



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111740710 A

(43) 申请公布日 2020. 10. 02

(21) 申请号 202010492691.7

(22) 申请日 2020.06.03

(71) 申请人 唯捷创芯(天津)电子技术股份有限公司

地址 300457 天津市滨海新区信环西路19号2号楼2701-3室

(72) 发明人 李浩 白云芳

(74) 专利代理机构 北京汲智翼成知识产权代理事务所(普通合伙) 11381

代理人 陈曦 任佳

(51) Int. Cl.

H03F 3/189 (2006.01)

H03F 3/20 (2006.01)

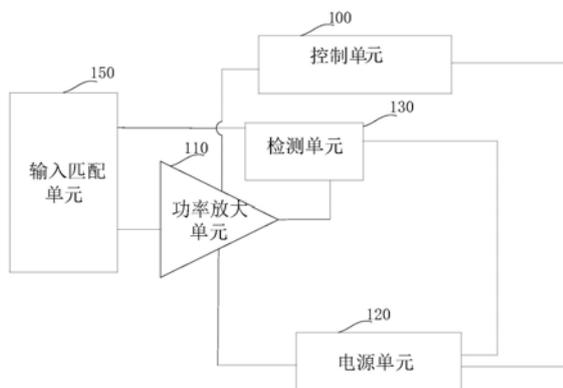
权利要求书2页 说明书8页 附图8页

(54) 发明名称

射频功率放大器、射频前端模块和通信终端

(57) 摘要

本发明公开了一种射频功率放大器、射频前端模块和通信终端。该射频功率放大器包括控制单元、功率放大单元、检测单元和输入匹配单元。该射频功率放大器中,检测单元实时检测和功率放大单元的输出功率相关的指标参数,并转化成与指标参数大小正相关的电压,输出到输入匹配单元,以使得输入到功率放大单元的射频信号的相位变化与功率放大单元输出信号产生的相位变化相反,从而有效实现不同模式下功率放大单元输出的射频信号的相位失真补偿,提高射频前端模块的线性度指标。



1. 一种射频功率放大器,其特征在于包括功率放大单元、检测单元和输入匹配单元,所述功率放大单元的输出端连接所述检测单元的输入端,所述检测单元的输出端连接所述输入匹配单元的输入端,所述输入匹配单元的输出端连接所述功率放大单元的输入端;

所述检测单元实时检测和所述功率放大单元的输出功率相关的指标参数,并转化成与所述指标参数大小正相关的电压,输出到所述输入匹配单元,以使得输入到所述功率放大单元的射频信号的相位变化与所述功率放大单元输出信号产生的相位变化相反。

2. 一种射频功率放大器,其特征在于包括功率放大单元、检测单元和输入匹配单元,所述功率放大单元的偏置端连接所述检测单元的输入端,所述检测单元的输出端连接所述输入匹配单元的输入端,所述输入匹配单元的输出端连接所述功率放大单元的输入端;

所述检测单元实时检测和所述功率放大单元的输出功率相关的指标参数,并转化成与所述指标参数大小正相关的电压,输出到所述输入匹配单元,以使得输入到所述功率放大单元的射频信号的相位变化与所述功率放大单元输出信号产生的相位变化相反。

3. 如权利要求1或2所述的射频功率放大器,其特征在于:

所述指标参数为所述功率放大单元的输出功率或工作电流。

4. 如权利要求1或2所述的射频功率放大器,其特征在于还包括控制单元和电源单元,所述控制单元的输出端分别连接所述功率放大单元与所述电源单元的输入端,所述电源单元的输出端分别连接所述功率放大单元与所述检测单元的电源端。

5. 如权利要求1或2所述的射频功率放大器,其特征在于:

所述功率放大单元包括至少一级放大电路,每一级放大电路分别连接一个偏置电路,某一级放大电路的输出端连接所述功率检测单元的输入端。

6. 如权利要求5所述的射频功率放大器,其特征在于:

如果所述功率放大单元包括两级及两级以上放大电路,则各级放大电路之间通过级间匹配电路相连,第一级放大电路的输入端连接所述输入匹配单元的输出端,最后一级放大电路通过输出匹配电路与外部的天线之间阻抗匹配。

7. 如权利要求5所述的射频功率放大器,其特征在于:

所述检测单元采用功率检测模块,所述功率检测模块的输入端连接所述功率放大单元某一级放大电路的输出端,所述功率检测模块的输出端连接所述输入匹配单元的输入端。

8. 如权利要求5所述的射频功率放大器,其特征在于:

所述检测单元采用电流采集电路和偏置电压产生电路,所述电流采集电路的输入端连接与某一级放大电路连接的偏置电路,所述电流采集电路的输出端连接所述偏置电压产生电路的输入端,所述偏置电压产生电路的输出端连接所述输入匹配单元的输入端。

9. 如权利要求1或2所述的射频功率放大器,其特征在于:

所述输入匹配单元包括至少一个第一LC匹配电路,每个所述第一LC匹配电路的输入端连接所述检测单元的输出端,最后一个所述第一LC匹配电路的输出端连接所述功率放大单元的输入端。

10. 如权利要求1或2所述的射频功率放大器,其特征在于:

所述输入匹配单元包括至少一个第二LC匹配电路,每个所述第二LC匹配电路的输入端连接所述检测单元的输出端,最后一个所述第二LC匹配电路的输出端连接所述功率放大单元的输入端。

11. 如权利要求1或2所述的射频功率放大器,其特征在于:

所述输入匹配单元包括至少一个第一LC匹配电路和第二LC匹配电路;每个所述第一LC匹配电路和每个所述第二LC匹配电路的输入端分别连接所述检测单元的输出端,最后一个所述第一LC匹配电路和最后一个所述第二LC匹配电路的输出端分别连接所述功率放大单元的输入端。

12. 如权利要求9或11所述的射频功率放大器,其特征在于:

每个所述第一LC匹配电路由并联到地第一电感和串联第一压控电容组成,所述第一压控电容的非接地端连接所述检测单元的输出端,最后一个所述第一LC匹配电路的第一压控电容的非接地端还连接所述功率放大单元的输入端。

13. 如权利要求10或11所述的射频功率放大器,其特征在于:

每个所述第二LC匹配电路由串联第二电感和并联到地第二压控电容组成,所述第二压控电容的非接地端连接所述检测单元的输出端,最后一个所述第二LC匹配电路的第二压控电容的非接地端还连接所述功率放大单元的输入端。

14. 一种射频前端模块,其特征在于所述射频前端模块中包括权利要求1~13中任意一项所述的射频功率放大器。

15. 一种通信终端,其特征在于所述通信终端中包括权利要求1~13中任意一项所述的射频功率放大器。

## 射频功率放大器、射频前端模块和通信终端

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种射频功率放大器,同时也涉及包括该射频功率放大器的射频前端模块和相应的通信终端,属于无线通信技术领域。

### 背景技术

[0002] 随着科技的进步,Wifi通信标准经历了IEEE 802.11-1997、IEEE 802.11a、802.11b、802.11g、802.11n和802.11ac,直到IEEE 802.11ax。同样,移动通信技术经历了2G、3G,直到现在4G的广泛的应用,以及未来5G的积极部署,Wifi通信和移动通信的发展对射频前端线性度的要求越来越高。因此,对制作通信设备的厂商来说,需要设计出高线性度的通信装置。

[0003] 射频前端模块是目前无线通信终端里无法被收发器集成的一个重要射频元件。在射频前端模块中,通过功率放大器将调制后的射频信号放大到一定的功率值,再将放大后的射频信号通过天线发送出去。

[0004] 但是,现有射频前端模块的功率放大器在对射频信号的功率进行放大的过程中,随着输出功率的不断增大,该功率放大器的工作点会受到大功率的影响而改变,使得功率放大器的工作状态发生改变,从而导致功率放大器的特性发生改变,其中,包括不同输出功率射频信号下的相位会发生改变,从而影响射频前端模块的线性度指标。

