



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104333335 B

(45)授权公告日 2017.07.25

(21)申请号 201410618509.2

H03F 1/02(2006.01)

(22)申请日 2014.11.06

H03F 3/20(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 刘杰

申请公布号 CN 104333335 A

(43)申请公布日 2015.02.04

(73)专利权人 中国电子科技集团公司第十三研究所

地址 050051 河北省石家庄市合作路113号

(72)发明人 默立冬 方家兴 蔡道民 王绍东 汪江涛

(74)专利代理机构 石家庄国为知识产权事务所 13120

代理人 米文智

(51)Int.Cl.

H03F 1/32(2006.01)

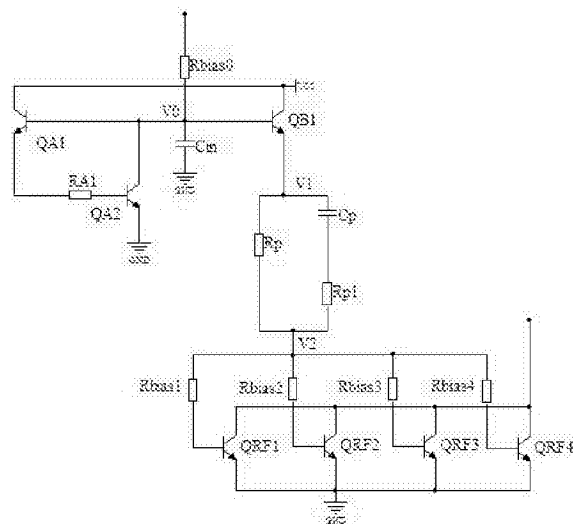
权利要求书1页 说明书3页 附图1页

(54)发明名称

自适应双极型晶体管功率放大器线性偏置电路

(57)摘要

本发明公开了一种自适应双极型晶体管功率放大器线性偏置电路,涉及为提高效率和线性而对放大器进行改进的电路技术领域。偏置电路的电源输入端经电阻Rbias0分为四路,第一路与晶体管QA1的基极连接,第二路与晶体管QA2的集电极连接,第三路经电容Cin接地,第四路与晶体管QB1的基极连接;晶体管QA1和晶体管QB1的集电极接VCC,晶体管QA1的发射极经电阻RA1接晶体管QA2的基极,晶体管QA2的发射极接地,晶体管QB1的发射极电流经电阻Rp后分别输出给一个以上的射频功率放大管支路。电路采用自适应偏置线性结构,能够有效实现高线性和高功率附加效率,同时具有温补作用,而且简化了电路,降低制作难度,提高成品率。



1. 一种自适应双极型晶体管功率放大器线性偏置电路,其特征在于:所述偏置电路的电源输入端经电阻 $R_{bias0}$ 分为四路,第一路与晶体管QA1的基极连接,第二路与晶体管QA2的集电极连接,第三路经电容 $C_{in}$ 接地,第四路与晶体管QB1的基极连接;晶体管QA1和晶体管QB1的集电极接VCC,晶体管QA1的发射极经电阻RA1接晶体管QA2的基极,晶体管QA2的发射极接地,晶体管QB1的发射极电流经电阻 $R_p$ 后分别输出给一个以上的射频功率放大管支路,电容 $C_p$ 和电阻 $R_{p1}$ 串联后与电阻 $R_p$ 并联,每个射频功率放大管支路包括一个电阻 $R_{biasn}$ 和一个射频功率放大管QRFn,电阻 $R_{biasn}$ 的一端接电阻 $R_p$ 与电阻 $R_{p1}$ 的结点,电阻 $R_{biasn}$ 的另一端接射频功率放大管QRFn的基极,射频功率放大管QRFn的发射极接地,其中n为自然数;

晶体管QA1、晶体管QA2和晶体管QB1构成线性偏置电路的核心有源部分,晶体管QA1、晶体管QA2和电阻RA1实现稳定的基准带隙电压,晶体管QB1连接为射极跟随结构,电容 $C_{in}$ 实现射频接地;偏置电阻 $R_p$ 、电容 $C_p$ 和电阻 $R_{p1}$ 用于构成恒流和自适应改善线性特性,利用偏置电阻 $R_p$ 、电容 $C_p$ 、电阻 $R_{p1}$ 、晶体管QB1和电容 $C_{in}$ ,实现调整跟随晶体管QB1和射频功率放大管QRFn的阻抗变化,使基极-发射极电压 $V_{BE}$ 在一定范围内的输入功率下维持稳定,改善线性,实现射频分流,同时保证射频路径上的射频信号损耗降至最低;

