FM25L04B

4K ビット (512 × 8) シリアル (SPI) 車載用 F-RAM

特長

- 512K×8 構成の 4K ビット強誘電体ランダム アクセス メモリ (F-RAM)
  - 高いアクセス可能回数 : 10 兆 (10^{13}) 回の読み出し／書き込み
  - 121 年のデータ保持 (「データ保持期間およびアクセス可能回数」表を参照)
  - NoDelay™ 書き込み
  - 高い信頼性がある強誘電体プロセス
- 高速のシリアル ペリフェラル インターフェース (SPI)
  - 10MHz までの周波数
  - シリアル フラッシュおよび EEPROM からの置き換え
  - SPI モード 0 (0、0) およびモード 3 (1、1) をサポート
- 洗練された書き込み保護スキーム
  - 書き込み保護 (WP) ピンを使ったハードウェアによる保護
  - 書き込みディスエーブル命令を使用したソフトウェアによる保護
  - アレイの 1/4、1/2、全体を対象としたソフトウェア ブロック保護
- 低消費電力
  - 1MHz でのアクティブ電流 200µA
  - +85°C での 6µA (typ) スタンバイ電流
- 低動作電圧 : V_{DD}=3.0V ～ 3.6V
- 車載用拡張温度範囲 : –40°C ～ +125°C
- 8 ピン小型集積回路 (SOIC) パッケージ
- AEC-Q100 グレード 1 準拠
- 特定有害物質使用制限 (RoHS) 準拠

機能概要

FM25L04B は高度な強誘電体プロセスを適用した 4K ビットの不揮発性メモリです。

強誘電体ランダム アクセス メモリ (F-RAM) は、不揮発性であり、RAM 同様に読み書きを実行します。またシリアル フラッシュや EEPROM、その他の不揮発性メモリによる複雑さ、オーバーヘッド、システム レベルの信頼性関連問題を回避し、121 年間にわたって信頼できるデータ保持を可能とします。

シリアル フラッシュや EEPROM と違って、FM25L04B はバス速度で書き込み動作を実行します。書き込み遅延は発生しません。データは、各バイトがデバイスに正常に転送された直後にメモリ アレイに書き込まれます。次のバス サイクルはデータ ポーリングを必要とせず開始できます。

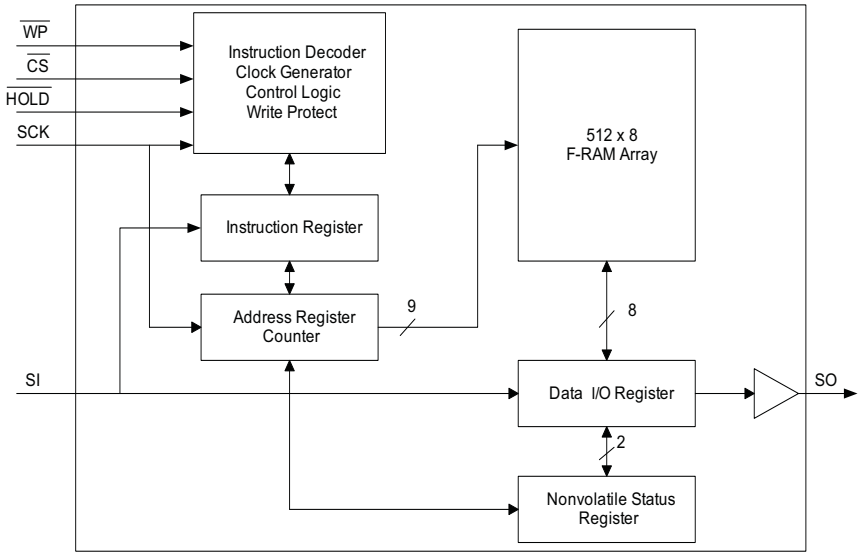
また本製品は他の不揮発性メモリと比較して多くの書き換え回数を提供しています。FM25L04B は 10^{13} 回の読み出し／書き込みサイクル、即ち EEPROM に比べ 1 千万の書き込みサイクルに対応できます。

これらの能力により、FM25L04B は、頻繁で急速書き込みを必要とする不揮発性メモリの用途に理想的なものになります。これらの用途例は、書き込み回数を重視するデータ収集から、シリアル フラッシュや EEPROM を使った長い書き込み時間によりデータ損失が発生することがある厳しい産業用制御まで及びます。

FM25L04B は同一ピンアサインで置き換えができるため、シリアル EEPROM やフラッシュを使用するユーザーに大幅な利点を提供します。FM25L04B は、F-RAM 技術の高速な書き込み機能を強化する高速 SPI バスを使用します。

デバイス仕様は、–40°C ～ +125°C の車載用拡張温度範囲において保証されます。

ロジック ブロック図

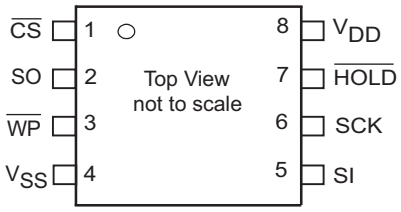


目次

ピン配置 **3**
ピン機能 **3**
概要 **4**
メモリ アーキテクチャ **4**
シリアル ペリフェラル インターフェース – SPI バス **4**
SPI 概要 4
SPI モード 5
電源投入時から最初のアクセスまで 6
コマンドの構成 6
WREN - 書き込みイネーブル ラッチの設定 6
WRDI - 書き込みイネーブル ラッチのリセット 6
ステータス レジスタおよび書き込み保護 **7**
RDSR - ステータス レジスタの読み出し 7
WRSR - ステータス レジスタ書き込み 7
メモリの動作 **8**
書き込み動作 8
読み出し動作 8
HOLD ピンの動作 9
アクセス可能回数 10
最大定格 **11**
動作範囲 **11**
DC 電気的特性 **11**
データ保持期間およびアクセス可能回数 **12**
AEC-Q100 車載用アプリケーションでの F-RAM 製品寿命の例 **12**
静電容量 **12**
熱抵抗 **12**
AC テスト条件 **12**
AC スイッチング特性 **13**
パワー サイクル タイミング **15**
注文情報 **16**
注文コードの定義 16
パッケージ図 **17**
略語 **18**
本書の表記法 **18**
測定単位 18
改訂履歴 **19**
セールス、ソリューションおよび法律情報 **20**
ワールドワイドな販売と設計サポート 20
製品 20
PSoC® ソリューション 20
サイプレス開発者コミュニティ 20
テクニカル サポート 20

ピン配置

図 1. 8 ピン SOIC ピン配置



ピン機能

ピン名	入出力	説明
$\overline{CS}$	入力	**チップセレクト** — アクティブ LOW 入力でデバイスを起動させる。HIGH になった場合、デバイスは低消費電力のスタンバイ モードに移行し、他の入力を無視し、出力をトライステートにする。LOW になった場合、デバイスが SCK 信号を内部でアクティブにする。$\overline{CS}$ の立ち下がりエッジは、オペコードの発行前に発生しなければならない
SCK	入力	**シリアル クロック** — 入出力はシリアル クロックに同期される。入力は立ち上がりエッジでラッチされ、出力は立ち下がりエッジで駆動される。同期デバイスであるため、クロック周波数は 0 ～ 10MHz 範囲内であり、いつでも割り込まれる可能性がある
SI[1]	入力	**シリアル入力** — このピンからデバイスにすべてのデータを入力。入力は SCK の立ち上がりエッジでサンプリングされ、それ以外では無視。I_{DD} 仕様を満たすため、入力を有効な論理レベルで駆動することが必要
SO[1]	出力	**シリアル出力** — これはデータ出力ピン。このピンは読み出し中に駆動。それ以外では $\overline{HOLD}$ が LOW になる時も含めトライステートのままになる。データ遷移はシリアル クロックの立ち下がりエッジで行われる
$\overline{WP}$	入力	**書き込み保護** — このアクティブ LOW ピンはステータス レジスタへの書き込みを含む全ての書き込み動作を防止。HIGH になった場合、書き込みアクセスはステータス レジスタによる制御機能など書き込み保護機能により決定。書き込み保護の詳細については、7 ページのステータス レジスタおよび書き込み保護を参照。このピンを使用しない場合、V_{DD} に接続しなければならない
$\overline{HOLD}$	入力	**$\overline{HOLD}$ ピン** — ホスト CPU が他のタスクのためメモリ動作に割り込ませる必要がある場合、$\overline{HOLD}$ ピンが使われる。$\overline{HOLD}$ が LOW になると、現時点の動作が中断される。デバイスは、SCK もしくは $\overline{CS}$ の変化を無視。$\overline{HOLD}$ の全ての変化は SCK が LOW の間に発生する必要がある。このピンを使用しない場合、V_{DD} に接続しなければならない
V_{SS}	電源	デバイスのグランドで、システムのグランドに接続する必要がある
V_{DD}	電源	デバイスへの電源入力

