

# 第2章

## 機器開発を始める前に知っておきたい

# HDMIの基礎知識

柴田 修

本稿ではHDMI仕様の概要、TMDS物理層の仕組み、サポートしているビデオやオーディオのフォーマット、著作権保護方式などについて解説する。またHDMIでは2006年11月にVersion1.3aがリリースされた。HDMI 1.3において追加された、いくつかの機能について紹介する。(編集部)

### 1. HDMI仕様の概要

HDMIのシステム構成は大きく分けて、ソース(Source)機器、シンク(Sink)機器、ケーブルの三つのデバイスによって定義されます(図1)。

シンク機器の構成や状態などの情報はDDC(Display Data Channel)信号を使って認証されます。さらにHDMIはCEC(Consumer Electronics Control)ラインを装備しています。CECにより機器間の複雑な制御が行えます。

ビデオとオーディオおよび各種パケットのデータは、TMDS(Transition Minimized Differential Signaling)と呼ばれる方式で伝送されます。TMDSは米国Silicon Image社が開発しVESA(Video Electronics Standard Association)が標準化した映像用の伝送方式です。データを3チャンネルとクロックを1チャンネル備えています。TMDSクロックは、TMDSデコーダがデータを再生する際のリファレンス・クロックとして使用されます。

TMDSエンコーダは、データの8b/10b符号化(8ビット10ビット)を行うことでDC(直流)成分を最小化します。また、8b/10b符号化を用いることで、ビデオ・データ区間のデータ信号の1/0の遷移を少なくして、高周波成分を抑えます。逆にブランキング区間は1/0の遷移を多くすることで、シリアル・パターンや映像データの境界検出を容易にしています。

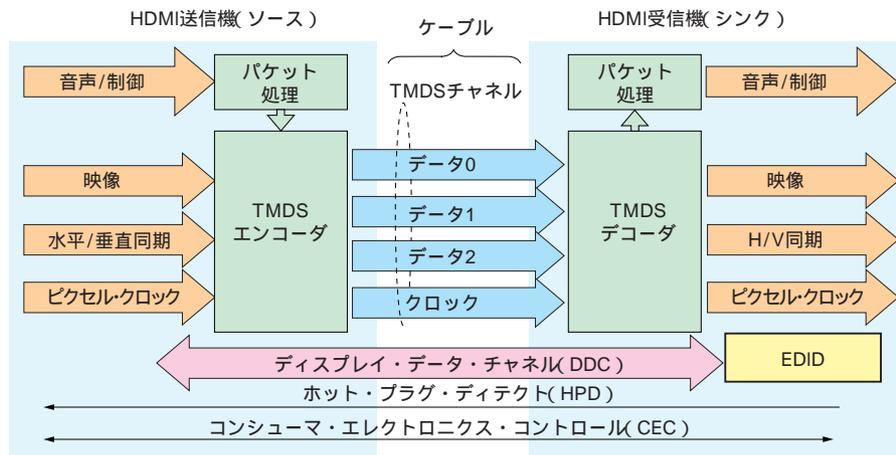


図1  
HDMI ブロック・ダイアグラム  
HDMIは高速なTMDSチャンネルと  
低速な制御チャンネルで構成される。

#### Keyword

HDMI 1.3a, ソース, シンク, TMDS, DDC, CEC, 8b/10b, RGB, YCbCr4 : 2 : 2, YCbCr4 : 4 : 4, IEC 60958, クロックPLL, リファレンス・イコライザ, E-EDID, ディープ・カラー・モード, TERC4

ビデオ・データの標準の色分解能はRGB各8ビット、合計24ビットです。ビデオ・データは通常、ピクセル・レートと同じクロック・レートで伝送されます。色分解能(ビット数)は24/30/36/48から選べますが、30ビット以上の場合は、クロック・レートがピクセル・レートよりも高く設定されます。各ピクセルの表色系(ビデオ・ピクセル)としては、RGB、YCbCr4:2:2、YCbCr4:4:4に対応しています。

TMDSはオーディオと各種補助データを伝送するためにパケット構造を使用しています。オーディオと各種補助データについては、高い信頼性が重要です。TMDSでは、ECC(Error Correcting Code)で保護すると同時に、今回新たに導入した4b/10b方式(4ビット 10ビット)のTMDSエラー・リダクション・コーディング(TERC4)で10ビット化します。

