



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107636975 B

(45)授权公告日 2019.12.13

(21)申请号 201680027022.4

(51)Int.CI.

(22)申请日 2016.04.15

H04B 1/10(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

H04B 1/04(2006.01)

申请公布号 CN 107636975 A

H04B 1/3827(2015.01)

(43)申请公布日 2018.01.26

H04B 1/48(2006.01)

(30)优先权数据

H03F 3/24(2006.01)

14/711,623 2015.05.13 US

H03F 3/21(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

H03F 3/193(2006.01)

2017.11.09

H03F 3/19(2006.01)

(86)PCT国际申请的申请数据

H03F 1/56(2006.01)

PCT/US2016/027949 2016.04.15

H03F 1/34(2006.01)

H03F 1/22(2006.01)

(87)PCT国际申请的公布数据

(56)对比文件

W02016/182691 EN 2016.11.17

US 2011003563 A1, 2011.01.06, 说明书第0053段-第0062段, 附图2、3。

(73)专利权人 高通股份有限公司

US 2009075597 A1, 2009.03.19, 说明书第0024段。

地址 美国加利福尼亚州

CN 1340934 A, 2002.03.20, 全文。

(72)发明人 C-H·王 C·诺多万

CN 1906850 A, 2007.01.31, 全文。

J·A·里士满 J-S·高

US 2005122172 A1, 2005.06.09, 全文。

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

US 2006071735 A1, 2006.04.06, 全文。

司 31100

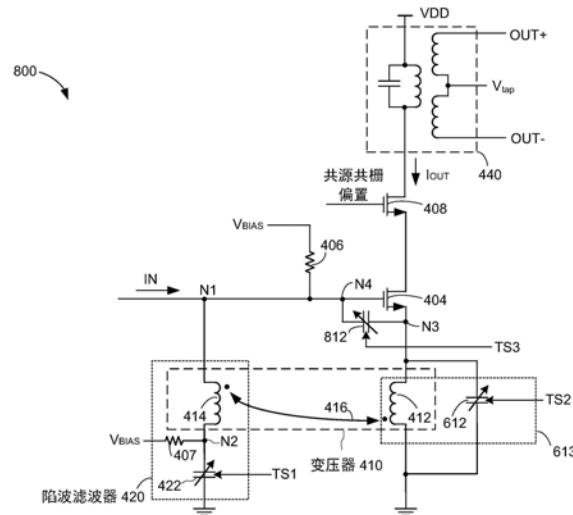
审查员 许晨

代理人 周敏 陈炜

权利要求书3页 说明书11页 附图14页

(54)发明名称

具有片上匹配和内建的可调谐滤波器的射频低噪声放大器



(57)摘要

一种放大器包括增益晶体管，该增益晶体管包括用于接收输入信号的控制端子。退化电感器被耦合在该增益晶体管的第一端子与地之间。分流电感器和电容器被串联耦合在该增益晶体管的控制端子与地之间，并且形成滤波器以衰减输入信号在一频率范围内的频率。该退化电感器和该分流电感器形成变压器以提供阻抗匹配。

1. 一种包括数个收发机链的无线设备,所述收发机链中的每一者包括放大器,所述放大器包括:

至少一个增益晶体管,其包括第一端子并且包括用于接收输入信号的控制端子;

退化电感器,其耦合在所述至少一个增益晶体管的第一端子与地之间;以及

串联耦合在所述至少一个增益晶体管的控制端子与地之间的分流电感器和第一电容器,其中所述退化电感器和所述分流电感器形成用于为所述放大器提供阻抗匹配的变压器。

2. 如权利要求1所述的无线设备,其特征在于,所述分流电感器和所述第一电容器形成第一滤波器以衰减所述输入信号在第一频率范围内的频率。

3. 如权利要求2所述的无线设备,其特征在于,所述第一电容器包括具有用于接收第一调谐信号以选择所述第一频率范围的控制端子的第一可变电容器。

4. 如权利要求3所述的无线设备,其特征在于,进一步包括,与所述退化电感器并联耦合的第二电容器,其中所述第二电容器和所述退化电感器形成第二滤波器以衰减所述输入信号在第二频率范围内的频率。

5. 如权利要求4所述的无线设备,其特征在于,所述第二电容器包括具有用于接收第二调谐信号以选择所述第二频率范围的控制端子的第二可变电容器。

6. 如权利要求5所述的无线设备,其特征在于,进一步包括:

控制电路,其用于至少部分地基于所述输入信号的频率来生成所述第一和第二调谐信号。

7. 如权利要求6所述的无线设备,其特征在于,所述控制电路用于还至少部分地基于另一信号的频率来生成所述第一和第二调谐信号。

8. 如权利要求7所述的无线设备,其特征在于,所述输入信号与所述数个收发机链中的第一收发机链相关联,而所述另一信号与所述数个收发机链中的第二收发机链相关联。

9. 如权利要求7所述的无线设备,其特征在于,所述输入信号是包括5G Wi-Fi信号和LTE-U信号的组的成员,而所述另一信号是包括2.4G Wi-Fi信号和LTE-L信号的组的成员。

10. 如权利要求5所述的无线设备,其特征在于,进一步包括,耦合在所述至少一个增益晶体管的控制端子与第一端子之间的第三可变电容器,其中所述第三可变电容器用于至少部分地基于第三调谐信号来选择所述放大器的谐振频率。

11. 如权利要求1所述的无线设备,其特征在于,所述至少一个增益晶体管用于接收所述输入信号而无需串联输入电感器。

12. 一种操作包括数个收发机链的无线设备的方法,每个收发机链包括放大器,所述方法包括:

在所述放大器的输入端子处接收输入信号;

使用至少一个增益晶体管来放大所述输入信号;

通过所述至少一个增益晶体管和退化电感器来生成从所述放大器的输出端子流到地的电流;以及

通过一起串联耦合在所述输入端子与地之间的分流电感器和第一电容器来将所述输入信号分流到地,其中所述退化电感器和所述分流电感器形成变压器。

13. 如权利要求12所述的方法,其特征在于,进一步包括:

使用所述变压器为所述输入信号提供阻抗匹配。

14. 如权利要求12所述的方法,其特征在于,进一步包括:

使用由所述分流电感器和所述第一电容器形成的第一滤波器来衰减所述输入信号在第一频率范围内的频率;以及

通过使用第一调谐信号调谐所述第一电容器来选择所述第一频率范围。

15. 如权利要求14所述的方法,其特征在于,进一步包括:

使用通过第二电容器与所述退化电感器并联耦合形成的第二滤波器来衰减所述输入信号在第二频率范围内的频率;以及

通过使用第二调谐信号调谐所述第二电容器来选择所述第二频率范围。

16. 如权利要求15所述的方法,其特征在于,进一步包括:

至少部分地基于所述输入信号的频率来生成所述第一和第二调谐信号。

17. 如权利要求16所述的方法,其特征在于,进一步包括:

还至少部分地基于另一信号的频率来生成所述第一和第二调谐信号。

18. 如权利要求17所述的方法,其特征在于,所述输入信号与所述数个收发机链中的第一收发机链相关联,而所述另一信号与所述数个收发机链中的第二收发机链相关联。

19. 如权利要求17所述的方法,其特征在于,所述输入信号是包括5G Wi-Fi信号和LTE-U信号的组的成员,而所述另一信号是包括2.4G Wi-Fi信号和LTE-L信号的组的成员。

20. 如权利要求15所述的方法,其特征在于,进一步包括:

使用耦合在所述至少一个增益晶体管的控制端子与第一端子之间的第三电容器来选择所述放大器的谐振频率。

21. 一种存储指令的非瞬态计算机可读介质,所述指令在由包括放大器的无线设备的一个或多个处理器执行时使所述无线设备执行操作,所述操作包括:

在所述放大器的输入端子处接收输入信号;

使用至少一个增益晶体管来放大所述输入信号;

通过所述至少一个增益晶体管和退化电感器来生成从所述放大器的输出端子流到地的电流;以及

通过一起串联耦合在所述输入端子与地之间的分流电感器和第一电容器来将所述输入信号分流到地,其中所述退化电感器和所述分流电感器形成变压器。

22. 如权利要求21所述的非瞬态计算机可读介质,其特征在于,执行所述指令使所述无线设备执行进一步包括以下的操作:

使用所述变压器为所述输入信号提供阻抗匹配。

23. 如权利要求21所述的非瞬态计算机可读介质,其特征在于,执行所述指令使所述无线设备执行进一步包括以下的操作:

使用由所述分流电感器和所述第一电容器形成的第一滤波器来衰减所述输入信号在第一频率范围内的频率;以及

通过使用第一调谐信号调谐所述第一电容器来选择所述第一频率范围。

24. 如权利要求23所述的非瞬态计算机可读介质,其特征在于,执行所述指令使所述无线设备执行进一步包括以下的操作:

使用通过第二电容器与所述退化电感器并联耦合形成的第二滤波器来衰减所述输入

信号在第二频率范围内的频率；以及

通过使用第二调谐信号调谐所述第二电容器来选择所述第二频率范围。

25. 如权利要求24所述的非瞬态计算机可读介质，其特征在于，执行所述指令使所述无线设备执行进一步包括以下的操作：

至少部分地基于所述输入信号的频率和另一信号的频率来生成所述第一和第二调谐信号。

26. 如权利要求25所述的非瞬态计算机可读介质，其特征在于，所述输入信号是包括5G Wi-Fi信号和LTE-U信号的组的成员，而所述另一信号是包括2.4GWi-Fi信号和LTE-L信号的组的成员。

27. 一种放大器，包括：

用于在所述放大器的输入端子处接收输入信号的装置；

用于放大所述输入信号的装置；

用于生成从所述放大器的输出端子流到地的电流的装置；

用于将所述输入信号分流到地的装置；以及

用于为所述输入信号提供阻抗匹配的装置，其中用于分流的装置和用于提供阻抗匹配的装置共享耦合在所述输入端子与地之间的分流电感器，并且所述用于提供阻抗匹配的装置包括退化电感器。

28. 如权利要求27所述的放大器，其特征在于，所述用于分流的装置用于衰减所述输入信号在第一频率范围内的频率。

29. 如权利要求28所述的放大器，其特征在于，进一步包括：

用于衰减所述输入信号在第二频率范围内的频率的装置。

30. 如权利要求29所述的放大器，其特征在于，用于衰减的装置和所述用于提供阻抗匹配的装置共享所述退化电感器。

具有片上匹配和内建的可调谐滤波器的射频低噪声放大器

技术领域

[0001] 各示例实施例一般涉及无线通信,尤其涉及用于无线通信的放大器。

相关技术背景

[0003] 通信设备可以通过通信介质传送和接收通信数据。在一个示例中,该通信介质可以是无线通信介质,其中通信数据由通信设备根据无线通信协议来传送和接收。示例无线通信协议可以包括IEEE 802.11协议(例如,Wi-Fi)、根据蓝牙特殊兴趣小组的蓝牙协议、以及长期演进(LTE)。Wi-Fi通信可以在以2.4GHz为中心的频带(例如,2.4G Wi-Fi通信)中或以5GHz为中心的频带(例如,5G Wi-Fi通信)中操作。LTE是由第三代伙伴项目(3GPP)颁布的通用移动电信系统(UMTS)移动标准的增强集。LTE通信可以在有执照频谱的各部分(例如,约700MHz-2.6GHz之间;可被称为LTE-L)中操作并且可以在无执照频谱的各部分(例如,约5GHz;可被称为LTE-U)中操作。

[0004] 在另一示例中,该通信介质可以是有线通信介质,其中通信数据根据基于有线的通信协议来传送和接收。基于有线的示例通信协议可以包括以太网®协议和/或由HomePlug 2.0规范所描述的电力线通信协议。在又一示例中,通信介质可以是有线和无线通信介质的混合组合。

[0005] 通信设备内的模拟信号可以在各种处理操作期间经受放大。例如,在从另一通信设备接收通信信号或者向另一通信设备传送通信信号时模拟信号可以被放大。在一些情形中,当模拟信号被放大时,不想要的信号可能被引入(例如,添加)到经放大的信号。作为一个示例,当第一信号被放大时,作为该第一信号的不想要的谐波的第二信号也可被放大。该第二信号可耦合到通信设备的灵敏的接收和/或发射电路中并且干扰通信数据的传送和/或接收。

