

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H04B 1/16 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03805701.8

[45] 授权公告日 2008 年 8 月 27 日

[11] 授权公告号 CN 100414844C

[22] 申请日 2003.2.17 [21] 申请号 03805701.8

[30] 优先权

[32] 2002. 3. 12 [33] EP [31] 02075981.7

[86] 国际申请 PCT/IB2003/000616 2003.2.17

[87] 国际公布 WO2003/077435 英 2003.9.18

[85] 进入国家阶段日期 2004.9.10

[73] 专利权人 NXP 股份有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

[72] 发明人 W·J·蒂里

L·A·J·范帕佩格姆

[56] 参考文献

US4470071A 1984.9.4

EP0574273A1 1993.12.15

US6108485A 2000.8.22

EP0512606A2 1992.11.11

EP0602435A1 1994.6.22

US5568206A 1996.10.22

审查员 曲 祯

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公
司

代理人 王波波

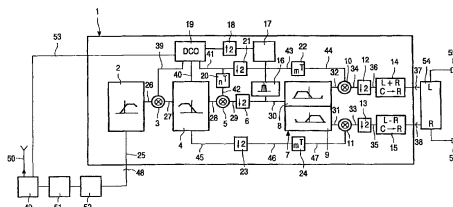
权利要求书 3 页 说明书 11 页 附图 6 页

[54] 发明名称

具有信号通路的接收机及方法

[57] 摘要

本发明涉及用于接收 RF 信号的接收机 (1, 49, 51, 52, 54)。已知的接收机包括由立体声导频控制的锁相环。由于无用频率发生变化,所以在立体声解码器之间放置一个采样率转换器。通过本发明可以进行复数范围内的滤波操作。



1. 一种具有信号通路的接收机(1, 49, 51, 52, 54), 包括下列元件: 调谐装置(49); 解调电路(51), 用于提供具有基带立体声和信号(L+R)、19kHz 立体声导频, 以及在空白的 38kHz 副载波上双边带调幅的立体声差信号(L-R)的立体声多路复用信号; 用于将模拟信号转换成时间离散信号的采样装置(52); 以及立体声解码器(1), 它具有多个有限脉冲响应滤波器(2, 4, 7, 8, 9)、包括振荡器(19)的锁相环(80)、以及多个调制器(3, 5, 10, 11), 其特征在于所述立体声解码器(1)还包括转换器(14, 15), 其中

所述多个有限脉冲响应滤波器中的第一有限脉冲响应滤波器对所述立体声多路复用信号进行滤波, 其中借助于有限脉冲响应滤波器频率响应中的斜面对两个立体声信号(L+R, L-R)中的一个进行复数滤波,

所述多个调制器中的第一调制器对滤波后的信号进行复调制,

所述多个有限脉冲响应滤波器中的第二有限脉冲响应滤波器对调制后的信号进行滤波, 其中借助于有限脉冲响应滤波器频率响应中的斜面对两个立体声信号(L+R, L-R)中的另一个进行复数滤波,

所述多个调制器中的第二调制器对信号进行复调制,

所述多个有限脉冲响应滤波器中的第三和第四有限脉冲响应滤波器分离基带立体声和信号(L+R)和立体声差信号(L-R),

所述多个调制器中的第三调制器对(L+R)和(L-R)信号进行调制, 以及

所述转换器将信号从复数信号转换为实数信号。

2. 根据权利要求1的接收机, 其特征在于振荡器(19)是离散控制的。

3. 根据权利要求1或2的接收机, 其特征在于振荡器(19)提供复数信号。

4. 根据权利要求1或2的接收机, 其特征在于振荡器(19)提供余弦信号和正弦信号。

5. 根据权利要求 1 或 2 的接收机, 其特征在于振荡器 (19) 包括一个界限稳定的振荡滤波器。

6. 根据权利要求 1 或 2 的接收机, 其特征在于振荡器 (19) 控制调制器 (3, 5, 10, 11)。

7. 根据权利要求 6 的接收机, 其特征在于调制器 (3, 5, 10, 11) 包括乘法元件。

8. 根据权利要求 1 的接收机, 其特征在于采样装置 (52) 以固定时钟操作。

9. 根据权利要求 8 的接收机, 其特征在于该固定时钟在 $4 \times 20\text{kHz}$ 和 $4 \times 80\text{kHz}$ 之间, 优选地在 $4 \times 32\text{kHz}$ 和 $4 \times 64\text{kHz}$ 之间, 特别地在 $4 \times 44.1\text{kHz}$ 。

10. 根据权利要求 1 的接收机, 其特征在于立体声导频是用具有 0Hz 附近的频率响应的椭圆滤波器 (16) 滤波的。

11. 根据权利要求 1 的接收机, 其特征在于锁相环 (80) 包括具有放大器 (81, 83) 的控制通路 (17)。

12. 一种在接收机的解码器中对时间离散的立体声多路复用信号进行解码的方法, 该立体声多路复用信号具有基带立体声和信号 (L+R)、 19kHz 立体声导频, 以及在空白的 38kHz 副载波上双边带调幅的立体声差信号 (L-R), 其特征在于该方法包括步骤:

