



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105024651 A

(43) 申请公布日 2015. 11. 04

(21) 申请号 201410178942. 9

(22) 申请日 2014. 04. 29

(71) 申请人 瑞昱半导体股份有限公司

地址 中国台湾新竹市

(72) 发明人 王柏之 杨雅雯

(74) 专利代理机构 隆天国际知识产权代理有限公司 72003

代理人 李昕巍 赵根喜

(51) Int. Cl.

H03F 1/02(2006. 01)

H03F 3/20(2006. 01)

H03F 3/189(2006. 01)

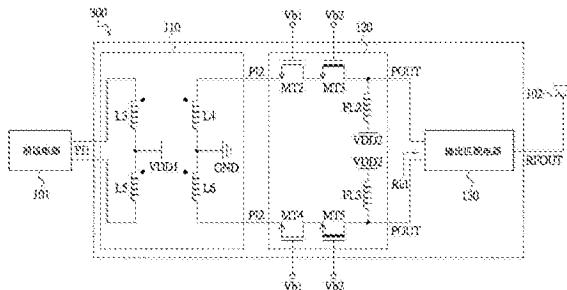
权利要求书5页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

射频功率放大器与提高功率附加效率及线性度的方法

(57) 摘要

本发明提供一种射频功率放大器。射频功率放大器包括阻抗转换电路、电流单位增益放大器与输出匹配电路。阻抗转换电路接收第一输入功率信号且对应地输出第二输入功率信号，其中阻抗转换电路根据阻抗匹配参数来将电流单位增益放大器的输入阻抗转换为前级电路的输出阻抗，藉此以提升前级电路的功率附加效率。电流单位增益放大器提供线性转阻以线性传送输入电流至输出阻抗进而产生线性输出功率，藉此亦提升此电流单位增益放大器的功率附加效益，其中阻抗匹配参数根据第一系统电压、第二系统电压与预定功率增益值来决定。



1. 一种射频功率放大器, 电性连接一前级电路以接收一第一输入功率信号, 该射频功率放大器包括 :

一阻抗转换电路, 电性连接该前级电路, 该阻抗转换电路接收该第一输入功率信号且对应地输出一第二输入功率信号, 其中该阻抗转换电路通过阻抗转换来进行功率匹配, 藉此以提升该射频功率放大器的一功率附加效率与一线性度 ;

一电流单位增益放大器, 电性连接该阻抗转换电路, 该电流单位增益放大器接收该第二输入功率信号且对应地输出一输出功率信号, 并且该电流单位增益放大器根据一阻抗参考值来决定一预定功率增益值, 其中通过该阻抗转换电路来使得该电流单位增益放大器的输入阻抗实质上等于该射频功率放大器的输入阻抗 ; 以及

一输出匹配电路, 电性连接该电流单位增益放大器, 该输出匹配电路具有该阻抗参考值并且用以将所接收的该输出功率信号进行功率匹配, 并且对应地输出一射频输出信号。

2. 如权利要求 1 所述的射频功率放大器, 其中该阻抗转换电路包括 :

一第一电感, 其一端电性连接该前级电路以接收该第一输入功率信号, 其另一端电性连接一第一系统电压, 该第一电感具有一第一电感值 ; 以及

一第二电感, 其一端电性连接该电流单位增益放大器并且输出该第二输入功率信号, 其另一端电性连接一接地电压, 该第二电感具有一第二电感值,

其中一阻抗匹配参数定义为该第一电感值与该第二电感值之间的比值, 并且当该阻抗匹配参数根据该第一系统电压、一第二系统电压与该预定功率增益值被决定时, 则通过该阻抗匹配参数来决定该第一电感值与该第二电感值之间的比值, 以调整该射频功率放大器的该功率附加效率与该线性度。

3. 如权利要求 2 所述的射频功率放大器, 其中该电流单位增益放大器包括 :

一第一晶体管, 其源极电性连接该第二电感的一端以接收该第二输入功率信号, 其栅极电性连接一参考偏压电压 ; 以及

一第一直流馈入电感, 其一端电性连接该第一晶体管的漏极与该输出匹配电路并且输出该输出功率信号, 其另一端电性连接该第二系统电压。

4. 如权利要求 1 所述的射频功率放大器, 其中该阻抗转换电路包括 :

一第三电感, 其一端电性连接该前级电路以接收该第一输入功率信号, 其另一端电性连接一第一系统电压, 该第三电感具有一第三电感值 ;

一第四电感, 其一端电性连接该电流单位增益放大器并且输出该第二输入功率信号, 其另一端电性连接一接地电压, 该第四电感具有一第四电感值, 其中该第三电感值与该第四电感值之间的比值定义为一第一上桥阻抗匹配参数 ;

一第五电感, 其一端电性连接该前级电路以接收该第一输入功率信号, 其另一端电性连接该第一系统电压, 该第五电感具有一第五电感值 ; 以及

一第六电感, 其一端电性连接该电流单位增益放大器以输出该第二输入功率信号, 其另一端电性连接该接地电压, 该第六电感具有一第六电感值, 其中该第五电感值与该第六电感值之间的比值定义为一第一下桥阻抗匹配参数,

其中该第三电感与该第四电感根据该第一上桥阻抗匹配参数来将输入阻抗转换为输出阻抗并且用以提升该射频功率放大器的该功率附加效率与线性度, 并且该第五电感与该第六电感根据该第一下桥阻抗匹配参数来将输入阻抗转换为输出阻抗并且用以提升该射

频功率放大器的该功率附加效率与该线性度，

其中该阻抗匹配参数包括该第一上桥阻抗匹配参数与该第一下桥阻抗匹配参数。

5. 如权利要求 4 所述的射频功率放大器，其中该电流单位增益放大器包括：

一第二晶体管，其源极电性连接该第四电感的一端以接收该第二输入功率信号，其栅极接收一第一偏压电压；

一第三晶体管，其源极电性连接该第二晶体管的漏极，其栅极接收一第二偏压电压；

一第二直流馈入电感，其一端电性连接该第三晶体管的漏极与该输出匹配电路并且输出该输出功率信号，其另一端电性连接一第二系统电压；

一第四晶体管，其源极电性连接该第六电感的另一端以接收该第二输入功率信号，其栅极接收该第一偏压电压；

一第五晶体管，其源极电性连接该第四晶体管的漏极，其栅极接收该第二偏压电压；以及

一第三直流馈入电感，其一端电性连接该第五晶体管的漏极与该输出匹配电路并且输出该输出功率信号，其另一端电性连接该第二系统电压，

其中该输出匹配电路具有一差动输入电阻，并且该第二晶体管与该第三晶体管根据该差动输入电阻的一半阻值来决定一第一上桥预定功率增益值，并且该第四晶体管与该第五晶体管根据该差动输入电阻的该半阻值来决定一第一下桥预定功率增益值，

其中该预定功率增益值包括该第一上桥预定功率增益值与该第一下桥预定功率增益值。

6. 如权利要求 5 所述的射频功率放大器，其中当该第一上桥阻抗匹配参数根据该第一系统电压、该第二系统电压与该第一上桥预定功率增益值被决定时，则通过该第一上桥阻抗匹配参数来决定该第一电感值与该第二电感值之间的比值，并且当该第一下桥阻抗匹配参数根据该第一系统电压、该第二系统电压与该第一下桥预定功率增益值被决定时，则通过该第一下桥阻抗匹配参数来决定该第五电感值与该第六电感值之间的比值。

7. 如权利要求 1 所述的射频功率放大器，其中该阻抗转换电路包括：

一第七电感，其一端电性连接该前级电路以接收该第一输入功率信号，其另一端电性连接一第一系统电压，该第七电感具有一第七电感值；

一第一电容，其一端电性连接该第七电感的一端；

一第八电感，其一端电性连接该第一电容的另一端并且输出该第二输入功率信号，其另一端电性连接一接地电压，该第八电感具有一第八电感值，其中该第七电感值与该第八电感值之间的比值定义为一第二上桥阻抗匹配参数；