[0006] 作为另一示例,当通信设备被配置成用于多频带并发操作(例如,使用5G Wi-Fi/LTE-U信号并使用2.4G Wi-Fi/LTE-L信号与其他设备并发地通信)时,一个频带中的信号的传送和/或接收可能干扰另一频带中的信号的接收。更具体而言,可能不期望地将2.4G Wi-Fi/LTE-L信号耦合到用于5G Wi-Fi/LTE-U信号的接收电路中,这使通信设备的性能降级。

[0007] 由此,需要改进模拟信号的放大同时抑制不想要的信号的放大,并藉此改进通信设备的性能。

概述

[0009] 提供本概述以便以简化形式介绍以下将在详细描述中进一步描述的概念选集。本概述并非旨在标识出要求保护的主题内容的关键特征或必要特征,亦非旨在限定要求保护的主题内容的范围。

[0010] 一种无线设备包括数个收发机链,每个收发机链包括至少一个放大器。该放大器包括:至少一个增益晶体管,其包括第一端子,并且包括用于接收输入信号的控制端子;退化电感器,其耦合在该至少一个增益晶体管的第一端子与地之间;以及串联耦合在该至少一个增益晶体管的控制端子与地之间的分流电感器和第一电容器,其中该退化电感器和该分流电感器形成为该放大器提供阻抗匹配的变压器。该分流电感器和该第一电容器形成第

一滤波器以衰减输入信号在第一频率范围内的频率，其中该第一频率范围能够由第一调谐信号选择。

[0011] 该放大器还可以包括与退化电感器并联耦合的第二电容器，其中该第二电容器和该退化电感器形成第二滤波器以衰减该输入信号在第二频率范围内的频率。该第二频率范围能够由第二调谐信号选择。该放大器还可以包括耦合在该至少一个增益晶体管的控制端子与第一端子之间的第三电容器，其中该第三电容器用于至少部分地基于第三调谐信号来选择该放大器的谐振频率。

[0012] 该无线设备可以包括用于生成调谐信号的控制电路。这些调谐信号的生成可以基于输入信号的频率和/或另一信号的频率。对于一些实现，该输入信号与该数个收发机链中的第一个收发机链相关联，而该另一信号与该数个收发机链中的第二个收发机链相关联。此外，对于一些实现，该输入信号是包括5G Wi-Fi信号和LTE-U信号的组的成员，而该另一信号是包括2.4G Wi-Fi信号和LTE-L信号的组的成员。

[0013] 附图简述

[0014] 示例实施例是作为示例来解说的，且不旨在受附图中各图的限制。相似的附图标记贯穿附图和说明书指代相似的元素。

[0015] 图1是描绘根据一些实施例的无线设备与无线通信系统通信的示图。

[0016] 图2是描绘根据一些实施例的示例无线设备的框图。

[0017] 图3是描绘图2的示例无线设备可能感兴趣的信号的三个示例频带的频带图。

[0018] 图4A是根据一些实施例的放大器的电路图。

[0019] 图4B示出了根据一些实施例的图4A的放大器的变压器的示例布局。

[0020] 图4C是根据其他实施例的放大器的电路图。

[0021] 图5示出了图4A的放大器的示例频率响应。

[0022] 图6是根据其他实施例的放大器的电路图。

[0023] 图7示出了图6的放大器的示例频率响应。

[0024] 图8A是根据还有其他的实施例的放大器的电路图。

[0025] 图8B是描绘图8A的放大器的等效输入电路的小信号电路图。

[0026] 图8C是可被用于生成用于示例实施例的放大器中的一者或多者的调谐信号的控制电路的框图。

[0027] 图9示出了描绘用于操作示例实施例的一个或多个放大器的示例操作的流程图。

[0028] 图10是根据示例实施例的无线设备的框图。

[0029] 详细描述

[0030] 在以下描述中，阐述了众多具体细节（诸如具体组件、电路、和过程的示例），以提供对本公开的透彻理解。如本文所使用的，术语“耦合”意指直接耦合至、或通过一个或多个居间组件或电路来耦合。另外，在以下描述中并且出于解释目的，阐述了具体的命名和/或细节以提供对示例实施例的透彻理解。然而，对于本领域技术人员将明显的是，可以不需要这些具体细节就能实践示例实施例。在其他实例中，以框图形式示出公知的电路和设备以避免混淆本公开。本文所描述的在各种总线上提供的任何信号可以与其他信号进行时间复用并且在一条或多条共用总线上提供。另外，各电路元件或软件块之间的互连可被示为总线或单信号线。每条总线可替换地为单信号线，而每条单信号线可替换地为总线，并且单线

或总线可表示用于各组件之间的通信的大量物理或逻辑机制中的任一个或多个。这些示例实施例不应被解释为限于本文描述的具体示例，而是在其范围内包括由所附权利要求所限定的所有实施例。

[0031] 图1是描绘根据一些实施例的无线设备110与无线通信系统120通信的示图100。无线通信系统120可以是LTE系统、码分多址(CDMA)系统、全球移动通信(GSM)系统、无线局域网(WLAN)系统(例如，Wi-Fi系统)、或任何其他合适的无线系统。CDMA系统可实现宽带CDMA(WCDMA)、CDMA 1X、演进数据最优化(EVDO)、时分同步CDMA(TD-SCDMA)、或其他某个版本的CDMA。为了简明起见，图1示出了无线通信系统120包括两个基站130和132以及一个系统控制器140。一般而言，无线系统可包括任何数目的基站以及任何网络实体集合。

[0032] 无线设备110也可被称为用户装备(UE)、移动站、终端、接入终端、订户单元、站等。无线设备110可以是蜂窝电话、智能电话、平板设备、无线调制解调器、个人数字助理(PDA)、手持式设备、膝上型计算机、智能本、上网本、无绳电话、无线本地环路(WLL)站、蓝牙设备等。无线设备110可与无线通信系统120通信。无线设备110还可以接收来自广播站(例如，广播站134)的信号、来自一个或多个全球导航卫星系统(GNSS)中的卫星(例如，卫星150)的信号等。无线设备110可支持用于无线通信的一种或多种无线电技术，诸如LTE、WCDMA、CDMA 1X、EVDO、TD-SCDMA、GSM、802.11等。

[0033] 图2是描绘根据一些实施例的示例无线设备110的框图。对于图2的示例，无线设备110被示为包括耦合到主天线210的主收发机220、耦合到副天线212的副收发机222、以及数据处理器/控制器280。主收发机220包括数个(K个)接收机230pa到230pk和数个(K个)发射机250pa到250pk以支持多个频带、多种无线电技术、载波聚集、发射分集、和/或多输入多输出(MIMO)通信。副收发机222包括数个(L个)接收机230sa到230s1和数个(L个)发射机250sa到250s1以支持多个频带、多种无线电技术、载波聚集、接收分集、和/或MIMO通信。

[0034] 对于图2的示例，每个接收机230(例如，230pa-230pk和230sa-230s1)至少包括低噪声放大器(LNA)240(例如，240pa-240pk和240sa-240s1)以及接收电路242(例如，242pa-242pk和242sa-242s1)。对于数据接收，主天线210接收来自基站和/或其他发射机站的信号并且提供收到射频(RF)信号，该收到RF信号被路由通过主天线接口电路224并作为输入RF信号呈现给所选接收机。主天线接口电路224可以包括开关、双工器、发射滤波器、接收滤波器、匹配电路、以及其他合适的组件或电路等。以下描述假定接收机230pa是所选接收机。在接收机230pa内，LNA 240pa放大输入RF信号并提供输出RF信号。接收电路242pa可以将输出RF信号从RF下变频到基带，对经下变频的信号进行放大和滤波，并且将模拟输入信号提供给数据处理器/控制器280。接收电路242pa可以包括混频器、滤波器、放大器、振荡器、本地振荡器(LO)生成器、锁相环(PLL)、以及其他合适的组件或电路。收发机220和222中的其余接收机230pa到230pk和230sa到230s1可以按与接收机230pa类似的方式来操作。

[0035] 对于图2的示例，每个发射机250(例如，250pa-250pk和250sa-250s1)至少包括发射电路252(例如，252pa-252pk和252sa-252s1)以及功率放大器(PA)254(例如，254pa-254pk和254sa-254s1)。对于数据传送，数据处理器/控制器280处理(例如，编码和调制)要传送的数据，并且将模拟输出信号提供给所选发射机。以下描述假定发射机250pa是所选发射机。在发射机250pa内，发射电路252pa可对模拟输出信号进行放大、滤波并将其从基带上变频到RF，并且提供经调制的RF信号。发射电路252pa可以包括放大器、滤波器、混频器、匹

配电路、振荡器、LO生成器、PLL、以及其他合适的组件或电路。PA 254pa接收并放大经调制RF信号，并且提供具有恰当输出功率电平的发射RF信号。发射RF信号被路由通过天线接口电路224并经由主天线210来发射。收发机220和222中的每个其余发射机250可以按与发射机250pa类似的方式来操作。按类似的方式，副天线接口电路226可以在副天线212与副LNA模块240s和/或副功率放大器模块254s之间路由RF信号。

[0036] 每个接收机230和发射机250还可以包括图2中未示出的其他电路，诸如滤波器、匹配电路、和/或其他合适的组件或电路。收发机220和222的全部或部分可被实现在一个或多个模拟集成电路 (IC)、RF IC (RFIC)、混合信号IC、以及其他合适的IC上。例如，收发机220和222内的LNA 240和接收电路242可被实现在多个IC芯片上。收发机220和222中的这些电路也可以按其他方式来实现。

[0037] 数据处理器/控制器280可为无线设备110执行各种功能。例如，数据处理器/控制器280可对经由接收机230接收到的数据以及经由发射机250传送的数据执行处理。数据处理器/控制器280可以控制收发机220和222内的各种电路的操作。存储器282可存储供数据处理器/控制器280使用的程序代码和数据。数据处理器/控制器280可被实现在一个或多个专用集成电路 (ASIC) 和/或其他IC上。

[0038] 图3是描绘无线设备110可能感兴趣的三个示例频带312、314和316的频带图300。在图3中被描绘为范围从约5.1GHz到5.9GHz的频带312(其也可被称为无执照国家信息基础设施 (U-NII) 无线电频带)可以包括从无线设备110传送和/或由该无线设备110接收的LTE-U蜂窝信号，并且可以包括从该无线设备110传送和/或由该无线设备110接收的5G Wi-Fi信号(例如，如在IEEE 802.11ac标准中所定义的)。例如，5G Wi-Fi频带的信道36具有约5.18GHz的中心频率，而5G Wi-Fi频带的信道165具有约5.825GHz的中心频率。

[0039] 在图3中被描绘为范围从约700MHz到2.6GHz的频带314可以包括从无线设备110传送和/或由该无线设备110接收的LTE-L蜂窝信号、和/或从基站130传送的蜂窝信号，并且可以包括从该无线设备110传送和/或由该无线设备110接收的2.4G Wi-Fi信号(例如，如在IEEE 802.11n标准中所定义的)。例如，2.4G Wi-Fi频带的信道1具有约2.412GHz的中心频率，而2.4G Wi-Fi频带的信道11具有约2.462GHz的中心频率；LTE-L频带的LTE频带2的范围从1.85GHz到1.91GHz并且具有范围从约5.55GHz到5.73GHz的三次谐波，而LTE-L频带的信道41具有约2.5GHz的中心频率并且具有范围从约4.9GHz到5.3GHz的二次谐波。所有这些信号可能对LTE-U和/或5G Wi-Fi接收机频带SNR强加降级。

[0040] 对于示例实施例，无线设备110可以支持双频带无线通信(例如，无线设备110可以在频带312和频带314两者中传送/接收信号)。例如，还参照图2，主收发机220的收发机链中的一者或者可被配置成传送/接收5G Wi-Fi信号和/或LTE-U信号，而副收发机222的收发机链中的一者或者可被配置成传送/接收2.4G Wi-Fi信号和/或LTE-L信号。由此，对于该示例，可能期望主收发机220的接收机230pa-230pk衰减具有频带314中的频率的信号以使得从副收发机222传送和/或由该副收发机222接收的LTE-L和/或2.4G Wi-Fi信号不干扰主收发机220对LTE-U和/或5G Wi-Fi信号的接收。

