(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3906556号
(P3906556)
(45)発行日　平成19年4月18日(2007.4.18)　(24)登録日　平成19年1月26日(2007.1.26)

(51)Int.Cl.　F I
G11B 20/14 (2006.01)　G11B 20/14 351A

請求項の数 14 (全 23 頁)

(21)出願番号　特願平10-99088
(22)出願日　平成10年4月10日(1998.4.10)
(65)公開番号　特開平11-297001
(43)公開日　平成11年10月29日(1999.10.29)
審査請求日　平成14年9月6日(2002.9.6)

(73)特許権者　000005821
松下電器産業株式会社
大阪府門真市大字門真１００６番地
(74)代理人　100097445
弁理士　岩橋　文雄
(74)代理人　100109667
弁理士　内藤　浩樹
(74)代理人　100109151
弁理士　永野　大介
(72)発明者　伊沢　正人
大阪府門真市大字門真１００６番地　松下電器産業株式会社内
(72)発明者　佐藤　真史
大阪府門真市大字門真１００６番地　松下電器産業株式会社内
最終頁に続く

(54)【発明の名称】再生クロック抽出装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
入力される信号をデータレートの２倍のレートのサンプリングクロックで量子化する量子化手段と、
前記量子化手段が出力するサンプリングデータのうち１サンプリングクロックおきの偶数列サンプリングデータを、再生データとして正値か零値か負値かの３値判別を行う３値判別手段と、
前記３値判別手段が出力する連続する複数の判別結果から特定の組み合わせのみを検出するパターン検出手段と、
前記３値判別手段の判別結果が変化する連続する２つの再生データの間の奇数列サンプリングデータを用い、前記量子化手段が出力するサンプリングデータと当該量子化手段が出力するサンプリングデータを遅延したデータとを減算し、前記３値判別手段による判別結果を乗算して得られるサンプリングタイミング誤差を演算する誤差演算手段と、
パターン検出に用いられる複数の再生データの間に位置する奇数列サンプリングデータに検出パターンの極性を乗算した積、あるいは複数の奇数列サンプリングデータの差分に検出パターンの極性を乗算した積を前記パターン検出手段の検出結果に基づいて保持し、過去の保持データと差分をとり、所定レベル範囲内の差分結果のみを抽出する誤差遷移抽出手段と、
前記誤差遷移抽出手段の抽出結果を入力し累積する累積手段と、
前記量子化手段に供給するサンプリングクロックの生成に際し、前記誤差演算手段の演算

結果と前記累積手段の累積結果とに基づき、位相と周波数とを調整するサンプリングクロック生成手段と、
前記サンプリングクロックを２分周する事により再生クロックを生成する再生クロック生成手段とを備えた再生クロック抽出装置。
【請求項２】
入力される信号をデータレートの２倍のレートのサンプリングクロックで量子化する量子化手段と、
前記量子化手段が出力するサンプリングデータのうち１サンプリングクロックおきの偶数列サンプリングデータを、再生データとして正値か零値か負値かの３値判別を行う３値判別手段と、
前記３値判別手段が出力する連続する複数の判別結果から特定の組み合わせのみを検出するパターン検出手段と、
前記３値判別手段の判別結果が変化する連続する２つの再生データの間の奇数列サンプリングデータを用い、前記量子化手段が出力するサンプリングデータと当該量子化手段が出力するサンプリングデータを遅延したデータとを減算し、前記３値判別手段による判別結果を乗算して得られるサンプリングタイミング誤差を演算する誤差演算手段と、
パターン検出に用いられる複数の再生データの間に位置する奇数列サンプリングデータに検出パターンの極性を乗算した積、あるいは複数の奇数列サンプリングデータの差分に検出パターンの極性を乗算した積を前記パターン検出手段の検出結果に基づいて保持し、過去の保持データと差分をとり、所定レベル範囲内の差分結果のみを抽出する誤差遷移抽出手段と、
前記誤差演算手段の演算結果あるいは前記誤差遷移抽出手段の抽出結果を入力し累積する累積手段と、
前記量子化手段に供給するサンプリングクロックの生成に際し、前記誤差演算手段の演算結果と前記累積手段の累積結果とに基づき、位相と周波数とを調整するサンプリングクロック生成手段と、
前記サンプリングクロックを２分周する事により再生クロックを生成する再生クロック生成手段と、
再生されているデータが獲得できているか否かを検知する再生データ獲得検知手段とを備えた再生クロック抽出装置であって、
前記再生データ獲得検知手段の検知結果により、前記累積手段の入力を前記誤差演算手段の演算結果と前記誤差遷移抽出手段の抽出結果との一方を選択するように制御されることを特徴とする再生クロック抽出装置。
【請求項３】
前記誤差演算手段は、前記３値判別手段の判別結果を判別対象である再生データの直前と、直後の奇数列サンプリングデータとの差に乗算することにより、前記量子化手段でのサンプリングタイミング誤差を演算するようにしたことを特徴とする請求項１または２何れかに記載の再生クロック抽出装置。
【請求項４】
前記パターン検出手段は、前記３値判別手段で出力される現在の判別結果が正値あるいは負値であって、その前後の判別結果は零値となる特定の組み合わせを検出するようにしたことを特徴とする請求項１または２何れかに記載の再生クロック抽出装置。
【請求項５】
前記誤差遷移抽出手段は、前記パターン検出手段の検出結果に基づき、そのパターン検出に用いられた現在の判別結果の判別対象である再生データの前後の奇数列サンプリングデータの差分に、現在の再生データの３値判別結果を乗算した積を保持し、過去の保持データと差分をとり、所定レベル範囲内の差分結果のみを抽出するようにしたことを特徴とする請求項４記載の再生クロック抽出装置。
【請求項６】
前記パターン検出手段は、前記３値判別手段で出力される現在の判別結果がその直前の判

別結果と異なり、且つどちらの判別結果も零値ではない特定の組み合わせを検出するようにしたことを特徴とする請求項１または２何れかに記載の再生クロック抽出装置。
【請求項７】
前記誤差遷移抽出手段は、前記パターン検出手段の検出結果に基づき、そのパターン検出に用いられた現在の判別結果の判別対象である再生データの直前の奇数列サンプリングデータに、現在の再生データの３値判別結果を乗算した積を保持し、過去の保持データと差分をとり、所定レベル範囲内の差分結果のみを抽出するようにしたことを特徴とする請求項６記載の再生クロック抽出装置。
【請求項８】
前記サンプリングクロック生成手段は、前記誤差演算手段の出力の内の位相制御による発信周波数制御と、前記累積手段の出力の内の周波数制御による発信周波数制御とを前記量子化手段に帰還制御するようにしたことを特徴とする請求項１または２何れかに記載の再生クロック抽出装置。
【請求項９】
前記再生データ獲得検知手段は、所定長のデータブロック毎に付加されているシンクデータを検出するシンク検出手段と、前記所定期間中のシンクデータの獲得数を所定値と比較する比較手段とで構成されることを特徴とする請求項２記載の再生クロック抽出装置。
【請求項１０】
前記累積手段の入力は、所定期間中のシンクデータの獲得数が所定値以上になるまでは前記誤差遷移抽出手段の抽出結果を選択し、前記所定値以上になれば前記誤差演算手段の演算結果を選択するよう制御されることを特徴とする請求項９記載の再生クロック抽出装置。
【請求項１１】
前記再生データ獲得検知手段は、入力される信号に付加されている誤り訂正符号により誤り訂正を行う誤り訂正手段と、前記誤り訂正手段からの符号誤り数を所定値と比較する比較手段とで構成されることを特徴とする請求項２記載の再生クロック抽出装置。
【請求項１２】
前記累積手段の入力は、前記誤り訂正手段からの符号誤り数が所定値以下になるまでは誤差遷移抽出手段の抽出結果を選択し、前記所定値以下になれば前記誤差演算手段の演算結果を選択するように制御されることを特徴とする請求項１１記載の再生クロック抽出装置。
【請求項１３】
前記量子化手段に入力される信号が微分波形であることを特徴とする請求項１または２何れかに記載の再生クロック抽出装置。
【請求項１４】
前記量子化手段が出力するサンプリングデータに対して、ディジタル的に適応型等化処理を施しながら後段の処理を行う請求項１または２何れかに記載の再生クロック抽出装置。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、例えば記録媒体から再生される微分波形信号より再生クロックを抽出するのに好適な再生クロック抽出装置に関するものである。
【０００２】
【従来の技術】
磁気テープ等からディジタルデータを再生するにあたり、再生された微分波形信号により再生クロックを抽出するのに再生クロック抽出装置が必要となる。従来、この種の再生クロック抽出装置として、例えば電子情報通信学会論文誌（Ｖｏｌ．Ｊ７５－Ｃ－２／Ｎｏ．１１）での招待論文「磁気ディスク用信号処理技術の最近の展開」第６１８頁に記載されている構成のものがある。
【０００３】

