

SPA特集

デジタルオーディオ用マイクロコントローラの開発

Development of Microcontroller for Digital Audio Application

田内 彰二 大家 充也 篠塚 弘
Shoji Tanouchi Mitsuya Ohie Hiroshi Shinotsuka

要 旨

デジタルオーディオに最適なマイクロコントローラML66525を開発した。ML66525はPCと周辺機器間の通信機能、フラッシュメディアコントロール機能を特徴とし、さらにシステム全体の低消費電力化の各種工夫がなされている。また本商品はソフトウェアプラットフォームとして多様で変化の早い市場にすばやく対応できるだけでなく、多様化しているフラッシュメディアに即座にハードで対応できる。

1. ま え が き

CD, MDなどのデジタルオーディオの次世代としてMP3などの高データ圧縮フォーマットの携帯オーディオプレーヤ市場が急速に拡大している^{1) 2) 3) 4) 5) 6)}。

この種のプレーヤの特徴的な機能はPC (パーソナルコンピュータ) から音楽データをFlashメモリにダウンロードし、メモリのデータを伸張して音楽再生するものである。

- デジタルオーディオプレーヤに要求される仕様は
- 音楽データの高速ダウンロード
 - 低消費電力
 - 小型, 軽量化
 - 著作権保護対応

などである。プレーヤの主要構成部品はデータ伸張用デコーダ, 制御用マイクロコントローラ, データ格納のFlashメモリであるが, 市場の立ち上がり時期であることから, MP3以外にも数々の圧縮フォーマットが提案, 実用化されておりFlashメモリカードも様々な形状, 容量のものが製造, 提案されてきている。

このような状況下において, 既に当社では多くのMP3オーディオメカに対し, 多くのパワーマネジメント機構を組んだ低消費電力, 高性能, 汎用16ビットマイクロコントローラMSM66573Lを供給してきた(写真1参照)。今回, PCとのインタフェース回路としてUSBを内蔵し, また, コンテンツ格納用に外部接続される単体Flashメモリや各種Flashメディアとのインタフェース回路を内蔵してデジタルオーディオ向けのマイクロコントローラ, ML66525を開発したのでその特長を述べる。

2. 製品概要とターゲット応用製品

ML66525は, デジタルオーディオ用途をターゲットに開発されたマイコンである。しかしながら, それに限定されるものではなく, PC間通信手段としてUSBインタフェース, コンテンツ格納手段としてFlashメモリを持つ電子機器向けとして, 最適なマイコンである。たとえば, Flashメモリへの固体録音を利用した音声メモ(音声レコーダ)システムや, 文字, 音声, 画像データを扱うモバイル・パーソナル機器(PDA)などに



田内彰二
シリコンソリューションカンパニー
LSI事業部 マーケティング部 家電・アミューズメントBU



大家充也
シリコンソリューションカンパニー
LSI事業部 マーケティング部 業企画チーム



篠塚 弘
シリコンソリューションカンパニー
LSI事業部 マーケティング部 家電・アミューズメントBU

適用できる。

表1に仕様概要を示す。本製品は、CPUコアとして当社オリジナルの16bitCPUコアnX-8/500Sを採用した。高速割り込み処理、豊富なbit操作命令、Cコンパイラによるコンパクトなコードサイズなどが特長で、携帯機器などの組み込みシステム用マイコンとして最適である。

特にMP3、MDなど携帯オーディオプレイヤーでは、多くの採用実績がある民生機器向け66Kシリーズは、同クラスマイコンとして低消費電流で定評がある。

ML66525では、本マイコンシリーズの低消費電流という特長を活かし、さらに実際の応用製品の使用時(PC接続時、機器単独使用時)や、システム全体での低電力化に対応できるシステム設計が実現できるよう配慮されている(機能概要にて後述)。たとえば、単に低電圧/低消費電流仕様のマイコン製品を使って機器の低電力化を図ろうとしても、マイコンに接続されるFlashメモリなどの周辺部品の規格上駆動電圧3.3V対応が必要である場合は、設計上、安易にマイコンの低電圧化はできない。