### 发明内容

[0005] 本发明所要解决的首要技术问题在于提供一种射频功率放大器。

[0006] 本发明所要解决的另一技术问题在于提供一种包括上述射频功率放大器的射频前端模块和相应的通信终端。

[0007] 为了实现上述目的,本发明采用下述的技术方案:

[0008] 根据本发明实施例的第一方面,提供一种射频功率放大器,包括功率放大单元、检测单元和输入匹配单元,所述功率放大单元的输出端连接所述检测单元的输入端,所述检测单元的输出端连接所述输入匹配单元的输入端,所述输入匹配单元的输出端连接所述功率放大单元的输入端;

[0009] 所述检测单元实时检测和所述功率放大单元的输出功率相关的指标参数,并转化成与所述指标参数大小正相关的电压,输出到所述输入匹配单元,以使得输入到所述功率放大单元的射频信号的相位变化与所述功率放大单元输出信号产生的相位变化相反。

[0010] 根据本发明实施例的第二方面,提供一种射频功率放大器,包括功率放大单元、检测单元和输入匹配单元,所述功率放大单元的偏置端连接所述检测单元的输入端,所述检测单元的输出端连接所述输入匹配单元的输入端,所述输入匹配单元的输出端连接所述功率放大单元的输入端;

[0011] 所述检测单元实时检测和所述功率放大单元的输出功率相关的指标参数,并转化成与所述指标参数大小正相关的电压,输出到所述输入匹配单元,以使得输入到所述功率

放大单元的射频信号的相位变化与所述功率放大单元输出信号产生的相位变化相反。

[0012] 其中较优地,所述指标参数为所述功率放大单元的输出功率或工作电流。

[0013] 其中较优地,所述射频功率放大器还包括控制单元和电源单元,所述控制单元的输出端分别连接所述功率放大单元与所述电源单元的输入端,所述电源单元的输出端分别连接所述功率放大单元与所述检测单元的电源端。

[0014] 其中较优地,所述功率放大单元包括至少一级放大电路,每一级放大电路分别连接一个偏置电路,某一级放大电路的输出端连接所述功率检测单元的输入端。

[0015] 其中较优地,如果所述功率放大单元包括两级及两级以上放大电路,则各级放大电路之间通过级间匹配电路相连,第一级放大电路的输入端连接所述输入匹配单元的输出端,最后一级放大电路通过输出匹配电路与外部的天线之间阻抗匹配。

[0016] 其中较优地,所述检测单元采用功率检测模块,所述功率检测模块的输入端连接所述功率放大单元某一级放大电路的输出端,所述功率检测模块的输出端连接所述输入匹配单元的输入端。

[0017] 其中较优地,所述检测单元采用电流采集电路和偏置电压产生电路,所述电流采集电路的输入端连接与某一级放大电路连接的偏置电路,所述电流采集电路的输出端连接所述偏置电压产生电路的输入端,所述偏置电压产生电路的输出端连接所述输入匹配单元的输入端。

[0018] 其中较优地,所述输入匹配单元包括至少一个第一LC匹配电路,每个所述第一LC匹配电路的输入端连接所述检测单元的输出端,最后一个所述第一LC匹配电路的输出端连接所述功率放大单元的输入端。

[0019] 其中较优地,所述输入匹配单元包括至少一个第二LC匹配电路,每个所述第二LC匹配电路的输入端连接所述检测单元的输出端,最后一个所述第二LC匹配电路的输出端连接所述功率放大单元的输入端。

[0020] 其中较优地,所述输入匹配单元包括至少一个第一LC匹配电路和第二LC匹配电路;每个所述第一LC匹配电路和每个所述第二LC匹配电路的输入端分别连接所述检测单元的输出端,最后一个所述第一LC匹配电路和最后一个所述第二LC匹配电路的输出端分别连接所述功率放大单元的输入端。

[0021] 其中较优地,每个所述第一LC匹配电路由并联到地第一电感和串联第一压控电容组成,所述第一压控电容的非接地端连接所述检测单元的输出端,最后一个所述第一LC匹配电路的第一压控电容的非接地端还连接所述功率放大单元的输入端。

[0022] 其中较优地,每个所述第二LC匹配电路由串联第二电感和并联到地第二压控电容组成,所述第二压控电容的非接地端连接所述检测单元的输出端,最后一个所述第二LC匹配电路的第二压控电容的非接地端还连接所述功率放大单元的输入端。

[0023] 根据本发明实施例的第三方面,提供一种射频前端模块,包括上述的射频功率放大器。

[0024] 根据本发明实施例的第四方面,提供一种通信终端,包括上述的射频功率放大器。

[0025] 本发明所提供的射频功率放大器通过控制单元根据不同频段,不同功率等级模式,改变功率放大单元的输出功率与检测单元的输出电压的函数关系,并利用检测单元将检测的功率放大单元的输出功率或工作电流,转化成相应的电压后,输入到输入匹配单元,

以使得输入到功率放大单元的射频信号的相位变化与功率放大单元产生的相位变化相反,使得功率放大单元最终输出的射频信号的相位不变,有效的实现不同模式下功率放大单元输出的射频信号的相位失真的补偿,从而提高射频前端模块的线性度指标。

### 附图说明

[0026] 图1为本发明所提供的射频功率放大器的结构示意图;

[0027] 图2为本发明所提供的射频功率放大器的工作原理流程图;

[0028] 图3为本发明所提供的射频功率放大器中,第一种检测单元与第一种输入匹配单元结合的结构示意图;

[0029] 图4为本发明所提供的射频功率放大器中,第二种检测单元与第二种输入匹配单元结合的结构示意图;

[0030] 图5为本发明所提供的射频功率放大器中,第三种检测单元与第三种输入匹配单元结合的结构示意图;

[0031] 图6A为未采用本发明所提供的射频功率放大器时,功率放大单元输出功率和射频信号相位的变化曲线示意图;

[0032] 图6B为采用本发明所提供的射频功率放大器时,功率放大单元输出功率和射频信号相位的变化曲线示意图;

[0033] 图7为本发明所提供的射频功率放大器中,第二种检测单元的结构示意图;

[0034] 图8为本发明所提供的射频功率放大器中,第二种检测单元采集的电流随功率放大单元输出功率的变化曲线示意图;

[0035] 图9为采用和未采用本发明所提供的射频功率放大器时,ACPR随输出功率的变化曲线的对比示意图;

[0036] 图10为本发明所提供的射频前端模块的一种结构示意图;

[0037] 图11为本发明所提供的射频前端模块的另一种结构示意图。

### 具体实施方式

[0038] 下面结合附图和具体实施例对本发明的技术内容做进一步的详细说明。

[0039] 为了解决射频功率放大器导致的射频信号相位随其输出功率增大而变化的问题,如图1所示,本发明实施例提供了一种新设计的射频功率放大器,包括控制单元100、功率放大单元110、电源单元120、检测单元130和输入匹配单元150;控制单元100的输出端分别连接功率放大单元110与电源单元120的输入端,功率放大单元110的输出端或偏置端连接检测单元130的输入端,检测单元130的输出端连接输入匹配单元150的输入端,输入匹配单元150的输出端连接功率放大单元110的输入端,功率放大单元110与检测单元130的电源端分别连接电源单元120的输出端。

[0040] 如图2所示,本射频功率放大器通过检测单元130实时检测和功率放大单元110输出功率相关的指标参数,并转化成与该指标参数大小正相关的电压后,输出到输入匹配单元150,以调节输入到功率放大单元110的射频信号的相位。其中,检测单元130实时检测和功率放大单元110输出功率相关的指标参数,包括功率放大单元110的输出功率或工作电流。

