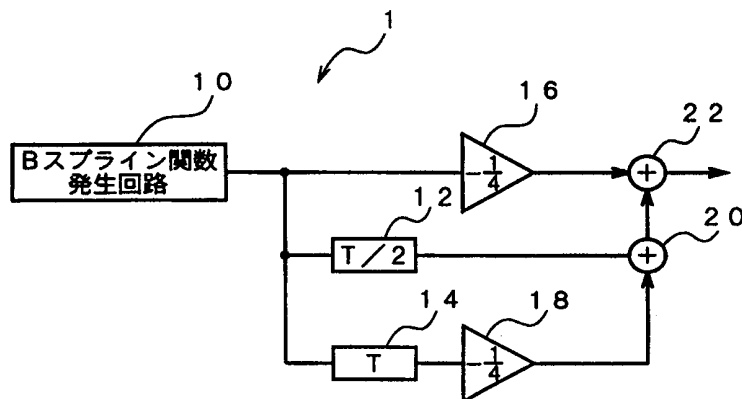


(51) 国際特許分類6 G06F 17/17	A1	(11) 国際公開番号 WO99/44150	(43) 国際公開日 1999年9月2日 (02.09.99)
(21) 国際出願番号 PCT/JP99/00814		(81) 指定国 CN, JP, KR, US, 欧州特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE)	
(22) 国際出願日 1999年2月23日 (23.02.99)		添付公開書類 国際調査報告書	
(30) 優先権データ 特願平10/62131 1998年2月26日 (26.02.98) JP			
(71) 出願人 (米国を除くすべての指定国について) 株式会社 フルーエンシー研究所 (FLUENCY RESEARCH & DEVELOPMENT CO., LTD.)(JP/JP) 〒143-0023 東京都大田区山王2丁目5番6-213号 Tokyo, (JP)			
(72) 発明者 ; および			
(75) 発明者 / 出願人 (米国についてののみ) 寅市和男(TORAICHI, Kazuo)(JP/JP) 〒350-1305 埼玉県狭山市入間川1-14-2 Saitama, (JP) 和田耕一(WADA, Kouichi)(JP/JP) 〒305-0042 茨城県つくば市下広岡725-26 Ibaraki, (JP)			
(74) 代理人 弁理士 雨貝正彦(AMAGAI, Masahiko) 〒160-0023 東京都新宿区北新宿1丁目8番15号 北新宿OCビル2階 雨貝特許事務所 Tokyo, (JP)			

(54)Title: SAMPLING FUNCTION GENERATOR

(54)発明の名称 標本化関数発生装置



10 ... B-SPLINE FUNCTION GENERATOR CIRCUIT

(57) Abstract

A sampling function generator capable of providing continuous output corresponding to a sampling function. The sampling function generator (1) comprises a B-spline function generator circuit (10), delay circuit (12 and 14), inverting amplifiers (16 and 18), and summing circuits (20 and 22). The B-spline function generator circuit (10) continuously produces signal waveforms according to a third-order B-spline function. After delayed by predetermined time or attenuated to 1/4 amplitude and inverted, the signal waveforms are combined in the summing circuits (20 and 22) to form a series of signal waveforms of a sampling function that is differentiable once over the range and has finite values.

(57)要約

標本化関数に対応した連続的な出力値を得ることができる標本化関数発生装置を提供することを目的とする。標本化関数発生装置 1 は、B スプライン関数発生回路 10、遅延回路 12、14、反転増幅器 16、18 および加算回路 20、22 を含んで構成されている。B スプライン関数発生回路 10 によって 3 階 B スプライン関数の信号波形を連続的に生成し、これを所定量遅延し、あるいは $1/4$ に減衰して極性反転した後に加算回路 20、22 によって合成することにより、全域で 1 回だけ微分可能であって有限台の値を有する標本化関数の信号波形が連続的に生成される。

PCT に基づいて公開される国際出願のパンフレット第一頁に掲載された PCT 加盟国を同定するために使用されるコード(参考情報)

AE アラブ首長国連邦	DM ドミニカ	KZ カザフスタン	SD スーダン
AL アルバニア	EE エストニア	LC セントルシア	SE スウェーデン
AM アルメニア	ES スペイン	LI リヒテンシュタイン	SG シンガポール
AT オーストリア	FI フィンランド	LK スリ・ランカ	SI スロヴェニア
AU オーストラリア	FR フランス	LR リベリア	SK スロヴァキア
AZ アゼルバイジャン	GA ガボン	LS レソト	SL シエラ・レオネ
BA ボスニア・ヘルツェゴビナ	GB 英国	LT リトアニア	SN セネガル
BB バルバドス	GD グレナダ	LU ルクセンブルグ	SZ スワジランド
BE ベルギー	GE グルジア	LV ラトヴィア	TD チャード
BF ブルキナ・ファソ	GH ガーナ	MC モナコ	TG トーゴ
BG ブルガリア	GM ガンビア	MD モルドヴァ	TJ タジキスタン
BJ ベナン	GN キニア・ビサオ	MG マダガスカル	TZ タンザニア
BR ブラジル	GW キニア・ビサオ	MK マケドニア旧ユーゴスラヴィア	TM トルクメニスタン
BY ベラルーシ	GR ギリシャ	共和国	TR トルコ
CA カナダ	HR クロアチア	ML マリ	TT トリニダード・トバゴ
CF 中央アフリカ	HU ハンガリー	MN モンゴル	UA ウクライナ
CG コンゴ	ID インドネシア	MR モーリタニア	UG ウガンダ
CH スイス	IE アイルランド	MW マラウイ	US 米国
CI コートジボアール	IL イスラエル	MX メキシコ	UZ ウズベキスタン
CM カメルーン	IN インド	NE ニジェール	VN ヴィエトナム
CN 中国	IS アイスランド	NL オランダ	YU ユーゴスラビア
CR コスタ・リカ	IT イタリア	NO ノールウェー	ZA 南アフリカ共和国
CU キューバ	JP 日本	NZ ニュー・ジージーランド	ZW ジンバブエ
CY キプロス	KE ケニア	PL ポーランド	
CZ チェッコ	KG キルギスタン	PT ポルトガル	
DE ドイツ	KP 北朝鮮	RO ルーマニア	
DK デンマーク	KR 韓国	RU ロシア	

明 細 書

標本化関数発生装置

技術分野

本発明は、補間処理に用いられる標本化関数の値を発生する標本化関数発生装置に関する。なお、本明細書においては、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「有限台」と称して説明を行うものとする。

背景技術

従来から、予め与えられた標本値間の値を求めるデータ補間方法として、標本化関数を用いてデータ補間を行う手法が知られている。

図14は、従来から知られているsinc関数と称される標本化関数の説明図である。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 $\sin(\pi f t) / (\pi f t)$ で定義される。このsinc関数は、 $t = 0$ の標本点のみで1になり、他の全ての標本点では0となる。

図15は、図14に示した標本化関数を用いたデータ補間の説明図である。同図に示すように、各標本点以外の値は、全ての標本値を用いて補間される。

ところで、最近のデジタルオーディオ装置、例えばCD（コンパクトディスク）プレーヤ等においては、離散的な音声データから連続的なアナログの音声信号を得る場合に、離散的な音声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いわゆるオーバーサンプリング技術が用いられている。このオーバーサンプリング技術を用いてさらに音声の品質を向上させるためには、補間値の間隔が狭く連続に近いほど好ましいが、従来は標本化関数の値を連続的に発生させる回路や装置がなかったため、標本化関数の値を用いて畳み込み演算によって求める補間値も離散的に求めることになる。このような補間値の計算を各種のデジタル信号処理装置（DSP）で行おうとすると、上述した標本化関数の値を高速

に演算しなければならず、処理能力の点から限界がある。また、上述した標本化関数の波形データをタップ係数として設定したデジタルフィルタによって離散的な音声データ間の補間演算を行う手法が汎用されているが、補間間隔を増やすとその分タップ係数の数も増大し、回路規模が拡大するという問題がある。

このように、補間値を連続に近い間隔で求めるには、必要とされる処理能力や回路規模の点で問題があるが、標本化関数自体を連続的に発生させることができればこのような不都合はないため、標本化関数を連続的に発生させる手法が望まれていた。

発明の開示

本発明は、このような点に鑑みて創作されたものであり、その目的は、標本化関数に対応した連続的な出力値を得ることができる標本化関数発生装置を提供することにある。

本発明の標本化関数発生装置は、Bスプライン関数発生手段によってBスプライン関数に対応した基本波形を発生させるとともに、この基本波形を減衰および極性反転した補助波形を基本波形に対して時間軸上で前後に付加して信号波形を合成する処理を合成手段によって行うことにより、所定の標本化関数に対応した出力値を連続的に得ることができる。

