

お客様各位

資料中の「日立製作所」、「日立XX」等名称の株式会社ルネサス テクノロジへの変更について

2003年4月1日を以って三菱電機株式会社及び株式会社日立製作所のマイコン、ロジック、アナログ、ディスクリート半導体、及びDRAMを除くメモリ（フラッシュメモリ・SRAM等）を含む半導体事業は株式会社ルネサス テクノロジに承継されました。従いまして、本資料中には「日立製作所」、「株式会社日立製作所」、「日立半導体」、「日立XX」といった表記が残っておりますが、これらの表記は全て「株式会社ルネサス テクノロジ」に変更されておりますのでご理解の程お願い致します。尚、会社商標・ロゴ・コーポレートステートメント以外の内容については一切変更しておりませんので資料としての内容更新ではありません。

ルネサステクノロジ ホームページ (<http://www.renesas.com>)

2003年4月1日
株式会社ルネサス テクノロジ
カスタマサポート部

RENEASAS

ご注意

安全設計に関するお願い

1. 弊社は品質、信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品は故障が発生したり、誤動作する場合があります。弊社の半導体製品の故障又は誤動作によって結果として、人身事故、火災事故、社会的損害などを生じさせないような安全性を考慮した冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計などの安全設計に十分ご留意ください。

本資料ご利用に際しての留意事項

1. 本資料は、お客様が用途に応じた適切なルネサス テクノロジ製品をご購入いただくための参考資料であり、本資料中に記載の技術情報についてルネサス テクノロジが所有する知的財産権その他の権利の実施、使用を許諾するものではありません。
2. 本資料に記載の製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例の使用に起因する損害、第三者所有の権利に対する侵害に関し、ルネサス テクノロジは責任を負いません。
3. 本資料に記載の製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズムその他全ての情報は本資料発行時点のものであり、ルネサス テクノロジは、予告なしに、本資料に記載した製品または仕様を変更することがあります。ルネサス テクノロジ半導体製品のご購入に当たりましては、事前にルネサス テクノロジ、ルネサス販売または特約店へ最新の情報をご確認頂きますとともに、ルネサス テクノロジホームページ (<http://www.renesas.com>)などを通じて公開される情報に常にご注意ください。
4. 本資料に記載した情報は、正確を期すため、慎重に制作したものです。万一本資料の記述誤りに起因する損害がお客様に生じた場合には、ルネサス テクノロジはその責任を負いません。
5. 本資料に記載の製品データ、図、表に示す技術的な内容、プログラム及びアルゴリズムを流用する場合は、技術内容、プログラム、アルゴリズム単位で評価するだけでなく、システム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断してください。ルネサス テクノロジは、適用可否に対する責任を負いません。
6. 本資料に記載された製品は、人命にかかわるような状況の下で使用される機器あるいはシステムに用いられることを目的として設計、製造されたものではありません。本資料に記載の製品を運輸、移動体用、医療用、航空宇宙用、原子力制御用、海底中継用機器あるいはシステムなど、特殊用途へのご利用をご検討の際には、ルネサス テクノロジ、ルネサス販売または特約店へご照会ください。
7. 本資料の転載、複製については、文書によるルネサス テクノロジの事前の承諾が必要です。
8. 本資料に関し詳細についてのお問い合わせ、その他お気づきの点がございましたらルネサス テクノロジ、ルネサス販売または特約店までご照会ください。

ADJ-603-002B(O)

マルチメディアカード ユーザーズマニュアル

マルチメディアカード

発行年月日

2000年 9月 第1版

2003年 3月 第3版

発行

株式会社 日立製作所

半導体グループビジネスオペレーション本部

編集

株式会社日立小平セミコン

技術ドキュメントグループ

©株式会社 日立製作所

2000

ご注意

- 1 本書に記載の製品及び技術のうち「外国為替及び外国貿易法」に基づき安全保障貿易管理関連貨物・技術に該当するものを輸出する場合、または国外に持ち出す場合は日本国政府の許可が必要です。
- 2 本書に記載された情報の使用に際して、弊社もしくは第三者の特許権、著作権、商標権、その他の知的所有権等の権利に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。また本書に記載された情報を使用した事により第三者の知的所有権等の権利に関わる問題が生じた場合、弊社はその責を負いませんので予めご了承ください。
- 3 製品及び製品仕様は予告無く変更する場合がありますので、最終的な設計、ご購入、ご使用に際しましては、事前に最新の製品規格または仕様書をお求めになりご確認ください。
- 4 弊社は品質・信頼性の向上に努めておりますが、宇宙、航空、原子力、燃焼制御、運輸、交通、各種安全装置、ライフサポート関連の医療機器等のように、特別な品質・信頼性が要求され、その故障や誤動作が直接人命を脅かしたり、人体に危害を及ぼす恐れのある用途にご使用をお考えのお客様は、事前に弊社営業担当迄ご相談をお願い致します。
- 5 設計に際しては、特に最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件及びその他諸条件につきましては、弊社保証範囲内でご使用いただきますようお願い致します。
保証値を越えてご使用された場合の故障及び事故につきましては、弊社はその責を負いません。また保証値内のご使用であっても半導体製品について通常予測される故障発生率、故障モードをご考慮の上、弊社製品の動作が原因でご使用機器が人身事故、火災事故、その他の拡大損害を生じないようにフェールセーフ等のシステム上の対策を講じて頂きますようお願い致します。
- 6 本製品は耐放射線設計をしておりません。
- 7 本書の一部または全部を弊社の文書による承認なしに転載または複製することを堅くお断り致します。
- 8 本書をはじめ弊社半導体についてのお問い合わせ、ご相談は弊社営業担当迄お願い致します。

目次

1.	マルチメディアカードの歴史と特徴	1-1
1.1	フラッシュカードの歴史	1-1
1.2	マルチメディアカードの特徴	1-2
1.3	MMCA規格Ver.3.2について	1-4
2.	日立マルチメディアカードの概要	2-1
2.1	マルチメディアカードのシステムコンセプト	2-1
2.2	バスインタフェース	2-2
2.2.1	インタフェース	2-2
2.2.2	複数カード識別方法	2-3
2.2.3	バスプロトコル	2-4
2.2.4	転送モード	2-5
2.3	CRC	2-7
2.4	レジスタ	2-8
2.4.1	OCR (Operation conditions register : 動作条件レジスタ)	2-9
2.4.2	CID (Card identification number : カード ID レジスタ)	2-10
2.4.3	RCA (Relative card address : 相対カードアドレスレジスタ) - MMC モードのみ使用	2-10
2.4.4	CSD (Card specific data : カード特性レジスタ)	2-10
2.4.5	DSR (Driver specific data : ドライバステージレジスタ)	2-12
2.4.6	ステータスレジスタ	2-12
2.5	コマンド	2-14
2.5.1	コマンド概要	2-14
2.5.2	MMC モードのコマンド	2-18
2.5.3	SPI モードのコマンド	2-35
2.6	レスポンス	2-39
2.7	データトークン	2-41
2.8	リードライトプロトコル	2-42
3.	応用プロダクト開発のためのトータルシステム サポート	3-1
3.1	マルチメディアカードシステムの開発	3-1
3.1.1	サポート概要	3-1
3.1.2	システム開発の流れ	3-2
3.2	アダプタ論理	3-6
3.2.1	ポート制御方式	3-7

3.2.2	MMC アダプタ	3-8
3.2.3	SPI アダプタ	3-9
3.2.4	ホストマイコン	3-9
3.3	開発プラットフォーム	3-10
3.3.1	マイコンの選定	3-12
3.3.2	制御アダプタ回路	3-12
3.3.3	MMC バスインタフェース	3-12
3.3.4	モニタモード	3-12
3.3.5	デバッグモード	3-14
3.4	搭載機器のためのソフトウェア	3-15
3.4.1	ソフトウェア構成	3-15
3.4.2	ファイルシステムとの切り口	3-17
3.4.3	MMC の活線挿抜対応	3-17
3.4.4	MMC の初期化について	3-19
3.5	マルチメディアカードプロトコルアナライザ	3-21
3.6	応用システム開発事例（ミュージックプレーヤの試作）	3-29
3.6.1	マイコンと MMC 間のアダプタ論理	3-31
3.6.2	使用マイコン	3-31
3.6.3	AUDIO コーデックその他	3-32
4.	マルチメディアカードシステム設計時の注意事項	4-1
4.1	はじめに	4-1
4.2	動作モードについて	4-1
4.3	バス設計	4-2
4.3.1	バス配線設計	4-2
4.3.2	電源ノイズ低減	4-4
4.4	電源投入時の注意事項とリセット動作	4-5
4.4.1	電源投入	4-5
4.4.2	リセット動作	4-6
4.5	MMCモードにおけるデータ転送までの初期設定について	4-7
4.5.1	動作電圧条件の取得と指定	4-9
4.5.2	カード属性情報の取得およびバス上におけるカードの相対的アドレスの指定	4-9
4.6	SPIモードにおけるデータ転送までの初期設定について	4-11
4.7	タイミング設計について	4-12
付録	付録-1
A.	開発サポート	付録-1

1. マルチメディアカードの歴史と特徴

1.1 フラッシュカードの歴史

フラッシュメモリを使用したカードの歴史は1990年にPCMCIAにおいて規格が決定したPCメモ리카ードに始まります。これはPCメモ리카ードをフラッシュメモリで実現したものであり、現在一般にリニアのフラッシュメモ리카ードと呼ばれ、主にノートパソコン等の小型携帯機器の拡張メモリとして使用されています。

次いで1992年のPCカードの規格改定において、ハードディスクと同様のインタフェースを採用したIDE/ATA互換のI/OカードとしてPC-ATAカード規格(PC Card ATA仕様)が1992年に誕生し、現在販売されているほとんどのノートPCにそのスロットが搭載されるまでに普及しました。

その後、フラッシュカードは小型化に向かい、PC-ATAカードの機能をそのままに、形状のみ小型化したコンパクトフラッシュカードが1995年に製品化されました。コンパクトフラッシュカードはデジタルカメラ、ハンドヘルドPC等への採用によりその生産数量は飛躍的に伸びました。同時期にフラッシュメモリのみを搭載したカードとしてスマートメディアも誕生し、コンパクトフラッシュカードとともにデジタルカメラ等の記憶媒体として普及しています。また、1996年には汎用メモ리카ードとして新しく設計されたミニチュアカードの仕様が発表されています。

1998年に、携帯音楽プレーヤなどの小型機器用として一層の小型化を図って生まれたのがマルチメディアカード(以下MMC)とメモリスティックです。マルチメディアカードは、コンパクトフラッシュに比べて容積で1/5という驚異的な小型化が実現できたことにより、MP3プレーヤ、ビデオカメラなど、その応用製品が続々と発売されています。

さらに2002年には、市場のさらなる小型化の要求により、より一層の小型化を図ったフラッシュカードが相次いで発表されました。メモリスティック Duo、xDピクチャーカード、リデュースサイズマルチメディアカードです。このうち最も小型なリデュースサイズマルチメディアカードは、その小型サイズ(24×18×1.4mm)から、リムーバブルメディアとしてだけでなく、増設・リプレースの容易な内蔵メモリとしても使用可能です。

マルチメディアカードは、コンパクトフラッシュと同様にオープンスタンダードによる業界標準化を目指しています。標準化を推進する団体として、1998年1月にマルチメディアカードアソシエーション(MMCA)^{*1}が設立されました。

また、データの保存以外に、セキュリティ機能を搭載したカードも生まれています。まず、1999年には、著作権保護機能付きカードとして、マジックゲートメモリスティック、SDメモ리카ード、セキュアマルチメディアカードが発表されました。さらに2002年には、セキュアマルチメディアカードの機能に個人認証機能を搭載した、PIN^{(*)2}セキュアマルチメディアカードが登場しました。PINセキュアマルチメディアカードは、マルチメディアカードとのコンパチビリティが確保されています。以上の簡単なフラッシュカードの歴史を図1.1に示します。

当社ではこれまでPC-ATAカード、コンパクトフラッシュカード、マルチメディアカードを提供しており、今後はPINセキュアマルチメディアカードにも力を入れて販売していく予定です。

1. マルチメディアカードの歴史と特徴

なお、本ユーザズマニュアルは、通常のマルチメディアカードを中心に記述しております。Security 機能付きカードのユーザズマニュアルについては、別途準備予定です。

【注】 *1 MMCA のホームページ : <http://www.mmca.org/>

*2 PIN (Personal Identification Number) : 個人認証

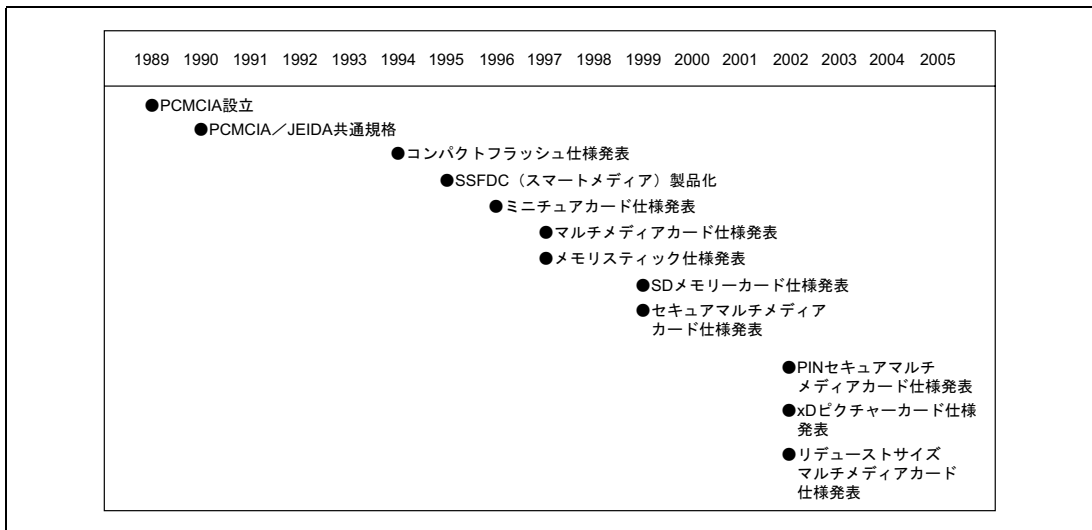


図 1.1 フラッシュカードの歴史

1.2 マルチメディアカードの特徴

これからの小型フラッシュカードは、そのサイズと重さが重要です。携帯電話のように常時持ち歩く機器では、より小さく軽いことが部品選定の大きなポイントになるためです。表 1.1 および表 1.2 に示すように切手サイズのマルチメディアカード (重さ : 1.5g、外形寸法 : 32mm×24mm、厚さ : 1.4mm) ならびに、マルチメディアカードの約半分のサイズ (重さ : 0.8g、外形寸法 : 18mm×24mm、厚さ : 1.4mm) を実現したリデュースサイズマルチメディアカード (2003 年 1 月現在、小型フラッシュカードの部類では最軽量) は実装場所を選びません。リデュースサイズマルチメディアカードの端子構造は従来のマルチメディアカードと互換性を持ち、アダプタを用いることで、マルチメディアカードとして使用可能です。

また、デジタルスチルカメラのようなパーソナル機器では、取り扱い易さが普及の大きなポイントになります。マルチメディアカードは、わずか 7 ピンでシステムと接続する構造で、切り欠きによる逆差し防止機構がついているので、専門知識のない個人ユーザでも安心して使えます。

厚みを除いて、形状が同一のフラッシュカードとして SD メモリーカードがありますが、SD メモリーカード対応のホストであれば、SD メモリーカード固有のセキュリティ機能を使用するホストを除いて、ほとんどのホストでマルチメディアカードも使用可能です。

1. マルチメディアカードの歴史と特徴

表 1.1 小型フラッシュカード仕様比較

名称	マルチメディアカード	PIN セキュア マルチメディアカード	メモリー スティック	マジックゲート メモリー スティック	SD メモリー カード
サイズ	32.0×24.0×1.4 mm		50.0×21.5×2.8 mm		32.0×24.0×2.1 mm
重量	1.5 g		4 g		3 g
ピン数	7 pin		10 pin		9 pin
データピン数	1 pin		1 pin		4 pin
著作権保護機能	無	有	無	有	有
個人認証機能	無	有	無	無	無

表 1.2 超小型フラッシュカード仕様比較

名称	リデューストサイズ マルチメディアカード	xD ピクチャーカード	メモリースティック Duo
サイズ	18.0×24.0×1.4 mm	20.0×25.0×1.7 mm	20.0×31.0×1.6 mm
重量	0.8 g	2.0 g	2.0 g
ピン数	7 pin	18 pin	10 pin
データピン数	1 pin	8 pin	1 pin

1. マルチメディアカードの歴史と特徴

1.3 MMCA 規格 Ver.3.2 について

2001年6月までは Ver.2.11 で運用していました。2002年1月に Ver.3.2 が発効されました。主な違いは表 1.3 の通りです。

表 1.3 MMCA 規格各バージョンの違い

No.	項目	v2.11	v3.1	v3.2	v3.x
1	低電圧	2.0~3.6V	2.0~3.6V	1.65~3.6V	1.65~3.6V
2	MMC モードにおけるロックされたカードの強制消去	未定義	<ul style="list-style-type: none"> CSD の TMP_WRITE_PROTECT が"1"の場合、強制消去を行い、TMP_WRITE_PROTECT を"0"にする。 CSD の PERM_WRITE_PROTECT が"1"の場合、消去は fail し、LOCK_UNLOCK_FAILED ビットが"1"にセットされる。(カードはロック状態のまま) (SPI モードも同様) 	<ul style="list-style-type: none"> CSD の TMP_WRITE_PROTECT が"1"の場合、強制消去を行い、TMP_WRITE_PROTECT を"0"にする。 CSD の PERM_WRITE_PROTECT が"1"の場合、消去は fail し、LOCK_UNLOCK_FAILED ビットが"1"にセットされる。(カードはロック状態のまま) (SPI モードも同様) 	<ul style="list-style-type: none"> CSD の TMP_WRITE_PROTECT が"1"の場合、強制消去を行い、TMP_WRITE_PROTECT を"0"にする。 CSD の PERM_WRITE_PROTECT が"1"の場合、消去は fail し、LOCK_UNLOCK_FAILED ビットが"1"にセットされる。(カードはロック状態のまま) (SPI モードも同様)
3	SPI モードにおける Multiple Read/Write	未サポート	MMC モードの Multiple Read/Write と同様の転送モードをサポートした。	MMC モードの Multiple Read/Write と同様の転送モードをサポートした。	MMC モードの Multiple Read/Write と同様の転送モードをサポートした。
4	Reduced Size MultiMediaCard	未定義	未定義	未定義	規格化
	対応日立マルチメディアカード	HB28xxxxMM1 シリーズ*	HB28xxxxMM2 シリーズ*	—	HB28xxxxRM2 シリーズ*

【注】 * 仕様の詳細は各々のデータシートをご参照ください。

2. 日立マルチメディアカードの概要

2.1 マルチメディアカードのシステムコンセプト

マルチメディアカードは携帯電話、携帯プレーヤ等の小型情報機器での情報やコンテンツのストレージを目的としているために、ホストシステムの負荷を低減して、簡単なシステムでも利用できることをシステムコンセプトとしています。

マルチメディアカードを利用したシステム構成例を図 2.1 に示します。

(1) ソフトウェア制御方式

これはマイクロコントローラのポートにダイレクトにマルチメディアカードの信号を接続する方式です。ソフトウェアによりポート信号をコントロールすることでマルチメディアカードのプロトコルをエミュレートします。ホストシステムは最も簡単になりますが、データ転送速度は遅くなります。

(2) アダプタ制御方式

これは、マイクロプロセッサとマルチメディアカードの間に、マルチメディアカードをコントロールするためのアダプタ(ハードウェア)を挿入して、コントロールする方式です。

(3) シンプルバス経由アダプタ制御方式

これは、マルチメディアカードアダプタをアプリケーションアダプタ経由でシンプルバスに接続する方式です。

(4) PC バス経由アダプタ制御方式

これは、マルチメディアカードアダプタをバスブリッジ経由で PC バスに接続する方式です。システムは複雑で高コストとなりますが、データ転送速度は速くなります。

2. 日立マルチメディアカードの概要

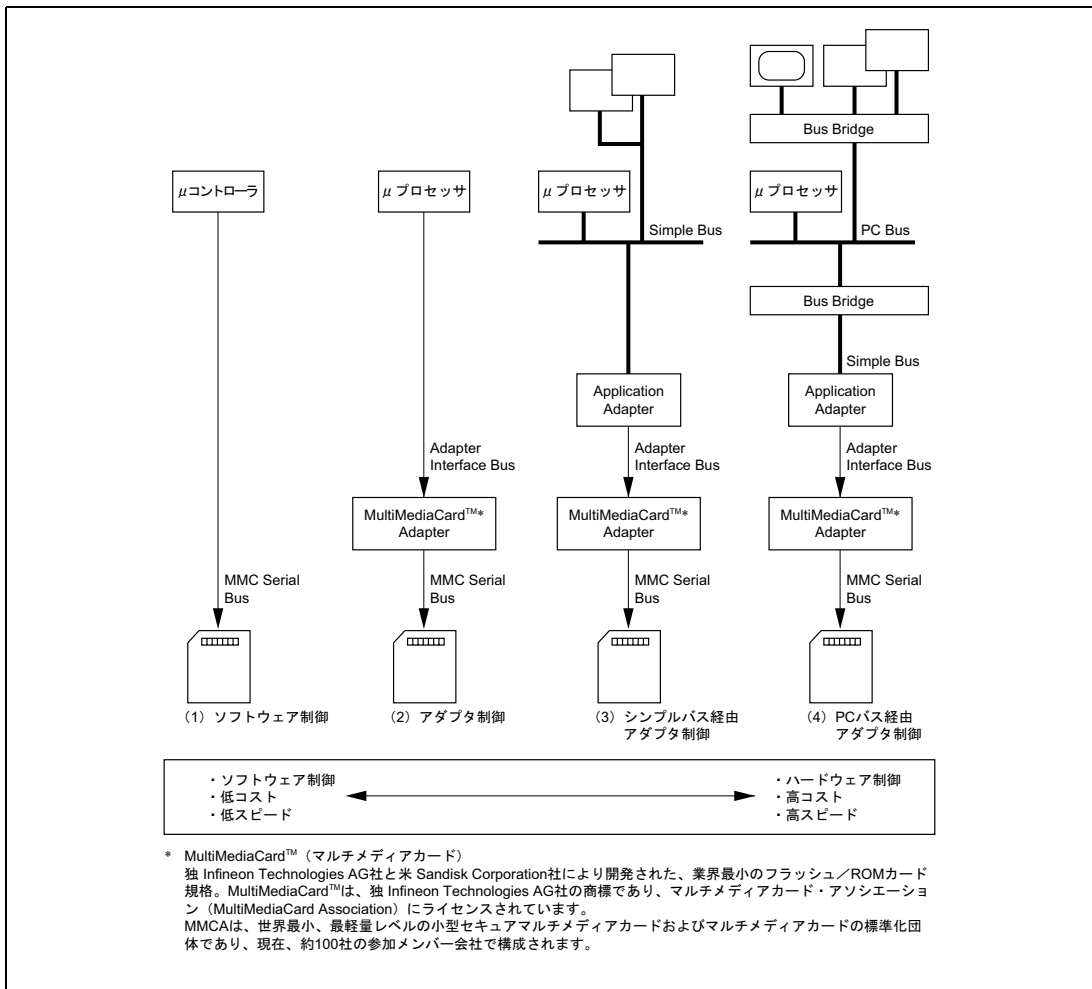


図 2.1 マルチメディアカードシステム構成例

2.2 バスインタフェース

2.2.1 インタフェース

図 2.2 に示すように、マルチメディアカードのインタフェースは 7 ピンのシリアルインタフェースで、通信プロトコルには MMC (MultiMediaCard™) モードと SPI モードの 2 種類があります。どちらのモードもクロック最大動作周波数は 20MHz です。それぞれインタフェースの方式は違いますが、どちらのモードで書き込んだデータも、どちらのモードのホストでも読み出すことが可能です。当社のマルチメディアカードも MMC、SPI どちらのホストに対しても動作可能となっています。モードの設定方法の詳細は後述しますが、マルチメディアカード認識フロー中のコマンド 0 発行時に CS ピンを Low にすれば SPI モードとなります。

(A) MMCモード

ピン番号	名称	タイプ	ピン機能記述
1	RSV	NC	予約ピン
2	CMD	I/O、PP、OD	コマンド/レスポンス
3	V _{SS1}	S	GND
4	V _{DD1}	S	V _{CC}
5	CLK	I	クロック
6	V _{SS2}	S	GND
7	DAT	I/O、PP	データ入出力



(B) SPIモード

ピン番号	名称	タイプ	ピン機能記述
1	CS	I	チップセレクト
2	DI	I	データ入力
3	V _{SS}	S	GND
4	V _{DD}	S	V _{CC}
5	SCLK	I	クロック
6	V _{SS2}	S	GND
7	DO	O、PP	データ出力

【注】 S=Power Supply、I=Input、O=Output、PP=Push Pull
OD=Open Drain、NC=Not Connected

図 2.2 マルチメディアカードのピンアサイン

2.2.2 複数カード識別方法

マルチメディアカードは、同一バス上で最大 30 枚まで使用することが可能です。それぞれのモードの複数枚カードからアクセスをしたいカードを選択する方法は、以下の通りです。

(1) MMC モード

MMC モードでは、複数枚カードの中から、アクセスするカードを選択するために、認識フローの中でそれぞれのカードに固有の名称に相当する相対アドレス RCA (Relative card address: 「2.4 レジスタ」で説明) を 1 枚 1 枚に振っておき、この相対アドレスを指定することでカードを選択します。

(2) SPI モード

SPI モードでは、複数枚のカードそれぞれに対して、チップセレクト信号 (CS) が接続しており、アクセスしたいカードのチップセレクト信号を Low にアサートしてカードを選択します。

2. 日立マルチメディアカードの概要

2.2.3 バスプロトコル

図 2.2 にマルチメディアカードのピンアサイン、図 2.3 にプロトコルの概略図を示します。ホストから各機能に対応したコマンドをカードに対して発行することで、マルチメディアカードは動作します。

(1) MMC モード

MMC モードでは、ホストシステムとのインターフェースはクロック、コマンド、データの 3 本の信号が使用されます。クロック信号はシステムとカードとの同期を取るために使用されます。コマンド信号はホストからカードへのコマンド発行、およびカードからホストへのレスポンス返信に使用されます。また、データ信号はカードに対するデータの書き込み、読み出しに使用されます。コマンドとデータ信号は双方向バスとなります。

(2) SPI モード

SPI モードでは、ホストシステムとのインターフェースはクロック、データイン、データアウト、チップセレクト信号の 4 本の信号が使用されます。クロック信号がシステムとカードとの同期を取るために使用されるのは MMC モードと同じです。データイン信号はホストからカードに対するコマンドの発行、およびカードに対するデータの書き込みに使用されます。また、データアウト信号はカードからホストに対するレスポンスの返信、およびカードからのデータの読み出しに使用されます。データイン、データアウト信号は単方向バスとなります。チップセレクト信号は任意の枚数のカードよりアクセスしたいカードを選択するのに使用されます。SPI モードでは、8 クロック単位でのデータ転送にご注意下さい。

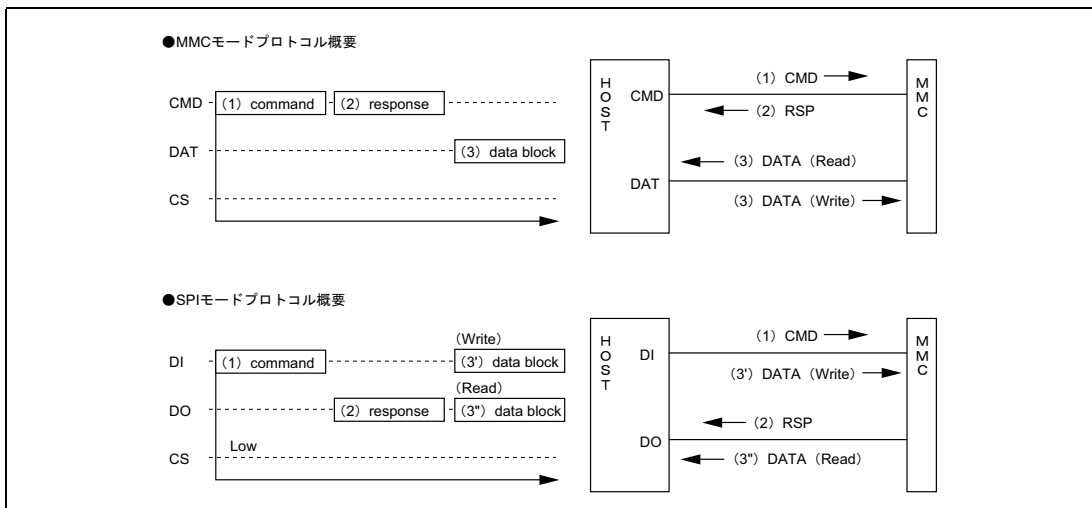


図 2.3 マルチメディアカードプロトコル概要

2.2.4 転送モード

図 2.4 にマルチメディアカードの MMC モード時のデータ転送モードを、図 2.5 に SPI モードの時データの転送モードを示します。転送モードには、シングルブロック転送、マルチブロック転送、ストリーム転送の 3 通りがあります。また、マルチブロック転送には、転送開始後に停止コマンド（SPI モードのライトでは、停止コマンドの代わりに STOP Tran Token を使用）で、転送を終了する Open-ended Multiple block read/write と、転送時のブロック数を事前にコマンドで指定する、Multiple block read/write with predefined block count の 2 種類があります。

(1) MMC モード

MMC モードはシングルブロック転送、マルチブロック転送、ストリーム転送のすべての転送方法をサポートしています。カードによりデフォルトのブロックサイズが規定されており、シングルブロック転送では 1 コマンドに対応して 1 ブロックの転送が、またマルチブロック転送では 1 コマンドに対して複数ブロックの転送が可能です。当社のマルチメディアカードの場合にはデフォルトのブロックサイズが 512 バイトとなっていますが、ブロックサイズ変更コマンドを使用することで、ブロックサイズを 1 バイト～2048 バイトまで変更可能です。ストリーム転送にはブロックという概念はなく、任意のアドレスからバイト単位で任意のバイト数のデータ転送が可能です。しかしながら、CRC を使用していないため、データの信頼性が必要とされる用途には向かず、また、転送がセクタ単位でないため、DOS 互換 FAT ファイルシステムを使用したシステム等にも不向きです。

(2) SPI モード

SPI モードの転送モードは、従来の MMCA 規格 Ver.2.xx ではシングルブロック転送のみでしたが Ver.3.1（2001 年 6 月発効）からは新たにマルチブロック転送もサポートしています。ブロックサイズの変更は MMC モード同様可能で、当社のマルチメディアカードの場合、1 バイトから 2048 バイトまで設定可能です。

