

この資料は英語版を翻訳したもので、内容に相違が生じる場合には原文を優先します。こちらの日本語版は参考用としてご利用ください。設計の際には、最新の英語版で内容をご確認ください。

## はじめに

本書では、アルテラ MAX II CPLD の SMBus (System Management Bus) コントローラについて説明します。例は MAX II CPLD の多機能性を示しています。

## SMBus

PC より派生した SMBus は 2 線式インタフェースで、各種システム・コンポーネントは、このインタフェースを介して相互に、そしてシステムの残りの部分と通信を行います。どの時点でも、1 つのデバイスのみがバスのマスタになって、1 つのスレーブまたは複数のスレーブとの間でトランザクションを実行できます。

SMBus は、システム関連タスクや消費電力管理関連タスクのコントロール・バスとして使用できます。SMBus は複数のデバイスとの通信に使用できるため、個別のコントロール・ラインは削除できます。これにより、ピン数を削減できるだけでなく、将来の拡張に備えることもできます。

設計されたコントローラは、SMBus 仕様バージョン 2.0 に準拠します ([www.smbus.org/specs](http://www.smbus.org/specs) を参照)。

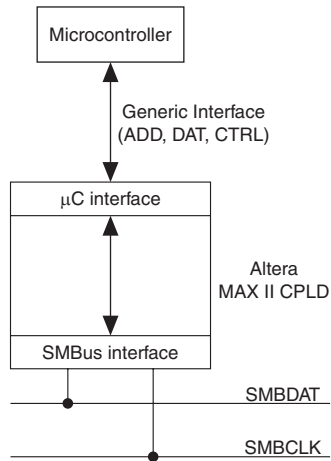
## SMBus コントローラ としての MAX II CPLD の使用

MAX II CPLD は、低コスト、低消費電力のデバイスです。SMBus 仕様では、電气的特性として低消費電力と高消費電力の 2 つのクラスが定義されています。低消費電力で動作する SMBus を備えた MAX II CPLD に SMBus コントローラを実装することは、低消費電力アプリケーションでは好ましいソリューションです。

MAX II CPLD は、ホスト (マイクロコントローラ、マイクロプロセッサなど) と SMBus 間のブリッジとして機能します (図 1 を参照)。コントローラはホスト・インタフェースと SMBus インタフェースを搭載しており、コントロール信号はホスト・インタフェースから SMBus インタフェースに送られます。設計されたコントローラは、マスタまたはスレーブとして動作できます。

SMBus コントローラは、汎用マイクロコントローラ・バス (アドレス、データ、およびコントロール信号を持つ) と SMBus 間に配置されます。SMBus コントローラは、マイクロコントローラのペリフェラルおよび SMBus 上の SMBus デバイス (マスタまたはスレーブ) として動作します。

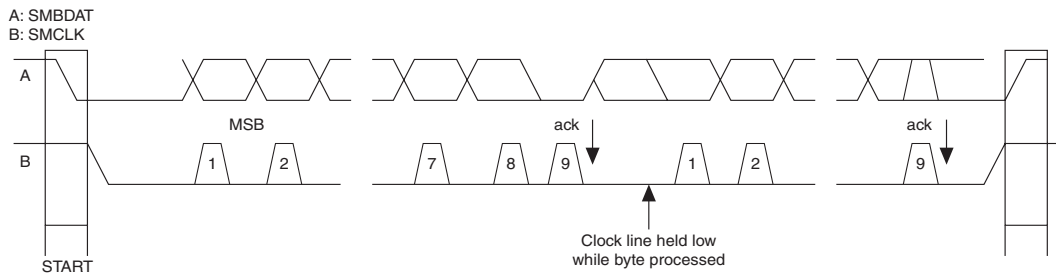
図 1. SMBus のブロック図



## SMBus 上でのデータ転送

バス上のマスタとスレーブ間の通信は、開始、スレーブ・アドレス、データ転送、および停止の4つのフェーズで構成されます (図 2 を参照)。開始フェーズ後、スレーブ・アドレスが送信されます。マスタによって送信されるアドレスと一致するアドレスを持つスレーブのみ、確認ビットを返送して応答します。スレーブ・アドレッシングが達成されると、データ転送はバイト単位で処理できます。マスタは、STOP 信号を生成してバスを解放することによって通信を終了できます。

