

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 01811025.8

[51] Int. Cl.

H04B 1/30 (2006.01)

H04B 1/16 (2006.01)

H03D 1/04 (2006.01)

H03D 3/00 (2006.01)

H04B 1/12 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009 年 4 月 8 日

[11] 授权公告号 CN 100477541C

[22] 申请日 2001.5.14 [21] 申请号 01811025.8
[30] 优先权

[32] 2000.5.12 [33] GB [31] 0011540.2

[86] 国际申请 PCT/GB2001/002107 2001.5.14

[87] 国际公布 WO2001/086919 英 2001.11.15

[85] 进入国家阶段日期 2002.12.12

[73] 专利权人 GS 知识产权有限责任公司

地址 美国特拉华州

[72] 发明人 摩根·J·科尔莫

马丁·J·布伦南

[56] 参考文献

WO8701531A 1987.3.12

WO0008764A 2000.2.17

US4130806A 1978.12.19

审查员 黄 玲

[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

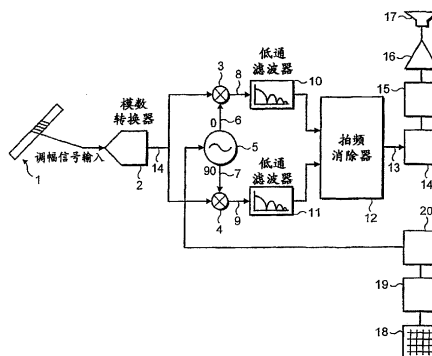
权利要求书 6 页 说明书 10 页 附图 1 页

[54] 发明名称

无线电接收机

[57] 摘要

一种无线电接收机，包括：一个天线用来接收一个由音频信号幅度调制后的射频信号；一个数字化转换器用来对射频信号进行周期采样，并产生一个能体现射频信号幅度的数字接收信号；以及一个解调器用来对数字接收信号进行解调以产生所述音频信号的表示。



1. 一种无线电接收机，包括：

一个天线，用于接收一个由音频信号调幅的射频信号；

一个数字化转换器，用于对射频信号进行周期采样并产生一个代表了射频信号幅度的数字接收信号；以及

一个解调器，用于解调数字接收信号以产生音频信号的表示，其中解调器包括一个本地振荡器，用于产生一个处在接收机接收频率上的第一本振信号，以及一个第一混频器，用于将所述第一本振信号与数字接收信号进行混频以形成一个第一解调信号，以及用于产生一个处在接收机接收频率上的第二本振信号的装置，该第二本振信号与第一本振信号具有相位正交的关系，以及一个第二混频器用于将所述第二本振信号与数字接收信号进行混频来形成一个第二解调信号；

一个节拍消除装置，该装置通过对第一解调信号和第二解调信号进行处理而形成一个消除了节拍的信号，从而至少部分消除了第一解调信号和/或第二解调信号中的一个拍频，该拍频是由本振信号与数字接收信号的混频所引起的。

2. 根据权利要求 1 所述的无线电接收机，其中所述的数字接收信号是一个单比特信号。

3. 根据权利要求 2 所述的无线电接收机，其中所述的数字化转换器是一个单比特的数字化转换器。

4. 根据权利要求 3 所述的无线电接收机，其中所述的数字化转换器是一个 sigma-delta 调制器。

5. 根据权利要求 1 的无线电接收机，其中所述的第一本振信号是一个单比特信号。

6. 根据权利要求 5 所述的无线电接收机，其中所述的第一混频器是一个异或门，它具有 2 个输入端，在其中一个输入端上接收所述的数字接收信号而在另一个输入端上接收所述的第一本振信号。

