

STM32MP1 - SDMMC

SD/SDIO/MMC ホストインタフェース

1.0 版



こんにちは、STM32 SDMMC コントローラモジュールのプレゼンテーションへようこそ。このプレゼンテーションでは、SD カード、MMC カード、または SDIO デバイスの MPU への接続に使用するコントローラの主な機能について説明します。

- マルチメディアカード(MMC)、セキュアデジタル(SD)メモ리카ード、SD I/O デバイス(SDIO)との通信インタフェースを提供

- 完全に設定可能
- SD (6.0)、SDIO (4.0)、および MMC (5.1) 仕様に準拠
- 統合 DMA

アプリケーション側の利点

- SD のデフォルト速度(<25MHz)、ハイスピード(最大 50MHz)、UHS-I シングルデータレート(最大 204MHz)、ダブルデータレート(最大 50MHz)をサポート
- eMMC レガシー互換(<26MHz)、ハイスピード(最大 200MHz)、およびダブルデータレート(最大 52MHz)をサポート
- 必要なのは数本のピンのみ
- 電圧コンバータをサポート
- データストレージを簡単に拡張可能
- リンクリストによる DMA をサポート



SDMMC コントローラは、マイクロコントローラがマルチメディアカード、SD メモ리카ード、および SDIO デバイスと通信する際の通信インタフェースを提供します。このインタフェースは完全に設定可能で外部メモリを簡単に接続できるため、より多くのメモリが必要なときに大容量ストレージ機能を確保できます。アプリケーションは、メモ리카ードとのインタフェースに使用するピン数が減ることからメリットが得られます。SDMMC インタフェースの使用により、アプリケーションは外部 Flash メモリでのハイスピードの読出しおよび書込み操作を簡単に管理できます。

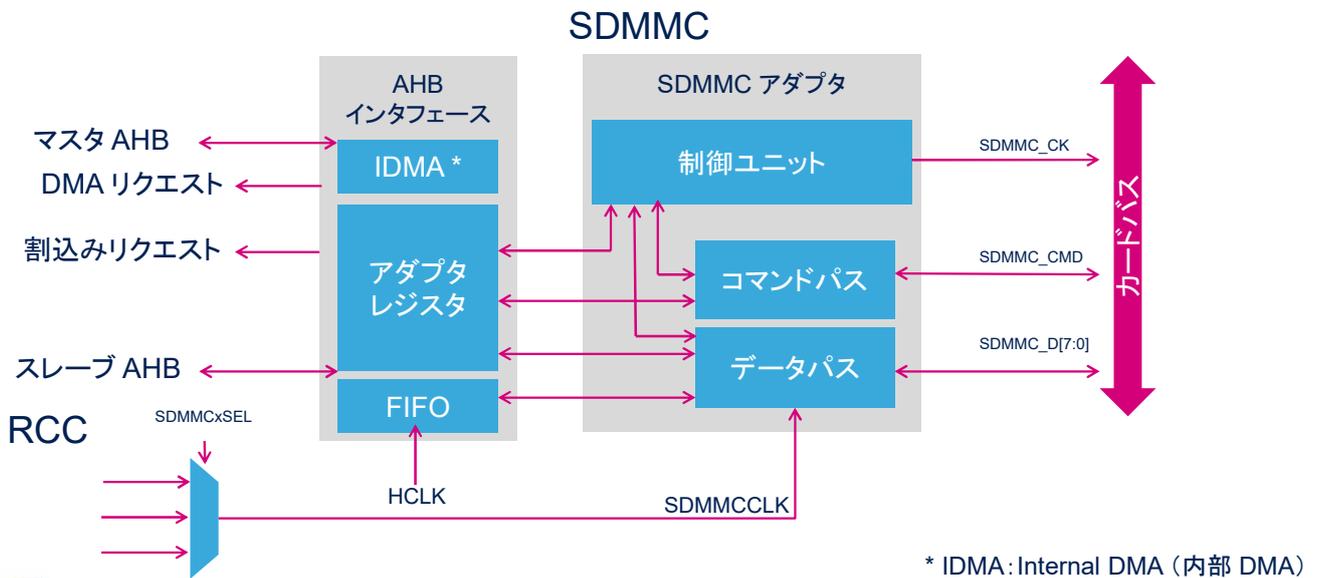
- SDMMC ホスト機能
 - 1bit、4bit、8bit のデータバスモードをサポート
 - CPU の負荷軽減のため、IDMA によるデータ転送をサポート
 - 安全なデータ転送(このオプションが STM32 製品で利用可能な場合)
- 最大 208MHz に設定可能なクロックジェネレータの動作
 - 省電力機能をサポート
 - 可変遅延チューニングをサポート(遅延ブロックが関連付けられている場合)
- SDIO は、マルチバイト、割込みシグナリング、読出しウェイト、サスペンド／レジューム操作などの機能をサポート
- MMC は、ストリーム・モード、ブート、スリープ、および IRQ 操作の待機をサポート



SDMMC コントローラは、1bit モード(デフォルト)、4bit モード、および 8bit モードのデータバス幅をサポートして、データスループットを向上させます。SDMMC インタフェースは内部 DMA(IDMA)と相互接続して、データの読出しまたは書込み転送周期中に CPU の負荷を軽減します。SDMMC クロックジェネレータは、初期化フェーズで最大 400kHz、カードに対しては最大 204MHz の信号をハイスピードモードで生成します。

電力効率を高めるため、コマンドバスとデータバスがアイドルステータスのときに SDMMC クロックを無効にします。コントローラは SD I/O モジュールとインタフェース接続ができます。SD I/O モジュールは読出しウェイト、サスペンド／レジューム操作などの高度な機能に加え、1バイトおよび 4bit モードでのマルチバイト転送や割込みシグナリングなどの標準処理に対応しています。

MMC モードでは、ストリーム・モード、ブートおよびスリープ操作をサポートします。



* IDMA: Internal DMA (内部 DMA)



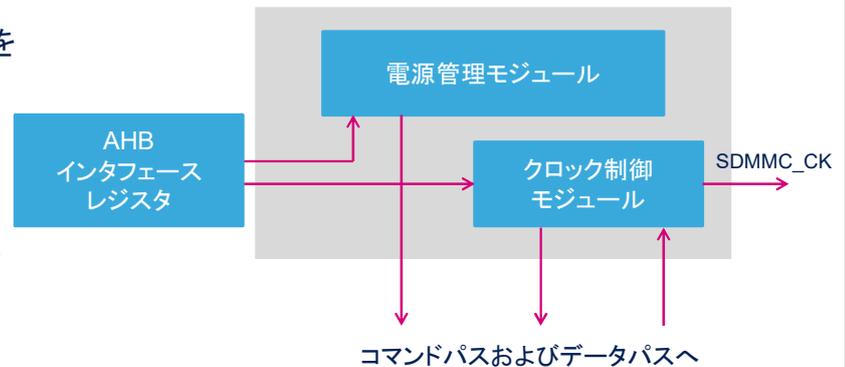
SDMMC コントローラは、カードとのインタフェースに必要なすべての SD/SDIO および MMC 機能を提供する SD/MMC バスマスタです。

このコントローラは「SDMMC アダプタ」と「AHB インタフェース」で構成されています。

「SDMMC アダプタ」は、クロック生成、コマンド、データ転送などの機能を提供し、「AHB インタフェース」は、制御およびステータスレジスタ、FIFO バッファ、およびリンクリストをサポートする IDMA と割り込みリクエストを管理します。

SDMMC コントローラには、「AHB インタフェース」用の AHB クロック(HCLK)と「SDMMC アダプタ」用の SDMMC クロック(SDMMCCLK)の 2 つのクロックを使用できます。