特に、上述したBスプライン関数として3階Bスプライン関数を用い、標本化関数としては、有限台の区間の全域にわたって1回だけ微分可能な関数を用いることが好ましい。自然界に存在する各種の信号は、滑らかに変化しているため、微分可能性が必要であると考えられるが、その微分可能回数は必ずしも無限回である必要はなく、むしろ1回だけ微分可能であれば十分に自然現象を近似できると考えられる。有限回微分可能であって有限台な標本化関数を用いることにより、標本値間を滑らかに補間できる、補間処理の対象となる標本値を減らすことができる等の数々の利点があるが、従来はこのような条件を満たす標本化関数は存在しないと考えられていた。ところが、本発明者の研究によって、上述した条件を満たす標本化関数が見いだされた。

この標本化関数 $H(t)$ は、3階Bスプライン関数を $F(t)$ としたときに、

$-F(t + 1/2)/4 + F(t) - F(t - 1/2)/4$ で定義される。すなわち、この定義式によれば、3階Bスプライン関数の信号波形を用い、この信号波形に対して減衰、極性反転および時間軸上のシフト（時間軸上を先に進ませることはできないため実際は遅延）を行った後に各信号波形を合成することにより、上述した標本化関数 $H(t)$ に対応した信号波形を得ることができる。

このような標本化関数の信号波形を発生するために、上述した合成手段は、Bスプライン関数発生手段から出力される基本波形を減衰させるとともに極性反転を行って第1の信号波形を出力する第1の反転増幅手段と、基本波形を所定時間遅延させて第2の信号波形を出力する第1の遅延手段と、基本波形に対して減衰および極性反転を行うとともに所定時間遅延させて第3の信号波形を出力する第2の反転増幅手段および第2の遅延手段とを有しており、これら第1、第2および第3の信号波形を第1の加算手段によってアナログ的に加算して信号波形の合成を行うことが好ましい。特に、上述したBスプライン関数発生手段から出力されるBスプライン関数の発生時間を $3T$ としたときに、第1および第2の遅延手段の遅延時間をそれぞれ $T/2$ 、 T に、第1および第2の反転増幅手段による減衰量をそれぞれ $1/4$ に設定することが好ましい。これらの各反転増幅手段や遅延手段によって得られる各出力を合成することにより、上述した標本化関数 $H(t)$ の定義式に沿った信号処理が可能であり、3階Bスプライン関数の信号波形に基づいて標本化関数を連続的に発生させることができる。

上述した標本化関数 $H(t)$ は、3階Bスプライン関数を用いているため、全域で1回だけ微分可能であって、 $t = \pm 2$ において値が0に収束する有限台の関数であり、上述した2つの条件を満たす。このような関数 $H(t)$ を用いて、離散データ間の補間を行うことにより、離散データ間を滑らかに補間でき、しかも演算量が少なく、精度の高い補間処理が可能となる。

また、Bスプライン関数発生手段は、 i 階Bスプライン関数波形同士の畳み込み演算処理を行う畳み込み演算手段を有し、これに2階Bスプライン関数の信号波形である三角波を入力することによって、容易に3階Bスプライン関数の信号波形を生成して出力することができる。

また、Bスプライン関数発生手段は、 i 階Bスプライン関数波形同士の畳み込

み演算処理を行う縦続接続された2つの畳み込み演算手段を有し、初段の畳み込み演算手段に1階Bスプライン関数の信号波形である矩形波を入力することによって、容易に3階Bスプライン関数の信号波形を生成して出力することができる。

また、Bスプライン関数発生手段は、 i 階Bスプライン関数波形同士の畳み込み演算処理を行う縦続接続された3つの畳み込み演算手段を有しており、初段の畳み込み演算手段にパルス列を入力することによって、容易に3階Bスプライン関数の信号波形を生成して出力することができる。

具体的には、上述した畳み込み演算手段は、入力信号波形に対して所定時間遅延させるとともに極性反転を行う第3の遅延手段および第3の反転増幅手段と、この遅延および極性反転後の信号波形と入力信号波形とをアナログ的に加算して信号波形の合成を行う第2の加算手段と、この合成後の信号波形を時間積分する積分手段とを備えて構成することが好ましい。これらの各手段による処理を行うことにより、 i 階Bスプライン関数波形同士の畳み込み演算処理が可能であり、最終段の畳み込み演算手段に含まれる積分手段から3階Bスプライン関数の信号波形を時間軸上で連続的に出力することができる。

図面の簡単な説明

図1は、本実施形態の標本化関数発生装置の構成を示す図、

図2は、本実施形態で用いられる標本化関数の説明図、

図3は、離散データとその間の補間値との関係を示す図、

図4は、本実施形態の標本化関数を用いたデータ補間の詳細な説明図、

図5は、標本化関数発生装置の各部の信号波形を示す図、

図6は、Bスプライン関数発生回路の具体的な構成を示す図、

図7は、Bスプライン関数発生回路の初段の畳み込み演算回路の各部の信号波形を示す図、

図8は、Bスプライン関数発生回路の2段目の畳み込み演算回路の各部の信号波形を示す図、

図9は、Bスプライン関数発生回路の3段目の畳み込み演算回路の各部の信号波形を示す図、

図 1 0 は、矩形波発生回路の構成を示す図、
図 1 1 は、矩形波発生回路の各部の信号波形を示す図、
図 1 2 は、三角波発生回路の構成を示す図、
図 1 3 は、三角波発生回路の各部の信号波形を示す図、
図 1 4 は、 sinc 関数の説明図、
図 1 5 は、 sinc 関数を用いたデータ補間の説明図である。

発明を実施するための最良の形態

本発明を適用した一実施形態の標本化関数発生装置は、デジタル処理によって標本化関数の値を離散的に発生させるのではなく、標本化関数に対応したアナログ信号波形を連続的に発生させることに特徴がある。以下、一実施形態の標本化関数発生装置について、図面を参照しながら詳細に説明する。

図 1 は、本実施形態の標本化関数発生装置の構成を示す図である。同図に示す標本化関数発生装置 1 は、B スプライン関数発生回路 1 0、遅延回路 1 2、1 4、反転増幅器 1 6、1 8、加算回路 2 0、2 2 を含んで構成されている。B スプライン関数発生回路 1 0 を除く各構成が合成手段に対応している。

B スプライン関数発生回路 1 0 は、3 階 B スプライン関数に対応する信号波形を発生させるものである。また、一方の遅延回路 1 2 は、B スプライン関数発生回路 1 0 から出力される信号波形を所定時間 ($T/2$) だけ遅延させて出力し、他方の遅延回路 1 4 は、B スプライン関数発生回路 1 0 から出力される信号波形を所定時間 (T) だけ遅延させて出力する。反転増幅器 1 6、1 8 は、入力される信号のレベルを $1/4$ に減衰させるとともに、極性を反転させて出力する。一方の反転増幅器 1 6 には B スプライン関数発生回路 1 0 から出力される信号波形が直接入力されており、他方の反転増幅器 1 8 には B スプライン関数発生回路 1 0 から出力される信号波形を遅延回路 1 4 に通した後の信号が入力されている。2 つの加算回路 2 0、2 2 は、遅延回路 1 2 および 2 つの反転増幅器 1 6、1 8 のそれぞれから出力される 3 つの信号波形をアナログ的に加算するためのものである。一方の加算回路 2 0 によって遅延回路 1 2 および反転増幅器 1 8 の各出力信号が加算され、他方の加算回路 2 2 によってこの加算結果と反転増幅器 1 6 の

出力信号とが加算される。

本実施形態の標本化関数発生装置 1 はこのような構成を有しており、次にその動作説明に先立って、本実施形態の標本化関数発生装置 1 によって発生される標本化関数と、この標本化関数を用いて行われるデータ補間処理の概要を説明する。

図 2 は、本実施形態で用いられる標本化関数の説明図である。図 2 に示す標本化関数 $H(t)$ は、微分可能性に着目した有限台の関数であり、例えば全域において 1 回だけ微分可能であって、横軸に沿った標本位置 t が -2 から $+2$ の間にあるときに 0 以外の有限な値を有する有限台の関数である。また、 $H(t)$ は標本化関数であるため、 $t = 0$ の標本点でのみ 1 になり、 $t = \pm 1, \pm 2$ の標本点において 0 になるという特徴を有する。

なお、本実施形態の標本化関数発生装置 1 によって発生される標本化関数を考えた場合には、図 2 に示した横軸の標本位置 t が経過時間に、縦軸の標本化関数 H の値が出力信号の信号レベルに対応している。標本化関数発生装置 1 による標本化関数に対応した信号波形の発生動作の詳細については後述する。

上述した各種の条件（標本化関数、1 回だけ微分可能、有限台）を満たす関数 $H(t)$ が存在することが本発明者の研究により確かめられている。具体的には、このような標本化関数 $H(t)$ は、3 階 B スプライン関数を $F(t)$ としたときに、

$$H(t) = -F(t + 1/2)/4 + F(t) - F(t - 1/2)/4 \quad \dots (1)$$

で定義することができる。ここで、3 階 B スプライン関数 $F(t)$ は、

$$\begin{aligned} & (4t^2 + 12t + 9)/4 & ; -3/2 \leq t < -1/2 \\ & -2t^2 + 3/2 & ; -1/2 \leq t < 1/2 \\ & (4t^2 - 12t + 9)/4 & ; 1/2 \leq t < 3/2 \quad \dots (2) \end{aligned}$$

