

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200480013872.6

G10L 13/00 (2006.01)  
G10L 19/00 (2006.01)  
H03M 3/02 (2006.01)  
H04R 3/04 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009年10月14日

[11] 授权公告号 CN 100550131C

[22] 申请日 2004.5.14

[21] 申请号 200480013872.6

[30] 优先权

[32] 2003.5.20 [33] JP [31] 141783/2003

[86] 国际申请 PCT/JP2004/006854 2004.5.14

[87] 国际公布 WO2004/104987 日 2004.12.2

[85] 进入国家阶段日期 2005.11.21

[73] 专利权人 松下电器产业株式会社

地址 日本大阪府

[72] 发明人 岩田和也

[56] 参考文献

EP1126620A1 2001.8.22

EP0706299A2 1996.4.10

CN1151077A 1997.6.4

审查员 杜娜娜

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司

代理人 汪惠民

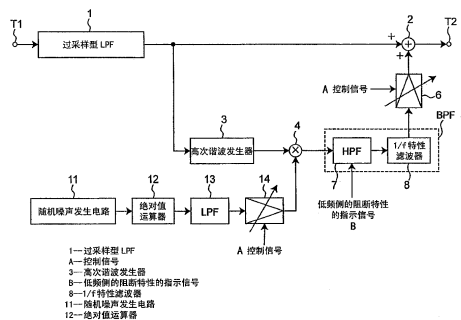
权利要求书4页 说明书18页 附图14页

## [54] 发明名称

用于扩展音频信号的频带的方法及其装置

## [57] 摘要

高次谐波发生器根据具有规定频带的输入的音频信号，产生上述输入的音频信号的高次谐波。接着，乘法器将上述产生的音频信号的高次谐波，通过按照具有规定带宽的频带信号进行振幅调制，产生振幅调制信号。数字带通滤波器，将上述产生的振幅调制信号，利用规定的带通特性，进行带通滤波，作为频带扩展信号进行输出。还有，加法器将上述被带通滤波的振幅调制信号和上述输入的音频信号相加，输出在原音的音频信号上包含频带扩展信号的相加结果的音频信号。



1、一种用于扩展音频信号的频带的方法，包含：

根据具有规定频带的输入的音频信号，产生上述输入的音频信号的高次谐波的步骤；

产生具有规定带宽的频带信号的步骤；

变化上述频带信号的电平的步骤；

通过将上述产生的音频信号的高次谐波，按照上述电平变化后的频带信号进行振幅调制，产生第1调制信号的步骤；

将上述产生的第1调制信号，利用规定的带通特性，进行带通滤波输出的步骤；

变化上述带通滤波后的第1调制信号的电平的步骤；及

将上述电平变化后的第1调制信号和上述输入的音频信号相加，输出相加结果的音频信号的步骤。

2、根据权利要求1所述的用于扩展音频信号的频带的方法，其特征在于，还包括：

在上述振幅调制步骤的后面、上述带通滤波的步骤之前，使上述输入的音频信号的电平变化后，将具有该变化后的电平的音频信号和上述第1调制信号相加，再向上述进行带通滤波步骤输出的步骤。

3、根据权利要求1所述的用于扩展音频信号的频带的方法，其特征在于，

产生上述频带信号的步骤，产生了与上述输入的音频信号不相关的噪声信号。

4、根据权利要求1所述的用于扩展音频信号的频带的方法，其特征在于，

产生上述频带信号的步骤，是根据上述输入的音频信号，产生频带信号。

5、根据权利要求3所述的用于扩展音频信号的频带的方法，其特征在于，

产生上述频带信号的步骤，包含：

产生规定的随机噪声信号的步骤；

计算上述产生的随机噪声信号的绝对值，而生成具有绝对值的随机噪声信号的步骤；及

将具有上述绝对值的随机噪声信号，利用规定的低通特性，进行低通滤波，作为上述频带信号输出的步骤。

6、根据权利要求 4 所述的用于扩展音频信号的频带的方法，其特征在于，

产生上述频带信号的步骤，包含：

将上述输入的音频信号，利用  $\delta\sigma$  调制型量化器或  $\sigma\delta$  调制型量化器进行量化，产生第 2 调制信号，并且产生上述量化时的量化噪声信号的步骤；

计算上述已产生的量化噪声信号的绝对值，产生具有绝对值的随机噪声信号的步骤；及

将具有上述绝对值的随机噪声信号，利用规定的低通特性，进行低通滤波，作为上述频带信号输出的步骤。

7、根据权利要求 6 所述的用于扩展音频信号的频带的方法，其特征在于，

上述加法运算步骤，代替上述输入的音频信号，将量化上述输入的音频信号而产生的音频信号，和上述被带通滤波后的第 1 调制信号相加，输出相加结果的音频信号。

8、根据权利要求 1 到 7 中的任一项所述的用于扩展音频信号的频带的方法，其特征在于，

还包含使上述带通特性的低频侧的阻断特性变化的步骤。

9、一种用于扩展音频信号的频带的装置，具备：

根据具有规定频带的输入的音频信号，产生上述输入的音频信号的高次谐波的高次谐波发生机构；

产生具有规定带宽的频带信号的频带信号发生机构；

变化上述频带信号的电平的第 1 电平变化机构；

通过将上述所产生的音频信号的高次谐波，按照上述电平变化后的频带信号进行振幅调制，产生第 1 调制信号的振幅调制机构；

将上述产生的第1调制信号，利用规定的带通特性，进行带通滤波而输出的带通滤波机构；

变化上述带通滤波后的第1调制信号的电平的第2电平变化机构；及将上述电平变化后的第1调制信号和上述输入的音频信号相加，输出相加结果的音频信号的机构。

10、根据权利要求9所述的用于扩展音频信号的频带的装置，其特征在于，

在上述振幅调制机构的后段，在上述带通滤波机构的前段，变化上述输入的音频信号的电平后，还具备将具有该变化后的电平的音频信号和上述第1调制信号相加，输出到上述带通滤波机构的机构。

11、根据权利要求9所述的用于扩展音频信号的频带的装置，其特征在于，

上述频带信号发生机构，产生了与上述输入的音频信号不相关的噪声信号。

12、根据权利要求9所述的用于扩展音频信号的频带的装置，其特征在于，

上述频带信号发生机构，是根据上述输入的音频信号产生频带信号。

13、根据权利要求11所述的用于扩展音频信号的频带的装置，其特征在于，

上述频带信号发生机构，具备：产生规定的随机噪声信号的机构；

计算上述产生的随机噪声信号的绝对值，产生具有绝对值的随机噪声信号的机构；及

将具有上述绝对值的随机噪声信号，利用规定的低通特性，进行低通滤波，作为上述频带信号输出的机构。

14、根据权利要求12所述的用于扩展音频信号的频带的装置，其特征在于，

上述频带信号发生机构，具备：

将上述输入的音频信号，利用 $\delta\sigma$ 调制型量化器或 $\sigma\delta$ 调制型量化器进行量化，产生第2调制信号，而且产生上述量化时的量化噪声信号的机构；

计算上述已产生的量化噪声信号的绝对值，产生具有绝对值的随机噪

声信号的机构；及

将具有上述绝对值的随机噪声信号，利用规定的低通特性，进行低通滤波，作为上述频带信号输出的机构。

15、根据权利要求 14 所述的用于扩展音频信号的频带的装置，其特征在于，

上述加法运算机构，代替上述输入的音频信号，将上述输入的音频信号量化而产生的音频信号，和上述被带通滤波后的第 1 调制信号相加，输出相加结果的音频信号。

16、根据权利要求 9 到 15 中的任一项所述的用于扩展音频信号的频带的装置，其特征在于，

还具备使上述带通滤波机构的带通特性的低频侧的阻断特性变化的机构。

## 用于扩展音频信号的频带的方法及其装置

### 技术领域

本发明涉及音频机器上的音频信号的再生音，特别谋求高频频带的再生音质的提高、用于扩展能够再生出适合人耳的音频信号的音频信号频带的方法及其装置，特别是涉及到通过数字处理输入的音频信号，用于扩展被输入的音频信号的频带的方法及其装置。另外，还涉及包含用于扩展上述音频信号频带的方法步骤的程序，及用存储该程序的计算机进行读取的记录媒体。

### 背景技术

对于模拟音频再生信号，为了附加含有超过再生频带的高音频带上限或可听频带的高音频带上限的频谱信号的以往技术的音频信号再生装置，在日本专利文献公开平9-36685号公报的图3、或者与之相对应的美国专利第5754666号的图3中被提出过，其音频信号再生装置的构成如图16所示。在图16中，音频信号再生装置的构成具备：缓冲放大器91、滤波器电路92、放大器93、检波电路94、时间常数电路95、噪声发生器96、滤波器电路97、乘法器98、加法器99。

首先，音频信号从输入端子T1输入到缓冲放大器91后，被分配到两处，其中被分配一处的音频信号直接输入到加法器99的一端，被分配的另一处的音频信号输入到作为高通滤波器或带通滤波器的滤波器电路92中。滤波器电路92，只允许输入的音频信号中的某些特定频带的信号滤波通过，然后输出到放大器93中。放大器93，将输入的音频信号放大到规定的适当的电平后，输出到含有时间常数电路95的检波电路94中。检波电路94，将输入的音频信号，例如通过包络线检波的方法，检测出其音频信号的包络线电平，再将表示的检测出的包络线电平的电平信号，作为附加到原音频信号上的调整噪声成分电平的电平控制信号，输出到乘法器98中。

另一方面，由噪声发生器 96 产生的噪声成分，被输入到作为高通滤波器或带通滤波器的滤波器电路 97 中。滤波器电路 97，使 20kHz 以上频带的噪声成分通过后，再输出到乘法器 98 中。乘法器 98，通过将输入的噪声成分和从检波电路 94 来的电平控制信号相乘，产生含有与电平控制信号所表示的电平成比例的电平的噪声成分，输出到加法器 99 中。

还有，加法器 99 是将从缓冲放大器 91 来的原音频信号，与从乘法器 98 来的噪声成分相加，产生加上了噪声成分的音频信号，然后从输出端子 T2 输出。这里，通过将时间常数电路 95 的时间常数选为规定值，可使噪声发生器 96 所产生的噪声成分适合人的听觉特性，从而提高音频信号的音质改善的效果。

如上说明所述，通过在原音频信号上附加与原音频信号的高音频的输出电平成比例的随机噪声，可扩大高音频带。然而，在上述的以往技术的音频信号再生装置中，存在以下所示的问题。

(1) 附加的噪声成分的高频信号的频谱构造，由于和音乐信号的频谱不同，所以音质上有不适感。

(2) 另外，以往技术的音频信号再生装置由模拟电路构成，所以存在以下的问题。即由构成该模拟电路的零件的差异、温度特性等，产生装置性能上的差异，音频信号每次通过该模拟电路时，都会产生音质的劣化。另外，如果提高构成的滤波器电路的精度，其电路规模就会变大，关联到制造成本的增加。

## 发明内容

本发明的目的就是要解决以上的问题，提供一种无音质不适感及劣化，几乎不产生装置性能上的差异，而且与以往技术相比，制造成本廉价的用于提高音频信号的频带的方法及其装置。

