

SD(Secure Digital)カードは小型・軽量でありながら高速大容量,低消費電力であり,著作権保護のため不正コピー防止機能を持つ新時代のメディアカードとして登場した。

当社では,このSDカードを実現するコントローラLSI,SDカードをシステム機器で利用するために便利なホストコントローラ及びSDマイコンを開発した。ホストコントローラは共通のIP(Intellectual Property)をベースに,搭載されるシステム機器の特徴に応じて各種シリーズ化した。また,通信をはじめ各種の新機能を実現する小型カードとして最近規格化されたSDIOカード(入出力機能を持ったSDカード)用のコントローラLSIも世界に先駆けて開発した。

The secure digital (SD) card is a small-size, lightweight, high-speed, and low-power-consumption media card. It has a copy protection scheme for contents protection. The secure digital input/output (SDIO) card, providing more function modules, has recently been defined.

To realize these cards, Toshiba has developed SD memory and SDIO card controllers. Furthermore, Toshiba has also developed SD host controllers and an SD microprocessor to facilitate the use of SD cards in application systems. This paper describes these SD card controllers, host controllers, and the SD microprocessor.

1 まえがき

インターネットによる音楽配信をはじめとして,パソコン(PC)や携帯電話で各種の有料コンテンツを楽しむ時代が始まった。これからの時代に流通するコンテンツを持ち運ぶには,小型・高速で使いやすく,不正コピーを防止して著作権を保護する機能を持った新しいメディアデバイスが必要となる。SDカードは,このような時代のニーズにこたえて開発された新時代のメディアカードである。コンテンツ保存用のSDメモリカードと,各種機能モジュールをカードに閉じこめたSDIOカードがある。

当社では,高速・大容量のSDカードを開発し,同時に,SDカードを採用する機器に搭載されてSDカードとのインタフェース(I/F)として利用される,SDホストコントローラLSIシリーズを開発した。以下,SDカードの概要とSDホストコントローラLSIシリーズ,SDマイコン及びその応用例について述べる。

なお,SDIOカードは,SDメモリカードの上位規格に位置づけられ,SDメモリーカードと同じ端子配置を持つ。SDメモリカードにおけるフラッシュメモリを各種機能デバイスに置き換えたものと考えてよい。PCカードがメモリカードから始まったものの,今やモデムカードやLANカードなど各種の機能モジュールを有するものが多数販売されているのと同じように,今後種々のSDIOカードが登場することになる。

2 SDカードとSDホストコントローラの概要

SDカードのターゲットアプリケーションは,モバイル機器と据付型機器との橋渡しをするブリッジメディアである。このため,小型・低消費電力でありながら同時に高速動作も要求される。

主な仕様は以下のとおりである。

- (1) 電源電圧範囲
 - (a) 2.0V ~ 3.6V 基本コマンド(初期化コマンドなど4種)
 - (b) 2.7V ~ 3.6V その他のコマンド
- (2) 動作周波数 0 ~ 25 MHz
- (3) 最大転送レート 10 Mバイト/s (SDバス4ビットモード時)
- (4) 外形寸法 24(mm) × 32(mm) × 2.1(mm)

低消費電力化の要求に対応するために,すべてのコマンドを1.6 ~ 3.6Vで動作可能とするSDLV(SD Low Voltage)という規格の策定も進んでいる。また,更なる小型化のために,厚さ1.4 mmのSDメモリカードの規格も存在する。

2.1 SDメモリカードの端子と端子機能

SDメモリカードの外形と端子配置を図1に示し,SDバス4ビットモードでの端子機能の概略を以下に示す。

- (1) CLK:ホストコントローラからのクロック入力
- (2) CMD:ホストコントローラから各種コマンドを受け,



図1. SDカードの外形と端子位置 端子配置は、MMC(Multi Media Card)に上位互換性がある。
External view and terminal layout of SD card

またカード内部のステータス及びコマンドに関するレスポンスをホストコントローラに対して通知

(3) DAT0-DAT3: 読み書きされるデータの入出力端子

なお、DAT3端子はカード検出用としても使用可能である。SD1ビットバスで使用する場合は、データ端子としてはDAT0だけを使用し、他のDAT1、DAT2、DAT3は使用しない。SPI(Serial Peripheral Interface)モードで使用する場合は、CLK、DO、DIの3信号でI/Fする。