- SDMMC_CK クロック(最大 50MHz)は、クロック制御モジュールにより管理されます。
 - SDMMC_CK は 10bit プリスケーラを使用します(またはカードには SDMMCCLK が直接クロックを供給します)。
 - 省電力モード: バスがアイドル状態のときに SDMMC_CK クロック出力を無効にできます。



SDMMC アダプタの制御ユニットには、電源管理モジュールとカードクロック(SDMMC_CK)用のクロック分周器を備えたクロック制御モジュールが含まれています。

クロック制御モジュールは SDMMC_CK クロック生成用の 10bit プリスケーラを備え、これにより、SDMMCCLK から低い方の SDMMCCLK/2046 までをカバーするクロックを生成します。

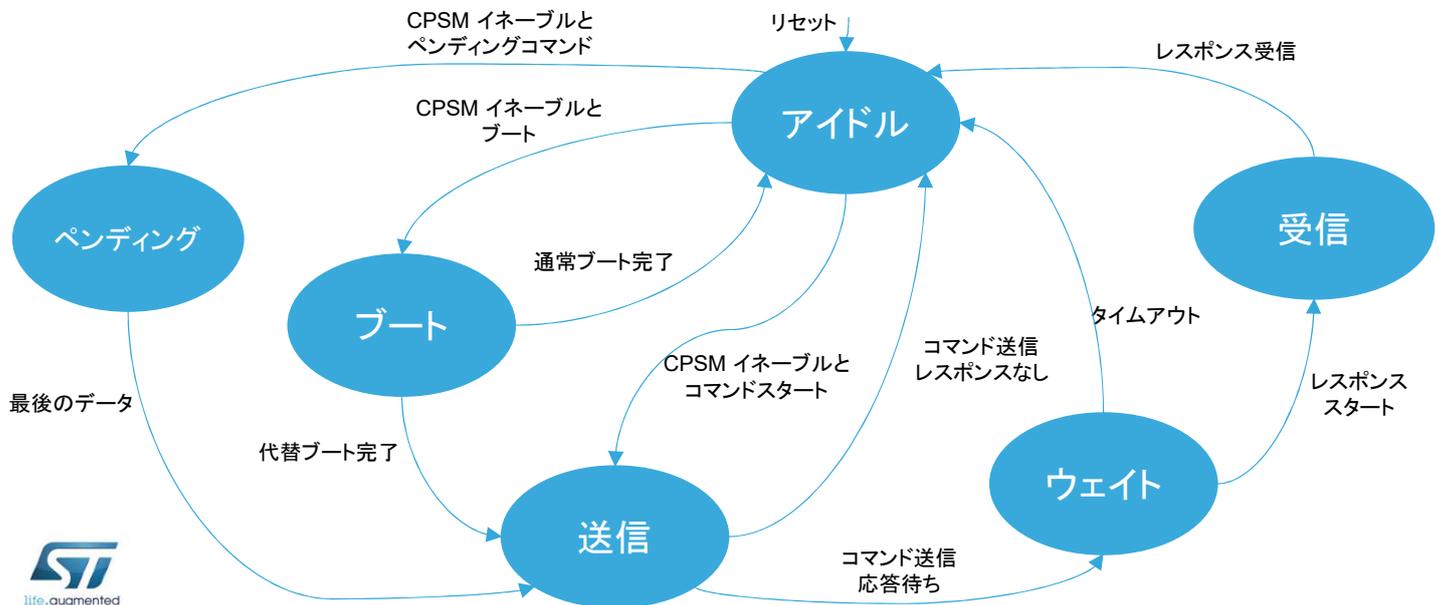
DDR メモリデバイスは、1 分周モードではサポートされていません。

コントロールユニットは、バスがアイドル状態のときに SDMMC_CK 生成を無効にします。

コマンドパスステートマシン

7

ステータスと遷移条件



コマンドの送受信は、コマンドパスステートマシン(CPSM)により制御されます。コマンドまたはレスポンスが進行中でない場合、コマンドパスはアイドル状態となります。

コマンド送信のため CPSM が有効化されると、コマンドパスはコマンドの最後のビットが送信されるまで送信状態に移行し、その後の CPSM のステータスはレスポンスが予期されるかどうかに応じて異なります。つまり、レスポンスが予期されないと CPSM はアイドル状態に戻り、そうでない場合、CPSM はウェイト状態に移行してコマンドピンのスタートビット(レスポンス送信の開始)を待ちます。割り当てられた時間内にレスポンススタートビットが検出されると、CPSM は受信状態に移行します。レスポンスの最後のビットを受信した後、CPSM は受信した CRC を使用してレスポンスの整合性を検証し、アイドル状態に戻ります。レスポンスの開始が検出されない場合、CPSM はタイムアウト後にアイドル状態に戻ります。

CPSM は、データ転送の終了と同期してコマンドを送信するように設定できます。この機能を有効にすると CPSM は保留状態に移行し、MMC ストリーム転送の終了を待ちます。

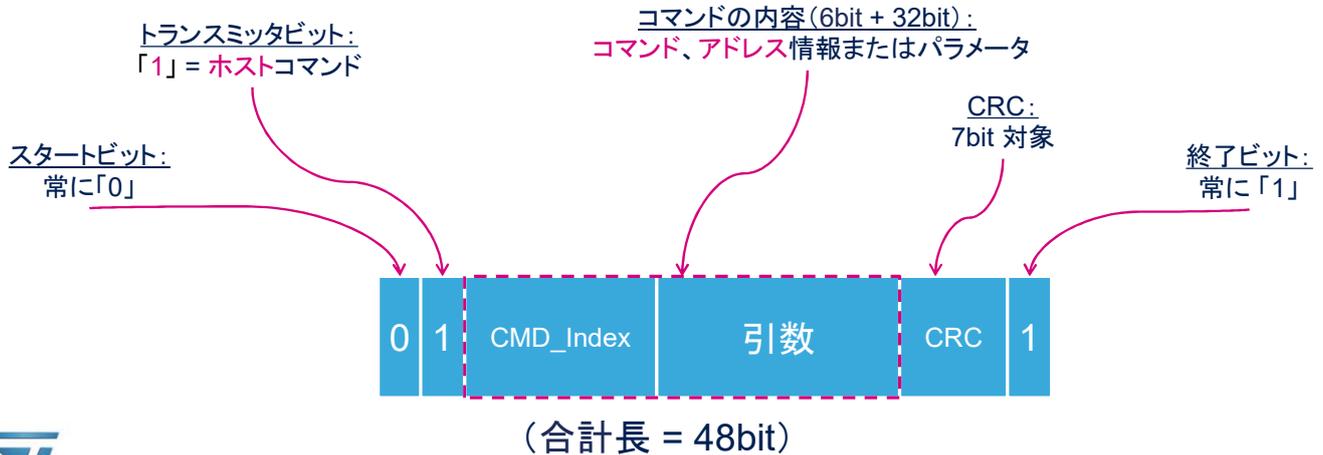
最後のデータ信号がデータパスによってトリガされると、CPSM は送信状態に移行します。

CPSM の開始について、通常のブート手順で行うか代替ブート手順で行うかを設定により選択できます。このブートフェーズをトリガするために、CPSM はブート状態に移行します。通常ブートのすべてのデータを受信すると、CPSM はブートフェーズを終了しアイドル状態に戻ります。代替ブートモードのすべてのデータを受信すると、CPSM は送信状態に移行し、CMD0 リセットコマンドを送信してブートフェーズを終了します。