[0041] 在图3中被描绘为范围从约10GHz到12GHz的频带316(例如，对于该示例，覆盖期望频带312的二次或更高次谐波)可以包含如3GPP技术规范所定义的不想要的阻塞镜像。具有在频带316内的频率的信号也可以通过接收电路242来接收和下变频，而接收电路242可能

在这些信号的谐波处展现增益。由此,可能还期望主收发机220和/或副收发机220衰减具有二次或更高次谐波频带316中的频率的信号。

[0042] 图4A是描绘根据一些实施例的示例LNA 400的电路图。可以作为图2的LNA 240pa-240pk中的一者或多者和/或LNA 240sa-240s1中的一者或多者的一个实施例的LNA 400可被用来放大输入信号(IN)以生成差分输出信号OUT(例如,在图4A中被标示为OUT+和OUT-)。对于其他实施例,LNA 400可以基于输入信号IN生成单端输出信号。

[0043] LNA 400被示为包括输入节点N1、增益晶体管404、偏置电阻器406、共源共栅晶体管408、变压器410、陷波滤波器420、以及输出电路440。输入信号IN可以经由接收机230pa-230pk之一从主天线210接收,或者可以经由接收机230sa-230s1之一从副天线212接收。输入信号IN可被增益晶体管404(和共源共栅晶体管408)放大以生成输出电流(I_{OUT} (I_{out})),其进而可被输出电路440转换成差分输出信号OUT+/OUT-。

[0044] 变压器410可以由退化电感器412和分流电感器414形成。陷波滤波器420可以由分流电感器414和可变电容器422形成。如以下更详细地描述的,变压器410可以为LNA 400提供阻抗匹配,并且陷波滤波器420可以衰减输入信号IN落在第一频率范围内的频率。此外,如以下更详细地描述的,变压器410和陷波滤波器420可以共享分流电感器414,这不仅可以减小电路面积,而且还可以改进性能(例如,与使用不与陷波滤波器420共享电感器的变压器提供阻抗匹配的LNA相比)。

[0045] 增益晶体管404、共源共栅晶体管408、以及退化电感器412被串联耦合在输出电路440和地电势之间。更具体地,共源共栅晶体管408包括耦合到输出电路440的漏极、用于接收共源共栅偏置电压的栅极、以及耦合到增益晶体管404的漏极的源极。共源共栅偏置电压可被用来设置和/或调节共源共栅晶体管408的增益。

[0046] 增益晶体管404包括用于经由输入节点N1接收输入信号IN的栅极、以及在节点N3处耦合到退化电感器412的第一端子的源极。退化电感器412的第二端子被耦合到地。输入节点N1还可以经由电阻器406耦合到偏置电压(V_{BIAS} ($V_{偏置}$))电压 V_{BIAS} 可以提供直流(DC)偏置,其使增益晶体管404按最大增益或信号摆幅的期望DC电平来操作。该偏置电压 V_{BIAS} 还可以通过电阻器407提供给节点N2,如图4A中所描绘的。对于其他实施例,偏置电压 V_{BIAS} 可以不被提供给节点N2。

[0047] 对于一些实施例,增益晶体管404和/或共源共栅晶体管408可以是N型金属氧化物半导体(NMOS)晶体管,如图4A中所描绘的。对于其他实施例,增益晶体管404和/或共源共栅晶体管408可以是任何合适类型的晶体管,包括(但不限于)PMOS晶体管、CMOS晶体管、场效应晶体管(FET)、以及双极晶体管。

[0048] 输出电路440被耦合在供电电压(VDD)与共源共栅晶体管408的漏极之间,并且可以基于通过共源共栅晶体管408和增益晶体管404从VDD流到地的输出电流 I_{OUT} 来生成差分输出信号OUT。输出电路440被示为包括耦合到可以具有任何合适的电压电平的抽头电压(V_{tap} ($V_{抽头}$))的中心抽头。输出电路440的操作在本领域是公知的,并且由此不在本文中详细地描述。尽管输出电路440在图4A中被描绘为平衡非平衡转换器(例如,将与输出电流 I_{OUT} 相对应的单端输出信号转换成差分输出信号OUT+/OUT-),但是对于其他实施例,输出电路440可被配置为变压器(例如,为LNA 400提供单端输出信号)。对于其他实施例,可以使用任何合适的输出电路或负载。

[0049] 分流电感器414和可变电容器422被耦合在输入节点N1与地电势之间，并且可被用来(例如，通过在输入节点N1与地之间提供交流(AC)路径)将输入信号IN分流到地。如以上所提及的，分流电感器414和可变电容器422(其在节点N2处彼此耦合)形成陷波滤波器420，并且陷波滤波器频率由电感器414的总有效电感(L_{eff} ($L_{有效}$))和可变电容器422的总电容(C_{422})使用以下公式来确定：

$$[0050] F_{\text{陷波}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{eff} \cdot C_{422}}}.$$

[0051] 总有效电感(L_{eff})是包括电感器414的固有电感和电感器414与电感器412之间的互感的有效电感。

[0052] 所形成的陷波滤波器420可被用来衰减输入信号IN落在第一频率范围内的频率。可变电容器422可以包括用于接收第一调谐信号(TS1)的控制端子。第一调谐信号TS1可被用来将可变电容器422的电容设置和/或调节到期望水平，这进而可以设置和/或调节陷波滤波器420的第一频率范围。对于其他实施例，可变电容器422可以是固定的电容器(例如，具有固定或预定的电容)。

[0053] 还参照图2-3，输入信号IN可以是具有在频带312内的频率的5G Wi-Fi信号或LTE-U信号，并且由此可能期望LNA 400衰减具有在LTE-L频带314中的频率的信号。相应地，对于至少一些实施例，第一调谐信号TS1可被用来将陷波滤波器420配置成衰减输入信号IN落在频带312内的频率(例如，使得与陷波滤波器420相关联的第一频率范围对应于该频带312)。按这种方式，陷波滤波器420可以对不期望在输入节点N1处接收到(或以其他方式耦合到输入节点N1)的LTE-L信号和/或2.4G Wi-Fi信号进行滤波或衰减。

[0054] 如以上所提及的，变压器410由退化电感器412和分流电感器414形成，并且可以为LNA 400提供阻抗匹配。因为无线设备110可被配置成用于双频带操作，所以期望变压器410提供宽频率范围上的输入阻抗匹配。退化电感器412和分流电感器414彼此电磁耦合(在图4A中被标示为电磁耦合416)以形成变压器410。变压器410的互感 $M_{1,2}$ 可至少部分地基于分隔退化电感器412和分流电感器414的距离。

[0055] 如以上所提及的，例如，与通过将退化电感器与串联输入电感器电磁耦合所形成的阻抗匹配变压器相比，将退化电感器412和分流电感器414电磁耦合在一起以形成变压器410可以减小电路面积。另外，因为串联输入电感器(例如，耦合在LNA的输入端子与该LNA的增益晶体管的栅极之间的电感器)通常具有相对较低的Q因子，所以该LNA结果所得的噪声因子可能相对较高。与之形成对比的是，分流电感器414可以具有相对较高的Q因子，其进而可以允许变压器410提供宽频率范围上的输入阻抗匹配，同时允许LNA 400展现相对较低的噪声因子。

[0056] 此外，在变压器410和陷波滤波器420之间共享分流电感器414可以允许LNA 400包括阻抗匹配变压器(例如，变压器410)和低侧陷波滤波器(例如，陷波滤波器420)两者。更具体地，假使LNA 400要包括串联耦合在输入节点N1与增益晶体管404的栅极之间的串联输入电感器(例如，在常规LNA架构中可能是常见的)，则串联输入电感器与分流电感器414之间的互感可能使陷波滤波器420衰减具有在图3的频带314中的频率的信号的能力降级。

[0057] 图4B是根据一些实施例的可以作为LNA 400的变压器410的一个实施例的示例变压器450的示图。变压器450可以包括第一电感器线圈452(或线圈的至少一部分)和第二电

感器线圈454(或线圈的至少一部分)。第一电感器线圈452可以形成图4A的退化电感器412，并且第二电感器线圈454可以形成图4A的分流电感器414。第一电感器线圈452和第二电感器线圈454可被交织，如图4B中所描绘的。第一电感器线圈452与第二电感器线圈454之间的互感、以及由此变压器450的谐振频率可至少部分地基于第一电感器线圈452与第二电感器线圈454之间的间隔(例如，距离)。

[0058] 图4C是描绘根据其他实施例的示例LNA 401的电路图。可以作为图2的LNA 240pa-240pk中的一者或者和/或LNA 240sa-240s1中的一者或者的一个实施例的LNA 401类似于图4A的示例LNA 400，区别在于陷波滤波器420被耦合在输入节点N1与VDD之间。更具体地，分流电感器414和可变电容器422被耦合在VDD与地电势之间，并且可以提供从输入节点N1到VDD的路径。另外，可以在节点N2处为图4C的示例LNA 401提供发射输出信号(OUT_{TX})。

[0059] 图5示出了图4A的LNA 400的示例频率响应500。Y轴以分贝(dB)表示LNA 400的增益，而X轴以GHz表示输入信号(IN)的频率。如以上所提及的，第一调谐信号TS1可被用来调谐可变电容器422的电容，例如以调节由陷波滤波器420进行滤波或衰减的频率范围(例如，第一频率范围)。对于图5中的示例频率响应500，可变电容器422的电容被调谐成使得陷波滤波器420衰减输入信号IN落在LTE-L频带314内的频率(例如，如由频率响应500的圈出部分510所标示的)。衰减输入信号IN在LTE-L频带314内的频率可以改进无线设备110的信噪比以在LTE-L并发性期间接收5G Wi-Fi信号和LTE-U信号。

[0060] 图6是描绘根据其他实施例的LNA 600的电路图。LNA 600包括图4A的LNA 400的所有组件，加上与退化电感器412并联耦合的附加可变电容器612。可变电容器612和退化电感器412可以一起形成第二滤波器613(例如，储能电路)，其衰减输入信号IN落在第二频率范围内的频率(例如，其可能不同于与陷波滤波器420相关联的第一频率范围)。可变电容器612可以包括用于接收第二调谐信号(TS2)的控制端子。第二调谐信号TS2可被用来将可变电容器612的电容设置和/或调节到期望水平，这进而可以设置和/或调节与第二滤波器613相关联的第二频率范围。

[0061] 还参照图3，对于至少一些实施例，第二滤波器613可被配置成衰减输入信号IN的相对较高的频率(例如，与在二次谐波频带316内的频率相对应)，并且陷波滤波器420可被配置成衰减输入信号IN的相对较低的频率(例如，与LTE-L频带314内的频率相对应)。对于其他实施例，可变电容器612可以是固定的电容器(例如，具有固定或预定的电容)。

[0062] 尽管在图6的示例中未示出，但是对于其他实施例，LNA 600可以包括串联耦合在输入节点N1与增益晶体管404的栅极之间例如以为输入信号IN提供DC滤波的输入电容器。

[0063] 图7示出了图6的LNA 600的示例频率响应700。Y轴以分贝(dB)表示LNA 600的增益，而X轴以GHz表示输入信号(IN)的频率。如以上所提及的，第一调谐信号TS1可被用来调谐可变电容器422的电容，例如以调节由陷波滤波器420进行滤波或衰减的频率范围(例如，第一频率范围)，并且第二调谐信号TS2可被用来调谐可变电容器612的电容，例如以调节由第二滤波器613进行滤波或衰减的频率范围(例如，第二频率范围)。对于图7中所示的示例频率响应700，可变电容器422的电容被调谐成使得陷波滤波器420衰减输入信号IN落在LTE-L频带314内的频率(例如，如由频率响应700的圈出部分510所标示的)，并且可变电容器612的电容被调谐成使得第二滤波器613衰减输入信号IN中落在二次或更高次谐波频带316内的频率(例如，如由频率响应700的圈出部分710所标示的)。