で表される。

本実施形態の標本化関数発生装置 1 は、この (1) 式の右辺各項の信号波形を別々につくって、これらの信号を合成することにより、標本化関数 $H(t)$ に対応した信号波形を発生させるものである。

上述した標本化関数 $H(t)$ は、二次の区分多項式であり、3 階 B スプライン

関数 $F(t)$ を用いているため、全域で 1 回だけの微分可能性が保証される有限台の関数となっている。また、 $t = \pm 1, \pm 2$ において 0 となる。

このように、上述した関数 $H(t)$ は、標本化関数であって、全域において 1 回だけ微分可能であり、しかも $t = \pm 2$ において 0 に収束する有限台の関数である。したがって、この標本化関数 $H(t)$ 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、離散データ間の値を 1 回だけ微分可能な関数を用いて補間することができる。

図 3 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。例えば、滑らかに変化する音声信号を一定の時間間隔で標本化し、これを量子化することにより標本データとしての離散的な音声データが得られる。デジタルオーディオ装置に用いられる D/A (デジタル-アナログ) 変換器は、このような離散的な音声データが入力されて、その間を補間処理によってつないだ連続的なアナログの音声信号を出力する。

図 3 において、等間隔の標本位置 t_1, t_2, t_3, t_4 のそれぞれでの離散データの値を $Y(t_1), Y(t_2), Y(t_3), Y(t_4)$ とし、座標 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値 y の位置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。 sinc 関数は $t = \pm\infty$ の標本点で 0 に収束する関数であるため、補間値 y を正確に求めようとすると、 $t = \pm\infty$ までの各離散データに対応して補間値 y の位置での sinc 関数の値を計算し、これを用いて畳み込み演算を行う必要があった。

ところが、本実施形態で用いる標本化関数 $H(t)$ は、 $t = \pm 2$ の標本点で 0 に収束するため、 $t = \pm 2$ までの離散データを考慮に入ればよい。したがって、図 3 に示す補間値 y を求める場合には、 $t = t_1, t_2, t_3, t_4$ に対応した 4 つの離散データの値 $Y(t_1), Y(t_2), Y(t_3), Y(t_4)$ のみを考慮すればよいことになり、処理量を大幅に削減することができる。しかも、 $t = \pm 3$ 以上の各離散データについては、本来考慮すべきであるが処理量や精度等

を考慮して無視しているというわけではなく、理論的に考慮する必要がないため、打ち切り誤差は発生しない。

図4は、本実施形態の標本化関数を用いて行われるデータ補間の詳細な説明図である。補間処理の手順としては、図4 (A) ~ (D) に示すように、各標本点毎に、図2に示した標本化関数 $H(t)$ の $t=0$ (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 $H(t)$ の値を求める。

例えば、図4 (A) に示す t_1 における離散データの値 $Y(t_1)$ について具体的に説明する。補間位置 t_0 と標本位置 t_1 との距離は、各標本位置間の距離を正規化して1とすると、 $1+a$ となる。したがって、標本位置 t_1 に標本化関数 $H(t)$ の中心位置を合わせたときの補間位置 t_0 における標本化関数の値は $H(1+a)$ となる。実際には、離散データの値 $Y(t_1)$ に一致するように標本化関数 $H(t)$ の中心位置のピーク高さを合わせるため、上述した $H(1+a)$ を $Y(t_1)$ 倍した値 $H(1+a) \cdot Y(t_1)$ が求めたい値となる。

ところで、本実施形態の標本化関数発生装置1は、図2に示した標本化関数 $H(t)$ の波形を連続的に発生する。したがって、信号の発生開始位置 (図2の $t=-2$ の位置) を基準に考えると、その時点から時間 $(3+a)$ 経過したときの出力レベルが上述した $t=1+a$ における標本化関数の値 $H(1+a)$ に一致する。この $H(1+a)$ を $Y(t_1)$ 倍した値を得たい場合には、標本化関数発生装置1の出力をゲイン $Y(t_1)$ の増幅器で増幅すればよい。

同様にして、発生開始時点が単位時間づつ互いに遅れた3つの標本化関数の信号波形を標本化関数発生装置1によって発生し、それぞれの信号をゲイン $Y(t_2)$ 、 $Y(t_3)$ 、 $Y(t_4)$ の各増幅器で増幅することにより、図4 (B) ~ (D) に示す補間位置 t_0 に対応する値 $H(a) \cdot Y(t_2)$ 、 $H(1-a) \cdot Y(t_3)$ 、 $H(2-a) \cdot Y(t_4)$ が同じタイミングで得られる。

このようにして、信号レベルに対応させて得られた4つの値 $H(1+a) \cdot Y(t_1)$ 、 $H(a) \cdot Y(t_2)$ 、 $H(1-a) \cdot Y(t_3)$ 、 $H(2-a) \cdot Y(t_4)$ をアナログ加算器で加算することにより、補間値 $y(t_0)$ を得ることができる。

また、時間経過とともに補間位置 t_0 が移動するが、標本化関数発生装置 1 から出力される信号波形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につなぐ連続した補間信号が得られる。特に、それぞれが異なる開始タイミングで発生された 4 つの標本化関数の信号波形を、離散データに対応した所定のゲインで増幅して加算するだけで連続的な補間値が得られるため、従来のようにサンプルホールド回路やローパスフィルタが不要であって、回路規模の増大や群遅延特性の悪化等を招くことがない。また、オーバーサンプリング処理を行う場合のように高速な信号処理を行う必要もなく、高価な部品を用いる必要もない。

次に、上述した標本化関数発生装置 1 による信号波形の発生動作について説明する。

図 5 は、標本化関数発生装置 1 の各部に入出力される信号波形を示す図である。図 5 (A) は、B スプライン関数発生回路 10 から出力される信号波形（基本波形）を示しており、(2) 式の区分多項式で示される 3 階 B スプライン関数の波形に対応している。この出力信号は、離散データの入力時間間隔を T 、信号の発生時刻（発生タイミング）を t_{10} としたときに、時間 $3T$ 経過後の時刻 t_{13} までの間所定の値を有する有限台の波形となる。

また、図 5 (B) は、反転増幅器 16 から出力される信号波形（第 1 の信号波形）を示しており、B スプライン関数発生回路 10 から出力された基本波形を反転増幅器 16 に通すことにより $1/4$ に減衰させ、極性反転した補助波形が示されている。

図 5 (C) は、遅延回路 12 から出力される信号波形（第 2 の信号波形）を示しており、B スプライン関数発生回路 10 から出力された基本波形を遅延回路 12 に通すことにより、離散データの入力時間間隔 T の半分 ($T/2$) だけ遅延させた信号波形が示されている。

図 5 (D) は、反転増幅器 18 から出力される信号波形（第 3 の信号波形）を示しており、B スプライン関数発生回路 10 から出力された基本波形を遅延回路 14 および反転増幅器 18 に通すことにより、離散データの入力時間間隔 T と同じ時間遅延させた後に、この遅延した信号のレベルを $1/4$ に減衰させ、極性反

転した補助波形が示されている。

このようにして2つの反転増幅器16、18および遅延回路12のそれぞれから出力された信号波形(図5(B)、(C)、(D)に示した信号波形)を加算回路20、22によってアナログ的に加算して信号の合成を行うことにより、図5(E)に示す信号波形を得ることができる。この信号波形は、図2に示した信号波形そのものであり、時刻 t_{10} ~ t_{14} の間で時間の経過とともに信号レベルが連続的に変化する本実施形態の標本化関数を発生させることができる。

図6は、本実施形態の標本化関数発生装置1に含まれるBスプライン関数発生回路10の具体的な構成を示す図である。同図に示すBスプライン発生回路10は、縦続接続された同じ構成を有する3つの畳み込み演算回路30(30-1、30-2、30-3)を備えている。

各畳み込み演算回路30は、 i 階Bスプライン関数の信号波形が入力されたときに、 i 階Bスプライン関数同士の畳み込み演算(コンボリューション演算)処理を行って、 $(i+1)$ 階Bスプライン関数に対応した信号波形を生成して出力するためのものである。

初段の畳み込み演算回路30-1は、周期 $4T$ のパルス列が入力され、1階Bスプライン関数である矩形波を生成して出力する。2段目の畳み込み演算回路30-2は、初段の畳み込み演算回路30-1から出力される1階Bスプライン関数に対応する信号波形(矩形波)が入力され、2階Bスプライン関数である三角波を生成して出力する。3段目の畳み込み演算回路30-3は、2段目の畳み込み演算回路30-2から出力される2階Bスプライン関数に対応する信号波形(三角波)が入力され、3階Bスプライン関数である図5(A)に示した信号波形を出力する。

