽头54耦连到一个或多个电感器。在此类示例中，振荡器12的第一差分输出端的第一端子与第二端子之间的电感大于振荡器12的第二差分输出端的第一端子与第二端子之间的电感。

[0069] 在附加的示例中，电抗组件网络34包括串联耦连在振荡器12的节点36与节点38之间的一个或多个电容器，并且抽头40、抽头54耦连到一个或多个电容器。在此类示例中，振荡器12的第一差分输出端的第一端子与第二端子之间的电容大于振荡器12的第二差分输出端的第一端子与第二端子之间的电容。

[0070] 在图2和图3的发射器10中，振荡器12可以输出多个振荡信号，并且功率放大器14可以选择性地放大振荡信号以产生功率放大的输出信号。每个振荡信号可以对应于跨越振荡器12中包括的电抗组件网络的不同部分出现的不同电压。选择性地放大跨越振荡器12中的电抗组件网络的不同部分出现的不同电压可以允许调整功率放大器14的增益，这进而可以允许基于发射器10的动态功率要求调整功率放大器14的输出功率。允许基于动态功率要

求调整功率放大器14的输出功率可以允许减小功率放大器14的总体功耗。通过使用振荡器12中包括的电抗组件网络的一个或多个抽头来获得由功率放大器14选择性放大的不同电压,可以减小获得不同电压所需的组件量。以此方式,可以利用相对小数目的组件来获得可变增益的相对低功率的放大器。

[0071] 图4是图1的示例发射器10的框图,其中根据本公开更详细地示出了示例功率放大器14。功率放大器14包括:选择电路60,放大器级62、64,可调整电源66、68,连接70、72,电力线74、76,以及增益控制导线78、80、82。选择电路60的第一输入端通过连接20耦连到振荡器12的第一输出端。选择电路60的第二输入端通过连接22耦连到振荡器12的第二输出端。选择电路60的输出端通过连接70耦连到放大器级62的输入端。放大器级62的输出端通过连接72耦连到放大器级64的输入端。放大器级64的输出端通过连接24耦连到匹配网络16的输入端。

[0072] 放大器级64的输出端可以耦连到功率放大器14的输出端和/或形成功率放大器14的输出端。选择电路60的第一输入端和第二输入端可以分别耦连到功率放大器14的第一输入端和第二输入端和/或形成功率放大器14的第一输入端和第二输入端。

[0073] 可调整电源66的输出端通过电力线74耦连到放大器级62的功率输入端。可调整电源68的输出端通过电力线76耦连到放大器级64的功率输入端。选择电路60的控制输入端耦连到增益控制A导线78。放大器级62的控制输入端耦连到增益控制B导线80。放大器级64的控制输入端耦连到增益控制C导线82。增益控制导线78、80、82可以共同对应于图1-3中所示的增益控制导线26。

[0074] 连接20、22、24、28、70、72可以是单端连接或差分连接。当连接20、22是单端连接时,在一些示例中,振荡器12可以对应于图2中的振荡器12,并且连接20、22可以对应于图2的导线42、44。当振荡器12的连接20、22是差分连接时,在一些示例中,振荡器12可以对应于图3中的振荡器12,并且连接20、22可以对应于图3的导线42、44、56、58。

[0075] 在操作期间,选择电路60分别通过连接20、22从振荡器12接收振荡信号,基于增益控制A信号选择振荡信号中的一个信号以用于产生功率放大信号,并且在连接70上输出所选择的信号。放大器级62通过连接70接收所选择的信号,利用由增益控制B信号确定的增益来放大所选择的信号,并且在连接72上输出放大信号。放大器级64通过连接72从放大器级62接收放大信号,利用由增益控制C信号确定的增益来放大信号,并且在连接24处输出放大信号作为功率放大器14的功率放大信号。

[0076] 可调整电源66可以通过电力线74向放大器级62供电。类似地,可调整电源68可以通过电力线76向放大器级64供电。可调整电源66可以基于增益控制B信号产生输出功率水平(例如,电压水平),并且可调整电源68可以基于增益控制C信号产生输出功率水平(例如,电压水平)。在一些示例中,可调整电源66、68中的一者或两者可以是可调整电压调节器,例如可调整LDO。放大器级62可以基于由可调整电源66产生的输出功率水平所确定的增益来放大所选择的信号。放大器级64可以基于由可调整电源68产生的输出功率水平所确定的增益来放大放大器级64的输入信号。

[0077] 如图4所示,功率放大器14包括选择电路60,其具有:(1)耦连到功率放大器14的第一输入端的第一输入端,(2)耦连到功率放大器14的第二输入端的第二输入端,以及(3)输出。功率放大器14还包括放大器级62,其具有:(1)耦连到选择电路60的输出端的输入端,以

及(2)输出端。功率放大器14还包括放大器级64,其具有:(1)耦连到放大器级62的输出端的输入端,以及(2)输出端。选择电路60具有耦连到增益控制A导线78的控制输入端。

[0078] 可以利用本公开中描述的放大器级的任何组合或利用其他类型的放大器级来实施放大器级62、64。在一些示例中,可以利用图13所示的放大器级来实现放大器级62,并且可以利用图14所示的放大器级来实施放大器级64。

[0079] 在一些示例中,功率放大器14中的放大器级62、64中的每一个可以包括单端或差分自偏置放大器(例如,自偏置反相器)。放大器级62、64中的每一个还可以具有分别由可调整电源66、68提供的可独立调整的功率轨电压。调整用于特定放大器级的功率轨电压可以使得该级中的自偏置放大器在不同的偏置电流处偏置,这进而可以调整自偏置放大器的增益。因此,通过针对不同的自偏置放大器级使用可独立调整的功率轨电压,可以利用相对小数目的电路组件来实现具有与级无关的增益调整的多级功率放大器。

[0080] 在一些示例中,增益控制A信号可以是粗略增益控制,其控制选择哪个振荡器电压以用于产生功率放大的输出信号。在此类示例中,增益控制B信号和增益控制C信号可以共同形成精细增益控制,其控制多级功率放大器14中的放大器级62、64的增益。在一些示例中,精细增益控制可以提供连续的增益控制函数,但是其中增益控制函数为线性的增益值范围可能相对较小。与此同时,粗略增益控制函数在相对大的增益值范围内可以是线性的,但可能是具有离散增益步长的离散函数。

[0081] 提供粗略增益控制和精细增益控制可以允许在宽增益值范围内精细调谐功率放大器的增益。以此方式,可以实现在相对大输出功率设置范围内具有相对高精度的增益控制的功率放大器。

[0082] 图5是图1的示例发射器10的框图,其中根据本公开更详细地示出了另一个示例功率放大器14。功率放大器14包括:放大器级84、86、88、90,选择电路92,可调整电源94、96,连接98、100、102、104,电力线106、108、110、112,以及增益控制导线114、116、118。

[0083] 放大器级84的输入端通过连接20耦连到振荡器12的第一输出端。放大器级84的输出端通过连接98耦连到放大器级86的输入端。放大器级86的输出端通过连接100耦连到选择电路92的第一输入端。放大器级88的输入端通过连接22耦连到振荡器12的第二输出端。放大器级88的输出端通过连接102耦连到放大器级90的输入端。放大器级90的输出端通过连接104耦连到选择电路92的第二输入端。选择电路92的输出端通过连接24耦连到匹配网络16的输入端。

[0084] 选择电路92的输出端可以耦连到功率放大器14的输出端和/或形成功率放大器14的输出端。放大器级84的输入端可以耦连到功率放大器14的第一输入端和/或形成功率放大器14的第一输入端。类似地,放大器级88的输入端可以耦连到功率放大器14的第二输入端和/或形成功率放大器14的第二输入端。

[0085] 可调整电源94的输出端通过电力线106耦连到放大器级84的功率输入端。可调整电源94的输出端还通过电力线106、110耦连到放大器级88的功率输入端。可调整电源96的输出端通过电力线108耦连到放大器级86的功率输入端。可调整电源96的输出端还通过电力线108、112耦连到放大器级90的功率输入端。选择电路92的控制输入端耦连到增益控制A导线114。可调整电源94的控制输入端耦连到增益控制B导线116。可调整电源96的控制输入端耦连到增益控制C导线118。增益控制导线114、116、118可以共同对应于图1-图3中所示的

增益控制导线26。

[0086] 连接20、22、24、28、98、100、102、104可以是单端连接或差分连接。当连接20、22是单端连接时,在一些示例中,振荡器12可以对应于图2中的振荡器12,并且连接20、22可以对应于图2的导线42、44。当振荡器12的连接20、22是差分连接时,在一些示例中,振荡器12可以对应于图3中的振荡器12,并且连接20、22可以对应于图3的导线42、44、56、58。

[0087] 在操作期间,放大器级84通过第一输入端接收第一振荡信号,放大第一振荡信号以产生第一放大信号,并且通过连接98输出第一放大信号。放大器级86通过连接98接收第一放大信号、放大第一放大信号以产生第二放大信号,并且通过连接100输出第二放大信号。放大器级86通过第二输入端接收第二振荡信号、放大第二振荡信号以产生第三放大信号,并且通过连接102输出第三放大信号。放大器级86通过连接102接收第一放大信号,放大第三放大信号以产生第四放大信号,并且通过连接104输出第四放大信号。选择电路92分别通过连接100和连接104来接收第三放大信号和第四放大信号,基于增益控制A信号来选择第三放大信号和第四放大信号中的一个以用于产生功率放大信号,并且通过连接24输出所选择的信号。

[0088] 放大器级84、86可以形成第一放大器信号链,并且放大器级88、90可以形成第二放大器信号链。第一放大器信号链可以放大在连接20处接收的振荡信号,第二放大器信号链可以放大在连接22处接收的振荡信号,并且选择电路92可以选择输出哪个放大信号作为功率放大信号。

[0089] 可调整电源94可以通过电力线106、110为放大器级84、88供电。类似地,可调整电源96可以通过电力线108、112为放大器级86、90供电。可调整电源94可以基于增益控制B信号产生输出功率水平(例如,电压水平),并且可调整电源96可以基于增益控制C信号产生输出功率水平(例如,电压水平)。在一些示例中,可调整电源94、96中的一个或多个可以是可调整和/或可编程电压调节器,例如可调整和/或可编程LDO。放大器级84、88可以基于由可调整电源94产生的输出功率水平所确定的增益来放大其相应的输入信号。类似地,放大器级86、90可以基于由可调整电源96产生的输出功率水平所确定的增益来放大其相应的输入信号。

[0090] 如图5所示,功率放大器14包括具有放大器级84、86的第一信号链。放大器级84具有:(1)耦连到功率放大器14的第一输入端的输入端,以及(2)输出端。放大器级86具有:(1)耦连到第一信号链的放大器级84的输出端的输入端,以及(2)输出。功率放大器14还包括具有放大器级88、90的第二信号链。放大器级88具有:(1)耦连到功率放大器的第二输入端的输入端,以及(2)输出端。放大器级90具有:(1)耦连到第二信号链的第一放大器级88的输出端的输入端,以及(2)输出端。

[0091] 功率放大器14还包括选择电路92,其具有:(1)耦连到第一信号链的放大器级86的输出端的第一输入端,(2)耦连到第二信号链的放大器级90的输出端的第二输入端,以及(3)形成功率放大器14的输出端的输出端。选择电路92具有耦连到增益控制A导线114的控制输入端。

[0092] 可以利用本公开中描述的放大器级的任何组合或利用其他放大器级来实施放大器级84、86、88、90。在一些示例中,可以利用图13所示的放大器级来实施放大器级84、88,并且可以利用图14所示的放大器级来实施放大器级86、90。

[0093] 在一些示例中，功率放大器14中的放大器级84、86、88、90中的每个可以包括单端或差分自偏置放大器(例如，自偏置反相器)。放大器级84、86、88、90中的每个还可以具有由可调整电源94、96提供的可独立调整的功率轨电压。调整用于特定放大器级的功率轨电压可以使得该级中的自偏置放大器在不同的偏置电流处偏置，这进而可以调整自偏置放大器的增益。因此，通过针对不同的自偏置放大器级使用可独立调整的功率轨电压，可以利用相对小数目的电路组件来实现具有与级无关的增益调整的多级功率放大器。

[0094] 在一些示例中，增益控制A信号可以是粗略增益控制，其控制选择哪个振荡器电压以用于产生功率放大的输出信号。在此类示例中，增益控制B信号和增益控制C信号可以共同形成精细增益控制，其控制多级功率放大器14中的放大器级84、86、88、90的增益。在一些示例中，精细增益控制可以提供连续的增益控制函数，但是其中增益控制函数为线性的增益值范围可能相对较小。同时，粗略增益控制函数在相对大的增益值范围内可以是线性的，但是可能是具有离散增益步长的离散函数。

[0095] 提供粗略增益控制和精细增益控制两者可以允许在宽增益值范围内精细调谐功率放大器的增益。以此方式，可以实现在相对大的输出功率设置范围内具有相对高精度的增益控制的功率放大器。

