

(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
2018 年 11 月 1 日 (01.11.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/196372 A1

- (51) 国际专利分类号:
H04B 1/04 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2017/113508
- (22) 国际申请日: 2017 年 11 月 29 日 (29.11.2017)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201710268585.9 2017 年 4 月 23 日 (23.04.2017) CN
- (71) 申请人: 复旦大学 (FUDAN UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国上海市杨浦区邯郸路 220 号, Shanghai 200433 (CN)。
- (72) 发明人: 李通(LI, Tong); 中国上海市浦东新区张江高科技园区张衡路 825 号, Shanghai 201203 (CN)。

殷韵(YIN, Yun); 中国上海市浦东新区张江高科技园区张衡路 825 号, Shanghai 201203 (CN)。刘阳子(LIU, Yangzi); 中国上海市浦东新区张江高科技园区张衡路 825 号, Shanghai 201203 (CN)。马磊(MA, Lei); 中国上海市浦东新区张江高科技园区张衡路 825 号, Shanghai 201203 (CN)。闫娜(YAN, Na); 中国上海市浦东新区张江高科技园区张衡路 825 号, Shanghai 201203 (CN)。闵昊(MIN, Hao); 中国上海市浦东新区张江高科技园区张衡路 825 号, Shanghai 201203 (CN)。

(74) 代理人: 上海专利商标事务所有限公司 (SHANGHAI PATENT & TRADEMARK LAW OFFICE, LLC); 中国上海市桂平路 435 号, Shanghai 200233 (CN)。

(54) Title: CONFIGURABLE, LOW-POWER CONSUMPTION, ALL-DIGITAL TRANSMITTER

(54) 发明名称: 一种可配置低功耗全数字发射机

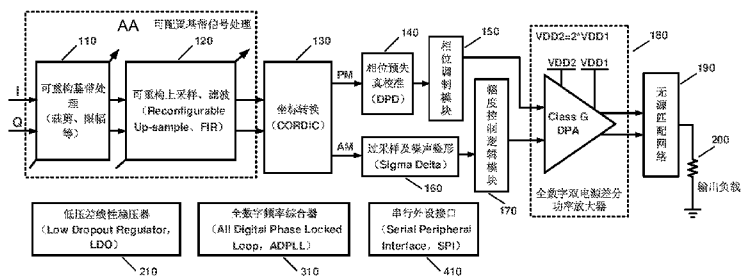


图 1

- 110 Reconfigurable baseband processing (cutting, amplitude limiting, etc.)
120 Reconfigurable up-sampling and filtering (Reconfigurable Up-sample, FIR)
130 Coordinate conversion (CORDIC)
140 Phase pre-distortion calibration (DPD)
150 Phase modulation module
160 Oversampling and noise shaping (Sigma Delta)
170 Amplitude control logic module
180 All-digital dual-power differential power amplifier
190 Passive matching network
200 Output load
210 Low-dropout linear regulator (Low Dropout Regulator (LDO))
310 All-digital frequency synthesizer (All Digital Phase Locked Loop (ADPLL))
410 Serial Peripheral Interface (SPI)
AA Configurable baseband signal processing

(57) Abstract: The present invention relates to the technical field of wireless communication, and specifically provides a configurable, low-power consumption, all-digital transmitter. The configurable low-power consumption transmitter of the present invention mainly comprises circuit modules, such as a configurable baseband signal processing circuit, a coordinate conversion circuit, phase pre-distortion calibration, a phase modulation module, an oversampling and noise shaping module, an amplitude control logic module, an all-digital dual-power differential power amplifier, a passive matching network, a low-dropout linear regulator, an all-digital frequency

(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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(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, 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)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

synthesizer, a serial peripheral interface, and an output load. The transmitter has flexibly reconfigurable circuits (mainly comprising a reconfigurable baseband signal bandwidth, a reconfigurable radio frequency point, reconfigurable transmit power, etc.), and thus can meet the application requirements of different wireless communication standard protocols (such as Bluetooth Low Energy (BLE) technology, Wireless Body Area Network (WBAN), cellular-based Narrow Band Internet of Things (NB-IoT), and 802.11ah). Furthermore, the transmitter is simple in structure, has all circuits being digital, has the advantages of low power consumption, high integration, and low costs, and is easy to be applied in an actual wireless communication system.

(57) 摘要: 本发明属于无线通信技术领域, 具体为一种可配置低功耗全数字发射机。本发明的可配置低功耗发射机主要包括可配置基带信号处理电路、坐标转换电路、相位预失真校准、相位调制模块、过采样及噪声整形模块、幅度控制逻辑模块、全数字双电源差分功率放大器、无源匹配网络、低压差线性稳压器、全数字频率综合器、串行外设接口以及输出负载等电路模块。该发射机电路灵活可重构 (主要为可重构基带信号带宽、可重构射频频点、可重构发射功率等), 能够满足不同无线通信标准协议 (如蓝牙低功耗技术 BLE、无线体域网 WBAN、基于蜂窝的窄带物联网 NB-IoT、802.11ah 等) 的应用要求。另外, 该发射机结构简单且全为数字电路, 具有低功耗、高集成度和低成本等优点, 易于在实际无线通信系统中应用。

一种可配置低功耗全数字发射机

技术领域

本发明属于无线通信技术领域，具体为一种可配置低功耗全数字发射机电路。

背景技术

无线通信技术的迅速发展极大地改变了人们的生活，目前支持 2G/3G/4G 移动通信、无线局域网、无线城域网等应用的智能手机和平板电脑已经成为人们日常生活的标准配置。为了使人们的生活更加方便快捷，物联网应运而生。与移动通信系统相比，物联网通信具有广覆盖、实时性强及终端灵活可配置等特点。在 Qualcomm、华为等业界巨头的推动下，国际标准协议组织 801.11ah 也在不断推进 Sub-GHz 频段的物联网应用。作为物联网通信的典型代表，智能家居、智能交通、智慧农业以及医疗健康等场景均具有数据率可变和低功耗的应用需求。另外，蓝牙低功耗技术（Bluetooth Low Energy, BLE）、无线体域网（Wireless Body Area Network, WBAN）以及 ZigBee 等通信标准同样也有数据率可变和低功耗的应用需求。