2. 日立マルチメディアカードの概要

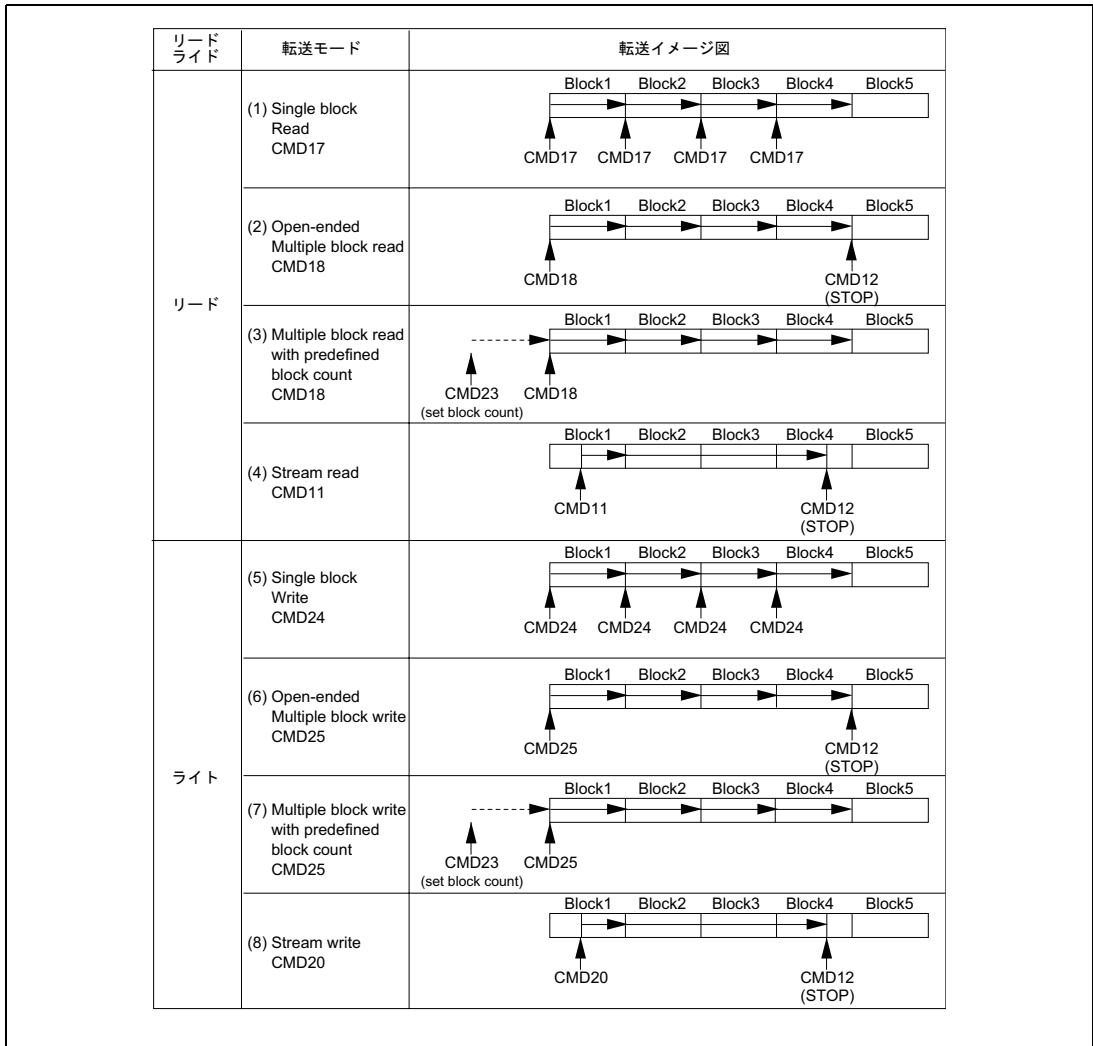


図 2.4 転送モードの概要 (MMC モード)

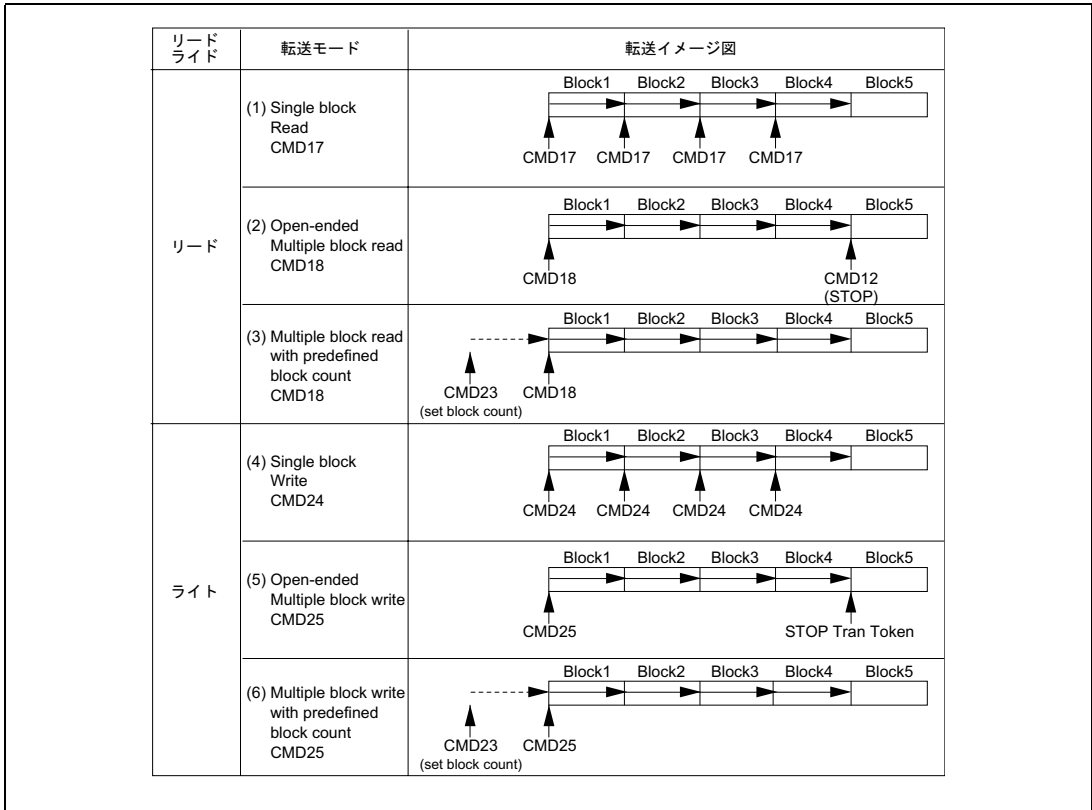


図 2.5 転送モードの概要 (SPI モード)

2.3 CRC

マルチメディアカードのコマンド、レスポンス、データには CRC (Cyclic Redundancy Codes) を付加して転送しています。

CRC をチェックすることで、データの誤転送の検出ができ、検出時にはシステム側で再転送処理を行うなど、システムの信頼性向上が可能となります。

MMC モードでは、ストリーム転送以外の転送モードで CRC は必須で、コマンドには 7 ビット、データには 512 バイトあたりに 16 ビットの CRC が付加されます。

SPI モードでは CRC はオプションです。

2. 日立マルチメディアカードの概要

2.4 レジスタ

表 2.1 にマルチメディアカードの内部レジスタ一覧を示します。

表 2.1 MultiMediaCard™レジスタ一覧

レジスタ名		レジスタ長	レジスタ概要
OCR	動作条件レジスタ	32 ビット	MMC 動作電圧を定義。1 ビットが 100mV。 1 のとき：動作可能範囲。0 のとき：動作不可範囲。
CID	カード識別レジスタ	128 ビット	カード固有の識別情報 製造者名、OEM、個別カード番号など。
RCA	相対カードアドレスレジスタ	16 ビット	ホストによりカード識別のための名称を設定。 0001h から FFFFh (MMC モードのみ)
CSD	カード特性データレジスタ	128 ビット	カード固有の情報を格納。 PCMCIA の CIS に相当。
DSR	ドライバステージレジスタ	16 ビット	MMC のバス駆動能力を設定。オプション。 当社 MMC は未使用。
	ステータスレジスタ	32 ビット	MMC の状態やエラー発生状況の表示。

2.4.1 OCR (Operation conditions register : 動作条件レジスタ)

32 ビット長のレジスタでカードの動作可能範囲を定義しています。100mV 刻みで、動作可能範囲に対応するビットに 1 を立てます。また、カード認識フロー時に、カード内部処理が終了したかをポーリングするための R/B ビットも 1 ビット持っています。表 2.2 に OCR の内容を示します。

表 2.2 OCR (Operation Conditions Register) 内容

OCR bit position	VDD voltage window	Hitachi MMC	
31	card power up status (R/B)	0 : Busy、1 : ready	0 or 8
30 ~ 24	reserved	0	
23	3.5 ~ 3.6	1 ^{*1}	F
22	3.4 ~ 3.5	1	
21	3.3 ~ 3.4	1	
20	3.2 ~ 3.3	1	
19	3.1 ~ 3.2	1	F
18	3.0 ~ 3.1	1	
17	2.9 ~ 3.0	1	
16	2.8 ~ 2.9	1	
15	2.7 ~ 2.8	1	8
14	2.6 ~ 2.7	0 ^{*2}	
13	2.5 ~ 2.6	0	
12	2.4 ~ 2.5	0	
11	2.3 ~ 2.4	0	0
10	2.2 ~ 2.3	0	
9	2.1 ~ 2.2	0	
8	2.0 ~ 2.1	0	
7 ~ 0	reserved	0	—

【注】 *1 1 : Support Voltage

MMCA 規格 Ver.3.1 準拠

*2 0 : Not Support Voltage

2. 日立マルチメディアカードの概要

2.4.2 CID (Card identification number : カード ID レジスタ)

128 ビット長のレジスタで、カードのシリアルナンバーがカードメーカーによって書き込まれます。この CID はすべてのマルチメディアカードでユニークなナンバーであり、MMC モードで、カードを選択するための相対アドレスを割り振るために使用されます。表 2.3 に CID の内容を示します。

表 2.3 CID (Card Identification) 内容

Name	Field	Width	CID-slice	Note
Manufacturer ID	MID	8	[127:120]	1
OEM/Application ID	OID	16	[119:104]	
Product name	PNM	48	[103:56]	
Product revision	PRV	8	[55:48]	
Product serial number	PSN	32	[47:16]	
Manufacturing date	MDT	8	[15:8]	
7-bit CRC checksum	CRC7	7	[7:1]	
not used, always 1	—	1	[0:0]	

【注】 1. MID の値は 0x06 です。

2.4.3 RCA (Relative card address : 相対カードアドレスレジスタ)

- MMC モードのみ使用

16 ビット長のレジスタで、カードに対してアドレスを割り振るために使用されます。0001h から FFFFh のアドレスを付加することが可能です。このレジスタに割り振られたアドレスを使用して、1 枚のカードを選択後、そのカードに対してリード、ライト、イレース等の処理を実施します。

2.4.4 CSD (Card specific data : カード特性レジスタ)

128 ビット長のレジスタで、対応している MMCA スペックバージョン、サポートコマンドクラス、カード容量、アクセス時間、転送単位ブロック長等のカードに関する諸情報を記載してあります。表 2.4 に CSD の内容を示します。

表 2.4 CSD (Card specific data) 内容

Name	Field	Width	CSD-slice	Value	Type
CSD structure	CSD_STRUCTURE	2	[127:126]	"10"	read only
Spec version	SPEC_VERS	4	[125:122]	"0011"	read only
Reserved	—	2	[121:120]	0	read only
Data read access-time-1	TAAC	8	[119:112]	0x0E (1ms)	read only
Data read access-time-2 in CLK cycles (NSAC*100)	NSAC	8	[111:104]	0x01 (100 cycles)	read only
Max. data transfer rate	TRAN_SPEED	8	[103:96]	0x2A (20 Mbit/s)	read only
Card command classes	CCC	12	[95:84]	0x0FF (class 0,1,2,3,4,5,6,7)	read only
Max. read data block length	READ_BLK_LEN	4	[83:80]	0x9 (512 bytes)	read only
Partial blocks for read allowed	READ_BLK_PARTIAL	1	[79:79]	'1' (Enabled)	read only
Write block misalignment	WRITE_BLK_MISALIGN	1	[78:78]	'0' (Disabled)	read only
Read block misalignment	READ_BLK_MISALIGN	1	[77:77]	'0' (Disabled)	read only
DSR implemented	DSR_IMP	1	[76:76]	'0' (Disabled)	read only
Reserved	—	2	[75:74]	0	read only
Device size	C_SIZE	12	[73:62]	* ₁	read only
Max. read current at V _{DD} min	VDD_R_CURR_MIN	3	[61:59]	* ₂	read only
Max. read current at V _{DD} max	VDD_R_CURR_MAX	3	[58:56]	* ₂	read only
Max. write current at V _{DD} min	VDD_W_CURR_MIN	3	[55:53]	* ₂	read only
Max. write current at V _{DD} max	VDD_W_CURR_MAX	3	[52:50]	* ₂	read only
Device size multiplier	C_SIZE_MULT	3	[49:47]	* ₃	read only
Erase group size	ERASE_GRP_SIZE	5	[46:42]	0	read only
Erase group size multiplier	ERASE_GRP_MULT	5	[41:37]	0x0F	read only
Write protect group size	WP_GRP_SIZE	5	[36:32]	0x01 (16 kByte)	read only
Write protect group enable	WP_GRP_ENABLE	1	[31:31]	'1'	read only
Manufacturer default ECC	DEFAULT_ECC	2	[30:29]	0	read only
Write speed factor	R2W_FACTOR	3	[28:26]	2 (4)	read only
Max. write data block length	WRITE_BLK_LEN	4	[25:22]	9 (512 Bytes)	read only
Partial blocks for write allowed	WRITE_BLK_PARTIAL	1	[21:21]	'0'	read only
Reserved	—	5	[20:16]	0	read only
File format group	FILE_FORMAT_GRP	1	[15:15]	x * ₄	read/write
Copy flag (OTP)	COPY	1	[14:14]	x	read/write
Permanent write protection	PERM_WRITE_PROTECT	1	[13:13]	x	read/write
Temporary write protection	TMP_WRITE_PROTECT	1	[12:12]	x	read/write /erase
File format	FILE_FORMAT	2	[11:10]	x	read/write
ECC code	ECC	2	[9:8]	x	read/write /erase
7-bit CRC	CRC7	7	[7:1]	x	read/write /erase
Not used, always 1	—	1	[0:0]	1	read only

2. 日立マルチメディアカードの概要

- 【注】 *1 型名に依存。C_SIZE 参照。
 *2 型名に依存。
 *3 型名に依存。C_SIZE_MULT 参照。
 *4 ×はユーザプログラマブルであることを意味します。

2.4.5 DSR (Driver specific data : ドライバステージレジスタ)

16ビット長のレジスタでカードのバス駆動能力を設定できます。オプションのレジスタで、当社のカードではサポートしていません。

2.4.6 ステータスレジスタ

32ビットのレジスタで、カードの状態やエラー発生状況を表示します。表 2.5 に MMC モードステータスレジスタ表を示します。

表 2.5 MMC モードステータスレジスタ

Bits	Identifier	Type	Value	Description	Clear condition
31	OUT_OF_RANGE	ER	'0' = no error '1' = error	コマンド引数がこのカードに対して許可されている範囲外であった。	C
30	ADDRESS_ERROR	ERX	'0' = no error '1' = error	ブロック長とミスアラインしたアドレスがコマンドで使われていた。	C
29	BLOCK_LEN_ERROR	ER	'0' = no error '1' = error	転送されたブロック長がこのカードに対しては不当であるか、転送されたバイトの数がブロック長と一致しない。	C
28	ERASE_SEQ_ERROR	ER	'0' = no error '1' = error	イレースコマンドのシーケンスでエラーが発生した。	C
27	ERASE_PARAM	EX	'0' = no error '1' = error	イレースをするための、セクタまたはグループの選択状況が不当である。	C
26	WP_VIOLATION	ERX	'0' = not protected '1' = protected	ライトプロテクトブロックにライトしようとした。	C
25	CARD_IS_LOCKED	SX	'0' = card unlocked '1' = card locked	'1'に設定されている時は、カードはホストによってロックされている。	A
24	LOCK_UNLOCK_FAILED	ERX	'0' = no error '1' = error	カードのロック / アンロック操作で、手順またはパスワードのエラーが発生した時か、ロックされたカードにアクセスしようと試みた場合に'1'に設定されます。	C
23	COM_CRC_ERROR	ER	'0' = no error '1' = error	直前のコマンドの CRC チェックが失敗した。	B
22	ILLEGAL_COMMAND	ER	'0' = no error '1' = error	現在のカードのステートではコマンドは不当である。	B
21	CARD_ECC_FAILED	EX	'0' = success '1' = failure	カード内部の ECC が適用されたが、データ訂正が失敗した。	C

2. 日立マルチメディアカードの概要

Bits	Identifier	Type	Value	Description	Clear condition
20	CC_ERROR	ERX	'0' = no error '1' = error	カードの内蔵コントローラのエラー	C
19	ERROR	ERX	'0' = no error '1' = error	オペレーション中に汎用エラーまたは不明エラーが発生した。	C
18	UNDERRUN	EX	'0' = no error '1' = error	ストリームリードモードで、カードがデータ転送を続けることができなくなった。	C
17	OVERRUN	EX	'0' = no error '1' = error	ストリームライトモードで、カードがデータのライトを続けることができなくなった。	C
16	CID_OVERWRITE/ CSD_OVERWRITE	ERX	'0' = no error '1' = error	以下のいずれかのエラーの可能性はある。 <ul style="list-style-type: none"> • CIDレジスタはすでに書き込まれており、オーバーライトは不可能である。 • CSDのリードオンリセクションがカードコンテンツと一致しない。 • copyビット（コピー（COPY='1'）と設定してあるものをオリジナル（COPY='0'）と設定する）またはパーマメントWPビット（ライトプロテクト済み（PERM_WRITE_PROTECT='1'）と設定してあるものをライトプロテクトなし（PERM_WRITE_PROTECT='0'）と設定する）を、'1'から'0'に反転しようとした。 	C
15	WP_ERASE_SKIP	SX	'0' = not protected '1' = protected	ライトプロテクトされたWPブロックがイレース対象領域に存在したため、アドレス空間の一部のみがイレースされた。	C
14	CARD_ECC_DISABLED	SX	'0' = enabled '1' = disabled	コマンドはカード内蔵のECCを使わずに実行された。	A
13	ERASE_RESET	SR	'0' = cleared '1' = set	イレースシーケンス外のコマンドが受信されたため、イレースシーケンスが実行前にクリアされた。	C
12:9	CURRENT_STATE	SX	0 = idle 1 = ready 2 = ident 3 = stby 4 = tran 5 = data 6 = rcv 7 = prg 8 = dis 9-15 = reserved	カードの現在のステート。	B

2. 日立マルチメディアカードの概要

Bits	Identifier	Type	Value	Description	Clear condition
8	BUFFER_EMPTY	SX	'0' = not empty '1' = empty	バスのバッファ空きシグナルに相当する。	A
7:6	reserved		Permanently 0		
5	APP_CMD	SR	'0' = disabled '1' = enabled	カードが APP_CMD コマンドを受付可能かどうか、または受け取ったコマンドを、カードが APP_CMD コマンドだと解釈したかどうかを表す。	C
4:0	reserved		Permanently 0		
3:2	reserved for application specific commands				
1:0	reserved for manufacturer test mode				

2.5 コマンド

2.5.1 コマンド概要

カードの認識処理、リード、ライト、イレース等のすべての処理はホストから発行されるコマンドによりカードに対して命令されます。表 2.6 にコマンド一覧を示します。

表 2.6 マルチメディアカードサポートコマンド一覧

CMD INDEX	略語	内容	MMC モード			SPI モード	
			Type	Argument	Resp.	Argument	Resp.
CMD0	GO_IDLE_STATE	MMC リセット	bc	[31:0] Stuff bits	-	None	R1
CMD1	SEND_OP_COND	MMC R/B ボーリング動作電圧の設定 (MMC モードのみ)	bcr	[31:0] OCR without busy	R2	None	R1
CMD2	ALL_SEND_CID	CID 送信要求	bcr	[31:0] Stuff bits	R3		
CMD3	SET_RELATIVE_ADDR	RCA の設定	ac	[31:16] RCA [15:0] Stuff bits	R1		
CMD4	SET_DSR	DSR の設定	bc	[31:16] DSR [15:0] Stuff bits	—		
CMD7	SELECT/DESELECT_CARD	アクセスする MMC の選択	ac	[31:16] RCA [15:0] Stuff bits	R1b (only from the selected card)		
CMD9	SEND_CSD	CSD 送信要求	ac	[31:16] RCA [15:0] Stuff bits	R2	None	R1
CMD10	SEND_CID	CID 送信要求	ac	[31:16] RCA [15:0] Stuff bits	R2	None	R1
CMD11	READ_DAT_UNTIL_STOP	ストリームリード	adtc	[31:0] data address	R1		
CMD12	STOP_TRANSMISSION	リード、ライトストップコマンド	ac	[31:0] Stuff bits	R1b	None	R1

2. 日立マルチメディアカードの概要

CMD INDEX	略語	内容	MMC モード			SPI モード	
			Type	Argument	Resp.	Argument	Resp.
CMD13	SEND_STATUS	カードステータス要求	ac	[31:16] RCA [15:0] Stuff bits	R1	None	R2
CMD16	SET_BLOCKLEN	リードライトブロック長変更	ac	[31:0] block length	R1	[31:0] block length	R1
CMD17	READ_SINGLE_BLOCK	シングルブロックリード	adtc	[31:0] data address	R1	[31:0] data address	R1
CMD18	READ_MULTIPLE_BLOCK	マルチブロックリード	adtc	[31:0] data address	R1	[31:0] data address	R1
CMD20	WRITE_DAT_UNTIL_STOP	ストリームライト	adtc	[31:0] data address	R1		
CMD23	SET_BLOCK_COUNT	転送ブロック数の指定	ac	[31:16] Set to 0 [15:0] number of blocks	R1	[31:16] Set to 0 [15:0] number of blocks	R1
CMD24	WRITE_BLOCK	シングルブロックライト	adtc	[31:0] data address	R1	[31:0] data address	R1
CMD25	WRITE_MULTIPLE_BLOCK	マルチブロックライト	adtc	[31:0] data address	R1	[31:0] data address	R1
CMD26	PROGRAM_CID	CID のプログラム	adtc	[31:0] Stuff Bits	R1		
CMD27	PROGRAM_CSD	CSD のプログラム	adtc	[31:0] Stuff Bits	R1	None	R1
CMD28	SET_WRITE_PROT	プロテクトの設定	ac	[31:0] data address	R1b	[31:0] data address	R1b
CMD29	CLR_WRITE_PROT	プロテクトの解除	ac	[31:0] data address	R1b	[31:0] data address	R1b
CMD30	SEND_WRITE_PROT	プロテクトビットステータスの送信	adtc	[31:0] write protect data address	R1	[31:0]write protect data address	R1
CMD32	TAG_SECTOR_START	イレーズしたいエリアの最初のセクタを設定	ac	[31:0] data address	R1	[31:0] data address	R1
CMD33	TAG_SECTOR_END	イレーズしたいエリアの最後のセクタを設定	ac	[31:0] data address	R1	[31:0] data address	R1
CMD34	UNTAG_SECTOR	イレーズエリアの中でイレーズしないセクタを設定	ac	[31:0] data address	R1	[31:0] data address	R1
CMD35	TAG_ERASE_GROUP_START	イレーズしたいエリアの最初のグループを設定	ac	[31:0] data address	R1	[31:0] data address	R1

2. 日立マルチメディアカードの概要

CMD INDEX	略語	内容	MMC モード			SPI モード	
			Type	Argument	Resp.	Argument	Resp.
CMD36	TAG_ERASE_GROUP_END	イレーズしたいエリアの最後のグループを設定	ac	[31:0] data address	R1	[31:0] data address	R1
CMD37	UNTAG_ERASE_GROUP	イレーズエリアの中でイレーズしないグループを設定	ac	[31:0] data address	R1	[31:0] data address	R1
CMD38	ERASE	選択済のエリアを消去	ac	[31:0] stuff bits	R1b	[31:0] stuff bits	R1b
CMD42	LOCK_UNLOCK	パスワードの設定	adtc	[31:0] stuff bits	R1b	[31:0] stuff bits	R1b
CMD58	READ_OCR	OCR (動作電圧) 情報のリード				None	R3
CMD59	CRC_ON_OFF	CRC 仕様の ON/OFF				[31:1] stuff bits [0:0] CRC option	R1

MMC モードでは以下のような 4 種類のコマンドタイプが定義されています。

- (a) ブロードキャストコマンド (bc: broadcast command)

CMD ラインからバス上のすべてのカードに対して発行されるコマンドで、カードからのレスポンスはありません。

- (b) レスポンス付きブロードキャストコマンド (bcr: broadcast command with response)

CMD ラインからバス上のすべてのカードに対して発行されるコマンドで、CMD ラインからバス上のすべてのカードが同時にレスポンスを返します。

- (c) アドレス指定コマンド (ac: addressed (point-to-point) commands)

CMD ラインから指定された特定のカードに対して発行されるコマンドで、CMD ラインから指定された特定のカードがレスポンスを返します。

- (d) アドレス指定データ送信コマンド (adtc: addressed (point-to-point) data transfer commands)

CMD ラインから指定された特定のカードに対して発行されるコマンドで、CMD ラインから指定された特定のカードがレスポンスを返した後に、DAT ラインを通してデータ転送が行われます。

(1) コマンドフォーマット

表 2.7 にコマンドフォーマットを示します。コマンドはスタートビット 1 ビット "0" 固定、トランスファービット 1 ビット 1 固定、コマンド部 6 ビット、アーギュメント部 4 バイト (32 ビット)、CRC 部 7 ビット、エンドビット 1 ビット 1 固定の計 48 ビット (6 バイト) で構成されています。アーギュメント部分にそのコマンドを発行するための必要な情報 (カード相対アドレス、リードアドレス、ライトアドレス等) を記載します。

2. 日立マルチメディアカードの概要

2.5.2 MMC モードのコマンド

(1) 基本コマンド (クラス 0)

表 2.9 にコマンドクラス 0 に分類されるコマンドを示します。このクラスには認識シーケンスや内部情報の取得に使用される基本的なコマンドが分類されます。

表 2.9 基本コマンド (クラス 0)

Command Index	Type	Argument	Resp	Abbreviation	Command description
CMD0	bc	[31:0] stuff bits	なし	GO_IDLE_STATE	Ina 状態にあるカードを除く、すべてのカードを Idle 状態にリセットするためのコマンド。 CS 信号を Low にした状態で、本 CMD0 を発行すると、選択されたカードは SPI モードへと遷移します。
CMD1	bcr	[31:0] OCR without busy	R3	SEND_OP_COND	使用カードの動作可能な電圧範囲のチェック、およびカードの内部処理が終了したかをチェックするために使用されます。CMD1 がカードに対して発行されると、カードは OCR (Operation Conditions Register) の値を含む R3 タイプのレスポンスを返します。この OCR 内の個々の 1 ビットが 100mV 範囲 (例: 3.2V ~ 3.3V) に相当しており、1 であれば、その電圧範囲でカードが動作可能である事を示します。また、OCR の最上位 1 ビットはカードの内部処理が終了を確認するための Ready/Busy ポーリングを行うために使用されます。
CMD2	bcr	[31:0] stuff bits	R2	ALL_SEND_CID	CMD2 が発行されるとすべての Ready 状態のカードは同タイミングで一斉に CID 情報を 1 ビットずつ、CMD ラインへと送信を開始します。CMD ラインはオープンドレインアーキテクチャとなっており、それぞれのカードが、転送 1 ビット毎に CMD ラインバスの状態と自身の CID 値を比較して、異なる場合はそこで CID の送信を中止して Ready 状態へと戻ります。この結果、最終的には CID 値の一番小さなカードが、最後まで自身の CID 値の送信を成し遂げ、唯一 1 枚選択されて Identification 状態へと遷移します。

2. 日立マルチメディアカードの概要

Command Index	Type	Argument	Resp	Abbreviation	Command description
CMD3	ac	[31:16] RCA [15:0] stuff bits	R1	SET_RELATIVE_ADDR	CMD2 によって Identification 状態へと遷移したカードに対して相対カードアドレス (RCA) を設定します。RCA を設定されたカードは Standby 状態へと遷移し、以降の CMD2、CMD3 に対して応答しなくなります。
CMD4	bc	[31:16] DSR [15:0] stuff bits	なし	SET_DSR	DSR (Driver State Register) をプログラムするために使用されます。当社 MMC では DSR をサポートしていません。
CMD7	ac	[31:16] RCA [15:0] stuff bits	R1 (select card only)	SELECT/DESELECT_CARD	1 枚のカードを選択して Stand-by から Transfer 状態へと遷移させます。Transfer 状態へは 1 枚のカードしか遷移できず、そのカードのみが、その後のリード、ライト、イレース等のコマンドに反応します。すでに 1 枚 Transfer 状態へと選択されているとき、別のカードを選択した場合には、新規選択のカードが新たに Transfer 状態へと遷移して、代わりに前に選択されていたカードは Stand-by 状態へと戻ります。RCA=0000h にて CMD7 発行時にはすべての Transfer 状態選択カードを、Stand-by 状態に戻すために予約されています。
CMD9	ac	[31:16] RCA [15:0] stuff bits	R2	SEND_CSD	RCA で指定されたカードの CSD 情報の読み出しに使用します。
CMD10	ac	[31:16] RCA [15:0] stuff bits	R2	SEND_CID	RCA で指定されたカードの CID 情報の読み出しに使用します。
CMD12	ac	[31:0] stuff bits	R1b	STOP_TRANSMISSION	ストリームリード、マルチリード、ストリームライト、マルチライトのコマンドの処理を強制的に停止するためのコマンド。
CMD13	ac	[31:16] RCA [15:0] stuff bits	R1	SEND_STATUS	アドレス指定したカードにステータスレジスタの内容を送信するよう要求するコマンド。ステータスレジスタには、カードに起きたエラーの内容やカードの状態等を格納しています。
CMD15	ac	[31:16] RCA [15:0] stuff bits	なし	GO_INACTIVE_STATE	カードを Inactive 状態にするためのコマンドです。

2. 日立マルチメディアカードの概要

(2) ストリームリードコマンド (クラス 1)

表 2.10 にコマンドクラス 1 に分類されるコマンドを示します。このクラスにはストリームリードコマンドが分類されます。

表 2.10 ストリームリードコマンド (クラス 1)

Command Index	Type	Argument	Resp	Abbreviation	Command description
CMD11	adtc	[31:0] data address	R1	READ_DAT_UNTIL_ STOP	STOP_TRANSMISSION コマンドが送信されるまでの間、与えられたアドレスから始まるデータストリームを、カードより読み出すためのコマンド。

(3) ブロックリードコマンド (クラス 2)

表 2.11 にコマンドクラス 2 に分類されるコマンドを示します。このクラスにはブロックリードに関連したコマンドが分類されます。

表 2.11 ブロックリードコマンド (クラス 2)

Command Index	Type	Argument	Resp	Abbreviation	Command description
CMD16	ac	[31:0] block length	R1	SET_BLOCKLEN	以後の CMD17 (シングルブロックリード)、CMD18 (マルチブロックリード)、CMD24 (シングルブロックライト)、CMD25 (マルチブロックライト) 使用時の転送ブロック長を変更するためのコマンド。
CMD17	adtc	[31:0] data address	R1	READ_SINGLE_ BLOCK	Argument で指定したアドレスから、CMD16 で設定されたブロック長 (未設定の場合はデフォルトの 512 バイト) のデータをカードから読み出すためのコマンド。
CMD18	adtc	[31:0] data address	R1	READ_MULTIPLE_ BLOCK	Argument で指定したアドレスから、CMD16 で設定されたブロック長 (未設定の場合はデフォルトの 1 ブロック 512 バイト) のデータをカードから連続し、ストップコマンド (CMD12) が入力されるまで複数ブロック読み出すためのコマンド。