2.2 SDカードコントローラ

上記の機能のSDカードを実現するために、SDメモリカードコントローラ(T7L49)を開発した。適用したプロセスはTC220C(0.35 μm)3層アルミニウム(Al)配線で、24KバイトのROM、計9KバイトのRAM、C/R(Capacitance/Resistance)発振セル、デジタルPLL(Phase Locked Loop)、2個のリセット回路と226kグリッドのロジックを集積している。SDメモリカードは、装置厚さが2.1mmとなっており、コントローラチップの基板上的実装高さは0.45mm以下が要求された。このため、チップを175 μmまで薄くしてベアチップ実装し、樹脂封止した。SDカード外部ピンI/F回路と内部のフラッシュメモリI/F回路の電源はチップ内部で分離し、2個のリセット回路及びデジタルPLLと組み合わせることでパワーマネジメント機能を持たせて、モバイル機器で要求される低消費電力を実現している。

また、SDIO規格に準拠した世界初のコントローラLSIとして、T7L61を開発した。T7L61は、TC220C(0.35 μm)3層Al配線で、75kゲートを集積しており、120ピンのフリップチップ技術でカードに実装される。T7L61を搭載した世界最初のSDIOカードは、当社から発売されるSD-BluetoothTM(注1)カードである。今後、このLSIを用いてGPS(Global Positioning System)モジュールやカメラモジュールを新しいSDIOカードとして実現することができる。

2.3 SDホストコントローラ

SDホストコントローラとは、SDカードとホストバス/ホストCPUの間の信号送受信を実行するLSIを指す。つまり、SDカード搭載機器に実装されてSDカードとセット本体のデータの受渡しを担当する。

当社のSDホストコントローラのラインアップを表1に示す。

表1. SDホストコントローラのラインナップ
SD host controller lineup

製品	パッケージ	I/F	サポートメディア,機能
TC6371AF	LQFP128	PCI	SD, スマートメディア TM
TC6385XB	LBGA328	PCI	SD, SDIO, スマートメディア TM , PCカード
TC6377AF/ TC6384AF	LQFP100	標準メモリI/F	SD, スマートメディア TM , セキュリティ回路内蔵(6377AF)
TC6380AF	LQFP128	標準メモリI/F	SD, SDIO, スマートメディア TM
TC6387XB	FBGA64	標準メモリI/F	SD, SDIO
TC6374AF	LQFP128	PCカードATA	SD, MMC, スマートメディア TM

LQFP : Low profile Quad Flat Package
LBGA : Low profile Ball Grid Array
FBGA : Fine pitch Ball Grid Array

次に、各製品の特長を示す。

- (1) TC6371AF PCI(Peripheral Component Interconnect)I/Fを持つホストコントローラである。SDホストコントローラ(SDメモリ1チャネル(ch))以外にスマートメディアホストコントローラ(1ch)機能も備えている。
- (2) TC6385XB これもPCI I/Fを持つホストコントローラである。SDホストコントローラ(SDメモリ/SDIO共用1ch)以外にスマートメディアホストコントローラ(1ch),カードバスコントローラ(2ch)機能を備えている。
- (3) TC6377AF/TC6384AF CPUのローカルバスと直結する標準メモリバスI/Fを持つホストコントローラである。SDホストコントローラ(メモリ1ch)以外にスマートメディアTMホストコントローラ機能も備えている。SDオーディオ機器の著作権保護にはCPRM(Content Protection for Recordable Media)技術が採用されているが、TC6377AFはこのCPRMの暗号・復号の際に使用されるC2(Cryptomeria Cipher)機能をハードウェアで実現するセキュリティ回路を内蔵している。TC6384AFは、TC6377AFからこのC2回路を削除したLSIである。
- (4) TC6380AF 汎用バスI/Fを持つホストコントローラである。当社はTX39(RISC : 縮小命令セットコンピュータ), ARM7及びIntel[®](注2) StrongARMと接続した実績を持つ。SDホストコントローラ(SDメモリ/SDIO