通常，不同的通信标准具有不同的射频频率、信道带宽和发射功率等指标，发射机需要灵活地配置成对应的工作模式来满足不同通信标准的要求。可配置发射机不仅具有灵活可重构的特点，其在低功耗应用领域也有很大潜力。传统的无线通信发射机在设计时需要满足通信系统的最苛刻要求，必然会付出功耗的代价；可配置发射机可以根据不同的应用环境，灵活地配置其性能指标，在满足实际通信指标的要求下降低整体功耗。

在集成电路工艺方面，CMOS 集成电路工艺已经进入深亚微米乃至纳米时代，采用 CMOS 工艺实现的射频发射机具有低成本、低功耗和高集成度的优势。随着特征尺寸的缩小，数字电路在低功耗、小尺寸、低成本以及工艺兼容性等方面体现出更加明显的优势。因此，低功耗全数字发射机已成为当前学术界和工业界研究的热点。

目前，国外学术界和工业界正在开展全数字低功耗射频芯片的研究，如加州大学洛杉矶分校集成电路实验室、伯克利无线研究中心、斯坦福大学微波集成电路实验室等国际知名大学，以及 Intel、Broadcom、IMC 等国际知名公司。但是，大多数全数字发射机主要支持 2.4GHz 频段的短距离无线通信或部分频段的 2G/3G/4G 应用，兼容 Sub-GHz 频段 802.11ah 物联网标准协议的发射机芯片很少。在国内，清华大学微电子所、中科院微电子研究所、东南大学射频与光电集成电路研究所、复旦大学国家集成电路实验室等在射频收发机方面都有研究，但兼容物联网、BLE 等多种协议标准的可重构低功耗全数字射频收发机的研究较少。

针对上述问题，本发明提出了一种单芯片集成的可配置低功耗全数字发射机

电路架构。本发明发射机的射频频率覆盖 0.7GHz-2.6GHz，信号带宽覆盖 100kHz-5MHz，可满足不同通信标准协议（如 802.11ah、NB-IoT、BLE 等）的要求。该发射机片上集成可配置基带信号处理电路（110/120）、全数字双电源差分功率放大器（180）、低压差线性稳压器（210）、全数字频率综合器（310）以及
5 串行外设接口（410）等电路模块，可极大地降低应用成本且提高系统的集成度。另外，采用单芯片集成电路的技术给该系统带来成本和体积上的优势；同时，芯片可根据应用环境进行优化配置，从而大大提高了系统的鲁棒性和实用性。

发明内容

10 本发明的目的在于提出一款具有灵活可重构特点的、实现发射机性能和功耗优化配置的全数字发射机。

本发明提供的可配置低功耗全数字发射机，其电路系统如图 1 所示，包括可配置基带信号处理电路模块（包括可重构基带处理 110 和可重构上采样滤波电路 120）、坐标转换电路（CORDIC）130、相位预失真校准（DPD）140、相位调制
15 模块 150、过采样及噪声整形模块（Sigma Delta 调制器）160、幅度控制逻辑模块 170、全数字双电源差分功率放大器（DPA）180、无源匹配网络 190、低压差线性稳压器（LDO）210、全数字频率综合器（ADPLL）310、串行外设接口（SPI）410 及输出负载 200 等电路模块；其中，无源匹配网络 190 可采用变压器功率合成的方式、也可采用分立元件合成的方式，以实现阻抗变换和差分转单端的功能。

20 其中，基带 I/Q 正交信号经过可配置基带信号模块（包括可重构基带处理（110）和可重构上采样滤波电路（120）等）的裁剪、限幅、上采样、滤波等信号处理后，送入坐标转换模块（130），得到幅度调制信号（AM）与相位调制信号（PM）；幅度调制信号灌入过采样及噪声整形模块（160）和幅度控制逻辑模块（170），用以进一步降低发射机系统的带外噪声基底和产生全数字双电源差分
25 功率放大器模块（180）的幅度控制逻辑；相位调制信号接入相位预失真校准模块（140）和相位调制模块（150），用以校准全数字双电源差分功率放大器的幅度对相位的失真来提高发射机系统的线性度和添加发射的载波信号；然后，再将幅度控制逻辑和带有载波的相位调制信号同时灌入到全数字双电源差分功率放大器模块（180），接着在无源匹配网络（190）处实现功率合成和差分到单端的转换，
30 经天线负载（200）辐射出去。

另外，低压差线性稳压器模块（210）用以产生参考电压和参考电流，可抑制由于温度、电源电压和工艺角波动等因素造成的偏差，为可配置低功耗全数字发射机电路提供基准参考电压源和基准参考电流源。全数字频率综合器模块（310）具有两种可配置的工作模式：发射机系统产生本振信号输出或者片外灌入本振信号输出，为可配置低功耗全数字发射机提供载波信号。串行外设接口模块（410）用以产生可配置低功耗全数字发射机的配置位，实现发射机系统的可配置的功能。

本发明所述的全数字双电源差分功率放大器 180，可通过改变幅度控制逻辑模块 170 的有效位数，对全数字双电源差分功率放大器的最大输出功率进行配置，以满足不同通信协议对输出功率的要求；本发明的功率放大器 180 是基于开关电容类型的功率放大器，受益于先进的工艺及精准电容比，具有接近理想的幅度对幅度的线性度；采用双电源供电的技术，根据输入信号幅度的大小，来回切换 VDD2 与 VDD1，来提高功率放大器回退效率，进而提高发射机系统的平均效率。又由于具有漏端动态负载调制的功能，与传统的功率放大器相比，在同等输出功率的前提下，具有更高的功率附加效率，节省系统功耗。正是因为采用基于开关电容的电压型全数字双电源差分功率放大器具有接近理想的幅度对幅度的线性度，故本发明的发射机仅需对幅度对相位的失真进行校正，相对于传统架构的发射机（需要对发射机系统进行幅度对幅度与幅度对相位两种非线性的校准，消耗较大的功耗）来讲，又进一步节省功耗，更适合低功耗的应用需求。

本发明所述的可配置基带信号处理电路模块包括可重构基带处理 110 和可重构上采样滤波电路（120）；针对不同通信协议标准中不同调制方式，可重构基带处理电路和可重构上采样滤波电路分别做出对应配置，以完成相应基带信号的处理。