[0096] 图6是示出可以在本公开的示例振荡器中使用的示例电抗组件网络34的示意图。在一些示例中，电抗组件网络34可以用于实施图3中所示的电抗组件网络34。电抗组件网络34包括电感器L1、L2、L3、L4和节点36、38、120、122、124。电感器L1耦连在节点36与节点120之间。电感器L2耦连在节点120与节点122之间。电感器L3耦连在节点122与节点124之间。电感器L4耦连在节点124与节点38之间。

[0097] 抽头54耦连到节点120，并且抽头40耦连到节点124。节点36、38可以形成第一差分输出端，并且抽头54、40可以形成第二差分输出端。

[0098] 如图6所示，抽头54、40耦连到节点36、38之间的节点120、124。这样，节点36与节点38之间的电感大于电抗组件网络34的抽头54与抽头40之间的电感，由此使得抽头54和抽头40之间的电压与节点36和节点38之间的电压成比例，但是小于节点36和节点38之间的电压。

[0099] 图7是示出根据本公开的合并图6的示例电抗组件网络34的示例振荡器12的示意图。振荡器12包括：晶体管126、128，接地轨130，高压轨132，以及图6所示的电抗组件网络34。晶体管126的源极耦连到接地轨130。晶体管126的漏极耦连到节点36并且耦连到晶体管128的栅极。晶体管126的栅极耦连到节点38并且耦连到晶体管128的漏极。晶体管128的源极耦连到接地轨130。晶体管128的漏极耦连到节点38并且耦连到晶体管126的栅极。晶体管128的栅极耦连到节点36并且耦连到晶体管126的漏极。电抗组件网络34的节点122耦连到高压轨132。

[0100] 晶体管126、128可以是交叉耦连晶体管的示例，其中交叉耦连晶体管的输出耦连到节点36、38。节点36、38形成振荡器12的第一差分输出端，并且抽头40、54形成振荡器12的第二差分输出端。在图7中，电感器L1、L2、L3、L4是串联耦连在振荡器12的节点36与节点38之间的一个或多个电感器的配置的示例。

[0101] 在操作期间，晶体管126、128可以各自作为具有电抗负载的共源极放大器操作。电感器L1、L2、L3、L4可以形成用于晶体管126、128的全部或部分电抗负载。具体地，晶体管126

可以放大在晶体管128的漏极处的信号并对其施加180度相移，并且晶体管128可以放大在晶体管126的漏极处的信号并对其施加180度相移。由交叉耦连振荡器形成的反馈环路可以共同使得节点36、38处的两个差分输出端处的信号振荡。电感器L1、L2、L3、L4的电感连同晶体管126、128中的一个或多个寄生电容可以控制振荡器12的振荡频率。

[0102] 由抽头40、54形成的振荡器12的第二差分输出端可以提供振荡输出信号，该振荡输出信号可以与由节点36、38形成的振荡器12的第一差分输出端所提供的输出信号成比例但是小于所述第一差分输出端所提供的输出信号。可以能够通过选择要放大这些电压中的哪个来改变功率放大器的增益。通过使用振荡器12中包括的电抗组件(例如，电感器L1、L2、L3、L4)网络的一个或多个抽头来输出不同电压的电压水平，可以能够改变功率放大器的增益而不需要功率放大器中或集成电路外部的附加电抗组件。以此方式，可以利用相对小数目的组件来获得可变增益的相对低功率的放大器。

[0103] 图8是示出可以在本公开的示例振荡器中使用的另一个示例电抗组件网络34的示意图。电抗组件网络34包括：电感器L5、L6、L7、L8、L9、L10，节点134、136、138、140、142、144、146，以及抽头148、150、152、154。电感器L5耦连在节点134与节点136之间。电感器L6耦连在节点136与节点138之间。电感器L7耦连在节点138与节点140之间。电感器L8耦连在节点140与节点142之间。电感器L9耦连在节点142与节点144之间。电感器L10耦连在节点144与节点146之间。在图8中，电感器L5、L6、L7、L8、L9、L10是串联耦连在振荡器12的节点134与节点146之间的一个或多个电感器的配置的示例。

[0104] 抽头148耦连到节点136。抽头150耦连到节点138。抽头152耦连到节点142。抽头154耦连到节点144。

[0105] 节点134、146可以形成第一差分输出端，抽头136、144可以形成第二差分输出端，并且抽头138、142可以形成第三差分输出端。第二差分输出端可以输出与由第一差分输出端所输出的信号成比例但小于该信号的振荡信号。第三差分输出端可以输出与由第一差分输出端和第二差分输出端所输出的信号成比例但小于该信号的振荡信号。通常，可以将任何数量的抽头放置在串联连接的一系列电感器中以形成任何数量的差分输出端，并且由此为根据本公开的功率放大器提供任何数量的增益步长。

[0106] 图9是可以在本公开的示例发射器中使用的示例电抗组件和切换电路156的示意图。在一些示例中，电抗组件网络34可以用于实施图3中所示的电抗组件网络34和/或图4中所示的选择电路60。电抗组件和切换电路156包括电感器L11、L12、L13，开关S1、S2、S3、S4，以及节点158、160、162、164、166、168。

[0107] 电感器L11耦连在节点158与节点160之间。电感器L12耦连在节点160与节点162之间。电感器L13耦连在节点162与节点164之间。开关S1耦连在节点158与节点166之间。开关S2耦连在节点160与节点166之间。开关S3耦连在节点162与节点168之间。开关S4耦连在节点164与节点168之间。

[0108] 节点158、164可以形成差分输入端。节点166、168可以形成差分输出端。

[0109] 在一些示例中，电感器L11、L12、L13和节点158、160、162、164可以被包括在振荡器12的电抗组件网络34(例如，图3)中，并且开关S1、S2、S3、S4可以被包括在功率放大器14的选择电路60(例如，图4)中。在此类示例中，节点158、164可以分别对应于节点36、38，并且节点166、168可以对应于选择电路60的输出端。在此类示例中，开关S1、S2、S3、S4的控制输入

端可以耦连到增益控制A导线78。

[0110] 在操作期间,控制电路可以基于增益控制信号来选择性地打开和闭合开关S1、S2、S3、S4。在第一操作状态期间,开关S1、S4可以闭合并且开关S2、S3可以打开,由此使得节点158、164之间的电压在节点166、168处被输出。在第二操作状态期间,开关S2、S3可以闭合并且开关S1、S4可以打开,由此使得节点160与节点162之间的电压在节点166、168处被输出。

[0111] 在一些示例中,电感器L11、L12、L13可以形成抽头电感器。抽头电感器连同开关S1、S2、S3、S4可以提供VCO与PA之间的增益步长。在一些示例中,电感器L11、L12、L13可以利用VCO核心内部的电感器来实施,并且开关S1、S2、S3、S4可以提供衰减器步长。

[0112] 图10是示出可以在本公开的示例振荡器中使用的另一个示例电抗组件网络34的示意图。电抗组件网络34包括:电容器C1、C2、C3、C4、C5、C6、C7、C8,开关S5、S6,节点170、172、174、176、178、180、182、184、186、188,以及抽头190、192、194、196。电容器C1耦连在节点170与节点172之间。电容器C2耦连在节点172与节点174之间。电容器C3耦连在节点178与节点180之间。电容器C4耦连在节点176与节点178之间。电容器C5耦连在节点172与节点182之间。电容器C6耦连在节点178与节点186之间。电容器C7耦连在节点174与节点184之间。电容器C8耦连在节点176与节点188之间。开关S5耦连在节点182与节点186之间。开关S6耦连在节点184与节点188之间。抽头190耦连到节点172,抽头192耦连到节点174,抽头194耦连到节点176,并且抽头196耦连到节点178。

[0113] 节点170和节点180可以形成电抗组件网络34的端部并且可以对应于电抗组件网络34的第一差分输出端。抽头190、196可以形成电抗组件网络34的第二差分输出端,并且抽头192、194可以形成电抗组件网络34的第三差分输出端。

[0114] 如图10所示,抽头192、194在抽头190、196之间以及在节点170、180之间耦连到电抗组件网络34。类似地,抽头190、196在节点170、180之间耦连到电抗组件网络34。这样,节点170、180之间的电容大于抽头190、196之间的电容(当开关S5、S6中的一个闭合时),由此使得抽头190、196之间的电压与节点170、180之间的电压成比例但是小于节点170、180之间的电压。类似地,节点170、180之间的电容大于抽头192、194之间的电容(当开关S6闭合时),抽头190、196之间的电容大于抽头192、194之间的电容(当开关S6闭合时),由此使得抽头192、194之间的电压与抽头190、196之间的电压和节点170、180之间的电压成比例但是小于抽头190、196之间的电压和节点170、180之间的电压。

[0115] 图11是示出根据本公开的合并图10的示例电抗组件网络34的示例振荡器12的示意图。振荡器12包括:晶体管198、200,电感器L14、L15,接地轨202,高压轨204,节点206,以及图10所示的电抗组件网络34。晶体管198的源极耦连到接地轨202。晶体管198的漏极耦连到节点170并且耦连到晶体管200的栅极。晶体管198的栅极耦连到节点180并且耦连到晶体管200的漏极。晶体管200的源极耦连到接地轨202。晶体管200的漏极耦连到节点180并且耦连到晶体管198的栅极。晶体管200的栅极耦连到节点170并且耦连到晶体管198的漏极。电感器L14耦连在节点170与节点206之间。电感器L15耦连在节点206与节点180之间。节点206耦连到高压轨204。

[0116] 晶体管198、200可以是交叉耦连晶体管的示例,其中交叉耦连晶体管的输出端耦连到节点36、38。开关S5、S6可以包括耦连到控制电路的控制输入端。在图11中,当开关S5、S6中的一个闭合时,节点170与节点180之间的电容可以是串联耦连在振荡器12的节点170

与节点180之间的一个或多个电容器的配置的示例。

[0117] 在操作期间,晶体管198、200可以各自作为具有电抗负载的共源极放大器操作。电容器C1、C2、C3、C4、C5、C6、C7、C8和电感器L14、L15可以形成用于晶体管198、200的全部或部分电抗负载。具体地,晶体管198可以放大晶体管200的漏极处的信号并对其施加180度相移,并且晶体管200可以放大晶体管198的漏极处的信号并对其施加180度相移。由交叉耦连振荡器形成的反馈环路可以共同使得节点170、180处的两个差分输出端处的信号振荡。电感器L14、L15的电感连同电容器C1、C2、C3、C4、C5、C6、C7、C8中的一个或多个的电容(以及在一些示例中在晶体管198、200中的一个或多个寄生电容)可以控制振荡器12的振荡频率。

[0118] 开关S5、S6可以被选择性地打开和闭合以对振荡器12的振荡频率进行编程。开关S5、S6的打开状态和闭合状态的任何组合可以对应于不同的振荡频率。

[0119] 由抽头192、194形成的振荡器12的第三差分输出端可以提供振荡输出信号,该振荡输出信号可以与由抽头190、196形成的振荡器12的第二差分输出端所提供的输出信号成比例但是小于由抽头190、196形成的振荡器12的第二差分输出端所提供的输出信号,由抽头190、196形成的振荡器12的第二差分输出端所提供的输出信号可以与由节点170、180形成的振荡器12的第一差分输出端所提供的输出信号成比例但是小于由节点170、180形成的振荡器12的第一差分输出端所提供的输出信号。可以能够通过选择要放大电压中的哪个来改变功率放大器的增益。通过使用振荡器12中包括的电抗组件(例如,电容器C1、C2、C3、C4、C5、C6、C7、C8)网络的一个或多个抽头来输出不同电压的电压水平(level),可以能够改变功率放大器的增益而不需要功率放大器中或集成电路外部的附加电抗组件。以此方式,可以利用相对小数目的组件来获得可变增益的相对低功率放大器。

[0120] 图12是示出可以在本公开的示例振荡器中使用的另一个示例电抗组件网络208的示意图。电抗组件网络208包括:电容器C9、C10、C11、C12、C13、C14,开关S7、S8、S9、S10,以及节点210、212、214、216、218、220。电容器C9耦连在节点210与节点212之间。电容器C10耦连在节点212与节点214之间。电容器C11耦连在节点216与节点218之间。电容器C12耦连在节点218与节点220之间。电容器C13耦连开关S7与开关S8之间。电容器C14耦连开关S9与开关S10之间。开关S7耦连在电容器C13与节点212之间。开关S8耦连在电容器C13与节点218之间。开关S9耦连在电容器C14与节点212之间。开关S10耦连在电容器C14与节点218之间。

[0121] 在一些示例中,图12中的电抗组件网络208可以实施在本公开的粗略增益控制电路中可以使用的电容式衰减器电路。电容式衰减器电路可以在发射器中的VCO与功率放大器之间提供增益步长。在一些示例中,电抗组件网络208可以与VCO核心内部的电容器组合,并且开关S7、S8、S9、S10可以提供衰减器步长。

[0122] 图13是示出可以在本发明的功率放大器中使用的示例放大器级230的示意图。放大器级230包括:晶体管232、234、236、238,可调整LDO 240,电阻器242、244、246、248,偏置电阻器250、252,可调整电阻254、256,电容器258、260,接地轨262,以及节点264、266、268、270、272、274、276、278。