[0064] 图8A是根据还有的其他实施例的LNA 800的电路图。LNA 800包括图6的LNA 600的所有组件,加上耦合在增益晶体管404的栅极与源极之间的附加可变电容器812。可变电容器812可被用来调节增益晶体管404固有的栅极-源极电容。更具体地,可变电容器812可以包括用于接收第三调谐信号(TS3)的控制端子,该第三调谐信号TS3将可变电容器812的电容调节到期望水平,这进而可以设置和/或调节LNA 800的谐振频率。对于其他实施例,可变电容器812可以是固定的电容器(例如,具有固定或预定的电容)。

[0065] 图8B是描绘LNA 800的等效输入电路801的小信号电路图。小信号输入电路801被示为包括串联耦合在退化电感器412与分流电感器414之间的电容器812、天线阻抗(Rs)、以及增益晶体管404的跨导(gm)(例如,其生成为V_{N4}-V_{N3}的gm值)。因为图8A的LNA 800的谐振频率可以至少部分地基于电容器812的电容值,所以图8A的LNA 800的谐振频率可以通过(例如,使用第三调谐信号TS3)改变电容器812的电容来调节。如以上关于图3所描述的,5G Wi-Fi/LTE-U频带312的范围可以从约5.15GHz到5.925GHz。由此,当无线设备110被配置成传送和接收5G Wi-Fi和/或LTE-U信号时,期望为具有可以覆盖约800MHz的频率的输入信号提供阻抗匹配。相应地,小信号输入电路801的谐振频率可被调节以改进输入信号(IN)在频带312内的各个信道之中的阻抗匹配。

[0066] 图8C是可被用来生成以上关于图8A的LNA 800所描述的调谐信号TS1-TS3的控制电路830的框图。对于一些实施例,控制电路830可被实现在图2的数据处理器/控制器280内(或者其功能由图2的数据处理器/控制器280执行)。对于其他实施例,控制电路830可被实现为单独的电路或设备。控制电路830被示为包括WLAN控制器832、LTE控制器834、频率确定电路836、以及信号发生器838。可被用来控制无线设备110的Wi-Fi通信的WLAN控制器832可以生成指示由无线设备110用于Wi-Fi信号的操作信道(例如,载波频率)的第一控制信号C1。可被用来控制无线设备110的LTE通信的LTE控制器834可以生成指示由无线设备110用于LTE信号的操作信道(例如,载波频率)的第二控制信号C2。对于至少一个实施例,WLAN控制器832可被略去。对于至少另一实施例,LTE控制器834可被略去。

[0067] 频率确定电路836可被用来至少部分地基于由无线设备110用于Wi-Fi通信和/或LTE通信的操作信道(例如,如由控制信号C1-C2所指示的)来确定陷波滤波器420、第二滤波器613、和/或LCL电路801的期望频率响应。

[0068] 例如,基于控制信号C1-C2,频率确定模块836可以确定无线设备110正使用LTE-L频带2中的蜂窝信号并且还使用5G Wi-Fi信号与其他设备通信。因为LTE-L频带2具有约1.8GHz的中心频率,所以频率确定电路836可以将与接收5G Wi-Fi信号相关联的LNA的陷波滤波器420的谐振频率设为约1.8GHz,例如以衰减由这些LNA接收(或以其他方式耦合到这些LNA)的任何LTE-L信号分量。频率确定电路836还可以设置第二滤波器613的谐振频率以衰减5G Wi-Fi信号的不想要的谐波(例如,在二次谐波频带316中)。更具体地,频率确定电路836可以将第二滤波器613的谐振频率设为等于用来将收到5G Wi-Fi信号下变频的本地振荡器(LO)信号的频率的约两倍或三倍的频率。频率确定电路836还可以设置LCL电路801的谐振频率以匹配收到5G Wi-Fi信号的频率。

[0069] 信号发生器838可以基于由频率确定电路836提供的频率确定来生成调谐信号TS1-TS3。对于一些实施例,信号发生器838可以包括基于要从一个或多个对应接收机接收的信号的频率和/或要被衰减的信号的频率来存储可变电容器422、612和812的电容值的查

找表(或其他合适的存储器)。对于一些实现,可变电容器422、612和812中的每一者可以包括多个子电容器,每个子电容器由开关门控,并且调谐信号TS1-TS3可以控制这些开关以调节相应的可变电容器422、612和812的电容值。对于其他实现,其他合适的结构可被用来形成可变电容器422、612和/或812。

[0070] 对于其他实施例,信号发生器838可被略去,并且频率确定电路836可分别针对可变电容器422、可变电容器612和可变电容器812生成调谐信号TS1-TS3。

[0071] 图9示出了描绘根据示例实施例的用于操作一个或多个LNA的示例操作900的流程图。对于示例操作900,示例实施例可以执行其中描述的操作连同附加操作、较少操作、以不同的次序执行操作、并行地执行操作、和/或不同地执行一些操作。此外,箭头的源操作可以指示该箭头的目标操作是该源操作的子集。替换地,箭头可以指示在源操作之后执行目标操作或者目标操作基于或者响应于源操作。根据随流程图提供的描述,本领域普通技术人员将理解各操作之间的这些和其他关系。

[0072] 示例操作900可以由无线设备110(例如,如以上关于图1、2、3、4A-4B、5-7和8A-8C所描述的)执行。出于本文中的讨论目的,以下关于图8A的LNA 800描述了示例操作900。然而,示例操作900可被执行以操作图4A的LNA 400和/或图6的LNA 600。首先,无线设备110在LNA 800的输入端子处接收输入信号(902)。如上所述,输入信号IN可以从图2的主天线210或副天线212接收,并且LNA 800可以是LNA 240pa-240pk的一个实施例或LNA 240sa-240s1的一个实施例。例如,参照图8A,增益晶体管404可以在其栅极处接收输入信号。

[0073] 使用该LNA 800的至少一个增益晶体管404来放大该输入信号IN(904)。该LNA 800生成从放大器的输出端子通过该至少一个增益晶体管404和退化电感器412来流到地的电流(I_{OUT})(906)。该电流(I_{OUT})可以表示响应于输入信号IN而生成的单端输出信号。该电流(I_{OUT})可以通过输出电路440转换成差分输出信号OUT+/OUT-。

[0074] 该LNA 800可以通过一起串联地耦合在该输入端子与地之间的分流电感器414和第一电容器422来将该输入信号IN分流到地,其中该退化电感器412和该分流电感器414形成变压器410(908)。更具体地,该退化电感器412和该分流电感器414可以经由电磁感应被耦合在一起以形成变压器410。该变压器410可被用来为该输入信号提供阻抗匹配(910)。

[0075] 该LNA 800可以使用由该分流电感器414和该第一电容器422形成的第一滤波器来衰减输入信号IN在第一频率范围内的频率(912)。对于示例实施例,该第一滤波器可以是陷波滤波器420。该LNA 800可以(例如,使用第一调谐信号TS1)调谐该第一电容器422来选择该第一频率范围(912A)。对于在接收5G Wi-Fi/LTE-U频带312中的信号的接收机内提供LNA 800的示例实现,该第一电容器422可被调谐成具有使第一频率范围与LTE-L频带314对准的电容,例如以使得陷波滤波器420对LTE-L信号和/或2.4G Wi-Fi信号进行滤波或衰减。

[0076] 该LNA 800可以使用通过第二电容器612与该退化电感器412并联耦合形成的第二滤波器613来衰减该输入信号IN在第二频率范围内的频率(914)。该LNA 800可以(例如,使用第二调谐信号TS2)调谐该第二电容器612来选择该第二频率范围(914A)。对于在接收5G Wi-Fi/LTE-U频带312中的信号的接收机内提供LNA 800的示例实现,该第二电容器612可被调谐成具有使第二频率范围与二次谐波频带316对准的电容,例如以使得第二滤波器613对5G Wi-Fi信号和/或LTE-U信号的二次谐波进行滤波或衰减。

[0077] 该LNA 800还可以通过调谐耦合在该至少一个增益晶体管404的栅极与源极之间

的第三电容器812来选择谐振频率(916)。更具体地,退化电感器412、分流电感器414和第三电容器812可以形成LCL电路801。该LCL电路801的谐振频率可以使用第三调谐信号TS3来调节以进行输入阻抗匹配。

[0078] 图10示出了可以作为图1的无线设备110的一个实施例的无线设备1000。无线设备1000可以包括PHY设备1010(其至少包括数个收发机1011),可以包括MAC 1020(其至少包括数个争用引擎1021),可以包括处理器1030,可以包括存储器1040,并且可以包括数个天线1050(1)-1050(n)。收发机1011可以直接或通过天线选择电路(出于简化而未在图10中示出)耦合到天线1050(1)-1050(n)。收发机1011可被用于向其他无线设备传送信号和从其他无线设备接收信号。尽管出于简化而未在图10中示出,但是收发机1011中的每一者可以包括任何数目的发射链以处理信号并经由天线1050(1)-1050(n)向其他无线设备传送信号,并且可以包括任何数目的接收链以处理从天线1050(1)-1050(n)接收到的信号。由此,对于示例实施例,无线设备1000可被配置成用于MIMO操作。

[0079] 本文中出于讨论目的,MAC 1020在图10中被示为耦合在PHY设备1010与处理器1030之间。对于实际实施例,PHY设备1010、MAC 1020、处理器1030、和/或存储器1040可使用一条或多条总线(出于简化而未示出)来连接在一起。

[0080] 争用引擎1021可争用对一个或多个共享无线介质的接入,并且还可存储分组以供在该一个或多个共享无线介质上传输。无线设备1000可以包括用于多个不同接入类别中的每一个的一个或多个争用引擎1021。对于其他实施例,争用引擎1021可与MAC 1020分开。对于还有的其他实施例,争用引擎1021可被实现为一个或多个软件模块(例如,存储在存储器1040中或者存储在MAC 1020内所提供的存储器中),其包含在由处理器1030执行时执行争用引擎1021的功能的指令。

[0081] 存储器1040可以包括基于要从一个或多个对应接收机接收的信号的频率和/或要被衰减的信号的频率来存储可变电容器422、612和812的电容值的电容值表1042。

[0082] 存储器1040还可包括非瞬态计算机可读介质(例如,一个或多个非易失性存储器元件,诸如EPROM、EEPROM、闪存、硬盘驱动器、等等),其可至少存储以下软件(SW)模块:

[0083] • 放大器控制软件模块1044,其用于控制在收发机211内提供的一个或多个LNA的各种操作(例如,如针对图9的操作902、904、906、908、910所描述的);以及

[0084] • 滤波器控制软件模块1046,其用于选择信号中要被滤波或衰减的一个或多个频率范围和/或选择提供输入信号阻抗匹配的谐振频率(例如,如针对图9的操作912、914和916所描述的)。

[0085] 每个软件模块包括指令,这些指令在由处理器1030执行时使无线设备1000执行相应功能。存储器1040的非瞬态计算机可读介质由此包括用于执行在图9中描绘的操作的全部或一部分的指令。

[0086] 处理器1030(其在图10的示例中被示为耦合到PHY设备1010、MAC 1020和存储器1040)可以是能够执行存储在无线设备1000中(例如,存储器1040内)的一个或多个软件程序的脚本或指令的任何合适的一个或多个处理器。例如,处理器1030可以执行放大器控制软件模块1044以控制在收发机211内提供的一个或多个LNA的各种操作,并且可以执行滤波器控制软件模块1046来选择信号中要被滤波或衰减的一个或多个频率范围和/或选择提供输入阻抗匹配的谐振频率。

[0087] 本领域技术人员将领会,信息和信号可使用各种不同技术和技艺中的任何一种来表示。例如,贯穿上面说明始终可能被述及的数据、指令、命令、信息、信号、比特、码元和码片可由电压、电流、电磁波、磁场或磁粒子、光场或光粒子、或其任何组合来表示。

[0088] 此外,本领域技术人员将领会,结合本文中所公开的方面描述的各种解说性逻辑块、模块、电路、和算法步骤可被实现为电子硬件、计算机软件、或两者的组合。为清楚地解说硬件与软件的这一可互换性,各种解说性组件、块、模块、电路、以及步骤在上面是以其功能性的形式作一般化描述的。此类功能性是被实现为硬件还是软件取决于具体应用和施加于整体系统的设计约束。技术人员可针对每种特定应用以不同方式来实现所描述的功能性,但此类实现决策不应被解读为致使脱离本公开的范围。