本发明所述过采样及噪声整形电路模块 160，通过对幅度信息进一步过采样以及噪声整形（Sigma Delta 调制器），降低带外噪声基底，满足通信协议标准对发射机系统噪声基底的要求。

本发明所述的坐标转换电路模块 130，将 IQ 正交信号转换为幅度信号和相位信号。其中，幅度信号可采用无符号编码或有符号编码：当幅度信号为无符号编码时，相位信号在 0 到 360 度范围内旋转；当幅度信号为有符号编码时，相位信号在 0 到 180 度范围内旋转，符号位控制相位信号的正负选择。

本发明的可配置低功耗全数字发射机是采用基于两点调制的极坐标架构，具备发射载波频率覆盖 0.7GHz-2.6GHz，信号带宽覆盖 100kHz-5MHz 的能力，可以满足不同通信标准协议对载波频率和基带带宽的要求。该发射机具有灵活可重构的特点，能够在满足实际通信指标的前提下降低整体平均功耗，片上集成可配置基带信号处理电路 110/120、全数字双电源差分功率放大器 180、低压差线性稳压器 210、全数字频率综合器 310 以及串行外设接口 410 等电路模块，能够满足低功耗、高集成度和低成本的应用要求。

有益效果

本发明的可配置低功耗全数字发射机采用基于两点调制的极坐标架构，具备发射载波频率覆盖 0.7GHz-2.6GHz，信号带宽覆盖 100kHz-5MHz 的能力，以满足不同通信标准协议对载波频率和基带带宽的要求。该发射机电路灵活可重构（主要为可重构基带信号带宽、可重构射频频点、可重构发射功率等），能够满足不同无线通信标准协议（如蓝牙低功耗技术 BLE、无线体域网 WBAN、基于蜂窝的

窄带物联网 NB-IoT、802.11ah 等)的应用要求。另外,本发明发射机结构简单且全为数字电路(易于系统集成),具有低功耗、高集成度和低成本等优点,易于在实际无线通信系统中应用。

本发明的可配置低功耗全数字发射机电路还具有低功耗的特点,可以根据不同的应用环境,灵活地配置性能指标,在满足实际通信指标的要求下,降低发射机整体的平均功耗,提高发射机系统效率,延迟电池的寿命,提高通信服务质量。另外,本发明的可配置低功耗发射机实现全数字化,相对于模拟射频发射机来讲,在同等输出功率的情况下,由于全数字化电路仅具有动态功耗,因此全数字发射机系统功耗较低,功率附加效率较优。

本发明的可配置低功耗全数字发射机电路片上集成可配置基带信号处理电路 110/120、全数字双电源差分功率放大器 180、低压差线性稳压器 210、全数字频率综合器 310 以及串行外设接口 410 等电路模块,能够满足低功耗、高集成度和低成本的应用要求。

本发明的可配置低功耗全数字发射机的应用举例可分为两类:低发射功率模式和高发射功率模式。

如图 2 所示,本发明的可配置低功耗全数字发射机第一种应用举例为低发射功率模式(如 802.11ah 协议发射功率约 14dBm)。此时,发射机配置在射频频率覆盖 0.7GHz-1GHz,信号带宽支持 1MHz-4MHz 的模式。该工作模式用到的片上电路模块有:配置成对应带宽的基带信号处理电路模块(110/120)、坐标转换电路(130)、相位预失真校准(140)、相位调制模块(150)、过采样及噪声整形模块(160)、幅度控制逻辑模块(170)、全数字双电源差分功率放大器(180)、无源匹配网络(190)、低压差线性稳压器(210)、全数字频率综合器(310)、串行外设接口(410)以及输出负载(200)等电路模块。具体实施过程为:802.11ah 数字基带芯片(510)将数字信号送入配置后的全数字发射机(520),在发射机片内进行基带处理、上采样滤波、坐标转换、相位预失真校准以及幅度和相位合成等处理,然后再将输出的射频信号通过片外天线(530)发射出去。在这种应用模式下,片外仅需数字基带芯片(510)、晶振(530)、控制单元(540)和天线(550),实施简单,应用成本低。

如图 3 所示,本发明的可配置低功耗全数字发射机第二种应用举例为高发射功率模式(如 NB-IoT 协议发射功率约 23dBm)。此时,发射机配置在射频频率覆盖 0.7GHz-2.6GHz,信号带宽支持 100kHz-300kHz 的模式。该工作模式用到的片上电路模块有:配置成对应带宽的基带信号处理电路模块(110/120)、坐标转换电路(130)、相位预失真校准(140)、相位调制模块(150)、过采样及噪声整形模块(160)、幅度控制逻辑模块(170)、全数字双电源差分功率放大器(180)、无源匹配网络(190)、低压差线性稳压器(210)、全数字频率综合器(310)、串行外设接口(410)以及输出负载(200)等电路模块。具体实施过程为:NB-IoT

通信协议数字基带芯片（610）将数字信号送入配置后的全数字发射机（620），在发射机片内进行基带处理、上采样滤波、坐标转换、相位预失真校准以及幅度和相位合成等处理，然后将输出的射频信号经过片外功率放大器（650）进一步放大并通过片外天线（660）发射出去。在这种应用模式下，片外需数字基带芯片（610）、晶振（630）、控制单元（640）、功率放大器（650）和天线（660），以满足较高发射功率的指标要求。

附图说明

图 1：可配置低功耗全数字发射机结构图。

图 2：低发射功率模式的应用实施举例（如 802.11ah）。

图 3：高发射功率模式的应用实施举例（如 NB-IoT）。

图 4：可重构基带信号处理结构图。

图 5：全数字双电源差分功率放大器结构图与性能图（功率附加效率、AM-AM/AM-PM）。

图 6：不同带宽不同载波频率模式下全数字发射机的输出频谱图。

具体实施方式

如图 1 所示，本发明的可配置低功耗全数字发射机采用基于两点调制的极坐标架构，射频频率覆盖 0.7GHz-2.6GHz，信号带宽覆盖 100kHz-5MHz，具有灵活可重构的特点。主要包括可配置基带信号处理电路模块（110/120）、坐标转换电路（130）、相位预失真校准（140）、相位调制模块（150）、过采样及噪声整形模块（160）、幅度控制逻辑模块（170）、全数字双电源差分功率放大器（180）、无源匹配网络（190）、低压差线性稳压器（210）、全数字频率综合器（310）、串行外设接口（410）以及输出负载（200）等电路模块；其中，无源匹配网络（190）可采用变压器功率合成的方式、也可采用分立元件合成的方式实现阻抗变换和差分转单端的功能。