図１１にこの従来の再生クロック抽出装置の構成を示す。
図１１において、１１はアナログ／デジタル変換回路（以下、Ａ／Ｄ変換回路）で、入力した再生微分波形信号をデータレートの再生クロック（サンプリングクロック）にてサンプリングしてディジタルデータとして出力する。このディジタルデータは、タイミング調整用のＤフリップフロップ（以下、ＤＦＦと略す）２０を介して、再生データとして出力される。
【０００４】
１２は3値判別回路で、入力されたディジタルデータの3値判別を行ってその判別結果を出力する。すなわち、入力されるディジタルデータが正値スレッシュレベル（図１１中の正ｔｈ）よりも大きければ「１」と判別し、負値スレッシュレベル（図１１中の負ｔｈ）よりも小さければ「－１」と判別し、それ以外であれば「０」と判別する。
【０００５】
１８は電圧制御発振回路で、入力される誤差演算結果および誤差累積結果に基づいて位相および周波数調整を行って生成した再生クロックを出力する。すなわち、生成される再生クロックの周波数は、入力した誤差演算結果が正の値であれば瞬時的に大きく、負の値であれば瞬時的に小さくなる。また、入力した誤差累積結果の値が大きければ周波数は大きく、値が小さければ周波数は小さくなる。つまり、誤差演算結果により再生クロックの位相調整を行い、誤差累積結果により再生クロックの周波数調整を行う。そして、この再生クロックはＡ／Ｄ変換回路１１、および各ＤＦＦ２０、２１１、２１２に与えられる。
【０００６】
２１は誤差演算回路で、タイミング調整用の２つのＤＦＦ２１１及び２１２と、減算器２１３と、乗算器２１４とからなり、ＤＦＦ２１１及び２１２によって現在のディジタルデータを再生クロックの２クロック分遅延し、次の減算器２１３で現在のディジタルデータから２クロック前のディジタルデータを減算し、さらに次の乗算器２１４でその減算結果に3値判別回路１２による判別結果を乗算したものをサンプリングタイミングの誤差分を示す誤差演算結果として出力する。
【０００７】
なお、3値判別回路１２への入力データは、ＤＦＦ２０で再生クロックの１クロック分が遅延され、また誤差演算回路２１の減算器２１３の（＋）端子への入力データは２つのＤＦＦ２１１及び２１２で再生クロックの２クロック分が遅延されるため、3値判別回路１２からは減算器２１３の（－）端子に入力されるデータよりも再生クロックで１クロック分前のデータについて判別した結果が乗算器２１４に加わるようになっている。
【０００８】
２２は誤差累積回路で、誤差演算回路２１の出力を入力し、その誤差演算結果を累積加算したものを誤差累積結果として出力する。
【０００９】
図１２は、図１１に示した従来の再生クロック抽出装置における再生微分波形信号と再生クロック（サンプリングクロック）との関係をしめすタイミングチャートである。
【００１０】
図１２において、点ａ～点ｈはＡ／Ｄ変換回路１１での再生クロック、つまりサンプリングクロックによるサンプリングタイミングであり、ここではサンプリングして得られたディジタルデータの値をそれぞれ符号「Ａ」～「Ｈ」で表している。図１１において再生微分波形信号は、再生クロックの立ち上がり毎にＡ／Ｄ変換回路１１でサンプリングされてＤＦＦ２０でラッチされるので、再生データは「Ａ」～「Ｇ」となる。
【００１１】
図１２の（ア）は、再生微分波形信号と再生クロックの位相が合っている場合の特性を示す。この場合において、3値判別回路１２が出力する判別結果が「０」以外になるのは「Ｃ」に対する判別結果が「１」、「Ｆ」に対する判別結果が「－１」となる時であり、誤差演算回路２１が出力する誤差演算結果は、「Ｂ－Ｄ」（＝｛Ｂ－Ｄ｝×｛１｝）および「Ｇ－Ｅ」（＝｛Ｅ－Ｇ｝×｛－１｝）の各値となる。ここで、図１２（ア）の位相で

は「Ｂ－Ｄ」および「Ｅ－Ｇ」の各値は共にほとんど零となるので、電圧制御発振回路１８において生成する再生クロックの周波数は保持され、位相も再生微分波形信号に対して合ったままとなる。

【００１２】

図１２の（イ）は、再生微分波形信号に対する再生クロックの位相が進んでいる場合を示す特性である。この場合においても、３値判別回路１２が出力する判別結果が「０」以外になるのは、「Ｃ」に対する判別結果が「１」、「Ｆ」に対する判別結果が「－１」になる時であり、誤差演算回路２１が出力する誤差演算結果は、「Ｂ－Ｄ」（＝｛Ｂ－Ｄ｝×｛１｝）および「Ｇ－Ｅ」（＝｛Ｇ－Ｅ｝×｛－１｝）の各値となる。ここで、図１２（イ）の位相では「Ｂ－Ｄ」と「Ｇ－Ｅ」の各値は共に負となるので電圧制御発振回路１８で生成される再生クロックの周波数は瞬時的に小さくなり、その位相は再生微分波形信号に対して遅れる方向、つまり位相が合う方向に移動する。

【００１３】

図１２（ウ）は、再生微分波形信号に対する再生クロックの位相が遅れている場合の特性である。この場合においても、３値判別回路１２が出力する判別結果が「０」以外になるのは、「Ｃ」に対する判別結果が「１」、「Ｆ」に対する判別結果が「－１」になる時であり、誤差演算回路２１が出力する誤差演算結果は、「Ｂ－Ｄ」（＝｛Ｂ－Ｄ｝×｛１｝）および「Ｇ－Ｅ」（＝｛Ｇ－Ｅ｝×｛－１｝）の各値となる。ここで、図１２（ウ）の位相では「Ｂ－Ｄ」と「Ｇ－Ｅ」の各値は共に正となるので電圧制御発振回路１８で生成される再生クロックの周波数は瞬時的に大きくなり、その位相は再生微分波形信号に対して進む方向、つまり位相が合う方向に移動する。

【００１４】

このように、図１１に示した従来の上記構成の再生クロック抽出装置は、微分波形信号に対して再生クロックの位相が合うように自動的に制御されて、正確な信号再生を行えるようにしている。

【００１５】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、図１１に示した構成の従来の再生クロック抽出装置では、以下の問題が発生し得る。

【００１６】

（１）再生クロックの周波数は誤差演算回路２１の出力によって瞬時的に変化するため、再生クロックの再生微分波形信号に対する位相ずれを解消する性能（以下、これを位相引き込み能力と言う）はあるものの、誤差演算回路２１の出力を累積した値が変化しない時、例えば誤差演算回路２１の誤差演算結果の出力が正負が繰り返し交互に出力され、累積する結果が相殺されるような場合には誤差累積回路２２の出力が変化しないため、再生クロックが目標とする周波数からずれている場合でも、これを解消する性能（以下、これを周波数引き込み能力という）がなく、正確な信号再生が行えなくなる。

【００１７】

図１３を用いてこの現象について詳述する。

図１３は再生微分波形信号と誤差演算結果と再生クロック（サンプリングクロック）との関係を示すタイミングチャートである。再生微分信号には説明の簡単化のため単一波を用いる。

【００１８】

図１３において、点ａ～点ｐはＡ／Ｄ変換回路１１での再生クロック、つまりサンプリングクロックによるサンプリングタイミングであり、ここではサンプリングして得られたディジタルデータの値をそれぞれ符号「Ａ」～「Ｐ」で表している。

【００１９】

図１３の（ア）は再生微分波形信号と再生クロックの周波数が合っている場合の特性である。正値あるいは負値が検出されるのは「Ｂ」、「Ｄ」、「Ｆ」、「Ｈ」、「Ｊ」、「Ｌ」、「Ｎ」、「Ｐ」のタイミングでそれぞれの前後の再生データの差成分はほとんど零

となり、誤差累積結果の増減はない。なお、ここでの位相誤差演算結果の図示は省略する。

【００２０】

図１３の（イ）は再生微分波形信号に対して再生クロックの周波数が小さい場合の特性である。正値あるいは負値が検出されるのは「Ｂ」、「Ｄ」、「Ｆ」、「Ｈ」、「Ｉ」、「Ｊ」、「Ｋ」、「Ｌ」、「Ｍ」、「Ｏ」のタイミングとなり、それぞれのタイミングでの位相誤差演算結果を図１３（ウ）に示す。図のように「Ｂ」、「Ｄ」、「Ｆ」、「Ｈ」、「Ｊ」、「Ｌ」のタイミングでは、位相誤差演算結果は正の値を示し、「Ｉ」、「Ｋ」、「Ｍ」、「Ｏ」のタイミングでの位相誤差演算結果は負の値を示す。「Ｂ」～「Ｏ」までで位相誤差演算結果は正方向へ徐々に増加した後に負値が交互に現れるようになり、次に負値のみを示すようになって徐々に減少していく。誤差累積回路２２はこの誤差演算結果を累積するが、再生クロックの周波数が再生微分信号の周波数に合う前にこの関係が推移する場合、誤差累積結果の増減は相殺される現象が発生し得る。

【００２１】

図１３の（ウ）は再生微分波形信号に対して再生クロックの周波数が大きい場合の特性である。正値あるいは負値が検出されるのは「Ｂ」、「Ｄ」、「Ｆ」、「Ｈ」、「Ｊ」、「Ｋ」、「Ｌ」、「Ｍ」、「Ｏ」のタイミングとなり、それぞれのタイミングでの位相誤差演算結果を図１３（オ）に示す。図のように「Ｂ」、「Ｄ」、「Ｆ」、「Ｈ」、「Ｊ」、「Ｌ」のタイミングでの位相誤差演算結果は負の値を示し、「Ｋ」、「Ｍ」、「Ｏ」のタイミングでの位相誤差演算結果は正の値を示す。「Ｂ」～「Ｏ」までで位相誤差演算結果は負方向へ徐々に増加した後に正値が交互に現れるようになり、次に正値のみを示すようになって徐々に減少していく。誤差累積回路２２はこの誤差演算結果を累積するが、再生クロックの周波数が再生微分信号の周波数に合う前にこのような関係が推移する場合、誤差累積結果の増減は相殺される現象が発生し得る。

【００２２】

このように再生微分信号に対して再生クロックの周波数がずれているにも関わらず、誤差累積結果には反映されず結果的に周波数引き込み範囲は狭いものになってしまうという問題点を有する。

【００２３】

さらに、Ａ／Ｄ変換後にディジタル的に適応型等化処理を施しながら後段の処理を行うような系を考えた場合、適応型等化手段の遅延によりＡ／Ｄ変換からクロック生成までの制御ループの遅延が大きくなり、再生クロックの周波数の引き込み可能な範囲が狭くなってしまうことになる。

【００２４】

（２）周波数引き込み能力には周波数引き込み範囲に加えて周波数応答性もあり、再生微分波形信号に対して早く生成クロックの引き込みを行うようにループのゲインを高くした場合には、再生微分波形信号の周波数変動に対して過敏に反応してしまい、安定性が図れなくなる。また、安定性を図るためループのゲインを低くした場合には、再生微分波形信号の周波数変動に対して反応が遅くなってしまい、周波数追従能力に欠けてしまうこととなる。

【００２５】

図１４に誤差累積回路２２の構成例を示し、図１５に誤差累積回路２２の構成における入力信号に対するサンプリングクロックの周波数誤差と時間ｔとの関係を示す。図１５において横軸は時間、縦軸は入力信号とサンプリングクロックの周波数誤差を表す。

【００２６】

図１４において誤差累積回路２２は、誤差演算回路２１からの誤差演算結果を加算器２２１においてそれまでの加算結果を保持しているレジスタ２２２からの出力と加算し、再びレジスタ２２２へと入力し、その値をレジスタ２２２に保持する構成である。また、加算器２２１の出力は累積結果として係数器２２３でこのループのゲインが乗算され電圧制御発振回路１８（図１１）へと送られるように構成される。この時、係数器２２３の係数

Kが大きいと図１５（ア）に示すように目標周波数への引き込み時間は短いが目標周波数に収束するまでに周波数変動を繰り返す特性となり、再生微分波形信号に周波数変動が発生した場合にも過敏に反応してしまい周波数誤差が発生してしまうこととなる。また、係数器２２３の係数Kが小さいと図１５（イ）に示すように目標周波数への引き込みは収束するまで時間がかかる特性となり、引き込んだ後では安定性はあるが再生微分波形信号に瞬時的周波数変動が発生した場合には反応が遅く変動周波数に追従できないこととなる。