[0041] 因此,本射频功率放大器可以通过检测单元130将实时检测到的功率放大单元110的输出功率,转化成与该输出功率大小正相关的电压后,输出到输入匹配单元150,以使得输入到功率放大单元110的射频信号的相位变化与功率放大单元110输出信号产生的相位变化相反,起到相位变化抵消的功能,使功率放大单元110最终输出的射频信号的相位不变,从而实现不同模式下功率放大单元110输出的射频信号的相位失真的补偿,提高射频前端模块的线性度指标。

[0042] 或者,本射频功率放大器通过检测单元130将实时检测到的功率放大单元110的工作电流,转化成与该工作电流大小正相关的电压后,输入到输入匹配单元150,以使得输出到功率放大单元110的射频信号的相位变化与功率放大单元110输出信号产生的相位变化相反,起到相位变化抵消的作用,使功率放大单元110最终输出的射频信号的相位不变,从而实现不同模式下功率放大单元110输出的射频信号的相位失真的补偿,提高射频前端模块的线性度指标。

[0043] 其中,控制单元100可以采用通信终端中的中央处理器实现。该控制单元100不仅可以控制电源单元120的工作状态,以及工作时产生和输出电源电压和电流的大小;还可以根据不同频段,不同功率等级模式,改变功率放大单元110的输出功率与检测单元130的输出电压的函数关系。

[0044] 功率放大单元110,用于将调制后的射频信号放大到预设功率值。该功率放大单元110,包括至少一级放大电路,每一级放大电路分别连接一个偏置电路,其中任意某一级放大电路的输出端连接功率检测单元130的输入端;如果功率放大单元110仅有一级放大电路,则该该级放大电路的输入端连接输入匹配单元150的输出端,该级放大电路通过输出匹配电路与外部的天线之间阻抗匹配;如果功率放大单元110包括两级及两级以上放大电路,则各级放大电路之间通过级间匹配电路相连,第一级放大电路的输入端连接输入匹配单元150的输出端,最后一级放大电路通过输出匹配电路与外部的天线之间阻抗匹配。如图3所示,以功率放大单元110包括两级放大电路1101为例,第一级放大电路和第二级放大电路之间通过级间匹配电路相连,第一级放大电路的输入端连接输入匹配单元150的输出端,第二级放大电路通过输出匹配电路与外部的天线之间阻抗匹配。其中,每一级放大电路1101、级间匹配电路及输出匹配电路为现有常规电路,在此不再赘述。

[0045] 偏置电路,用于为相应的放大电路提供偏置电压和工作电流。如图3所示,以两级放大电路为例,第一级放大电路和第二级放大电路分别连接一个偏置电路1103。每个偏置电路1103,包括第一晶体管HBT1、第二晶体管HBT2、第三晶体管HBT3、电容C1、第一电阻R1和第二电阻R2;偏置电路1103各部分之间的连接关系如下:第一晶体管HBT1的集电极连接电源电压V<sub>dd</sub>,第一晶体管HBT1的发射极通过第一电阻R1连接对应的放大电路的偏置端,第一晶体管HBT1的基极分别连接电容C1的一端、第二晶体管HBT2的集电极及第二电阻R2的一端,电容C1的另一端接地,第二晶体管HBT2的集电极连接其基极,第二电阻R2的另一端连接偏置电压V<sub>reg</sub>,第二晶体管HBT2的发射极分别连接第三晶体管HBT3的基极和集电极,第三晶体管HBT3的发射极接地。

[0046] 电源单元120,用于为功率放大单元110与检测单元130提供所需的电压和电流。该电源单元120采用线性稳压电源实现。

[0047] 如图3所示,在本发明的一个实施例中,检测单元130采用功率检测模块1301,功率

检测模块1301的输入端连接功率放大单元110 某一级放大电路的输出端,功率检测模块1301的输出端连接输入匹配单元150的输入端。通过功率检测模块1301实时采集功率放大单元 110的某一级放大电路的输出功率,并转化成与该输出功率大小正相关的直流电压。功率检测模块1301可以采用检波器实现,例如可以采用对数检波器、均值检波器或者峰值检波器实现。

[0048] 如图3~图5所示,输入匹配单元150不仅用于功率放大单元110 的输入匹配,还用于抵消功率放大单元110产生的相位变化,从而实现功率放大单元110最终输出的射频信号的相位不变。输入匹配单元 150具有多种结构形式。具体参照图3所示,第一种输入匹配单元150 包括至少一个第一LC匹配电路,每个第一LC匹配电路的输入端连接功率检测模块1301的输出端,最后一个第一LC匹配电路的输出端连接功率放大单元110的输入端。每个第一LC匹配电路由并联到地第一电感L1和串联第一压控电容C1组成,并且第一压控电容C1的非接地端连接功率检测模块1301的输出端。并且,最后一个第一LC匹配电路的第一压控电容C1的非接地端还连接功率放大单元110的输入端。根据射频信号的频率、带宽,调整第一LC匹配电路的数量。

[0049] 如图3所示,为了便于对本发明实施例的理解,以射频信号的频率和带宽较小为例,则输入匹配单元150可以包括一个第一LC匹配电路,而该第一LC匹配电路由并联到地第一电感L1和串联第一压控电容C1组成。其中,第一压控电容C1采用CMOS工艺实现,其工作特点是电容的大小根据该第一压控电容C1两端的电压差不同而变化,从而影响通过输入匹配单元150的射频信号的相位变化,该射频信号的相位变化和功率放大单元110导致的射频信号相位的变化相反,因此可以抵消功率放大单元110产生的相位变化,实现功率放大单元110最终输出的射频信号的相位不变。

[0050] 具体地说,功率放大单元110在其输出功率逐渐增大的过程中,输出的射频信号的相位会发生改变。一种情况,随着功率放大单元110 输出功率逐渐增大,其输出的射频信号的相位逐渐增大,即功率放大单元110输出的射频信号的相位与其输出功率成正向变化。此时,调整第一压控电容C1为正极性,使得第一压控电容C1两端的电压差为正,通过输入匹配单元150的射频信号的相位与第一压控电容C1两端的电压差成反向变化;因此,随着功率放大单元110输出功率逐渐增大,功率检测模块1301的输出电压会逐渐增大,该输出电压控制输入匹配单元150中的第一压控电容C1正极端的电压,而第一压控电容C1负极端的电压为零(因为第一电感L1接地),结合公式(1) 不难得出:在固定射频信号的频率下,第一压控电容C1两端的电压差随着功率放大单元110输出功率的增大而增大,第一压控电容C1的电容会随着功率放大单元输出功率增大而增大,而通过输入匹配单元150的射频信号的相位会随着功率放大单元输出功率增大而减小,即通过输入匹配单元150的射频信号的相位与功率放大单元输出功率成反向变化,通过输入匹配单元150的射频信号的相位的变化与功率放大单元 110导致的射频信号相位的变化相反,可以抵消功率放大单元110产生的相位变化,从而实现功率放大单元110最终输出的射频信号的相位不变。

$$[0051] \quad \theta = K * \arctan\left(\frac{1}{C_1 * 2\pi f}\right) \quad (1)$$

