

# ビデオ CD システム用 MPEG1 システム ビデオ・オーディオデコーダ

MPEG1 System Video-Audio Decoder for Video CD System

片岡 一樹  
K. Kataoka

南 尚亮  
T. Minami

甲斐 直行  
N. Kai

マルチメディアを支えるメディアの一つにビデオ CD システムがある。ビデオ CD システムは、CD と同じ光ディスクに記録された MPEG1 (Moving Picture Experts Group 1) 圧縮された信号を読みとることによって、最長 74 分の NTSC または PAL (カラーテレビ方式) の動画や高精細静止画と音声を楽しむことができる。このシステムは、MPEG1 動画音声圧縮伸張技術と、それを実現する LSI 技術によって可能となった。

このような背景の下、ビデオ CD システムに向けた MPEG1 デコーダを開発した。ここでは、システムの中核ともいえるこの MPEG1 システムビデオ・オーディオデコーダについて紹介する。

The video CD system is one of the media supporting multimedia systems. It provides 74 minutes of NTSC/PAL video with high-resolution pictures and audio using an optical disc the same as a CD. This system is realized by Moving Picture Experts Group 1 (MPEG1) video and audio compression technology and efficient LSI technology.

This paper introduces the MPEG1 system video-audio decoder, which is the kernel of a video CD system. In implementing this decoder, we have developed an MPEG1 decoder LSI.

## 1 まえがき

CD が開発され光ディスクにおけるデジタル技術は目覚ましい発展をしてきた。高速、高密度の特長を生かし、Hi-Fi オーディオだけでなく、データ、画像、音声などを記録した CD-ROM、CD-G (CD-Graphics)、フォト CD などが生まれた。近年ではデジタル圧縮技術の一つである動画圧縮伸張技術 MPEG1 を用いることにより、CD と同じ 12 cm の光ディスクの中に最大 74 分の映像と音声を記録することを可能にした。これがビデオ CD である。

ここでは、マルチメディアの一つであるビデオ CD に注目し、そのシステムの中核ともいえる MPEG1 デコーダ LSI について紹介する。

## 2 ビデオ CD システムの概要

図 1 にビデオ CD のリファレンスシステムの構成を示す。光ディスクからデータを読み出し、デジタル信号に変えるのが CD 信号処理 LSI である。図 1 のシステムでは TC9296F デジタルサーボ用 DSP (Digital Signal Processor) を採用しており完全無調整化を図っている。

CD 部で取り出されたビットストリームは CD-ROM デコーダへ手渡される。ここではデータの並び替え、アドレスの検出、バッファ管理を行い CD ドライブ部との間の同期処理を行っている。

次に、この信号は MPEG1 デコーダ TC9099F へ移り、内

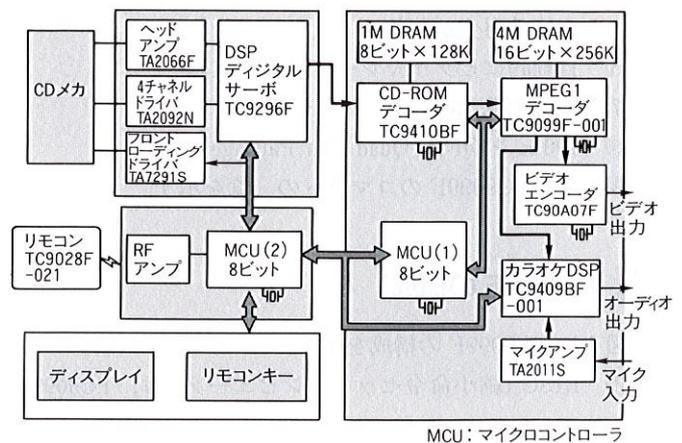


図 1. ビデオ CD システムの構成 MCU (1)で CD-ROM デコーダ、MPEG1 デコーダを一括管理、MCU (2)でシステム全体をコントロールしている。

Block diagram of video CD system

部のシステムデコーダによってビデオデコーダ部、オーディオデコーダ部それぞれに振り分けられる。それぞれでデコード処理された信号は、音と映像が同期して出力されるように時間軸をそろえて出力される。詳しい動作については次の項で述べることにする。

MPEG1 デコーダによってデコードされたビデオデータは、ビデオエンコーダ TC90A07F へと出力され、アナログのビデオ信号にエンコードされる。TC90A07F は NTSC、PAL の両方式に対応しており、10 ビット、3 チャンネルの DAC (Digital to Analog Converter) も内蔵している。

また、オーディオデータは、オーディオ DAC 部へと出力されアナログのオーディオ信号に変換される。図1の応用例では ASP (Audio Signal Processor) を採用しており、今日のビデオ CD システムに欠かすことのできないカラオケのさまざまなファンクションも同時に実現している。