(注1) Bluetoothは、その商標権者が所有しており、当社はライセンスに基づき使用している。

(注2) Intelは、米国Intel Corporationの商標。

共用 1ch) とスマートメディア™のコントローラ(1ch)機能を備えている。

- (5) TC6387XB TC6380AFからスマートメディア™機能を削除し,FBGA(Fine pitch Ball Grid Array)パッケージに封入し,携帯機器に特化したLSIである。
- (6) TC6374AF カードバスI/Fを持つホストコントローラである。PCカードATA(AT Attachment)規格に準拠しているので,広く流通している標準ドライバを利用できる。SDホストコントローラ(SDメモリ1ch)とスマートメディア™コントローラ(1ch)機能を備える。

3 SDマイコン

3.1 SDマイコンの概要

インターネットの普及やデジタルオーディオ圧縮技術の急速な進歩により,SDメモリカードへ高品質な音楽を手軽に記録して楽しむSDオーディオプレーヤが商品化され始めている。今後,SDメモリカードの低価格化によって,SDオーディオは更に普及していくと予想される。また,SDオーディオプレーヤ以外にも,SDメモリカード応用商品は続々と商品化されている。これらの商品を低価格・低消費電力で実現させるために,当社は,業界で初めてSDメモリカードコントローラを内蔵した16ビットCISC(複合命令セットコンピュータ)マイコンTMP91CM26XBを開発した。内蔵したSDメモリカードコントローラを介して,SDメモリカードとの間で通信を行うことができる。したがって,後述するSDオーディオプレーヤシステムに使用する場合には,相互認証を行うことによって,SDMI(SD Music Initiative: デジタル音楽著作権保護協議会)に準拠した高いセキュリティレベルのシステムを構築できる。

このマイコンは,USB(Universal Serial Bus)コントローラ

とSDホストコントローラの両方が1チップ化されていることに特長がある。したがって,PCからUSBに転送したデータをそのままSDメモリカードへ高速に転送することができる。SDマイコンのUSB / SDカード接続例を図2に示す。USB / SDカードコントローラなどの専用ICが不要となることによって,シンプルなシステムを構築でき,SDオーディオプレーヤには最適なマイコンと言える。また,SDオーディオプレーヤだけでなく,SDメモリカードリーダ / ライタのようなPC周辺機器用途にも十分使用可能である。したがって,このマイコンは今後のSDメモリカード応用機器全般に広く利用されていくものと期待される。

SDマイコンのシステムブロック図を図3に示す。

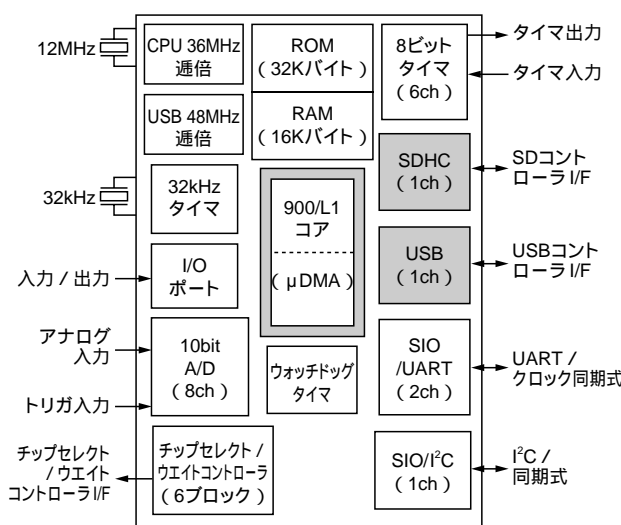


図3 . SDマイコン(TMP91CM26XB)のシステムブロック図
TLCS900(CPU)にSDホストコントローラ,USB,シリアルポート,10ビットA/Dコンバータなどを内蔵し,SDオーディオプレーヤに最適である。

System configuration of TMP91CM26XB

3.2 SDオーディオシステム

SDマイコン(TMP91CM26XB)と,AAC(Advanced Audio Coding: 国際標準規格MPEG-2(Moving Picture Experts Group2)オーディオ圧縮方式中の1方式) / MP3(MPEG Audio Layer3: 現在もっとも普及している圧縮オーディオ形式)デコード用DSP(Digital Signal Processor) (TC94A02F-003)を用いることで,高音質なSDオーディオプレーヤを極めて少ない部品点数で構成できる。