注 :
1. SI を SO と接続し 1 本のデータ インターフェースとして利用されることがあります。

概要

FM25L04B はシリアル F-RAM メモリです。

メモリ アレイは 512×8 ビットで論理構成され、業界標準のシリアル ペリフェラル インターフェース (SPI) バスを使用してアクセスされます。F-RAM の機能はシリアル フラッシュ、シリアル EEPROM と類似しています。同じピン配置の FM25L04B とシリアル フラッシュや EEPROM と違う点は、F-RAM の優れた書き込み性能、高いアクセス回数、低消費電力です。

メモリ アーキテクチャ

FM25L04B のアクセスには、各 8 ビットデータ、512ヶ所のアドレスを指定します。これら 8 つのデータ ビットは順次シフトイン／シフトアウトされます。アドレスは、チップ セレクト (バス上で複数デバイスを許可する用) とアドレスの上位ビットを含むオペコード、ワード アドレスを含む SPI プロトコルを使ってアクセスされます。ワード アドレスは 8 つの下位アドレス ビットからなります。9 ビットのアドレスで、一意的に各バイト アドレスを指定します。

FM25L04B の殆どの機能は、SPI インターフェースにより制御されるか、または基板に搭載された回路によって処理されます。メモリ動作に対応したアクセス時間は基本的にシリアル プロトコルに必要な時間以外は 0 です。すなわち、メモリは SPI バスの速度で読み書きされます。

シリアルフラッシュや EEPROM と異なり、書き込み処理がバス速度で行われるので、デバイスの書き込み準備を知るためにポーリングする必要はありません。新しいバス トランザクションがデバイスに送り込まれるまでに書き込み動作は完了します。これはインターフェースの節で詳しく説明されています 。

注 : FM25L04B は、内部パワーオン リセット回路以外に他の電源管理回路を備えていません。誤った動作を防ぐために V_{DD} がデータシートに記載された許容誤差以内であることを保証するのは、ユーザーの責任です。チップ イネーブルがアクティブになった時、デバイスへの電源を切断しないことをお勧めします。

シリアル ペリフェラル インターフェース – SPI バス

FM25L04B は SPI スレーブ デバイスであり、最速 10MHz で動作します。この高速シリアル バスにより、SPI マスターとの間で高性能のシリアル通信が可能です。

多くの一般的なマイクロコントローラは、直接インターフェースが可能なハードウェア SPI ポートを持っています。SPI ポートを持たないマイクロコントローラーで、通常のポートを使用して SPI ポートをエミュレートするのは非常に簡単です。FM25L04B は、SPI モード 0 および 3 で動作します。

SPI 概要

SPI は、チップ セレクト ($\overline{CS}$) とシリアル入力 (SI)、シリアル出力 (SO)、シリアル クロック (SCK) ピンの 4 ピン インターフェースです。

SPI は、メモリ アクセスにクロックとデータ ピンを使用し、データ バス上の複数デバイスをサポートする同期シリアル インターフェースです。SPI バス上のデバイスは、$\overline{CS}$ ピンを使用してアクティブにされます。

チップ セレクト、クロック、データの間の関係は、SPI モードによります。このデバイスは、SPI モード 0 および 3 に対応します。これらの両モードで、$\overline{CS}$ がアクティブになった後の最初の立ち上がりエッジから始まる SCK の立ち上がりエッジで、データが F-RAM にクロック入力されます。

SPI プロトコルはオペコードによって制御されます。これらのオペコードは、バス マスターからスレーブ デバイスへのコマンドを指定します。$\overline{CS}$ がアクティブにされた後、バス マスターから転送される最初のバイトがオペコードです。オペコードに続いて、アドレスとデータが転送されます。処理が完了した後、新しいオペコードが発行される前に、$\overline{CS}$ を非アクティブ化する必要があります。SPI プロトコルで一般的に使用される用語は以下です。

SPI マスター

SPI マスター デバイスは、SPI バスを制御します。SPI バスは、複数のスレーブ デバイスを制御する 1 つのマスターを持っている場合があります。すべてのスレーブが同じ SPI バス ラインを共有し、マスターは $\overline{CS}$ ピンを使用してスレーブ デバイスのいずれかを選択することができます。すべてのオペレーションは、マスターがスレーブの $\overline{CS}$ ピンを LOW にプルダウンすることによってスレーブ デバイスをアクティブにして開始する必要があります。マスターは SCK も生成し、SI と SO ライン上の全てのデータ転送はこのクロックに同期されます。

SPI スレーブ

SPI スレーブ デバイスは、チップ セレクト ラインを介してマスターによってアクティブにされます。スレーブ デバイスは SPI マスターからの入力として SCK を取得し、すべての通信はこのクロックと同期されます。SPI スレーブが SPI バス上の通信を開始せず、マスターからの命令に従って動作します。

FM25L04B は SPI スレーブとして動作し、他の SPI スレーブ デバイスと SPI バスを共有する場合があります。

チップ セレクト ($\overline{CS}$)

全てのスレーブ デバイスを選択するためには、マスターは対応する $\overline{CS}$ ピンを LOW 駆動する必要があります。$\overline{CS}$ ピンが LOW になっている時だけ、命令をスレーブ デバイスに発行することができます。

デバイスが選択されていない場合、SI ピン経由のデータは無視され、シリアル出力ピン (SO) は高インピーダンス状態のままとなります。

注 : 新しい命令は $\overline{CS}$ の立ち下がりエッジで開始される必要があります。したがってアクティブなチップ セレクト サイクル毎に 1 つのオペコードのみが発行されます。

シリアル クロック (SCK)

シリアル クロックは SPI マスターによって生成され、$\overline{CS}$ が LOW になった後、通信がこのクロックと同期されます。

FM25L04B はデータ通信のために SPI モード 0 と 3 を有効にします。これらの両モードにおいて、入力は SCK の立ち上がりエッジでスレーブ デバイスによってラッチされ、出力は立ち下がりエッジで発行されます。そのため、SCK の最初の立ち上がりエッジは、SI ピンに SPI 命令の最初のビット (MSB) が到着したことを意味します。さらにすべてのデータの入力と出力は SCK と同期されます。

データ転送 (SI/SO)

SPI データ バスは、シリアル データ通信用に SI と SO の 2 線で構成されます。SI はマスター アウト スレーブ イン (MOSI)、SO はマスター イン スレーブ アウト (MISO) とも呼ばれていま

す。マスターは SI ピンを介してスレーブに命令を発行し、スレーブは SO ピンを介して応答します。複数のスレーブ デバイスは、前述のように SI と SO ラインを共有する場合があります。

FM25L04B には図 2 に示すようにマスターと接続することができる SI と SO 用の 2 つの独立したピンがあります。

専用 SPI バスを持たないマイクロコントローラーでは、汎用ポートが使用されることもあります。マイコンのハードウェア リソースを減らすために、2 つのデータ ピン (SI、SO) を 1 つにまとめて接続し、$\overline{HOLD}$ ピンと $\overline{WP}$ ピンを HIGH に固定接続することができます。図 3 はマイコンのピンを 3 個のみ使用しているこのコンフィギュレーションを示します。

最上位ビット (MSB)

SPI プロトコルでは、送信される最初のビットが最上位ビット (MSB) である必要があります。この方式はアドレスとデータ転送共に適用されます。

4K ビット シリアル F-RAM では、すべての読み出しまたは書き込み動作に対応するためにアドレスの上位ビットを含むオペコードとワード アドレスを必要とします。ワード アドレスは 8 つの下位アドレス ビットからなります。9 ビットのアドレスで、各バイト専用アドレスを指定します。

