



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107911086 B

(45) 授权公告日 2024. 05. 03

(21) 申请号 201711417673.7

H03F 3/21 (2006.01)

(22) 申请日 2017.12.25

H03F 3/24 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107911086 A

(56) 对比文件

CN 103023440 A, 2013.04.03

CN 106487344 A, 2017.03.08

(43) 申请公布日 2018.04.13

CN 203445841 U, 2014.02.19

(73) 专利权人 牛旭

US 2003011434 A1, 2003.01.16

地址 215123 江苏省苏州市工业园区翰林
路一号海德公园3#1804室

审查员 李硕

(72) 发明人 牛旭

(74) 专利代理机构 北京轻创知识产权代理有限
公司 11212

专利代理师 张帆

(51) Int. Cl.

H03F 1/32 (2006.01)

H03F 3/19 (2006.01)

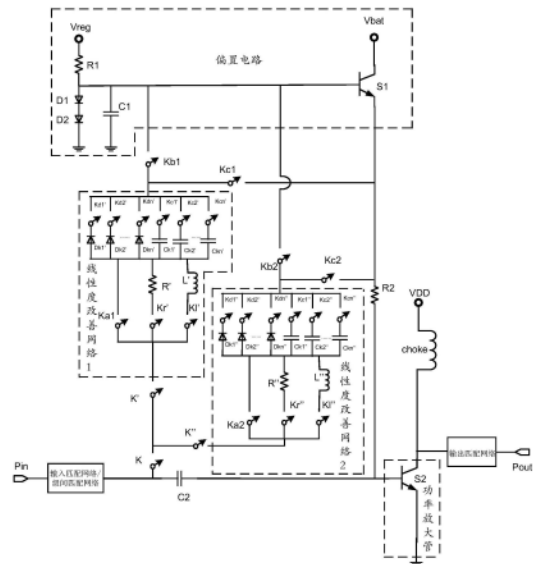
权利要求书2页 说明书7页 附图8页

(54) 发明名称

一种高线性度的射频功率放大器及射频通信终端

(57) 摘要

本发明涉及一种高线性度的射频功率放大器及射频通信终端,其中射频功率放大器包括匹配网络、偏置电路、功率放大模块和线性度改善网络,所述匹配网络和所述偏置电路均分别连接在所述功率放大模块的输入端口上,所述匹配网络和所述偏置电路之间连接有线性度改善网络。本发明一种高线性度的射频功率放大器针对3G/4G/5G线性功率放大器的AM-AM失真情况,引入线性度改善网络,可以提高功率放大器的线性度。



1. 一种高线性度的射频功率放大器,其特征在于:包括匹配网络、偏置电路、功率放大模块和线性度改善网络,所述匹配网络和所述偏置电路均分别连接在所述功率放大模块的输入端口上,所述匹配网络和所述偏置电路之间连接有所述线性度改善网络;

所述功率放大模块包括至少一级功率放大管,每一级所述功率放大管的输入端口上均分别连接有一个所述偏置电路;所述匹配网络包括输入匹配网络,还包括级间匹配网络,所述输入匹配网络连接在第一级所述功率放大管的输入端口上,每相邻两级所述功率放大管之间均分别连接有一个所述级间匹配网络;与第一级所述功率放大管的输入端口相连的所述输入匹配网络和偏置电路之间连接有一个或多个所述线性度改善网络,和/或与中间级所述功率放大管的输入端口相连的所述级间匹配网络和偏置电路之间连接有一个或多个所述线性度改善网络,和/或与末级所述功率放大管的输入端口相连的所述级间匹配网络和偏置电路之间连接有一个或多个所述线性度改善网络;

所述输入匹配网络或级间匹配网络通过隔直流/匹配电容C2连接在所述功率放大管的输入端口上,所述偏置电路通过压舱电阻R2连接在所述功率放大管的输入端口上;所述偏置电路包括电阻R1、二极管D1和D2、偏置晶体管S1和bypass电容C1,所述电阻R1的一端连接Vreg,另一端连接所述二极管D1的P极,所述二极管D1的N极连接所述二极管D2的P极,所述二极管D2的N极接地,所述偏置晶体管S1的基极/栅极连接在所述二极管D1的P极上,所述偏置晶体管S1的发射极/源极通过压舱电阻R2连接在所述功率放大管的输入端口上,所述偏置晶体管S1的集电极/漏极连接Vbat;

所述线性度改善网络的一端连接在所述输入匹配网络或级间匹配网络的输出端口上,所述线性度改善网络的另一端连接在对应的所述偏置电路的所述偏置晶体管S1的基极/栅极或者发射极/源极上;

所述线性度改善网络为可重构的网络,包括多个可重构电容、多个可重构二极管、一个可重构电阻和一个可重构电感;多个可重构电容和多个可重构二极管并联;多个可重构电容和多个可重构二极管并联后的一端通过射频开关Ka连接在所述输入匹配网络或级间匹配网络的输出端口上;多个可重构电容和多个可重构二极管并联后的一端还通过所述可重构电阻连接在所述输入匹配网络或级间匹配网络的输出端口上;多个可重构电容和多个可重构二极管并联后的一端还通过所述可重构电感连接在所述输入匹配网络或级间匹配网络的输出端口上;多个可重构电容和多个可重构二极管并联后的另一端通过射频开关Kb连接在对应的所述偏置电路的所述偏置晶体管S1的基极/栅极上;多个可重构电容和多个可重构二极管并联后的另一端还通过射频开关Kc连接在对应的所述偏置电路的所述偏置晶体管S1的发射极/源极上;所述可重构电容由电容Cki和射频开关Kci串联构成,所述可重构二极管由二极管Dki和射频开关Kdi串联构成,所述可重构电阻由电阻R和射频开关Kr串联构成,所述可重构电感由电感L和射频开关Kl串联构成,其中 $i=1,2,3,\dots,n$;

所述功率放大管采用GaAs HBT、GaAs pHEMT、SiGe HBT、GaN HEMT、LDMOS、BJT、Bulk CMOS和SOI CMOS中的任一种工艺实现。

2. 根据权利要求1所述的一种高线性度的射频功率放大器,其特征在于:还包括逻辑及偏置控制器,所述逻辑及偏置控制器与所述射频开关Ka、Kb、Kc、Kci、Kdi、Kr和Kl相连;所述逻辑及偏置控制器还与每一个所述偏置电路相连。

3. 根据权利要求1或2所述的一种高线性度的射频功率放大器,其特征在于:所述匹配

网络还包括输出匹配网络,所述输出匹配网络连接在所述功率放大模块中的末级所述功率放大管的输出端口上。

4.根据权利要求3所述的一种高线性度的射频功率放大器,其特征在于:还包含有输入射频开关和输出射频开关,所述输入射频开关连接在所述输入匹配网络的输入端口上,所述输出射频开关连接在所述输出匹配网络的输出端口上,所述输入射频开关和输出射频开关均分别与所述逻辑及偏置控制器相连。

