

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2015 年 7 月 9 日 (09.07.2015)



(10) 国际公布号
WO 2015/101147 A1

- (51) 国际专利分类号:
H03F 3/20 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2014/093426
- (22) 国际申请日: 2014 年 12 月 10 日 (10.12.2014)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201310746618.8 2013 年 12 月 30 日 (30.12.2013) CN
- (71) 申请人: 国民技术股份有限公司 (NATIONZ TECHNOLOGIES INC.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新南区粤兴三道 9 号华中科技大学产学研基地 A 座 2-8 层, Guangdong 518057 (CN)。
- (72) 发明人: 张黎阳 (ZHANG, Liyang); 中国广东省深圳市南山区高新南区粤兴三道 9 号华中科技大学产学研基地 A 座 2-8 层, Guangdong 518057 (CN)。 龙华 (LONG, Hua); 中国广东省深圳市南山区高新南区粤兴三道 9 号华中科技大学产学研基地 A 座 2-8 层, Guangdong 518057 (CN)。 赵睿 (ZHAO, Qian); 中国广东省深圳市南山区高新南区粤兴三道 9 号

华中科技大学产学研基地 A 座 2-8 层, Guangdong 518057 (CN)。 唐东杰 (TANG, Dongjie); 中国广东省深圳市南山区高新南区粤兴三道 9 号华中科技大学产学研基地 A 座 2-8 层, Guangdong 518057 (CN)。 程珍娟 (CHENG, Zhenjuan); 中国广东省深圳市南山区高新南区粤兴三道 9 号华中科技大学产学研基地 A 座 2-8 层, Guangdong 518057 (CN)。

(74) 代理人: 深圳市瑞方达知识产权事务所 (普通合伙) (SHENZHEN REFINED INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE (GENERAL PARTNERSHIP)); 中国广东省深圳市南山区科兴路 11 号深南花园裙楼 B 区 208 室, Guangdong 518057 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST,

[见续页]

(54) Title: MULTI-MODE MULTI-FREQUENCY POWER AMPLIFIER

(54) 发明名称: 多模多频功率放大器

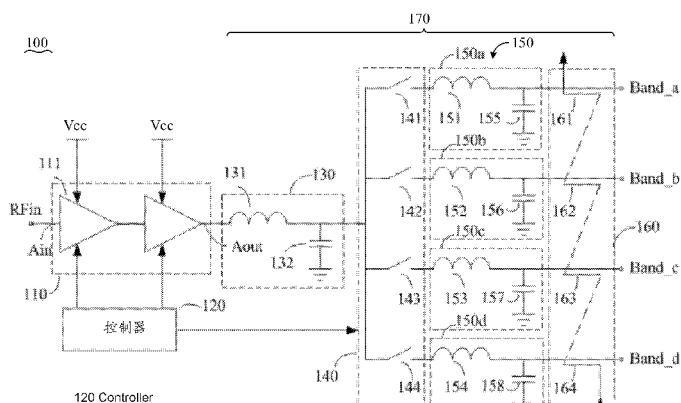


图 1/ Fig. 1

(57) Abstract: Provided is a multi-mode multi-frequency power amplifier (100), comprising: a controller (120) for receiving and outputting control signals based on external signals; a broadband amplifier channel (110) for receiving single-frequency or multi-frequency radio-frequency (RF) signals via an input end, conducting power amplification on the RF signals, and outputting the signals via an output end; a fundamental wave impedance converter (170) comprising a first segment (130) shared by RF signals in respective frequency bands, a second segment (150) dedicated for RF signals in each frequency band, and a switch circuit (140), the switch circuit (140) being controlled by the controller (120) to switchably separate the RF signals with amplified power to the second segment (150) for multiple outputs.

(57) 摘要: 提供一种多模多频功率放大器 (100), 所述多模多频功率放大器 (100) 包括: 控制器 (120), 接收并根据外部信号输出控制信号; 宽带放大器通道 (110), 输入端接收单频或多频的射频信号, 对射频信号进行功率放大并通过输出端输出; 基波阻抗变换器 (170), 包括各频带射频信号共用的第一节段 (130)、各频带射频信号专用的第二节段 (150) 以及开关电路 (140), 开关电路 (140) 受控制器 (120) 控制可切换地将经功率放大的射频信号分离至第二节段 (150) 以多路输出。



WO 2015/101147 A1



SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, ZA, ZM, ZW。

HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO,
PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,
CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE,
SN, TD, TG)。

- (84) **指定国** (除另有指明, 要求每一种可提供的地区
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚
(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

多模多频功率放大器

技术领域

- [1] 本发明属于通讯领域，尤其涉及一种多模多频 (Multi-Mode Multi-Band , MMMB) 功率放大器 (Power Amplifier , PA)。

背景技术

- [2] 步入 3G/4G 时代之后，随着移动通信制式的不断增多、用户对终端设备漫游及数据等功能要求的增强、以加之市场对终端设备向后兼容的要求，智能型、多模多频、双卡双待、双卡双通移动终端设备成为产品趋势，其中终端设备的多模多频功能已极为重要。
- [3] 由于大多数移动终端设备由电池供电，射频终端占据终端耗电的极大部分，因此移动终端设备中的射频前端产品，尤其是功率放大器，均是在系统要求线性度许可范围内尽可能提高效率，亦即增功效率。为提高功率放大器的效率，一方面须尽量使用高效率有源器件，如化合物半导体技术和器件，例如：GaAs HBT (GaAs Heterojunction Bipolar Transistor , 砷化镓异质结双极晶体管) , SiGe HBT (SiGe Heterojunction Bipolar Transistor , 锗化硅异质结双极晶体管) 等；另一方面须使用正确的基波阻抗变换器结构将 50Ω 标准基波阻抗转化为兼顾线性度和增功效率的最佳输出基波阻抗，即优化有源器件的输出负载基波阻抗。对于电源供电电压通常在 3.7V 左右的移动通信终端设备，使得最大输出功率模式下的最佳输出基波阻抗通常在 $2.5\Omega\sim5\Omega$ 附近。然而不巧的是，适合射频前端产品用的能实现 50Ω 至 $2.5\Omega\sim5\Omega$ 基波阻抗转换的传统基波阻抗变换器结构通常具有窄带特性。因此，实用产品须针对各个频段或相近频段实施优化，亦即每个频段具有专用的输出负载基波阻抗转换器。
- [4] 实施上，在多模多频需求出现之前，移动通信终端设备用功率放大器大多是一个针对单一或相近频段的放大器通道和一个针对单一或相近频段的输出基波阻抗变换器的组合体，如单通道单频或双频 UMTS (Universal Mobile Telecommunications System , 通用移动通信系统) 功率放大器以单一组合体覆盖

两个相邻频段，双通道 Quad-Band（多频） GSM/GPRS/EDGE FEM（Front End Module，前端模块）以两个组合体覆盖两对相邻频段。传统技术 MMMB PA（多模多频功率放大器）实现延用上述方法，即根据输出基波阻抗变换器的瞬时带宽能力，将所感兴趣的频段分段覆盖，为每个输出基波阻抗变换器配置一个放大器通道。而当下，移动通信终端设备用射频前端行业存在强烈竞争，在保持射频前端产品各项性能的前提下实现产品低成本化乃至超低成本化成为长期的目标，而为每个输出基波阻抗变换器配置一个放大器通道存在成本高、模块面积大的问题。