如图 1 所示，坐标转换电路（130）将 IQ 正交信号转换为幅度信号和相位信号；其中，幅度信号可采用无符号编码或有符号编码：当幅度信号为无符号编码时，相位信号在 0 到 360 度范围内旋转；当幅度信号为有符号编码时，相位信号在 0 到 180 度范围内旋转，符号位控制相位信号的正负选择。相位预失真校准电路（140）用于校准功率放大器的幅度对相位失真，可采用一维查找表（Look-Up Table, LUT）或二维查找表等方式，主要取决于不同调制方式对系统线性度的指标要求，同时也是线性度性能和系统功耗的折衷。

如图 1 所示，低压差线性稳压器电路（210）能够同时产生参考电压和参考电流，可以抑制由于温度、电源电压和工艺角波动等因素造成的偏差，为可配置低功耗全数字发射机电路提供基准参考源。全数字频率综合器（310）具有两种可配

置的工作模式：环路产生本振信号输出或者片外灌入本振信号输出，为发射机提供本振信号的频率覆盖范围 0.7GHz-2.6GHz，以满足不同通信标准协议对载波频率的要求。串行外设接口电路模块（410）是用来控制芯片内部各个电路模块的工作模式。

5 如图 4 所示，可配置基带信号处理电路主要包括不同通信协议的基带芯片（710）、可重构基带处理（720）和可重构上采样、滤波电路（730）；其中，不同通信协议的基带芯片是采用片外连接的方式，如 802.11ah 数字基带芯片、NB-IoT 窄带物联网数字基带芯片等。可重构基带处理电路针对不同的调制方式做出合理的裁剪、限幅等处理，可重构上采样、滤波电路是进一步提高基带数据率，
10 以降低发射频谱的带外镜像信号分量。具体信号流程为：对于给定的基带数据，基带处理模块（720）完成合理的裁剪、限幅等处理，再由控制电路对多路选择器（MUX）和上采样滤波电路进行配置，以完成不同通信协议标准下对不同基带信号的处理。

 如图 5（a）所示，全数字双电源差分功率放大器通过幅度控制字来改变开启
15 的子单元数目，以实现输出功率对输入幅度的跟随；受益于先进的工艺及精准的电容比，具有接近理想的幅度对幅度的线性度；根据输入信号的幅度大小，采用双电源（VDD1/VDD2）来回切换，提高全数字功率放大器的回退效率。其中一个子单元电路主要包括控制逻辑电路（820）和基于双电源供电的开关电容电路（830）；控制逻辑电路（820）是将相位调制信号（PM）和幅度（AM）控制字
20 进行与或非逻辑运算之后，产生 A1、B1、C1、D1 四路信号，这四路信号分别连接至开关电容电路（830）中对应的 A、B、C、D 四个端口。如图 5（b）所示，该全数字双电源差分功率放大器的最大输出功率可达 23.3dBm，峰值功率附加效率为 42.5%，回退 6dB 的功率附加效率可达 35.8%；如图 5（c）所示，该全数字双电源差分功率放大器的幅度对幅度（AM-AM）的非线性为 0.32dB，具有接近
25 理想的幅度对幅度的线性度；幅度对相位（AM-PM）的非线性为 8.7°，可通过相位预失真校准模块校正回来。

 图 6 给出了不同带宽（1.5MHz/5MHz）不同载波频率（700MHz/900MHz）模式下全数字发射机的输出频谱图，本发明的全数字发射机系统的输出频谱均能够满足多种通信标准协议的输出频谱掩膜版要求。

30 本发明的可配置低功耗全数字发射机具有灵活可重构的特点，能够根据不同的应用环境，在满足实际通信指标的前提下降低发射机系统的平均功耗；另外，片上集成可配置基带信号处理电路（110/120）、全数字双电源差分功率放大器（180）、低压差线性稳压器（210）、全数字频率综合器（310）以及串行外设接口（410）等电路模块，能够满足低功耗、高集成度和低成本的应用要求。

权 利 要 求

1、一种可配置低功耗全数字发射机，其特征在于，包括：由可重构基带处理
110 和可重构上采样滤波电路 120 组成的可配置基带信号处理电路模块、坐标转
5 换电路（130）、相位预失真校准（140）、相位调制模块（150）、过采样及噪声
整形模块（160）、幅度控制逻辑模块（170）、全数字双电源差分功率放大器（180）、
无源匹配网络（190）、低压差线性稳压器（210）、全数字频率综合器（310）、
串行外设接口（410）以及输出负载（200）；其中，所述无源匹配网络（190）采
10 用变压器功率合成的方式或者采用分立元件合成的方式实现阻抗变换和差分转单
端的功能；

基带 I/Q 正交信号经过可配置基带信号模块的裁剪、限幅、上采样、滤波处
理后，送入坐标转换模块（130），得到幅度调制信号（AM）与相位调制信号（PM）；
幅度调制信号灌入过采样及噪声整形模块（160）和幅度控制逻辑模块（170），
用以进一步降低发射机系统的带外噪声基底和产生全数字双电源差分功率放大器
15 模块（180）的幅度控制逻辑；相位调制信号接入相位预失真校准模块（140）和
相位调制模块（150），用以校准全数字双电源差分功率放大器的幅度对相位的失
真来提高发射机系统的线性度和添加发射的载波信号；然后，再将幅度控制逻辑
和带有载波的相位调制信号同时灌入到全数字双电源差分功率放大器模块（180），
接着在无源匹配网络（190）处实现功率合成和差分到单端的转换，经天线负载
20 （200）辐射出去。