図 2. SMBus データ転送



ホストと SMBus コントローラ間の設計済み汎用インタフェースには、アドレス・バス、データ・バス、および必要なコントロール信号が含まれます。バス・インタフェース・ロジックは、マスタ・モードとスレーブ・モード間の切り替え、START/STOP 信号の生成、バック・エラー・コード (PEC) の生成、R/W モード、エラー通知などの機能を実行します。

このデザイン例には、以下の機能が組み込まれています。

- 汎用およびシンプルなマイクロコントローラ・インタフェース
- マスタ動作モードおよびスレーブ動作モード
- マスタからスレーブへの自動モード切り替えを持つアービトラージョン・ロスト割り込み
- マスタ・モードでの PEC の生成と検証
- 98.215 KHz 動作
- マスタおよびスレーブ・モードでのクロック Low の拡張

## ホスト・インタフェース

SMBus コントローラは、表 1 に示す信号で構成される非同期インタフェースを使用します。

表 1. 非同期インタフェース信号		
信号	接続	説明
ADDRESS BUS [8]	入力	目的のレジスタを選択するのに使用する $\mu$ C アドレス・バス。
DATA BUS [8]	双方向	$\mu$ C データ・バス。
IRQ	出力	割り込み要求。これはアクティブ High 信号です。
BUSY	出力	バスがアイドルまたはビジーのいずれの状態であるかを示します。これはアクティブ High 信号です。
CS	入力	チップ・セレクト。これはアクティブ Low 信号です。
RD	入力	選択したレジスタのデータをデータ・バス上に置きます。これはアクティブ High 信号です。
WR	入力	データ・バス上に存在するデータを選択したレジスタに書き込みます。これはアクティブ High 信号です。
RESET	入力	コントローラをリセットします。これはアクティブ High 信号です。

信号はアクティブ Low の CS を除いて、すべてアクティブ High です。この信号が High になると、IRQ (割り込み要求) を除く他のすべてのラインがトライ・ステートになります。表 2 に、各種レジスタと対応するアドレスを示します。

A1	A0	選択されるレジスタ
1	1	アドレス・レジスタ
0	0	データ・レジスタ
1	0	ステータス・レジスタ

A1 および A0 は 8 ビット幅アドレス・バスの最下位 2 ビットで、A0 が LSB です。このバスの他の 6 ビットはすべてゼロです (必要に応じて変更できます)。

### アドレス・レジスタ

アドレス・レジスタは 8 ビット・レジスタで、コントローラのスレーブ・モジュールのアドレスを格納します。アドレスに使用されるのは 7 ビットだけなので、コントローラのイネーブルまたはディセーブルに LSB が使用されます。LSB がセットされている場合、コントローラはイネーブルされます。このビットをクリアすると、コントローラはそのアドレスがバス上で送信されていることを検出しても応答しません (表 3)。

ビット	名称	説明
7..1	スレーブ・アドレス	コントローラのアドレス (スレーブ・モード)
0	イネーブル / ディセーブル	セットすると、コントローラをイネーブルします。

## データ・レジスタ

データ・レジスタには、SMBDAT ラインに書き込まれる、またはそれから読み出されるデータが保持されます。これは、SMBDAT ラインからホストへのデータ転送、およびホストから SMBDAT ラインへのデータ転送に使用されます (表 4)。