[0052] 其中, $\theta$ 表示通过输入匹配单元150的射频信号的相位,K表示比例系数,C1表示第一压控电容,f表示射频信号的频率。

[0053] 另一种情况,如图6A所示,随着功率放大单元110输出功率逐渐增大,其输出的射频信号的相位可以逐渐减小,即功率放大单元110输出的射频信号的相位与其输出功率成反向变化。此时,调整第一压控电容C1为负极性,使得第一压控电容C1两端的电压差为负,通过输入匹配单元150的射频信号的相位与第一压控电容C1两端的电压差成正向变化;同样,随着功率放大单元110输出功率逐渐增大,功率检测模块1301的输出电压会逐渐增大,该输出电压控制输入匹配单元150中的第一压控电容C1负极端的电压,而第一压控电容C1正极端的电压为零(因为第一电感L1接地),因此第一压控电容C1两端的电压差随着功率放大单元110输出功率的增大而减小,第一压控电容C1的电容会随着功率放大单元输出功率增大而减小,而通过输入匹配单元150的射频信号的相位会随着功率放大单元输出功率增大而增大,即通过输入匹配单元150的射频信号的相位与功率放大单元输出功率成正向变化,通过输入匹配单元150的射频信号的相位的变化与功率放大单元110导致的射频信号相位的变化相反,可以抵消功率放大单元110产生的相位变化,从而实现功率放大单元110最终输出的射频信号的相位不变,如图6B所示,当射频信号输入到本射频功率放大器后,射频功率放大器输出的射频信号的相位变化趋近于零。

[0054] 如图4所示,第二种输入匹配单元150包括至少一个第二LC匹配电路,每个第二LC匹配电路的输入端连接功率检测模块1301的输出端,最后一个第二LC匹配电路的输出端连接功率放大单元110的输入端。每个第二LC匹配电路由串联第二电感L2和并联到地第二压控电容C2组成,并且第二压控电容C2的非接地端连接功率检测模块1301的输出端。并且,最后一个第二LC匹配电路的第二压控电容C2的非接地端还连接功率放大单元110的输入端。根据射频信号的频率、带宽,调整第二LC匹配电路的数量。

[0055] 如图4所示,为了便于对本发明实施例的理解,同样以射频信号的频率和带宽较小为例,则输入匹配单元150可以包括一个第二LC匹配电路,而该第二LC匹配电路由串联第二电感L2和并联到地第二压控电容C2组成。其中,第二压控电容C2也是采用CMOS工艺实现,其工作特点是电容的大小根据该第二压控电容C2两端的电压差不同而变化,从而影响通过输入匹配单元150的射频信号的相位变化,该射频信号的相位变化和功率放大单元110导致的射频信号相位的变化相反,因此可以抵消功率放大单元110产生的相位变化,从而实现功率放大单元110最终输出的射频信号的相位不变。具体地说,在固定射频信号的频率下,如公式(2),其中 $(1-K2*C2)$ 为正值,因此第二压控电容C2变大,通过输入匹配单元150的射频信号的相位 $\theta$ 减小。第二种输入匹配单元150实现功率放大单元110最终输出的射频信号的相位不变的具体过程同第一种输入匹配单元150,在此就不再赘述了。

$$[0056] \quad \theta = -\arctan\left(\frac{K1}{1-K2*C2}\right) \quad (2)$$

[0057] 其中, $\theta$ 表示通过输入匹配单元的射频信号的相位,K1、K2表示比例系数,C2表示第二压控电容。

[0058] 如图5所示,第三种输入匹配单元150包括至少一个第一LC匹配电路和第二LC匹配电路;每个第一LC匹配电路和每个第二LC匹配电路的输入端分别连接功率检测模块1301的输出端,最后一个第一LC匹配电路和最后一个第二LC匹配电路的输出端分别连接功率放大单元110的输入端。其中,第一LC匹配电路和第二LC匹配电路的结构及分别与功率检测模块1301、功率放大单元110的连接关系同上,第三种输入匹配单元通过第一LC匹配电路和第

二LC匹配电路实现功率放大单元110最终输出的射频信号的相位不变的具体过程同第一种输入匹配单元150,在此就不一一赘述了。

[0059] 如图7所示,在本发明的另一个实施例中,检测单元130采用电流采集电路1302和偏置电压产生电路1303;电流采集电路1302的输入端连接与某一级放大电路连接的偏置电路的第一晶体管HBT1的集电极,电流采集电路1302的输出端连接偏置电压产生电路1303的输入端,偏置电压产生电路1303的输出端连接输入匹配单元150的输入端,即偏置电压产生电路1303的输出端连接输入匹配单元150的第一压控电容C1和/或第二压控电容C2的非接地端。通过电流采集电路1302实时采集功率放大单元110的工作电流,并将该工作电流输入到偏置电压产生电路1303,转化成与该工作电流大小正相关的直流电压。其中,电流检测电路1302和偏置电压产生电路1303可以用现有的常规电路实现,在此不再详述。

[0060] 具体地说,功率放大单元110中任意一级放大电路所连接的偏置电路的第一晶体管HBT1上的工作电流会随着功率放大单元110的输出功率的增大而增大。如图8所示,电流检测电路1302检测第一晶体管HBT1上的工作电流,经过偏置电压产生电路1303转化为与该工作电流大小正相关的直流电压,因此随着功率放大单元110的输出功率的增大,偏置电压产生电路1303输出的直流电压也会增大,该输出的直流电压输入到输入匹配单元150,使得通过输入匹配单元150的射频信号的相位会与功率放大单元的输出功率成正向或反向变化。通过改变相应的压控电容的极性,使得输入匹配单元150的射频信号的相位的变化与功率放大单元110导致的射频信号相位的变化相反,可以抵消功率放大单元110产生的相位变化,从而实现功率放大单元110最终输出的射频信号的相位不变,从而保证本射频前端模块的线性度最优。如图9所示,ACPR是描述射频功率放大器线性度的一个指标,ACPR越小射频功率放大器线性度越好。图9中,较粗曲线为使用本射频功率放大器后,随着射频功率放大器的输出功率的增加,其线性度明显高于较细曲线表示的未使用本射频功率放大器的线性度。其中,输入匹配单元150实现功率放大单元110最终输出的射频信号的相位不变的具体过程同上,在此不再赘述。

[0061] 本发明所提供的射频功率放大器通过控制单元根据不同频段、不同功率等级模式,改变功率放大单元的输出功率与检测单元的输出电压的函数关系,并利用检测单元将检测的功率放大单元的输出功率或工作电流,转化成相应的电压后,输入到输入匹配单元,以使得输入到功率放大单元的射频信号的相位变化与功率放大单元产生的相位变化相反,使得功率放大单元最终输出的射频信号的相位不变,从而实现不同模式下功率放大单元输出的射频信号的相位失真的补偿,提高射频前端模块的线性度指标。

[0062] 本发明所提供的射频功率放大器可以应用在射频前端模块中。该射频前端模块包括但不限于Wifi射频前端模块和多模多频射频前端模块。

[0063] 其中,如图10所示,该射频前端模块除了包括本射频功率放大器以外,还可以包括开关单元140,开关单元140分别连接射频功率放大器的控制单元100、电源单元120和功率放大单元110。通过开关单元140将经射频功率放大器放大后的射频信号传输至天线,通过天线发送至基站,以实现射频前端模块将射频信号发送至基站。开关单元140可以采用单刀多掷开关或多刀多掷开关实现。

[0064] 当需要在射频前端模块与基站之间实现双向传输射频信号时,如图11所示,还可以在射频前端模块中设置低噪声放大器160,低噪声放大器160连接开关单元140;通过低噪

声放大器160将来自基站发射的射频信号进行功率放大后,发送至收发器进行解调。

[0065] 本发明所提供的射频前端模块可以被用在射频芯片中。对于该射频芯片中的射频功率放大器的具体结构,在此就不再一一详述了。

[0066] 另外,上述的射频功率放大器/射频前端模块还可以被用在通信终端中,作为射频电路的重要组成部分。这里所说的通信终端指可以在移动环境中使用、支持GSM,EDGE、TD\_SCDMA、TDD\_LTE、FDD\_LTE等多种通信制式的计算机设备,包括但不限于移动电话、笔记本电脑、平板电脑、车载电脑等。此外,该射频功率放大器也适用于其他通信技术应用场合,例如兼容多种通信制式的通信基站等,在此就不一一详述了。