【００２７】

このように周波数応答性を決める誤差累積回路２２の係数器２２３の係数設定にはこれらの矛盾する問題を満足する最適設定が必要となり、システム性能を決める上で大きな課題となる。

【００２８】

本発明は上記従来の（１）及び（２）の各問題点を解決するもので、広い周波数引き込み範囲を持つとともに、システムに最適な周波数応答性を持った再生クロック抽出装置を提供することを目的とする。

【００２９】

【課題を解決するための手段】

上記の各課題を解決するために本発明の再生クロック抽出装置は、入力される信号をデータレートの２倍のレートのサンプリングクロックで量子化する量子化手段と、前記量子化手段が出力するサンプリングデータのうち１サンプリングクロックおきの偶数列サンプリングデータを、再生データとして正値か零値か負値かの３値判別を行う３値判別手段と、前記３値判別手段が出力する連続する複数の判別結果から特定の組み合わせのみを検出するパターン検出手段と、前記３値判別手段の判別結果が変化する連続する２つの再生データの間の奇数列サンプリングデータを用い、前記量子化手段が出力するサンプリングデータと当該量子化手段が出力するサンプリングデータを遅延したデータとを減算し、前記３値判別手段による判別結果を乗算して得られるサンプリングタイミング誤差を演算する誤差演算手段と、パターン検出に用いられる複数の再生データの間に位置する奇数列サンプリングデータに検出パターンの極性を乗算した積、あるいは複数の奇数列サンプリングデータの差分に検出パターンの極性を乗算した積を前記パターン検出手段の検出結果に基づいて保持し、過去の保持データと差分をとり、所定レベル範囲内の差分結果のみを抽出する誤差遷移抽出手段と、前記誤差遷移抽出手段の抽出結果を入力し累積する累積手段と、前記量子化手段に供給するサンプリングクロックの生成に際し、前記誤差演算手段の演算結果と前記累積手段の累積結果とに基づき、位相と周波数とを調整するサンプリングクロック生成手段と、前記サンプリングクロックを２分周する事により再生クロックを生成する再生クロック生成手段とを備えたものである。

【００３０】

これにより位相引き込み能力に加えて、広い周波数引き込み能力を持つことができる。

【００３１】

また、本発明の再生クロック抽出装置は、入力される信号をデータレートの２倍のレートのサンプリングクロックで量子化する量子化手段と、前記量子化手段が出力するサンプリングデータのうち１サンプリングクロックおきの偶数列サンプリングデータを、再生データとして正値か零値か負値かの３値判別を行う３値判別手段と、前記３値判別手段が出力する連続する複数の判別結果から特定の組み合わせのみを検出するパターン検出手段と、前記３値判別手段の判別結果が変化する連続する２つの再生データの間の奇数列サンプリングデータを用い、前記量子化手段が出力するサンプリングデータと当該量子化手段が出力するサンプリングデータを遅延したデータとを減算し、前記３値判別手段による判別結果を乗算して得られるサンプリングタイミング誤差を演算する誤差演算手段と、パターン検出に用いられる複数の再生データの間に位置する奇数列サンプリングデータに検出パターンの極性を乗算した積、あるいは複数の奇数列サンプリングデータの差分に検出パターンの極性を乗算した積を前記パターン検出手段の検出結果に基づいて保持し、過去の保持データと差分をとり、所定レベル範囲内の差分結果のみを抽出する誤差遷移抽出手段と

、前記誤差演算手段の演算結果あるいは前記誤差遷移抽出手段の抽出結果を入力し累積する累積手段と、前記量子化手段に供給するサンプリングクロックの生成に際し、前記誤差演算手段の演算結果と前記累積手段の累積結果とに基づき、位相と周波数とを調整するサンプリングクロック生成手段と、前記サンプリングクロックを２分周する事により再生クロックを生成する再生クロック生成手段と、再生されているデータが獲得できているか否かを検知する再生データ獲得検知手段とを備えた再生クロック抽出装置であって、前記再生データ獲得検知手段の検知結果により、前記累積手段の入力を前記誤差演算手段の演算結果と前記誤差遷移抽出手段の抽出結果との一方を選択するように制御されることを特徴とする。

【００３２】

これにより最適な周波数引き込み特性と周波数追従性を兼ね備えた周波数引き込み能力を持つことができる。

【００３３】

【発明の実施の形態】

本発明の請求項１記載の再生クロック抽出装置は、入力される信号をデータレートの２倍のレートのサンプリングクロックで量子化する量子化手段と、前記量子化手段が出力するサンプリングデータのうち１サンプリングクロックおきの偶数列サンプリングデータを、再生データとして正値か零値か負値かの３値判別を行う３値判別手段と、前記３値判別手段が出力する連続する複数の判別結果から特定の組み合わせのみを検出するパターン検出手段と、前記３値判別手段の判別結果が変化する連続する２つの再生データの間の奇数列サンプリングデータを用い、前記量子化手段が出力するサンプリングデータと当該量子化手段が出力するサンプリングデータを遅延したデータとを減算し、前記３値判別手段による判別結果を乗算して得られるサンプリングタイミング誤差を演算する誤差演算手段と、パターン検出に用いられる複数の再生データの間に位置する奇数列サンプリングデータに検出パターンの極性を乗算した積、あるいは複数の奇数列サンプリングデータの差分に検出パターンの極性を乗算した積を前記パターン検出手段の検出結果に基づいて保持し、過去の保持データと差分をとり、所定レベル範囲内の差分結果のみを抽出する誤差遷移抽出手段と、前記誤差遷移抽出手段の抽出結果を入力し累積する累積手段と、前記量子化手段に供給するサンプリングクロックの生成に際し、前記誤差演算手段の演算結果と前記累積手段の累積結果とに基づき、位相と周波数とを調整するサンプリングクロック生成手段と、前記サンプリングクロックを２分周する事により再生クロックを生成する再生クロック生成手段とを備えたものであり、これらの構成によると、Ａ／Ｄ変換のサンプリングをデータレートの２倍のレートのサンプリングクロックで行い、再生データ以外のサンプリングデータを用いてＡ／Ｄ変換のサンプリングタイミング誤差を演算する際に、誤差演算結果を位相誤差として、誤差遷移抽出結果の累積値を周波数誤差として用いる。

【００３４】

また、請求項２記載の再生クロック抽出装置は、入力される信号をデータレートの２倍のレートのサンプリングクロックで量子化する量子化手段と、前記量子化手段が出力するサンプリングデータのうち１サンプリングクロックおきの偶数列サンプリングデータを、再生データとして正値か零値か負値かの３値判別を行う３値判別手段と、前記３値判別手段が出力する連続する複数の判別結果から特定の組み合わせのみを検出するパターン検出手段と、前記３値判別手段の判別結果が変化する連続する２つの再生データの間の奇数列サンプリングデータを用い、前記量子化手段が出力するサンプリングデータと当該量子化手段が出力するサンプリングデータを遅延したデータとを減算し、前記３値判別手段による判別結果を乗算して得られるサンプリングタイミング誤差を演算する誤差演算手段と、パターン検出に用いられる複数の再生データの間に位置する奇数列サンプリングデータに検出パターンの極性を乗算した積、あるいは複数の奇数列サンプリングデータの差分に検出パターンの極性を乗算した積を前記パターン検出手段の検出結果に基づいて保持し、過去の保持データと差分をとり、所定レベル範囲内の差分結果のみを抽出する誤差遷移抽出手段と、前記誤差演算手段の演算結果あるいは前記誤差遷移抽出手段の抽出結果を入力し

累積する累積手段と、前記量子化手段に供給するサンプリングクロックの生成に際し、前記誤差演算手段の演算結果と前記累積手段の累積結果とに基づき、位相と周波数とを調整するサンプリングクロック生成手段と、前記サンプリングクロックを２分周する事により再生クロックを生成する再生クロック生成手段と、再生されているデータが獲得できているか否かを検知する再生データ獲得検知手段とを備えた再生クロック抽出装置であって、前記再生データ獲得検知手段の検知結果により、前記累積手段の入力を前記誤差演算手段の演算結果と前記誤差遷移抽出手段の抽出結果との一方を選択するように制御されるものであり、これらの構成によると、Ａ／Ｄ変換のサンプリングタイミング誤差を演算する際に、誤差演算結果を位相誤差として用い、再生データの獲得が検知されるまでは誤差遷移抽出結果の累積値を、再生データの獲得が検知されればそれまでの累積結果に誤差演算結果を累積し周波数誤差として用いる。

【００３５】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

（実施の形態１）

図１は本発明の実施の形態１の再生クロック抽出装置の構成を示すブロック図である。

【００３６】

図１において、１１は量子化手段としてのＡ／Ｄ変換回路で、入力した再生微分波形信号をデータレートの２倍のレートのサンプリングクロックにてサンプリングしてディジタルデータとして出力する。このディジタルデータは、ＤＦＦ１０１、ＤＦＦ１０２を介し再生データとして出力される。

【００３７】

１２は３値判別手段である３値判別回路で、入力したディジタルデータの３値判別を行ってその判別結果を出力する。すなわち、入力されるディジタルデータが正値スレッシュレベル（図１中の正ｔｈ）よりも大きければ「１」と判別し、負値スレッシュレベル（図１中の負ｔｈ）よりも小さければ「－１」と判別し、それ以外であれば「０」と判別する。

【００３８】

１３はパターン検出手段であるパターン検出回路で、３値判別回路１２が出力する連続する複数の判別結果から特定の組み合わせのみを検出する。例えば、３値判別回路１２の判別結果の現在の判別結果が正値あるいは負値であってその前後の判別結果は零値となる特定のパターンのみを検出し、検出結果を誤差演算回路１４に出力する。

【００３９】

１４は誤差演算回路で、１つのＤＦＦ１４１と、減算器１４２と、乗算器１４３からなる誤差演算手段であり、ＤＦＦ１４１によってＤＦＦ１０３からのディジタルデータを１クロック分遅延し、次の減算器１４２でそのディジタルデータから１クロック前のディジタルデータを減算し、さらに次の乗算器１４３でその減算結果に３値判別回路１２による判別結果を乗算したものをサンプリングタイミングの誤差分を示す誤差演算結果として出力する。

【００４０】

なお、３値判別回路１２への入力データは、２つのＤＦＦ１０１及び１０２でサンプリングクロックの３クロック分が、誤差演算回路１４の減算器１４２の（＋）端子への入力データは２つのＤＦＦ１０３及び１４１でサンプリングクロックの４クロック分がそれぞれ遅延されるため、３値判別回路１２からは減算器１４２の（－）端子へ入力されるデータよりもサンプリングクロックで１クロック分前のデータについて判別した結果が乗算器１４３に加わるようになっている。すなわち乗算器１４３に判別結果として出力される再生データの１サンプリングクロック前後のデータから位相誤差を演算する。