发明内容

- [5] 基于此，有必要提供一种通过放大器通道的复用降低射频前端的成本和模块面积的多模多频功率放大器。
- [6] 一种多模多频功率放大器，包括：
- [7] 控制器，接收并根据外部信号输出控制信号；
- [8] 宽带放大器通道，受所述控制器控制，输入端接收单频或多频的射频信号，对所述射频信号进行功率放大并通过输出端输出；
- [9] 基波阻抗变换器，包括各频带射频信号共用的第一节段、各频带射频信号各自专用的第二节段以及开关电路，所述开关电路耦接于所述第一节段和所述第二节段之间，所述第一节段与所述宽带放大器通道的输出端连接，且所述第二节段的输出端形成相应频段的最佳输出基波阻抗，所述开关电路受所述控制器控制可切换地将经功率放大的所述射频信号分离至所述第二节段以多路输出，其中每一路输出对应一个频带。
- [10] 在其中一个实施例中，所述第一节段为共用匹配电路，所述共用匹配电路的输入端与所述宽带放大器通道的输出端连接，对经功率放大的所述射频信号进行初级输出基波阻抗匹配后输出；
- [11] 所述第二节段为多个专用匹配电路，所述多个专用匹配电路对相应频带的经初级输出基波阻抗匹配后的射频信号匹配到最佳输出基波阻抗后输出；
- [12] 所述开关电路为第一开关阵列，所述第一开关阵列包括多个第一开关器件，该多个第一开关器件受所述控制器控制，将相应频带的经初级输出基波阻抗匹配

后的射频信号耦合到对应的所述专用匹配电路。

- [13] 在其中一个实施例中，所述共用匹配电路为低基波阻抗电路，所述专用匹配电路为高基波阻抗电路。
- [14] 在其中一个实施例中，所述共用匹配电路包括第一电感和第一电容，所述第一电感的一端接收经功率放大的射频信号，另一端与多个所述第一开关器件的输入端连接并通过所述第一电容接地。
- [15] 在其中一个实施例中，所述基波阻抗变换器还包括谐波阻抗调谐器，所述谐波阻抗调谐器受所述控制器控制，在所述宽带放大器通道的输出端形成相应频段的最佳输出谐波阻抗。
- [16] 在其中一个实施例中，所述基波阻抗变换器还包括所述多个可级联的定向耦合器，分别耦合到所述多个专用匹配电路的输出端。
- [17] 在其中一个实施例中，每个所述专用匹配电路包括第二电感和第二电容，所述第二电感的一端与对应的所述第一开关器件连接，接收初级输出基波阻抗匹配后的射频信号，所述第二电感的另一端通过所述第二电容接地，并输出已匹配到最佳输出基波阻抗的射频信号。
- [18] 在其中一个实施例中，每个所述谐波阻抗调谐器包括第二开关阵列和一个或多个 LC 谐振器，所述第二开关阵列包括一个或多个受所述控制器控制的第二开关器件；
- [19] 所述 LC 谐振器的一端与所述宽带放大器通道的输出端耦合，另一端通过所述第二开关器件接地。
- [20] 在其中一个实施例中，所述多模多频功率放大器还包括第三开关阵列，所述第三开关阵列包括多个受所述控制器控制的第三开关器件，所述多个第三开关器件一端与所述宽带放大器通道的输入端耦接，另一端分别接收来自不同外部端口的单频或多频的所述射频信号。
- [21] 在其中一个实施例中，所述控制器包括电压调节器和译码器，所述控制器以所述电压调节器的输出电压为参考，输出包含模拟域和 / 或数字域的控制信号，所述译码器用于对外部指令进行译码。
- [22] 在其中一个实施例中，所述控制器还包括寄存器，所述寄存器用于存储所述外

部指令。

- [23] 上述多模多频功率放大器最大限度共用成本较为昂贵宽带放大器通道和基波阻抗变换器的低基波阻抗第一节段，将充分利用低成本的开关电路设计在多节基波阻抗变换电路的第一节段和第二节段的结合部，可极其方便地实施选择、调节、组合、合并从而形成针对各频段的完整的输出负载基波阻抗变换电路。一方面，使用一个宽带放大器通道覆盖多个频段的同时，保持原有单一通道覆盖单一频段所拥有的增功效率，另一方面宽带放大器通道以及基波阻抗变换器的第一节段被充分共用，极其有利于 MMMB PA 的小型化和低成本化。在控制器控制下，根据来自于平台的外部信号，进行宽带放大器通道及基波阻抗变换器相应通道的选择、调节、组合、合并，进而对每个特定频段特定模式形成放大链路，实现诸频段首选线性输出功率和增功效率所要求的最佳输出负载基波阻抗。保持包括增益、效率、线性度、杂散、稳定裕度、耐受性等在内的 MMMB PA 各项性能指标的同时，降低移动通信终端设备用射频前端产品尤其是 MMMB PA 产品的成本。

附图说明

- [24] 图 1 是第一个实施例中的多模多频功率放大器的原理图；
[25] 图 2 是第二个实施例中的多模多频功率放大器的原理图；
[26] 图 3 是第三个实施例中的多模多频功率放大器的原理图；
[27] 图 4 是一个实施例中的多模多频功率放大器的控制器的原理图；
[28] 图 5 是另一个实施例中的多模多频功率放大器的控制器的原理图。

具体实施方式

- [29] 为了使本发明要解决的技术问题、技术方案及有益效果更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。
- [30] 随着新型半导体开关器件和技术，如 SOI 等的成熟，以及 SMT（Surface Mounted Technology 表面贴装技术）-Free 和 flip-chip（倒装芯片）等封装技术的成熟和低成本化进程，使得传统 MMMB PA 实现成本出现进一步节省的可能性。这一可能性存在于这样一个事实：在常用移动通信频段中放大器通道的带

宽特性大幅度优于输出基波阻抗变换器的带宽特性。因此，可以通过 宽带放大器通道 的复用降低移动终端设备中的射频前端产品的成本，所述方法尤其适用于覆盖较大频段间隔的 MMMB PA。

[31] 本发明拟解决移动通信终端设备用射频前端产品尤其是 MMMB PA 产品中 宽带放大器通道 以及 MMMB PA 输出基波阻抗变换器的多模多频复用的技术问题，以期在保持各项性能指标的同时，降低移动通信终端设备用射频前端产品尤其是 MMMB PA 产品的生产成本。

[32] 结合图 1 至 3，多模多频功率放大器（MMMB PA）100 包括：宽带放大器通道 110、控制器 120 以及基波阻抗变换器 170。宽带放大器通道 110 的电源接口 Vcc 与 APT（Average Power Tracking，平均功率跟踪）、EPT（Envelope Power Tracking，包络功率跟踪）、ET（Envelope tracking，包络跟踪）兼容，控制器 120 接收外部信号的接口（图未示）与 GPIO（General Purpose Input Output，通用输入/输出协议）、SPI（Serial Peripheral Interface，串行外设接口协议）、I²C（Inter-Integrated Circuit，两线式串行总线协议）、MIPI（MIPI Alliance，公司名称）RFFE（Radio Frequency Front End，射频前端--协议）等控制接口标准兼容。

[33] 参考图 1 至 3 宽带放大器通道 110 受控制器 120 控制，宽带放大器通道 110 的输入端 Ain 接收单频或多频的射频（Radio Frequency，RF）信号 RFin，对射频信号 RFin 进行功率放大并通过输出端 Aout 输出。

[34] 宽带放大器通道 110 由一个或多个放大级组成，具有输入端 Ain 和输出端 Aout。宽带放大器通道 110 的各个放大级 111，一方面通过自身的控制接口接受来自控制器 120 的控制信号的控制，实施包括、增益、线性度、效率等参数的工作模式转换；另一方面通过电源接口 Vcc 接受电源供电，以获取放大射频信号所需的直流功率。所述电源可以是来自移动通信终端设备系统的电池组，也可以是来自移动通信终端设备的电源管理电路的输出。更典型地，可以是来自 2G/3G/4G 无线通信系统 APT、EPT、ET 标准的 DC-DC 转换器。

