



# [12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99801903.8

[45] 授权公告日 2003 年 9 月 10 日

[11] 授权公告号 CN 1121092C

[22] 申请日 1999.10.22 [21] 申请号 99801903.8

[30] 优先权

[32] 1998.10.23 [33] FI [31] 982298

[86] 国际申请 PCT/FI99/00883 1999.10.22

[87] 国际公布 WO00/25421 英 2000.5.4

[85] 进入国家阶段日期 2000.6.22

[71] 专利权人 诺基亚网络有限公司

地址 芬兰埃斯波

[72] 发明人 尼克拉斯·拉格尔布洛姆

克里斯蒂安·汤马森

审查员 袁丽颖

[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

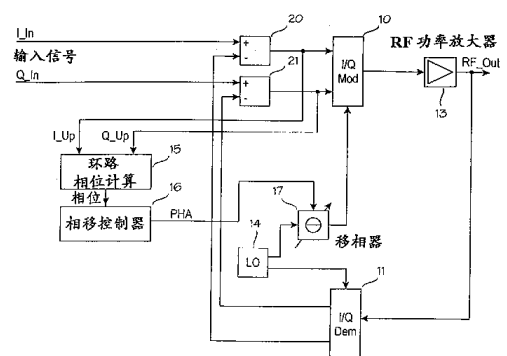
代理人 董 莘

权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 2 页

[54] 发明名称 纠正功率放大器中线性环路中相位误差的方法和设备

[57] 摘要

本发明提供了一种在功率放大器的线性环路中纠正相位误差的方法和设备。在使用 DC 激励信号时，可以根据线性环路的 I 和 Q 基带信号计算出相位误差。测得的结果矢量角度与输入矢量角度的偏差直接表示了相位误差。通过利用多个 I 和 Q 输入信号组合完成测量，可以平均化各个分支的相位误差。在激励信号送往线性环路的 I 和 Q 输入，并将 I 和 Q 差分信号或 I/Q 调制器输入信号用作测量信号时，可以测得相位误差，并补偿闭合的线性环路。



1.一种在功率放大器的线性环路中纠正相位误差的方法，环路包括 I/Q 调制器，将要线性化的一个或多个基于时延的功率放大器，根据放大器的输出信号生成 I 和 Q 反馈信号的 I/Q 解调器，I 和 Q 分支的差分装置，用于根据 I 和 Q 反馈信号及 I 和 Q 输入信号产生 I 和 Q 差分信号，从同一本地振荡器接收振荡器频率的 I/Q 调制器和 I/Q 解调器，移相器，该方法包括

确定线性环路中产生的时延所引起的相位误差，前述确定过程包括将激励信号馈送到线性环路的 I 和 Q 输入，测量由激励信号引起的信号，利用测得的信号和激励信号计算相位误差，以及