另外，本发明的其他目的还在于，提供一种包含无音质不适感及劣化，几乎不产生装置性能的差异，而且与以往技术相比，制造成本廉价的用于扩展音频信号频带的方法步骤的程序，并提供一种用存储该程序的计算机进行读取的记录媒体。

关于第 1 发明的用于扩展音频信号的频带的方法，其特征在于，包含：

根据含有规定频带的被输入的音频信号，产生上述被输入的音频信号的高次谐波的步骤；产生具有规定带宽的频带信号的步骤；变化上述频带信号的电平的步骤；将上述产生的音频信号的高次谐波，通过按照上述电平变化后的频带信号进行振幅调制，产生第1调制信号的步骤；将上述产生的第1调制信号，利用规定的带通特性进行带通滤波输出的步骤；变化上述带通滤波后的第1调制信号的电平的步骤；将上述电平变化后的第1调制信号，和上述输入的音频信号相加，输出相加结果的音频信号的步骤。

在用于扩展上述音频信号的频带的方法中，其特征在于，在上述振幅调制的步骤之前，还包含使上述频带信号的电平变化的步骤。

另外，在用于扩展上述音频信号的频带的方法中，其特征在于，在上述加法运算的步骤之前，还包含使上述带通滤波的第1调制信号的电平变化的步骤。

还有，在用于扩展上述音频信号的频带的方法中，其特征在于，作为上述振幅调制的步骤之后、在上述带通滤波步骤之前，使上述输入的音频信号的电平变化之后，还包含将含有该变化电平的音频信号和上述第1调制信号相加，向上述带通滤波的步骤进行输出的步骤。

还有，在用于扩展上述音频信号的频带的方法中，其特征在于，还包含产生上述频带信号的步骤。

这里，在用于扩展上述音频信号的频带的方法中，产生上述频带信号的步骤的特征在于，产生了和上述输入的音频信号不相关的噪声信号。或者，在用于扩展上述音频信号的频带的方法中，产生上述频带信号的步骤的特征在于，根据上述输入的音频信号，产生频带信号。

这里，在前者的方法中，产生上述频带信号的步骤的特征在于，包含：产生规定的随机噪声信号的步骤；计算上述所产生的随机噪声信号的绝对值，产生含有绝对值的随机噪声信号的步骤；将含有上述绝对值的随机噪声信号，利用规定的低通特性进行低通滤波，作为上述频带信号进行输出的步骤。

另外，在后者的方法中，产生上述频带信号的步骤的特征在于，包含：将上述输入的音频信号，利用 $\delta\sigma$ 调制型量化器或 $\sigma\delta$ 调制型量化器进行量化，产生第2调制信号，同时也产生上述量化时的量化噪声信号的步骤；计算上述产生的量化噪声信号的绝对值，产生含有绝对值的随机噪声信号的步骤；将含有上述绝对值的随机噪声信号，利用规定的低通特性进行低



通滤波，作为上述频带信号进行输出的步骤。

另外，在用于扩展上述音频信号的频带的方法中，上述加法运算的步骤的特征在于，用上述输入的音频信号量化后产生的音频信号代替上述输入的音频信号，和上述带通滤波的第1调制信号相加，输出相加结果的音频信号。

还有，在用于扩展上述音频信号的频带的方法中，其特征不在于，还包含可使上述带通特性的低频侧的阻断特性变化的步骤。

关于第2发明的用于扩展音频信号的频带的装置的特征在于，具备：根据含有规定频带的输入的音频信号，产生上述输入的音频信号的高次谐波的高次谐波发生机构；产生具有规定带宽的频带信号的频带信号发生机构；变化上述频带信号的电平的第1电平变化机构；将上述产生的音频信号的高次谐波，通过按照上述电平变化后的频带信号进行振幅调制，产生第1调制信号的振幅调制机构；将上述产生的第1调制信号，利用规定的带通特性进行带通滤波，然后输出的带通滤波机构；变化上述带通滤波后的第1调制信号的电平的第2电平变化机构；将上述电平变化后的第1调制信号和上述输入的音频信号相加，输出相加结果的音频信号的加法运算机构。

在用于扩展上述音频信号的频带的装置中，其特征不在于，在上述振幅调制机构的前段，还具备使上述频带信号的电平变化的第1电平变化机构。

另外，在用于扩展上述音频信号的频带的装置中，在上述加法运算的机构之前，还具备使上述带通滤波的第1调制信号的电平变化的第2电平变化机构。

还有，在用于扩展上述音频信号的频带的装置中，其特征不在于，作为上述振幅调制机构的后段、在上述带通滤波机构的前段，使上述输入的音频信号的电平变化后，还具备将含有该变化电平的音频信号和上述第1调制信号相加，输出到上述带通滤波机构的机构。

还有，用于扩展上述音频信号的频带的装置中，其特征不在于，还具备产生上述频带信号的频带信号发生机构。

这里，在用于扩展上述音频信号的频带的装置中，上述频带信号发生机构的特征在于，产生了和上述输入的音频信号不相关的噪声信号。或者，在用于扩展上述音频信号的频带的装置中，上述频带信号发生机构的特征在于，根据上述输入的音频信号，产生频带信号。

这里，在前者的装置中，上述频带信号发生机构的特征在于，具备：产生规定的随机噪声信号的机构；计算上述产生的随机噪声信号的绝对值，产生含有绝对值的随机噪声信号的机构；将含有上述绝对值的随机噪声信号，利用规定的低通特性进行低通滤波，作为上述频带信号进行输出的机构。

另外，在后者的装置中，上述频带信号发生机构的特征在于，具备：将上述输入的音频信号，利用 $\delta\sigma$ 调制型量化器或 $\sigma\delta$ 调制型量化器进行量化，产生第2调制信号的同时，产生上述量化时的量化噪声信号的机构；计算上述产生的量化噪声信号的绝对值，产生含有绝对值的随机噪声信号的机构；将含有上述绝对值的随机噪声信号，利用规定的低通特性进行低通滤波，作为上述频带信号输出的机构。

另外，在用于扩展上述音频信号的频带的装置中，上述加法运算机构的特征在于，用上述输入的音频信号量化后所产生的音频信号，代替上述输入的音频信号，和上述带通滤波的第1调制信号相加，输出相加结果的音频信号。

还有，在用于扩展上述音频信号的频带的装置中，其特征还在于，还具备使上述带通滤波机构的带通特性的低频侧的阻断特性变化的机构。

关于第3发明的程序的特征在于，包含用于扩展上述音频信号的频带的方法的各个步骤。

关于第4发明的用计算机进行读取的记录媒体，特征在于存储了上述程序。

因此，通过有关本发明的用于扩展音频信号的频带的方法或装置，使输入的作为音频信号高次谐波的载波，按照上述频带信号进行振幅调制，通过将得到的频带扩展信号和输入的音频信号的加法运算，与以往技术相比较，很容易产生音频频带被扩展的音频信号。另外，由如上所述的振幅调制得到的频带扩展信号，按照原音频的电平变化且保持了频谱的连续性，所以频带扩展信号的高频成分不是人工的，具有相对于原音频听起来自然的特有的效果。

## 附图说明

图 1 是表示关于本发明的第 1 实施方式的音频信号频带扩展装置的构成的方框图。

图 2 是表示图 1 的过采样型低通滤波器 1 的内部构成的方框图。

图 3 是表示图 2 的过采样电路 31 的动作的信号波形图。

图 4 是表示图 1 的高次谐波发生器 3 的内部构成的方框图。

图 5 是表示图 1 的随机噪声发生电路 11 的内部构成的方框图。

图 6 是表示图 5 的 PN 系列噪声信号发生器 60-n ( $n=1、2、3\cdots、N$ ) 的内部构成的方框图。

图 7 是表示由图 6 的 PN 系列噪声信号发生电路 60-n ( $n=1、2、3\cdots、N$ ) 的一例产生的、与白噪声信号的振幅电平相对的概率密度的函数曲线。

图 8 是表示由图 6 的 PN 系列噪声信号发生电路 60-n ( $n=1、2、3\cdots、N$ ) 的其他例子产生的、与贝尔分布型噪声信号的振幅电平相对的概率密度的函数曲线。

图 9 是表示由图 6 的 PN 系列噪声信号发生电路 60-n ( $n=1、2、3\cdots、N$ ) 的其他例子产生的、与高斯分布型噪声信号的振幅电平相对的概率密度的函数的曲线。

图 10 是表示图 1 的  $1/f$  特性滤波器 8 的频率特性的频谱图。

图 11 是表示代替图 1 的  $1/f$  特性滤波器 8 的  $1/f^2$  特性滤波器的频率特性的频谱图。

图 12 是表示关于本发明的第 2 实施方式的音频信号频带扩展装置的构成的方框图。

图 13 是表示图 12 的随机噪声发生电路 9 的内部构成的方框图。

图 14 是表示关于本发明的第 3 实施方式的音频信号频带扩展装置的构成的方框图。

图 15 表示关于本发明的第 4 实施方式的、作为音频信号频带扩展装置的应用一例的光盘再生系统的构成的方框图。

图 16 表示关于以往技术的音频信号频带扩展装置的构成的方框图。

## 具体实施方式

以下，参照图面，针对本发明的实施方式进行说明。还有，在添加的图面中，对于相同的构成要素，采用了同一符号，这里省略其详细说明。

### 第1实施方式

图1是表示关于本发明的第1实施方式的音频信号频带扩展装置的构成的方框图。作为此第1实施方式的音频信号频带扩展装置，是在输入端子T1和输出端子T2之间插入的数字信号处理电路，其构成具备过采样型低通滤波器（过采样型LPF）1、加法器2、高次谐波发生器3、乘法器4、数字带通滤波器（BPF）5、可变放大器6，同时，还具备随机噪声信号发生器电路11、绝对值运算器12、数字低通滤波器（LPF）13和可变放大器14。这里，数字带通滤波器5，其构成具备级联连接的数字高通滤波器（HPF）7及 $1/f$ 特性滤波器8的构成。

在图1中，数字音频信号通过输入端子T1，输入到过采样型低通滤波器1中。此数字音频信号，例如是从小型盘片（CD）中再生的信号。此时，该信号是具有采样频率 $f_s=44.1\text{kHz}$ 、字长=16位的信号。过采样型低通滤波器1，如图2所示，具备过采样电路31和数字低通滤波器（LPF）32，它将通过输入端子T1输入的数字音频信号的采样频率 $f_s$ 变为 $p$ 倍（ $p$ 为2以上的正整数），而且是衰减60dB以上的从频率 $f_s/2$ 到频率 $pf_s/2$ 的不用的频带信号的数字滤波器电路。

