



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 01802814.4

[43] 公开日 2003 年 10 月 1 日

[11] 公开号 CN 1446397A

[22] 申请日 2001.9.6 [21] 申请号 01802814.4

[30] 优先权

[32] 2000. 9. 21 [33] US [31] 09/668,014

[86] 国际申请 PCT/EP01/10320 2001.9.6

[87] 国际公布 WO02/25804 英 2002.3.28

[85] 进入国家阶段日期 2002.5.20

[71] 申请人 皇家飞利浦电子有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

[72] 发明人 R·莫欣德拉

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 程天正 傅康

权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 3 页

[54] 发明名称 正交接收机的校准

[57] 摘要

对接收机进行校准。首先,确保接收机的输入端没有接收有用的信号。此后,对接收机的正交输出信号进行相关,以及被使用来下变频已接收信号的正交本地振荡器信号的相对相位被设置成与最小相关值的数值相对应的值。

1. 校准接收机(2)的方法,所述方法包括:  
确保所述接收机(2)的输入端没有接收有用的信号;  
对由所述接收机(2)提供的正交输出信号( $v_I(t)$ ,  $v_Q(t)$ )进行互相关,所述正交输出信号( $v_I(t)$ ,  $v_Q(t)$ )代表噪声信号( $v_n(t)$ );以及  
5 调节(22)正交本振信号(23, 24)的相对相位,该正交本振信号被用来通过对接收信号进行下变频(8, 9)而产生所述正交输出信号,所述已调节的相对相位是从所述互相关的正交输出信号( $v_I(t)$ ,  $v_Q(t)$ )得出的。
- 10 2. 如权利要求1中要求的方法,其中所述噪声信号( $v_n(t)$ )是窄带受限制的噪声信号。
3. 如权利要求1中要求的方法,其中对在所述互相关的最小互相关输出值(MIN)处的所述相对相位( $\theta_0$ )进行调节。
4. 如权利要求3中要求的方法,其中所述接收机(2)是低IF接收机,以及所述最小互相关值基本上为零。
5. 接收机(2),包括:  
正交下变频装置(8, 9),用于从接收信号中形成正交下变频信号;  
本地振荡器装置(25),用于提供正交本振信号(23, 24)给所述正交下变频装置(8, 9);  
20 低通滤波装置(11, 14),用于从所述正交的下变频信号中形成低通滤波的信号( $v_I(t)$ ,  $v_Q(t)$ );  
互相关装置(40, 41),用于对所述低通滤波的信号( $v_I(t)$ ,  $v_Q(t)$ )进行互相关,所述低通滤波的信号( $v_I(t)$ ,  $v_Q(t)$ )代表噪声信号( $v_n(t)$ );以及  
25 调节装置(17),用于调节(22)正交本振信号(23, 24)的相对相位,所述已调节的相对相位是从所述互相关的低通滤波的信号得出的。
6. 如权利要求5中要求的接收机(2),其中所述接收机是零IF接收机,所述接收机还包括AC去耦合装置(12, 15),用于从所述低通滤波的信号中去除直流偏移信号分量。
- 30 7. 如权利要求5中要求的接收机(2),还包括去耦装置(7),用于使所述接收机(2)的输入端与被包括在所述接收机(2)中的天线(5)解除耦合,以确保所述接收机(2)没有接收有用信号。

8. 如权利要求5中要求的接收机(2),其中所述互相关装置(40,41)包括混合器(40)和积分器(41),所述混合器(40)混合所述低通滤波的信号( $v_I(t)$ ,  $v_Q(t)$ ),以及所述积分器(41)累积所述混合的低通滤波的信号以及提供代表所述已调节的相对相位的信号。

5 9. 接收机(2),包括:

正交下变频器(8,9),用来从接收信号形成正交下变频信号;

本地振荡器(30),用来提供正交本振信号(23,24)给所述正交下变频器(8,9);

10 第一和第二低通滤波器(11,14),用于分别从所述正交的下变频信号形成低通滤波的信号( $v_I(t)$ ,  $v_Q(t)$ );

