

DVD に搭載する MPEG2 ビデオデコーダ LSI TC81201F

TC81201F MPEG2 Video Decoder LSI Featuring DVD Functions

栗原 弘一
K. Kurihara

1994年に国際規格となった画像音声符号化規格 MPEG2 (Moving Picture Experts Group 2) は、すでに欧米のデジタル放送規格に採用されるなど広範囲の利用が見込まれる。一方、規格が統一されることになった DVD では、映画会社などの要求仕様である高画質と記録時間を実現するために MPEG2 ビデオ符号化を用いている。今回開発した TC81201F は、DVD 規格に対応する MPEG2 ビデオデコーダ LSI であり、メモリ容量 16 Mビットで DVD 機能の一部であるオーディオビデオ分離機能やレターボックスフィルタを内蔵した。さらに、表示システムへの対応を考慮して各種パンスキャンフィルタを内蔵し、DVD 用途に適化したコストパフォーマンスのよい LSI である。

Moving Picture Experts Group 2 (MPEG2), which became an internationally standardized moving picture coding method in 1994, has been adopted for digital broadcasting in Europe and America and is expected to be used worldwide. The MPEG2 standard has also been adopted for image coding in the DVD system, because it meets the requirements of contents providers such as movie companies by allowing high picture quality and sufficient recording time to be attained.

We have developed a one-chip decoder LSI called the TC81201F, which incorporates an MPEG2 video decoder, an audio and video separator, and a letterbox filter with a single 16 Mbit memory. It also includes various pan/scan filters for many display applications. The TC81201F achieves optimum cost-effectiveness, especially for application to DVD.

1 まえがき

MPEG2 は高画質の画像圧縮ができるため各種用途で利用され始めており、MPEG2 ビデオデコーダ LSI はマルチメディアのキーデバイスとなっている。当社は、規格化の動きに合わせて MPEG2 ビデオデコーダ LSI の開発を進めてきたが⁽¹⁾、今回は DVD 規格に対応する MPEG2 ビデオデコーダ LSI TC81201F を開発した。この LSI は 1996 年秋に発売する DVD プレーヤに搭載する予定である。

図 1 は LSI TC81201F の構成である。この LSI は、16 Mビット SDRAM (シンクロナス DRAM) を外付けすることで、従来の MPEG2 ビデオデコード処理に加えてストリーム分離、レターボックス処理などの付加機能を実現した。また、DVD 規格に対応するほか、各種用途を考慮した豊富なパンスキャンフィルタを内蔵しており、デジタル放送受信機などの実現にも最適である。

この LSI の MPEG2 デコーダ部はすでに紹介されているが⁽²⁾、ここでは DVD 機能を実現するビデオインタフェース部、レターボックスフィルタ部、パンスキャンフィルタ部について説明する。

2 ビデオインタフェース部

DVD では仕様を満たす画質と記録時間を得るために、画

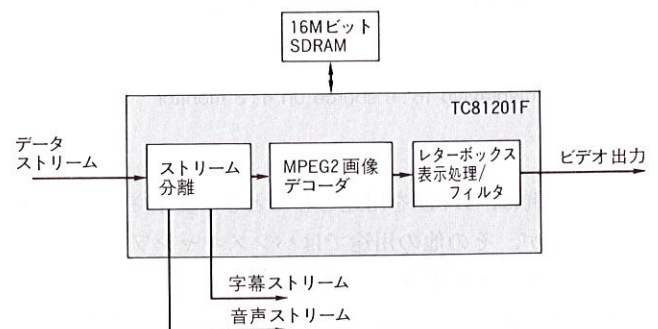


図 1. DVD ビデオ信号処理部の構成 従来の MPEG2 デコード処理に加えてストリーム分離、レターボックス処理などの機能を付加した。DVD video signal processing

像は MPEG2、音声は AC3 でデータ圧縮し、MPEG2 Program Stream フォーマットで信号を多重化してディスク上に記録している。

ディスクを再生すると再生デジタルデータはエラー訂正などされる。このあと LSI に入力されストリーム分離部で画像、音声、字幕ストリームに分離され、画像ストリームをデコーディングする。画像信号はデコーディングされた後表示されるが、原画が映画のように 16:9 のアスペクト比をもつ画像の場合、ワイドテレビに表示したときに真円率が正しくなるようにスクイーズして記録されている場

