

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2002年9月12日 (12.09.2002)

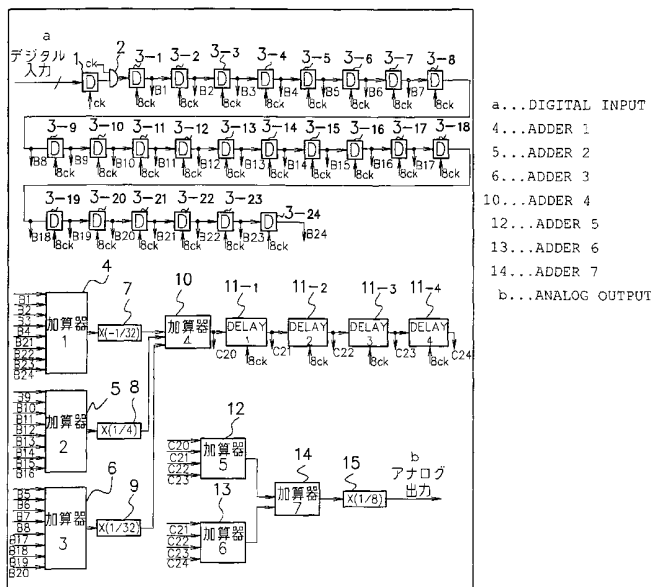
PCT

(10) 国際公開番号  
WO 02/071620 A1

- (51) 国際特許分類: **H03M 3/02** (KOYANAGI, Yukio) [JP/JP]; 〒336-0932 埼玉県さいたま市中尾409-1-D115 Saitama (JP).
  - (21) 国際出願番号: PCT/JP02/01947
  - (22) 国際出願日: 2002年3月4日 (04.03.2002)
  - (25) 国際出願の言語: 日本語
  - (26) 国際公開の言語: 日本語
  - (30) 優先権データ: 特願2001-63132 2001年3月7日 (07.03.2001) JP
  - (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 酒井 康江 (SAKAI, Yasue) [JP/JP]; 〒336-0932 埼玉県さいたま市中尾409-1-D115 Saitama (JP).
  - (72) 発明者; および
  - (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 小柳 裕喜生
  - (74) 代理人: 橋和之 (TACHIBANA, Kazuyuki); 〒350-1136 埼玉県川越市大字下新河岸87番地64 Saitama (JP).
  - (81) 指定国 (国内): CN, KR, US.
  - (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).
- 添付公開書類:  
— 国際調査報告書
- 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: INTERPOLATING FUNCTION GENERATING APPARATUS AND METHOD, DIGITAL-ANALOG CONVERTER, DATA INTERPOLATOR, PROGRAM, AND RECORD MEDIUM

(54) 発明の名称: 補間関数生成装置および方法、デジタル-アナログ変換装置、データ補間装置、プログラム並びに記録媒体



(57) Abstract: While a digital input is oversampled up to eight times to process and the oversample data into a specified digital fundamental waveform with multipliers/adders (4-10) to carry out only folding operation with delay circuits 11<sub>1</sub>-11<sub>4</sub> and the multipliers/adders (12-15) to allow the determination of a continuous interpolating value. Thus, it is sufficient

[続葉有]



WO 02/071620 A1



---

to provide no low-pass filter which causes a deterioration in phase characteristics. A limited number of determined interpolating functions are determined to prevent a truncation error in interpolation. An AND gate (2) is used to determine a part of the oversample data as the input data, so that processing and folding operation of digital fundamental waveform is carried out in a very simple processing.

(57) 要約:

デジタル入力を 8 倍にオーバーサンプルし、そのオーバーサンプルデータを乗加算器 4 ~ 10 にて所定のデジタル基本波形に加工しながら、ディレイ回路 11<sub>1</sub> ~ 11<sub>4</sub> および乗加算器 12 ~ 15 により畳み込み演算を行うだけで連続的な補間値を得ることができるようにすることで、位相特性の劣化を引き起こすローパスフィルタを設けなくても済むようにするとともに、得られる補間関数を有限台とすることで補間の打ち切り誤差が生じないようにする。さらに、AND ゲート 2 を用いてオーバーサンプルデータの一部を入力データとして得るようにすることにより、その後のデジタル基本波形による加工および畳み込み演算を極めて簡単な処理で行うことができるようにする。

## 明 細 書

補間関数生成装置および方法、デジタル－アナログ変換装置、データ補間装置、プログラム並びに記録媒体

## 技術分野

本発明は補間関数生成装置および方法、デジタル－アナログ変換装置、データ補間装置、プログラム並びに記録媒体に関するものである。具体的には、離散的なデジタルデータを補間して連続的なアナログ信号に変換するための手法に関するものである。

## 背景技術

C D（コンパクトディスク）プレーヤやD V D（デジタルビデオディスク）プレーヤ等のデジタルオーディオ装置においては、離散的なデジタルの音声データから連続的なアナログの音声信号を得るために、オーバーサンプリング技術を適用したデジタル－アナログ変換器（D/A変換器）が用いられている。この種のD/A変換器では、離散的に入力されるデジタルデータの間を補間して擬似的にサンプリング周波数を上げるために、一般にはデジタルフィルタを用いたデータ補間が行われている。

通常、D/A変換器に含まれるデジタルフィルタによるデータ補間は、 $\text{sinc}$ 関数と称される標本化関数を用いた畳み込み演算によって行われる。図1は、 $\text{sinc}$ 関数の説明図である。 $\text{sinc}$ 関数は、ディラックのデルタ関数を逆フーリエ変換したときに現れるものであり、標本化周波数を $f$ としたときに $\text{sin}(\pi f t) / (\pi f t)$ で定義される。この $\text{sinc}$ 関数は、 $t = 0$ の標本点のみで値が1になり、他の全

での標本点では値が 0 となる。

図 2 は、離散データとその間の補間値との関係を示す図である。図 2 において、等間隔のサンプリングポイント  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ,  $t_4$  のそれぞれにおける離散データの値を  $Y(t_1)$ ,  $Y(t_2)$ ,  $Y(t_3)$ ,  $Y(t_4)$  とし、例えばサンプリングポイント  $t_2$  と  $t_3$  の間の所定位置  $t_0$  ( $t_2$  から距離  $a$ ) に対応した補間値  $y$  を求める場合を考える。

一般に、補間値  $y$  を標本化関数を用いて求めるには、与えられた各離散データのそれぞれについて補間位置  $t_0$  における標本化関数の値を求め、これを用いて畳み込み演算を行えばよい。具体的には、 $t_1 \sim t_4$  の各サンプリングポイント毎に、標本化関数の中心位置におけるピーク高さを一致させ、このときのそれぞれの補間位置  $t_0$  における標本化関数の値 (×印で示す) を求めて、それらを全て加算する。

なお、時間経過とともに補間位置  $t_0$  が移動するが、各標本位置に対応するそれぞれのレベルも経過時間と共に変化するため、補間値  $y(t_0)$  も連続的に変化し、各離散データ間を滑らかなにつなぐ連続したアナログの信号を得ることができる。