サポートするコマンド

8

すべてのカードに対応



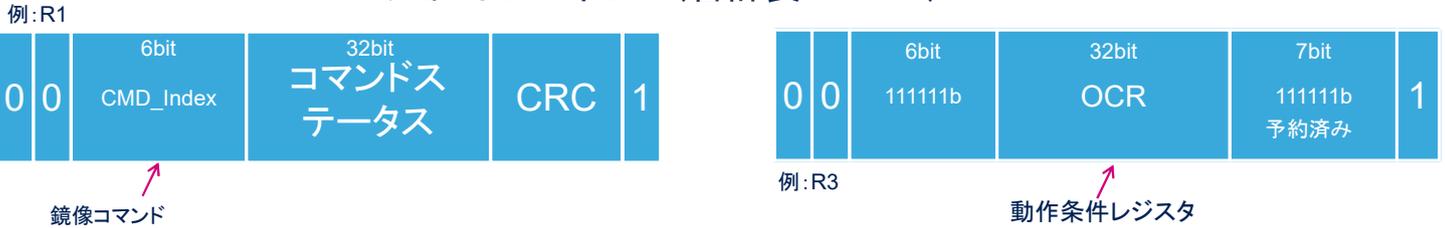
SDMMC コントローラは、コマンドインデックスと引数を設定する際に高い柔軟性を発揮します。引数を設定するための柔軟な 32bit レジスタとコマンドインデックス用の独立した 6bit フィールドを備えたこのアーキテクチャにより、ファームウェアはあらゆるタイプのカードにアクセスできます。コマンドパスステートマシンは、コマンドインデックスや引数に制限なしに、すべてのコマンドトークンを生成できます。さらに、スタートビット、トランスミッタビット、CRC、および終了ビットフィールドが自動的に生成され、バスに送信されます。

サポートするレスポンス

9

ショートおよびロングレスポンスタイプに適合

ショートレスポンス(合計長 = 48bit)

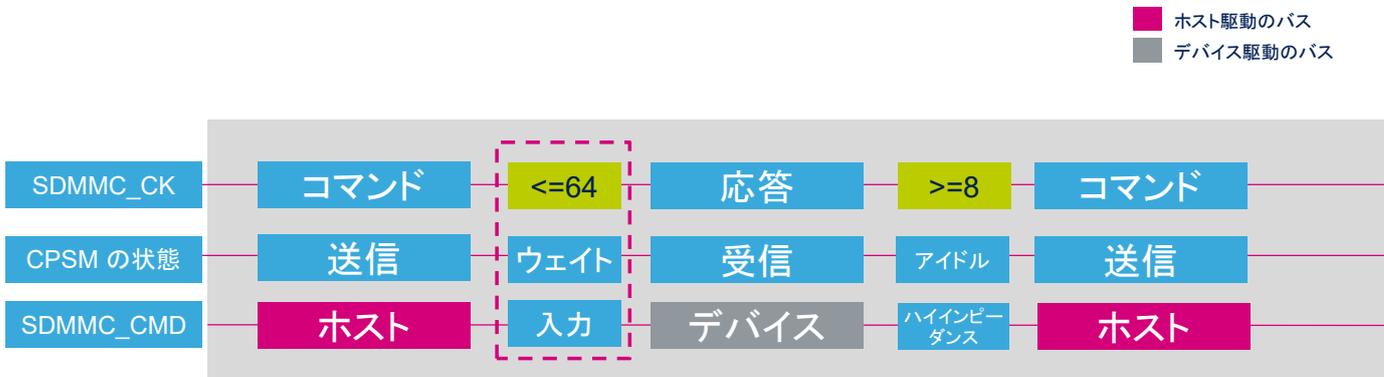


ロングレスポンス(合計長 = 136bit)



レスポンスは、前のコマンドへの応答としてカードから送信されるトークンです。レスポンスには、ショートとロングの2種類があります。4つの32bitレスポンスレジスタを持ちレスポンスには制約がないため、SDMMCインタフェースはロングレスポンスとショートレスポンスの両方をサポートし、カードを正しく初期化して通信します。ショートレスポンスの全長は48bitで、ミラーリングされたコマンドインデックス、32bitのコマンドステータス、スタートビット、ストップビット、CRC7チェックサムで構成されます。ショートレスポンスを受信すると、コマンドステータスがSDMMC_RESP1レジスタに保存され、ミラーリングされたコマンドインデックスが利用可能な場合は、SDMMC_RESPCMDレジスタにコピーされます。ロングレスポンスの全長は136bitで、120bitのCID/CSDレジスタの内容と、スタートビット、ストップビット、CRC7チェックサムで構成されます。ロングレスポンスを受信すると、CID/CSDカードレジスタが4つのSDMMC_RESPxレジスタのいずれかにコピーされます。SDMMCインタフェースは、スタートビットの自動検出、コマンドインデックス抽出、32bitまたは128bitのレスポンス抽出、CRC7の自動検証も備えています。

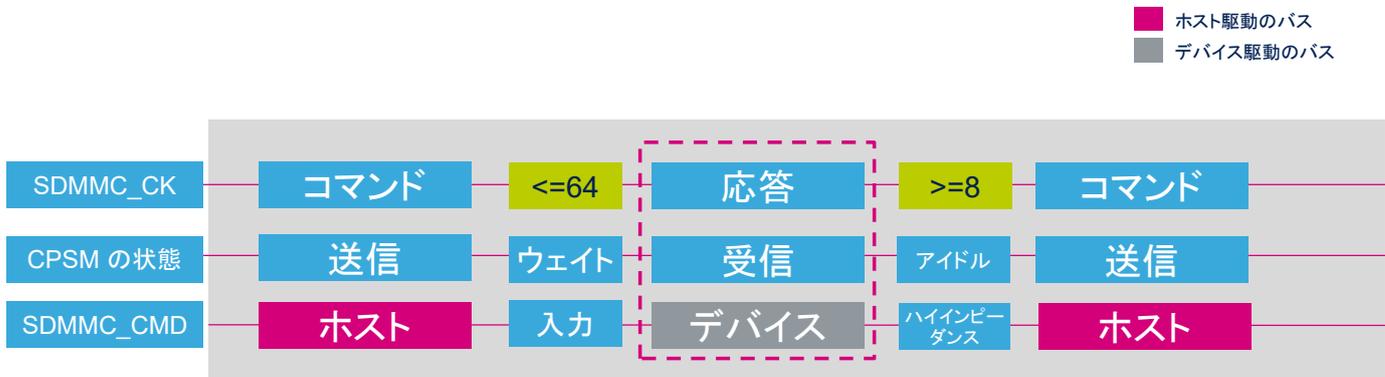
CPSM は標準のタイミング制約に対応



CPSM がレスポンスを待機するようにプログラムされている場合 (WAITRESP = 「01」、「10」、または「11」)、CPSM はウェイト状態に入り、コマンドタイマがスタートします。カードが最大 NCR 時間内に応答しない場合、タイムアウトフラグがセットされ CPSM はアイドル状態に戻ります。