2、根据权利要求 1 所述的可配置低功耗全数字发射机，其特征在于，低压差
线性稳压器模块（210）用以产生参考电压和参考电流，为可配置低功耗全数字发
射机电路提供基准参考电压源和基准参考电流源；全数字频率综合器模块（310）
具有两种可配置的工作模式：发射机系统产生本振信号输出或者片外灌入本振信
25 号输出，为可配置低功耗全数字发射机提供载波信号；串行外设接口模块（410）
用以产生可配置低功耗全数字发射机的配置位，实现发射机系统的可配置的功能。

3、根据权利要求 2 所述的可配置低功耗全数字发射机，其特征在于，所述的全
数字双电源差分功率放大器电路模块（180）通过改变幅度控制逻辑模块（170）
的有效位数，对全数字双电源差分功率放大器的最大输出功率进行配置，以满足
30 不同通信协议对输出功率的要求。

4、根据权利要求 1 所述的可配置低功耗全数字发射机，其特征在于，所述的
相位预失真校准电路模块（140）用于校准功率放大器的幅度对相位失真；该相位
预失真校准电路模块（140）采用一维查找表（Look-Up Table, LUT）或二维查
找表方式。

5、根据权利要求 1 所述的可配置低功耗全数字发射机，其特征在于，所述的
过采样及噪声整形电路模块（160），在幅度支路上对幅度信息进一步过采样以及

噪声整形，以降低带外噪声基底，满足通信协议标准对发射机系统噪声基底的要求。

6、根据权利要求 1 所述的可配置低功耗全数字发射机，其特征在于，所述的坐标转换电路模块（130），将 IQ 正交信号转换为幅度信号和相位信号；其中，
5 幅度信号采用无符号编码或有符号编码：当幅度信号为无符号编码时，相位信号在 0 到 360 度范围内旋转；当幅度信号为有符号编码时，相位信号在 0 到 180 度范围内旋转，符号位控制相位信号的正负选择。

7、根据权利要求 1 所述的可配置低功耗全数字发射机，其特征在于，所述的
10 低压差线性稳压器电路模块（210），同时产生参考电压和参考电流，用以抑制由于温度、电源电压和工艺角波动等因素造成的偏差，为可配置低功耗全数字发射机电路提供基准参考源。

8、根据权利要求 1 所述的可配置低功耗全数字发射机，其特征在于，所述的全数字频率综合器模块（310），具有两种可配置的工作模式：环路产生本振信号
15 输出或者片外灌入本振信号输出，为发射机提供本振信号的频率覆盖范围 0.7GHz-2.6GHz，以满足不同通信标准协议对载波频率的要求。