[0123] 晶体管232耦连在电阻器242与节点268之间。具体地,晶体管232的源极耦连到电阻器242,并且晶体管232的漏极耦连到节点268。晶体管232的栅极耦连到节点276。晶体管234耦连在电阻器246与节点268之间。具体地,晶体管234的源极耦连到电阻器246,并且晶体管234的漏极耦连到节点268。晶体管234的栅极耦连到节点276。

[0124] 晶体管236耦连在电阻器244与节点270之间。具体地，晶体管236的源极耦连到电阻器244，并且晶体管236的漏极耦连到节点270。晶体管236的栅极耦连到节点278。晶体管238耦连在电阻器248与节点270之间。具体地，晶体管238的源极耦连到电阻器248，并且晶体管238的漏极耦连到节点270。晶体管238的栅极耦连到节点278。

[0125] 电阻器242耦连在晶体管232与节点272之间。电阻器244耦连在晶体管236与节点272之间。电阻器246耦连在晶体管234与节点274之间。电阻器248耦连在晶体管238与节点274之间。偏置电阻器250耦连在节点268与节点276之间。偏置电阻器252耦连在节点270与节点278之间。

[0126] 可调整电阻254耦连在可调整LDO 240的输出端与节点272之间。可调整电阻256耦连在节点274与接地轨262之间。电容器258耦连在节点264与节点276之间。电容器260耦连在节点266与节点278之间。

[0127] 晶体管232、234和偏置电阻器250形成第一自偏置放大器(例如，自偏置反相器)。晶体管236、238和偏置电阻器252形成第二自偏置放大器(例如，自偏置反相器)。晶体管232、234、236、238和偏置电阻器250、252一起形成差分自偏置放大器(例如，差分自偏置反相器)。

[0128] 节点264、266可以形成用于放大器级230的差分输入端，并且节点268、270可以形成用于放大器级230的差分输出端。具体地，节点264可以形成非反相输入端，并且节点266可以形成反相输入端。类似地，节点268可以形成非反相输出端，并且节点270可以形成反相输出端。

[0129] 如图13所示，放大器级230包括：(1)功率轨(例如，耦连到可调整LDO240的输出端的导线)，可调整电阻254，(2)经由可调整电阻254耦连到功率轨的第一自偏置反相器(例如，晶体管232、234和电阻器250)，以及(3)经由可调整电阻254耦连到功率轨(例如，可调整LDO 240的输出端)的第二自偏置逆变器(例如，晶体管236、238和电阻器252)。功率轨耦连到可调整电源，其中可调整LDO 240是一个示例。放大器级230还包括可调整电阻256。第一自偏置反相器(例如，晶体管232、234和电阻器250)经由可调整电阻256耦连到接地轨262，并且第二自偏置反相器(例如，晶体管236、238和电阻器252)经由可调整电阻256耦连到接地轨262。

[0130] 第一自偏置反相器包括输入端(例如，节点276)、输出端(例如，节点268)、以及耦连在第一自偏置反相器的输入端与输出端之间的偏置电阻器250。第二自偏置反相器包括输入端(例如，节点278)、输出端(例如，节点270)、以及耦连在第二自偏置反相器的输入端与输出端之间的偏置电阻器252。

[0131] 在操作期间，偏置电阻器250、252在由可调整LDO 240输出的电压与接地之间的大致中间的电压处使自偏置反相器偏置。电容器258、260滤除(filter out)在节点264、266处接收的直流(DC)分量和其他低频信号分量。由晶体管232、234、236、238形成的放大器放大从电容器258、260接收的已滤波输入信号，并且在节点268、270处输出放大信号。

[0132] 在一些示例中，放大器级230可以实施自偏置AB类PA级。可调整电阻254、256可以控制PA级的电流消耗并且提供对来自VCO的二次谐波音调(tone)的抑制，而电阻器242、244、246、248可以为级提供线性度，使得基本上不产生附加谐波。

[0133] 在一些示例中，粗略增益控制可以耦连到可调整电阻254、256，并且精细增益控制

可以耦连到可调整LDO 240。在附加的示例中,可调整LDO 240可以是不可变的固定电源。

[0134] 增加可调整电阻254、256的电阻可以增加放大器级230的偶次谐波抑制,但是减少放大器级230的增益。减少可调整电阻254、256的电阻可以具有相反的效果。这样,通过将可调整电阻254、256定位在图13所示的位置处,可以在放大器级230中动态地调整和平衡偶次谐波抑制与放大器增益之间的折衷。

[0135] 图14是示出可以在本发明的功率放大器中使用的另一个示例放大器级280的示意图。放大器级280包括:晶体管282、284,可调整LDO 286,开关288、290、292、294、296,偏置电阻器298、300、302,电容器304、306,接地轨308,以及节点310、312、314、316、318、320、322、324、326、328。

[0136] 晶体管282耦连在可调整LDO 286与节点320之间。具体地,晶体管282的源极耦连到可调整LDO 286的输出端,并且晶体管282的漏极耦连到节点320。晶体管282的栅极耦连到节点312。晶体管284耦连在节点320与接地轨308之间。具体地,晶体管284的源极耦连到接地轨308,并且晶体管284的漏极耦连到节点320。晶体管284的栅极耦连到节点314。

[0137] 开关288耦连在节点312与节点324之间。开关290耦连在节点312与节点316之间。开关292耦连在节点316与节点318之间。开关294耦连在节点316与节点314之间。开关296耦连在节点314与节点326之间。偏置电阻器298耦连在节点318与节点320之间。偏置电阻器300耦连在节点322与节点324之间。偏置电阻器302耦连在节点326与节点328之间。电容器304耦连在节点310与节点312之间。电容器306耦连在节点310与节点314之间。节点322耦连到第一偏置电压源(V_BIAS_P),并且节点328耦连到第二偏置电压源(V_BIAS_N)。

[0138] 当开关290、292、294闭合时,晶体管282、284和偏置电阻器298形成自偏置放大器(例如,自偏置反相器)。节点310可以形成放大器级280的输入端,并且节点320可以形成放大器级280的输出端。

[0139] 如图14所示,放大器级280包括:(1)具有晶体管282和晶体管284的反相器(inverter),(2)耦连到反相器的输出端(例如,节点320)的偏置电阻器298,(3)第一偏置电压源(V_BIAS_P),(4)第二偏置电压源(V_BIAS_N),(5)耦连在偏置电阻器298与晶体管282的栅极之间的开关290,(6)耦连在第一偏置电压源(V_BIAS_P)与晶体管282的栅极之间的开关288,(7)耦连在偏置电阻器298与晶体管284的栅极之间的开关294,以及(8)耦连在第二偏置电压源(V_BIAS_N)与晶体管284的栅极之间的开关296。放大器级280可以包括控制单元(未示出),其耦连到开关288、290、292、294、296并且被配置成在自偏置操作模式与非线性操作模式之间切换放大器级280。

[0140] 在自偏置操作模式期间,开关290、292、294闭合并且开关288、296打开。偏置电阻器298使由晶体管282、284形成的反相器在由可调整LDO 286输出的电压与接地之间的大致中间的电压处偏置。电容器304、306滤除在节点310处接收的直流(DC)分量和其他低频信号分量。由晶体管282、284形成的放大器放大在节点312、314处接收的已滤波输入信号,并且在节点320处输出放大信号。

[0141] 在非线性操作模式期间,开关290、292、294打开并且开关288、296闭合。第一偏置电压源(V_BIAS_P)经由偏置电阻器300使晶体管282偏置。第二偏置电压源(V_BIAS_N)经由偏置电阻器302使晶体管284偏置。电容器304、306滤除在节点310处接收的直流(DC)分量和其他低频信号分量。由晶体管282、284形成的放大器放大在节点312、314处接收的已滤波输

入信号，并且在节点320处输出放大信号。

[0142] 如上所讨论，取决于开关288、290、292、294、296的配置，放大器级280可以以自偏置模式或非线性模式进行操作。自偏置模式可以提供比非线性模式更大的线性度，但是可能功率效率更低。另一方面，非线性模式可能是功率效率更高的，但是提供较小的线性度。通过提供可以可配置成以自偏置模式和非线性模式操作的放大器级，可以在放大器中动态地调整和平衡线性度与功率效率之间的折衷。

[0143] 图15是示出可以在本公开的功率放大器中使用的另一个示例放大器级330的示意图。放大器级330类似于图13所示的放大器级230，不同之处在于：(1) 电阻器242、244、246、248和可调整电阻254、256被省略；并且(2) 晶体管232、234和晶体管236、238单独地耦连到可调整LDO 240。图13和图15之间相同或类似的组件已经用相同的附图标记进行编号。如图15所示，晶体管232的源极直接耦连到可调整LDO 240的第一输出端而无需任何介入中间的电阻，并且晶体管236的源极直接耦连到可调整LDO 240的第二输出端而无需任何介入中间的电阻。

[0144] 图16是示出根据本公开的另一个示例发射器340的框图。发射器340类似于图4所示的发射器10，不同之处在于图16中的发射器340包括粗略增益控制电路342而不是选择电路60。图4和图16之间的相同或类似组件已经用同一的附图标记进行编号。

[0145] 粗略增益控制电路342的第一输入端通过连接20耦连到振荡器12的第一输出端。粗略增益控制电路342的第二输入端通过连接22耦连到振荡器12的第二输出端。粗略增益控制电路342的输出端通过连接70耦连到放大器级62的输入端。粗略增益控制电路342的控制输入端耦连到增益控制A导线78。

[0146] 粗略增益控制电路342可以包括一个或多个无源衰减器电路（例如，电抗组件），其被配置成衰减经由连接20、22接收的信号。无源衰减器电路可以包括电容式衰减器电路和/或电感式衰减器电路。无源衰减器电路可以是可变增益的无源衰减器电路（例如，具有多个抽头的电抗组件网络），其中电路的增益或衰减水平可以改变（例如，选择不同的抽头组合以产生输出信号）。图10和图12中示出了示例电容式衰减器电路。图6、图8和图9中示出了示例电感式衰减器电路。

[0147] 粗略增益控制电路342可以选择经由连接20、22接收的信号中的一个，并且利用一个或多个无源衰减器电路来衰减信号以在连接70处产生已衰减信号。粗略增益控制电路342可以基于增益控制A信号来确定要选择哪个信号。在无源衰减器电路是可变增益的无源衰减器电路的情况下，粗略增益控制电路342可以基于增益控制A信号来确定无源衰减器电路应当衰减信号多少。在一些示例中，增益控制A信号可以包括确定要选择的信号的第一分量以及确定无源衰减器将衰减信号的量的第二分量。

[0148] 图17是示出根据本公开的另一个示例发射器350的框图。发射器350可以类似于图16所示的发射器340，不同之处在于：(1) 图17中的发射器350包括单输入粗略增益控制电路352，而不是如图16所示的双输入粗略增益控制电路342；并且(2) 振荡器12是单输出振荡器12。图16和图17之间的相同或类似组件已经用同一的附图标记进行编号。

[0149] 粗略增益控制电路352的输入端通过连接354耦连到振荡器12的输出端。粗略增益控制电路352的输出端通过连接70耦连到放大器级62的输入端。粗略增益控制电路352的控制输入端耦连到增益控制A导线78。

[0150] 粗略增益控制电路352可以包括一个或多个无源衰减器电路(例如,电抗组件),其被配置成衰减经由连接354接收的信号。无源衰减器电路可以包括以上关于图16中的粗略增益控制电路342描述的任何无源衰减器电路。

[0151] 粗略增益控制电路352可以利用一个或多个无源衰减器电路来衰减经由连接354接收的信号,以在连接70处产生已衰减信号。在无源衰减器电路是可变增益的无源衰减器电路的情况下,粗略增益控制电路352可以基于增益控制A信号来确定无源衰减器电路应当将信号衰减多少。

[0152] 图17示出了总体发射器架构。粗略增益控制电路352可以是抽头电感器、电容式衰减器或旁路。在一些示例中,粗略增益控制电路352的元件可以不提供VCO相位噪声的任何降级。在一些示例中,放大器级62、64可以使用自偏置放大器以使基本上所有的电流消耗朝向信号处理和放大参与(engage)。控制电路可以通过改变来自LDO的电力供应(例如,可调整电源66、68)对放大器级62、64的输出信号摆动(swing)进行编程。控制电路可以通过对应的LDO对放大器级62、64中的每一个进行编程以覆盖用于输出功率的宽编程范围。可以通过在相对期望的操作点处编程LDO来获得功率节省,以便改善功耗。例如,粗略增益控制电路352可以对VCO信号提供衰减,然后可以使LDO设置更小以便处理振幅显著更小的信号。在一些示例中,每个LDO可以使用副本电路以获得用于PA结构的参考电压。类似原理可以应用于本公开的其他放大器架构。