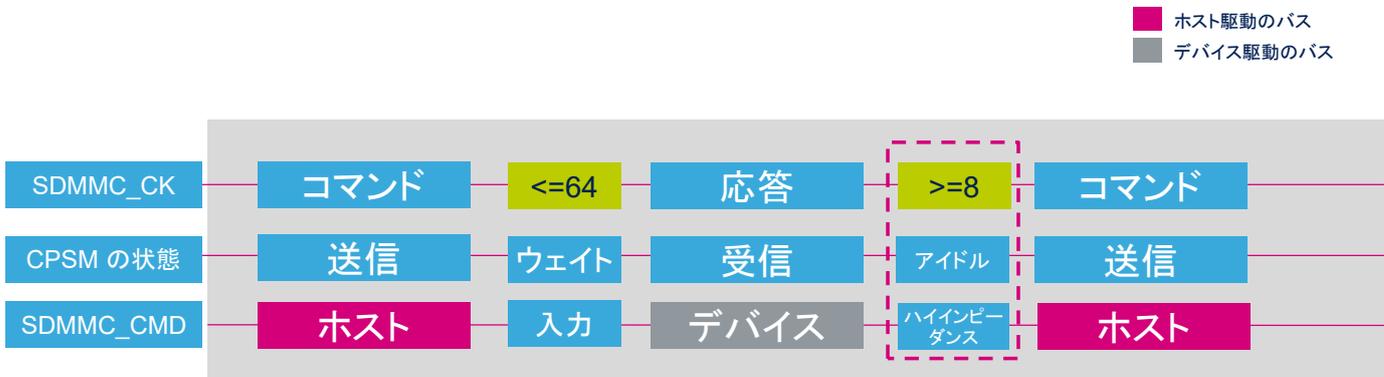
レスポンスがプログラムされていない場合 (WAITRESP = 「00」)、CPSM はアイドル状態に戻ります。

CPSM は標準のタイミング制約に対応

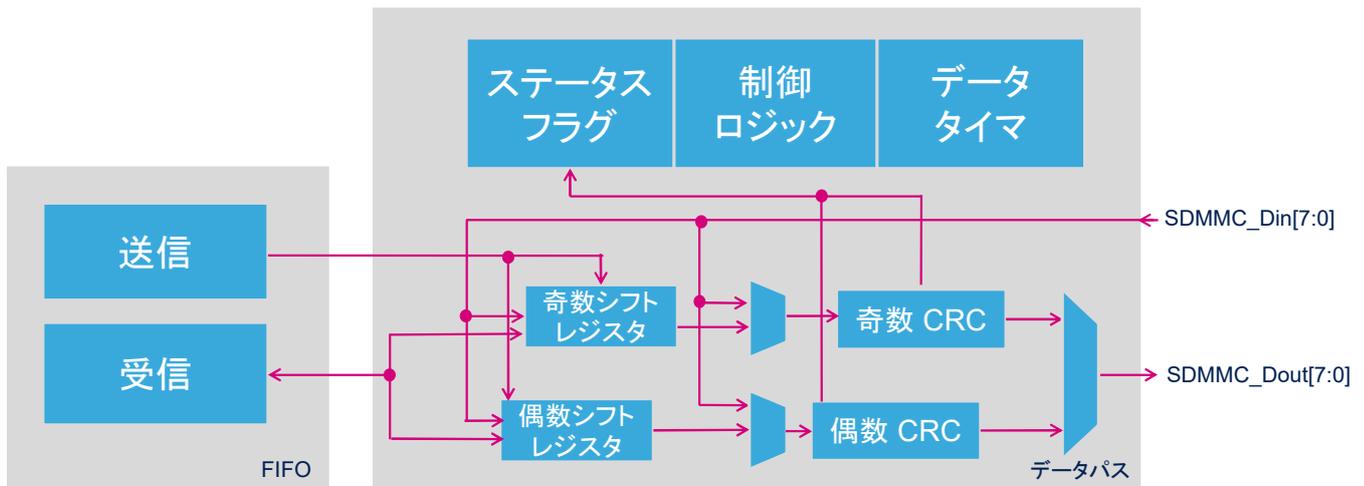


スタートビットがデバイスによって駆動されるとコマンドラインで検出され、CPSM は受信状態に移行します。レスポンスが完全に受信されると、受信した CRC コードと内部で生成されたチェックサムコードが比較され、SDMMC インタフェースステータスレジスタに適切なステータスフラグがセットされます。その後、CPSM はアイドル状態に入ります。CRCFAIL フラグがセットされるのは、CRC のあるレスポンスで CRC チェックが失敗の場合のみです。

CPSM は標準のタイミング制約に対応



レスポンス付きの完全なコマンドを受信した後、CPSM はコマンドからコマンドへのタイミング (NCC) およびレスポンスからコマンドへのタイミング (NRC) の制約に対応するため、少なくとも 8 つの SDMMC_CK クロック周期の間、アイドル状態に留まります。



データパスは、SD/SDIO または MMC カードとの間でデータを転送します。

シングルデータレート (SDR) モードでは、各 SDMMC_CLK クロックサイクルで、データパスはバス幅の設定に応じて 1、4、または 8bit を送信できます。

ダブルデータレート (DDR) モードでは、各 SDMMC_CLK クロックサイクルで、データパスはバス幅の設定に応じて 2、8、または 16bit を送信できます。

転送ロジックは、SDMMCCLK クロックからクロックが供給されます。転送ロジックは 2 つのサブユニットに分割されます。1 つは送信データ用、もう 1 つは専用の制御ビットとステータスフラグで受信したデータ用です。

データバッファはデータパスの一部ではありません。送信および受信 FIFO ロジックは AHB ドメインにマッピングされます。各サブユニットのすべての信号が再同期されます。

CRC 計算機は、カードとホスト間のデータの整合性を保証します。データパケットの最後に CRC が自動的に計算されます。

データパケットフォーマット

15

サポートされているデータバス幅



シングルデータレート (SDR) モードでは、データバスは設定したデータバス幅に応じて、1 つ (SDMMC_D0)、4 つ (SDMMC_D0~SDMMC_D3)、または 8 つのピン (SDMMC_D0~SDMMC_D7) からデータブロックを送信します。

まず、バス上でスタートビットが生成され、その後シーケンスの最初から最後のバイト (この例では 4 番目のバイト) で構成されたデータパケットが生成されます。次に、CRC16 と終了ビットがバスライン上のデータパケットに追加されます。

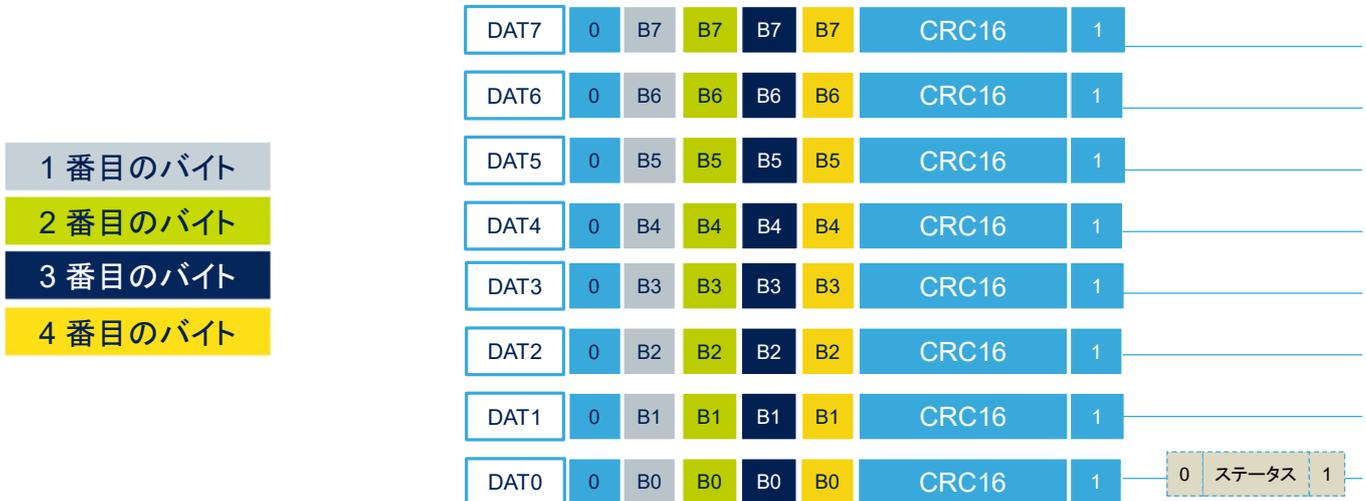
4bit のデータ幅設定では、各ラインそれぞれにスタートビット、終了ビット、および CRC16 チェックサムが配置されます。

