

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

H03M 3/00

H03M 1/00



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02822625.9

[43] 公开日 2005年2月23日

[11] 公开号 CN 1586040A

[22] 申请日 2002.10.28 [21] 申请号 02822625.9

[30] 优先权

[32] 2001.11.15 [33] EP [31] 01204369.1

[86] 国际申请 PCT/IB2002/004534 2002.10.28

[87] 国际公布 WO2003/043197 英 2003.5.22

[85] 进入国家阶段日期 2004.5.14

[71] 申请人 皇家飞利浦电子股份有限公司

地址 荷兰艾恩德霍芬

[72] 发明人 D·里夫曼 P·A·C·M·纽坦

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

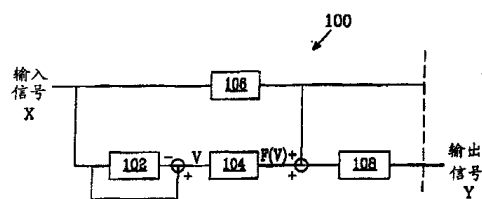
代理人 吴立明 陈景峻

权利要求书2页 说明书6页 附图6页

[54] 发明名称 Sigma - delta 调制

[57] 摘要

提供了 sigma - delta 调制, 包括将输入信号馈送到第一 SDM, 从输入信号中减去第一 SDM 的输出, 对相减的输出滤波以得到滤波后的信号, 延迟输入信号, 将滤波后的信号加到延迟的信号, 将加法器的输出馈送到第二 SDM, 并提供第二 SDM 的输出。 第一 SDM 与减法和滤波结合来传递校正信号, 通过将该信号加到输入信号, 减小了第二 SDM 中的失真, 该第二 SDM 实际上进行该设备的 sigma - delta 调制。



ISSN 1008-4274

1. 一种 sigma-delta 调制设备 (100), 用于调制输入信号以获得输出信号, 该调制设备包括:

5 - 第一 sigma-delta 调制器 (102), 用于 sigma-delta 调制输入信号

- 耦合到第一 sigma-delta 调制器的减法器, 用于从输入信号中减去第一 sigma-delta 调制器的输出

- 耦合到减法器的滤波器, 用于对减法器的输出滤波, 以得到滤波后的信号

10 - 延迟, 用于延迟输入信号以获得延迟的输入信号

- 加法器, 用于将延迟的输入信号加到滤波后的信号, 以及

- 第二 sigma-delta 调制器 (108), 具有耦合到所述加法器输出的输入, 并具有输出以提供输出信号。

2. 权利要求 1 中的 sigma-delta 调制设备 (100), 其中所述第一和第二 sigma-delta 调制器 (102、108) 包括相同的 sigma-delta 调制器。

3. 权利要求 1 或者 2 中的 sigma-delta 调制设备 (100), 其中所述第一和第二 sigma-delta 调制器 (102、108) 为单比特 sigma-delta 调制器。

20 4. 权利要求 1、2 或 3 中的 sigma-delta 调制设备 (100), 进一步包括与第一 sigma-delta 调制器 (102) 并联的滤波器 (202), 所述第一 sigma-delta 调制器/滤波器对减小相移误差。

5. 一种用于对输入信号进行 sigma-delta 调制以获取输出信号的方法, 该方法包括:

25 - 将输入信号馈送到第一 sigma-delta 调制器

- 在减法器中从输入信号中减去第一 sigma-delta 调制器的输出

- 对减法器的输出滤波, 以得到滤波后的信号

- 延迟输入信号

- 在加法器中将延迟的输入信号加到滤波后的信号

30 - 将加法器的输出馈送到第二 sigma-delta 调制器, 以及

- 提供第二 sigma-delta 调制器的输出作为输出信号。

6. 一种信号处理装置包括:

-
- 输入单元，用于获得比特流，
 - 如在权利要求 1、2、3 或 4 中所要求的 sigma-delta 调制设备 (100)，用于获得输出信号，以及
 - 输出单元，以提供所述输出信号。