[35] 宽带放大器通道 110 有一个输入端口 Ain 和一个输出端口 Aout，放大进入输入端口 Ain 的各个频带内的 RF 信号并通过输出端 Aout 将其传送至基波阻抗变

换器 170。

- [36] MMMB PA 100 中的宽带放大器通道 110 可由 GaAs HBT, SiGe HBT, GaAs BiFET (Bipolar & Field Effect transistor, 集成三极管和场效应管的工艺), GaAs BiHEMT (Bipolar & High Electron Mobility Transistor, 集成三极管和高电子迁移率晶体管的工艺)、SOI CMOS (Silicon On Insulator Complementary Metal Oxide Semiconductor, 绝缘衬底硅互补金属氧化物半导体)、LDMOS (Laterally Diffused Metal Oxide Semiconductor, 横向扩散金属氧化物半导体) 等器件或工艺以 MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuit, 单片微波集成电路) 的形式实现。并以 SiP (System in Package, 系统级封装)、flip-chip、LGA (Land Grid Array, 栅格阵列封装)、QFN (Quad Flat No-leadPackage, 方形扁平无引脚封装) 等多种封装形式, 且与其它半导体芯片、SMT 器件、基板和 / 或 lead frame (引脚框架) 形成多芯片模块 (Multi Chip Model, MCM) 形式的 MMMB PA 100 或包括 MMMB PA 100 的前端模块。
- [37] 控制器 120 接收并根据 来自于平台的外部信号输出控制信号。控制器 120 与外部平台 (例如是移动终端的操作平台) 的控制接口与 GPIO、SPI、I2C 或 MIPI RFFE 等接口标准兼容, 并可典型地由 SOI CMOS、Bulk Si CMOS (体硅互补金属氧化物半导体) 等器件或工艺以 RFIC (Radio Frequency Integrated Chip, 射频芯片) /Analog IC (模拟芯片) 方式实现, 并以 SiP、flip-chip、LGA、QFN 等多种封装形式, 且与其它半导体芯片、表面封装器件、基板和 / 或 lead frame 形成多芯片模块形式的 MMMB PA 100 或包括 MMMB PA 100 的前端模块。
- [38] 参考图 1, 基波阻抗变换器 170 包括各频带射频信号共用的第一节段 130、各频带射频信号各自专用的第二节段 150 以及开关电路 140, 开关电路 140 耦接于第一节段 130 和所述第二节段 150 之间, 开关电路 140 受控制器 120 控制, 第一节段 130 与宽带放大器通道 110 的输出端 Aout 连接, 且第二节段 150 的输出端形成相应频段的最佳输出基波阻抗, 开关电路 140 在控制器 120 的控制下, 可切换地将经功率放大的射频信号分离至第二节段 150 以多路输出, 其中每一路输出对应一个频带。

- [39] 进一步地，第一节段 130 为共用匹配电路（标号同第一节段，为 130）、开关电路 140 为第一开关阵列（标号同开关电路，为 140），第二节段 150 为多个专用匹配电路，包括多个专用匹配电路 150a~d。最大限度共用宽带放大器通道 110 和基波阻抗变换器 170 的低基波阻抗的第一节段 130，将第一开关阵列 140 设计在第一节段 130 和第二节段 150 的结合部，可极其方便地实施选择、调节、组合、合并从而形成针对各频段的完整的基波阻抗变换电路。
- [40] 共用匹配电路 130 的输入端与宽带放大器通道 110 的输出端 Aout 连接，对经功率放大的射频信号进行初级输出基波阻抗匹配后输出；多个专用匹配电路 150a~d 对相应频带的经初级输出基波阻抗匹配后的射频信号匹配到最佳输出基波阻抗后输出；第一开关阵列 140 包括多个第一开关器件 141~144，该多个第一开关器件 141~144 受控制器 120 控制，将相应频带的经初级输出基波阻抗匹配后的射频信号耦合到对应的专用匹配电路 150a~d。
- [41] 在其中一个实施例中，共用匹配电路 130 包括第一电感 131 和第一电容 132，第一电感 131 的一端接收经功率放大的射频信号，另一端与多个第一开关器件 141~144 的输入端连接并通过第一电容 132 接地。
- [42] 本实施例中，共用匹配电路 130 的是由串联第一电感 131 与并联第一电容 132 的 LC 组合，该 LC 组合将宽带放大器通道 110 所需的 $2\sim 5\Omega$ 的低基波阻抗转换至相对靠近 50Ω 的高基波阻抗。共用匹配电路（第一节段）130 处于基波阻抗变换器 170 的低阻节段，所选择电路拓扑结构、匹配元件的自身损耗对 MMB PA 的增功效率、线性度等性能指标有大的影响，因此公用第一节段 130 选用高 Q（Quality）值器件，它包括一个高 Q 值的第一电感 131 和一个的高 Q 值的第一电容 132。其中，高 Q 值第一电感 131 可能实现方式包括一根或一组邦定线、基板集成电感器、片外 SMT 电感器中的一种或多种组合。以可同等但不限于本发明实施例中的拓扑结构与方式，其可能的变化至少包括拓扑结构意义上的元件位置、连接、个数等；高 Q 值的第一电容 132 的可能实现方式包括在片电容器、SMT 电容器、基板集成电容器中的一种或多种组合。
- [43] 并且，公用的共用匹配电路 130 能以 SiP、flip-chip、LGA、QFN 等多种封装形式，且与其它半导体芯片、SMT 器件、基板和 / 或 lead frame 形成 MCM

形式的 MMMB PA 100 或包括 MMMB PA 100 的前端模块。

- [44] 本实施例中，基波阻抗变换器 170 仅包括的一个公用的共用匹配电路 130，适用于频段间距相对较小的 MMMB PA，比如：700MHz~915MHz (Bands 5、8、12、17~20 等) 或 1.7~2.7GHz (Bands 1~4、7、33~41 等) 的 MMMB PA 100，欲实现覆盖 700MHz~2.7GHz 多个倍频程的 MMMB PA 100 可考虑对通过本发明进行拓展，比如采用附加开关器件对公用的共用匹配电路 130 进行调节和 / 或采用 2 个或 2 个以上宽带放大器通道 110 同时在基波阻抗变换器 170 中使用 2 个或 2 个以上公用共用匹配电路 130。
- [45] 在其中一个实施例中，以专用匹配电路 150a 为例说明，专用匹配电路 150a 包括第二电感 151 和第二电容 155，第二电感 151 的一端与对应的第一开关器 141 件连接，接收初级输出基波阻抗匹配后的射频信号，第二电感 151 的另一端通过第二电容 155 接地，并输出已匹配到最佳输出基波阻抗的射频信号。专用匹配电路 c~d 的具体结构与专用匹配电路 150a 相同，这里不再赘述。
- [46] 在其中一个实施例中，基波阻抗变换器 170 还包括多个可级联的定向耦合器 160，分别耦合到多个专用匹配电路 150a~d 的输出端，定向耦合器 160 精确指示各个输出功率的大小，实际设计中最好采用 EDA 工具的 EM 仿真器计入可级联的定向耦合器 161~164 的影响。
- [47] 本实施例中，基波阻抗变换器 170 中包含有多个专用匹配电路 150a~d，这些专用匹配电路 150a~d 与 MMMB PA 100 的输出各频段 Band_a~d 一一对应从而为各频段所专用。多个专用匹配电路 150a~d 的作用在于将公用第一节段 130 之后的相对靠近 50Ω 的基波阻抗精确转变到 50Ω。也就是说，公用第一节段 130 通过开关阵列 140 与专用第二节段 150 的级联大体上为宽带放大器通道 110 在 Band_a~d 的各频段提供为达到 MMMB PA 100 性能所需最佳输出基波阻抗。
- [48] 多个专用匹配电路 150a~d 的是由第二电感 151、152、153、154 与第二电容 155、156、157、158 组成的多个 LC 组合，这些 LC 组合被精确设计，以便它们与公用第一节段 130、第一开关阵列 140、以及定相耦合器 160 共同作用，准确地将 MMMB PA 100 各频段输出端口 Band_a~d 处的 50Ω 标准基波阻抗转变为宽带放大器通道 110 所需的最佳输出基波阻抗，以使得 MMMB PA 100

