

[19]中华人民共和国专利局

[11] 授权公告号 CN 1023580C



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 91105536.3

[51]Int.Cl⁵

G10H 7/12

[45]授权公告日 1994 年 1 月 19 日

[24]颁证日 93.11.7

[21]申请号 91105536.3

[22]申请日 91.8.8

[30]优先权

[32]90.8.8 [33]JP[31]208266/90

[73]专利权人 雅马哈株式会社

地址 日本静冈县

[72]发明人 铃木则夫 武藤孝明

[74]专利代理机构 上海专利事务所

G10H 7/12

代理人 沈昭坤

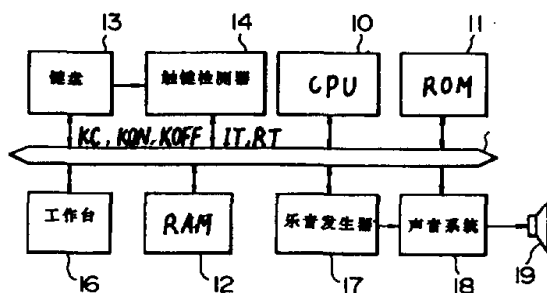
说明书页数:

附图页数:

[54]发明名称 乐音信号合成装置

[57]摘要

一种乐音信号合成装置包括一用来循环乐音信号的循环回路、将驱动波形加入到该循环回路的装置、连接在循环回路内并用来对应于音调（音高低）为上述循环乐音信号提供延迟时间的延迟电路以及连接在循环回路内并用来根据频率改变乐音信号的相位的可变全通滤波器，结果可根据触键来控制音乐乐音，且可根据触键（强弱）改变乐音的各种特征以便模拟自然乐器中由触键产生的音调（音高低）振动和非谐音成份。



权 利 要 求 书

1. 一种乐音信号合成装置，其特征在于它包括：

一用来循环乐音信号的循环装置，该循环装置包括延时装置，低通滤波器装置和全通滤波器装置，并且该延时装置用来延时循环乐音信号一相应于产生的乐音信号的乐音音调的延时时间；

该低通滤波器装置用来确定产生的乐音信号的频率特征；

该全通滤波器装置根据全通滤波器特征相应于频率改变循环乐音信号的相位；

一与上述循环装置相连、用来根据演奏信息施加一驱动信号给上述循环装置的施加装置；

一用来产生一代表演奏深度的触键信号的触键信号发生装置；
以及

一相应于触键信号控制全通滤波器特征的控制装置。

2. 如权利要求 1 所述的乐音信号合成装置，其特征在于所述全通滤波器装置随时间相应于触键信号改变循环乐音信号的相位。

3. 如权利要求 1 所述的乐音信号合成装置，其特征在于所述触键信号发生装置包括一用来提供一演奏信号的演奏装置以及根据演奏深度形成一触键信号的触键信号形成装置。

4. 如权利要求 1 所述的用于电子乐器的乐音信号合成装置，其特征在于所述全通滤波器装置包括一延时器且延时长度随时间相应于触键信号变化以改变产生的乐音的音调。

5. 如权利要求 1 所述的乐音信号合成装置，其特征在于所述控制装置包括：

一用来产生滤波放大系数的系数产生装置，该滤波放大系数随时间变化并且相应于上述触键信号；以及

一将上述滤波放大系数加到上述全通滤波器以便可变化地控制由滤波器分配给乐音信号的相位变化的装置。

6. 如权利要求 5 所述的乐音信号合成装置，其特征在于上述系数产生装置(26—29)包括一产生控制滤波器的音调包络信号以便随着演奏的开始(ST)，相应于触键信号(IT)增加一定的音调量和随后以指数函数的形式降低该音调的装置(28)，其中，上述滤波放大系数 2 是基于上述音调包络信号，由此，分配给全通滤波器的相位变化和音调变化是根据该音调包络信号来控制的。

7. 如权利要求 6 所述的乐音信号合成装置，其特征在于上述系数产生装置根据音调控制音调包络的衰减。

8. 如权利要求 5 所述的乐音信号合成装置，其特征在于所述触键信号产生装置包括：

演奏用的演奏操作器；

根据上述演奏操作器给出的演奏信息产生一触键信号的触键信号产生装置；以及

为上述系数产生装置提供上述触键信号的装置。

9. 如权利要求 8 所述的乐音信号合成装置，其特征在于，上述演奏器有许多键，并且上述触键信号产生装置包括检测按键速度的装置。

10. 如权利要求 8 所述的乐音信号合成装置，其特征在于，上述演奏器包括一衔在嘴里并通过它吹气的吹嘴，且上述触键信号产生装置包括一用来检测吹气压力的压力传感器。

11. 如权利要求 8 所述的乐音信号合成装置，其特征在于上述演奏操作器包括一振动件，且上述触键信号产生装置包括用来形成在该振动件上产生的振动的包络线及检测该包络的变化的装置。

12. 如权利要求 5 所述的乐音信号合成装置，其特征在于上述全通滤波器包括：

用来延迟一输入信号的延迟元件；用来将输入信号放大 α 系数的第一放大器；用来将放大的输入信号反相加到上述延迟元件的输出中的第一加法器；用来将上述第一加法器的输出放大 α 系数的第二放大器；以及将上述第二放大器的输出在上述延迟元件的输入侧同相加到输入信号中的第二加法器，上述延迟元件的延迟时间和第一及第二放大器的放大系数 α 根据外部施加的控制信号来控制。

13. 如权利要求1所述的乐音信号合成装置，其特征在于上述控制装置包括用来接收一代表音调的信号(KC)以及一代表触键的信号(IT)并且为上述全通滤波器提供一控制放大系数 α 和延迟时间的信号的装置(26—29)。

说明书

乐音信号合成装置

本发明涉及一种乐音信号合成装置,这种装置使用了延迟反馈型乐音合成算法,通过将一驱动波形信号加进含有一延迟装置和一滤波装置的闭环回路中以及通过使该驱动波形信号在该闭环回路中循环的波形处理方法,合成一乐音信号。特别涉及一种可用于电子乐器,为它提供乐音控制以使电子乐器能模拟自然乐器的乐音的乐音信号合成装置。

在现有技术的波形读出型乐音信号合成装置中,不同音调的乐音信号是通过以不同读出速度读出一基本的波形(例如一正弦波形)合成的。由于频率越高,从基本波形采样的采样点的数量就越少,因此合成的乐音信号的特征降低,而且,很难随着时间的推移改变信号波形。

审查后公开号为 Sho—58—58679 的日本专利提出了一通过把一驱动波形信号输进一由一串联连接的滤波器和延时(迟)器电路组成的闭环回路且在该闭环回路中重复循环上述驱动波形信号来合成一乐音信号的技术。根据该技术,乐音信号的振幅、高频含量、高频的相位等等可随着时间的推移较大幅度地改变,以便与波形读出型乐音信号合成装置相比,可产生比较接近自然乐器的音乐乐音。

在最近的电子乐器中,通过触键来改变各种乐音特征的技术已经比较普及。例如,自然乐器的音乐乐音的起始—衰减—持续—释放波形可通过根据相应的触键控制音量包络线来模拟而且也能模拟由触键引起的音调的振动。

在象钢琴这样的自然乐器中,不但音量随触键变化,而且,键按

下后的瞬间音乐乐音的音调和谐音(和声)结构也可变化,然后随着时间的推移回到指定的音调和标准谐音(和声)结构上。关于谐音(和声)结构,刚刚按键之后的音乐乐音中包含许多非谐音的音调成份以及含有由相对于基本乐音的音调的整数倍或简单的分数表示的音调的谐音。随着时间的推移,非谐音的音调成份逐渐减少,而留下纯谐音结构。

本发明的一个目的是提供一种使用延迟反馈型乐音合成算法的乐音合成装置,使用它,音乐乐音可由触键控制。

本发明的另一个目的是提供一种乐音合成装置,根据该装置,乐音和许多特征可由触键改变,以模拟自然乐器中由触键引起的音调的振动和非谐音成份的产生。

根据本发明的一个方面,它提供一种乐音合成装置,该装置包括一用来循环一乐音信号的循环回路、用来将一驱动波形加入到该循环回路中去的装置、一连接在该循环回路之内、对应于音调为循环乐音信号提供延迟时间的延时电路以及一连接在循环回路之内并能根据频率改变乐音信号的相位的可变全通滤波器。

图 1 是根据本发明的一个实施例的电子乐器的示意性方框图;

图 2 是图 1 中所述的乐音发生电路的结构的一个例子的方框图;

图 3 是图 2 中所述的全通滤波器的结构的一个例子的方框图;

图 4 是通常的乐音发生电路的结构的一个例子的方框图;

图 5 是键盘乐器中的触键检测电路的结构的一个例子的方框图;

图 6 是键盘中第一和第二触点的结构的一个例子的示意图;

图 7A 是管乐器型电子乐器的外形示意图;

图 7B 是管乐器型电子乐器的端部结构的放大的局部透视图;

图 7C 是用在管乐器型电子乐器中的触键检测电路的方框图;