各畳み込み演算回路30は、遅延回路32、反転増幅器34、加算回路36および積分回路38を含んで構成されている。遅延回路32は、入力された i 階Bスプライン関数の信号波形を所定時間 T だけ遅延する。この遅延時間 T は、図3等 to 示す各離散データの入力時間間隔に等しい量が設定される。反転増幅器34は、入力信号の極性反転を行う反転増幅器であり、遅延回路32から出力される i 階Bスプライン関数の信号波形の極性を反転させる。加算回路36は、入力さ

れた i 階 B スプライン関数の信号波形と、遅延回路 32 および反転増幅器 34 を通すことにより時間 T 遅延の後に極性が反転された i 階 B スプライン関数の信号波形とをアナログ的に加算する。積分回路 38 は、加算回路 36 から出力される信号波形を時間積分する。

以下、各段の畳み込み演算回路 30 の動作を説明する。図 7 は、初段の畳み込み演算回路 30-1 の各部に入出力される信号波形を示す図である。図 7 (A) に示す所定周期（例えば周期 $4T$ ）のパルスが畳み込み演算回路 30-1 に入力されると、この入力信号と、この入力信号を周期 T だけ遅延して極性反転した信号とが加算されるため、加算回路 36 からは図 7 (B) に示すような互いに極性が異なるパルスが交互に配置された信号が出力される。したがって、この信号を積分回路 38 によって積分することにより、図 7 (C) に示す周期が $4T$ であってデューティ比が 25% の矩形波が出力される。

また、図 8 は 2 段目の畳み込み演算回路 30-2 の各部に入出力される信号波形を示す図である。図 8 (A) に示す周期 $4T$ でデューティ比が 25% の矩形波が畳み込み演算回路 30-2 に入力されると、この入力された矩形波と、この矩形波を周期 T だけ遅延して極性反転した信号とが加算されるため、加算回路 36 からは図 8 (B) に示すような互いに極性が異なる矩形波が交互に配置された信号が出力される。したがって、この信号を積分回路 38 によって積分することにより、図 8 (C) に示す周期が $4T$ の部分的な三角波が出力される。

また、図 9 は 3 段目の畳み込み演算回路 30-3 の各部に入出力される信号波形を示す図である。図 9 (A) に示す三角波が畳み込み演算回路 30-3 に入力されると、この入力された信号と、この信号を周期 T だけ遅延して極性を反転した信号とが加算されるため、加算回路 36 からは図 8 (B) に示す信号が出力され、この出力信号を積分回路 38 によって積分することにより、図 8 (C) に示す 3 階 B スプライン関数信号が得られる。

このように、本実施形態の B スプライン関数発生回路 10 は、簡単な構成によって 3 階 B スプライン関数の信号波形を連続的に生成することができる。

ところで、図 6 に示した B スプライン関数発生回路 10 の説明では、初段の畳み込み演算回路 30-1 にパルス列を入力するようにしたが、外部から実際に入

力する信号としては、図 8 (A) に示すような矩形波や、図 9 (A) に示すような三角波の方が生成しやすいため、これらの信号を 2 段目の畳み込み演算回路 30-1 あるいは 3 段目の畳み込み演算回路 30-3 に入力するようにしてもよい。

図 10 は、2 段目の畳み込み演算回路 30-2 に入力する矩形波を生成する矩形波発生回路 40 の構成を示す図である。同図に示す矩形波発生回路 40 は、2 ビットカウンタ 42 とアンドゲート 44 とを備えている。2 ビットカウンタ 42 のクロック端子には、周期 T のクロック信号が入力されている。また、2 ビットカウンタ 42 の出力端子の各ビット $Q0$ 、 $Q1$ がアンドゲート 44 の 2 つの入力端子にそれぞれ接続されており、このアンドゲート 44 から出力される矩形波が 2 ビットカウンタ 42 のリセット端子 R (負論理) に入力されるとともに、矩形波発生回路 40 の出力として取り出され、図 6 に示した 2 段目の畳み込み演算回路 30-2 に入力される。

図 11 は、図 10 に示した矩形波発生回路 40 の各部に入出力される各種の信号波形を示す図である。2 ビットカウンタ 42 は、図 11 (A) に示す周期 T のクロック信号が入力されると、このクロック信号の立ち上がり同期した計数動作を行って、出力端子の下位ビット $Q0$ および上位ビット $Q1$ からそれぞれ図 11 (B)、(C) に示す矩形波を出力する。アンドゲート 44 は、2 ビットカウンタ 42 の出力端子の各ビット $Q0$ 、 $Q1$ から出力される信号の論理積を求め、図 11 (D) に示す周期が $4T$ でデューティ比が 25% の矩形波が矩形波発生回路 40 の出力として得られる。

なお、矩形波発生回路 40 から出力される矩形波を B スプライン関数発生回路 10 の 2 段目の畳み込み演算回路 30-2 に入力する場合には、初段の畳み込み演算回路 30-1 は不要であるため、図 6 に示した回路構成から削除してもよい。

図 12 は、3 段目の畳み込み演算回路 30-3 に入力する三角波を生成する三角波発生回路 50 の構成を示す図である。また、図 13 は図 12 に示した三角波発生回路 50 の各部に入出力される信号波形を示す図である。図 12 に示す三角波発生回路 50 は、ヒステリシスコンパレータ 52 と積分器 54 を備えることによって図 13 (A) に示す三角波を生成し、ダイオード 56 を用いることによってこの三角波の正極性側のみを取り出しており、図 13 (B) に示す部分的な三

角波が三角波発生回路 50 の出力として得られる。

なお、ダイオード 56 を用いると順方向電圧以下の正極性の三角波出力が遮断されるため、正確に 0 V 以上の三角波を取り出すためには、例えば閾値が 0 V に設定されたコンパレータとこの出力によってオンオフ状態が設定されるアナログスイッチとを組み合わせ用い、積分器 54 から出力される三角波信号の 0 V 以上の成分を抽出することが好ましい。また、三角波発生回路 50 から出力される三角波を B スプライン関数発生回路 10 の 3 段目の畳み込み演算回路 30-3 に入力する場合には、初段と 2 段目の畳み込み演算回路 30-1、30-2 は不要であるため、図 6 に示した回路構成から削除してもよい。

なお、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨の範囲内で種々の変形実施が可能である。例えば、図 1 に示した標本化関数発生装置 1 において、遅延回路 14 の後段に反転増幅器 18 を接続したが、この接続順番は反対であってもよい。同様に、図 6 に示した B スプライン関数発生回路 10 に含まれる各畳み込み演算回路 30 において、遅延回路 32 の後段に反転増幅器 34 を接続したが、この接続順番は反対であってもよい。

また、図 6 に示した B スプライン関数発生回路 10 に含まれる各畳み込み演算回路 30 の動作を説明する際に、図 7、図 8、図 9 に示したような周期的なパルス、矩形波、三角波がそれぞれ畳み込み演算回路 30-1、30-2、30-3 に入力される場合を説明したが、単独の標本化関数の信号波形を発生させるためには必ずしも周期的なこれらの信号を入力する必要はなく、単独のパルス、矩形波、三角波を入力するようにしてもよい。

産業上の利用可能性

上述したように、本発明によれば、B スプライン関数発生手段によって B スプライン関数に対応した基本波形を発生させるとともに、この基本波形を減衰および極性反転した補助波形を基本波形に対して時間軸上で前後に付加して信号波形を合成する処理を合成手段によって行うことにより、所定の標本化関数に対応した出力値を連続的に得ることができる。

請 求 の 範 囲

1. Bスプライン関数に対応した信号波形を連続的に発生するBスプライン関数発生手段と、

前記Bスプライン関数発生手段から出力される信号波形を基本波形としたときに、この基本波形を減衰させて極性反転した補助波形を前記基本波形に対して時間軸上で前後に付加して信号波形の合成を行う合成手段と、

を備えることにより標本化関数に対応した信号波形を連続的に発生することを特徴とする標本化関数発生装置。

2. 前記Bスプライン関数は3階Bスプライン関数であり、前記標本化関数は全域が1回だけ微分可能な有限台の関数であることを特徴とする請求の範囲第1項記載の標本化関数発生装置。