[0153] 在一些示例中,粗略增益控制电路352可以至少部分地通过使用以下来实施:(a)来自VCO电容器阵列的电容衰减,(b)通过使用来自VCO电感器的对称抽头连接(tapping)点的抽头电感器,或(c)简单的旁路。

[0154] 图18是示出根据本公开的另一个示例发射器360的框图。发射器360可以类似于图5所示的发射器10,不同之处在于图18中的发射器360还包括粗略增益控制电路362、364和增益控制导线366、368。图5和图18之间的相同或类似组件已经用同一的附图标记进行编号。

[0155] 粗略增益控制电路362的输入端通过连接20耦连到振荡器12的第一输出端。粗略增益控制电路364的输入端通过连接22耦连到振荡器12的第二输出端。粗略增益控制电路362的输出端通过导线370耦连到放大器级84的输入端。粗略增益控制电路364的输出端通过导线372耦连到放大器级88的输入端。粗略增益控制电路362的控制输入端耦连到增益控制导线D 366。粗略增益控制电路364的控制输入端耦连到增益控制导线E 368。

[0156] 粗略增益控制电路362、364可以包括一个或多个无源衰减器电路(例如,电抗组件),其被配置成衰减经由连接20、22接收的信号。无源衰减器电路可以包括以上关于图16中的粗略增益控制电路342描述的任何无源衰减器电路。

[0157] 粗略增益控制电路362可以利用一个或多个无源衰减器电路来衰减经由连接20接收的信号,并且在导线370处输出已衰减信号。在无源衰减器电路是可变增益的无源衰减器电路的情况下,粗略增益控制电路362可以基于经由增益控制导线D 366接收的增益控制信号来确定无源衰减器电路应当将信号衰减多少。

[0158] 粗略增益控制电路364可以利用一个或多个无源衰减器电路来衰减经由连接22接收的信号,并且在导线372处输出已衰减信号。在无源衰减器电路是可变增益的无源衰减器电路的情况下,粗略增益控制电路364可以基于经由增益控制导线E 368接收的增益控制信

号来确定无源衰减器电路应当衰减信号多少。

[0159] 图19是示出根据本公开的另一个示例发射器380的框图。发射器380可以类似于图18所示的发射器360,不同之处在于:(1)图19中的发射器380包括单输入功率放大器14而不是如图18所示的双输入功率放大器14,(2)振荡器12是单输出振荡器12,并且(3)粗略增益控制电路362、364的两个输入经由连接382耦连到振荡器12的单个输出。图18和图19之间的相同或类似组件已经用同一的附图标记进行编号。

[0160] 图20是示出根据本公开的另一个示例发射器390的框图。发射器390可以类似于图4所示的发射器10,不同之处在于:(1)从图20中的功率放大器14中已省略选择电路60和增益控制A导线78,并且(2)放大器级62的输入端通过连接392直接耦连到振荡器12的输出端。图4和图20之间相同或类似的组件已经用同一的附图标记进行编号。

[0161] 如图所示,例如,在图4和图20中,功率放大器14包括:(1)具有输入端和输出端的放大器级62,和(2)具有耦连到放大器级62的输出端的输入端的放大器级64,以及(3)输出端。功率放大器14还包括:(1)耦连到放大器级62的第一可调整电源(例如,可调整电源66),以及(2)耦连到放大器级64的第二可调整电源(例如,可调整电源68)。在一些示例中,第一和第二可调整电源可以是可编程LDO和/或可调整LDO。

[0162] 在一些示例中,集成电路包括具有一个或多个电抗组件(例如,电抗组件网络34)的压控振荡器(VCO)(例如,振荡器12)。集成电路还包括耦连到VCO的可编程无源衰减电路(例如,电抗组件网络34,选择电路60,电抗组件和切换电路156,粗略增益控制电路342,粗略增益控制电路352,粗略增益控制电路362、364)。可编程无源衰减电路包括被包括在VCO中的一个或多个电抗组件(例如,电抗组件网络34)的至少一部分。集成电路还包括耦连到可编程无源衰减电路的功率放大器(例如,功率放大器14)。

[0163] 在一些示例中,可编程无源衰减电路是电感式衰减器。在此类示例中,在一些示例中,一个或多个电抗组件的部分可以包括一个或多个抽头电感器。在进一步的示例中,可编程无源衰减电路形成电容式衰减器。在此类示例中,在一些示例中,一个或多个电抗组件可以包括一个或多个电容器。

[0164] 在一些示例中,功率放大器包括:第一电源、第二电源、耦连到第一电源的第一放大器级、以及耦连到第二电源的第二放大器级。在此类示例中,第一电源和第二电源可以是可编程电源,例如可编程LDO。

[0165] 图21是示出根据本公开的放大信号功率的示例技术的流程图。图21中所示的技术可以在本公开中描述的许多电路中被实施。为了说明目的,将关于图3所示的发射器10来描述该技术。

[0166] 振荡器12利用被包括在振荡器12中的电抗组件网络34产生第一振荡信号(400)并且经由导线42、56输出第一振荡信号。振荡器12经由被包括在电抗组件网络34中的一个或多个抽头(例如,抽头40、54)输出第二振荡信号(402)。第二振荡信号具有与第一振荡信号成比例并小于第一振荡信号的幅度。

[0167] 功率放大器14基于增益控制选择第一振荡信号和第二振荡信号中的一个以用于产生功率放大的输出信号(404)。功率放大器14基于第一振荡信号和第二振荡信号中的所选择信号来产生功率放大的输出信号(406)。

[0168] 在一些示例中(例如,图4),功率放大器14可以选择第一振荡信号和第二振荡信号

中的一个以产生选择的振荡信号，并且放大选择的振荡信号以产生功率放大的输出信号。在此类示例中，功率放大器14在一些示例中可以利用由可调整低压差调节器(LDO)确定的增益来放大选择的振荡信号。

[0169] 在进一步的示例中(例如，图5)，功率放大器14可以放大第一振荡信号以产生第一功率放大信号、放大第二振荡信号以产生第二功率放大信号、选择第一功率放大信号和第二功率放大信号中的一个以产生选择的功率放大信号，并且输出选择的功率放大信号作为功率放大的输出信号。在此类示例中，功率放大器14在一些示例中可以利用由可调整低压差调节器(LDO)确定的增益来放大第一振荡信号，并且利用由可调整LDO确定的增益来放大第二振荡信号。

[0170] 本公开描述了可以用于实现用于低功率无线电设备的低功率功率放大器(PA)架构的各种功率放大器配置。本公开的技术可以提供实现具有减少外部组件数量以节省外部物料账款的低功率、高效率的功率放大器的架构。在一些示例中，本公开中描述的低功率PA可以具有：(a)高效率，(b)低带外(out-of-band)谐波含量，以及(c)增益控制。在一些示例中，这些特性可以利用相对低的电流消耗量来实现。本公开提供了各种自偏置发射PA(TXPA)配置。在一些示例中，本公开中描述的PA架构可以提供用于增益控制的相对低区域实施方案。

[0171] 在一些示例中，功率放大器14的架构可以是多级架构。在一些示例中，多级架构的第一级(例如，放大器级62)可以对应于图13所示的放大器级230。在此类示例中，用于第二级(例如，放大器级64)的架构可以使用图13中的相同配置，但是没有电阻器242、244、246、248和可调整电阻254、256(即，其中这些电阻器的电阻值等于0)。以此方式，取决于外部组件的性质(分别为单端的和差分的)，第二放大器级可以被配置为单端放大器或差分放大器。

[0172] 为了进一步增加效率，如图14所示，第二放大器级可以包括除可调整LDO之外的可编程栅极偏置以提高效率。在一些示例中，可以通过使用最小尺寸的金属氧化物半导体(MOS)晶体管来实现开关。图14中的放大器级280可以被配置成两种不同模式：(a)自偏置AB类架构模式，以及(b)非线性型放大器模式。

[0173] 为了将放大器级280配置成自偏置AB类架构模式，控制电路可以闭合开关290、292、294并且打开开关288、296。在该情况下，通过偏置电阻器298来启用自偏置，并且可调整LDO 286可以被编程以根据需要提供增加的效率和线性度。

[0174] 为了将放大器级280配置成自偏置AB类架构模式，控制电路可以打开开关290、292、294，闭合开关288、296，并且经由单独的偏置电压源(V_BIAS_P、V_BIAS_N)单独地使每个晶体管偏置。可以使用内置自校准来监测放大器级280的输出，以确保输出处的DC水平大致在电压范围的中间。

[0175] 图22是示出可以在本公开的示例振荡器中使用的示例电抗组件网络410的示意图。电抗组件网络410包括：电感器L16、L17、L18、L19、L20、L21和节点412、414、416、418、420、422、424、426。

[0176] 电感器L16耦连在节点412与节点414之间。电感器L17耦连在节点414与节点416之间。电感器L18耦连在节点416与节点418之间。电感器L19耦连在节点420与节点422之间。电感器L20耦连在节点422与节点424之间。电感器L21耦连在节点424与节点426之间。抽头可

以耦连到节点412、414、416、418、420、422、424、426中的一个或多个。

[0177] 电感器L16磁耦连到电感器L19。电感器L17磁耦连到电感器L20。电感器L18磁耦连到电感器L21。在一些示例中，电感器L16、L19可以是变压器，电感器L17、L20可以是变压器，和/或电感器L18、L21可以是变压器。

[0178] 耦连到节点412、414的抽头可以形成第一差分输出端(VC0+、VC0-)。耦连到节点414、416的抽头可以形成第二差分输出端(PA1+、PA1-)。耦连到节点420、426的抽头可以形成第三差分输出端(PA2+、PA2-)。耦连到节点422、424的抽头可以形成第四差分输出端(PA3+、PA3-)。一个或多个差分输出端可以耦连到功率放大器的对应输入端。

[0179] 在一些示例中，节点420、426可以分别对应于图2和图3中的节点36、38。在进一步的示例中，节点412、414可以分别对应于图2和图3中的节点36、38。

[0180] 在一些示例中，电抗组件网络410可以对应于图2和图3所示的电抗组件网络34。在此类示例中，电抗组件网络410可以至少包括一个或多个电抗组件的两个链，其中每个电抗组件链包括串联耦连的一个或多个电抗组件(例如，由电感器L16、L17、L18形成的第一链，以及由电感器L19、L20、L21形成的第二链)。至少两个电抗组件链可以彼此电感耦连(或磁耦连)。例如，第一电抗组件链中的一个或多个电抗组件可以与第二电抗组件链中的一个或多个电抗组件电感耦连(或磁耦连)。一个或多个抽头可以耦连到第一电抗组件链和/或第二电抗组件链以形成一个或多个差分输出端。

[0181] 在一些示例中，第一电抗组件链可以电耦连到振荡器的有源电路系统，并且第二电抗组件链可以电感耦连到第一电抗组件链。在该示例的一些实施方式中，可以经由耦连到第一电抗组件链的抽头形成第一差分输出端，并且可以经由耦连到第二电抗组件链的抽头形成第二差分输出端。在该示例的进一步实施方式中，可以经由耦连到第一电抗组件链的抽头形成至少两个差分输出端。在第一示例的附加实施方式中，可以经由耦连到第二电抗组件链的抽头形成至少两个差分输出端。

[0182] 在一些示例中，电感器L16和电感器L18的电感可以彼此相等，并且电感器L19、L20、L21的电感可以彼此相等。在附加的示例中，电感器L17的电感可以等于第一电感值，电感器L16、L18中的每一个的电感可以等于第二电感值，并且电感器L19、L20、L21中的每一个的电感可以等于第三电感值。

[0183] 可以使用抽头电感器(具有直接电耦连)和磁耦连(DC隔离)中的一者或两者来形成电抗组件网络。电抗组件网络可以使用来自一个或多个线圈(电感器)的抽头连接来产生具有不同衰减水平的不同输出。磁耦连可以实施固定(粗略)步进衰减器。

[0184] 在一些示例中，本公开的电抗组件中的粗略步进衰减可以是过程不变的，因为以下事实：衰减量可以对应于同样过程不变的两个类似量之间的比率。在进一步的示例中，粗略步进衰减可以提供与频率无关的信号缩放。例如，如果VC0以2.4GHz与(vs)3.0GHz振荡，则在此类示例中，本公开的粗略增益控制技术可以提供相同的信号衰减。

[0185] 图23是示出可以在本公开的示例振荡器中使用的示例电抗组件网络430的示意图。电抗组件网络430包括电容器C15、C16、C17和节点432、434、436、438。

[0186] 电容器C15耦连在节点432与节点434之间。电容器C16耦连在节点434与节点436之间。电容器C17耦连在节点436与节点438之间。抽头可以耦连到节点432、434、436、438中的一个或多个。

[0187] 耦连到节点432、438的抽头可以形成第一差分输出端(VC0+、VC0-)。耦连到节点434、436的抽头可以形成第二差分输出端(PA+、PA-)。图23示出一种配置,其中可以使用串联连接的多个电容器来进行抽头连接,并且信号可以对称地从电抗组件网络中取出以与功率放大器接合。