[0067] 以上对本发明所提供的射频功率放大器、射频前端模块和通信终端进行了详细的说明。对本领域的一般技术人员而言,在不背离本发明实质内容的前提下对它所做的任何显而易见的改动,都将属于本发明专利权的保护范围。

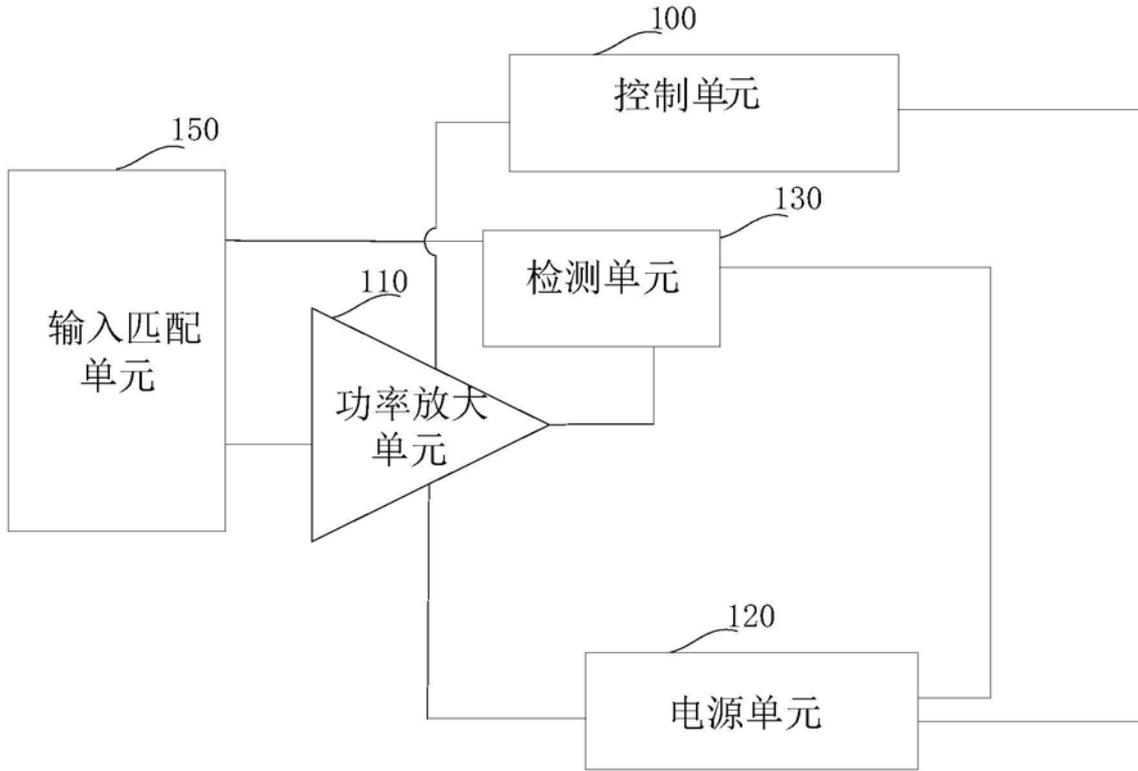


图1