【００４１】

１６は誤差遷移抽出回路で、２つのＤＦＦ１６１及び１６２と、減算器１６３と、レベルスライス回路１６４からなる誤差遷移抽出手段であって、ＤＦＦ１０４によって１再生クロック分遅延させた誤差演算結果を、パターン検出回路１３の検出結果によりＤＦＦ１

６１でラッチし、その出力を同じくパターン検出回路１３の検出結果によりＤＦＦ１６２でラッチし、減算器１６３でＤＦＦ１６１の出力からＤＦＦ１６２の出力を減算する。さらに、レベルスライス回路１６４ではその減算結果を所定スライスレベルと比較し、所定スライスレベル内であれば誤差遷移抽出結果として出力する。すなわち減算器１６３の出力が正スライスレベル（図１中の正ｓｌ）を超えるレベル、または負スライスレベル（図１中の負ｓｌ）を下回るレベルであれば出力を「０」とし、それ以外はそのまま出力する。

【００４２】

なお、パターン検出回路１３の検出結果において１再生クロックの遅延が発生するため、誤差遷移抽出回路１６への入力データには誤差演算回路１４の出力にＤＦＦ１０４を介して１再生クロック遅延させている。ここで誤差遷移抽出回路１６の入力データは検出されたパターンの現在の再生データに対して１サンプリングクロック前後のデータから誤差演算された結果のみが入力されることとなる。

【００４３】

１７は累積手段としての累積回路で、加算器１７１と、レジスタ１７２と、係数器１７３とからなり、誤差遷移抽出結果は加算器１７１により、その加算器１７１からの加算結果が保持されているレジスタ１７２の出力と累積加算され、その加算結果は再びレジスタ回路１７２で保持されると共に係数器１７３で係数Ｋ２が乗算され、累積結果として出力する。

【００４４】

１８はサンプリングクロック生成手段としての電圧制御発振回路で、係数器１５で係数Ｋ１が乗算された誤差演算結果および誤差遷移抽出結果の累積値に基づいて位相および周波数調整を行って生成したサンプリングクロックを出力する。すなわち、生成されるサンプリングクロックの周波数は、入力した誤差演算結果が正の値であれば瞬時的に大きく、負の値であれば瞬時的に小さくなる。また、入力した誤差遷移結果の累積値が正の値であれば周波数は大きく、負の値であれば周波数は小さくなる。そしてこのサンプリングクロックは、Ａ／Ｄ変換回路１１、ＤＦＦ１０１、および分周回路１９にそれぞれ与えられる。

【００４５】

１９は再生クロック生成手段としての分周回路であり、サンプリングクロックを２分周することにより再生クロックを生成して出力する。そして、この再生クロックは、各ＤＦＦ１０２、１０３、１０４、１４１、パターン検出回路１３、累積回路１７に与えられる。

【００４６】

図２は、本実施の形態の再生クロック抽出装置におけるパターン検出回路１３の一構成例を示すブロック図である。

【００４７】

図２のパターン検出回路１３は２つのＤＦＦ１３１及び１３２と、２つの零値判別回路１３３１及び１３３３と、正負値判別回路１３３２と、論理積回路１３４とからなる。３値判別回路１２からの３値判別結果は、零値判別回路１３３１に入力されると共に、ＤＦＦ１３１で１再生クロック遅延される。ＤＦＦ１３１で遅延された後、政府判別回路１３３２に入力されると共に、ＤＦＦ１３２で更に１再生クロック遅延される。零値判別回路１３３１及び１３３３では、それぞれ３値判別結果が「０」のときは出力を「１」とし、それ以外のときは「０」を出力する。ＤＦＦ１３１を経た正負値判別回路１３３２では、３値判別結果が「１」あるいは「－１」のときは出力を「１」とし、それ以外のときは「０」を出力する。論理積回路１３４は正負値判別回路１３３２と、２つの零値判別回路１３３１及び１３３３からの入力の論理積を演算し、その結果を検出結果として出力する。すなわち、３値判別結果の系列が「０、１、０」あるいは「０、－１、０」の再生パターンを検出するように構成される。

【００４８】

図４は、図２のパターン検出回路を用いた図１の実施の形態の再生クロック抽出装置における再生微分波形信号とサンプリングクロックと再生クロックとの関係を示すタイミングチャートである。図４において、点ａ～点ｐはＡ／Ｄ変換回路１１でのサンプリングタイミングの１サンプリングおきに再生データを取り込むタイミングを表しており、サンプリングして得られた再生データとなるディジタルデータの値をそれぞれ符号「Ａ」～「Ｐ」で表し、その間のディジタルデータをそれぞれ符号「Ａ'」～「Ｏ'」で表す。

【００４９】

本実施の形態において、再生微分波形信号は、サンプリングクロックの立ち上がり毎にＡ／Ｄ変換回路１１でサンプリングされて次段のＤＦＦ１０１でラッチされるが、更に次のＤＦＦ１０２は分周回路１６から出力される再生クロック毎に前段のＤＦＦ１０１の出力をラッチするので、再生データは、「Ａ」～「Ｐ」となり、「Ａ'」～「Ｏ'」は再生データにはならず、このデータを用いて誤差演算回路１４において誤差演算が行われる。なお、説明を簡単化するため再生微分波形信号には単一周波を用いる。

【００５０】

図４（ア）は再生微分波形信号に対して再生クロックの周波数が合っている場合の特性である。この場合において、再生データが「１」あるいは「－１」と判別されるのは「Ｂ」、「Ｄ」、「Ｆ」、「Ｈ」、「Ｊ」、「Ｌ」、「Ｎ」、「Ｐ」のデータであり、誤差演算結果はそれぞれの前後のデータの差分をとることにより演算される。たとえば「Ｂ」であれば「Ａ'－Ｂ'」（＝｛Ａ'－Ｂ'｝×｛１｝）、また「Ｄ」であれば「Ｄ'－Ｃ'」（＝｛Ｃ'－Ｄ'｝×｛－１｝）により誤差演算が行われる。また、「０、１、０」あるいは「０、－１、０」の再生パターンが検出されるのは、「Ａ、Ｂ、Ｃ」、「Ｃ、Ｄ、Ｅ」、「Ｅ、Ｆ、Ｇ」、「Ｇ、Ｈ、Ｉ」、「Ｉ、Ｊ、Ｋ」、「Ｋ、Ｌ、Ｍ」、「Ｍ、Ｎ、Ｏ」のパターンであり、それぞれのパターンの中心の正値あるいは負値の前後のサンプリングデータによる誤差演算結果をその直前にパターン検出されたときの誤差演算結果と差分をとり、その結果から正負スライスレベル範囲内の差分結果のみを抽出することにより誤差遷移抽出が行われる。たとえば「Ｃ、Ｄ、Ｅ」がパターン検出されるとその誤差演算結果「Ｄ'－Ｃ'」からその前にパターン検出された「Ａ、Ｂ、Ｃ」の誤差演算結果「Ａ'－Ｂ'」を差し引いた「（Ｄ'－Ｃ'）－（Ａ'－Ｂ'）」を正スライスレベルおよび負スライスレベルと比較し正負スライスレベル範囲内の結果のみが誤差遷移抽出結果となる。

【００５１】

ここで、図４（ア）の位相ではそれぞれのタイミングでの誤差演算結果はほとんど零となるので、誤差遷移抽出結果もほとんど零となり、累積回路１７での累積結果も変化せず、電圧制御発振回路１８において生成するサンプリングクロックの周波数は保持され、再生クロックの位相および周波数は再生微分波形信号に対してあったままとなる。

【００５２】

図４（イ）は再生微分波形信号に対する再生クロックの周波数が小さい場合の特性である。この場合において、再生データが「１」あるいは「－１」と判別されるのは「Ｂ」、「Ｄ」、「Ｆ」、「Ｈ」、「Ｊ」、「Ｍ」、「Ｏ」のデータであり、それぞれ１サンプリングクロック前後のデータによる差分値が誤差演算結果となる。誤差演算結果「Ａ'－Ｂ'」、「Ｄ'－Ｃ'」、「Ｅ'－Ｆ'」、「Ｈ'－Ｇ'」、「Ｉ'－Ｊ'」はそれぞれ正値となり、「Ｌ'－Ｍ'」、「Ｏ'－Ｎ'」ではそれぞれ負値となる。しかも、「Ａ'－Ｂ'」から「Ｉ'－Ｊ'」までは徐々に正値は増加していき、「Ｌ'－Ｍ'」で急に負値に反転し徐々に減少する。再生微分波形信号とサンプリングクロックの周波数の関係がこのまま推移する場合、誤差演算結果は正値と負値の増減が繰り返し交互に現れるようになり、結果的にそれらの総和はほとんど零となる。

【００５３】

一方、「０、１、０」あるいは「０、－１、０」の再生パターンが検出されるのは、「Ａ、Ｂ、Ｃ」、「Ｃ、Ｄ、Ｅ」、「Ｅ、Ｆ、Ｇ」、「Ｇ、Ｈ、Ｉ」、「Ｉ、Ｊ、Ｋ」、「Ｌ、Ｍ、Ｎ」、「Ｎ、Ｏ、Ｐ」のパターンであり、それぞれのパターンの中心の正値あるいは負値の前後のサンプリングデータによる誤差演算結果をその直前にパターン検出され

たときの誤差演算結果と差分をとり、その結果から正負スライスレベル範囲内の差分結果のみを抽出することにより誤差遷移抽出が行われる。たとえば「Ｃ、Ｄ、Ｅ」のパターンにおける誤差演算結果「Ｄ'－Ｃ'」とその前に検出されたパターンの「Ａ、Ｂ、Ｃ」の誤差演算結果「Ａ'－Ｂ'」による差分結果「（Ｄ'－Ｃ'）－（Ａ'－Ｂ'）」は正値となる。同様に「Ｅ、Ｆ、Ｇ」における差分結果も正値となり、「Ｉ、Ｊ、Ｋ」のタイミングまでは差分結果は正値となる。しかし、「Ｌ、Ｍ、Ｎ」のタイミングでの差分結果「（Ｌ'－Ｍ'）－（Ｉ'－Ｊ'）」は大きく負値となるが、「Ｎ、Ｏ、Ｐ」のタイミングでの差分結果「（Ｏ'－Ｎ'）－（Ｌ'－Ｍ'）」は再び正値となる。このように減算器１６３での差分結果は正値が連続して現れた後、一度大きく負値となって再び正値が現れるように推移する。これらの差分結果を正スライスレベルおよび負スライスレベルと比較し正負スライスレベル範囲内の差分結果のみを誤差遷移抽出結果として累積する。