所述电路还包括电阻 $R_{p20}$ - $R_{p21}$ 以及电阻 $R_{p30}$ - $R_{p33}$ ,所述电阻 $R_p$ 、电阻 $R_{p20}$ 和电阻 $R_{p30}$ 串联连接,电阻 $R_{p21}$ 与电阻 $R_{p20}$ 并联,电阻 $R_{p31}$ - $R_{p33}$ 分别与电阻 $R_{p30}$ 并联,电阻 $R_{p30}$ 的悬空端分别与射频功率放大管支路上的电阻 $R_{biasn}$ 的悬空端连接。

2. 根据权利要求1所述的自适应双极型晶体管功率放大器线性偏置电路,其特征在于:所述晶体管QA1、QA2、QB1的面积比为1:1:2-6,所述电阻 $R_p$ 的阻值 $R_p=RA1/\text{射频功率放大管支路的个数}$ ,用于实现在 $-45^\circ$ 到 $+85^\circ$ 温度范围内特性维持不变。

## 自适应双极型晶体管功率放大器线性偏置电路

### 技术领域

[0001] 本发明涉及为提高效率和线性而对放大器进行改进的电路技术领域,尤其涉及一种自适应双极型晶体管功率放大器线性偏置电路。

### 背景技术

[0002] 射频功率放大器是现代通信系统中非常重要的组成部分,其性能指标对通信系统起到核心作用。随着第三代、第四代移动通信技术及卫星通信的迅猛发展,对射频功率放大器的技术指标越来越苛刻,尤其是功率附加效率(PAE)和线性度,在CDMA等通信协议中,显得极其重要。原因在于高功率附加效率延长通话时间和电池的使用寿命,而高线性则降低通信信道之间的相互干扰,提高通道利用率,扩宽频道带宽。

[0003] 而通常,功率效率和线性特性二者之间是相互制约的,如何改善射频功率放大器的线性度,同时维持较高的PAE已成为研究通信领域里用射频功放极为重要的课题,是近年来国内外该领域研究的重点和热点。

[0004] 目前,主要有以下几种措施:功率回退技术、前馈技术、预失真技术等,这些技术各具优缺点。功率回退技术是一种简单实用的传统技术,即牺牲功率效率换取高线性,该技术虽然实现简单,但大大降低了功放的利用率,在效率要求较高的功率放大系统中不太适用;前馈技术虽然可以很好地改善功放的线性度,但由于采用开环电路实现,所有器件的特性随时间的变化不能被补偿,且电路结构复杂,成本较高;预失真技术也是以增加电路复杂性来换取高的线性。因此针对上述问题,提出新颖、简单、实用的线性化技术显得尤为迫切。

### 发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是提供一种自适应双极型晶体管功率放大器线性偏置电路,所述电路采用自适应偏置线性结构,能够有效实现高线性和高功率附加效率,同时具有温补作用,而且简化电路,降低制作难度,提高成品率。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明所采取的技术方案是:一种自适应双极型晶体管功率放大器线性偏置电路,其特征在于:所述偏置电路的电源输入端经电阻 $R_{bias0}$ 分为四路,第一路与晶体管QA1的基极连接,第二路与晶体管QA2的集电极连接,第三路经电容 $C_{in}$ 接地,第四路与晶体管QB1的基极连接;晶体管QA1和晶体管QB1的集电极接VCC,晶体管QA1的发射极经电阻 $R_{A1}$ 接晶体管QA2的基极,晶体管QA2的发射极接地,晶体管QB1的发射极电流经电阻 $R_p$ 后分别输出给一个以上的射频功率放大管支路,电容 $C_p$ 和电阻 $R_{p1}$ 串联后与电阻 $R_p$ 并联,每个射频功率放大管支路包括一个电阻 $R_{biasn}$ 和一个射频功率放大管 $QRF_n$ ,电阻 $R_{biasn}$ 的一端接电阻 $R_p$ 与电阻 $R_{p1}$ 的结点,电阻 $R_{biasn}$ 的另一端接射频功率放大管 $QRF_n$ 的基极,射频功率放大管 $QRF_n$ 的发射极接地,其中 $n$ 为自然数;