利用移相器调整传送给 I/Q 调制器或 I/Q 解调器的本地振荡器信号的相位，以纠正相位误差，

其特征在于，在确定相位误差时，根据 I 和 Q 差分信号或者根据 I/Q 调制器的 I 和 Q 输入信号测量由激励信号引起的信号，以及

相位误差的确定在线性环路闭合时执行。

2.根据权利要求 1 的方法，其特征在于，传送到线性环路的 I 和 Q 输入的激励信号是正或负的直流信号，其中之一具有 0 值。

3.根据权利要求 2 的方法，其特征在于，计算传送的激励信号在 IQ 平面生成的矢量的相位角 $\alpha$ 。

4.根据权利要求 3 的方法，其特征在于，计算测得的激励信号所引发的信号在 IQ 平面生成的矢量的相位角 $\beta$ 。

5.根据权利要求 4 的方法，其特征在于，平均相位误差 $\theta$ 由下式给出： $\theta = \beta - \alpha$ 。

6.根据权利要求 5 的方法，其特征在于，按照相位误差 $\theta$ 纠正移相器的控制值。

7.根据权利要求 1 到 6 中任意一项的方法，其特征在于，在确定相位误差之前，如果需要，则为线性环路搜索稳定的工作状态。

8.根据权利要求 1 到 6 中任意一项的方法，其特征在于，根据以下

值确定相位误差：基于具有相同或不同值的多个激励信号而得到相位误差。

9.根据权利要求 8 的方法，其特征在于，通过求平均计算得到相位误差。

10.根据权利要求 1 到 6 中任意一项的方法，其特征在于，为功率放大器所用频段的每个子频段单独确定相位误差。

11.一种功率放大器的线性化设备，该设备包括：

差分装置(20、21)，用于根据实际 I 和 Q 输入信号(I\_IN 和 Q\_IN)及线性环路的 I 和 Q 反馈信号产生 I 和 Q 差分信号，

I/Q 调制器(10)，其中组合包含从差分装置(20、21)接收的基带 I 和 Q 差分信号的数据，将其调制到终频，

一个或多个需要线性化的基于时延的功率放大器(13)，利用它们放大终频信号，之后将终频信号传送到天线以进行发送，

采样装置，在放大的终频信号到达天线之前，利用它从中取出采样信号，

I/Q 解调器(11)，所述采用信号被送到此设备，它将采样信号解调到基带，从中分离 I 和 Q 采样信号，生成所述 I 和 Q 反馈信号，

本地振荡器(14)，本地振荡器信号从该设备传送到 I/Q 调制器(10)和 I/Q 解调器(11)，以及

移相器(17)，利用它改变传送给 I/Q 调制器(10)和 I/Q 解调器(11)的本地振荡器信号的相位，补偿线性环路的相位误差，

该设备将直流激励信号传送到线性环路的差分装置(20、21)的 I 和 Q 输入(I\_IN, Q\_IN)，测量结果信号，利用测得的信号和激励信号计算时延所引起的相位误差以确定相位误差，并纠正确定的相位误差，

该线性化设备的特征在于，在确定相位误差时，根据 I 和 Q 差分信号或者根据 I/Q 调制器(10)的 I 和 Q 输入信号测量由激励信号引起的信号，

在线性环路闭合时确定相位误差。

12.根据权利要求 11 的设备，其特征在于，移相器(17)包括具有连

续控制的移相器和一个或多个步进移相器。

## 纠正功率放大器中线性环路中相位误差的方法和设备

### 技术领域

本发明涉及放大器，尤其涉及线性化功率放大器中的一种方法和设备。

### 背景技术

线性放大器用于例如现代数字无线通信系统中，因为要求发送的信号频率必须不能扩展到实际的有效频段之外。频谱的扩展源自放大器的非线性，它例如引起了邻道干扰。放大级的线性取决于它们如何偏置，它们可以按照线性划分：A类放大器最为线性，但其效率较差，而C类放大器的效率高，但它同时高度非线性。在功率放大器中，高效率是相当重要的特性，这在电池容量有限的无线通信设备中尤其重要。因此，使用效率高但非线性的放大器，对这样的放大器进行线性化。

一种已知的线性化非线性射频功率放大器的方法是 Cartesian 反馈。概括地说，其工作原理如下：在基带信号 I 和 Q 中包括待发送的数据。这些信号被传送到 I/Q 调制器，后者组合信号，并将信号直接调制到终频。终频信号由一个或多个非线性射频功率放大器放大，并传送给天线。在最后一个放大级之后，例如定向耦合器采样放大的射频信号。采样信号被送到 I/Q 调制器，后者将它们解调到基带，并从中分离 I 和 Q 信号。基带 I 和 Q 采样信号最终累加到实际的 I 和 Q 信号。这导致了 I 和 Q 信号的预失真，这种预失真至少部分消除了功率放大器所产生的非线性。