[0188] 图23的示例配置中的电容器C15、C16、C17中的每一个是可变电容。在其他示例中,所有的电容器C15、C16、C17可以是固定电容,或者电容器C15、C16、C17中的一些可以是可变电容并且电容器C15、C16、C17中的一些可以是固定电容。在一些示例中,可变电容可以是压控的。在一些示例中,电容器C15、C17的电容可以彼此相等,并且电容器C16的电容可以不同于电容器C15、C17的电容。

[0189] 在电容器C15、C16、C17是固定电容的示例中,电抗组件网络430可以提供恒定的衰减因子。在电容器C15、C16、C17是压控可变电容的一些实施方式中,可以通过相同控制电压对所有的电容器C15、C16、C17进行编程,在该情况下,可以实现恒定衰减并且可以通过相同的电容器组改变VC0的中心频率。在电容器C15、C16、C17是压控可变电容的附加实施方式中,电容器C15、C16、C17可以关于不同电压被编程。例如,可以通过第一电压(V0)对电容器C15、C17的电容(C0)进行编程,并且可以通过第二电压(V1)对电容器C16的电容(C1)进行编程。在这种实施方式中,C0和C1两者可以参与频率控制,并且通过使V0以不同于V1的方式改变,可以实现可变衰减器步长(step)(除了粗略增益控制之外的精细控制)。

[0190] 超低功率收发器可以使用具有多个增益步长的低功率PA以用于减小总体系统功率。可能期望利用最小数目的外部组件来实现此类接收器。

[0191] 在一些示例中,本公开描述了用于实现低功率PA的各种技术。根据第一种技术,可以使用AB类型的两级PA架构以用于功率放大,其中可以通过单独的LDO对每级进行独立编程。根据第二种技术,可以使用电容式衰减器来获得粗略增益步长,并且可以通过LDO来提供精细增益步长。这种技术可以简化增益步长的设计。根据第三种技术,使用抽头电感器(例如,自耦变压器)来获得粗略增益步长。在一些情况下,抽头电感器可以消耗零附加功率和面积。可以使用LDO来执行精细增益步长。

[0192] 在一些情况下,由于由抽头电感器和/或电容式衰减器所提供的粗略增益步长,LDO可以不必覆盖增益步长的整个范围。这可以减小所得放大器的功耗和面积。在一些示例中,可以使用用于频率漂移的片上校准技术来补偿由两级PA提供给VC0的有限隔离。

[0193] 在一些示例中,可以由可编程LDO提供粗略增益控制和精细增益控制。在进一步的示例中,可以使用电容式衰减器来提供粗略增益控制,并且可以使用LDO来提供精细增益控制。在附加的示例中,可以使用自耦变压器来提供粗略增益控制,并且可以使用LDO来提供精细增益控制。

[0194] 在一些示例中,本公开的技术可以使用AB类PA架构。在一些示例中,这可以允许仅通过一个射频(RF)引脚并且通过低外部件(external)来操作。在一些示例中,不使用负反馈(degeneration),从而导致电流消耗减少并且功率效率更好。在进一步的示例中,各个级是自偏置的,具有相对简单的设计,并且增益可以由LDO完全控制。在附加的示例中,增益步长通过以下中的一个或多个来实现:(1)完全通过LDO控制(粗略和精细两者),(2)部分通过电容式衰减器(使用电容式衰减器的粗略步长,使用LDO的精细步长),以及(3)部分通过电感器抽头连接(使用自耦变压器的粗略步长,使用LDO的精细步长)。

[0195] 在一些示例中，放大器级可以是自偏置的，这可以允许在偏置电流方面没有附加开销的情况下发生偏置。在进一步的示例中，增益步长可以使用以下来实施：(1) 仅LDO，(2) LDO和电容式衰减器，(3) LDO和抽头电感器。在附加的示例中，本公开的技术可以利用使用独立LDO的两级，这可以允许关于效率和諧波性能对架构进行重新配置。在进一步的示例中，本公开的技术可以使用相对小数目的放大器级以用于降低功耗。如果由于增益改变而发生VCO频移，则可以启用校准引擎。

[0196] 在一些示例中，在本公开中描述的技术和电路系统可以在一个或多个集成电路或其他装置的任何组合上实施。在所描述的实施例中修改是可能的，并且在权利要求的范围内其他实施例是可能的。