7. 根据权利要求 5 或 6 的无线电接收机，包括一个用户输入装置

用于输入一个接收频率，以及一个本地振荡器控制器，该控制器能响应用户输入装置而控制本地振荡器来产生一个处在所输入的接收频率上的第一本振信号。

8. 根据权利要求 1 所述的无线电接收机，其中用于产生所述的第二本振信号的装置是所述的本地振荡器。

9. 根据权利要求 1 所述的无线电接收机，其中所述的节拍消除装置被设置来重复执行如下步骤：

a. 测定第一解调信号的模；

b. 测定第二解调信号的模；

c. 比较第一解调信号与第二解调信号的模；

d. 用第一解调信号的模与第二解调信号的模之中较小的那个去除较大的那个来求出一个商数；

e. 求出一个消除因子，它的值为上述商数的反正切的余弦值的倒数；以及

f. 用消除因子去乘第一和第二解调信号中的一个来形成消除了拍频的信号。

10. 根据权利要求 9 所述的无线电接收机，其中所述的第一和第二解调信号中的一个是第一和第二解调信号中具有较大幅度的那一个。

11. 根据权利要求 9 或 10 所述的无线电接收机，其中所述的求得消除因子包括从一张存储好的查找表中检索得到一个对应于所述商数的消除因子。

12. 根据权利要求 1 所述的无线电接收机，其中所述的节拍消除装置包括一个数字处理器，它被设置为执行一系列指令从而形成所述的消除了节拍的信号。

13. 根据权利要求 1 所述的无线电接收机，其中所述的接收机可用来工作于某个无线电系统中，在所述系统中有多个无线电频道在一个预定的频道间隔所分开的不同频段上进行传输，并且所述的解调器包括一个滤波器，该滤波器被用来对第一解调信号滤波，所述滤波器

在接收频率的区域上具有一个峰值响应，而在被频道间隔隔开的接收频率以外的频率区域上的响应为零。

14. 根据权利要求 13 所述且直接或间接依赖于权利要求 7 的无线电接收机，其中所述的用户输入装置被设置来让用户选择由频道间隔分开的多个接收频率中的一个。

15. 根据权利要求 1 所述的无线电接收机，其中所述的数字化转换器被设置为以高于接收机接收频率两倍的速率对射频信号进行周期采样。

16. 一种工作在某个无线电系统中的无线电接收机，在所述系统中有多个无线电频道在一个预定的频道间隔所分开的不同频段上进行传输，该接收机包括：

一个天线用来接收一个射频信号；

一个解调器用来解调一个从射频信号得到的信号从而形成一个解调信号；以及

一个滤波器用来对解调信号滤波，所述滤波器在接收频率的区域上具有一个峰值响应，而在被频道间隔隔开的接收频率以外的频率区域上的响应为零，

以及所述滤波器包括，一个抽取器用于抽取所述解调信号，所述抽取器被实施在数字硬件中，以及一个软件滤波器用于以一个音频采样率滤波所述抽取器的输出。

17. 根据权利要求 16 所述的无线电接收机，其中所述的射频信号被一个音频信号幅度调制。

18. 根据权利要求 16 或 17 所述的无线电接收机，包括一个数字化转换器用来对射频信号进行周期采样，并生成解调信号作为一个代表了射频信号幅度的数字接收信号。

19. 根据权利要求 18 所述的无线电接收机，其中所述的数字化转换器是一个单比特转换器。

20. 根据权利要求 19 所述的无线电接收机，其中所述的数字化转换器是一个 sigma-delta 调制器。

21. 根据权利要求 16 所述的无线电接收机, 其中所述的解调器包括一个本地振荡器, 用于产生一个处在接收机接收频率上的第一本振信号; 以及一个混频器, 用于将本地振荡器与数字接收信号进行混频以形成一个第一解调信号。

22. 根据权利要求 21 所述且依赖于权利要求 19 或 20 的无线电接收机, 其中的第一本振信号是一个单比特信号。

23. 根据权利要求 22 所述的无线电接收机, 其中所述的混频器是一个异或门, 它具有 2 个输入端, 在其中一个输入端上接收所述的数字接收信号而在另一个输入端上接收所述的第一本振信号。

24. 根据权利要求 21 至 23 中任意一个所述的无线电接收机, 包括一个用户输入装置用于输入一个接收频率, 以及一个本地振荡器控制器, 该控制器能响应用户输入装置而控制本地振荡器来产生一个处在所输入的接收频率上的第一本振信号。

25. 根据权利要求 24 所述的无线电接收机, 其中所述的用户输入装置能够接收选择多个频道之一的输入, 并且所述的本振控制器能够在选定的频道的基础上, 使得本地振荡器产生第一本振信号, 该本振信号的频率处在由频道间隔分开的多个频段中的一个上面。