在上述方案中，I/Q 调制器和 I/Q 解调器从同一资源接收本地振荡器信号。另一方面，功率放大器导致时延，并且返回的采样 I 和 Q 信号相位有误。这种失真可以如下补偿：考虑功率放大器产生的时延，调整施加在 I/Q 调制器或 I/Q 解调器的本地振荡器信号的相位。为了

能够纠正相位误差，必须首先测量相位值。EP 0 706 259 A1 公开了测量和纠正 Cartesian 反馈环路中的相位误差的一种方法。按照该方法，在测量期间中断环路，通过将激励信号反馈到环路的 I 和 Q 输入，测量 I/Q 解调器的输出上的结果信号，并且根据测量结果计算相位误差，从而完成测量。该方法具有以下缺陷：必须在测量期间中断环路，因此要求两个反馈分支上都要有开关。此外，在操作开关时，发射机必须关闭，以使得发送频谱不会扩展。此外，开放环路的放大一般远高于对应的闭合环路的放大，因而基带工作放大器的 DC 偏移和噪声对相位测量精确度的影响相当大。开放环路的放大还比闭合环路的放大变化更大，因此难以以给定功率值实现相位测量。US 专利第 5175879 号公开了处于通常的闭合状态下的环路的连续相位调整。该方法在线性环路和 I/Q 解调器的输出之间采用相位检测器。根据相位检测器的输出，利用积分器进一步生成纠正相位的移相器的相位误差信号。该方法的一个缺陷在于，例如，在打开放大器时，线性环路可能会不稳定，导致频谱扩展。移相器的不连续性也会引起实现的问题。

### 发明内容

因此，本发明的目的是提供一种方法，以解决上述问题。这通过以下方法来实现：在功率放大器的线性环路中纠正相位误差，环路包括 I/Q 调制器；需要线性化的一个或多个基于时延的功率放大器，根据放大器的输出信号生成 I 和 Q 反馈信号的 I/Q 解调器，I 和 Q 分支的差分装置，用于根据 I 和 Q 反馈信号及 I 和 Q 输入信号产生 I 和 Q 差分信号，从同一本地振荡器接收振荡器频率的 I/Q 调制器和 I/Q 解调器，移相器，该方法包括确定线性环路中产生的时延所引起的相位误差，前述确定过程包括将激励信号馈送到线性环路的 I 和 Q 输入，测量由激励信号引起的信号，利用测得的信号和激励信号计算相位误差，利用移相器调整传送给 I/Q 调制器或 I/Q 解调器的本地振荡器信号的相位，以纠正相位误差，该方法的特征在于，在确定相位误差时，根据 I 和 Q 差分信号或者根据 I/Q 调制器的 I 和 Q 输入信号测量

由激励信号引起的信号，相位误差的确定在线性环路闭合时执行。

本发明的基本构思在于，在使用 DC 激励信号时，可以根据线性环路的 I 和 Q 基带信号容易地计算出相位误差。测得的结果矢量角度与输入矢量角度的偏差直接表示了相位误差。通过利用多个 I 和 Q 输入信号组合完成测量，可以平均化各个分支的相位误差。在激励信号送往线性环路的 I 和 Q 输入，并将 I 和 Q 差分信号或 I/Q 调制器输入信号用作测量信号时，可以测得相位误差，并补偿闭合的线性环路。

本发明的方法具有以下优点：在普通模式下，可以在闭环环路的精确定义的功率值上调整线性环路的相位。测量和调整事件不会使频谱扩展到相邻信道，造成不利影响。在调制器输入端，信号值一般较高，因而干扰信号不会在测量中引起大量干扰。

