



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02815048.1

[43] 公开日 2004年10月13日

[11] 公开号 CN 1537358A

[22] 申请日 2002.6.26 [21] 申请号 02815048.1

[30] 优先权

[32] 2001.7.30 [33] US [31] 09/918,015

[86] 国际申请 PCT/US2002/020309 2002.6.26

[87] 国际公布 WO2003/012980 英 2003.2.13

[85] 进入国家阶段日期 2004.1.30

[71] 申请人 自由度半导体公司

地址 美国得克萨斯

[72] 发明人 楚明·D·施

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利

商标事务所

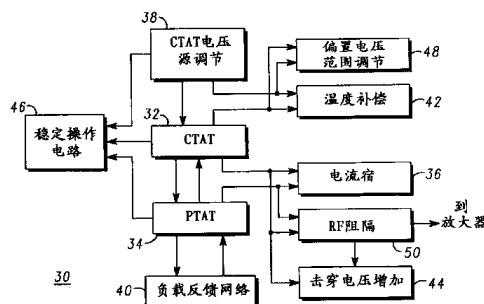
代理人 马浩

权利要求书6页 说明书11页 附图3页

[54] 发明名称 有源偏置电路

[57] 摘要

一种连接到功率放大器 PA 的有源偏置电路 (30)，在大的温度范围内维持功率放大器 DC 静态电流为固定值。该有源偏置电路 (30) 包括第一和第二电流镜电路 (32、34)。该功率放大器 PA 是第二电流镜电路 (34) 的一个元件。将一个温度补偿电路 (42) 连接到第一电流镜电路 (32)，以此来提供温度补偿。将一个第一参考电压源经由温度补偿电路 (42) 连接到第一电流镜电路 (32)，用于给第一电流镜电路 (32) 提供第一参考电压  $V_{ref}$ 。将一个电流源 (36) 连接到第一电流镜电路 (32) 的一个晶体管，将一个电压源调节电路 (38) 连接到第一电流镜电路 (32) 用于设置提供给第一电流镜电路 (32) 的电压。



1.一种连接到一个功率放大器的有源偏置电路，包括：

第一和第二电流镜电路，它们连接到所述功率放大器，用于在大的温度范围内维持供给功率放大器的 DC 静态电流在一个一般固定的值，其中所述功率放大器是第二电流镜电路的一个元件；

一个温度补偿电路，其连接到第一电流镜电路以提供温度补偿；

一个第一参考电压源，其经由温度补偿电路连接到第一电流镜电路，用于给第一电流镜电路提供第一参考电压  $V_{ref}$ ；

一个电流源，其连接到第一电流镜电路的一个晶体管；以及

一个电压源调节电路，其连接到第一电流镜电路用于设置一个提供给第一电流镜电路的电压。

2.权利要求 1 的有源偏置电路，其中第一电流镜电路是绝对温度电流镜的一个补充。

3.权利要求 1 的有源偏置电路，其中第二电流镜电路与绝对温度电流镜成比例。

4.权利要求 1 的有源偏置电路，其中第一电流镜电路包括：

一个有源极、漏极和栅极的第一晶体管；

一个第二晶体管，其栅极连接到第一晶体管的漏极，其源极在第一节点连接到第一晶体管的栅极；以及

一个第四晶体管，其漏极连接到一个第二参考电压源并接收第二参考电压  $V_{abc}$ ，其源极接地，栅极在第一节点连接到第二晶体管的源极和第一晶体管的栅极。

5.权利要求 4 的有源偏置电路，其中第二电流镜电路包括：

所述的第四晶体管；

一个第三晶体管，其漏极连接到第一节点，其源极接地，栅极在第二节点连接到功率放大器的栅极；以及

所述的功率放大器，其中功率放大器的漏极连接到一个第三参考电压源并接收第三参考电压  $V_{dd}$ ，其源极接地。

6.权利要求 5 的有源偏置电路，其中连接到第一电流镜电路的温度补偿电路包括：

一个第一电阻  $R_1$ ，其第一端子连接到第一参考电压源，第二端子连接到第二晶体管的漏极；以及

一个第二电阻  $R_2$ ，其第一端子连接到第一电阻  $R_1$  的第二端子，第二端子连接到第一晶体管的漏极。

7.权利要求 5 的有源偏置电路，其中电流源包括第三晶体管，第三晶体管由第一和第二电流镜电路共用，并被连接到第二晶体管。

8.权利要求 5 的有源偏置电路，其中电压源调节电路包括一个连接在第一晶体管的源极和地之间的设置电阻  $R_{set}$ 。

9.权利要求 5 的有源偏置电路，进一步包括一个连接到第二电流镜电路的负载反馈网络电路。

10.权利要求 9 的有源偏置电路，其中负载反馈网络电路包括：

一个反馈电阻  $R_f$ ，其第一端子在第二节点连接到功率放大器的栅极；以及

一个反馈电容  $C_f$ ，其连接在反馈电阻  $R_f$  的第二端子和地之间。

11.权利要求 10 的有源偏置电路，进一步包括一个击穿电压增加电路，该击穿电压增加电路包括：

串联在第四晶体管的源极和地之间的第一和第二击穿电压电阻 Rbr1、Rbr2，其中在第四晶体管的源极和第一击穿电压电阻 Rbr1 的一个端子的连接处形成一个第三节点；以及

一个击穿电压晶体管，其漏极在第三节点连接到第四晶体管和第一击穿电压电阻 Rbr1，源极接地，栅极连接到位于第一和第二击穿电阻 Rbr1、Rbr2 之间的第四节点。