互相关器(40,41),用于对所述低通滤波的信号( $v_I(t)$ ,  $v_Q(t)$ )进行互相关,所述低通滤波的信号( $v_I(t)$ ,  $v_Q(t)$ )代表噪声信号( $v_n(t)$ );  
以及

15 控制器(17),用来调节(22)所述正交本振信号(23,24)的相对相位,所述已调节的相对相位是从所述互相关的低通滤波的信号得出的。

10. 如权利要求9中要求的接收机(2),其中所述接收机是低IF接收机,以及所述互相关器(40,41)用来调节在基本上为零的互相关值处的所述相对相位。

## 正交接收机的校准

本发明涉及正交接收机的校准。这种接收机例如是运行在所谓的  
5 2.4GHz ISM 频段的接收机，或者可以是任何其它合适的接收机。

美国专利 No. 5,949,821 揭示了解调使用同相和正交分量的信号的  
无线通信设备。该无线通信设备具有均衡器，用于校正相位和增益  
的不平衡性，否则这种不平衡性会使得接收信号失真。均衡器确定接  
收信号的同相和正交分量的峰值幅度。在同相与正交分量之间的相位  
10 失衡是通过峰值幅度来确定的。峰值幅度和相位失衡被使用来调节同  
相和正交分量中至少一个分量，以便校正它们之间的任何失衡。相位  
估值器估值在同相与正交分量之间的相位失衡，这些分量是由一对混  
频器通过与各个有关的  $\sin(\omega t)$  和  $\cos(\omega t)$  信号相混频而与被采样  
的下变频的接收信号分开的。相位失衡被确定为  $X$  和  $Y$  的乘积的反正  
15 弦函数、其中， $X$  等于 2 除以未校正的同相和正交分量的峰值估值的乘  
积， $Y$  等于在未校正的同相和正交分量之间的互相关。因此均衡器校正  
接收信号（即有用信号）的幅度和相位不平衡性。

本发明的目的是提供一种带有本地振荡器的正交分量的相位调节  
从而可以使用代表窄频带噪声信号的正交输出信号的正交接收机。

20 本发明的另一个目的是提供一种正交接收机，其中这样的相位调  
节与在接收机的同相和正交分支中的增益误差无关。

本发明的另一个目的是提供一种正交接收机，其中这样的相位调  
节使用从接收机的互相关正交输出信号得出的相位调节信号。

按照本发明，提供了校准接收机的方法，该方法包括：

25 确保所述接收机的输入端没有接收有用的信号；

对由所述接收机提供的正交输出信号进行互相关，所述正交输出  
信号代表噪声信号；以及

调节正交本振信号的相对相位，该正交本振信号被使用来通过对  
接收信号进行下变频而产生所述正交输出信号，所述已调节的相对相  
30 位是从所述互相关的正交输出信号得出的。

本发明是基于这样的想法，在接收机中前面的部位（即，在接收  
信号下变频时）产生平衡的正交信号，从而不需要更复杂的相关，以

及还基于这样的想法，低通滤波的噪声信号的互相关提供代表相位失衡的信号，该相位失衡与接收机的同相和正交分支中的增益误差无关。

5 在一个实施例中，该接收机是零中频接收机。在本实施例中，正交本地振荡器的相对相位被设置为最小互相关值。在本实施例中，由交流耦合器去除在同相和正交分支中的直流偏移是有益的。