Sigma-delta 调制

发明背景

5

发明领域

本发明涉及 sigma-delta 调制。

相关技术的说明

10 Sigma-Delta 调制器 (SDM) 将有限带宽的输入信号转换成数字输出信号。输入信号调制输出脉冲密度。图 1 给出了 SDM 信号的例子。输入信号可以由输出信号经过低通滤波而再生。图 2 说明了常规 SDM 10 的基本结构。SDM 10 包括加法器 12、环路滤波器 14 和量化器 16。SDM 可以实现为模拟或数字 SDM。

15 SDM 10 的时钟频率 f_s 应该远远高于输入信号 U_i 的最高频率。为了从 CD 播放器 (16 bit/44,1kHz) 的数字输出得到足够高的信噪比, 通常必须使用至少 32 倍的过采样。对于数字 SDM 来说, 输入信号应该以这么高的数据速率提供。这可以利用数字插值滤波器来实现。

在最简单的情形中, 环路滤波器 14 可以用积分器来实现。图 3 和图 4 分别给出了模拟积分器 141 和数字积分器 142。

20 环路滤波器 14 决定了 SDM 10 的分辨率 (信噪比)。使用更高阶的环路滤波器 14 可以获得更好的信噪比, 但是可能引起稳定性的问题。

25 量化器 16 的阈值通常为零。如果量化器 16 的输入信号 $U_k > 0$, 则量化器 16 的输出信号 U_o 为 +1, 如果 $U_k < 0$, 则 U_o 为 -1。在每个新的时钟周期, 量化器 16 改变其输出。

30 举例来说, 输入信号为零的模拟 SDM 和一阶环路滤波器工作状况如下。启动时, SDM 10 输出为 +1。返回到输入的环路为环路滤波器 14 提供新的输入 -1 (输入信号 (0) - 输出信号 (+1) = -1)。环路滤波器 14 的输出 U_k 逐渐减小到负供电轨。因此, 下一时钟周期将量化器 16 的输出设置为 -1。这为环路滤波器 14 提供了新的输入 +1 (输入 (0) - 输出 (-1) = +1)。 U_k 现在漂移到正值。SDM 10 的输出现在为一随机的比特流 (+1 和 -1)。图 5 给出了不同时刻 U_i 和 U_k 的值。

如果 SDM 10 的输入信号 U_0 为零, 那么输出 U_0 的平均值也为零。对 SDM 10 进行调制时, +1 和 -1 脉冲的序列和出现是根据输入信号 U_0 而发生变化。

5 为了在频域分析 SDM 10, 有利的措施是将量化器 16 替换为加法器 18、噪声源 $N(z)$ 和增益为 g_0 的量化放大器 20。从图 6 可以得到两个传递函数、信号传递函数 $H_X(z)$ 和噪声传递函数 $H_N(z)$ 。

如果

$$z = e^{j\omega T_s} \quad (1)$$

那么

$$H_X(z) = \frac{Y(z)}{X(z)} = \frac{g_0 H_Y(z)}{1 + g_0 H_Y(z)} \quad (2)$$

$$H_N(z) = \frac{Y(z)}{N(z)} = \frac{1}{1 + g_0 H_Y(z)} \quad (3)$$

其中, g_0 为量化器增益。

10 图 7 给出了对于具有不同增益的四阶环路滤波器的 SDM 10, 两个不同噪声传递函数 $H_N(z)$ 。噪声传递函数 $H_N(z)$ 显示了音频范围中频率的较强抑止 ($f/f_s = 0 \dots 0.01$)。高频信号经过放大并且传递。这也称作噪声整形。通过增大环路滤波器 14 的阶数, 可以降低音频频带中的噪声电平。

15 SDM 10 的实现有模拟 SDM、数字 SDM 和具有开关电容滤波器 (SC-滤波器) 的 SDM 三种可能的方式。不同的应用需要不同的实现方式。例如, 对于 A/D 转换器来讲, 模拟 SDM 或者 SC-SDM 都是合适的。对于 D/A 转换器来讲数字 DSM 是最佳选择。