12.权利要求 11 的有源偏置电路，进一步包括一个 RF 阻隔电阻，其第一端子连接到第二节点，第二端子连接到第三节点。

13.权利要求 11 的有源偏置电路，进一步包括一个电容，其第一端子连接到第三节点，第二端子接地。

14.权利要求 11 的有源偏置电路，进一步包括一个稳定操作电路，其连接到第一和第二电流镜电路用于稳定其操作。

15.权利要求 14 的有源偏置电路，其中稳定操作电路包括一个或多个 Miller 电容。

16.权利要求 14 的有源偏置电路，其中稳定操作电路包括多个电阻。

17.权利要求 16 的有源偏置电路，其中稳定操作电路的多个电阻包括：

一个第一稳定电阻 RS1，其第一端子连接到第一节点，第二端子连接到第一晶体管的栅极；

一个第二稳定电阻 RS2，其第一端子连接到第二晶体管的栅极，第二端子在第五节点连接到第一晶体管的漏极和第二电阻 R2 的第二端子；

一个第三稳定电阻  $RS3$ ，其第一端子连接到第三晶体管的栅极，第二端子连接到位于反馈电阻  $Rf$  的第二端子和反馈电容  $Cf$  之间的第六节点；以及

一个第四稳定电阻  $RS4$ ，其第一端子连接到第一节点，第二端子连接到第四晶体管的栅极。

18.一种有源偏置电路，用于在一个大的温度范围内维持一个功率放大器 DC 静态电流为固定值，包括：

一个第一电流镜电路，包括一个第一晶体管，一个第二晶体管，第二晶体管的栅极连接到第一晶体管的漏极，第二晶体管的漏极连接到一个第一参考电压源用于接收第一参考电压  $Vref$ ，和一个第四晶体管，其漏极连接到一个第二参考电压源用于接收第二参考电压  $Vabc$ ，其栅极连接到第二晶体管的源极和第一晶体管的栅极；

一个第二电流镜电路，包括第四晶体管，一个第三晶体管，第三晶体管的漏极在第一节点连接到第二晶体管的源极，第三晶体管的源极接地，和一个功率放大器，其漏极连接到一个第三参考电压源用于接收第三参考电压  $Vdd$ ，其源极接地，其栅极在第二节点连接到第三晶体管的栅极；

一个温度补偿电路，包括一个第一电阻  $R1$ ，其第一端子连接到第一参考电压源，第二端子连接到第二晶体管的漏极，和一个第二电阻  $R2$ ，其第一端子连接到第一电阻  $R1$  的第二端子，第二端子连接到第一晶体管的漏极；以及

一个电压源调节电路，包括一个连接在第一晶体管的源极和地之间的设置电阻  $Rset$ 。

19.权利要求 18 的有源偏置电路，进一步包括一个连接到第二电流镜电路的负载反馈网络电路。

20.权利要求 19 的有源偏置电路，其中负载反馈网络电路包括：

一个反馈电阻  $R_f$ ，其第一端子在第二节点连接到功率放大器的栅极，第二端子连接到第三晶体管的栅极；以及

一个反馈电容  $C_f$ ，其连接在反馈电阻  $R_f$  的第二端子和地之间。

21. 权利要求 20 的有源偏置电路，进一步包括一个击穿电压增加电路，该击穿电压增加电路包括：

串联在第四晶体管的源极和地之间的第一和第二击穿电压电阻  $R_{br1}$ 、 $R_{br2}$ ，其中在第四晶体管的源极和第一击穿电压电阻  $R_{br1}$  的一个端子的连接处形成一个第三节点；以及

一个击穿电压晶体管，其漏极在第三节点连接到第四晶体管的源极和第一击穿电压电阻  $R_{br1}$ ，源极接地，栅极连接到位于第一和第二击穿电阻  $R_{br1}$ 、 $R_{br2}$  之间的第四节点。

22. 权利要求 21 的有源偏置电路，进一步包括一个 RF 阻隔电阻  $R_b$ ，其第一端子连接到第二节点，第二端子连接到第三节点。

23. 权利要求 21 的有源偏置电路，进一步包括一个电容，其第一端子连接到第三节点，第二端子接地。

24. 权利要求 21 的有源偏置电路，进一步包括一个稳定操作电路，该稳定操作电路包括：

一个第一稳定电阻  $RS1$ ，其第一端子连接到第一节点，第二端子连接到第一晶体管的栅极；

一个第二稳定电阻  $RS2$ ，其第一端子连接到第二晶体管的栅极，第二端子在第五节点连接到第一晶体管的漏极和第二电阻  $R2$  的第二端子；

一个第三稳定电阻  $RS3$ ，其第一端子连接到第三晶体管的栅极，第二端子连接到位于反馈电阻  $R_f$  的第二端子和反馈电容  $C_f$  之间的第六节点；以及

---

一个第四稳定电阻  $RS4$ ，其第一端子连接到第一节点，第二端子连接到第四晶体管的栅极。

## 有源偏置电路

### 技术领域

本发明涉及射频（RF）功率放大器，特别地，涉及 RF 功率放大器的温度补偿和负载调节有源偏置电路（active bias circuit）。

### 背景技术

RF 设备和电路，例如用在蜂窝式电话和蜂窝式电话基站中，包含功率放大器。如果放大器的输出与它的输入除了幅度不同以外其他都相同，则提供线性响应。在 RF 系统中，要求线性响应的一个原因是当向一个非线性设备输入两个或者更多的信号时，会产生干扰理想信号的互调噪声。互调噪声，连同功率放大器的其它性能因素，其中包括增益、功率增加效率（PAE）、输出功率和邻道功率（ACP），都是偏置电流的功能。因此，偏置电流是一个关键的设计因素。