通过有限脉冲响应滤波器对立体声多路复用信号进行滤波, 其中借助于有限脉冲响应滤波器频率响应中的斜面对两个立体声信号 (L+R, L-R) 中的一个进行复数滤波,

通过调制器对滤波后的信号进行复调制的第一调制步骤,

通过有限脉冲响应滤波器对调制后的信号进行滤波, 其中借助于有限脉冲响应滤波器频率响应中的斜面对两个立体声信号 (L+R, L-R) 中的另一个进行复数滤波,

对信号进行复调制的第二调制步骤,

通过两个有限脉冲响应滤波器分离基带立体声和信号 (L+R) 和立体声差信号 (L-R),

对 (L+R) 和 (L-R) 信号进行调制的第三调制步骤, 以及

将信号从复数信号转换为实数信号。

13. 根据权利要求 12 的方法，其特征在于在第二调制步骤之后对调制后的信号下降 2 倍采样。

14. 根据权利要求 12 的方法，其特征在于在第三调制步骤之后对信号下降 2 倍采样。

15. 根据权利要求 12 的方法，其特征在于将实数信号分离成左立体声信号和右立体声信号。

具有信号通路的接收机及方法

技术领域

本发明涉及一种具有信号通路的接收机，包括下列元件：调谐装置；解调电路，用于提供具有基带立体声和信号（L+R）、19kHz 立体声导频以及在空白的 38kHz 副载波上双边带调幅的立体声差信号（L-R）的立体声多路复用信号；用于将模拟信号转换成时间离散信号的采样装置；以及具有滤波器和包括振荡器的锁相环的立体声解码器。

背景技术

可以从 EP 0512606 B1 中得知这种接收机。在 88-108MHz 的 UHF 范
围中，RF 信号是作为调频信号发射的。大多数的站发射立体声信号。在解调 RF 调频信号之后，获得立体声多路复用信号，该信号具有在 15kHz 范围内的基带立体声和信号（L+R）和在 38kHz 空白副载波上双边带调幅的立体声差信号（L-R）。和信号（L+R）也称为单声道信号。立体声差信号（L-R）的解调需要具有大量电路组件的接收机。该接收机包括由立体声导频控制的锁相环。当发射机的频率变化时，立体声导频也发生变化。要重新调整接收机中的解调器。由于这些无用频率发生变化，所以将简称为 SRC 的采样率转换器放置在立体声解码器之前。第二采样频率转换器在立体声解码器之后。这些转换器是精密的。

发明内容

因此，本发明的目的是提供一种简单的立体声解码器。根据本发明的一方面，提供一种具有信号通路的接收机，包括下列元件：调谐装置；解调电路，用于提供具有基带立体声和信号（L+R）、19kHz 立体声导频，以及在空白的 38kHz 副载波上双边带调幅的立体声差信号（L-R）的立体声多路复用信号；用于将模拟信号转换成时间离散信号的采样装置；以及立体声解码器，它具有多个有限脉冲响应滤波器、包括振荡器的锁相

环、以及多个调制器，其特征在于所述立体声解码器还包括转换器，其中所述多个有限脉冲响应滤波器中的第一有限脉冲响应滤波器对所述立体声多路复用信号进行滤波，其中借助于有限脉冲响应滤波器频率响应中的斜面对两个立体声信号（L+R， L-R）中的一个进行复数滤波，所述多个调制器中的第一调制器对滤波后的信号进行复调制，所述多个有限脉冲响应滤波器中的第二有限脉冲响应滤波器对调制后的信号进行滤波，其中借助于有限脉冲响应滤波器频率响应中的斜面对两个立体声信号（L+R， L-R）中的另一个进行复数滤波，所述多个调制器中的第二调制器对信号进行复调制，所述多个有限脉冲响应滤波器中的第三和第四有限脉冲响应滤波器分离基带立体声和信号（L+R）和立体声差信号（L-R），所述多个调制器中的第三调制器对（L+R）和（1-R）信号进行调制，以及所述转换器将信号从复数信号转换为实数信号。

根据本发明的另一方面，提供一种在接收机的解码器中对时间离散的立体声多路复用信号进行解码的方法，该立体声多路复用信号具有基带立体声和信号（L+R）、19kHz 立体声导频，以及在空白的 38kHz 副载波上双边带调幅的立体声差信号（L-R），其特征在于该方法包括步骤：通过有限脉冲响应滤波器对立体声多路复用信号进行滤波，其中借助于有限脉冲响应滤波器频率响应中的斜面对两个立体声信号（L+R， L-R）中的一个进行复数滤波，通过调制器对滤波后的信号进行复调制的第一调制步骤，通过有限脉冲响应滤波器对调制后的信号进行滤波，其中借助于有限脉冲响应滤波器频率响应中的斜面对两个立体声信号（L+R， L-R）中的另一个进行复数滤波，对信号进行复调制的第二调制步骤，通过两个有限脉冲响应滤波器分离基带立体声和信号（L+R）和立体声差信号（L-R），对（L+R）和（1-R）信号进行调制的第三调制步骤，以及将信号从复数信号转换为实数信号。