【００５４】

図５は図４（イ）の場合の誤差演算結果と減算器１６３による減算結果と誤差遷移抽出値の累積結果と時間ｔとの関係を表す。

【００５５】

図５（ア）は誤差演算結果を表し、零点で点対称になるように正値と負値が交互に繰り返し現れ、結果的にそれらの総和はほとんど零になる。

【００５６】

図５（イ）は減算器１６３による減算結果を表し、誤差演算結果が正値から負値に大きく変化するときは大きく負の値が現れるが、それ以外は正の値となり、この差分結果をレベルスライス回路１６４で正または負スライスレベルと比較し、大きく現れる負値のみを除外し、それ以外の正値を誤差遷移抽出結果として出力する。

【００５７】

図５（ウ）は累積結果を表し、誤差遷移抽出結果を累積することによって累積結果は正値となって再生微分波形信号からのサンプリングクロックの周波数ずれ量を現す。

【００５８】

このように、図４（イ）の位相ではそれぞれのタイミングでの誤差演算結果は正値と負値を繰り返し出力し、それらの総和はほとんど零となるが、累積回路１７での誤差遷移抽出値の累積結果は正となり、電圧制御発振回路１８において生成するサンプリングクロックの周波数は大きくなり、これに伴い再生クロックの周波数は再生微分波形信号に対して高くなる方向、つまり周波数が合う方向へと修正される。

【００５９】

図４（ウ）は再生微分波形信号に対する再生クロックの周波数が大きい場合の特性である。この場合において、再生データが「１」あるいは「－１」と判別されるのは「Ｂ」、「Ｄ」、「Ｆ」、「Ｈ」、「Ｊ」、「Ｍ」、「Ｏ」のデータであり、それぞれ１サンプリングクロック前後のデータによる差分値が誤差演算結果となる。誤差演算結果「Ａ'－Ｂ'」、「Ｄ'－Ｃ'」、「Ｅ'－Ｆ'」、「Ｈ'－Ｇ'」、「Ｉ'－Ｊ'」はそれぞれ負値となり、「Ｍ'－Ｌ'」、「Ｎ'－Ｏ'」ではそれぞれ正値となる。しかも、「Ａ'－Ｂ'」から「Ｉ'－Ｊ'
」までは徐々に負値は減少していき、「Ｌ'－Ｍ'」で正値に反転し徐々に正方向に増加する。

【００６０】

再生微分波形信号とサンプリングクロックの周波数の関係がこのまま推移する場合、図４（イ）の場合と同様に誤差演算結果は正値と負値の増減が繰り返し交互に現れるようになり、結果的にそれらの総和はほとんど零となる。一方、「０、１、０」あるいは「０、－１、０」の再生パターンが検出されるのは、「Ａ、Ｂ、Ｃ」、「Ｃ、Ｄ、Ｅ」、「Ｅ、Ｆ、Ｇ」、「Ｇ、Ｈ、Ｉ」、「Ｉ、Ｊ、Ｋ」、「Ｌ、Ｍ、Ｎ」、「Ｎ、Ｏ、Ｐ」のパターンであり、それぞれのパターンの中心の正値あるいは負値の前後のサンプリングデータによる誤差演算結果をその直前にパターン検出されたときの誤差演算結果と差分をとり、その結果から正負スライスレベル範囲内の差分結果のみを抽出することにより誤差遷移抽出

が行われる。たとえば「Ｃ、Ｄ、Ｅ」のパターンにおける誤差演算結果「Ｄ'－Ｃ'」とその前に検出されたパターンの「Ａ、Ｂ、Ｃ」の誤差演算結果「Ａ'－Ｂ'」による差分結果「（Ｄ'－Ｃ'）－（Ａ'－Ｂ'）」は負値となる。同様に「Ｅ、Ｆ、Ｇ」における差分結果も負値となり、「Ｉ、Ｊ、Ｋ」のタイミングまでは差分結果は負値となる。しかし、「Ｌ、Ｍ、Ｎ」のタイミングでの差分結果「（Ｌ'－Ｍ'）－（Ｉ'－Ｊ'）」は大きく正値となるが、「Ｎ、Ｏ、Ｐ」のタイミングでの差分結果「（Ｏ'－Ｎ'）－（Ｌ'－Ｍ'）」は再び負値となる。このように減算器１６３での差分結果は負値が連続して現れた後、一度大きく正値となって再び負値が現れるように推移する。これらの差分結果を正スライスレベルおよび負スライスレベルと比較し正負スライスレベル範囲内の差分結果のみを誤差遷移抽出結果として累積する。

【００６１】

図６は図４（ウ）の場合の誤差演算結果と減算器１６３による減算結果と誤差遷移抽出値の累積結果と時間ｔとの関係を表す。

【００６２】

図６（ア）は誤差演算結果を表し、零点で点対称になるように正値と負値が交に繰り返し現れ、結果的にそれらの総和はほとんど零になる。

【００６３】

図６（イ）は減算器１６３による減算結果を表し、誤差演算結果が負値から正値に大きく変化するときは大きく正の値が現れるが、それ以外は負の値となり、この差分結果をレベルスライス回路１６４で正または負スライスレベルと比較し、大きく現れる正値のみを除外し、それ以外の負値を誤差遷移抽出結果として出力する。

【００６４】

図６（ウ）は累積結果を表し、誤差遷移抽出結果を累積することによって累積結果は負値となって再生微分波形信号からのサンプリングクロックの周波数ずれ量を現す。

【００６５】

このように、図４（ウ）の位相ではそれぞれのタイミングでの誤差演算結果は正値と負値を繰り返し出力し、それらの総和はほとんど零となるが、累積回路１７での誤差遷移抽出結果の累積結果は負となり、電圧制御発振回路１８において生成するサンプリングクロックの周波数は小さくなり、これに伴い再生クロックの周波数は再生微分波形信号に対して低くなる方向、つまり周波数が合う方向に修正される。

【００６６】

なお、パターン検出回路１３にて検出する再生パターンはここでは現在と過去と未来の３状態によってパターン検出を行っているが、現在と過去の２状態で行っても同様の効果が得られる。図３にこの場合のパターン検出回路の構成を表すブロック図を示す。

【００６７】

図３のパターン検出回路はＤＦＦ１３１と、２つの正値判別回路１３３４、１３３７と、２つの負値判別回路１３３５、１３３６と、２つの論理積回路１３６、１３７と、論理和回路１３８からなり、３値判別回路１２からの判別結果はＤＦＦ１３１で１再生クロック遅延される。３値判別回路１２からの判別結果とＤＦＦ１３１からの出力は、正値判別回路１３３４、１３３７でそれぞれ３値判別結果が「１」のときは出力を「１」し、それ以外のときは「０」を出力する。また、負値判別回路１３３５、１３３６ではそれぞれ３値判別結果が「－１」のときは出力を「１」し、それ以外のときは「０」を出力する。論理積回路１３６は正値判別回路１３３４と負値判別回路１３３５の出力が共に「１」のときは出力を「１」し、それ以外は「０」とする。同様に論理積回路１３７は負値判別回路１３３６と正値判別回路１３３７の出力が共に「１」のときは出力を「１」し、それ以外は「０」とする。論理和回路１３８は論理積回路１３６、１３７のどちらかでも「１」であれば出力を「１」とし、どちらも「０」であれば「０」を出力して検出結果とする。すなわち、「１、－１」、あるいは「－１、１」の再生パターンを検出するように構成される。このパターン検出回路を用いる場合は図１のブロック図においてＤＦＦ１６１の入力にはＤＦＦ１４１の出力に３値判別回路１２の出力を乗算したものを入力することとする

（図示せず）。すなわち、３値判別結果をその判別対象となった再生データに対して１サンプリングクロック前のデータに乗算し、誤差遷移抽出回路への入力とする。

【００６８】

図７は、図３のパターン検出を用いる場合の本実施の形態の再生クロック抽出装置における再生微分波形信号と誤差遷移抽出回路の入力とサンプリングクロックと再生クロックとの関係を示すタイミングチャートであり、点ａ～点ｐはＡ／Ｄ変換回路１１でのサンプリングタイミングの１サンプリングおきに再生データを取り込むタイミングを表しており、サンプリングして得られた再生データとなるディジタルデータの値をそれぞれ符号「Ａ」～「Ｐ」で表し、その間のディジタルデータをそれぞれ符号「Ａ'」～「Ｐ'」で表す。

【００６９】

図４と同様に再生微分波形信号は、サンプリングクロックの立ち上がり毎にＡ／Ｄ変換回路１１でサンプリングされて次段のＤＦＦ１０１でラッチされるが、更に次のＤＦＦ１０２は分周回路１６から出力される再生クロック毎に全段のＤＦＦ１０１の出力をラッチするので、再生データは、「Ａ」～「Ｐ」となり、「Ａ'」～「Ｐ'」は再生データにはならず、このデータを用いて誤差演算回路１４において誤差演算が行われる。なお、説明を簡単化するため再生微分波形信号には単一周波を用いる。

【００７０】

図７（ア）は再生微分波形信号に対して再生クロックの周波数が合っている場合である。この場合において、再生データが「１」あるいは「－１」と判別されるのは「Ａ」～「Ｐ」のすべてのデータであり、誤差演算結果はそれぞれの前後のサンプリングデータの差分をとることにより演算され、「Ｂ」であれば「Ａ'－Ｂ'」（＝[Ａ'－Ｂ']×[１]）、また「Ｃ」であれば「Ｃ'－Ｂ'」（＝[
Ｂ'－Ｃ']×[－１]）により誤差演算が行われる。また、「１、－１」あるいは「－１、１」の再生パターンが検出されるのは、「Ａ、Ｂ」、「Ｂ、Ｃ」、「Ｃ、Ｄ」、「Ｄ、Ｅ」、「Ｅ、Ｆ」、「Ｆ、Ｇ」、「Ｇ、Ｈ」、「Ｈ、Ｉ」、「Ｉ、Ｊ」、「Ｊ、Ｋ」、「Ｋ、Ｌ」、「Ｌ、Ｍ」、「Ｍ、Ｎ」、「Ｎ、Ｏ」、「Ｏ、Ｐ」のパターンであり、それぞれのパターンの現在と過去のデータの間のデータに現在のデータの３値判別結果を乗算したものが誤差遷移抽出回路１６の入力となる。これを前にパターン検出されたときの入力と差分し、その結果から正負スライスレベル範囲内の差分結果のみを抽出することにより誤差遷移抽出が行われる。たとえば「Ｂ、Ｃ」がパターン検出されるとその間のデータ「Ｂ'」に「Ｃ」の３値判別結果「－１」を乗算した「－Ｂ'」から、その前にパターン検出された「Ａ、Ｂ」の間のデータ「Ａ'」に「Ｂ」の３値判別結果「１」を乗算した「Ａ'」を差し引いた「（－Ｂ'－Ａ'）」を差分結果とし、その結果を正スライスレベルおよび負スライスレベルと比較し正負スライスレベル範囲内の結果のみが誤差遷移抽出結果となる。