26. 根据权利要求 16 所述的无线电接收机, 其中滤波器在被频道间隔隔在接收频率的上方和下方频段上的衰减是滤波器在接收频率上衰减的 10^8 倍以上。

27. 根据权利要求 16 所述的无线电接收机, 其中滤波器在被频道间隔隔在接收频率的上方和下方频段上的衰减是滤波器在接收频率上衰减的 10^{11} 倍以上。

28. 根据权利要求 16 所述的无线电接收机, 其中所述的频道间隔是 8.820kHz。

29. 根据权利要求 16 所述的无线电接收机, 其中所述音频采样率是 44.1KHz。

30. 一种用于消除一个无线电接收机中拍频的方法, 所述接收机能够接收一个无线电信号, 通过将一个从无线电信号中得出的信号与

一个第一本振信号混频而形成一个第一解调信号，并且通过将一个从无线电信号中得出的信号与一个第二本振信号混频而形成一个第二解调信号，其中第二本振信号与第一本振信号有正交关系，该方法包括重复执行下列步骤：

- a.测定第一解调信号的模；
- b.测定第二解调信号的模；
- c.比较第一解调信号与第二解调信号的模；
- d.用第一解调信号的模与第二解调信号的模之中较小的那个去除较大的那个来求出一个商数；
- e.求出一个消除因子，它的值为上述商数的反正切的余弦值的倒数；以及
- f.用消除因子去乘第一和第二解调信号中的一个来形成消除了拍频的信号。

31. 根据权利要求 30 所述的方法，其中求出消除因子的步骤是通过从一张存储好的查找表中检索得到一个对应于上述商数的消除因子来实现的。

32. 根据权利要求 30 或 31 所述的方法，其中所述的本振信号形成在一个高于所要接收的射频频率的采样频率上。

33. 根据权利要求 30 所述的方法，其中所述的本振信号是噪声形的。

34. 根据权利要求 30 所述的方法，其中所述的第一和第二解调信号都是射频信号。

35. 根据权利要求 30 所述的方法，其中所述的第一和第二解调信号是中频信号。

36. 根据权利要求 30 所述的方法，其中所述的第一和第二本振信号都是单比特信号，并且所述方法中包括通过将一个从无线电信号中得出的信号与第一和第二本振信号分别混频从而形成第一和第二单比特解调信号的步骤，以及对第一和第二单比特解调信号进行抽取来形成第一和第二解调信号的步骤。

37. 根据权利要求 30 所述的方法，其中所述的第一和第二解调信号都是 8 比特信号。

38. 根据权利要求 30 所述的方法，其中所述的第一和第二解调信号中的一个是第一和第二解调信号中具有较大幅度的那一个。

39. 根据权利要求 30 所述的方法，其中所述的方法由一个装置实施，该装置包括一个数字处理器，它被设置为执行一系列指令从而形成所述的消除了节拍的信号。

无线电接收机

技术领域

本发明涉及一种无线电接收机，例如一个高保真系统中所使用的调幅（AM）无线电接收机或是类似的装置。

背景技术

在一个普通的调幅无线电接收机中，所接收到的射频信号被送入一个混频器。在混频器中，射频信号与一个本地振荡器信号进行混频，从而把它下变频到基带上。接收机中可能存在不止一个混频步骤，在这种情况下所接收到的信号要经过一个或多个中频（IF）阶段。在各个阶段都可能进行带通滤波和放大。结果产生的信号是一个处在音频上的模拟信号，该模拟信号可以被放大并送入扬声器。

在一种实施例中，接收机中的各个工作步骤完全地或主要地由分立的模拟元件实现。这会占用可观的电路板面积，并且需要一个复杂而成本高昂的制造过程。此外，因为接收机中分立模拟元件的数量太大，诊断其中的故障也很困难。模拟元件可以被集成到单个的集成电路上。在某些专家接收机系统中，例如 Racal 型 2551/2561 以及 JRC 型 NRD 545，所接收到的信号在中频阶段被变换成为数字形式。然而，这个接收机中的射频元件仍然以模拟形式实现，因而仍受制于上面所讨论的缺点，并且这些系统的复杂性和费用使得它们非常不适合应用于家用的调幅收音机。

理想的情况是提供一种具有减小的尺寸、降低的成本和复杂性的无线电接收机。

发明内容

根据本发明的一个特点，它提供了一种无线电接收机，包括：一

个天线用来接收一个由音频信号幅度调制后的射频信号；一个数字化转换器用来对射频信号进行周期采样，并产生一个能体现射频信号幅度的数字接收信号；以及一个解调器用来对数字接收信号进行解调以产生所述音频信号的表示。