例如，当 $p=2$ 时，含有采样频率 $f_s$ （采样周期 $T_s=1/f_s$ ）的数字音频信号，被输入到过采样电路31中，过采样电路31，对于输入的数字音频信号的数据D1，如图3所示，通过在各邻接的2个数据D1的中间位置（对应时间轴），以采样周期 $T_s$ 插入零数据D2进行插补，实行过采样处理，变换为含有采样频率 $2f_s$ （采样周期 $T_s/2$ ）的数字音频信号后，输出到数字低通滤波器32中。数字低通滤波器32，含有（a）频率 $0\sim 0.45f_s$ 的通频带、（b）频率 $0.45f_s\sim f_s$ 的阻频带、（c）在频率 $f_s$ 以上时、60dB以上的衰减量。通过低通滤波输入的数字音频信号，以除去由上述过采样处理而产生的重叠噪声的方式来进行频带限制，实质上只允许输入的数字音频信号上所具有的有效的频带（频带 $0\sim 0.45f_s$ ）通过后，输出到图1的加法器2及高次谐波发生器3的绝对值运算器51（图4）。

接着，图 1 的高次谐波发生器 3 是含有非线性输入输出特性的非线性处理电路，通过对输入的数字音频信号实行非线性处理，使数字音频信号变形，产生高次谐波成分的信号，再将含有此高次谐波成分的信号的数字音频信号输出到乘法器 4 中。

高次谐波发生器 3，例如作为其中一例，如图 4 所示，其构成具备绝对值运算器 51 和 DC 偏置除去电路 52。这里，DC 偏置除去电路 52，其构成具备减法器 53、平均化电路 54、1/2 乘法器 55。

在图 4 中，绝对值运算器 51，对输入的数字音频信号，例如实行了全波整流处理等的非线性处理后，将非线性处理后的数字音频信号输出到 DC 偏置除去电路 52 的减法器 53 及平均化电路 54 中。绝对值运算器 51，只输出含有正的振幅的信号，另一方面，将含有负的振幅的信号变换为和负的振幅有相同绝对值的正的振幅，进行输出。因此，含有负的振幅的信号，以零电平为界，在反转到正侧的地方会产生高次谐波成分。其次，平均化电路 54，与采样频率  $f_s$  相比较频率非常低，例如其构成具备含有  $0.0001f_s$  左右的阻断频率的低通滤波器，对于规定的时间期间（例如与采样周期  $T_s$  相比较、充分长的时间期间），计算输入的数字音频信号的振幅的时间平均值，并将含有该时间平均值的数字信号输出到 1/2 乘法器 55 中。而且，1/2 乘法器 55，对输入的数字信号乘以 1/2，再将含有此相乘的结果值的数字信号，作为表示 DC 偏置量的数字信号输出到减法器 53 中。还有，减法器 53，通过将绝对值运算器 51 输出的数字音频信号和从 1/2 乘法器 55 输出的数字信号进行减法运算，除去 DC 偏置。

在本实施方式中，通过输入端子 T1 输入的数字信号，是以零电平为基准的信号。从图 1 内的各电路来的输出数字信号及从输出端子 T2 来的数字信号，都有必需以零电平为基准。向高次谐波发生器 3 输入的数字信号虽然是以零电平为基准的信号，但由于被用于实行非线性处理的绝对值运算器 51 变换为正的电平，所以会产生 DC 偏置。因此，对于从绝对值运算器 51 来的输出的数字信号，用平均化电路 54 计算平均值，其平均值的 1/2 和从绝对值运算器 51 来的输出的数字信号相减，除去 DC 偏置。

而且，以输入的数字音频信号的电平为基准，包含由高次谐波发生器 3 产生的高次谐波成分（即含有实际上与输入的数字音频信号的电平成比

例的对应的电平的高次谐波成分)的数字信号,如图1所示,输出到乘法器4中。

另外,图1的随机噪声发生电路11,含有频率为 $0\sim pfs/2$ 的频带,对于时间轴,可产生含有随机振幅电平的数字音频信号,即产生和通过输入端子T1输入的数字音频信号不相关的作为高频脉动信号的随机噪声信号,输出到绝对值运算器12中。接着,绝对值运算器12是对输入的随机噪声信号实行绝对值运算处理的运算器,将含有正的振幅的信号直接输出到数字低通滤波器13中,另一方面,将含有负的振幅的信号变换为和负的振幅具有相同绝对值的正的振幅,输出到数字低通滤波器13中。这里,绝对值运算器12,是为了不管随机噪声信号的符号变化,对于从高次谐波发生器3来的高次谐波成分,用乘法器4进行含有规定符号的随机噪声信号的乘法运算而设计的。含有,数字低通滤波器13,范围为100Hz到20kHz,最好是含有1kHz乃至2kHz的最高截止频率,将输入的绝对值运算后的随机噪声信号进行低通滤波后,通过可变放大器14,输出到乘法器4中。

这里,可变放大器14是电平控制电路,使输入的数字信号的电平(振幅值),根据控制信号的放大率(该放大率既有正的放大处理,也可进行负的衰减处理)而变化,电平变化后的数字信号输出到乘法器4中。即可变放大器14,用于相对调整从高次谐波发生器3来的数字音频信号的电平和从低通滤波器13来的噪声信号的电平。此调整最好使乘法器4的振幅调制例如设定在80%到100%的调制度。

图1的随机噪声发生电路11,具体地,如图5所示的构成。在图5中,随机噪声发生电路11的构成具备:多个N个模拟噪声系列噪声信号发生电路(以下称为PN系列噪声信号发生电路) $60-n$ ( $n=1, 2, \dots, N$ )、加法器61、DC偏置除去用常数信号发生器63、减法器64。这里,各PN系列噪声信号发生电路 $60-n$ ,含有相互独立的初期值,例如产生具有作为M系列噪声信号的相同的随机振幅电平的模拟噪声信号,输出到加法器61中。接着,加法器61将从多个的PN系列噪声信号发生电路 $60-1$ 乃至 $60-N$ 的输出来的复数N个模拟噪声信号进行加法运算,并将相加结果的模拟噪声信号输出到减法器64中。一方面,DC偏置除去用常数信号发生器63,产生从复数N个PN系列噪声信号发生电路 $60-1$ 乃至

60-N 来的作为模拟噪声信号的时间平均值和的 DC 偏置除去用常数信号，输出到减法器 64 中。而且，减法器 64，通过从模拟噪声信号的和中，减去 DC 偏置除去用常数信号，来产生无 DC 偏置的高频脉动信号进行输出。

这里，各 PN 系列噪声信号发生电路 60-n ( $n=1, 2, \dots, N$ ) 如图 6 所示，其构成具备：32 位计数器 71、异或门电路 72、时钟信号发生器 73、初期值数据发生器 74。在 32 位计数器 71 上，从初期值数据发生器 74 上，设定了与各 PN 系列噪声信号发生电路 60-n 互不相同的 32 位初期值后，根据时钟信号发生器 73 所产生的时钟信号，32 位计数器 71 以 1 个增量的形式进行计数。在 32 位计数器 71 的 32 位数据（包含第 0~31 位的数据）中，最上位（MSB；第 31 位）的 1 位数据和第 3 位的 1 位数据，被输入到异或门电路 72 的输入端子上。异或门电路 72，将异或的运算结果的 1 位数据置位到 32 位计数器 71 的最下位（LSB）上。而且，32 位计数器 71 的下位的 8 位数据是作为 PN 系列噪声信号而被输出的。这样，通过构成 PN 系列噪声信号发生电路 60-n，使从各 PN 系列噪声信号发生电路 60-n 上输出的 PN 系列噪声信号，变成了相互独立的 8 位 PN 系列噪声信号。

在图 6 的例子中，为了用各 PN 系列噪声信号发生电路 60-n 产生相互独立的 8 位的 PN 系列噪声信号，形成了如上所述的构成。但本发明并不限定与此，也可用以下所述的构成。

(1) 使从 32 位计数器 71 中取出的 PN 系列的噪声信号的 8 位的位位置互不相同。即在 PN 系列噪声信号发生电路 60-1 中，从最下位的 8 位取出 8 位的 PN 系列的噪声信号，在 PN 系列噪声信号发生电路 60-2 中，从靠近最下位 8 位的正上面的 8 位中取出 PN 系列的噪声信号，以下用同样的方式取出 PN 系列的噪声信号。

(2) 取而代之，使取出的输入到异或门电路 72 的 1 位数据的 32 位计数器 71 的位位置，在各 PN 系列噪声信号发生电路 60-n 中互不相同。

(3) 或者，至少组合图 6 例、上述 (1) 的变形例和上述 (2) 的变形例中的两个。

而且，通过加法运算相互独立的多个 PN 系列的噪声，如图 7、图 8、

图 9 所示, 可产生与振幅电平相对的、具有概率密度的 PN 系列的噪声信号。例如, 当  $N=1$  时, 大致如图 7 所示, 可产生与振幅电平相对的、具有相同分布的概率密度的白噪声信号。另外, 当  $N=2$  时, 如果用中心极限定理, 因为高斯分布的分散为  $1/12$ , 通过对从产生 12 个相同随机数的 PN 系列噪声信号发生电路 60-n 上来的各 PN 系列噪声信号进行加法运算, 如图 9 所示, 大致可产生与振幅电平相对的、具有高斯分布的概率密度的高斯分布型噪声信号。还有, 当  $N=3$  时, 如图 8 所示, 与高斯分布相近, 从高斯分布上具有若干的大的分散, 可产生与振幅电平相对的、具有贝尔型分布或吊钟型分布的概率密度的分布型 (吊钟型) 噪声信号。如上所述, 构成了图 5 及图 6 的电路, 例如通过产生图 8 或图 9 的噪声信号, 在小规模电路中, 可产生与自然音、乐音信号相近的高频脉动信号。

再参照图 1, 乘法器 4 是用于振幅调制的运算器, 从高次谐波发生器 3 输出的作为高次谐波成分的数字音频信号的载波, 被可变放大器 14 的输出频带限制, 而且按照和原音不相关的噪声信号实行振幅调制, 也就是说, 通过这些 2 个信号的乘法运算, 包含例如将其和高次谐波成分的数字音频信号的多个载波, 和以其为中心、由上述低通滤波器 13 的频带限制的具有噪声信号的两侧波带成分的多个振幅调制信号, 而且, 产生与通过输入端子 T1 输入的数字音频信号的电平具有相对应的电平的数字频带扩展信号, 输入到数字带通滤波器 5 内部的数字高通滤波器 7 中。

数字带通滤波器 5, 如图 1 所示, 由数字高通滤波器 7 和作为数字低通滤波器的  $1/f$  特性的滤波器 8 级联连接构成。例如, 当输入的数字音频信号是未经 CD 播放器等压缩的数字信号时, 数字带通滤波器 5 最好具有以下规格。

(1) 低频侧的截止频率  $f_{LC}$ =大概  $f_s/2$ 。

(2) 低频侧的阻断特性为在频率  $f_s/4$  处、80dB 以上的衰减量。其衰减量变为基于原音的量化数的 SN 比附近。例如, 当原音的量化数为 16 位时, 理论 SN 为 98dB, 所以最好具有 80~100dB 以上的衰减量。这里, 低频侧的阻断特性越缓慢、越为柔软音质; 相反的, 低频侧的阻断特性越急剧、越变为尖锐的音质倾向。后者的情况, 没有损失原音的音质倾向, 出现了频带扩展的效果。因此, 最好是使上述低频侧的阻断特性, 按照外