图 7D 是用来解释初始触键信号的检测的图；

图 8A 是打击乐器型电子器中的初始触键检测电路的方框图；

图 8B 是用来解释初始触键的检测的图；

图 9 是地址发生器的结构的一个例子的方框图；

图 10A 是解释图 3 所示的全通滤波器的功能的示意图；

图 10B 是相当于图 10A 的电路的示意图；

图 11 是表示取样周期和 ωT 变化之间的关系图；

图 12 是表示给予全通滤波器的放大系数随时间变化的图；

图 13 是表示给予全通滤波器的延迟级数 n 随时间变化的图；

图 14 是一种存储型包络线发生器的结构的示意方框图；

图 15 是使用包络线发生器转换表的结构一个例子的示意图；

图 16 是一种计算型包络线发生器的结构的一个例子的示意方框图；

图 17 是转换表的示意图；

图 18 是延时电路的结构的一个例子的示意方框图；以及

图 19 是由延时电路和全通滤波器组成的循环回路的一个例子的示意方框图。

为了便于理解本发明，首先描述延时反馈型乐音信号合成装置。

图 4 是与上述审查后公告号为 Sho—58—58679 的日本专利中所公开的相同的一种乐音发生器电路(乐音信号合成器)。图中，地址发生器 21 根据 CPU 发出的(图中未画出 CPU)乐音产生指令产生一地址信号。一驱动波形存储器 22 根据上述地址信号产生一驱动波形信号且将驱动波形信号输入到一由延时电路 23 和滤波器 24 构成的闭环回路中。上述驱动波形信号在该闭环回路中循环。延时电路 23 确定一次循环所需要的时间，也就是说决定等产生的乐音信号的音调(音高低)。低通滤波器 24 给出这样一个衰减特征：在音调度高时衰减速率相应变高。乐音信号可在闭环回路中任一需要的点上拾取。

下面参照附图来描述本发明的实施例。

图 1 是根据本发明的一个实施例的电子键盘乐器的示意性方框图。

在该电子键盘乐器中，它的操作一般由一中央处理单元 CPU10 来控制。一只读存储器(ROM)11、一随机存取存储器(RAM)12、一键盘电路 13、一触键信息检测电路 14、一操作面板 16 以及一乐音发生电路 17 通过一双向总线 BUS 与 CPU10 相连接。一声音系统 18 与一乐音发生器电路 17 相连。扬声器 19 则连接在上述声音系统 18 上。

图 1 中，控制 CPU10 的程序以及产生各种音乐乐音所需的数据存储在 ROM11 中。

RAM12 用来作为产生各种音乐乐音所需的临时存储或寄存器。

键盘电路 13 有一能进行触键检测的键盘。键盘电路 13 检测键盘上键的状态并产生一代表被按键的代码、一代表键按下状态的键按下信号(KON)以及一代表键释放状态的键释放信号(KOFF)。

触键信号检测电路 14 检测在键盘上被按键的按下速度或释放速度并产生代表键按下速度的最初触键信息 IT 和代表键释放速度的释放触键信息 RT。

操作面板 16 用于转换音色以及设定电子乐器所需的其它参数。

乐音发生器电路 17 根据 CPU10 给定的参数合成音乐乐音信号。

声音系统 18 将来自乐音发生器电路 17 的数字数据转换成激励扬声器 19 的模拟数据，且在需要时可放大上述模拟数据。

图 2 是图 1 所示的乐音发生器电路 17 的结构图。乐音发生器电路 17 可根据触键改变滤波器的系数。图 2 所示的电路与图 4 所示的电路的相同之处，在于它们都是根据由地址发生器 21 产生的地址信号从驱动波形存储器 22 中读出驱动波形并输入到闭环回路的。在闭环回路中，一全通滤波器 25 与一滤波器 24 串联连接。用来给定滤波

器系数的滤波器系数发生电路则与全通滤波器 25 相连。

延时电路 23、低通滤波器 24 以及全通滤波器 25 构成一反馈回路。延时的反馈回路的总的延时量与行将输出的音乐乐音的音调(音高低)相对应。转换表 26、比较器 27 和音调包络线发生器 28 构成一滤波器系数发生电路。

全通滤波器 25 是有平顶振幅特征的滤波器,其中仅相位与预定使用的带宽内的频率有关。当某一频率的信号在回路中循环时,原始信号与输出信号之间的相位差取决于回路的延时特性,也就是说,取决于全通滤波器的频率特性。

下面描述图 2 所示电路的工作过程。地址发生器 21 从图 1 所示的 CPU10 接收象存储读出起始信号 ST、存储读出起始点以及读出数据大小 DS 之类的信息并根据这些信息产生可从驱动波形存储器 22 中读出波形信号的地址信息。

驱动波形存储器 22 输出一由地址信息寻址(访问)的驱动波形,并且将驱动波形提供给包含延时电路 23、滤波器 24 和全通滤波器 25 的回路。

延时电路 23 是一种可对一输入延时一预定的时间的电路。延时电路 23 可由寄存器、一 RAM 或其它类似的器件组成。DL 代表根据代表音调(高低)的键代码 KC 在转换电路 30 中产生的延时电路 23 中的延时级数。在延时电路 23 由一寄存器构成的情况下。DL 则代表寄存器中的级数。

滤波器 24 有与图 4 中的乐音发生器使用的滤波器 24 相同的衰减。为了给高音调以较强的衰减,一般由一低通滤波器组成的滤波器 24 可以和一带通滤波器或类似的器件结合以便得到一特定的音色。也就是说,滤波器 24 用来得到输出乐音的频率特性和衰减特性。截止频率、衰减速度(率)或其它类似的参数作为滤波器参数 FPS 由 CPU10 输入到滤波器 24 中。或者在使用很难处理模拟数据的诸如

FIR 或 IIR 之类的普通数字滤波器的情况下,则给出一组滤波器系数作为滤波器参数 FPS。

全通滤波器 25 与滤波器 24 的不同之处在于,滤波器 25 没有衰减功能而是提供一取决于频率的延迟时间。全通滤波器 25 与延迟电路的类似之处在于它也提供一延迟时间,但是滤波器 25 与延时电路不同,它提供的是与频率有关的延迟时间。

由转换表 26、比较器 27 和音调包络线发生器 28 构成的滤波器系数发生电路用于设定一控制延迟与频率依赖关系的滤波器系数 α 和设定与频率无关的延迟时间的滤波器系数 n 。

在确定滤波器系数 α 时,将 CPU 提供的初始触键信息 IT 与阈值信息 TO 在比较器 27 中进行比较。在钢琴的情况下,仅当初始触键不比预定的阈值弱时才输出“1”,因为事实是当键触不比某一值弱时音调才发生变化。阈值信息 TO 可以由使用者通过操作面板 16 提供或根据音色在 ROM11 中预先设定。当要避免由触键引起音调变化时,可在操作面板 16 上把阈值信息 TO 设定在最大值,这样,由于要在操作面板 16 上设定阈值信息 TO 的情况下,由于 IT 总是小于 TO,因而总是产生输出信号“0”。或者,当阈值信息 TO 在 ROM11 中预先设定时,可单独提供一开关,以便在要避免音高低变化时,使比较器不能工作。

音调包络线发生器 28 输出一与初始确键 IT 和键代码 KC 相对应的音调包络曲线。为了获得在演奏自然乐器时音调(音高低)的变化随着触键的力的增强而变大的现象,提供了取决于初始触键 IT 的音调包络曲线。因为音调(音高低)包络在衰减通常很快的高音区域必须很快变化,所以提供了取决于与键代码 KC 的音调包络曲线。也就是说,建立与键的对应转换关系。

在音调包络发生器 28 之后的乘法器 29 将上述音调包络发生器 28 的输出乘以比较器 27 的输出(“0”或“1”),以便当初始触键 IT 不

比阈值 T_0 弱(轻)时能将用来为滤波器 25 提供音调改变的信号输入到转换表中。也就是说,当比较器 27 的输出是“0”时,不管音调包络发生器 28 的输出是多少,乘法器 29 的输出总是“0”,以便不发生音调的变化。当比较器 27 的输出是“1”时,音调包络发生器 28 的输出直接用作乘法器 29 的输出输入到转换表 26 中。

转换表 26 是一种根据音调的实际变化将音调包络发生器 28 输出的音调包络转换成全通滤波器 25 的滤波器系数 α 的表。转换表 26 也作为一种将键代码 KC 转变成作为其它滤波器系数的延时级数 n 。音调改变的宽度由参数 n 加以限制。表 26 所给出的系数 α 和 n 输入到滤波器 25 中。

图 3 是一种通常的一级全通滤波器的结构的一个例子的示意图。加法器 34 和 35 与延时电路 33 的输入侧和输出侧分别相连。输出通过含有放大系数 α 的放大器 32 同相反馈给输入侧加法器 34。输入则通过放大系数为 α 的放大器反相向前馈给输出侧加法器 35。相位变化的频率特征能通过改变放大器 31 和 32 的放大系数 α 而进行种种变化。例如,当放大倍数 α 是零时,全通滤波器就成了一种对所有频率都相同地给出延迟时间的普通延时电路。通常,在具有这种结构的全通滤波器中,与频率有关的相位差当放大倍数 α 趋近于 1 时变宽(大)。

