

デジタルジッタメータ TA220

TA220 Digital Jitter Meter

小宮山 潤 一^{*1} 渡邊 航^{*1}
KOMIYAMA Jun-ichi WATANABE Wataru

駒牧 盛年^{*1} 加藤 之大^{*1}
KOMAMAKI Moritoshi KATO Yukio

次世代高密度光ディスクであるブルーレイディスク(Blu-ray Disk 以下 BD)の生産ライン用ジッタメータ TA220を開発した。本機はフロントエンド回路部分にBD規格準拠のイコライザ回路、オートスライサ回路、クロック再生のPLL回路を搭載し、RF信号のみしか用意できない現場にてもBD規格に準拠した方法でDATA-CLOCKジッタを測定し、BD用光ピックアップの調整工程などで使用することができる。また、従来のTAシリーズではファームウェアで行っていたジッタ計算(標準偏差計算)の一部をハードウェアで行う機能を新たに組み込み、測定結果の更新時間を従来のTAシリーズの1/10以下にすることができた。

We have developed the TA220 digital jitter meter designed for production line for the Blu-ray disk (hereinafter BD) which is a next-generation high-density optical disc. The TA220 includes an equalizer circuit, auto slicer circuit and PLL circuit for clock reproduction in a front end circuit portion, each of which conforms to the BD standard, and enables the DATA-CLOCK jitter to be measured by the method conforming to the BD standard even in the production line where only RF signal is available, thereby providing high usability in the adjustment process of the optical pickup for BD etc. Furthermore, due to a new built-in function that enables hardware to perform a part of jitter calculation (standard deviation calculation) used to be performed by firmware, the update time of measurements was reduced to at least one-tenth that of the conventional TA series.

1. はじめに

BDとは、ソニー、松下電器産業、フィリップスなど日韓欧のメーカー9社が策定した青色レーザーを採用した次世代光ディスク規格の名称で、記憶できる容量は1層で27GBと赤色レーザーを用いたDVDに比べ約6倍のスペックを持ち、2時間以上のデジタルハイビジョン放送を記録できる容量を持つディスクである。また記憶メディアとしてのBDは、デジタルハイビジョン放送の転送レートが24Mbpsなのに対し、それを上回る36Mbpsで記録するため、コンピュータのバックアップメディアとしても今後利用が期待されている。民生品として、ソニー、松下、LGから既にBDレコーダーとして発売されている(2004年9月末現在)が、量産ラインの本格的な立ち上げはこれからで、それと同期して、現場からはライン用の小型で低価格なBD規格に準拠したジッタメータ