在另一个实施例中，接收机是低 IF（中频）接收机。在本实施例中，正交本地振荡器的相对相位被设置为零相关值。

10 为了确保在相位校准期间不接收有用的信号，接收机的输入端可以与接收有用信号的天线解除耦合。由此，确保互相关完全是基于噪声信号的。

图 1 是具有按照本发明的接收机的收发信机的方框图。

图 2 是显示按照本发明的本地振荡器的相位调节的实施例的电路图。

15 图 3 显示按照本发明的低通滤波的信号的互相关。

图 4 显示按照本发明的零 IF 接收机中的互相关。

图 5 是显示按照本发明的相位调节的流程图。

在所有的图上，相同的参考数字用于相同的特征。

20 图 1 是按照本发明的收发信机 1 的方框图。在给出的例子中，收发信机 1 运行在所谓的 2.4GHz ISM（工业、科学和医学）频段，以及收发信机是所谓的零 IF 收发信机，它以相同的频率进行接收和发射，这样，只需要一个调谐振荡器。收发信机 1 可以是所谓的零 IF（中频）或低 IF 接收机。收发信机 1 包括接收分支 2 和发射分支 3。本发明也可以在接收机中实施。在这种情形下，不存在发射分支。接收分支 2  
25 包括低噪声放大器（LNA）4，它通过滤波器 6 和发送/接收开关 7 被连接到天线 5。LNA 4 被耦合到设置在相关的同相和正交接收分支中的一对正交混频器 8 和 9。混频器 8 通过可调节增益的放大器 10 被耦合到低通滤波器 11。低通滤波器 11 通过 AC 耦合器 12 被耦合到模拟数字变换器 13。混频器 9 通过低通滤波器 14 被耦合到 AC 耦合器 15。AC 耦  
30 合器 15 被耦合到模拟数字变换器 16。在零 IF 收发信机的情形下，可以提供 AC 耦合器 12 和 15，以用来去除在接收分支 2 中的直流（DC）偏移误差。模拟数字变换器 13 和 16 是基带处理装置 17 的一部分，并

且用于提供对接收的射频信号进行下变频而得出的正交的信号  $v_I(t)$  和  $v_Q(t)$  的样本。正交的信号  $v_I(t)$  和  $v_Q(t)$  可以是零 IF 或低 IF 信号。基带处理装置 17 还包括处理器 18、用来存储程序数据和其它非易失性数据的非易失性存储器 19、用来存储易失性数据的易失性存储器 20、  
5 以及数字模拟变换器 21，用来提供相位调节信号 22，以便调节由被包括在接收分支 2 中的本地振荡器装置 25 提供的一对正交本振信号 23 和 24 的相对相位。

按照本发明，相位调节信号 22 是根据在低噪声放大器 4 的输出端处的噪声信号  $v_n(t)$  来确定的。假设大部分噪声是在混频器之前、即在  
10 LNA 4 中产生的。

噪声信号  $v_n(t)$  可被写为：

$v_n(t) = n_I(t) \cos(\omega_c t) - n_Q(t) \sin(\omega_c t)$ ，其中  $n_I(t)$  和  $n_Q(t)$  是互相独立的零平均值高斯随机变量，以及  $\omega_c$  是本地振荡器频率。

在正交下变频和低通滤波后，正交的信号  $v_I(t)$  和  $v_Q(t)$  可从噪声  
15 信号  $v_n(t)$  得出。

如图 3 所示，互相关和随后的积分给出代表相位失衡的信号  $v_{OUT}(t)$ 。在低 IF 接收机的情形下，本地振荡器的相对相位被加以调节，直至互相关提供基本上为零的输出信号为止。在零 IF 接收机的情形下，本地振荡器的相对相位被加以调节，直至互相关提供最小输出信  
20 号为止。

除了以上的说明以外，还有以下结果：

$v_I(t) = \text{LPF}[v_n(t) \cos(\omega_c t)] = n_I(t)$ ，LPF 代表低通滤波。

$v_Q(t) = \text{LPF}[v_n(t) \alpha \sin(\omega_c t + \theta)]$ ， $\alpha$  是增益不平衡性以及  $\theta$  是相位误差。

25 在把  $v_n(t) = n_I(t) \cos(\omega_c t) - n_Q(t) \sin(\omega_c t)$  代入到以上的对于  $v_Q(t)$  的表示式，得出：

$v_Q(t) = \text{LPF}[\{n_I(t) \cos(\omega_c t) - n_Q(t) \sin(\omega_c t)\} \alpha \sin(\omega_c t + \theta)]$ 。