根据本发明，可以在复数范围内执行滤波器的操作。频率响应边缘处于 0Hz 附近的一个复数范围内。在一段时间周期内执行的实数输入信号与余弦波的乘法产生了在频率范围内向两侧偏移的结果，即，在载波频率 $\pm \phi$ 周围的调制：

$$Y(e^{i\theta}) = (X(e^{i(\theta-\phi)}) + X(e^{i(\theta+\phi)})) / 2$$

借助于具有载波频率 ϕ 的余弦波的调制产生一个输出信号，其中有用部分在 $+/-2\phi$ 附近被输入频谱中的无用部分补充。这可以借助于一个能抑制频谱中 $+/-2\phi$ 附近的无用部分的前置滤波器来避免。这同样适用于采用正弦波的调制。

实数或复数信号利用复指数 $e^{i\theta n}$ ，即与虚指数相乘，导致只向频率范围中的一侧偏移，因此没有使用前置滤波器。

$$Y(e^{i\theta}) = (X(e^{i(\theta-\phi)}))$$

在该立体声解码器中，复调制是通过由振荡器提供的信号 $\cos(n\phi)$ 和 $\sin(n\phi)$ 实现的。非递归的半带滤波器，即，有限脉冲响应滤波器，简称为 FIR 滤波器，具有 $\pi/2$ 相移的特性。该 $\pi/2$ 相移也称为 90 度相移或称为二次反射 (quadratic mirroring)。术语二次反射表示这类滤波器的传递函数 $H(f)$ 可以根据下列等式被反射采样频率的四分之一 ($F_s/4$)。

$$|H(F_s/4-f)| + |H(F_s/4+f)| = 1$$

术语半带是指 FIR 滤波器的第二特性，即表示这些滤波器起缩减和/或内插的作用。FIR 滤波器具有一个值得关注的特性，其一半的系数是零。当用于缩减时，在数字技术中这意味着在表格中每个第二值被除去。对于内插，这意味着第二值，即先前的值，被插入在表格中的每个值之后。两倍缩减也称为下降 2 倍采样 (down-sampling by 2)。

该 FIR 滤波器的第三个值得关注的特性是当选定长度为奇数时，延迟是采样的整数倍。当这些 FIR 滤波器与复调制结合使用时，只插入简单的延迟元件，从而使得在立体声解码器中的复调制在不同的时间是同相的。用于复数信号的立体声解码器中的 FIR 滤波器的传递函数在频率范围内偏移采样频率的四分之一，从而使得在下文中也称为斜面的过渡带以 0Hz 频率附近为中心，即，在 $f_0=0$ 附近，并且与 L+R 和 L-R 频谱重叠，当使用这些滤波器时频谱也可以以 $f_0=0$ 为中心。用直流电流类推，值 $f_0=0$ 也称为 DC，其在施加的电压处具有零频率。由于反射特性，可以通过连接该信号的实数部分来恢复 L+R 和 L-R 信号。