5.根据权利要求1或2所述的一种高线性度的射频功率放大器,其特征在于:所述功率放大管包括一个或多个功率放大单元。

6.一种高线性度的射频通信终端,其特征在于:包括权利要求1至5任一项所述的一种高线性度的射频功率放大器,还包括滤波器和/或双工器,所述滤波器和/或双工器连接在所述的一种高线性度的射频功率放大器的功率放大模块与天线之间。

一种高线性度的射频功率放大器及射频通信终端

技术领域

[0001] 本发明涉及移动通信领域,具体涉及一种高线性度的射频功率放大器及射频通信终端。

背景技术

[0002] 在以智能手机为代表的移动通信领域中,射频及微波功率放大器(power amplifier module,简称PA Module,或者PAM,以下简称射频功率放大器、功率放大器或功放)是通信终端中非常重要的元件,它的线性度直接影响了移动通信的质量,如数据传输速率。

[0003] 功率放大器包括线性功放和饱和功放两大类,线性度指标是衡量线性功放的首要指标。随着输入功率的增加,输出信号的失真会呈现逐渐加强的趋势,典型线性度指标包括ACPR(临近信道功率比)和EVM(误差矢量幅度)。引起线性度失真的两个主要因素是AM-AM失真(幅度失真)和AM-PM失真(相位失真),随着输出功率的增加,AM-AM失真和AM-PM失真会呈现逐渐加强的趋势。随着输入功率的增加,如果能持续的改善这两个指标,抑制这两个指标的恶化,将使功率放大器能够输出更高的线性功率,或者说,在相同的输出功率水平,能得到更好的线性度。射频芯片工程师的主要任务就是持续的提高功率放大器的线性度和功率附加效率。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是提供一种高线性度的射频功率放大器及射频通信终端,可以提高射频功率放大器及射频通信终端的线性度。

[0005] 本发明解决上述技术问题的技术方案如下:一种高线性度的射频功率放大器,包括匹配网络、偏置电路、功率放大模块和线性度改善网络,所述匹配网络和所述偏置电路均分别连接在所述功率放大模块的输入端口上,所述匹配网络和所述偏置电路之间连接有上述线性度改善网络。

[0006] 本发明的有益效果是:本发明一种高线性度的射频功率放大器针对3G/4G/5G线性功率放大器的AM-AM失真情况,引入线性度改善网络,可以提高功率放大器的线性度。

[0007] 在上述技术方案的基础上,本发明还可以做如下改进。

[0008] 进一步,所述功率放大模块包括至少一级功率放大管,每一级所述功率放大管的输入端口上均分别连接有一个所述偏置电路;所述匹配网络包括输入匹配网络,还可以包括级间匹配网络,所述输入匹配网络连接在第一级所述功率放大管的输入端口上,每相邻两级所述功率放大管之间均分别连接有一个所述级间匹配网络;与第一级所述功率放大管的输入端口相连的所述输入匹配网络和偏置电路之间连接有一个或多个所述线性度改善网络,和/或与中间级所述功率放大管的输入端口相连的所述级间匹配网络和偏置电路之间连接有一个或多个所述线性度改善网络,和/或与末级所述功率放大管的输入端口相连的所述级间匹配网络和偏置电路之间连接有一个或多个所述线性度改善网络。

[0009] 进一步,所述输入匹配网络或级间匹配网络通过隔直流/匹配电容C2连接在所述功率放大管的输入端口上,所述偏置电路通过压舱电阻R2连接在所述功率放大管的输入端口上;所述偏置电路包括电阻R1、二极管D1和D2、偏置晶体管S1和bypass电容C1,所述电阻R1的一端连接Vreg,另一端连接所述二极管D1的P极,所述二极管D1的N极连接所述二极管D2的P极,所述二极管D2的N极接地,所述偏置晶体管S1的基极/栅极连接在所述二极管D1的P极上,所述偏置晶体管S1的发射极/源极通过压舱电阻R2连接在所述功率放大管的输入端口上,所述偏置晶体管S1的集电极/漏极连接Vbat。

[0010] 进一步,所述线性度改善网络的一端连接在所述输入匹配网络或级间匹配网络的输出端口上,所述线性度改善网络的另一端连接在对应的所述偏置电路的所述偏置晶体管S1的基极/栅极或者发射极/源极上。

[0011] 进一步,所述线性度改善网络为可重构的网络,包括多个可重构电容、多个可重构二极管、一个可重构电阻和一个可重构电感;多个可重构电容和多个可重构二极管并联;多个可重构电容和多个可重构二极管并联后的一端通过射频开关Ka连接在所述输入匹配网络或级间匹配网络的输出端口上;多个可重构电容和多个可重构二极管并联后的一端还通过所述可重构电阻连接在所述输入匹配网络或级间匹配网络的输出端口上;多个可重构电容和多个可重构二极管并联后的一端还通过所述可重构电感连接在所述输入匹配网络或级间匹配网络的输出端口上;多个可重构电容和多个可重构二极管并联后的另一端通过射频开关Kb连接在对应的所述偏置电路的所述偏置晶体管S1的基极/栅极上;多个可重构电容和多个可重构二极管并联后的另一端还通过射频开关Kc连接在对应的所述偏置电路的所述偏置晶体管S1的发射极/源极上;所述可重构电容由电容Cki和射频开关Kci串联构成,所述可重构二极管由二极管Dki和射频开关Kdi串联构成,所述可重构电阻由电阻R和射频开关Kr串联构成,所述可重构电感由电感L和射频开关Kl串联构成,其中 $i = 1, 2, 3, \dots, n$ 。

[0012] 进一步,还包括逻辑及偏置控制器,所述逻辑及偏置控制器与所述射频开关Ka、Kb、Kc、Kci、Kdi、Kr和Kl相连;所述逻辑及偏置控制器还与每一个所述偏置电路相连。

[0013] 采用上述进一步方案的有益效果是:本发明还为线性度改善网络引入射频开关,通过逻辑及偏置控制器控制射频开关的接通或者断开,将射频功率放大器设计为可实时调整的结构,针对多模多频功率放大器不同时隙的不同目标频段,结合功率放大器在不同目标频段的AM-AM失真情况,实时重构线性度改善网络,将放大器实时地在目标频段调整至线性度最佳状态,从而提高功率放大器模组的整体线性度。

[0014] 进一步,所述匹配网络还包括输出匹配网络,所述输出匹配网络连接在所述功率放大模块中的末级所述功率放大管的输出端口上。

[0015] 进一步,还包含有输入射频开关和输出射频开关,所述输入射频开关连接在所述输入匹配网络的输入端口上,所述输出射频开关连接在所述输出匹配网络的输出端口上,所述输入射频开关和输出射频开关均分别与所述逻辑及偏置控制器相连。