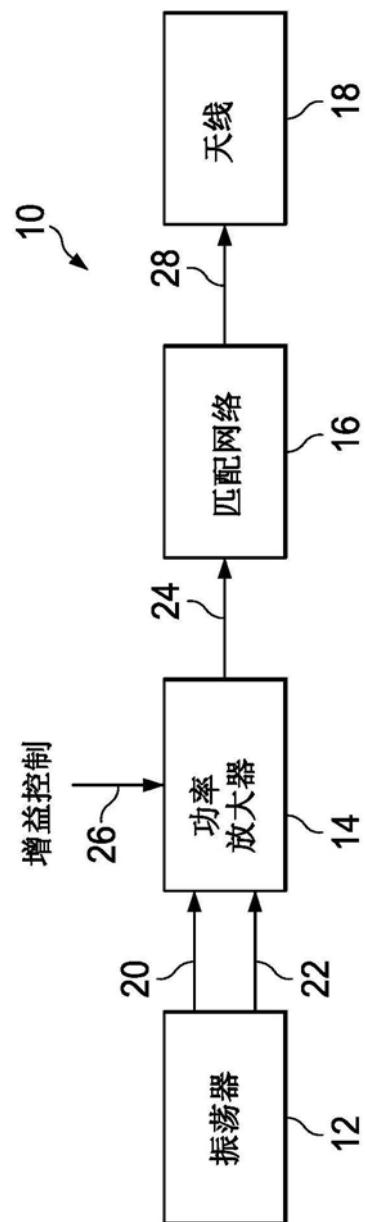


图1

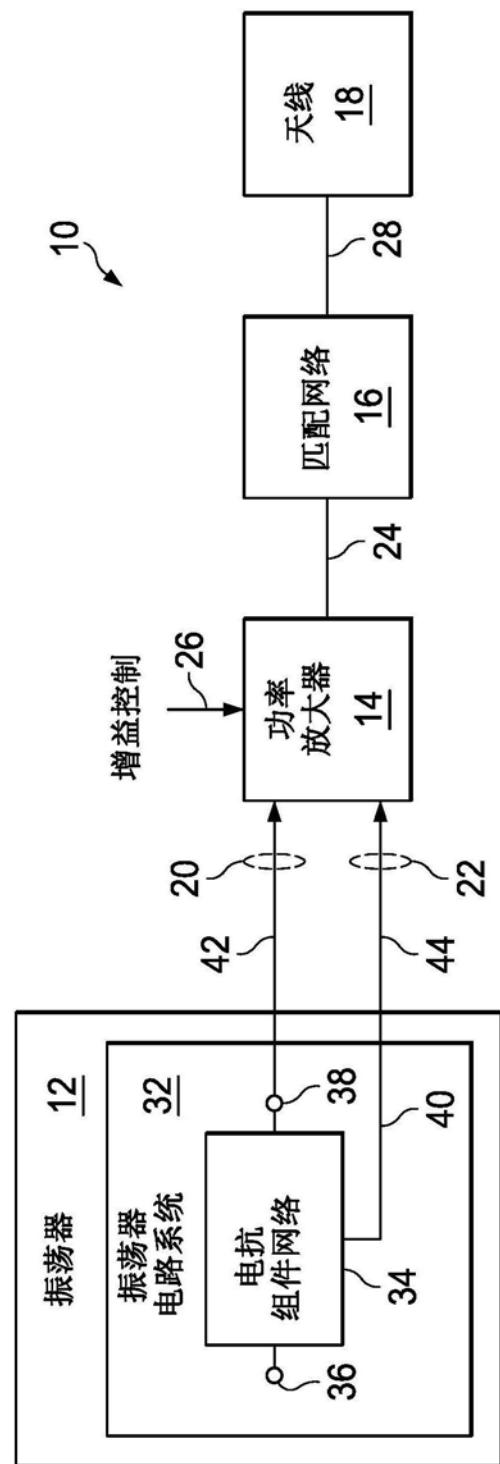


图2

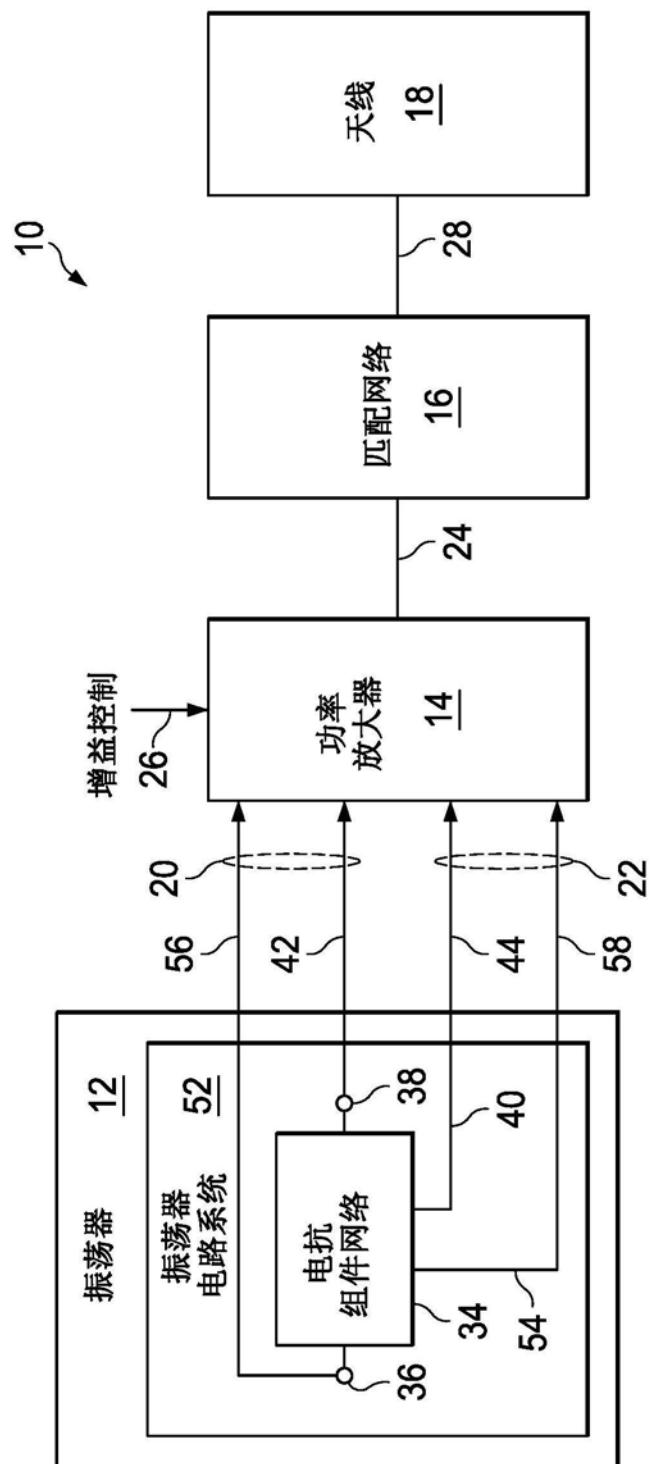


图3

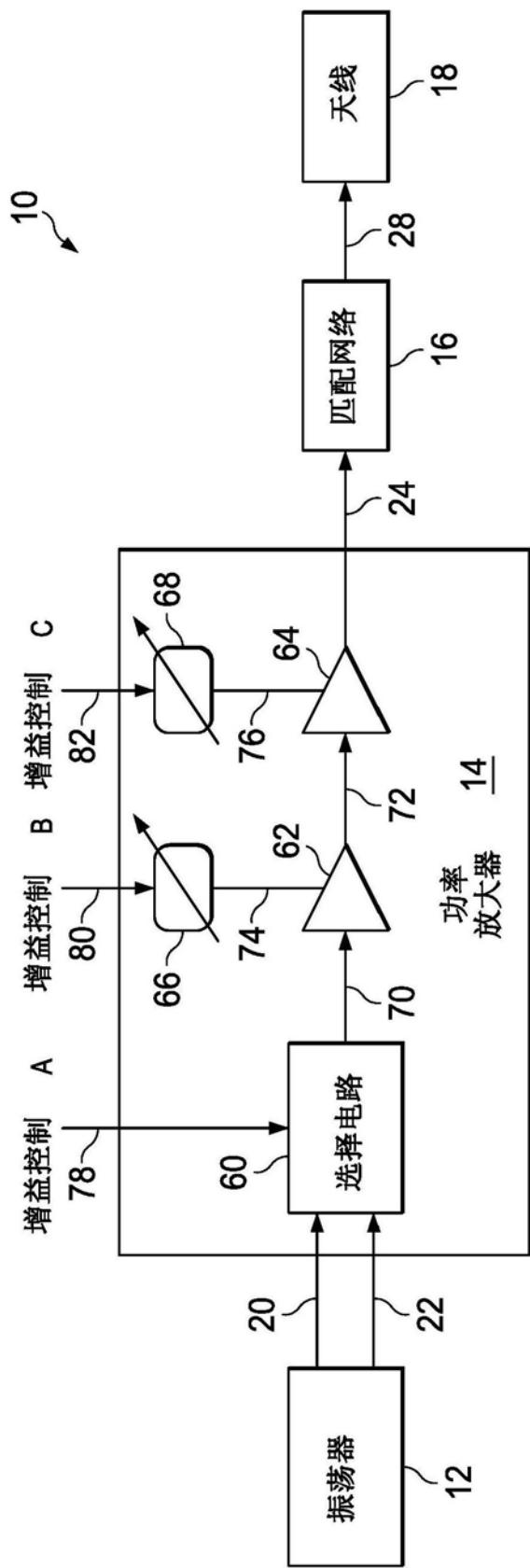


图4

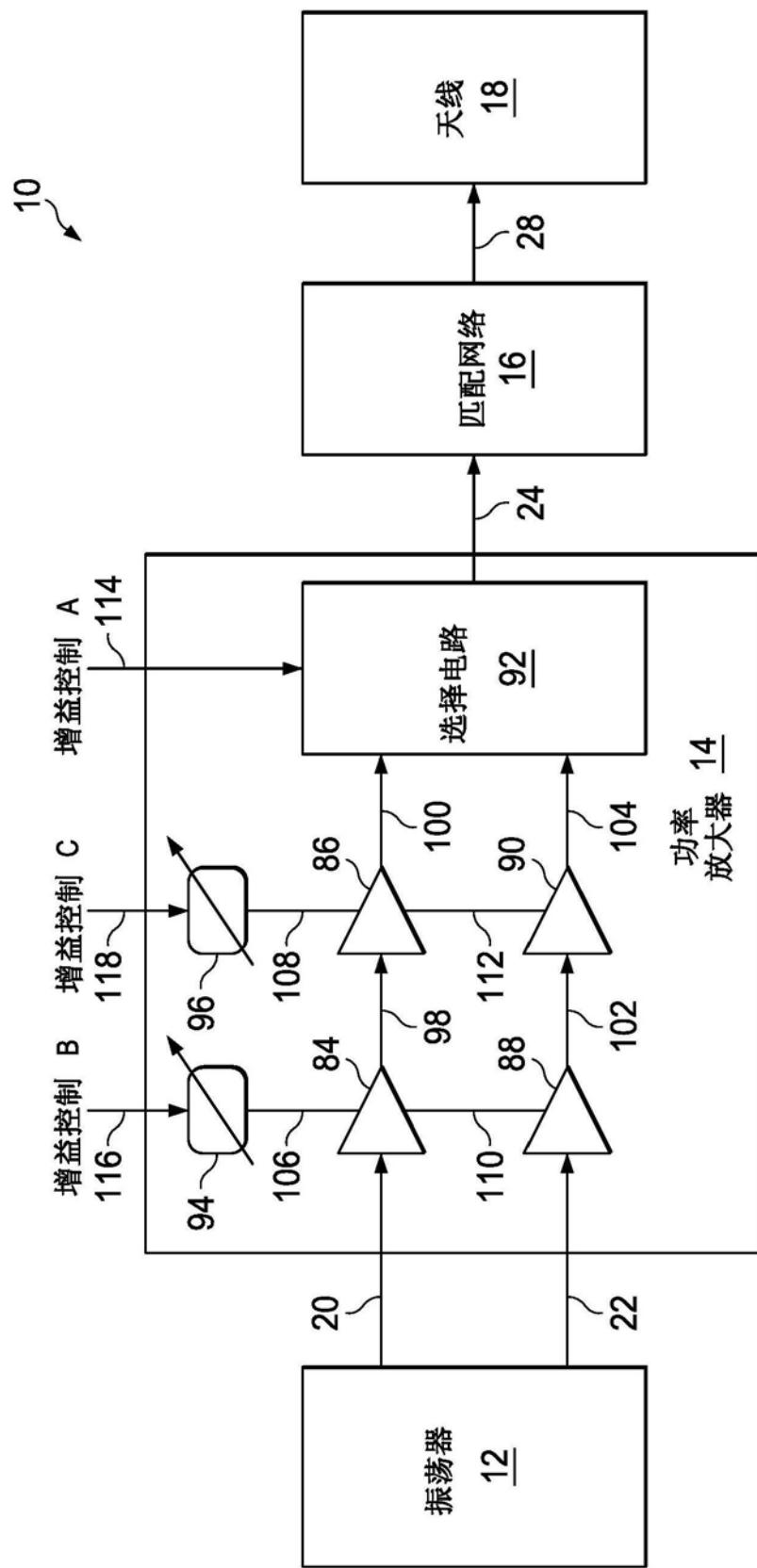


图5

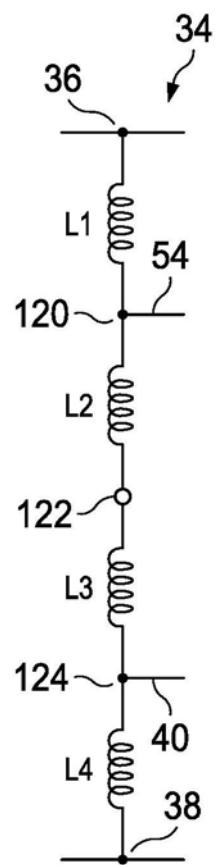


图6

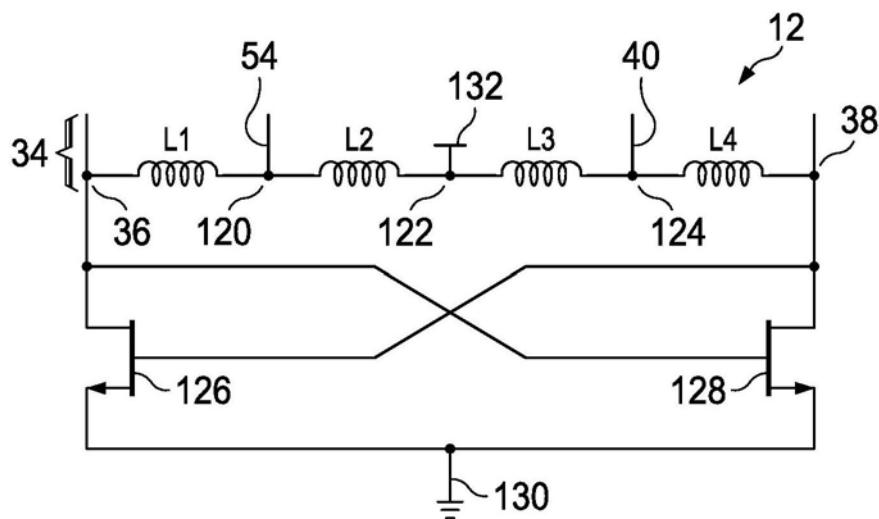


图7

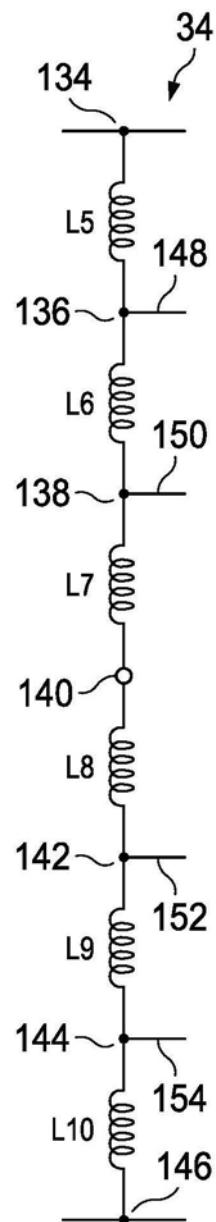