能够在各频段各模式下达达到包括增益、效率、线性度、杂散、稳定裕度、耐受性等在内的各项性能指标。

- [49] 实现多个专用匹配电路 150a~d 的 LC 组合具体实现形式上典型地包括单根或多根邦定线、SMT 电感器，在片电感器、基板集成电感器、在片电容器，SMT 电容器以及基板集成电容器中的一种或多种组合。并且，专用第二节段 150 能以 SiP、flip-chip、LGA、QFN 等多种封装形式，且与其它半导体芯片、SMT 器件、基板和 / 或 lead frame 形成 MCM 形式的 MMMB PA 100 或包括 MMMB PA 100 的前端模块。
- [50] 此外，发射功率监控所需的可级联的定向耦合器 160 的个数与专用匹配电路 150a~d 的个数相同，图 1 至 3 示出的定向耦合器 160 包括 4 个，分别为 161、162、163、164。该组可级联的定向耦合器 160 的实现包括采用 SiP 结构中的基板集成微带线、邦定线或 SMT 等形式。特别地，诸频段的可级联的定向耦合器 160 之间的连接形式并不局限于实施例中的串联方式，也可采用并联或串并联方式。
- [51] 第一开关阵列 140 被设计位于公用的第一节段 130 和专用的第二节段 150 之结合部。宽带放大通道 110 所需的 $2\sim 5\Omega$ 低基波阻抗已经经由公用的第一节段 130 转换至相对靠近 50Ω 的高基波阻抗，在此插入开关阵列 140 将极为有效地降低第一开关器件 141~144 所带来插入损耗。
- [52] 第一开关阵列 140 响应来自控制器 120 的控制信号，选择、调节、组合、合并基波阻抗变换器 170 的公用的第一节段 130 和专用的第二节段 150，从而在宽带放大通道 110 的输出端 Aout 形成相应频段所需的最佳输出基波阻抗。
- [53] 第一开关阵列 140 可由 SOI CMOS、GaAs pHEMT（Pseudomorphic HEMT，赝高电子迁移率晶体管）等器件构成，或以工艺 MMIC 的形式实现，如同但不限于图 1 至 3 实施例中的方式，其可能的变化至少开关器件个数差异等。并且，基波阻抗变换器 170 中的第一开关阵列 140 能以 SiP、flip-chip、wire bond（邦线）、LGA、QFN 等多种封装形式，且与其它半导体芯片、SMT 器件、基板、基板集成元件和 / 或 lead frame 形成 MCM 式的 MMMB PA 100 或包括 MMMB PA 100 的前端模块。

- [54] 基波阻抗变换器 170 中的公用的第一节段 130、专用的第二节段 150、可级联级定向耦合器 160 的精确设计最好采用 ADS Momentum、Sonnet、IE3D、HFSS 等 EM (Electro-Magnetic, 电磁场仿真) 仿真工具, 并与宽带放大通道 110 及开关阵列 140 实施电路 -EM 联合仿真。
- [55] 如图 2、3 所示, 在另一个实施例中, MMMB PA 100 还包括第三开关阵列 105, 第三开关阵列 105 包括多个受控制器 120 控制的第三开关器件 101~103, 多个第三开关器件 101~103 的一端与宽带放大器通道 110 的输入端 Ain 耦接, 向宽带放大器通道 110 提供接入的射频信号 RFin, 另一端 (RF 输入端口 Band_a、Band_bc、Band_d) 分别接收来自不同外部端口的单频或多频的射频信号 RFin。
- [56] 图 2 描述一个多输入端口的 MMMB PA 100 的实施例。为与平台芯片组收发器的多个频信号 RFin 输出端口对接, MMMB PA 100 中增加第三开关阵列 105, 它选择 MMMB PA 100 的 RF 输入端口 Band_a、Band_bc (可接入多频)、Band_d 并随后将其连接至宽带放大器通道 110 的输入端口 Ain。
- [57] 第三开关阵列 205 可是为 SPnT 结构, 可由 SOI CMOS、GaAs pHEMT 等器件或工艺以 MMIC 的形式实现, 不限于本实施例中的方式, 其可能的变化至少第三开关器件 101~103 的位置、个数、连接等差异。并且, 第三开关阵列 105 能以 SiP、flip-chip、wire bond、LGA、QFN 等多种封装形式, 且与其它半导体芯片、SMT 器件、基板、基板集成元件和 / 或 lead frame 形成 MCM 式的 MMMB PA 100 或包括 MMMB PA 100 的前端模块。
- [58] 须特别指出的是, 第三开关阵列 205 通常仅需要切换低功率信号, 对其在插入损耗、线性度等方面的性能要求较低, 可采用与宽带放大器通道 110 相同或相兼容的半导体工艺, 并与宽带放大器通道 110 集成与同一芯片上。
- [59] MMMB PA 100 的 RF 输入端口 Band_a、Band_bc、Band_d 的设置一般遵从平台芯片组收发器。在本实施例中, RF 输入端口 Band_a、Band_bc、Band_d 具有可互换性。一般地, 本实施例的 MMMB PA 100 结构中, 经由 STnP (服务器网络时间协议) 连接至同一个宽带放大器通道 100 的输入端 Ain 的诸输入端口具可互换性。

- [60] 如图 3 所示, 在又一个实施例中, 基波阻抗变换器 170 还包括谐波阻抗调谐器 370, 谐波阻抗调谐器 370 受控制器 120 控制, 在宽带放大器通道 110 的输出端 Aout 形成相应频段的最佳输出谐波阻抗。
- [61] 进一步地, 每个谐波阻抗调谐器 370 包括一个或多个 LC 谐振器和第二开关阵列, 第二开关阵列包括一个或多个受控制器控制的第二开关器件; LC 谐振器的一端与宽带放大器通道的输出端耦合, 另一端通过第二开关器件接地。如图 2 所示, LC 谐振器包括第三电感 372、373 和第三电容 371, 第二开关阵列包括第二开关器件 374、375。
- [62] 在宽带放大器通道 110 的输出端 Aout 增加一个谐波阻抗调谐器 370。通常不含开关器件的固定谐波调节器只能在较窄频带内发挥作用, 谐波阻抗调谐器 370 中引入第二开关器件 374、375 可起到宽带调节作用, 使得 MMMB PA 100 在 Band_a~d 较宽频带内获得线性度和增功效率得提升。须指出的是, LC 谐振器在基波频率典型地呈电容特性, 容抗相对较高, 因此适当设计下第二开关器件 374、375 的损耗典型的可被忽略。
- [63] 本实施例中, 第三电容 371 为高 Q 值电容, 第三电感 372、373 为高 Q 值电感, 其中高 Q 值第三电感 372、373 可能实现方式包括一根或一组邦定线, 基板集成电感器、片外 SMT 电感器中的一种或多种组合。不限于实施例中的拓扑结构与方式, 其可能的变化至少包括拓扑结构意义上的元件位置、连接、个数等; 高 Q 值的第三电容 371 的可能实现方式包括在片电容器、SMT 电容器或基板集成电容器中的一种或多种组合。不限于本发明实施例中的拓扑结构与方式的组合, 其可能的变化至少包括拓扑结构意义上元件的位置、连接、个数等。
- [64] 谐波调谐电路 370 中的第二开关器件 374、375 接受来自 MMMB PA 控制器 110 的一组控制信号, 选择、调节、组合、合并谐波调谐电路 370 中的 LC 谐振器, 从而在宽带功率放大器通道输出端口形成诸频段诸模式所需的最佳输出谐波阻抗。
- [65] 事实上, MMMB PA 100 性能对最佳谐波输出阻抗的敏感性远大于对最佳基波输出阻抗的敏感性, 这使得谐波输出阻抗调谐器通常不必要与输出频段一一对应。类似图 3 实施例所描述的具有两个第二开关器件 374、375 所控制的一对