应用基本的测向 (goniometric) 公式，得出：

30  $v_Q(t) = -\alpha \cos(\theta) n_Q(t) + \alpha \sin(\theta) n_I(t)$ ，

通过对  $v_I(t)$  进行低通滤波，可得出：

$v_I(t) = n_I(t)$

对  $v_1(t)$  和  $v_0(t)$  进行互相关, 得到其最小值与增益误差  $\alpha$  无关的信号:

$\alpha \sin(\theta) [n_1(t) * n_1(t)] = K \sin(\theta)$ , 其中  $*$  是互相关算子以及  $K$  是常数。

- 5 按照本发明, 正交本地振荡器的相对相位被设置为最小互相关值, 由此使得正交相位失衡最小化。

图 2 是显示按照本发明的本地振荡器装置 25 的相位调节的实施例的电路图。本地振荡器装置 25 包括本地振荡器 30, 它可以是由 PLL(锁相环) 控制的 VCO(压控振荡器), 对于该 PLL 提供一个稳定的参考振荡器信号。通过由电阻 31 和电容 32 构成的 RC 电路, 得到第一正交 L0 信号, 以及通过由电容 33 和受控场效应晶体管 34 构成的 RC 电路, 得到第二正交 L0 信号, 当平衡时, 第一和第二正交 L0 信号呈现  $90^\circ$  的相对相位。DAC 21 提供相位调节信号 22 给场效应晶体管 34, 该相位调节信号 22 正比于相位误差。

- 15 图 3 显示按照本发明的低通滤波的信号的互相关。低通滤波的正交信号  $v_1(t)$  和  $v_0(t)$  被提供到混频器 40 的输入端, 混频器 40 被耦合到积分器 41。

图 4 显示按照本发明的零 IF 接收机中的互相关。图上显示作为相位误差  $\theta$  的函数的信号  $v_{out}$ 。相位调节信号 22 被设置为一个对应于在信号  $v_{out}$  的最小值 MIN 时的相位的数值。

图 5 是显示按照本发明的相位调节的流程图。在方块 60, 确保在接收机分支 2 的输入端处没有有用的信号。在方块 61, 对接收机的正交输出信号进行互相关。在方块 62, 正交本地振荡器的相对相位按照最小互相关值而被调节。

- 25 通过以上所述, 本领域技术人员将会看到, 可以作出各种修正而不背离此后由附属权利要求书规定的本发明的精神和范围, 以及因而本发明并不限于所提供的例子。词组“包括”并不排除存在与权利要求中所列举出的不相同的其它单元或步骤。