シリアル オペコード

$\overline{CS}$ が LOW になる状態でスレーブ デバイスが選択された後、最初に受信されたバイトは、意図されている動作用のオペコードとして扱われます。FM25L04B は、メモリ アクセスのために標準オペコードを使用します。

無効なオペコード

無効なオペコードが受信されるとそのオペコードは無視され、デバイスは SI ピン上にある追加のシリアル データを次の $\overline{CS}$ の立ち下がりエッジまで無視し、SO ピンはトライステートのままとなります。

ステータス レジスタ

FM25L04B には、8 ビットのステータス レジスタが 1 個あります。ステータス レジスタ内のビットはデバイスをコンフィギュレーションするために使用されます。これらのビットは 7 ページの表 3 で説明されています。

図 2. SPI ポートを使ったシステム コンフィギュレーション

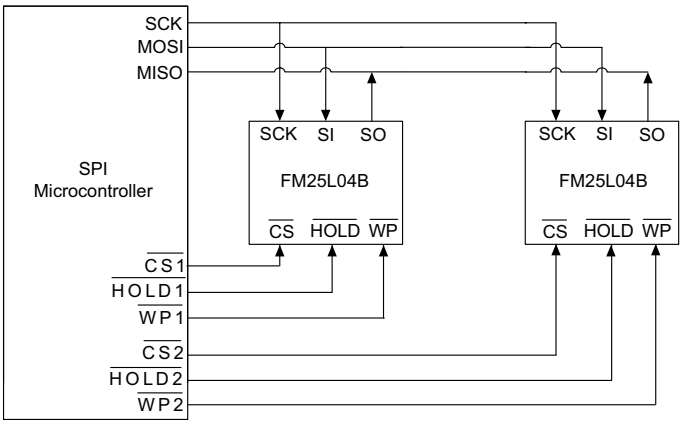
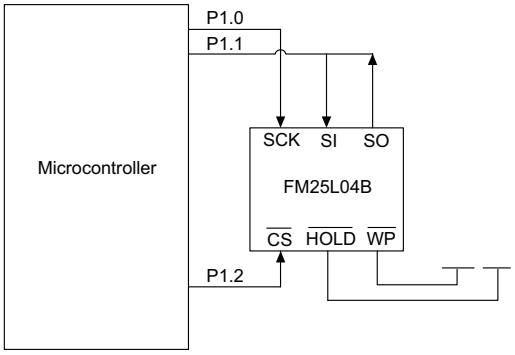


図 3. SPI ポートを使用しないシステム コンフィギュレーション



SPI モード

FM25L04B は、SPI ペリフェラルが次の 2 つのモードのいずれかで実行されているマイクロコントローラーによって駆動することができます。

■ SPI モード 0 (CPOL=0、CPHA=0)

■ SPI モード 3 (CPOL=1、CPHA=1)

この両モードでは、入力データが $\overline{CS}$ がアクティブにされた後の最初の立ち上がりエッジから始まる SCK の立ち上がりエッジでラッチされます。クロックが HIGH 状態から起動される場合 (モード 3) では、クロック トグル後の最初の立ち上がりエッ

ジになります。出力データは SCK の立ち下がりエッジで利用可能となります。

2 つの SPI モードは 6 ページの図 4 と 6 ページの図 5 に示されています。バス マスターがデータを転送していない時のクロックの状態は以下の通りです。

■ モード 0 では、SCK が 0 のままです。

■ モード 3 では、SCK が 1 のままです。

$\overline{CS}$ ピンを LOW にすることによってデバイスが選択された時、デバイスは SCK ピンの状態から SPI モードを検出します。デバイスが選択された時に、SCK ピンが LOW なら SPI モード 0 で動作し、SCK ピンが HIGH なら SPI モード 3 で動作します。

図 4. SPI モード 0

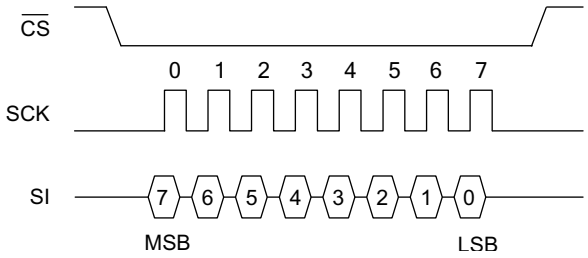
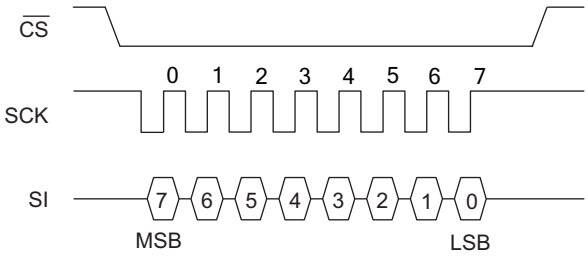


図 5. SPI モード 3



電源投入時から最初のアクセスまで

電源投入後の t_{PU} の間、FM25L04B へはアクセスできません。ユーザーはタイミング パラメータ、$t_{PU}(V_{DD}(min)$ から $\overline{CS}$ が初めて LOW になる時までの最短期間) に従わねばなりません。

コマンドの構成

バス マスターが FM25L04B に発行するコマンド (オペコードと呼ばれる) は 6 個あります。これらを表 1 に示します。これらのオペコードはメモリが実行する機能を制御します。

表 1. オペコード コマンド

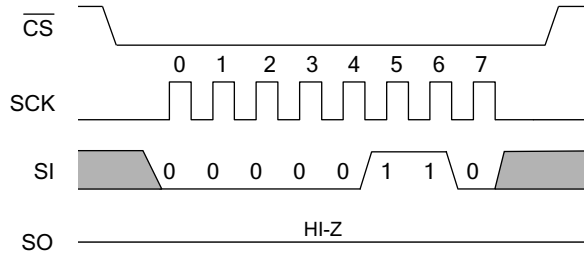
名称	説明	オペコード
WREN	書き込みイネーブル ラッチのセット	0000 0110b
WRDI	書き込みディスエーブル	0000 0100b
RDSR	ステータス レジスタの読み出し	0000 0101b
WRSR	ステータス レジスタの書き込み	0000 0001b
READ	メモリ データ読み出し	0000 A011b
WRITE	メモリ データの書き込み	0000 A010b

WREN - 書き込みイネーブル ラッチの設定

FM25L04B は、書き込みが無効の状態で電源投入されます。WREN コマンドを書き込み動作の前に発行する必要があります。WREN オペコードを送信することにより、ユーザーは書き込み動作用に次のオペコードを発行することができます。これらはステータス レジスタの書き込み (WRSR) とメモリの書き込み (WRITE) を含みます。

WREN オペコードを発行することにより、内部書き込みイネーブル ラッチはセットされます。WEL と呼ばれるステータス レジスタ内のフラグ ビットはラッチの状態を示します。WEL=「1」は、書き込みが許可されることを示します。ステータス レジスタの WEL ビットに書き込んでもこのビットの状態に影響を与えません。WREN オペコードだけがこのビットをセットできます。WEL ビットは、WRDI や WRSR、書き込み動作に続く $\overline{CS}$ の立ち上がりエッジで自動的にクリアされます。これにより、別の WREN コマンドなしで、ステータス レジスタまたはF-RAMアレイへの二重の書き込みを防ぐことができます。図 6 は、WREN コマンドのバス コンフィギュレーションを示します。

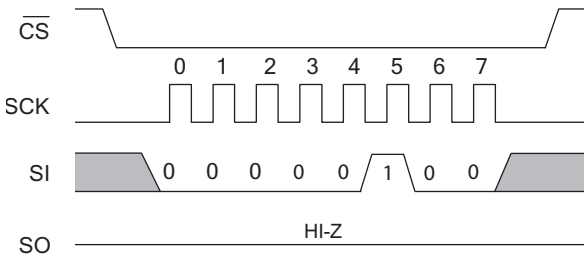
図 6. WREN バス コンフィギュレーション



WRDI - 書き込みイネーブル ラッチのリセット

WRDI コマンドは、書き込みイネーブル ラッチをクリアすることにより全ての書き込み動作を無効にします。ステータス レジスタ内の WEL ビットを読み出し、WEL ビットが「0」であることを確認することにより、ユーザーは書き込みが無効であることを確認できます。図 7 は、WRDI コマンドのバス コンフィギュレーションを示します。