ML66525は、システム全体構成を踏まえ、周辺部品の削減によるシステムコストダウンと、システムトータルでの消費電流の削減を実現している。

3. 機能概要

以下にデジタルオーディオなどの携帯型電子機器への組み込みに配慮した特長ある諸機能について解説する。

3.1 低消費電力の対応

ML66525には各種の低消費電力機構が組み込まれている。16ビットマイクロコントローラ66Kシリーズの民生マイコンファミリで搭載されている 32KHzサブクロック機能 ソフトウェアによるCPU原振クロック周波数制御機能 内蔵周辺モジュールの間欠動作機能により低消費電力を実現している。 は、ユーザのソフトウェアによりパワーマネジメントを可能とするもので、システムが必要とする最小限のCPU負荷で

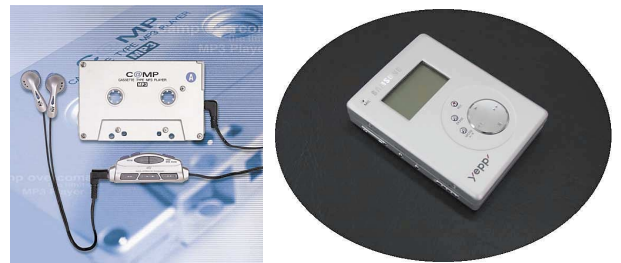


写真1 MP3採用事例

Photo 1 MP3 Player Example Controlled by OKI Microcontroller

表1 仕様概要
Table 1 Specification

型名	ML66525	U S B 制御 (ver.1.1準拠)	12Mbps高速データ転送	
動作温度範囲	-30°C ~ +70°C		EP0(IN 32-byte、OUT 32-byte)コントロール転送	
電源電圧/最高周波数	V _{DD} = 2.4 ~ 3.6 V / f = 24 MHz		EP1(64-byte×2)バルク/割り込み転送	
最小命令実行時間	83 nsec@24 MHz		EP2(64-byte×2)バルク/割り込み転送	
	61 μsec@32.768 kHz		EP3(32-byte)バルク/割り込み転送	
内蔵ROMサイズ	128K byte (外部最大:1M byte)		EP4(64-byte×2)バルク/アイソクロナス/割り込み転送	
内蔵RAMサイズ	6K byte (外部最大:1M byte)		EP5(64-byte×2)バルク/アイソクロナス/割り込み転送	
I/Oポート	入出力端子64本 (bit単位プログラマブルアップ)、入力専用端子6本、出力専用端子1本		トランシーバ内蔵、バスパワード対応、V-bus検出回路 (USBホストへの接続検出/非検出)	
タイマ	16-bitオートリロードタイマ×2ch、8-bitオートリロードタイマ×2ch、8-bitオートリロードタイマ(シリアル通信ポートジェネレータ兼用)×3ch、8-bitオートリロードタイマ(watchdog timer兼用)×1ch、時計用タイマ×1ch、8-bitPWM×2ch(16-bit PWM×1ch可能)		NAND Flash Memory 制御	ECC回路
				512-byte 高速・自動データ転送機能
シリアルポート	32-byte FIFO付き同期式×1ch、同期式(Shift register type)×1ch、同期式/UART×2ch	その他	外部バスインタフェース (アドレス・データセパレートバス方式)	
A/Dコンバータ	10-bit ×4ch		デュアルクロック機能	
外部割り込み	ノンマスクابل×1ch ; マスクابل×6ch		クロックギア機能	
Flash ROM品	ML66Q525		CPU部・I/Oポート部 セパレート電源方式	