20 公知的是, 常规 SDM 对模拟的缺陷不敏感, 因此, 它们适用于大量的应用。其实用性导致了采用直接流数字 (或者 DSD) 格式 (SDM 的单比特输出) 作为用于超级音频 CD (SACD) 的数据格式。可以相信, SACD 的数据流可以通过在具有最小的附加信号处理的 A/D 转换步骤中获得, 从而得到可能最高的质量。然而, 常规 SDM 本身会产生非自然信号 (signal artifact), 这是由 SDM 10 中量化器 16 的
25 非线性特征导致的。图 8 显示了这些效应, 其中可以很清楚地观察到奇次谐波失真产物。

发明内容

本发明的目的是提供有利的 sigma-delta 调制。

为了这个目的，本发明提供了一种 sigma-delta 调制设备和方法，如在独立权利要求中所定义的。有利的实施方案是在从属权利
5 要求中限定。

根据本发明的第一方面，sigma-delta 调制包括：向第一 SDM 馈送输入信号，从输入信号中减去第一 SDM 的输出，将相减的输出滤波以得到滤波后的信号，延迟输入信号，将滤波后的信号加入延迟后的信号，将加法器的输出馈送到第二 SDM 并提供第二 SDM 的输出。
10 第一 SDM 和减法以及滤波结合起来传递校正信号，通过将该信号加到输入信号，减小第二 SDM 的失真，事实上，该第二 SDM 进行设备的 sigma-delta 调制。

在本发明进一步的示例性实施方案中，第一和第二 SDM 是相同的 SDM。为了获得更好结果，在实际的实施方案中希望使用相同的 SDM。

15 在本发明进一步的示例性的实施方案中，第一 SDM 包括并行的滤波器以减小相移误差。

在此后所提供的详细描述里，本发明的优点将变得更加显而易见。然而，应该理解的是，在指出了本发明的优选实施方案的同时，详细描述和具体的例子仅仅是以说明的方式给出，因为本领域的技术人员显然可以在本发明的精神和范畴内从这些详细描述中进行各种修改和变型。
20

附图说明

根据下面给出的详细描述和附图将更加完全理解本发明，这些详
25 细描述和附图仅仅用来说明而不限制本发明。

图 1 说明了 SDM 信号的实例。

图 2 说明了常规 SDM 的基本结构。

图 3 说明了常规模拟积分器。

图 4 说明了常规数字积分器。

30 图 5 说明了 SDM 10 的输出 U_i 和环路滤波器 14 的输出 U_k 的值。

图 6 说明了频域中的 SDM 10。

图 7 说明了对于具有四阶环路滤波器的 SDM 10 的两种不同的噪

声传递函数 $H_n(z)$ 。

图 8 说明了非自然信号，其是由 SDM 10 中量化器 16 的非线性特征导致的。

图 9 说明了本发明的一个示例性实施方案中，低阶、不颤振的 sigma-delta 调制设备。

图 10 说明了单一常规 SDM 的输出信号与图 9 中 sigma-delta 调制设备的输出之间的比较。

图 11 说明本发明的另一个示例性实施方案中的 sigma-delta 调制设备。

10

示例性实施方式的具体描述

本发明的实施方案针对于其中减小了非线性的 sigma-delta 调制设备。这些实施方案是基于如下理解：

如果将 SDM 模型化为非线性元件，具有如下输入-输出 ($x \rightarrow y$) 特性：

$$y = x + \alpha_3 x^3 \quad (4)$$

当输入信号

$$V' = x - \alpha_3 x^3 \quad (5)$$

馈送到模型中，结果为输出信号 y' ；其中

$$y' = V' + \alpha_3 V'^3 = x - \alpha_3 x^3 + \alpha_3 (x - \alpha_3 x^3)^3 = x + \alpha_3^2 O(x^3) \quad (6)$$

这样，显著减小了由 SDM 产生的谐波失真。实际上，方程 (4) 中的失真产物的数量更大，因此可以调节输入信号以除掉大部分失真。

图 9 示出了示例性的 sigma-delta 调制设备 100，该设备在数字域中实现了这个模型。sigma-delta 调制设备 100 包括第一常规 SDM 102、滤波器 104、延迟 106 和第二常规 SDM 108。