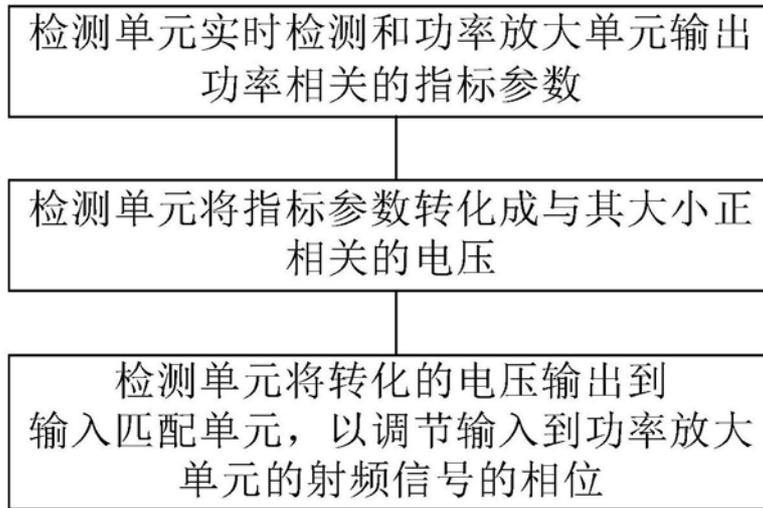


图2

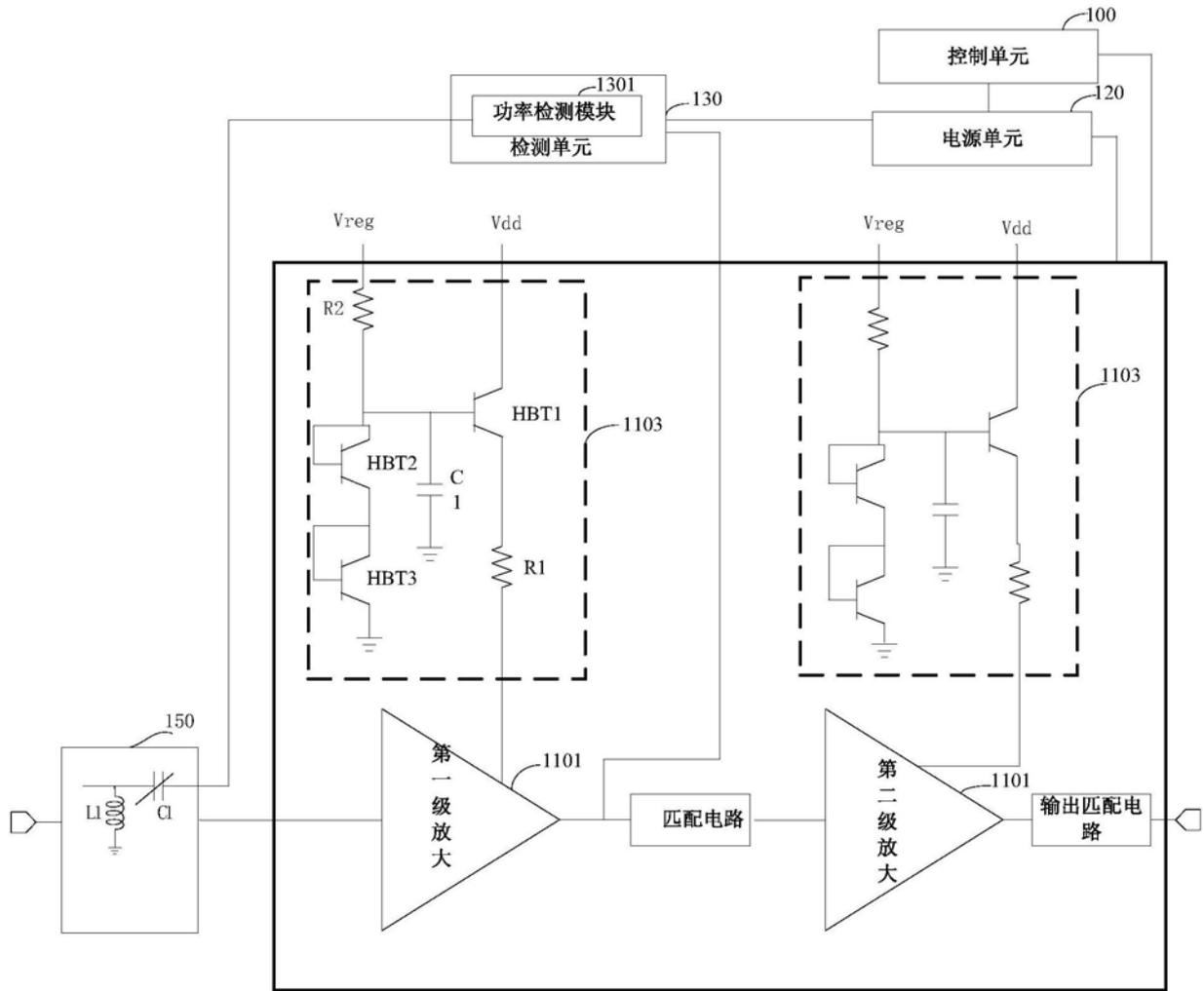


图3

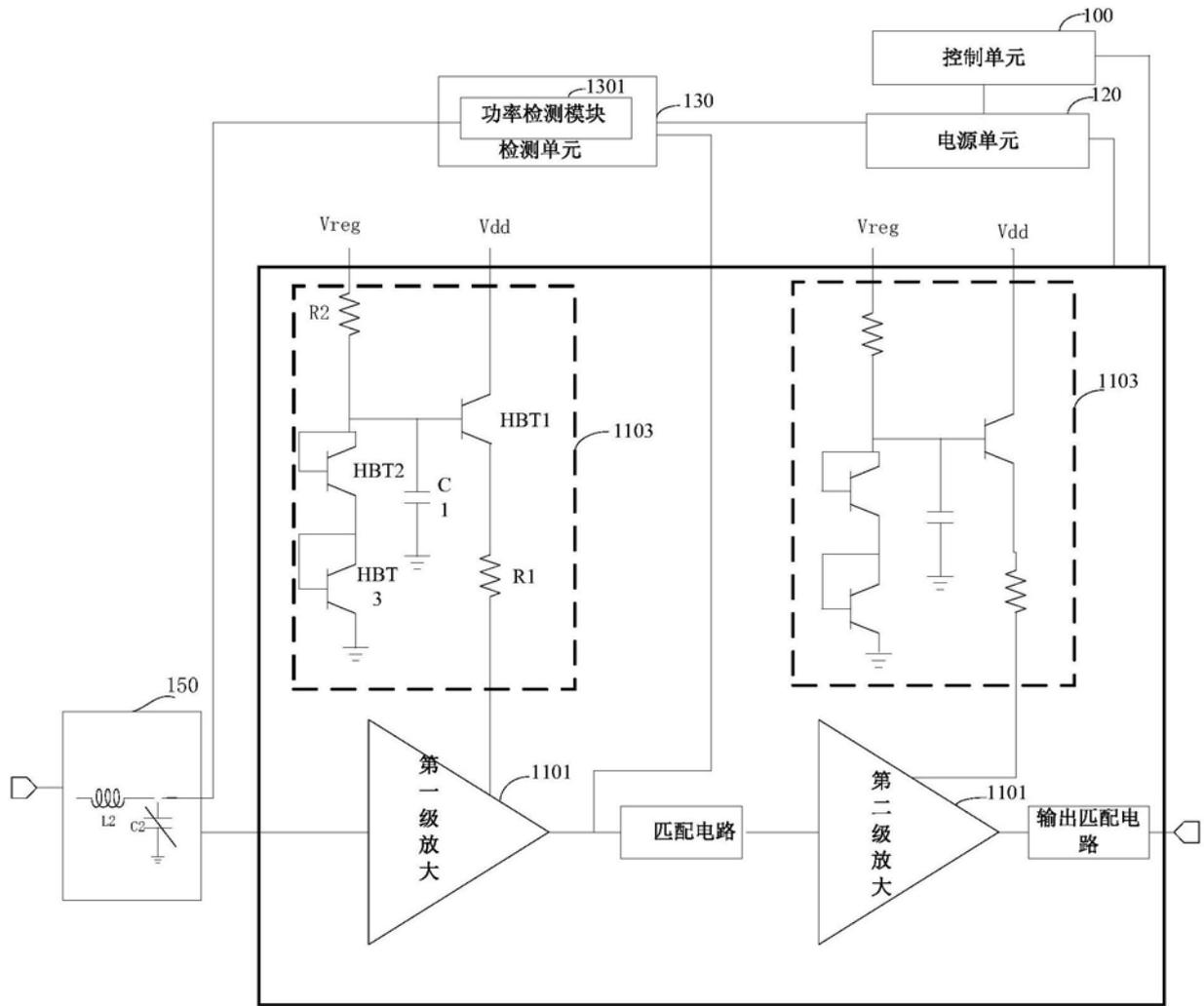


图4