图8

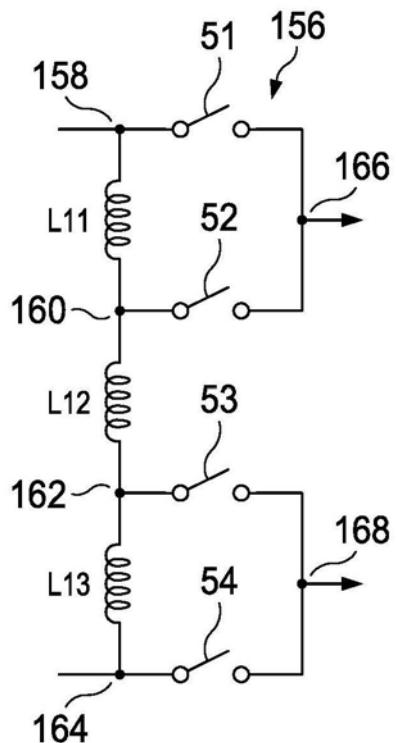


图9

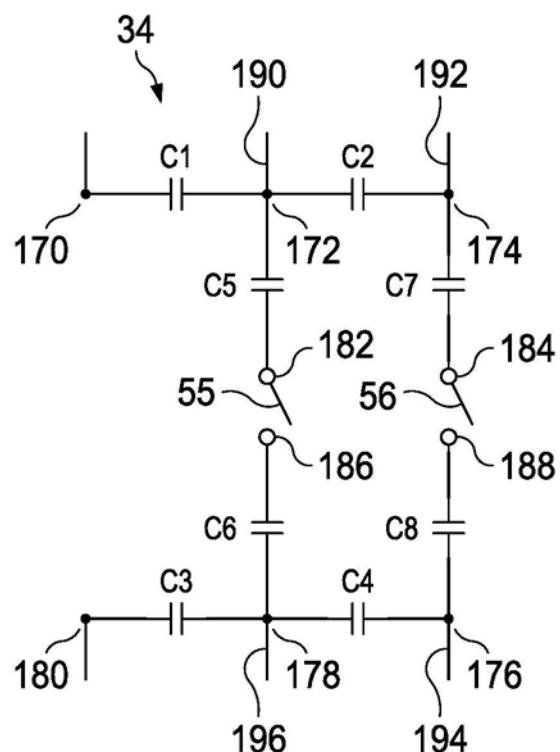


图10

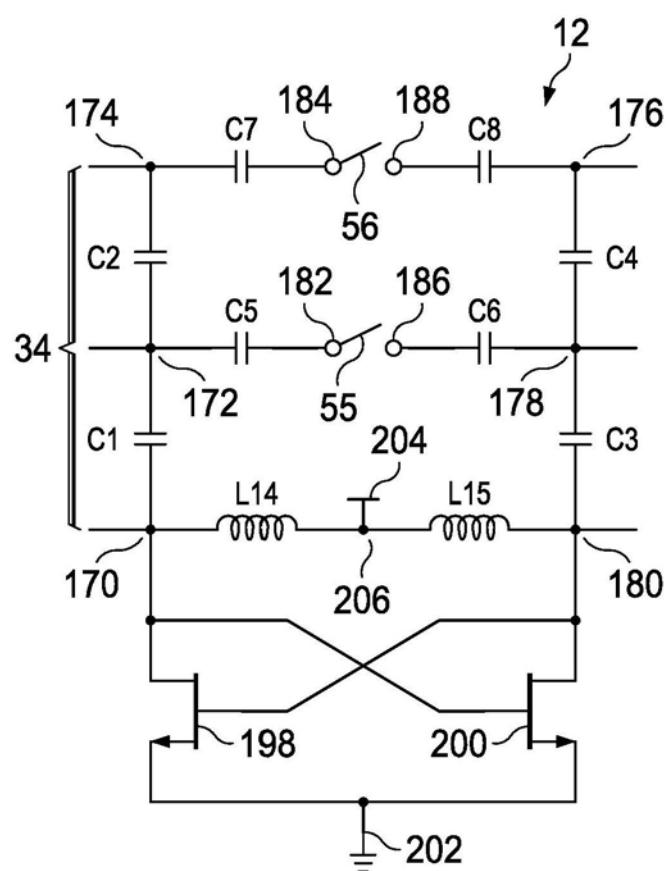


图11

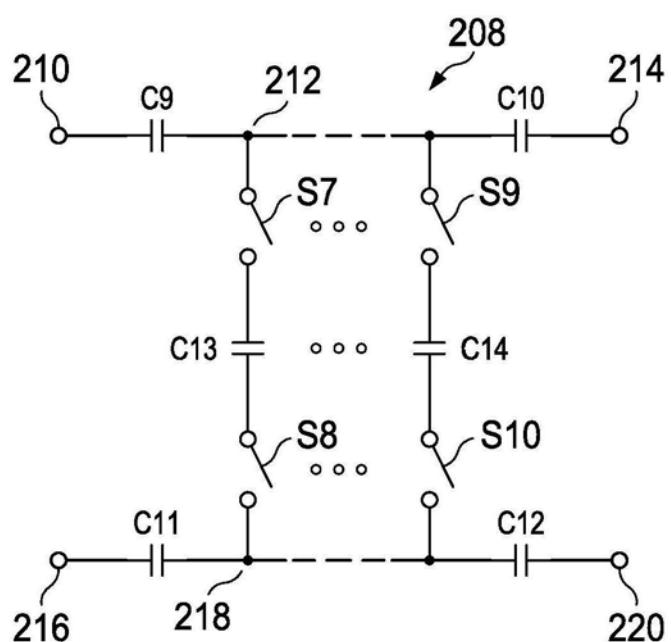


图12

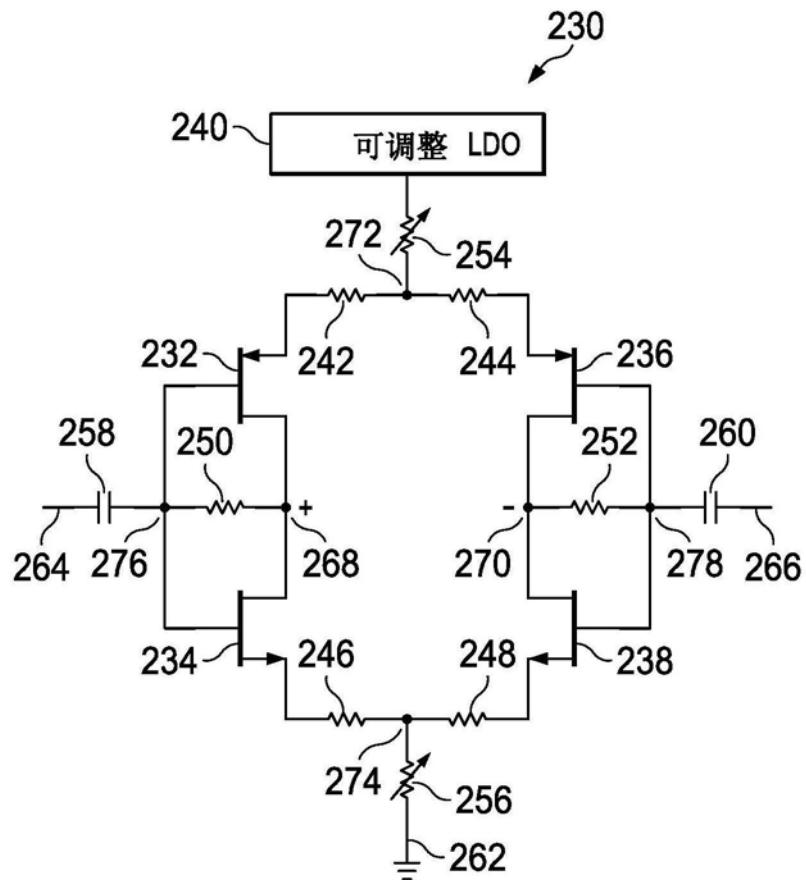


图13

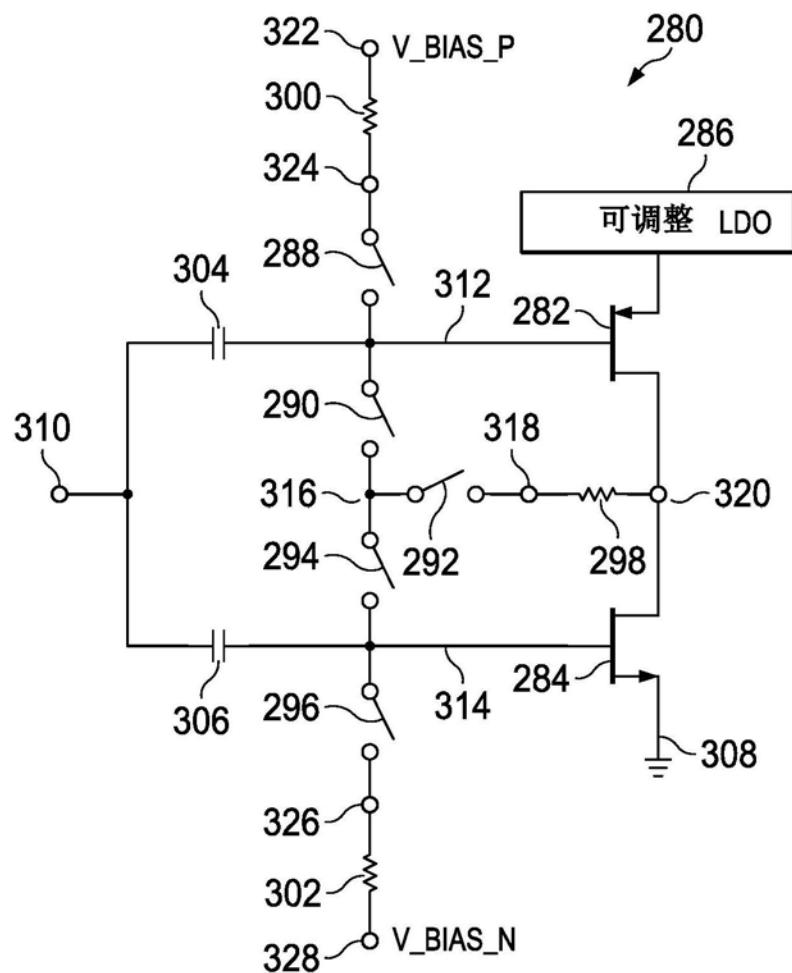


图14

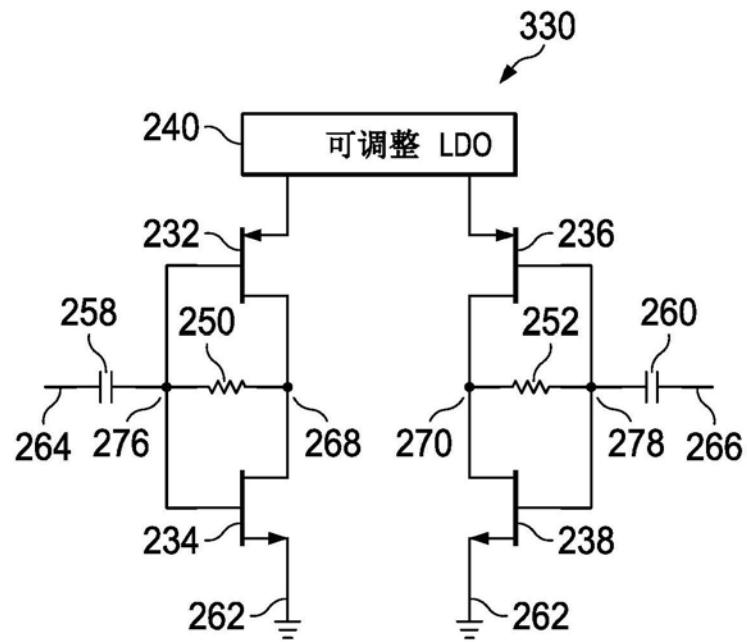


图15