输入信号通过 SDM 102，然后从输入信号 x 中减去这个 SDM 的输出信号。这产生了信号 v 。应当注意， $x+v$ 具有方程 (5) 中信号 V' 的特征。然而，由于 SDM 102 的输出信号还包含大量的高频 (HF) 噪声，这些高频噪声本身与输入信号 x 是不相关的，因此提供了滤波器 104 来除掉大部分 HF 功率。输入信号 x 在经过延迟 106 通过滤波器 104 的延迟的校正之后，也被加到滤波器 104 的输出 $F(v)$ ，然后馈送入第二 SDM 108，SDM 108 的结构和 SDM 102 相同。延迟 106 可

以用触发器序列来实现。图 9 基本上实现了方程 (6)，表明信号 y 远比从单一常规 SDM 10 得到的信号更干净。

图 10 示出了 sigma-delta 调制设备 100 的示例性输出，其中 120 为单一常规、低阶、不颤振 SDM 的输出信号，122 为图 9 中 SDM 的级联的输出。其改进是明显的。

值得注意的是，图 9 中 sigma-delta 调制设备 100 包括两个级联的 SDM，然而，还可以级联更多的 SDM，以进一步减小方程 (6) 中的剩余项。进一步值得注意的是，两个或者多个 SDM 的级联可以是相同的 SDM。

进一步值得注意的是，尽管图 9 中的 sigma-delta 调制设备 100 减小了幅度误差（主要由 SDM 10 引入），sigma-delta 调制设备也可以纠正相移误差。图 10 说明了相移误差，特别是在更高频率的情况下。这些相移误差可以按照图 11 所示的示例性实施方案来校正。

在图 11 的示例性实施方案里，sigma-delta 调制设备 200 包括滤波器 202，增加该滤波器 202 以校正输入到 SDM 102 的输入信号的（频率依赖的）相位旋转。现在，信号 v 只包含误差信号，其也是相移的。滤波器 204 具有低通特性以减小高频噪声。最后，利用延迟 206 来补偿所有的延迟。这些延迟现在可以是时间步长的非整数分数（在数字域），因此，延迟 206 可能比触发器序列更复杂，但是仍然在普通技术人员的技术范围之内。

更进一步值得注意的是，方程 (4) 中的模型是示例性的，也可以使用其它为本领域普通技术人员所公知的模型。更进一步值得注意的是，上面描述的处理对于 DSD 处理来说是特别有用的。

更进一步值得注意的是，本发明的特征可用于很多种类的 SDM，包括模拟、数字、SC-滤波器、抖动、不抖动、低阶、高阶、单比特、多比特或者这些特征的任意组合。更进一步值得注意的是，非线性更可能是具有单比特 SDM 的更大问题。

按照本发明实施方案的 sigma-delta 调制设备可以包括在信号处理装置中。这样的装置可以是 SACD 设备（的一部分），比如播放器。该设备还可以为 DSD-AD 转换器等。

值得注意的是，上面提到的实施方案是说明而不是限制了本发明，本领域的技术人员将能够设计许多可选的实施方案而不脱离附

5 加的权利要求的范畴。在权利要求中，括号之间的任何参考标记不能被认作对权利要求的限制。“包含”这个词并不排除未在权利要求书中列出的其它元素或者步骤。本发明可以通过包括几个分立元件的硬件来实现，也可以通过适当编程的计算机来实现。在列举了几个装置的设备权利要求中，这些装置中的几个可以包括一个或相同的硬件。在相互不同的从属权利要求中叙述的某些措施并不表明不能利用这些措施的组合。