FIR 滤波器的传递函数在频率范围内偏移采样频率的四分之一是指该实数 FIR 滤波器的系数是用下列方式修改的：

$$h[n] \rightarrow h[n]e^{in\pi/2}$$

这些系数的修改对于实现 FIR 滤波器没有其他的影晌。

与复调制相结合的 FIR 滤波器的这三个特性是完美解决立体声解码器的关键。

附图说明

参考在下文中描述的实施例，本发明的这些及其他方面将得到阐述并变得清晰。

在附图中：

图 1 是包括立体声解码器的接收机的方框图，

图 2 显示了在立体声解码器的输入端处的第一频谱，

图 3 显示了第一频谱和第一半带或 FIR 滤波器的频率响应，

图 4 显示了在第一 FIR 滤波器的输出端处的第二频谱，

图 5 显示了在第一调制器的输出端处的第三频谱，

图 6 显示了第三频谱和第二 FIR 滤波器的频率响应，

图 7 显示了在第二 FIR 滤波器的输出端处的第四频谱，

图 8 显示了在第二调制器的输出端处的第五频谱，

图 9 显示了第五频谱以及对称的 FIR 高通和低通滤波器的另两个频率响应，

图 10 显示了在对称的 FIR 高通和低通滤波器的第一输出端处的第六频谱，

图 11 显示了在对称的 FIR 高通和低通滤波器的第二输出端处的第七频谱，

图 12 显示了在椭圆滤波器的输出端处的导频，

图 13 显示了在第三调制器的输出端处的具有复数 $L+R$ 信号的第八频谱，

图 14 显示了在第四调制器的输出端处的具有复数 $L-R$ 信号的第九频谱，

图 15 显示了在第一转换器的输出端处的实数 $L+R$ 信号的第十频谱，

图 16 显示了在第二转换器的输出端处的实数 $L-R$ 信号的第十一频谱，

图 17 是锁相环的方框图，以及

图 18 是振荡器的方框图。

具体实施方式

图 1 显示了立体声解码器 1，它具有有限脉冲响应或 FIR 滤波器 2、复调制器 3、第二 FIR 滤波器 4、第二复调制器 5、下降 2 倍采样滤波器 6、具有两个 FIR 滤波器 8 和 9 的电路 7、第三和第四调制器 10 和 11、另外两个下降 2 倍采样滤波器 12 和 13、两个转换器 14 和 15、椭圆低通滤波器 16、控制通路 17、二重内插滤波器 18、振荡器 19、延迟元件 20、第五下降 2 倍采样滤波器 21、第二延迟元件 22、第六下降 2 倍采样滤波器 23、以及第三延迟元件 24。在立体声解码器

1 中, 输入信号通过导电连接 25 被提供到 FIR 滤波器 2。另外的双导电连接 26 从 FIR 滤波器 2 引向调制器 3, 并从 FIR 滤波器 2 把信号提供到调制器 3。来自调制器 3 的信号通过双导电信号连接 27 被提供到第二 FIR 滤波器 4。通过其他的信号连接 27 到 36, 以及通过 FIR 滤波器 4、调制器 5、FIR 滤波器 8 和 9、调制器 10 和 11、下降 2 倍采样滤波器 12 和 13、以及转换器 14 和 15, 信号进一步被提供到输出端 37 和 38。连接 26 到 36 是双并行连接, 每个连接传送一个信号。

振荡器 19 是离散控制的振荡器, 简称为 DC0。DC0 19 具有三个带有双导电信号连接的输出端 39 到 41, 它们通向复调制器 3; 通过延迟元件 20 和另一个连接 42 通向调制器 5, 并且通过下降 2 倍采样滤波器 21 和第二延迟元件 22、以及连接 43 和 44 通向调制器 10; 通过 FIR 滤波器 4、下降 2 倍采样滤波器 23 和第三延迟元件 24、以及其他的连接 45、46 和 47 通向调制器 11。DC019 在输出端的一个信号连接上产生余弦信号并在另一个信号连接上产生正弦信号。信号在连接 39 上具有 38kHz 的频率, 在连接 40、45、46 和 47 上具有 +19kHz 的频率, 并且在连接 41、42、43 和 44 上具有 -19kHz 的频率。

在立体声解码器 1 的输入端 48 处设置具有天线 50 的调谐装置 49、调频器 51 和 A/D 转换器 52。转换器以 $4 \times 44.1\text{kHz}$ 的采样率 F_s 采样时分多路复用信号。调谐装置 49 通过连接 53 控制。设置在立体声解码器 1 的输出端 37 和 38 处的转换器 54 从单声道信号 L+R 和差信号 L-R 中产生左立体声信号和右立体声信号, 扬声器 55 和 56 将该立体声信号再现为声信号。立体声解码器 1、调谐装置 49、调频器 51、A/D 转换器 52 和转换器 54 组成接收机。

与复调制结合的 FIR 滤波器 2、4、7、8 和 9 是立体声解码器 1 的完美解决方案的关键, 现在参考图 2 到 15 说明立体声解码器 1 的功能。

图 2 显示了提供到立体声解码器 1 的多路复用信号的频谱, 该信号存在于连接 25 上, 并以 $4 \times 44.1\text{kHz}$ 的采样率 F_s 采样。所示的频谱没有 RDS、ARI 和 SCA 信号。从零开始, 具有基带 57 的基带立体声和信号 L+R、19kHz 的导频 58、以及随后的具有在 38kHz 副载波上双边带调幅的两个边带 59 和 60 的立体声差信号 L-R, 在频谱的右半边延伸。由于频带范围内的对称特性, 频带和导频 57-60 围绕零反射, 并且以侧边反转的形式按频带和导频 61、62、63 和 64 的方式出现在频

谱的左半边。

图 3 显示了对称的 FIR 低通滤波器 2 的频率响应 65, 从零交点看, 右移了 $F_s/4$, 即 44.1kHz。因此, L+R 信号处于传输频带 66 中, 该传输频带 66 在下文中也称为斜面。滤波器 2 是复数的, 以复数形式操作并且也提供复数输出信号。

图 4 显示了在滤波器 2 滤波之后的复数输出信号的频谱。因为 L+R 信号是以斜面 66 内的斜面值滤波的, 取决于有关的斜面值, 为 L+R 信号获得减少的值。L+R 信号的边带 67 和 68 被减少。滤波器 2 的复数输出信号存在于连接 26 上。