[0007] 晶体管QA1、晶体管QA2和晶体管QB1构成线性偏置电路的核心有源部分,晶体管QA1、晶体管QA2和电阻 $R_{A1}$ 实现稳定的基准带隙电压,晶体管QB1连接为射极跟随结构,电容 $C_{in}$ 实现射频接地;偏置电阻 $R_p$ 、电容 $C_p$ 和电阻 $R_{p1}$ 用于构成恒流和自适应改善线性特性,利

用偏置电阻 $R_p$ 、电容 $C_p$ 、电阻 $R_{p1}$ 、晶体管 $QB1$ 和电容 $C_{in}$ ,实现调整跟随晶体管 $QB1$ 和射频功率放大管 $QRF_n$ 的阻抗变化,使基极-发射极电压 $V_{BE}$ 在一定范围内的输入功率下维持稳定,改善线性,实现射频分流,同时保证射频路径上的射频信号损耗降至最低。

[0008] 进一步的技术方案在于:所述电路还包括电阻 $R_{p20}$ - $R_{p21}$ 以及电阻 $R_{p30}$ - $R_{p33}$ ,所述电阻 $R_p$ 、电阻 $R_{p20}$ 和电阻 $R_{p30}$ 串联连接,电阻 $R_{p21}$ 与电阻 $R_{p20}$ 并联,电阻 $R_{p31}$ - $R_{p33}$ 分别与电阻 $R_{p30}$ 并联,电阻 $R_{p30}$ 的悬空端分别与射频功率放大管支路上的电阻 $R_{biasn}$ 的悬空端连接。

[0009] 进一步的技术方案在于:所述晶体管 $QA1$ 、 $QA2$ 、 $QB1$ 的面积比为 $1:1:2-6$ ,所述电阻 $R_p$ 的阻值 $R_p=RA1$ /射频功率放大管支路的个数,用于实现在 $-45^\circ$ 到 $+85^\circ$ 温度范围内维持特性不变。

[0010] 采用上述技术方案所产生的有益效果在于:晶体管 $QA1$ 、晶体管 $QA2$ 、电阻 $RA1$ 和电阻 $R_{bias0}$ ,构成的电路对晶体管 $QB1$ 的基极进行直流偏置,晶体管 $QA2$ 具有分流作用,起到过流保护功能,避免了晶体管 $QA1$ 、晶体管 $QB1$ 和射频放大管 $QRF_n$ 等器件的基极电流过大而烧毁电路。

[0011] 本电路是将RF信号耦合到有源偏置中的偏置电路,偏置电路的线性化由晶体管 $QB1$ 的基极和发射极间的BE结(在晶体管 $QB1$ 的内部构成一个二极管)和RF旁路电容 $C_{in}$ 完成。电容 $C_{in}$ 将注入到晶体管 $QB1$ 基极的RF信号旁路,注入的RF信号经晶体管 $QB1$ 整流后产生直流分量,晶体管 $QB1$ 的发射极电流增加,同时也就增大了驱动射频放大管的电流,同时因为整流作用,使得晶体管 $QB1$ 的BE结电压降低,从而补偿了射频功率放大管 $QRF_n$ ( $QRF1$ ,  $QRF2$ ,  $QRF3$ 等)的BE结电压降,维持了射频功率放大管基极和发射极之间的电压 $V_{BE}$ 的恒定,从而维持了在大功率注入时原有的如A类或AB类的工作状态,避免了 $V_{BE}$ 下降造成的工作类别从A类到B类甚至到C类的改变,实现了线性化作用。大部分的RF信号都注入到了射频功率放大管中,注入到偏置电路中的RF信号很少,并不影响功放的小信号和大信号增益。

[0012] 通过改变恒流源 $IDC$ 的大小,可以改变射频功率放大管偏置电流。这样,射频功率放大管就可以根据输出功率的大小选择偏置状态,既能够满足线性要求,又对功率效率影响较小。

## 附图说明

[0013] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0014] 图1是本发明的电路原理图;

[0015] 图2是本发明可以进一步包括的电路部分的原理图。

## 具体实施方式

[0016] 下面结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0017] 在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明,但是本发明还可以采用其他不同于在此描述的其它方式来实施,本领域技术人员可以在不违背本发明内涵的