しかしながら、上述のようなオーバーサンプリング技術を用いた従来の D/A 変換器では、補間により階段状の信号波形を得て、それをローパスフィルタに通すことによって滑らかなアナログ信号を生成している。そのため、出力されるアナログ信号にローパスフィルタによる位相特性の劣化が重畳してしまうという問題があった。

また、上述の  $\text{sinc}$  関数は、 $\pm\infty$  で 0 に収束する関数であるため、正確な補間値を求めようとする、全ての離散データについて  $\text{sinc}$  関数の値を求めて畳み込み加算する必要がある。ところが実際には、処理能力や回路規模等の都合から、考慮する離散データの範囲を限定して

デジタルフィルタの処理が行われていた。そのため、得られる補間値には打ち切り誤差が含まれ、正確な補間値を得ることができないという問題もあった。

本発明は、このような問題を解決するために成されたものであり、ローパスフィルタによる位相特性の劣化や、 $\text{sinc}$ 関数を用いた補間の打ち切り誤差による波形の歪みが少ない滑らかなアナログ信号を生成できるようにすることを目的とする。

また、本発明は、このような滑らかなアナログ信号を生成するために使用する補間関数を、より簡単なロジックもしくはより簡単なアルゴリズムにより得ることができるようにすることを目的としている。

#### 発明の開示

本発明の補間関数生成装置は、単一のデジタルデータをオーバーサンプルし、そのオーバーサンプルデータの一部を入力データとして得るデータ入力手段と、上記データ入力手段により得た上記入力データをデジタル基本波形により加工し、加工されたデジタルデータに対して移動平均演算または畳み込み演算を行うことにより補間関数を求める演算手段とを備えたことを特徴とする。

本発明の他の態様では、上記データ入力手段は、上記オーバーサンプルデータの前半半分あるいは後半半分以上を上記入力データとして得ることを特徴とする。

本発明のその他の態様では、上記演算手段は、上記移動平均演算または畳み込み演算を行うために、上記デジタル基本波形により加工されたデジタルデータとそれをオーバーサンプル周期の位相分ずつずらした数個のデータとを加算する第1の加算手段と、上記デジタル基本波形により加工されたデジタルデータをオーバーサンプル周期の位相分ずつずら

した数個のデータどうしを加算する第2の加算手段と、上記第1の加算手段および上記第2の加算手段の出力どうしを加算する第3の加算手段とを備えたことを特徴とする。

また、本発明の補間関数生成方法は、単一のデジタルデータをオーバーサンプルし、そのオーバーサンプルデータの一部を入力データとして得る第1のステップと、上記入力データをデジタル基本波形により加工する第2のステップと、上記デジタル基本波形により加工されたデジタルデータに対して移動平均演算または畳み込み演算を行うことにより補間関数を求める第3のステップとを有することを特徴とする。

本発明の他の態様では、上記第1のステップでは、上記オーバーサンプルデータの前半半分あるいは後半半分以上を上記入力データとして得ることを特徴とする。

本発明のその他の態様では、上記第3のステップでは、上記第2のステップで加工されたデジタルデータとそれをオーバーサンプル周期の位相分ずつずらした数個のデータとを加算するとともに、上記デジタル基本波形により加工されたデジタルデータをオーバーサンプル周期の位相分ずつずらした数個のデータどうしを加算し、更にこれらの加算結果どうしを加算することを特徴とする。

また、本発明のデジタル-アナログ変換装置は、複数の離散データをそれぞれオーバーサンプルし、各離散データごとにそのオーバーサンプルデータの一部を入力データとして得るデータ入力手段と、上記データ入力手段により得た上記入力データをデジタル基本波形により加工し、加工されたデジタルデータどうしを移動平均演算または畳み込み演算により合成することによって、上記離散データに対する補間値を求める演算手段とを備えたことを特徴とする。

本発明の他の態様では、上記データ入力手段は、所定周波数のクロック

クごとに与えられる上記複数の離散データをそれぞれオーバーサンプルし、上記所定周波数のクロックで区切られる各クロック期間ごとに上記オーバーサンプルデータの一部を上記入力データとして得ることを特徴とする。

本発明のその他の態様では、上記データ入力手段は、上記各クロック期間ごとに上記オーバーサンプルデータの前半半分あるいは後半半分以上記入力データとして得ることを特徴とする。

本発明のその他の態様では、上記演算手段は、上記移動平均演算または畳み込み演算を行うために、上記デジタル基本波形により加工されたデジタルデータとそれをオーバーサンプル周期の位相分ずつずらした数個のデータとを加算する第1の加算手段と、上記デジタル基本波形により加工されたデジタルデータをオーバーサンプル周期の位相分ずつずらした数個のデータどうしを加算する第2の加算手段と、上記第1の加算手段および上記第2の加算手段の出力どうしを加算する第3の加算手段とを備えたことを特徴とする。

また、本発明のデータ補間装置は、複数の離散データをそれぞれオーバーサンプルし、各離散データごとにそのオーバーサンプルデータの一部を入力データとして得るデータ入力手段と、上記データ入力手段により得た上記入力データをデジタル基本波形により加工し、加工されたデジタルデータどうしを移動平均演算または畳み込み演算により合成することによって、上記離散データに対する補間値を求める演算手段とを備えたことを特徴とする。

本発明の他の態様では、上記データ入力手段は、所定周波数のクロックごとに与えられる上記複数の離散データをそれぞれオーバーサンプルし、上記所定周波数のクロックで区切られる各クロック期間ごとに上記オーバーサンプルデータの一部を上記入力データとして得ることを特徴

とする。

本発明のその他の態様では、上記データ入力手段は、上記各クロック期間ごとに上記オーバーサンプルデータの前半半分あるいは後半半分以上記入力データとして得ることを特徴とする。

本発明のその他の態様では、上記演算手段は、上記移動平均演算または畳み込み演算を行うために、上記デジタル基本波形により加工されたデジタルデータとそれをオーバーサンプル周期の位相分ずつずらした数個のデータとを加算する第1の加算手段と、上記デジタル基本波形により加工されたデジタルデータをオーバーサンプル周期の位相分ずつずらした数個のデータどうしを加算する第2の加算手段と、上記第1の加算手段および上記第2の加算手段の出力どうしを加算する第3の加算手段とを備えたことを特徴とする。

また、本発明の補間関数生成プログラムは、単一のデジタルデータをオーバーサンプルし、そのオーバーサンプルデータの一部を入力データとして得るデータ入力手段、および上記データ入力手段により得た上記入力データをデジタル基本波形により加工し、加工されたデジタルデータに対して移動平均演算または畳み込み演算を行うことにより補間関数を求める演算手段としてコンピュータを機能させるためのものである。

また、本発明のデータ補間プログラムは、複数の離散データをそれぞれオーバーサンプルし、各離散データごとにそのオーバーサンプルデータの一部を入力データとして得るデータ入力手段、および上記データ入力手段により得た上記入力データをデジタル基本波形により加工し、加工されたデジタルデータどうしを移動平均演算または畳み込み演算により合成することによって、上記離散データに対する補間値を求める演算手段としてコンピュータを機能させるためのものである。