図 7. WRDI バス コンフィギュレーション



ステータス レジスタおよび書き込み保護

FM25L04B の書き込み保護機能は多重的であり、ステータス レジスタを介して有効にされます。最初に WREN オペコードを書き込み動作の前に発行する必要があります。書き込みは WREN を使用して有効になることを前提にして、メモリへの書き込みは WP ピンまたはステータス レジスタにより制御されます。WP が LOW になると、デバイス全体は書き込み保護されます。WP が HIGH になると、メモリの書き込み保護はステータス レジスタに依存します。ステータス レジスタへの書き込みは WREN と WRSR を使用して実行される、且つ WP ピンの状態に依存します。ステータス レジスタは以下のように構成されています。(工場出荷時、ステータス レジスタ ビットのデフォルト値は、「0」です。)

表 2. ステータス レジスタ

ビット 7	ビット 6	ビット 5	ビット 4	ビット 3	ビット 2	ビット 1	ビット 0
X (0)	X (0)	X (0)	X (0)	BP1 (0)	BP1 (0)	WEL (0)	X (0)

表 3. ステータス レジスタ ビット定義

ビット	定義	説明
ビット 0	ドント ケア	このビットは書き込み不可であり、読み出すと常に「0」を返す
ビット 1 (WEL)	書き込みイネーブル ラッチ	WEL はデバイスの書き込みが有効かどうかを示す。電源投入時、このビットの初期値は「0」(無効) WEL=「1」--> 書き込みが有効 WEL=「0」--> 書き込みが無効
ビット 2 (BP0)	ブロック保護ビット「0」	ブロック保護のために使用。詳細は、7 ページの表 4 を参照
ビット 3 (BP1)	ブロック保護ビット「1」	ブロック保護のために使用。詳細は、7 ページの表 4 を参照
ビット 4 ～ 7	ドント ケア	これらのビットは書き込み不可であり、読み出し時に常に「0」を返す

ビット 0 と 4 ～ 7 は、「0」に固定され、これらのビットは変更できません。F-RAM はリアルタイムで書き込まれビジーの時がないので、ビット 0 (シリアル フラッシュや EEPROM での「Ready or Write in progress (待機または書き込み中)」の状態を示すビット) は不要であり、「0」として読み出されます。BP1 および BP0 はソフトウェアの書き込み保護機能を制御する不揮発性ビットです。WEL フラグは、書き込みイネーブル ラッチの状態を示します。ステータス レジスタの WEL ビットに直接書き込んでも状態は変りません。このビットは内部でそれぞれ WREN、WRDI コマンドを介してセット、クリアされます。

BP1 および BP0 はメモリ ブロックの書き込み保護ビットです。それらは表 4 で示すように書き込み保護されるメモリ領域を指定します。

表 4. ブロック メモリの書き込み保護

BP1	BP0	保護されたアドレス範囲
0	0	なし
0	1	180h ～ 1FFh (上位 1/4)
1	0	100h ～ 1FFh (上位 1/2)
1	1	000h ～ 1FFh (すべて)

BP1 と BP0 ビットと書き込みイネーブル ラッチは、メモリへの書き込みを防止する唯一のメカニズムです。残りの書き込み保護機能は、ブロック保護ビットへの不用意な変更を防止します。

BP1 と BP0 ビットによりソフトウェアは選択的にアレイへ書き込み保護できます。これらの構成は、WP ピンは非アクティブになり、WREN コマンドが発行される時にのみ使用されます。

表 5 に書き込み保護条件をまとめます。

表 5. 書き込み保護

WEL	WP	保護ブロック	非保護ブロック	ステータス レジスタ
0	X	保護	保護	保護
1	0	保護	保護	保護
1	1	保護	非保護	非保護

RDSR - ステータス レジスタの読み出し

RDSR コマンドでは、バス マスターがステータス レジスタの内容を検証することができます。ステータス レジスタを読み出すことで、書き込み保護機能の現時点の状態に関する情報を得ます。RDSR オペコードに続いて、FM25L04B はステータス レジスタの内容を持つ 1 バイトを返します。

WRSR - ステータス レジスタ書き込み

WRSR コマンドを使って、SPI バス マスターがステータス レジスタへ書き込んだり、BP0 と BP1 ビットを必要に応じて設定することにより書き込み保護のコンフィギュレーションを変更したりすることができます。WRSR コマンドを発行する前には、WP ピンが HIGH または非アクティブである必要があります。FM25L04B では、WP がメモリ アレイとステータス レジスタへの書き込みを防止することに注意してください。WRSR を送信する前に WREN コマンドを送信して書き込みを有効にしなければなりません。WRSR コマンドの実行は書き込み操作に相当するため、書き込みイネーブル ラッチがクリアされます。

図 8. RDSR バス コンフィギュレーション

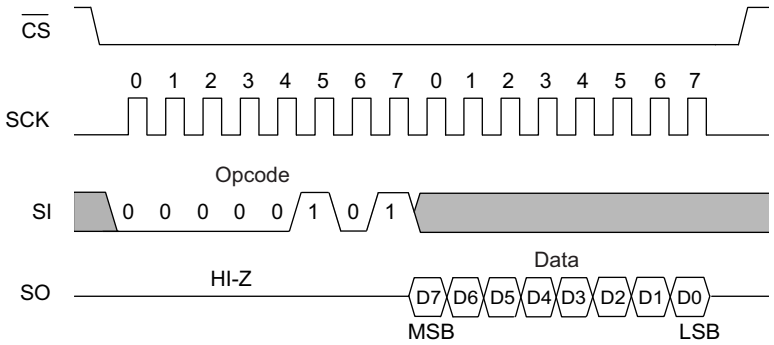
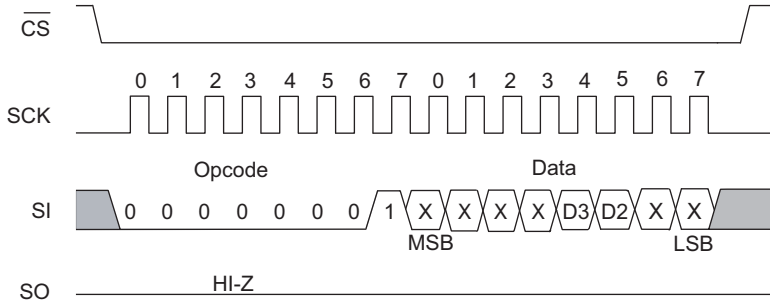


図 9. WRSR バス コンフィギュレーション (WREN が非表示)



メモリの動作

高いクロック周波数動作が可能な SPI インターフェースは、F-RAM 技術の高速書き込み機能を際立たせます。シリアル フラッシュや EEPROM と違って、FM25L04B はバス速度でシーケンシャルに書き込みを実行します。ページ レジスタは不要であり、シーケンシャルな書き込みは何回でも実行できます。

書き込み動作

全てのメモリへの書き込みは WREN オペコードから開始します。書き込みオペコードはメモリ アドレスの上位ビットを含みます。オペコードでのビット 3 はアドレスの上位ビット (A8) に対応します。次のバイトはアドレスの下位 8 ビット (A7 ～ A0) です。全部で、9 ビットは書き込み動作の最初のバイトのアドレスを指定します。後続のバイトはシーケンシャルに書き込まれるデータ バイトです。バス マスターがクロックを送り、CS を LOW に維持している限り、アドレスは内部でインクリメントされます。最終アドレス 1FFh に達すると、カウンターは 000h に戻ります。データは MSB から書き込みます。CS の立ち上がりエッジで書き込み動作を終了します。書き込み動作を図 10 に示します。

注：バースト書き込みが保護されたブロックに達すると、アドレスの自動インクリメントは停止し、書き込み用に受信された後続のデータ バイトの全てがデバイスに無視されます。

EEPROM はページ バッファを使用して書き込みスループットを上げます。ページ バッファは、書き込み動作が遅いという本来の特性を補償するものです。F-RAM メモリは、データ バイトが (8番目のクロックの後) クロック入力された直後にF-RAM アレイに書き込まれるので、ページ バッファを持っていません。そのためページ バッファの遅延なしにバイトをいくつも書き込むことができます。