が要求されている。今回開発したジッタメータTA220(図1)は、このような現場からの要求に応える目的で開発された製品である。



図1 TA220 外観

*1 通信測定器事業本部 第1開発本部 プラットフォーム技術部

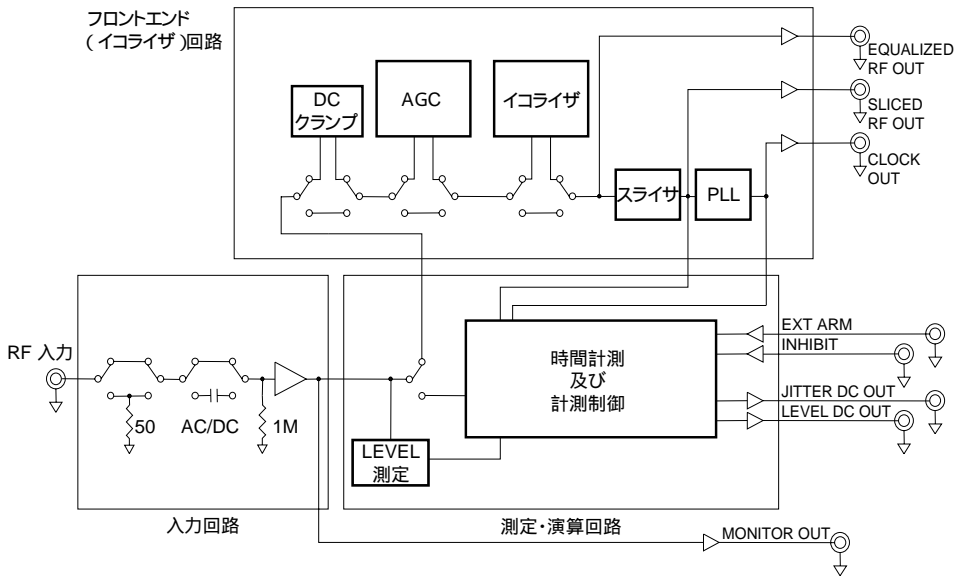


図2 TA220 ブロック図

2. 構成

図2に、本器の回路ブロック図を示す。測定入力端子 (RF 入力) に入力された RF 信号は、入力回路を通過後、測定 / 演算回路に入力される。フロントエンド回路が選択されている場合は、入力回路を通過した RF 信号はフロントエンド回路に入力され、DC クランプ回路 (DC クランプ) / AGC アンプ (AGC) / 可変ブーストイコライザ回路 (イコライザ) を経て、オートスライサ回路 (スライサ) で2値信号に変換される。2値化されたデータ信号はPLL回路 (PLL) に入力され、クロック信号が再生される。データ信号とクロック信号は測定 / 演算回路に入力され、DATA-CLOCKなどの時間 (位相差) 測定とジッタ値演算が行われる。

通信機能としては、GP-IBに加え、より高速な通信制御の市場要求から Ethernet を標準搭載する。

3. フロントエンド回路

フロントエンド回路は、「DCクランプ」「AGC」「イコライザ」「スライサ」「PLL」により構成されているが、ここではジッタを測定する際、測定値に特に大きな影響を及ぼす「イコライザ」と「PLL」について述べる。

3.1 イコライザ回路

一般に光ディスク上の信号をピックアップで抽出した場合、光学系の帯域制限を受けて高周波域の信号振幅が低下する。BDでは、特に $2T$ (T は再生クロック周期) と呼ばれる最小パルス幅のレベルが小さいために、 $2T$ の振幅レベルを持ち上げ (ブースト) て2値化を容易にする必要がある。このレベルを持ち上げる回路が、イコライザ

回路と呼ばれるものである。また、ピックアップから得られたRF信号にはRF信号以上の高周波ノイズが含まれ、このノイズ成分を除去する低域通過フィルタも、イコライザ回路に含まれる。BD規格のイコライザ回路は、高次のFIRフィルタで構成されるイコライザ特性と3次ベッセルLPF (3 dB減衰点 30 MHz) をカスケード接続した特性を持ち、100 kHzの時のゲインと16.5 MHzの時のゲインの差分 (ブースト量) を

5.8 dB、群遅延変動を3 MHz ~ 22 MHzの周波数範囲で2 nsp-p以内として規定している。

本来FIRフィルタはアナログ入力信号をサンプリングし、量子化信号に変換した後に処理を行うデジタルフィルタで構成されるが、TA220では装置の小型化を図るためにディスクリートのディレイラインを組み合わせたアナログ回路で実現している。

また、BD規格ではブースト量を5.8 dBのみで規定しているが、TA220では3.0 dB ~ 9.0 dBまで0.1 dBステップで可変できる機能を持たせた。これは、例えば製造現場で光ピックアップの最適調整を行う場合、評価用ディスク等のばらつきにより、ボトム値 (ピク) の調整により読み出す信号のジッタの値が最小となる値が5.8 dBのブースト値とはずれた点に存在する場合に対処するためのものである。TA220では、3.0 ~ 9.0 dBの全ブースト範囲においても、群遅延変動を2 nsp-p以内に抑え込んでいる (図3)。

3.2 PLL回路

BDに限らず、光ディスクは再生クロック信号がディスクに記録されているのではなく、RF信号を再生する過程でそのRF信号の情報を元にPLL回路にて再生クロックを作り出す。故に、再生クロックのRF信号への追従特性が速ければDATA-CLOCKジッタ測定時の値が小さくなり、遅ければ値は大きくなる。このため、PLL回路の応答特性も、BD規格にて固有振動数8 kHz、ダンピングファクタ2と規定されている。