また、本発明のコンピュータ読み取り可能な記録媒体は、請求の範囲

第15項または第16項に記載の各手段としてコンピュータを機能させるためのプログラムを記録したことを特徴とする。

本発明は上述したように、入力されるデジタルデータをオーバーサンプルし、そのオーバーサンプルデータをデジタル基本波形により加工しながら移動平均演算または畳み込み演算を行うことによって補間値を得るようにしている。本発明では、以上のようなデジタル処理を行うだけで連続的な補間値を得ることができるため、これをD/A変換した結果は滑らかなアナログ信号となり、ローパスフィルタを設けなくても済み、フィルタによる位相特性の劣化を抑制することができる。さらに、本発明において基本デジタル波形から生成される関数は有限台の標本化関数であるため、1つの補間値を得るために必要な離散データの数を減らすことができ、しかも処理の対象とすべき離散データの数を減らした場合であっても打ち切り誤差が生じないため、出力波形の歪みを最小限に抑えることができる。したがって、出力されるアナログ音声信号の品質を格段に向上させることができる。

しかも、本発明によれば、オーバーサンプルデータの一部を入力データとして得るようにし、その一部のオーバーサンプルデータを用いてデジタル基本波形による加工および移動平均演算または畳み込み演算を行うようにしている。これにより、当該デジタル基本波形による加工および移動平均演算または畳み込み演算を極めて簡単な処理で行うことができる。よって、本発明をハードウェアにより構成する場合には、より簡単なロジックによりこれを実現することができ、回路規模を格段に小さくすることができる。また、本発明をソフトウェアにより構成する場合は、極めて簡単なアルゴリズムでこれを実現することができ、処理の負荷を軽くして演算を高速に行うことができる。

#### 図面の簡単な説明

図 1 は、 $\text{sinc}$  関数の説明図である。

図 2 は、補間動作の説明図である。

図 3 は、本実施形態による補間関数生成装置、D/A 変換装置あるいはデータ補間装置の構成例を示す図である。

図 4 は、本実施形態によるデータ入力部の動作を示すタイミングチャートである。

図 5 は、本実施形態をソフトウェアにより実現する場合の動作を示すフローチャートおよび数値列を示す図である。

図 6 は、本実施形態で用いるデジタル基本波形を示す図である。

図 7 は、図 5 の数値列をグラフ化した波形を示す図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の一実施形態を図面に基づいて説明する。

本実施形態では、入力される離散的なデジタルデータを図 6 に示すようなデジタル基本波形により加工し、それに所定の移動平均演算または畳み込み演算を施すことによって、図 7 の実線 C に示すような補間関数を得るようにしたものである。

この図 7 の実線 C に示す関数は、標本化関数であって、全域において 1 回微分可能であり、しかも有限の標本位置において 0 に収束する有限台（関数の値が局所的な領域で 0 以外の有限の値を有し、それ以外の領域で 0 となる場合を言う）の関数である。したがって、図 1 に示した従来の  $\text{sinc}$  関数の代わりに、図 7 の標本化関数を用いて各離散データに基づく重ね合わせを行うことにより、離散データの間を 1 回微分可能な関数を用いて補間することが可能である。

この技術を用いれば、所定のデジタル処理を行うだけで連続的な補間

値を得ることができるため、これをD/A変換した結果は滑らかなアナログ信号となり、ローパスフィルタを設けなくても済む。また、基本デジタル波形から生成される補間関数は有限台の標本化関数であるため、有限個の離散データを用いるだけで、打ち切り誤差を生じることもなく正確な補間値を得ることができ、出力波形の歪みを最小限に抑えることができる。

本出願人は、このような技術に関して、既に特許出願をしている（例えば、特願平11-173245号）。しかしながら、この特許出願に開示した技術で図7のような補間関数を得るためには、比較的複雑なコンボリューション演算を行う必要がある。そのため、これをハードウェアとして実現するためには、多くのディレイ回路や加算回路などが必要となり、回路規模が大きくなってしまう。また、ソフトウェアとして実現する場合には、処理の負荷が重くなり、演算速度が遅くなってしまう。以下に述べる本実施形態は、この点を改良したものである。

図3は、本実施形態による補間関数生成装置100の構成例を示す図である。図3において、D型フリップフロップ（以下、D・FFと略記する）1は、入力されたデジタルデータを所定周波数（例えば44.1 KHz）のクロック $c_k$ に従って保持する。ANDゲート2は、D・FF1より入力されたデジタルデータとクロック $c_k$ との論理積をとってD・FF3<sub>1</sub>に出力する。D・FF3<sub>1</sub>は、ANDゲート2より出力されたデジタルデータを、例えば8倍周波数のクロック $8c_k$ に従って保持する。

このD・FF1、ANDゲート2およびD・FF3<sub>1</sub>によって本発明のデータ入力手段が構成される。図4は、当該データ入力手段の動作を示すタイミングチャートである。図4（b）に示すデジタルデータは、図4（a）に示すクロック $c_k$ の立ち上がり同期してD・FF1に保

持される。ANDゲート2は、D・FF1に保持されたデジタルデータとクロックckとの論理積をとることにより、クロックckが“H”の区間だけデジタルデータを出力する。

このときD・FF3<sub>-1</sub>は、図4(c)に示すように、ANDゲート2より出力されたデジタルデータを8倍周波数のクロック8ckに従って保持する。これにより、データ入力手段は、8倍オーバーサンプルデータの前半半分(4クロック分)を入力データとして得ることになる。

なお、ここではデジタルデータとクロックckとのAND演算によって8倍オーバーサンプルデータの前半半分を入力データとして得ているが、例えばNAND演算によって8倍オーバーサンプルデータの後半半分を入力データとして得るようにしても良い。

上記ANDゲート2の後段に縦続接続された24個のD・FF3<sub>-1</sub>~3<sub>-24</sub>は、ANDゲート2より出力されたオーバーサンプルデータ(1クロックck期間中の前半半分のデータ)を、8倍周波数のクロック8ckに従って1クロックずつ遅延しながら順次保持する。これら24個のD・FF3<sub>-1</sub>~3<sub>-24</sub>により順次遅延されて出力されるデータB1~B24は、それぞれ第1~第3の加算器4~6に適当に分配して入力される。

第1の加算器4は、最も入力側に位置する4個のD・FF3<sub>-1</sub>~3<sub>-4</sub>から出力されるデータB1~B4と、最も出力側に位置する4個のD・FF3<sub>-21</sub>~3<sub>-24</sub>から出力されるデータB21~B24とを入力し、これらを加算して出力する。すなわち、この第1の加算器4は、図6に示すデジタル基本波形の両脇に当たる“-1, -1”の部分を作り出すものに相当する。

第2の加算器5は、真中に位置する8個のD・FF3<sub>-9</sub>~3<sub>-16</sub>から出力されるデータB9~B16を入力し、これらを加算して出力する。す

なわち、この第2の加算器5は、図6に示すデジタル基本波形の真中に当たる“8，8”の部分を作り出すものに相当する。

第3の加算器6は、入力側から5～8個目のD・FF $3_{-5}$ ～ $3_{-8}$ から出力されるデータ $B_5$ ～ $B_8$ と、出力側から5～8個目のD・FF $3_{-17}$ ～ $3_{-20}$ から出力されるデータ $B_{17}$ ～ $B_{20}$ とを入力し、これらを加算して出力する。すなわち、この第3の加算器6は、図6に示すデジタル基本波形の“1，1”の部分を作り出すものに相当する。