图 5 显示了在调制器 3 调制之后的频谱。信号在调制器 3 中在 -38kHz 处被复调制, 即, 频谱左移 -38kHz。因此, 频谱的 L-R 信号以零附近为中心, 即在 DC 周围。现在零在 L-R 信号的两个边带 59 和 60 之间。在连接 27 上提供调制器 3 的输出信号。

图 6 显示了现在提供给对称的 FIR 滤波器 4 的居中的 L-R 信号。滤波器左移 $F_s/4$, 即 44.1kHz。采用右移 $F_s/4$ 的对称的 FIR 高通滤波器滤波也是有可能的。因此 L-R 信号, 即 L-R 信号的两个边带位于第二频率响应 70 的第二过渡带 69, 在下文中也称为斜面。

图 7 显示了在利用滤波器 4 滤波之后的频谱。因为立体声差信号 L-R 是以斜面 69 内的斜面值滤波的, 取决于有关的斜面值, 为 L-R 信号获得减少的值。在连接 28 上提供具有减少的边带 71 和 72 的相关信号并且将其提供到调制器 5。

图 8 显示了在调制器 5 中在 19kHz 处被复调制并且右移 19kHz 的频谱。当复调制的频率是原始的导频的精确倍数时, 当前导频位于零交点处。在下降 2 倍采样滤波器 6 中, 信号被下降 2 倍采样。复数信号从连接 30 通过两个不同的支路传递。在一个支路中, 信号被提供到滤波电路 7 以用于音频处理, 而在另一个支路中, 它被提供到椭圆滤波器 16, 即具有小带宽的带通滤波器, 以用于提取导频 58 和 62。现在靠近 DC 的导频 58 用于控制 DC0 19, 该 DC0 19 控制复调制。

图 9 显示了滤波电路 7 中的信号。在左侧部分显示了具有频率响应 73 的 FIR 滤波器 8, 并且在右侧部分显示了具有频率响应 74 的 FIR 滤波器 9。滤波电路是左移 $(F_s/2)/4=22.05\text{kHz}$ 的对称的 FIR 高通和低通滤波器, 以便分离 L+R 和 L-R 信号。

图 10 显示了由 FIR 低通滤波器 8 在连接 32 上提供的输出信号的频谱。该信号是用斜面 66 复数滤波的 L+R 单声道信号，具有两个减少的边带 67 和 68。

图 11 显示了由 FIR 滤波器 9 在连接 31 上提供的输出信号的频谱。该信号是用斜面 69 复数滤波的 L-R 立体声差信号，具有两个减少的边带 71 和 72。

图 12 显示了在低通滤波器 16 之后的频谱。导频 58 在 DC 处。

图 13 显示了在调制器 10 之后的 L+R 单声道信号的频谱。在调制器 10 中，信号以 19kHz 调制，即右移 19kHz，从而使得频谱的两个减少的边带 67 和 68 以 DC 为中心。

图 14 显示了在调制器 11 之后的 L-R 差信号的频谱。在调制器 11 中，L-R 信号以 -19kHz 调制，即左移 -19kHz，从而使得频谱的两个减少的边带 71 和 72 以 DC 为中心。

图 15 显示了在转换器 14 之后的具有原始边带 66 和 76 的 L-R 信号的频谱。转换器 14 从复数 L+R 信号中过滤实数部分，从而获得原始的 L+R 信号。

图 16 显示了在转换器 15 之后的具有原始边带 77 和 78 的 L-R 信号的频谱。转换器 15 从复数 L-R 信号中过滤实数部分，从而获得原始的 L-R 信号。

图 17 显示了锁相环或 PLL 80，它具有调制器 3、FIR 滤波器 4、第二调制器 5、下降 2 倍采样滤波器 6、椭圆低通滤波器 16、控制通路 17、内插滤波器 18、DCO 19、和延迟元件 20。控制通路 17 包括具有系数 a 的放大器 81、在前向控制 84 中的延迟元件 82 和具有系数 b 的第二放大器 83、以及在反馈控制 86 中的延迟元件 85、以及两个加法器 87 和 88。PLL 80 按照下列方式操作。

当 DCO 19 与导频以频率和相位同步计时时，原始的 L-R 信号只能精确地恢复并且与 L+R 信号同相。这意味着复数信号在椭圆低通滤波器 16 之后仅仅具有 DC 部分，或者信号的虚数部分是零。利用 PLL 80，与零的偏差被用于控制 DCO 19 使其与导频相位同步。