偏置电流受温度和过程变化以及 RF 功率变化的影响。众所周知，蜂窝式电话和基站经常暴露在广阔的温度范围和变化的 RF 功率中。因此，有必要补偿偏置电流由于温度和功率而产生的变化。更进一步地，为了改善功率放大器的增益平坦度和线性度以用于线性应用，例如 TDMA 和 CDMA 功率放大器，有源偏置电路应当在温度的大范围内保持功率放大器的静态电流为一个固定值。对于饱和应用，例如 GSM 和模拟功率放大器，动态偏置电流应当补偿由功率放大器（例如 AB 级、B 级、C 级）的绝缘级的自偏置作用引起的在 RF 阻隔电阻上的偏置电压降落，并在高 RF 驱动功率下给功率放大器级提供大量的电流。

图 1 是传统功率放大器电路 10 的电路原理图。该功率放大器电路 10 包括一个 RF 功率放大器 PA 和一个电流镜电路，其有一个用于调节偏置电压的单晶体管 Q1。该晶体管 Q1 用于追踪在温度和过程



上阈电压的变化。提供第一和第二电阻 R1、R2 用于设置 RF PA 级的偏置电压。将第一电阻 R1 连接在晶体管 Q1 的漏级和参考电压源 Vref 之间。第二电阻 R2 有一个连接到第一电阻 R1 和晶体管 Q1 的漏级之间的节点 N1 的第一端子和一个接地的第二端子。

RF 的阻隔电阻 RB 有一个连接到功率放大器 PA 的栅极的第一端子和一个连接到设置电阻 RS 的一侧和节点 N1 的第二端子。设置电阻 RS 的另一侧连接到晶体管 Q1 的栅极。RF 去耦电容 C1 连接在节点 N1 和接地之间。RF 阻隔电阻 RB 和去耦电容 C1 阻止 RF 信号进入偏置电路。设置电阻 RS 用于设置由 RF PA 级和晶体管 Q1 之间的电流泄漏引起的任何电压差。虽然功率放大器电路 10 可以提供偏置电压调节，但它不能调节电流源或者负载。

图 2 是第二种传统功率放大器电路 20 的电路原理图。该功率放大器电路 20 包括一个功率放大器 PA 和一个包括第一晶体管 Q1 和第二晶体管 Q2 的电流镜电路。第一晶体管 Q1 用于追踪在温度和过程上阈电压的变化。连接在第一晶体管 Q1 和参考电压源 Vref 之间的第一电阻 R1，用于设置第一晶体管 Q1 的偏置电流。连接到功率放大器 PA 和第一与第二晶体管 Q1、Q2 之间的节点 N1 和接地的第二电阻 R2，用于改善击穿。电路 20 也有 RF 阻隔电阻 RB 和 RF 去耦电容 C1。阻隔电阻 RB 和去耦电容 C1 用于阻止 RF 信号进入偏置电路。第一和第二设置电阻 RS1 和 RS2 用于设置由 RF PA 级和电流镜电路之间的电流泄漏引起的任何电压差。虽然第二传统功率放大器电路 20 为温度和过程变化提供了一些补偿措施，但是电路 20 没有足够的补偿能力来补偿温度上的电流变化和克服在高 RF 驱动时的去偏置作用。更进一步地，第二电阻 R2 为所有操作需要消耗大量的电流。

本发明的目的是给功率放大器提供一种有源偏置电路，该电路为温度和功率方面的变化提供了良好的补偿。

## 发明内容

为了给功率放大器提供一种有源偏置电路，本发明提供了一种

与功率放大器连接的有源偏置电路。该有源偏置电路包括连接到功率放大器的第一和第二电流镜电路，用于在大的温度范围内给放大器维持 DC 静态电流在一个通常固定的值。该功率放大器是第二电流镜电路的一个元件。将一个温度补偿电路连接到第一电流镜电路，以此用于提供温度补偿。将第一参考电压源通过温度补偿电路连接到第一电流镜电路，以提供第一参考电压  $V_{ref}$  给第一电流镜电路。将一个电流宿（a current sink）连接到第一电流镜电路的一个晶体管上，并且将一个电压源调节电路连接到第一电流镜电路上，用于设置提供给第一电流镜电路的电压。

在另一个实施例中，本发明提供一种有源偏置电路，用于在大的温度范围内维持功率放大器 DC 静态电路为固定值。该有源偏置电路包括第一和第二电流镜电路。第一电流镜电路包括一个第一晶体管 Q1，一个第二晶体管 Q2，第二晶体管 Q2 的栅极连接到第一晶体管 Q1 的漏极，第二晶体管 Q2 的漏极连接到一个第一参考电压源用于接收第一参考电压  $V_{ref}$ ，和一个第四晶体管 Q4，其漏极连接到一个第二参考电压源用于接收第二参考电压  $V_{abc}$ ，栅极连接到第二晶体管 Q2 的源极和第一晶体管 Q1 的栅极。第二电流镜电路包括所述的第四晶体管 Q4，一个第三晶体管 Q3，第三晶体管 Q3 的漏极在第一节点 N1 连接到第二晶体管 Q2 的源极，第三晶体管 Q3 的源极接地，和一个功率放大器，其漏极连接到一个第三参考电压源用于接收第三参考电压  $V_{dd}$ ，其源极接地，栅极在第二节点 N2 连接到第三晶体管 Q3 的栅极。一个温度补偿电路包括一个第一电阻 R1 和一个第二电阻 R2。第一电阻 R1 的第一端子连接到第一参考电压源，第二端子连接到第二晶体管 Q2 的漏极。第二电阻 R2 的第一端子连接到第一电阻 R1 的第二端子，第二端子连接到第一晶体管 Q1 的漏极。一个电压源调节电路包括一个连接在第一晶体管 Q1 和接地之间的设置电阻  $R_{set}$ 。

## 附图说明

结合附图，将更好地理解前述的发明内容，以及下述的本发明首选实施例的详细描述。为了说明本发明，在附图中画出的是目前首选的实施例。然而，应当认为本发明不限于画出的精确的装置和手段。附图包括：