−1/32倍乗算器7は、第1の加算器4から出力された加算結果を−1/32倍する。1/4倍乗算器8は、第2の加算器5から出力された加算結果を1/4倍する。1/32倍乗算器9は、第3の加算器6から出力された加算結果を1/32倍する。第4の加算器10は、各乗算器7～9から出力される乗算結果を加算する。

各乗算器7～9における“−1/32”“1/4”“1/32”という乗算比率は、図6に示すデジタル基本波形の“−1”“8”“1”の比率に相当する。したがって、これらの各乗算器7～9における乗算結果を第4の加算器10で加算することにより、データ入力手段により入力されたデジタルデータは、図6に示すデジタル基本波形により加工されたことになる。振幅が“1”の単一のデジタルデータを入力すれば、第4の加算器10より得られるデジタル波形は、図6の波形そのものとなる。

上記第4の加算器10の後段に縦続接続された4個のディレイ回路 $1_{-1}$ ～ $1_{-4}$ は、第4の加算器10より出力されたデータを8倍周波数のクロック $8ck$ に従って1クロックずつ順次遅延する。これらのディレイ回路 $1_{-1}$ ～ $1_{-4}$ は、アナログ処理のときはサンプルホールド等のアナログディレイ、デジタル処理のときはD・FFにより構成される。

上記第4の加算器10から出力されるデータ $C_{20}$ およびこれが各デ

イレイ回路  $11_{-1} \sim 11_{-4}$  により順次遅延されて出力されるデータ  $C21 \sim C24$  は、それぞれ第5および第6の加算器  $12, 13$  に適当に分配して入力される。

第5の加算器  $12$  は、第4の加算器  $10$  から出力されるデータ  $C20$  (デジタル基本波形により加工されたデジタルデータ) と、各ディレイ回路  $11_{-1} \sim 11_{-3}$  から出力されるデータ  $C21 \sim C23$  (オーバーサンプル周期の位相分ずつずらした3個のデジタルデータ) とを加算する。この第5の加算器  $12$  は、本発明の第1の加算手段に相当する。

第6の加算器  $13$  は、各ディレイ回路  $11_{-1} \sim 11_{-4}$  から出力されるデータ  $C21 \sim C24$  (デジタル基本波形により加工されたデジタルデータをオーバーサンプル周期の位相分ずつずらした4個のデジタルデータ) を加算する。この第6の加算器  $13$  は、本発明の第2の加算手段に相当する。

第7の加算器  $14$  は、上記第5および第6の加算器  $12, 13$  の出力結果を加算する。この第7の加算器  $14$  は、本発明の第3の加算手段に相当する。これらの各ディレイ回路  $11_{-1} \sim 11_{-4}$  および第5～第7の加算器  $12 \sim 14$  によって、移動平均演算または畳み込み演算が実行される。

$1/8$  倍乗算器  $15$  は、第7の加算器  $14$  から出力された加算結果を  $1/8$  倍する。これは、移動平均演算または畳み込み演算による加算によって増大した振幅を元のデジタル入力の振幅に合わせるためのものである。以上の処理によって  $1/8$  倍乗算器  $15$  からは、元のデジタルデータから生成されたアナログに近い滑らかな補間値が出力される。

なお、上記  $D \cdot FF3_{-1}$  以降の構成は、オーバーサンプルデータをデジタル基本波形により加工して移動平均演算または畳み込み演算を行う本発明の演算手段に相当する。

以上では、図7の実線Cに示すような補間関数をハードウェア構成により得る場合について説明したが、ソフトウェア的な処理によって得ることも可能である。図5は、ソフトウェアによって処理する場合の動作を示す図であり、図5(a)はそのフローチャート、図5(b)は当該フローチャートの各動作ステップで得られる数値列を示す。

なお、図5(b)に示す数値列は、振幅が“1”の単一のデジタルデータを処理した結果の例を示すものである。また、この図5(b)に示す数値列をグラフ化したものが、図7に示す波形図である。

図5(a)において、まずステップS1で、1クロックck期間中に含まれる8倍オーバーサンプルデータのうち前半半分のデータを入力データとして得る。この入力データの数値列は、図5(b)の左から第2列目に示されている。なお、行番号1～24の“0”列は、図3のD・FF<sub>3-1</sub>～<sub>3-24</sub>に相当する遅延分を想定して与えたものである。また、この数値列に対応する波形は、図7の実線Aに示されている。

次に、ステップS2で、 $-\text{SUM}(B1:B4)/4 - \text{SUM}(B21:B24)/4 + \text{SUM}(B5:B8)/4 + \text{SUM}(B17:B20)/4 + \text{SUM}(B9:B16)*2$ なる演算を実行する(B1～B24は図3のD・FF<sub>3-1</sub>～<sub>3-24</sub>より出力されるデータに相当する)。この演算によって得られる中間値データの数値列は、図5(b)の第3列目に示されている。また、この数値列に対応する波形は、図7の一点鎖線Bに示されている。ここで、最初の中間値(行番号25の中間値)を求める際には、行番号1～24の入力データをB1～B24として演算を実行する。また、例えば行番号28の中間値(=-0.25)を求める際には、行番号4～27の入力データをB1～B24として演算を実行する。

なお、ここでは乗算比率を $-1/4$ 、 $2$ 、 $1/4$ としており、図3の場合に比べて8倍になっているが、これは単に図7のグラフを見やすくするために便宜上倍率を大きく設定したに過ぎないものである。

次に、ステップ S 3 で、 $(\text{SUM}(C20:C23)+\text{SUM}(C21:C24))/8$  の演算を実行する（C20～C24 は図 3 の第 4 の加算器 1 0 およびディレイ回路 1 1<sub>1</sub>～1 1<sub>4</sub> より出力されるデータに相当する）。この演算によって得られる出力データの数値列は、図 5（b）の第 4 列目に示されている。また、この数値列に対応する波形は、図 7 の実線 C に示されている。ここで、最初出力データ（行番号 2 5 の出力データ）を求める際には、行番号 2 0～2 4 の中間値データを C20～C24 として演算を実行する。また、例えば行番号 2 9 の出力データ（ $=-0.03125$ ）を求める際には、行番号 2 4～2 8 の中間値データを C20～C24 として演算を実行する。

図 7 において、横軸は 8 倍周波数のクロック  $8 c k$  を示し、縦軸はデータの振幅を示している。この場合の入力波形 A は、図 3 の D・FF 3<sub>1</sub> に保持される 1 クロック  $c k$  期間中における前半半分の 8 倍オーバーサンプルデータの波形に相当する。また、中間値の波形 B は、図 3 の第 4 の加算器 1 0 より出力されたデータの波形（8 倍されたもの）に相当する。さらに、出力波形 C は、図 3 の  $1/8$  乗算器 1 5 より出力されたデータの波形（8 倍されたもの）に相当する。

以上の説明では、デジタルデータとして振幅が“1”の単一データを入力し、これをもとに図 7 のような補間関数を求めたが、振幅が変化する離散的なデジタルデータを順次入力することにより、図 3 の装置をそのまま D/A 変換装置あるいはデータ補間装置としても用いることができる。すなわち、図 7 の出力データで示される関数を補間関数として用い、1 クロック  $c k$  ごとに順次入力される離散的なデジタルデータを補間することにより、デジタルデータを滑らかなアナログ信号に変換することが可能となる。