一第九电感，其一端电性连接该前级电路以接收该第一输入功率信号，其另一端电性连接该第一系统电压，该第九电感具有一第九电感值；

一第二电容，其一端电性连接该第九电感的一端；以及

一第十电感，其一端电性连接该第二电容的另一端以输出该第二输入功率信号，其另一端电性连接该接地电压，该第十电感具有一第十电感值，其中该第九电感值与该第十电感值之间的比值定义为一第二下桥阻抗匹配参数，

其中该第七电感与该第八电感根据该第二上桥阻抗匹配参数来将输入阻抗转换为输出阻抗并且用以提升该射频功率放大器的该功率附加效率与该线性度，并且该第九电感与

该第十电感根据该第二下桥阻抗匹配参数来将输入阻抗转换为输出阻抗并且用以提升该射频功率放大器的该功率附加效率与该线性度，

其中该阻抗匹配参数包括该第二上桥阻抗匹配参数与该第二下桥阻抗匹配参数。

8. 一种提高功率附加效率与线性度的方法，用于一射频功率放大器，该射频功率放大器电性连接一前级电路以接收一第一输入功率信号，并且该射频功率放大器包括一阻抗转换电路、一电流单位增益放大器与一输出匹配电路，该阻抗转换电路电性连接该前级电路与一第一系统电压，该电流单位增益放大器电性连接该阻抗转换电路与一第二系统电压，该输出匹配电路电性连接该电流单位增益放大器，其中该提高功率附加效率与线性度的方法包括：

通过该阻抗转换电路接收该第一输入功率信号且对应地输出一第二输入功率信号，其中该阻抗转换电路通过阻抗转换来进行功率匹配，藉此以提升该射频功率放大器的一功率附加效率与一线性度；

通过该电流单位增益放大器接收该第二输入功率信号且对应地输出一输出功率信号，并且该电流单位增益放大器根据一阻抗参考值来决定一预定功率增益值，其中通过该阻抗转换电路来使得该电流单位增益放大器的输入阻抗实质上等于该射频功率放大器的输入阻抗；以及

通过该输出匹配电路用以将所接收的该输出功率信号进行功率匹配，并且对应地输出一射频输出信号，其中该输出匹配电路具有该阻抗参考值。

9. 如权利要求 8 所述的提高功率附加效率与线性度的方法，其中该阻抗转换电路包括：

一第一电感，其一端电性连接该前级电路以接收该第一输入功率信号，其另一端电性连接一第一系统电压，该第一电感具有一第一电感值；以及

一第二电感，其一端电性连接该电流单位增益放大器并且输出该第二输入功率信号，其另一端电性连接一接地电压，该第二电感具有一第二电感值，

其中一阻抗匹配参数定义为该第一电感值与该第二电感值之间的比值，并且当该阻抗匹配参数根据该第一系统电压、一第二系统电压与该预定功率增益值被决定时，则通过该阻抗匹配参数来决定该第一电感值与该第二电感值之间的比值，以调整该射频功率放大器的该功率附加效率与线性度。

10. 如权利要求 9 所述的提高功率附加效率与线性度的方法，其中该电流单位增益放大器包括：

一第一晶体管，其源极电性连接该第二电感的一端以接收该第二输入功率信号，其栅极电性连接一参考偏压电压；以及

一第一直流馈入电感，其一端电性连接该第一晶体管的漏极与该输出匹配电路并且输出该输出功率信号，其另一端电性连接该第二系统电压。

11. 如权利要求 8 所述的提高功率附加效率与线性度的方法，其中该阻抗转换电路包括：

一第三电感，其一端电性连接该前级电路以接收该第一输入功率信号，其另一端电性连接一第一系统电压，该第三电感具有一第三电感值；

一第四电感，其一端电性连接该电流单位增益放大器并且输出该第二输入功率信号，

其另一端电性连接一接地电压,该第四电感具有一第四电感值,其中该第三电感值与该第四电感值之间的比值定义为一第一上桥阻抗匹配参数;

一第五电感,其一端电性连接该前级电路以接收该第一输入功率信号,其另一端电性连接该第一系统电压,该第五电感具有一第五电感值;以及

一第六电感,其一端电性连接该电流单位增益放大器以输出该第二输入功率信号,其另一端电性连接该接地电压,该第六电感具有一第六电感值,其中该第五电感值与该第六电感值之间的比值定义为一第一下桥阻抗匹配参数,

其中该第三电感与该第四电感根据该第一上桥阻抗匹配参数来将输入阻抗转换为输出阻抗并且用以提升该射频功率放大器的该功率附加效率与该线性度,并且该第五电感与该第六电感根据该第一下桥阻抗匹配参数来将输入阻抗转换为输出阻抗并且用以提升该射频功率放大器的该功率附加效率与该线性度,

其中该阻抗匹配参数包括该第一上桥阻抗匹配参数与该第一下桥阻抗匹配参数。

12. 如权利要求 11 所述的提高功率附加效率与线性度的方法,其中该电流单位增益放大器包括:

一第二晶体管,其源极电性连接该第四电感的一端以接收该第二输入功率信号,其栅极接收一第一偏压电压;

一第三晶体管,其源极电性连接该第二晶体管的漏极,其栅极接收一第二偏压电压;

一第二直流馈入电感,其一端电性连接该第三晶体管的漏极与该输出匹配电路并且输出该输出功率信号,其另一端电性连接一第二系统电压;

一第四晶体管,其源极电性连接该第六电感的另一端以接收该第二输入功率信号,其栅极接收该第一偏压电压;

一第五晶体管,其源极电性连接该第四晶体管的漏极,其栅极接收该第二偏压电压;以及

一第三直流馈入电感,其一端电性连接该第五晶体管的漏极与该输出匹配电路并且输出该输出功率信号,其另一端电性连接该第二系统电压,

其中该输出匹配电路具有一差动输入电阻,并且该第二晶体管与该第三晶体管根据该差动输入电阻的一半阻值来决定一第一上桥预定功率增益值,

并且该第四晶体管与该第五晶体管根据该差动输入电阻的该半阻值来决定一第一下桥预定功率增益值,

其中该预定功率增益值包括该第一上桥预定功率增益值与该第一下桥预定功率增益值。

13. 如权利要求 12 所述的提高功率附加效率与线性度的方法,其中当该第一上桥阻抗匹配参数根据该第一系统电压、该第二系统电压与该第一上桥预定功率增益值被决定时,则通过该第一上桥阻抗匹配参数来决定该第一电感值与该第二电感值之间的比值,并且当该第一下桥阻抗匹配参数根据该第一系统电压、该第二系统电压与该第一下桥预定功率增益值被决定时,则通过该第一下桥阻抗匹配参数来决定该第五电感值与该第六电感值之间的比值。

14. 如权利要求 8 所述的提高功率附加效率与线性度的方法,其中该阻抗转换电路包括:

一第七电感，其一端电性连接该前级电路以接收该第一输入功率信号，其另一端电性连接一第一系统电压，该第七电感具有一第七电感值；

一第一电容，其一端电性连接该第七电感的一端；

一第八电感，其一端电性连接该第一电容的另一端并且输出该第二输入功率信号，其另一端电性连接一接地电压，该第八电感具有一第八电感值，其中该第七电感值与该第八电感值之间的比值定义为一第二上桥阻抗匹配参数；

一第九电感，其一端电性连接该前级电路以接收该第一输入功率信号，其另一端电性连接该第一系统电压，该第九电感具有一第九电感值；

一第二电容，其一端电性连接该第九电感的一端；以及

一第十电感，其一端电性连接该第二电容的另一端以输出该第二输入功率信号，其另一端电性连接该接地电压，该第十电感具有一第十电感值，其中该第九电感值与该第十电感值之间的比值定义为一第二下桥阻抗匹配参数，

其中该第七电感与该第八电感根据该第二上桥阻抗匹配参数来将输入阻抗转换为输出阻抗并且用以提升该射频功率放大器的该功率附加效率与该线性度，并且该第九电感与该第十电感根据该第二下桥阻抗匹配参数来将输入阻抗转换为输出阻抗并且用以提升该射频功率放大器的该功率附加效率与该线性度，

其中该阻抗匹配参数包括该第二上桥阻抗匹配参数与该第二下桥阻抗匹配参数。

射频功率放大器与提高功率附加效率及线性度的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种射频功率放大器，特别涉及一种能够提升前级电路的功率附加效率与线性化本功率放大器的射频功率放大器架构。