表 4. データ・レジスタ		
ビット	名称	説明
7..0	データ・レジスタ	SMBus データ

## ステータス・レジスタ

ステータス・レジスタには、実行中のプロセスのステータス情報が保持されます。表 5 に、ビット位置と説明を示します。

表 5. ステータス・レジスタ・ビット			
ビット	名称	説明	
		セット	クリア
7	AM	スレーブ・モードでアドレスが一致する場合に、SMBus コントローラによってセットされる。	スレーブ・モードで実行される動作の完了後に、SMBus コントローラによってクリアされる。
6	DTE	データをスレーブ・モードでのみ転送できない場合に、SMBus コントローラによってセットされる。	次のマスタ/スレーブ動作の前に、ホストによってクリアされる。
5	AL	アービトレーションが失われた。	通常動作。
4	M/S	SMBus コントローラはマスタとして機能している。	SMBus コントローラはスレーブとして機能している。
3	R/W	SMBus コントローラは、SMBDAT からデータを読み出す。	SMBus コントローラは、SMBDAT にデータを書き込む。
2	PEC	スレーブで PEC がイネーブルされている場合に、マスタ・モードでのみセットされる。	マイクロコントローラによってクリアされる。
1	STOP	停止条件を生成する。	通常動作。
0	START	開始条件を生成する。	通常動作。

コントローラによって STOP が生成されると、ステータス・レジスタはクリアされます。ステータス・レジスタのビット 4～0 だけをホストが書き込みます。残りのビットの値は、ホストが変更してはなりません。表 5 に示すレジスタはすべて、読み出しや書き込みが可能です。

## SMBus コントローラとの通信

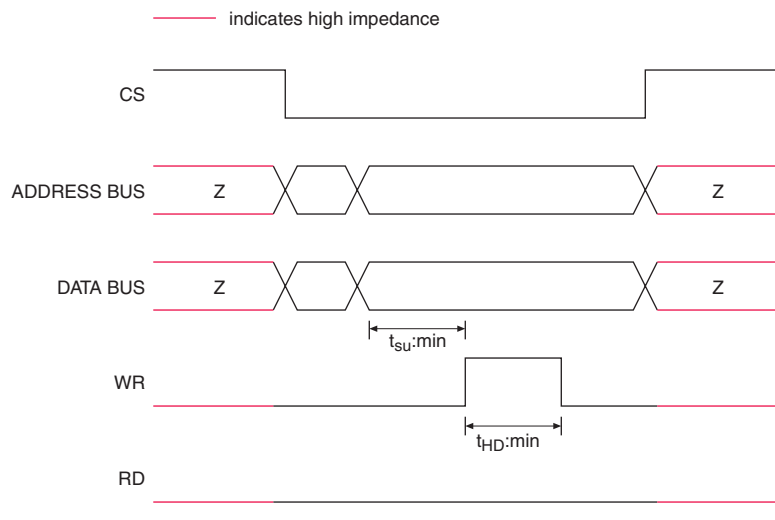
ホストはコントローラと通信する場合は、最初にステータス・レジスタを読み出して、コントローラの現在の状態を確認し、必要であればステータス・レジスタに書き込み、さらに別のレジスタに書き込む必要があります。

図 3 (ライト・サイクル) と図 4 (リード・サイクル) に、ホストがコントローラと通信する際に従う必要があるシーケンスを示します。

ライト・サイクル:

1. CS を Low にします。
2. 目的のレジスタのアドレスをアドレス・バスに置きます。
3. データをデータ・バスに置きます。
4. WR をアサートして、コントローラの少なくとも 1 内部クロック期間 (5.5 MHz) で書き込みを行います。