### 3 TC9099F の概要

TC9099F は、ビデオ CD プレーヤへの搭載を目的とした MPEG1 システム ビデオ・オーディオ 1 チップデコーダであり、以下のような特長をもつ。

- (1) ビデオ CD ver2.0 の全機能をサポート
- (2) 4 M ビット DRAM 1 個で以下の解像度に対応
  - (a) 通常解像度 NTSC (352×240)/PAL (352×288)
  - (b) 高精細 NTSC (704×480)
  - (c) 高精細 PAL 静止画 (704×576) の中央部 480 ライン
- (3) さらに 1 M または 4 M ビット DRAM 1 個を追加すると、高精細 PAL を完全にデコード可能
- (4) 水平・垂直補間フィルタ内蔵
- (5) スロー、ポーズ、コマ送り、フリーズ、スキャンなどの特殊再生が可能
- (6) 自動的にピクチャレート変換を実施
- (7) 3 V 電源、5 V インタフェース
- (8) 100 ピン QFP (Quad Flat Package)

表 1 に、TC9099F のコマンドの一覧を示す。

### 4 TC9099F の構成

図 2 に TC9099F の構成を示す。

- (1) RISC (縮小命令セットコンピュータ) は、TC9099F

表 1. TC9099F コマンドの一覧

Table of TC9099F commands

SW_RESET	ソフトウェアリセット
SET_DISPLAY	表示装置の指定
SET_CLOCK	クロックモードの設定
SET_DRAM	外部 DRAM 構成の設定
SET_THRESHOLD	バッファのしきい値の設定
SET_STREAM_ID	ストリーム ID の設定
PLAY	動画再生、通常再生への復帰
STILL	静止画(スライドショー)の再生
SCAN	スキャン
STOP	再生停止
FREEZE	フリーズ再生
SLOW	スロー再生
SINGLE_STEP	コマ送り
PAUSE	ポーズ
BLANK	画面のブランク
MUTE	音声のミュート
AUDIO_THROUGH	CD-DA データの再生
SET_WINDOW	表示位置の指定
SET_BORDER_COLOR	ボーダカラーの指定
EXT_CMD	拡張プログラムの実行

全体を制御する 16 ビット簡易汎(はん)用 RISC プロセッサであり、9 ビット(512 ワード)のデータ空間と、13 ビット(8 K ワード)の命令空間をもつ。命令空間の下位半分は IROM (Instruction ROM) に置かれ、上位半分は外部 DRAM に置かれる。外部 DRAM にプログラムをロードして実行することで、TC9099F の機能拡張が可能である。さらに、DRAM はデータ空間にもマッピングされるので、TC9099F を各種専用ハードウェアをもった汎用プロセッサとして使うことも可能である。

- (2) RISC 以外には、以下のモジュールがある。

- (a) IROM RISC のプログラムメモリ
- (b) ホスト I/F (インタフェース) ホスト MCU とのインタフェース
- (c) システムデコーダ オーディオとビデオのデマルチプレクスと、A/V (Audio/Video) 同期のための処

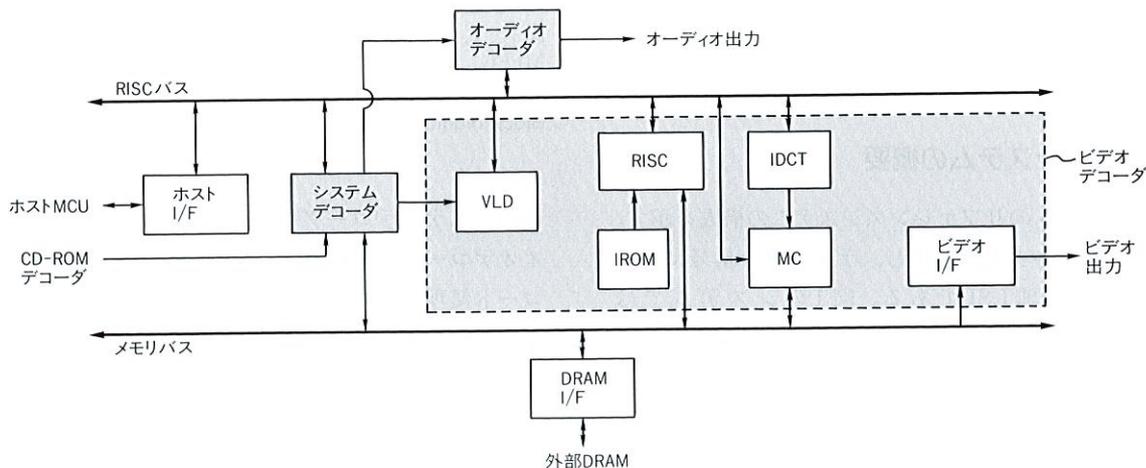


図 2. TC9099F の構成 TC9099F の内部構成を示す。システムデコーダ、ビデオデコーダ、オーディオデコーダから成り、ビデオデコーダ部の RISC が全体の制御を行う。