この場合、離散的なデジタルデータは、それぞれ 8 倍にオーバーサンプルされてその前半部分のみが採用されることにより、隣接入力間に 4

クロック分のブランクが形成されて順に入力される。そして、それぞれのオーバーサンプルデータがデジタル基本波形により加工されながら、移動平均演算または畳み込み演算により合成されていく。

言い換えると、入力される離散データの値に応じた振幅を有する複数のデジタル基本波形が、8倍周波数のクロック  $8ck$  の半分（4クロック）ずつずれながら、移動平均演算または畳み込み演算によって合成されていく。これにより、離散的なデジタルデータが図7のような補間関数に従って補間されることになる。

本実施形態では、上述のようなデジタル処理を行うだけで連続的な補間値を得ることができるため、これを用いてD/A変換した結果は滑らかなアナログ信号となり、ローパスフィルタを設けなくても済む。よって、ローパスフィルタによる位相特性の劣化を防止できる。また、基本デジタル波形から生成される補間関数は有限台の標本化関数であるため、有限個の離散データを用いるだけで正確な補間ができる。すなわち、打ち切り誤差を生じることもなく補間値を得ることができ、出力波形の歪みを最小限に抑えることができる。これにより、例えばコンパクトディスク（CD）のデジタル音声を入力してアナログ変換した場合、全体的に丸やかで、高音がよく伸びていて低音も重厚な、極めてアナログレコードに近い音声を得ることができる。

また、本実施形態では、デジタルデータの入力段において、入力されるデジタルデータをオーバーサンプルし、そのオーバーサンプルデータの一部を入力データとして得るようにしている。これにより、その後段におけるデジタル基本波形による加工および移動平均演算または畳み込み演算を、以下の理由から極めて簡単な処理で行うことができる。

すなわち、図6に示すように、本実施形態で用いるデジタル基本波形は、データ値を  $-1, 1, 8, 8, 1, -1$  と変化させて作成したもの

である。ここで、真中の同じ数値が連続した 8, 8 の部分を 1 クロック c k 期間とすると、残りの -1, 1, 1, -1 の部分は 1 / 2 クロック期間になる。したがって、入力段において最初からオーバーサンプルデータの半分だけを入力するようになれば、入力されたデータを第 1 ~ 第 3 の加算器 4 ~ 6 等により単純に加算するだけでデジタル基本波形に加工することができる。また、その後の移動平均演算または畳み込み演算も、ディレイと単純な加算だけで行うことができる。

これにより、補間関数生成装置、D / A 変換装置あるいはデータ補間装置を図 3 のようにハードウェアにより構成する場合、より簡単なロジックによりこれを実現することができる。よって、できるだけ少ないディレイ回路や加算回路などで装置を構成することができ、回路規模を小さくすることができる。

また、補間関数生成装置、D / A 変換装置あるいはデータ補間装置をソフトウェアにより構成する場合も、図 5 のように極めて簡単なアルゴリズムで、極めて少ない処理量で実現することができる。これにより、処理の負荷を軽くして演算を高速に行うことができる。

なお、上記実施形態では、デジタル基本波形を -1, 1, 8, 8, 1, -1 とし、これに応じた重み付け ( $-1 / 32$ ,  $1 / 4$ ,  $1 / 32$ ) を施しているが、デジタル基本波形 (重み付けの値) はこの例に限定されるものではない。すなわち、得られる補間関数が全域において 1 回微分可能であり、しかも有限の標本位置において 0 に収束する有限台の関数となれば、どのようなウェイトをかけても良い。例えば、両脇に当たる部分のウェイトを  $-1 / 32$  ではなく  $1 / 32$  あるいは 0 としても良い。また、真中に当たる部分のウェイトを  $1 / 4$  以外の値にしても良い。何れにしても、良好な曲線補間を実現することが可能である。

また、上記実施形態で示したコンボリューション演算も単なる例であ

って、本発明はこれに限定されるものではない。

また、上記実施形態ではデジタル入力を8倍にオーバーサンプルしているが、8倍に限定されるものではない。例えば、2倍、4倍などと倍率を低くしても良いし、16倍、32倍、…などと倍率を高くしても良い。倍率を低くした場合は、ディレイ回路の個数を削減できるとともに、個々の加算器の規模を小さくすることができ、全体として装置を小型化することができる。一方、倍率を大きくした場合は、補間の精度を上げることができ、得られるアナログ信号の質を向上させることができる。

また、上記実施形態では、オーバーサンプルデータの前半半分あるいは後半半分を入力データとして得るようにしているが、これに限定されない。要は、1クロックck期間中におけるオーバーサンプルデータの半分を入力データとして得るものであれば、1個飛びあるいはランダムに半分のデータを採用するようにしても良い。

また、以上に説明した本実施形態による補間の手法は、ハードウェア構成、DSP、ソフトウェアの何れによっても実現することが可能である。例えばソフトウェアによって実現する場合、本実施形態の補間関数生成装置、D/A変換装置あるいはデータ補間装置は、実際にはコンピュータのCPUあるいはMPU、RAM、ROMなどで構成され、RAMやROMに記憶されたプログラムが動作することによって実現できる。

したがって、コンピュータが上記本実施形態の機能を果たすように動作させるプログラムを例えばCD-ROMのような記録媒体に記録し、コンピュータに読み込ませることによって実現できるものである。上記プログラムを記録する記録媒体としては、CD-ROM以外に、フロッピーディスク、ハードディスク、磁気テープ、光ディスク、光磁気ディ

スク、DVD、不揮発性メモリカード等を用いることができる。また、上記プログラムをインターネット等のネットワークを介してコンピュータにダウンロードすることによっても実現できる。

また、コンピュータが供給されたプログラムを実行することにより上述の実施形態の機能が実現されるだけでなく、そのプログラムがコンピュータにおいて稼働しているOS（オペレーティングシステム）あるいは他のアプリケーションソフト等と共同して上述の実施形態の機能が実現される場合や、供給されたプログラムの処理の全てあるいは一部がコンピュータの機能拡張ボードや機能拡張ユニットにより行われて上述の実施形態の機能が実現される場合も、かかるプログラムは本発明の実施形態に含まれる。

その他、上記実施形態は、何れも本発明を実施するにあたっての具体化の一例を示したものに過ぎず、これによって本発明の技術的範囲が限定的に解釈されてはならないものである。すなわち、本発明はその精神、またはその主要な特徴から逸脱することなく、様々な形で実施することができる。

#### 産業上の利用可能性

本発明は、ローパスフィルタによる位相特性の劣化や、 $\text{sinc}$ 関数を用いた補間の打ち切り誤差による波形の歪みが少ない滑らかなアナログ信号を生成できるようにするのに有用である。

また、本発明は、滑らかなアナログ信号を生成するために使用する補間関数を、より簡単なロジックもしくはより簡単なアルゴリズムにより得ることができるようにするのに有用である。