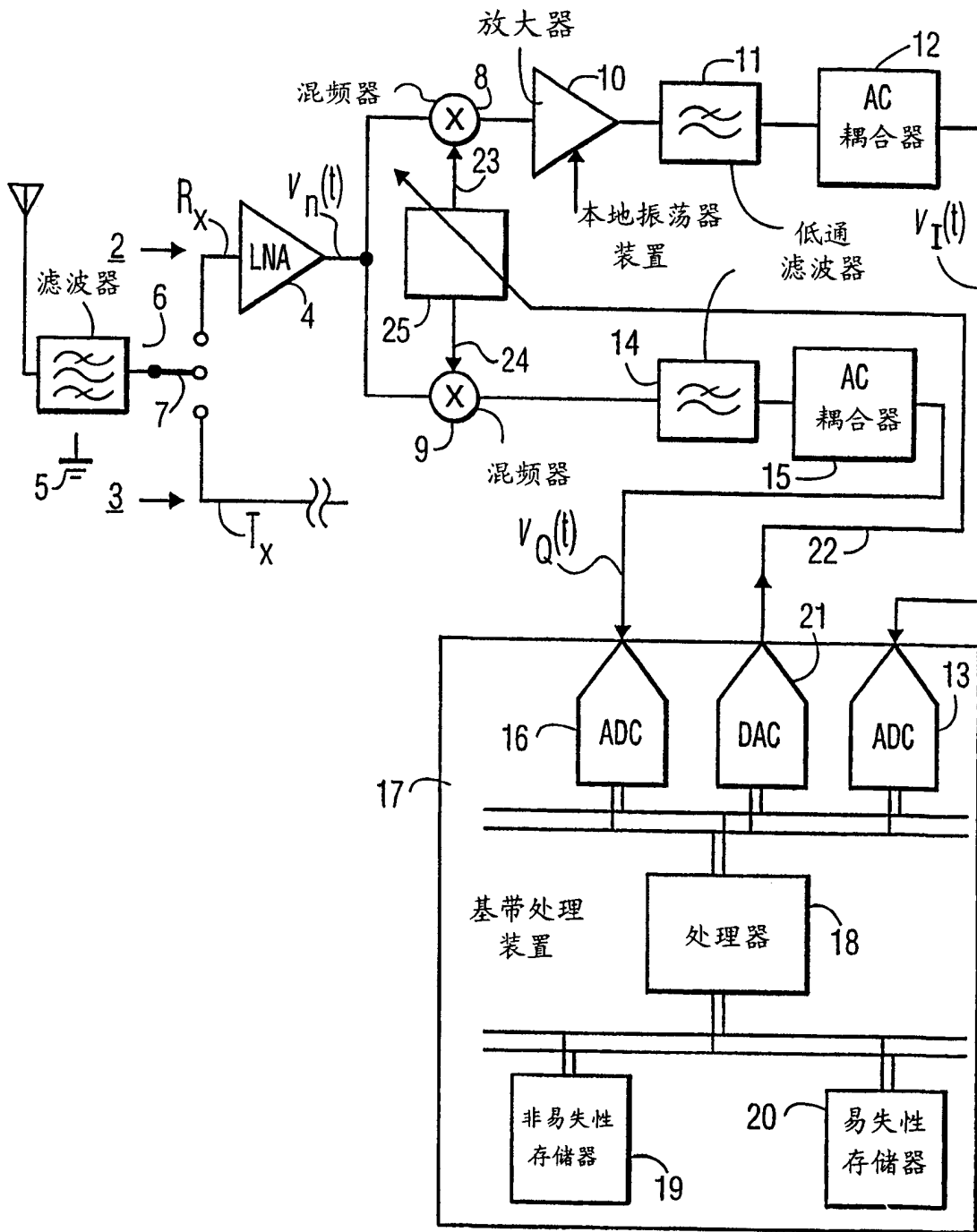


图 1

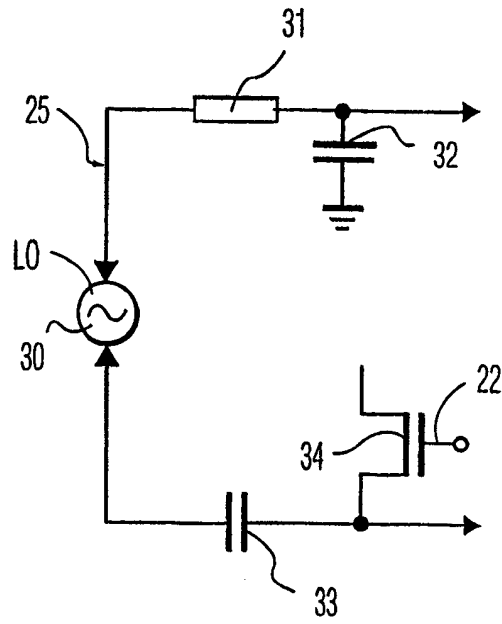


图 2

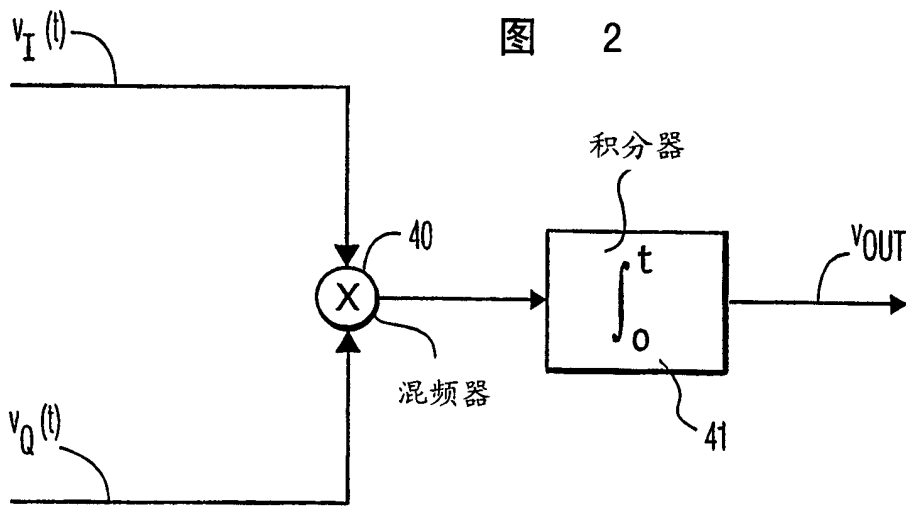