部的控制器来的使用者的指示信号，例如在上述的 2 个特性之间进行选择性的变化的方式，来切换数字低通滤波器 7。

(3) 高频侧的截止频率  $f_{HC}$  = 大概  $fs/2$ 。

(4) 高频侧的阻断特性为  $-6\text{dB/oct}$  (参照图 10)。

这里， $1/f$  特性滤波器 8，如图 10 所示，具备比从频率 0 到  $fs/2$  的频带 B1 高，在频率  $fs/2$  到  $p \cdot fs/2$  的频带 B2 中、以  $-6\text{dB/oct}$  的倾斜的衰减特性的所谓的  $1/f$  特性的低通滤波器。这里， $p$  是过采样率，例如为 2 到 8 的整数。

数字带通滤波器 5，将输入的数字信号如上所述进行带通滤波，将带通滤波后的数字频带扩展信号，通过可变放大器 6，输出到加法器 2 中。还有，加法器 2 通过将来自可变放大器 6 的数字频带扩展信号，和从过采样型低通滤波器 1 来的低通滤波数字音频信号相加，把在原音频的数字音频信号上包含数字频带扩展信号的相加结果的数字音频信号，通过输出端子 T2，进行输出。

这里，可变放大器 6 是和可变放大器 14 相同的电平控制电路，根据控制信号的放大率（该放大率可能是正的放大处理，也可能是衰减的处理），使输入的信号电平（振幅值）变化，再将电平变化后的信号输出到加法器 2 上。可变放大器 6，用于相对的调整从过采样型低通滤波器 1 来的数字音频信号的电平和从数字带通滤波器 5 来的数字频带扩展信号的电平。此调整最好是在加法器 2 上，例如在频率  $fs/2$  处，使这些 2 个信号电平实际一致，即以保持频谱的连续性的方式进行设定。

如上所述，通过关于本发明的第 1 实施方式，在含有输入的数字音频信号的频带以上，产生了和乐音信号具有相同频谱（即高频脉动的发生频率大概为高斯分布、贝尔分布，具有和自然音略为相似的发生机理）的高次谐波成分、高频脉动。它与输入的数字音频信号的高频频谱强度相对应，将此所产生的高次谐波成分的数字信号的载波，通过按照具有高频脉动信号等的规定带宽的频带信号的噪声信号进行振幅调制，所得到的频带扩展信号和输入的数字音频信号相加，就能够产生与以往技术相比较、很容易被扩展音频频带的数字音频信号。另外，如上所述，由振幅调制所得到的频带扩展信号，按照原音频电平变化，而且保持频谱的连续性，所以频带

扩展信号的高频成分不是人工的，具有相对于原音听起来自然的特有效果。

还有，在本实施方式的音频信号频带扩展装置中的信号处理，所有的都是数字信号处理，所以不会发生由构成电路的零件的差异、温度特性而引起的性能的差异。另外，更不会发生音频信号每次通过电路时的音质的劣化。还有，即使追求所构成的滤波器的精度，和模拟电路的构成相比较，电路规模也不会变大，不会关联到制造成本的增加。

在以上的实施方式中，为了构成高次谐波发生器 3，使用了作为全波整流电路的图 4 的绝对值运算器 51，但本发明并不限于此，代替绝对值运算器 51，也可使用只输出输入的数字音频信号的正的部分、将输入的数字音频信号的负的部分以零电平形式输出的半波整流电路。

在以上的实施方式中，使用了  $1/f$  特性滤波器 8，但本发明并不限于此，代替  $1/f$  特性滤波器 8，也可具备含有图 11 衰减特性的  $1/f^2$  的特性滤波器。这里， $1/f^2$  特性滤波器，如图 11 所示，具备比从频率 0 到  $f_s/2$  的频带 B1 高，在从频率  $f_s/2$  到  $p \cdot f_s/2$  的频带 B2 内，含有  $-12\text{dB/oct}$  倾斜的衰减特性，是所谓的  $1/f^2$  的低通滤波器。

在以上的实施方式中，针对输入的数字音频信号为未经 CD 播放器等的压缩的数字信号时的数字带通滤波器 5 的最佳规格进行了说明，当输入的数字音频信号为 MD (Mini Disc) 播放器来的数字信号 (以下称为 MD 信号)、或为在 MPEG-4 的音频信号中使用的、被 AAC (Advanced Audio Coding) 压缩符号化的数字音频信号 (以下称为 ACC 信号) 时，最好设定数字带通滤波器 5 的低频侧及高频侧的截止频率  $f_s/2$ ，为这些压缩声音信号的再生频带的上限频率。这里，MD 信号及 ACC 信号的采样频率  $f_s$ ，例如为 44.1kHz 或 48kHz，ACC 信号的半分频信号时的采样频率  $f_s$  为 22.05kHz 或 24kHz。在前者的情况下，再生频带上限频率大致为 10kHz 到 18kHz，在后者的情况下，再生频带上限频率大致为 5kHz 到 9kHz。

在以上的实施方式中，使用随机噪声发生电路 11，产生了随机噪声信号，但本发明并不限于此，也可用外部电路产生随机噪声信号，输入到绝对值运算器 12 中。

在以上的实施方式中，使用随机噪声发生电路 11，产生了随机噪声信

号,但本发明并不限于此,代替随机噪声信号,也可使用数据信号、声音信号等的种种信号或含有其调制信号等的规定带宽的频带信号。

## 第2实施方式

图12是表示关于本发明的第2实施方式的音频信号频带扩展装置的构成的方框图。关于此第2实施方式的音频信号频带扩展装置,与图1的音频信号频带扩展装置相比较,其特征在于,代替产生和原音不相关的噪声信号的随机噪声发生电路11,具备根据过采样型低通滤波器1来的数字音频信号、产生随机噪声信号的随机噪声发生电路9。以下,针对此相异点进行详述。

在图12中,随机噪声发生电路9,对于从过采样型低通滤波器1来的数字音频信号,通过实行1次 $\delta\sigma$ 调制( $\delta-\Sigma$ 调制)处理,产生随机噪声信号,输出到绝对值运算器12中。同时,直接将从上述过采样型低通滤波器1来的数字音频信号或再量化后的数字音频信号(减少再量化后的量化数)输出到加法器2中。

图13表示图12的随机噪声发生电路9的内部构成的方框图。在图13中,随机噪声发生电路9的构成具备:1次 $\delta\sigma$ 调制型量化器80和1个开关SW。这里,1次 $\delta\sigma$ 调制型量化器80的构成具备:减法器81、实行再量化的量化器82、减法器83和实施1次采样延迟的延迟电路84。

从过采样型低通滤波器1来的数字音频信号,直接通过开关SW的接点b,输出到加法器2及高次谐波发生器3中的同时,还输出到减法器81中。接着,减法器81,将从过采样型低通滤波器1来的数字音频信号和从延迟电路84来的数字音频信号相减,将相减结果的数字音频信号输出到量化器82及减法器83中。而且,量化器82,再量化输入的数字音频信号,将该再量化后的数字音频信号的 $\delta\sigma$ 调制信号,输出到减法器83中。同时,通过开关SW的接点a,输出到加法器2及高次谐波发生器3中。还有,减法器83将减法器81来的数字音频信号和从量化器82来的 $\delta\sigma$ 调制信号相减,将相减结果的数字音频信号(量化时产生)的量化噪声信号,再输出到绝对值运算器12中。同时,通过延迟电路84,输出到减法器81中。

在图13的随机噪声发生电路9中,当开关SW切换到接点a侧时,将经过采样型低通滤波器1量化的数字音频信号再次量化后的数字音频信

号（减少量化数的信号）输出到加法器 2 及高次谐波发生器 3。由此，可将从该音频信号频带扩展装置的输出端子 T2 来的数字音频信号的位数减少进行输出，从而减少以下的信号处理机构电路或减少运算规模。另一方面，当开关 SW 切换到 b 侧时，将经过采样型低通滤波器 1 量化的数字音频信号直接输出到加法器 2 及高次谐波 3 上。这样，不减少从该音频信号频带扩展装置的输出端子 T2 来的数字音频信号的位数，可直接输出上述过采样型低通滤波器 1 来的数字音频信号的位数。

在如上构成的随机噪声发生电路 9 上，根据从过采样型低通滤波器 1 来的数字音频信号，产生 1 次  $\delta\sigma$  调制的调制信号，也就是说，产生根据原音的数字音频信号而产生的作为频带信号的噪声信号，另一方面，通过对与输入的数字音频信号的高频频谱强度相对应的、此产生的高次谐波成分的数字信号的载波，按照基于上述所产生的、输入的数字音频信号的噪声信号，进行振幅调制，再将得到的频带扩展信号和输入的数字音频信号相加。因此，通过本实施方式，加上与第 1 实施方式相关的作用效果，由于噪声信号也可根据原音的数字音频信号而产生，所以频带扩展信号的高频成分不是人工的，具有相对于原音听起来自然的特有效果。

在以上的第 2 实施方式中，使用了 1 次  $\delta\sigma$  调制型量化器 80，但本发明并不限于此，也可使用多个  $\delta\sigma$  调制型量化器。

在以上的第 2 实施方式中，使用了  $\delta\sigma$  调制型量化器 80，但本发明并不限于此，也可使用  $\sigma\delta$  调制输入的音频信号的  $\sigma\delta$  调制型量化器。

### 第 3 实施方式

图 14 是表示关于本发明的第 3 实施方式的音频信号频带扩展装置的构成的方框图。关于此第 3 实施方式的音频信号频带扩展装置，和图 12 的音频信号频带扩展装置相比较，其构成还具备可变放大器 86 和加法器。以下，针对该相异点，进行说明。

在图 14 中，从随机噪声发生电路 9 来的随机噪声信号，通过可变放大器 86，输出到加法器 85 中。加法器 85 插入在乘法器 4 和高通滤波器 7 之间，将乘法器 4 输出的数字信号和从可变放大器 86 来的数字信号相加，再把相加结果的数字信号输出到高通滤波器 7 中。

这里，可变放大器 86 是电平控制电路，根据控制信号的放大率（该

放大率有正的放大处理，也可能有负的衰减处理。)变化输入的数字信号的电平(振幅值)，将变化后的数字信号输出到乘法器4中。还有，在可变放大器86中，对于从高次谐波发生器3来的数字音频信号和从低通滤波器13来的噪声信号的电平的相加结果的数字信号来说，追加比上述相加结果的数字信号的电平小的基础的随机噪声，以附加由随机噪声发生电路9所得到的随机噪声的数字信号的方式进行调整。此调整最好是附加的随机噪声的数字信号的电平，对于从乘法器4来的数字信号的电平来说，例如设定为其10%到50%左右。

因此，通过本实施方式，加上关于第2实施方式的作用效果，对于关于第2实施方式的频带扩展信号，附加作为基础的随机噪声数字信号，所以频带扩展信号的高频成分、还有频谱具有对于频率更加连续，对于原音听起来更自然的特有效果。