3. 前記標本化関数は、前記3階Bスプライン関数を $F(t)$ としたときに、

$$H(t) = -F(t + 1/2) / 4 + F(t) - F(t - 1/2) / 4$$

で定義されることを特徴とする請求の範囲第2項記載の標本化関数発生装置。

4. 前記3階Bスプライン関数 $F(t)$ は、

$$-3/2 \leq t < -1/2 \text{ については } (4t^2 + 12t + 9) / 4 \text{ で、}$$

$$-1/2 \leq t < 1/2 \text{ については } -2t^2 + 3/2 \text{ で、}$$

$$1/2 \leq t < 3/2 \text{ については } (4t^2 - 12t + 9) / 4 \text{ で表されること}$$

を特徴とする請求の範囲第3項記載の標本化関数発生装置。

5. 前記合成手段は、

前記Bスプライン関数発生手段から出力される前記基本波形を減衰させるとともに極性反転を行って第1の信号波形を出力する第1の反転増幅手段と、

前記基本波形を所定時間遅延させて第2の信号波形を出力する第1の遅延手段と、

前記基本波形に対して減衰および極性反転を行うとともに所定時間遅延させて第3の信号波形を出力する第2の反転増幅手段および第2の遅延手段と、

前記第1、第2および第3の信号波形をアナログ的に加算して信号波形の合成を行う第1の加算手段と、

を備えることを特徴とする請求の範囲第1項記載の標本化関数発生装置。

6. 前記Bスプライン関数発生手段による前記Bスプライン関数の発生時間を3Tとしたときに、前記第1の遅延手段の遅延時間を $T/2$ に、前記第2の遅延手段の遅延時間をTにそれぞれ設定し、

前記第1および第2の反転増幅手段による減衰量を $1/4$ に設定することを特徴とする請求の範囲第5項記載の標本化関数発生装置。

7. 前記Bスプライン関数発生手段は、i階Bスプライン関数波形同士の畳み込み演算処理を行う畳み込み演算手段を有しており、この畳み込み演算手段に2階Bスプライン関数の信号波形を入力することにより、3階Bスプライン関数の信号波形を連続的に出力することを特徴とする請求の範囲第1項記載の標本化関数発生装置。

8. 前記畳み込み演算手段は、

入力信号波形に対して所定時間遅延させるとともに極性反転を行う第3の遅延手段および第3の反転増幅手段と、

前記第3の遅延手段あるいは前記第3の反転増幅手段から出力される遅延および極性反転後の信号波形と前記入力信号波形とをアナログ的に加算して信号波形の合成を行う第2の加算手段と、

前記第2の加算手段から出力される信号波形に対して時間積分する積分手段と、
を備えることを特徴とする請求の範囲第7項記載の標本化関数発生装置。

9. 前記Bスプライン関数発生手段は、i階Bスプライン関数波形同士の畳み込み演算処理を行う縦続接続された2つの畳み込み演算手段を有しており、初段の前記畳み込み演算手段に1階Bスプライン関数の信号波形を入力することにより、後段の前記畳み込み演算手段から3階Bスプライン関数の信号波形を連続的に出力することを特徴とする請求の範囲第1項記載の標本化関数発生装置。

10. 前記畳み込み演算手段は、

入力信号波形に対して所定時間遅延させるとともに極性反転を行う第3の遅延手段および第3の反転増幅手段と、

前記第3の遅延手段あるいは前記第3の反転増幅手段から出力される遅延および極性反転後の信号波形と前記入力信号波形とをアナログ的に加算して信号波形の合成を行う第2の加算手段と、

前記第 2 の加算手段から出力される信号波形に対して時間積分する積分手段と、
を備えることを特徴とする請求の範囲第 9 項記載の標本化関数発生装置。

1 1 . 前記 B スプライン関数発生手段は、 i 階 B スプライン関数波形同士の畳み込み演算処理を行う縦続接続された 3 つの畳み込み演算手段を有しており、初段の前記畳み込み演算手段にパルス列を入力することにより、最終段の前記畳み込み演算手段から 3 階 B スプライン関数の信号波形を連続的に出力することを特徴とする請求の範囲第 1 項記載の標本化関数発生装置。

1 2 . 前記畳み込み演算手段は、

入力信号波形に対して所定時間遅延させるとともに極性反転を行う第 3 の遅延手段および第 3 の反転増幅手段と、

前記第 3 の遅延手段あるいは前記第 3 の反転増幅手段から出力される遅延および極性反転後の信号波形と前記入力信号波形とをアナログ的に加算して信号波形の合成を行う第 2 の加算手段と、

前記第 2 の加算手段から出力される信号波形に対して時間積分する積分手段と、
を備えることを特徴とする請求の範囲第 1 1 項記載の標本化関数発生装置。

1 / 10

図1

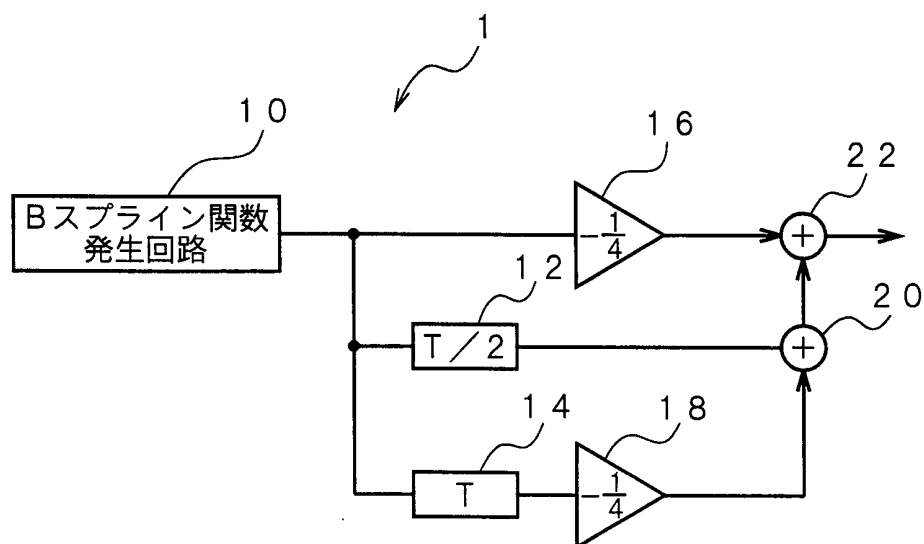
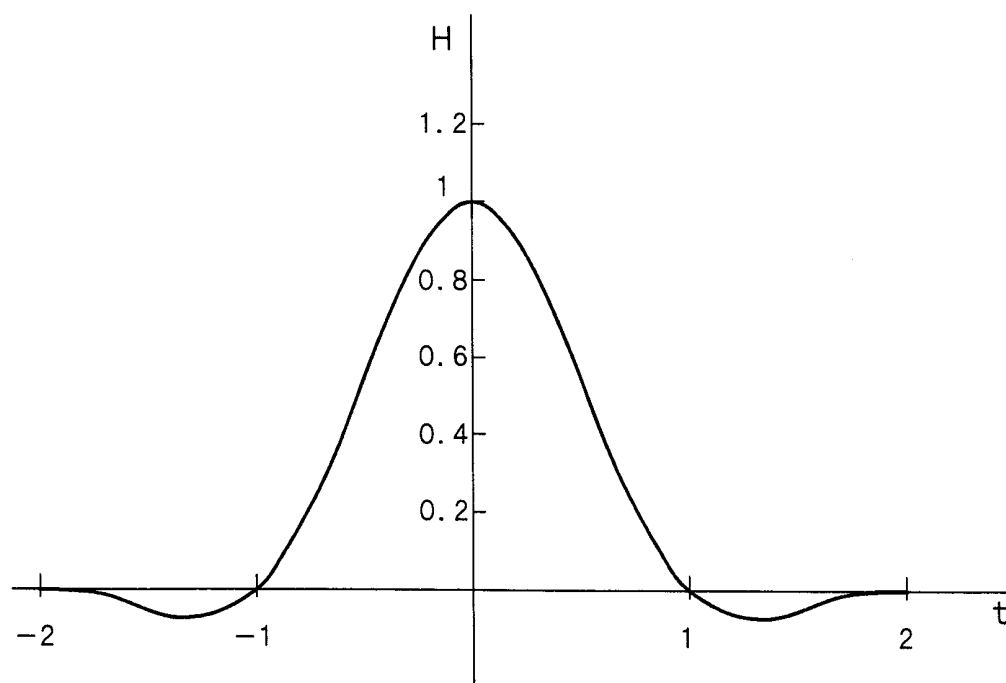
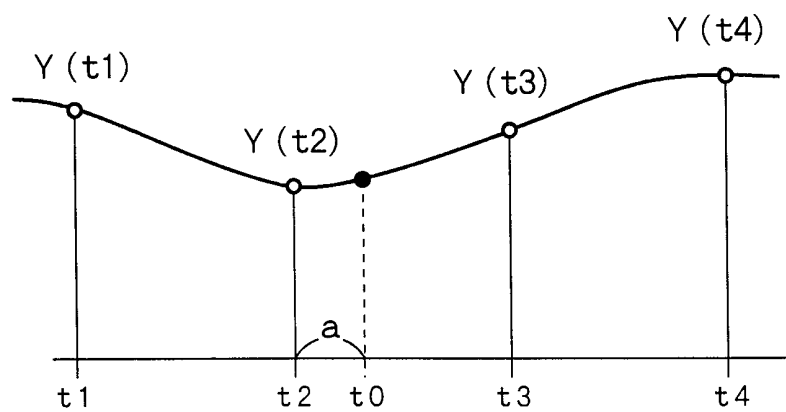