図4に、PLLの開ループ周波数特性の理想値とTA220のPLL特性の実測値を示す。

製造現場でPLLを使用する場合、信号が無い状態から

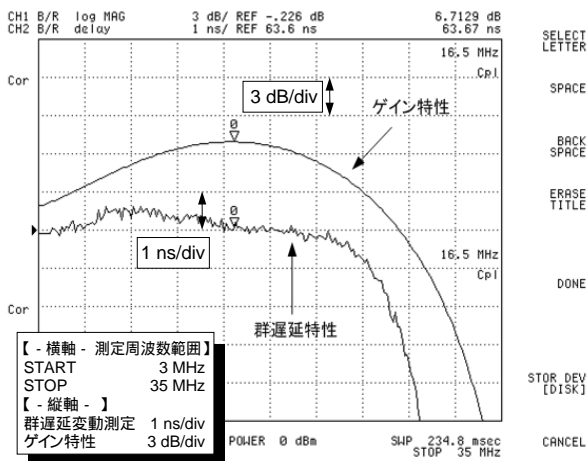


図3 イコライザ回路の群遅延特性

有る状態に遷移した時、またはディスクの欠陥などで正常な信号がPLLに供給されずロックが一瞬外れてしまった場合には、素早くロック状態に復帰することが要求されている。そこで、TA220では、通常のBD規格のPLL回路の他に、高速引き込み用に固有振動が通常の10倍の80 kHzのPLL回路を搭載している。PLL回路が正常にロックしているか否かの判断はVCOの電圧を監視し、正常にロックがかかっている状態ではBD規格の固有振動数8 kHzの回路でPLLを動作させ、VCOの電圧が正常ロックの時の値から外れてロック状態でないと判断された場合には、80 kHzの固有振動数のPLL回路に内部で切り替えを行う。

4. 測定機能

4.1 ジッタ測定機能

TA220は主に2種類のジッタ測定ファンクションを備えている。入力信号(RF信号)を2値化したデータ信号とそのデータ信号からPLL回路で再生されたクロック信号の位相差を測定するDATA-CLOCK(DtoCジッタ)測定と、入力信号のパルス幅を測定するパルス幅ジッタ測定である。通常測定時はTA220が自動的に内部で測定開始のタイミングを決定しているが、ユーザが外部から信号を入力することにより、任意のタイミングで測定を開始できる外部アーミング機能、同タイミング信号入力から

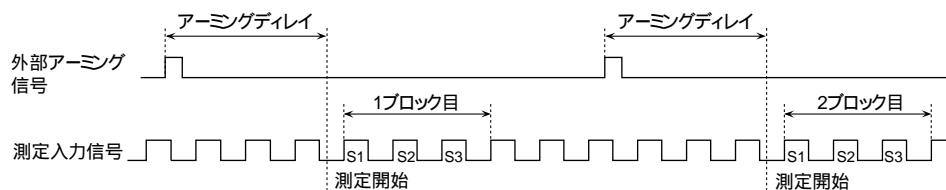


図5 ブロックサンプリング機能

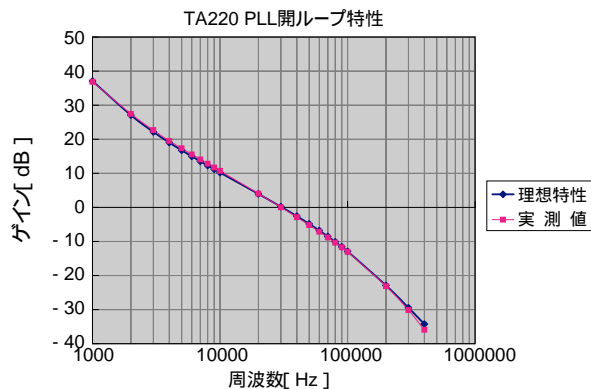


図4 TA220 PLL 開ループ特性

測定開始までの遅延時間を設定するアーミングディレイ機能、任意の時間間隔の測定を禁止するインヒビット機能なども備えている。また今回、TAシリーズのジッタメータとしては初めて、ブロックサンプリング機能を搭載した。これは、設定ゲート時間(取り込む入力信号の時間幅)を1ブロックとし、外部アーミング信号入力後から(アーミングディレイが設定されている場合は、その設定時間の経過後から)複数ブロック分のデータをまとめて演算、表示する機能であり、例えばディスクに記録された信号を読み取る際に、未記録部分をスキップして、記録されている部分のみの信号を取り込んでジッタを測定したい場合などに有効な機能である(図5)。

4.2 測定更新レートの高速化

従来のTAシリーズでは、取り込んだ時間データ(タイムインターバル)を一旦メモリに全て格納するまでをハードウェアで行い、格納が済んだ段階でそれらデータの読み出し、揺らぎである標準偏差(ジッタ)の計算をファームウェア(CPU)で行っていた。この方法だと、一旦総てのデータを取り込んだ後でないと計算を始めることができない。また、取り込んだ時間データが多い場合、CPUが広いメモリ空間をアクセスしなければならないため読み出し完了までに時間がかかり、結果として更新レートが長くなっていた。製造現場のピックアップ調整工程などでは、調整に対してジッタがどの様に変移するかを早く知りたい場合には不都合な状況である。そこで今回

TA220では、従来ファームウェアで行っていたメモリからの時間データの読み出し、及び標準偏差計算の一部をハードウェアで行う回路を新たに作成した。図6に、それを示す。図中の番号に従い、機能