データがカードに送信されると、カードは SDMMC_D0 ピンで CRC ステータスを返します。

データパケットフォーマット

16

サポートされているデータバス幅



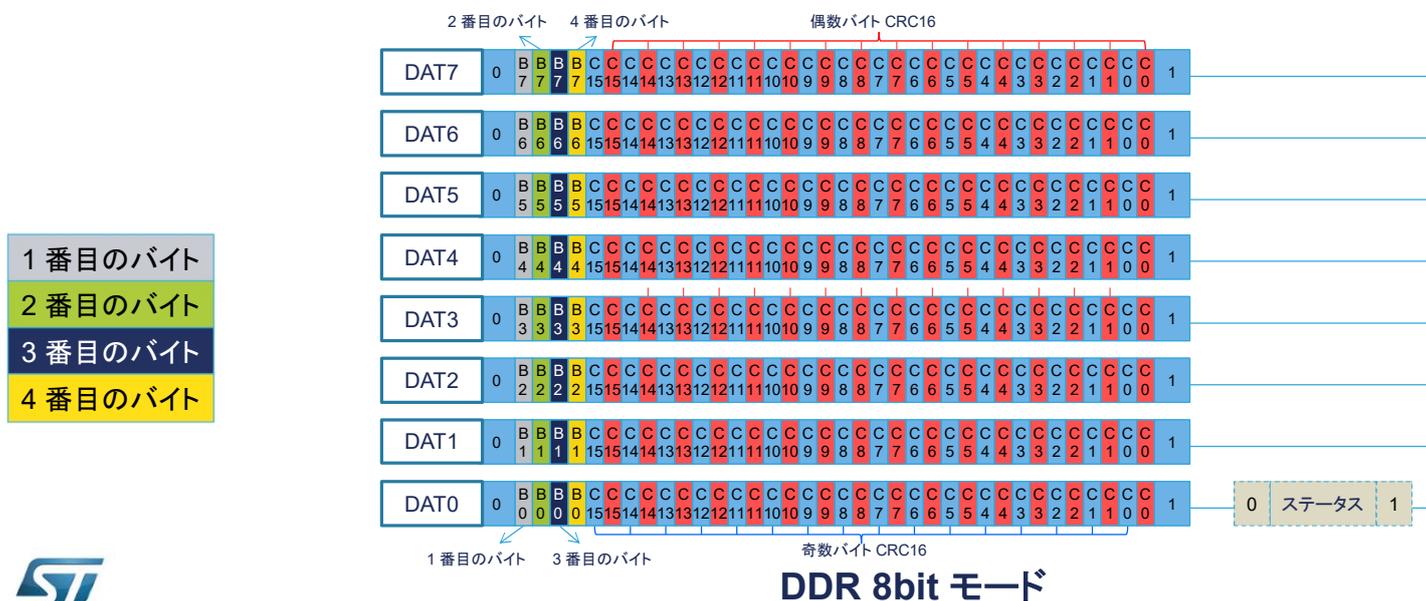
SDR 8bit モード



この例では、4バイトが 8bit モードの SDMMC バスから送信されます。SDMMC_CK クロックサイクルごとに、各データラインのスタートビット、終了ビット、および CRC16 チェックサムでバイトがシフトアウトされます。データがカードに送信されると、カードは SDMMC_D0 ピンで CRC ステータスを返します。

サポートされるデータバスフォーマット

ダブルデータレートでのブロック転送



この例では、4バイトが SDMMC バスからダブルデータレートの 8bit モードで送信されます。SDMMC_CK クロックサイクルごとに、ブロックフルサイクルのスタートビットと終了ビット、および各データラインの奇数と偶数の CRC16 チェックサムで 2bit がシフトアウトされます。

データがカードに送信されると、カードは SDMMC_D0 ピンでフルサイクルの CRC ステータスを返します。

サポートされるデータバスフォーマット

20

MMC ストリームデータ



MMC ストリーム・モード

1 番目のバイト

2 番目のバイト

3 番目のバイト

4 番目のバイト



MMC ストリーム・モードでは、データバスは 1 つのピン (SDMMC_D0) からストリームを送信します。

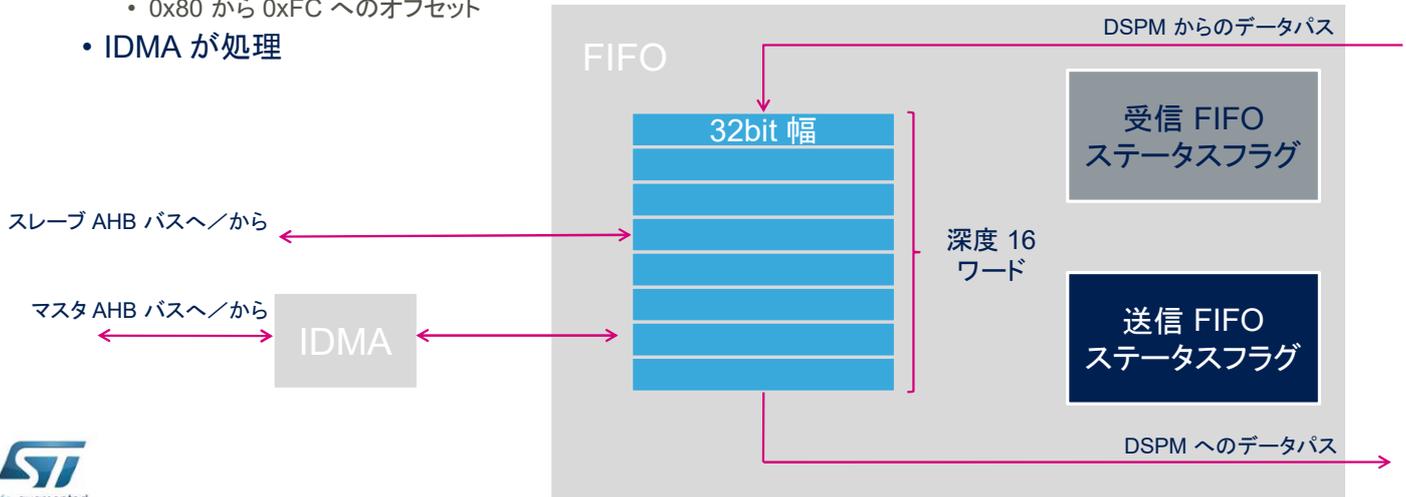
まず、バスでスタートビットが生成され、その後にシーケンスの最初から最後のバイト(この例では 4 番目のバイト)を含むデータストリームが生成されます。次に、終了ビットがバスラインのストリームに追加されます。

ストリーム・モードでは CRC はなく、カードはデータを受信しても CRC ステータスを返しません。

データバッファとアクセスタイプ

• 深度 16ワードの FIFO データバッファ

- CPU バーストアクセス用にマッピングされたメモリ(LDM/STM 命令):
 - 0x80 から 0xFC へのオフセット
- IDMA が処理



32bit 幅で深度が 16ワードの FIFO は、スレーブ AHB ドメインとマスタ AHB ドメインの IDMA の間でデータをバッファする用途に使用します。

1 つのデータ FIFO は、データパスの送受信パケットのデータソースになります。DPSM ステータスに応じて、データパス FIFO を無効、送信有効、または受信有効にできます。