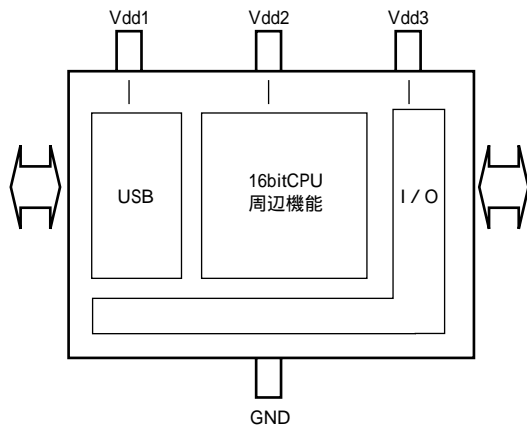


図1 LSI内部電源構成
Fig. 1 Block diagram of internal power supply

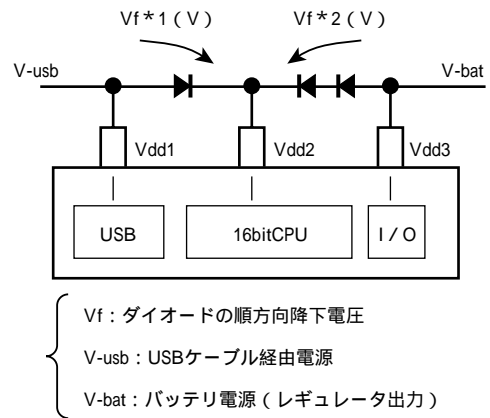


図2 電源接続例
Fig. 2 External power supply connection

動作させることによりマイコン自体の消費電流を削減する。はマイコン内部に組み込まれている機能でありADコンバータ動作、内部メモリ動作等においてアクセス時、動作時以外は、自動で低電力化を実行する機能である。

他には、マイコン使用状態を踏まえた“システム全体”での消費電力面の工夫が多く組み込まれている。たとえば、Flashメディアの標準的な電圧規格は3.3VインタフェースであるためML66525では、外部インタフェース部のみ3.3V系電源(図1 Vdd3)を適用し、内部回路は2.4V系電源(図1 Vdd2)で動作させることが可能になっている。また、USBブロック部をマイコン内で独立電源化(図1 Vdd1)し、機器をUSBケーブルでPCに接続し通信する時のみ、USBバス経由でUSBブロックへ電源供給し(バスパワーUSB)、非通信時は、USBブロックへの電源供給を完全に断つことができるようにした。したがって非通信時、たとえば携帯プレイヤーにおける音楽再生時の電力消費を削減できる。

従来、バッテリー駆動の携帯機器へのUSB組み込みの、低電力化設計は複雑であった。現状のUSB内蔵デジタルオーディオプレイヤーは設計容易性から“セルフパワー型”が多く、USB通信時の電流消費が大きく問題になっていた。そのため、“バスパワー型”USBコントローラを使った機種も出てきているが「USB未使用時」に開放端子となってしまうUSBコントローラとマイコン間のインタフェース部で、アナログスイッチやプルアップ抵抗を付加するなど特別な配慮が必要であった。しかし、ML66525ではバスパワーUSBを実現する各

種周辺回路をすべて内蔵しており、ローコストで容易に機器設計することができる。

なお、Vdd2=Vdd3=3.3Vとし、従来製品同様に単一電源で機器設計することもできるが、より低電力化を実現するには、Vdd2、Vdd3用に2電圧出力型の電圧レギュレータを適用しVdd2側を低電圧にすることが望ましい。

他の応用例としては、図2に示すように外部にダイオードを挿入することで、安価な単一出力の電圧レギュレータの場合でも、マイコン部の動作電圧を低下させ消費電流削減が可能になっている。

この構成の場合は、ダイオードによる降下電圧の差異を利用し、USB接続時にVdd1側からの電源供給を受けVdd2電圧が上昇することで、Vdd3側からの電源供給が停止され、USB部のみならず、マイコン部もPC側電源ルートで動作させることができ、USB通信時のバッテリー消費を抑えることが可能になる。

このように低電力を実現する多くの機能、構造が搭載され、特に高速データ通信時の消費電流が問題になるUSB機能を搭載しても、電池の消耗を最小限にすることができ、携帯デジタルオーディオに限らず、多くのモバイル・パーソナル機器向けに最適なLSIとなっている。

3.2 各種Flashメディアインタフェース対応

デジタルカメラの普及により立ち上がったFlashメディアは、多くの方式が乱立している現況にある。背景は、オリジナルからの品質劣化がまったくないデジタルデータの特性に対する強いニーズに基づく。個人