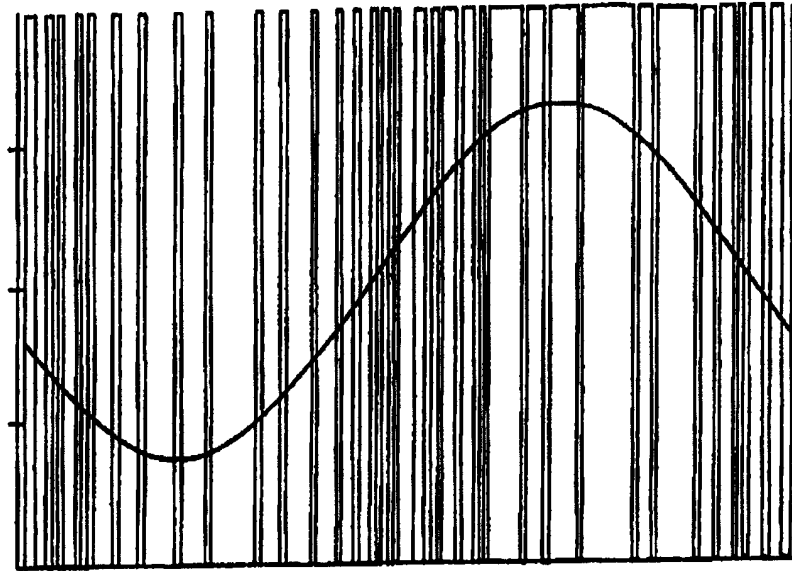


图 1

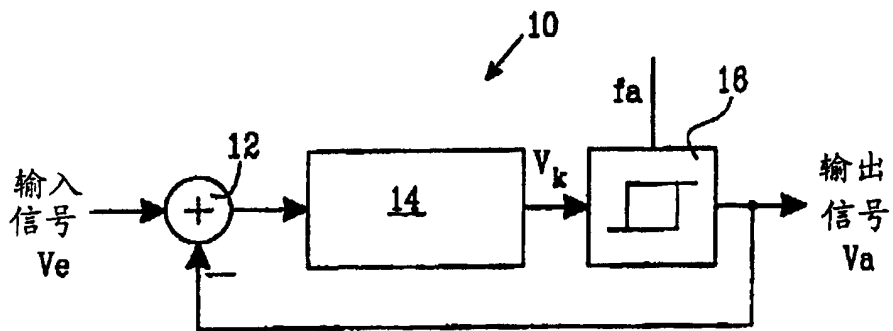


图 2

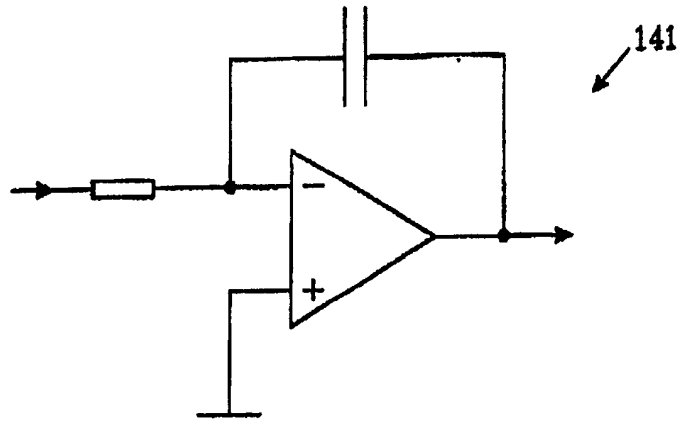