背景技术

[0002] 于通信系统中，由于调制信号的方式不同，因此所需要的功率发射器的规格亦不相同。近年来，无线通信网络，例如符合 IEEE802.11a/b/g 规格的通信网络，其所使用的正交频分复用 (Orthogonal frequency-division multiplexing, OFDM) 调制信号是类似于调幅 (Amplitude Modulation, AM) 的调制方式，故其需要高线性度的功率放大器。一般而言，高线性度的功率放大器均是以类别 A (Class A) 或类别 AB (Class AB) 的共源极组态功率放大器来提高线性度。然而，为了提高通信品质，进一步地提高功率放大器的线性度与增进功率附加效益是有必要的。

发明内容

[0003] 本发明实施例提供一种射频功率放大器，电性连接前级电路以接收第一输入功率信号。射频功率放大器包括阻抗转换电路、电流单位增益放大器与输出匹配电路。阻抗转换电路电性连接前级电路，所述阻抗转换电路接收第一输入功率信号且对应地输出第二输入功率信号，其中阻抗转换电路通过阻抗转换来进行功率匹配，藉此以提升该射频功率放大器的功率附加效率与线性度。电流单位增益放大器电性连接阻抗转换电路，所述电流单位增益放大器接收第二输入功率信号且对应地输出一输出功率信号，并且电流单位增益放大器根据阻抗参考值来决定预定功率增益值，其中通过阻抗转换电路来使得电流单位增益放大器的输入阻抗实质上等于射频功率放大器的输入阻抗。输出匹配电路电性连接电流单位增益放大器，所述输出匹配电路具有阻抗参考值并且用以将所接收的输出功率信号进行功率匹配，并且对应地输出射频输出信号。

[0004] 本发明实施例另提供一种提高功率附加效率与线性度的方法，其用于一射频功率放大器。射频功率放大器电性连接前级电路以接收第一输入功率信号，并且射频功率放大器包括阻抗转换电路、电流单位增益放大器与输出匹配电路。阻抗转换电路电性连接前级电路与第一系统电压，电流单位增益放大器电性连接阻抗转换电路与第二系统电压，输出匹配电路电性连接电流单位增益放大器，其中提高功率附加效率的方法包括以下步骤：通过阻抗转换电路接收第一输入功率信号且对应地输出第二输入功率信号，其中阻抗转换电路通过阻抗转换来进行功率匹配，藉此以提升射频功率放大器的功率附加效率与线性度；通过电流单位增益放大器接收第二输入功率信号且对应地输出一输出功率信号，并且电流单位增益放大器根据阻抗参考值来决定预定功率增益值，其中通过阻抗转换电路来使得电流单位增益放大器的输入阻抗实质上等于射频功率放大器的输入阻抗；以及通过输出匹配电路用以将所接收的输出功率信号进行功率匹配，并且对应地输出射频输出信号，其中输出匹配电路具有阻抗参考值。

[0005] 综上所述,本发明实施例所提出的射频功率放大器与提高功率附加效率的方法,能够通过阻抗转换电路根据阻抗匹配参数来将输入阻抗转换为输出阻抗,藉此能使在固定输入功率的情况下提升射频功率放大器的功率附加效率与线性度。

[0006] 为使能更进一步了解本发明的特征及技术内容,请参阅以下有关本发明的详细说明与附图,但是此等说明与说明书附图仅是用来说明本发明,而非对本发明的权利范围作任何的限制。

附图说明

- [0007] 图 1 为根据本发明示例性实施例所绘示的射频功率放大器的模块示意图。
- [0008] 图 2 为根据本发明示例性另一实施例所绘示的射频功率放大器的模块示意图。
- [0009] 图 3 为根据本发明示例性又一实施例所绘示的射频功率放大器的模块示意图。
- [0010] 图 4 为根据本发明示例性又一实施例所绘示的射频功率放大器的模块示意图。
- [0011] 图 5 为根据本发明示例性实施例所绘示的提高功率附加效率的方法的流程图。
- [0012] 附图标记说明 :
 - [0013] 100、200、300、400 :射频功率放大器
 - [0014] 101 :前级电路
 - [0015] 102 :天线
 - [0016] 110 :阻抗转换电路
 - [0017] 120 :电流单位增益放大器
 - [0018] 130 :输出匹配电路
 - [0019] C1 :第一电容
 - [0020] C2 :第二电容
 - [0021] GND :接地电压
 - [0022] FL1 :第一直流馈入电感
 - [0023] FL2 :第二直流馈入电感
 - [0024] FL3 :第三直流馈入电感
 - [0025] L1、L2、L3、L4、L5、L6、L7、L8、L9、L10 :电感
 - [0026] MT1、MT2、MT3、MT4、MT5 :晶体管
 - [0027] PI1 :第一输入功率信号
 - [0028] PI2 :第二输入功率信号
 - [0029] POUT :输出功率信号
 - [0030] RFOUT :射频输出信号
 - [0031] Rid :差动输入电阻
 - [0032] Vb1、Vb2 :偏压电压
 - [0033] VDD1 :第一系统电压
 - [0034] VDD2 :第二系统电压
 - [0035] VRB :参考偏压电压
 - [0036] S510、S520、S530 :步骤

具体实施方式

[0037] 在下文将参看说明书附图更充分地描述各种示例性实施例，在说明书附图中展示一些示例性实施例。然而，本发明概念可能以许多不同形式来体现，且不应解释为限于本文中所阐述的示例性实施例。确切而言，提供此等示例性实施例使得本发明将为详尽且完整，且将向熟习此项技术者充分传达本发明概念的范畴。在诸图式中，可为了清楚而夸示层及区的大小及相对大小。类似数字始终指示类似元件。

[0038] 应理解，虽然本文中可能使用术语第一、第二、第三等来描述各种元件，但此等元件不应受此等术语限制。此等术语乃用以区分一元件与另一元件。因此，下文论述的第一元件可称为第二元件而不偏离本发明概念的教示。如本文中所使用，术语「及 / 或」包括相关联的列出项目中的任一者及一或者者的所有组合。

[0039] 以下将以多种实施例配合图式来说明所述射频功率放大器，然而，下述实施例并不用以限制本发明。

[0040] (射频功率放大器的实施例)

[0041] 请参照图 1，图 1 为根据本发明示例性实施例所绘示的射频功率放大器的模块示意图。如图 1 所示，射频功率放大器 100 包括阻抗转换电路 110、电流单位增益放大器 120 与输出匹配电路 130。阻抗转换电路 110 电性连接前级电路 101 与第一系统电压 VDD1、电流单位增益放大器 120 电性连接阻抗转换电路 110 与第二系统电压 VDD2、输出匹配电路 130 电性连接电流单位增益放大器 120，并且输出匹配电路 130 电性连接天线 102。在本实施例中，天线 120 的形式并不用以限制本公开内容。

[0042] 关于阻抗转换电路 110，阻抗转换电路 110 用以接收第一输入功率信号 PI1 并且通过磁能转换效应（亦即互感效应）根据阻抗匹配参数来对应地输出第二输入功率信号 PI2。再者，阻抗转换电路通过阻抗转换来进行功率匹配，亦即高输入阻抗被转换为低输出阻抗或者低输入阻抗被转换为高输出阻抗以达到功率匹配的效果，藉此以调整或进一步提升射频功率放大器的功率附加效率 (Power Added Efficiency, PAE) 与线性度 (linearity)。

[0043] 关于电流单位增益放大器 120，电流单位增益放大器 120 用以接收第二输入功率信号 PI2 且对应地输出所述输出功率信号 POUT，并且电流单位增益放大器 120 根据阻抗参考值来决定预定功率增益值，其中通过阻抗转换电路 110 来使得电流单位增益放大器 120 的输入阻抗实质上等于射频功率放大器 100 的输入阻抗。进一步来说，在本实施例中，设计者可以根据实际应用需求来对预定功率增益值来进行数值设计，并且由预定功率增益值来设计对应的阻抗参考值，其中阻抗参考值为输入匹配电路 130 的输入阻抗。再者，阻抗匹配参数根据第一系统电压 VDD1、第二系统电压 VDD2 与预定功率增益值来决定。