注：書き込み中に電力を喪失すると、最後に完了したバイトのみが書き込まれます。

読み出し動作

CSの立ち下がりエッジの後に、バス マスターはREADオペコードを発行できます。読み出しオペコードはメモリ アドレスの上位ビットを含みます。オペコードでのビット 3 はアドレスの上位ビット (A8) に対応します。次のバイトはアドレスの下位 8 ビット (A7 ～ A0) です。全部で、9 ビットは読み出し動作の最初のバイトのアドレスを指定します。オペコードとアドレスが発行された後、デバイスは次の 8 クロック サイクルで読み出しデータを出力します。SI 入力は読み出しデータ バイトの出力中には無視されます。後続のバイトは順々に読み出されるデータ バイトです。バス マスターがクロックを送り、CS が LOW である限り、アドレスは内部でインクリメントされます。最終アドレス 1FFh に達すると、カウンターは 000h に戻ります。データは MSB から読み出します。CS の立ち上がりエッジで読み出し動作を停止し、SO ピンをトライステートにします。読み出し動作を 図 11 に示します。

図 10. メモリ書き込み (WREN が非表示) 動作

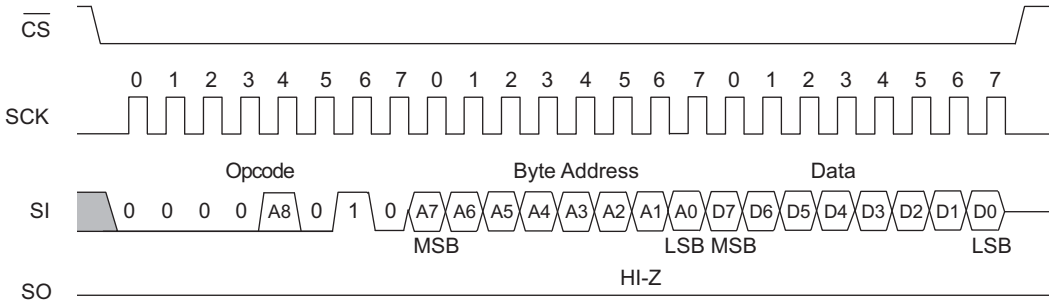
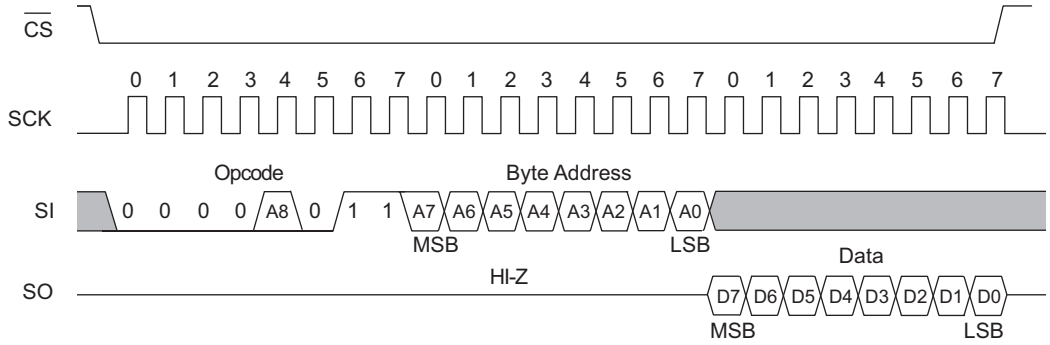


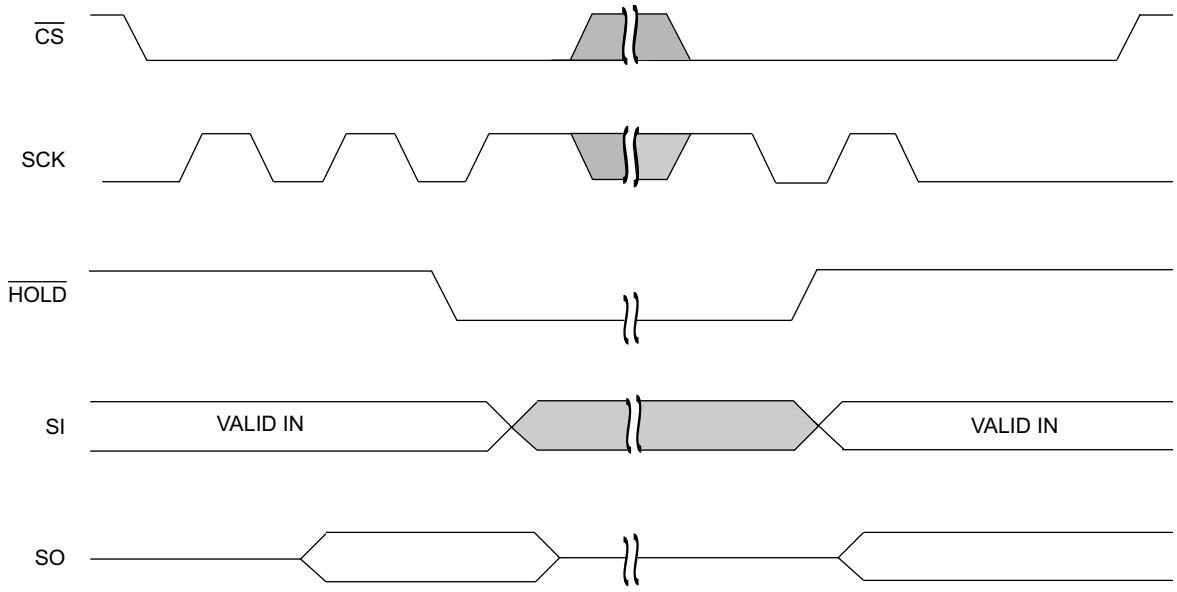
図 11. メモリ読み出し



$\overline{\text{HOLD}}$ ピンの動作

$\overline{\text{HOLD}}$ ピンを使って、連続動作を中断しないでそれに割り込むことができます。SCK が LOW の間に、バス マスターが $\overline{\text{HOLD}}$ ピンを LOW にすると、現時点の動作は一時停止します。SCK が LOW の間に $\overline{\text{HOLD}}$ ピンを HIGH にすると、動作が再開します。SCK が LOW になっている時 $\overline{\text{HOLD}}$ の遷移を行う必要がありますが、SCK と $\overline{\text{CS}}$ はホールド状態中に切り替えることができます。

図 12. $\overline{\text{HOLD}}$ 動作 [2]



注 :
2. 図は、入力モードと出力モードでの $\overline{\text{HOLD}}$ 動作を示します。

アクセス可能回数

FM25L04B デバイスには 10^{13} 回以上、読み書きを問わずアクセスすることができます。F-RAM メモリは読み出しと格納メカニズムを常に行います。そのため、メモリ アレイへのアクセス (読み出し／書き込み) に対して、アクセス サイクルが行単位で適用されます。F-RAM のアーキテクチャは、64 ビットの行と 64 の列からなるアレイを基にしています。読み出しまたは書き込みは行単位に行われます。1 行内のデータのアクセスバイト数に関わらず内部的に行に対するアクセスは 1 回です。行内の各バイトは、アクセス可能回数の計算では 1 回だけカウントされます。表 6 は、オペコード、開始アドレス、順々の 64 バイト データの流れを含む、64 バイトの繰り返しループに対応したアクセス可能回数を示しています。これはループによって各バイトが 1 回のアクセス回数を費やしたことになります。

表 6. 64 バイト ループの繰り返しでアクセス回数が限界に達する期間

SCK 周波数 (MHz)	アクセス可能回数 サイクル／秒	アクセス可能回数 サイクル／年	制限到達に要する年数
10	18,660	5.88×10^{11}	17.0
5	9,330	2.94×10^{11}	34.0
1	1,870	5.88×10^{10}	170.1