図 3. ライト・サイクル

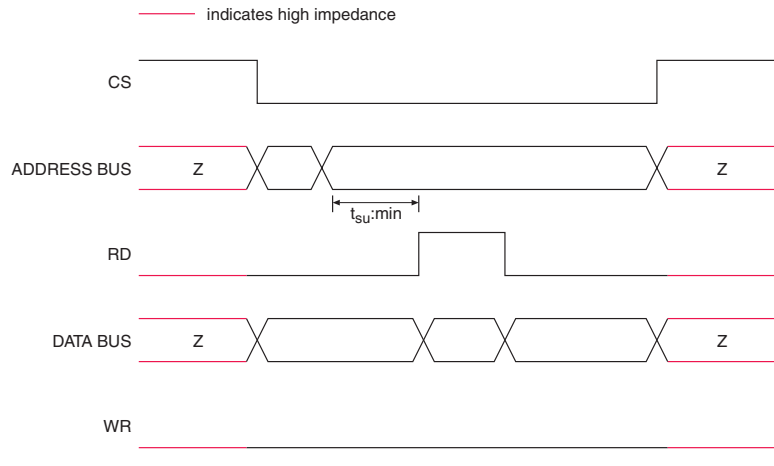


リード・サイクル：

1. CS を Low にします。
2. 目的のレジスタのアドレスをアドレス・バスに置きます。
3. RD をアサートして、データ・バスからデータを読み出します。

読み出し / 書き込み動作では、常にレジスタ全体を読み出し / 書き込みます。1 ビットの処理はできません。

図 4. リード・サイクル



以下は、ステータス・レジスタの代表的な使用例です。

コントローラをマスタ・モードでコンフィギュレーションし、CRC チェックをイネーブルにして読み出し動作を実行する場合、ホストはステータス・レジスタの START、PEC、R/W、および M/S ビットをセットします。バス上で転送されるデータの最初のバイト（通信対象のスレーブのアドレス）は、データ・レジスタに書き込まれます。次に、コントローラは、SMBDAT ライン上にデータをシリアルに出力します。コントローラは確認応答を受信した後、データの 1 バイトを読み出してホストに割り込み、データ・レジスタからデータを読み出す必要があります。データが読み出されない場合、コントローラは約 32 マイクロ秒待機した後、IRQ と busy\_bus をセットします。コントローラにデータの 1 バイトを読み出した後で停止条件を生成させる場合、ホストはステータス・レジスタの STOP ビットをセットします。つまり、ステータス・レジスタで STOP ビットがセットされている場合、PEC がセットされると、2 バイトを読み出した後で STOP が生成されます。PEC がセットされていない場合は、データの 1 バイトのみを読み出した後で STOP が生成されます。

マスタ・モードでは、コントローラは IRQ の発生後、ホストが応答するまで常に約 32 マイクロ秒待機します。

IRQ は、以下の状況では High になります。

マスタ・ライト・モード：

- データ・レジスタに書き込まれたデータ・バイトが正常に転送されると、ホストに対してデータ・レジスタに次のバイトを書き込むよう指示が与えられます。
- 転送されたデータに対してスレーブからの確認応答が受信されない場合。
- アービトレーションが失われた場合。
- PECがセットされたモードでは、STOPビットがセットされた後でも IRQが発生する場合は、スレーブから受信した PEC がコントローラが生成した PEC と一致していなかったことを示します。

マスタ・リード・モード：

- SMBDAT ライン上で転送されたアドレス・バイトに対して、どのスレーブからも確認応答が受信されない場合。
- データの 1 バイトがスレーブから受信され、ホストに対してバイトの読み出しの指示が与えられた場合。
- アービトレーションが失われた場合。

スレーブ・モード（スレーブ・モードでのクロック Low の延長は、このコントローラではサポートされていません）：

- マスタから受信したアドレスが、アドレス・レジスタのデータと一致する場合。
- SMBDAT ライン上でデータの 1 バイトの読み出し / 書き込みが完了した場合 — ホストに指示を与えます。