図2



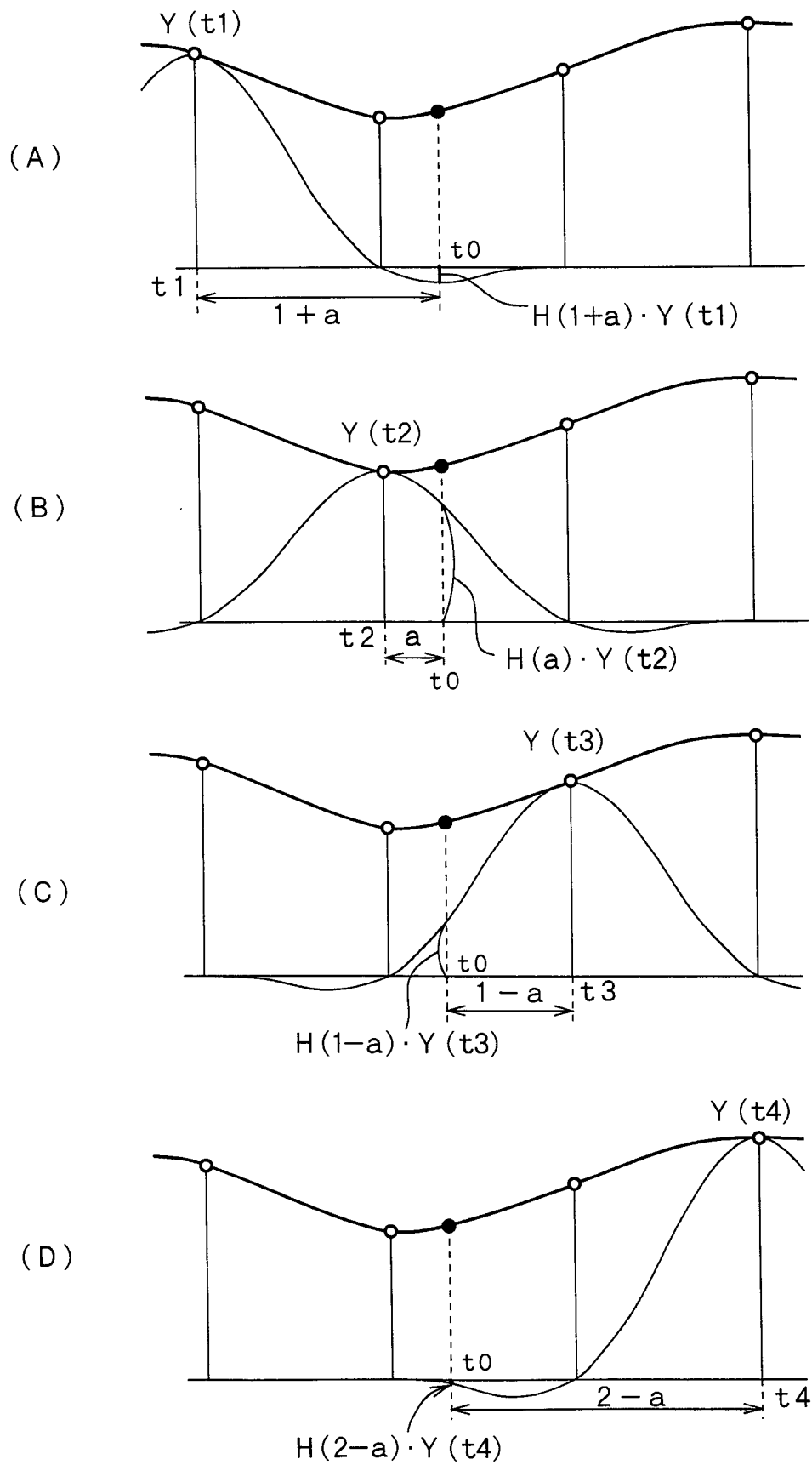
2 / 1 0

図3



3 / 1 0

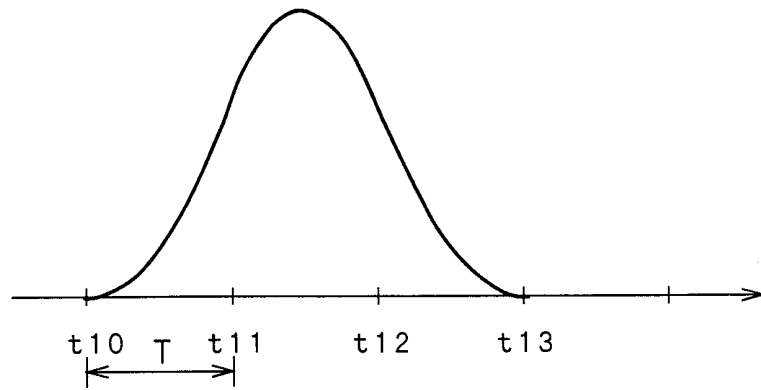
図4



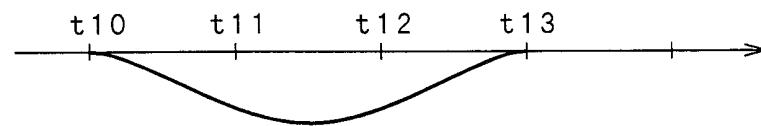
4 / 1 0

図5

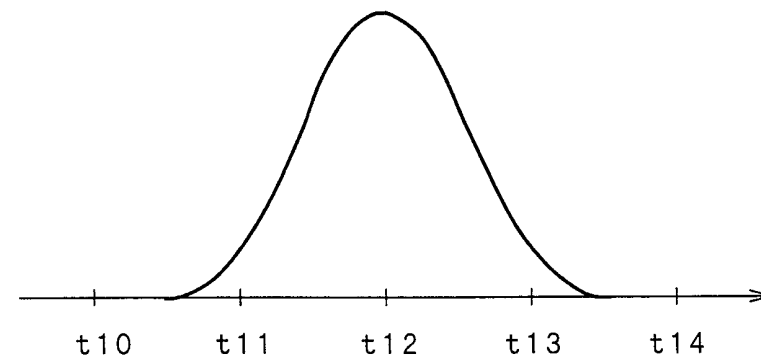
(A)



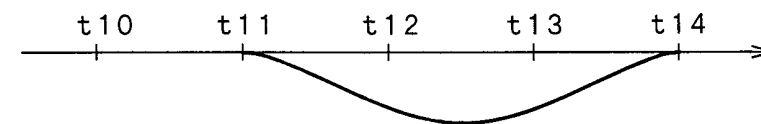
(B)



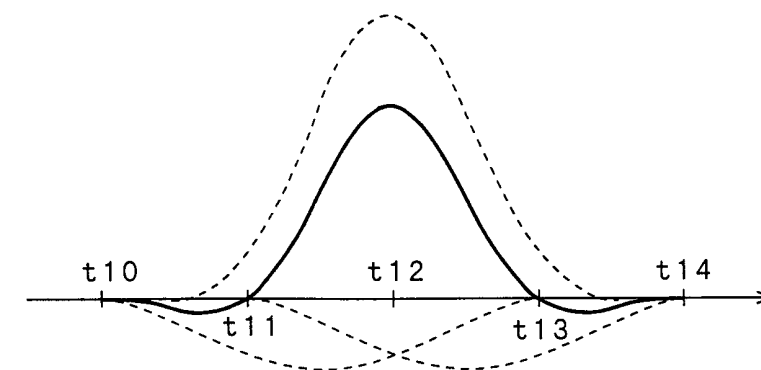
(C)



(D)