オーディオは基本的に国際標準規格IEC 60958に定義されたL-PCM(Linear Pulse Code Modulation)ストリームからなります。対応しているサンプル・レートは32kHz、44.1kHz、48kHzです。任意で、8チャンネルまでの192kHzも選べます。HDMIはIEC 61937で定義された圧縮オーディオや8チャンネルの1ビット・オーディオ信号も伝送可能です。

## 2. TMDS PHY層の基礎知識

図2はTMDS差動ペア1組の概念図です。TMDSは低電圧差動信号を生成するために、DC結合の伝送路を電流

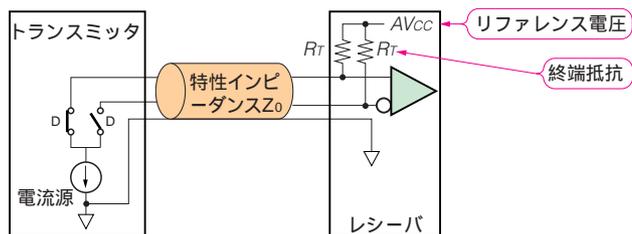


図2 TMDS チャンネル

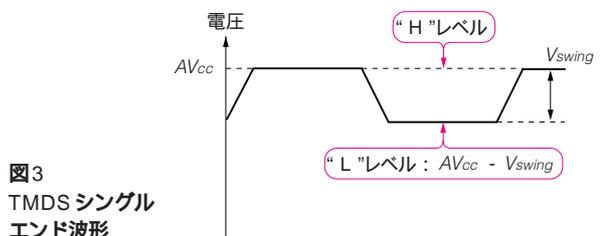


図3 TMDS シングルエンド波形

駆動します。リファレンス電圧 $AV_{cc}$ は、シングルエンド波形の“H”レベルに設定されます。振幅値( $V_{swing}$ )はTxの電流源とRxの終端抵抗によって決定されます。終端抵抗( $R_T$ )とケーブルの特性インピーダンスは整合しなければなりません。

TMDSペアのPチャンネル、Nチャンネルのシングルエンド波形は図3のようになります。“H”レベルは $AV_{cc}$ 、“L”レベルは $AV_{cc} - V_{swing}$ です。差動信号の波形は図4のようになります。振幅はPチャンネルとNチャンネルのシングルエンド波形の振幅の差分を取った値になります。またTMDSは、一般的なプッシュプル・タイプの完全差動方式ではなく、オープン・ドレイン・タイプの疑似差動方式になります。

### 1)TMDS RxのPHYアーキテクチャ

HDMIのTMDS Rx部は図5のようなモデルで示されます。実際の製品はモデルと異なっても構いません。このモデルは、ある特定のフィルタ特性を持つクロックPLLと、ある特定のインパルス応答を持つリファレンス・イコライザが特徴です。

HDMIの物理層仕様はソース、シンクともに、この基本構成のPLLとイコライザを持つパラメータを基準に定義されています。コンプライアンス・テストの際には、これらパラメータの整合に注意しなければなりません。

### 2)クロックPLL(CRU)

TMDSのジッタとアイ・ダイアグラムの仕様は理想クロックによって規定されます。理想クロックはTMDSクロックを基に、図6に示すような伝達関数を有する理想PLL、すなわちCRU(Clock Recovery Unit)によって生成

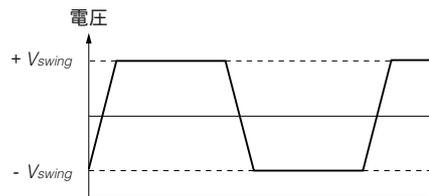


図4 TMDS 差動波形

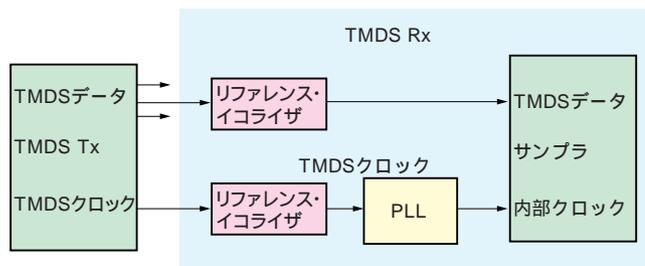


図5 TMDS Rxのブロック・ダイアグラム