[0044] 关于输出匹配电路 130，输出匹配电路 130 用以将所接收的输出功率信号 POUT 进行功率匹配以提供较佳的功率匹配效能，并且对应地输出射频输出信号 RFOUT。

[0045] 接下来要说明的，是进一步说明射频功率放大器 100 的工作原理。

[0046] 由于本公开内容的电流单位增益放大器 120 的转阻 (transimpedance) 为具有高线性度，进而使其输出功率相对于输入电流的比例为线性，若前级电路 101 的输出电流为线性电流则可达到此一电路为高线性度功率放大器的目的，由于电流单位增益放大器 120 其功率增益 (power gain) 为一有限值，故在固定天线传输功率条件下，前级电路 101 的输出功率可降低，使其所消耗的功耗在整个系统中所占的比例降低，故可在不大幅增加系统

功耗情况下产生线性电流供电流单位增益放大器 120 使用。再者，本公开内容将阻抗转换电路 110 电性连接至电流单位增益放大器 120 与前级电路 101 之间，藉此以经由阻抗转换电路 110 内的磁能转换效应来放大前级电路 101 所输出的电流，进而提高射频功率放大器 100 的功率附加效率 (Power Added Efficiency, PAE)。详细来说，当阻抗转换电路 110 接收到前级电路 101 所传送的电流或第一输入功率信号 PI1 时，阻抗转换电路 110 会利用磁能转换效应来进行阻抗转换 (高阻抗至低阻抗或者低阻抗到高阻抗)；亦即阻抗转换电路 110 会根据阻抗匹配参数来将第一输入功率信号 PI1 转换为第二输入功率信号 PI2。值得一提的是，在本公开内容中，阻抗匹配参数可以由第一系统电压 VDD1、第二系统电压 VDD2 与预定功率增益值来决定，其中系统电压 VDD1、VDD2 与预定功率增益值可以由设计者根据实际应用需求来进行设定。换句话说，阻抗匹配参数可以由设计者根据实际应用需求来进行设定，并且阻抗匹配参数直接地影响到阻抗转换电路 110 的转换效能，进而会影响到调整前级电路 101 的 PAE 的效能。

[0047] 接下来，电流单位增益放大器 120 接收由阻抗转换电路 110 所传送的电流或第二输入功率信号 PI2。由于电流单位增益放大器 120 对于电流的放大倍数实质上等于 1，所以本公开内容从功率角度来对电流单位增益放大器 120 来进行分析。电流单位增益放大器 120 的功率增益 (亦即预定功率增益值) 正比于阻抗参考值 (亦即输出匹配电路 130 的输入阻抗)，所以设计者可以设定所欲的预定功率增益值，再由预定功率增益值来获得阻抗参考值。值得一提的是，在一实施例中，设计者可以由上述的数值设定来进行最佳化设计，但本实施例并不以此作为限制。

[0048] 之后，电流单位增益放大器 120 传送输出功率信号 POUT 至输出匹配电路 130 以进行输出端的功率匹配，并且输出匹配电路 130 会对应地将射频输出信号 RFOUT 传送到天线 102 以进行发射信号。

[0049] 为了更详细地说明本发明所述的射频功率放大器 100 的运作流程，以下将举多个实施例中至少之一来作更进一步的说明。

[0050] 在接下来的多个实施例中，将描述不同于上述图 1 实施例的部分，且其余省略部分与上述图 1 实施例的部分相同。此外，为说明便利起见，相似的参考数字或标号指示相似的元件。

[0051] [射频功率放大器的另一实施例]

[0052] 请参照图 2，图 2 为根据本发明示例性另一实施例所绘示的射频功率放大器的模块示意图。如图 2 所示，与上述图 1 实施例不同的是，在本实施例的阻抗转换电路 110 包括第一电感 L1 与第二电感 L2。电流单位增益放大器 120 包括第一晶体管 MT1 与第一直流馈入电感 FL1。第一电感 L1 的一端电性连接前级电路 101 以接收第一输入功率信号 PI1，第一电感 L1 的另一端电性连接第一系统电压 VDD1，其中第一电感 L1 具有第一电感值。第二电感 L2 的一端电性连接电流单位增益放大器 120 并且输出第二输入功率信号 PI2，第二电感 L2 的另一端电性连接接地电压 GND，其中第二电感 L2 具有第二电感值。第一晶体管 MT1 的源极电性连接第二电感 L2 的一端以接收第二输入功率信号 PI2，第一晶体管 MT1 的栅极电性连接参考偏压电压 VRB，亦即交流接地 (AC ground)。第一直流馈入电感 FL1 的一端电性连接第一晶体管 MT1 的漏极与输出匹配电路 130 并且输出所述输出功率信号 POUT，第一直流馈入电感 FL1 的另一端电性连接第二系统电压 VDD2，其中第一直流馈入电感 FL1 具有

第一直流馈入电感值。

[0053] 接下来要描述的，是进一步说明射频功率放大器 200 的工作原理。

[0054] 在本实施例中，由于第一晶体管 MT1 为共栅极 (Common Gate, CG) 组态，所以第一晶体管 MT1 的转阻 (transimpedance) 为线性并且功率增益 (power gain) 为有限值。因此，本实施例将具有第一电感 L1 与第二电感 L2 的阻抗转换电路 110 电性连接至前级电路 101 与第一晶体管 MT1 之间，藉此以通过第一电感 L1 与第二电感 L2 的磁能转换效应来放大前级电路 101 所输出的电流，进而提高前级电路 101 的功率附加效率 (PAE)。详细来说，当第一电感 L1 接收到前级电路 101 所传送的电流或第一输入功率信号 PI1 时，第一电感 L1 会将能量通过磁能转换效应 (互感效应) 传送到第二电感 L2，其中流经第二电感 L2 的电流与流经第一电感 L1 的电流之间的比值为阻抗匹配参数。须注意的是，阻抗匹配参数定义为第一电感值与第二电感值之间的比值，并且当阻抗匹配参数根据第一系统电压 VDD1、第二系统电压 VDD2 与预定功率增益值被决定时，则设计者可以通过阻抗匹配参数来决定第一电感值与第二电感值之间的比值，藉此以调整前级电路 101 的功率附加效率 (PAE)。

[0055] 接下来，第二电感 L2 会将电流或第二输入功率信号 PI2 传送到第一晶体管 MT1，其中第一电感 L1 与第二电感 L2 会根据阻抗匹配参数来将第一输入功率信号 PI1 转换为第二输入功率信号 PI2。由于第一晶体管 MT1 (共栅极组态) 对于电流的放大倍数实质上等于 1，所以本公开内容从功率角度来对第一晶体管 MT1 来进行分析。第一晶体管 MT1 的功率增益 (亦即预定功率增益值) 等于输入匹配电路 130 的输入电阻的阻值与晶体管 MT1 的转导 (transconductance) 值的乘积，所以设计者可以设定所欲的预定天线的输出功率，进而由第二系统电压 VDD2 求得输入匹配电路 130 的输入电阻的阻值，再由设计者所欲的预定功率增益值来获得晶体管 MT1 的转导。而阻抗转换电路 110 的阻抗匹配参数则由第一系统电压 VDD1，晶体管 MT1 的转导以及前级电路 101 所需提供的输出功率 (天线传送功率扣除晶体管 MT1 的功率增益，以 dB 为单位) 来决定。同样地，设计者可以由上述的数值设定来进行最佳化设计，但本实施例并不以此作为限制。

[0056] 为了更详细地说明本发明所述的射频功率放大器 200 的运作流程，以下将举多个实施例中至少之一来作更进一步的说明。

[0057] 在接下来的多个实施例中，将描述不同于上述图 2 实施例的部分，且其余省略部分与上述图 2 实施例的部分相同。此外，为说明便利起见，相似的参考数字或标号指示相似的元件。

[0058] (射频功率放大器的再一实施例)

[0059] 请参照图 3，图 3 为根据本发明示例性再一实施例所绘示的射频功率放大器的模块示意图。如图 3 所示，与上述图 2 实施例不同的是，阻抗转换电路 110 包括第三电感 L3、第四电感 L4、第五电感 L5 与第六电感 L6。电流单位增益放大器 120 包括第二晶体管 MT2、第三晶体管 MT3、第二直流馈入电感 FL2、第四晶体管 MT4、第五晶体管 MT5 与第三直流馈入电感 FL3。