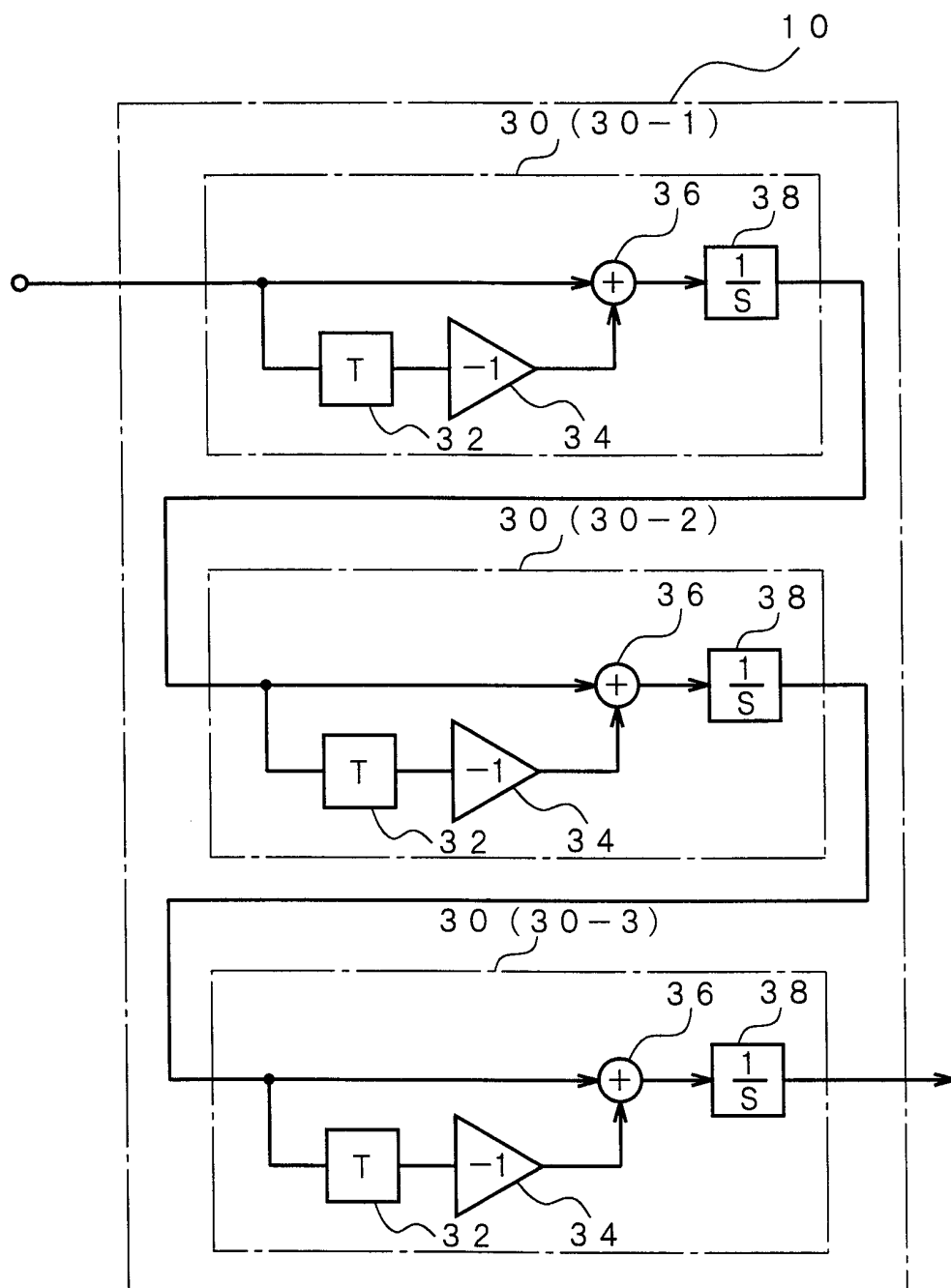


(E)



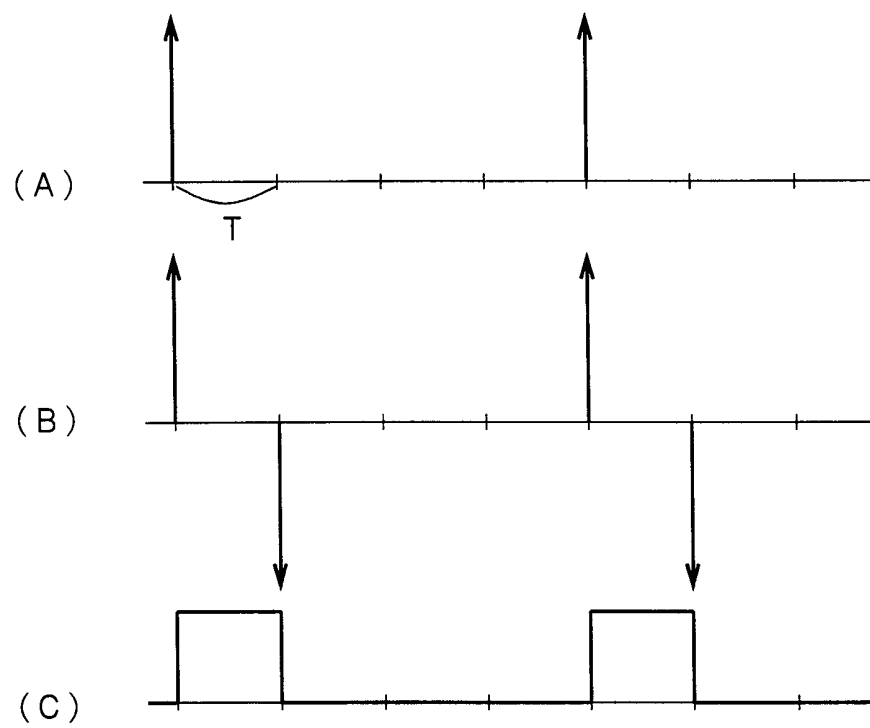
5 / 1 0

図6



6 / 1 0

図 7



7 / 1 0

図8

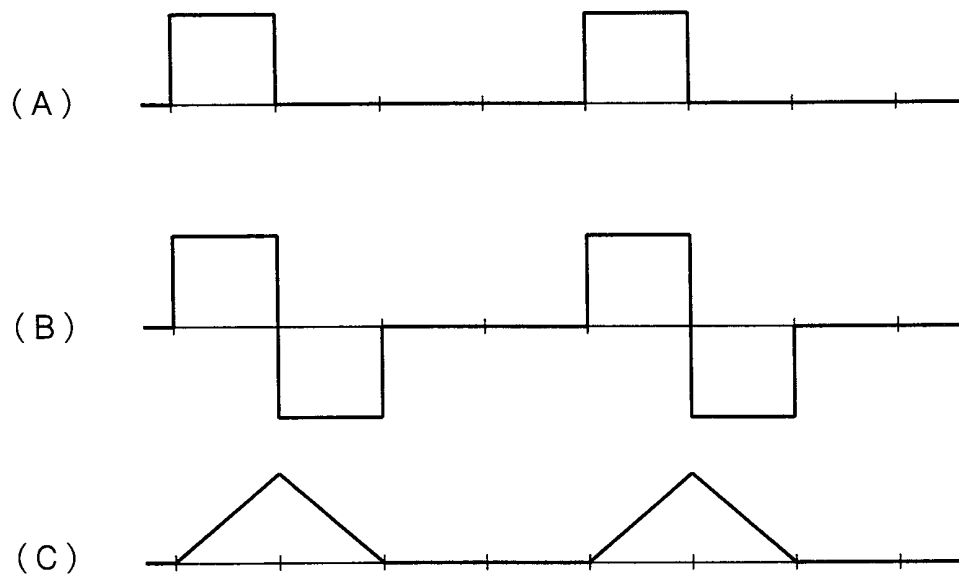
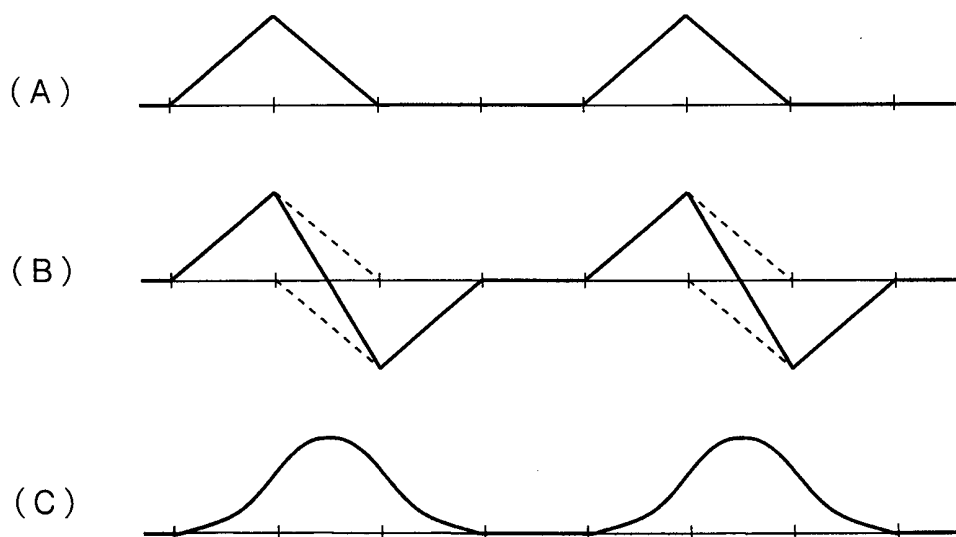