根据本发明的第二个特点，它提供了一种工作于某个无线电系统中的无线电接收机，在所述系统中有多个无线电频道在以预定的频道间隔分开的不同频段上进行传输，所述接收机包括：一个天线用来接收一个射频信号；一个解调器用来解调一个从射频信号中得来的信号从而形成一个解调信号；以及一个滤波器用来对解调信号滤波，所述滤波器在接收频率的区域上具有一个峰值响应，而在被频道间隔隔开的、接收频率以外的频率区域上的响应为零。

根据本发明的第三个特点，它提供了一种可以消除一个无线电接收机中拍频（beat frequency）的方法，该接收机能够接收一个射频信号，通过把一个从射频信号中得到的信号与一个第一本振信号进行混频而形成一个第一解调信号，并且通过把一个从射频信号中得到的信号与一个第二本振信号进行混频而形成一个第二解调信号，其中第二本振信号与第一本振信号有着正交关系。该方法包括重复执行的如下步骤：测定第一解调信号的模；测定第二解调信号的模；比较第一解调信号与第二解调信号的模；用第一解调信号的模与第二解调信号的模之中较小的那个去除较大的那个得到一个商数；求出一个消除因子，该因子的值是上面得到的商数的反正切值的余弦值的倒数；以及用消除因子去乘第一和第二解调信号中的一个来形成消除了拍频的信号。

数字接收信号最好是一个单比特信号，并且数字化转换器最好是一个单比特的数字转化器。所述的数字化转换器可能适宜地是一个 sigma - delta 调制器。

解调器最好包括一个本地振荡器，用于产生一个处在接收机接收频率上的第一本振信号；以及一个混频器，用于对所述本振信号和数字接收信号进行混频来形成一个第一解调信号。那么所述的第一本振信号就可能是一个单比特信号。所述的混频器可能被实现为一个异或

门，它具有 2 个输入端，并且一个输入端用于接收数字接收信号而另一个输入端用来接收所述的第一本振信号。

本无线电接收机可以包括一个用于输入接收频率的用户输入装置，以及一个能响应于用户输入装置的本振控制器，该控制器用来控制本地振荡器从而使其产生一个处在所输入的接收频率上的第一本振信号。

所述的解调器最好包括一个用来产生第二本振信号的装置，第二本振信号处在接收机的接收频率上，并且与第一本振信号具有相位正交的关系；还包括一个混频器用来对本振信号和数字接收信号进行混频以形成一个第二解调信号。用于产生第二本振信号的装置可以是所述的本地振荡器。本接收机可以包括一个节拍消除 (beat cancellation) 装置，它通过对第一解调信号和第二解调信号进行处理能够从第一和/或第二解调信号中至少部分消除节拍频率，从而形成一个消除了节拍的信号，所述的拍频信号是由本振信号和数字接收信号的混频引起的。所述的节拍消除装置可以被安排来重复执行如下步骤：测定第一解调信号的模；测定第二解调信号的模；比较第一解调信号与第二解调信号的模；用第一解调信号的模与第二解调信号的模之中较小的那个去除较大的那个得到一个商数；求出一个消除因子，该因子的值是上面得到的商数的反正切值的余弦值的倒数；以及用消除因子去乘第一和第二解调信号中的一个来形成消除了拍频的信号。

本接收机适合于工作在某种无线电系统中，在所述系统中有多个无线电频道在以预定的频道间隔分开的不同频段上进行传输，并且其中的解调器包括一个用于对第一解调信号进行滤波的滤波器，该滤波器在接收频率的区域内具有峰值响应，而在被频道间隔隔开的接收频率以外的频率区域上的响应为零。所述的用户输入装置则可以用来让用户选择被频道间隔分开的多个接收频率中的一个。其中的数字化转换器适合被用来对射频信号进行周期采样，采样率应该大于接收机接收频率的两倍。所述的频道间隔可以是 8.820kHz。

更可取的是，用户输入装置能够接收指示了对多个频道选择哪一

个的输入，并且本振控制器能够在选定频道的基础上，使得本地振荡器产生第一本振信号，该本振信号的频率处在由频道间隔分开的多个频段中的一个上面。

所述滤波器在被频道间隔隔在接收频率的上方和下方频段上的衰减，应该大于滤波器在接收频率上衰减的 10^8 倍，最好大于 10^{11} 倍。

所述滤波器可以是一个级联积分电路梳状滤波器（cascaded integrator comb filter）和/或一个三阶滤波器。

所述的本振信号可以被形成在一个采样频率上，该采样频率大于所要接收的射频；本振信号也可以被形成成为噪声形的以改善消除了节拍的信号波形。

所述的第一和第二解调信号可以是射频信号、中频信号或是基带信号。

由于第一和第二本振信号都是单比特信号，上述的方法中可以包括如下步骤：通过把射频信号中得出的一个信号与第一和第二本振信号分别混频来形成第一和第二单比特解调信号，以及对第一和第二单比特信号进行抽取来形成第一和第二解调信号。所述的第一和第二解调信号可以是 8 比特信号。