・ CMD16

当社 MMC では、CMD16 を使用することで、転送ブロックサイズを 1 ~ 2048 バイトの間のバイト単位で変更可能です。

例) Argument=00 00 00 20h 32 バイト単位転送。

なお、一度変更したブロックサイズは再度CMD16でブロックサイズを変更するまで、またはCMD0でリセットされるまで有効です。また、本コマンド未使用時にはデフォルトのブロックサイズ512バイトでデータ転送されます。

当社MMCではCSDレジスタ値にREAD_BLK_PARTIAL=1と設定されているため、本CMD16を使用して転送ブロックサイズを変更しておけば、CMD17、CMD18のブロックリード系のコマンド使用時には変更後のブロックサイズ単位でデータの読み出しが可能となります。

ただし、当社MMCではCSDレジスタ値にWRITE_BLK_PARTIAL=0と設定されているため、本CMD16を使用して転送ブロックサイズを変更しておいても、CMD24、CMD25のブロックライト系のコマンド使用時にはブロックサイズは変更されず、512バイト固定で書き込まれます。

・ CMD17

当社MMCでは、CSDでREAD_BLK_MISALIGN=0と設定されているため、リードデータブロックは物理的ブロック境界線を超えることはできません。リードデータ範囲が物理境界にかからないように、スタートアドレスおよびブロックサイズの変更をしてください。物理ブロック境界はアドレス0000hから0800h毎（2048バイト毎）に存在します。物理ブロック境界にまたがるブロックデータを読み込もうとした場合には、レスポンスにエラービットが立ちます。図2.6にスタートアドレスの設定例を示します。

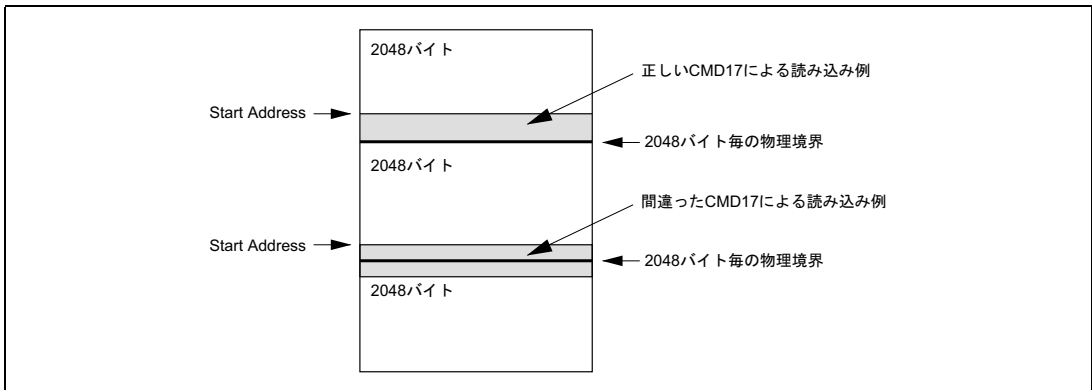


図 2.6 CMD17 使用時のスタートアドレス設定例

・ CMD18

CMD17と同様に、当社MMCでは、CSDでREAD_BLK_MISALIGN=0と設定されているため、マルチブロックリードで読み出される、各データブロックそれぞれは物理的ブロック境界線を超えることはできません。各データブロックそれぞれが物理境界にかからないように、スタートアドレスおよびブロックサイズの変更をしてください。物理ブロック境界はアドレス0000hから0800h毎（2048バイト毎）に存在します。物理ブロック境界にまたがるブロックデータを読み込もうとした場合には、レスポンスにエラービットが立ちます。図2.7にスタートアドレスの設定例を示します。

2. 日立マルチメディアカードの概要

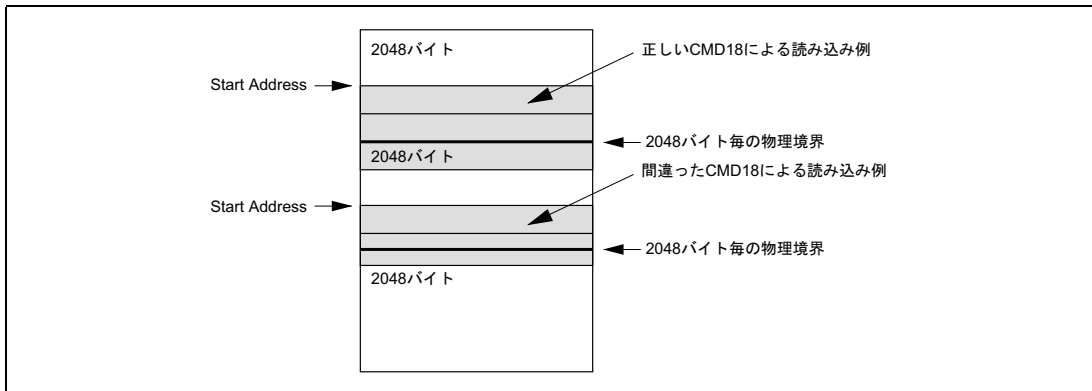


図 2.7 CMD18 使用時のスタートアドレス設定例

(4) ストリームライトコマンド (クラス 3)

表 2.12 にコマンドクラス 3 に分類されるコマンドを示します。このクラスにはストリームライトコマンドが分類されます。

表 2.12 ストリームライトコマンド (クラス 3)

Command Index	Type	Argument	Resp	Abbreviation	Command description
CMD20	adtc	[31:0] data address	R1	WRITE_DAT_ UNTIL_STOP	ストップトランSMissionコマンド (CMD12) が発行されるまでの間、与えられたアドレスから始まるデータストリームを、カードへ書き込む。

(5) ブロックリード/ライトコマンド (クラス 2/4)

表 2.13 にコマンドクラス 2/4 の両方に所属するコマンドを示します。コマンドクラス 2/4 の両方に所属するコマンドは、コマンド 16、コマンド 23 の 2 種類ですが、弊社 MMC では CSD レジスタ値に WRITE_BLK_PARTIAL=“0” と設定されているため、CMD16 を使用して転送ブロックサイズを変更しても、CMD24、CMD25 のブロックライト系のコマンド使用時にはブロックサイズは変更されず、512Byte 固定で書き込まれます。コマンド 16 は (3) ブロックリードコマンド内で説明しているため、ここではコマンド 23 のみを記載します。

このコマンド 23 は従来の MMCA 規格 Ver.2.xx から Ver.3.1 (2001 年 6 月発効) の改訂で新たに追加されたコマンドです。

表 2.13 ブロックリード/ライトコマンド (クラス 2/4)

Command Index	Type	Argument	Resp	Abbreviation	Command description
CMD23	ac	[31:16] set to 0 [15:0] number of blocks	R1	SET_BLOCK_ COUNT	直後の CMD18 (マルチブロックリード)、CMD25 (マルチブロックライト) 使用時に転送するブロック数を指定するためのコマンド。

(6) ブロックライトコマンド (クラス4)

表 2.14 にコマンドクラス 4 に分類されるコマンドを示します。このクラスにはブロックライト関係のコマンドが分類されています。

表 2.14 ブロックライトコマンド (クラス4)

Command Index	Type	Argument	Resp	Abbreviation	Command description
CMD24	adtc	[31:0] data address	R1	WRITE_BLOCK	Argument で指定したアドレスから、CMD16 で設定されたブロック長 (未設定の場合はデフォルトの 512 バイト) のデータをカードに書き込むためのコマンド。ただし、当社 MMC はブロック長 512 バイト固定です。
CMD25	adtc	[31:0] data address	R1	WRITE_MULTIPLE_BLOCK	Argument で指定したアドレスから、CMD16 で設定されたブロック長 (未設定の場合はデフォルトの 1 ブロック 512 バイト) のデータを連続して、ストップコマンド (CMD12) が入力されるまで複数ブロック書き込むためのコマンド。ただし、当社 MMC はブロック長 512 バイト固定です。
CMD26	adtc	[31:0] stuff bits	R1	PROGRAM_CID	CID レジスタのプログラミングに使用するコマンド。ただし、出荷前にカードメーカーにより CID を書き込むために 1 回限り使用可能なコマンドで、MMC ホストサイドで使用不可なコマンドです。
CMD27	adtc	[31:0] stuff bits	R1	PROGRAM_CSD	CSD レジスタ内のプログラマブルビットのプログラミングに使用するコマンド。

・ CMD24

当社MMCでは、CSDでWRITE_BLK_PARTIAL=0と設定されているためにライト時のブロック長は512バイト固定です。

当社MMCでは、CSDでWRITE_BLK_MISALIGN=0と設定されているため、ライトデータブロックは物理的ブロック境界線を超えることはできません。ライトデータ範囲が物理境界にかからないように、スタートアドレスの設定をしてください。物理ブロック境界はアドレス0000hから0800h毎 (2048バイト毎) に存在します。物理ブロック境界にまたがるブロックデータを書き込もうとした場合には、レスポンスにエラービットが立ちます。図2.8にスタートアドレスの設定例を示します。

2. 日立マルチメディアカードの概要

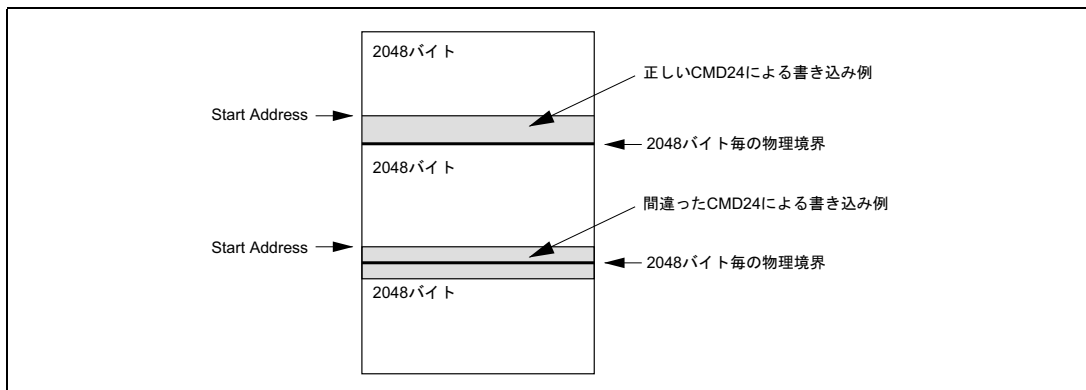


図 2.8 CMD24 使用時のスタートアドレス設定例

・ CMD25

CMD24と同様に、当社MMCでは、CSDでWRITE_BLK_MISALIGN=0と設定されているため、マルチブロックライトで書き込まれる各データブロックそれぞれは物理的ブロック境界線を超えることはできません。各データブロックそれぞれが物理境界にかからないように、スタートアドレスの設定をしてください。物理ブロック境界はアドレス0000hから0800h毎（2048バイト毎）に存在します。物理ブロック境界にまたがるブロックデータを書き込もうとした場合には、レスポンスにエラービットが立ちます。図2.9にスタートアドレスの設定例を示します。

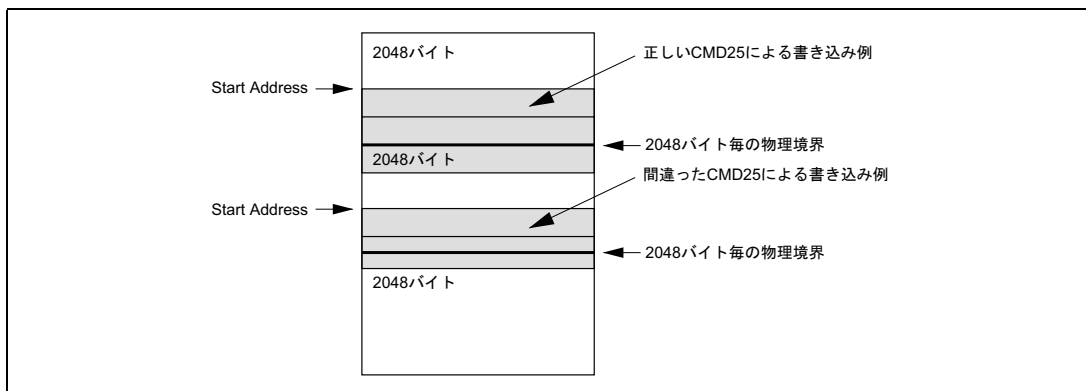


図 2.9 CMD25 使用時のスタートアドレス設定例

当社MMCの内部構造は512バイト×4のバッファ、2kバイトのフラッシュが1ユニットとなっています。Flash への実際の書き込みは2kバイト単位で行われ、それまでは内部のバッファにデータが一時保管されます。このためマルチブロックを使用した際の各ブロックの書き込み時間（Busy期間）は、バッファ書き込み時は短く、2kバイト毎にフラッシュに書き込みが発生するタイミングでBusy期間が長くなります。図2.10に各転送ブロック毎のBusy時間目安を示します。

2. 日立マルチメディアカードの概要

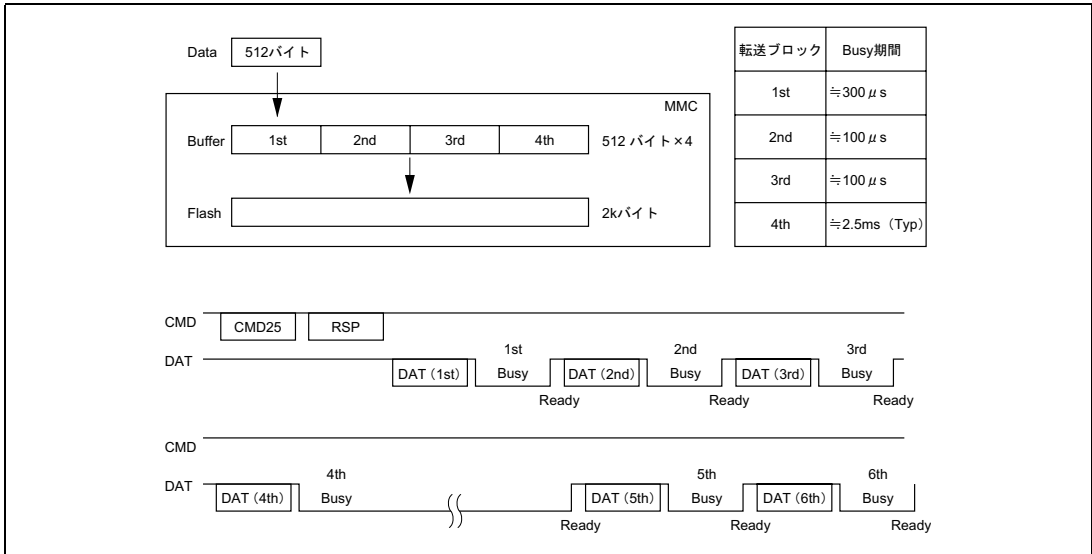


図 2.10 各転送ブロック毎の Busy 時間概念

当社MMCでは2048バイト単位（アドレス0000h、0800h、1000h、1800h・・・）にフラッシュ書き込みの物理境界が存在し、この単位ごとに書き込みが行われます。したがって、図2.11に示すように同じ512バイト×4の2048バイトのデータをマルチブロックライト（CMD25）を使用して書き込もうとした場合に、（A）のように2048バイトの物理境界内に収まるようなアドレス（0000h）から書き込んだ場合と、（B）のように物理境界にまたがるように書き込んだ場合（0400h）では、内部バッファからフラッシュに書き込む処理が（A）では1回、（B）では2回となります。高速化を計るためには、データを書き込む際には2048バイトの物理境界を考慮したアドレス（0000h、0800h、1000h、1800h・・・）から書き込んでください。

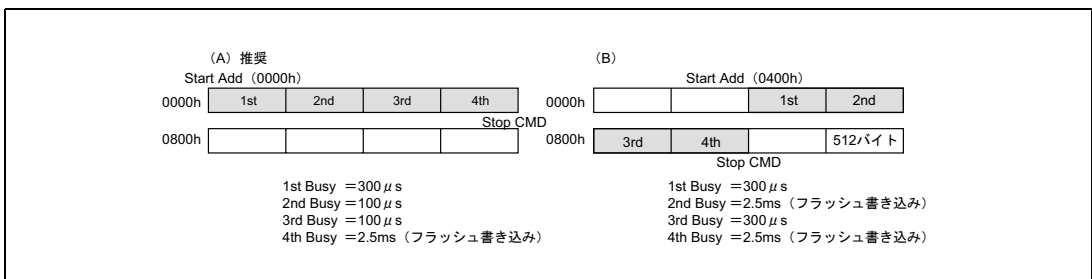


図 2.11 マルチブロックスタートアドレス設定推奨例

前述のようにマルチブロックライトを使用した場合に、バッファに書き込むだけの処理となるか、フラッシュへの書き込みが生じるかで大きくBusy時間が異なります。データ転送後にDAT線がBusyとなり、ホストはReadyとなるまでポーリングをすることになりますが、このポーリングの間隔をフラッシュへ書き込みが生じるタイミングのBusy期間に合わせて行くと、無駄な時間が生じますので、ポーリングは内部バッファへの書き込み時のBusy期間に合わせて充分短い間隔で行うようにしてください。

2. 日立マルチメディアカードの概要

(7) イレースコマンド (クラス 5)

表 2.15 にコマンドクラス 5 に分類されるコマンドを示します。このクラスにはイレース関係のコマンドが分類されています。

表 2.15 イレースコマンド (クラス 5)

Command Index	Type	Argument	Resp	Abbreviation	Command description
CMD32	ac	[31:0] data address	R1	TAG_SECTOR_START	イレースグループ内の連続してイレースしたい範囲の最初のセクタのアドレスを設定。
CMD33	ac	[31:0] data address	R1	TAG_SECTOR_END	イレースグループ内の連続してイレースしたい範囲の最終のセクタのアドレスを設定。 CMD32 で設定したセクタと同一でも可。
CMD34	ac	[31:0] data address	R1	UNTAG_SECTOR	イレースグループ内の連続してイレースしたい範囲の中の任意のセクタの消去を解除。
CMD35	ac	[31:0] data address	R1	TAG_ERASE_GROUP_START	連続して消去したい範囲の最初のイレースグループのアドレスを設定。
CMD36	ac	[31:0] data address	R1	TAG_ERASE_GROUP_END	連続して消去したい範囲の最後のイレースグループのアドレスを設定。 CMD35 で設定したイレースグループと同一でも可。
CMD37	ac	[31:0] data address	R1	UNTAG_ERASE_GROUP	連続してイレースしたいイレースグループ群のなかの 1 つのイレースグループの消去を解除。
CMD38	ac	[31:0] stuff bits	R1b	ERASE	設定した範囲の消去実行。

セクタ単位に消去を実施するには図 2.12 に示すような、フローに従いコマンド発行をします。コマンド発行順はこの順番でなくてはなりません。当社 MMC のイレースグループサイズは CSD に 8k バイトと設定してあります。イレースグループ間にまたがるセクタ消去はできません。また、イレースグループ単位消去を実行時には図 2.13 に示すようなフローに従いコマンドを発行します。セクタイレース同様にコマンド発行順はこの順番でなくてはなりません。

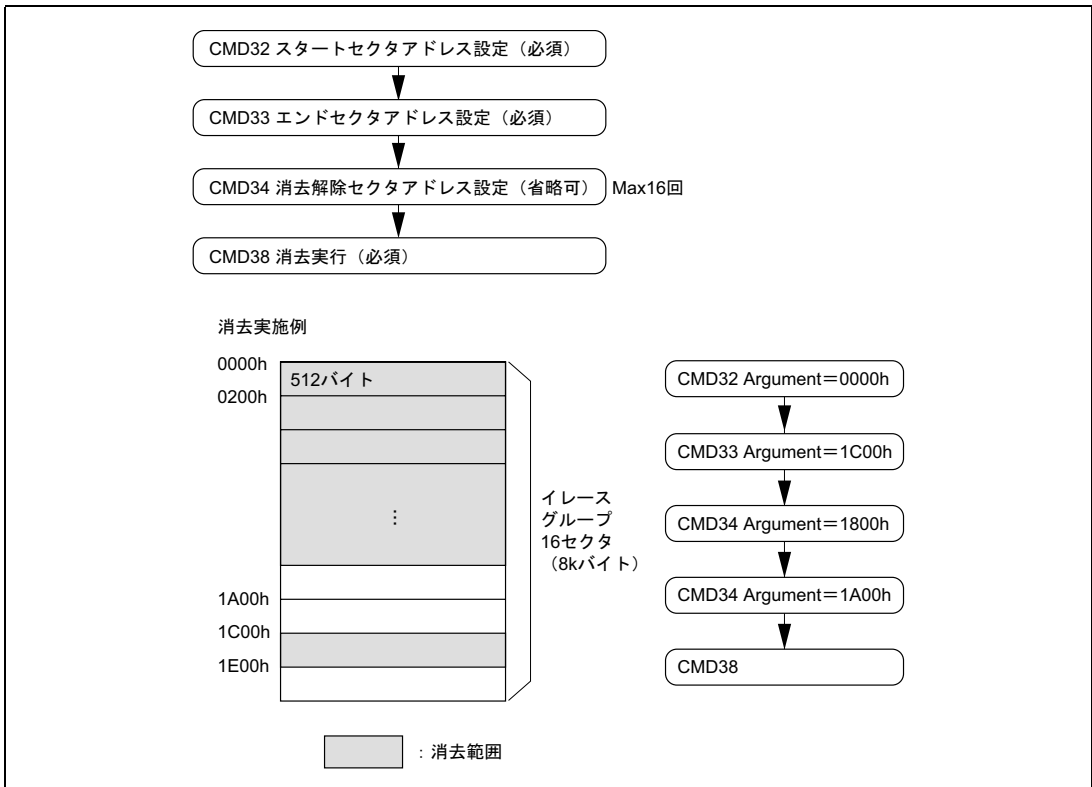


図 2.12 セクタ単位消去フロー

2. 日立マルチメディアカードの概要

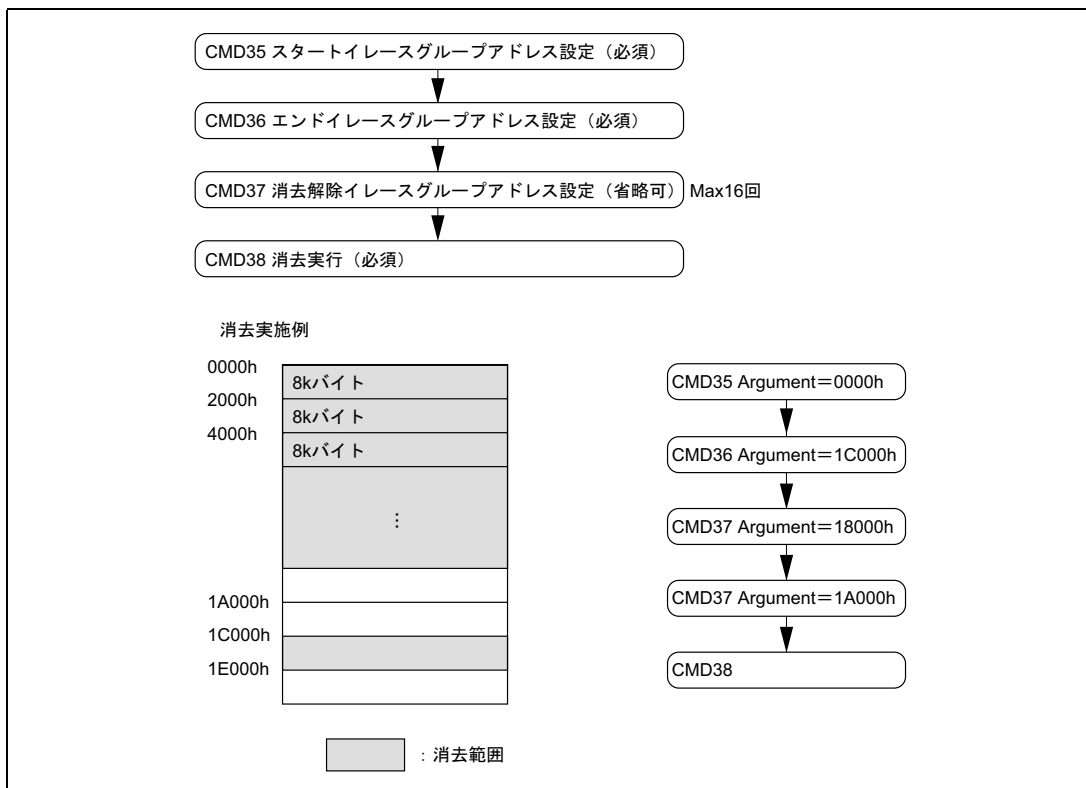


図 2.13 ブロック単位消去フロー

(8) ライトプロテクトコマンド (クラス 6)

表 2.16 にコマンドクラス 6 に分類されるコマンドを示します。このクラスにはライトプロテクト関係のコマンドが分類されています。

表 2.16 ライトプロテクトコマンド (クラス 6)

Command Index	Type	Argument	Resp	Abbreviation	Command description
CMD28	ac	[31:0] data address	R1b	SET_WRITE_PROT	カードがライトプロテクトの機能を持っている場合に、アドレス指定されたグループのライトプロテクトビットを設定します。
CMD29	ac	[31:0] data address	R1	CLR_WRITE_PROT	カードがライトプロテクトの機能を持っている場合に、アドレス指定されたグループのライトプロテクトビットを解除します。
CMD30	adtc	[31:0] write protect data address	R1	SEND_WRITE_PROT	カードがライトプロテクトの機能を持っている場合に、カードにライトプロテクトビットのステータスの送信要求をします。

当社 MMC では、CSD の WP_GRP_SIZE=1 と設定されています。ライトプロテクトグループサイズは、
 $(1 + \text{WP_GRP_SIZE}) \times \text{ERASE_GRP_SIZE}$
 で規定されますので 16k バイトとなります。

したがって、16k バイト単位に、CMD28 を使用してのライトプロテクトの設定、CMD29 を使用してのライトプロテクトの解除ができます。図 2.14 にライトプロテクトブロックの例を示します。Argument = 4000h で CMD28 を発行すれば、図中のエリアにプロテクトがかかります。

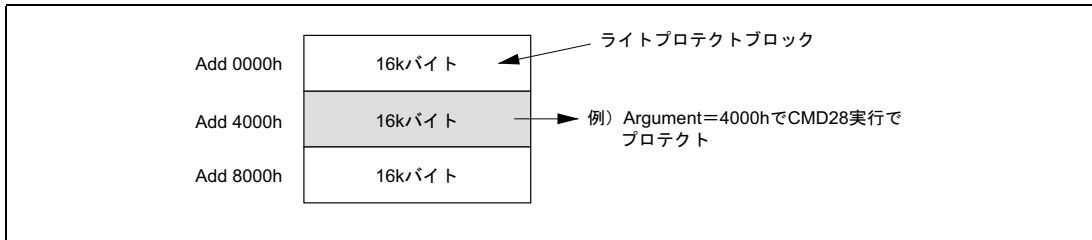


図 2.14 ライトプロテクトブロック例

カード全体をイレースやライトに対してプロテクトしたい場合は、CSD レジスタの PERM_WRITE_PROTECT、または TMP_WRITE_PROTECT に 1 をセットします。（デフォルトはそれぞれ 0 となっています。）

PERM_WRITE_PROTECT はカスタマーにより 1 回限り設定可能で、1 度設定したら恒久的にイレースおよびライトからプロテクトされます。これに対して TMP_WRITE_PROTECT はテンポラリーにプロテクト可能で、何度でも設定、解除が可能です。

CMD30（センドライトプロテクション）を使用することで、ライトプロテクトビットのステータスを読み取ることができます。図 2.15 にライトプロテクトビットステータスの送信例を示します。通常、読み取りできる範囲は、指定したアドレスから 32 プロテクトグループ分で、指定したアドレスのプロテクトグループのステータスが最終データとして、シングルリードと同じ方法で出力されます。

また、指定したアドレスに相当するライトプロテクトグループから後のライトプロテクトグループが 32 ライトプロテクトグループ分存在しない場合は、存在しないライトプロテクトグループのライトプロテクトビットは 0 で出力されます。

(9) ロックカードコマンド (クラス7)

表 2.17 にコマンドクラス 7 に分類されるコマンドを示します。このクラスにはカードをパスワードでロックするためのコマンドが分類されています。

表 2.17 ロックカードコマンド (クラス7)

Command Index	Type	Argument	Resp	Abbreviation	Command description
CMD42	adtc	[31:0] stuff bits	R1b	LOCK_UNLOCK	パスワードの設定 / 消去またはカードのロック / アンロックに使用します。パスワードによりロックしたカードは、ロックを解除するまでは、データのリード / ライトができなくなります。パスワード長は 128 ビットまでの範囲で設定可能です。

パスワードによる保護機能を使用することで、カードをロックすることが可能となります。ロックされたカードは基本コマンドクラス (Class0) とロックカードコマンドクラス (Class7) のコマンドに対してのみレスポンスを返します。つまり、初期化、識別、選択、状態の問い合わせ、およびロックに関わるコマンドのみ使用可能で、カード内のデータのリード、ライト、イレースはできなくなります。パスワード情報、ロック情報は不揮発性の情報で、電源再投入操作により内容が消えることは無く、保持されます。

表 2.18 にカードロックに使用されるレジスタを示します。

表 2.18 カードロックに使用されるレジスタ

Byte#	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
0	Reserved				ERASE	LOCK_UNLOCK	CLR_PWD	SET_PWD
1	PWD_LEN							
...	Password data (Max128Bit)							
PWD_LEN + 1								

【注】 ERASE : カード内のデータを全て強制的にイレースする場合にセットします。

1: 強制イレース実行。

LOCK_UNLOCK : カードのロックおよび アンロックする場合にセットします。

1: カードをロック。

0: カードをアンロック。

CLR_PWD : パスワードをクリアする場合にセットします。

1: パスワードクリア。

SET_PWD : 新しいパスワードのセットをする場合にセットします。

1: 新しいパスワードを PWD レジスタにセット。

PWD_LEN : パスワードの長さ (バイト単位) です。

PWD : パスワードデータです。

2. 日立マルチメディアカードの概要

(a) パスワードの新規設定方法

- (1) パスワードを設定したいカードを未選択の場合は、CMD7 を使用してカードの選択を行います。
- (2) 設定したいパスワードの長さ (バイト単位で 1 バイト ~ 16 バイトの間で設定可能) を決定します。
- (3) (決定したパスワードバイト長 + 2 バイト) のデータ転送ができるように、CMD16 を使用してブロック長の変更を行います。
- (4) カードロック / アンロックコマンド (CMD42) とデータブロックを送信します。
送信時にデータブロックの LOCK_UNLOCK ビットに 1 をセットした場合は、本 CMD42 実行直後にカードはロックされます。また、LOCK_UNLOCK ビットに 0 をセットした場合であっても、カードに対して電源を一旦落として、再度電源を投入することで、カードがロックされます。これは、PWD_LEN の内容は現在パスワードがセットされているかどうかを示しており、PWD_LEN の値が 0 でない場合は自動的に電源投入操作後にロックがかかるためです。
- (5) カードはパスワード長 (PWD_LEN) と設定したパスワード (PWD) を保存します。

表 2.19 新規パスワード設定時にカードに送るデータブロック

Byte#	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
0	Reserved				0	LOCK_ UNLOCK	0	1
1	設定したいパスワードバイト長 (PWD_LEN)							
...	新規に設定したいパスワード (PWD)							
PWD_LEN + 1								