本发明还涉及功率放大器的一种线性化设备，该设备包括差分装置，用于根据线性环路的 I 和 Q 反馈信号及实际 I 和 Q 输入信号产生 I 和 Q 差分信号，I/Q 调制器，其中组合包含从差分装置接收的基带 I 和 Q 差分信号的数据，将其调制到终频，一个或多个需要线性化的基于时延的功率放大器，利用它们放大终频信号，之后将终频信号传送到天线以进行发送，采样装置，在放大的终频信号到达天线之前，利用它从中取出采样信号，I/Q 解调器，所述采样信号被送到该设备，它将采样信号解调到基带，从中分离 I 和 Q 采样信号，生成所述 I 和 Q 反馈信号，本地振荡器，本地振荡器信号从该设备传送到 I/Q 调制器和 I/Q 解调器，以及移相器，利用它改变传送给 I/Q 调制器和 I/Q 解调器的本地振荡器信号的相位，补偿线性环路的相位误差，该设备将 DC 激励信号传送到线性环路的差分装置的 I 和 Q 输入，测量结果信号，利用测得的信号和激励信号计算时延所引起的相位误差，纠正确定的相位误差，该线性化设备的特征在于，在确定相位误差时，根据 I 和 Q 差分信号或者根据 I/Q 调制器的 I 和 Q 输入信号测量由激励信号引起的信号，在线性环路闭合时确定相位误差。

利用与此类似的线性化装置，可以通过简单电路实现本发明的方法。

## 附图说明

下面结合附图，通过优选实施例来详细描述本发明，在附图中：

图 1 是按照本发明一种实施例的发射机功率放大器的线性化设备的框图；

图 2 说明了按照本发明一种实施例的移相器的工作状态；

图 3 说明了按照本发明一种实施例的相位误差确定；

图 4 说明了按照本发明一种实施例，移相器所引起的相位变化随控制值而改变，

图 5 是按照本发明一种实施例的相位调整处理的流程图。

## 具体实施方式

按照图 1 的发射机功率放大器的线性化设备大致包括：I/Q 调制器 10，I/Q 解调器 11，至少一个需要线性化的功率放大器 13，本地振荡器 14，环路相位计算单元 15，相移控制器 16 和移相器 17。I/Q 调制器 10 和 I/Q 解调器 11 以正交调制原理工作。这使得两个不同的信号能够在发射机中组合，在同一发送频段上发送，并且在接收机中再次分离。正交调制的原理是，用同一载频调制两个不同的信号，I 和 Q(同相和正交相位)，但是载波相位彼此不同，信号 Q 的载波总是滞后信号 I 的载波  $90^\circ$ 。在调制之后，信号累加。因为相位误差，在解调和信号时，信号 I 和 Q 可以分离。为了使该方法起作用，调制器和解调器所用的本地振荡器信号必须是同一频率，并且在正确的相位上，根据这些信号生成载波。

包含数据的基带 I 和 Q 信号被送到 I/Q 调制器 10，后者对它们进行组合，调制到最终频率(发送频率)。终频信号被转发给非线性功率放大器 13，对信号进行放大。多个功率放大器单元 13 可以串联。在放大之后，将信号 RF\_OUT 传送到天线(未示出)，以进行发送。

放大的终频信号在功率放大器 13 之后采样，并传送到 I/Q 解调器 11，其中将采样信号解调到基带，分离 I 和 Q 采样信号。将得到的基带 I 和 Q 采样信号通过倒相输入送到累加装置 20 和 21，累加到实际的 I 和 Q 信号。这样，装置 20 和 21 可以是例如差分放大器。这使得

传送给 I/Q 调制器 10，并进一步传送给功率放大器 13 的信号预失真，从而尽可能消除功率放大器 13 所引起的非线性。

本地振荡器单元 14 生成振荡器信号，将其传送到 I/Q 解调器 11，通过移相器 17 传送到 I/Q 调制器 10。进入 I/Q 调制器 10 的本地振荡器信号的相位在移相器 17 中调整，因为传送给 I/Q 解调器 11 并在 I/Q 调制器 10 中调制的采样信号在功率放大器 13 中被延迟。为了能够正确解调该采样信号，需要传送给 I/Q 解调器的本地振荡器信号和采样信号的相对相位必须正确。功率放大器对信号造成的时延通过移相器 17 补偿。移相器也可以位于从本地振荡器 14 到 I/Q 解调器 11 的信号支路上。