#### 第4实施方式

图15是表示关于本发明的第4实施方式的、作为音频信号频带扩展装置的应用一例的光盘再生系统的构成的方框图。

在以上的第1、第2或第3实施方式中，是由硬件的数字信号处理电路构成音频信号频带扩展装置。但本发明并不限于此，例如图1、图12或图14构成中的各处理步骤，可由用于实施音频信号频带扩展的信号处理程序进行实现，将该信号处理程序存储在图15的数字信号处理器(以下称为DSP)101的程序存储器101p中，通过DSP101实现。还有，在DSP101的数据表存储器101d上，为了实施上述的信号处理，要存储所需的各种数据。

在图15中，光盘再生装置102，是用于例如再生DVD播放器、CD播放器、MD播放器等的光盘的存储信息的装置。被光盘再生装置102再生的数字音频信号，通过DSP101实施上述信号处理程序，对于输入的数字音频信号，得到频带扩展的数字音频信号，输出到D/A变换器103中。接着，D/A变换器103把输入的数字音频信号变换为模拟音频信号，通过功率放大器104a、104b，输出到左右的扬声器105a、105b中。这里，系统控制器100，控制该光盘再生系统的全体的动作，特别是控制光盘再生装置102及DSP101的动作。另外，DSP101的程序存储器101p及数据表

存储器 101d, 例如可由闪存、EEPROM 等的非易失性存储器构成。

还有, 在图 1、图 12 及图 14 中, 对于给高通滤波器 7 的指示信号及给可变放大器 14 的控制信号, 例如由系统控制器 100 产生、输入, 能够控制这些装置、系统的动作。

在如上述构成的光盘系统中, 由光盘再生装置 102 再生的数字音频信号, 通过 DSP101 使其信号被适当地频带扩展后, 可由左右的扬声器 105a、105b 再生。

如上所述, 通过本实施方式, 图 1、图 12 或图 14 构成中的各处理步骤, 可由用于实施音频信号频带扩展的信号处理程序实现, 该信号处理程序可由图 15 的 DSP101 实施, 所以能够很容易的进行信号处理程序的功能追加、错误修改等的版本更新等。

在本实施方式中, 上述信号处理程序及用于实行的数据, 即可以是制造时、预先存储在各个程序存储器 101p 及数据表存储器 101d 中, 也可取而代之, 象下面表示那样, 将记录在 CD-ROM111 等的用计算机读取的记录媒体内的信号处理程序及其用于实行的数据, 分别用包含计算机等的控制器的光盘驱动 110 进行再生, 通过外部接口 106, 存储在 DSP101 内的程序存储器 101p 及数据表存储器 101d 中。

在以上的实施方式中, 使用了 DSP101, 但本发明并不限于此, 也可由微处理器单元 (MPU) 等的数字计算机的控制器构成。

(产业上的可用性)

如上所述, 通过关于本发明的用于扩展音频信号的频带的方法或装置, 可根据具有规定频带的输入的音频信号, 产生上述输入的音频信号的高次谐波, 通过按照具有规定带宽的频带信号, 振幅调制上述产生的音频信号的高次谐波, 来产生振幅调制信号, 再将上述产生的振幅调制信号, 利用规定的带通特性, 进行带通滤波输出, 并把上述被带通滤波的振幅调制信号和上述输入的音频信号相加, 再将相加结果输出的音频信号。因此, 通过将输入的作为音频信号的高次谐波的载波, 按照上述频带信号进行振幅调制, 将所得到的频带扩展信号和输入的音频信号相加, 就能够产生与以往技术相比较, 很容易被扩展音频频带的音频信号。另外, 如上所述的由振幅调制得到的频带扩展信号, 按照原音的电平变化, 而且保持频谱的