所述的第一和第二解调信号中的一个最好是两个解调信号中具有较大幅度的那个。那么上述方法中就可以包括测定第一和第二解调信号哪一个具有较大幅度的步骤。

对消除因子的确定包括从一张存储好的查找表中检索得到一个对应于上述商数的消除因子。上述方法中可以包括计算一个范围内商数所对应的消除因子从而建立所述的查找表的步骤。所述的查找表可以被存储在临时的或固定的存储器中。

节拍消除装置可以包括一个数字处理器，用于执行一系列指令来形成所述的消除节拍的信号。

附图说明

现在将要参照附图所示的实例对本发明进行描述，附图中：

图 1 示出了一个无线电接收机的示意性框图以及相关的部件；以及

图 2 示出了图 1 所示接收机中滤波器的工作情况。

具体实施方式

图 1 是一个无线电接收机的原理框图，以及与无线电接收机相关的组件，这些组件用于控制接收机接收什么频率以及把接收机的输出提供给一个音源，比如一个扬声器。这个例子中的无线电接收机适合在家用的高保真系统中用作一个调幅（AM）广播接收机。

所述的接收机包括一个天线 1，它接收一个幅度调制的射频（RF）信号。天线的输出被送到模拟—数字转换器 2，该转换器把天线接收到的模拟射频信号转换到数字域。所述的模拟—数字转换器是一个单比特的模数转换器，它对输入进行周期采样，并且输出一个代表了输入信号电平的单个或多个二进制数：如果输入信号的电平低于一个阈值那么就输出一个二进制 0，而如果输入信号的电平高于一个阈值那么就输出一个二进制 1。在图 1 所示的系统中，模数转换器 2 是一个 1 阶 sigma-delta 调制器，而接收到的射频信号被送入其中。对模数转换器采样率的选择应使其能够对接收信号中的射频载波部分进行过采样。在本例中，采样率为 12MHz。比较方便的是，把采样率设置为大于接收机所要接收的射频信号最大频率的两倍，因为这样所有的接收就能采用同样的采样率。可选地，采样率也可以根据要接收的频率进行变化。所述的 sigma-delta 调制器对接收信号进行 1 比特的采样，并由此在 14 处产生一个过采样的数字比特流，该比特流保留了代表着接收到的调幅射频信号频谱的信息。

射频信号在天线 1 和模数转换器 2 之间可以被放大和/或滤波。然而，更可取的是能够使得天线和模数转换器之间的元件数最少，这是由于分立的射频元件增加了接收机的复杂度、成本以及制造难度。如果天线 1 和模数转换器 2 足够灵敏，那么天线就可以被直接连接到模数转换器的输入端上。

模数转换器的输出被分为两路并送入两个混频器 3 和 4, 这两个混频器可以被实现为异或门。

一个 1 比特本地振荡器 5 在 6 上产生一个比特流信号, 该振荡器的输出以所要接收的射频频率在 0 和 1 之间切换。振荡器 5 还在 7 上产生一个与 6 上信号相同但是相位偏移 90 度的信号。6 上的信号是一个同相 (I) 或 0 度信号, 而 7 上的信号则是一个正交 (Q) 或 90 度信号。6 上的 0 度信号被送入混频器 3 的第二个输入端, 在混频器中该信号与模数转换器 2 的输出信号进行混频从而在 8 上产生一个信号。而 7 上的 90 度信号被送入混频器 4 的第二个输入端, 在混频器中它与模数转换器 2 的输出信号进行混频从而在 9 上产生一个信号。

混频器 3、4 各自结合它们的各个输入, 在 8 和 9 上产生数字比特流形式的信号。混频器 3 和 4 的比特流输出被送入相应的低通滤波器 10、11, 在滤波器中这些信号被抽取并进行低通滤波。