【００７１】

ここで、図７（ア）の位相ではそれぞれのタイミングでの誤差演算結果はほとんど零となり、誤差遷移抽出結果もほとんど零となり、累積回路１７での累積結果も変化せず、電圧制御発振回路１８において生成するサンプリングクロックの周波数は保持され、再生クロックの位相は再生微分波形信号に対してあったままとなる。

【００７２】

図７（イ）は再生微分波形信号に対する再生クロックの周波数が小さい場合の特性である。この場合において、再生データが「１」あるいは「－１」と判別されるのは「Ａ」、「Ｂ」、「Ｃ」、「Ｄ」、「Ｅ」、「Ｆ」、「Ｎ」、「Ｏ」、「Ｐ」のデータであり、それぞれ１サンプリングクロック前後のデータによる差分値である誤差演算結果は「Ｂ」～「Ｆ」のタイミングまではそれぞれ正値となり、「Ｎ」～「Ｐ」のタイミングでは負値となる。しかも、「Ｂ」から「Ｆ」のタイミングまでは徐々に正値は増加していき、「Ｎ」のタイミングで大きく負値に反転し徐々に減少する。再生微分波形信号とサンプリングクロックの周波数の関係がこのまま推移する場合、誤差演算結果は正値と負値の増減が繰り返し交互に現れるようになり、結果的にそれらの総和はほとんど零となる。一方、「１、

－１」あるいは「－１、１」の再生パターンが検出されるのは、「Ａ、Ｂ」、「Ｂ、Ｃ」、「Ｃ、Ｄ」、「Ｄ、Ｅ」、「Ｅ、Ｆ」、「Ｎ、Ｏ」、「Ｏ、Ｐ」のパターンであり、誤差遷移抽出回路にはそれぞれのパターン検出に用いた現在と過去のデータの間のデータに現在のデータの３値判別結果を乗算したものが入力され、図７（ウ）に誤差遷移抽出回路の入力を示す。このように「Ａ'」、「－Ｂ'」、「Ｃ'」、「－Ｄ'」、「Ｅ'」は正値となり、「－Ｍ'」、「Ｎ'」、「－Ｏ'」、「Ｐ'」は負値となる。誤差遷移抽出結果は「Ｅ'」から「－Ｍ'」へ変化するタイミングを除いて正値となり、大きく現れる負値はレベルスライス回路で除外されるため累積結果は正値となる。

【００７３】

このように、図７（イ）の位相ではそれぞれのタイミングでの誤差演算結果は正値と負値を繰り返し出力し、それらの総和はほとんど零となるが、累積回路１７での誤差遷移抽出結果の累積値は正値となり、電圧制御発振回路１８において生成するサンプリングクロックの周波数は大きくなり、これに伴い再生クロックの周波数は再生微分波形信号に対して高くなる方向、つまり周波数が合う方向へと修正される。

【００７４】

図７（エ）は再生微分波形信号に対する再生クロックの周波数が大きい場合である。この場合において、再生データが「１」あるいは「－１」と判別されるのは「Ａ」、「Ｂ」、「Ｃ」、「Ｄ」、「Ｅ」、「Ｆ」、「Ｇ」、「Ｈ」、「Ｐ」のデータであり、それぞれ１サンプリングクロック前後のデータによる差分値である誤差演算結果は「Ｂ」～「Ｈ」のタイミングまではそれぞれ負値となり、「Ｐ」以降のタイミングでは正値となる。しかも、「Ｂ」から「Ｈ」のタイミングまでは徐々に負値は増加していき、「Ｐ」のタイミングで大きく正値に反転し徐々に減少する。再生微分波形信号とサンプリングクロックの周波数の関係がこのまま推移する場合、誤差演算結果は正値と負値の増減が繰り返し交互に現れるようになり、結果的にそれらの総和はほとんど零となる。一方、「１、－１」あるいは「－１、１」の再生パターンが検出されるのは、「Ａ、Ｂ」、「Ｂ、Ｃ」、「Ｃ、Ｄ」、「Ｄ、Ｅ」、「Ｅ、Ｆ」、「Ｆ、Ｇ」、「Ｇ、Ｈ」のパターンであり、誤差遷移抽出回路にはそれぞれのパターン検出に用いた現在と過去のデータの間のデータに現在のデータの３値判別結果を乗算したものが入力され、図７（オ）に誤差遷移抽出回路の入力を示す。このように「Ａ'」、「－Ｂ'」、「Ｃ'」、「－Ｄ'」、「Ｅ'」、「－Ｆ'」、「Ｇ'」は負値となり、「－Ｏ'」は正値となる。誤差遷移抽出結果は「Ｇ'」から「－Ｏ'」へ変化するタイミングを除いて負値となり、大きく現れる正値はレベルスライス回路で除外されるため累積結果は負値となる。

【００７５】

このように、図７（エ）の位相ではそれぞれのタイミングでの誤差演算結果は正値と負値を繰り返し出力し、それらの総和はほとんど零となるが、累積回路１７での誤差遷移抽出結果の累積結果は負値となり、電圧制御発振回路１８において生成するサンプリングクロックの周波数は小さくなり、これに伴い再生クロックの周波数は再生微分波形信号に対して低くなる方向、つまり周波数が合う方向へと修正される。

【００７６】

なお、パターン検出回路にて検出する再生パターンは「０、１、０」と「０、－１、０」、あるいは「１、－１」と「－１、１」と限定したが、これらを混合して用いることにより誤差遷移抽出の頻度が増し、より効果的なサンプリングクロックの制御が行える。

【００７７】

以上のように本実施の形態によれば、Ａ／Ｄ変換のサンプリングはデータレートの２倍のレートのサンプリングクロックで行われ、誤差演算回路１４が再生データ以外のサンプルデータを用いてＡ／Ｄ変換の瞬時的サンプリングタイミングの位相誤差を演算し、パターン検出に基づいて誤差遷移抽出回路１６と累積回路１７が瞬時的タイミング誤差の遷移を累積することによりＡ／Ｄ変換のサンプリングクロックの周波数誤差を演算するため、位相引き込み能力に加えて広い周波数引き込み能力を合わせ持つことになる。

【００７８】

（実施の形態２）

以下、本発明の実施の形態２について、図面を参照しながら説明する。

【００７９】

図８は本実施の形態の再生クロック抽出装置のブロック図であり、前述の実施の形態１における図１の構成に加えて再生データ獲得検知手段として再生処理回路５０と、比較器５１と、更に係数器３０と、切替回路（以下ＳＷと略す）２０とを設けた構成とし、ここでは再生処理回路５０、係数器３０、比較器５１とＳＷ２０以外の詳しい説明は省略する。

【００８０】

図８において、５０は再生処理回路であり、復調回路５０１と、シンク検出回路５０２と誤り訂正回路５０３とからなり、ＤＦＦ１０２の出力は再生データとして入力される。再生処理回路５０では復調回路５０１により復調処理が行われ、シンク検出回路５０２は入力データの所定長毎に付加されているシンクデータを検出し、誤り訂正回路５０３で復調されたデータに対して発生しているデータ誤りの訂正を行い、復調データを出力する。

【００８１】

ここで、誤り訂正処理はディジタルデータの伝送、例えば記録再生には不可欠であり、そのため記録される本来のデータに加えて誤り訂正用の誤り訂正符号が付加されることが一般的である。さらに誤り訂正処理は所定長毎のデータブロック単位で行われるため、誤り訂正を行うブロック単位の始まりを認識するための同期用のシンクデータも合わせて付加されることも一般的である。図９はデータブロックの一例を示す模式図である。

【００８２】

図９（ア）は前述したデータブロック群を表し、図９（イ）は図９（ア）のデータブロック群を構成する１データブロック単位を表す。一般的に図９（イ）中のｂ区間のデータが本来の記録されるデータであり、その前のａ区間にシンクデータを配置し、本来のデータ後のｃ区間に誤り訂正用符号を配置する構成がとられる。

【００８３】

このような系列の入力データを再生処理回路５０で再生処理するにあたり、先ずシンクパターンの検出を行い、誤り訂正を行うデータブロック単位を認識し、次に誤り訂正が行われる。シンクパターンが検出できなかった場合は誤り訂正を行おうにも誤り訂正を行うデータブロックを認識できないため、すべてデータ誤りとなる。誤り訂正においては入力される本来のデータのみ、あるいはシンクデータと本来のデータにより演算した結果を誤り訂正符号と検証することによりデータ誤りを訂正すると共にデータ誤り数も検出可能である。

【００８４】

したがって、シンク検出回路５０２のシンク検出結果、あるいは誤り訂正回路５０３のデータ誤り数を比較器５１において所定スレッシュ値（図８中のｔｈ）と比較することにより再生データの獲得を検知する。再生データ獲得検知結果は一定期間内の検出シンク数が所定スレッシュ値以上になるまでは検知出力は「０」とし、所定値以上になれば「１」とする。あるいは所定期間内のデータ誤り数が所定スレッシュ値以下になるまでは検知出力は「０」とし、所定値以下になれば「１」として、ＳＷ２０に出力する。

【００８５】

係数器３０は、誤差演算回路１４が出力する誤差演算結果に係数Ｋ３を乗算して出力する。

【００８６】

ＳＷ２０は比較器５１の再生データ獲得検知結果に基づいて、係数器３０の出力と誤差遷移抽出回路１６の誤差遷移抽出結果とを切り替えて累積回路１７に出力する。つまり、再生データ獲得検知結果が「０」の場合は誤差遷移抽出回路１６の演算結果により累積加算を行い、再生データ獲得検知結果が「１」の場合は誤差演算結果により累積加算を行い、電圧制御発振回路１８における周波数制御を行う。

【００８７】

図１０は本実施の形態の再生クロック抽出装置の入力信号に対するサンプリングクロックの周波数誤差と時間ｔとの関係を示す。図１０において横軸は時間、縦軸は入力信号とサンプリングクロックの周波数誤差を表す。