ビジー信号は以下のことを示します。

- ビジー信号がアサートされた場合、SMBDAT ライン上でデータが転送中であることを示します。
- IRQ がアサートされ、ビジー信号が Low の場合、現在のモードがエラーなしで実行されたことを示します。
- BUSY信号がLowの場合に、実行中の動作がないときは、SMBus上でアクティビティがない（つまり、SMBus はアイドル状態）ことを示します。
- IRQ がビジー信号と共にアサートされる場合、現在の動作が失敗したことを示します。失敗した理由は、以下のいずれかが考えられます。

マスタ・モード：

- スレーブからの確認応答が受信されていない。
- アービトレーションが失われている。
- IRQのアサーション後、ホストが応答するまでに約32マイクロ秒を超える時間が経過した。



- マスタ・リード・モードで受信した PEC が、コントローラで計算された PEC と異なる。

スレーブ・モード：

- スレーブ・ライト・モードで、確認応答が受信されていない。
- IRQ がアサートされた後、SMBCLK ライン上でクロックが Low の期間内にホストが応答できなかった。
- SMBus 上で STOP 条件が検出された。

## 実装

EPM1270 を使用して、このデザインを実装できます。デザインのソース・コードは、コンパイルされ、MAX II CPLD にプログラムされます。ホスト・インタフェース・ポートと SMBus ラインは、適当な I/O ピンにマップされます。

## ソース・コード

このデザイン例は、Verilog HDL を使用して作成されています。ソース・コード、テストベンチ、および完全な Quartus II プロジェクトは、以下のサイトから入手できます。

[www.altera.co.jp/literature/an/an502\\_design\\_example.zip](http://www.altera.co.jp/literature/an/an502_design_example.zip)

## まとめ

このデザイン例で示すように、MAX II CPLD は、SMBus コントローラを実装するための最適な選択肢です。MAX II CPLD の特長である低コスト、低消費電力、コアでのパワー・オン・シーケンスへの許容力、および I/O バンクは、このようなアプリケーションに最適です。

## 関連情報

以下に、関連資料を示します。

- MAX II CPLD ホームページ：  
[www.altera.co.jp/products/devices/cpld/max2/mx2-index.jsp](http://www.altera.co.jp/products/devices/cpld/max2/mx2-index.jsp)
- MAX II デバイスの資料ページ：  
[www.altera.co.jp/literature/lit-max2.jsp](http://www.altera.co.jp/literature/lit-max2.jsp)
- MAX II パワーダウン・デザイン：  
[www.altera.co.jp/support/examples/max/exm-power-down.html](http://www.altera.co.jp/support/examples/max/exm-power-down.html)
- MAXII アプリケーション・ノート：  
「AN 428: MAX II CPLD のデザイン・ガイドライン」  
「AN 422: MAX II CPLD を使用したポータブル・システムにおける消費電力の管理」

## 改訂履歴

表 6 に、このアプリケーション・ノートの改訂履歴を示します。

表 6. 改訂履歴		
日付 & バージョン	変更内容	概要
2007 年 12 月 v1.0	初版	—



101 Innovation Drive  
San Jose, CA 95134  
[www.altera.com](http://www.altera.com)  
Literature Services:  
[literature@altera.com](mailto:literature@altera.com)

Copyright © 2007 Altera Corporation. All rights reserved. Altera, The Programmable Solutions Company, the stylized Altera logo, specific device designations, and all other words and logos that are identified as trademarks and/or service marks are, unless noted otherwise, the trademarks and service marks of Altera Corporation in the U.S. and other countries. All other product or service names are the property of their respective holders. Altera products are protected under numerous U.S. and foreign patents and pending applications, maskwork rights, and copyrights. Altera warrants performance of its semiconductor products to current specifications in accordance with Altera's standard warranty, but reserves the right to make changes to any products and services at any time without notice. Altera assumes no responsibility or liability arising out of the application or use of any information, product, or service described herein except as expressly agreed to in writing by Altera Corporation. Altera customers are advised to obtain the latest version of device specifications before relying on any published information and before placing orders for products or services.