滤波器 10、11 可以被实现为 3 阶 CIC (级联积分器梳状) 滤波器。CIC 滤波器可以在软件或硬件中实现。一个优选的解决方法是在数字硬件中实现滤波器一半的高频率, 而在软件中以音频采样率, 例如 44.1kHz 对抽取后的输出信号进行处理。

各个 CIC 滤波器都被设置为以 1360 比例进行抽取, 也就是从 12MHz 到大约 8.820kHz, 这大约等于英国所用的调幅信号频谱的频道间隔。这样做的好处就是能够在相邻频道的中央或是中央附近设置一个陡峭的零点, 从而削弱它们的影响。这在图 2 中有所展示。曲线 40 显示了滤波器对频率的响应, 该滤波器工作频道的中心频率由 41 表示。相邻的 42 及 43 频道由频率间隔 S 与频道 41 分开, 这两个频道都被急剧地削弱, 因为它们正处在滤波器的零点上。各个零点间隔大约是 2S。在标准频道间隔有所不同的区域内, 抽取比例最好同样设置为能够使得相邻频道被滤波器急剧削弱的情况。该滤波器对距离 9kHz 之外的信号给予超过 40dB 的衰减。

抽取比例被设置为音频采样率 44.1kHz 的五分之一, 而为了使得音频处理与本系统的其它部分相兼容, 需要对调幅数据以 5 倍进行内

插。这有一个附加的好处就是，它将 5 倍地削弱低于采样率的频率上的镜像频率。

接着音频处理软件就可以在 44.1kHz 采样频率上对调幅信号进行低通滤波，其中拐点频率约为 3.5kHz。该软件还可以如下面所述实现节拍消除的功能。

由于实际上本地振荡器 5 不可能被精确地设置为与接收信号具有相同的频率和相位，因此混频后在接收信号中将存在一个差频或拍频。拍频可能相对较低，并处在所要接收的音频范围内，因而实际上被调制到基带音频信号上。如果不消除这个频率，它将引起一个处在拍频上的能听得见的嗡嗡声。该拍频音调并不能被简单地滤除，因为音频信号在这个频率附近被调制。

因此，滤波器 10、11 的输出被送入拍频消除器 12。拍频消除器 12 就能消除来自于滤波器 10 和 11 的信号之间的拍频，而在 13 上产生一个接收机输出信号。

由于 6 和 7 上本地振荡器输出的正交性质，10 和 11 上的信号中的拍音具有频率相同、但相位正交的关系。拍频消除器 (BFC) 12 执行一种算法，通过计算 Q 和 I 频道中拍频之间的一个三角关系来消除拍频。

I 中的信号（同相信号）和 Q 中的信号（正交信号）可以如下描述：

$$I = A \cdot \sin(\theta_b)$$

$$Q = A \cdot \cos(\theta_b)$$

其中 A 是音频信号部分的瞬时值，而 θ_b 是拍频的相角。通过等式：

$$\tan(\theta) = \sin(\theta) / \cos(\theta)$$

就可以在任何时刻计算拍频相角的正切值，使得当 θ_b 处在第一象限时音频部分 A 能够被消去。由于

$$|\sin(\alpha)| = |\sin(-\alpha)|$$

$$|\cos(\alpha)| = |\cos(-\alpha)|$$

拍频的正切值通常可以通过下式计算：

$$\tan(\theta_b) = |A \cdot \sin(\theta_b)| / |A \cdot \cos(\theta_b)|$$

为了避免非常大的结果，分母应该选得比相应的分子大，以保证结果是一个 0 和 1 之间的数。这点可以通过根据分母和分子相应的值交换它们来做到。交换过程在数学上是合理的，因为：

$$\tan(\theta_b) = T_0 = |I|/|Q| \dots (Q > I)$$

$$\tan(\theta_b) = T_0 = |Q|/|I| \dots (I > Q)$$

这样就能在所有四个象限中计算拍频而不需要更改数学原理。接着就可以计算反正切值而得到拍频的原始角度。假如拍频是正弦的，那么就能得出节拍的瞬时值。由此可以通过下式生成一个修正音 P_0 ：

$$P_0 = 1/\{\cos[\tan^{-1}(T_0)]\}$$

该因子可与 I 或 Q 信号相乘来消去拍音。

因此，可以在节拍消除器中执行如下算法来抵偿拍频：

1. 读入 I 和 Q 信号
2. 计算 I 和 Q 信号的模
3. 如果 I 的模大于 Q 的模，那么使 T_0 等于 Q 的模除以 I 的模；否则使 T_0 等于 I 的模除以 Q 的模
4. 求出对应于算得的 T_0 的修正音 P_0 。
5. 用 I 或 Q 信号乘以 P_0 来求得输出信号