作为延时电路(例如,一移位寄存器)33 的级数并与键代码 KC 相对应的延迟级数 n 以及随时间变化、与键代码 K 和初始触键相对应地从音调包络发生器 28(图 2)中输出、作为放大器 31 和 32 的放大系数的 α 从图 2 中的转换表 26 输入到图 3 的全通滤波器中。结果,音调(音高低)随系数 α 和 n 变化的音乐乐音在图 2 中的乐音发生电路 17 中被合成。

如上所述,在图 1 所示的、具有如图 2 所示的乐音发生电路以及使用图 3 所示的全通滤波器的电子乐器中,音乐乐音在演奏时可根

据触键来很好地进行变化。下面,对其中重要的部分将连同它的几种变化形式作更详细的描述。

下面先描述检测触键信号的装置。图 5 是键盘乐器中的触键检测电路的一个例子。键盘 40 有许多键。每一个键上有第一触点和第二触点。第一触点的一组 41 和第二触点的一组 42 与一键盘 CPU43 相连。一计数器 48 连续不断地对时钟信号 CL 进行计数且将计数值提供给 CPU43。

当 CPU43 检测到某一键的第一触点被触及时,在此检测时刻的计数器的值被储存起来。当 CPU43 检测到键的第二触点被触及时,也将该检测时刻的计数器的值储存起来。从接触第一触点到接触第二触点的计数数目,也就是说,从接触第一触点到接触第二触点所需要的时间通过从在检测到第二触点接触的时刻的计数值减去在检测到第一触点接触的时刻的计数值而得到。当触键的力变得较大时,计数值减少。相反,当触键的力变得较轻(小)时,计数值增加。表示触键强度的计数值由 CPU43 转换成触键信息。该触键信息储存在具有双口的存储器 46 的一预定区域内。该过程是根据储存在程序存储器 44 内的程序进行的。具有双口的存储器 46 也与总线 BUS 相连。乐器的 CPU10 和键盘 40 的 CPU43 之间的数据交换是通过存储器来进行的。

图 6 是键盘中的第一和第二触点的结构的一个例子的示意图。每一个键 51 都由转轴 52 支持,使得它能够转动。当键 51 被按下时,由转轴 54 支持并能转动的音锤 53 也被向下压。在音锤 53 的下表面设有突出部分 55 和 56,至少这些突出部分 55 和 56 是由弹性材料构成的。当被向下压时,音锤 53 接触到第一触点,然后再接触到第二触点。这种与第一触点 57 和第二触点 58 的接触由图 5 所示的 CPU 加以检测。

图 7A 是一种管乐器型电子乐器的外形示意图。用来设定音调

(音高低)的许多键 62 设置在管乐型乐器器身 60 的主体部分。吹嘴 61 与器身 60 的一端相连。所需的乐音信号通过将吹嘴放在嘴中、向吹嘴口 61 吹气且按键 62 而产生。

图 7B 是当吹嘴 61 拆下时管乐器型电子乐器 60 的端部的结构示意图。一压力传感器 63 检测演奏者吹气的压力。一悬臂 64 是这样构成的：它的杆相对于演奏者的嘴的紧闭程度前后移动，从而给出一对应于杆的位置的输出。也就是说，悬臂 64 检测表演者的嘴的动作。与管乐器型乐器的操作器的引线相接触的悬臂 64 检测引线的运动。虽然自然管乐器的引线是振动的，但是电子管乐器中的引线不振动。简言之，引线基本上仅仅相应于演奏者的口的状态而移动。

图 7C 是用在管乐器型电子乐器中的键触检测电路。压力传感器 63 和悬臂 64 将相应于吹气的压力和嘴的压力的模拟信号分别输入到模/数转换器 65 和 66 中。模/数转换器 65 和 66 将输入的模拟信号变成数字信号并将该数字信号输入到 CPU67 中。计时器 68 对时钟信号 CL 进行计数，同时也将计数值输入到 CPU67 中。CPU67 在预定的计数值的周期内(时间间隔内)检测压力以及嘴(形)的变化，从而形成一触键信号并将它储存在存储器 69 中。存储器 69 与电子乐器器身的总线相连以便在存储器 69 和电子乐器器身的 CPU 之间进行数据交换。

在管乐器中，触键信号可根据压力传感器 63 检测到的吹气压力信号产生。图 7D 是解释检测初始触键信号 IT 的示意图。

图中示出的是吹压随着时间的推移渐渐增大且在达到最大值后又慢慢减小的情况。对超过阈值水平 BRO 后的一预定时间 Tw 内的吹气压变化进行检测。经过的时间 Tw 则通过对由计时器 68 提供的计数值进行计数来确定。在时间间隔 Tw 之后的吹压 IT 则作为初始触键来检测。这样的初始触键的检测是通过检测吹压时的中断处理来完成的。

图 8A 和 8B 表示打击乐器的触键检测。

图 8A 是表示一打击乐器型电子乐器的初始触键检测电路。设置在打击乐器型电子乐器的演奏部分的振动传感器 71 检测振动并将检测信号输入到模/数转换器 72 中。模/数转换器 72 将该信号转变成数字信号并将数字信号输入到 CPU73 中。计时器 74 对时钟信号进行计数并输出一时间信号给 CPU73。CPU73 检测初始触键且使 RAM75 将初始触键信息储存起来。

图 8B 是用来解释初始触键的检测的示意图。在打击乐器中,由此检测到的信号是如图 8B 所示的一种交流信号。由于该检测信号是一种交流信号,由图 8B 的折线所表示的包络信号可以用将检测信号通过一低通滤波器的办法而得到。初始触键信号可通过使用与参照图 7D 所述的相同的方式来加以检测。

尽管上述描述是针对打击乐器的情况来进行的,但是前面所述的检测方法也能应用到弦线乐器型电子乐器中对弦的振动进行检测。

如上所述,初始触键信号可从各种演奏型式的电子乐器的演奏部位分别检测到。很明显对本领域的技术人员来说,代表音高低的键代码 KC 和其它形成音调的参数也完全能根据乐器的型式进行检测。

下面将描述图 2 中的乐音发生电路的主要构成部分。图 9 是地址发生器 21 的结构的一个例子的示意图。一全加器 81、一延时电路 82 以及 AND(“与”)电路组 83 相互串联连接而构成一闭环回路。一比较器 84 将输入 A 与输入 B 进行比较且当输入 A 大于输入 B 时输出“1”信号给全加器 81。比较器 84 的输入 A 与一门锁电路 85 相连。闭环回路的输出通过一加法器 88 全为一地址信号输出。门锁电路 86 的输出则加到加法器 88 上。门锁电路 85 和 86 分别门锁数据大小 DS 和起始指示信号 SP。

当起始脉冲 SP 被给出时, 闭环回路中的数据由 AND(“与”) 电路组 83 复位。此后, 如果闭环中的值比 DS 小, 全加器 81 的信号增加“1”。当闭环中的值达到 DS 时, 比较器 84 的输出为零, 环路中的增量操作停止进行。环路中的值由加法器 88 加到代表地址起始点的起始指示信号 SP 上, 由此产生一地址信号 AD。

图 10A 是用来说明图 3 中的全通滤波器功能的示意图。输入、输出、放大系数以及延时电路的延时常数分别由 X 、 Y 、 k 和 Z^{-1} 表示。

当相应的值由上述符号表示时, 输出 Y 可由下列等式表示:

$$Y = kYZ^{-1} + XZ^{-1} - kX$$

$$Y(1 - kZ^{-1}) = X(Z^{-1} - k)$$

$$Y/X = (Z^{-1} - k) / (1 - kZ^{-1})$$

图 10B 是与图 10A 等效且由另一种电路形式表示的电路。

传送(转换)函数的延时特征

$$H(Z) = (Z^{-1} - k) / (1 - kZ^{-1})$$

由下列等式表示:

$$\tau(\omega X) = T(1 - k^2) / (1 - 2k \cos \omega T + k^2)$$

其中, ω 表示角速度, 而 $\tau(\omega X)$ 则表示对角速度 ωX 的延迟时间。

图 11 是表示延时时间与采样时间 T 之比随 ωT 的变化而变化的示意图。该关系是相角与频率之间的关系。当这种关系重新安排为频率和延迟量之间的关系时, 就可得到一如折线所示的曲线。

从图 11 可清楚看出, 当图 3 的电路中的放大器 31 和 32 的放大系数 α (即前述等式中的 k) 变化时, 相角随频率发生较大范围的变化。

图 12 是表示给予全通滤波器 25 的放大系数 α 随时间而变化的一个例子的示意图。当键在 KON 处即键在键盘(或类似的器件)上被按下时放大系数 α 上升到接近 1 的值, 然后以一指数函数的形式减小。当 α 接近 1 时, 许多非谐音的成份产生, 这一点从图 11 中很明显

地看到。因为当 α 是 1 时全通滤波器变成发散,所以放大系数 α 必须小于 1。

图 13 是表示给予全通滤波器 25 的延迟级数 n 随时间而变化的示意图。当键处于 KON 的位置时,级数 n 从基准延迟值 N 减小一预定量,然后渐渐增加,达到最初的基准延迟值 N 。