[0089] 结合本文所公开的方面描述的方法、序列或算法可直接在硬件中、在由处理器执行的软件模块中、或在这两者的组合中体现。软件模块可驻留在RAM存储器、闪存、ROM存储器、EPROM存储器、EEPROM存储器、寄存器、硬盘、可移动盘、CD-ROM、或本领域内已知的任何其他形式的存储介质中。示例存储介质被耦合到处理器,以使得处理器能从/向该存储介质读取/写入信息。在替换方案中,存储介质可以被整合到处理器。

[0090] 在前述说明书中,示例实施例已参照其具体示例实施例进行了描述。然而将明显的是,可对其作出各种修改和改变而不会脱离如所附权利要求中所阐述的本公开更宽泛的范围。相应地,本说明书和附图应被认为是解说性而非限定性的。

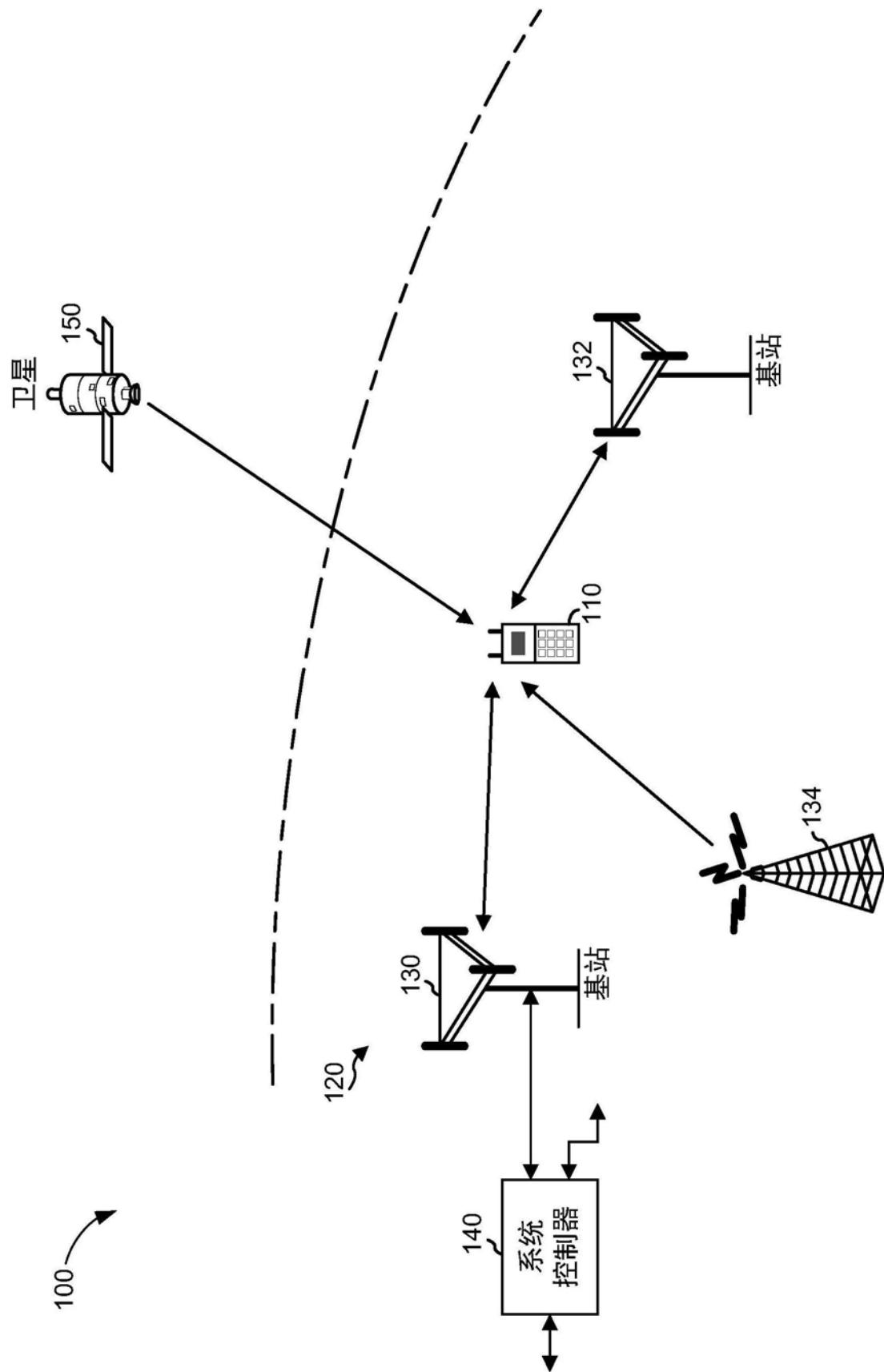


图1

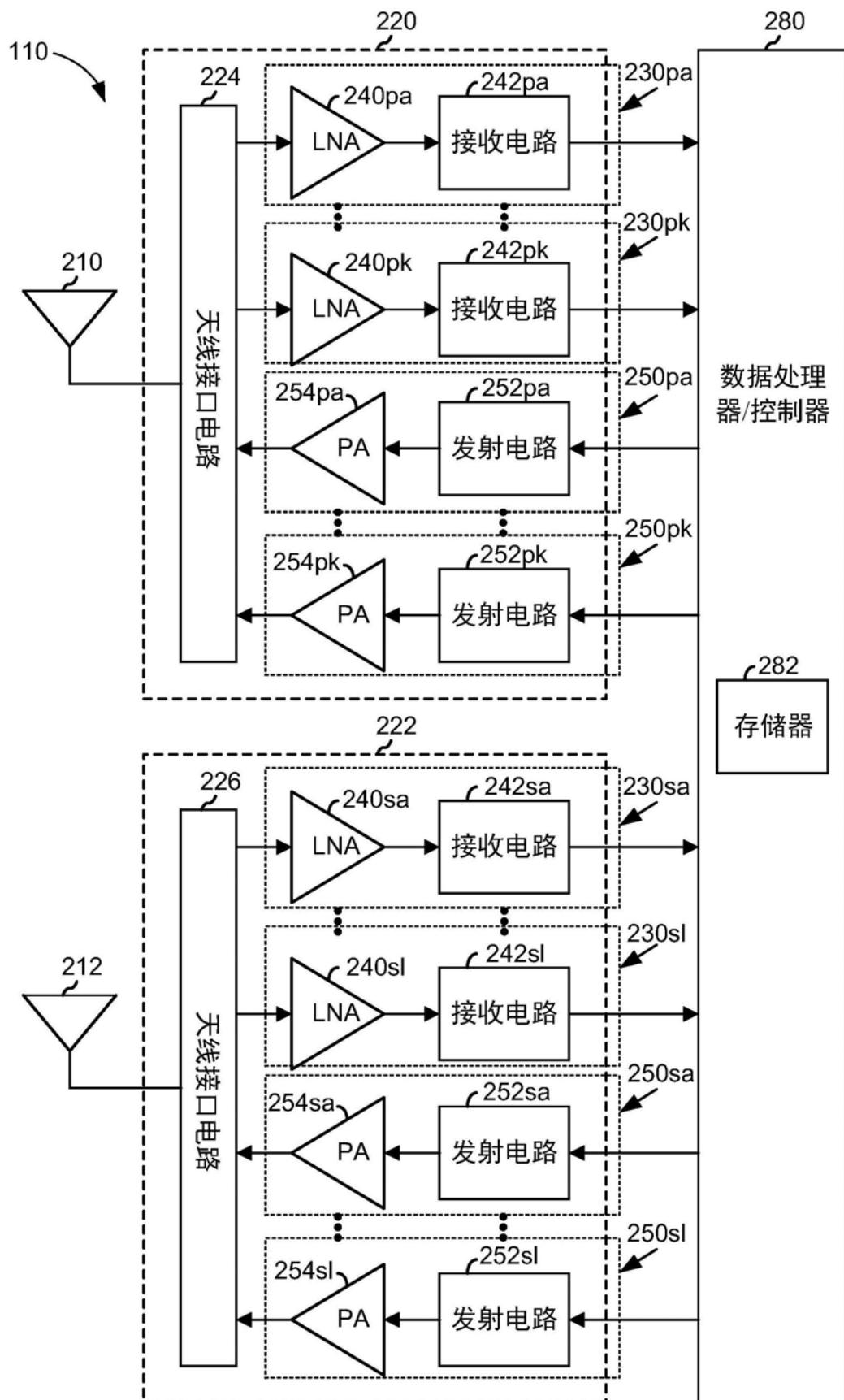


图2

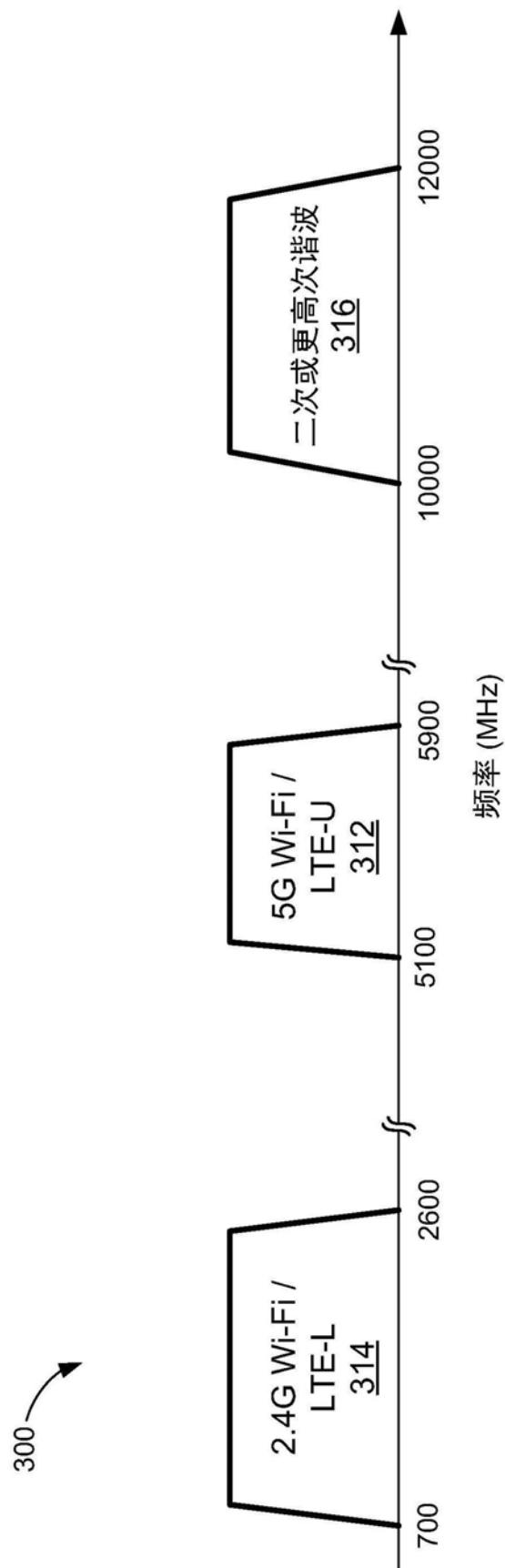


图3

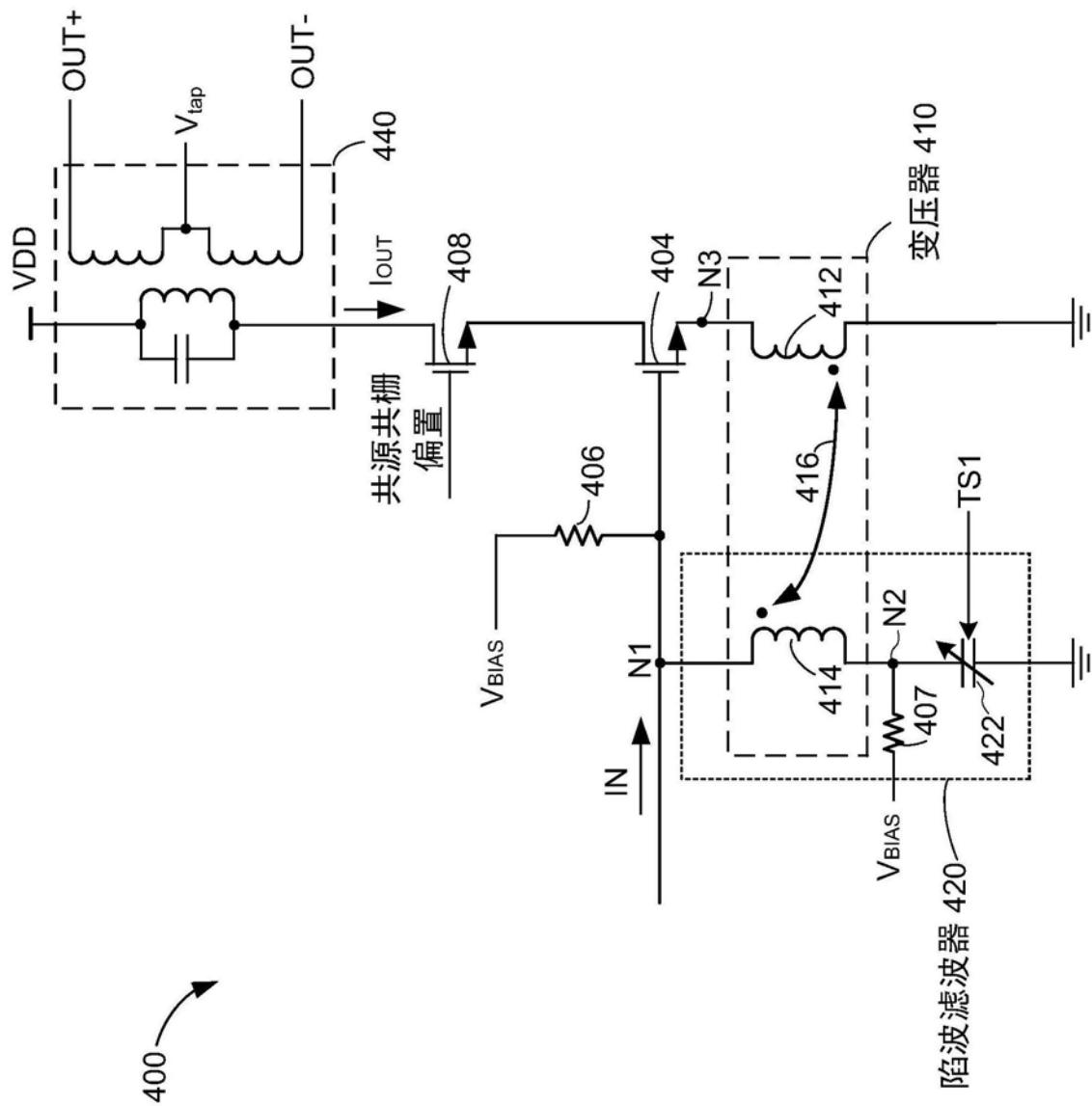


图4A

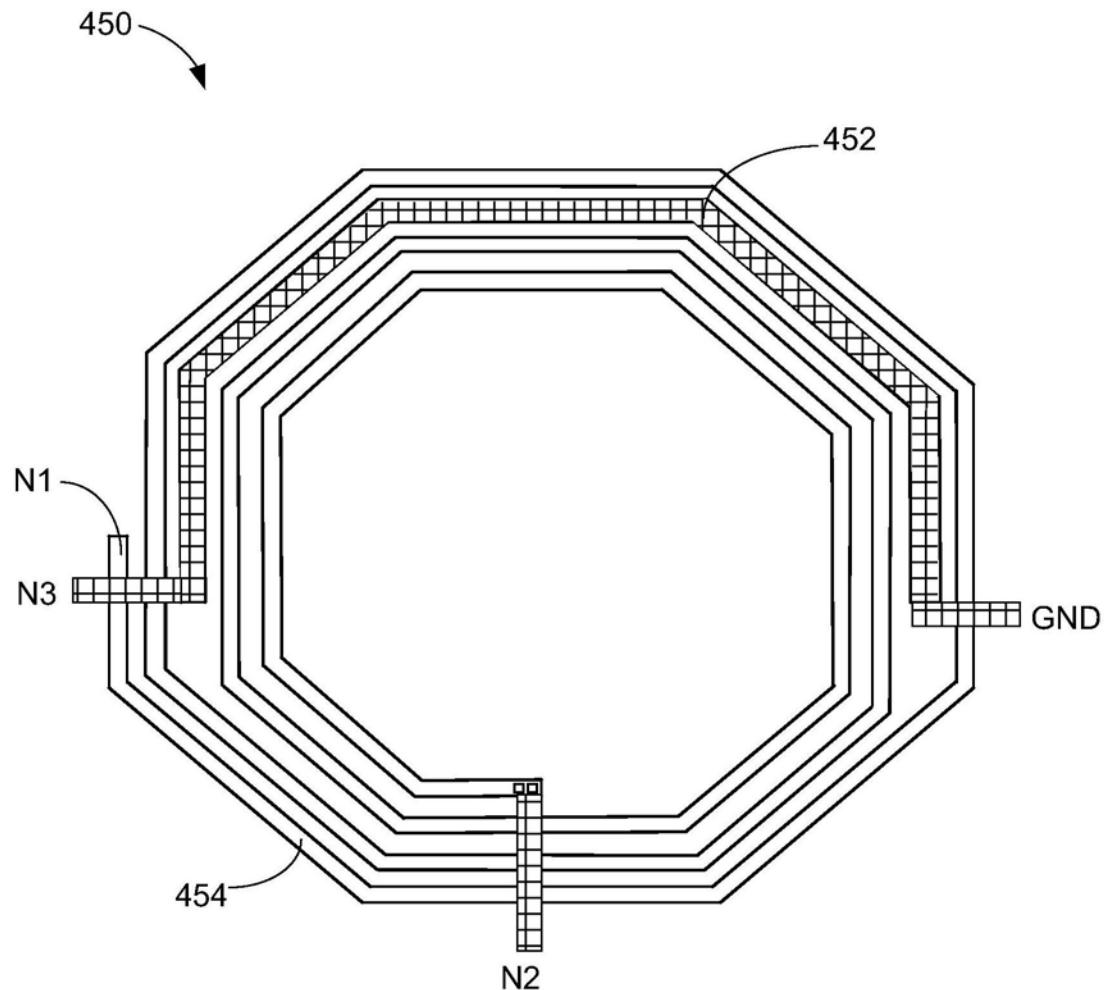


图4B

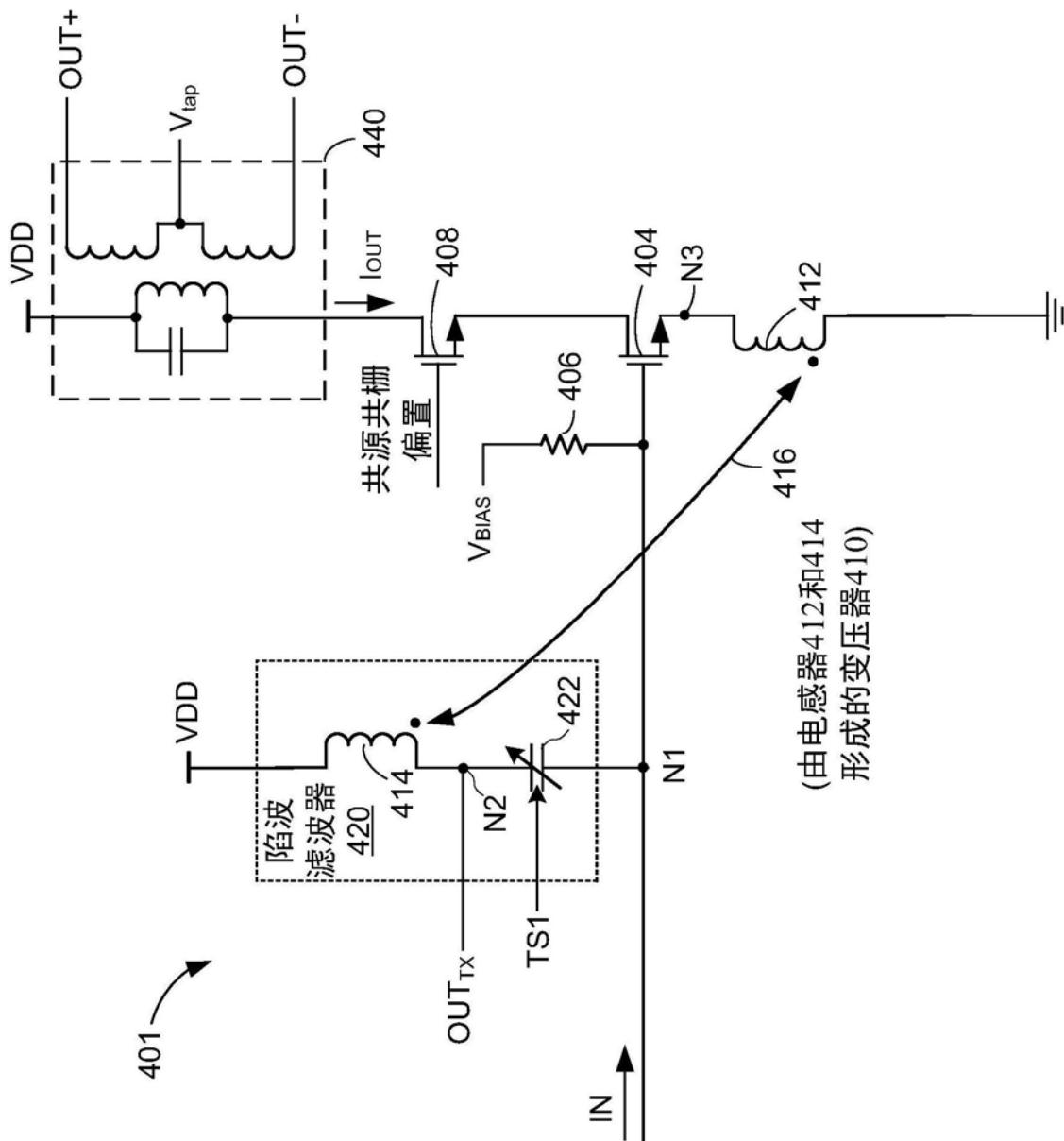
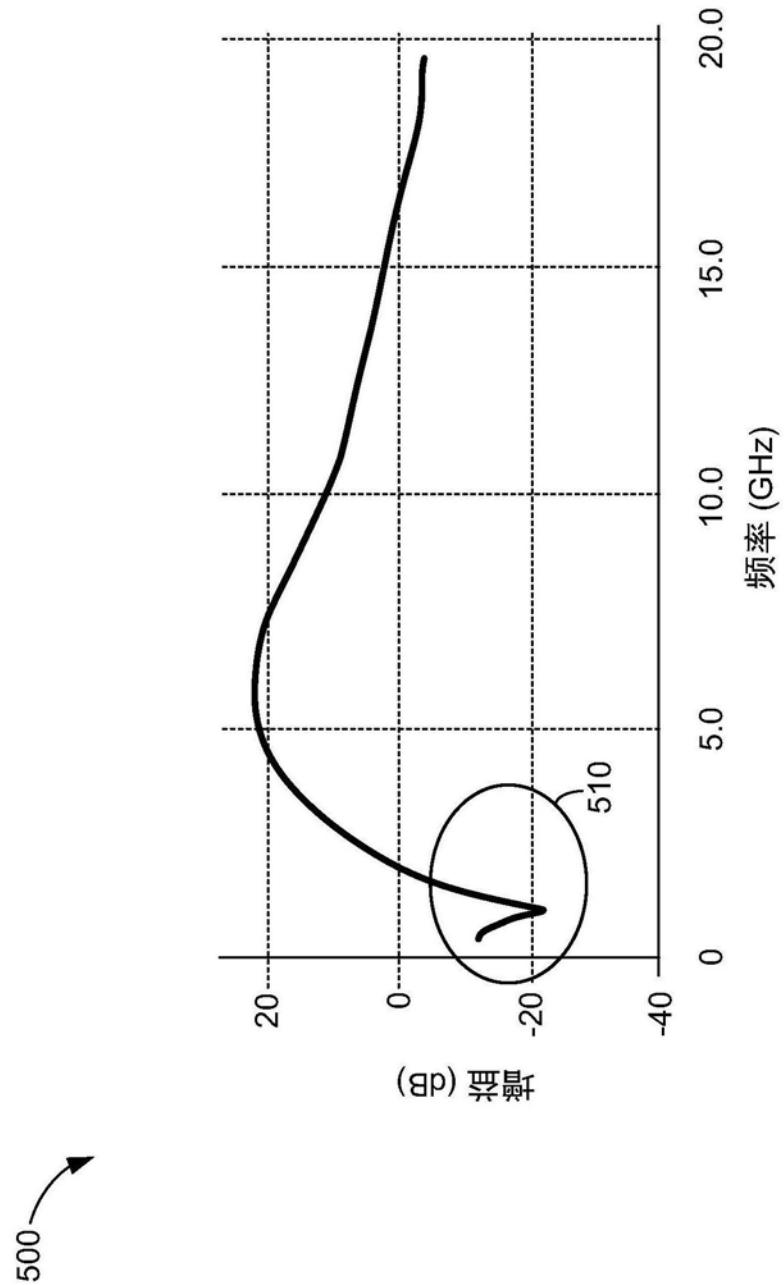