图 5 说明了一个频率上本发明的优选实施例的相位调整处理。为了调谐整个发射机频段的相位参数，必须在一个或多个频率上的一个和多个时刻进行处理，这取决于移相器的实现。不同频率上调谐的参数存储在设备的存储器中。

流程图的框图如下工作：

#### 1) 测试发射机是否稳定 51。

首先打开发射机。为了确保稳定性，检查振荡器选择器(未示出)的值，测量信号 I\_UP 和 Q\_UP。振荡器检测器基于高频干扰信号的检测，这些信号出现在振荡期间的线性环路上基带 I 和 Q 信号中。如果高频干扰信号振幅高于给定的限定值，则断定发射机不稳定。此外，将测得的 I\_UP 和 Q\_UP 信号与预置限制值相比较。如果两个信号之一超过了限制值，则线性环路的相位误差约为  $180^\circ$ ，即发现发射机不稳定。如果发现发射机不稳定，则移相器在进行相位测量之前，需要搜索 52 新的，更好的初始值。如果发射机稳定，则执行 53，直接转移到步骤 3)。

#### 2) 搜索 52 稳定工作状态。

以原移相器 17 控制值，图 2 中以点 0 表示，作为初始值，搜索稳定工作状态。在图 2 中，点 0 到 9 之间的相互距离代表了移相器工作状态，它对应于移相器 17 的控制值中的改变 M。首先，该控制值增加

预定量  $M$ ，从而转移到图 2 的点 1，检查稳定性，方式与步骤 1)相同 51。如果没有实现稳定性，则将原控制值减小  $M$ ，即转移到图 2 的点 2。如果还没有实现稳定性，则原控制值接着增量  $2xM$ ，即到点 3。接下来，原控制值减量  $2xM$ ，即到点 4。重复该过程，一直到发现了稳定状态。如果在整个  $360^\circ$  范围内都没有发现稳定状态，则给出故障报告，阻止发射机启动。尝试的点数可以不同于该例中所用的 10 个点。

### 3) 馈送基准激励并测量信号 $I\_UP$ 和 $Q\_UP$ 53.

将基准激励馈送到线性环路： $I\_IN = 0\text{ V}$ ， $Q\_IN = 0\text{ V}$ ，测量对应的信号  $I\_UP$  和  $Q\_UP$  ( $I_{ref} = I\_UP$ ， $Q_{ref} = Q\_UP$ )。为信号选择一个正确的基准点作为计算的 0 点是必要的。此时，发射机可以关闭(中断线性环路)或者打开(线性环路闭合)。这一步骤不是必需的。该步骤有利于设备的实现，使得相位更精确。该步骤可以只在较少重复的特定周期中完成，而不是例如在实际的相位调整处理中执行。

### 4) 实际激励馈送给线性环路并测量 54 信号 $I\_UP$ 和 $Q\_UP$ 。

将实际激励( $I\_IN=I_{in}$ ， $Q\_IN=Q_{in}$ )馈送到线性环路，测量信号  $I\_UP$  和  $Q\_UP$ ( $I_{meas}=I\_UP$ ， $Q_{meas}=Q\_UP$ )。激励一般位于轴的 IQ 平面( $I\_IN=V_{dc}$ ， $Q\_IN=0$  或者  $I\_IN=0$ ， $Q\_IN=V_{dc}$ ，或者  $I\_IN=-V_{dc}$ ， $Q\_IN=0$  或者  $I\_IN=0$ ， $Q\_IN=-V_{dc}$ )，但是它可以位于 IQ 值的其它地方。激励信号的值一般等于正常已调传输的 I 和 Q 信号的 RMS 值。也可以使用更高或更低的值。发射机功率控制所设置的功率值可以是任意值，但是如果在测量期间发射机的功率与正常操作相同，则能够得到最高的稳定性。