LC 谐振器，LC 谐振器可提供至少 3 个有用的谐波调节状态，适用于频段间距相对较小的 MMMB PA 100，比如典型的 700MHz~915MHz (Bands 5、8、12、17~20 等) 或 1.7~2.7GHz (Bands 1~4、7、33~41 等) 的 MMMB PA。通过巧妙设计，亦可拓展而覆盖一个倍频程的谐波调谐。。

[66] 可调宽带谐波调谐电路 370 中的第二开关器件 374、375 可与第一开关阵列 140 一体以相同的工艺设计。

[67] 在进一步的实施例中，控制器 110 包括电压调节器，控制器 110 以电压调节器的输出电压为参考，输出包含模拟域和 / 或数字域的控制信号。

[68] 在一个实施例中，如图 4 所示，为与 GPIO 控制接口标准兼容的控制器 400，该控制器 400 通常由终端设备电源 V_{batt} 供电，接受来自平台的一组数字控制信号 $V_{m1\sim i}$ 和 $V_{b1\sim j}$ 。结合图 3、4，该组信号中包含有 MMMB PA 100 的频段、模式选择并行方式的外部指令。这些指令被译码器 431 译码后，产生一组控制电压 $V_{ctrl1\sim k}$ ，用于对宽带放大器通道 110 和第一开关阵列 140、第二开关阵列 105、和第三开关阵列（如图 3，包括 374、375）的控制。控制器 400 还包含一个或多个电压调节器 421，电压调节器 421 用于产生一个或一组参考电压，控制电压 $V_{ctrl1\sim k}$ 以该（组）参考电压（中的若干个）为参考。当 MMMB PA 100 采用基于 GaAs HBT, SiGe HBT 等工艺的宽带放大器通道 110 时，该（组）参考电压（中的若干个）还被根据来自平台的一组数字控制信号 $V_{m1\sim i}$ 和 $V_{b1\sim j}$ 分派到控制器 400 的一组模拟控制信号 $V_{reg1\sim l}$ ，该组模拟控制信号 $V_{reg1\sim l}$ 输出端口与 MMMB PA 100 的模拟控制输出端口和 GaAs HBT、SiGe HBT 等工艺的形成的宽待放大器通道 110 的模拟受控端口相连，如基极偏置电路端口，从而，与控制电压 $V_{ctrl1\sim k}$ 共同完成对宽带放大器通道 110 控制。为使宽带放大器通道 110 在一定温度范围均发挥最佳性能，控制电压 $V_{ctrl1\sim k}$ 的输出端口采用 bandgap（带隙基准电路）等方式被设计成具有宽带放大器通道 110 所要求的最优温度系数。

[69] 在另一个实施例中，如图 5 所示，为与 MIPI RF 前端（Front-end）控制接口标准兼容的控制器 500。该控制器 500 通常由终端设备电源 V_{batt} 供电，在时钟 SCLK 和参考电压 VIO 的参与下接受来自平台的一组串行数字控制信号 SDATA

。结合图 3、4，该串行数字控制信号 SDATA 中包含有 MMB PA 100 的频段、模式选择并行方式的外部指令，该指令在时钟 SCLK 和参考电压 VIO 的参与下被写入一组寄存器 502 以暂存储，外部指令被译码器 503 译码后，产生一组控制电压 $V_{ctrl1\sim k}$ ，用于对宽带放大器通道 110 和第一开关阵列 140、第二开关阵列 105、和第三开关阵列（如图 3，包括 374、375）的控制。控制器 500 还包含一个或多个电压调节器 501，用于产生一个或一组参考电压，控制电压 $V_{ctrl1\sim k}$ 的典型地以该（组）参考电压（中的若干个）为参考。当 MMB PA 100 采用基于 GaAs HBT、SiGe HBT 等工艺的宽待放大器通道时，该（组）参考电压（中的若干个）还被根据来自平台的一组数字控制信号 $V_{m1\sim i}$ 和 $V_{b1\sim j}$ 分派到 MMB PA 100 控制器 500 的一组模拟控制信号 $V_{reg1\sim l}$ ，该组模拟控制信号 $V_{reg1\sim l}$ 输出端口与 MMB PA 100 的模拟控制输出端口和 GaAs HBT、SiGe HBT 等工艺的形成的宽待放大器通道 110 的模拟受控端口相连，如基极偏置电路端口，从而，与控制电压 $V_{ctrl1\sim k}$ 共同完成对宽带放大器通道 110 控制。为使宽带放大器通道在一定温度范围均发挥最佳性能，控制电压 $V_{ctrl1\sim k}$ 的输出端口采用 bandgap 等方式被设计成具有宽带放大器通道 110 所要求的最优温度系数。

[70] 尽管上述实施例公开的 MMB PA 100 中的开关阵列（第一开关阵列 140、第二开关阵列 105、和第三开关阵列（如图 3，包括 374、375））通常可由控制电压 $V_{tr1\sim k}$ 独立完成控制，而宽带放大器通道 110 的控制通常可由模拟信号 $V_{reg1\sim l}$ 独立完成控制，但实质上还涵盖控制器 110（400、500）所产生的一组模拟域和 / 或数字域信号共同控制宽带放大器通道 110 和开关阵列的方式。

[71] 与 SPI、I²C 控制接口标准兼容的控制器 110 和上述 MIPI RF 前端（Front-end）控制接口、GPIO 控制接口标准兼容的控制器 110 相似，这里不再赘述。

[72] 此外，还提供了一种通信终端，包括上述的多模多频功率放大器（MMB PA）100。该通信终端可以是手机、PAD、对讲机等。

[73] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种多模多频功率放大器，其特征在于，包括：
- 控制器，接收并根据外部信号输出控制信号；
- 宽带放大器通道，受所述控制器控制，输入端接收单频或多频的射频信号，对所述射频信号进行功率放大并通过输出端输出；
- 基波阻抗变换器，包括各频带射频信号共用的第一节段、各频带射频信号各自专用的第二节段以及开关电路，所述开关电路耦接于所述第一节段和所述第二节段之间，所述第一节段与所述宽带放大器通道的输出端连接，且所述第二节段的输出端形成相应频段的最佳输出基波阻抗，所述开关电路受所述控制器控制可切换地将经功率放大的所述射频信号分离至所述第二节段以多路输出，其中每一路输出对应一个频带。
- [权利要求 2] 根据权利要求 1 所述的多模多频功率放大器，其特征在于，
- 所述第一节段为共用匹配电路，所述共用匹配电路的输入端与所述宽带放大器通道的输出端连接，对经功率放大的所述射频信号进行初级输出基波阻抗匹配后输出；
- 所述第二节段为多个专用匹配电路，所述多个专用匹配电路对相应频带的经初级输出基波阻抗匹配后的射频信号匹配到最佳输出基波阻抗后输出；
- 所述开关电路为第一开关阵列，所述第一开关阵列包括多个第一开关器件，该多个第一开关器件受所述控制器控制，将相应频带的经初级输出基波阻抗匹配后的射频信号耦合到对应的所述专用匹配电路。
- [权利要求 3] 根据权利要求 2 所述的多模多频功率放大器，其特征在于，所述共用匹配电路为低基波阻抗电路，所述专用匹配电路为高基波阻抗电路。
- [权利要求 4] 根据权利要求 2 所述的多模多频功率放大器，其特征在于，所述共用匹配电路包括第一电感和第一电容，所述第一电感的一端接