图 3

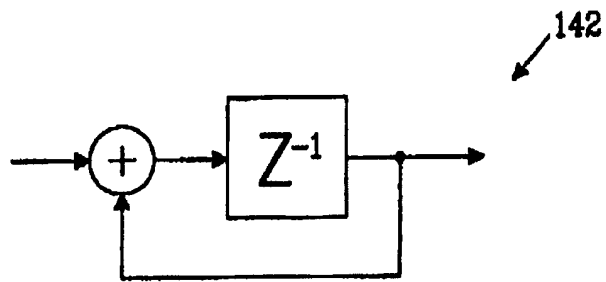


图 4

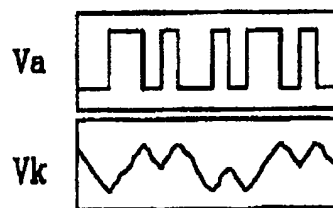


图 5

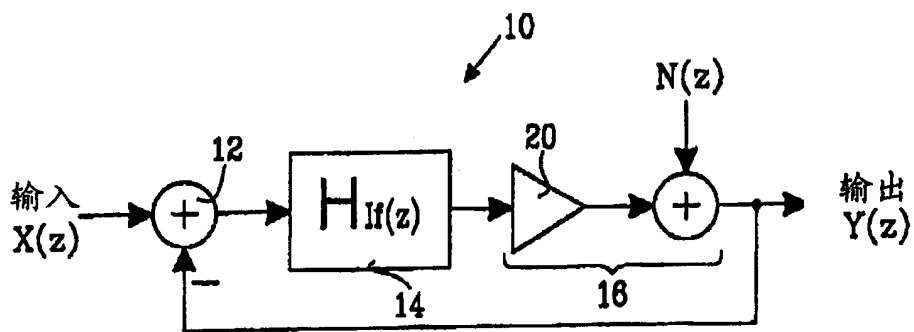