[0060] 第三电感 L3 的一端电性连接前级电路 101 以接收第一输入功率信号 PI1，第三电感 L3 的另一端电性连接第一系统电压 VDD1，其中第三电感 L3 具有第三电感值。第四电感 L4 的一端电性连接电流单位增益放大器 120 并且输出第二输入功率信号 PI2，第四电感 L4 的另一端电性连接接地电压 GND，并且第四电感 L4 具有第四电感值，其中第三电感值与第

四电感值之间的比值定义为第一上桥阻抗匹配参数。第五电感 L5 的一端电性连接前级电路 101 以接收第一输入功率信号 PI1, 第五电感 L5 的另一端电性连接第一系统电压 VDD1, 其中第五电感 L5 具有第五电感值。第六电感 L6 的一端电性连接电流单位增益放大器 120 以输出第二输入功率信号 PI2, 第六电感 L6 的另一端电性连接接地电压 GND, 并且第六电感 L6 具有第六电感值, 其中第五电感值与第六电感值之间的比值定义为第一下桥阻抗匹配参数。第二晶体管 MT2 的源极电性连接第四电感 L4 的一端以接收第二输入功率信号 PI2, 第二晶体管 MT2 的栅极接收第一偏压电压 Vb1。第三晶体管 MT3 的源极电性连接第二晶体管 MT2 的漏极, 并且第三晶体管 MT3 的栅极接收第二偏压电压 Vb2, 其中第三晶体管 MT3 为高压元件。第二直流馈入电感 FL2 的一端电性连接第三晶体管 MT3 的漏极与输出匹配电路 130 并且输出所述输出功率信号 POUT, 第二直流馈入电感 FL2 的另一端电性连接第二系统电压 VDD2。第四晶体管 MT4 的源极电性连接第六电感 L6 的另一端以接收第二输入功率信号 PI2, 第四晶体管 MT4 的栅极接收第一偏压电压 Vb1。第五晶体管 MT5 的源极电性连接第四晶体管的漏极, 并且第五晶体管 MT5 的栅极接收第二偏压电压 Vb2, 其中第五晶体管 MT5 为高压元件。第三直流馈入电感 FL3 的一端电性连接第五晶体管 MT5 的漏极与输出匹配电路 130 并且输出所述输出功率信号 POUT, 并且第三直流馈入电感 FL3 的另一端电性连接第二系统电压 VDD2。

[0061] 接下来要描述的, 是进一步说明射频功率放大器 300 的工作原理。

[0062] 在本实施例中, 当电流单位增益放大器 120 接收到交流信号时, 偏压电压 Vb1 与 Vb2 会被交流接地 (AC ground); 亦即晶体管 MT2、MT3、MT4 与 MT5 的栅极可视为电性连接至接地电压。由于, 晶体管 MT2、MT3、MT4 与 MT5 为共栅极组态, 所以晶体管 MT2、MT3、MT4 与 MT5 的转阻为线性并且功率增益 (power gain) 为有限值, 其中晶体管 MT2 与晶体管 MT4 实质上相同并且晶体管 MT3 与晶体管 MT5 实质上相同。因此, 在本实施例中, 将具有电感 L3、L4、L5 与 L6 的阻抗转换电路 110 电性连接至前级电路 101 与电流单位增益电路 120 之间, 藉此以通过电感 L3、L4、L5 与 L6 的磁能转换效应来转换前级电路 101 所输出的电流, 进而提高前级电路 101 的功率附加效率 (PAE), 其中电感 L3 与电感 L5 实质上相同, 并且电感 L4 与电感 L6 实质上相同。在进行下述说明前, 须先说明的是, 前级电路 101 所输出的信号为差动输入信号 (Differential input signal), 因此射频功率放大器 300 的内部电路为使用差动电路架构来接收差动输入信号。再者, 图 3 所示的输出匹配电路 130 的输入阻抗为一差动输入电阻 Rid。详细来说, 当第三电感 L3 接收到前级电路 101 所传送的电流或第一输入功率信号 PI1 时, 第三电感 L3 会将能量通过磁能转换效应传送到第四电感 L4, 其中流经第四电感 L4 的电流与流经第三电感 L3 的电流之间的比值为第一上桥阻抗匹配参数, 并且第一上桥阻抗匹配参数定义为第三电感值与第四电感值之间的比值。值得一提的是, 第三电感 L3 与第四电感 L4 根据第一上桥阻抗匹配参数来将输入阻抗转换为输出阻抗并且当第一上桥阻抗匹配参数根据第一系统电压 VDD1、第二系统电压 VDD2 与第一上桥预定功率增益值被决定时, 则设计者可以通过第一上桥阻抗匹配参数来决定第三电感值与第四电感值之间的比值, 藉此以提高射频功率放大器 300 的功率附加效率 (PAE)。

[0063] 接下来, 第四电感 L4 会将差动电流或第二输入功率信号 PI2 传送到晶体管 MT2 与 MT3, 其中第三电感 L3 与第四电感 L4 会根据第一上桥阻抗匹配参数来将第一输入功率信号 PI1 转换为第二输入功率信号 PI2。由于晶体管 MT2 与 MT3 (共栅极组态) 对于电流的放大

倍数实质上等于 1，所以本公开内容从功率角度来对晶体管 MT2 与 MT3 来进行分析。第二晶体管 MT2 与第三晶体管 MT3 的功率增益（亦即第一上桥预定功率增益值）等于差动输入电阻 Rid 之一半阻值与晶体管 MT2 的转导（transconductance）值的乘积，所以设计者可以设定所欲的预定天线的输出功率，进而由第二系统电压 VDD2 求得差动输入电阻 Rid 的阻值，再由设计者所欲的预定功率增益值来获得晶体管 MT2 的转导。阻抗转换电路 110 的第一上桥阻抗匹配参数则由第一系统电压 VDD1，晶体管 MT2 的转导以及前级电路 101 所需提供的输出功率（天线传送功率减去射频功率放大器 300 的功率增益）来决定。同样地，设计者可以由上述的数值设定来进行最佳化设计，但本实施例并不以此作为限制。换句话说，第二晶体管 MT2 与第三晶体管 MT3 根据差动输入电阻 Rid 之一半阻值来决定第一上桥预定功率增益值，并且晶体管 MT2 与 MT3 的功率增益（亦即第一上桥预定功率增益值）正比于差动输入电阻 Rid 的阻值，所以设计者可以设定所欲的第一上桥预定功率增益值，再由第一上桥预定功率增益值来获得差动输入电阻 Rid 的阻值。当第一上桥阻抗匹配参数根据第一系统电压 VDD1、第二系统电压 VDD2 与第一上桥预定功率增益值被决定时，则通过第一上桥阻抗匹配参数来决定第三电感值与第四电感值之间的比值。

[0064] 之后，同样地，第三晶体管 MT3 会传送输出功率信号 POUT 至输出匹配电路 130 以进行输出端的功率匹配，并且输出匹配电路 130 会对应地将射频输出信号 RFOUT 传送到天线 102 以进行发射信号。

[0065] 另一方面，当第五电感 L5 接收到前级电路 101 所传送的电流或第一输入功率信号 PI1 时，第五电感 L5 会将能量通过磁能转换效应传送到第六电感 L6，其中流经第六电感 L6 的电流与流经第五电感 L5 的电流之间的比值为第一下桥阻抗匹配参数，并且第一下桥阻抗匹配参数定义为第五电感值与第六电感值之间的比值。值得一提的是，第五电感 L5 与第六电感 L6 根据第一下桥阻抗匹配参数来将输入阻抗转换为输出阻抗并且当第一下桥阻抗匹配参数根据第一系统电压 VDD1、第二系统电压 VDD2 与第一下桥预定功率增益值被决定时，则设计者可以通过第一下桥阻抗匹配参数来决定第五电感值与第六电感值之间的比值，藉此以提高射频功率放大器 300 的功率附加效率（PAE）。