[0016] 进一步,所述功率放大管包括一个或多个功率放大单元。

[0017] 基于上述一种高线性度的射频功率放大器,本发明还提供一种高线性度的射频通信终端。

[0018] 一种高线性度的射频通信终端,包括上述所述的一种高线性度的射频功率放大

器,还包括滤波器和/或双工器,所述滤波器和/或双工器连接在所述的一种高线性度的射频功率放大器的功率放大模块与天线之间。

[0019] 本发明的有益效果是:本发明一种高线性度的射频通信终端采用高线性度的射频功率放大器,提高了射频通信终端的线性度。

附图说明

[0020] 图1为现有技术中典型支持2G/3G/4G通信标准的智能手机中射频前端系统框图;

[0021] 图2为现有技术中典型支持3G/4G通信标准的线性功率放大器模组框图;

[0022] 图3为现有技术中典型射频功率放大器的电路结构示意图;

[0023] 图4为本发明一种高线性度的射频功率放大器的第一种电路结构示意图;

[0024] 图5为图3和图4的射频功率放大器的AM-AM曲线对比图;

[0025] 图6为本发明一种高线性度的射频功率放大器中几种常用的线性度改善网络的电路结构示意图;

[0026] 图7为本发明一种高线性度的射频功率放大器的第二种电路结构示意图;

[0027] 图8为图3和图7的射频功率放大器的AM-AM曲线对比图;

[0028] 图9为图4和图7综合的第一种结构示意图;

[0029] 图10为图4和图7综合的第二种结构示意图;

[0030] 图11为本发明一种高线性度的射频功率放大器中可重构的线性度改善网络的结构示意图;

[0031] 图12为图9、图10和图11的综合图。

具体实施方式

[0032] 以下结合附图对本发明的原理和特征进行描述,所举实例只用于解释本发明,并非用于限定本发明的范围。

[0033] 首先分析现有技术的现状:

[0034] 随着phase2、phase3及phase5智能手机平台方案的提出,一部多模多频的手机需要支持多个国家和地区的不同工作频段,为此,从线性功率放大器输出端到天线之间加入了许多不同的器件,如图1所示,包括两个射频开关(RF switch)、一个双工器(Duplexer)、一个双讯器(Diplexer)。其中一个射频开关在功率放大器模组内部,另一个射频开关在双讯器和双工器之间。功率放大器的射频功率输出后经过的每一个器件,都必然会给功率增加一些插入损耗,以当前最为典型的MTK phase2手机平台band8(880MHz~915MHz)为例,工业界最常规的SOI工艺单刀单掷(single-pole single-throw,简称SPST)射频开关的插损典型值为0.3~0.4dB,而功率放大器模组中通常采用的射频开关是单刀多掷射频开关,常规SP5T射频开关在band8的插损约为0.5dB,双工器的插损典型值约为2.5dB,双讯器插损典型值约为0.5dB,这就意味着从功率放大器输出端到天线端,射频信号插损约为4dB,为了抵消这些插损,射频功率放大器的输出就必须预留4dB的裕量,也就是功率放大器的实际输出值是天线端实际需求值的2.5倍,这要求功率放大器能够输出更高的线性功率。

[0035] 根据频段的不同,以4G智能手机为例,功率放大器模组内部的功率放大通路分为low band/middle band/high band三个功率放大通道,图2是目前业内3G/4G功率放大器模

组框图,可以看出包括三个信号放大通道,由三个功率放大器及各自对应的射频频带选择开关组成。其中low band信号放大通道需要覆盖band5/band8/band12/band13/band14/band17/band20/band26/band27/band28在内的所有频段,频率范围是699MHz~915MHz, middle band频率范围是1710MHz~2025MHz, high band频率范围是2300MHz~2690MHz,从带宽角度来分析,带宽与频段中心频点的比值均已大于20%,也就是三个功率放大器均属于宽带功率放大器。

[0036] 随着输入功率的增加,AM-AM失真和AM-PM失真会呈现逐渐加强的趋势,常见的AM-AM失真有两种情况,图5所示曲线趋势为第一类AM-AM失真,失真表现为增益压缩严重,图8所示曲线趋势为第二类AM-AM失真,增益上扬严重,两种AM-AM失真均会导致线性度恶化。

[0037] 图3是现有技术中典型功率放大器的结构图,为了尽量简单的阐述问题,图中并未画出驱动级,只画出了放大器的功率级,也就是多级功率放大器的最末级,通讯终端内功率放大器的非线性失真程度基本上也是由最末级决定,所以本方案的实施例均针对此功率放大级展开讨论。从图3可以看出,该功率放大器包括输入端口Pin、输入匹配网络/级间匹配网络、隔直流/匹配电容C2、偏置电路、压舱电阻R2、功率放大管S2、choke电感、输出匹配网络、功率输出端口Pout组成,其中偏置电路由电阻R1、串联后N极接地的二极管D1和D2、偏置晶体管S1、bypass电容C1组成,所述电阻R1的一端连接Vreg,另一端连接所述二极管D1的P极,所述二极管D1的N极连接所述二极管D2的P极,所述二极管D2的N极接地,所述偏置晶体管S1的基极/栅极连接在所述二极管D1的P极上,所述偏置晶体管S1的发射极/源极通过压舱电阻R2连接在所述功率放大管的输入端口上,所述偏置晶体管S1的集电极/漏极连接Vbat。

[0038] 在功率放大器设计中,由于工艺寄生参数、偏置偏差、匹配结构不完美、基波负载阻抗偏差等原因,随着输入功率增加到一定程度,AM-AM失真和AM-PM失真呈现逐渐增强的趋势,而这两种失真是线性度失真的根本原因,与ACPR失真和EVM失真等指标正相关。换句话说,如果能延缓或者改善AM-AM失真和AM-PM失真,则能够从根本上增加线性功率放大器的线性输出功率。

[0039] 随着输入功率的增加,如果AM-AM曲线能保持为一条直线,则该线性功率放大器为理想状态,实际中不存在这样的功率放大器,射频芯片工程师一直致力于寻找让AM-AM曲线尽量保持为一条直线的方法。

[0040] 结合上述现有技术的概述,解释说明本发明:

[0041] 针对增益上扬严重的AM-AM失真,图4示意了一种线性度改善的射频功率放大器,与典型功率放大器结构相比,增加了线性度改善网络,增加线性度改善网络前后的AM-AM曲线对比如图5所示,图5中A1线是没有添加线性度网络之前的AM-AM曲线,随着输入功率的增加,曲线表现出较强的增益上扬,随后出现快速增益压缩;A2曲线是增加了线性度改善网络之后的AM-AM曲线,A3曲线是采用了优化的线性度改善网络之后的AM-AM曲线(不同的线性度改善网络线性度的改善程度不同),可以看出A2、A3曲线的线性度均优于A1曲线,以A3曲线的线性度最优,换言之,A3曲线对应的功率放大器的线性输出功率最高。针对图4所示的一种线性度改善的射频功率放大器,图6给出了九种线性度改善网络结构:M1~M9。M1表示采用至少两个并联连接的二极管;M2表示单个二极管;M3表示二极管串联连接电阻器;M4表示至少两个二极管并联连接后,再与电阻器串联连接;M5表示电容器与单个二极管并联连