图 6

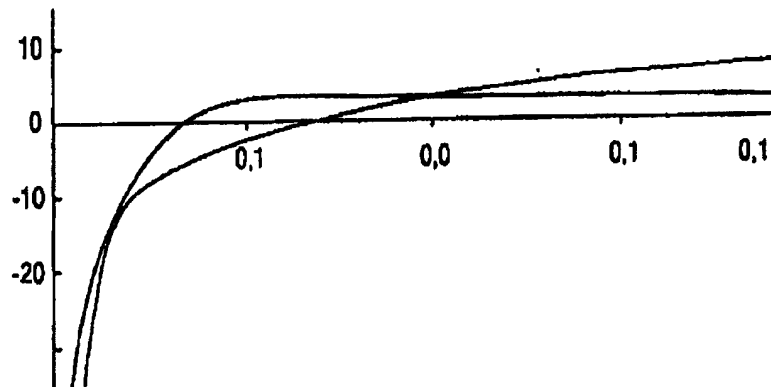


图 7

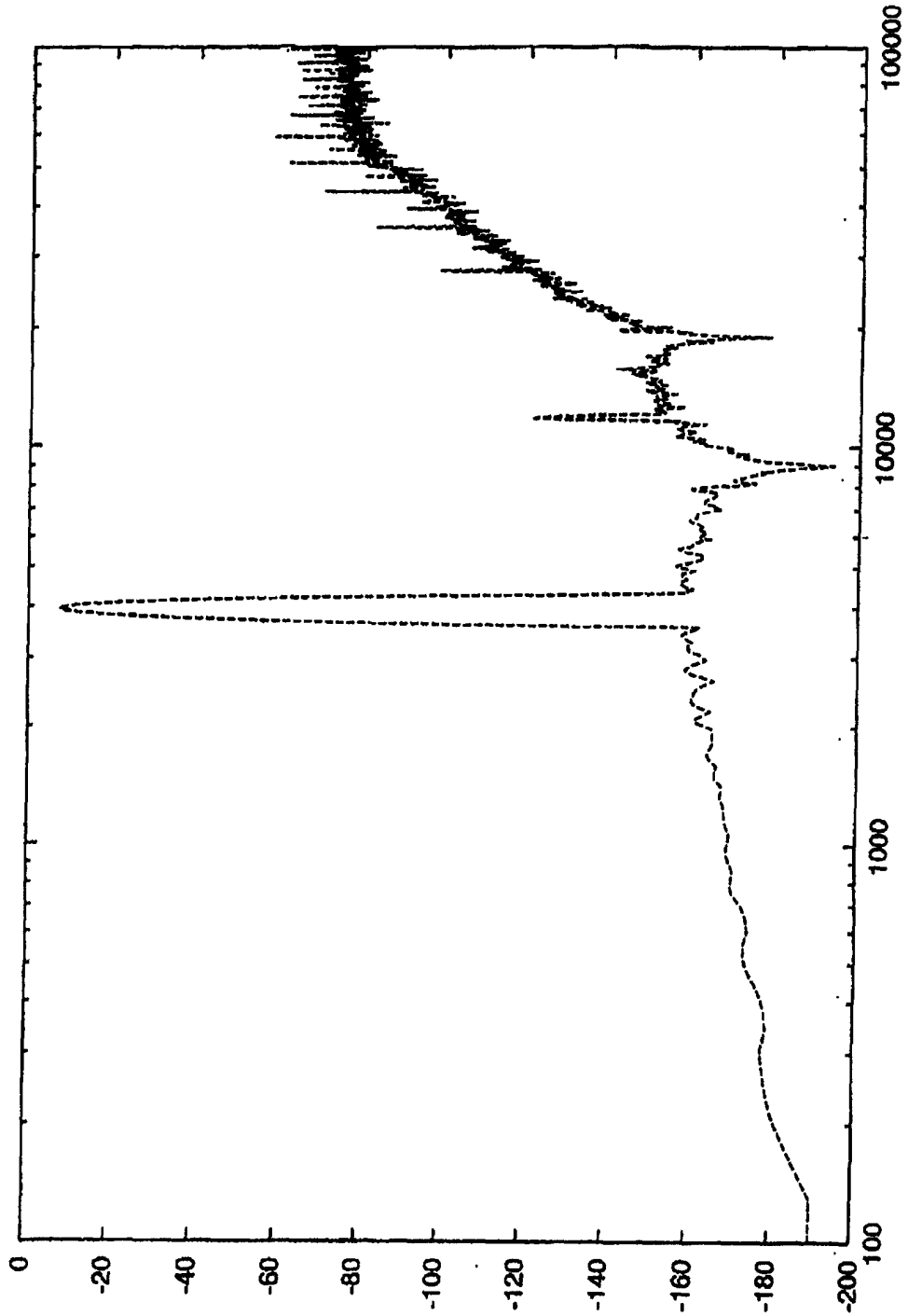


图 8