当从初始相位和频率偏差开始的偏移量被设置为零时，比例与积分控制通路 16 是必需的，从而使得在相位和频率中都是分段的输入信号与偏移量中的零同步。

在复调制之后只有虚数部分，即实际上只有相位识别被用于 PLL 的反馈回路中，并且用于控制 DC0 19。

瞬时响应的特性，例如响应时间和衰减可以通过控制通路 17 中的放大器 81 和 83 的倍增系数 a 和 b 的调整而调整。

振荡器 19 的输入信号是对导频的相位和 DC0 19 的输出信号之间的不匹配的校正。

图 18 显示了具有四个运算放大器 90、91、92 和 93、两个延迟元件 94 和 95、以及两个加法器 96 和 97 的 DC0 19。复数振荡器 19 在第一输出端 98 处产生余弦信号，并且在第二输出端 99 处产生正弦信号。运算放大器 90 和 92 的系数 c、以及运算放大器 91 和 93 的系数 s 和 -s 可以按如下计算：

$$c = \cos(2\pi\theta/Fs)$$

$$s = \sin(2\pi\theta/Fs)$$

延迟电路 94 和 95 中的原始值应当设置为 0 和 1。作为不匹配的校正的控制通路的输出信号，被用于通过线性 Taylor 序列来修改系数 c 和 s，其中 ϵ_n 是控制通路 17 的输出信号，它控制 DC0 19：

$$c = \cos(2\pi\theta/Fs) - \sin(2\pi\theta/Fs) * \Sigma \epsilon_n$$

$$s = \sin(2\pi\theta/Fs) + \cos(2\pi\theta/Fs) * \Sigma \epsilon_n$$

具有振荡频率 θ 的复数振荡器 19 可能以软件形成，作为界限稳定的振荡滤波器。

附图标记列表：

- 1 立体声解码器
- 2 FIR 滤波器
- 3 复调制器
- 4 第二 FIR 滤波器
- 5 复调制器
- 6 下降 2 倍采样滤波器
- 7 滤波电路
- 8, 9 FIR 滤波器
- 10, 11 复调制器
- 12, 13 下降 2 倍采样滤波器

-
- 14, 15 转换器
 - 16 低通滤波器
 - 17 控制通路
 - 18 内插滤波器
 - 19 振荡器
 - 20 延迟元件
 - 21 下降 2 倍采样滤波器
 - 22 第二延迟元件
 - 23 下降 2 倍采样滤波器
 - 24 第三延迟元件
 - 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31 32, 33, 34, 35, 36 信号连接
 - 37, 38 输出端
 - 39, 40, 41 信号连接
 - 42, 43, 44, 45, 46, 47 连接
 - 48 输入端
 - 49 调谐装置
 - 50 天线
 - 51 频率解调器
 - 52 A/D 转换器
 - 53 连接
 - 54 转换器
 - 55, 56 扬声器
 - 57 L+R 信号
 - 58 导频
 - 59 L-R 信号第一边带
 - 60 L-R 信号第二边带
 - 61 侧边反转的 L+R 信号
 - 62 导频, 侧边反转
 - 63 L-R 信号第一频带, 侧边反转
 - 64 L-R 信号第二频带, 侧边反转
 - 65 频率响应
 - 66 斜面

-
- 67 L+R 边带, 减少的
 - 68 第二 L+R 边带, 减少的
 - 69 第二斜面
 - 70 第二频率响应
 - 71 L-R 边带, 减少的
 - 72 第二 L-R 边带, 减少的
 - 73, 74 频率响应
 - 75, 76 实数 L+R 边带
 - 77, 78 实数 L-R 边带
 - 79
 - 80 锁相环
 - 81 放大器
 - 82 延迟元件
 - 83 放大器
 - 84 前向控制
 - 85 延迟元件
 - 86 反馈
 - 87, 88 加法器
 - 89
 - 90, 91, 92, 93 运算放大器
 - 94, 95 延迟元件
 - 96, 97 加法器
 - 98, 99 输出端