(b) パスワードの変更方法

- (1) パスワードを設定したいカードを未選択の場合は、CMD7 を使用してカードの選択を行います。
- (2) 新パスワードの長さ (バイト単位で 1 バイト ~ 16 バイトの間で設定可能) を決定します。
- (3) (旧パスワードのバイト長 + 新パスワードバイト長 + 2 バイト) のデータ転送ができるように、CMD16 を使用してブロック長の変更を行います。
- (4) カードロック / アンロックコマンド (CMD42) とデータブロックを送信します。
送信時にデータブロックの LOCK_UNLOCK ビットに 1 をセットした場合は、本 CMD42 実行直後にカードはロックされます。また、LOCK_UNLOCK ビットに 0 をセットした場合であっても、カードに対して電源を一旦落として、再度電源を投入することで、カードがロックされます。これは、PWD_LEN の内容は現在パスワードがセットされているかどうかを示しており、PWD_LEN の値が 0 でない場合は自動的に電源投入操作後にロックがかかるためです。

表 2.20 パスワード変更時にカードに送るデータブロック

Byte#	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
0	Reserved				0	LOCK_ UNLOCK	0	1
1	新パスワードバイト長 (PWD_LEN)							
...	旧パスワード							
PWD_LEN + 1	+							
	新パスワード							

(c) パスワードのクリア方法

- (1) パスワードをクリアしたいカードを未選択の場合は、CMD7 を使用してカードの選択を行います。
- (2) (設定パスワードバイト長+2 バイト) のデータ転送ができるように、CMD16 を使用してブロック長の変更を行います。
- (3) カードロック / アンロックコマンド (CMD42) とデータブロックを送信します。
- (4) カードは送信されたパスワードバイト長とパスワードがレジスタに保存されていた値と一致する場合に、パスワードをイレースし、パスワード長 (PWD_LEN) に 0 をセットします。このときのパスワード長 0 はパスワード未設定を示します。

表 2.21 パスワードクリア時に転送するデータブロック

Byte#	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
0	Reserved				0	X	1	0
1	設定しているパスワードバイト長 (PWD_LEN)							
...	設定しているパスワード (PWD)							
PWD_LEN + 1								

(d) カードのロック方法

- (1) ロックしたいカードを未選択の場合は、CMD7 を使用してカードの選択を行います。
- (2) (設定パスワードバイト長+2 バイト) のデータ転送ができるように、CMD16 を使用してブロック長の変更を行います。
- (3) カードロック / アンロックコマンド (CMD42) とデータブロックを送信します。
- (4) カードは送信されたパスワードバイト長とパスワードがレジスタに保存されていた値と一致する場合に、カードをロックして、コマンドに対するレスポンスで、CARD_IS_LOCKED = 1 を返します。

表 2.22 カードロック時に転送するデータブロック

Byte#	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
0	Reserved				0	1	0	0
1	設定しているパスワードバイト長 (PWD_LEN)							
...	設定しているパスワード (PWD)							
PWD_LEN + 1								

2. 日立マルチメディアカードの概要

(e) カードのアンロック方法

- (1) アンロックしたいカードを未選択の場合は、CMD7 を使用してカードの選択を行います。
- (2) (設定パスワードバイト長+2バイト)のデータ転送ができるように、CMD16 を使3してブロック長の変更を行います。
- (3) カードロック/アンロックコマンド (CMD42) とデータブロックを送信します。
- (4) カードは送信されたパスワードバイト長とパスワードがレジスタに保存されていた値と一致する場合に、カードをアンロックして、コマンドに対するレスポンスで、CARD_IS_LOCKED=0 を返します。

【注】 カードがアンロックの状態を維持するのは、あくまでカードに対して電源が ON の状態中のみです。カードの電源を一度落として再度電源を投入した場合には、再び自動的にロックされます。恒久的にロックを解除するためには前述のパスワードを消去する必要があります。

表 2.23 カードアンロック時に転送するデータブロック

Byte#	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
0	Reserved				0	0	0	0
1	設定しているパスワードバイト長 (PWD_LEN)							
...	設定しているパスワード (PWD)							
PWD_LEN + 1								

(f) データの強制イレース方法

カードのパスワード情報を忘れた場合に、カード内の全データと共にパスワードの内容を消去することができます。

- (1) データの強制イレースしたいカードを未選択の場合は、CMD7 を使用してカードの選択を行います。
- (2) 1バイトのデータ転送ができるように、CMD16 を使用して転送ブロック長を1バイトに変更します。
- (3) カードロック/アンロックコマンド (CMD42) とデータブロックを送信します。
- (4) カードはパスワード長レジスタ、パスワードレジスタを含むすべてのデータ領域を消去し、ロックされていたカードはロックされていない状態となります。

表 2.24 パスワードクリア時に転送するデータブロック

Byte#	Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0
0	Reserved				1	0	0	0

2.5.3 SPI モードのコマンド

SPI のコマンド一覧を表 2.25 に示します。MMC モードコマンドとの主な違いは、CMD1 で OCR レジスタの値を読み出せないために、CMD58 が OCR の読み出しのためにアサインされている点、SPI モードはデフォルトで CRC がオフとなっているために、CRC オンするための CMD59 がアサインされている点です。他のコマンドではレスポンスの形態は違いますが、コマンドの機能や発行形態は MMC モードコマンドと同一です。

2. 日立マルチメディアカードの概要

表 2.25 SPI モードコマンド一覧

Command Index	Type	Argument	Resp	Abbreviation	Command description
CMD0	Yes	None	R1	GO_IDLE_STATE	カードのリセットに使用するコマンドです。 CS 信号を Low にした状態で、本 CMD0 を発行すると、選択されたカードは SPI モードへと遷移します。CMD0 発行後に発行可能なコマンドは CMD1 と CMD58 のみです。
CMD1	Yes	None	R1	SEND_OP_COND	カードの初期化完了を監視するために使用します。レスポンス R1 が 01h (Busy) から 00h (Ready) になるまで、ホストは CMD1 でポーリングを続けてください。MMC モードのときの CMD1 のように電源電圧範囲のやり取りはありませんので、電源電圧範囲を確認したい場合は、CMD58 (Read_OCR) を利用してください。
CMD2	No				
CMD3	No				
CMD4	No				
CMD5	Reserved				
CMD6	Reserved				
CMD7	No				
CMD8	Reserved				
CMD9	Yes	None	R1	SEND_CSD	RCA で指定されたカードの CSD 情報の読み出しに使用します。
CMD10	Yes	None	R1	SEND_CID	RCA で指定されたカードの CID 情報の読み出しに使用します。
CMD11	No				
CMD12	Yes	None	R1	STOP_TRANSMISSION	マルチリードのコマンド処理を強制的に停止するためのコマンド。
CMD13	Yes	None	R2	SEND_STATUS	選択されているカードにそのステータスレジスタを送信するように命令するためのコマンド。
CMD14	Reserved				
CMD15	No				
CMD16	Yes	[31:0] block length	R1	SET_BLOCKLEN	以後の CMD17 (シングルブロックリード)、CMD24 (シングルブロックライト)、使用時の転送ブロック長を変更するためのコマンド。ただし、当社カードではライト転送ブロックサイズは 512 バイト固定。 発行時の設定例は「MMC モード時の CMD16 説明」を参照願います。

2. 日立マルチメディアカードの概要

Command Index	Type	Argument	Resp	Abbreviation	Command description
CMD17	Yes	[31:0] data address	R1	READ_SINGLE_BLOCK	Argument で指定したアドレスから、CMD16 で設定されたブロック長（未設定の場合はデフォルトの 512 バイト）のデータをカードから読み出すためのコマンド。
CMD18	No	[31:0] data address	R1	READ_MULTIPLE_BLOCK	Argument で指定したアドレスから、CMD16 で設定されたブロック長（未設定の場合はデフォルトの 1 ブロック 512 バイト）のデータをカードから連続し、ストップコマンド（CMD12）が入力されるまで複数ブロック読み出すためのコマンド。
CMD19	Reserved				
CMD20	No				
CMD21 ~ 22	Reserved				
CMD23	Yes	[31:16] set to 0 [15:0] number of blocks	R1	SET_BLOCK_COUNT	直後の CMD18(マルチブロックリード)、CMD25(マルチブロックライト) 使用時に転送するブロック数を指定するためのコマンド。
CMD24	Yes	[31:0] data address	R1	WRITE_BLOCK	Argument で指定したアドレスから、CMD16 で設定されたブロック長（未設定の場合はデフォルトの 512 バイト）のデータをカードに書き込むためのコマンド。ただし、当社 MMC はブロック長 512 バイト固定です。
CMD25	No	[31:0] data address	R1	WRITE_MULTIPLE_BLOCK	Argument で指定したアドレスから、CMD16 で設定されたブロック長（未設定の場合はデフォルトの 1 ブロック 512 バイト）のデータを連続して、ストップコマンド（CMD12）が入力されるまで複数ブロック書き込むためのコマンド。ただし、当社 MMC はブロック長 512 バイト固定です。（但し、MMCA 規格 Ver.3.1 の MM2 シリーズから適用）
CMD26	No				
CMD27	Yes	None	R1b	PROGRAM_CSD	CSD レジスタ内のプログラマブルビットのプログラミングに使用するコマンド。
CMD28	Yes	[31:0] data address	R1b	SET_WRITE_PROT	カードがライトプロテクトの機能を持っている場合に、アドレス指定されたグループのライトプロテクトビットを設定。
CMD29	Yes	[31:0] data address	R1b	CLR_WRITE_PROT	カードがライトプロテクトの機能を持っている場合に、アドレス指定されたグループのライトプロテクトビットを解除。

2. 日立マルチメディアカードの概要

Command Index	Type	Argument	Resp	Abbreviation	Command description
CMD30	Yes	[31:0] write protectdata address	R1	SEND_WRITE_PROT	カードがライトプロテクトの機能を持っている場合に、カードにライトプロテクトビットのステータスの送信要求をします。
CMD31	Reserved				
CMD32	Yes	[31:0] data address	R1	TAG_SECTOR_START	イレースグループ内の連続してイレースしたい範囲の最初のセクタのアドレスを設定。
CMD33	Yes	[31:0] data address	R1	TAG_SECTOR_END	イレースグループ内の連続してイレースしたい範囲の最終のセクタのアドレスを設定。CMD32 で設定したセクタと同一でも可。
CMD34	Yes	[31:0] data address	R1	UNTAG_SECTOR	イレースグループ内の連続してイレースしたい範囲の中の任意のセクタの消去を解除。
CMD35	Yes	[31:0] data address	R1	TAG_ERASE_GROUP_START	連続して消去したい範囲の最初のイレースグループのアドレスを設定。
CMD36	Yes	[31:0] data address	R1	TAG_ERASE_GROUP_END	連続して消去したい範囲の最後のイレースグループのアドレスを設定。CMD35 で設定したイレースグループと同一でも可。
CMD37	Yes	[31:0] data address	R1	UNTAG_ERASE_GROUP	連続してイレースしたいイレースグループ群のなかの 1 つのイレースグループの消去を解除。
CMD38	Yes	[31:0] stuff bits	R1b	ERASE	設定した範囲の消去実行。
CMD39	No				
CMD40	No				
CMD41	Reserved				
CMD42	Yes	[31:0] stuff bits	R1b	LOCK_UNLOCK	パスワードの設定 / 消去またはカードのロック / アンロックに使用します。パスワードによりロックしたカードは、ロックを解除するまでは、データのリード / ライトができなくなります。パスワード長は 128 ビットまでの範囲で設定可能です。
CMD43 - 57	Reserved				
CMD58	Yes	None	R3	READ_OCR	OCR レジスタの内容をリードするためのコマンド。

2. 日立マルチメディアカードの概要

Command Index	Type	Argument	Resp	Abbreviation	Command description
CMD59	Yes	[31:1] stuff bits [0:0] CRC option	R1	CRC_ON_OFF	CRC オプションを ON、OFF するためのコマンド。SPI モードはデフォルトでは CRC オフのために、オンする時に本コマンドを使用。 <ul style="list-style-type: none"> ・ CRC オプションビット = 1 CRC オン ・ CRC オプションビット = 0 CRC オフ
CMD60	No				

2.6 レスポンス

コマンドがホストからカードに対して発行されると、これを受けてカードはホストに対して、コマンド毎に規定されたフォーマットのレスポンスを返します。そのフォーマットは使用インタフェースが MMC モードか SPI モードかで異なります。表 2.26 に MMC モードのレスポンスフォーマットを、表 2.27 に SPI モードのレスポンスフォーマットを示します。

表 2.26 レスポンスフォーマット (MMC モード)

(a) R1、R1b (ノーマルレスポンスコマンド : 48 ビット)

Serial Data →

[47]	R1、R1b	[0]
------	--------	-----

Bit position	47	46	[45:40]	[39:8]	[7:1]	0
Width (bit)	1	1	6	32	7	1
Value	0	1	X	X	X	1
Description	start bit	transmission bit	command index	card status	CRC7	end bit

(b) R2 (CID、CSD レジスタレスポンスコマンド : 136 ビット)

Serial Data →

[135]	R2	[0]
-------	----	-----

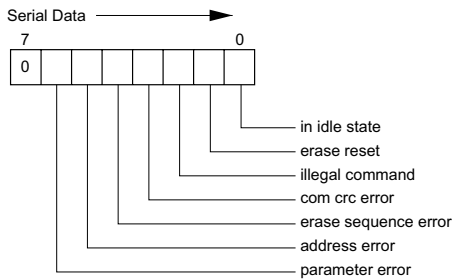
Bit position	135	134	[133:128]	[127:1]	0
Width (bit)	1	1	6	127	1
Value	0	0	111111	X	1
Description	start bit	transmission bit	reserved	CID or CSD register	end bit

(c) R3 (OCR レジスタレスポンスコマンド : 136 ビット)

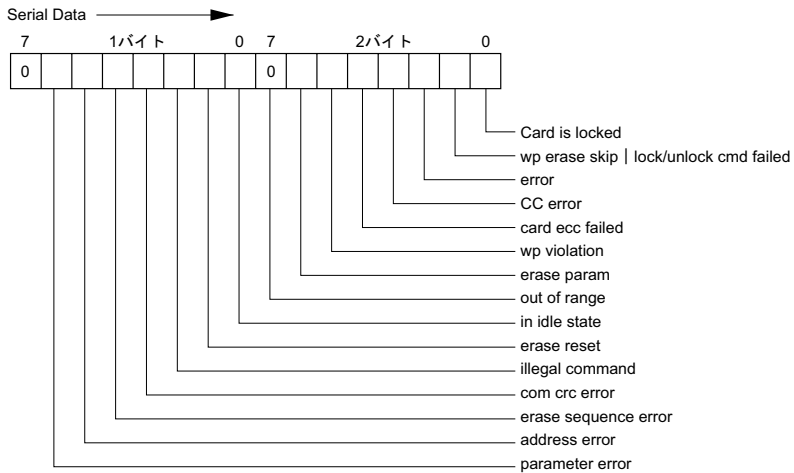
		Serial Data →				
		[135] R3 [0]				
Bit position	47	46	[45:40]	[39:8]	[7:1]	0
Width (bit)	1	1	6	32	7	1
Value	0	0	111111	X	111111	1
Description	start bit	transmission bit	reserved	OCR register	reserved	end bit

表 2.27 レスポンスフォーマット (SPI モード)

(a) R1、R1b (SEND_STATUS : CMD13 以外のコマンドに対するレスポンス)



(b) R2 (SEND_STATUS : CMD13 に対するレスポンス)



(1) MMC モード

MMCモード時のレスポンスにはR1、R2、R3、R4、R5の5タイプが有り、どのコマンドがどのタイプのレスポンスを返すかは表2.6に示す通りです。主要なコマンドのレスポンスはR1となっており、カードステータス情報を返します。また、R2はコマンド2、9、10を受けてCSDレジスタ値、CIDレジスタ値等を含む136ビットレスポンスを返し、R3はコマンド1を受けてOCRレジスタ値32ビットを含む48ビットレ

2. 日立マルチメディアカードの概要

スボンスを返します。

(2) SPI モード

SPIモード時のレスポンスにはR1、R2の2つのタイプがあり、コマンド13を受けてR2タイプの16ビットレスポンス、他のコマンド時にはR1タイプの8ビットレスポンスとなります。R2タイプの16ビットレスポンスの内、下位8ビットはR1タイプと全く同一です。

2.7 データトークン

リードコマンドとライトコマンドは、データトークンとしてデータ転送を行います。すべてのデータバイトはMSB (Most signification bit : 最上位ビット) が最初に転送されます。

データトークンは、4 バイトから 2051 バイトの長さで、表 2.28 のフォーマットとなっています。

SPI モードのマルチブロックライトオペレーションでは、コマンド 12 (STOP_TRANSMISSION) は使用できません。代わりに、転送処理の中断は ' Stop Tran ' トークンを発行することによって、実行されます。マルチブロックライトオペレーションは ' Stop Tran ' トークンを用いることでそのタイプに関係なく、いつでも書き込みを中断することができます。

表 2.28 スタートデータブロックトークンのフォーマット

- 第1バイト : スタートバイト

Token Type	Transaction Type	Bit Position							
		7	6	5	4	3	2	1	0
Start Block	Single Block Read	1	1	1	1	1	1	1	0
Start Block	Multiple Block Read	1	1	1	1	1	1	1	0
Start Block	Single Block Write	1	1	1	1	1	1	1	0
Start Block	Multiple Block Write	1	1	1	1	1	1	0	0
Stop Tran	Multiple Block Write	1	1	1	1	1	1	0	1

- バイト 2-2049 (データブロック長に依存する) : ユーザデータ
- 最後の 2 バイト : 16 ビット CRC

2.8 リードライトプロトコル

図 2.16 に MMC モード時のリード、図 2.17 に MMC モード時のライトのプロトコル例を、図 2.18 に SPI モード時のリード、図 2.19 に SPI モード時のライトのプロトコルの例を示します。

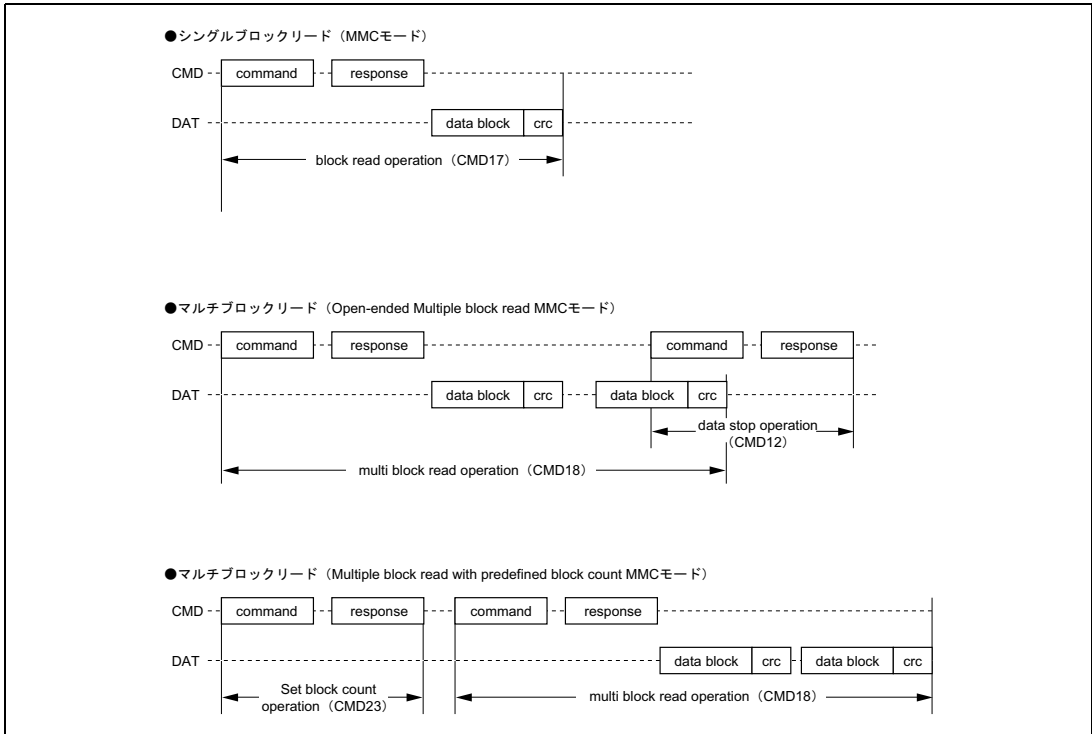


図 2.16 MMC モード Read 転送例

2. 日立マルチメディアカードの概要

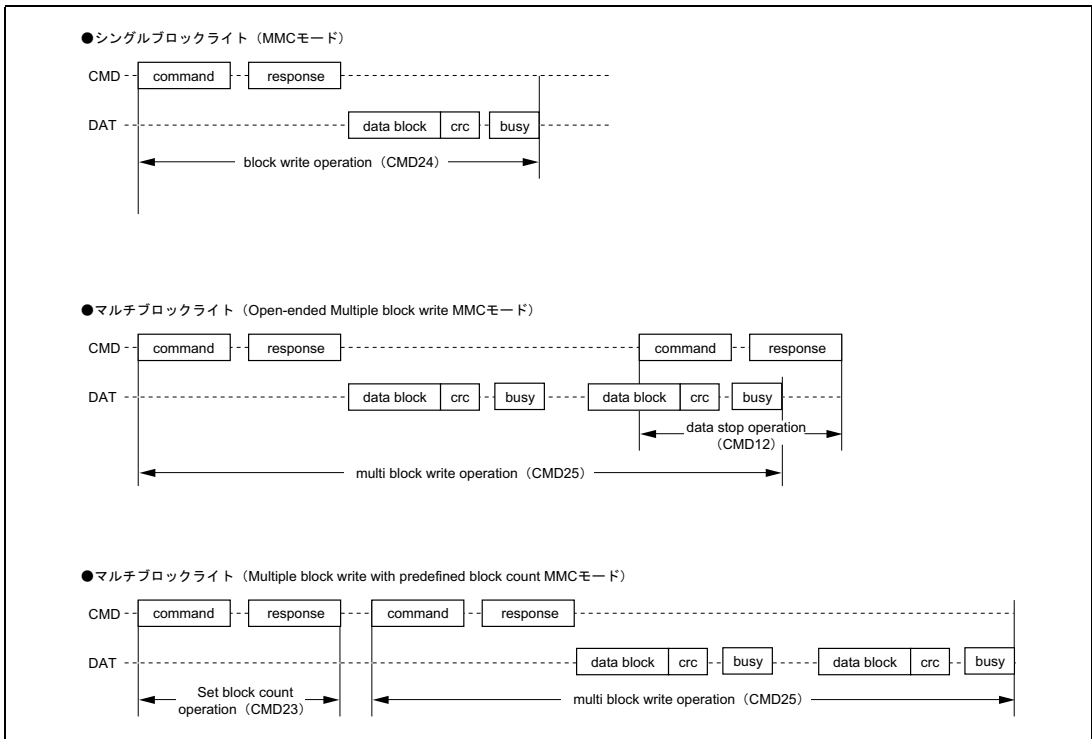


図 2.17 MMC モード Write 転送例

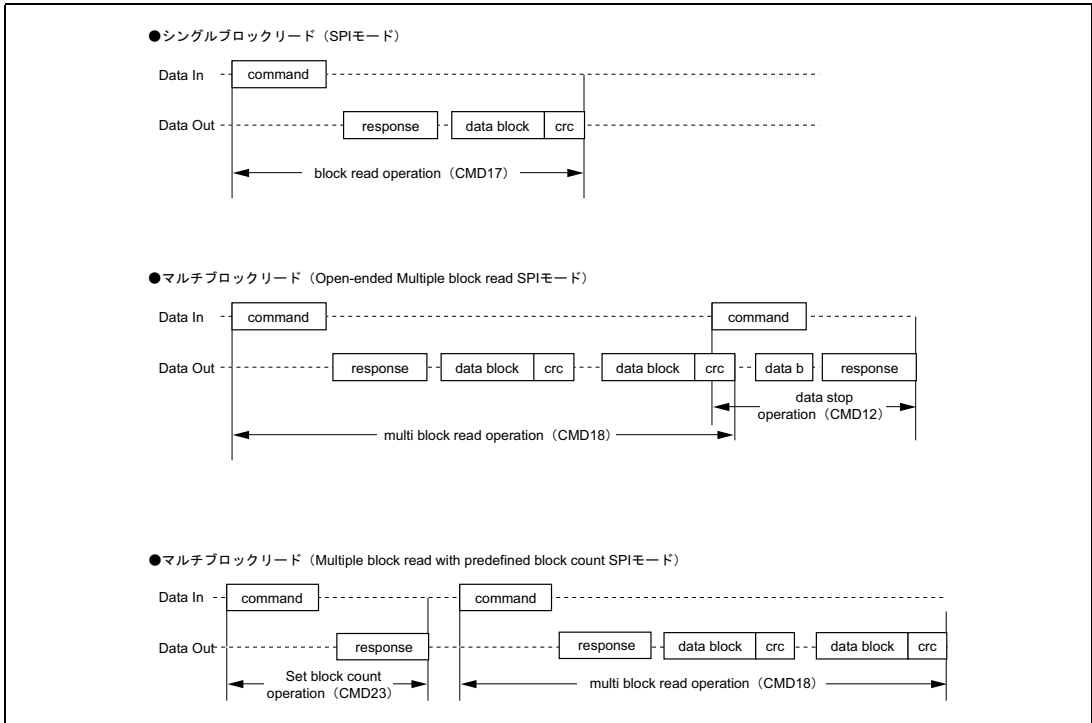


図 2.18 SPI モード Read 転送例

2. 日立マルチメディアカードの概要

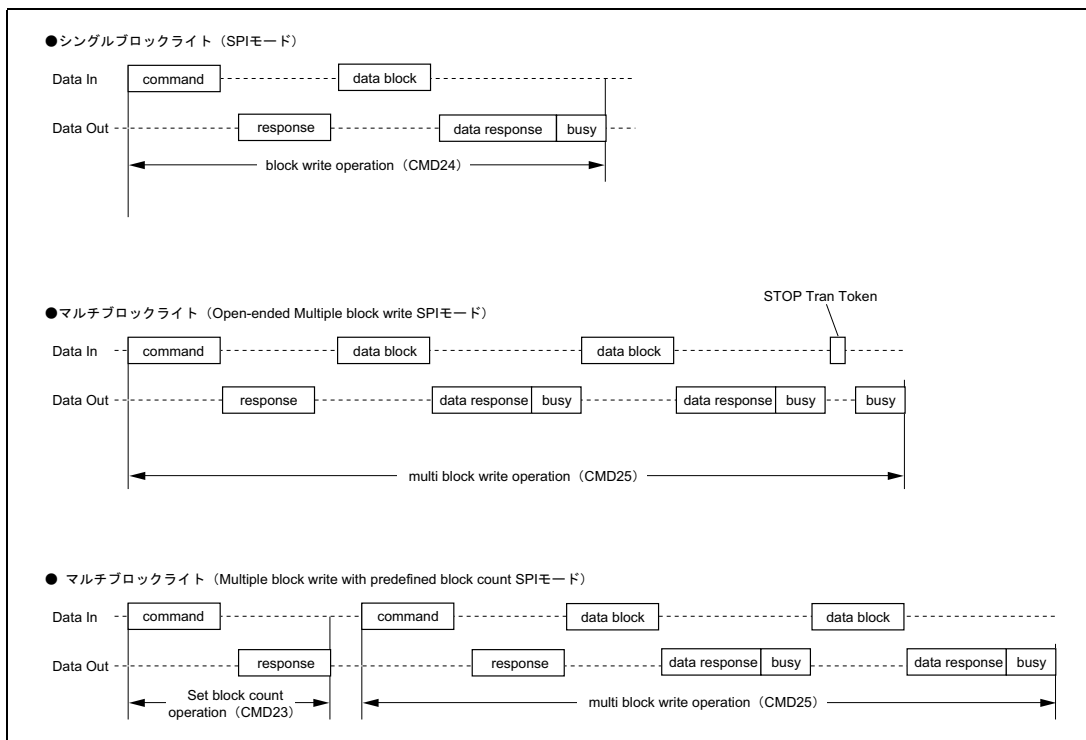


図 2.19 SPI モード Write 転送例

3. 応用プロダクト開発のためのトータルシステムサポート

3.1 マルチメディアカードシステムの開発

MMCは、ただ単にフラッシュメモリを搭載したカードではなく、マルチメディア機器に応用されることを前提に、インテリジェント性を高めるためコントローラ（一般にマイコンを使用）を内蔵し、カードに対する要求は全てコマンドでインタフェースを取る方式になっています。これによりユーザプログラムはMMCとの間で独立性が高められ、プログラム開発が容易にできます。

3.1.1 サポート概要

(1) MMCの評価・検討を容易にする

MMCを応用プロダクトに採用する場合に、カードの特性や機能について簡単に評価・検討ができるよう“開発プラットフォーム”を提供します。このプラットフォームはパソコンに接続するだけでユーザシステムなしで評価ができるようになっています。

(2) MMC上にPC互換ファイルを容易に構築できる

カード上には一般的に画像、音声、文字データなどをファイルとして格納しますが、このとき、ファイルシステムが必要となります。当社では“PC互換ファイルシステム”を用意、さらにMMCとのコマンド等のコミュニケーションを行う“MMCドライバソフト”を提供し、ファイルシステムを容易に構築できるようにします。

(3) MMCトータルシステム開発サポート

MMCをサポートしたシステムを開発する場合、システムとカード間でのインタフェースや種々の条件下での確認作業が容易であることがシステム開発において重要であることから“プロトコルアナライザ”を準備します。

(a) MMCとシステム間の信号を全てモニタリング可能

(b) モニタリングにおいてはコマンド、データパターンなど種々のトリガ条件でイベントを検出可能

(c) マルチモードのサポートによりデバッグが容易

- ノーマルモード

システムとカード間のモニタリング

- 擬似カードモード

擬似的にシステム側の動作をし、カードサイドのインタフェースのデバッグ

3. 応用プロダクト開発のためのトータルシステムサポート

- 擬似ホストモード

擬似的にカード側の動作をし、ホストサイドのインタフェースのデバッグ

3.1.2 システム開発の流れ

図 3.1 に、MMC を使用したシステムの開発の流れと必要なツールを示します。

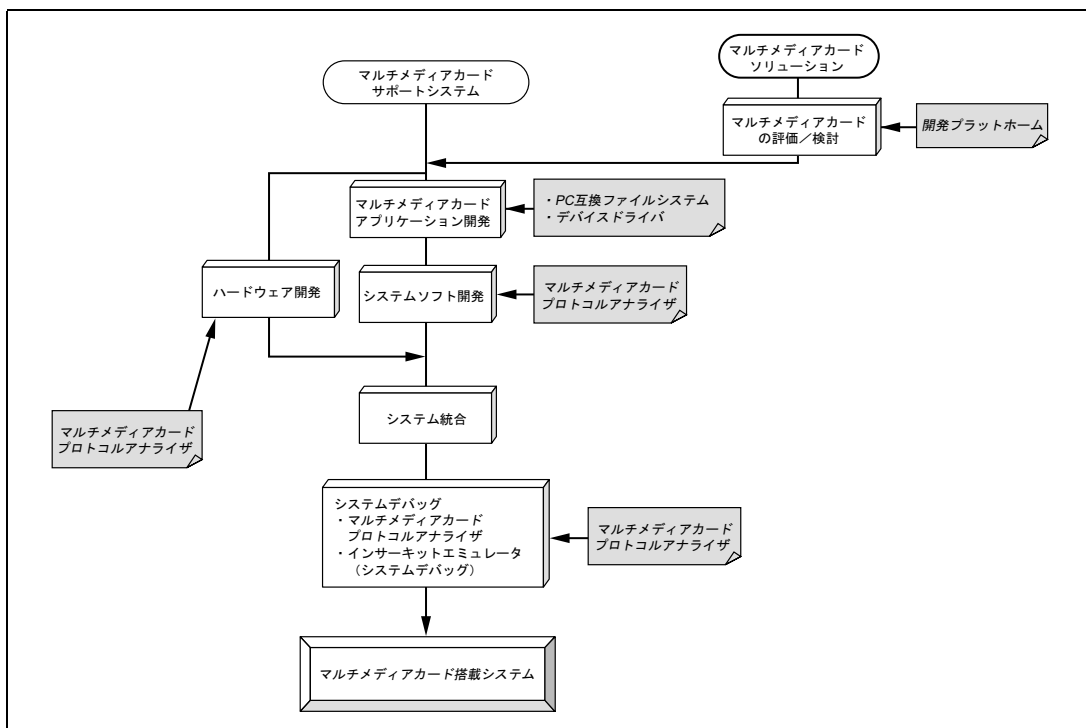


図 3.1 システム開発概要

最初に、MMC ソリューションとして MMC の評価・検討を“開発プラットフォーム”を使用して実施します。この評価作業が終わればよいよ MMC サポートシステムの開発に着手することになります。開発の流れとしては、ソフトウェアの開発、ハードウェアの開発、そしてシステム統合を行い、システムデバッグをして MMC 搭載システムが完成します。