---

连续性，所以频带扩展信号的高频成分不是人工的，具有相对于原音听起来自然的特有效果。

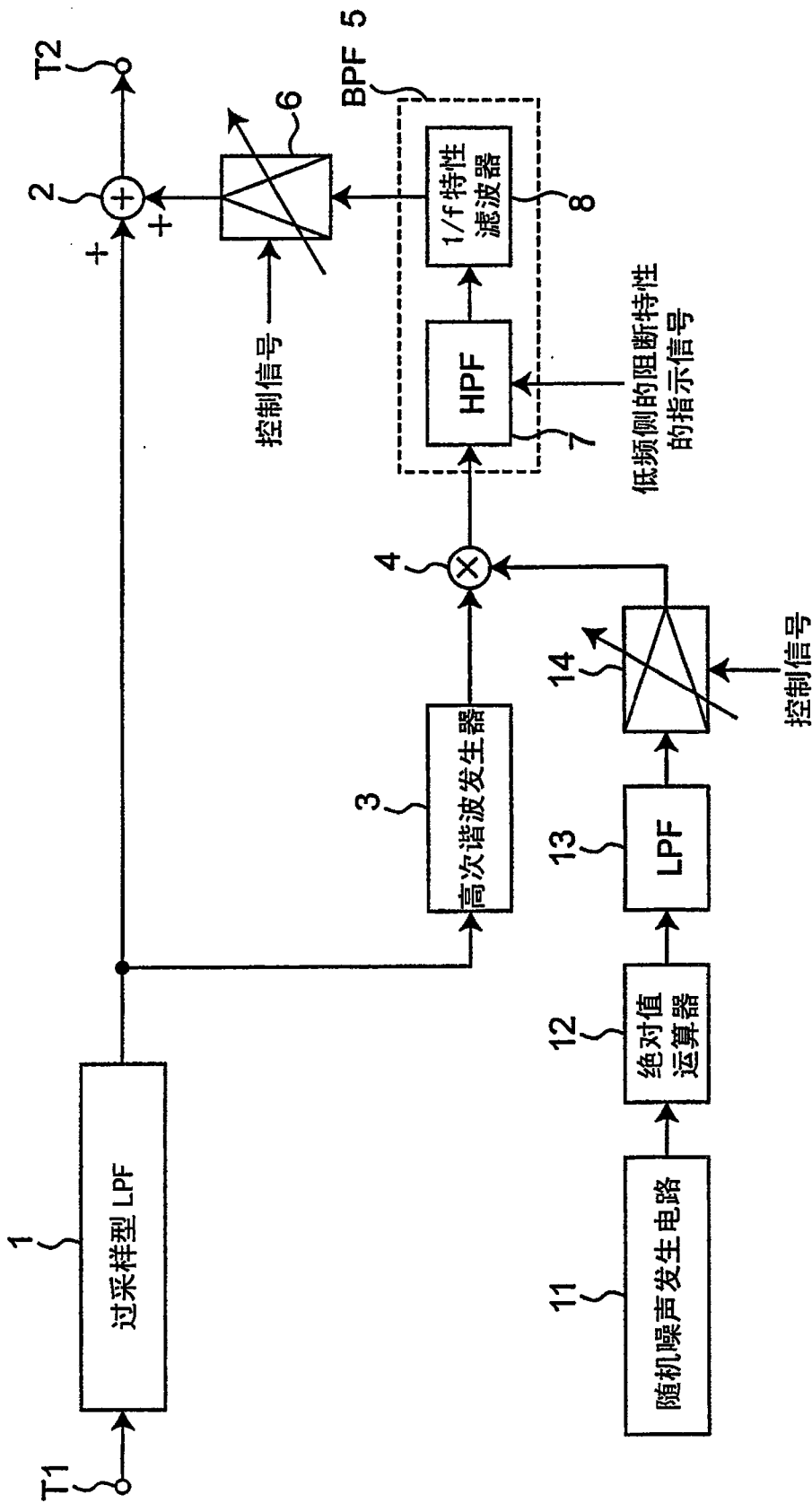


图 1



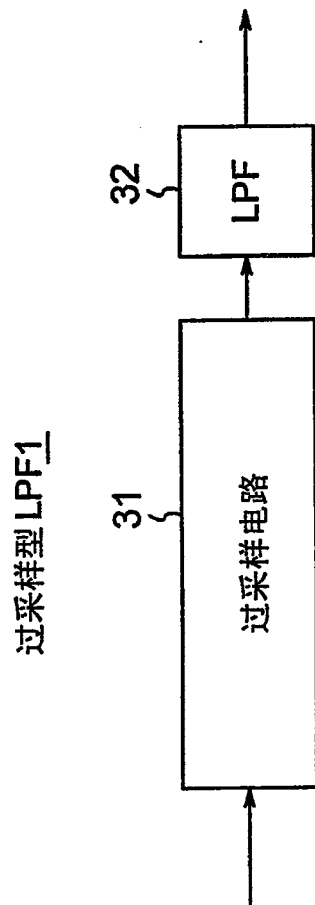


图 2

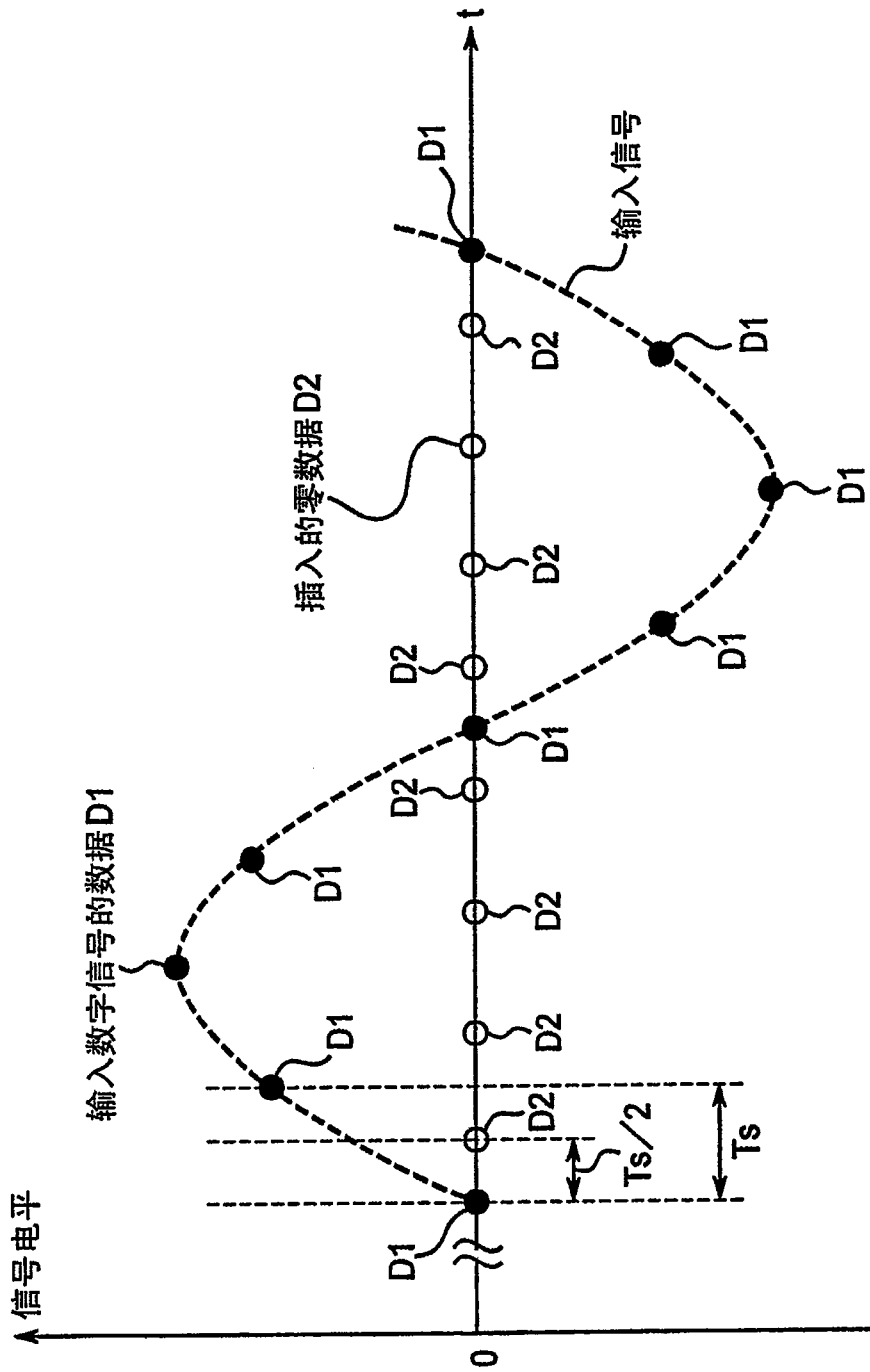


图 3

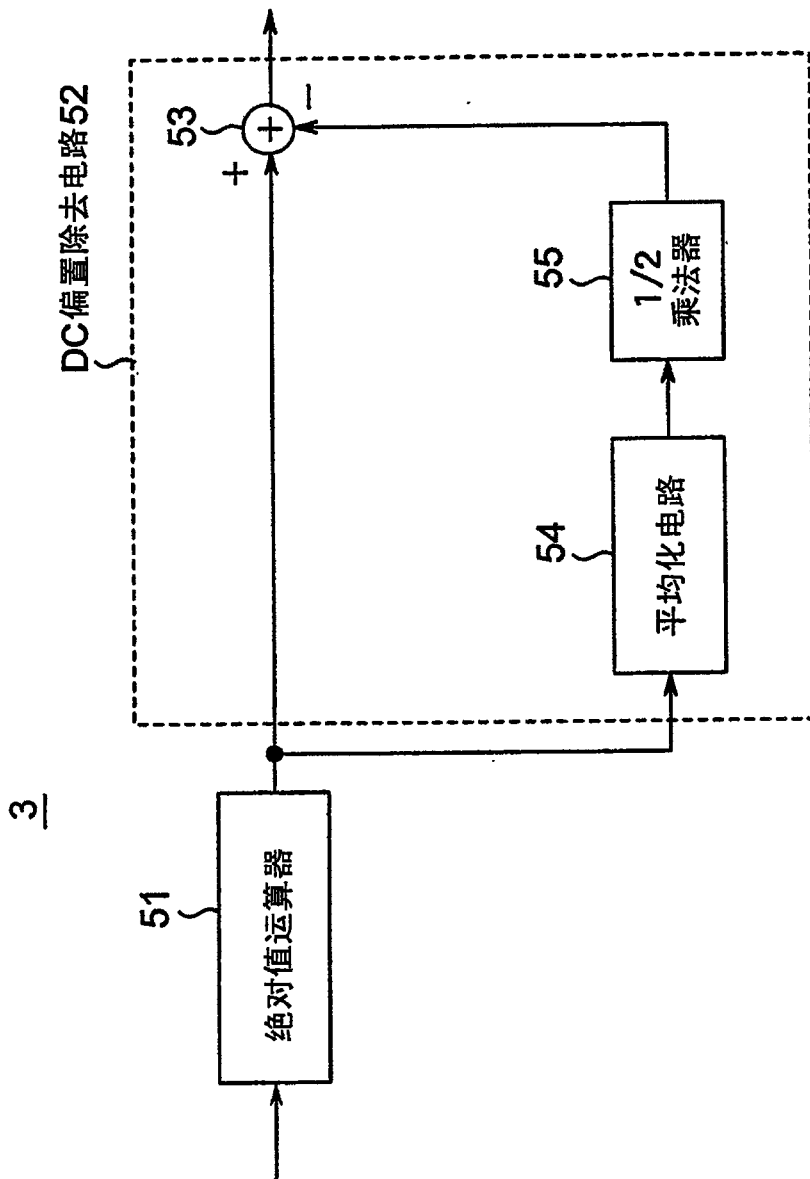


图 4

11