【００８８】

図１０の期間ｔ１では再生データが獲得できないくらいサンプリングクロックの周波数は入力周波数に対して誤差があるため、この区間は誤差遷移抽出結果の累積結果により電圧制御発振回路１８の発振周波数は制御される。区間ｔ２ではほぼ周波数誤差もなくなり再生データの獲得は検知され、今までの累積結果に対して誤差演算結果に係数Ｋ３を乗算した結果を累積加算することにより電圧制御発振回路１８の発振周波数は制御される。すなわち、区間ｔ１では速やかな周波数応答が行えるよう誤差遷移抽出結果を累積することでループのゲインを高くし、区間ｔ２では安定な周波数応答が行えるよう誤差演算結果に係数を掛けたものを累積することでループのゲインを小さくする。

【００８９】

このようにすることにより、再生データが獲得できていない、つまり周波数が合っていない場合には誤差遷移抽出結果の累積加算値により広い周波数引き込み範囲と速やかな周波数応答性を持たせられる。また、再生データが獲得できるようになる、つまり周波数がほぼ合っている場合にはそれまでの誤差遷移の累積加算値を保持し、その結果に対して誤差演算結果を加算することにより、安定な周波数応答性が得られ、結果的に速やかな周波数引き込み特性と安定な周波数追従性を合わせ持つこととなる。

【００９０】

なお、以上の本発明の実施の形態１及び２の説明では、電圧制御発振回路１８において、生成するクロックの位相修正を周波数を瞬時的に変えることにより行っているが、例えば遅延器を用いて行うなどの他の方法によっても可能である。

【００９１】

また、実施の形態１及び２の説明では、再生信号に対する等化処理は設けていないが、Ａ／Ｄ変換回路１１が出力するディジタルデータに対して、ディジタル的に適応型等化処理を施しながら後段の処理を行うことも可能である。

【００９２】

この場合、適応型等化処理のための遅延により、Ａ／Ｄ変換からクロック再生までの制御ループの遅延が大きくなり、従来の方法であればクロックの引き込み範囲が更に狭くなってしまうが、実施の形態１または２ではクロックの周波数引き込み能力を持たせており、このような構成にも対応できる。すなわち、未等化の状態または等化残りがある状態においてディジタル的適応型等化処理とタイミング誤差演算を同時に行っても、両者とも速やかに収束し、適応型等化とサンプリングタイミングとが最適値となる。

【００９３】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、Ａ／Ｄ変換のサンプリングをデータレートの２倍のレートのサンプリングクロックで行い、Ａ／Ｄ変換のサンプリングタイミング誤差を演算する際に、再生データ以外のサンプリングデータを用いて、誤差演算手段がＡ／Ｄ変換のサンプリングタイミング位相誤差を演算し、パターン検出結果に基づいて誤差遷移抽出手段の抽出結果の累積値により周波数誤差を演算する。そのため、サンプリングクロックの位相引き込み能力を持つとともに広い周波数引き込み能力を持たせることができるという優れた効果を奏するものである。

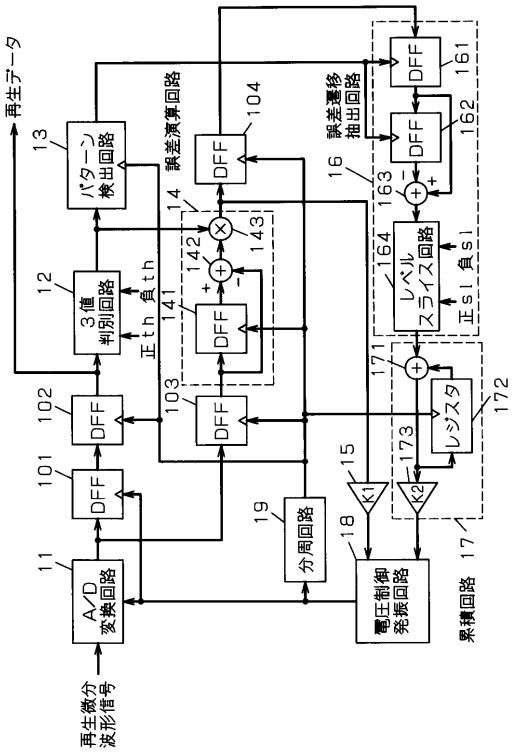
【００９４】

また、再生されているデータが獲得できているか否かを検知する再生データ獲得検知手段を設け、再生データ獲得検知結果に基づいて、累積手段の入力を誤差遷移抽出結果と誤差演算結果とを切り替えてサンプリングクロックの周波数制御に用いる。そのため、広い周波数引き込み範囲とともに速やかな周波数応答性と安定した周波数追従性を合わせ持たせられるという優れた効果を奏するものである。

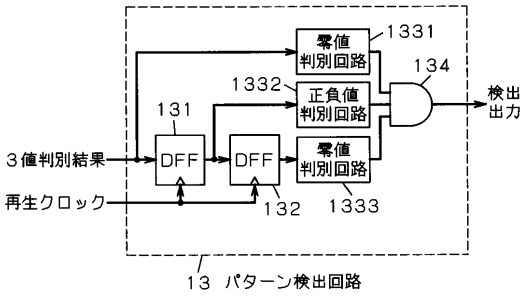
【図面の簡単な説明】

【図１】　本発明の実施の形態１による再生クロック抽出装置の構成を示すブロック図
【図２】　本発明の実施の形態１による再生クロック抽出装置のパターン検出回路の一構成例を示すブロック図
【図３】　本発明の実施の形態１による再生クロック抽出装置のパターン検出回路の他の構成例を示すブロック図
【図４】　本発明の実施の形態１による再生クロック抽出装置のタイミングチャート
【図５】　本発明の実施の形態１による再生クロック抽出装置の誤差遷移抽出手段の特性図
【図６】　本発明の実施の形態１による再生クロック抽出装置の誤差遷移抽出手段の特性図
【図７】　本発明の実施の形態１による再生クロック抽出装置のパターン検出回路の他の構成でのタイミングチャート
【図８】　本発明の実施の形態２による再生クロック抽出装置の構成を示すブロック図
【図９】　本発明の実施の形態２による再生クロック抽出装置の再生データ獲得検知手段の原理を示す模式図
【図１０】　本発明の実施の形態２による再生クロック抽出装置の特性図
【図１１】　従来の再生クロック抽出装置の構成を示すブロック図
【図１２】　従来の再生クロック抽出装置の誤差演算回路のタイミングチャート
【図１３】　従来の再生クロック抽出装置の誤差演算回路のタイミングチャート
【図１４】　従来の再生クロック抽出装置の誤差累積回路の一構成例を示すブロック図
【図１５】　従来の再生クロック抽出装置の周波数引き込みの特性図
【符号の説明】
１１　Ａ／Ｄ変換回路
１２　３値判別回路
１３　パターン検出回路
１４　誤差演算回路
１５　係数器
１６　誤差遷移抽出回路
１７　累積回路
１８　電圧制御発振回路
１９　分周回路
２０　切替回路
３０　係数器
５０　再生回路
５１　比較器

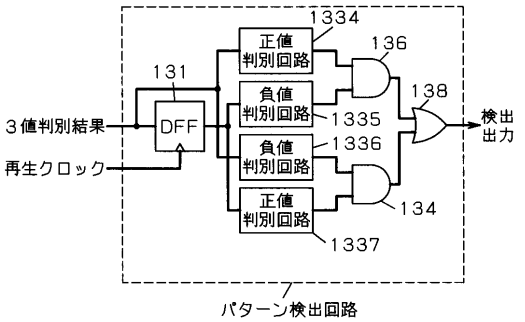
【図１】


再生データ
パターン検出回路
誤差演算回路
誤差遷移抽出回路
3値判別回路
正th
負th
レベルスライス回路
正sl
負sl
レジスタ
DFF
K1
K2
分周回路
電圧制御発振回路
累積回路
A/D変換回路
再生微分波形信号