合がある。このような画像を通常の4:3テレビに表示するには二つ方法があるが、DVDではどちらも必須(す)の機能としており、このLSIは両方をサポートする。

図2にこれらの動作を示す。一方は、MPEG2符号化データ内に多重されている画像切出し情報によりデコード画像を切り出して拡大する方法で、これをパンスキャンと呼ぶ。切り出したパンスキャン画像は内蔵している水平4/3倍のパンスキャンフィルタで拡大して表示する。もう一方は、垂直方向に3/4倍縮小して表示する方法でレターボックス表示と呼ぶ。レターボックス表示では垂直方向に時間を縮小するため、通常はフィールドメモリを使用する。

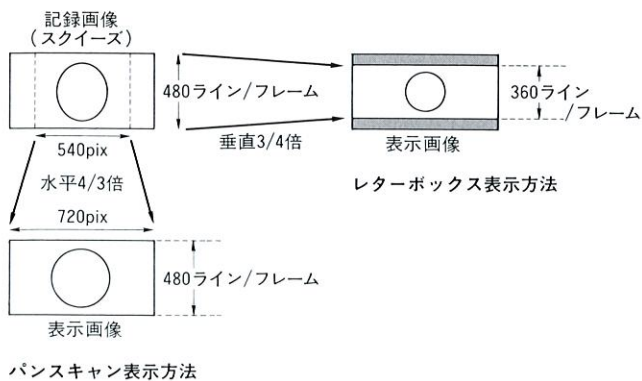


図2. 16:9原画像を4:3テレビに表示する方法 パンスキャン表示, レターボックス表示がある。レターボックス表示は通常フィールドメモリを使う。

Method of displaying 16:9 source on 4:3 monitor

上述の例は、DVDを用途としたときに要求される表示機能であるが、その他の用途ではパンスキャンフィルタに関して別のもも要求されている。

例えば、DVB (Digital Video Broadcasting) では画素数を減らした低解像度画像を用いる場合があり、デコーディング後にそれらを伸張するためのフィルタを要求している。また、動的なパンスキャンの切出しをスムーズにするため、水平パンスキャン精度は1/16画素精度を要求している。また、ビデオCD (Compact Disc) で用いるMPEG1画像の場合、SIF (Source Input Format) 画像を縦横2倍に拡大する必要がある。これら各種の用途に対応するために表1に示すパンスキャンフィルタ機能を内蔵した。

表1. TC81201F内蔵パンスキャンフィルタ

TC81201F pan/scan filter

水平フィルタ	1	2	4/3	3/2	16/9	8/3	8/9
垂直フィルタ	1		2		3/4 (レターボックス)		

・パンスキャン精度: 水平1/16画素精度, 垂直2ライン精度

このように、ビデオインタフェース機能においては、レターボックス表示ではメモリが増加するという問題があり、パンスキャンフィルタを増やすことは回路規模増大につながるが、3章以降に説明する方法によりこれらを解決した。

3 パンスキャンフィルタ構成

パンスキャン用フィルタは、対応フィルタを多くしたが、このLSIの前世代版であるTC81200Fに対して回路規模を約3/4に削減した。

フィルタ部は、垂直フィルタ処理の後に水平フィルタ処理を行う。視覚の解像度特性と回路規模との兼ね合いで垂直フィルタと色水平フィルタは直線近似補間としたが、輝度水平フィルタは画素補間時に発生する不要スペクトルを除去する特性をもたせた。

今回採用した水平フィルタは、3/2倍以外は16の約数であるので16倍アップサンプリングフィルタを用いる。3/2倍フィルタは、通常は3倍にアップサンプリングした後、1/2サブサンプリングすることで実現するが、今回はこれも16倍アップサンプリングフィルタで実現し、3倍アップサンプリングフィルタを削除した。

図3は水平フィルタの構成であるが、4倍フィルタを連続して16倍フィルタを構成している。これは、CDなどで用いられているオーバサンプリングフィルタの原理を利用したもので、総合的な規模削減のために2段目の4倍フィルタを低次で構成できるようにした。