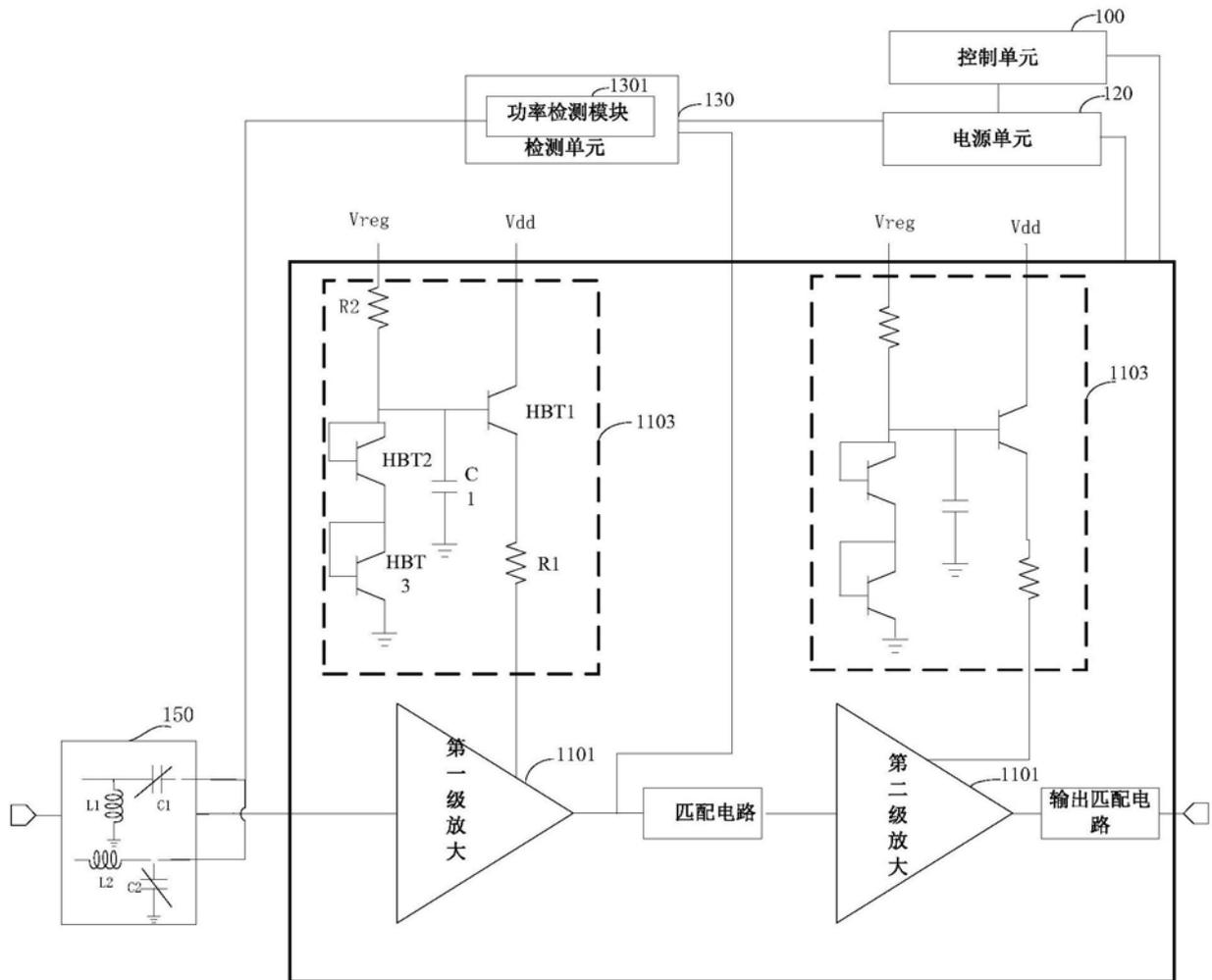


图5

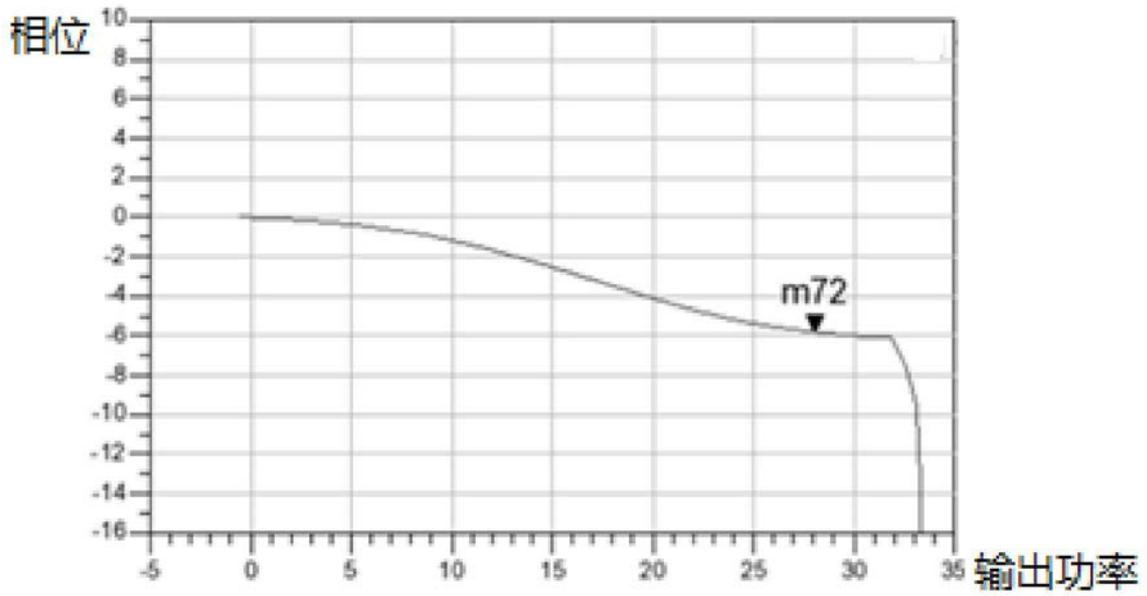


图6A

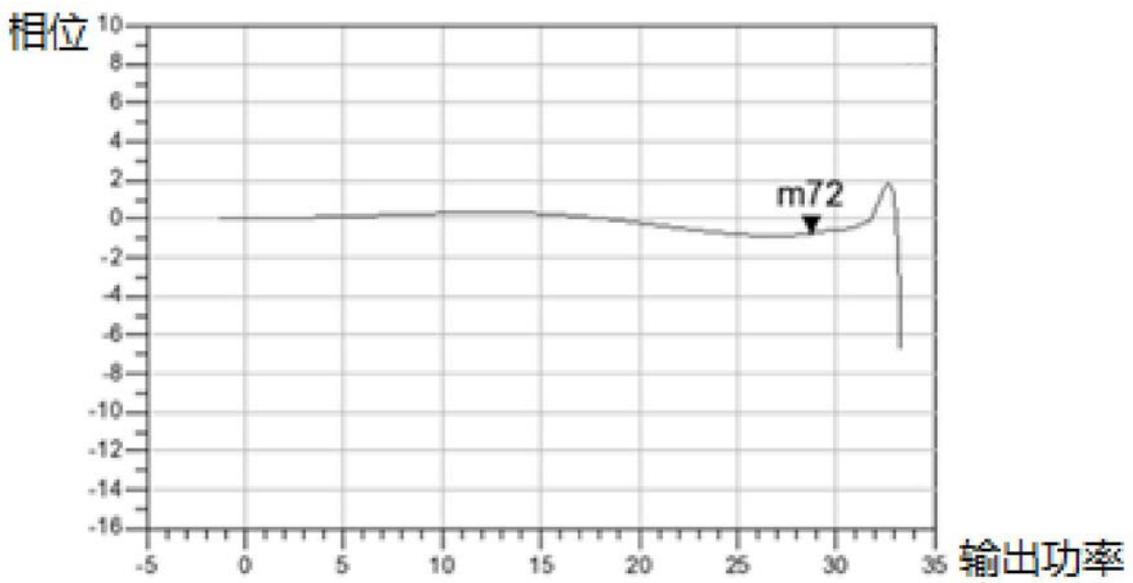


图6B



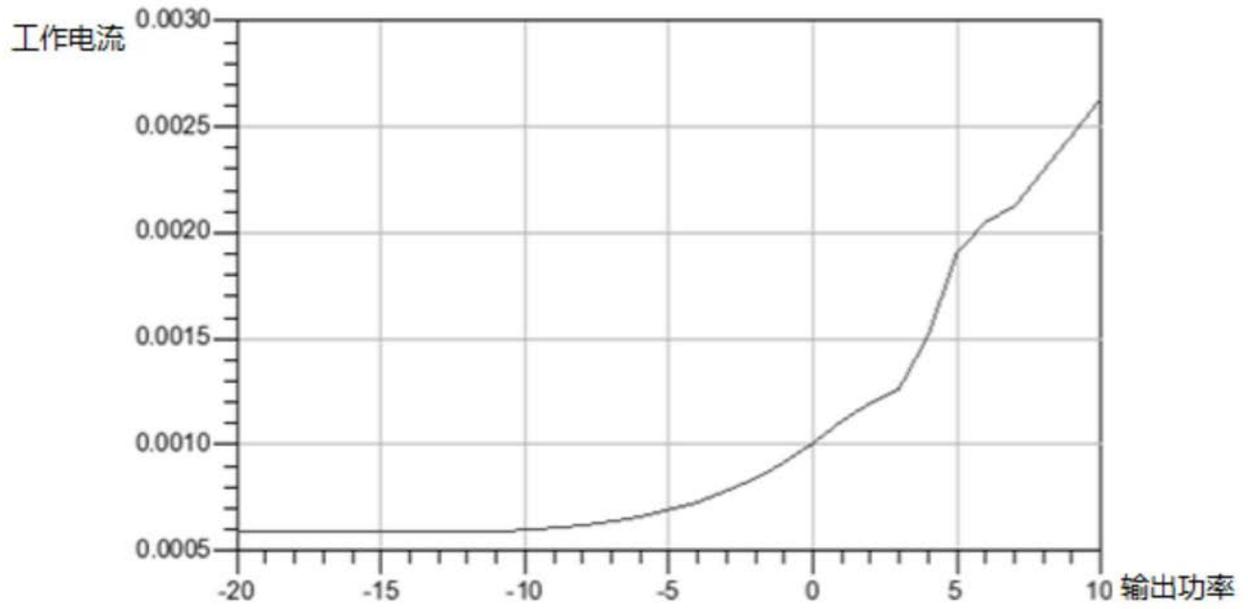