(1) ソフトウェアの開発

搭載システムのシステム制御を行うプログラム、ユーザアプリケーションプログラムの開発を行います。

MMC アプリケーションの開発では、“PC 互換ファイルシステム”と“デバイスドライバ”を使用することにより、MMC 上にファイルをサポートできます。

システムソフトの開発では、“マルチメディアプロトコルアナライザ”の活用により、ほとんどのシステムソフトの確認を実機ができあがる前に行えます。

(2) ハードウェアの開発

ハードウェアの開発では、従来の開発に加えて MMC インタフェースの開発が新たに発生します。即ち、MMC アダプタ LSI を準備するか、もしくは、MMC インタフェースをあらかじめ内蔵したマイコンを使用する事で MMC をインプリメントする事が可能となります。また、特にハードウェアを準備する事なくマイコンが持っているシリアルコミュニケーションインタフェースを利用して、ソフトウェア的に MMC をインプリメントするという方法もあります。

この出来上がったハードウェアの MMC インタフェースについて、マルチメディアカードプロトコルアナライザを利用してシステムデバッグが可能となります。

(3) システムデバッグ

ソフトウェア、ハードウェアの開発が完了した後、これらを統合（システム統合）し、いよいよシステムデバッグに入ります。従来、インサーキットエミュレータを使用してハードウェア/ソフトウェアのデバッグを実施し、システムの確認作業を行っていましたが、MMC のようなインテリジェントデバイスに関しては、ロジックアナライザなどに頼ることとなり、システム開発期間を短縮することはできず開発者に大きな負担をかけていました。MMC 搭載の簡略化を目的に用意した“マルチメディアカードプロトコルアナライザ”を利用することにより、MMC に関する不良解析が行えます。また、MMC に特有なデータを用意しテストしたいなどの要望に関しては、“開発プラットフォーム”でフォーマットやシステムテストで記録されたデータの解析などを行えるようになっています。

このように MMC 搭載システムの開発が実施されます。

以上、MMC 搭載システム開発の流れに沿って開発概要を説明しましたが、搭載システムの構成について図 3.2 でもう少し掘り下げて見ることにしましょう。

3. 応用プロダクト開発のためのトータルシステムサポート

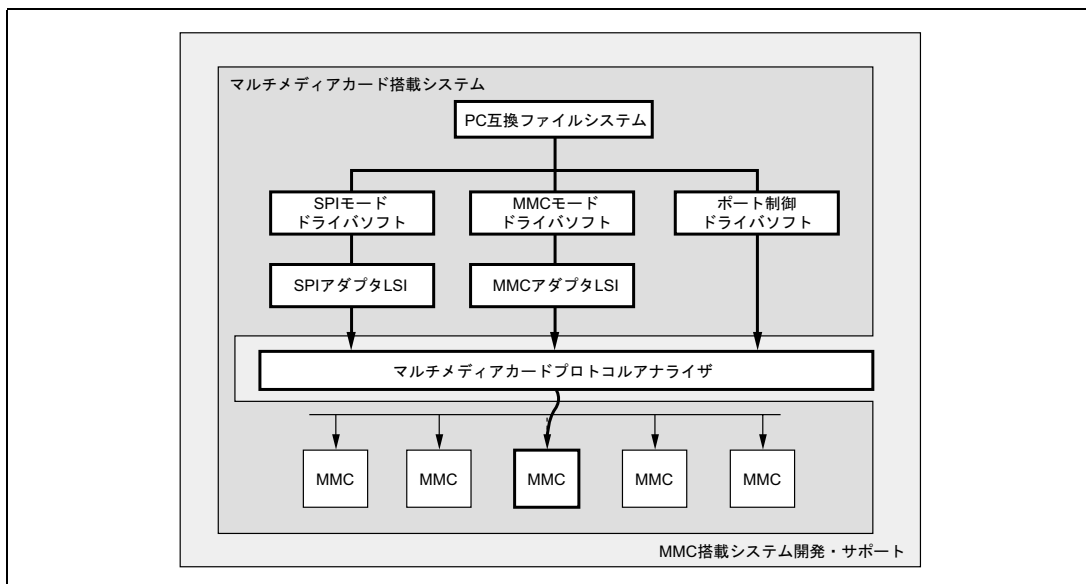


図 3.2 搭載システム構成図

MMC 搭載システムは PC 互換ファイルシステムをメインに MMC の制御方式によりポート制御とアダプタ制御があります。ここではアダプタ制御方式の SPI モードと MMC モードに関して説明します。

図 3.2 から判るように、搭載システムではいずれかの方式を選択しシステムを構築しますが、いずれにしても SPI モードドライバソフト、SPI アダプタ LSI もしくは MMC モードドライバソフト、MMC アダプタ LSI を経由し、MMC にアクセスを行い、データの書き込み、読み込み、削除をファイル単位に行います。このとき、MMC に対しシステム側ではパラレルで処理しますが、カード側ではシリアルでコマンド、データ、カードからの応答を処理します。インテリジェントなカードのデバッグにおいては、種々のステータスや情報をより効果的に収集・解析できれば、開発者に対するマンパワーをより有効に活用できるようになります。“MMC プロトコルアナライザ”を利用することにより、開発期間の短縮を図ることができます。

MMC 搭載プロダクトの開発サポートがどのようになっているかを図 3.3 にまとめました。開発の支援は大きく3つに分類することができます。

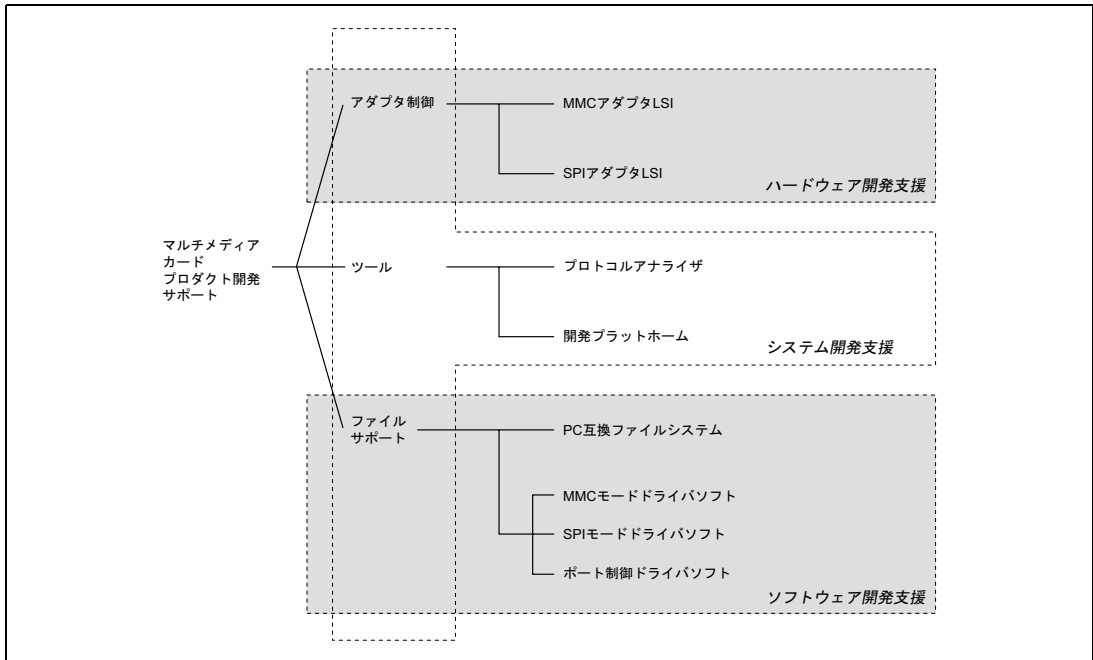


図 3.3 プロダクト開発サポート

(1) ハードウェア開発支援

MMCをハードウェアに搭載する為には、アダプタ制御方式を実現しなければなりません。その為には、MMC/SPIアダプタLSIの準備、もしくはそれらのMMCインタフェースを内蔵したマイコンを準備する必要があります。

(2) ソフトウェア開発支援

MMC上にファイルシステムを容易にサポートするために、PC互換ファイルシステムを提供すると共に、アダプタ制御方式をインプリメントするために2種類のドライバソフトを提供しています。このためユーザはMMCというものを意識することなくアプリケーションソフトウェアを開発可能です。またポート制御方式のドライバソフトも同様に用意してあります。

(3) システム開発支援

システム開発時にソフトウェアとハードウェアを総合的にデバッグするために、プロトコルアナライザおよび開発プラットフォームを提供しています。開発プラットフォームには、検討/評価のみならず、次のような利用方法があります。

- (a) システムデバッグでMMC上にファイルの書き込みは動作していないが、リード処理をテストしたい場合に、ファイル(映像、音声、テキスト etc.)を作成可能。
- (b) システムデバッグで書き込んだファイルが正しくできてあるかの確認作業。
- (c) MMC上のデータの修正作業。

3. 応用プロダクト開発のためのトータルシステムサポート

このような開発支援ツールを利用することにより MMC システムの開発が容易に行えます。具体的にソフトウェアサポート、ツールがどのようになっているかを以降の章で詳しく説明します。

3.2 アダプタ論理

MMC は CLK、CMD、DAT と称されるシリアルインタフェースラインでホストと接続されます。最大 20Mbps という高速データ転送をカード、ホスト間で効率よく実行するためには、ホスト上の汎用マイコンと MMC の間にアダプタと呼ばれるハードウェアを必要とします。そのハードウェアを搭載したシステム構成例を図 3.4 に示します。

アダプタには MultiMediaCard™ System Specification* に規定された、MMC アダプタと SPI アダプタがあります。アダプタ内にどれだけの回路を入れるかは要求されるシステムスピードによって決定されます。ここでは市販の FPGA を用いて実現した、ポート制御方式、MMC アダプタ、SPI アダプタの各ハードウェア回路について述べます。

【注】 * MMCA (MultiMediaCard Association) が定めた規格

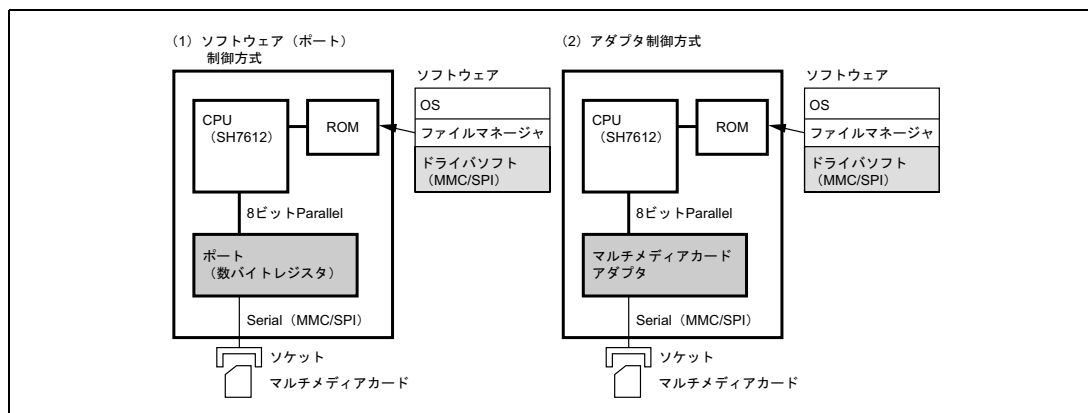


図 3.4 マルチメディアカードシステム実施例

3.2.1 ポート制御方式

図 3.5 に今回製作したポート制御方式のブロック図を示します。

ホストマイコンの外部メモリ領域に、1 バイトのレジスタポートを FPGA を用いて構成しレジスタ内のビットにて CLK、CMD、DAT、VDD の各コントロールを実行させます。電源オン/オフ、クロックの High/Low レベル制御、コマンドのビット毎出力、データのビット単位入出力をすべてホストマイコンのドライバソフト処理に任せるため転送スピードは落ちますが、ハードウェアの構成は簡単になります。

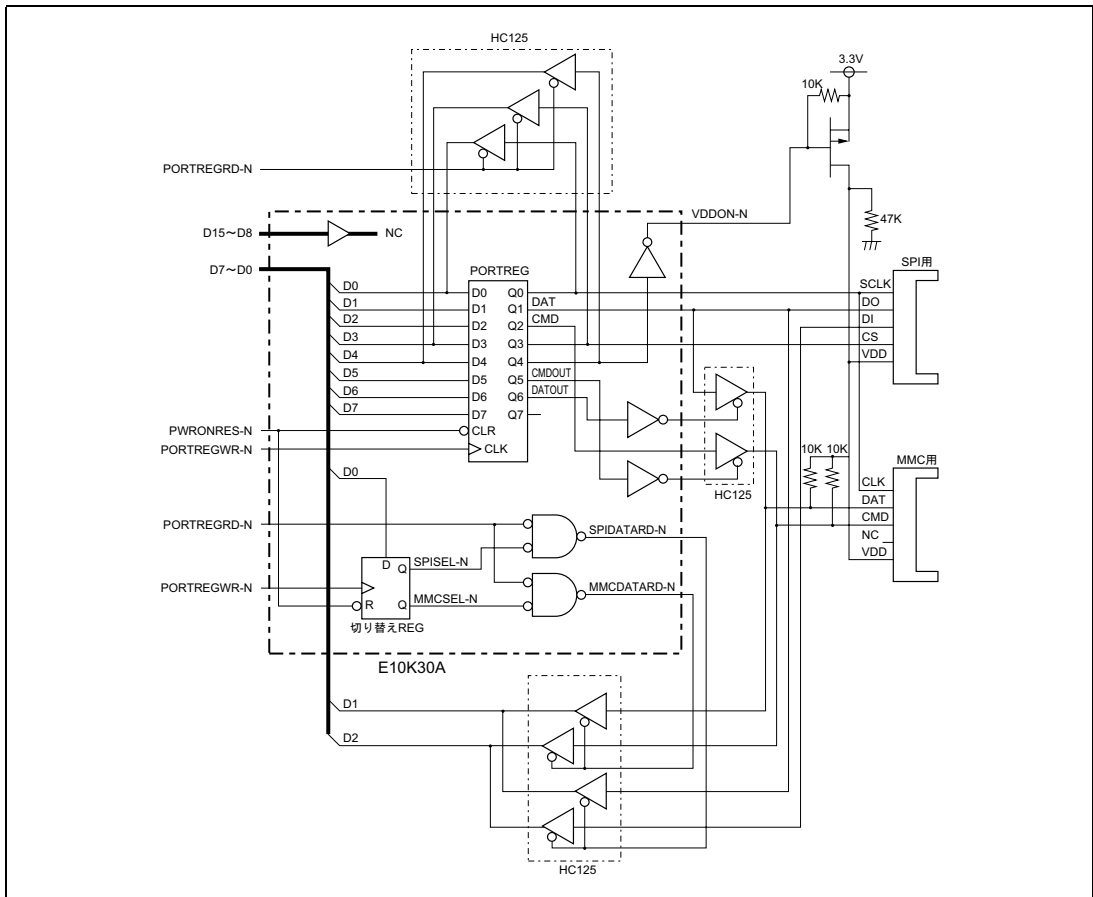


図 3.5 ポート制御方式ブロック図

3.2.2 MMC アダプタ

図 3.6 に今回製作した MMC アダプタのブロック図を示します。

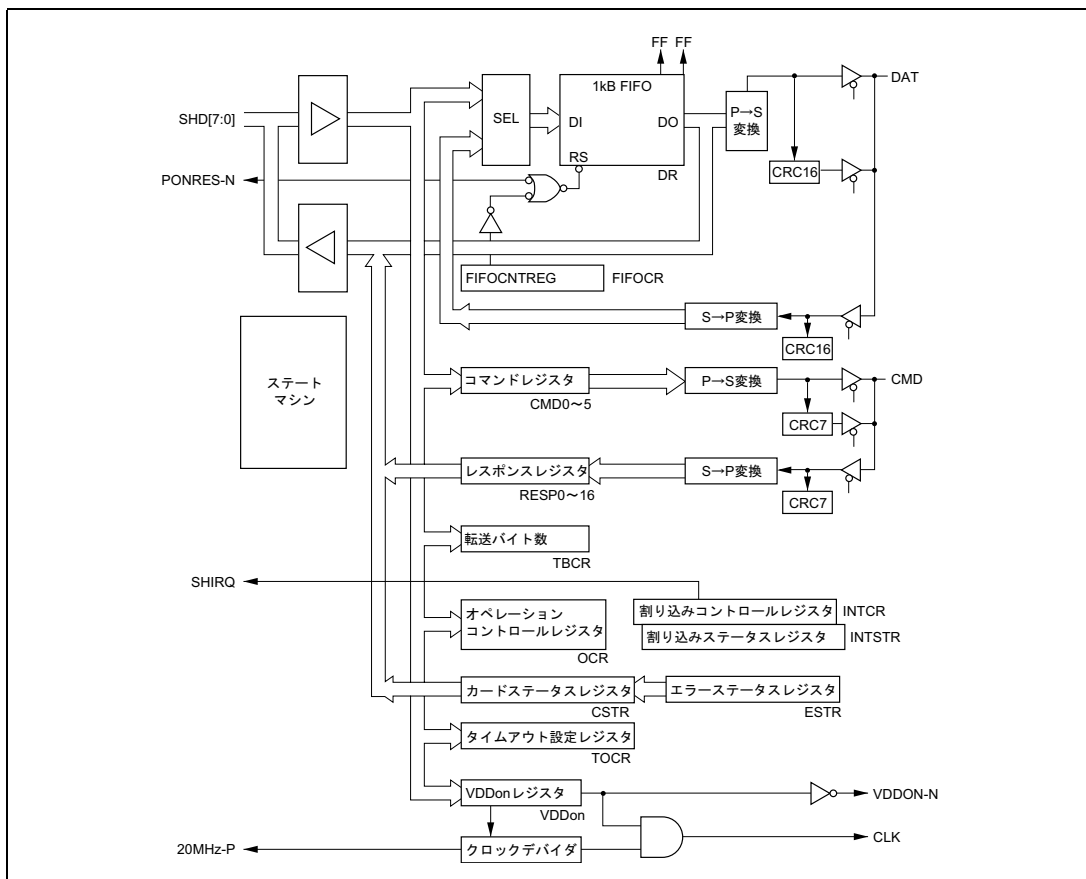


図 3.6 MMC アダプタブロック図

ホストマイコンのソフトオーバーヘッド軽減のため、マイコンのバスインタフェースを MMC のシリアルインタフェースに変換するための回路や、コマンドレジスタ (6 バイト構成)、レスポンスレジスタ (17 バイト構成) データレジスタ (1k バイト FIFO 構成) 等を FPGA で回路構成します。

MMC 転送プロトコルには、コマンド転送、レスポンス転送、データ転送においてデータ転送品質を保证する CRC チェックが必要とされるため、コマンド送出、データ送出時 CRC コードをハードウェアで自動生成しビットパターンに付加します。またレスポンス受信時、データ受信時には CRC チェックを自動的に行います。

データレジスタは書き込み、読み出しを独立して行える FIFO を FPGA 内に組みました。MMC へのデータ転送は、あらかじめ FIFO にマイコン側からデータを書き込んでおき、コマンドをレジスタにセットし、コマンドスタートをかけると自動的にコマンドパターンを CRC を含めて送出し、カードからのレスポンスがレスポンスレジスタに反映されます。マイコンはこのレスポンス内容をチェックし、妥当であればデータ転送イネーブルレ

ジスタを転送許可にします。このあと FIFO に貯えられたデータは、ハードウェアで 1 バイト毎読み出され、シリアルビット列に変換され MMC インタフェース上の DAT ラインから送出されます。データ転送中のエラーや、レスポンス無応答、FIFO エンプティ、FIFO フル状態はマイコンへの割り込みとして通知されます。MMC アダプタとして必要な上記レジスタのほか、MMC カードの電源をオン、オフするレジスタや MMC に与えるクロックを 400kHz、5MHz、10MHz、20MHz から選んで供給する機能も付けました。

3.2.3 SPI アダプタ

ハードウェア構成は上記の MMC アダプタとほぼ同様になります。MMC バスインタフェース上の違いは、レスポンス長が最大 2 バイト、データ転送ブロックサイズが最大 512 バイト、1 コマンドに対しマルチブロックのデータ転送は許可されていないことです。MMC アダプタ同様パラレル/シリアルデータ変換回路や コマンドレジスタ (6 バイト構成)、レスポンスレジスタ (2 バイト構成)、データレジスタ (512 バイト FIFO 構成) 等を FPGA で回路構成しました。CRC 回路や、割り込み発生回路、クロック発生回路、電源オン/オフ回路は MMC アダプタと同一です。SPI インタフェースの特徴である CS ラインは、新たにレジスタを追加してマイコンから制御しています。

3.2.4 ホストマイコン

上記各アダプタの機能は、MMC 各アダプタを FPGA 搭載ドータボードに組み込み、SH7612 マイコン上でまず動作確認しました。ポート制御方式、SPI アダプタ、MMC アダプタそれぞれで当初目的とした読み出し性能が得られています。一方、MMC カードの場合 8 ビットクラスのマイコンをホストにする要求も強く、以下に述べる H8S マイコンをベースとした開発プラットフォームも製作しました。

3.3 開発プラットフォーム

MMC を使用したシステムの開発をより容易にする為、また、MMC の書込みや読み出し性能を簡単に評価できるシステムが必要とされるため MMC 開発プラットフォームを作成しました。

特徴としては、MMC をディスクドライブとして扱うモニタモードと MMC/SPI プロトコルを直接扱うデバッグモードを備えています。

(1) モニタモード

モニタモードでは、開発プラットフォームモニタプログラムコマンドを用いて、以下の操作を行う事が出来ます。

- ・ カードの情報 (CID、CSD) を表示する事が出来ます。
- ・ カードをディスクドライブとして扱い、ファイル操作及びホスト間ファイル転送を行う事が出来ます。
- ・ 2048 バイトの編集バッファを使用して、ファイル内容の編集をする事が出来ます。

(2) デバッグモード

モニタモードからデバッグモードに切り替える事で、以下の操作を行う事が出来ます。

- ・ 2048 バイトの編集バッファを使用して、カードの内容を編集する事が出来ます。
- ・ MMC/SPI モードの、未定義も含めたすべてのコマンドを発行する事が出来ます。
- ・ シングルブロック転送の動作検証を行う事ができます。(MMC/SPI モード)
- ・ ストリーム転送、複数ブロック転送の動作検証を行う事ができます。(MMC モード)
- ・ Keitai-De-Music MMC に対応しています。複数ブロック転送の動作検証を行う事が出来ます。(SPI モード)

図 3.7 に今回製作したシステムのシステム構成を、また図 3.8 にブロック図を示します。

3. 応用プロダクト開発のためのトータルシステムサポート

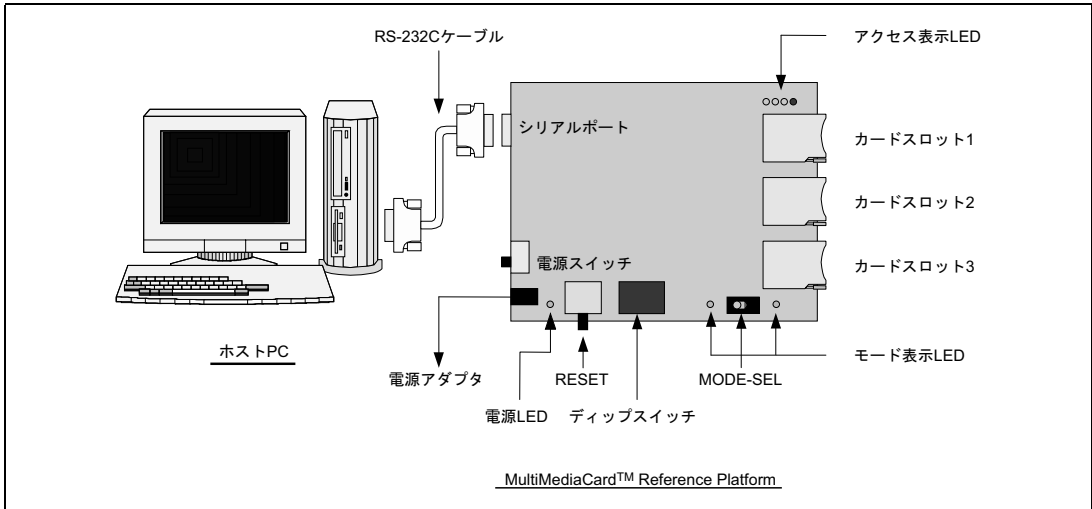


図 3.7 システム構成

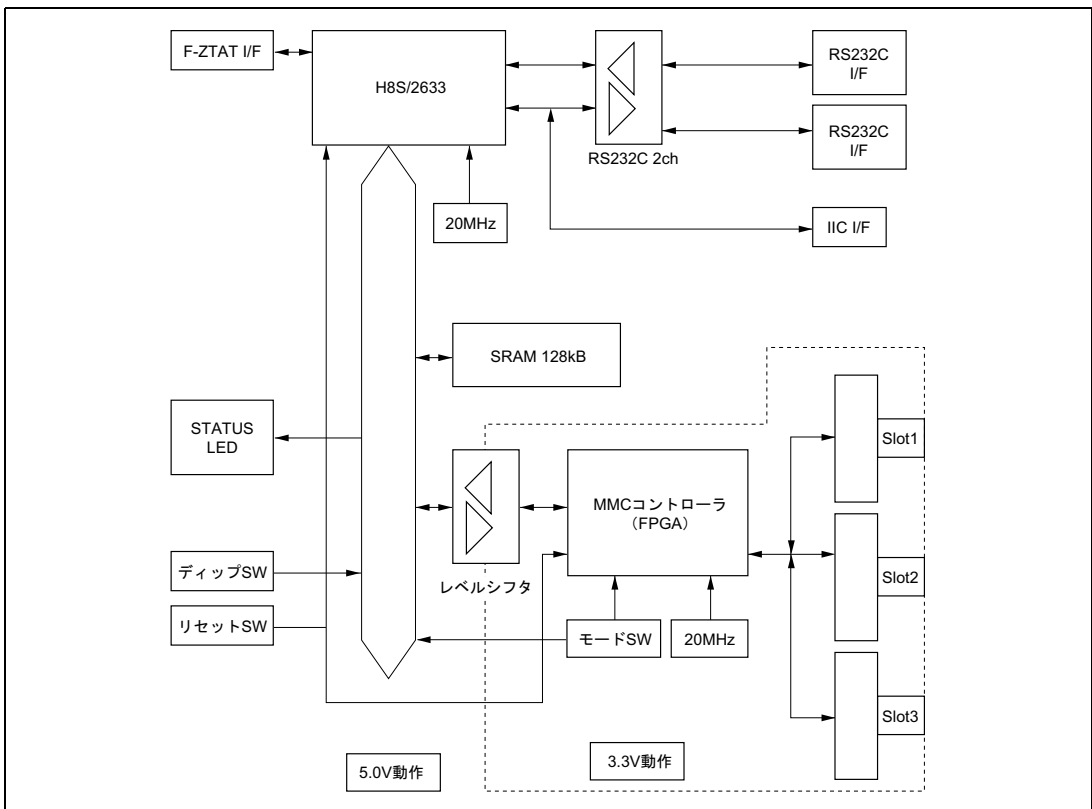


図 3.8 開発プラットフォームブロック図

3. 応用プロダクト開発のためのトータルシステムサポート

3.3.1 マイコンの選定

民生機器、ローエンド対象で、FLASH メモリを内蔵、外部に 128kB 以上のメモリ空間を持ち、パソコンとのシリアルインタフェースを 2 チャンネル以上持ち、かつ 20MHz 以上の動作が可能なマイコンとして H8S/2633 を選定しました。

CPU クロックとしては MMC バスインタフェースクロックが最大 20MHz であることから 20MHz に設定しています。

3.3.2 制御アダプタ回路

既のべた SPI アダプタ、MMC アダプタのどちらかの回路が、ボードに実装されたスイッチにより、パワーオン時に自動的に FPGA にコンフィギュレーションされるようなしくみとしました。また、このスイッチの値は H8S マイコンにより読み出し可能で、プラットフォームに組み込まれたモニタソフトにより、どちらのアダプタが実装されているのが自動認識できるようになっています。

アダプタと H8S マイコンのインタフェースには 8 ビットの標準インタフェースを採用し、データ (8 ビット)、アドレス (5 ビット)、RD、WR、CS、IRQ それと CLOCK の信号線を使用しました。アダプタは H8S マイコンからは約 30 バイトのレジスタ群に見えます。

3.3.3 MMC バスインタフェース

制御アダプタはマイコンとのインタフェースとカードとのインタフェースを持ちます。MultiMediaCard™ System Specification は、単一 MMC バスに対し 30 枚までのカードスタックを規定していますが、今回開発したプラットフォームはカード 3 枚分のカードスロットを用意しました。1 つの制御アダプタで複数のカードスロットに対応する場合、SPI アダプタでは CS ラインを CS0、CS1、CS2... と増やして対応します。また MMC アダプタの場合には信号の追加はなく、カード側で複数枚の自動管理がなされます。複数枚のメモリカードがシステムに存在する場合の動作検証や評価を容易にするため、3 枚のカードスロットとしています。

3.3.4 モニタモード

マルチメディアカード開発プラットフォームは、パソコンをターミナルとしてシリアルケーブルで接続して使用します。

プラットフォーム上の FLASH メモリにモニタプログラム、ドライバソフトが書き込まれており、以下の機能がサポートされています。表 3.1 にモニタコマンド一覧を示します。

- (a) MMC カードレジスタ情報 (CID および CSD) の表示ができます。
- (b) MMC カードの指定アドレス (セクタ番号で指定) を編集バッファへ読み込み、編集、および書き込みができます。
- (c) MMC カードのファイル一覧表示、ファイルコピー、ファイル内容表示などファイル操作が行えます。
- (d) ホストシステムと H8S プラットフォーム上の MMC カード間でファイル転送を行うことができます。
- (e) MMC カードアクセスは、MMC プロトコルおよび SPI プロトコルをサポートしています。