[0066] 接下来，第六电感 L4 会将差动电流或第二输入功率信号 PI2 传送到晶体管 MT4 与 MT5，其中第五电感 L5 与第六电感 L6 会根据第一下桥阻抗匹配参数来将第一输入功率信号 PI1 转换为第二输入功率信号 PI2。同样地，由于晶体管 MT4 与 MT5（共栅极组态）对于电流的放大倍数实质上等于 1，所以本公开内容从功率角度来对晶体管 MT4 与 MT5 来进行分析。第四晶体管 MT4 与第五晶体管 MT5 的功率增益（亦即第一下桥预定功率增益值）等于差动输入电阻 Rid 之一半阻值与晶体管 MT4 的转导（transconductance）值的乘积，所以设计者可以设定所欲的预定天线的输出功率，进而由第二系统电压 VDD2 求得差动输入电阻 Rid 的阻值，再由设计者所欲的预定功率增益值来获得晶体管 MT4 的转导。阻抗转换电路 110 的第一下桥阻抗匹配参数则由第一系统电压 VDD1，晶体管 MT2 的转导以及前级电路 101 所需提供的输出功率（天线传送功率减去射频功率放大器 300 的功率增益）来决定。同样地，设计者可以由上述的数值设定来进行最佳化设计，但本实施例并不以此作为限制。换句话说，第四晶体管 MT4 与第五晶体管 MT5 根据差动输入电阻 Rid 的一半阻值来决定第一下桥预定功率增益值，并且晶体管 MT4 与 MT5 的功率增益（亦即第一下桥预定功率增益值）正比于差动输入电阻 Rid 的阻值，所以设计者可以设定所欲的第一下桥预定功率增益值，再

由第一下桥预定功率增益值来获得差动输入电阻 Rid 的阻值。当第一下桥阻抗匹配参数根据第一系统电压 VDD1、第二系统电压 VDD2 与第一下桥预定功率增益值被决定时，则通过第一下桥阻抗匹配参数来决定第五电感值与第六电感值之间的比值。

[0067] 为了更详细地说明本发明所述的射频功率放大器 300 的运作流程，以下将举多个实施例中至少之一来作更进一步的说明。

[0068] 在接下来的多个实施例中，将描述不同于上述图 3 实施例的部分，且其余省略部分与上述图 3 实施例的部分相同。此外，为说明便利起见，相似的参考数字或标号指示相似的元件。

[0069] (射频功率放大器的更一实施例)

[0070] 请参照图 4，图 4 为根据本发明示例性更一实施例所绘示的射频功率放大器的模块示意图。如图 4 所示，与上述图 3 实施例不同的是，阻抗转换电路 110 包括第七电感 L7、第八电感 L8、第九电感 L9、第十电感 L10、第一电容 C1 与第二电容 C2。第七电感 L7 的一端电性连接前级电路 101 以接收第一输入功率信号 PI1，第七电感 L7 的另一端电性连接第一系统电压 VDD1，第七电感 L7 具有第七电感值。第一电容 C1 的一端电性连接第七电感 L7 的一端。第八电感 L8 的一端电性连接第一电容 C1 的另一端并且输出第二输入功率信号 PI2，第八电感 L8 的另一端电性连接接地电压 GND，第八电感 L8 具有第八电感值，其中第七电感值与第八电感值之间的比值定义为第二上桥阻抗匹配参数。第九电感 L9 的一端电性连接前级电路 101 以接收第一输入功率信号 PI2，第九电感 L9 的另一端电性连接第一系统电压 VDD1，第九电感 L9 具有第九电感值。第二电容 C2 的一端电性连接第九电感 L9 的一端。第十电感 L10 的一端电性连接第二电容 C2 的另一端以输出第二输入功率信号 PI2，第十电感 L10 的另一端电性连接接地电压 GND，所述第十电感 L10 具有第十电感值，其中第九电感值与第十电感值之间的比值定义为第二下桥阻抗匹配参数。

[0071] 当第三电感 L3 接收到前级电路 101 所传送的电流或第一输入功率信号 PI1 时，第三电感 L3 会将能量通过磁能转换效应传送到第四电感 L4，其中流经第四电感 L4 的电流与流经第三电感 L3 的电流之间的比值为第一上桥阻抗匹配参数，并且第一上桥阻抗匹配参数定义为第三电感值与第四电感值之间的比值。值得一提的是，第三电感 L3 与第四电感 L4 根据第一上桥阻抗匹配参数来将输入阻抗转换为输出阻抗并且当第一上桥阻抗匹配参数根据第一系统电压 VDD1、第二系统电压 VDD2 与第一上桥预定功率增益值被决定时，则设计者可以通过第一上桥阻抗匹配参数来决定第三电感值与第四电感值之间的比值，藉此以提高射频功率放大器 300 的功率附加效率 (PAE)。

[0072] 接下来，当第七电感 L7 接收到前级电路 101 所传送的电流或第一输入功率信号 PI1 时，第七电感 L7 会将能量通过第一电容 C1 传送到第八电感 L8，其中流经第八电感 L8 的电流与流经第七电感 L3 的电流之间的比值为第二上桥阻抗匹配参数，并且第二上桥阻抗匹配参数定义为第七电感值与第八电感值之间的比值。值得一提的是，第七电感 L8 与第八电感 L8 根据第二上桥阻抗匹配参数来将输入阻抗转换为输出阻抗并且当第二上桥阻抗匹配参数根据第一系统电压 VDD1、第二系统电压 VDD2 与第二上桥预定功率增益值被决定时，则设计者可以通过第二上桥阻抗匹配参数来决定第三电感值与第四电感值之间的比值，藉此以提高射频功率放大器 400 的功率附加效率 (PAE)。另一方面，当第九电感 L9 接收到前级电路 101 所传送的电流或第一输入功率信号 PI1 时，第九电感 L9 会将能量通过第二电容

C2 传送到第十电感 L10，其中流经第十电感 L10 的电流与流经第九电感 L9 的电流之间的比值为第二下桥阻抗匹配参数，并且第二下桥阻抗匹配参数定义为第九电感值与第十电感值之间的比值。值得一提的是，第九电感 L9 与第十电感 L10 根据第二下桥阻抗匹配参数来将输入阻抗转换为输出阻抗并且当第二下桥阻抗匹配参数根据第一系统电压 VDD1、第二系统电压 VDD2 与第二下桥预定功率增益值被决定时，则设计者可以通过第二下桥阻抗匹配参数来决定第三电感值与第四电感值之间的比值，藉此以提高射频功率放大器 400 的功率附加效率 (PAE)。其余工作机制与上述图 3 实施例相同，在此不再赘述。

[0073] [提高功率附加效率的方法的一实施例]

[0074] 请参照图 5，图 5 为根据本发明示例性实施例所绘示的提高功率附加效率的方法的流程图。本实施例所述的示例步骤流程可利用如图 1、2、3 及 4 所示的射频功率放大器 100、200、300 与 400 实施，故请一并参照图 1、2、3 及 4 以便说明及理解。提高功率附加效率与线性度的方法包括以下步骤：通过阻抗转换电路接收第一输入功率信号且对应地输出第二输入功率信号，其中阻抗转换电路通过阻抗转换来进行功率匹配，藉此以提升射频功率放大器的功率附加效率与线性度（步骤 S510）；通过电流单位增益放大器接收第二输入功率信号且对应地输出一输出功率信号，并且电流单位增益放大器根据阻抗参考值来决定预定功率增益值，其中通过阻抗转换电路来使得电流单位增益放大器的输入阻抗实质上等于射频功率放大器的输入阻抗（步骤 S520）；以及通过输出匹配电路用以将所接收的输出功率信号进行功率匹配，并且对应地输出射频输出信号，其中输出匹配电路具有阻抗参考值（步骤 S530）。

[0075] 关于射频功率放大器的提高功率附加效率的方法的各步骤的相关细节在上述图 1～图 4 实施例已详细说明，在此恕不赘述。在此须说明的是，图 5 实施例的各步骤仅为方便对其进行说明，本发明实施例并不以各步骤彼此间的顺序作为实施本发明各个实施例的限制条件。

[0076] [实施例的可能功效]

[0077] 综上所述，本发明实施例所提出的射频功率放大器与提高功率附加效率的方法，能够通过电流单位增益放大器来提供线性转阻以线性传送输入电流至输出阻抗进而产生线性输出功率，藉此也提升了此电流单位增益放大器的功率附加效益，藉此能使在固定输入功率的情况下提升射频功率放大器的功率附加效率。