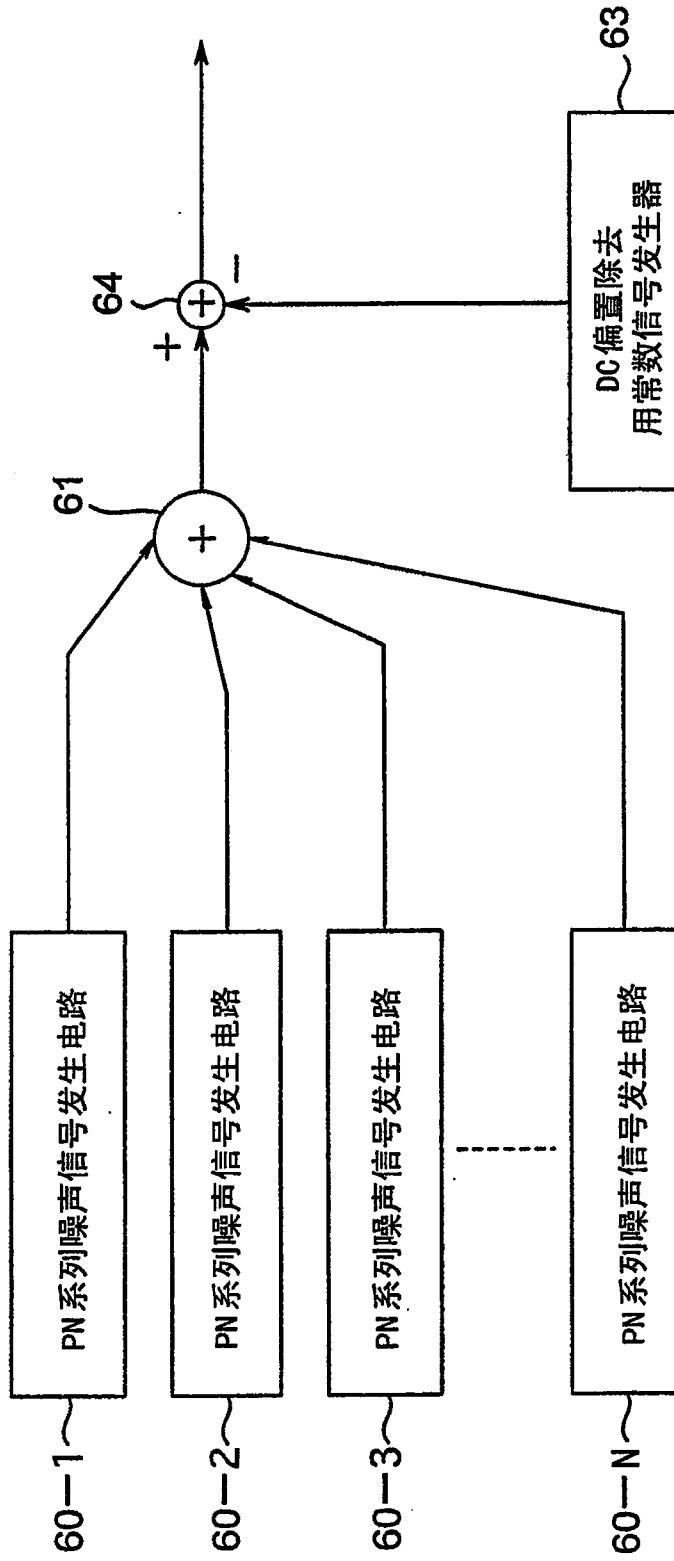


图 5

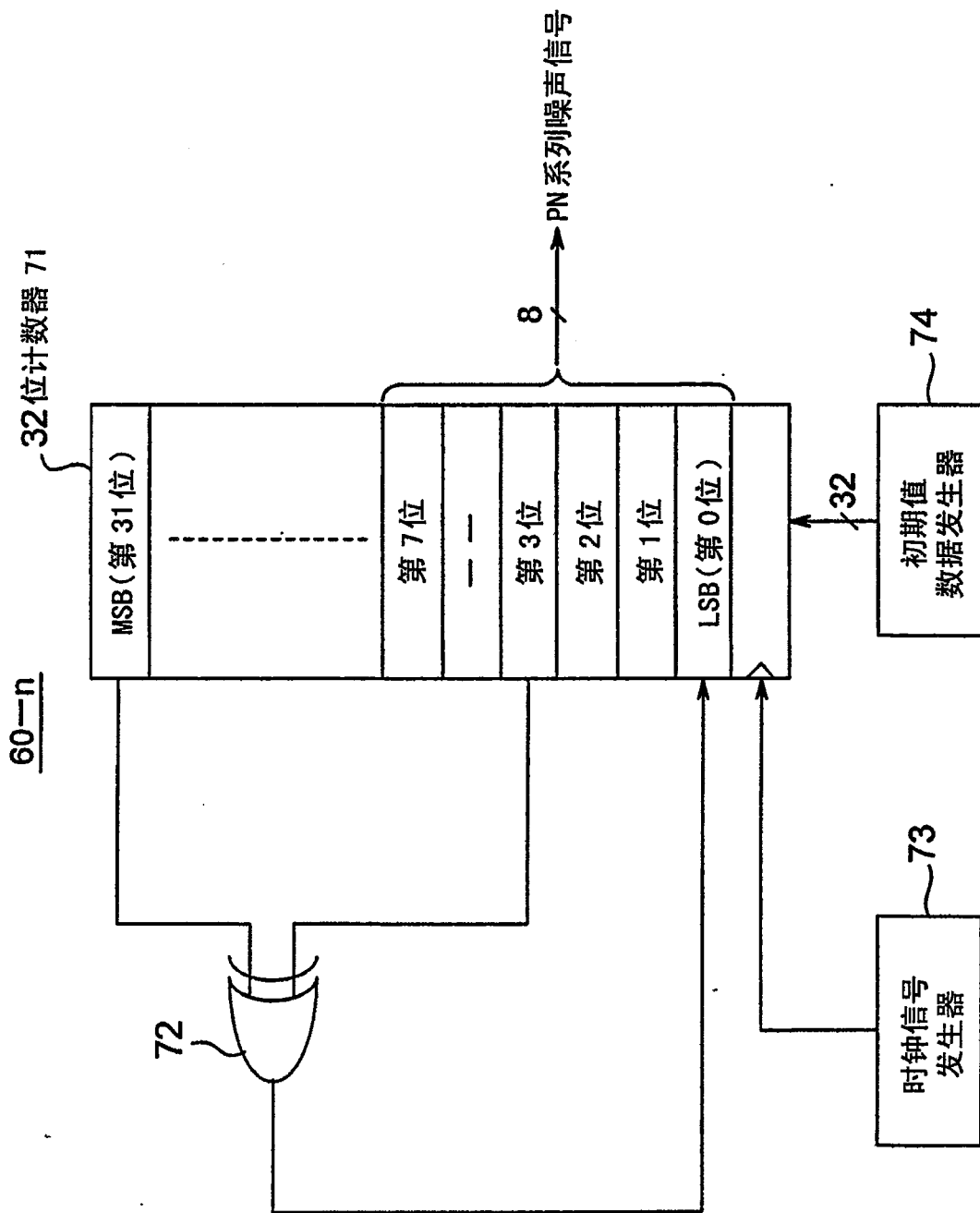


图 6

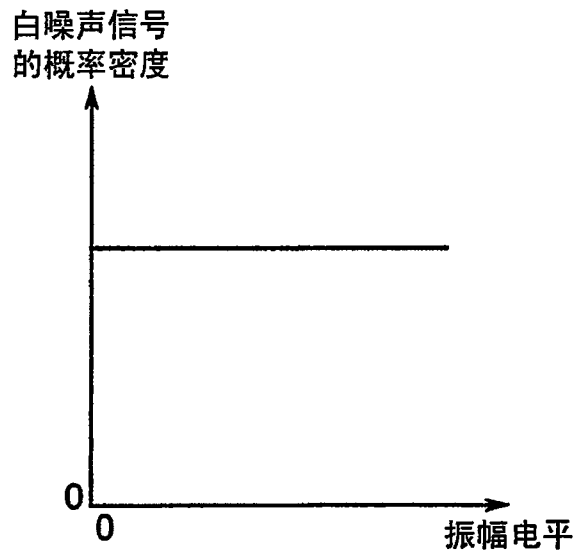


图 7

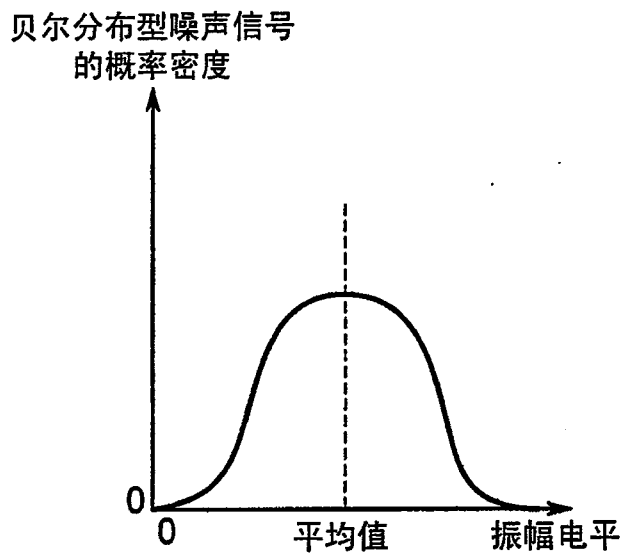


图 8

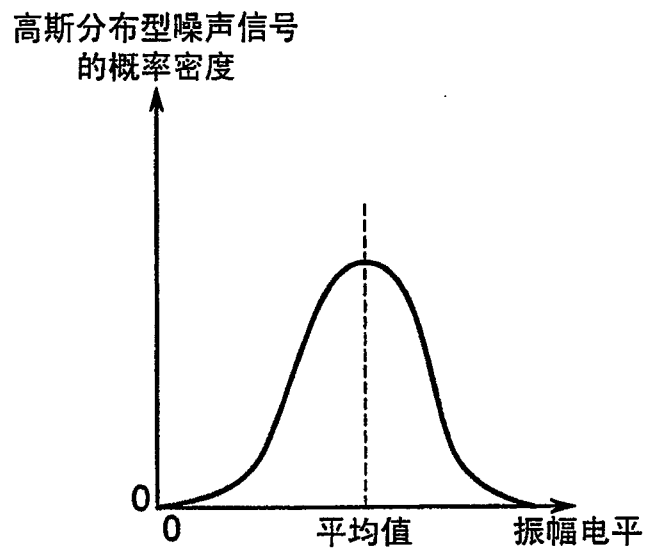


图 9

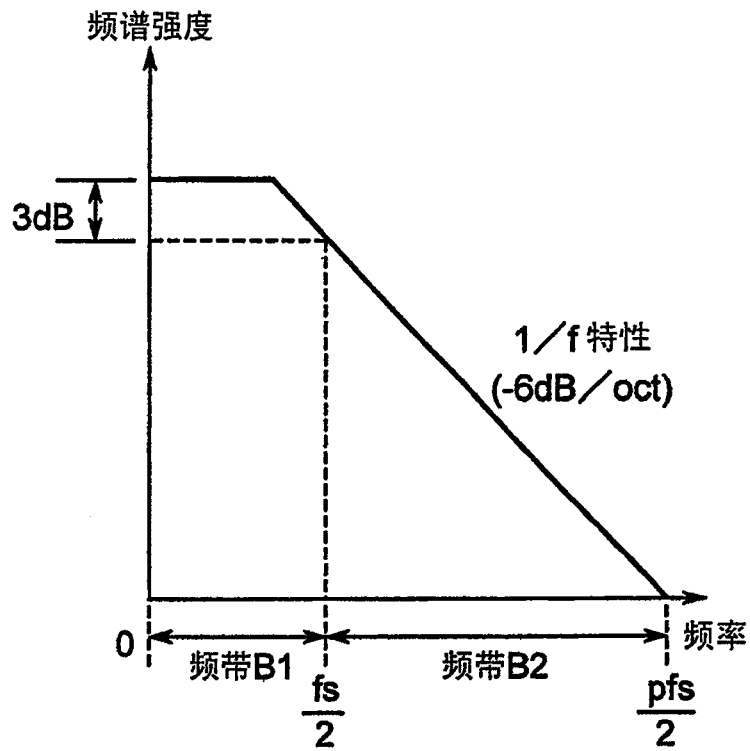