## 請 求 の 範 囲

1. 単一のデジタルデータをオーバーサンプルし、そのオーバーサンプルデータの一部分を入力データとして得るデータ入力手段と、

上記データ入力手段により得た上記入力データをデジタル基本波形により加工し、加工されたデジタルデータに対して移動平均演算または畳み込み演算を行うことにより補間関数を求める演算手段とを備えたことを特徴とする補間関数生成装置。

2. 上記データ入力手段は、上記オーバーサンプルデータの前半半分あるいは後半半分以上を上記入力データとして得ることを特徴とする請求の範囲第1項記載の補間関数生成装置。

3. 上記演算手段は、上記移動平均演算または畳み込み演算を行うために、上記デジタル基本波形により加工されたデジタルデータとそれをオーバーサンプル周期の位相分ずつずらした数個のデータとを加算する第1の加算手段と、

上記デジタル基本波形により加工されたデジタルデータをオーバーサンプル周期の位相分ずつずらした数個のデータどうしを加算する第2の加算手段と、

上記第1の加算手段および上記第2の加算手段の出力どうしを加算する第3の加算手段とを備えたことを特徴とする請求の範囲第1項記載の補間関数生成装置。

4. 単一のデジタルデータをオーバーサンプルし、そのオーバーサンプルデータの一部分を入力データとして得る第1のステップと、

上記入力データをデジタル基本波形により加工する第2のステップと、

上記デジタル基本波形により加工されたデジタルデータに対して移動

平均演算または畳み込み演算を行うことにより補間関数を求める第3のステップとを有することを特徴とする補間関数生成方法。

5. 上記第1のステップでは、上記オーバーサンプルデータの前半半分あるいは後半半分以上記入力データとして得ることを特徴とする請求の範囲第4項記載の補間関数生成方法。

6. 上記第3のステップでは、上記第2のステップで加工されたデジタルデータとそれをオーバーサンプル周期の位相分ずつずらした数個のデータとを加算するとともに、上記デジタル基本波形により加工されたデジタルデータをオーバーサンプル周期の位相分ずつずらした数個のデータどうしを加算し、更にこれらの加算結果どうしを加算することを特徴とする請求の範囲第4項記載の補間関数生成方法。

7. 複数の離散データをそれぞれオーバーサンプルし、各離散データごとにそのオーバーサンプルデータの一部を入力データとして得るデータ入力手段と、

上記データ入力手段により得た上記入力データをデジタル基本波形により加工し、加工されたデジタルデータどうしを移動平均演算または畳み込み演算により合成することによって、上記離散データに対する補間値を求める演算手段とを備えたことを特徴とするデジタル-アナログ変換装置。

8. 上記データ入力手段は、所定周波数のクロックごとに与えられる上記複数の離散データをそれぞれオーバーサンプルし、上記所定周波数のクロックで区切られる各クロック期間ごとに上記オーバーサンプルデータの一部を上記入力データとして得ることを特徴とする請求の範囲第7項記載のデジタル-アナログ変換装置。

9. 上記データ入力手段は、上記各クロック期間ごとに上記オーバーサンプルデータの前半半分あるいは後半半分以上記入力データとして得る

ことを特徴とする請求の範囲第8項記載のデジタル-アナログ変換装置。

10. 上記演算手段は、上記移動平均演算または畳み込み演算を行うために、上記デジタル基本波形により加工されたデジタルデータとそれをオーバーサンプル周期の位相分ずつずらした数個のデータとを加算する第1の加算手段と、

上記デジタル基本波形により加工されたデジタルデータをオーバーサンプル周期の位相分ずつずらした数個のデータどうしを加算する第2の加算手段と、

上記第1の加算手段および上記第2の加算手段の出力どうしを加算する第3の加算手段とを備えたことを特徴とする請求の範囲第7項記載のデジタル-アナログ変換装置。

11. 複数の離散データをそれぞれオーバーサンプルし、各離散データごとにそのオーバーサンプルデータの一部を入力データとして得るデータ入力手段と、

上記データ入力手段により得た上記入力データをデジタル基本波形により加工し、加工されたデジタルデータどうしを移動平均演算または畳み込み演算により合成することによって、上記離散データに対する補間値を求める演算手段とを備えたことを特徴とするデータ補間装置。

12. 上記データ入力手段は、所定周波数のクロックごとに与えられる上記複数の離散データをそれぞれオーバーサンプルし、上記所定周波数のクロックで区切られる各クロック期間ごとに上記オーバーサンプルデータの一部を上記入力データとして得ることを特徴とする請求の範囲第11項記載のデータ補間装置。

13. 上記データ入力手段は、上記各クロック期間ごとに上記オーバーサンプルデータの前半半分あるいは後半半分を上記入力データとして得

ることを特徴とする請求の範囲第12項記載のデータ補間装置。

14. 上記演算手段は、上記移動平均演算または畳み込み演算を行うために、上記デジタル基本波形により加工されたデジタルデータとそれをオーバーサンプル周期の位相分ずつずらした数個のデータとを加算する第1の加算手段と、

上記デジタル基本波形により加工されたデジタルデータをオーバーサンプル周期の位相分ずつずらした数個のデータどうしを加算する第2の加算手段と、

上記第1の加算手段および上記第2の加算手段の出力どうしを加算する第3の加算手段とを備えたことを特徴とする請求の範囲第11項記載のデータ補間装置。

15. 単一のデジタルデータをオーバーサンプルし、そのオーバーサンプルデータの一部を入力データとして得るデータ入力手段、および

上記データ入力手段により得た上記入力データをデジタル基本波形により加工し、加工されたデジタルデータに対して移動平均演算または畳み込み演算を行うことにより補間関数を求める演算手段としてコンピュータを機能させるための補間関数生成プログラム。

16. 複数の離散データをそれぞれオーバーサンプルし、各離散データごとにそのオーバーサンプルデータの一部を入力データとして得るデータ入力手段、および

上記データ入力手段により得た上記入力データをデジタル基本波形により加工し、加工されたデジタルデータどうしを移動平均演算または畳み込み演算により合成することによって、上記離散データに対する補間値を求める演算手段としてコンピュータを機能させるためのデータ補間プログラム。

17. 請求の範囲第15項記載の各手段としてコンピュータを機能させ

るためのプログラムを記録したことを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

18. 請求の範囲第16項記載の各手段としてコンピュータを機能させるためのプログラムを記録したことを特徴とするコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