[0078] 本发明可在任何适合的形式中实施，包括硬体、软件、固件或以上这些的任意结合。本发明也可部分地在一或多个资料处理器及 / 或数位信号处理器上执行的计算器软件实施。本发明实施例的单元及组件，可以实体地、功能地及逻辑地以任何适合的方式实施。事实上，某功能可在单一的单元、复数个单元、或其它功能单元的一部分内实施。就本发明本身而论，可在单一的单元上实施，或实体地及功能地分布于不同单元及处理器间。

[0079] 以上所述仅为本发明的实施例，其并非用以局限本发明的专利范围。

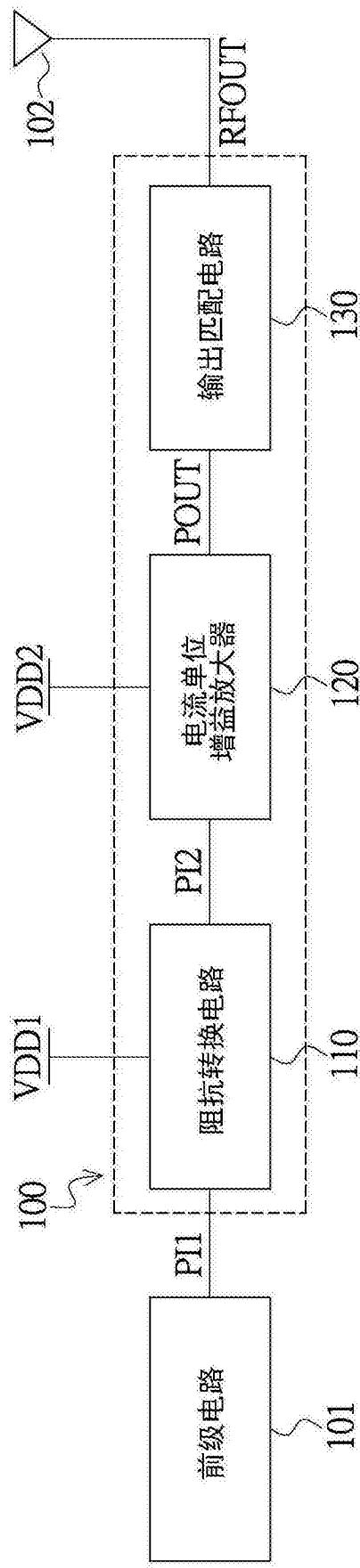


图 1

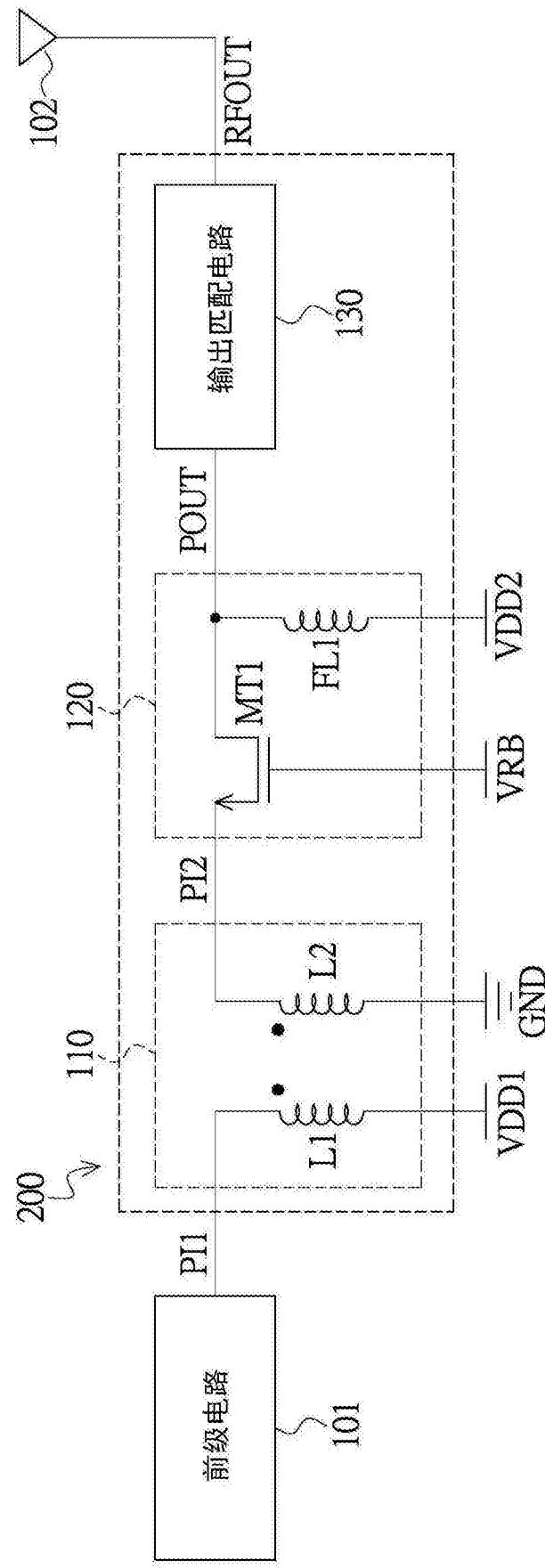


图 2

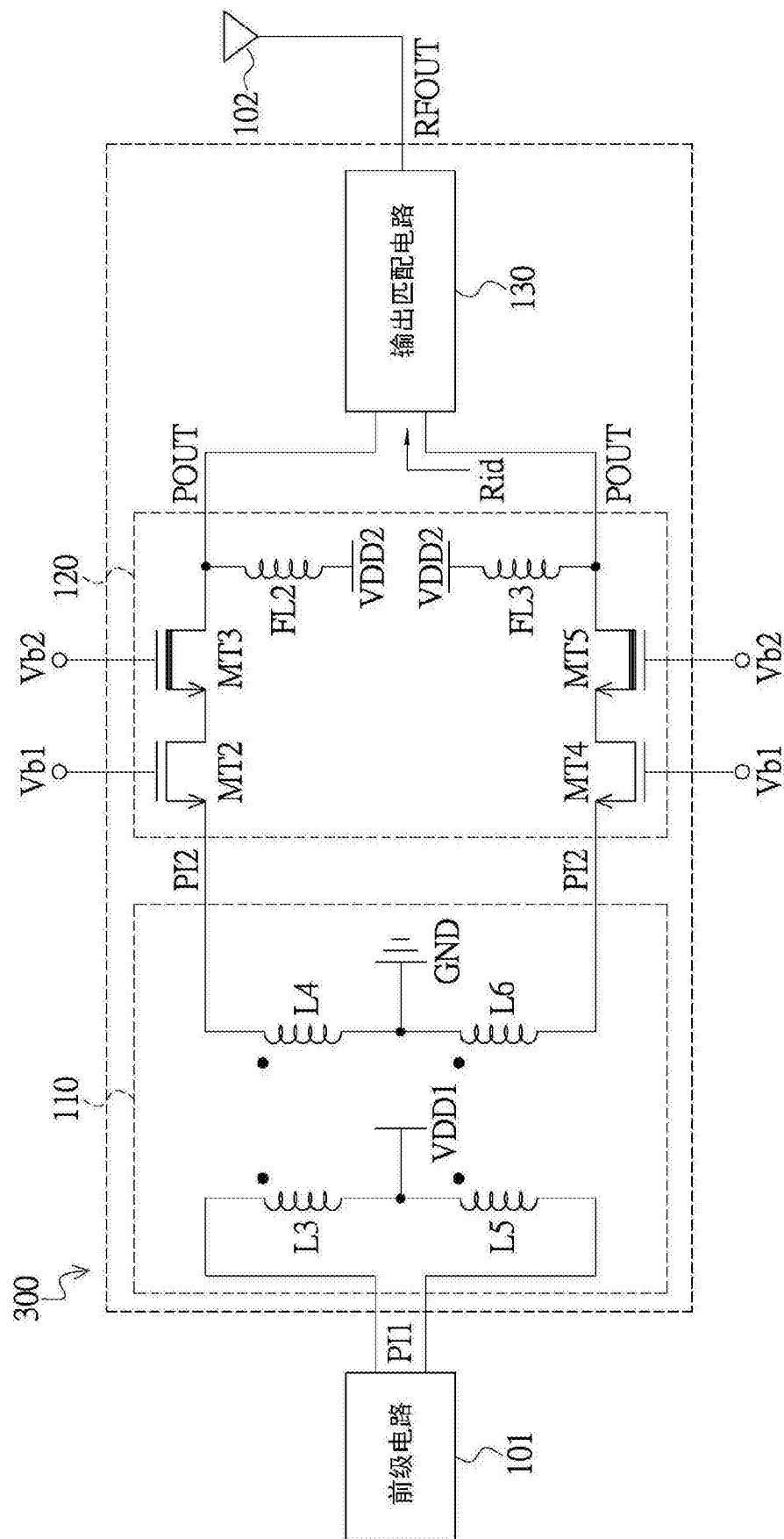


图 3

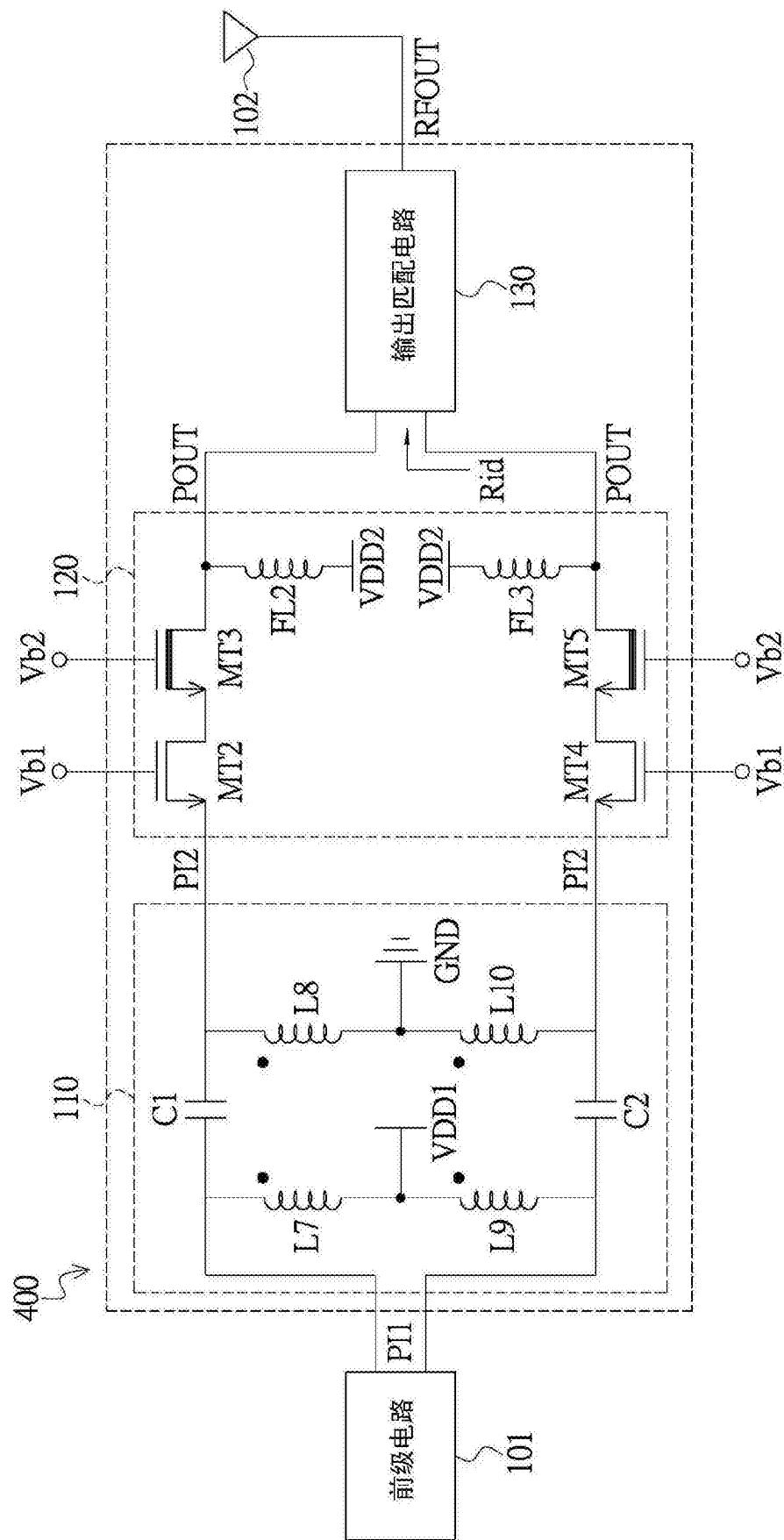


图 4

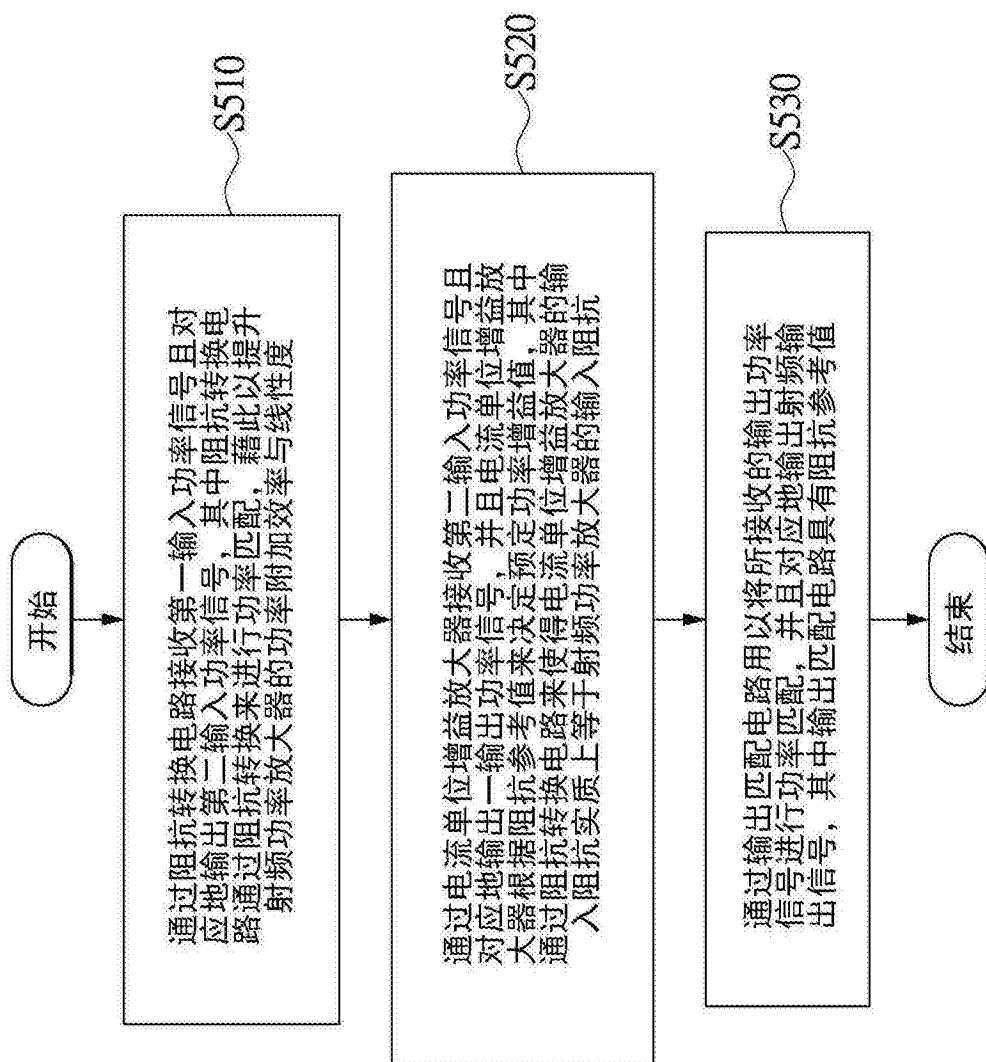


图 5