通常,在钢琴或其它类似的乐器中,音调(音高低)在开始接触弦的时刻增大,然后渐渐集中到一预定的值。为了使用延时级数来实现这一现象,有必要在键处在 KON 处的时刻减少延迟级数,然后将音调(音高低)渐渐集中到某一预定的值。图 14 表示一存储器型包络发生器 28 的结构图。

图中一全加器 91、一延迟电路 92 和 AND 电路组 93 构成一与图 9 相似的闭环回路。开锁电路 96 和 97 开锁键代码 KC 信息和初始触键 IT 信息并将它们分别输入到用来从键代码 KC 中求得一累积值的表 94 和用来从初始触键 IT 中求得一系数的表 95 中。开锁电路 96 和 97 通过接到一起始脉冲 ST 而被启动。起始脉冲 ST 也用来使计数器 98 复位。计数器 98 从全加法器 91 中接收进位输出。一相应于 KC 的值由上述闭环累加,从而从全加法器 91 中产生一进位信号,以增加计数器 98 的值。当计数器 98 的值达到最大时,该计数器停止计数工作而保持该最大值。当键代码 KC 增大时,一较大的值被设定给从键代码 KC 中求得一累积值的表 94。相应地,音调(音)越高时,包络也得越快。计数器 98 的计数值用作存储器 99 的一个地址,以从存储器 99 中读出具有图 14 所示的波形的信号。在乘法器 100 中,从存储器 99 读出的信号被乘上某一系数,该系数由表 95 提供。于是产生一相应于初始触键(信号)IT 的音调包络(信号 IT')。这个音调包络(信号曲线)IT' 有如图 14 的右侧所示的特性,即当输入变大时,音调(音高低)较大幅度地变化。当音调包络 IT' 是“零”时,总的音调(音高低)值等于键代码 KC 的音调(音高低)值。

下面描述图 2 所示的转换表 26 的结构。

图 15 是使用图 14 的包络发生器的转换表的结构的一个例子。对于放大系数 α , 所供给的音调包络(信号)IT' 可以直接使用。对于延迟级数 n , 则需要从基本的延时长度 N 中减去的过程。因为有必要换算相应于键代码 KC 的延时长度的变化范围, 因此通过使用表 102 来产生相应于该键代码的系数, 表 102 是用来从该键码 KC 中得到系数的。用这个系数在乘法器 103 中与音调包络相乘, 并在放大器 104 中被反相, 然后加到基本延迟长度 N 上或从基本延迟长度 N 中减去, 这样就产生出了延时长度 n 。

图 16 是计算型包络发生器的结构的一个例子的示意图。图中全加法器 106、延迟电路 107 以及 AND 电路组 108 组成一闭环回路。用来从键代码中得到一个累积值的表 109 的输出加到全加(法)器 106 中。该键代码 KC 通过门锁电路 111 加到表 109 上。另一方面, 初始触键 IT 通过门锁电路 112 加到一用来产生系数的表 113 上。表 113 的输出则输入到下行(递减)计数器 114 中。起始脉冲 ST 加到门锁电路 111 和 112 以及下行(递减)计数器 114 中。当起始脉冲 ST 是“1”时, 下行计数器 114 输入 IT 的值。此后, 每当该一进位信号从全加法器 106 中产生, 下行计数器 114 就进行一次下行计数工作。通过最初给下行计数器设定一对应于初始触键 IT 的某一值, 以及在计时时相对于键码 KC 一个一个地逐步减去下行计数器的值, 可得到一能在从某一值到零的范围内具有线性特性的递减功能。这里, 下行(递减)计数器是这样一种计数器, 其中当该计数器的值达到零时, 它即停止计数并保持计数器的输出为零。

在图 16 的音调包络中, 可产生一线性递减的输出。为了将它改变成图 14 右边的波形所显示的 U 的形式, 可使用图 17 所示的转换表。转换表 116 和 117 接收图 16 所示的计数器 114 的输出。产生具有 U 型特征的系数 α 和具有倒 U 型特征的系数 n 。

在图 16 所示的情形中,由于使用了下行计数器,因而设置了时间轴与图 12 相反的表。图 16 和图 17 时间轴相反的原因是由于考虑到这些表的输出值有可能相应于比较器的输出而变为零。在这种情况下,需要前面所述的表来输出标准值。延迟级数的表 117 被安排成可从键码 KC 中选择一些曲线。

图 18 表示图 2 中的延迟电路 23 的结构的一个例子。图中许多延迟电路 121、122、...、126 串联连接,其中各自的输出输入到选择器电路 128 中。选择器电路 128 相应于选择输入为预定的延迟级数提供一输出。这样就构成了一个能改变延时级数的延迟电路。

使用上述诸器件可构成图 2 或相当于图 2 所示的电路。

为了能在按键后产生非谐音成份,必须改变全通滤波器 25 的相位以便能使它与频率相关,这一点很重要。尽管图 2 所示的闭环回路包含延迟电路 23、低通滤波器 24 和全通滤波器 25,但是低通滤波器 24 不一定总是必需的。

图 19 是由延迟电路 23 和全通滤波器 25 构成的闭环回路的一个例子。按键后的变化可通过这种电路实现。

如上所述,通过在延时反馈回路中设置一全通滤波器可以产生与自然乐器的乐音非常相似的音乐乐音。特别是能根据触键信息控制非谐音成份。

应该理解,本发明不局限于上述实施例,它可以作出种种适当的改变。

例如,尽管前面所述的实施例描述的是通过对应于触键改变全通滤波器的系数来对音调(音高低)加以调音的,但是,也可以通过对应于触键改变延迟电路的延迟时间来实现大范围地改变频率。

本发明的目的不仅能通过使用 CPU 软件来实现,而且也可通过硬件来实现。

尽管上面是针对使用线性全通滤波器进行描述的,但是本发明

同样适用于使用多维全通滤波器的情况。

尽管上面对有限的几个实施例作了描述,但是本发明并不局限于这些实施例。很明显,对本领域的技术人员来说,在不离开本发明权利要求书的精神实质的范围内完全可以作出种种变化、置换、改变、改进或上述种种变化的组合。