图 1

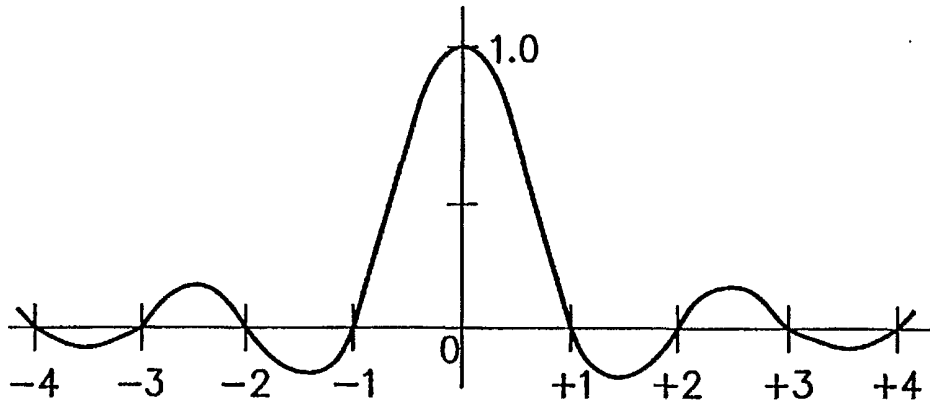


图 2

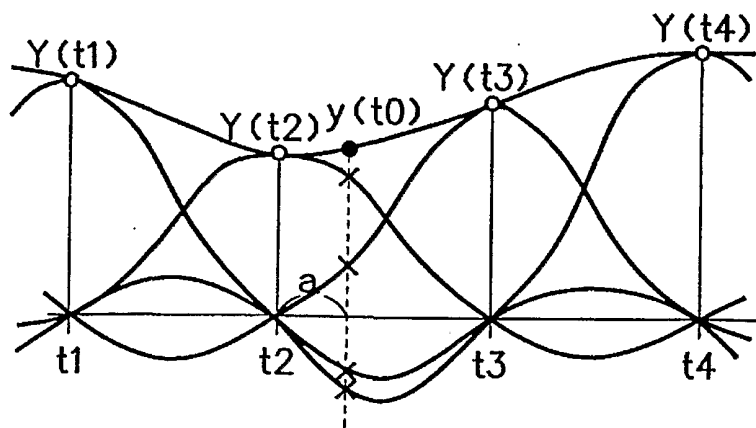


図 3

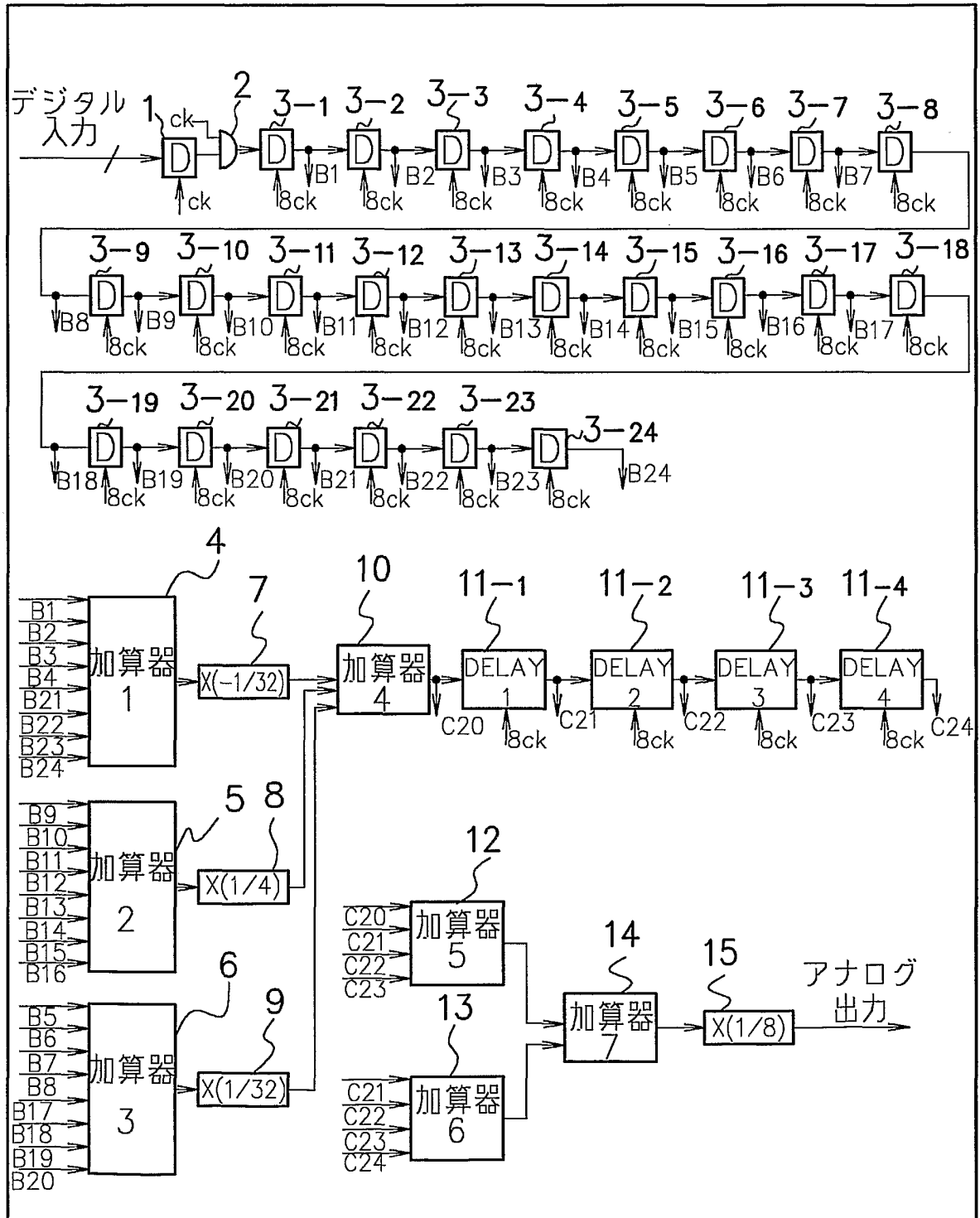


図4

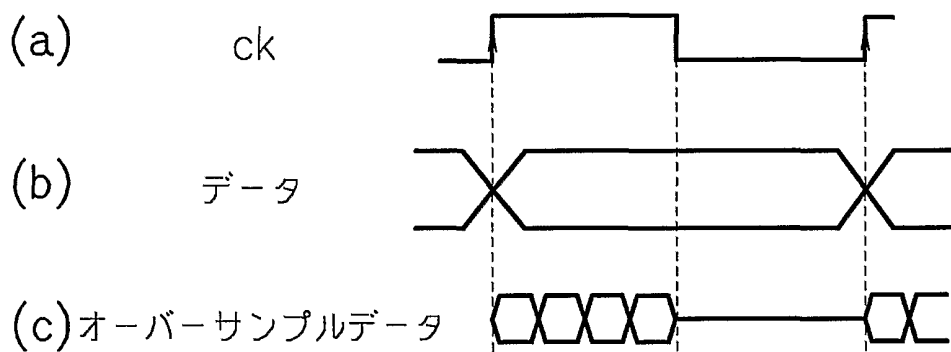


図 5

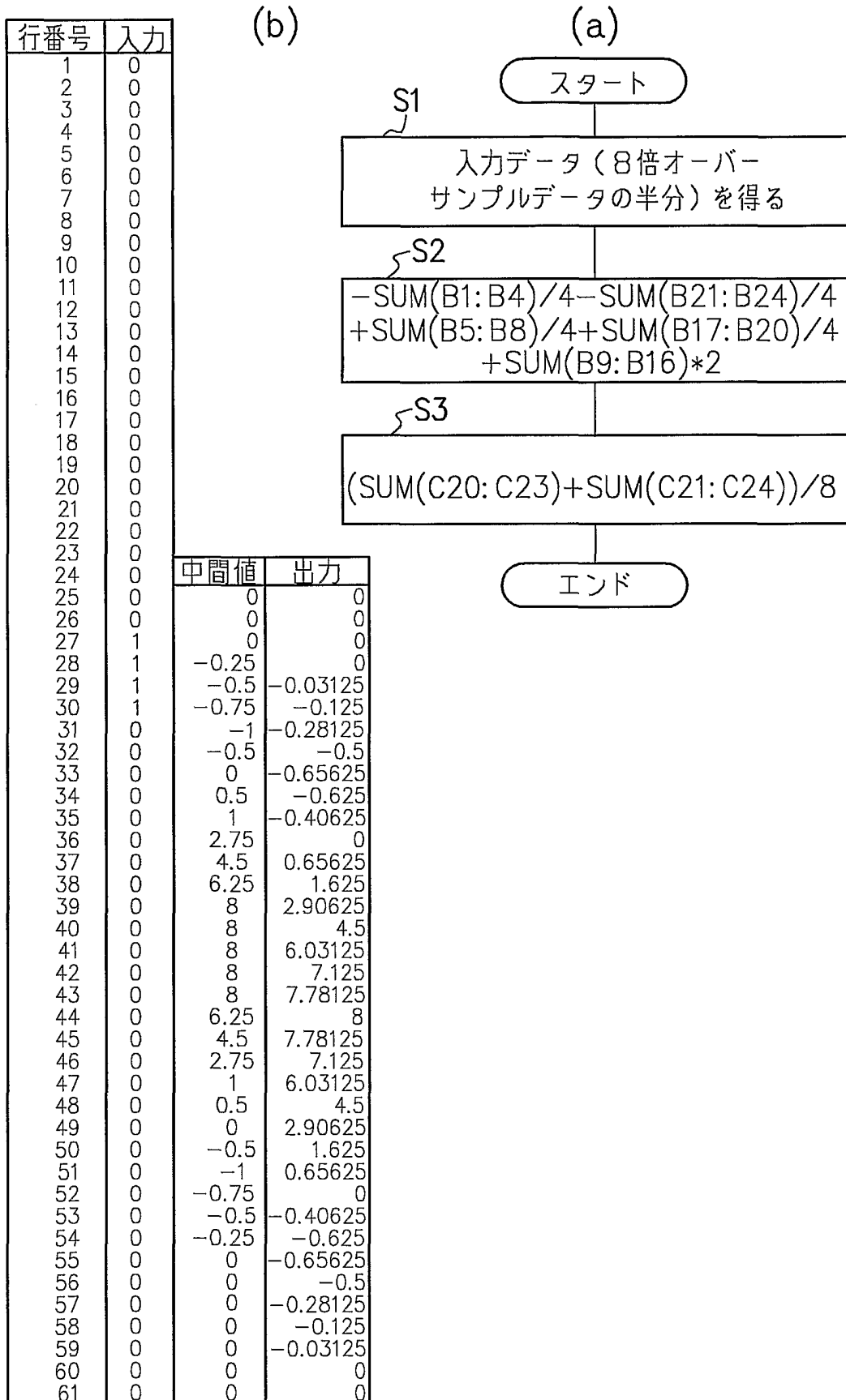


図 6

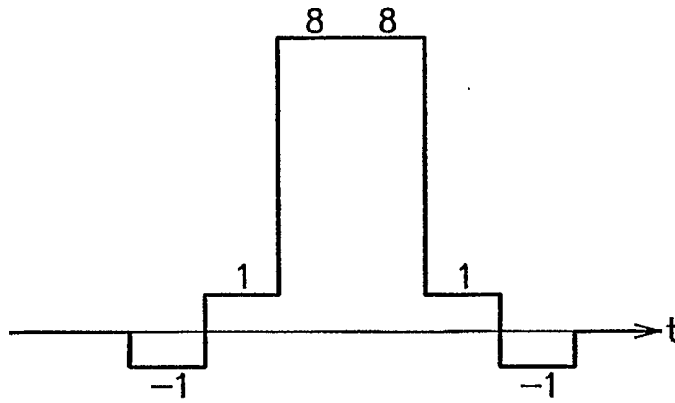
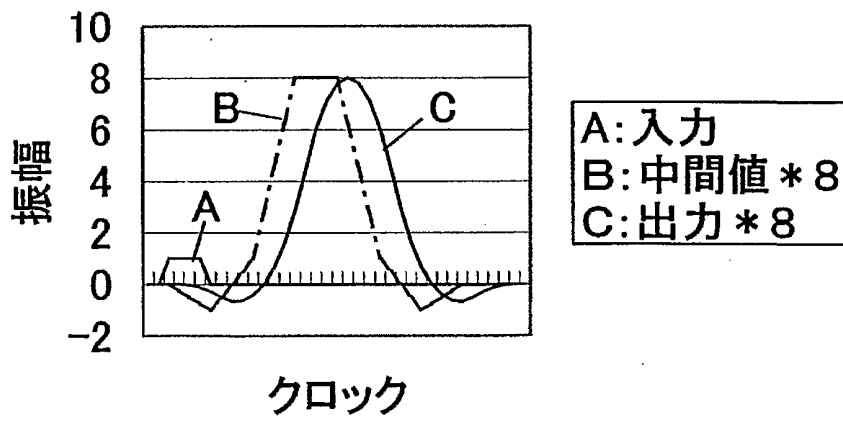


図 7



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP02/01947

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

Int.Cl<sup>7</sup> H03M3/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H03M3/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho(Y1,Y2) 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho(U) 1994-2002  
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho(U) 1971-2002 Jitsuyo Shinan Toroku Koho(Y2) 1996-2002

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 6-244679 A (NEC Corp.), 02 September, 1994 (02.09.94), Fig. 2 (Family: none)	1-18
A	JP 11-55076 A (Yamaha Corp.), 26 February, 1999 (26.02.99), Fig. 11 (Family: none)	1-18
A	JP 2001-69010 A (Yasue SAKAI), 16 March, 2001 (16.03.01), Fig. 5 (Family: none)	1-18

Further documents are listed in the continuation of Box C.  See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
28 May, 2002 (28.05.02)

Date of mailing of the international search report  
11 June, 2002 (11.06.02)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
Int. Cl<sup>7</sup> H03M3/02

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
Int. Cl<sup>7</sup> H03M3/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

- 日本国実用新案公報 (Y1, Y2) 1926-1996年
- 日本国公開実用新案公報 (U) 1971-2002年
- 日本国登録実用新案公報 (U) 1994-2002年
- 日本国実用新案登録公報 (Y2) 1996-2002年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 6-244679 A (日本電気株式会社)、1994. 09. 02、図2 (ファミリーなし)	1~18
A	JP 11-55076 A (ヤマハ株式会社)、1999. 02. 26、図11 (ファミリーなし)	1~18
A	JP 2001-69010 A (酒井康江)、2001. 03. 16、図5 (ファミリーなし)	1~18

C欄の続きにも文献が列举されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

- 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
- 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
- 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
- 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
- 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願


の日の後に公表された文献

- 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
- 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
- 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
- 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日  
28. 05. 02

国際調査報告の発送日  
**11.06.02**

国際調査機関の名称及びあて先  
日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)  
石井 研一  5K 8124  
電話番号 03-3581-1101 内線 3555