收经功率放大的射频信号，另一端与多个所述第一开关器件的输入端连接并通过所述第一电容接地。

[权利要求 5] 根据权利要求 2 所述的多模多频功率放大器，其特征在于，所述基波阻抗变换器还包括谐波阻抗调谐器，所述谐波阻抗调谐器受所述控制器控制，在所述宽带放大器通道的输出端形成相应频段的最佳输出谐波阻抗。

[权利要求 6] 根据权利要求 2 所述的多模多频功率放大器，其特征在于，所述基波阻抗变换器还包括所述多个可级联的定向耦合器，分别耦合到所述多个专用匹配电路的输出端。

[权利要求 7] 根据权利要求 2 所述的多模多频功率放大器，其特征在于，每个所述专用匹配电路包括第二电感和第二电容，所述第二电感的一端与对应的所述第一开关器件连接，接收初级输出基波阻抗匹配后的射频信号，所述第二电感的另一端通过所述第二电容接地，并输出已匹配到最佳输出基波阻抗的射频信号。

[权利要求 8] 根据权利要求 7 所述的多模多频功率放大器，其特征在于，每个所述谐波阻抗调谐器包括第二开关阵列和一个或多个 LC 谐振器，所述第二开关阵列包括一个或多个受所述控制器控制的第二开关器件；
所述 LC 谐振器的一端与所述宽带放大器通道的输出端耦合，另一端通过所述第二开关器件接地。

[权利要求 9] 根据权利要求 1 所述的多模多频功率放大器，其特征在于，所述多模多频功率放大器还包括第三开关阵列，所述第三开关阵列包括多个受所述控制器控制的第三开关器件，所述多个第三开关器件一端与所述宽带放大器通道的输入端耦接，另一端分别接收来自不同外部端口的单频或多频的所述射频信号。

[权利要求 10] 根据权利要求 1 所述的多模多频功率放大器，其特征在于，所述控制器包括电压调节器和译码器，所述控制器以所述电压调节器的输出电压为参考，输出包含模拟域和 / 或数字域的控制信号，所

述译码器用于对外部指令进行译码。

[权利要求 11]