最大定格

最大定格を超えるとデバイスの寿命が短くなる可能性があります。これらのユーザー ガイドラインは試験されていません。

保存温度 ..... –55°C ～ +125°C

最大接合部温度 ..... 135°C

V_{SS} を基準にした V_{DD} 電源電圧 ..... –1.0V ～ +5.0V

入力電圧 ..... –1.0V ～ +5.0V、V_{IN}<V_{DD}+1.0V

High-Z 状態の出力
に印加される DC 電圧 ..... –0.5V ～ V_{DD}+0.5V

グランド電位を基準にした任意のピン
の過渡電圧 (<20ns) ..... –2.0V ～ V_{DD}+2.0V

パッケージ許容電力損失 (T_A=25°C)..... 1.0W

表面実装ハンダ付け温度 (3 秒) ..... +260°C

DC 出力電流 (出力 1 本当り、1 秒間) 15mA

静電気の放電電圧
- 人体モデル (AEC-Q100-002 Rev. E) 4kV
- 帯電デバイスモデル (AEC-Q100-011 Rev. B) 1.25kV
- マシン モデル (AEC-Q100-003 Rev. E) 300V

ラッチアップ電流 ..... >140mA

動作範囲

範囲	周囲温度 (T_A)	V_{DD}
車載用拡張温度範囲	–40°C ～ +125°C	3.0V ～ 3.6V

DC 電気的特性

動作範囲において

パラメーター	説明	テスト条件		最小値	Typ[5]	Max	単位
V_{DD}	電源			3.0	3.3	3.6	V
I_{DD}	V_{DD} 電源電流	SCLがV_{DD}–0.3VとV_{SS}の間でトグル。他の入力に V_{SS} または V_{DD} – 0.3 V を印加。SO= 開放	f_{SCK}=1MHz	–	–	0.2	mA
			f_{SCK} = 10MHz	–	–	2	mA
I_{SB}	V_{DD} スタンバイ電流	$\overline{CS}$=V_{DD}。他のすべての入力ピンは、V_{SS} または V_{DD} に接続。	T_A = 85°C	–	–	6	µA
			T_A = 125°C	–	–	20	µA
I_{LI}	入力リーク電流	$V_{SS} \le V_{IN} \le V_{DD}$		–	–	±1	µA
I_{LO}	出力リーク電流	$V_{SS} \le V_{OUT} \le V_{DD}$		–	–	±1	µA
V_{IH}	HIGH レベル入力電圧			0.75 × V_{DD}	–	V_{DD}+0.3	V
V_{IL}	LOW レベル入力電圧			– 0.3	–	0.25 × V_{DD}	V
V_{OH}	出力 HIGH 電圧	I_{OH} = –2mA		V_{DD}–0.8	–	–	V
V_{OL}	出力 LOW 電圧	I_{OL} = 2mA		–	–	0.4	V
V_{HYS}[6]	入力ヒステリシス ($\overline{CS}$ および SCK ピン)			0.05×V_{DD}	–	–	V

注 :
3. 標準値は 25 °C、V_{DD}=V_{DD}(typ) で測定されます。すべてのデバイスで試験されているわけではありません。
4. このパラメーターは特性付けされますが、すべてのデバイスではテストされません。

データ保持期間およびアクセス可能回数

記号	項目	テスト条件	Min	Max	単位
T_{DR}	データ保持期間	T_A = 125°C	11000	–	時間
		T_A = 105°C	11	–	年
		T_A = 85°C	121	–	
NV_C	アクセス可能回数	動作温度範囲内	10^{13}	–	サイクル

AEC-Q100 車載用アプリケーションでの F-RAM 製品寿命の例

アプリケーションは、全ライフタイムにおいて定常的な温度条件で動作するわけではありません。それよりもアプリケーションのライフタイムを通じて様々な温度環境で動作することを期待されています。その結果として、アプリケーションに使用する F-RAM の保持仕様は累積的に計算されるものです。多重温度の熱プロファイルの推定例は、以下の通りです。

温度 T	時間 t	Tmax A [5] に応じる加速係数	プロファイル要因 P	プロファイルライフタイム L (P)
		$A = \frac{L(T)}{L(Tmax)} = e^{\frac{Ea}{k}\left(\frac{1}{T}-\frac{1}{Tmax}\right)}$	$P = \frac{1}{\left(\frac{t1}{A1}+\frac{t2}{A2}+\frac{t3}{A3}+\frac{t4}{A4}\right)}$	$L(P) = P \pm L(Tmax)$
T1 = 125°C	t1 = 0.1	A1 = 1	8.33	> 10.46 年
T2 = 105°C	t2 = 0.15	A2 = 8.67		
T3 = 85°C	t3 = 0.25	A3 = 95.68		
T4 = 55°C	t4 = 0.50	A4 = 6074.80		

静電容量

記号 [6]	項目	テスト条件	Max	単位
C_O	出力ピン静電容量 (SO)	T_A=25°C、f=1MHz、V_{DD}=V_{DD}(typ)	8	pF
C_I	入力ピン静電容量		6	pF

熱抵抗

記号	説明	テスト条件	8 ピン SOIC	単位
Θ_{JA}	熱抵抗 (接合部から周囲)	テスト条件は、EIA/JESD51 による、熱インピーダンスを測定するための標準試験方法と手順に従う。	148	°C/W
Θ_{JC}	熱抵抗 (接合部からケース)		48	°C/W

AC テスト条件

入力パルスレベル.....V_{DD} の 10% および 90%
入力の上昇と下降時間.....5ns
入力と出力タイミングの基準レベル .....0.5×V_{DD}
出力負荷容量 30pF

注 :
5. ここでは、k は、Boltzmann 定数 8.617 ×10 $^{-5}$eV/K で、Tmax は、製品の指定した最大温度で、T は F-RAM 製品の仕様範囲内の任意の温度です。式で用いるすべての温度単位は、ケルビンです。
6. このパラメーターは規定されますが、すべてのデバイスではテストされていません。

AC スイッチング特性

動作範囲において

パラメーター[7]		項目	Min	Max	単位
サイプレス パラメータ	他社の パラメーター				
f_{SCK}	–	SCK クロック周波数	0	10	MHz
t_{CH}	–	クロック HIGH レベル時間	40	–	ns
t_{CL}	–	クロック LOW レベル時間	40	–	ns
t_{CSU}	t_{CSS}	チップセレクトのセットアップ時間	10	–	ns
t_{CSH}	t_{CSH}	チップセレクトのホールド時間	10	–	ns
t_{OD}[8、9]	t_{HZCS}	出力ディスエーブル時間	–	30	ns
t_{ODV}	t_{CO}	出力データ有効時間	–	35	ns
t_{OH}	–	出力ホールド時間	0	–	ns
t_D	–	選択解除時間	100	–	ns
t_R[10、11]	–	データ入力の立ち上がり時間	–	50	ns
t_F[10、11]	–	データ入力の立ち下がり時間	–	50	ns
t_{SU}	t_{SD}	データセットアップ時間	5	–	ns
t_H	t_{HD}	データ ホールド時間	5	–	ns
t_{HS}	t_{SH}	$\overline{\text{HOLD}}$ ピン セットアップ時間	10	–	ns
t_{HH}	t_{HH}	$\overline{\text{HOLD}}$ ピンのホールド時間	10	–	ns
t_{HZ}[8、9]	t_{HHZ}	$\overline{\text{HOLD}}$ が LOW から HI-Z までの時間	–	30	ns
t_{LZ}[9]	t_{HLZ}	$\overline{\text{HOLD}}$ が HIGH からデータ アクティブまでの時間	–	30	ns

注：
7. 12 ページの AC テスト条件に示すように、テスト条件では、5ns 以下の信号遷移時間、0.5×V_{DD} のタイミング リファレンス レベル、V_{DD}0 の 10% ～ 90% の入力パルス レベル、指定の I_{OL}／I_{OH} の出力負荷、30pF の負荷容量を前提にしています。
8. t_{OD} および t_{HZ} は、5pF の負荷容量で規定されています。出力が高インピーダンス状態に入ると、遷移が測定されます。
9. このパラメータは特性付けされていますが、100% は試験されていません。
10. 立ち上がりと立ち下がり時間は波形の 10% と 90% の間で測定されます。
11. これらのパラメーターは設計保証されますが、テストされていません。

図 13. 同期データ タイミング (モード 0)