说明书附图

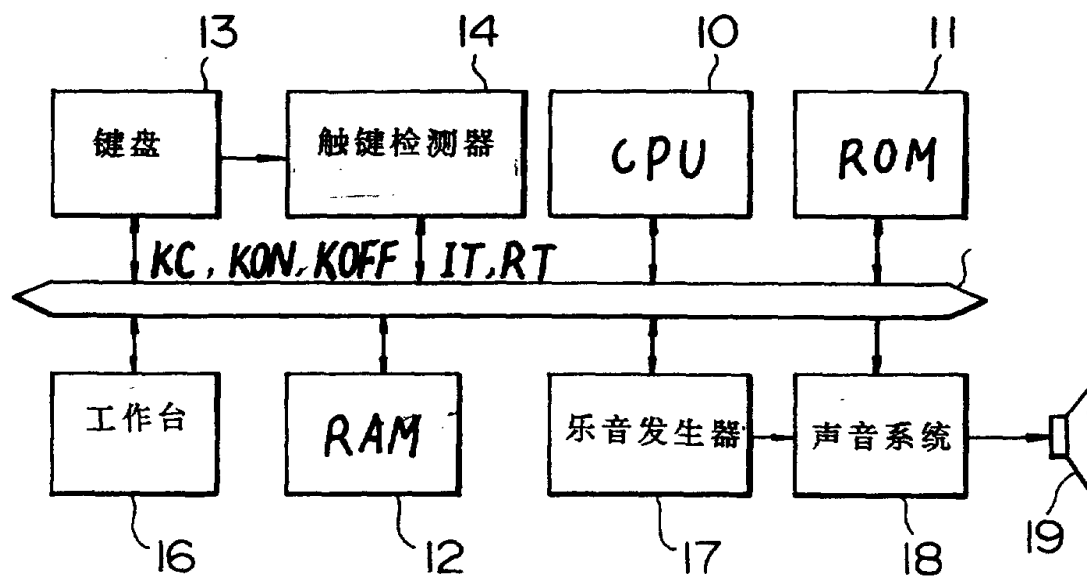


图 1

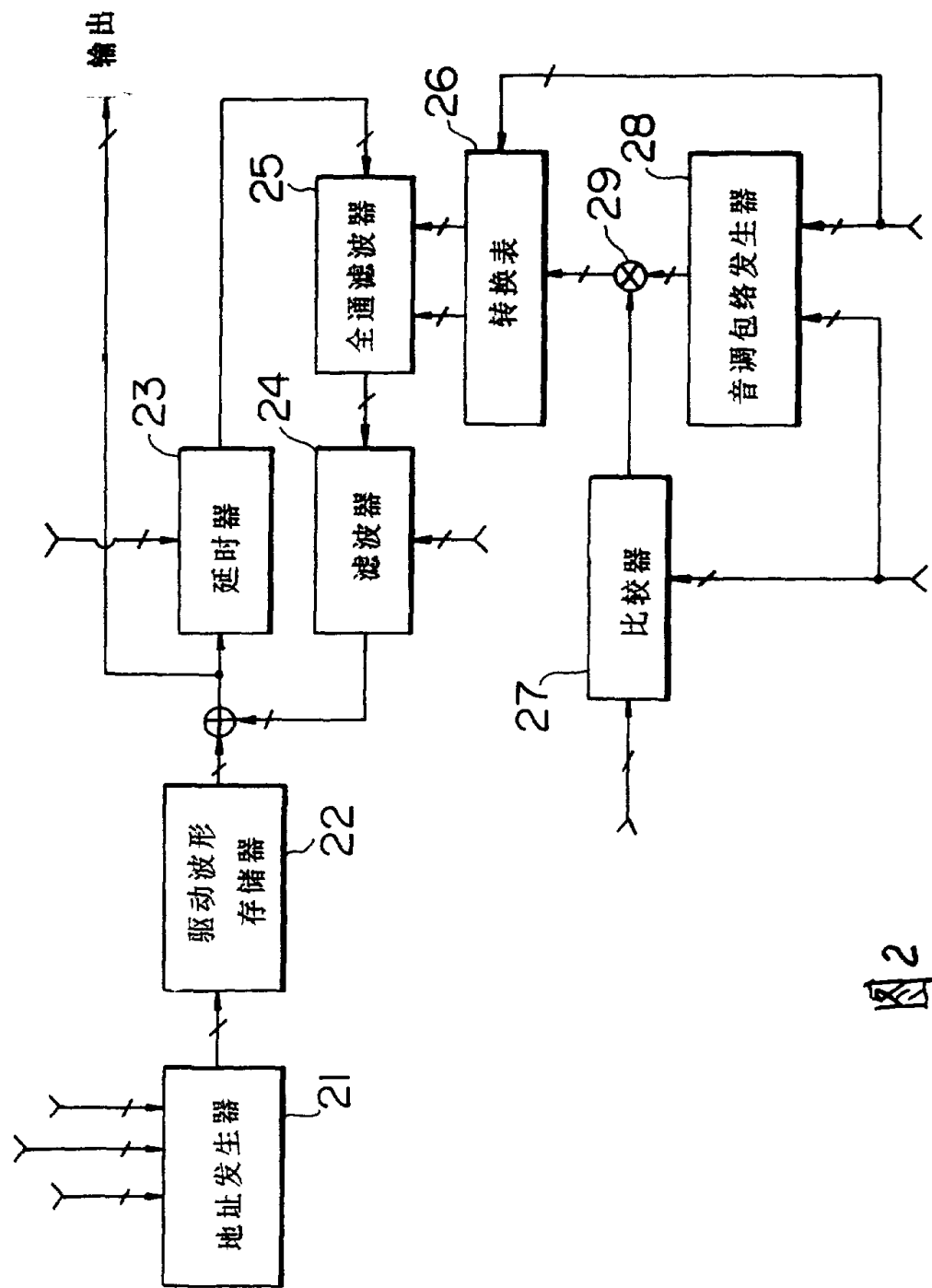


图2

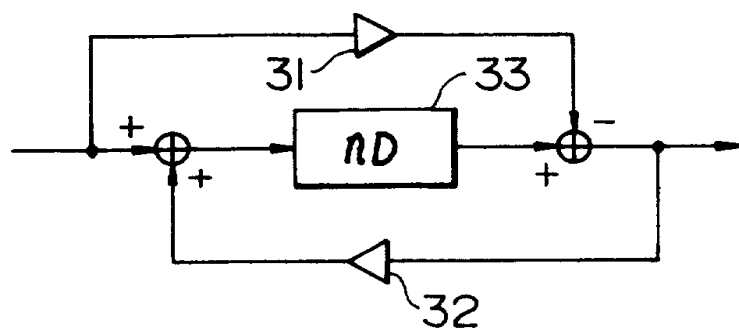


图3

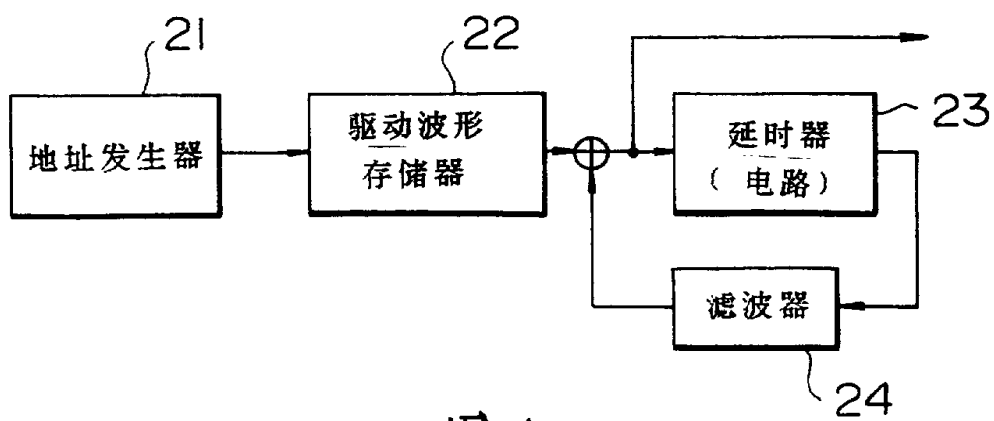


图4

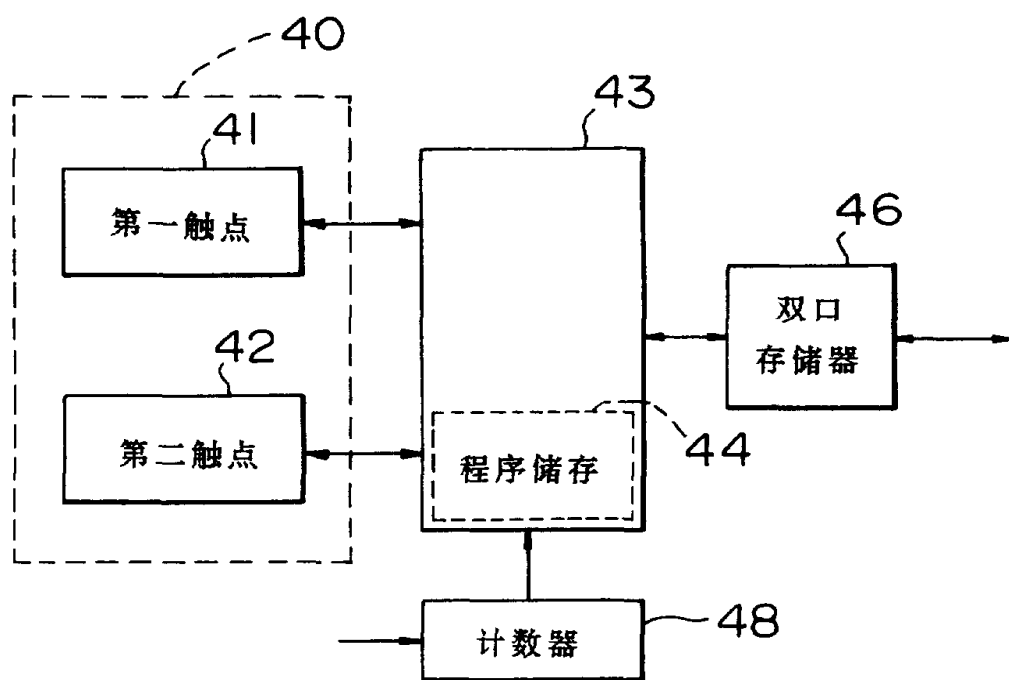


图5

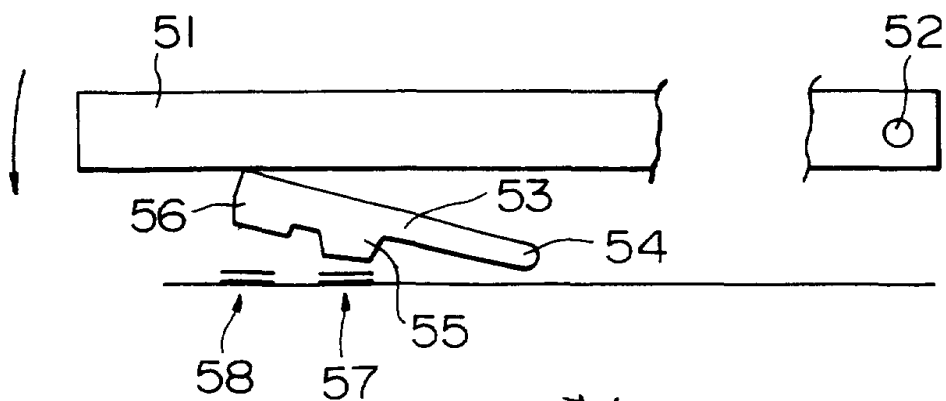


图6