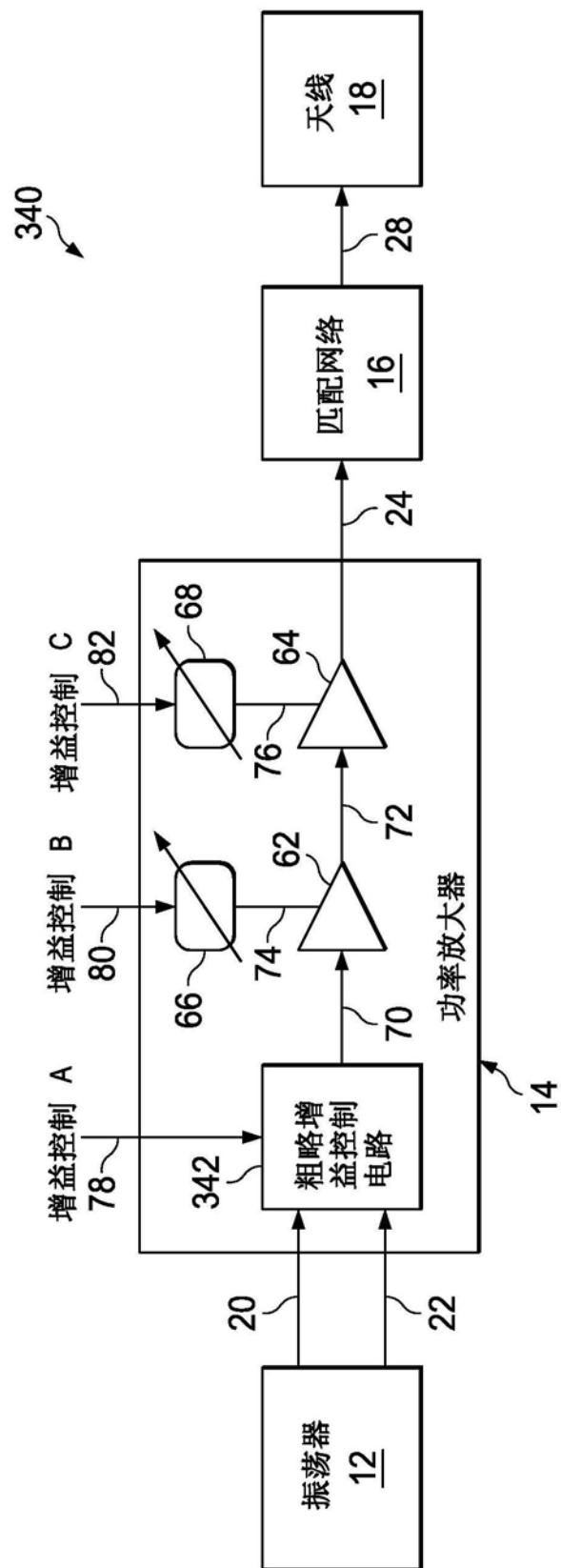


图16

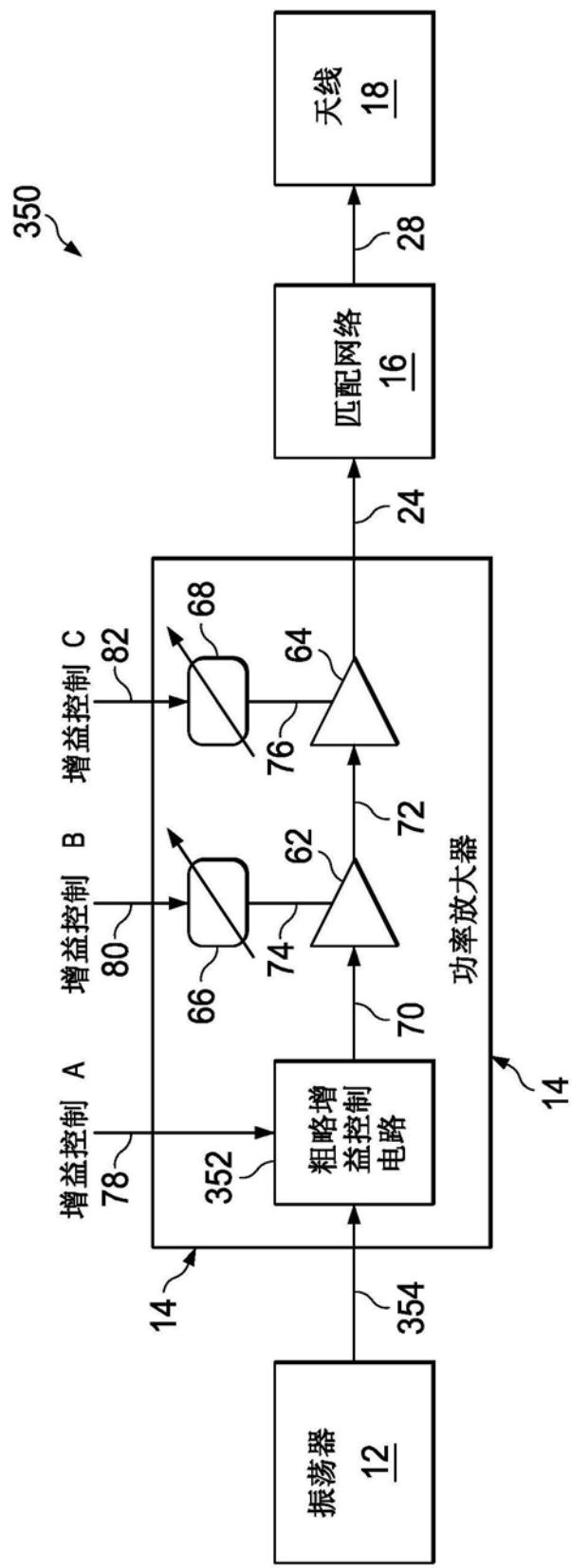


图17

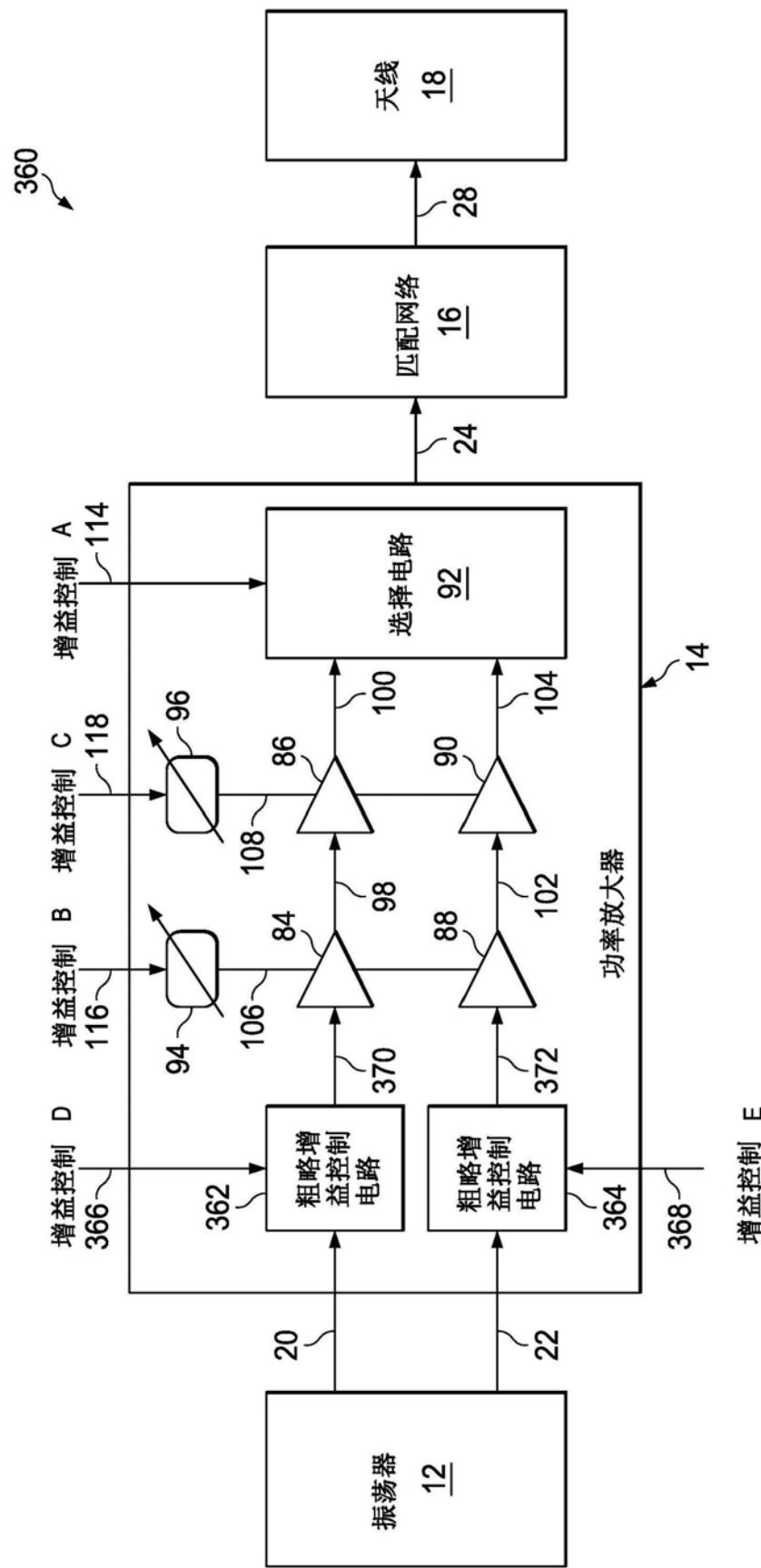


图 18

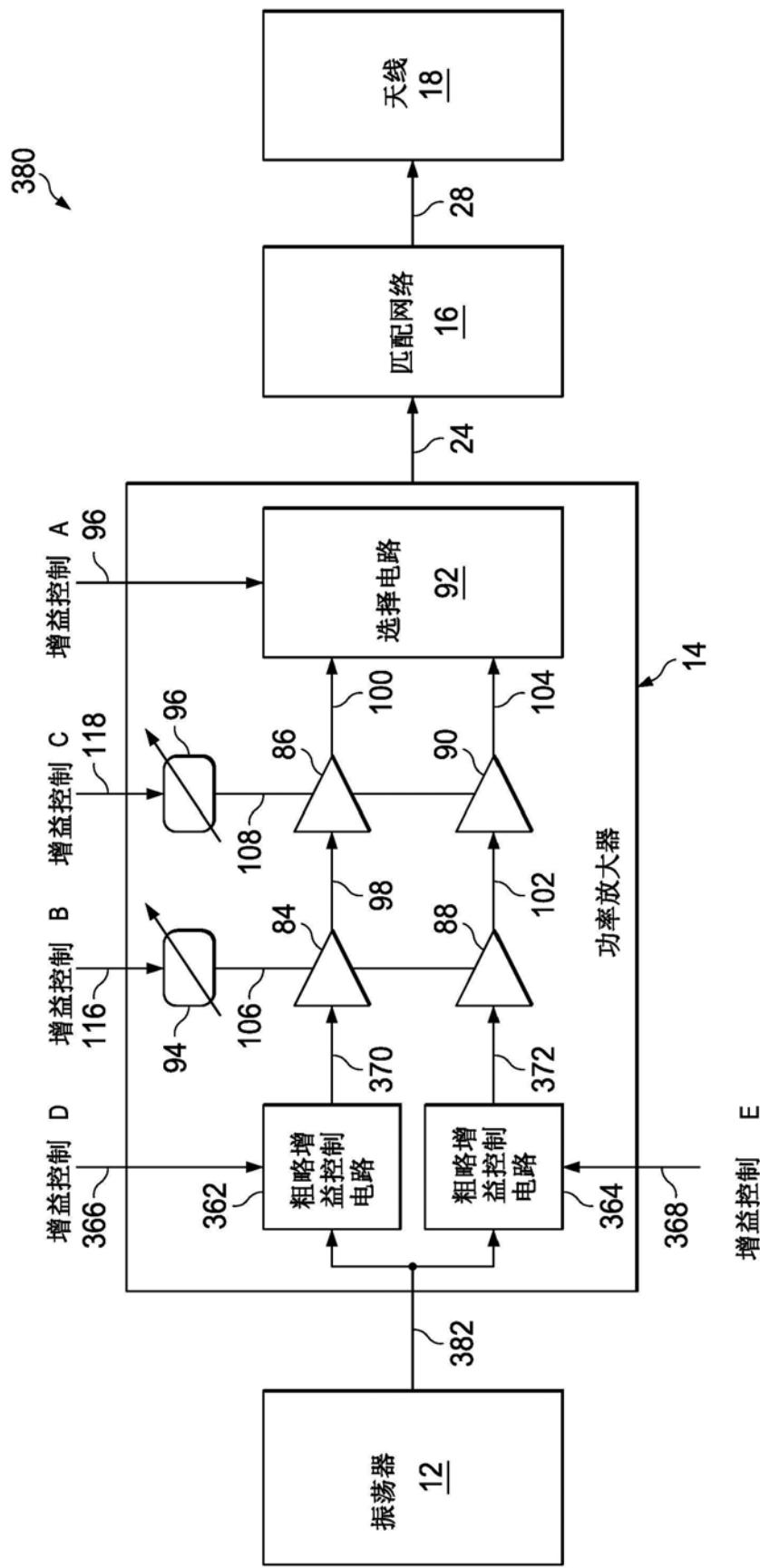


图19

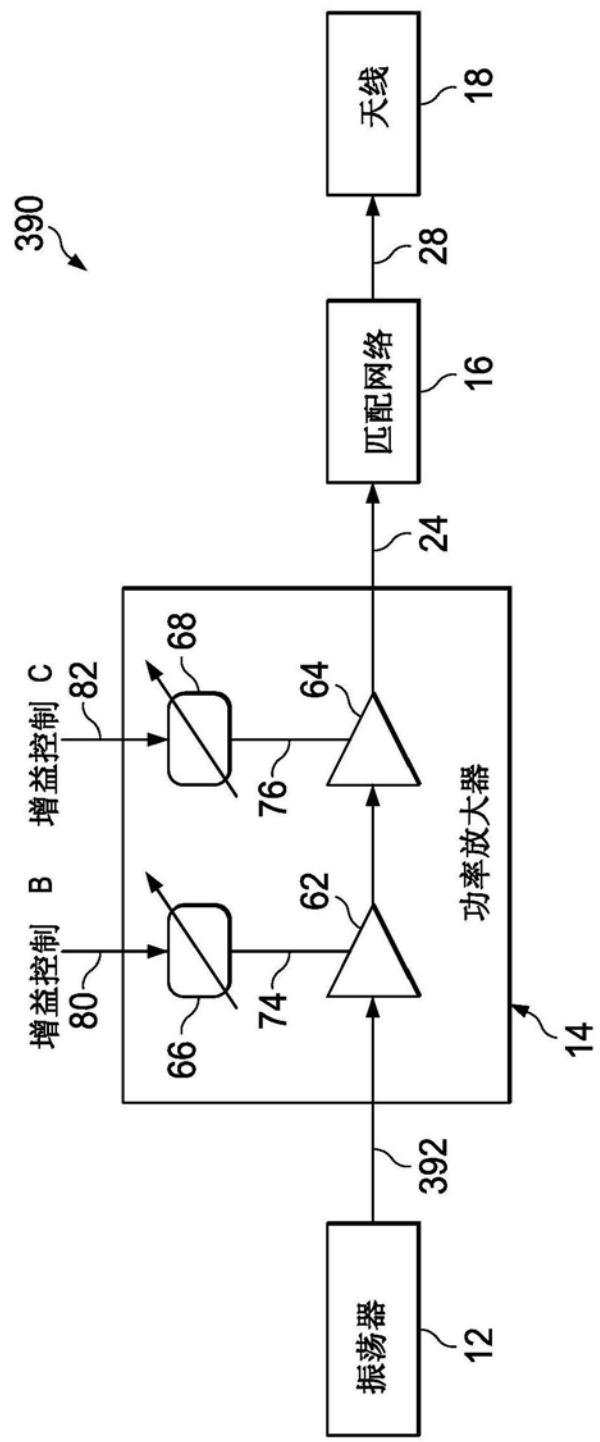


图 20

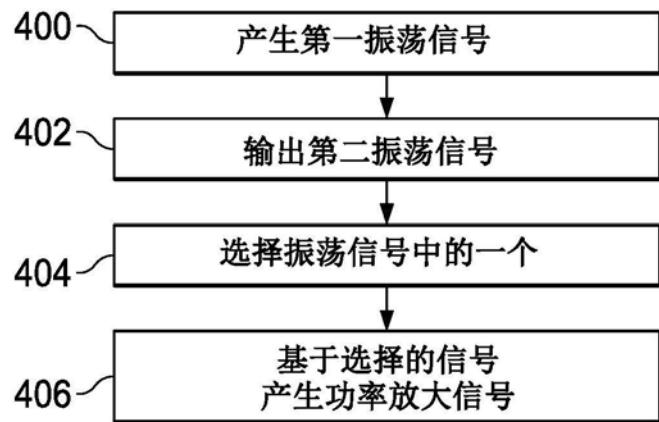


图21

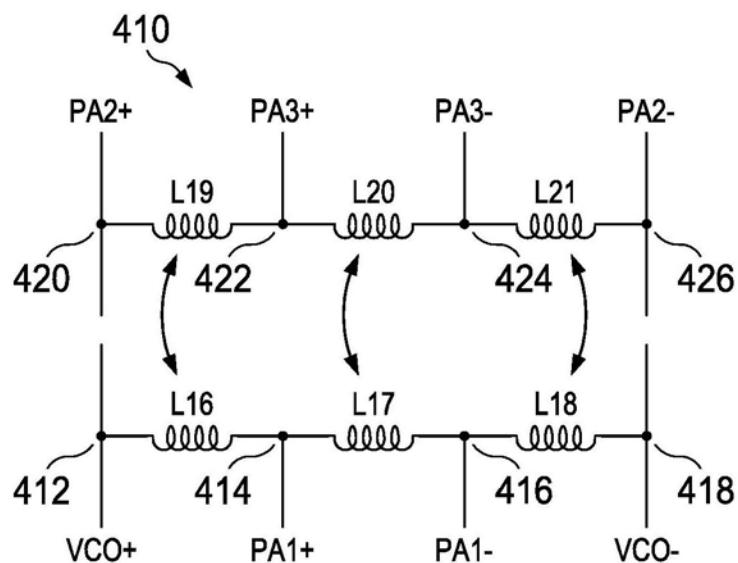


图22

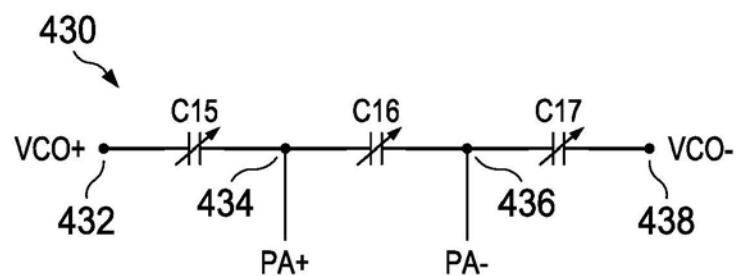


图23