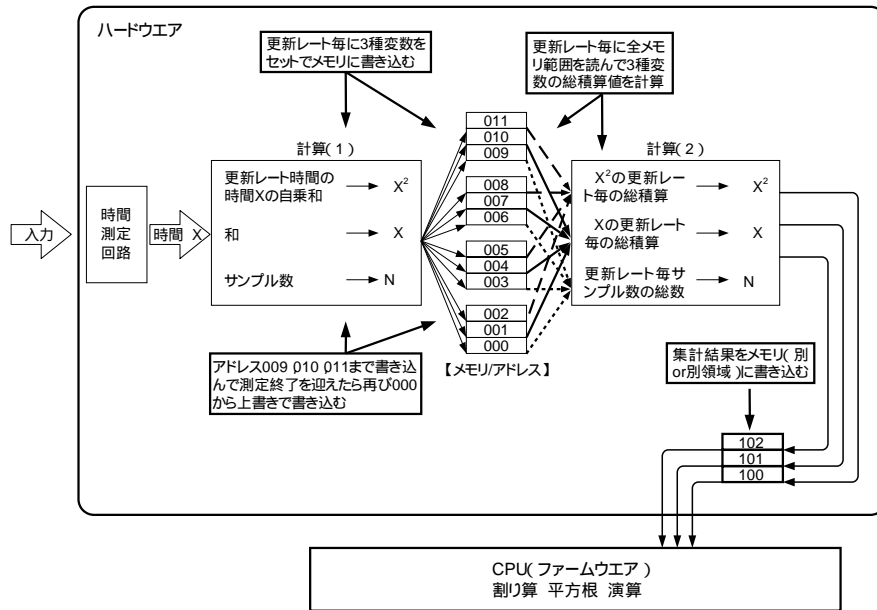


図6 時間計測原理

を解説する。

入力された信号の時間(タイムインターバル)Xを計測する回路

計測された時間X, 更新レート時間内に取り込んだ時間Xの個数Nから, 1)自乗和 X², 2)和 X, 3)積算数N, の3種数値を計算・出力し, 結果をメモリに書き込む回路

データを書き込む(保存する)ためのメモリ

更新レート毎に により書き込まれたデータをメモリ空間全てから読み込み, 1)自乗和の積算値 X², 2)和の積算値 X, 3)積算数の積算値 N, の3種数値を計算・出力し, 結果をメモリに書き込む回路

により出力されたデータを保存するメモリ(のメモリと空間を分けて共有)

に格納されたデータから更新レート毎にCPUで計算する。ハードウェアは のメモリにデータを書き込むまでの作業を担当する。この作業を更新レート2 ms毎で繰り返すことにより, 従来は例えばゲート時間が30 msに設定された場合の更新レートは最小でも50 msかかっていたが, TA220ではゲート時間に関係なく更新レート最速2 msを実現している。

5. 表示機能

TA220では, 多機能化による表示項目の多様化を踏まえ, 補助表示装置としてドットマトリックスLEDを採用した。ドットマトリックスLEDは, 英数字や記号等7セグメントLEDでは表現し難い複雑な情報を, 視認性を損なうことなく表示できるため, 主に測定項目や設定項目の名称, および多岐に亘る設定項目を備えたユーティリ

ティメニューのナビゲーション等に用いられる。

また, 「測定値を確認しながら測定条件を調節する際(イコライザのブースト量など), 測定値と設定値の両方を数値で確認したい」という製造現場からの要望を踏まえ, 測定値をアナログメータと7セグメントLEDで, 設定値をドットマトリックスLEDで表示するモードを用意した。更に, 表現力の高いドットマトリックスLEDを活用することで, 今後の市場動向に応じた機能の追加要求に対しても, 追加機能の実装に伴うパネルの変更やキー, LEDの追加を最小限に抑えることができる。

その他, 製造現場から要求の多かった各測定項目の表示の要否を, ユーザ別にカスタマイズする測定値表示選択機能や, 7セグメントおよびドットマトリックスLEDを全消灯させるディスプレイ・オフ機能, パネルからのキー操作を全て無効とするキーロック機能を搭載し, 製造現場での誤認識, 誤操作の発生し難いインタフェースを実現している。

6. おわりに

以上, デジタルジッタメータTA220の構成と主な特長の概要を紹介した。BDは, 未だ各社とも試作ラインの段階であるが, 本器が次世代高密度光ディスクの製造現場の測定器として, 今後広く活用されることを期待している。

参考文献

(1) Blu-ray Disc 規格書 Part1 Ver1.0

* Ethernet は, 富士ゼロックス社の登録商標です。