图 1 是第一传统功率放大器电路的电路原理图；

图 2 是第二传统功率放大器电路的电路原理图；

图 3 是依照本发明的一个实施例的有源偏置电路的结构示意图；

图 4 是依照本发明的功率放大器和有源偏置电路的电路原理图；

图 5 至图 7 是曲线图，分别表示图 1、图 2 和图 4 的电路在温度上的偏置电流、在负载作用上的偏置电压降落和相对于参考电压  $V_{ref}$  的偏置电压。

#### 具体实施方式

以下提出的关于附图的详细描述，意在作为本发明目前首选的实施例的描述，而不是表示本发明可以实施的唯一形式。通过包括在本发明的精髓和范围中的不同实施例可以实现相同或等价的功能，这是能被理解的。在附图中，同样的数字始终用于表示同样的元件。

现在参见图 3，表示依照本发明的有源偏置电路 30 的结构示意图。有源偏置电路 30 连接到一个单级放大器（未画出）。该有源偏置电路 30 的模块功能包括两个电流镜 32、34，一个电流源 36，一个电压源 38，一个负载反馈网络电路 40，一个温度补偿电路 42，一个击穿电压升高电路 44，一个稳定操作电路 46，一个偏置电压范围调节电路 48，和一个 RF 阻隔电路 50。这些模块功能共用公共的电路。

将第一和第二电流镜电路 32、34 连接到功率放大器，用于在大的温度范围内使放大器的 DC 静态电流维持在一个通常固定的值。第一电流镜电路 32 是绝对温度（CTAT）电流镜的一个补充，第二电

流镜电路 34 与绝对温度 (PTAT) 电流镜成比例。参见图 4, 如下面要讨论的, 功率放大器是第二电流镜电路 34 的一个元件。

将温度补偿电路 42 连接到第一电流镜电路 32。第一电流镜电路 32 和温度补偿电路 42 一起提供温度补偿, 使功率放大器能够工作在一个大的温度范围内, 例如从  $-30^{\circ}\text{C}$  到  $100^{\circ}\text{C}$ 。

将电压源 38 连接到第一电流镜电路 32, 用于给第一电流镜电路 32 提供第一参考电压  $V_{\text{ref}}$ 。将电流源 36 连接到第一电流镜电路 32 的一个晶体管。将偏置电压源调节电路 48 连接到第一电流镜电路 32, 用于设置提供给第一电流镜电路 32 的电压。将负载反馈网络电路 40 连接到第二电流镜电路 34。将 RF 阻隔电路 50 连接到功率放大器和第一、第二电流镜电路 32、34, 用于稳定其中的操作。提供负载反馈网络 40 是用于在 RF 驱动条件下管理提供给功率放大器的电流。击穿电压提高电路 44 用于当功率放大器的漏极电压增加以至于它的偏置电压达到它的击穿电压时, 增加功率放大器的击穿电压。

现在参见图 4, 表示有源偏置电路 30 的目前首选实施例的电路原理图。有源偏置电路 30 能够在大的温度范围内使功率放大器 DC 静态电流维持在一个固定值。

第一电流镜电路 32 有一个第一晶体管 Q1, 一个第二晶体管 Q2 和一个第四晶体管 Q4。第一晶体管 Q1 有源极、漏极和栅极。第二晶体管 Q2 有一个连接到第一晶体管 Q1 的漏极的栅极, 一个在第一节点 N1 连接到第一晶体管 Q1 的栅极的源极, 和一个连接到第一参考电压源用于接收第一参考电压  $V_{\text{ref}}$  的漏极。第四晶体管 Q4 有一个连接到第二参考电压源用于接收第二参考电压  $V_{\text{abc}}$  的漏极, 和一个栅极, 该栅极在第一节点 N1 连接到第二晶体管 Q2 的源极和第一晶体管 Q1 的栅极。由第一参考电压源提供第一参考电压  $V_{\text{ref}}$  是一个稳定电压, 用于产生输出电压  $V_{\text{bias}}$ , 其用于偏置功率放大器 PA。第二参考电压源提供第二参考电压  $V_{\text{abc}}$ , 其用于在 RF 驱动条件下给功率放大器 PA 提供电流。第一参考电压  $V_{\text{ref}}$  可以是一个固定值, 也可以是一个变量值, 而第二参考电压  $V_{\text{abc}}$  最好是一个固定

值。

第二电流镜电路 34 也有三个晶体管，即第四晶体管 Q4、功率放大器 PA 和第三晶体管 Q3。第三晶体管 Q3 有一个连接到第一节点 N1 的漏极，一个接地的源极和一个栅极，该栅极在第二节点 N2 连接到功率放大器 PA 的栅极。功率放大器 PA 有一个连接到第三参考电压源接受第三参考电压 Vdd 的漏极，和一个接地的源极。注意，第四晶体管 Q4 被第一和第二电流镜电路 32、34 共用。

将温度补偿电路 42 连接到第一电流镜电路 32。温度补偿电路 42 包括一个第一电阻 R1，其有一个连接到第一参考电压源的第一端子和一个连接到第二晶体管 Q2 的漏极的第二端子。第二电阻 R2 有一个第一端子，其连接到第一电阻 R1 的第二端子，和一个第二端子，其连接到第一晶体管 Q1 的漏极。第一和第二电阻 R1、R2 可以与其它电路元件集成在一个单一的衬底上，也可以在其它电路元件的外面。

电流宿 36 由第三晶体管 Q3 组成，该晶体管是第二晶体管 Q2 的电流宿。电压源调节电路 38 由第一、第二和第三晶体管 Q1、Q2、Q3 和一个连接在第一晶体管 Q1 的源极和接地之间的设置电阻 Rset 组成。

将负载反馈网络电路 40 连接到第二电流镜电路 34。负载反馈网络电路 40 包括一个反馈电阻 Rf，其有一个在第二节点 N2 连接到功率放大器 PA 栅极的第一端子和一个连接到第三晶体管 Q3 栅极的第二端子。将一个反馈电容 Cf 连接在反馈电阻 Rf 的第二端子和接地之间。