TMP91CM26XBのSDMIに準拠したSDセキュリティ機能,SDカードI/F,USB I/Fを用いることで,PCを介したオーディオファイルの送受信が可能である。また,TC94A02F-003を用いることでAAC形式の音楽ファイルだけではなく,もっとも普及していると言われているMP3形式の音楽ファ

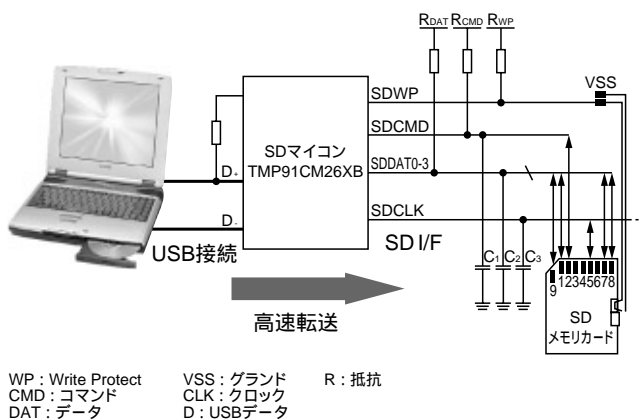


図2 . SDマイコン(TMP91CM26XB)とUSB/SDメモリカードの接続
マイコンとSDカード,USB(PC)が直接接続できる。
Connection of TMP91CM26XB with USB interface and SD memory card

イルの再生も可能である。SDオーディオプレーヤのシステム構成例を図4に示す。

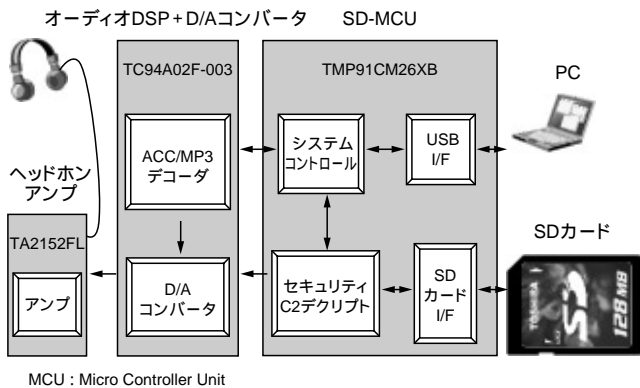


図4 . SDオーディオプレーヤの構成例 極めて少ない部品でオーディオプレーヤを実現できる。
Example of SD audio player configuration

4 あとがき

SDカードは、近年のフラッシュメモリ価格の急激な下落に伴い、価格が急激に低下しており、SDMI準拠の記録メディアとして今後ますます広く一般消費者に利用されていくと期待される。今後の動向として、多値フラッシュメモリの採用による大容量化、低電圧動作による低消費電力化、微細化

技術による高速化などが進められる。また、SD-Bluetooth™やSD-GPSなど各種SDIOカードの市場投入により、SDカードを搭載する機器は、PC、PDA(携帯情報端末)などのデジタル情報機器からテレビ、電子レンジなどデジタル民生機器への展開がますます活発になってくる。

今後もSDワールドの構築を目指して、更に高機能、高性能な関連LSIの開発を推進していく。



高田 知二 TAKADA Tomoji
セミコンダクター社 システムLSI事業部 システムLSI統括第一部 参事。ASIC開発業務に従事。電子情報通信学会会員。
System LSI Div.



植田 誠次 UETA Seiji
セミコンダクター社 システムLSI事業部 システムLSI統括第一部。SDホストコントローラの開発業務に従事。
System LSI Div.



岡本 博 OKAMOTO Hiroshi
東芝LSIシステムサポート(株)第一マイコン応用技術部部长 附。マイコン応用技術業務に従事。
Toshiba LSI System Support Co., LTD



紀伊 雅之 KII Masayuki
セミコンダクター社 システムLSI事業部 システムLSI統括第一部。デジタルオーディオDSPの企画・開発に従事。
System LSI Div.