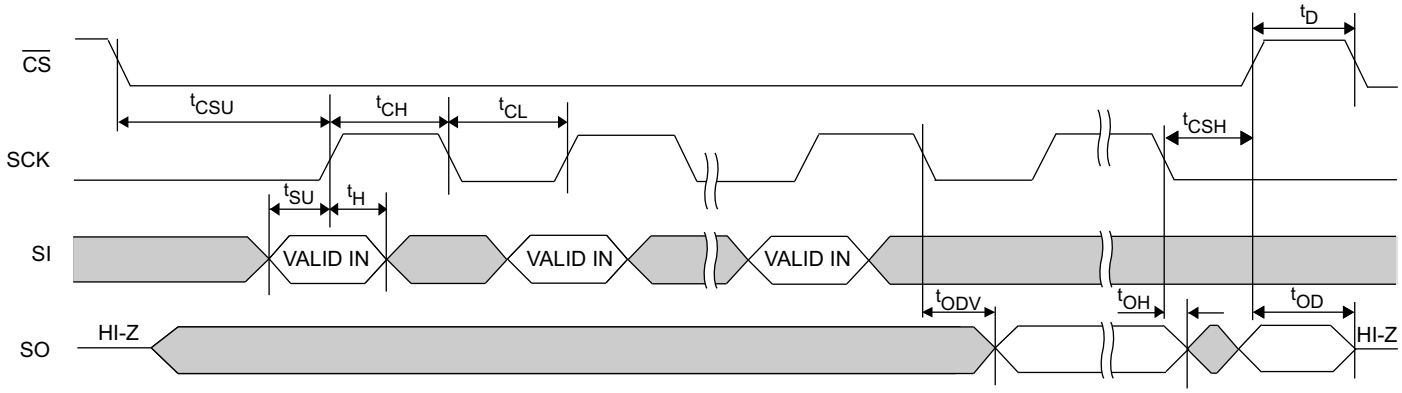
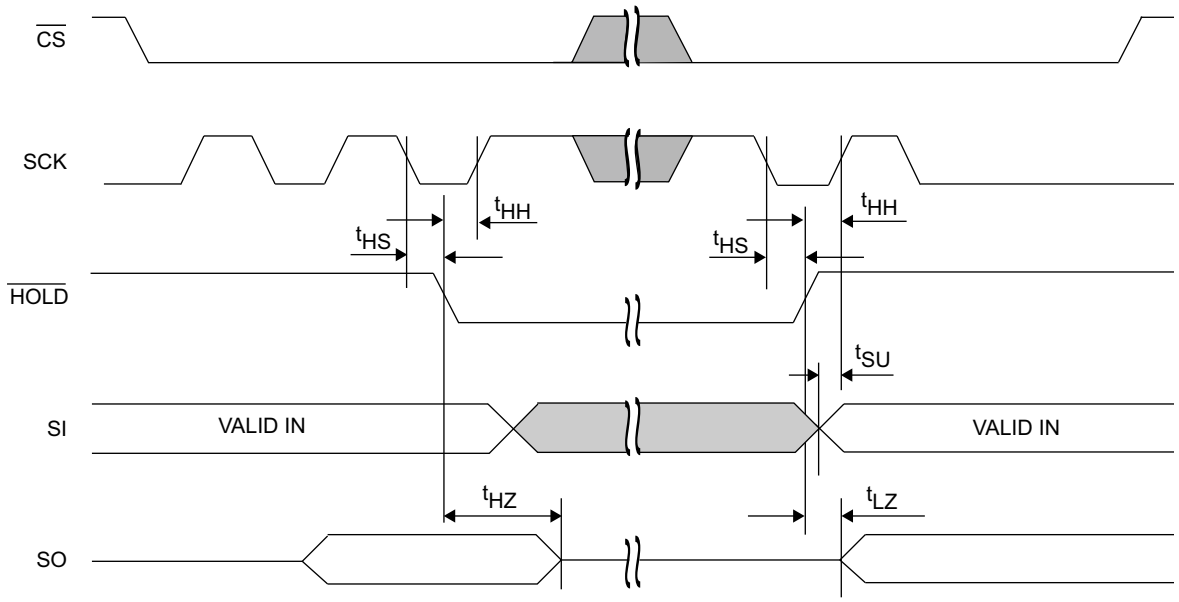


図 14. $\overline{\text{HOLD}}$ のタイミング

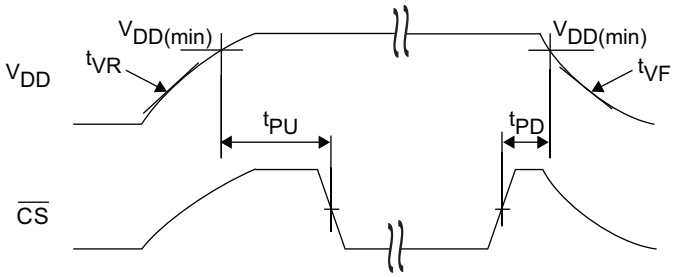


パワー サイクル タイミング

動作範囲において

記号	項目	Min	Max	単位
t_{PU}	電源投入時の V_{DD}(min) から最初のアクセス ($\overline{CS}$ LOW) までの時間	1	–	ms
t_{PD}	最後のアクセス ($\overline{CS}$ HIGH) から電源切断 (V_{DD}(min)) 時までの時間	0	–	µs
t_{VR} [12]	V_{DD} 電源投入時の変化速度	30	–	µs/V
t_{VF} [12]	V_{DD} 電源切断ランプ レート	20	–	µs/V

図 15. パワー サイクル タイミング



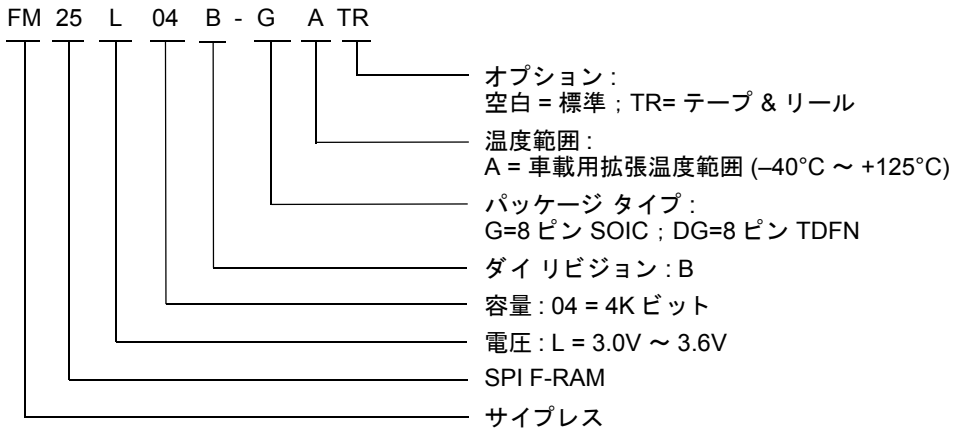
注 :
12. V_{DD} 波形上の任意の点で測定した傾きです。

注文情報

注文コード	パッケージ図	パッケージ タイプ	動作範囲
FM25L04B-GA	51-85066	8 ピン SOIC	車載用拡張温度範囲
FM25L04B-GATR	51-85066	8 ピン SOIC	