3. 応用プロダクト開発のためのトータルシステムサポート

表 3.1 モニタコマンド一覧

機能	コマンド	処理内容	備考
CID、CSD 表示	CID	CID レジスタ情報表示	
	CSD	CSD レジスタ情報表示	
MMC 指定アドレス 読み込み / 書き込み	R	MMC カードの指定セクタのデータを編集バッファに読み込む。	1 セクタ単位 (512 バイト固定)
	W	MMC カードの指定セクタに編集バッファのデータを書き込む。	1 セクタ単位 (512 バイト固定)
バッファ編集	D	編集バッファ内容表示	
	M	編集バッファ内容変更	
	F	編集バッファヘデータの埋め込み	
フォーマット	FORMAT	MMC カードのフォーマット	
ディレクトリ操作	DIR	ファイル一覧表示	
	MD	ディレクトリ作成	
	RD	ディレクトリ削除	
ファイル操作	COPY	ファイルコピー	
	DISKCOPY	ディスクコピー	
	DUMP	ファイルダンプ	
ホストシステム間 ファイル転送	PUT	MMC カードからホスト PC へ 1 ファイル転送	
	GET	ホスト PC から MMC カードへ 1 ファイル転送	

3. 応用プロダクト開発のためのトータルシステムサポート

3.3.5 デバッグモード

デバッグモードでは、MMC の全コマンドを使用してカード及びシステムの動作検証を行う事が出来ます。デバッグモードで使用できるコマンドと、対応する MMC/SPI プロトコルのコマンド番号を表 3.2 に示します。

表 3.2 デバッグコマンド一覧

	MMC モード	SPI モード
CMD	SEND_WRITE_PROT (30) ('read data' operation)	SEND_CSD (9) SEND_CID (10) SEND_WRITE_PROT (30) ('read data' operation)
	PROGRAM_CID (26) PROGRAM_CSD (27) ('write data' operation)	PROGRAM_CSD (27) ('write data' operation)
	上記以外の CMD0 - 63 ('reserved' 含む) ('no data' operation) *1	上記以外の CMD0 - 63 ('reserved' 含む) ('no data' operation) *1
CSEL	SELECT/DESELECT_CARD (7)	
RS	SELECT/DESELECT_CARD (7) READ_DAT_UNTIL_STOP (11) STOP_TRANSMISSION (12)	
WS	SELECT/DESELECT_CARD (7) WRITE_DAT_UNTIL_STOP (20) STOP_TRANSMISSION (12)	
RB	SELECT/DESELECT_CARD (7) SET_BLOCKLEN (16) READ_SINGLE_BLOCK (17)	SET_BLOCKLEN (16) READ_SINGLE_BLOCK (17)
	SELECT/DESELECT_CARD (7) SET_BLOCKLEN (16) READ_MULTIPLE_BLOCK (18) STOP_TRANSMISSION (12)	SET_BLOCKLEN (16) APP_CMD (55) *2 SET_BLOCK_COUNT (30) *2 READ_SINGLE_BLOCK (17) (Keitai-de-Music-MMC 時*2のみ)
WB	SELECT/DESELECT_CARD (7) SET_BLOCKLEN (16) WRITE_SINGLE_BLOCK (24)	SET_BLOCKLEN (16) WRITE_SINGLE_BLOCK (24)
	SELECT/DESELECT_CARD (7) SET_BLOCKLEN (16) WRITE_MULTIPLE_BLOCK (25) STOP_TRANSMISSION (12)	SET_BLOCKLEN (16) APP_CMD (55) *2 SET_BLOCK_COUNT (30) *2 WRITE_SINGLE_BLOCK (24) (Keitai-de-Music-MMC 時*2のみ)

【注】 *1 reserved, reserved for manufacturer コマンドなどは無条件に 'no data' operation として扱うため、カードによっては応答待ちのまま復帰しない場合があります。その場合は、CTRL+C で処理を強制中断した後、システムおよびカードをリセットしてください。

*2 Keitai-de-Music-MMC は、MultiMediaCard™ Reference Platform AP-002-PF01 で新たにサポートされた機能です。

3.4 搭載機器のためのソフトウェア

MMC に書き込まれたデータを、パソコンなどでファイルとして認識するためには、組み込みシステム側に PC 互換ファイルシステムとドライバソフトウェアを実装する必要があります。ここでは、組み込み用 PC 互換ファイルシステムとして市販されている「USFiles」用に作成したドライバソフトウェアを例にして、MMC を搭載した組み込み機器を開発する上で必要なソフトウェアについて説明します。

組み込みシステムにおいて、MMC に対して「MMC へのデータ書き込み」「MMC からのデータ読み込み」等の要求を実現するためのソフトウェアは、MMC へ「コマンド」と呼ばれる命令を送り、MMC から「レスポンス」と呼ばれる応答をソフトウェアが受けるといった形を基本として、MMC とのアクセスを行う「ドライバ」と呼ばれるソフトウェアが必要です。ドライバの主な処理としては、「MMC の初期化、データリード、データライト、領域のイレース、MMC の状態チェック」になります。

3.4.1 ソフトウェア構成

図 3.9 に、組み込みシステムにおけるソフトウェア構成の例を示します。

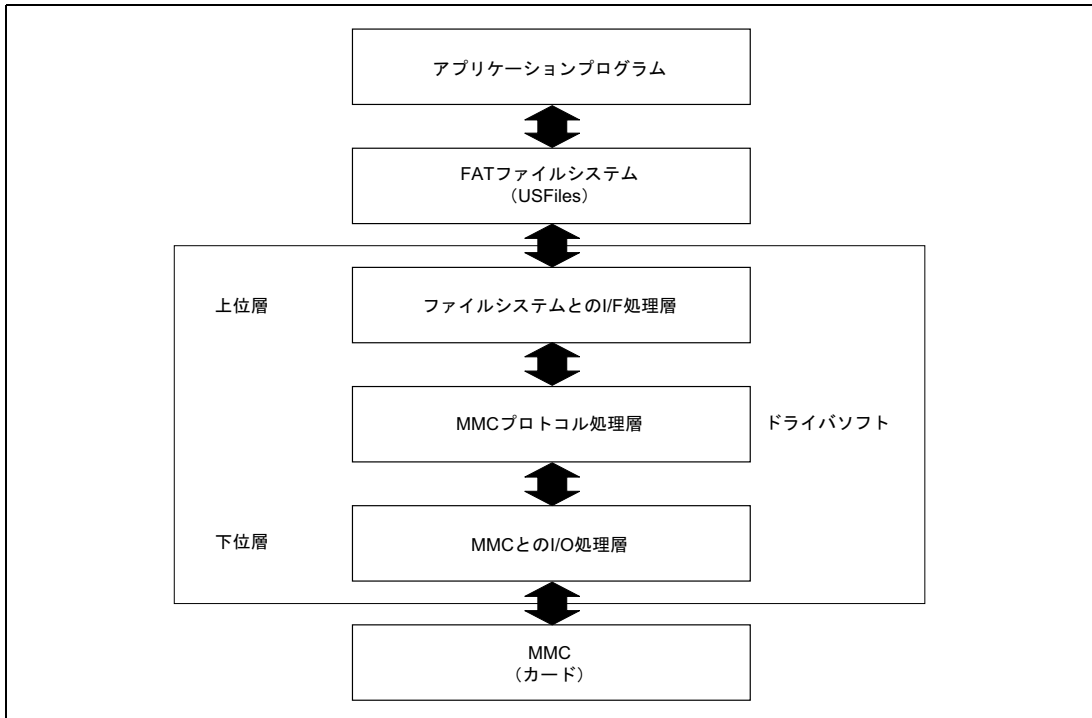


図 3.9 MMC 制御ソフトウェアの構成

図 3.9 のファイルシステムとドライバとの I/F 処理層から MMC との I/O 処理層までがドライバソフトウェアに相当します。MMC には、SPI モードおよび MMC モードの 2 つのモードが存在しますが、ソフトウェアから見ると次のような違いがあります。

3. 応用プロダクト開発のためのトータルシステムサポート

1) MMC モード

- ・ Identification のシーケンスがあり、MMC にアドレスが割り当てられます（詳細は後述）。
- ・ 複数の MMC すべてに対し、同時に命令を出せる Broadcast Command（ブロードキャストコマンド）があります。
- ・ 複数枚の MMC の中から特定の MMC を選択するには、MMC のアドレスを使用してセレクトとディセレクトの処理が必要です。（カードセレクトコマンドを使用）
- ・ SPI モードよりレスポンスの種類が多い。

2) SPI モード

- ・ Identification のシーケンスが単純。
- ・ MMC を複数枚使用する際に、特定の MMC を選択するための Chip Select 信号（以下 CS）があります。
- ・ MMC からの応答（レスポンス）の種類が、MMC モードより少なくシンプル。

この MMC、SPI モードのプロトコルに従って処理するソフトウェアがプロトコル処理層になります。プロトコル処理層で、MMC の初期化、リード、ライト、イレース等の処理を行います。

また、ハードウェアとドライバソフトウェアの機能のトレードオフにより、ハードウェアで MMC バスプロトコルを処理するアダプタ制御方式と、ソフトウェアで処理するポート制御方式の 2 つの制御方法があります。これらの対応については、I/O 処理層で行います。

(1) ポート制御方式

コマンドの生成から MMC とのポート入出力処理まで、全てソフトウェアで制御する方式です。具体的には、クロックの送出、クロックに同期させてデータ送信と受信、バス上でのエラーの有無を検出するために、CRC を送信データに付加したり、受信したデータの CRC をチェックする等の全ての処理を、ソフトウェアで制御します。

3.4.2 ファイルシステムとの切り口

ファイルシステムとドライバソフトウェアとの切り口は表 3.3 に示す 8 つの関数になっています。これらの関数をドライバ側に用意することにより、記録メディア（MMC、CF カード等）を意識することなくアクセスができます。

表 3.3 ファイルシステムとドライバの切り口

init()	デバイスを初期化する
format()	セクタを物理フォーマットする
raw_read()	セクタをリードする（シリンダ、ヘッド、セクタ指定）
raw_write()	セクタをライトする（シリンダ、ヘッド、セクタ指定）
read()	セクタをリードする（論理セクタ番号指定）
write()	セクタをライトする（論理セクタ番号指定）
timestamp()	時間と日付けを返す
diskchange()	ディスクがチェンジされたことを返す

3.4.3 MMC の活線挿抜対応

MMC は活線挿抜をサポートしています。ファイルオープン为例に、この活線挿抜の対応プロセスを説明します。（図 3.10）

アプリケーションプログラムからファイルシステムにファイルオープンの要求があると、ファイルシステムはまずメディアが交換されたかどうかを確認します。これはドライバソフト側の `mmc_diskchange()` を呼ぶことで行われます。メディア交換が検出されなければファイルオープン処理に移ります。一方メディア交換が検出された場合は、ドライバソフト側の `mmc_init()` により MMC の初期化を行います。初期化が正常完了すればファイルオープン処理に移ります。

USFiles 用に作成した MMC ドライバの `diskchange()` 関数のプログラム例を図 3.11 に示します。

3. 応用プロダクト開発のためのトータルシステムサポート

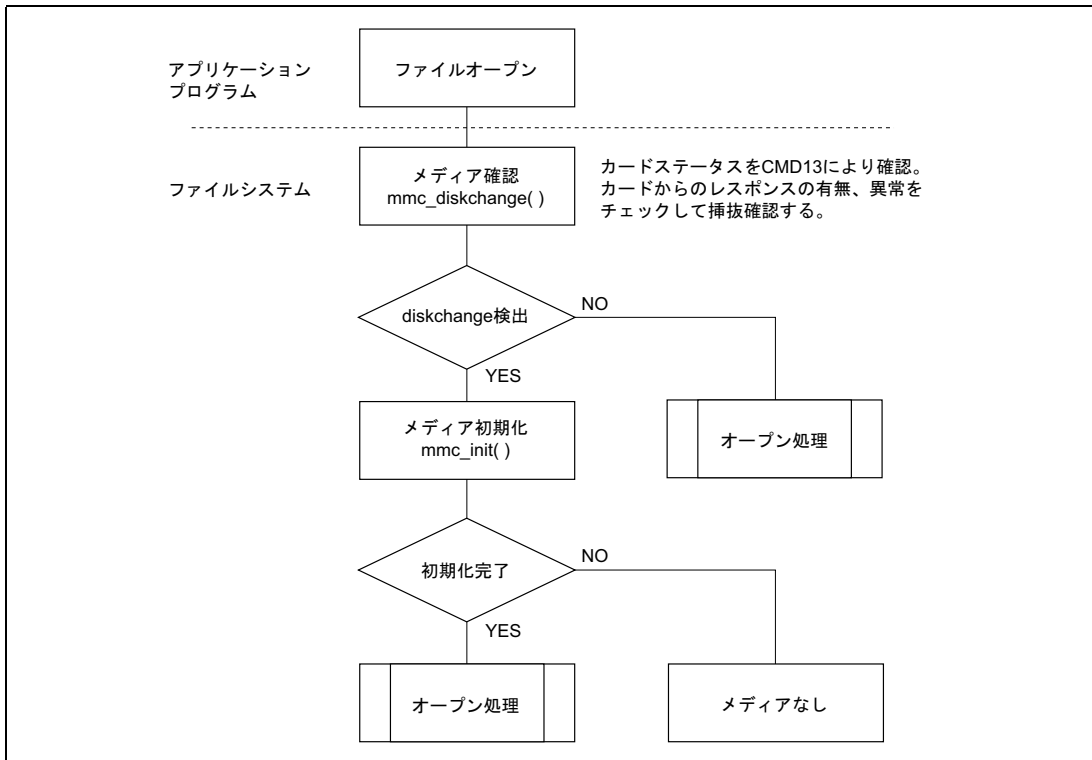


図 3.10 ファイルオープンの場合の処理

```

int mmc_diskchange( DEVICE *devp )
{
    byte card_no;
    uint32 ret;

    card_no = 0;
    ret = 0;
    /*-----*/
    /* カード番号の取得 */
    /*-----*/
    card_no = (devp->unit_no & ~UNIT_NO);
    /*-----*/
    /* カード状態の確認 */
    /*-----*/
    if ( ret = MMC_Send_Status( card_no, &Card_Info ) ){
        return( 1 );/* メディアチェンジ有り */
    }
    else{
        return( 0 );/* メディアチェンジ無し */
    }
}
  
```

図 3.11 活線挿抜対応のコード例

3.4.4 MMC の初期化について

MMC へのデータリード/ライトなどを行うためには、まず MMC を初期化しなくてはなりません。初期化処理は、“MMC モード”、“SPI モード”でそれぞれ異なり、各モードに合わせた処理をする必要があります。MMC モードはオーブンドレイン方式の制御方法です。ここではオーブンドレイン方式の MMC モードの初期化処理について詳しく述べます。

初期化のために、表 3.4 に示すコマンドが用意されています。

表 3.4 初期化のためのコマンド

COMMAND	RESPONSE	ABBREVIATION	DESCRIPTION
CMD0	-	GO_IDLE_STATE	全カードをリセットしアイドル状態にする。
CMD1	R3	SEND_OP_COND	全カードにオペレーションコンディションを訊ねる。
CMD2	R2	ALL_SEND_CID	全カードに CID を訊ねる。
CMD3	R1	SET_RELATIVE_ADDR	RCA を割り当てる。

(1) CMD0 を発行

ホストが MMC を初期化する際に最初に行うことは、CMD0 を MMC に発行することです。CMD0 を発行することで MMC はアイドル状態になります。通常、MMC はホストからの「コマンド」に対して、MMC からの応答である「レスポンス」を返しますが、コマンドの幾つかは、レスポンスを返さないものがあります。CMD0 もその一つなので、MMC がアイドル状態になったか否かのレスポンスは返してきません。従って、ホストは十分と思われる任意回数だけ CMD0 を発行する必要があります。

(2) CMD1 を発行

MMC がアイドル状態になったら、次に CMD1 を発行します。CMD1 では、MMC へ供給する電源の「電圧値」を設定できるようになっています。CMD1 を発行したときに、MMC が設定した電圧値に対応していれば、MMC はレスポンスとして MMC 自身が対応している電圧の範囲を返してきます。ここで対応電圧から外れた MMC はインアクティブ状態になります。

(3) CMD2 を発行

CMD1 を発行してレスポンスが得られた MMC が存在していたら、ホストは続いて CMD2 を発行します。CMD2 を発行することで、MMC はレスポンスとして CID (Card Identification Register) データを返してきます。

バス上に複数枚の MMC があるときは、ホストからの CMD2 を受け取ると、全ての MMC がレスポンスを返そうとします。このとき最初にバス権を獲得した MMC のレスポンスをホストは受け取ることができます。

(4) CMD3 を発行

この「バス権を獲得した MMC」に対して、ホストは CMD3 を発行する必要があります。CMD3 では、MMC に割り付ける番号である RCA (Relative Card Address) を設定できるようになっています。この RCA は、1~65535 までの番号が設定できるようになっており、今後 MMC へのアクセスは、この RCA によって複数の中からホストがアクセスしたい MMC を選択できることになります。

3. 応用プロダクト開発のためのトータルシステムサポート

MMC が複数枚バス上にあるとき、ホストは 1 回目の CMD2 発行によってバス権を獲得できなかった MMC のために、バス上にある MMC の枚数分だけ CMD2 を発行する必要があります。

CMD3 が正常に終了すると、MMC はデータ転送モードになります（それまではカードアイデンティフィケーションモード）。データ転送モードになった MMC は、CMD2 を受け取ってもレスポンスを返しません。

このことによって、複数枚の MMC がバス上にあっても、重複して RCA を設定してしまうことなく、全ての MMC に対してデータ転送モードへ移行させることが可能になります。

以上の初期化のようすを図 3.12 に示します。

図 3.13 に、USFiles 用に作成した MMC ドライバの初期化関数 `mmc_init()` のプログラム例を示します。

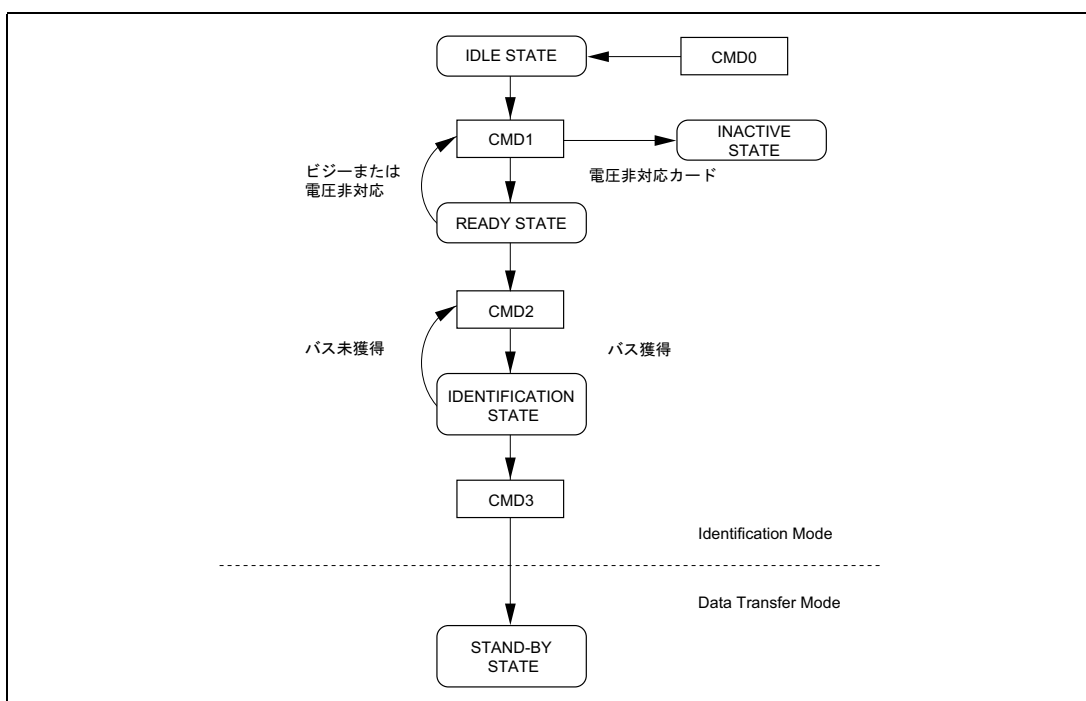


図 3.12 初期化中の MMC の状態

```

int mmc_init( DEVICE *devp )
{
    uint32  ret; /* 初期化中エラーの有無 */

    ret = 0;
    /*-----*/
    /* カードの初期化 (SPIモード時はCMD0、CMD1までの処理) */
    /* MMCモード時はCMD0～CMD3までの処理) */
    /*-----*/
    if ( ret = MMC_InitCard( &Card_Info ) ){
        return( 1 );
    }
    /*-----*/
    /* CSD・CIDの取得 */
    /*-----*/
    if ( ret = MMC_GetInfo( &Card_Info ) ){
        return( 1 );
    }
    /*-----*/
    /* 1ブロック当たりのバイト数を設定 */
    /*-----*/
    if ( ret = MMC_SetSectLen( &Card_Info ) ){
        return( 1 );
    }
    return( 0 );
}

```

図 3.13 初期化のコード例

3.5 マルチメディアカードプロトコルアナライザ

マルチメディアカードは外部インタフェースピンが7本で、このうち3本のシリアル線（CLK、CMD、DAT）を使い機器とデータ転送されます。ハードウェアインタフェースがシンプルである代わりに、カードと機器のデータ転送はコマンド、レスポンスと呼ばれるプロトコルが定められています。コマンドの種類は64種あります。カードを使用したシステムを開発する場合、このプロトコルの解析が容易に出来ればシステム開発期間を短縮できます。この観点からMMCプロトコルアナライザを開発し製品化しました。（以下プロトコルアナライザまたはアナライザと略します）

写真3.1および表3.5にプロトコルアナライザの外観図と物理仕様を示します。本プロトコルアナライザシステムはアナライザ本体部と、ホストパソコン上で動作しGUIでアナライザの操作を行うためのソフトウェアから構成されています。図3.14にプロトコルアナライザのシステム構成を示します。

プロトコルアナライザには、以下に記述するMMCシステム開発に役立つ様々な機能がありますが、これらの機能はすべてGUIにより操作できます。

3. 応用プロダクト開発のためのトータルシステムサポート

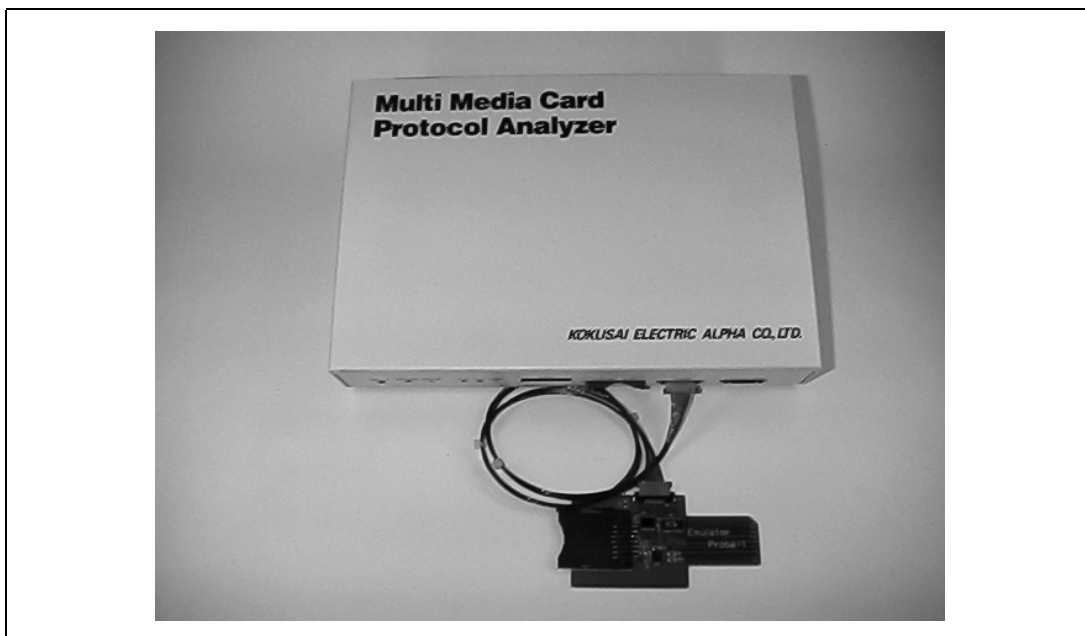


写真 3.1 プロトコルアナライザ

表 3.5 アナライザ物理仕様

本体外形	235 (W) × 170 (L) × 50 (D) mm
重量	1.45kg
電源	AC90 ~ 240V
付属品	AC コード
	RS232C ケーブル (2m、DSUB 9pin タイプ)
	パラレルケーブル (2m、DSUB 25pin タイプ)
	アナライザプローブ (50cm、同軸ケーブル)
	擬似カードケーブル (50cm、同軸ケーブル)
	システムソフト (3.5"FD 2 枚)
	オペレーションマニュアル (日本語、英文 各 1 冊)

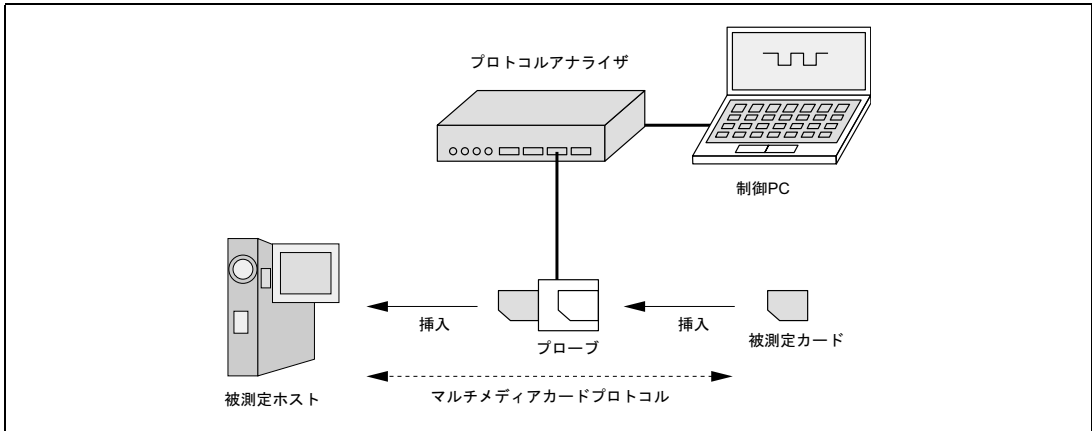


図 3.14 プロトコルアナライザシステム構成

表 3.6 にプロトコルアナライザの機能仕様一覧を示します。

3. 応用プロダクト開発のためのトータルシステムサポート

表 3.6 機能仕様一覧

項番	項目	仕様
1	トレース機能	1. MMC バス状態をトレース (CMD、DAT、CLK、VDD 電圧、VDD 電流、Time Stamp 情報)
		2. 4 種のトレースモードをサポート (1 OF 4 SELECTION) a. フリートレースモード b. トレース開始条件指定モード c. トレース停止条件指定モード d. トレースモニタモード
		3. コマンド、レスポンスのみのトレースモード (MMC モードのみ)
		4. トレース容量は 64K サイクル (オーバライト、バッファストップ機能あり)
		5. タイムスタンプ (実時間) 表示 a. 分解能は 50ns 単位 b. MMC バス上の CLK、COMMAND、RESPONSE、DATA 間隔を実時間 or クロック数 で表示
		6. MMC バスアイドル時のトレース一時停止機能
2	イベント検出	1. コマンドパターンまたはレスポンス 1、2、3 パターンまたはデータパターンでトレース トリガ (開始 or 停止条件) 指定可能
		2. GUI ボタンによる強制トレース開始、終了
		3. イベント検出の回数指定
3	動作状態モニタ	1. MMC バス上の CLK 状態、VDD 電圧値、VDD 電流値はトレースオン / オフに関わらず 常時 GUI 画面に表示
4	疑似モード	1. 通常モード、疑似ホストモード、疑似 MMC モードをサポート (1 of 3 selection) a. 通常モードは MMC アダプタ - MMC 間にアナライザプローブを挿入して使用。 b. 疑似ホスト (PseudoHOST) は本体 MMC コネクタに MMC を挿入して使用。 プロトコルアナライザからコマンド、ライトデータ送出可能。 c. 疑似 MMC (PseudoMMC) は疑似 MMC ケーブルを介して HOST と接続して使用。 プロトコルアナライザからレスポンス、ライトデータ返信可能。
		2. 疑似モード中もトレース有効 (簡単なプロトコルチェック、タイミングチェックが可能)
		3. 疑似ホスト (PseudoHOST) モード時 VDD オン、オフ、各種クロック選択が可能
5	HOST インタフェース	1. RS232C 歩調同期シリアルまたは双方向パラレルにて接続
		2. RS232C シリアル - 9600bps ~ 38400bps
		3. 双方向パラレル - 150K バイト / sec
6	LED 表示	1. Power On、Trace On、MMC-VDD、CMD、DAT 状態の表示
7	スイッチ	1. Power ON/OFF スイッチ (背面)
		2. リセットスイッチ (前面)
		3. Dip Switch (前面)
8	DIAG 機能	1. Dip Switch の状態により、パワーオン時の詳細 Diagnostic Test の実行有無を指定可能
9	SPI モード	サポート項番 1、2、3、5、6、7、8 の機能は SPI 時も有効 (ただし SPI モードで使うか、MMC アダプタモードで使うかは二者択一)
10	トリガアウト出力	指定したトレーストリガのイベント検出時にアナライザプローブ上の TRG 端子によりトリ ガ信号を出力

(1) トレース機能

マルチメディアカードとシステム間の信号状態をトレース取得し、ホストパソコン上にコマンド、レスポンス、データなどを分かり易く表示可能です。(電圧値、電流値も表示します。)

(2) イベント検出機能

コマンド、レスポンス、データパターン等様々なトリガ条件を指定し、トレースを開始させたり、トレースを停止させることができます。

(3) 疑似モード

アナライザが疑似的にホスト動作し、カードサイドのインタフェースのデバッグが可能な疑似ホストモードと、アナライザが疑似的にカード動作しホストサイドのインタフェースのデバッグが可能な疑似カードモードを備えています。

この機能によりホストシステムまたはカードがなくても MMC システムの開発が進められます。

(4) 性能測定

トレース機能で取得するデータには、MMC 信号の他に MMC バスの使用時間データも取得します。このデータから MMC とホスト間のデータ転送性能も表示することができます。