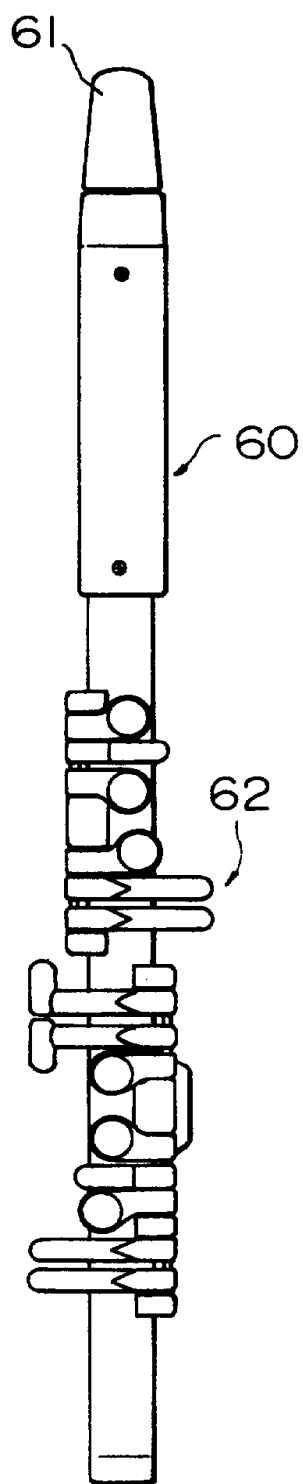


图 7A

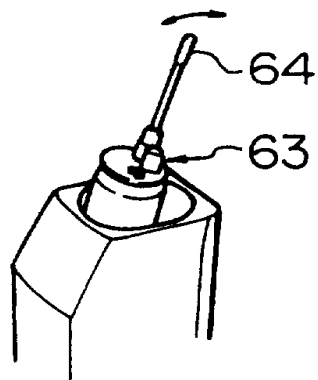


图 7B

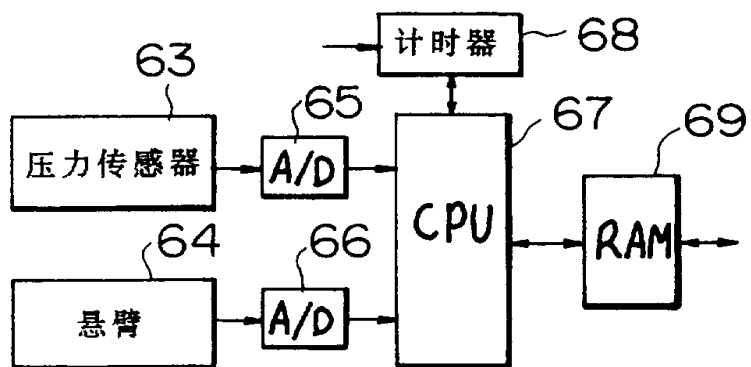


图 7C

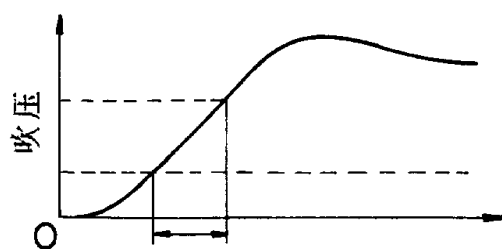


图 7D

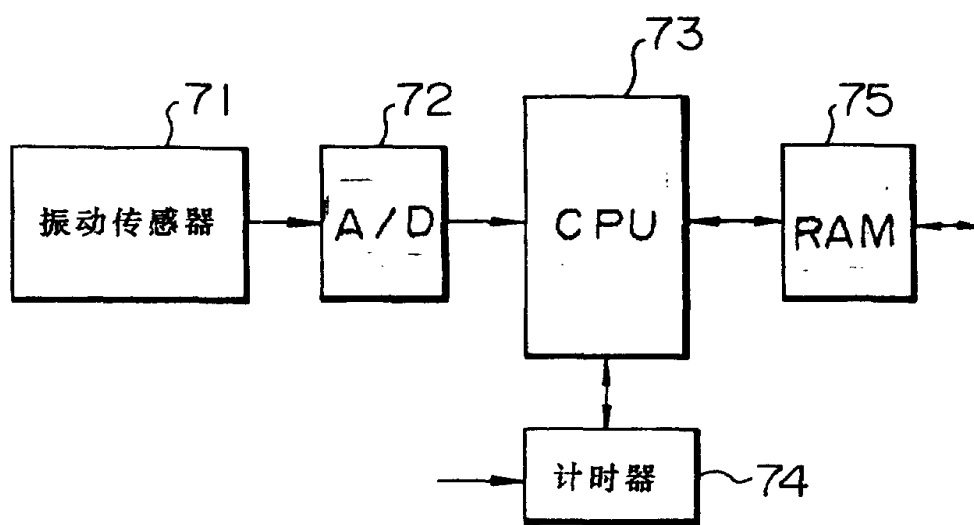


图 8A

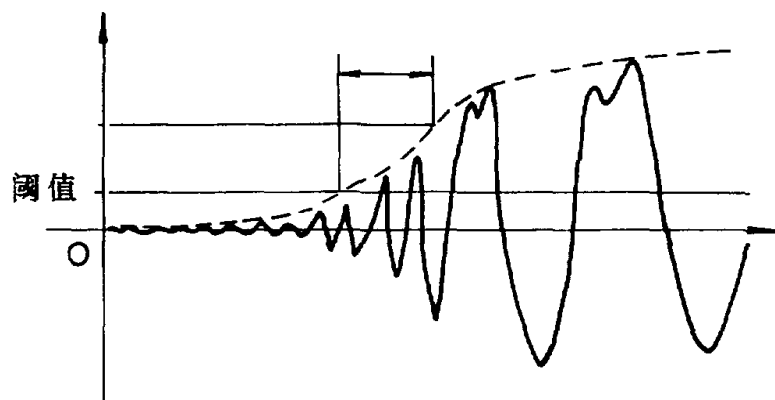


图 8B