Configuration of TC9099F

理を実施

- (d) DRAM-I/F DRAM のコントローラ
- (e) オーディオデコーダ オーディオのデコードと表示
- (f) VLD (Variable Length code Decoder) 可変長符号の復号
- (g) IDCT (Inverse Discrete Cosine Transform) 逆量子化と逆 DCT
- (h) MC (Motion Compensation) 動き保証
- (i) ビデオ I/F 画像を水平・垂直補間して出力

## 5 MPEG1 システムパートの概要

ビデオ CD における A/V 同期の説明の前に、予備知識として MPEG1 のシステムパート (A/V 同期などに関する規約) について説明する。

### 5.1 MPEG1 ストリームの構成

ビデオとオーディオのフレーム<sup>(注1)</sup>の列 (図 3 (a)と(e)) をそれぞれ適当な間隔で切り、先頭にパケットヘッダを付けたデータをパケットという (図 3 (b)と(d))。パケットの境界とフレームの境界は一般には一致しない。パケットヘッダは、そのパケット中で始まる最初のフレームの再生時刻を示す情報 (タイムスタンプ) をもつ。

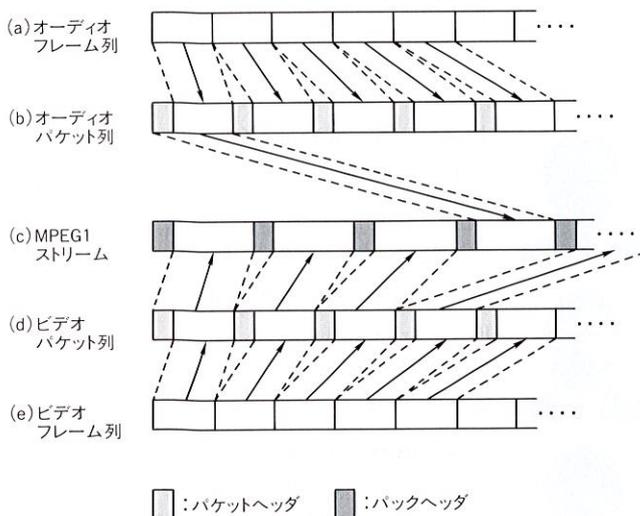


図 3. MPEG1 ストリームの構成 オーディオとビデオのストリームに時間情報を付加しマルチプレクスして、MPEG1 ストリームが作られる。

#### Structure of MPEG1 stream

(注 1) 同期処理の単位。ビデオのフレームは 1 枚の画面、オーディオのフレームは一定数のサンプルの集まり (ビデオ CD の場合は 1,152 サンプル) である。

オーディオの場合、フレームの先頭を表す“シンクワード”がフレームの途中にも現れ得る。これをシンクワードエミュレーションといい、同期処理に際して問題になる。

1 個以上のパケットを集めて、先頭にパケットヘッダを付けたデータをバックという (図 3 (c))。バックヘッダは、バックがデコーダに入る時刻を示す情報 (SCR) をもつ。

ビデオ CD の場合、1 バックに 1 パケットが入り、各バックは、CD-ROM の 1 セクタに一致する。

### 5.2 A/V 同期

ストリームに記録されるタイムスタンプと SCR の値の定義を、MPEG1 では図 4 に示す仮想的なデコーダ STD (System Target Decoder) を用いて行う。

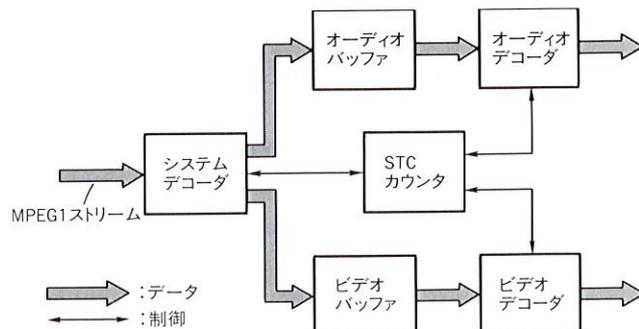


図 4. STD MPEG1 の規格で定める仮想的なデコーダ、STD を用いてタイムスタンプと SCR の値を定義する。

System target decoder (STD)