で楽しむデジタルカメラの画像データでは問題にならないが、著作権管理が必須の音楽コンテンツなどでは、従来のFlashメディアでは対応が不十分と認識されている。そのため、コンテンツ保護の為に各種機能を盛り込み、多くのFlashメディアが提案されてきている(表2)。

このような現況を踏まえML66525は「FlashメディアSPA」を採用した。Flashメディアコントロール回路ブロックにEA(エンベデットアレイ)を適用することで、数枚のMask変更で、新規方式のFlashメディアインタフェースに短い開発期間で応えていくことが可能である。なお、最初にリリースする製品はSmart Media™ Cardに最適なFlashメディアコントローラを搭載しているが、今後SPAベースで、他のFlashメディア対応の製品化を計画している。

3.3 PC-機器間的高速データ通信の実現

インターネット経由で購入した音楽コンテンツや画像データ、ニュースなどの文字データ、ボイスレコーダで録音した音声データなどの各種データは、PCと周辺機器間で送受信される。この時の通信時間はシステムの「使い勝手」を示す重要な指標となっている。

MP3などの従来のデジタルオーディオの場合は、PC間の通信はパラレルインタフェースが主流であったが、最近ではUSB搭載モデルが増えてきている。しかし、そのデータ通信速度は十分とは言い難い。ここでいう「通信速度」とは単に通信路として12MbpsのUSBが採用されていることではなく“一連の通信処理にかかるトータル時間”を意味している。実際の携帯デジタルオーディオ機器では、CD1枚分(約64Mbyte)の楽曲

データの転送で5~10分もかかっており「使い勝手」が悪い。

“一連の通信処理”の内訳としては、確かに物理的なUSBケーブル上の通信速度自体も含まれているが、他の要素が増えてきている。たとえば、コンテンツ保護の為に暗号キー処理、ウォーターマーク処理、Flashメディアへのデータ通信の場合であればメディア固有の手続き処理、そしてインターネット経由でのコンテンツダウンロードではプロバイダ個別の配信方式、暗号化方式対応など、マイコンにおいて実行しなければならない“データ処理量”が急増してきている。

ML66525では上記ニーズを踏まえ“一連の通信処理”プロセスを効率的に実現できるよう数々の配慮がなされている。DMA機能付きUSBコントローラ、ECC回路内蔵Flashメディアコントローラ、コンテンツ転送専用内部バスの採用などにより、12MbpsフルスピードUSBの通信能力を最大限に発揮できる機能を盛り込んでいる。

続いて、USB経由でのPC、Flashメディア間インタフェースの機能詳細を説明する。

ML66525は、USBコントローラとFlashメディアコントローラ(ML66525で対応しているFlashメディアとは、NAND Flash MemoryとSmart Media™ Card)を内蔵し、PC-Flashメディア間インタフェースにおいて
双方向の高速データ転送 データ転送中のデータ加工(変更) 低消費電力でのデータ転送 といったデジタルオーディオに最適な動作を実現できるように設計している。

PC-Flashメディア間インタフェースにおける機能ブ

表2 Flashメディア一覧
Table 2 Flash Media Table

Flashメディア		対応携帯デジタルオーディオプレーヤ
著作権保護未対応	スマートメディア	Rio500, Nomado II, Yepp, FMP300, MPMan F35, DAP, Jazpiper, MP301
	コンパクトフラッシュ	KANA2000,(デジタルカメラ)
	マルチメディアカード	SSP-PD7, MM-FX500, PDA-01, HyperHyde FMP300s, Mplayer, WMP-1V
	メモリースティック	(PC, デジタル家電全般)
著作権保護対応	ID付スマートメディア	SD-1, diGO, musicBIT!, AS2000
	マジックゲートメモリースティック	NW-MS7, e-musee
	メモリースティックDuo	(携帯電話向けに開発中)
	SDメモリーカード	Mobile Audio Player, SV-SD70
	セキュアマルチメディアカード	(試作機あり)