なお、色信号については入力される帯域が輝度信号の1/2であるため、32倍フィルタとなる。

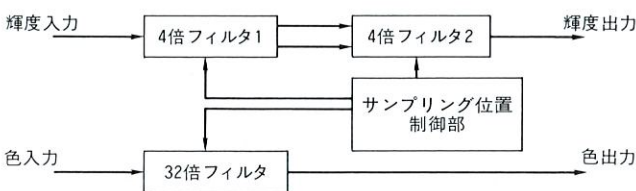


図3. 水平フィルタの構成 4倍フィルタをカスケード接続することにより後段4倍フィルタの次数を低減し、回路規模を削減した。 Configuration of filter

図4は各信号の帯域図である。入力される復号画像信号は13.5MHzでサンプリングされているが、この信号に対して4倍アップサンプリングすると原信号の折返しスペクトルは4fs (fs=13.5MHz) 中心に発生する。このとき補間によるスペクトルはfs, 2fs, 3fsに発生するため、これらを除去する必要がある。

また、サブサンプルのときに原信号の有効帯域内へ折り

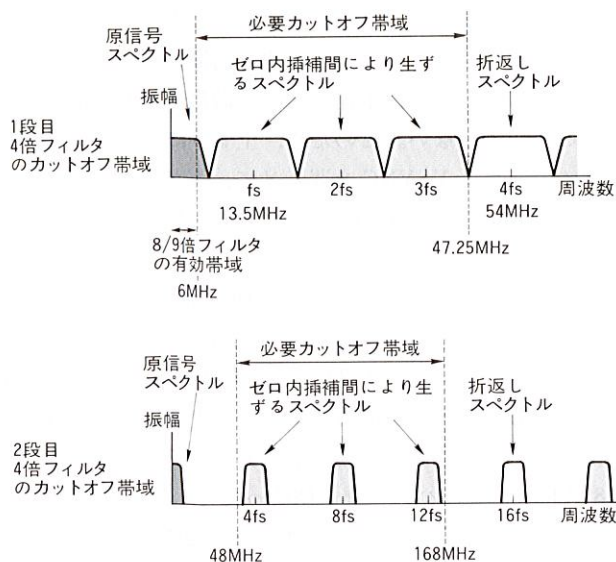


図4. フィルタの必要カットオフ帯域 後段フィルタは補間で発生するスペクトルだけをカットオフする。
Cutoff specifications of filter

返す成分も除去する。

このように1段階目4倍フィルタで有効帯域へ折り返す成分は除去しているため、2段階目の4倍フィルタは補間によるスペクトルだけを除去すればよい。1段階目4倍フィルタ出力に対して4倍アップサンプリングすると原信号の折返しスペクトルは16fs中心に発生し、補間によるスペクトルは4fs, 8fs, 12fsに発生する。ここでは、これらの補間スペクトルだけを除去すればよく、原信号を劣化させない緩やかな低次のフィルタで構成できるようになった。

3/2倍フィルタについては、上述の16倍アップサンプリングされた信号に対してサブサンプリングする間隔を11画素、10画素と可変サブサンプリングすることで得られる。3/2倍フィルタの実現方法を図5に示す。図中、入力画素を○、16倍アップサンプリングした画素を●で示す。可変サブサンプルは、理論上の3/2倍フィルタの出力サンプル位置△に対して±1/48画素の誤差が生ずる。しかし、三つおきのサンプル点は等しく、全サンプル数は一致する。

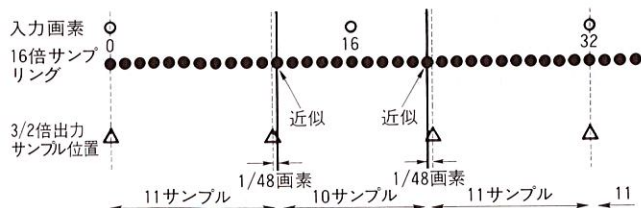


図5. 3/2倍フィルタの動作 可変サブサンプルすることで3/2倍フィルタを16倍アップサンプリングフィルタで実現する。
Processing of 3/2 times filter