在步骤 4 中可以使用一张查找表来确定修正音。在步骤 5 中最好能用 I 和 Q 信号中较大的一个去乘以修正音。

在拍频消除器 12 中，软件部分从数字硬件读入两个部分滤波信号，通过上述的数字硬件实现了模块 10 和 11 的高速滤波并完成滤波操作。所述软件接着把 I 和 Q 信号用于拍频消除算法。在得到 I 和 Q 信号的模并且完成了适当的除法运算后，所述软件就利用一个查找表来计算拍频修正数据（也就是上述比值的反正切的余弦值的倒数）。接着所述的修正因子就与 I 或 Q 信号中的一个（较大的一个）相乘来得到音频输出。

上面所描述的 BFC 算法是基于一个拍频为正弦的假设。拍频波形最好是尽可能为正弦形，这样可以减少其它谐波产物的形成。因为下

变频是在 1 比特的分辨率上执行的——有效方波——就可能产生谐波。一个方波的谐波中包括线性衰减的奇谐波，也就是三次谐波的 $1/3$ ，五次谐波的 $1/5$ ，等等。这些谐波分量中两个的乘积还是奇谐波，但幅度成了平方倒数，就是说三次谐波幅度成了 $1/9$ 。得到的信号具有三角波的形式。则所述的 BFC 算法实际上在音频信号顶端“产生”了一个 4 倍于拍频的波形，这是由 I 和 Q 信号波形和一个正弦波之间的差异造成的。事实上，两种波形都不是射频频率上的方波。从空中接收到的射频输入是噪声形且过采样的，并且本地振荡器也带有一些噪声形。如果有必要，本地振荡器产生的波形形状可以通过对本地振荡器使用过采样和/或噪声成形技术加以改善。

通过自己对接收到的射频信号进行数字化转换，也就是在执行任何下变频之前，图 1 所示的接收机避免了对许多分立模拟元件的需求，而这些元件在传统的接收机设计中都是需要的，例如在它们的射频和中频部分以及转换部分。

图 1 所示接收机的滤波和/或节拍消除部分可以有利地使用于一个并非在射频部分数字化、而是在中频或基带部分数字化的接收机中。

拍频消除器 12 在 13 上的输出是一个处在音频上的充分解调的数字化信号。这个信号被传送给音频设备 14，该设备能按要求对信号进行处理，例如改变信号的音量或音调或是进行频率均衡。接着信号就被数字—模拟转换器 15 变换到模拟域，被放大器 16 放大，并被送入扬声器 17。一个用户输入装置 18，例如一个键盘，允许用户输入所要接收的频率。键盘输入由键盘端口 19 进行解译并被送入输出端口 20，该端口在 21 上发送一个信号来控制本地振荡器 5 按用户输入的频率振荡。扬声器 17 可以用耳机来代替，或者输出信号可以被送入一个录音机。

上述的放大器 16 可以是一个 D 类放大器，并且它能接收一个 D 类输入。

图 1 中所示的许多部件最好都能在一个通用的集成电路中提供。在一个优选实施例中，部件 12、14、15、19、20 以及滤波器 10、11

中低速率的半部分最好能在一个通用集成电路中实现。该电路可以包括一个数字处理器，该处理器能够运行软件来实现部件 10、11、14 和 15 的功能；电路还包括输入和输出端口来实现部件 19 和 20 的功能，并能把电路连接到滤波器 10、11 中高速率的半部分以及放大器 16。如果需要的话，图 1 中的整个系统，除了扬声器 17、天线 1 和输入装置 18，都能被制作在单个的集成电路中。

申请人注意到下述事实，那就是在不受任何权利要求范围限制的情况下，本发明可以包括在这里隐含地和明确地公开的任何特点或是这些特点的组合，或是任何关于这些特点的推广。考虑到前面的描述，对于一个精通于此技术的人来说，很明显在本发明的范围内可以作出各种各样的改进。