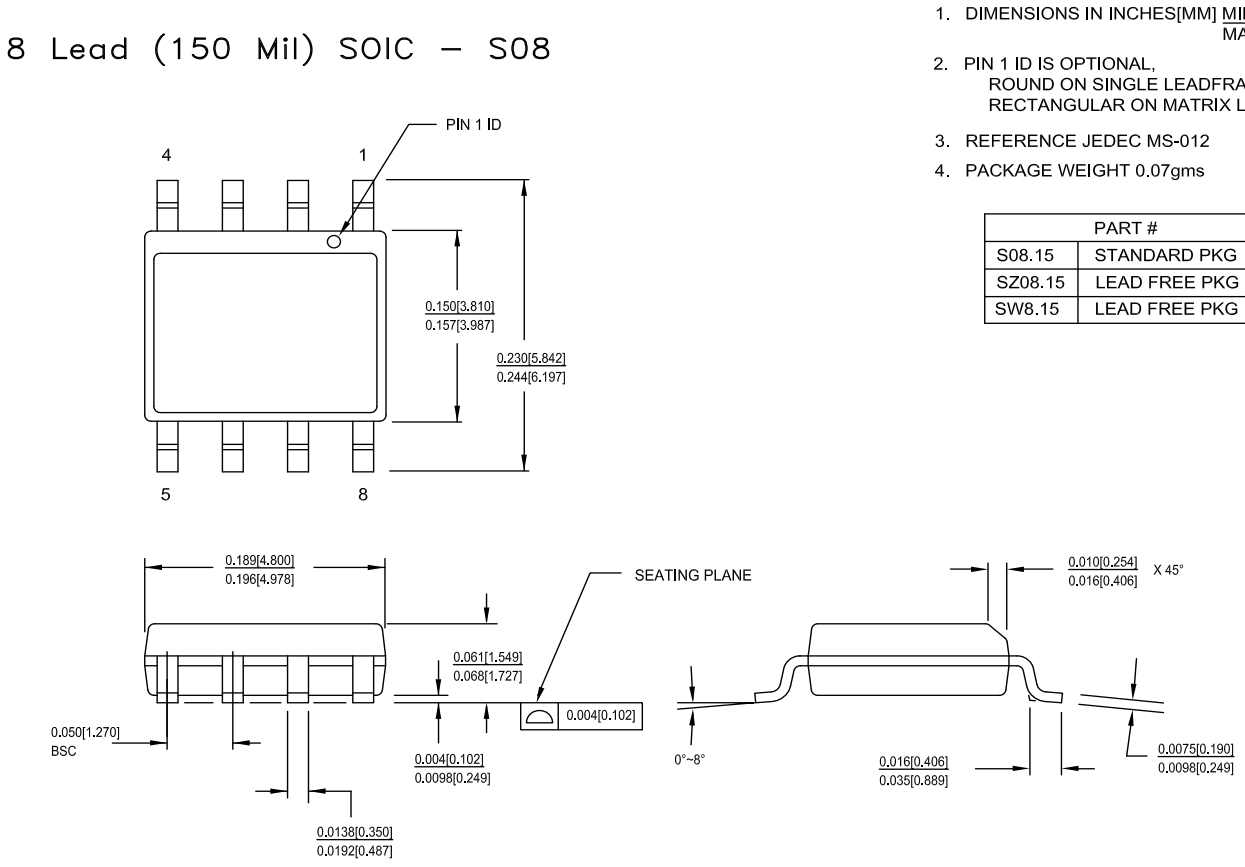
これらすべての部品は鉛フリー。在庫状況については、最寄りのサイプレスの販売代理店にお問い合わせください。

注文コードの定義



パッケージ図

図 16. 8 ピン SOIC (150Mil) パッケージ図、51-85066



略語

略語	項目
AEC	米国車載電子部品評議会 (AEC)
CPHA	Clock Phase (クロック位相)
CPOL	Clock Polarity (クロック極性)
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory (電気的消去書き込み可能な読み出し専用メモリ)
EIA	Electronic Industries Alliance (米国電子工業会)
I/O	Input/Output (入力／出力)
JEDEC	Joint Electron Devices Engineering Council (半導体技術協会 (旧電子機器技術評議会))
JESD	JEDEC Standards (JEDEC 準拠)
LSB	Least Significant Bit (最下位ビット)
MSB	Most significant bit (最上位ビット)
F-RAM	Ferroelectric Random Access Memory (強誘電体ランダム アクセス メモリ)
RoHS	Restriction of Hazardous Substances (特定有害物質使用制限指令)
SPI	Serial Peripheral Interface (シリアル ペリフェラル インターフェース)
SOIC	Small Outline Integrated Circuit (小型外形集積回路)

本書の表記法

測定単位

記号	測定単位
°C	摂氏温度
Hz	ヘルツ
kHz	キロヘルツ
KΩ	キロオーム
Kbit	キロビット
kV	キロボルト
MHz	メガヘルツ
µA	マイクロアンペア
µs	マイクロ秒
mA	ミリアンペア
ms	ミリ秒
ns	ナノ秒
Ω	オーム
%	パーセント
pF	ピコファラッド
V	ボルト
W	ワット

改訂履歴

文書名 : FM25L04B、4K ビット (512 × 8) シリアル (SPI) 車載用 F-RAM 文書番号 : 001-95870				
リビジョン	ECN 番号	変更者	発行日	変更内容
**	4700352	KURO	04/22/2015	これは英語版 001-86152 Rev. *B を翻訳した日本語版 001-95870 Rev. ** です。

セールス、ソリューションおよび法律情報

ワールドワイドな販売と設計サポート

サイプレスは、事業所、ソリューション センター、メーカー代理店および販売代理店の世界的なネットワークを保持しています。お客様の最寄りのオフィスについては、サイプレスのロケーション ページをご覧ください。

製品

車載用	cypress.com/go/automotive
クロック&バッファ	cypress.com/go/clocks
インターフェース	cypress.com/go/interface
照明&電力制御	cypress.com/go/powerpsoc cypress.com/go/plc
メモリ	cypress.com/go/memory
PSoC	cypress.com/go/psoc
タッチ センシング	cypress.com/go/touch
USB コントローラー	cypress.com/go/USB
ワイヤレス／RF	cypress.com/go/wireless

PSoC® ソリューション

psoc.cypress.com/solutions

PSoC 1 | PSoC 3 | PSoC 4 | PSoC 5LP

サイプレス開発者コミュニティ

コミュニティ | フォーラム | ブログ | ビデオ | トレーニング

テクニカル サポート

cypress.com/go/support

© Cypress Semiconductor Corporation, 2014-2015. 本文書に記載される情報は予告なく変更される場合があります。Cypress Semiconductor Corporation (サイプレス セミコンダクタ社) は、サイプレス製品に組み込まれた回路以外のいかなる回路を使用することに対して一切の責任を負いません。サイプレス セミコンダクタ社は、特許またはその他の権利に基づくライセンスを譲渡することも、または含意することもありません。サイプレス製品は、サイプレスとの書面による合意に基づくものでない限り、医療、生命維持、救命、重要な管理、または安全の用途のために使用することを保証するものではなく、また使用することを意図したものでもありません。さらにサイプレスは、誤動作や故障によって使用者に重大な傷害をもたらすことが合理的に予想される生命維持システムの重要なコンポーネントとしてサイプレス製品を使用することを許可していません。生命維持システムの用途にサイプレス製品を供することは、製造者がそのような使用におけるあらゆるリスクを負うことを意味し、その結果サイプレスはあらゆる責任を免除されることを意味します。

全てのソース コード (ソフトウェアおよび／またはファームウェア) はサイプレス セミコンダクタ社 (以下「サイプレス」) が所有し、全世界の特許権保護 (米国およびその他の国)、米国の著作権法ならびに国際協定の条項により保護され、かつそれらに従います。サイプレスが本書面によりライセンシーに付与するライセンスは、個人的、非独占的かつ譲渡不能のライセンスであり、適用される契約で指定されたサイプレスの集積回路と併用されるライセンシーの製品のみをサポートするカスタム ソフトウェアおよび／またはカスタム ファームウェアを作成する目的に限って、サイプレスのソース コードの派生著作物をコピー、使用、変更そして作成するためのライセンス、ならびにサイプレスのソース コードおよび派生著作物をコンパイルするためのライセンスです。上記で指定された場合を除き、サイプレスの書面による明示的な許可なくして本ソース コードを複製、変更、変換、コンパイル、または表示することはすべて禁止します。

免責条項 : サイプレスは、明示的または黙示的を問わず、本資料に関するいかなる種類の保証も行いません。これには、商品性または特定目的への適合性の黙示的な保証が含まれますが、これに限定されません。サイプレスは、本文書に記載される資料に対して今後予告なく変更を加える権利を留保します。サイプレスは、本文書に記載されるいかなる製品または回路を適用または使用したことによって生ずるいかなる責任も負いません。サイプレスは、誤動作や故障によって使用者に重大な傷害をもたらすことが合理的に予想される生命維持システムの重要なコンポーネントとしてサイプレス製品を使用することを許可していません。生命維持システムの用途にサイプレス製品を供することは、製造者がそのような使用におけるあらゆるリスクを負うことを意味し、その結果サイプレスはあらゆる責任を免除されることを意味します。

ソフトウェアの使用は、適用されるサイプレス ソフトウェア ライセンス契約によって制限され、かつ制約される場合があります。

本書で言及するすべての製品名および会社名は、それぞれの所有者の商標である場合があります。