图4C



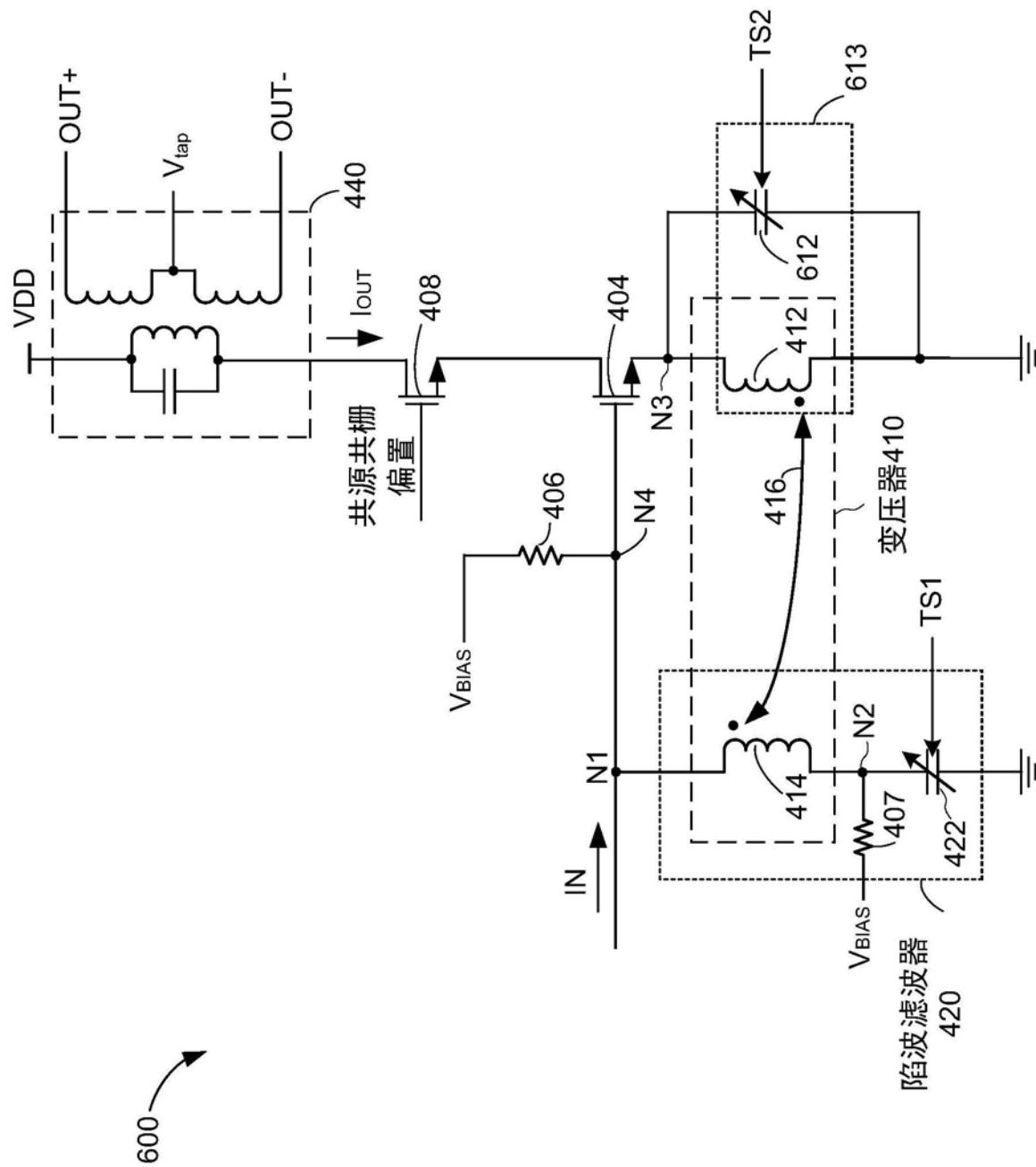


图6

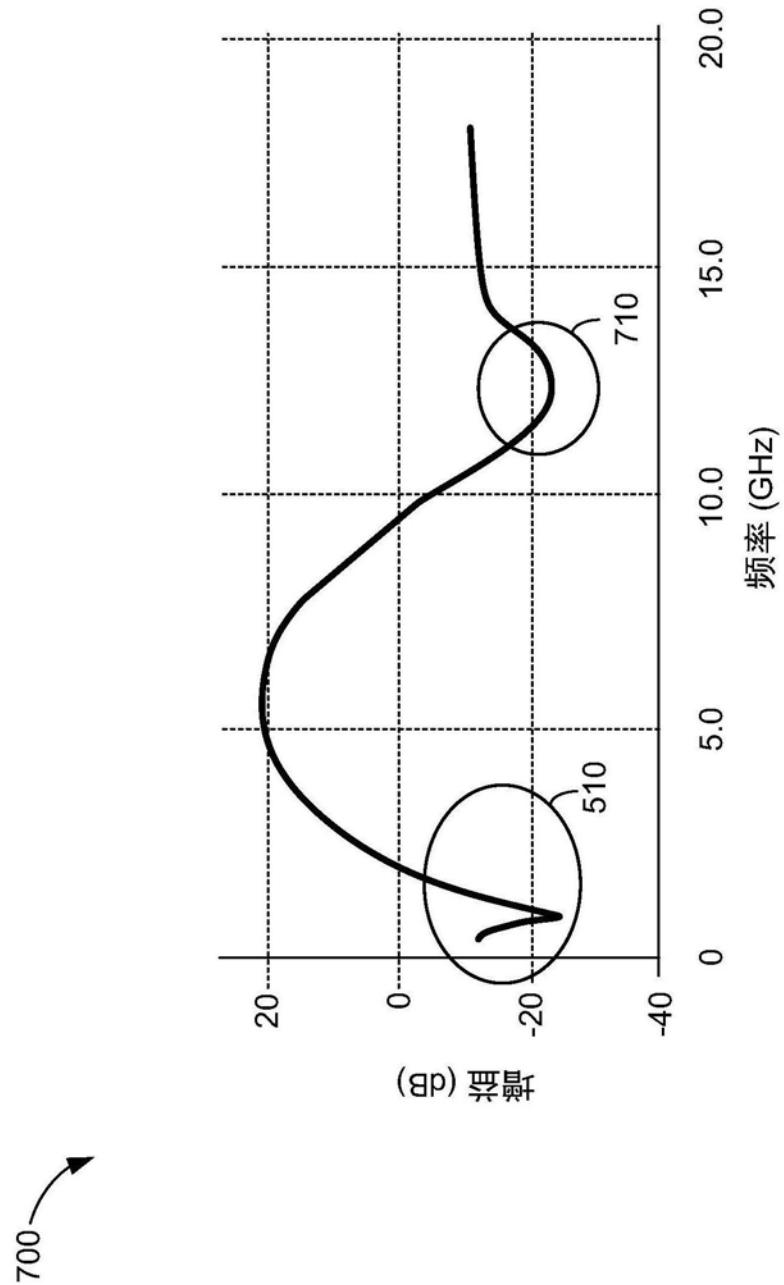


图7

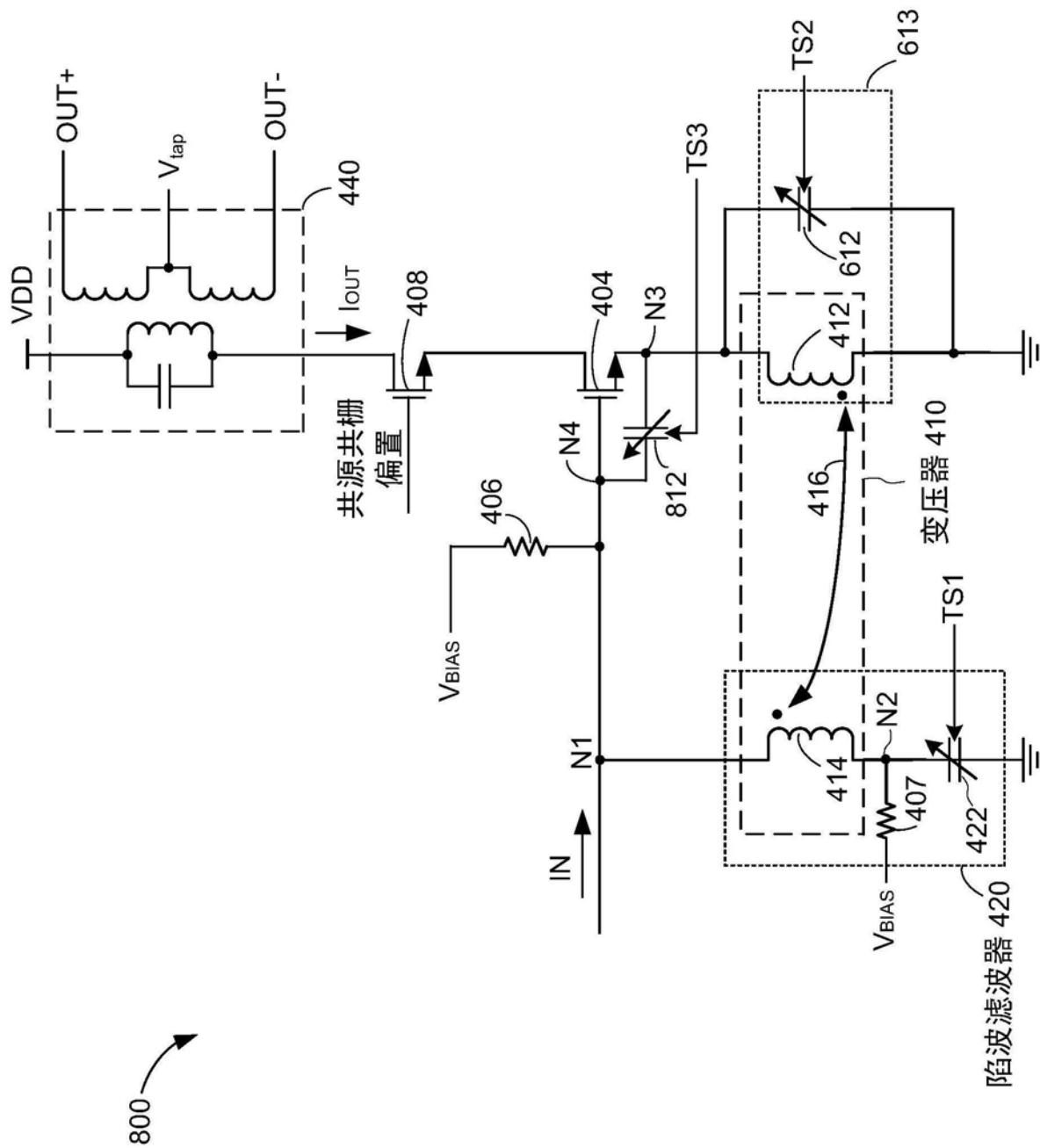


图8A