击穿电压提高电路 44 包括串联在第四晶体管 Q4 源极和接地之间的第一和第二击穿电压电阻 Rbr1、Rbr2。在第四晶体管 Q4 源极和第一击穿电压电阻 Rbr1 的一个端子的连接处形成第三节点 N3。在第一和第二击穿电压电阻 Rbr1 和 Rbr2 的连接处形成第四节点 N4。击穿电压晶体管 QBR 的漏极在第三节点 N3 连接到第四电阻 Q4 的源极和第一击穿电压电阻 RBR1，QRB 源极接地，栅极在第四节点 N4

连接到第一和第二击穿电阻  $R_{br1}$  和  $R_{br2}$ 。

RF 阻隔塞电路 50 包括一个阻隔电阻  $R_b$ ，其第一端子连接到第二节点  $N_2$ ，第二端子连接到第三节点  $N_3$ 。特别地，将 RF 阻隔电阻  $R_b$  连接到功率放大器 PA 的栅极、第四晶体管  $Q_4$  的源极和击穿电压晶体管  $Q_{BR}$  的漏极之间。

偏置电压调节电路 48 包括设置电阻  $R_{set}$ ，该电阻连接在第一晶体管  $Q_1$  源极和接地之间。

稳定操作电路 46 可以包括一个或多个 Miller 电容。然而，在目前首选的实施例中，稳定操作电路 46 包括多个电阻。特别地，稳定操作电路 46 包括一个第一稳定电阻  $RS_1$ ，其第一端子连接到第一节点  $N_1$ ，第二端子连接到第一晶体管  $Q_1$  的栅极。第二稳定电阻  $RS_2$  的第一端子连接到第二晶体管  $Q_2$  的栅极，第二端子连接到由第一晶体管  $Q_1$  的漏极和第二电阻  $R_2$  的第二端子之间的连接处定义的第五节点  $N_5$ 。第三稳定电阻  $RS_3$  的第一端子连接到第三晶体管  $Q_3$  的栅极，第二端子连接到第六节点  $N_6$ 。该第六节点  $N_6$  位于反馈电阻  $R_f$  的第二端子和反馈电容  $C_f$  之间。第四稳定电阻  $RS_4$  的第一端子连接到第一节点  $N_1$ ，第二端子连接到第四晶体管  $Q_4$  的栅极。

有源偏置电路 30 也有一个电容  $CRF$ ，该电容的第一端子连接到第三节点  $N_3$ ，第二端子接地。用于形成有源偏置电路 30 的晶体管可以是场效应晶体管 (FETs)。然而，在目前首选的实施例中，使用的是 GaAs 增强模式异质结 FET。这些 FET 可以被 BJT 或者任何增强模式设备直接代替。

现在将描述有源偏置电路 30 的操作。当使用第一参考电压  $V_{ref}$  和第二参考电压  $V_{abc}$  时，偏置电压  $V_{bias}$ ，也就是在第二节点  $N_2$  上的电压的大小由第一和第二电阻  $R_1$ 、 $R_2$  和设置电阻  $R_{set}$  决定。偏置电压  $V_{bias}$  将设置一个理想的功率放大器 PA 的 DC 静态电流。偏置电流的大小与第三晶体管  $Q_3$  的漏极电流成比例。

出于说明起见，使用一个 FET 的第一状态模型来解释有源偏置电路 30 的操作。假定当环境改变时所有的 FET 都在饱和区中。将第

一状态模型描述如下:

$$I_d = k \cdot (V_{gs} - V_{th})^2 \cdot (1 + \lambda \cdot V_{ds}) \quad (1)$$

其中:

$I_d$  是漏极电流。

$k$  是处理相关参数。

$V_{gs}$  是栅 - 源电压。

$V_{th}$  是阈电压。

$\lambda$  是通道调制参数。

$V_{ds}$  是漏 - 源电压。

因此我们可以得到:

$$\partial I_d / \partial V_{th} = -2k \cdot (V_{gs} - V_{th}) \cdot (1 + \lambda \cdot V_{ds}) \quad (2)$$

$$\partial I_d / \partial V_{gs} = 2k \cdot (V_{gs} - V_{th}) \cdot (1 + \lambda \cdot V_{ds}) \quad (3)$$

另外, 可以得到  $I_{R2}$ ,

$$I_{R2} = (V_{d2} - V_{gs1} - V_{gs2}) / (R_2 + R_{set}) \quad (4)$$

例一: 温度变化

当周围温度升高时, 第三晶体管  $Q_3$  的阈电压  $V_{th}$  减小。从公式 (2), 当阈电压  $V_{th}$  减小时,  $I_{d3}$  (即, 第三晶体管  $Q_3$  的漏极电流) 增加, 从而  $I_{d2}$  也增加。当  $I_{d2}$  增加时,  $V_{d2}$  减小。从公式 (4), 当  $V_{d2}$  减小时, 通过第二电阻  $R_2$  的电流  $I_{R2}$  减小。因此, 阈电压  $V_{th}$  随温度的变化将产生 PTAT 电流源 ( $I_{d2}$ ) 和 CTAT 电流源 ( $I_{R2}$ )。当温度升高时,  $I_{d2}$  (PTAT 电流源) 增加, 由于  $I_{PA}$  是  $I_{d2}$  的镜像电流, 因此通过功率放大器 PA 的电流  $I_{PA}$  增加。下面将描述由于  $I_{d2}$  的温度变化而导致的  $I_{PA}$  的温度变化。

$$\Delta I_{PA}^{PTAT} = n \cdot \Delta I_{d2} \quad (5)$$

其中,  $n$  是功率放大器 PA 和第三晶体管  $Q_3$  的总栅极宽度比。

当温度升高时,  $I_{R2}$  (CTAT 电流源) 减小, 因此  $I_{d4}$  减小, 因为  $I_{d4}$  是  $I_{R2}$  的镜电流。下面将描述  $I_{d4}$  的温度变化。

$$\Delta I_{d4} = m \cdot \Delta I_{R2} \quad (5)$$

其中， $m$  是 Q1 和 Q4 的总栅极宽度比。

更进一步地，由于 IR2 的温度变化而导致的 IPA 的温度变化可以作为 IR2 的函数而得到。公式如下：

$$\Delta IPA^{CTAT} = (m \times \Delta IR2 \cdot (R_{br1} + R_{br2}) - \Delta V_{th})^2 \cdot (1 + \lambda \cdot V_{ds}) \quad (6)$$