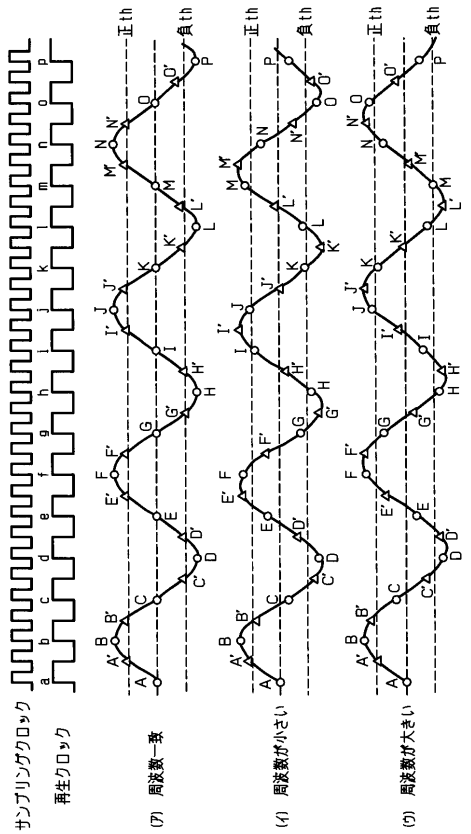
【図２】


零値判別回路
正負値判別回路
3値判別結果
再生クロック
DFF
検出出力
13 パターン検出回路

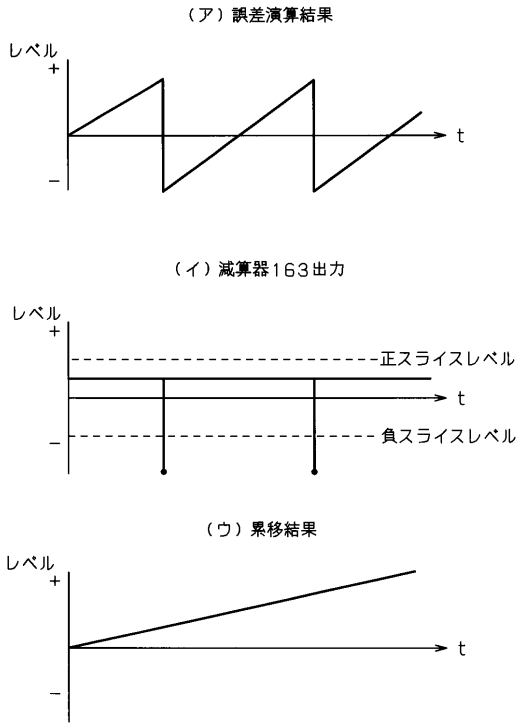
【図３】


正値判別回路
負値判別回路
3値判別結果
再生クロック
DFF
検出出力
パターン検出回路

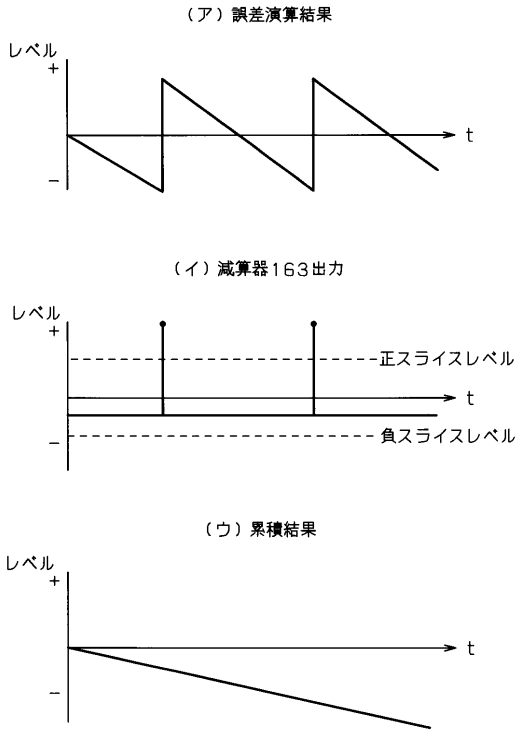
【図４】


サンプリングクロック
再生クロック
正th
負th
(ア) 周波数一致
(イ) 周波数が小さい
(ウ) 周波数が大きい

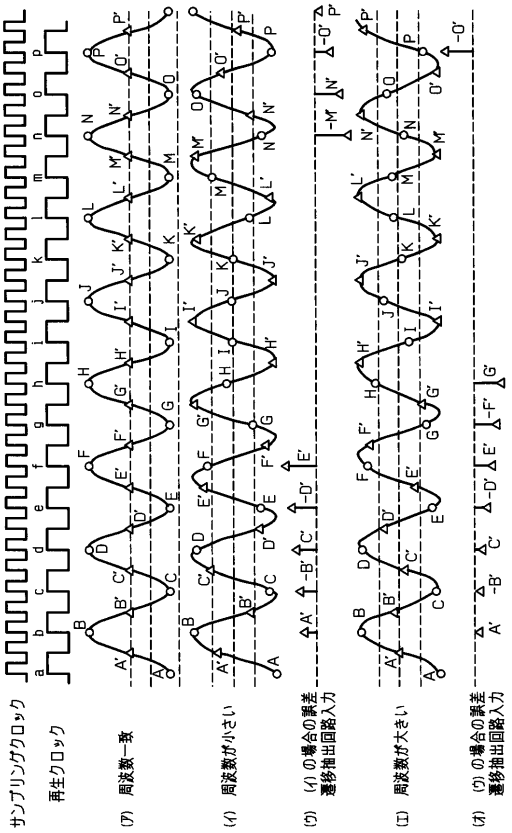
【図５】


(ア) 誤差演算結果
レベル
(イ) 減算器163出力
正スライスレベル
負スライスレベル
(ウ) 累移結果
t

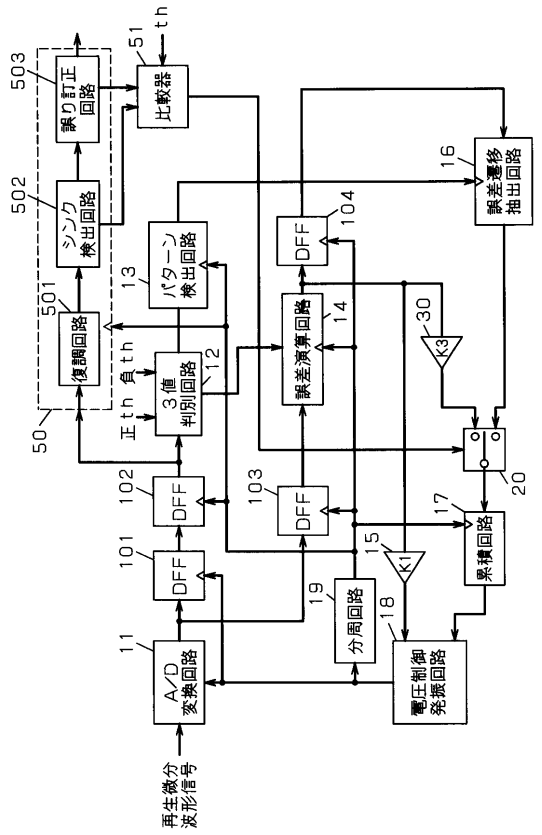
【図６】



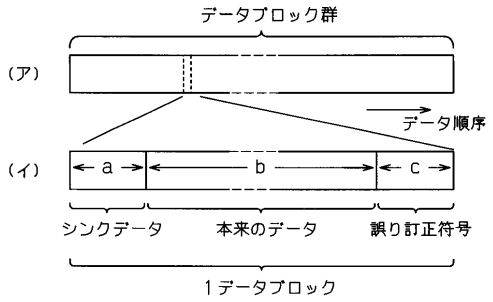

【図７】



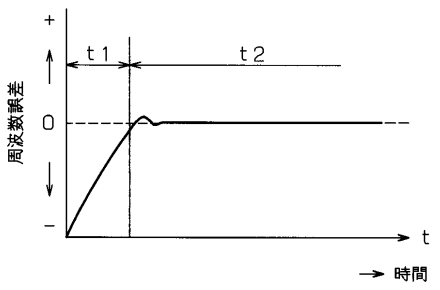

【図８】



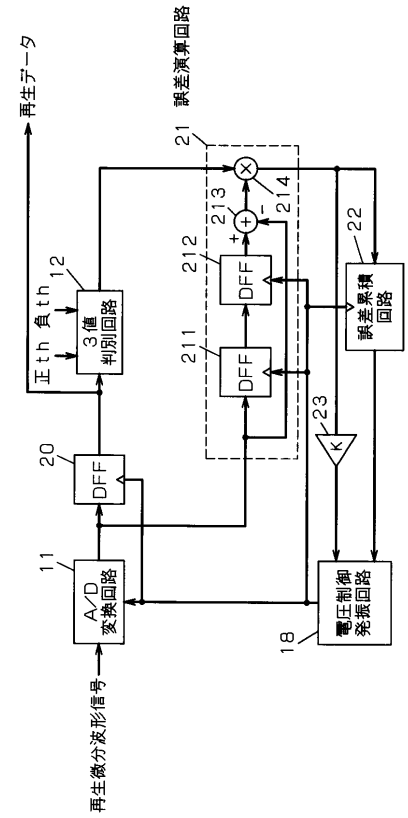

【図９】



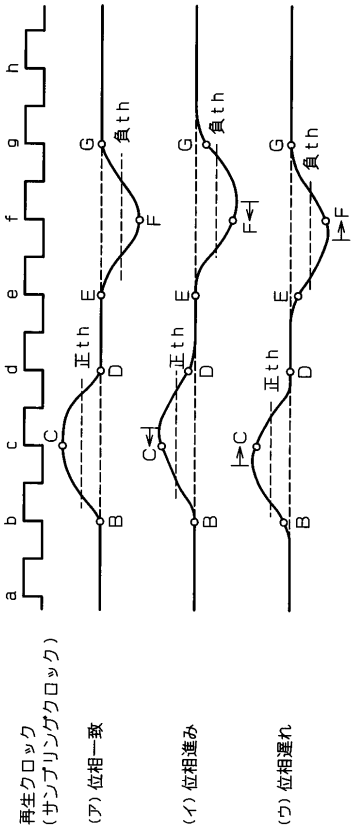

【図１０】



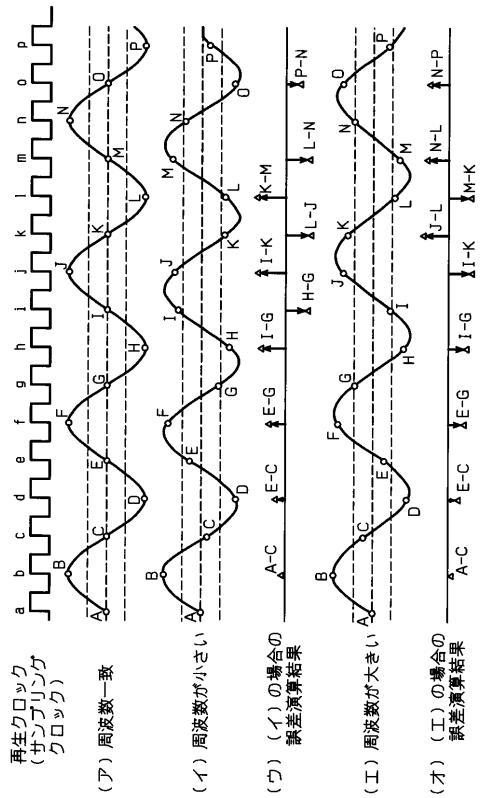
【図１１】



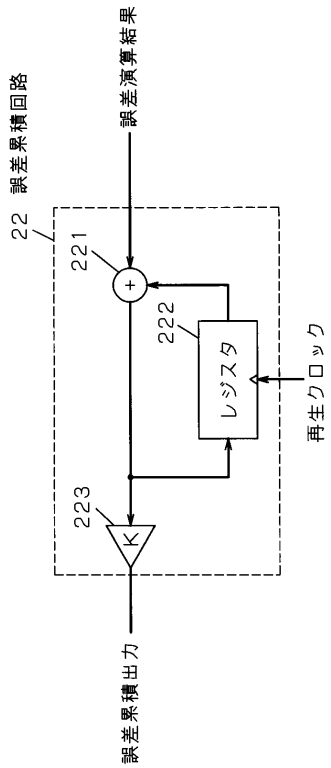

【図１２】



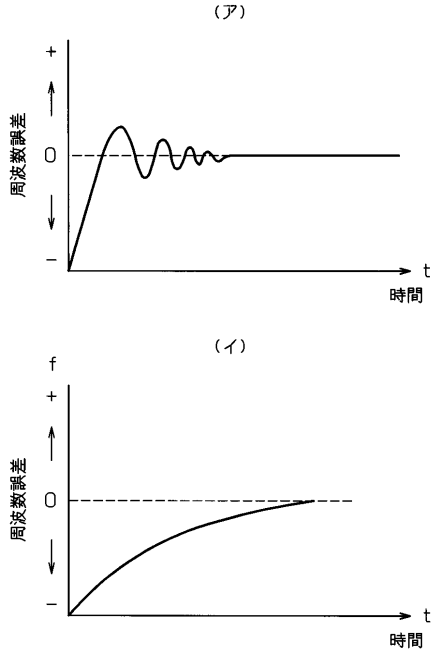

【図１３】




【図１４】



【図１５】



フロントページの続き

(72)発明者　橋本　清一
大阪府門真市大字門真１００６番地　松下電器産業株式会社内

審査官　山崎　達也

(56)参考文献　特開平１０－３２０９３２（ＪＰ，Ａ）
特開平１０－０６９７３３（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－２８８８４１（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－１０６７２８（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－２３６６２８（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－１６２６８０（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－１２４５４５（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
G11B 20/14