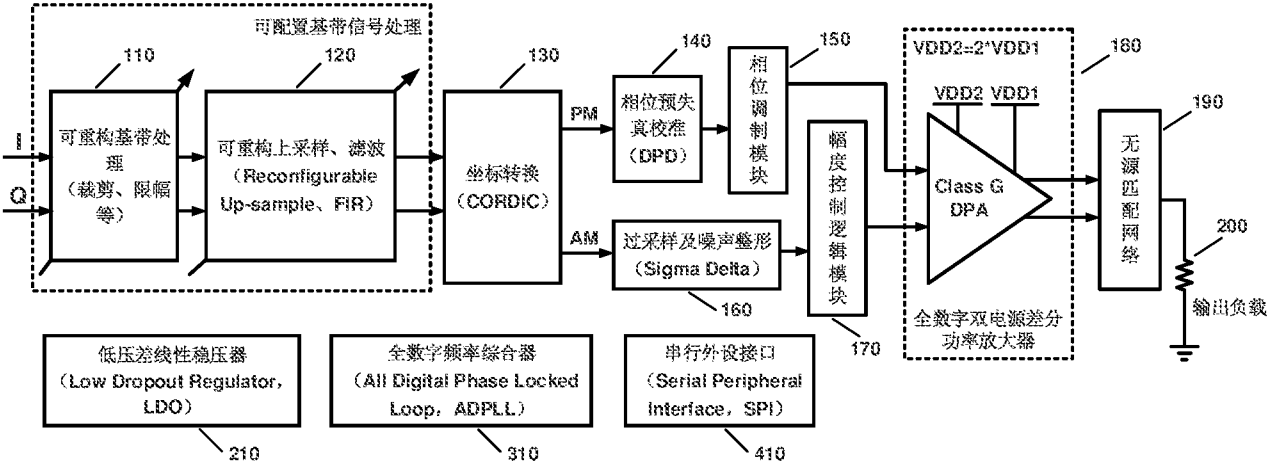


图 1

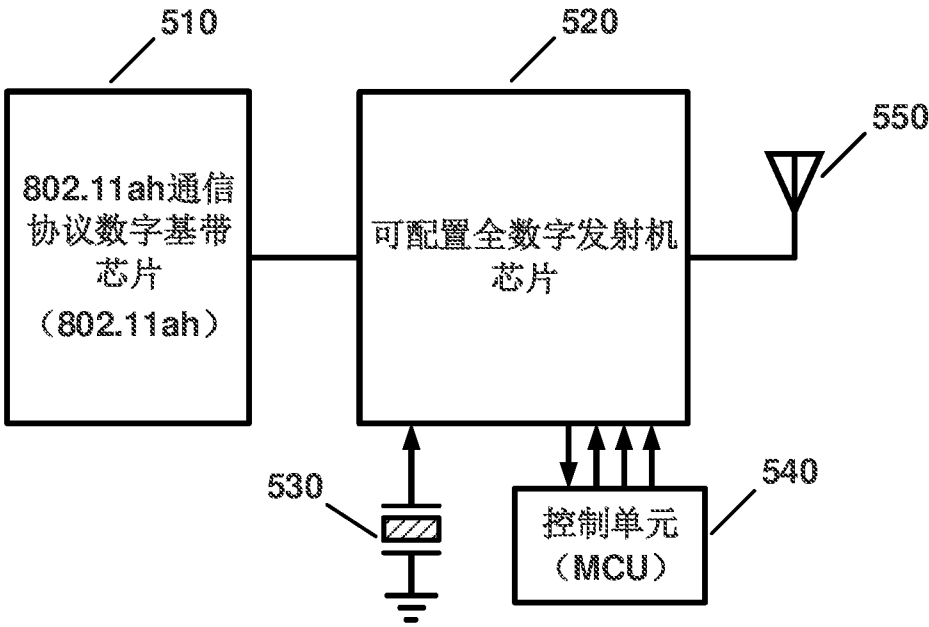


图 2

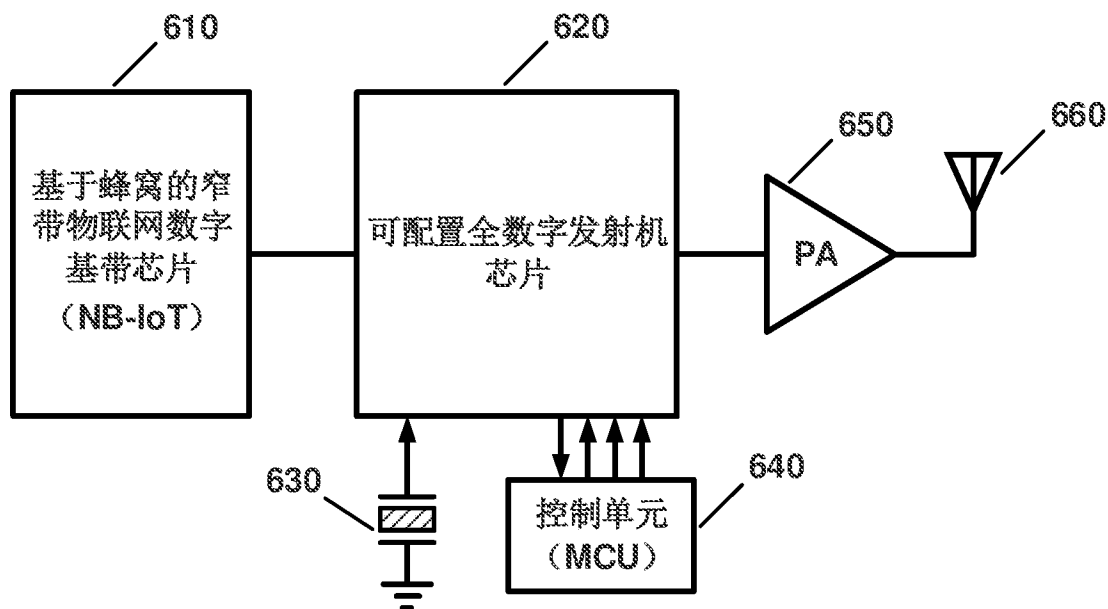


图 3

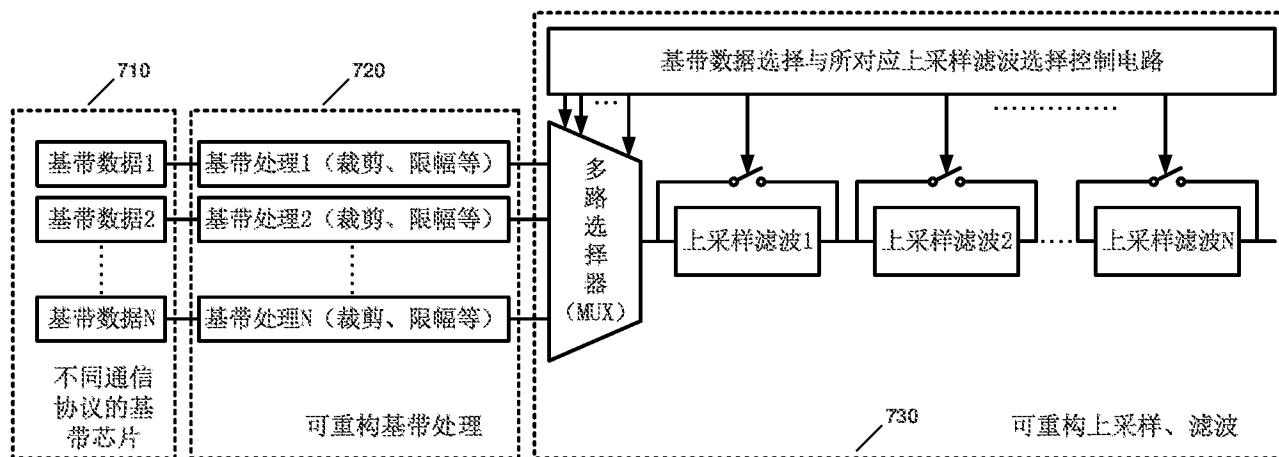


图 4

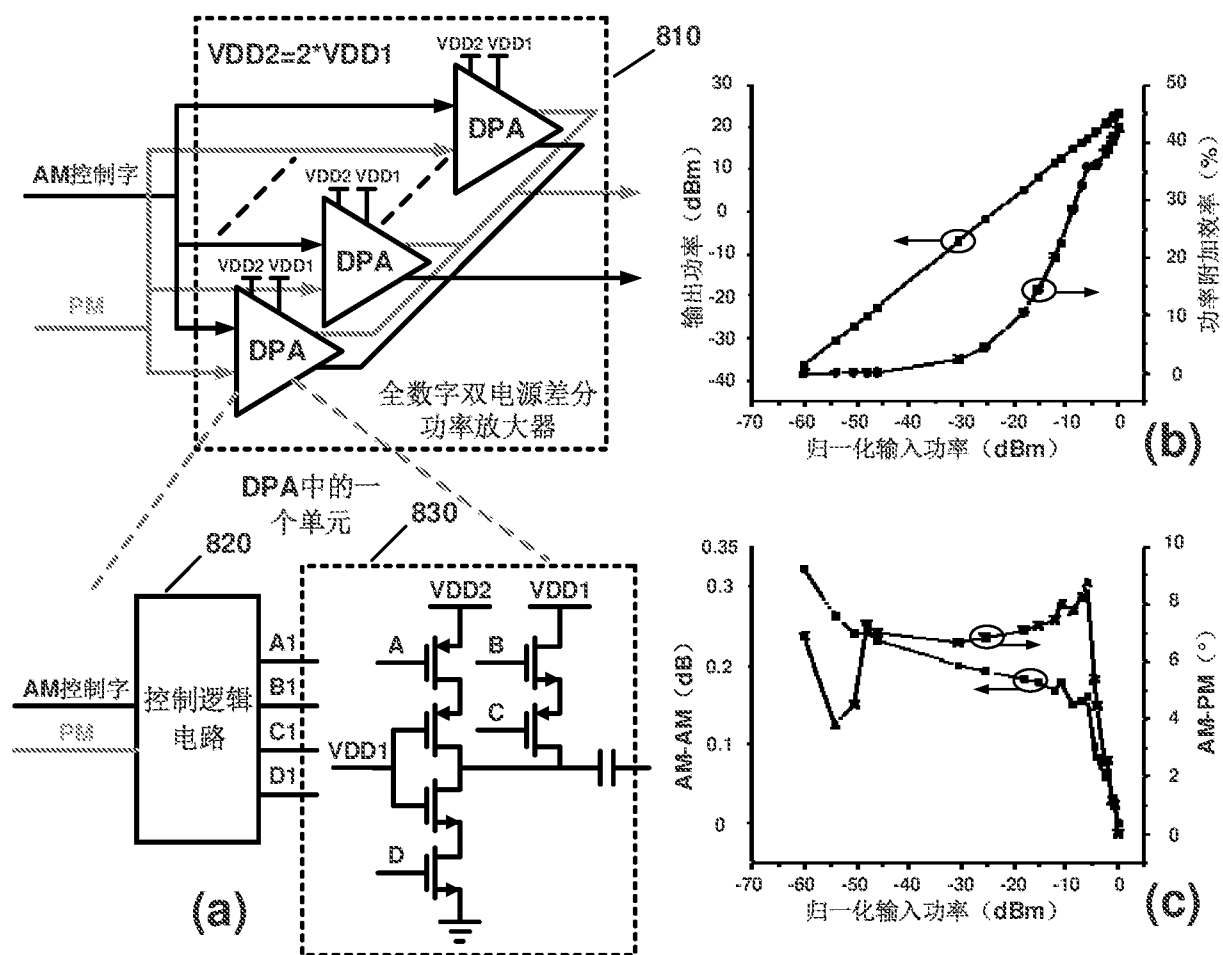


图 5

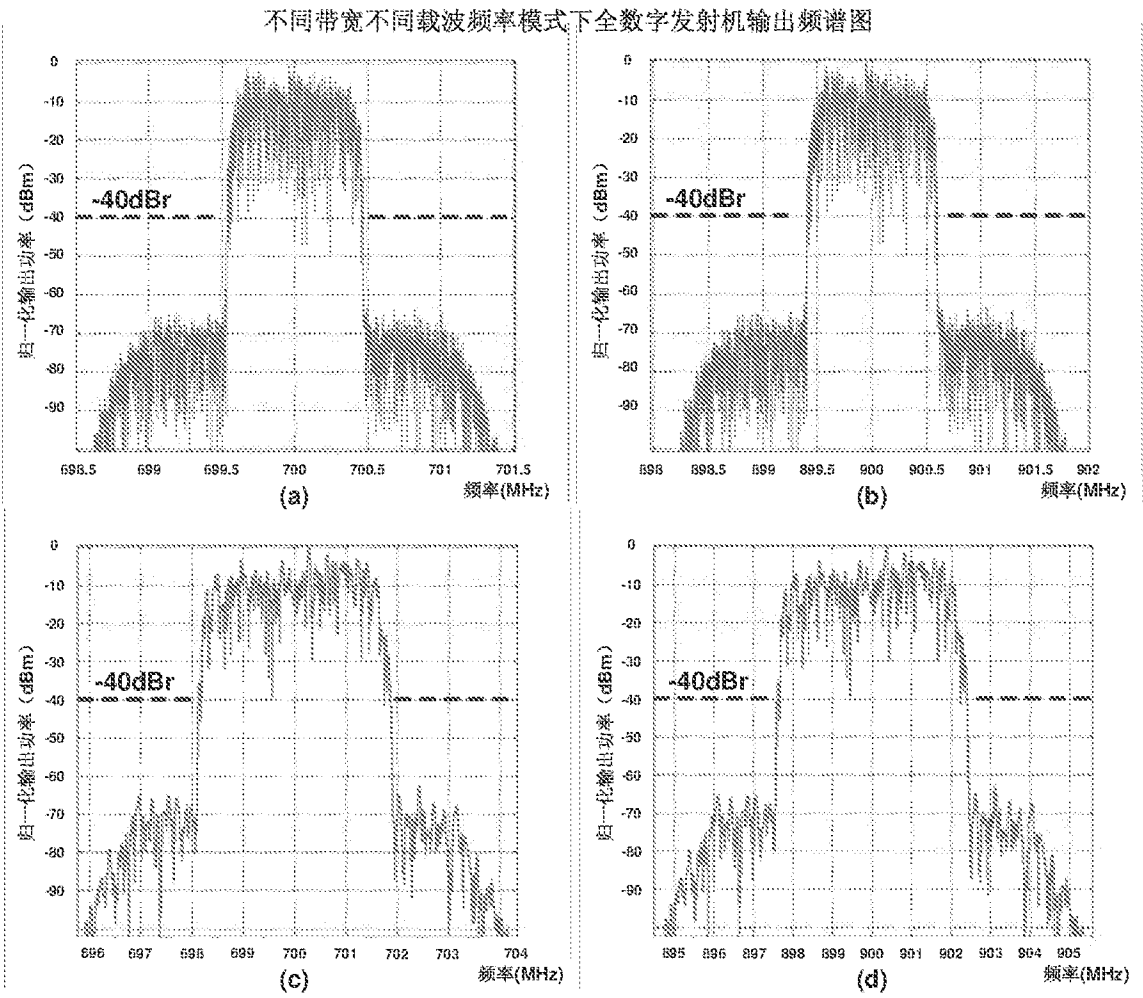


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/113508

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B 1/04 (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)

H04B; H04L; H04W

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)