注 記載されている製品名は、各社および商標権者の登録商標あるいは商標です。

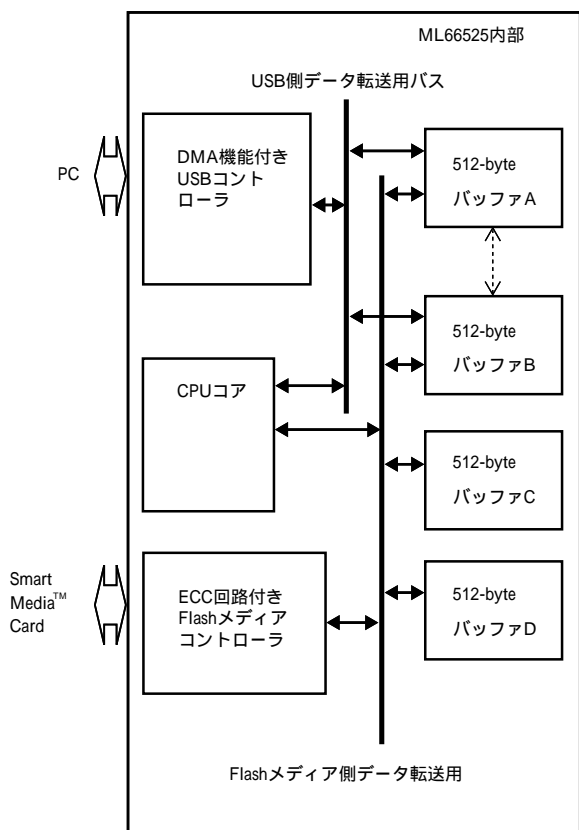


図3 PC-Flashメディア間インタフェースブロック
Fig. 3 PC-Flash Media Interface Block

ロックを図3に示す。

PC-Flashメディア間のデータ転送について各機能ブロックを用いて説明する。

(1) 双方向の高速データ転送

デジタルオーディオで扱うデータの容量は数Mバイトと比較的大きく、PCからの高速データ受信が必要である。ML66525では、PC-Flashメディア間においてUSBのフルスピードである12Mbpsでデータを転送することが可能である。

PCからFlashメディアへのデータ転送(ダウンロード)の場合は、USBコントローラはPCから12Mbpsでデータを受信するが、DMA機能、USB側データ転送用バスにより、ロスタイムなしでデータ転送用バッファAにデータを格納することができる。さらに、バッファAは約340 μ S (512 \times 8bit \div 12Mbps) でフルになるが、バッファAがフルになると、今度はバッファBを使用してデータを格納することができるので、バッ

ファAが空くまでデータ受信を中断させるといこともない。

FlashメディアコントローラはFlashメディア側データ転送用バスにより、PCからのバッファBへのデータ受信を中断せずに、バッファAからデータを取り出すことができる。また、各バッファのサイズを512バイトとすることにより、Smart Media™ 物理フォーマットに従う最も取り扱いやすいデータサイズとしている。さらに、FlashメディアコントローラはバッファAからデータを取り出しながら、ECC (Error Correcting Code) 回路によりSmart Media™ 仕様であるデータ誤り検出・訂正用の16バイト冗長部を計算し、受信したデータに付加することができるため、ECC計算時間分のロスタイムをなくすることができるようになっている。

FlashメディアコントローラはSmart Media™ Cardに準拠した信号制御をできるようにしている。よって、連続データを転送することができ、25 μ S、3.3VにおいてSmart Media™ Cardへのデータ送信時間は約50 μ S、データ書き込み平均時間は約200 μ Sとなり、トータルで約250 μ Sという必要最小限の時間でSmart Media™ Cardにアクセスすることができる。

により、PCからの転送時間340 μ Sから250 μ Sを引いた90 μ Sの時間の余裕を持ちつつ、12Mbpsという高速データ転送が可能である。

FlashメディアからPCへのデータ転送(アップロード)についても同様の動作により、高速データ転送が可能である。

(2) 転送中のデータの加工(変更)