接后再与电阻器串联连接；M6表示将M5结构的二极管数量增加为两个以上；M7表示采用电容器形成线性度改善网络；M8表示采用串联连接的电阻器和电容器形成线性度改善网络；M9表示串联连接的电容器和电感器。

[0042] 应当说明的是，此处只是示意性的给出一些线性度改善网络的实现结构，基于此专利文件公布的内容做出的其他变化结构亦是本专利保护的范畴，比如，定义M1~M6定义为复合二极管，复合二极管形成的线性度改善网络所包含的电阻器可以采用电感器替代，或者给电阻器增加一个并联的电感器，或者直接在本M1~M8结构里增加串联电感器，由此改进方法得到的线性度改善网络均应包含在此文件的保护范围之内。

[0043] 针对增益压缩严重的AM-AM失真，图7示意了一种线性度改善的射频功率放大器，与典型功率放大器结构相比，增加了线性度改善网络，与图4中的放大器结构相比，是调整了线性度改善网络的连接点，以L1线性度改善网络为例，需要将复合二极管的N极连接至偏置晶体管S1的发射极/源极，P极连接点不变。增加线性度改善网络前后的AM-AM曲线对比如图8所示，图8中B1线是没有添加线性度网络之前的AM-AM曲线，随着输入功率的增加，曲线表现出较强的增益上扬，随后出现快速增益压缩；B2曲线是增加了线性度改善网络之后的AM-AM曲线，B3曲线是采用了优化的线性度改善网络之后的AM-AM曲线，可以看出B2、B3曲线的线性度均优于B1曲线，以B3曲线的线性度最优。

[0044] 根据分析可知，在多模多频功率放大器模组中，LB、MB、HB三个放大器均属于宽带功率放大器，在宽带功率放大器中，常常会发现在同一放大器的不同频段，放大器会表现出不同的AM-AM线性度，在有些频段表现出AM-AM曲线上扬严重，而在另外的频段，AM-AM曲线却表现出压缩严重，为了满足在不同的频段上实时调整AM-AM曲线至最佳状态，就需要可以实时调整的线性度调整网络。图9所示的就是采用可重构技术实现的线性度可实时调整的功率放大器结构图。在放大器中的某些频段上，如果AM-AM曲线表现为上扬严重，则通过逻辑及偏置控制器控制射频开关K1接通、K2断开，抑制增益过多上扬，改善放大器线性度；在另外的频段，如果AM-AM曲线表现为压缩严重，则通过逻辑及偏置控制器控制射频开关K1断开、K2接通，缓解增益过早压缩，增加放大器的线性输出功率。

[0045] 针对宽带功率放大器应用，如果某频段A和频段B都表现为AM-AM上扬严重，频段B的上扬更为严重；在同一放大器的某频段C和频段D都表现为AM-AM压缩严重，频段D的压缩更为严重。针对四个频段A/B/C/D则需要四种更为细致的线性度改善网络。图10表示可以根据不同频段实时控制调整量的线性度控制网络，在放大器中的频段A，如果AM-AM曲线表现为上扬严重，但是只需要轻度调整，在放大器工作于频段A时，通过逻辑及偏置控制器控制射频开关K1接通、K2断开、K3断开、K4断开，抑制增益上扬，稍微改善放大器线性度；在放大器工作于频段B时，AM-AM曲线同样表现为上扬严重，但是需要增加调整强调，则通过逻辑及偏置控制器控制射频开关K1接通、K2接通、K3断开、K4断开。类似的，在放大器工作于频段C时，通过逻辑及偏置控制器控制射频开关K1断开、K2断开、K3接通、K4断开，抑制增益压缩；在放大器工作于频段D时，通过逻辑及偏置控制器控制射频开关K1断开、K2断开、K3接通、K4接通。由此，可以在放大器工作于不同频段时，实时调整其AM-AM曲线，保持放大器始终表现出较好的线性度，输出更高的线性功率。

[0046] 根据本发明所披露的设计思路，在其他的实施例中，可以采用其他的偏置电路结构，也可以采用其他类型的晶体管实现。

[0047] 基于上述对所述的线性度改善网络结构的解释说明,本发明的所述线性度改善网络为可重构的网络,如图11所示,可重构的所述线性度改善网络包括多个可重构电容、多个可重构二极管、一个可重构电阻和一个可重构电感;多个可重构电容和多个可重构二极管并联;多个可重构电容和多个可重构二极管并联后的一端通过射频开关Ka连接在所述输入匹配网络或级间匹配网络的输出端口上;多个可重构电容和多个可重构二极管并联后的一端还通过所述可重构电阻连接在所述输入匹配网络或级间匹配网络的输出端口上;多个可重构电容和多个可重构二极管并联后的一端还通过所述可重构电感连接在所述输入匹配网络或级间匹配网络的输出端口上;多个可重构电容和多个可重构二极管并联后的另一端通过射频开关Kb连接在对应的所述偏置电路的所述偏置晶体管S1的基极/栅极上;多个可重构电容和多个可重构二极管并联后的另一端还通过射频开关Kc连接在对应的所述偏置电路的所述偏置晶体管S1的发射极/源极上;所述可重构电容由电容Cki和射频开关Kci串联构成,所述可重构二极管由二极管Dki和射频开关Kdi串联构成,所述可重构电阻由电阻R和射频开关Kr串联构成,所述可重构电感由电感L和射频开关Kl串联构成,其中 $i = 1, 2, 3, \dots, n$ 。

[0048] 综上所述,射频功率放大器的哪一级功率放大管需要改善线性度,是要改善增益上扬还是要改善增益压缩,均是可以选择的;由此本发明一种高线性度的射频功率放大器的一种整体设计如图12所示,通过逻辑及偏置控制器控制射频开关的通断从而选择需要改善的功率放大管的级数,以及改善的类型。

[0049] 在本发明中,所述偏置电路为功放管提供合适的偏置,偏置电路的工作状态受控于所述逻辑及偏置控制器。

[0050] 若放大器支持多模多频,则放大器还包括输入射频开关、输出射频开关;所述输入射频开关连接在所述输入匹配网络的输入端口上,所述输出射频开关连接在所述输出匹配网络的输出端口上,所述输入射频开关和输出射频开关均分别与所述逻辑及偏置控制器相连,输入射频开关和输出射频开关受控于逻辑及偏置控制器。

[0051] 每一级功率放大管可以包含一个或多个功率放大单元,可以采用GaAs HBT、GaAs pHEMT、SiGe HBT、GaN HEMT、LDMOS、BJT、Bulk CMOS、SOI CMOS工艺实现,不同功率级可以采用不同的工艺,实现在不同的裸晶片上。如果功率放大器由多级功率放大管组成,不同级功率放大管可以采用相同或不同的工艺。

[0052] 在本具体实施例中,所述匹配网络还包括输出匹配网络,所述输出匹配网络连接在所述功率放大模块中的末级所述功率放大管的输出端口上。

[0053] 本发明还包含有输入射频开关和输出射频开关,所述输入射频开关连接在所述输入匹配网络的输入端口上,所述输出射频开关连接在所述输出匹配网络的输出端口上,所述输入射频开关和输出射频开关均分别与所述逻辑及偏置控制器相连。