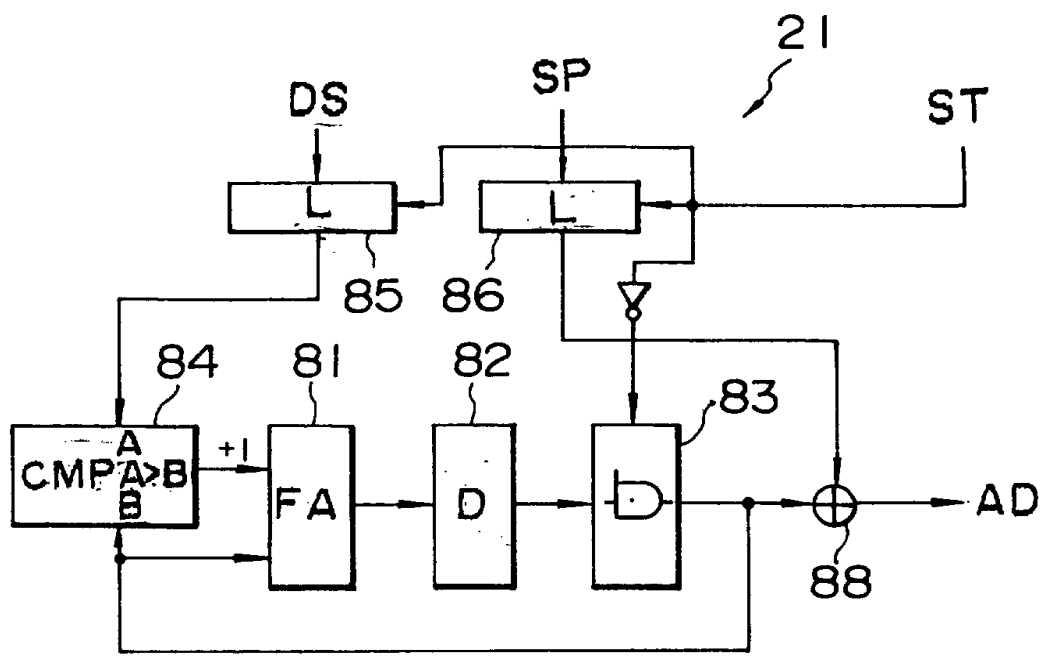


图 9

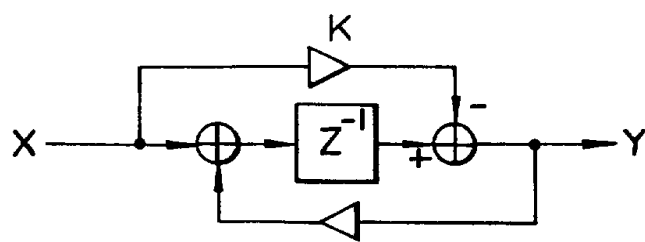


图 10A

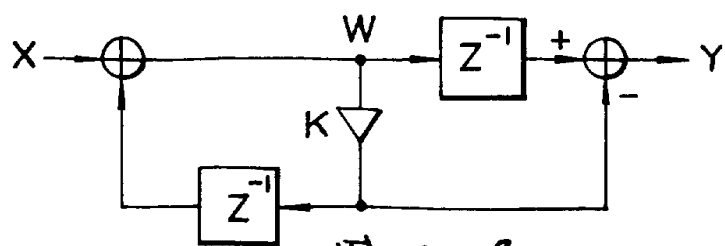


图 10B

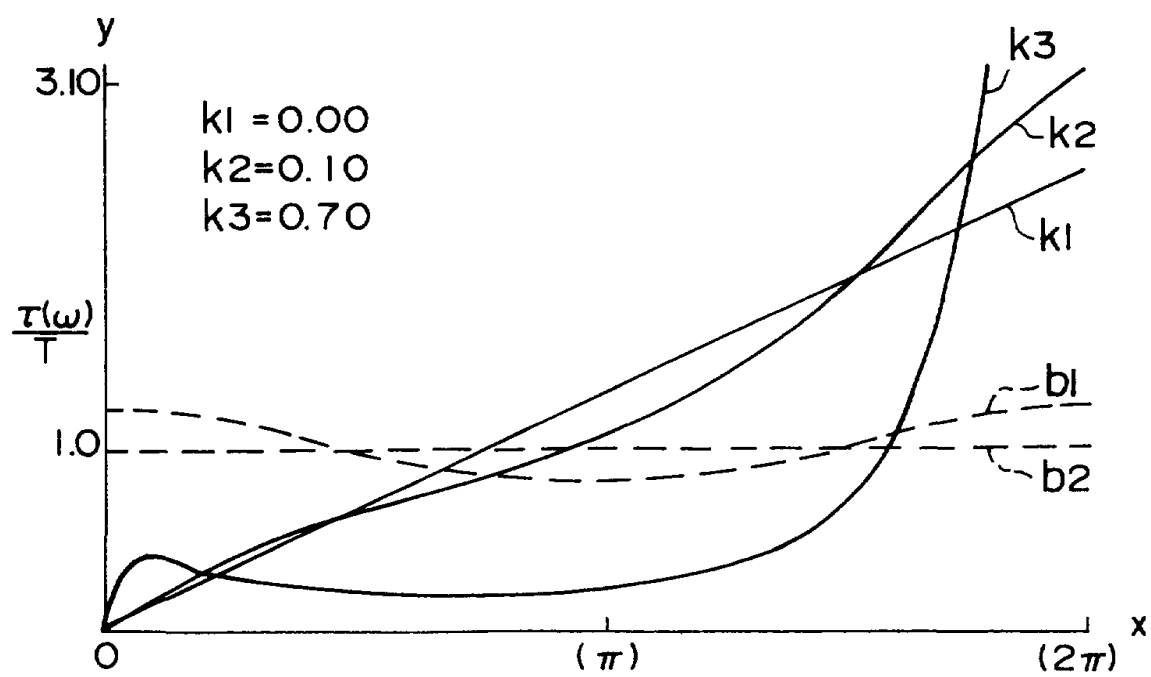


图 11

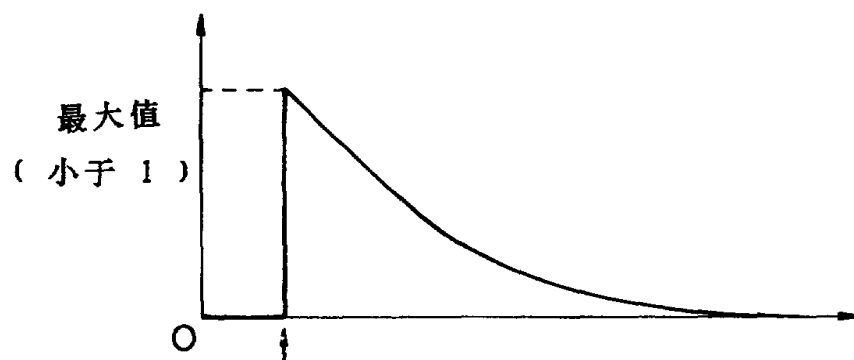


图 12

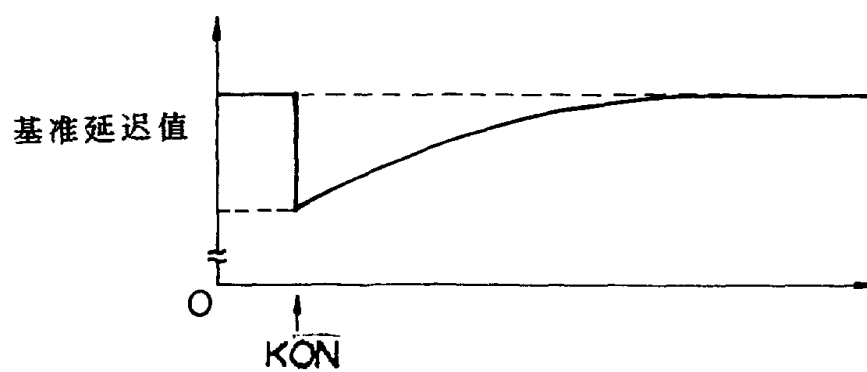


图 13