専用の受信および送信 FIFO ステータスフラグを使用すれば、ファームウェアの実装がより簡単になります。

有効にすると、IDMA は FIFO と外部メモリの間でデータを転送し CPU の負荷を軽減します。

データ転送 CPU の負荷軽減による AHB バス負荷の低減

- RAM と SDMMC バス間のデータ転送は、IDMA で処理
 - DMA チャンネルを 1 つ使用して、送信または受信データを転送します。
- サポートされる IDMA のチャンネル設定
 - シングルバッファ
 - 1 つのリニアバッファ
 - リンクリストバッファ
 - リンクリストバッファモードでは、SDMMC はノンリニアで可変サイズのリンクバッファにアクセスできます。
 - ソフトウェアにバッファデータの使用可否を確認応答



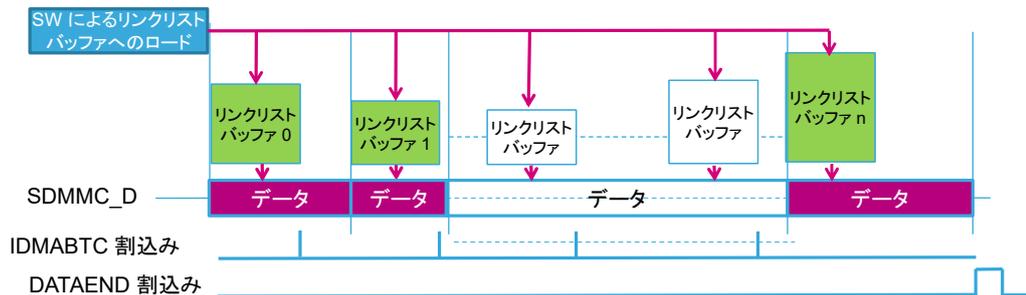
SDMMC 内に統合された DMA は、メモリと SDMMC FIFO の間でデータを転送し、CPU 処理と AHB バス負荷を軽減します。2 つの IDMA 動作モードがサポートされています。

- 1 つはシングルバッファモードで、すべての転送データが単一のリニアバッファに置かれます。
- 2 つ目は複数の可変サイズバッファにあるデータの転送時に使用するリンクリストバッファモードで、リンクリスト操作ポイントによりアドレスを指定します。

データ転送 CPU の負荷軽減

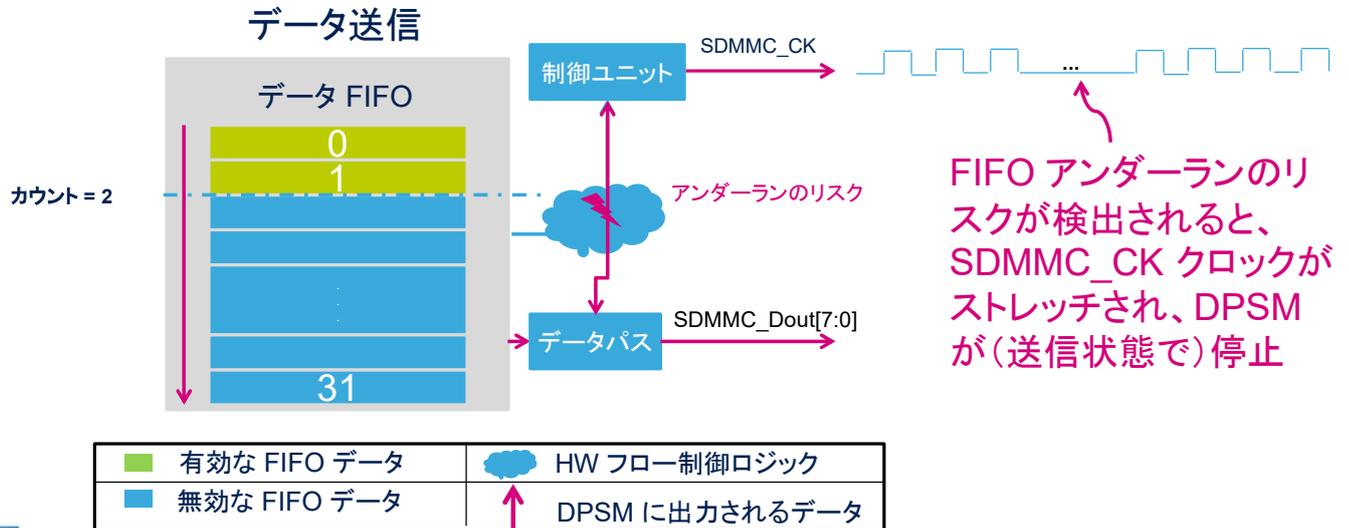
• データ送信

- データ転送を開始する前に、ソフトウェアは最初のリンクリストバッファにデータをロードします。
 - IDMA はリンクリストバッファが空になるまでデータを読み出し、その後で次のリンクリストバッファにアクセスします。
 - すべてのデータが転送されると、DATAEND 割込みが生成されます。
 - IDMA バッファ転送完了割込みも利用可能で、それによりダイナミックリンクリストを更新できます。
 - ハードウェアが使用する前に、ソフトウェアですべてのリンクリストバッファが使用可能(確認応答済み)であることを保証する必要があります。



IDMA リンクリストバッファモードでは、ファームウェアでバッファを 1 つ更新し、SDMMC が他のバッファのデータを転送します。各リンクリストバッファはベースアドレスとバッファサイズを持っています。後続のリンクリストバッファがリクエストされているとき、IDMA が 1 つのバッファの最後に到達するたびに IDMA バッファ転送完了割込みが生成されることがあります。各リンクリストバッファは、データ可用性の確認応答をします。SDMMC 転送の最後に、DATAEND 割込みが生成されます。

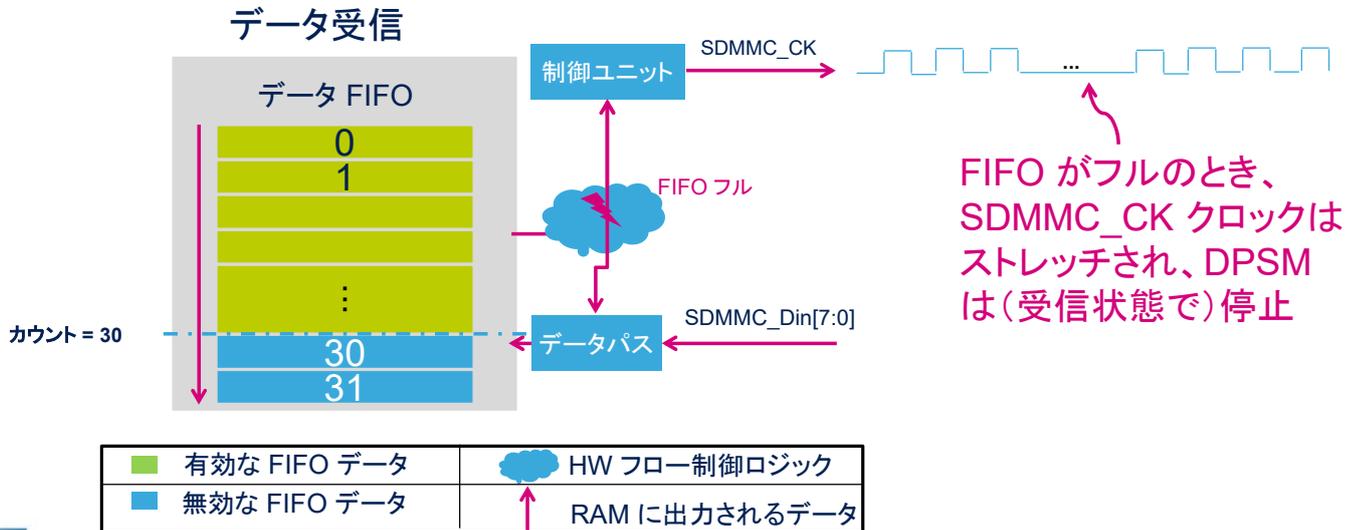
FIFO アクセス遅延時に便利



ハードウェアフロー制御機能は、FIFO アンダーラン(DPSM が送信モードの場合)およびオーバーランエラー(DPSM が受信モードの場合)の回避を目的にしています。ハードウェアフロー制御ロジックは、アンダーラン/オーバーランのリスクが検出されると、SDMMC_CK ピン信号を停止し、DPSM を停止します。