[0054] 本发明针对3G/4G/5G等支持多模多频的放大器模组大都属于宽带功率放大器,同一功放在不同频段的AM-AM失真情况状态会有所不同。为线性度改善网络引入射频开关之后,针对功放在不同时段的不同目标频段,结合功率放大器在该目标频段的AM-AM失真情况,可实时重构线性度改善网络,将放大器实时地在目标频段调整至线性度最佳状态,从而提高功率放大器模组的整体线性度。

[0055] 基于上述一种高线性度的射频功率放大器,本发明还提供一种高线性度的射频通

信终端。

[0056] 一种高线性度的射频通信终端,包括上述一种高线性度的射频功率放大器,还包括滤波器和/或双工器,所述滤波器和/或双工器连接在所述的一种高线性度的射频功率放大器的功率放大模块与天线之间。

[0057] 射频通信终端中包括高线性度的射频功率放大器,也可以提高射频通信终端的线性度。

[0058] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,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、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

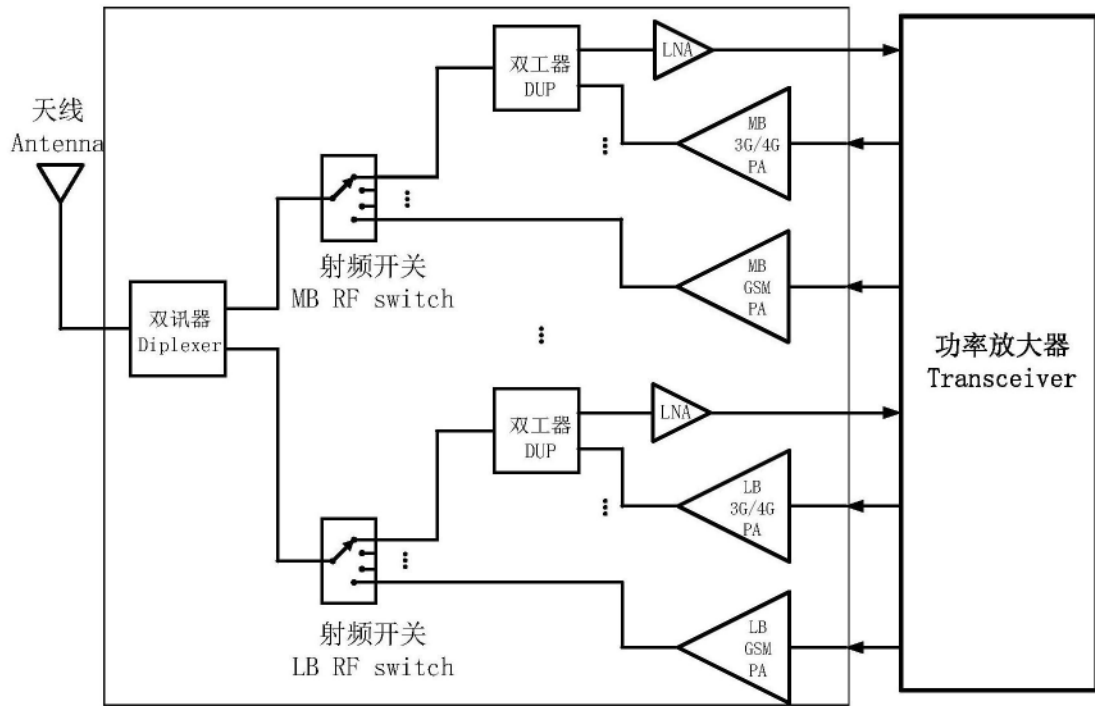


图1

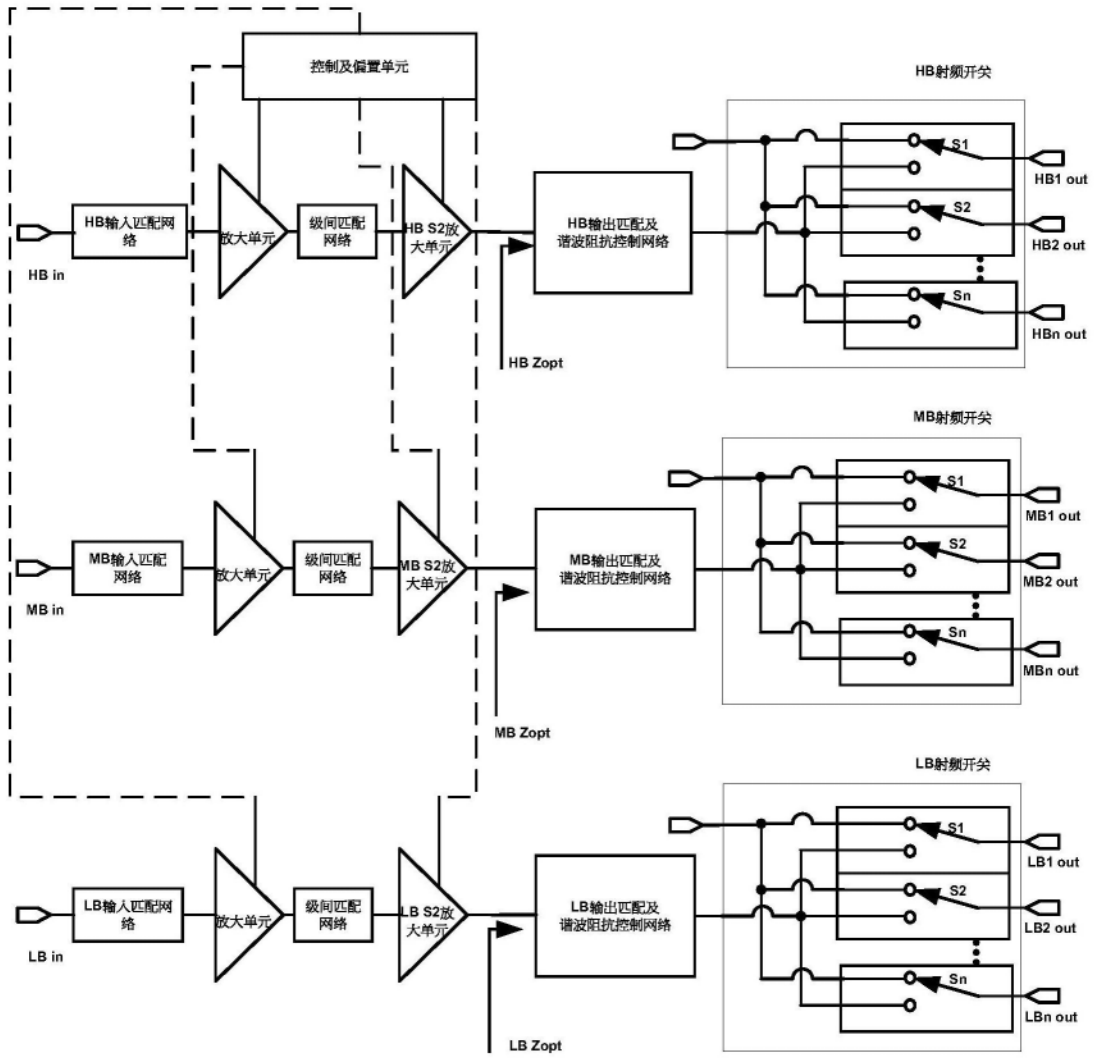


图2

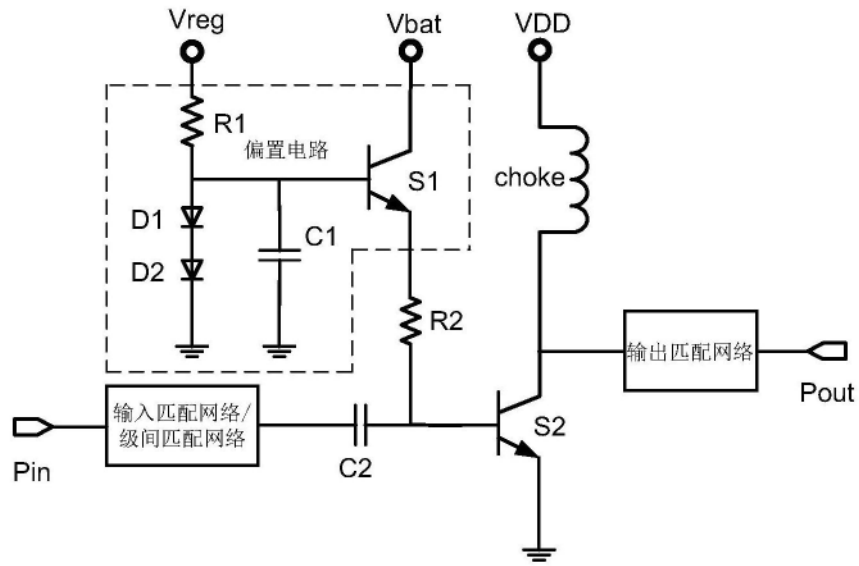


图3

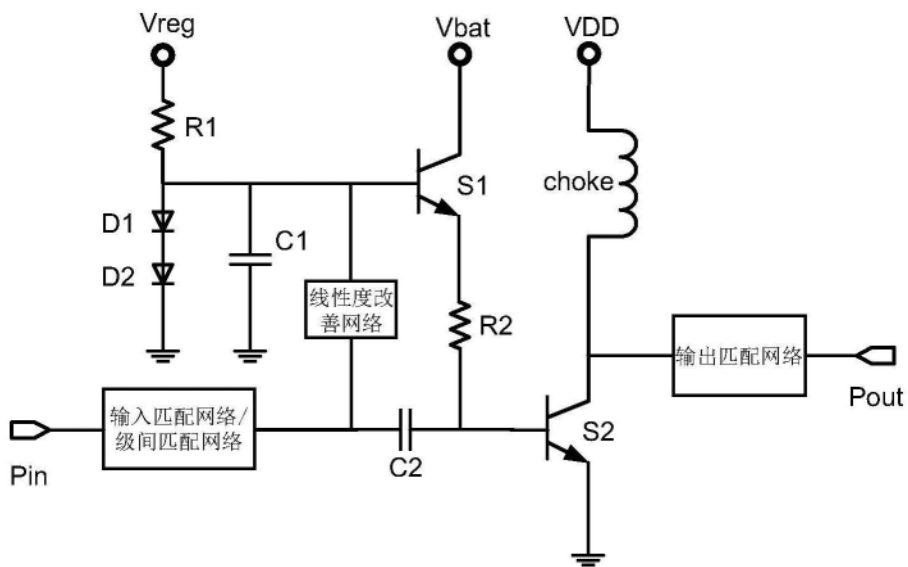


图4

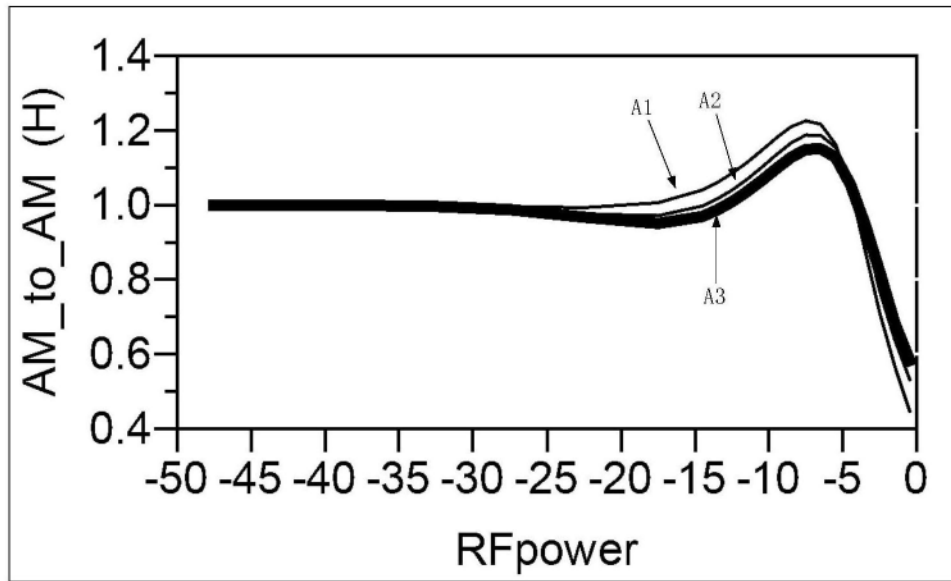


图5

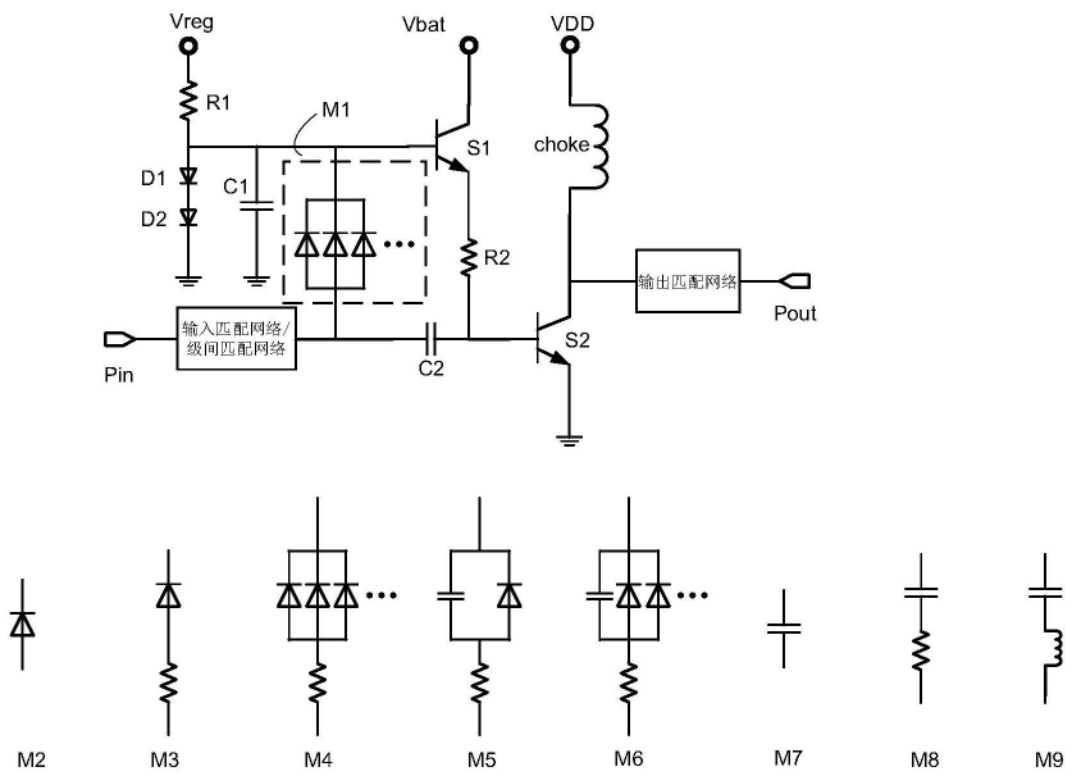


图6