图 3

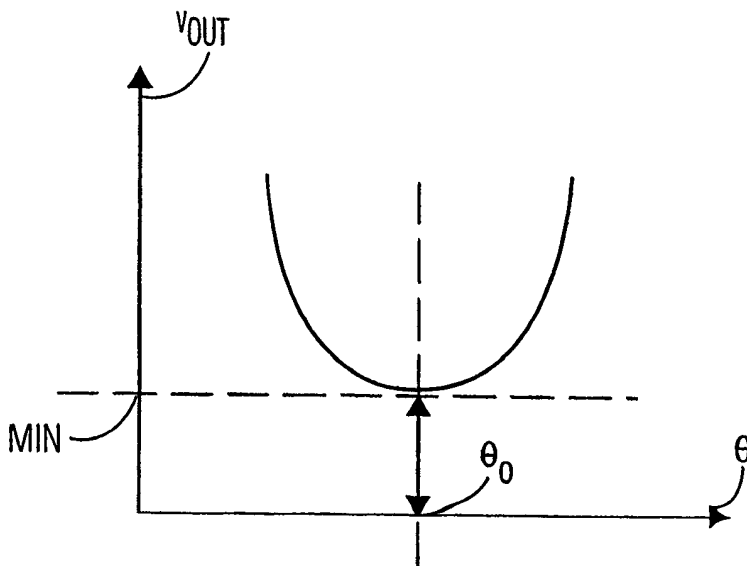


图 4

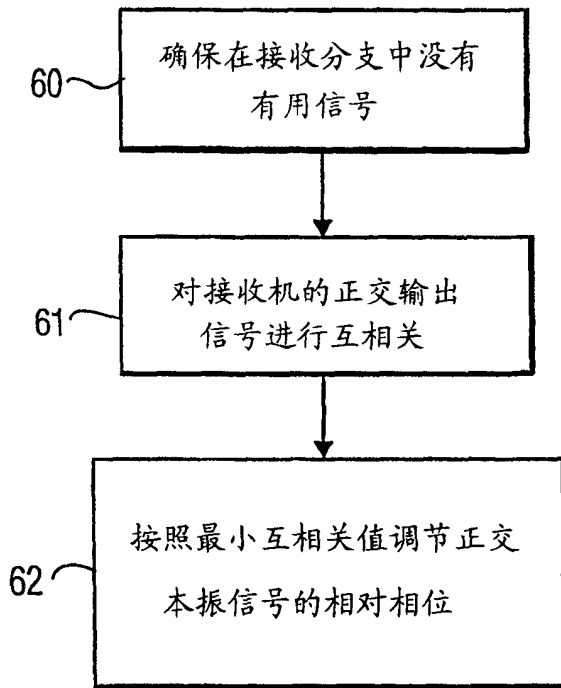


图 5