これらの誤差については画質的に問題がないことを画像シミュレーションで十分に確認し、3倍アップサンプリングフィルタを削除した。

4 レターボックスフィルタ処理動作

今回は、ストリーム分離部におけるディスク情報を一時記憶するためのメモリと、レターボックスのためのフィールドメモリを取り込むことで16Mビットメモリ容量に抑えることがこのLSI開発におけるポイントであった。

MPEG2デコードでは、入力される符号化データを保持するレートバッファ、予測画像を復号するためのピクチャを保持する参照画像用フレームバッファ、Bピクチャをインターレース出力するための表示用バッファが必要になる⁽³⁾。

I, Pピクチャは、Bピクチャをデコーディングするために参照画像用フレームバッファに保持されている。このため、表示するときに読み出し速度を速めることによりレターボックス画像が容易に得られる。しかし、表示用バッファに保持されるBピクチャはメモリ削減のために使い回している⁽²⁾読み出し速度を速めるのは容易でない。

以下、図6, 7を用いて表示用バッファの動作を示しながらレターボックス処理について説明する。

図中の記号は文献(2)と同一のものを用いる。すなわち、第一フレームトップフィールドの上半分(T1上)、トップフィールドの下半分(T1下)、ボトムフィールドの上半分(B1上)、ボトムフィールドの下半分(B1下)のように示す。

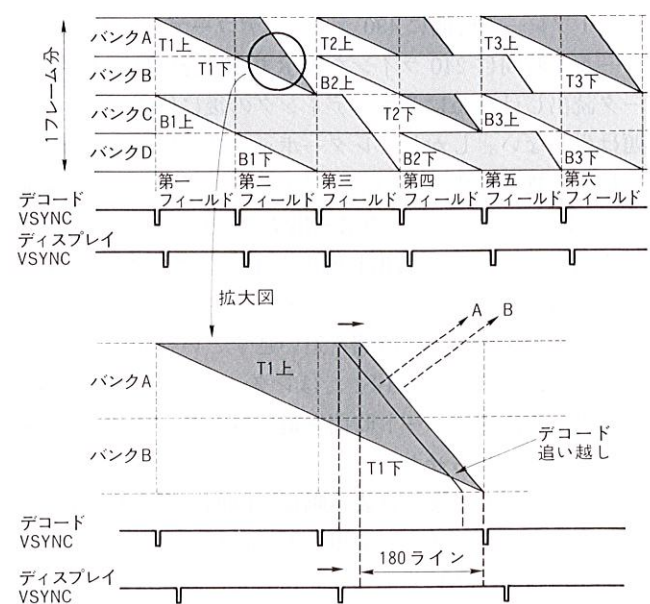


図6. NTSCレターボックスモード時の表示用バッファの使い回しメモリの読み出しを遅らせ、ディスプレイ用VSYNCを動かすことによりデコードを追い越さずに実現できる。

Memory use method in NTSC letterbox mode

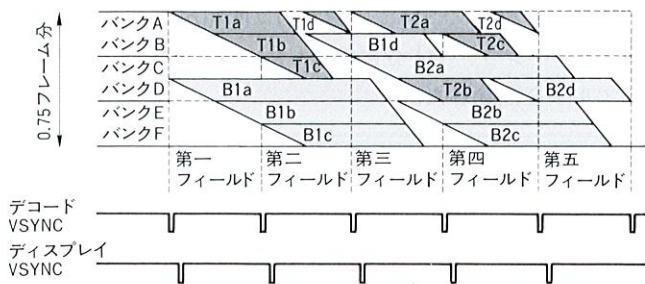


図7. PAL レターボックスモード時の表示用バッファの使い回し。デコードが早まると画像が表示される前に書きつぶしてしまうためデコード停止判定をしている。

Memory use method in PAL letterbox mode

Y軸はメモリアドレスであり、網かけ部分の左側の線がメモリへの書き込み動作、右側の線はメモリからの読み出し動作を表しており、網かけ部分がメモリへ保持されている時間を表す。

なお、各図はフレームピクチャをインタレースに変換するもので、トップとボトムフィールドは同時にデコードされた後にトップ、ボトムフィールドの順番で読み出すことによりインタレース表示を得る。