基于上述的分析，可以随着温度通过  $IPA^{PTAT}$  和  $IPA^{CTAT}$  来调节功率放大器 PA 偏置电流。在表 1 中列出了随着 IPA 特性的 R1 和 R2 变化的组合。

温度补偿 IPA	R2 增加	R2 减小
R1 增加	CTAT	PTAT&CTAT
R1 减小	PTAT&CTAT	PTAT

表 1

### 例二：负载调节

当 RF 驱动功率增加时，栅极电流增加（例如，自偏置作用），这引起经过 RF 阻隔电阻  $R_b$  的电压降落。这个自偏置作用降低了功率放大器 PA 的转换增益，从而转换成更低的饱和输出功率和 PAE。在 RF 阻隔电阻  $R_b$  上的电压降落将引起  $V_{gs3}$  减小。从公式 (1)，在  $V_{gs3}$  中的降低将使  $I_{d2}$  电流减小，因此  $V_{d2}$  增加，引起 IR2 增加。当 IR2 增加时， $V_{Rset}$  和  $I_{d4}$  增加，从而， $V_{set}$  增加，这将进一步使  $I_{d4}$  增加。 $V_{set}$  是在第一节点 N1 的电压。增大的  $I_{d4}$  将增强偏置电压  $V_{bias}$  以补偿在 RF 阻隔电阻  $R_b$  上的电压降落。

### 例三：过程变化

由于对  $V_{th}$  变化来说，电流  $I_d$  变化比  $k$ 、 $\lambda$  变化更敏感，所以假定  $k$  和  $\lambda$  是常数， $V_{th}$  比典型值低，以进行分析。如果由于处理变化， $V_{th}$  比典型值低，那么  $I_{d2}$  将比典型值高，因此  $V_{d2}$  将比典型值低。更低的  $V_{d2}$  将引起 IR2 比典型值低，并且  $I_{d4}$  比典型值低。当  $I_{d4}$  更低时，偏置电压  $V_{bias}$  也更低。在  $V_{th}$  低的情况下，偏置电压



$V_{bias}$  比典型值低, 在  $V_{th}$  高的情况下反之亦然。由于偏置电压  $V_{bias}$  和阈电压  $V_{th}$  对 IPA 的作用相反, 可以减小 IPA 的变化。

#### 例四: 击穿电压增强网络

当功率放大器 PA 的漏极电压增加并接近击穿电压时, QBR 将被导通, 近似于短路或低值电阻, 这将增加功率放大器 PA 的击穿电压。另外, 在正常操作条件下, 网络近似开路, 没有消耗 DC 功率。

现在参见图 5, 表示相对于操作温度的偏置电流曲线图。该曲线图包括第一种现有技术电路 10 的斜线 A1, 第二种现有技术电路 20 的斜线 B1 和本发明的有源偏置电路 30 的斜线 C1。可以看出, 在  $-30^{\circ}\text{C}$  到  $100^{\circ}\text{C}$  的温度范围内, 由有源偏置电路 30 提供给功率放大器 PA 的电流相对恒定, 为  $200\text{mA}$  左右。相反, 由第一种和第二种现有技术电路 10、20 提供的电流随着操作温度的变化而显著变化。特别地, 在  $-30^{\circ}\text{C}$  到  $100^{\circ}\text{C}$  的温度范围内现有技术电路 10、20 产生了  $\pm 24\%$  的偏置电流变化, 而在同样的温度范围内有源偏置电路 30 控制了  $\pm 1\%$  以内的变化。

与现有技术电路 10、20 相比, 有源偏置电路 30 对于负载作用有更好的性能。当负载牵引大量的电流时, 有源偏置电路 30 补偿了电压降落。图 6 是偏置电压相对于负载电阻的曲线图, 其中的电压是在有源偏置电路 30 第二节点 N2 处的电压。该曲线图包括第一现有技术电路 10 的斜线 A2, 第二种现有技术电路 20 的斜线 B2 和本发明的有源偏置电路 30 的斜线 C2。相当显然地, 与现有技术电路比较, 有源偏置电路 30 的偏置电压变化要低得多。也就是说, 如图 6 所示, 现有技术电路 10、20 在  $R_b$  为 10 欧姆、负载电阻为 50 欧姆时有超过 18% 的电压变化, 而本发明的有源偏置电路 30 在相同配置下电压变化小于 9%。

有源偏置电路 30 比现有技术电路 10、20 有更高的击穿电压, 因为当存在过量的功率放大器 PA 的漏极电压时, 有源偏置电路 30 动态地调节 DC 栅极电阻, 这迫使功率放大器 PA 在有过量漏极电压

时看到的栅极电阻更小，这反过来增加了击穿电压并减少了漏-源电压的漏极电流的变化。击穿电压的增加和漏-源电压的漏极电流变化的减少改善了 PAE 和功率放大器 PA 的饱和输出功率。