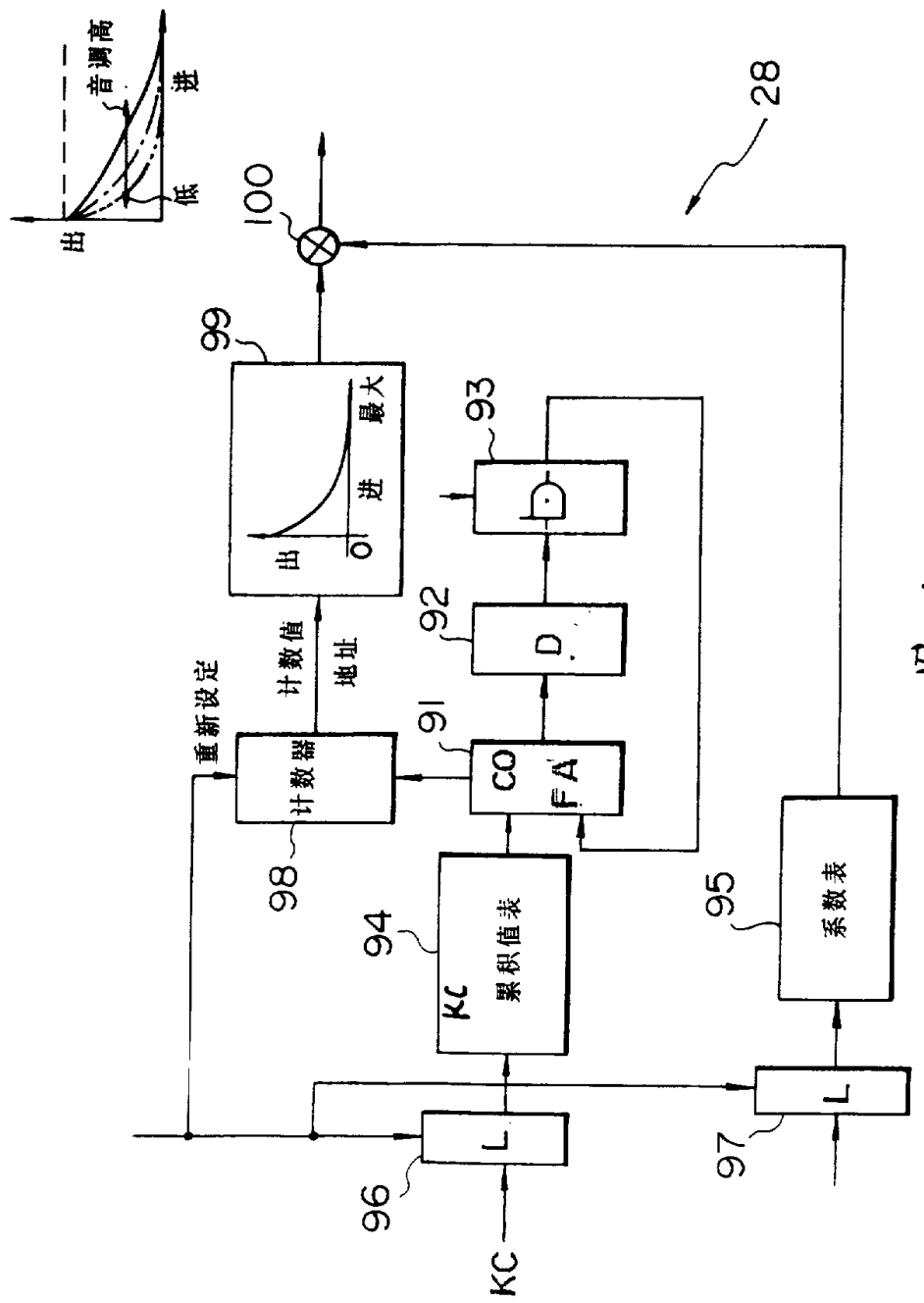


图 14

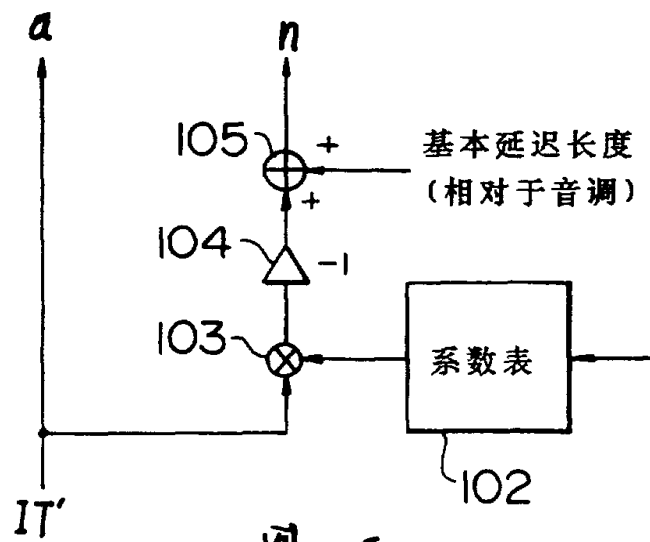


图 15

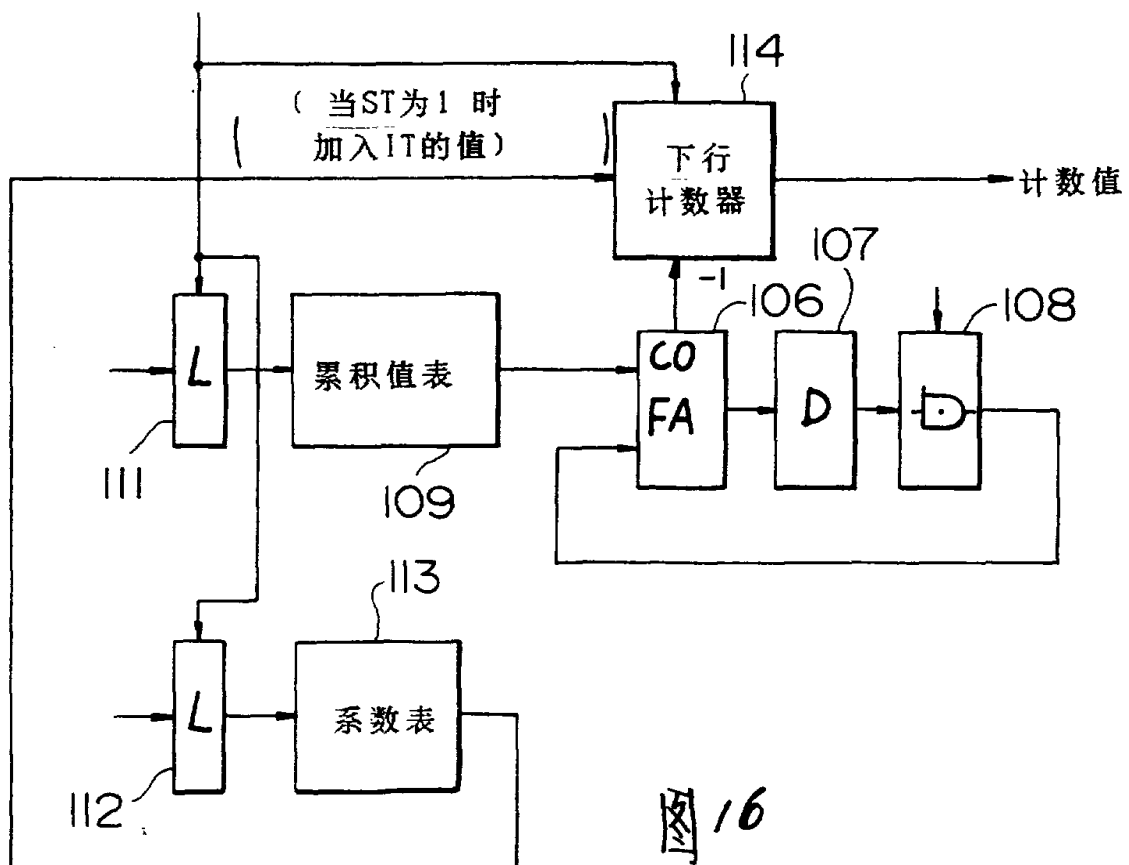


图 16

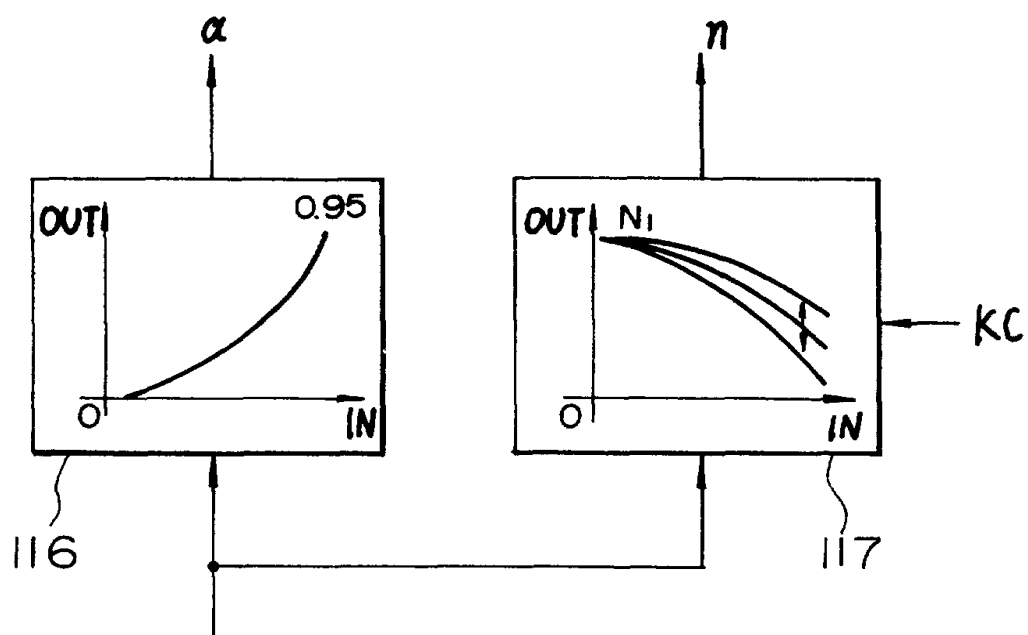


图 17

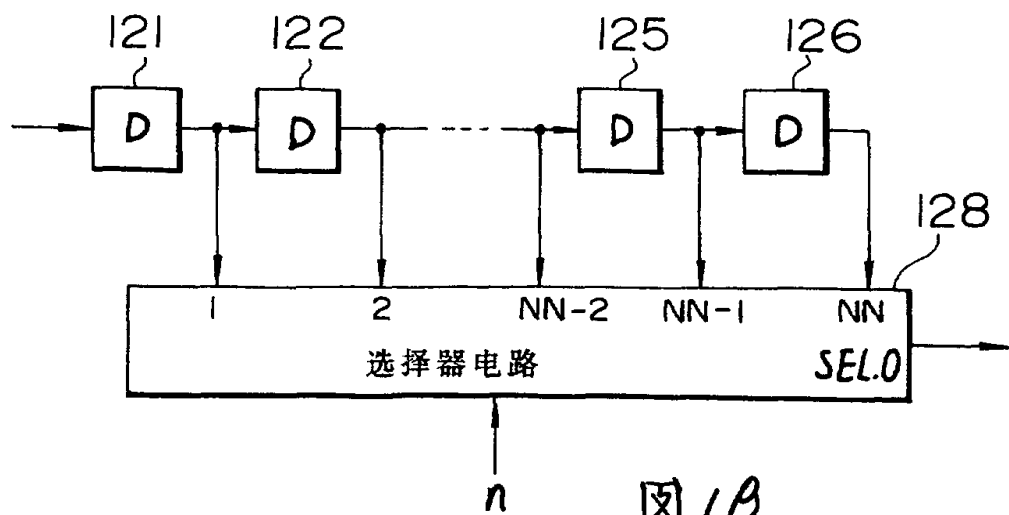


图 18

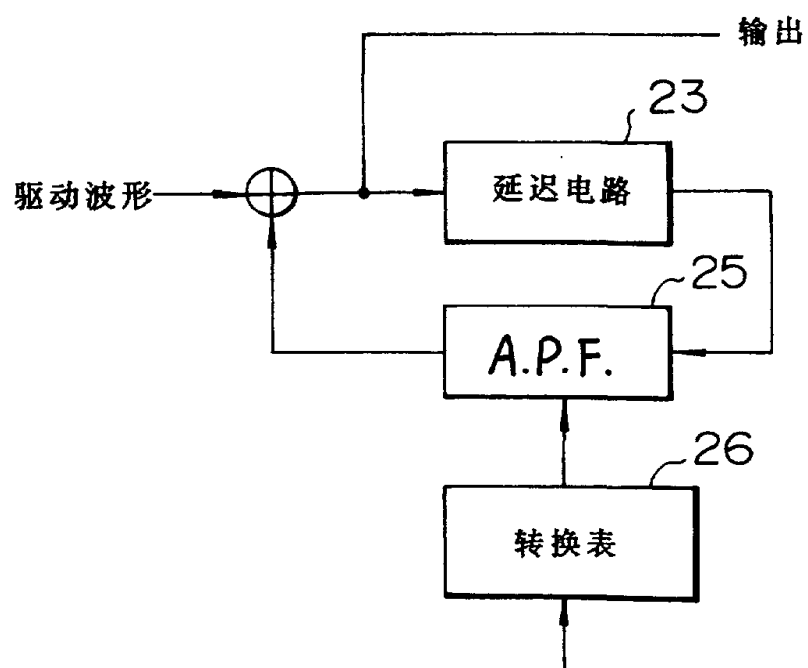


图 19