情况下做类似推广,因此本发明不受下面公开的具体实施例的限制。

[0018] 如图1所示,本发明公开了一种自适应双极型晶体管功率放大器线性偏置电路,所述偏置电路的电源输入端经电阻 $R_{bias0}$ 分为四路,第一路与晶体管QA1的基极连接,第二路与晶体管QA2的集电极连接,第三路经电容 $C_{in}$ 接地,第四路与晶体管QB1的基极连接;晶体管QA1和晶体管QB1的集电极接VCC,晶体管QA1的发射极经电阻 $R_{A1}$ 接晶体管QA2的基极,晶体管QA2的发射极接地,晶体管QB1的发射极电流经电阻 $R_p$ 后分别输出给一个以上的射频功率放大管支路,电容 $C_p$ 和电阻 $R_{p1}$ 串联后与电阻 $R_p$ 并联,每个射频功率放大管支路包括一个电阻 $R_{biasn}$ 和一个射频功率放大管 $QRF_n$ ,电阻 $R_{biasn}$ 的一端接电阻 $R_p$ 与电阻 $R_{p1}$ 的结点,电阻 $R_{biasn}$ 的另一端接射频功率放大管 $QRF$ 的基极,射频功率放大管 $QRF$ 的发射极接地, $n$ 为自然数。

[0019] 进一步的,所述偏置电路还包括电阻 $R_{p20}$ – $R_{p21}$ 以及电阻 $R_{p30}$ – $R_{p33}$ ,所述电阻 $R_p$ 、电阻 $R_{p20}$ 和电阻 $R_{p30}$ 串联连接,电阻 $R_{p21}$ 与电阻 $R_{p20}$ 并联,电阻 $R_{p31}$ – $R_{p33}$ 分别与电阻 $R_{p30}$ 并联,电阻 $R_{p30}$ 的悬空端分别与射频功率放大管支路上的电阻 $R_{biasn}$ 的悬空端连接。所述晶体管QA1、QA2、QB1的面积比为1:1:2–6,所述电阻 $R_p$ 的阻值 $R_p=R_{A1}$ /射频功率放大管支路的个数,用于实现在 $-45^\circ$ 到 $+85^\circ$ 温度范围内维持特性不变。

[0020] 原理:晶体管QA1、晶体管QA2、电阻 $R_{A1}$ 和偏置电阻 $R_{bias0}$ 构成基准带隙电压,维持晶体管QB1的基极处电压 $V_0$ 稳定;晶体管QA2具有分流作用,起到过流保护功能,避免晶体管QA1、晶体管QB1和射频功率放大管 $QRF_n$ 等进入饱和。

[0021] 线性化功能主要由晶体管QB1和射频管 $QRF_n$ 以及二者之间的偏置电阻 $R_{biasn}$ ,电阻 $R_p$ 、电容 $C_p$ 、电阻 $R_{p1}$ (以及对应变化结构,如图2所示)以及电容 $C_{in}$ 构成,电容 $C_{in}$ 将注入到晶体管QB1基极的RF信号旁路。射频功率放大管 $QRF$ 的基极-发射极二级管在大信号注入下容易产生整流作用,致使基极-发射极电压 $V_{BE}$ 下降,导致射频功率放大管 $QRF_n$ 的工作点发生变化,容易从A类向AB类以及B类等变化。而采用该线性电路,则可实现射频阻抗变换,合理的分配流入射频功率放大管 $QRF_n$ 和晶体管QB1的射频功率,动态调整射频功率放大管 $QRF_n$ 和晶体管QB1的阻抗,进而保证该通路处的晶体管QB1的基极-发射极电压 $V_{BE}$ 与射频功率放大管 $QRF_n$ 的基极-发射极电压 $V_{BE}$ 的电压比保持恒定,进而有效避免射频功率放大管 $QRF_n$ 基极-发射极电压 $V_{BE}$ 电压随注入功率变化而变化,从而维持了该放大器工作点不发生漂移。

[0022] 温度稳定功能主要有晶体管QA1、晶体管QA2、晶体管QB1、射频功率放大管 $QRF_n$ 以及电阻 $R_{A1}$ 、电阻 $R_p$ 和电阻 $R_{bias1}$ 、电阻 $R_{bias2}$ 等决定,优化上述晶体管面积和电阻阻值,进而达到 $-45^\circ$ 到 $+85^\circ$ 温度范围内特性的稳定。

[0023] 偏置电阻 $R_p$ 和电容 $C_p$ 、电阻 $R_{p1}$ (以及对应变化结构,如图2所示),其主要作用是调整和优化流过线性化通路的射频信号大小,保证射频管射频功率放大管 $QRF_n$ 的 $V_{BE}$ 和偏置管QB1的 $V_{BE}$ 比例不变,同时,保证射频损耗很小;其次与电阻 $R_{A1}$ 等相配合,实现温度补偿作用。而图2结构,则可以根据射频晶体的数量和版图布局,逐级分布电阻,进而更有效实现上述功能,由于分布更均匀,效果更好。