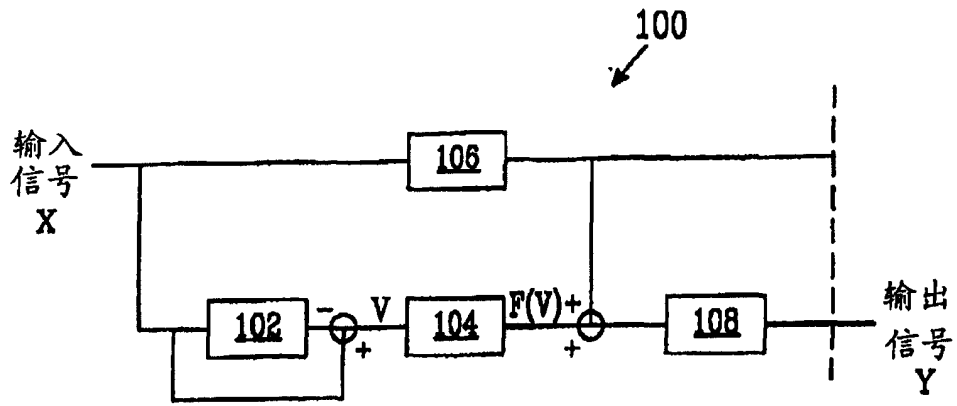


图 9

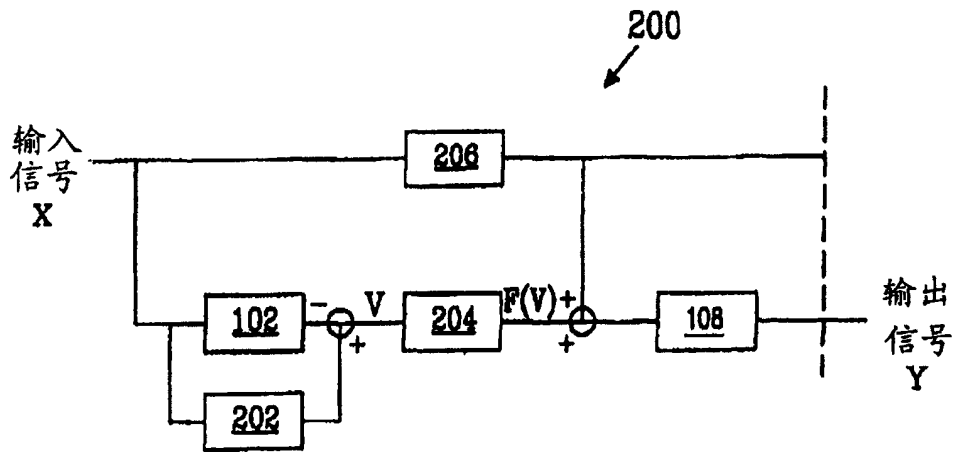


图 11

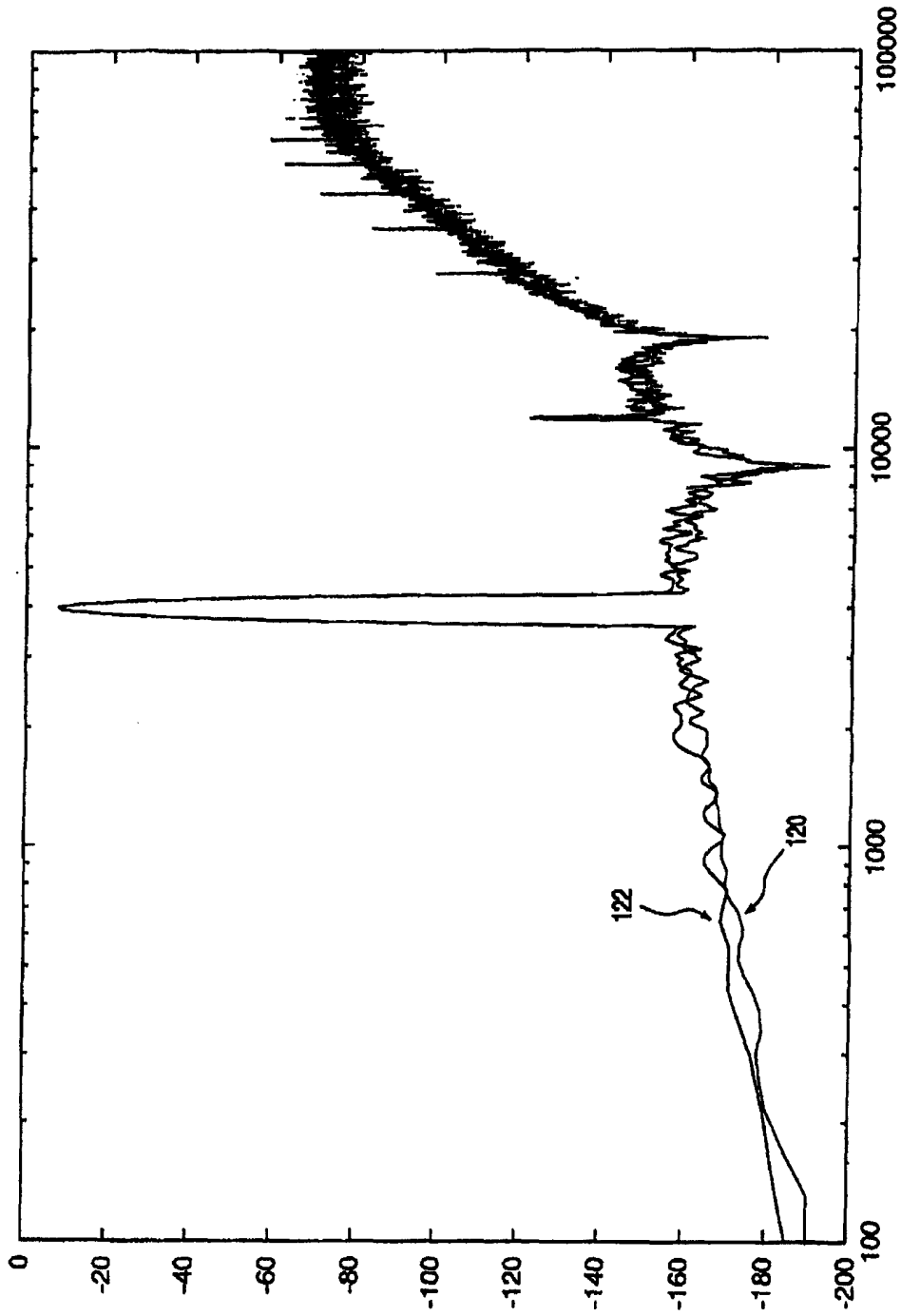


图 10