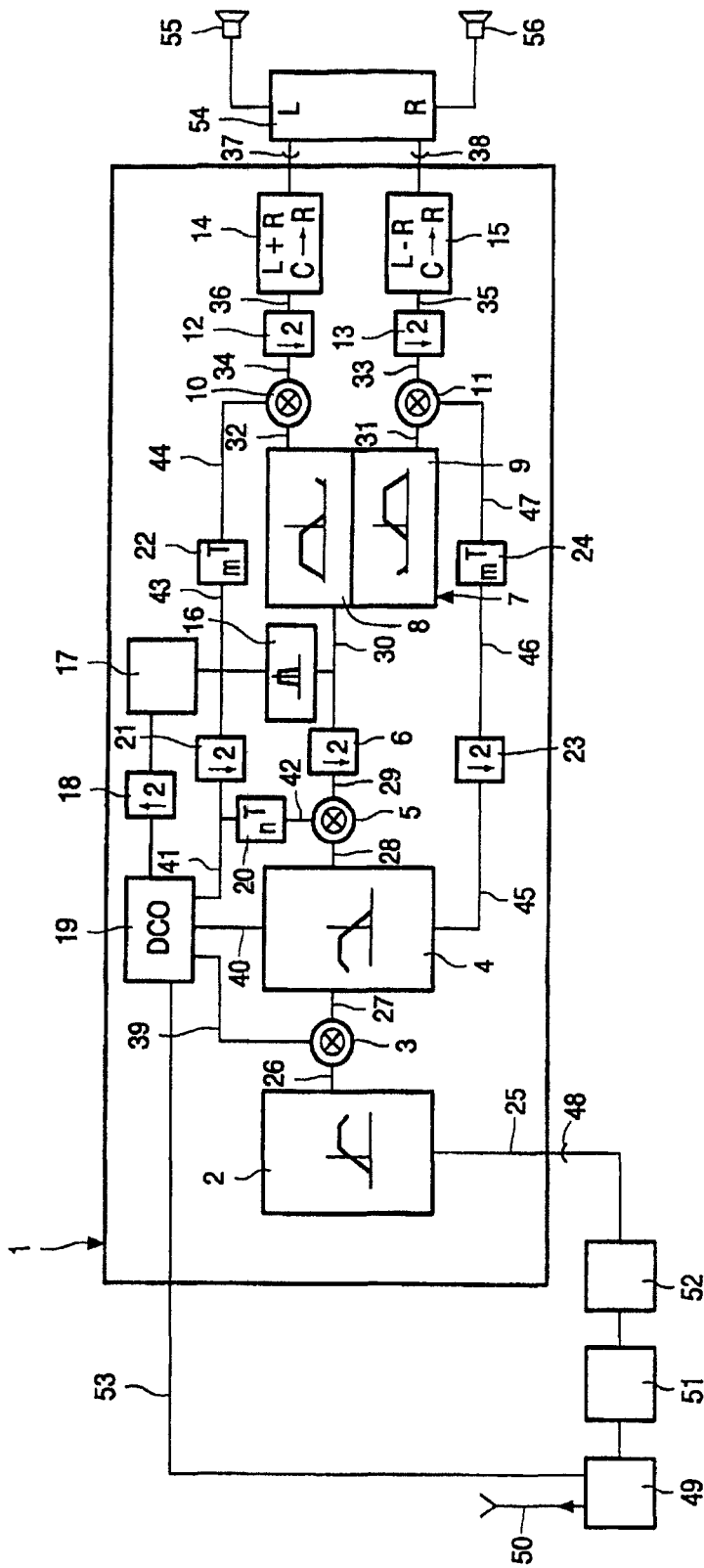


图 1

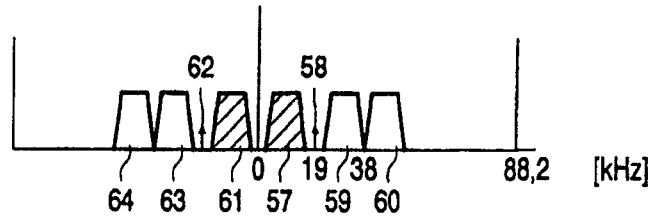


图 2

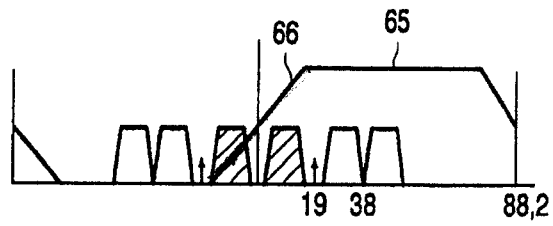


图 3

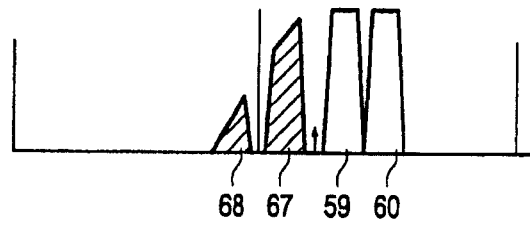


图 4

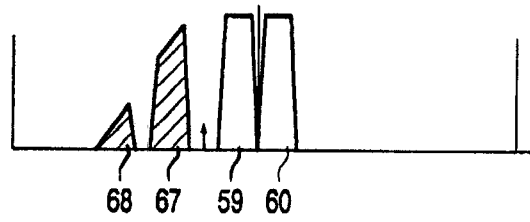


图 5

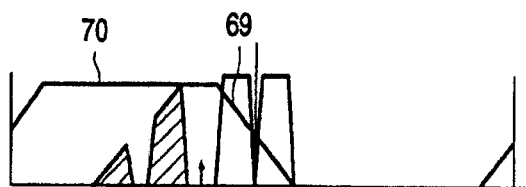


图 6

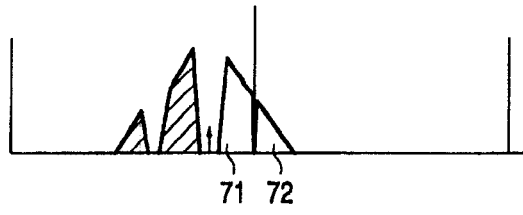


图 7



图 8

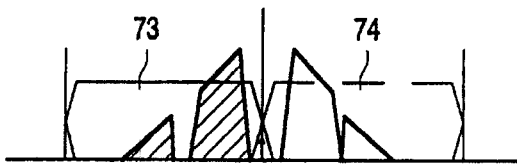


图 9