STC (System Time-Clock) カウンタは 90 kHz でカウントアップされるカウンタで、STD 全体の時計として働く。

(1) 各バックが、STC カウンタがそのバックの SCR に一致する時刻に STD に入る。

(2) オーディオとビデオの各フレームは、STC カウンタがそのフレームのタイムスタンプ (与えられていれば) に一致する時刻にデコードされる。

(1), (2) のように STD が動作した時にオーディオとビデオの同期がとれ、かつ、バッファがオーバフロー・アンダフローしないように、タイムスタンプと SCR の値は決められる。ただし、ビデオ CD の静止画 (スライドショー) の場合、ビデオのタイムスタンプの値はこの規格に合っていない。

なお、STD のモデル化では、デコードは瞬時に行われ、デコードされたデータは即座に表示される。実際にデコーダを構成する際は、デコードに掛かる時間とデコードと表示の間の遅延を補償しなければならない。

## 6 TC9099F における A/V 同期

MPEG1 システムデコーダの実現で、注意すべき点について述べる。

### 6.1 タイムスタンプとフレームの対応

タイムスタンプとフレームとの対応を誤ると A/V 同期が

とれなくなったり、バッファがオーバーフロー・アンダフローしたりする。これは、MPEG1 一般の問題である。

TC9099F では以下のように処理している。

タイムスタンプの対応誤りを防ぐために、オーディオとビデオを分離した後、パケットヘッダも含めて、すなわち、パケット列として外部 DRAM 中のバッファに蓄える。

それでもオーディオの場合はシンクワードエミュレーションのためにシステムデコーダだけのフレーム検出は困難である。以下のような動作で対応誤りを防ぐ。

- (1) システムデコーダでタイムスタンプを検出する。
- (2) その後、以下の二条件が成り立つまで待ち、オーディオデコーダが本物のシンクワードを検出したら、そのフレームに対して(1)で検出したタイムスタンプを対応させる。
  - (a) システムデコーダがシンクワードの候補を検出した。
  - (b) システムデコーダからオーディオデコーダへ一定量(両デコーダの間にたまるデータ量)のデータを送った。

なお、デコード開始時にフレーム同期(オーディオデコーダが本物のシンクワードを検出できるようになること)を確立してから、上述の A/V 同期処理を行っている。

以下のような方法も考えられるが、一度対応を誤ると復帰が難しい、などの問題があるので採用しなかった。

- (1) バッファにはフレーム列を入れる。
- (2) タイムスタンプは(必要なら補間を行い)別のキューに入れる。
- (3) オーディオ・ビデオデコーダはバッファからフレームを読むごとにキューからタイムスタンプを読んで対応させる。

## 6.2 静止画(スライドショー)再生時のバッファ管理

これはビデオ CD 特有の問題である。ビデオのタイムスタンプが STD モデルに従っていないために、バッファのオーバーフローが起り得る。

これを防ぐために、TC9099F ではビデオのデコードはタイムスタンプに従わずにデータが送られるそばから行う。

オーディオのデコードはタイムスタンプに従って行う。オーディオとビデオの同期は静止画の場合無意味と考え、とっていない。

(注2) Digital Storage Medium の略。ビデオ CD の場合、CD-ROM のことである。

## 6.3 タイムマスタ

MPEG1 システムでは、何を A/V 同期の基準(タイムマスタ)にするかは、システムの実装に任されている。

TC9099F では以下の二通りの選択肢があり、これにより、種々のシステム構成に柔軟に対応できる。

- (1) DSM<sup>(注2)</sup>マスタ ストリームに SCR が現れるたびにその値が STC に代入され、オーディオとビデオのデコーダは STC に従って動作する。
- (2) オーディオマスタ オーディオのフレームがデコードされるときに、そのフレームのタイムスタンプが STC に代入される。DSM とビデオデコーダは STC に従って動作する。

## 7 あとがき

ビデオ CD の中核である MPEG1 デコーダ TC9099F について、その特長を紹介した。

このようにマルチメディアを支えているのはデジタル圧縮技術と、それを実現する LSI 技術の進歩によるものである。製品をさらに普及させるためには、さらなる小型化、低コスト化が必要条件となってくる。今後さらに使いやすくするためには、さらなるハードウェアの複合化、そしてソフトウェアの融合が望まれるであろう。この点を重視し、次の開発を行っていこうと考える。しかし、ユーザ各位の意見がなににも勝るのは間違いない。きたんのない意見をお待ちしている。



片岡 一樹 Kazuki Kataoka

半導体システム技術センター 映像・音声システム LSI 技術部主務。  
オーディオビジュアル機器用 LSI の企画、応用技術に従事。  
Semiconductor System Engineering Center.



南 尚亮 Takaaki Minami

IC センター AVLSI 開発部。  
画像圧縮伸張 LSI の開発に従事。  
IC Center.



甲斐 直行 Naoyuki Kai, ph.D.

IC センター AVLSI 開発部主査、理博。  
グラフィックス処理 LSI、画像圧縮伸張 LSI の開発に従事。  
IC Center.