CNXTX; CNABS; CNKI; VEN: 幅度调制, 调幅, 相位调制, 调相, 极性, 极化, 极坐标, 发射机, 发射器, amplitude modulation, AM, phase modulation, PM, polar+, transmit+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 107204785 A (FUDAN UNIVERSITY), 26 September 2017 (26.09.2017), claims 1-8	1-8
Y	CN 101015121 A (PANASONIC CORPORATION), 08 August 2007 (08.08.2007), claims 1-18, and figures 1 and 2	1-8
Y	CN 104349514 A (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.), 11 February 2015 (11.02.2015), description, paragraphs [0039]-[0055], and figure 3	1-8
A	CN 105684301 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.), 15 June 2016 (15.06.2016), entire document	1-8
A	US 2016309535 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.), 20 October 2016 (20.10.2016), entire document	1-8

☐ 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 30 January 2018	Date of mailing of the international search report 02 March 2018
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 TIAN, Shan Telephone No. (86-10) 62089397

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/113508

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 107204785 A	26 September 2017	None	
CN 101015121 A	08 August 2007	CN 100547908 C	07 October 2009
		EP 1763129 A1	14 March 2007
		US 7535310 B2	19 May 2009
		JP 2006197537 A	27 July 2006
		US 2009108952 A1	30 April 2009
		US 7915969 B2	29 March 2011
		WO 2006001433 A1	05 January 2006
		JP 4767583 B2	07 September 2011
		US 2007229180 A1	04 October 2007
		EP 1763129 A4	07 January 2009
CN 104349514 A	11 February 2015	EP 3018973 A4	20 July 2016
		EP 3018973 A1	11 May 2016
		WO 2015010484 A1	29 January 2015
		US 2016143041 A1	19 May 2016
CN 105684301 A	15 June 2016	US 9054940 B2	09 June 2015
		EP 3061192 A1	31 August 2016
		JP 2016530738 A	29 September 2016
		KR 101720478 B1	10 April 2017
		KR 20160079011 A	05 July 2016
		TW I538418 B	11 June 2016
		WO 2015060414 A1	30 April 2015
		TW 201519584 A	16 May 2015
		US 2015117512 A1	30 April 2015
		JP 6157716 B2	05 July 2017
US 2016309535 A1	20 October 2016	KR 20160123946 A	26 October 2016

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/113508

A. 主题的分类 H04B 1/04 (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) H04B; H04L; H04W 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)) CNTXT; CNABS; CNKI; VEN: 幅度调制, 调幅, 相位调制, 调相, 极性, 极化, 极坐标, 发射机, 发射器, amplitude modulation, AM, phase modulation, PM, polar+, transmit+																				
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 107204785 A (复旦大学) 2017年 9月 26日 (2017 - 09 - 26) 权利要求1-8</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 101015121 A (松下电器产业株式会社) 2007年 8月 8日 (2007 - 08 - 08) 权利要求1-18, 图1、2</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 104349514 A (华为技术有限公司) 2015年 2月 11日 (2015 - 02 - 11) 说明书第[0039]-[0055]段, 图3</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 105684301 A (三菱电机株式会社) 2016年 6月 15日 (2016 - 06 - 15) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2016309535 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD) 2016年 10月 20日 (2016 - 10 - 20) 全文</td> <td>1-8</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 107204785 A (复旦大学) 2017年 9月 26日 (2017 - 09 - 26) 权利要求1-8	1-8	Y	CN 101015121 A (松下电器产业株式会社) 2007年 8月 8日 (2007 - 08 - 08) 权利要求1-18, 图1、2	1-8	Y	CN 104349514 A (华为技术有限公司) 2015年 2月 11日 (2015 - 02 - 11) 说明书第[0039]-[0055]段, 图3	1-8	A	CN 105684301 A (三菱电机株式会社) 2016年 6月 15日 (2016 - 06 - 15) 全文	1-8	A	US 2016309535 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD) 2016年 10月 20日 (2016 - 10 - 20) 全文	1-8
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																		
PX	CN 107204785 A (复旦大学) 2017年 9月 26日 (2017 - 09 - 26) 权利要求1-8	1-8																		
Y	CN 101015121 A (松下电器产业株式会社) 2007年 8月 8日 (2007 - 08 - 08) 权利要求1-18, 图1、2	1-8																		
Y	CN 104349514 A (华为技术有限公司) 2015年 2月 11日 (2015 - 02 - 11) 说明书第[0039]-[0055]段, 图3	1-8																		
A	CN 105684301 A (三菱电机株式会社) 2016年 6月 15日 (2016 - 06 - 15) 全文	1-8																		
A	US 2016309535 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO LTD) 2016年 10月 20日 (2016 - 10 - 20) 全文	1-8																		
☐ 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 2018年 1月 30日		国际检索报告邮寄日期 2018年 3月 2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) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10) 62019451		受权官员 田珊 电话号码 (86-10) 62089397																		

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/113508

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	107204785	A	2017年 9月 26日	无			
CN	101015121	A	2007年 8月 8日	CN	100547908	C	2009年 10月 7日
				EP	1763129	A1	2007年 3月 14日
				US	7535310	B2	2009年 5月 19日
				JP	2006197537	A	2006年 7月 27日
				US	2009108952	A1	2009年 4月 30日
				US	7915969	B2	2011年 3月 29日
				WO	2006001433	A1	2006年 1月 5日
				JP	4767583	B2	2011年 9月 7日
				US	2007229180	A1	2007年 10月 4日
				EP	1763129	A4	2009年 1月 7日
CN	104349514	A	2015年 2月 11日	EP	3018973	A4	2016年 7月 20日
				EP	3018973	A1	2016年 5月 11日
				WO	2015010484	A1	2015年 1月 29日
				US	2016143041	A1	2016年 5月 19日
CN	105684301	A	2016年 6月 15日	US	9054940	B2	2015年 6月 9日
				EP	3061192	A1	2016年 8月 31日
				JP	2016530738	A	2016年 9月 29日
				KR	101720478	B1	2017年 4月 10日
				KR	20160079011	A	2016年 7月 5日
				TW	1538418	B	2016年 6月 11日
				WO	2015060414	A1	2015年 4月 30日
				TW	201519584	A	2015年 5月 16日
				US	2015117512	A1	2015年 4月 30日
				JP	6157716	B2	2017年 7月 5日
US	2016309535	A1	2016年 10月 20日	KR	20160123946	A	2016年 10月 26日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)