根据权利要求 10 所述的多模多频功率放大器，其特征在于，所述控制器还包括寄存器，所述寄存器用于存储所述外部指令。

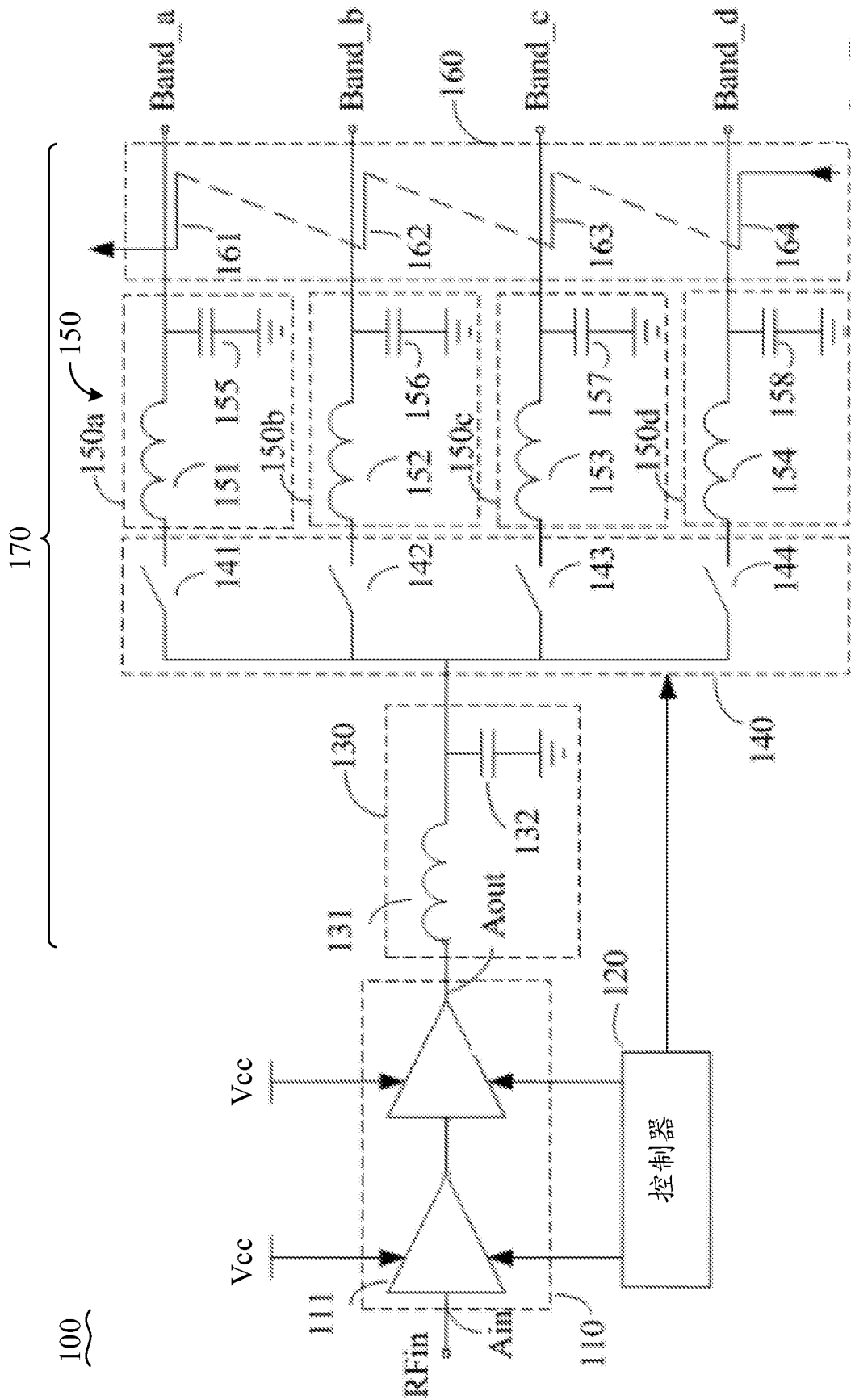
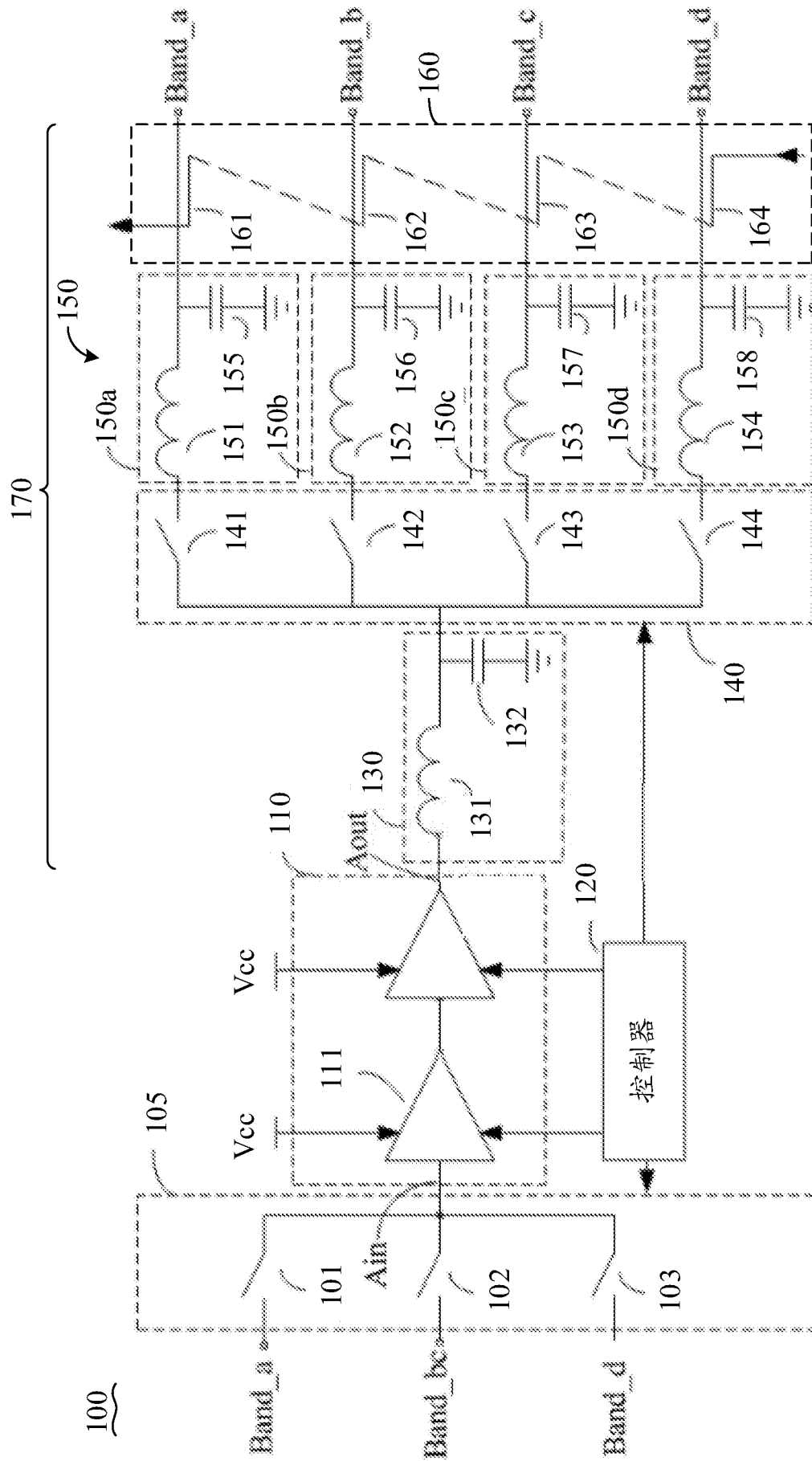
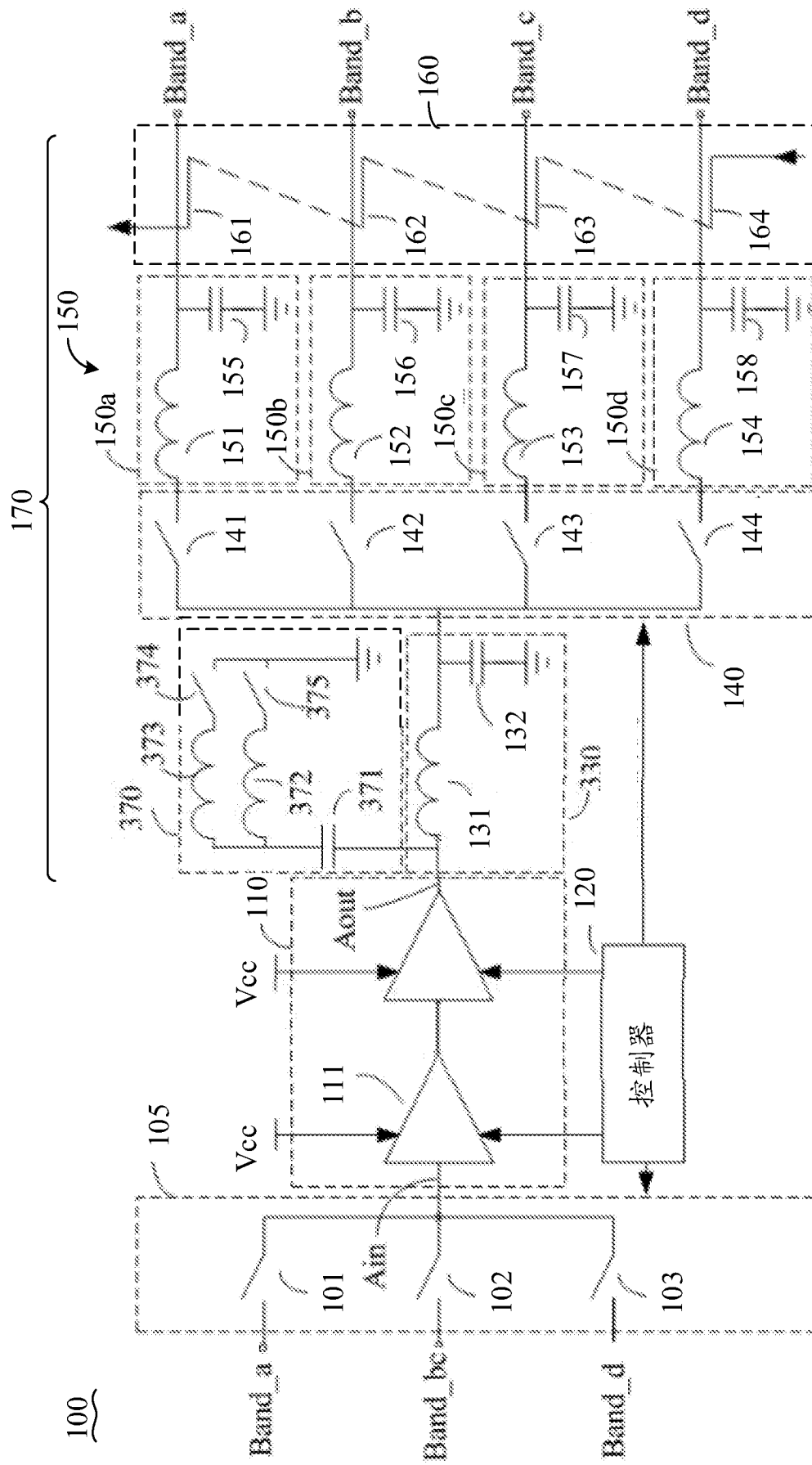


图 1

2

3
[X]