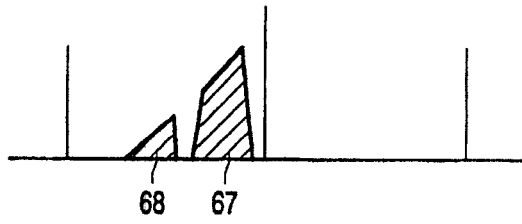


图 10

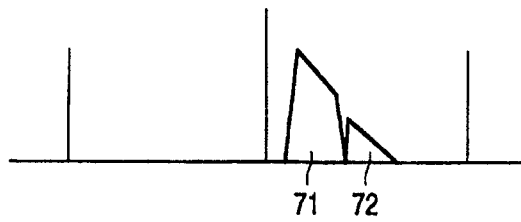


图 11

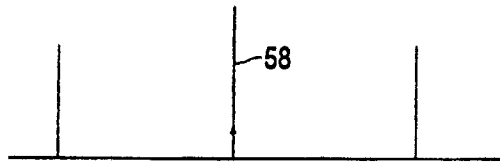


图 12

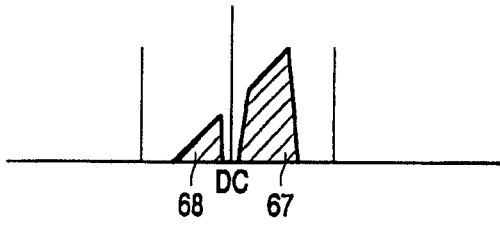


图 13

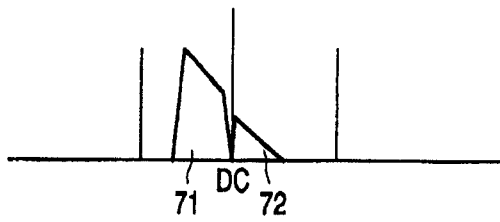


图 14

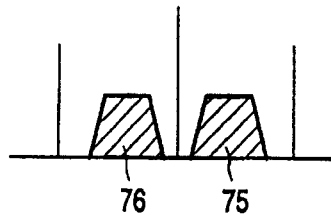


图 15

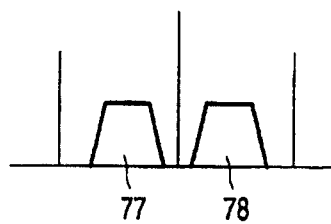


图 16

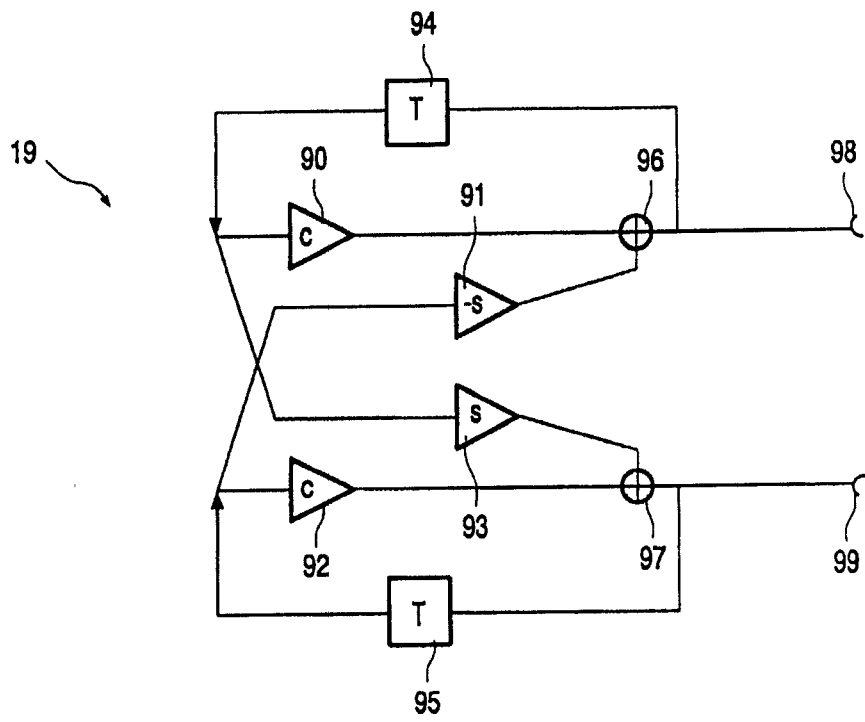


图 18