ハードウェアフロー制御は、可変遅延、つまり SDR104 と共に使用してはなりません。送信状態で、SDMMC_CK ピンのクロック信号がストレッチされて DPSM が停止し、その結果すべての FIFO アンダーランが防止されます。FIFO の半分が空になるか最後の転送データがすべて FIFO に収納可能になると、クロックと DPSM が再スタートします。

FIFO アクセス遅延時に便利



受信状態で、FIFO がフル(オーバーランのリスク)のとき、SDMMC_CK クロックはストレッチされ、DPSM は受信状態のまま停止します。FIFO の半分が空になると、クロックとDPSM が再スタートします。

- SDMMC ホストは 2 つの ReadWait モードをサポート
 - データブロック間の SDMMC_CK を停止
 - コマンド送信不可
 - データブロック間の SDMMC_D2 で ReadWait 信号を使用
 - コマンド送信可

■ ホスト駆動のバス
■ デバイス駆動のバス



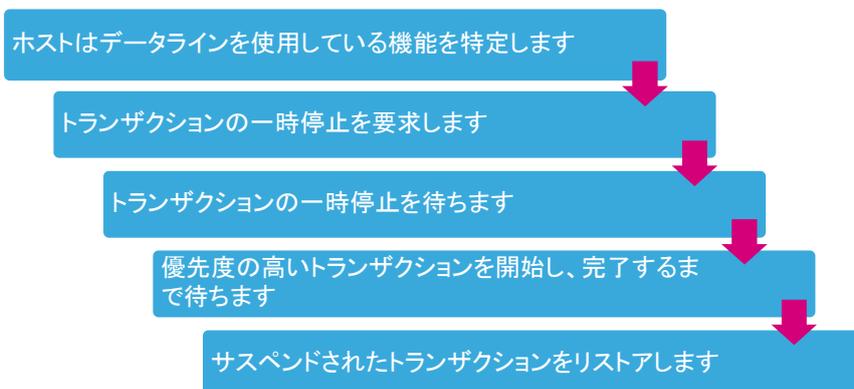
コンセプト: 読出しウェイトは SDIO 固有の動作で、その間ホストはデータブロック間のデータ転送を一時的に停止してデータバッファの管理を改善したり、SDIO デバイスの他の機能にコマンドを送信したりできます。SDMMC コントローラは、SDMMC_CK を停止するか SDMMC_D2 シグナリングを使用して、2 つの読出しウェイトモードをサポートします。SDMMC_D2 シグナリングの利点は、読出しウェイトモードでもカードと通信できることです。

RWSTART ビットがセットされ、データブロックが完全に転送されかつ CRC コードが正しい場合、DPSM は ReadWait 状態に移行します。DPSM は、RWSTOP ビットに 1 が書き込まれて終了するまで、ReadWait 状態を維持します。(ReadWait フェーズが終了すると、RWSTOP ビットはハードウェアによって自動的にクリアされます。) CRC コードがそれ以上失敗すると、すべてのデータ転送が停止され、DPSM は受信状態を維持します。中止コマンドは、DPSM をアイドル状態に移行させる CPSM が送信する必要があります。この場合、ReadWait 状態にはなりません。

読出しウェイトモードは、可変遅延、つまり FIFO フロー制御を行う SDR104 で使用する必要があります。

ソフトウェア手順

- 他の機能进行处理するため、データ転送が一時停止される場合があります。
 - データ転送は、データブロック間でのみ一時停止できます。



多機能カードでは、SD バスへのアクセスを共有する複数のデバイスがあります。機能がサスペンド／レジュームをサポートしている場合、ホストはデータ転送を一時中断して他の内部操作の実行や他の機能との通信を行い、その後で中断したトランザクションをレジュームできます。

カードがサスペンド／レジューム機能をサポートしている場合、ホストはある機能またはメモリへのデータ転送操作を一時停止してバスを解放し、優先度の高い他の機能またはメモリへの転送を行うことができます。

CMDSPEND ビットがセットされたコマンドを送信して、現在のコマンドがサスペンドコマンドであることを SDMMC に示す必要があります。

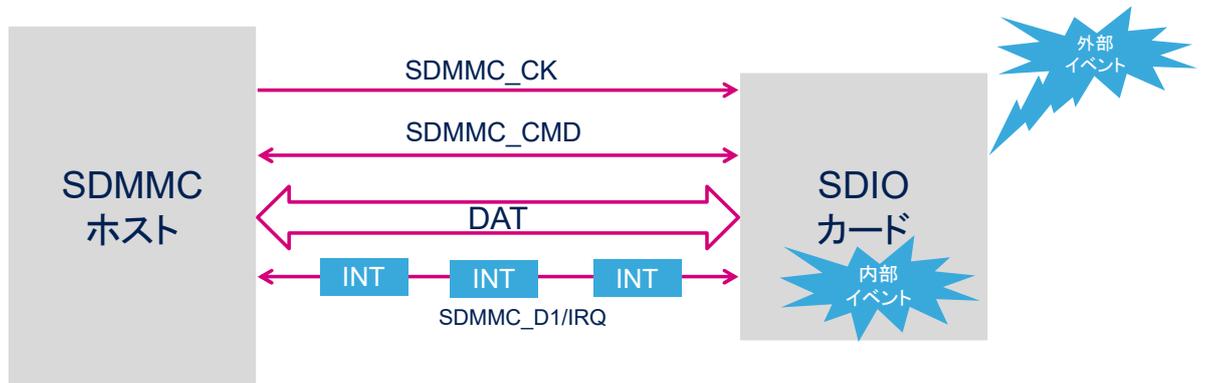
サスペンドリクエストが受け入れられても機能が一時停止するのは完全なデータブロックの後なので、DPSM は Wait_R 状態で待機します。IDMA モードを使用すると、受信 FIFO が空になります。アプリケーションが FIFO を読み取る場合、まず受信 FIFO を空にし、それから DTHOLD ビットをアイドル状態にセットする必要があります。FIFO が空で DTHOLD ビットがセットされると、DPSM はアイドル状態に移行します。

その後ではじめて、ファームウェアはカードの優先順位の高い部分との通信を開始できます。

中断されたトランザクションをレジュームする際、ファームウェアは、機能のレジュームをリクエストする前に、残りのデータを読み取るよう DPSM を再設定する必要があります。

この機能は、SDIO バージョン 4.00 以降ではサポートされなくなりました。

ステータスポーリングオーバーヘッドを低減



割込みのコンセプトは、1bit または 4bit のデータバスモードで SDMMC_D1/IRQ ピンを使用してカードステータスの変化をホストに通知するものです。

カードが外部イベントを検出すると、SDIO 割込みがカードから SDMMC ホストに送信されます。

割込みは、データ転送周期以外のときにのみ送信されます。SDMMC ホストは、データ制御レジスタの SDIOEN 設定ビットが有効になると、SDMMC_D1 ピンで送信された割込みを検出します。

DS、HS、SDR12、および SDR25 スピードモードでのデータブロック間、またはすべてのスピードモードでの最後のデータブロックの後で、DPSM はアイドルかビジー状態にある一方で、SDMMC_D1 ピンのすべての低レベルはカードからホストへの割込みとして検出されます。