图8

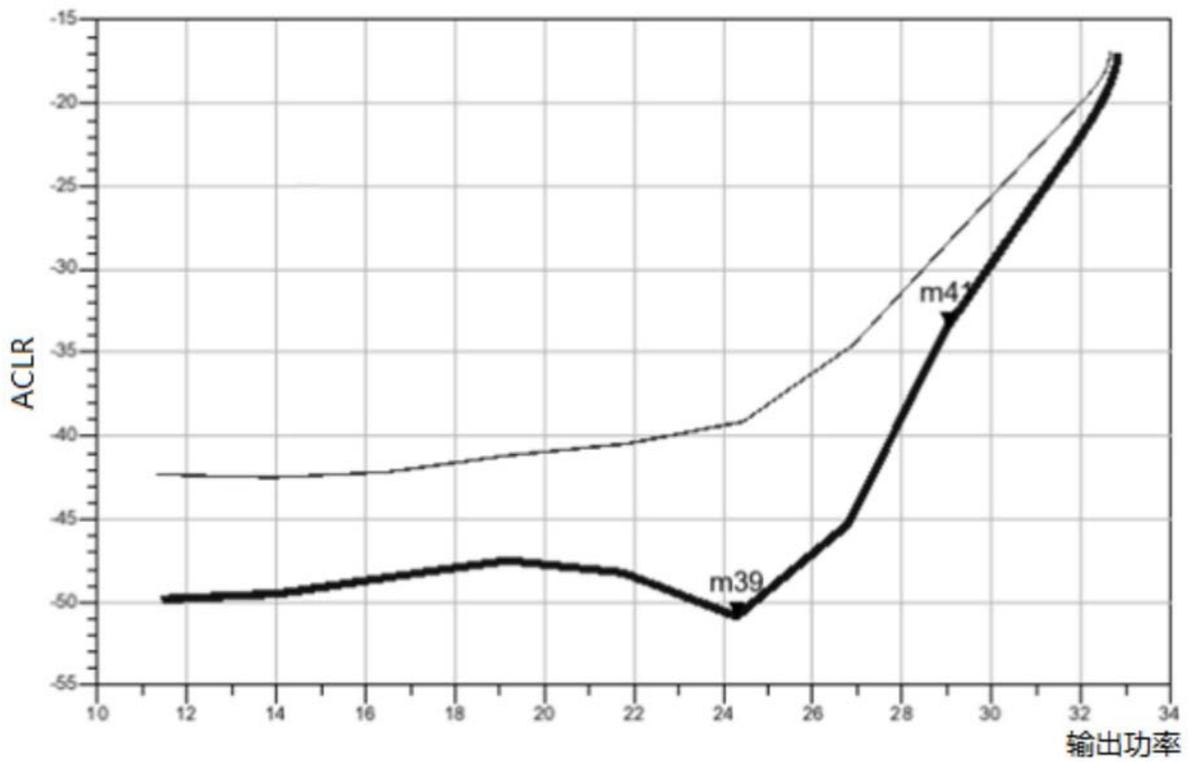


图9

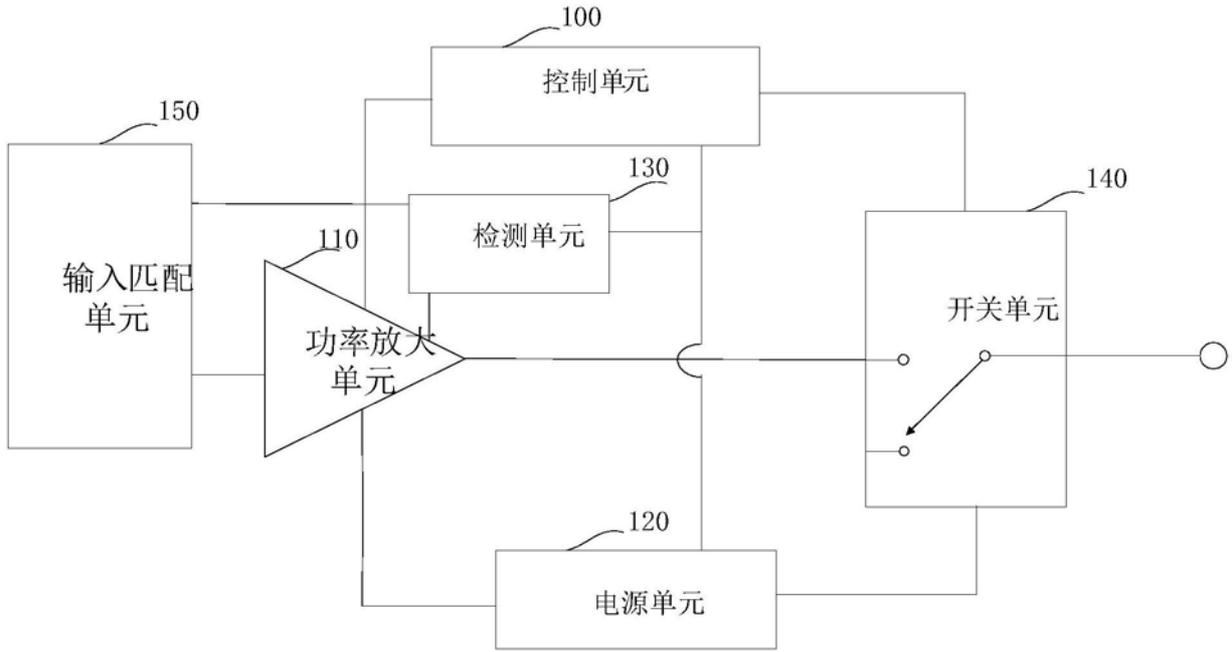


图10

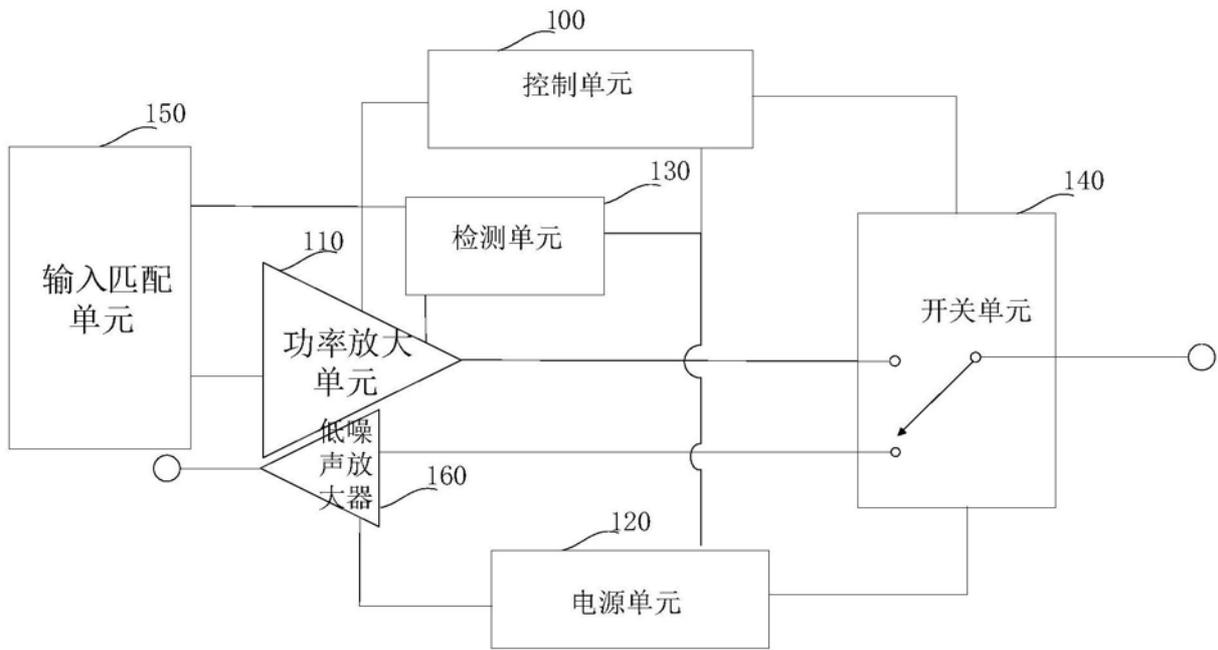


图11