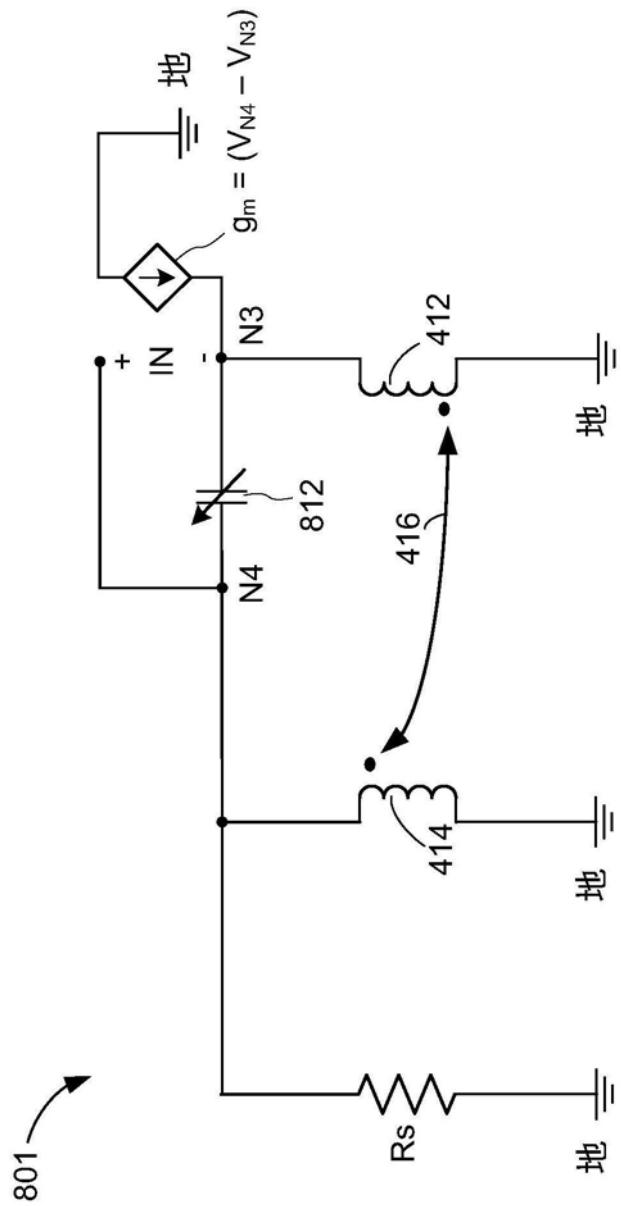


图8B

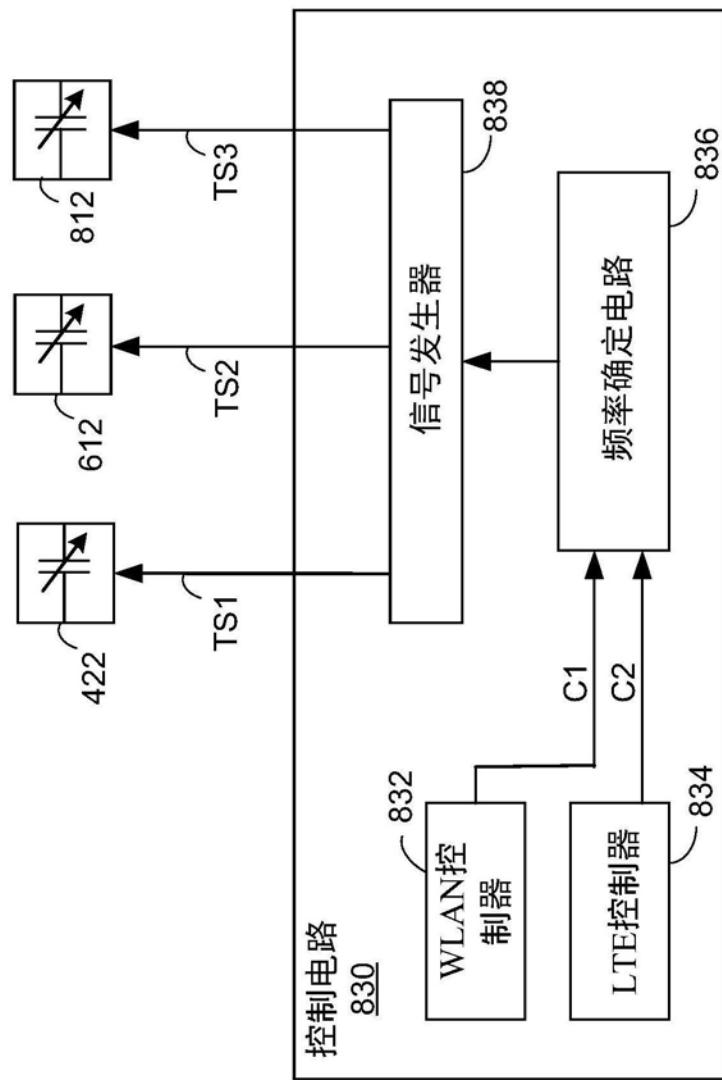


图8C

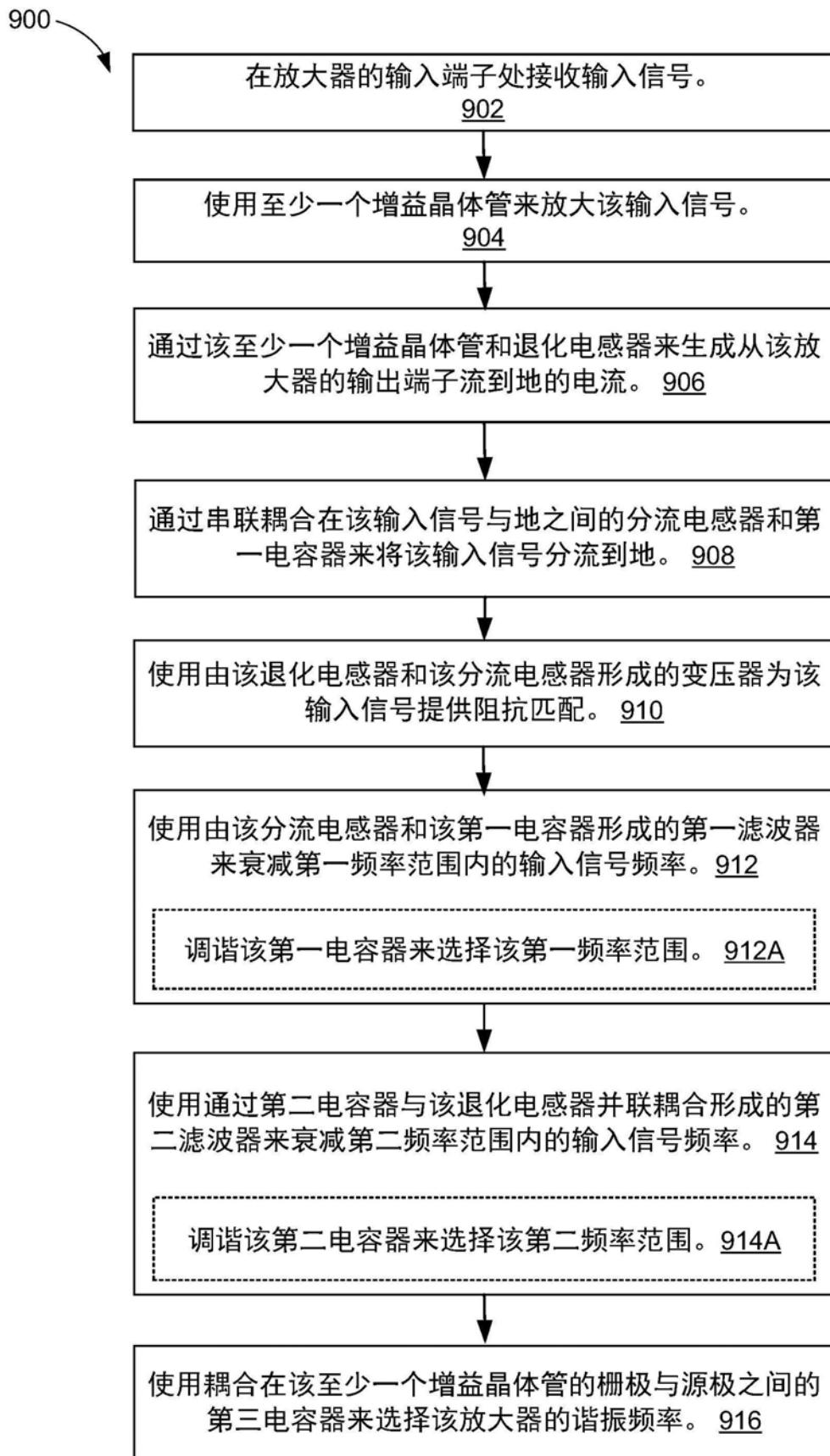


图9

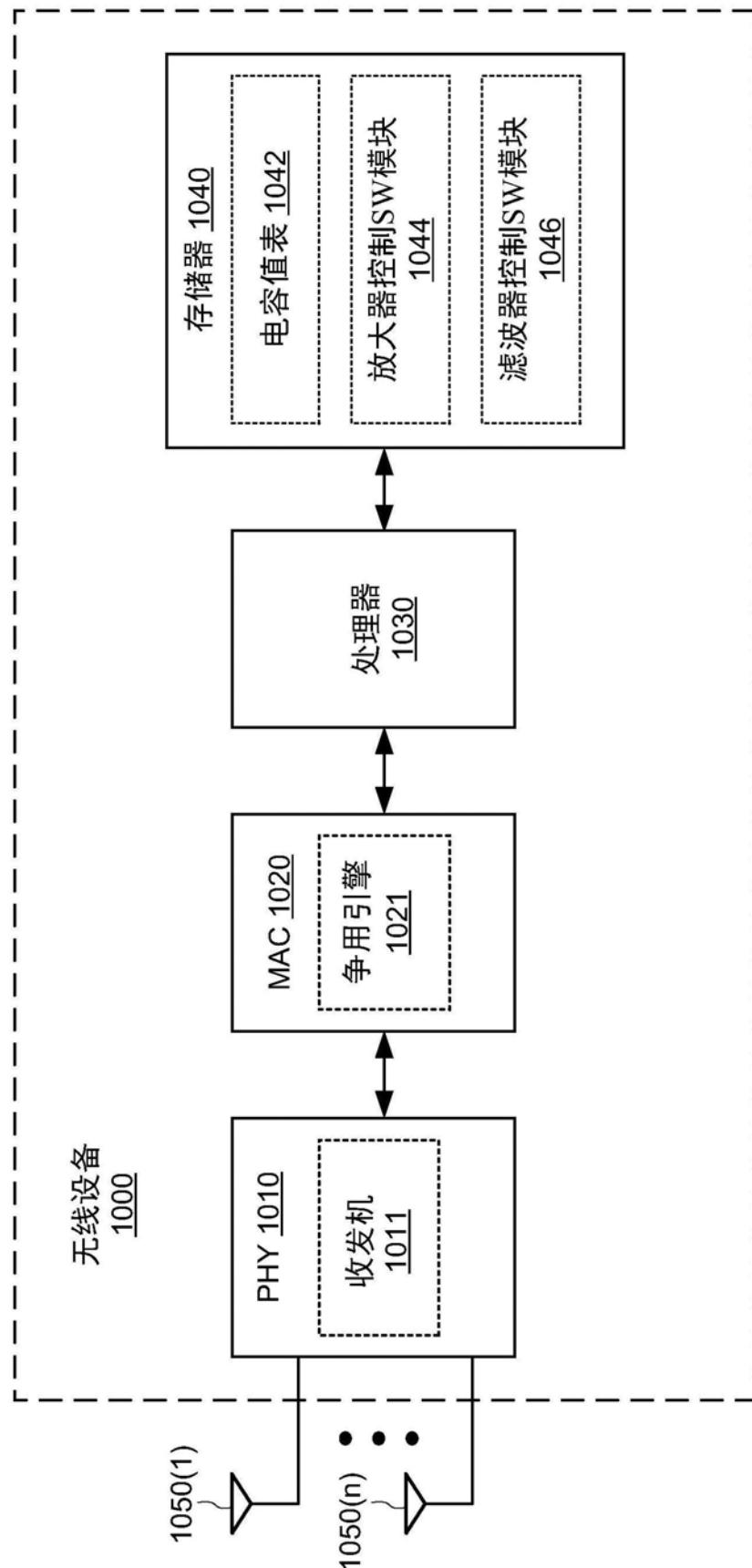


图10