(5) バス状態表示

MMC バスの電源状態、クロック状態を常に表示します。

(6) 状態の保存と回復

エミュレーション状態(設定条件、トレース情報)をディスクに保存し回復することができます。

(7) ハードコピー

画面に表示された内容をプリンタへハードコピーできます。

図 3.15 にトレース取得モードの概要を示します。

3. 応用プロダクト開発のためのトータルシステムサポート

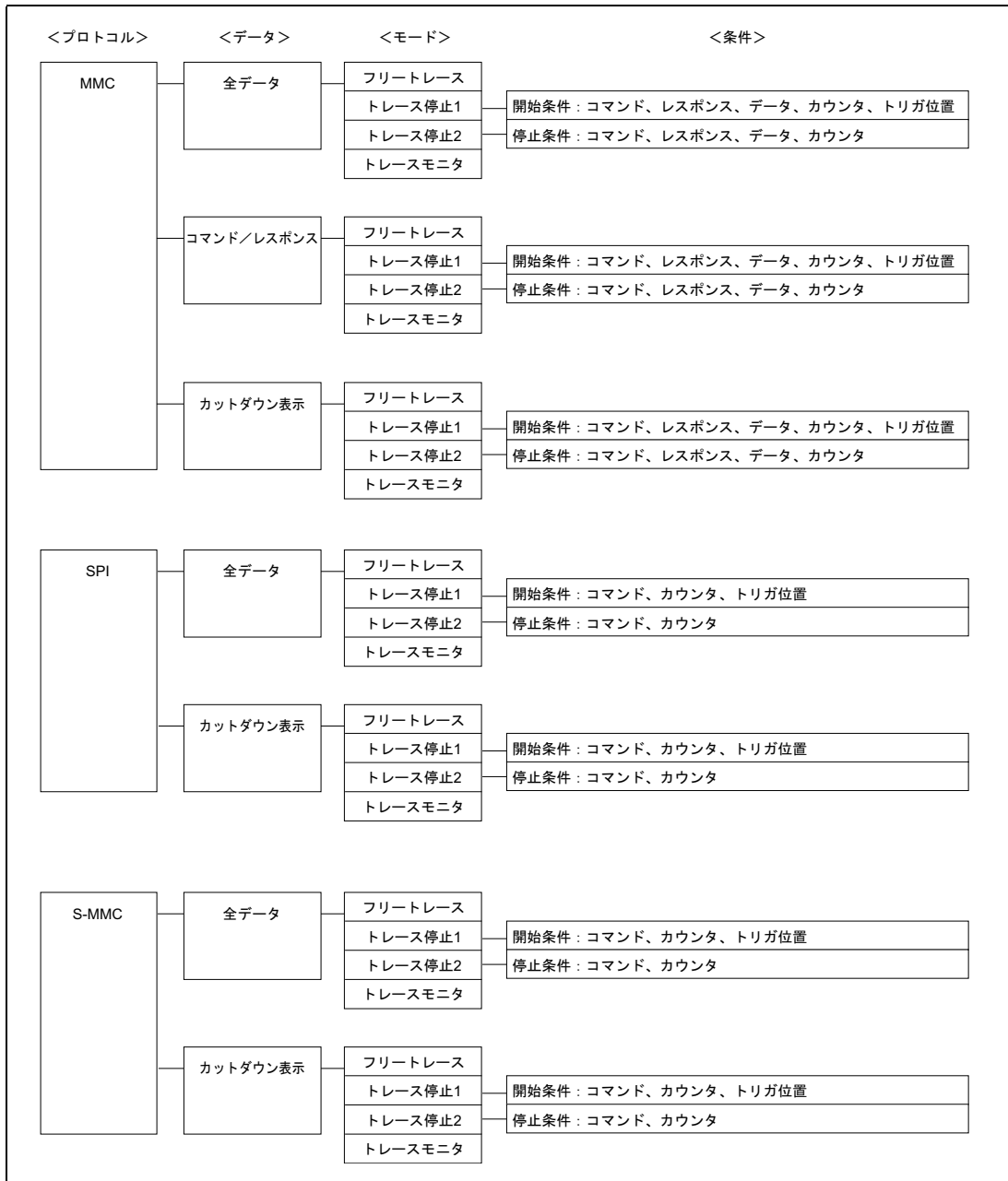


図 3.15 トレース取得モードの概要

(1) <プロトコル>

プロトコルアナライザのトレース解析に使用するプロトコルを MMC、SPI、及び SMMC の 3 種類から選択できます。SMMC モードは SPI モードをベースにセキュア用拡張コマンドをサポートしたモードです。

(2) <データ>

プロトコルアナライザは、すべてのトレース情報を取得する全データトレース機能と、コマンド及びレスポンスがあるときのみトレース取得するコマンド/レスポンストレース機能があります。また、この他に、コマンド/レスポンス/データ以外のサイクルを除外した形でトレース情報を画面表示する「Cut Down Display」指定が可能です。さらにこの指定がされたいるときモードごとにデータ部の解析サイズを下記のように設定可能です。

- MMC モード： 1～2048 バイト
- SPI モード： 2～512 バイト
- S-MMC モード： 512 バイト（固定）

(3) <モード> <条件>

モード、条件では、トレースモードとトレース開始、終了条件を指定します。フリートレースモードでは常に最新のバス状態を 64k サイクル分トレースメモリに書き込み、古い情報は書き換えられます。

図 3.16 にトレース表示ウィンドウを示します。

トレース取得後にこれらのトレース表示機能を使用し、コマンド、レスポンス、データ、及びそれぞれの間隔、クロック単位のビットの変化などをパソコン画面で簡単に見る事が出来ます。また、トレースデータはリスト表示で画面に出す事も可能です。

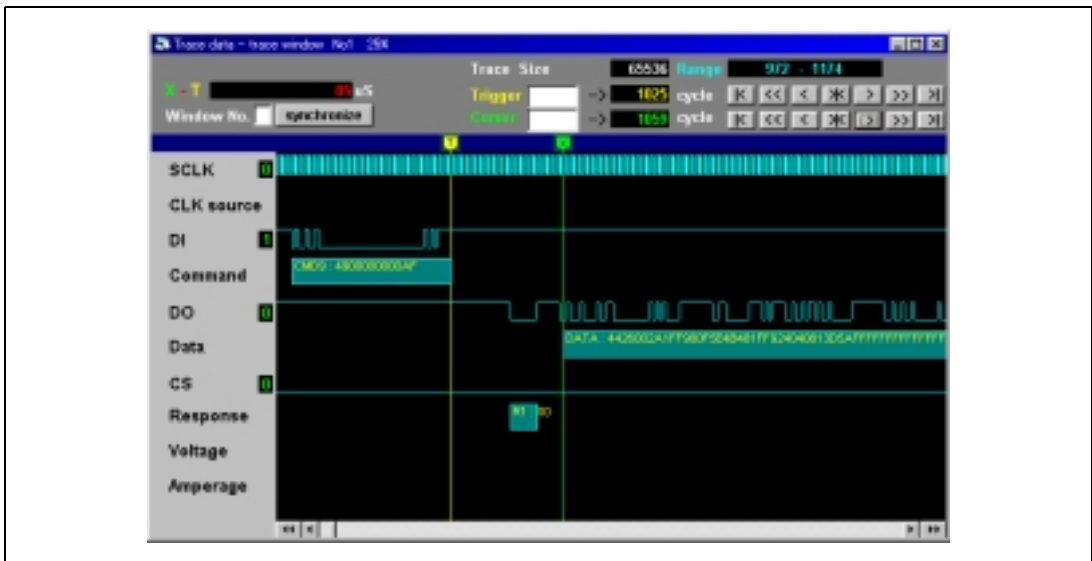


図 3.16 トレース表示ウィンドウ

3. 応用プロダクト開発のためのトータルシステムサポート

図 3.17 に疑似ホストモードウィンドウを示します。

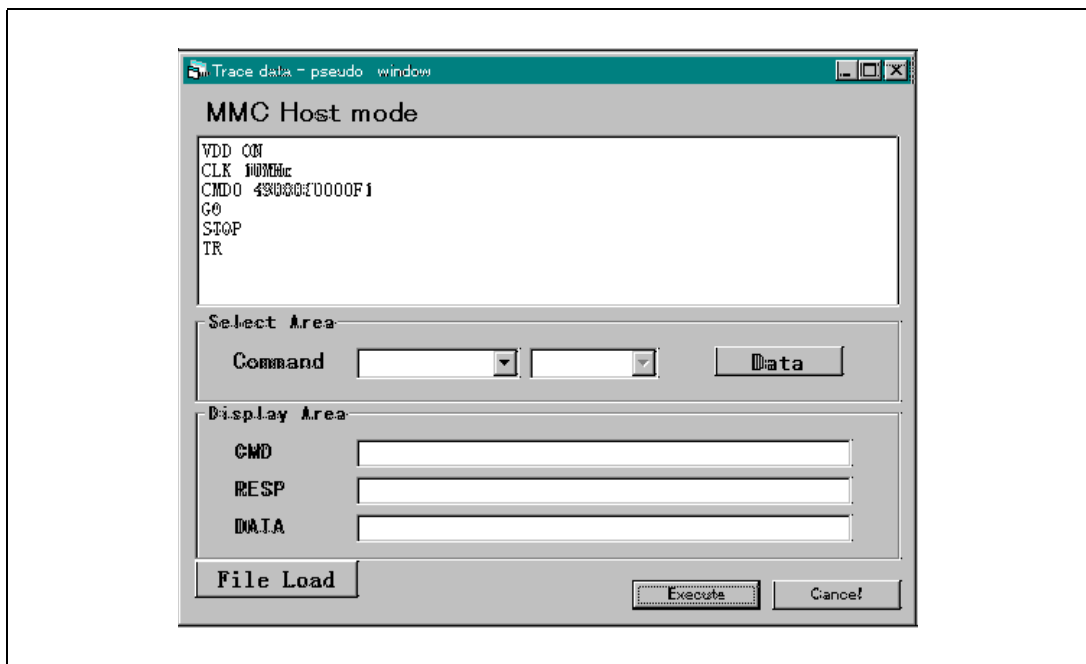


図 3.17 疑似ホストモードウィンドウ

疑似ホストモードコマンドを使用して、MMC カードに対して 1 つのコマンドを発行し、レスポンスを確認することで MMC カードのプロトコルを確認することができます。図 3.17 の例では、プロトコルアナライザがカードに対し VDD をオンにした後、10MHz のクロックを与え、続いて CMD0 を発行しています。これらのシーケンスとカードからのレスポンスがトレース取得されるので解析が容易となります。疑似モードにはここで説明した疑似ホストモードと、アナライザが MMC カードの代わりとなってホストにレスポンスを返す疑似カードモードがあります。

上記のようにプロトコルアナライザを使用することにより、従来ではロジックアナライザやオシロスコープで波形を見ながらデバッグを進めていたやり方が改善され、マルチメディアカードを使用したシステムの開発が効率よく行えるようになります。

3.6 応用システム開発事例（ミュージックプレーヤの試作）

小型、軽量、大容量 FLASH というマルチメディアカードの特徴を生かす代表的応用分野の一つとして携帯型音楽プレーヤがあります。今回は MMC の性能評価、およびデモを目的とした携帯機器として MP2 プレーヤを試作しました。今後、現在主流である MP3 プレーヤの開発試作を行う計画です。今回の試作機では、前項で述べた、MMC アダプタ論理 FPGA、MMC ドライバソフト、PC 互換ファイルシステム、MMC プロトコルアナライザを開発ツールとして使用しています。開発中の様子を写真 3.2 に示します。



写真 3.2 MP2 プレーヤ（試作品）

3. 応用プロダクト開発のためのトータルシステムサポート

図 3.18 に今回開発したプレーヤのハードウェアブロック図を示します。

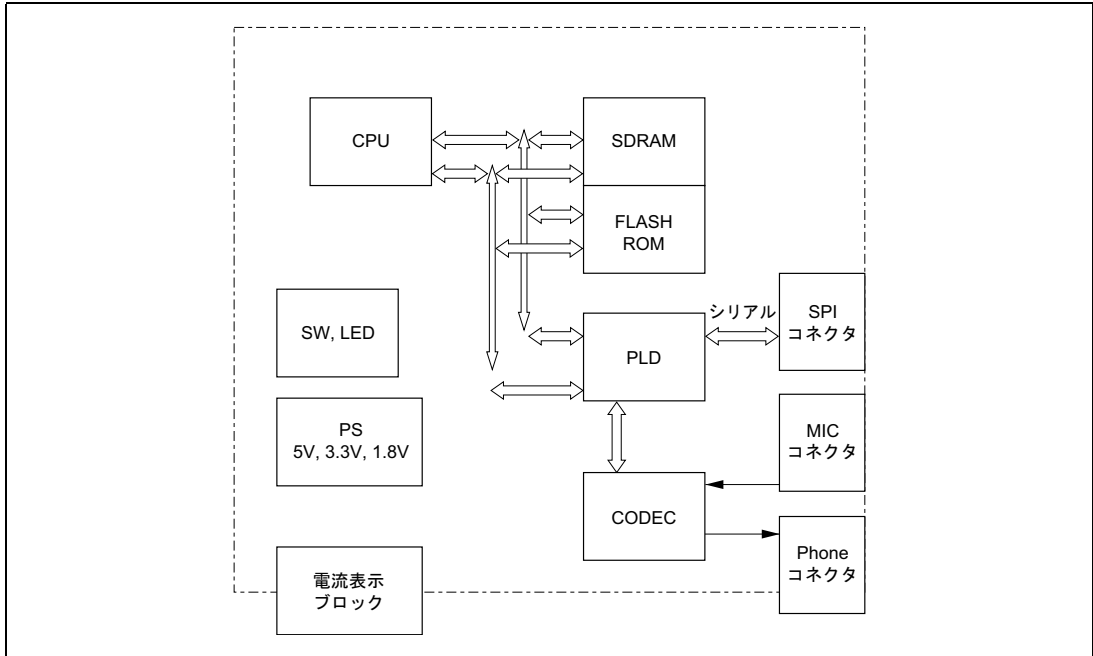


図 3.18 MP2 プレーヤブロック図

3.6.1 マイコンと MMC 間のアダプタ論理

音楽再生、録音というシステムスピードとしては中クラス的能力をカバーするため SPI インタフェースアダプタの論理回路を採用しました。SPI アダプタは 512 バイトの FIFO をはじめ、MMC コマンドレジスタや、レスポンスレジスタを有し、マイコン～MMC 間のドライバソフトのオーバーヘッドを軽減させています。図 3.19 に SPI アダプタのマイコン CPU から見たメモリマップを示します。

MMC～アダプタ間は、20M ビット / 秒の転送速度を採用しています。

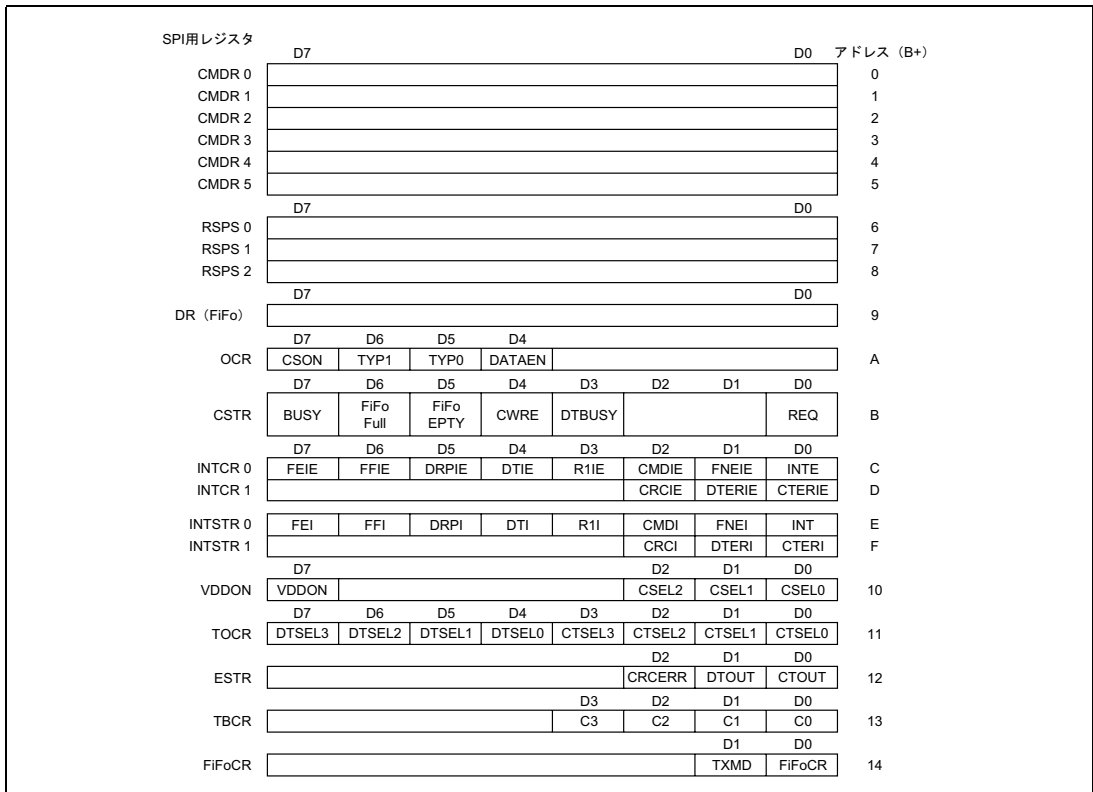


図 3.19 SPI アダプタメモリマップ

3.6.2 使用マイコン

音声圧縮、伸張処理には、それなりの処理能力のあるマイコンを選択する必要があります。

今回は、日立の SuperH・RISC マイコンの 1 種である、SH7729 を選定しました。

マイコン内部クロック 133MHz、外部バスクロック 33MHz、内蔵ペリフェラルクロック 33MHz で動作させています。

3.6.3 AUDIO コーデックその他

オーディオ入出力とマイコンとのインターフェースには AC'97 に準拠した CODEC IC を採用しました。また音声データバッファメモリとして 8M バイトの SDRAM を用意しました。さらにシステムの消費電流、マイコンの消費電流、または MMC カードの消費電流をモニタして 7SEG - LED に表示させる機能もつけました。この機能は電流センサと H8/337 シングルチップマイコンで実現しています。

(1) ソフトウェア処理フロー

図 3.20 に今回開発したプレーヤのソフトウェア処理フローを示します。

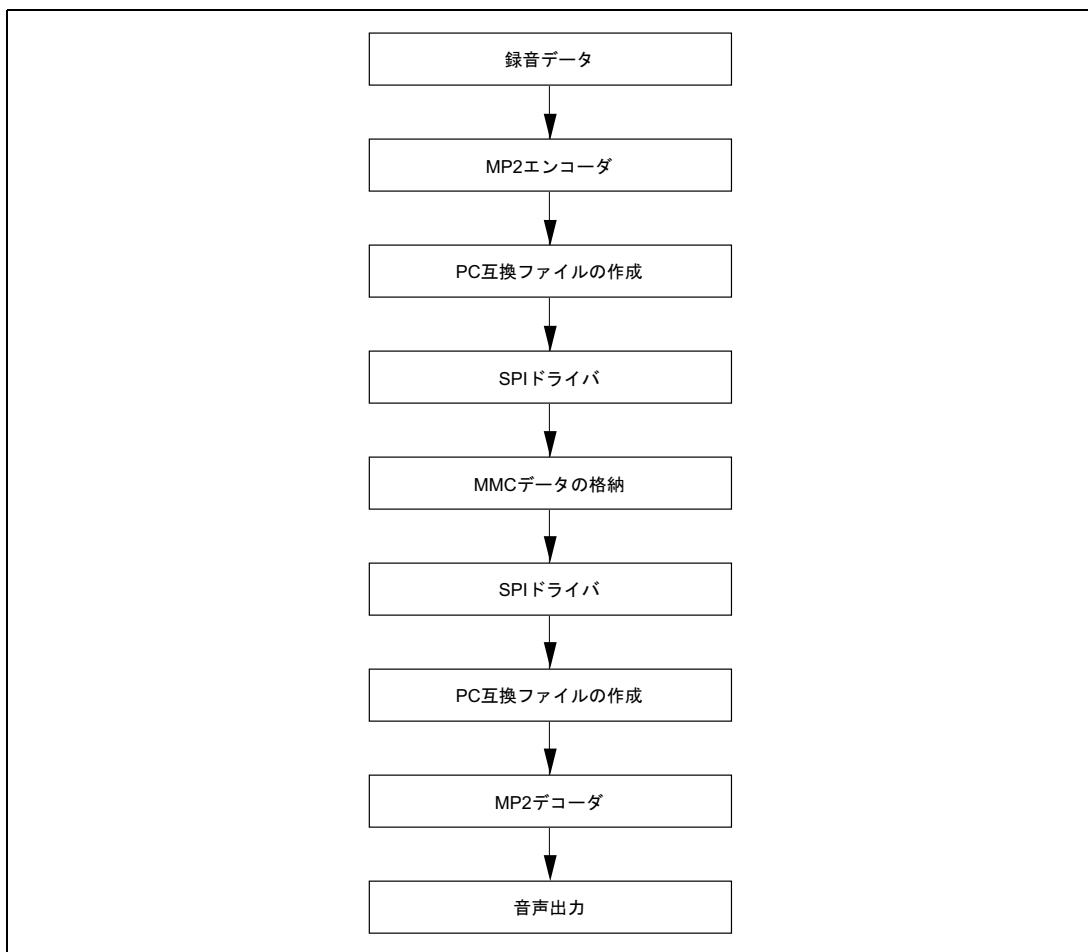


図 3.20 録音再生フロー

ステレオ再生時

- (1) ホストパソコンで MP2 のステレオ音声圧縮を行います。
- (2) PC ファイルフォーマットでファイルを作成します。
- (3) シリアルポートでファイルを PC からプレーヤへロードします。
- (4) 音楽データを MMC に格納します。
- (5) MMC 内格納データを読み出し、ステレオ音声伸張をかけながらイヤホンに音楽を出力します。

モノラル録音 / 再生時

- (1) CODEC IC からマイク音声データを取り込みます。
- (2) MP2 エンコード処理によりデータ圧縮をかけます。
- (3) PC 互換ファイルを作成し、SPI ドライバで MMC へ書き込みます。(録音時)
- (4) MMC 内のファイルを SPI ドライバにて読み出します。(再生時)
- (5) MP2 デコード処理しながら、イヤホンに音声を再生出力します。

(2) 性能評価

今回製作した MP2 プレーヤでは、16M バイト MMC カード 1 枚を媒体とした場合ステレオ音楽で 17 分、モノラル音声で 70 分のデータを格納することができました。

3. 応用プロダクト開発のためのトータルシステムサポート

4. マルチメディアカードシステム設計時の注意事項

4.1 始めに

MMC は、フラッシュカードとしては非常にコンパクトなサイズとなっています。既存のメジャーなフラッシュカード、例えば PC カード、CompactFlash[®]等が、どちらかといえば PC 寄りのコンセプトであったとすれば、明らかに民生用途を主眼においたカードと言えます。それは、

- 1) わずか 7 ピンのシンプルなインタフェース
- 2) 超小型かつ軽量の筐体
- 3) 活線挿抜を考慮したアーキテクチャ

等の特徴が示しています。

このように優れた設計思想の元に開発されたカードですが、新しい規格でもあり、まだまだ使用するための情報・ノウハウが一般的に入手しづらく、多くの設計者の方々が利用できる環境にはなっていません。また、MMC の規格仕様書自体が、原則的には、MMCA (MultiMediaCard[™] Association) に参加する企業にのみ開示されている関係から、更に情報を入手することが難しい状態となっています。詳細な規格内容の入手は、MMCA への参加が必要ですが、その規格書の要約版については、MMCA のホームページに記載されており、どなたでもフリーでダウンロードすることが可能ですので、是非アクセスして見てください。

MMCA のホームページ : <http://www.mmca.org/>

仕様書 : <http://www.mmca.org/specific.htm>

本項は、既に規格書を手渡し設計に着手されている方、または MMC の使用を検討中でのどのようなものか知りたいとお考えの方が設計される際の手引書として、参考になるようまとめてあります。

【注】 * CompactFlash は、米国サンディスク社の登録商標であり、CFA (CompactFlash Association) へライセンスされています。

4.2 動作モードについて

MMC は、下記の 2 つの動作モードを有しています。

一般的に、ホスト機器は、いずれかのモードをサポートすることになります。

(1) MMC (MultiMediaCard[™]) モード

Primary モード : MMC は必ずサポートしています。

(2) SPI (Serial Peripheral Interface) モード

Optional モード : 規格上は、オプションとなるモードです。

MMC において、電源投入直後は、MMC モードとなります。SPI モードは、CMD0 発行時に CS ピンをアサートすることで MMC モードから SPI モードへ遷移します。モードの切替は電源立ち上げ直後に行われる初期化作

4. マルチメディアカードシステム設計時の注意事項

業時にのみ有効で、一度 MMC モードで動作を始めると、電源を再投入しない限りは SPI モードに切り替えることができません。SPI モードで動作している場合にも同じことが言えます。

各々のモードには、表 4.1 のような特徴がありますので、ご検討のシステム構成に最適なモードを採用することが必要です。

表 4.1 各モードの特徴

	MMC (MultiMediaCard™) モード	SPI (Serial Peripheral Interface) モード
バス方式	全 2 重 3 線式シリアルバス (CLK, CMD, DAT ピン)	全 2 重 3 線式シリアルバス (CLK, DI, DO & CS)
動作周波数	可変 0 ~ 20MHz	可変 0 ~ 20MHz (尚、MMC 規格 Ver1.4 では、0 ~ 5MHz)
カード選択方式	コマンドによるカード選択 理論上、64K 枚までのカードを管理可能	CS ピンによるカード選択 理論上の制限無し
カード最大接続数	30 枚 (ただし、10MHz) 20MHz 時は、5 枚まで。	30 枚 (ただし、10MHz) 20MHz 時は、5 枚まで。
転送コマンド	シングルセクタ・シングルブロック単位転送 マルチプルセクタ・ブロック単位転送 ストリーム転送	シングルセクタ・シングルブロック単位転送 マルチプルセクタ・ブロック単位転送 (尚、MMCA 規格 Ver3.1 以降)

4.3 バス設計

4.3.1 バス配線設計

MMC は、Open-Drain モード、または Push-Pull モードで MMC バスを駆動します。そのため、必ず各バスの配線には、プルアップ抵抗が必要になります。抵抗が無かったり、または Pull-Down 抵抗をつけたりすると正常に動作しませんので注意が必要です。図 4.1 に、バス構成を示します。プルアップ抵抗の値は、MMC 規格に定められており、表 4.2 に示す通りです。

4. マルチメディアカードシステム設計時の注意事項

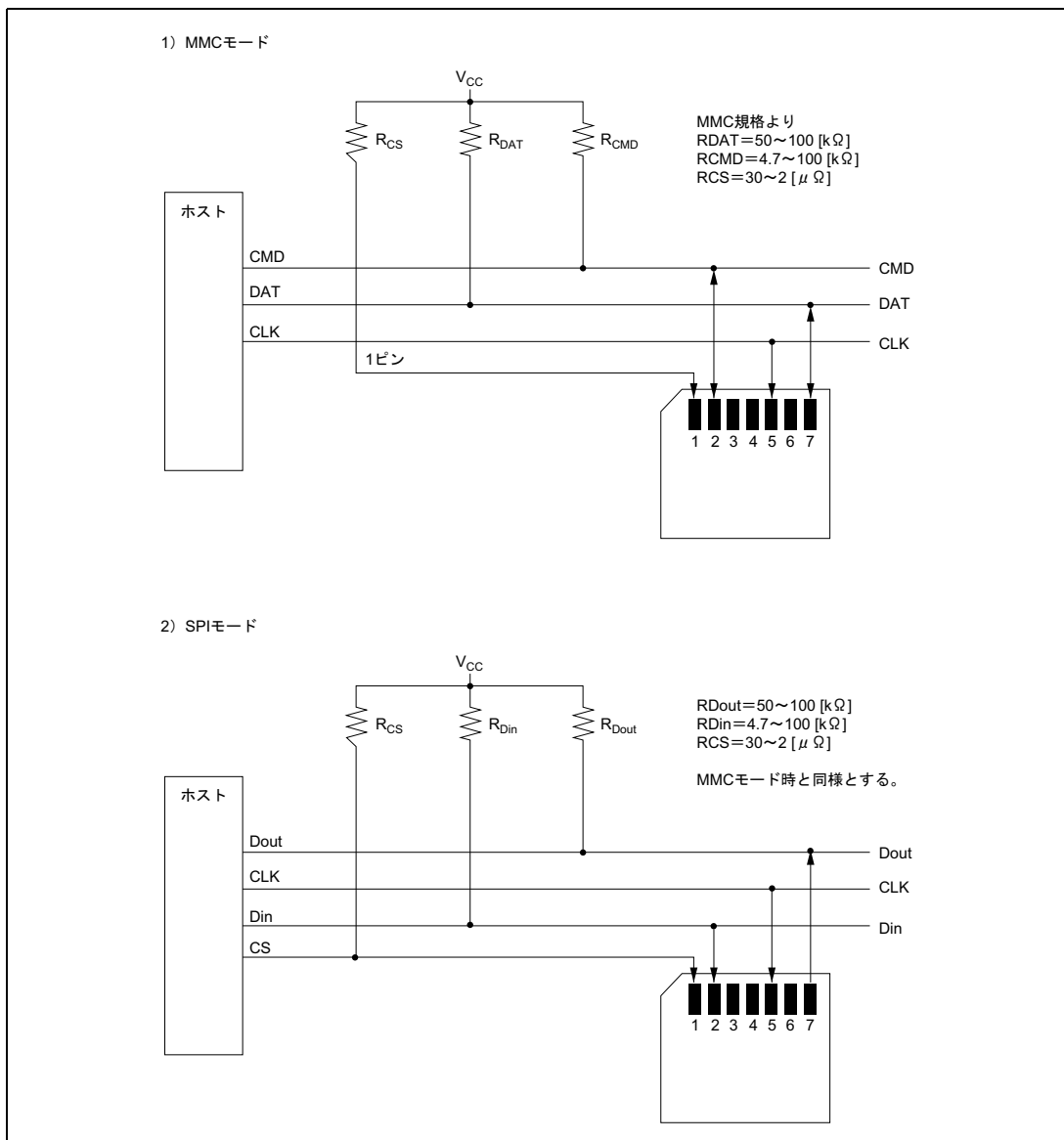


図 4.1 バス接続回路

表 4.2 プルアップ抵抗値

Parameter	Symbol	Min	Max.	Unit	Remark
CMD	RCMD	4.7	100	k	bus floating 回避
DAT	RDAT	50	100	k	bus floating 回避
CS	RCS	30	2	μ	bus floating 回避

4. マルチメディアカードシステム設計時の注意事項

プルアップ抵抗値は、バスの動作周波数、MMC スロット数、カードの負荷容量等の諸条件に応じて規格の範囲内でカスタマイズする必要があります。参考として、MMC バスの条件を示します。

バスの一本当たりの配線容量 CL は、

- ・ CL 250 pF { $f_{pp} \leq 5$ MHz、カード 30 枚接続時 }
- ・ CL 100 pF { $f_{pp} \leq 20$ MHz、カード 10 枚接続時 }

バスの一本当たりのインダクタンス L は、

16 nH { $f_{pp} \leq 20$ MHz } を想定しています。

なお、MMC1 枚当たりの負荷容量 C は、7 pF であることが定められています。

安定した動作を得るために、上記の注意事項に留意してください。

4.3.2 電源ノイズ低減

一般的に、ピーク電流の影響を緩和するため、パスコンを使用します。コンデンサは、下図に示すように、バス側に置かれます。パスコン容量は、ホストコントローラの容量を含み (VCC に対して)、 $C_{buf} = 1 \mu\text{F}/\text{slot}$ が目安です。

MMC は、Open-Drain、Push-Pull 動作でバスラインが制御されるため、VCC 側へプルアップ抵抗が付いています。そのため、GND の揺れによりも、電源側 VCC の揺れの方に、比較的影響を受けやすいので留意が必要です。