デジタルオーディオで扱うデータには内容を暗号化される場合もあり、転送途中で解読する必要がある。

ML66525では、PC-Flashメディア間においてPCから受信したデータに加工が必要な場合は、ソフトウェアにより、CPUコアを動作させ、各バッファに格納されたデータを読み出し、加工し、書き込むことができる。

また、Smart Media™ CardをPCの周辺機器として使用する場合は、データの書き込みにはFATファイルシステム等を使用したファイル管理情報を更新する必要がある。もちろん、このファイル管理はデジタルオーディオにも使用できる。

ML66525では、Smart Media™ Cardへのデータ書き

込み前に、Smart Media™ Cardに書き込まれている管理情報の更新をする場合は、データ転送中でもソフトウェアにより、Flashメディアコントローラを動作させ、Smart Media™ Cardからデータを読み出し、Flashメディア側データ転送用バスを介し、バッファCかDに格納することができる。当然、格納したデータはソフトウェアにより、CPUコアを動作させ、データを読み出し、変更し、書込むことも可能である。

(3) 低消費電力でのデータ転送

デジタルオーディオではポータブル機器とし、電池駆動で動作させる場合があり、システムの低消費電力化が必要である。

ML66525では、各機能ブロックをこまめに間欠動作させることにより、データ転送時の消費電力を低減することが可能である。

ダウンロード時は、バッファAかBがフルになるまで(約340 μ S)、CPUコアをHALTモードにしたり、32KHz動作状態にしたり、またFlashメディアコントローラも動作を停止状態にすることにより低消費電力を実現することができる。

バッファAかBがフルになっても、CPUコアとFlashメディアコントローラは、必要最小限の動作を行うようにし、再度低消費電力状態にすることがソフトウェアで簡単に実現することができる。

アップロード時についても同様の動作によって低消費電力を実現することができる。

これまでに説明してきたようにPC-Flashメディア間インタフェースでのデータ転送においては、その性能・効率を最大限に活かすためには、ハードウェアだけでなく、ソフトウェアも重要な意味を持つ。

ML66525ではソフトウェアIP(データのダウンロードモジュール、アップロードモジュール等)の提供により、ユーザでのシステム開発における期間短縮、ソフトウェア変更の簡便性を実現できる。

4. あとがき

デジタルオーディオプレーヤの1999年出荷は全世界で約100万台であるが、携帯電話やデジタルカメラ、PDAに音楽再生機能が付加された複合機が出始めており年率50%以上の市場拡大が期待できる。しかし未だ立上り始めた市場でFlashメディア、著作権保護方式、音楽配信方式の乱立、データ転送速度向上の要求など不確定で混沌とした状況である。ML66525はこのデジタルオーディオ分野にて市場環境変化にすばやく対応できる工夫を取入れて開発した。またオーディオに限らず、PCとFlashメディアの高速通信をコントロールするアプリケーションに最適なマイクロコントローラである。

今後はさらに高速転送が可能なUSB2.0(転送速度480Mbps)の検討、著作権保護機能を取り入れたSDメモリーカード、MGメモリースティックとのインタフェースの検討、商品化を目指している。

5. 参考文献

- 1) 本島, 小松, 大家, 他: 固体録音型携帯プレーヤの開発実用化動向, 日本工業技術センター, 1999
- 2) 唐木, 日置, 遠藤, 他: 音楽配信対応受信端末/プレーヤ/メモリーカードの開発・技術動向と今後の展開, 日本技術情報センター, 2000
- 3) 篠塚, 夏野, 直井, 他: 第3世代/携帯WEB電話の要素技術とアプリケーション開発動向, 日本工業技術センター, 2000
- 4) 古俣, 渡辺, 高橋, 他: MP3&次世代デジタル音楽のすべて, 初版, エーアイ出版, 2000
- 5) SR第1グループ: 次世代小型メモリーカードの開発動向と市場展望, ジャパンマーケティングサーベイ, 2000
- 6) 岡音: ポータブルシリコンディスクオーディオプレーヤの市場性分析, テクノシステムリサーチ, 1999