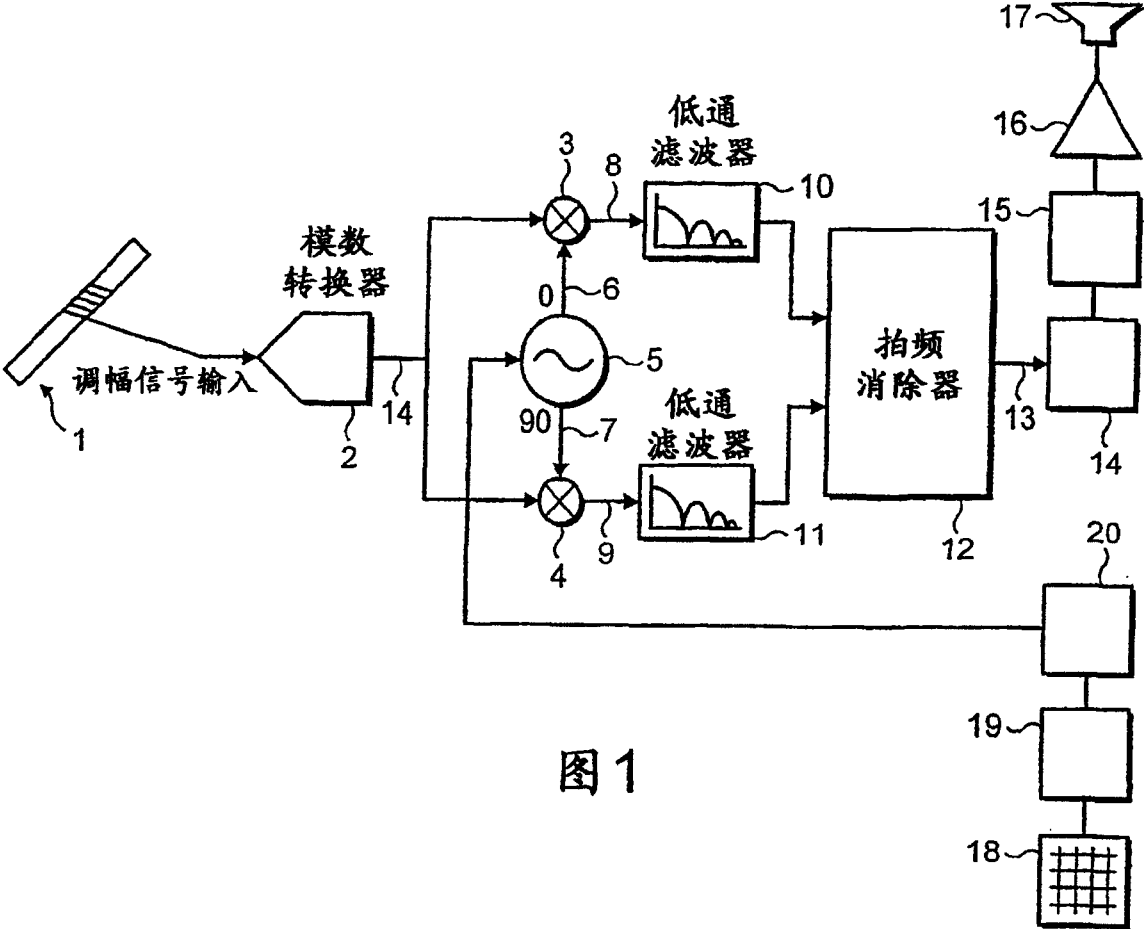


图 1

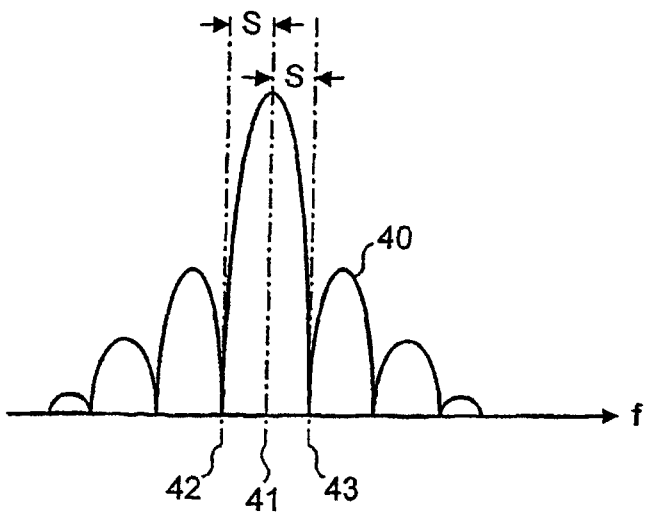


图 2