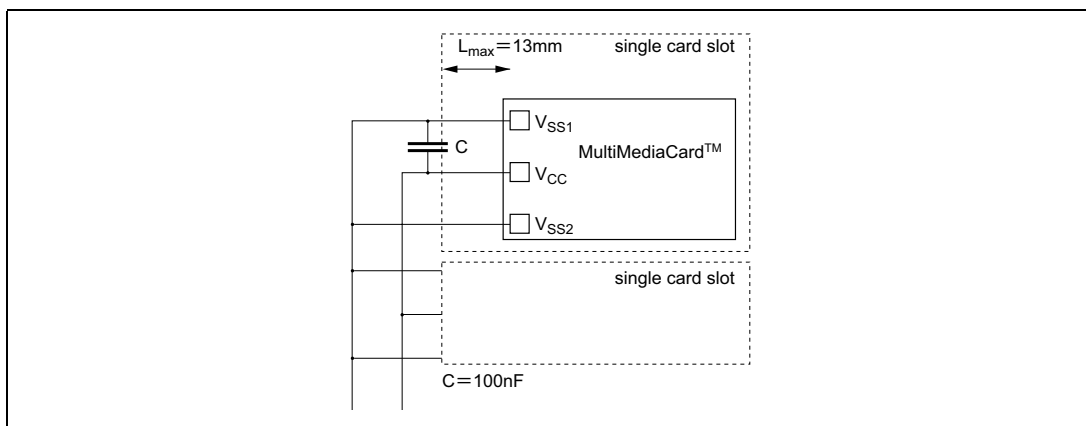


図 4.2 パスコン配置

4.4 電源投入時の注意事項とリセット動作

4.4.1 電源投入

図 4.3 に電源投入シーケンスを示します。MMC は、電源電圧検出回路を内部に有しており、一定電圧以下の時は、誤動作を防止するためにパワーオンリセットをかけ、十分な電圧に至ると自動的に内部の初期化を行います。

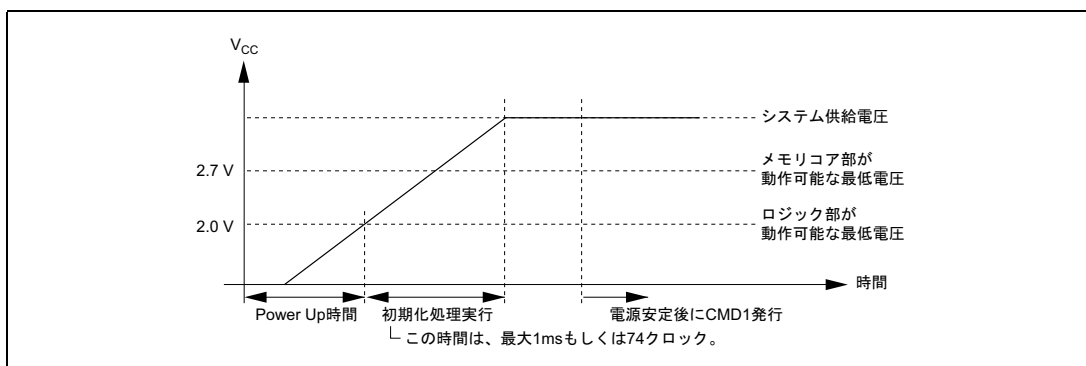


図 4.3 電源投入シーケンス

ホストは、電源投入後、十分な電圧に到達した時点より、MMC へのクロック送出を始め、CMD ライン上で認識シーケンスの発行を行います。その前に、ダミークロックとして、CMD ラインを、最大 1ms、または 74 クロックの間、High レベルに保持することが MMCA のスペックで規定されています。正常に、MMC 内部の自動初期化作業が終了すると、MMC は(ホットインサクション、コールドインサクションに関わらず)、Idle 状態に入り、SEND_OP_COND(CMD1) および CMD0 以外は受け取りません。

なお、MMC へのアクセスは、電源電圧に対して 2 段階構成となっており、レジスタアクセスのみ可能なコミニュケーションモード、フラッシュメモリへのリードライトまで可能になるオペレーションモードに分けられます。この電圧については、個々の製品により異なるので確認してください。

4.4.2 リセット動作

MMC におけるリセットは、規格により定義された通りのシーケンスを行わなければなりません。MMC には、外部にリセットピンが存在しませんが、そのため、リセットコマンドの発行により行われます。リセットコマンドは、GO_IDLE_STATE(CMD0)コマンドにより行うことができます。リセットコマンドを実行すると、現在の状態に関係無く、強制的に、MMC を idle 状態へ移行させます。ただし、Inactive (不活性化) 状態にある MMC は、このリセットコマンドすらも無視します。また、本コマンド : CMD0 を発行すると、カードは、全ての出力端子の状態をハイインピーダンス状態とし、各カードの RCA レジスタ値は、初期値である (0001h) となります。これは、パワーオンすることによっても同様であり、パワーオン後のカードは、常に idle 状態です。この状態で、唯一の受け付ける有効なホストからのコマンドは、CMD1 : SEND_OP_COND のみです。しかしながら、SPI モードにおいて、CMD1 は、有効オペランドを持っていません。よって、ホストは、Response に含まれる in-idle-state ビットが有効な間は、CMD1 を繰り返して送ることによって、カード状態をポーリングし続ける必要があります。このビットが無効となった時点で、当該カードが、その初期化プロセスを正常終了し、次のコマンド受け付けの準備ができたことを意味します。このように、MMC モード時と SPI モード時で、CMD1 に対する処理が異なるので注意が必要です。

4.5 MMCモードにおけるデータ転送までの初期設定について

初期設定とは、ホストが、バス上の全カードの

- (1) 動作条件の取得と指定
- (2) カード属性情報の取得
- (3) バス上におけるカードの相対アドレスの指定

を行うことを指します。カードの動作電圧条件の取得及び指定はCMD1を、カード属性情報の取得はCMD2を、カードの相対アドレスの指定はCMD3を使用します。図4.4に初期設定時状態遷移図を、また図4.5に初期設定フローを示します。

なお、SPIモードにおける初期設定については、4.6章で説明します。

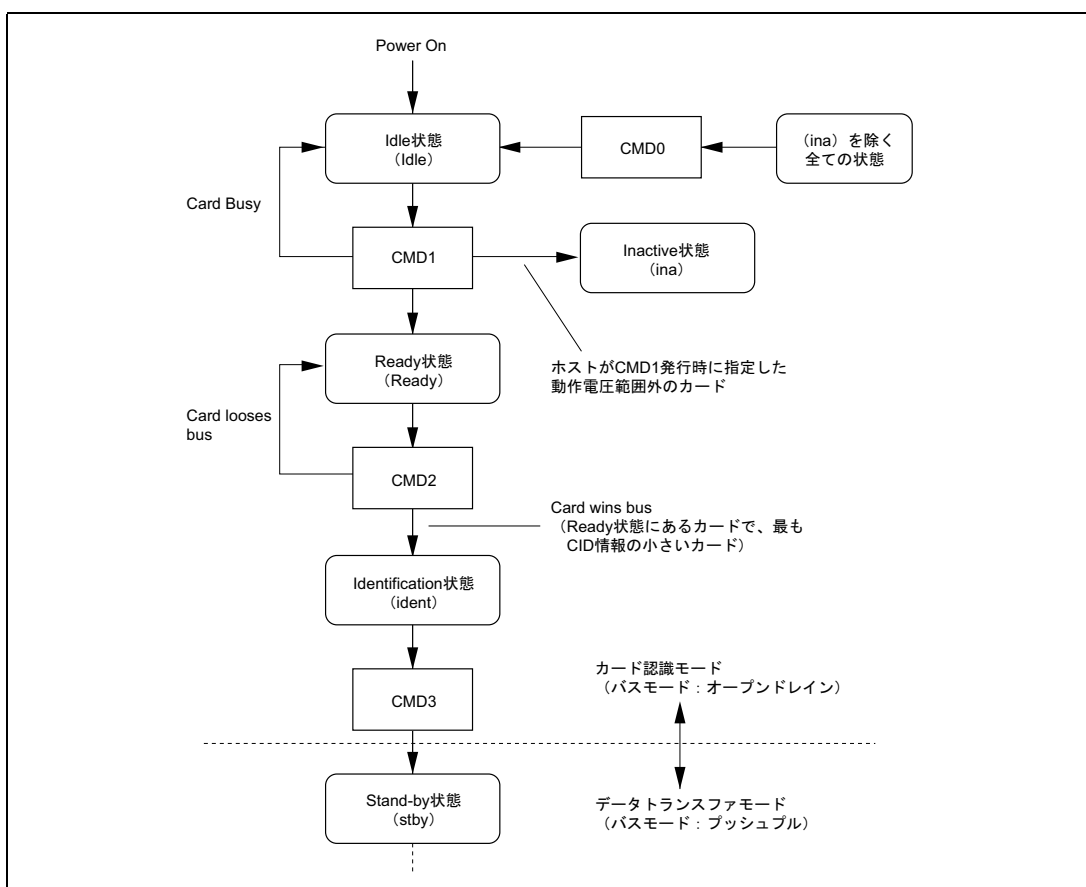
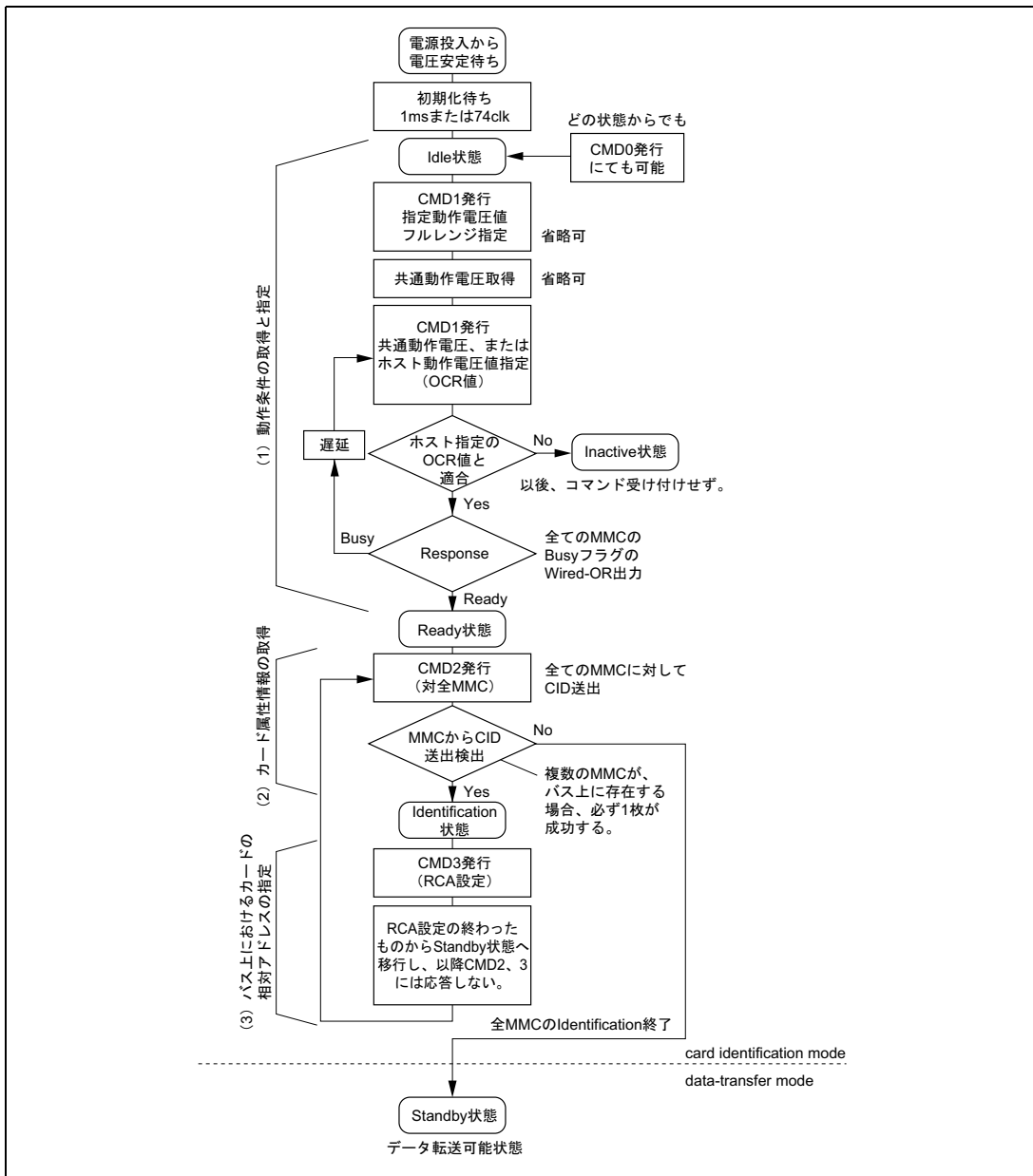


図 4.4 MMC ステートダイアグラム (カード認識モード)

4. マルチメディアカードシステム設計時の注意事項



4.5.1 動作電圧条件の取得と指定

電源投入後、MMC は Idle 状態に遷移します。この状態において、ホストは、

- 0) 初期化時の周波数により制御を行います。
- 1) SEND_OP_COND (CMD1) を発行します。
- 2) ホストは、バス上の全MMCがパワーアップシーケンスから抜けるまで、CMD1を発行し、MMCのポーリングを行う必要があります。またCMD1の引数として動作電圧プロファイル (OCR値) を使用します。OCR値は、実際にMMCに供給する電圧値 (範囲) を指定してください。

【注】 この時、OCR=ALL*0指定は、カードに対して電圧を供給しないという意味になるため、指定してはいけません。仮に指定するとMMCは規格に従い、Inactive状態に遷移し、以後のコマンドに反応しなくなりますので行ってはなりません。誤って行った場合は、再度、電源投入よりやり直す必要があります。

- 3) CMD1をMMCに発行すると、ResponseとしてカードのOCR値、及びBusyフラグを返します。バスに複数のMMCが接続されている場合、それぞれのMMCから出力されるOCR値及びBusyフラグ値は、Wired-ORされてホストに通知されます。Busyフラグは、当該MMC群がパワーアップシーケンス中であることを示し、そのOCR値は、接続されている全カードにおける動作可能電圧の公約数となります。
- 4) ホストは、カード群のBusyビットが全てクリアされるまで、CMD1を発行し続けなければなりませんし、またBusyビットのポーリングを必ず行う必要があります。

【注】 全MMCのBusyが解除された状態で、MMCに対してCMD1を発行すると、カードはInactive状態に遷移し、正常に動作しなくなる可能性があります。

- 5) Busyビットがクリアされると、Inactive状態に遷移したMMC以外は、Ready状態に遷移したことがわかります。

次に、カードの属性情報の取得を行います。

4.5.2 カード属性情報の取得およびバス上におけるカードの相対的地址の指定

ホストは、バスに接続され Ready 状態にある MMC に対して、ALL_SEND_CID(CMD2)を発行することにより、それら全てのMMCにおける認識情報 (CID) 取得を行う必要があります。CID情報は、個々のMMCで全て異なり、また、そのデータのやり取りは、CMDラインで行います。

- 1) ホストは、Ready状態にあるMMCに対してALL_SEND_CID(CMD2)を発行します。
- 2) MMCはCMD2を受けると、5クロック目よりCID情報の送出一斉にはじめます。
- 3) 各カードのCID情報は全て異なるため、送途中にMMCの出力とカードのバス出力レベルが異なる部分が出てきます。これを検出したMMCは、再びReady状態に戻り、再度CMD2の発行を待ちます。
- 4) 結果、一回のCMD2発行に対して、最もCID情報の小さいMMC1枚のみがCID送出に成功し、Identification状態に入ります。
- 5) この時、Identification状態にあるMMCは、バス上に1枚しか存在しません。

4. マルチメディアカードシステム設計時の注意事項

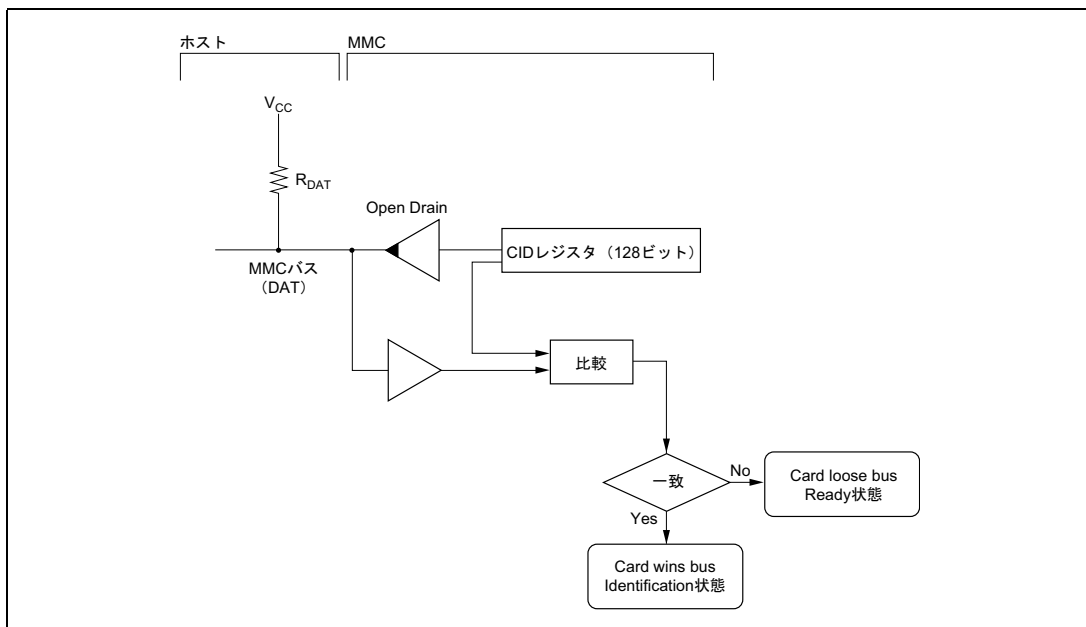


図 4.6 オープンドレインアーキテクチャ

- 6) ここで、ホストは、SET_RELATIVE_ADDR (CMD3) を発行して、このMMCに対して相対的カードアドレス：RCA (Relative Card Address) の設定を行います。

【注】 RCA 値を自由に設定することが可能ですが、RCA="0000h"を指定してはいけません。これは、データ転送モードにおいて、SELECT_DESELECT_CARD (CMD7) を使用するとき、仮にRCA=0000hと指定すると、バス上の全てのMMCを非選択にすることができるよう、MMC規格により予約されているためです。尚、電源立ち上げ当初のMMCにおけるRCA初期値は、RCA=0001hです。

- 7) RCAを設定されたMMCは、データ転送モードにおける状態の一つであるStandby状態に遷移し、以降、CMD2、CMD3発行に対して応答しなくなります。ホストは、1)~7)の作業を繰り返し、全てのMMCにRCA値を設定します。
- 8) ホストは、CMD2発行に対して、バス上の全MMCが反応しない=CID送出をしないことをもって、全てのカードを認識したか否か判断します。この時のTime-Outの判定条件は、CMD2送出後、5クロックでStart Bitが検出されないことをもって確認します。
- 9) MMCはデータ転送状態に移行します。この時点で、クロック周波数を、20MHz以下で変更することが可能です。
- 10) CSDレジスタを読み込みます
- 11) リードセクタサイズの変更などを設定します
- 12) データのリード・ライト等の処理が可能な状態です。

これらの作業をもって、ようやくMMCに対してデータのリード・ライトコマンド等のデータ転送コマンドが使用することができます。

4.6 SPIモードにおけるデータ転送までの初期設定について

MMCは、電源投入直後はMMCモードにて立ち上がります。よって特定の処理を実施しない限り、通常はMMCモードとなるので、SPIモードは面倒のようにお考えになるかもしれませんが。しかしながら、MMCモードのように、“状態；state”という概念が無い上に、カード選択を、CSピンで行うという従来のメモリ等に近い考え方が扱えるので、SPIモードに切り替えれば、MMCモードに比較して容易に扱えます。

電源投入後、MMCは”Idle”状態に遷移しますが、MMCモードのままでするので留意してください。

この状態において、ホストは、

- 1) CS=Highとして、カードをNonActiveにします。
- 2) MMCイニシャライズ用のダミークロックを74クロック以上発行する。
- 3) CS=Lowとし、CMD0 (GO_IDLE_STATE) を送信します。

【注】 この時点では、まだMMCモードなのでCRCが必要です。コマンド0のフォーマットは40、00、00、00、00、95で、このうち”95”がCRCです。

また、MMC規格により、idle状態のMMCは、CMD0とCMD1しか受け付けません。CMD59によりCRC機能をON/OFFさせたい場合は、CMD1の後で実施する必要があります。

- 4) この時点においてSPIモードに切替ります。MMCからの応答；R1レスポンスを待ちます。。
- 5) R1レスポンスが、01hの場合、(8)へ、R1レスポンスが、01h以外ならば、エラーと判定して、エラー処理を行います。一般には、エラー表示を実施することになるか、再度、パワーオンより再実行するなどの処理が考えられます。
- 6) 応答が無い場合、タイムアウトとしエラー処理を行います。タイムアウト規定は、各社製品により異なります。
タイムアウトを判定したら、エラー処理を実行します。
- 7) CMD1 (SEND_OP_CMD) を発行し、MMCからの応答；R1レスポンスをポーリングします。
- 8) R1レスポンスが00hの場合(9)へ、01hの場合CMD1を再度発行して00hになるまでポーリング、また、00h、01h以外ならば、エラーと判定して、エラー処理を行います。一般には、エラー表示を実施することになるか、再度、パワーオンより再実行するなどの処理が考えられます。また、応答が無い場合、タイムアウトとしエラー処理を行います。
- 9) データ転送モードに切り替わります。この時点で、クロック周波数を、20MHz以下で変更可能です。

【注】 MMC規格 Ver1.4に準拠する一部のMMCでは、SPIモードは、0~5MHzで動作させる必要があります。

- 10) CSDレジスタを読み込みます。なお、レジスタ値の読み取りに専用コマンドが使用されるMMCモードと異なり、SPIモードにおけるCSD、CIDレジスタ内容の取得は、通常のシンプルなリードブロック転送となります。MMCは、ホストからの要求に対し、標準のResponseトークンによりデータを返します。即ち、16バイトデータブロックと、それに付随する16ビットCRCにより応答されます。

- 11) リードセクタサイズの変更などを設定。
- 12) この時点でリードライトが可能状態です。
- 13) 電源オフをする時は、カードがReady状態であることを確認し、かつ、CS=Highにしてから電源をオフしてください。

4.7 タイミング設計について

図 4.7 に MMC のタイミング仕様を示します。MMC 規格によると、各信号の入出力は全てクロックの立ち上がりに対して規定されていて、MMC は各信号のデータの取り込みと出力をクロック信号の立ち上がりで行います。図中の網掛け部は値が Don't Care となっており、ホストはこの範囲でのデータの取り込みを行わないでください。

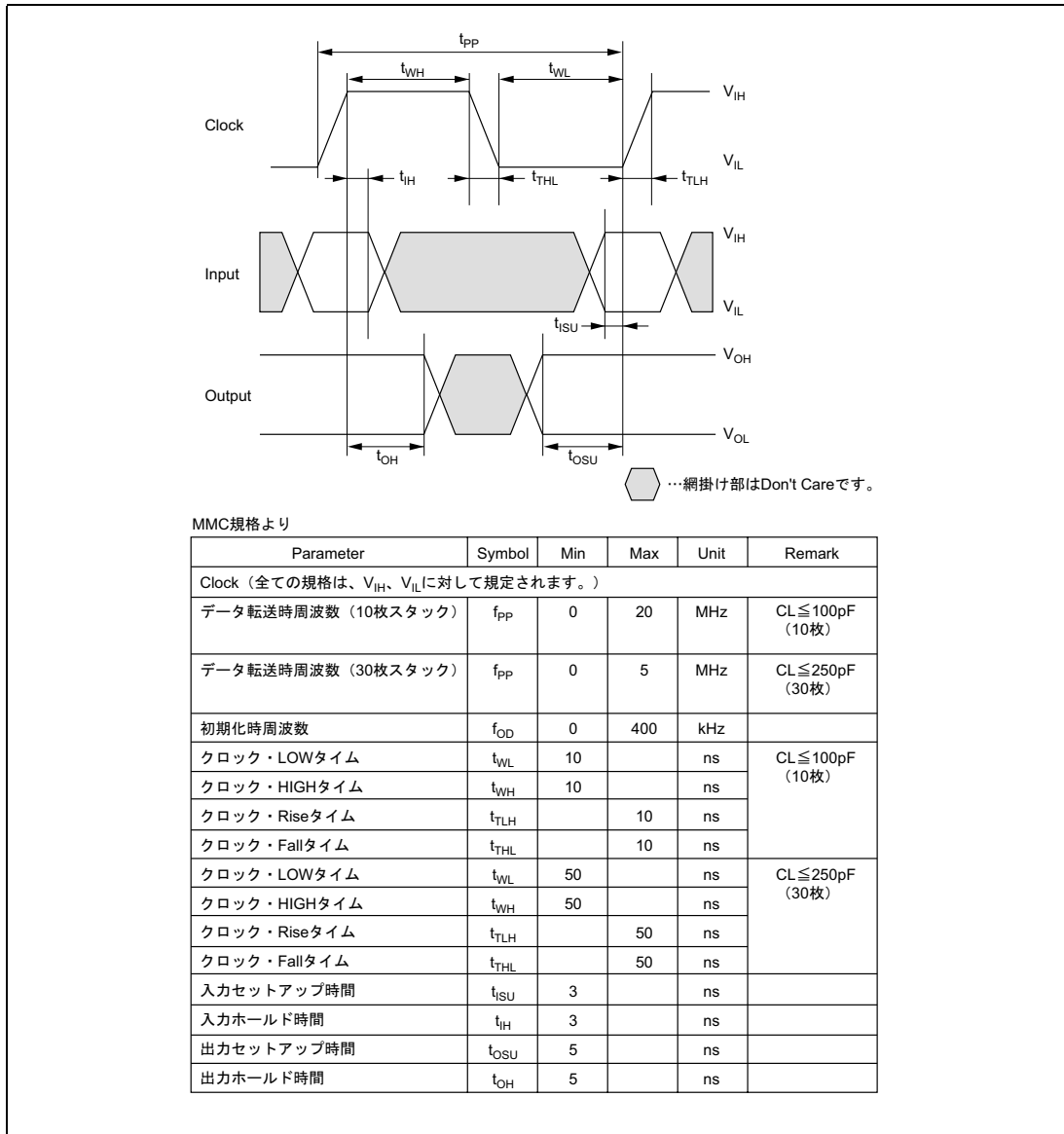


図 4.7 MMC タイミング図

付録

A. 開発サポート

マルチメディアカード搭載システムの開発時の概略フローを図 A.1 に示します。図に示すように開発の各フェーズにおいてさまざまなサポートツールを準備しております。

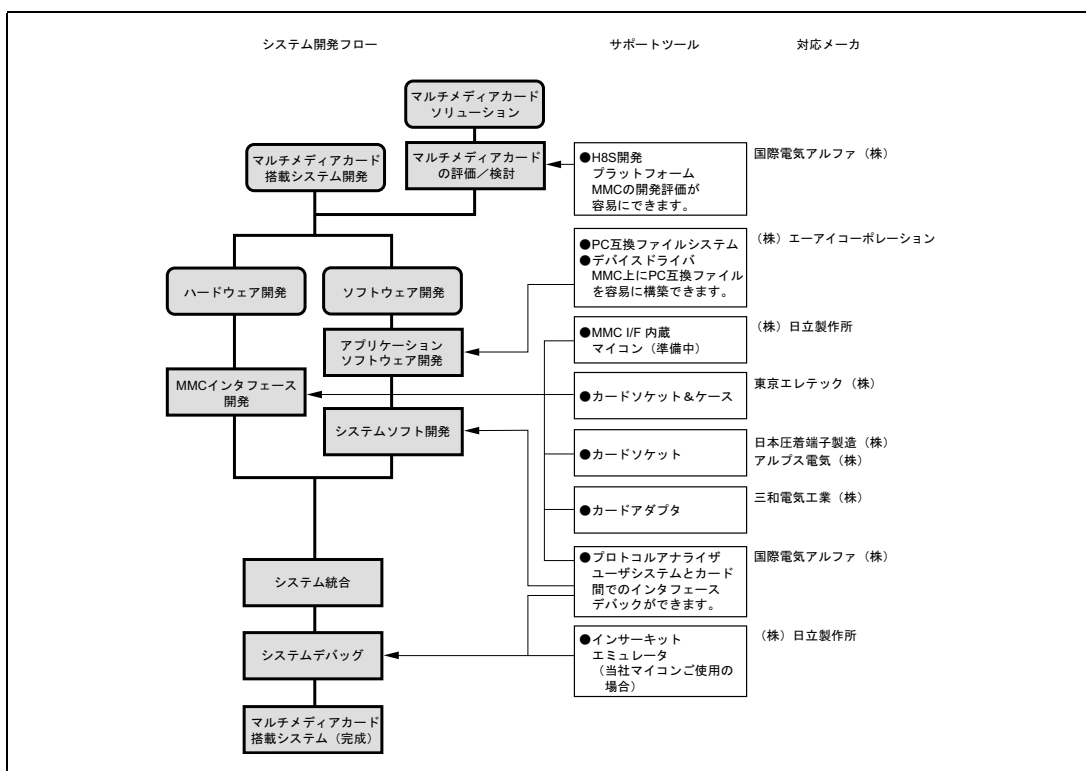


図 A.1 マルチメディアカード開発フローと提供可能なツール一覧

MultiMediaCard™お問い合わせ窓口

〒100-0004 東京都千代田区大手町 2 丁目 6 番 2 号 日本ビル
株式会社 日立製作所 半導体グループ
メモリビジネスユニット マーケティング本部 マーケティング部
TEL : 03-5201-5021
HomePage : <http://www.hitachi.co.jp/Sicd/flashcard/>

プロトコルアナライザ、開発プラットフォームお問い合わせ窓口

〒205-0023 東京都羽村市神明台 2 丁目 6 番 13 号
国際電気アルファ 株式会社
TEL : 042-578-1659
FAX : 042-555-5957
HomePage : <http://www.ke-alpha.co.jp/>
E-mail (Technical Support) : mmc-info@ke-alpha.co.jp
(Sales) : sales@ke-alpha.co.jp

ファイルシステム、ドライバソフトお問い合わせ窓口

〒141-0031 東京都品川区西五反田 2 丁目 25 番 2 飯島ビル
株式会社 エーアイコーポレーション
TEL : 03-3493-7981
FAX : 03-3493-7993
HomePage : <http://www.aicp.co.jp>
E-mail : sales@aicp.co.jp

MMC ソケット & ケースお問い合わせ窓口

〒110-0006 東京都台東区秋葉原 3 丁目 10
東京エレクトック 株式会社
TEL : 03-5295-1661
FAX : 03-5295-1663
HomePage : <http://www.tetc.co.jp>
E-mail : sales@tetc.co.jp

MMC ソケットお問い合わせ窓口

〒222-0001 神奈川県横浜市港北区樽町 4-8-24

日本圧着端子製造 株式会社

TEL : 045-543-1278

FAX : 045-544-1300

HomePage : <http://www.jst-mfg.com/>

〒145-8501 東京都大田区雪谷大塚町 1-7

アルプス電気 株式会社

TEL : 03-5499-8154

HomePage : <http://www.alps.co.jp/>

上記より <http://www3.alps.co.jp> の電子部品カタログの項目
電子部品に関するお問い合わせ資料請求からご連絡願います。

Reduced Size MultiMediaCard アダプタお問合せ窓口

〒102-8140 東京都千代田区富士見 1-6-1

三和電気工業 株式会社

TEL : 03-5213-3030

FAX : 03-5213-3041

HomePage : <http://www.snwd.co.jp>

E-mail : eigyo@snwd.co.jp

マルチメディアカード ユーザーズマニュアル

発行年月 2000年9月 第1版

2003年3月 第3版

発行 株式会社 日立製作所
半導体グループビジネスオペレーション本部

編集 株式会社 日立小平セミコン
技術ドキュメントグループ

©株式会社 日立製作所 2000