### 5) 计算相位误差，相应纠正移相器 17 的控制值 55。

利用以下公式根据测得的信号计算相位误差：

实际激励信号  $I_{in}$  和  $Q_{in}$  的相位角  $\alpha$ (图 3，点 A)：

$$\alpha = \arctan\left[\frac{Q_{in}}{I_{in}}\right], \text{ 如果 } I_{in} > 0 \quad (1.1)$$

$$\alpha = 180^\circ + \arctan\left[\frac{Q_{in}}{I_{in}}\right], \text{ 如果 } I_{in} < 0 \quad (1.2)$$

如果  $I_{in} = 0$  且  $Q_{in} > 0$ , 则  $\alpha = 90^\circ$

如果  $I_{in} = 0$  且  $Q_{in} < 0$ , 则  $\alpha = 270^\circ$ .

步骤 4) 中测得的 信号  $I_{meas}$  和  $Q_{meas}$  的相位角  $\beta$  (图 3, 点 B) 54 由下式指定:

$$\beta = \arctan\left[m \times \frac{Q_{meas} - Q_{ref}}{I_{meas} - I_{ref}}\right], \text{ 如果 } (I_{meas} - I_{ref}) > 0 \quad (2.1)$$

$$\beta = 180^\circ + \arctan\left[m \times \frac{Q_{meas} - Q_{ref}}{I_{meas} - I_{ref}}\right], \text{ 如果 } (I_{meas} - I_{ref}) < 0 \quad (2.2)$$

如果  $(I_{meas} - I_{ref}) = 0$  且  $(Q_{meas} - Q_{ref}) > 0$ , 则  $\beta = 90^\circ$

如果  $(I_{meas} - I_{ref}) = 0$  且  $(Q_{meas} - Q_{ref}) < 0$ , 则  $\beta = 270^\circ$

其中

$m=1$ , 如果不考虑 IQ 幅值的不均衡, 并且  $I_{ref}$  和  $Q_{ref}$  = 按照步骤 3) 53 (图 3, 点 C) 的测量基准点。如果  $I_{ref}$  和  $Q_{ref}$  的值不定, 则分别从公式 (2.1) 和 (2.2) 中将其删除, 或者将它们设置为 0。

相位  $\theta$  由下式给出:

$$\theta = \beta - \alpha \quad (3.1).$$

考虑 IQ 幅值的不均衡

如果选择充当激励信号的矢量不是 I 或 Q 轴方向上的矢量, 那么考虑振幅的不均衡是必要的。考虑如下:

步骤 1:

激励信号  $I_{IN} = VDC1$ ,  $Q_{IN} = 0$

搜索相位, 测量信号是  $I_{UP} = \text{最大}$ ,  $Q_{UP} = \text{最小}$

测量 I\_UP 振幅,  $I\_UP = N$

步骤 2:

激励信号  $I\_IN = 0$ ,  $Q\_IN = VDC1$

搜索相位, 测量信号是  $I\_UP = \text{最小}$ ,  $Q\_UP = \text{最大}$

测量  $Q\_UP$  振幅,  $Q\_UP = P$

步骤 3:

计算纠正因子  $m$

$$m = \frac{N}{P}$$

它用于计算需要按照公式(2.1)和(2.2)测量的信号的相位角  $\alpha$  和  $\beta$ 。  
利用下式确定相位误差, 为相位误差的幅值纠正移相器的控制值:

$$PHA_1 = PHA_0 - \frac{\theta}{K},$$

其中 PHA1 是移相器 17 的新的控制值, PHA0 是存储的旧的控制值,  $\theta$  是相位误差,  $K$  是移相器的平均斜率, 其中按照图 4,  $K = y/x$ 。变量  $y$  所确定的相位范围取决于相位调整曲线的形状, 其中  $360^\circ$  点位于这样确定的曲线上, 平均斜率  $K$  尽可能好地描述了移相器 17 的相位调整曲线。图 4 所示情况仅用于通过例子说明平均斜率。在图 4 中,  $\theta_c$  轴表示了移相器 17 所引起的相移, 轴 PHA 代表了移相器 17 的控制值。