図9



8 / 10

図10

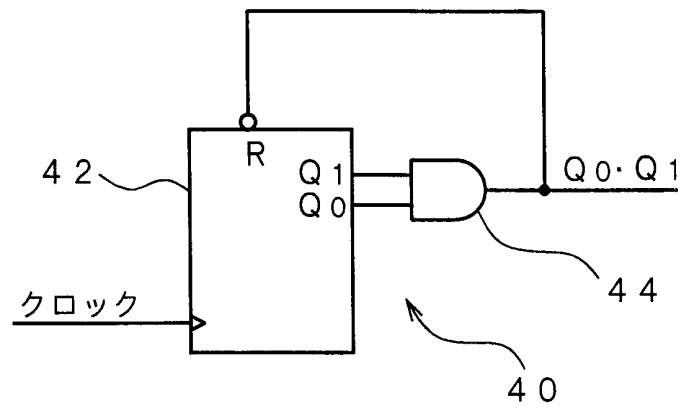
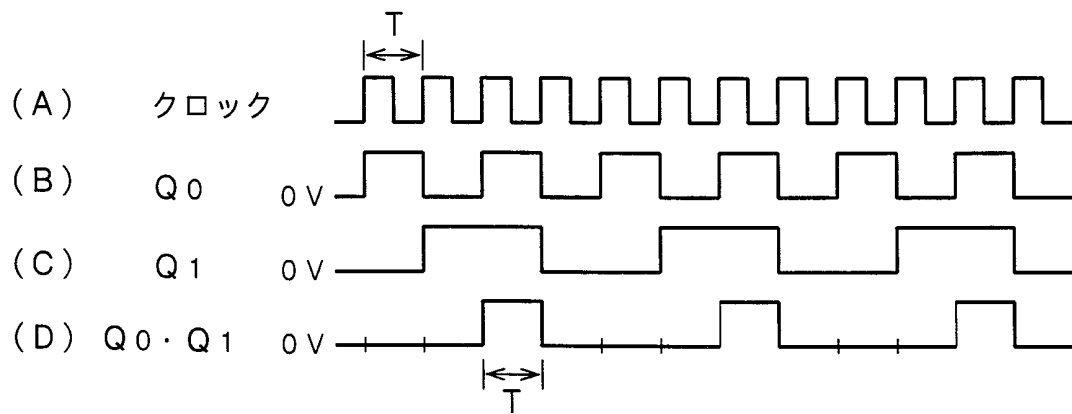


図11



9 / 1 0

図 1 2

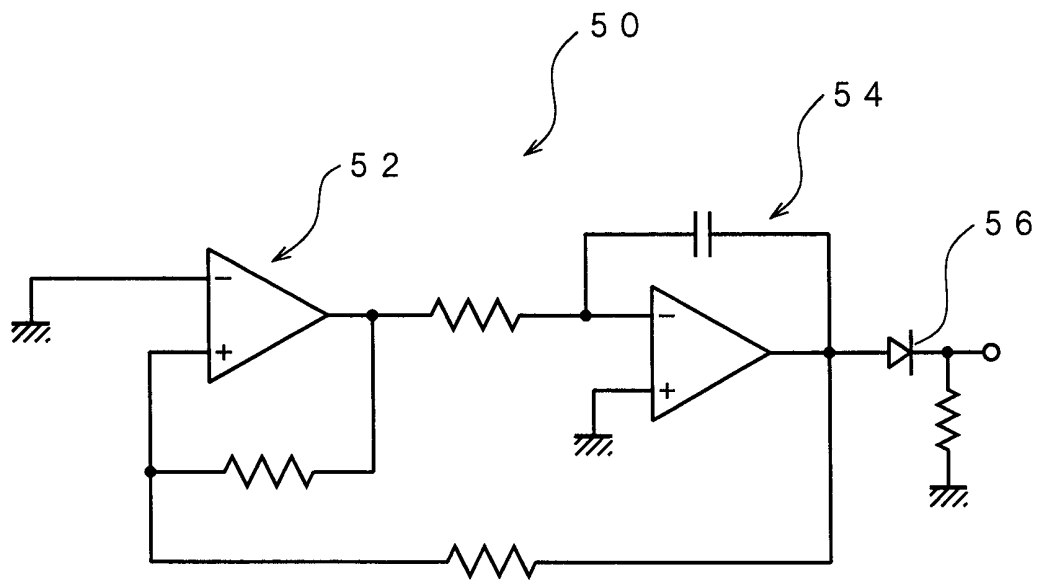
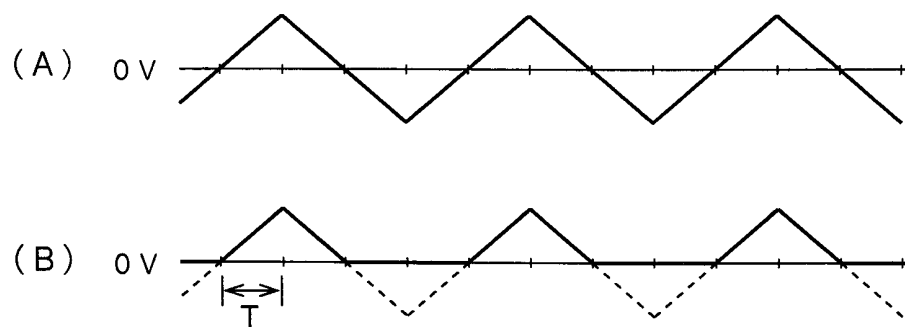


図 1 3



10 / 10

図14

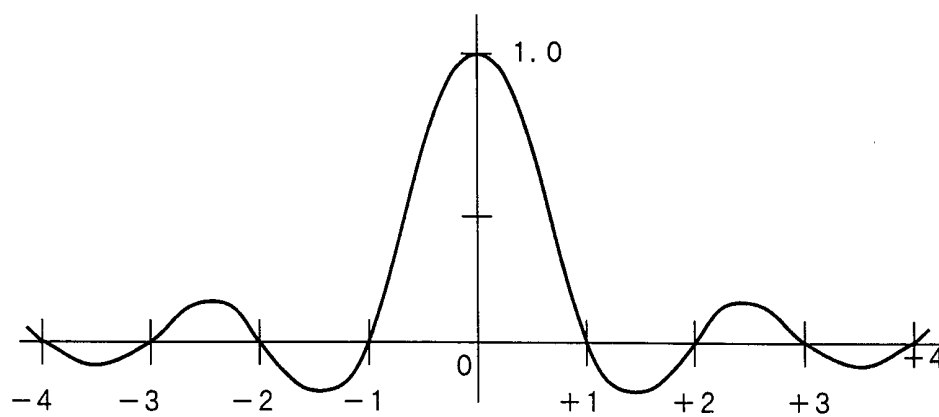
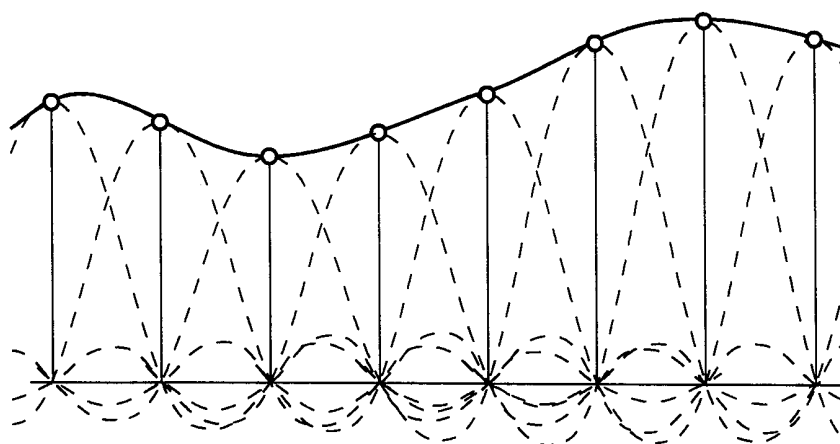


図15



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/00814

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁶ G06F17/17

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.Cl⁶ G06F17/17, H03H17/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-1999
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-1999	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-1999

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.
Y	Masaru KAMADA et al., "Quadratic spline interpolator" In: International Journal of Systems Science, Vol. 27, No. 10 (1996) pp.977-983	1-12
Y	Masaru KAMADA et al., "A Smooth Signal Generator Based on Quadratic B-spline Functions" In: IEEE Transactions on Signal Processing, Vol. 43, No. 5 (1995) pp.1252-1255	1-12
Y	Masaru KAMADA et al., "A Quadratic Spline Generator Based on B-spline Functions" In: Proc. ICASSP 89, Vol. 2 (1989) pp.1243-1246	1-12

☐ 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
17 May, 1999 (17. 05. 99)Date of mailing of the international search report
1 June, 1999 (01. 06. 99)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^o G 06 F 17/17

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^o G 06 F 17/17, H 03 H 17/00

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 1926-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-1999年
 日本国実用新案登録公報 1996-1999年
 日本国登録実用新案公報 1994-1999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
Y	Masaru KAMADA et al. 'Quadratic spline interpolator' In: International Journal of Systems Science, Vol. 27, No. 10 (1996) pp. 977-983	1-12
Y	Masaru KAMADA et al. 'A Smooth Signal Generator Based on Quadratic B-spline Functions' In: IEEE Transactions on Signal Processing, Vol. 43, No. 5 (1995) pp. 1252-1255	1-12
Y	Masaru KAMADA et al. 'A Quadratic Spline Generator Based on B-spline Functions' In: Proc. ICASSP 89, Vol. 2 (1989) pp. 1243- 1246	1-12

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ 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

17. 05. 99

国際調査報告の発送日

01.06.99

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

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)

吉田耕一



5 L

9194

電話番号 03-3581-1101 内線 3561