现在参见图 7，与现有技术电路 10、20 相比，有源偏置电压 30 的偏置电压  $V_{bias}$ （对  $V_{ref}$ ）的斜率光滑得多。图 7 是偏置电压相对于参考电压  $V_{ref}$  的曲线图，包括第一种现有技术电路 10 的斜线 A3，第二种现有技术电路 20 的斜线 B3 和有源偏置电路 30 的斜线 C3。对使用输出功率栅极控制的 GSM 功率放大器 PA 来说，提供更光滑斜率的偏置电压  $V_{bias}$  是一个重要的特征，其中所述功率放大器在深的子阈偏置范围内产生最快的输出功率降落。使用有源偏置电路 30，可以删去 GSM 功率放大器 PA 功率控制电路（例如，变量衰减器），从而节省成本。

显然，本发明提供了一种功率放大器的有源偏置电路。该有源偏置电路可以用于线性应用，象 CDMA 和 TDMA 功率放大器，也可以用于饱和应用，象 GSM 和模拟功率放大器。有源偏置电路适用于多模式、多频带蜂窝式电话。值得重视的是，该有源偏置电路有一个简单的温度补偿电路、负载调节能力和击穿电压增加。更进一步地，该有源偏置电路容易在集成电路中实施，可以使用多种设备类型和技术，例如 FET、BJT、HBT 和 LDMO，来实施。然而，应当理解本发明不限于提出的特殊的实施例，而是包括由附上的权利要求书定义的本发明的精髓和范围之内的改进。

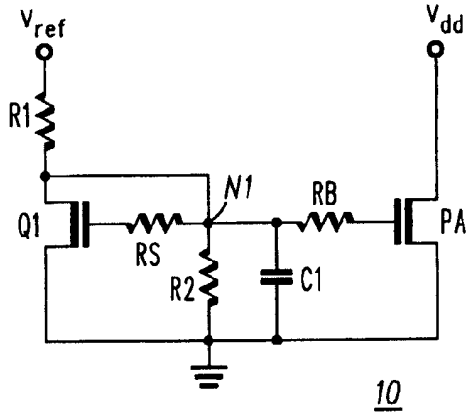


图1  
现有技术

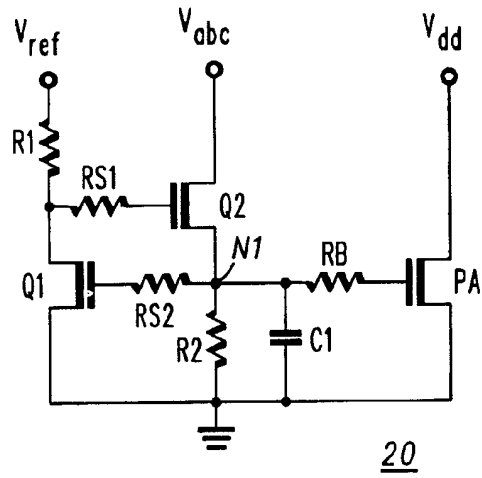


图2  
现有技术

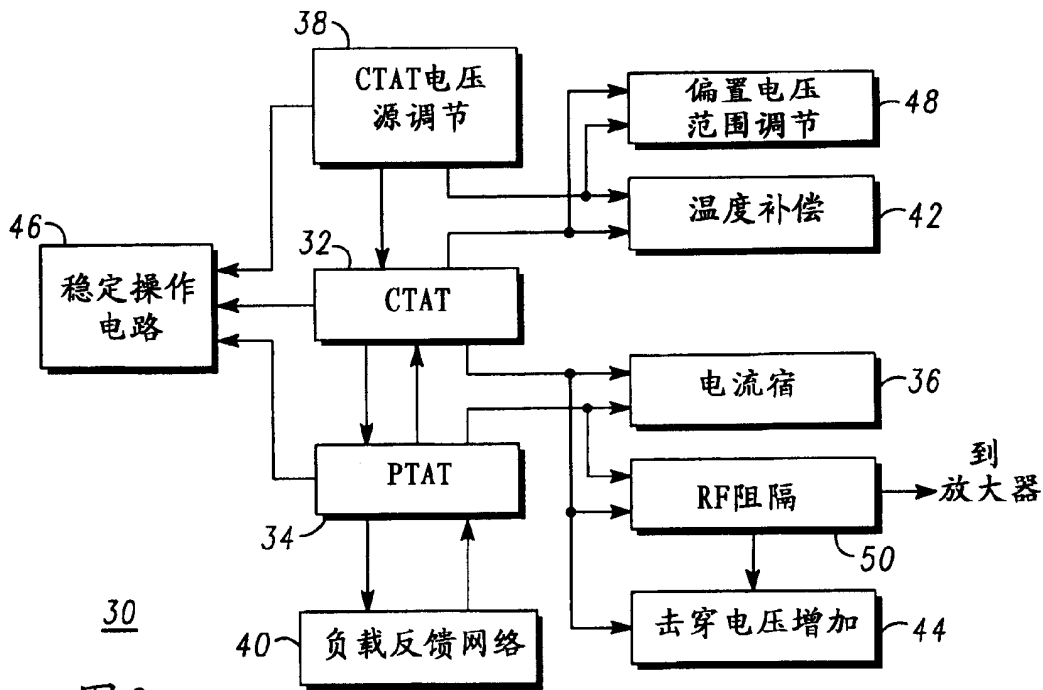
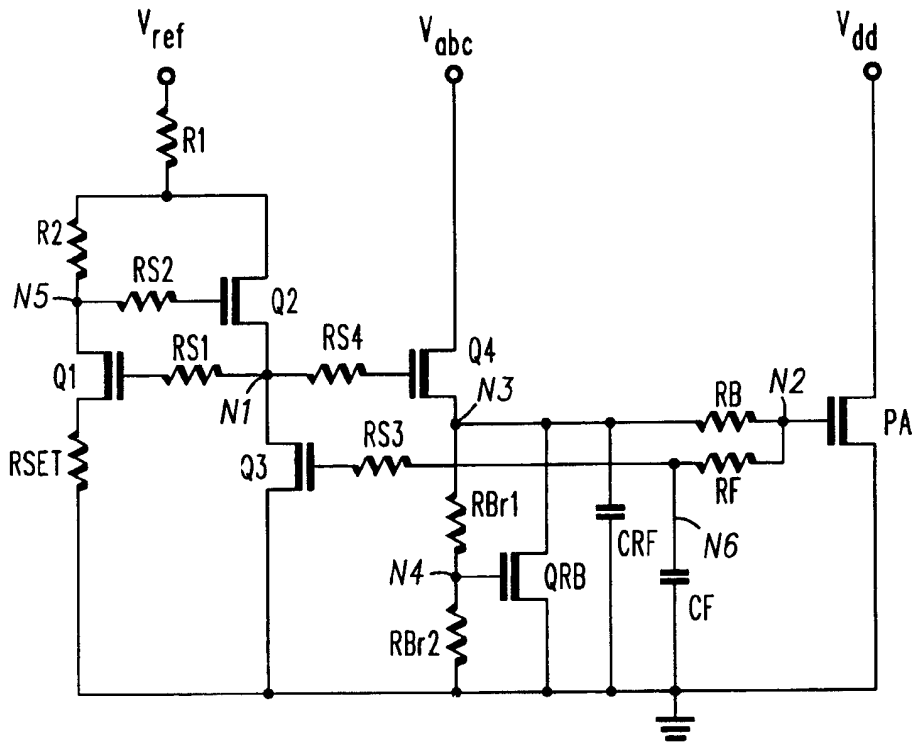