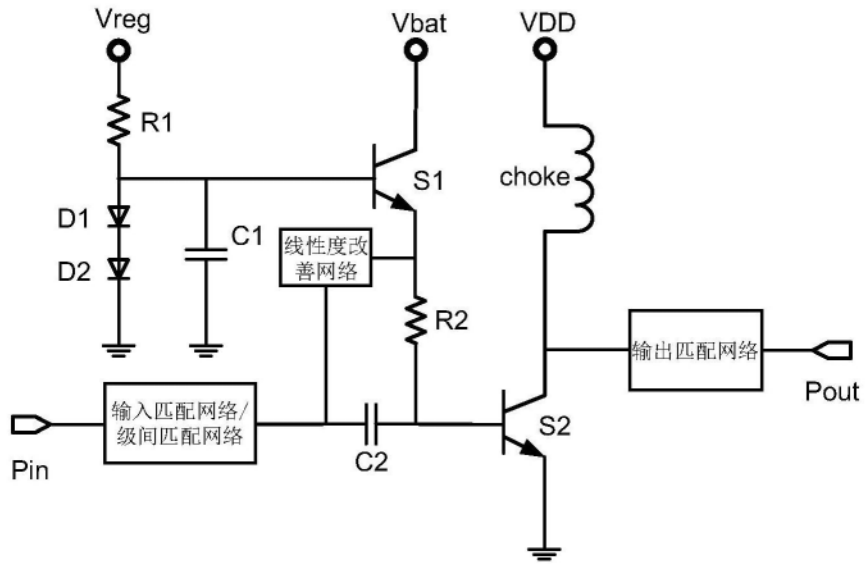


图7

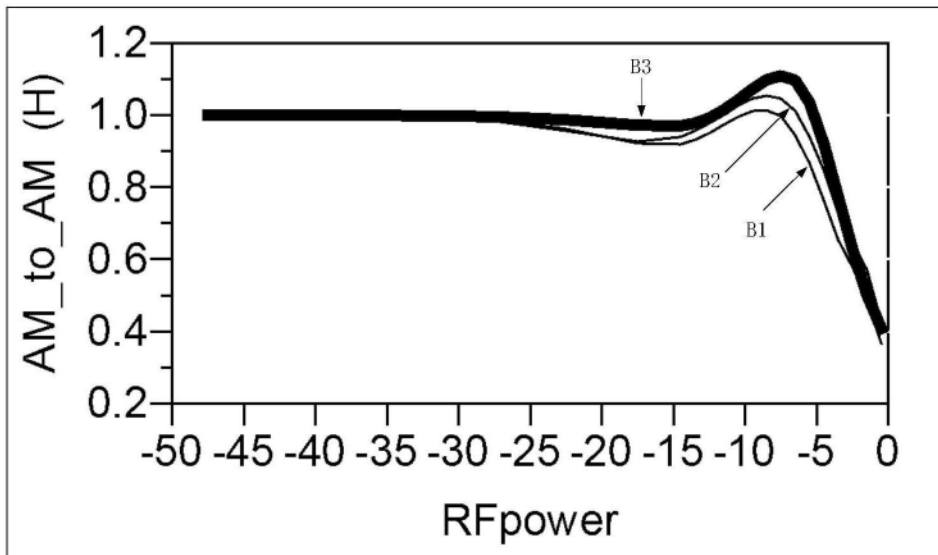


图8

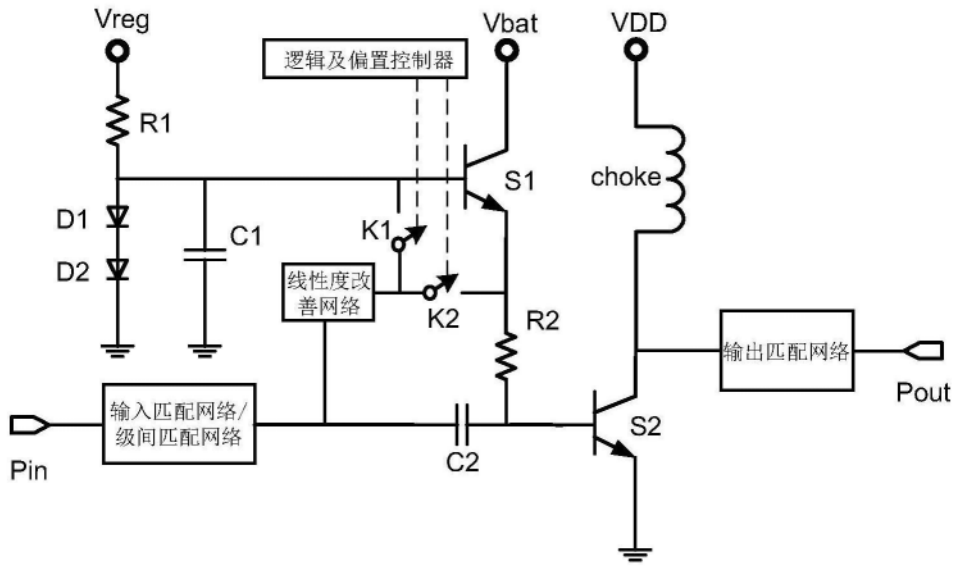


图9

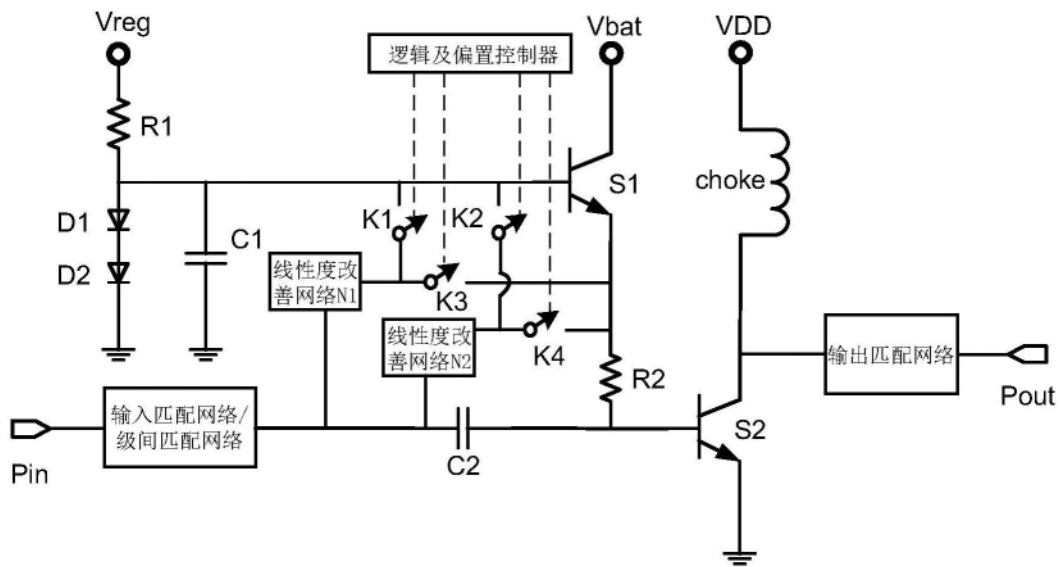


图10

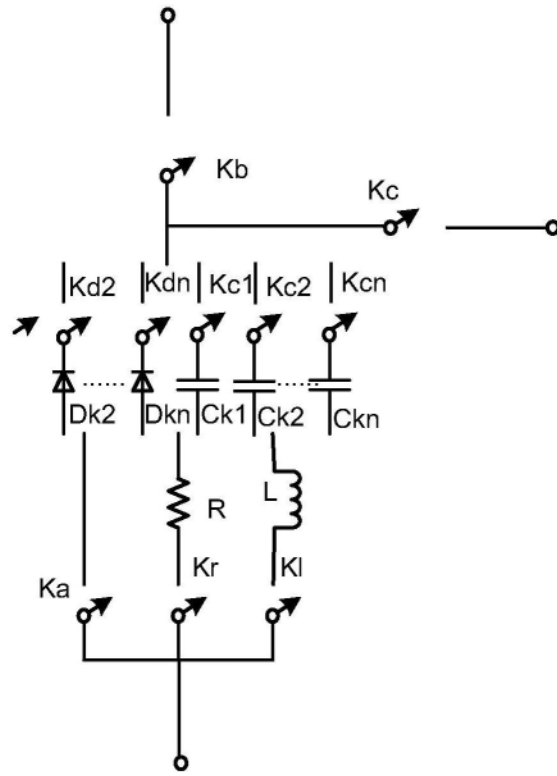


图11

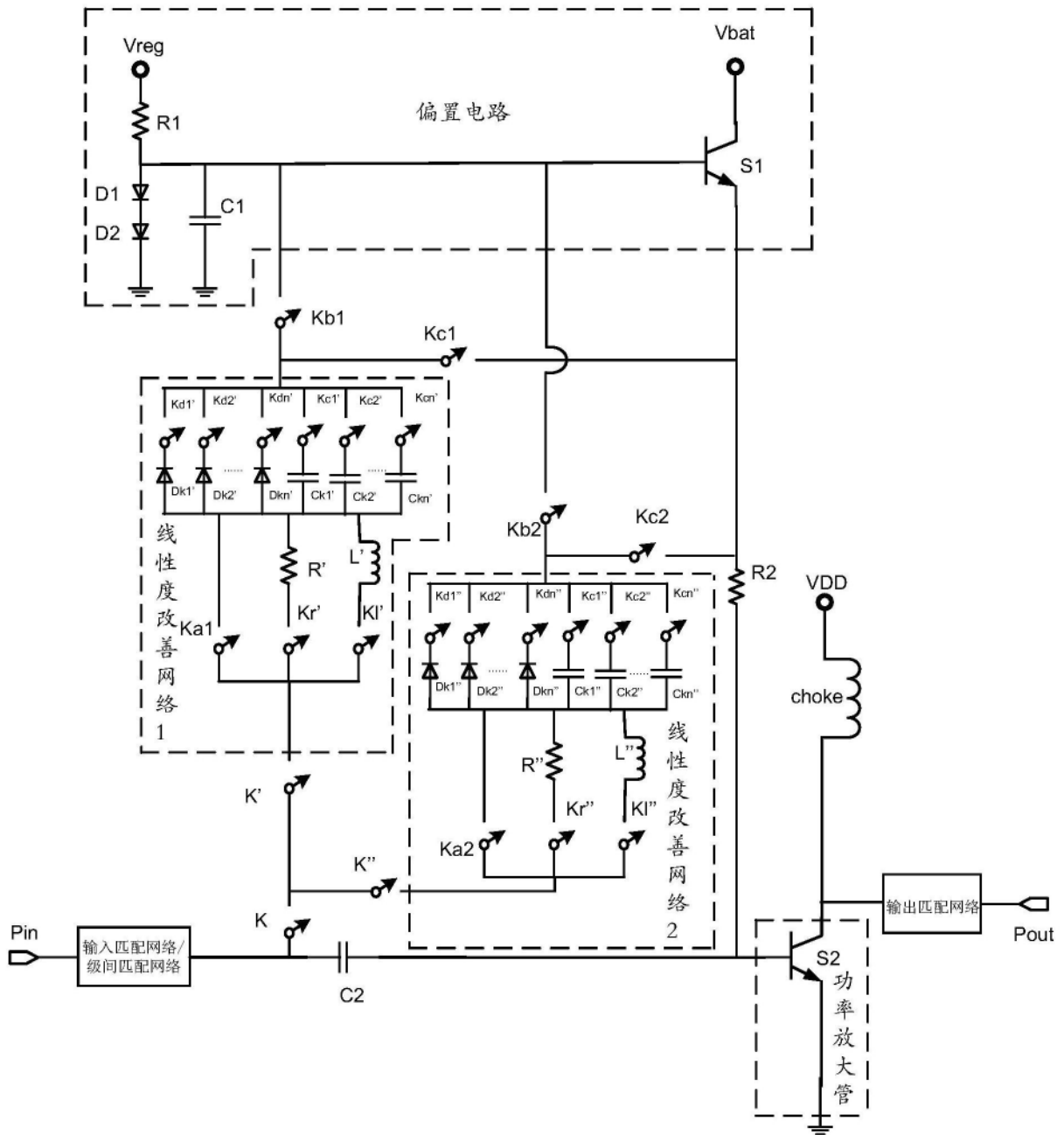


图12