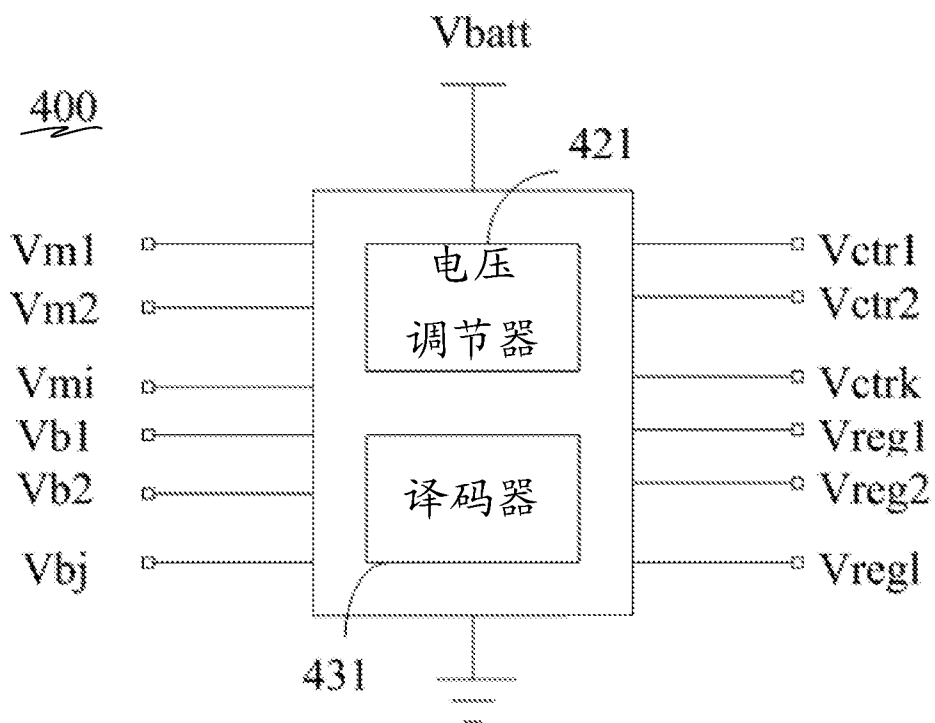


图 4

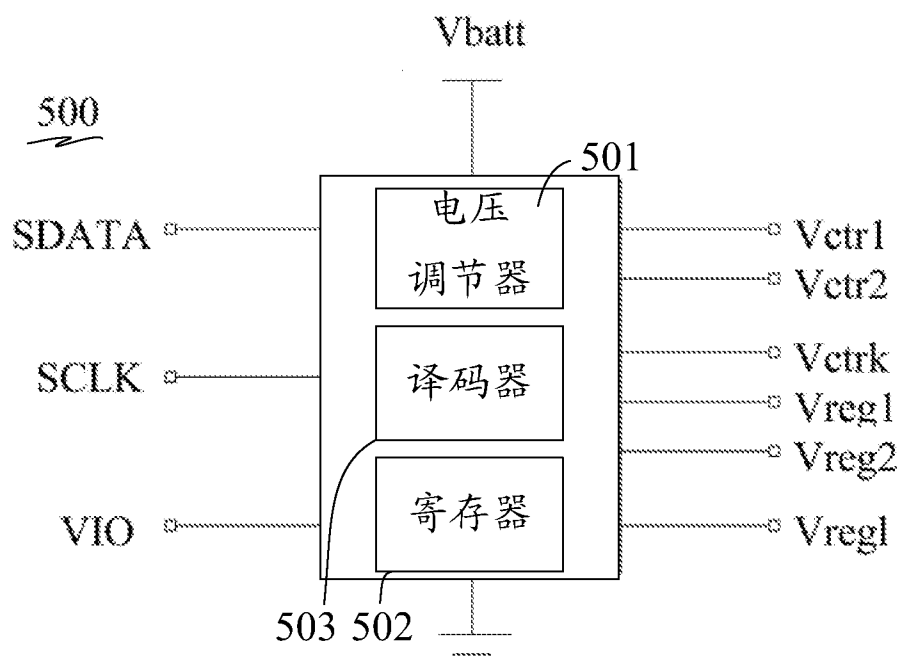


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2014/093426

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03F 3/20 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: H03F 3/-

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT; CNKI; EPODOC; WPI; Multi-Mode Multi-Band, MMB, Power Amplifier, PA, controller, control, broadband amplifier, RF, single frequency, multiple frequency, fundamental wave, impedance, transform, frequency band, spectrum, switch

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 1183673 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO., LTD.) 3 June 1998 (03.06.1998) see description, page 4, the second to fourth paragraphs from bottom, page 7, the last paragraph, page 11, the 2nd paragraph, and figures 1, 3 and 10	1
A	CN 101388648 A (IND TECHNOLOGY RES INST.) 18 March 2009 (18.03.2009) see the whole document	1-11
A	CN 102204401 A (ICERA CANADA ULC) 28 September 2011 (28.09.2011) see the whole document	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 15 February 2015	Date of mailing of the international search report 10 March 2015
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer LI, Xinyu Telephone No. (86-10) 62089924

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2014/093426

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 1183673 A	3 June 1998	JP H10126164 A	15 May 1998
		JP H10190379 A	21 July 1998
		KR 98032905 A	25 July 1998
		KR 100451010 B1	17 December 2004
		US 5973557 A	26 October 1999
		DE 69727110 D1	12 February 2004
		DE 69727110 T2	9 June 2004
		EP 0837559 A1	22 April 1998
		EP 0837559 B1	7 January 2004
		CN 1119857 C	27 August 2003
CN 101388648 A	18 March 2009	CN101388648 B	10 August 2011
CN 102204401 A	28 September 2011	US 2011249770 A1	13 October 2011
		US 8724736 B2	13 May 2014
		WO 2010025556 A1	11 March 2010
		JP 2012502512 A	26 January 2012
		EP 2319273 A1	11 May 2011

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2014/093426

A. 主题的分类

H03F 3/20 (2006.01) i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

H03F 3/-

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNPAT; CNKI ;EPODOC;WPI; 多模多频, 多模式多频段, 功率放大器, 功放, 控制器, 控制, 宽带放大器, 射频, 单频, 多频, 基波, 阻抗, 变换, 转换, 频带, 频段, 开关, 切换, Multi-Mode Multi-Band, MMB, Power Amplifier, PA, controller, control, broadband amplifier, RF, single frequency, multiple frequency, fundamental wave, impedance, transform, frequency band, spectrum, switch

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 1183673 A (松下电器产业株式会社) 1998年 6月 3日 (1998 - 06 - 03) 参见说明书第4页倒数第2-4段, 第7页最后1段, 第11页第2段、图1, 3, 10	1
A	CN 101388648 A (财团法人工业技术研究院) 2009年 3月 18日 (2009 - 03 - 18) 参见全文	1-11
A	CN 102204401 A (艾色拉加拿大有限公司) 2011年 9月 28日 (2011 - 09 - 28) 参见全文	1-11

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2015年 2月 15日

国际检索报告邮寄日期

2015年 3月 10日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
北京市海淀区蓟门桥西土城路6号
100088 中国

传真号 (86-10)62019451

授权官员

李昕宇

电话号码 (86-10)62089924

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2014/093426

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	1183673	A	1998年 6月 3日	JP	H10126164	A	1998年 5月 15日
				JP	H10190379	A	1998年 7月 21日
				KR	98032905	A	1998年 7月 25日
				KR	100451010	B1	2004年 12月 17日
				US	5973557	A	1999年 10月 26日
				DE	69727110	D1	2004年 2月 12日
				DE	69727110	T2	2004年 6月 9日
				EP	0837559	A1	1998年 4月 22日
				EP	0837559	B1	2004年 1月 7日
				CN	1119857	C	2003年 8月 27日
CN	101388648	A	2009年 3月 18日	CN	101388648	B	2011年 8月 10日
CN	102204401	A	2011年 9月 28日	US	2011249770	A1	2011年 10月 13日
				US	8724736	B2	2014年 5月 13日
				WO	2010025556	A1	2010年 3月 11日
				JP	2012502512	A	2012年 1月 26日
				EP	2319273	A1	2011年 5月 11日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)