图3



30

图 4

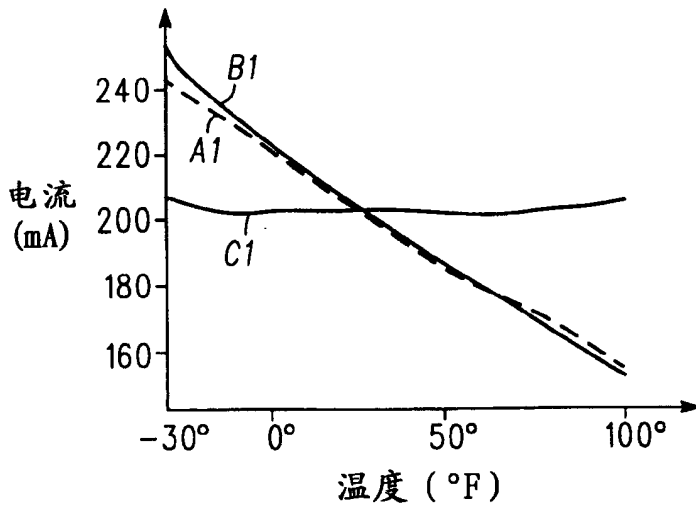


图 5

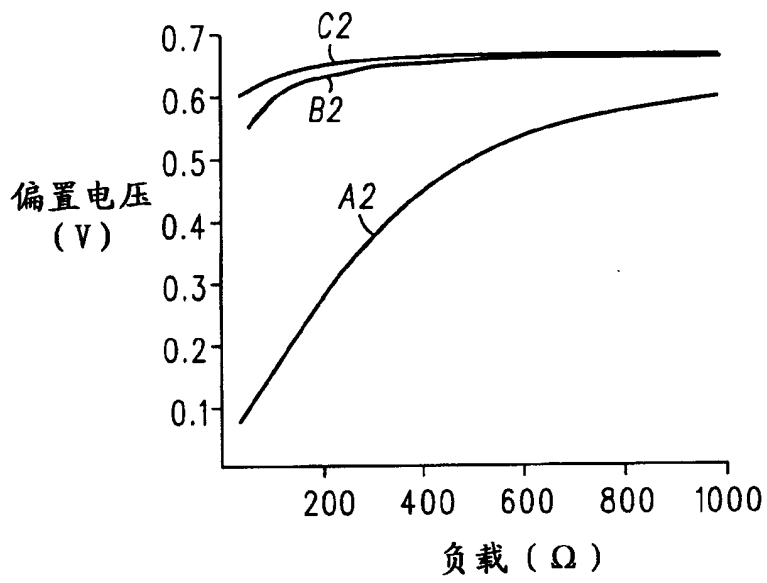


图6

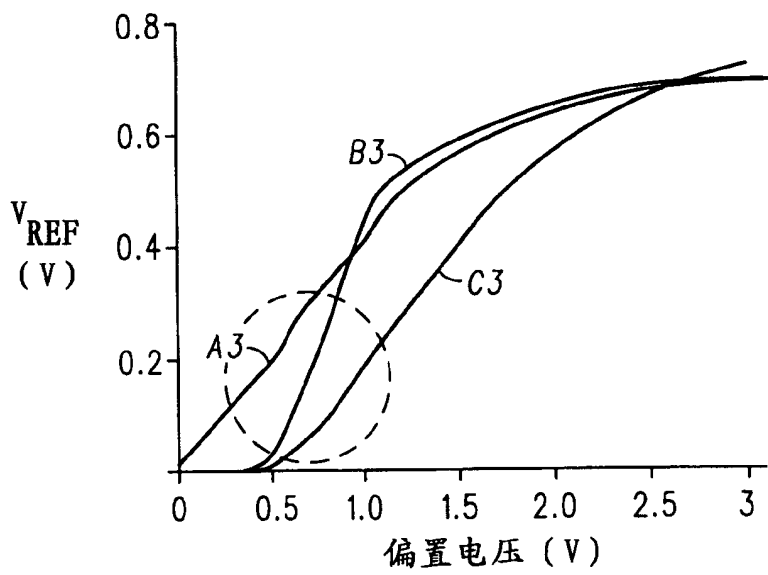


图7