[0024] 此外,通过改变恒流源IDC的大小,可以改变射频功率放大管偏置电流。这样,射频功率放大管就可以根据输出功率的大小选择偏置状态,使电路既能够满足线性要求,又能提高在低输出功率时的效率。

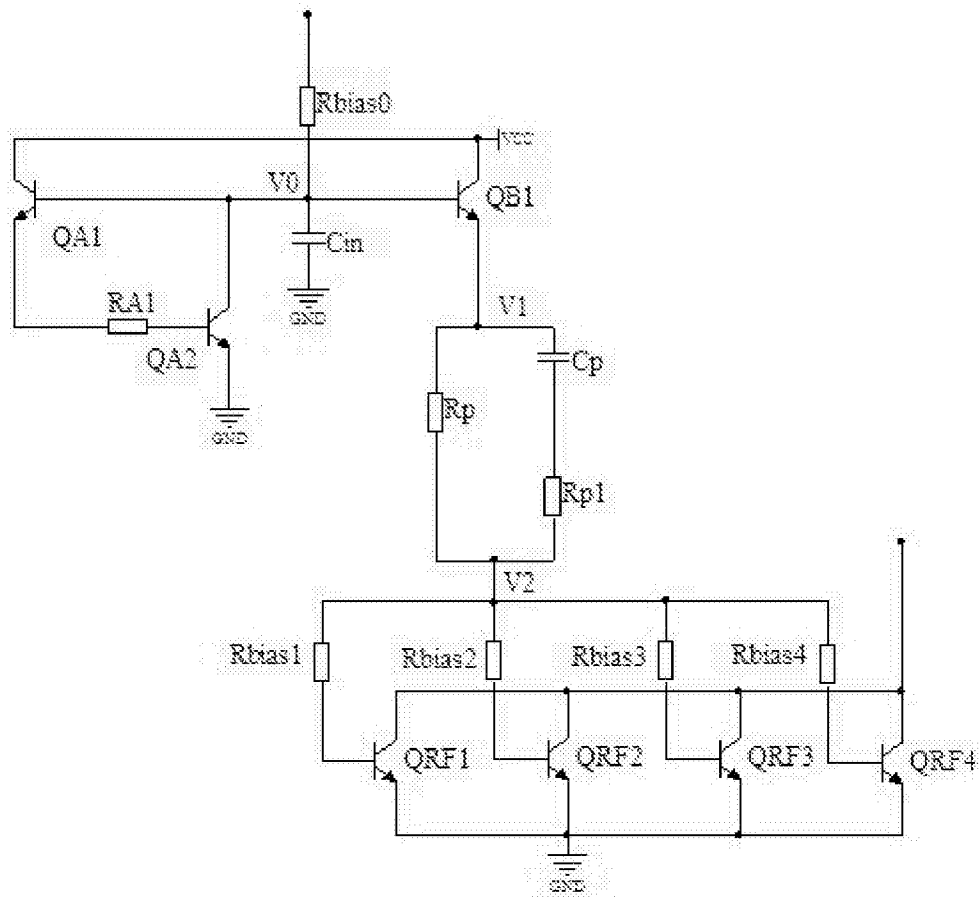


图1

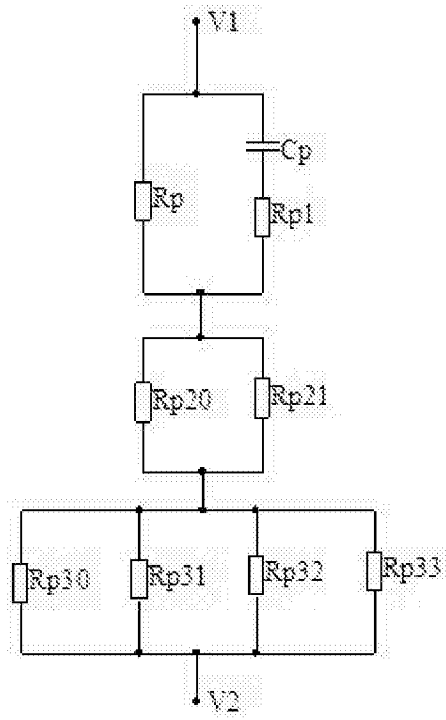


图2