6)与步骤 1)51 一样利用移相器 17 的新的控制值测试 56 发射机的稳定性。如果发射机振荡, 即不稳定, 则返回步骤 2)52, 重新开始相位调整处理。如果以后还是没有得到稳定状态, 则给出故障报告, 阻止发射机启动。

7)在从移相器 17 的旧值 PHA0 转移到 PHA1 新值时, 检查在相位曲线 57 上是否经过了非连续点。如果是, 返回步骤 3)53, 重复相位调

整处理。如果下一次也经过了非连续点，则给出故障报告，阻止发射机启动。

步骤 7)57 使得移相器 17 的相位调整范围不需要高度精确。如果只使用具有连续控制的移相器，则调整范围实际应当超过  $360^\circ$ ，因为移相器的相位调整范围一般因各种不理想的因素而不会很精确。例如，在不同频率上，同一移相器控制值可能会引起不同的相移。调整范围可以是，例如  $0$  到  $400^\circ$ ，如果范围对应于范围  $0$  到  $40^\circ$ 。这样，确保了可以覆盖完整的  $360^\circ$ 。非连续点是指这样的点，在该点上与上例相同，从值  $400^\circ$  返回到开始值  $0^\circ$ 。可选步进移相器的状态改变也会产生不连续点。如果同时使用具有连续控制的移相器和步进移相器，则具有连续控制的移相器的调整范围必须超过步进移相器的状态改变所引起的最大的相移，才能实现连续的相位调整范围。如果使用的具有连续控制的移相器没有非连续点，则该步骤不必要。移相器如何实现与本发明无关。

8)最后，存储得到的移相器控制值 PHA1(未示出)58，它用于控制给定发射机频率范围的移相器 17，直至重复所述频率范围上的相位调整处理。

利用同一激励或者不同激励可以重复多次(给定频率上)相位调整处理，从而可以根据不同激励得到的临时值推断出(例如通过适当的求平均)移相器的新的控制值。

相位调整处理的实现和使用有多种方案。例如，以下情况下可以采用上述处理:在初始化发射机(例如产品定标)时，以给定间隔重复，在发射机参数改变时，或者在外部激励信号的激励下。

例如，20MHz 的可用频段可以划分成 20 个子频段，每个频段具有不同的移相器 17 的控制值。

上述相位调整处理的各步骤(1 到 8)的操作可以在适当时刻的正常传输之间执行。整个处理可以分布到多个时刻，例如，分布到 TDMA 传输的各个时隙。

本发明可以应用于 TETRA(地球中继无线)系统，但是本发明的方

---

法可以应用于任何其它系统，而不是将这些系统排斥在外。对本领域技术人员而言，显然，随着技术的进步，本发明的基本思想可以以多种方式实现。因此，本发明及其实施例并不局限于上述例子，而是可以在权利要求书的范围内有所变化。