割込みイベント	説明
CMDSENT	コマンド送信、レスポンス不要
CMDREND	コマンドレスポンス受信、CRC 確認成功
CCRCFAIL	コマンドレスポンス受信、CRC 確認失敗
CTIMEOUT	コマンドレスポンスタイムアウト
CPSMACT	コマンド転送中 (CPSM がアクティブ)



ここでは、データ転送に関連する DPSM 割込みイベントの概要を示します。

すべてのデータが正しく転送されると、DATAEND により通知されます。

データブロックが正しく転送されると DBCKEND で通知され、その情報は ReadWait 機能で使用されます。

データ転送エラーは、DCRCFAIL、DTIMEOUT、TXUNDERR、および RXOVERR で通知されます。

進行中のデータ転送の中止または転送エラーは DABORT で通知されます。

データ送信時の転送ビジーは、BUSYD0 および BUSYD0END で通知され、その情報は R1b コマンド、SD 電圧切り替え機能、および SDMMC スリープ機能で使用されます。

DPSMACT はデータ転送が進行中であることを知らせます。

割込みイベント	説明
DATAEND	データ転送完了、CRC 確認成功
DBCKEND	データブロック転送、CRC 確認成功
DHOLD	データ転送保留
DCRCFAIL	データブロック転送、CRC 確認失敗
DTIMEOUT	データタイムアウト(プログラムされたタイムアウト期間経過)
TXUNDERR	送信 FIFO アンダーランエラー
RXOVERR	FIFO オーバーランエラーを受信
DABORT	データブロック転送中止
BUSYD0	カードが SDMMC_D0 でビジーを発信
BUSYD0END	カードが SDMMC_D0 でビジーを発信、の終了
DPSMACT	データ転送中(DPSM がアクティブ)



ここでは、データ転送に関連する DPSM 割込みイベントの概要を示します。

すべてのデータが正しく転送されると DATAEND で通知されます。

データブロックが正しく転送されると DBCKEND で通知され、その情報は ReadWait 機能で使用されます。

データ転送エラーは、DCRCFAIL、DTIMEOUT、TXUNDERR、および RXOVERR で通知されます。

進行中のデータ転送の中止または転送エラーは DABORT で通知されます。

データ送信時の転送ビジーは、BUSYD0 および BUSYD0END で通知され、その情報は R1b コマンド、SD 電圧切り替え機能、および SDMMC スリープ機能で使用されます。

DPSMACT はデータ転送が進行中であることを知らせます。

割込みイベント	説明
TXFIFOHE	送信 FIFO ハーフEMPTY。少なくとも 8ワード書込み可能。
RXFIFOHF	FIFO ハーフフルを受信。少なくとも 8ワード読出し可能。
TXFIFO F	送信 FIFO フル
RXFIFO F	受信 FIFO フル
TXFIFOE	送信 FIFO EMPTY
RXFIFOE	受信 FIFO EMPTY



ここでは、FIFO 管理に使用できる割込みとポーリングモードのフラグのリストを示します。

DMA リクエストは、FIFO 閾値イベントのトリガにより内部的に生成されます。

割り込みイベント	説明
IDMATE	IDMA AHB マスタ転送エラー
IDMABTC	IDMA バッファ転送完了
ACKFAIL	ブート確認応答失敗
ACKTIMEOUT	ブート確認応答タイムアウト - プログラムされたタイムアウト期間が経過
VSWEND	電圧スイッチ完了
CKSTOP	電圧スイッチ手順で SDMMC_CK 停止
SDIOIT	SDIO 割り込みを受信



ここでは、IDMA、ブート、電圧スイッチ、および SDIO 割り込みに関連する割り込みイベントの概要を示します。

IDMA マスタ AHB 転送エラーは、IDMATE によって通知されます。

完全なデータバッファが正しく転送されると、ダブルバッファモードの IDMABTC により通知されます。

ブート確認応答エラーは、ACKFAIL および ACKTIMEOUT で通知されます。

電圧スイッチの進行は、VSWEND と CKSTOP で通知されます。

SDIO 割り込みは SDIOIT で通知されます。

モード	説明
RUN	アクティブ
SLEEP	アクティブペリフェラル割込みにより、CPU は SLEEP モードを終了します。
(D)STOP	停止。ペリフェラルレジスタの内容は保たれます。
(D)STANDBY	パワーダウン状態です。ペリフェラルは、ドメインと STANDBY モード終了後に再初期化する必要があります。



ここでは個々の低電力モード設定におけるペリフェラルステータスの概要を示します。デバイスは、ドメインまたはシステムの STOP モード、およびそれ以下の状態では通信できません。SDMMC コントローラを無効にする前、あるいはドメインまたはシステムを STOP または STANDBY モードに切り替える前に、すべての送信を確実に終了させておくことが重要です。

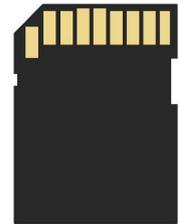
- 通信速度は理論上、最大で 204MHz に制限されています。
- 実際の速度は以下により決定されます。
 - SDMMC バスの容量負荷(カード容量と PCBトラック容量)
 - GPIO 構成、 V_{DD} レベル、周囲温度
 - 特定の SDMMC バス幅でデータフローを維持するソフトウェアの能力
- AHB バンド幅は、SDMMC バンド幅と比較して最低でも 3 倍にする必要があります。
 - SDR 50 4-bit モード、50Mbyte/s では、37.5MHz で 150Mbyte/s の AHB が必要です。
 - MMC HS200 8bit モード、200Mbyte/s では、150MHz で 600Mbyte/s の AHB が必要です。



パフォーマンスは、主に SDMMC バス幅とクロック設定に依存します。SDMMC インタフェースは、最大 204MHz のクロック信号を生成できます。ただし、実際の速度はアプリケーションにより低下する可能性があり、いくつかの要因に依存します。PCBトラックとカードの入力容量が重要な役割を果たすことがあるため、SDMMC バス容量を考慮する必要があります。GPIO の設定も影響します。コマンド、データ、およびクロック信号には高速 GPIO モードを適用する必要があります。電源電圧が低く周囲温度が極端に高いと、エッジが遅くなります。また、アプリケーションが高速データフローを常に管理できるとは限りません。これは特に、例外サービスの頻度が高すぎるか、割込みハンドラに長時間費やしている場合が該当します。

AHB バンド幅は、SDMMC バンド幅と比較して最低でも 3 倍にする必要があります。

- SD メモリカードとのインタフェース
(SD High CapacityとeXtended Capacityへの対応を含む)
- SD I/O デバイスとのインタフェース
(Wi-Fi、Bluetooth モジュール、カメラモジュールなど)
- MMC および eMMC メモリカードとのインタフェース



SDMMC インタフェースは、リムーバブルまたは永続的な大容量ストレージデータメモリとの接続を少ないピン数で行う幅広いアプリケーションで使用できます。

SDMMC コントローラを使用すれば、外部 SDIO デバイス (Bluetooth SDIO モジュールなど) の使用時にデバイスへの接続性を拡張できます。

- 以下に、SDMMC コントローラに関連するペリフェラルのリストを示します。詳細については、必要に応じてこれらのペリフェラルトレーニングを参照してください。
 - リセットおよびクロック制御(RCC)
 - 割込み(NVIC)
 - 汎用入力／出力(GPIO)



これは STM32 SDMMC インタフェースに関連するペリフェラルのリストです。ユーザは、これらのペリフェラルとのすべての関係をよく理解し、SDMMC コントローラを正しく設定して使用する必要があります。