图 10

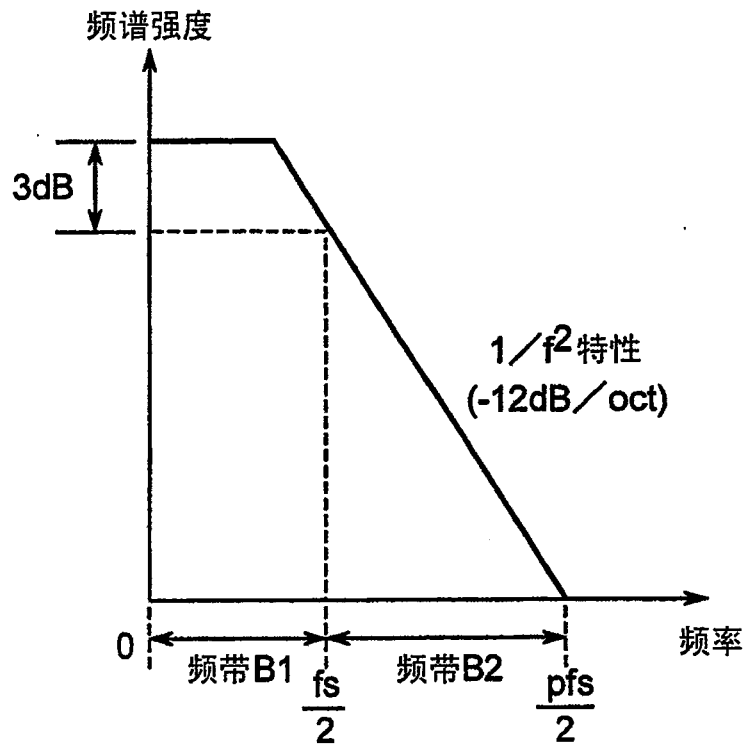


图 11



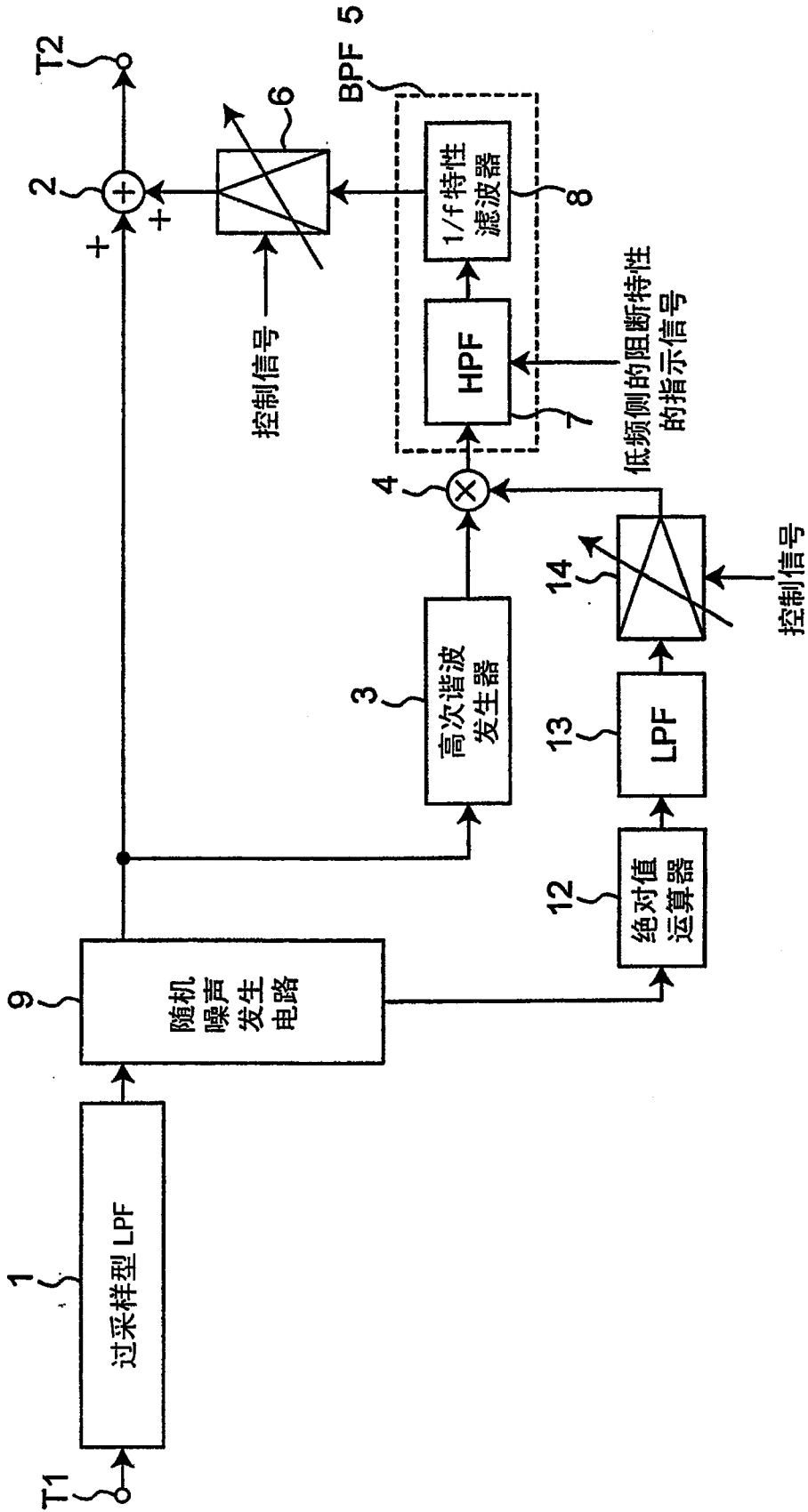


图 12

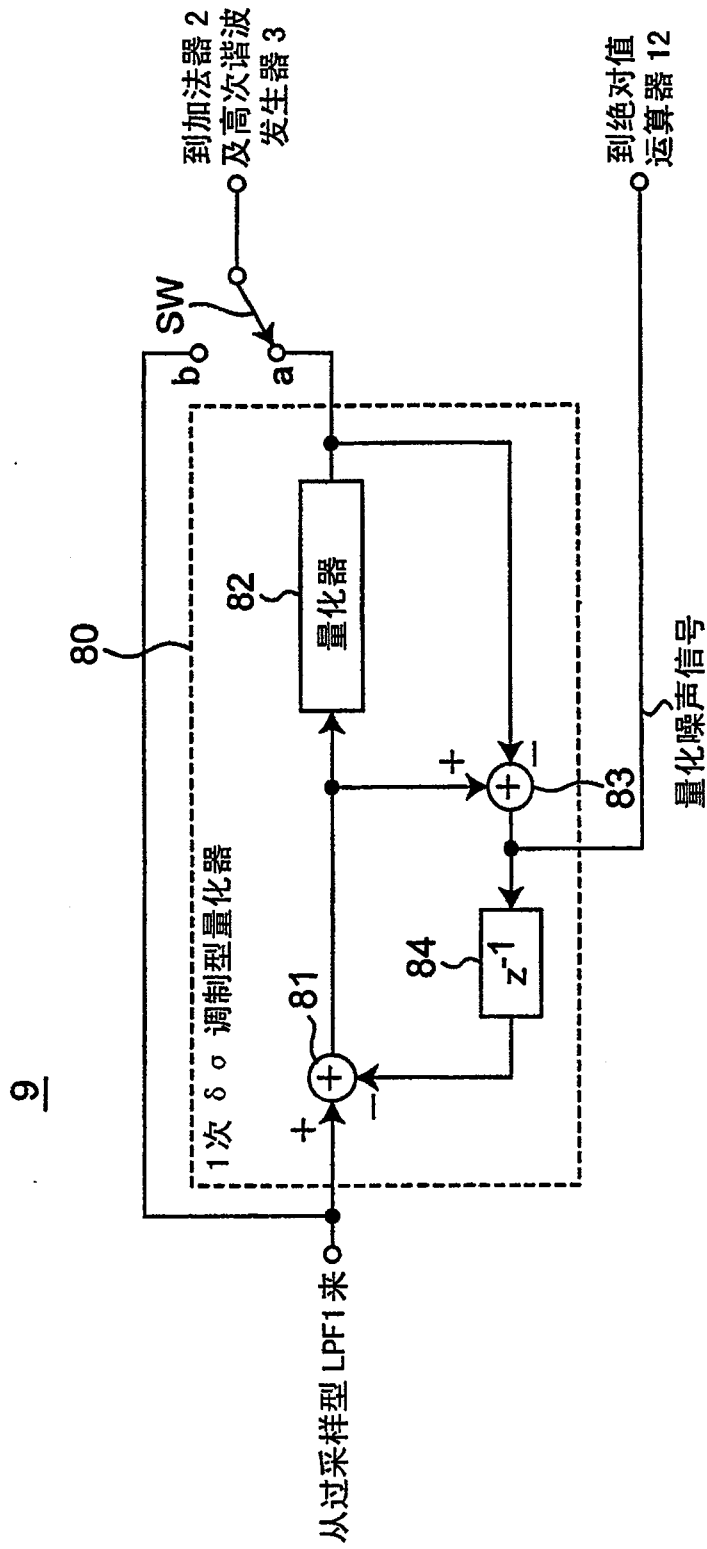


图 13



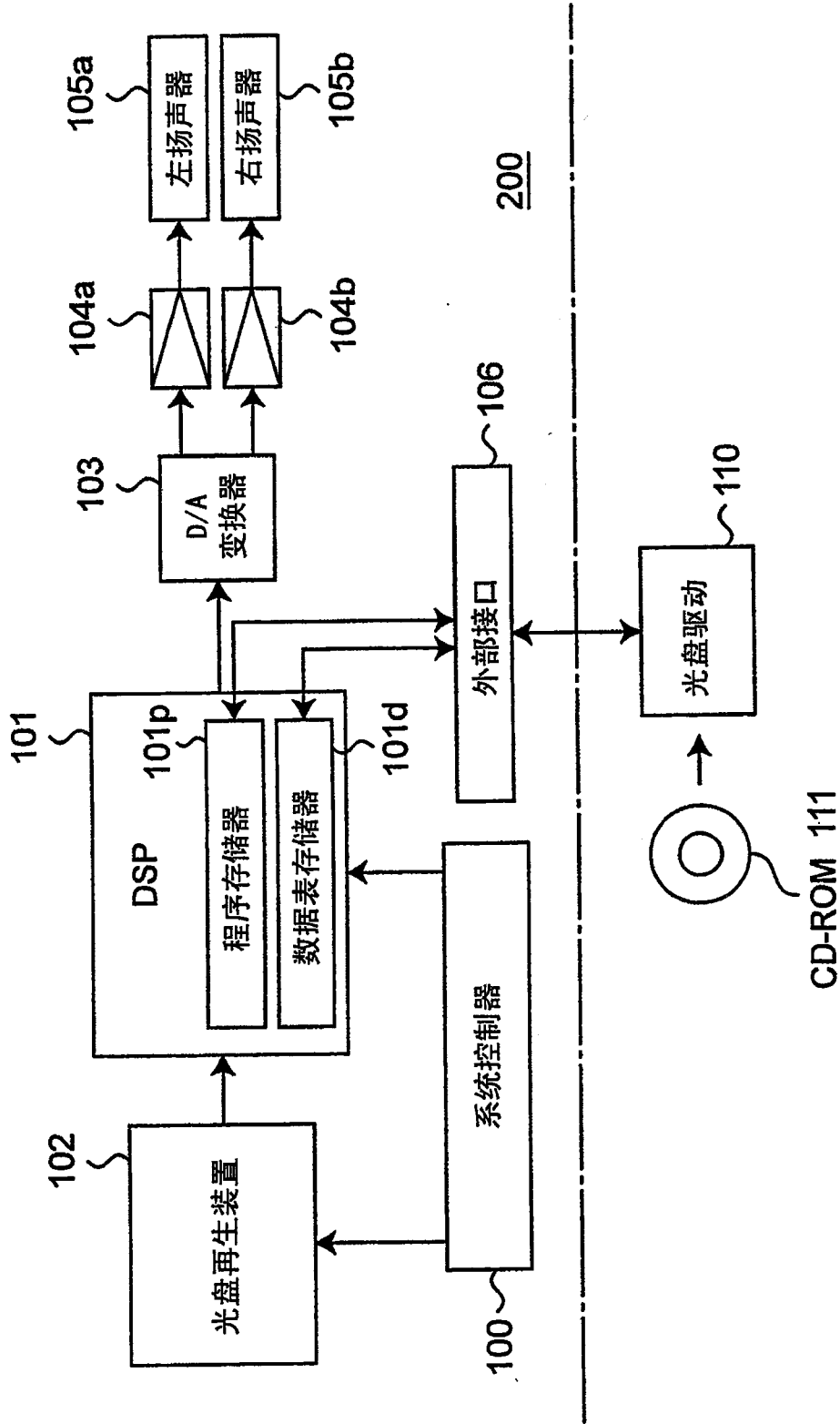


图 15

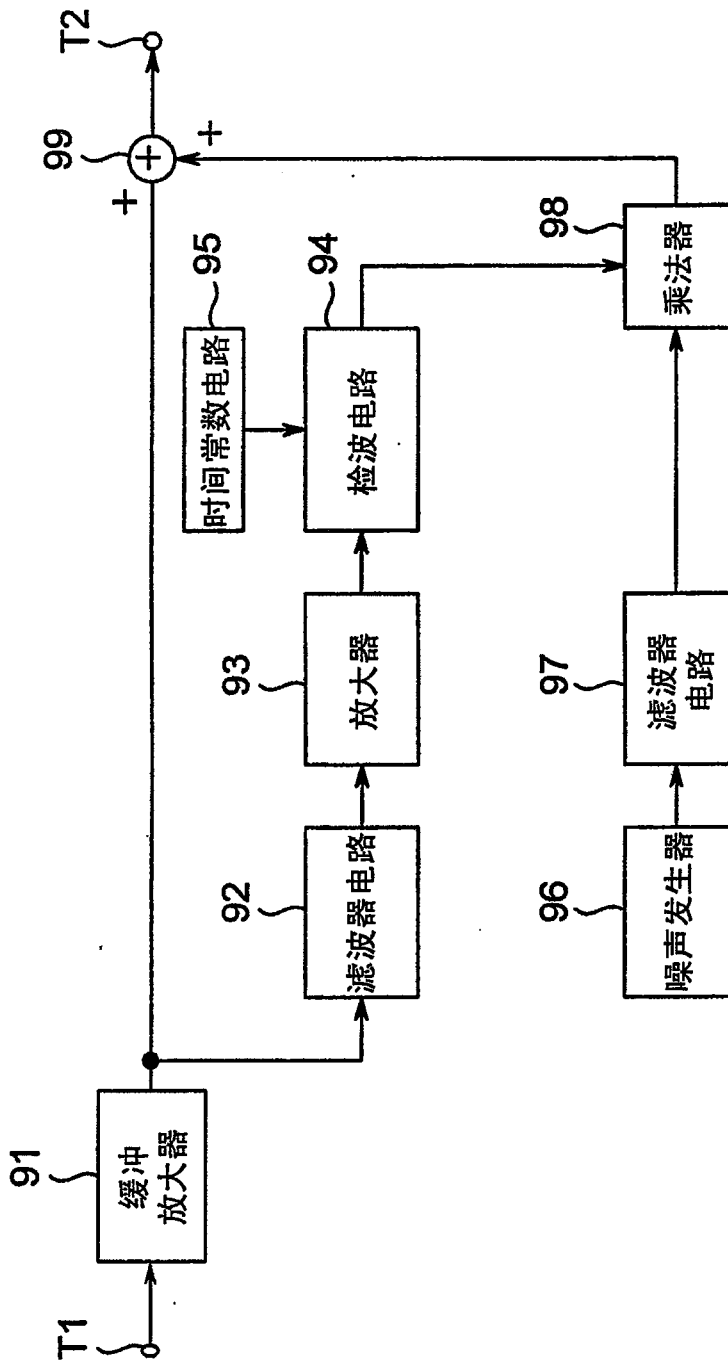


图 16