デコード VSYNC (同期信号) ごとにデコード開始されたデコード画像は、FIFO (First-In First-Out) を経由した程度ですぐにメモリに書き込まれるため、メモリ書き込み動作の線はデコード速度を表している。また、1フレームデコーディングするのに1フレーム時間かかる場合がデコード最大時間である。

NTSC (現行テレビ方式) における通常表示の場合、すなわち1フレーム時間に480ラインをデコーディングして1フィールド時間に240ラインを表示する場合には、表示用データ読み出しはつねにデコーディングの後に位置するので問題は生じない。しかし、レターボックスの場合は垂直方向に縮める処理をするために、フィールドで180ライン時間内に240ラインのデータを読み出すことが必要のため図6の拡大図のAのように読み出し速度を速めなければならない。

ところが、この場合トップフィールドの下側の画面について読み出しがデコード時間を追いつかないという問題が発生する。このために、このLSIではレターボックス時には表示用読み出し時間がデコード時間を追いつかないようにB位置まで読み出しを遅らせた。

しかし、このままでは表示画像が画面の下寄りに表示されてしまうので、デコード用のVSYNCとは独立にディスプレイ用のVSYNCをもつことにした。表示読み出しを遅らせた分だけディスプレイVSYNCをデコードVSYNCに対して遅らせた。これにより表示には問題なく読み出し時間を遅らせることができた。

また、セットによってはレターボックスの表示位置を中

心だけでなく上寄り、下寄りに表示する要求もある。通常これらの処理はメモリからの読み出し時間を動かすことによって対応しているが、上述のように読み出し時間を前後に動かすことができない。このため、上寄りに表示する場合にはディスプレイVSYNCを遅らせて、下寄りに表示する場合にはディスプレイVSYNCを進めてこれらの表示処理に対応する。

以上でNTSCにおけるメモリの使い回しについて説明したが、PAL(カラーテレビ方式の一つ)モードはさらに困難である。PAL方式では1フレーム当たりのデータ量が4.8Mビットであるため、表示用バッファは1フレーム分取れず0.75フレームで行っている。表示用バッファの使い回しは1/8フレーム分のバンクを6個使ってこれを実現させる⁽²⁾。

図7にPALモードでレターボックス処理をしたときのメモリ動作を示す。画面を1/4に分割し、上からa, b, c, dとする。メモリを使い回しているため、あき領域がNTSCより厳しくなる。PALではNTSCでの説明に加え、デコードが早まる場合にも問題が生ずる。例えば、第一フレームボトムの下領域が早くデコーディングされると第一フレームトップのb領域が表示される前に書きつぶされることになる。このため、ディスプレイ読み出しが終了したことを監視しながらデコーディングを停止させる処理を行っている。

これらの方法によりレターボックスフィルタを実現し、ディスク情報を格納する領域が確保できるようになった。

5 あとがき

DVD規格に対応したMPEG2デコーダLSIの特徴を述べた。このLSIは、従来メモリ容量を増加することなく追加DVD機能の一部を内蔵しシステムコストを低減した。また、各種用途を考慮した豊富なパスキャンフィルタを内蔵しており、デジタル放送受信機などの実現にも適している。

これから数年の間にMPEG2デコーダを搭載した製品が家庭内に急速に普及することが予想される。このLSIはそれらへの要求にこたえる製品になることが期待される。

文献

- (1) マルチメディアのキーデバイス MPEG2 デコーダ LSI TC81200F, Toshiba Electron Device News, No.42, pp.31-34 (1995)
- (2) 北垣和邦: MPEG2 デコーダ LSI TC81201F, 東芝レビュー, 51, 4, pp.71-74 (1996)
- (3) 大藤 健, 他: MPEG2 信号用 1 チップデコーダ LSI, 東芝レビュー, 50, 1, pp.43-46 (1995)



栗原 弘一 Kouichi Kurihara

東芝エー・ブイ・イー(株)第二事業部シニアエンジニア。画像信号処理の研究開発に従事。テレビジョン学会会員。Toshiba AVE Co., Ltd.