图1

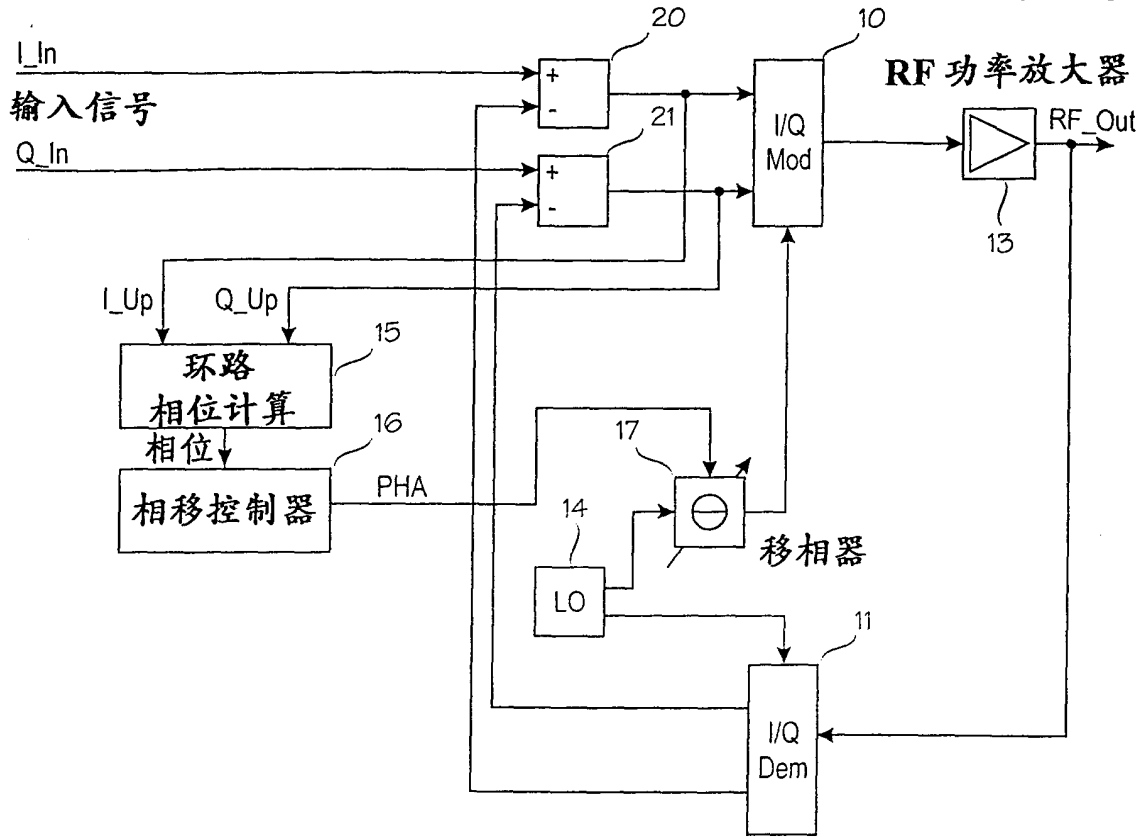


图2

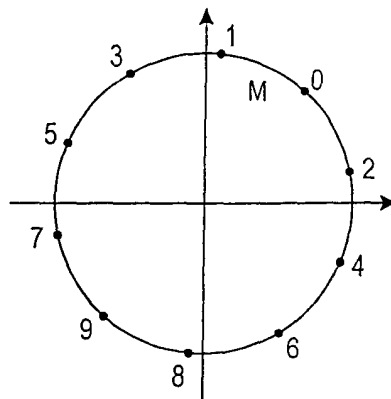


图3

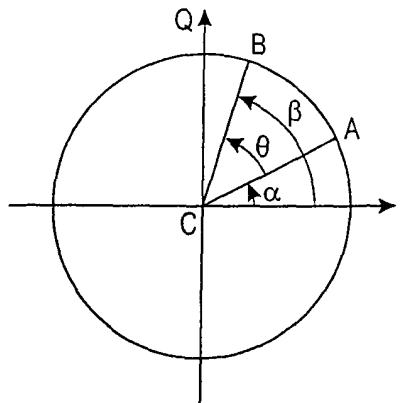


图4

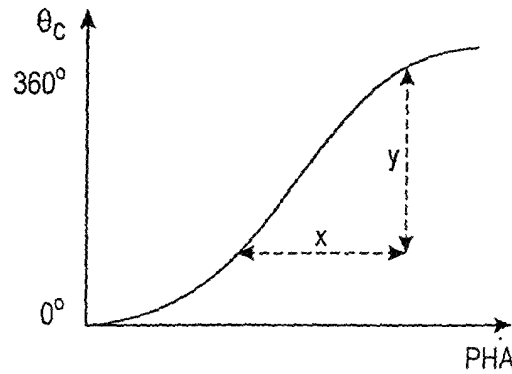


图5

