

# IoT向けSoCにおける埋込みMTP NVMの優位性

シノプシス NVM製品ライン担当マネージャ Angela Raucher

## はじめに

IoT (Internet of Things) 向けシステム・オン・チップ (SoC) の設計において、データ保存用のメモリー選定は容易ではありません。主要なSoC機能に対してどれだけのメモリー容量が必要か、メモリーはオンチップとするか外付けとするか、データ書き込みは1回か複数回か、複数回の場合の頻度は高いか低いかといった点をプロジェクトの初期段階で決定する必要があります。すべての条件を満たしたメモリーがなかなか見つからないこともあります。本稿では、IoT向けSoCにおける埋込みMTP NVM (マルチタイム・プログラマブル不揮発性メモリー) の優位性について、埋込みフラッシュ・メモリーと比較してご説明します。MTP NVMはマスクの追加が不要なためプロセス工程の増加に伴う多大なコストが発生せず、小容量の書き換え可能メモリーをSoCに埋め込むことができます。

## IoT向けSoC特有の要件

成長著しいIoT市場では、「モノ」(インターネットに接続される機器) に特有の要件があり、IoT向けSoCの開発はこれらの要件によって大きな影響を受けます。こうした要件として挙げられるのは、以下の4つです。

- **消費電力 (ダイナミック・パワーとスタティック・パワー)** : IoT機器は多くがバッテリーで動作します。再生可能エネルギーを利用するものもあります。いずれにしても、これらの機器にとってインターネット接続は補助的な機能であるため、SoCに許容される消費電力には大きな制約が課せられます
- **セキュリティ (ハッキングからの保護)** : インターネットに接続する以上、第三者にシステムを乗っ取られる危険性が常に存在します。このことは、特にパーソナル / ホーム・エレクトロニクス製品では大きな問題となります
- **ユーザーによる設定 / パーソナライズ** : 1人または複数ユーザーのプロファイルを登録するなど、多くのIoT機器の動作には何らかのパーソナライズが必要です
- **システム・コスト** : ポリウム市場をターゲットとするには、機器の導入コストを抑える必要があります。このため、ICにも低コスト化が要求されます

SoC設計にどのような種類のメモリーを採用するかは、これらの要件を考慮しながら決定します。以下、各要件の詳細に触れながら、これらの要件がメモリー選びにどう関係するかについて説明します。

## 消費電力

ウェアラブル機器やドアロックなどIoTアプリケーション向けSoCでは、バッテリー動作時間が重要な設計指標となります。システム全体でダイナミック・パワーとスタティック・パワーの両方を最小化するには、機器を構成するすべての部品の電力効率を最大限に高める必要があります。

書き換え可能メモリーが必要な場合、まず選択肢に挙がるのが埋込みフラッシュです。しかし埋込みフラッシュはプロセス工程の増加によるコストと時間の問題に加え、消費電力も大きいという難点があります。一般的な埋込みフラッシュは書き込みサイクルの消費電流が3 ~ 7mAで、読み出しアク

セスには500 ~ 1000uA/MHzが必要です。このため、システム全体の消費電力に占める割合が大きくなります。

複数回の書き換えが必要な場合でも、メモリー容量がそれほど大きくなければ、マスクの追加が不要なMTP NVMという選択肢もあります。特にメモリー・アクセスが頻繁に発生するシステムでは、MTP NVMを使用すると消費電力を大幅に削減できます。容量の小さいデータを何度も書き換えるようなIoT向けSoCの場合は、低消費電力のメモリー・ソリューションとしてMTP NVMを検討するとよいでしょう。MTP NVMは単独でも使用できますが、メモリーの一部のみを頻繁に読み出し / 書き込みする場合は埋込みフラッシュと組み合わせて使うこともできます。

表1に示すように、小容量のデータに対する書き込み / 除去の場合、MTP NVMの消費電流は埋込みフラッシュの約1/50です。読み出し電流の場合も約1/10で済みます。ファウラー・ノルドハイム (FN) トンネリングを使用するMTP NVMは、ホットキャリア注入を使用する埋込みフラッシュに比べ、原理上高い電力効率を得られます。シノプシスのDesignWare MTP NVM IPはコア電源のみで動作し、IPによっては0.9Vでの動作も可能なため、消費電力を大きく削減できます。

	埋込みフラッシュ	MTP NVM
書き込み電流	3 ~ 7mA	0.035 ~ 0.1mA
読み出し電流	500 ~ 1,000uA/MHz	50 ~ 150uA/MHz

表1. フラッシュとMTP NVMの代表的な消費電流の比較

## セキュリティ

パーソナル / ホーム・エレクトロニクス製品や遠隔地に設置された産業用機器が続々とインターネットに接続されるようになり、IoT機器が生活に不可欠になってくると、ハッカーによって機器を乗っ取られることが大きな問題となります。

このため、IoT向けSoCの開発ではデジタル署名によって機器上で動作するソフトウェアを認証したり、暗号化によってユーザー・データを保護するなどのセキュリティ機能への取り組みが強化されています。暗号キーをソフトウェアに格納した場合、ソフトウェアのバグを利用してハッカーが情報にアクセスできる可能性があります。ハードウェアにキーを格納すればリモート・システムからアクセスできないため、リモート攻撃を防ぐ手段としてよく使われます。もう1つの方法として、キーを専用のメモリー・ブロックに格納してシステム・ソフトウェアから隔離する場合があります。

SoCにセキュリティ・モジュールを追加した場合に利用可能なストレージの選択肢を図1に示します。

シノプシスのDesignWare MTP EEPROM NVM IPは、高い書き込み耐性が得られるように最適化されており、セキュリティ・データを頻繁に書き換えるようなアプリケーションに適しています。表2に、代表的なIoTアプリケーションとそれぞれで必要とされる書き込み耐性を示します。埋込みフラッシュ・メモリーの書き込み耐性は10K ~ 20Kサイクルですが、MTP NVMはプロセス技術によっては最大1Mサイクルまでサポートされます。

## セキュリティ・モジュール内蔵SoC

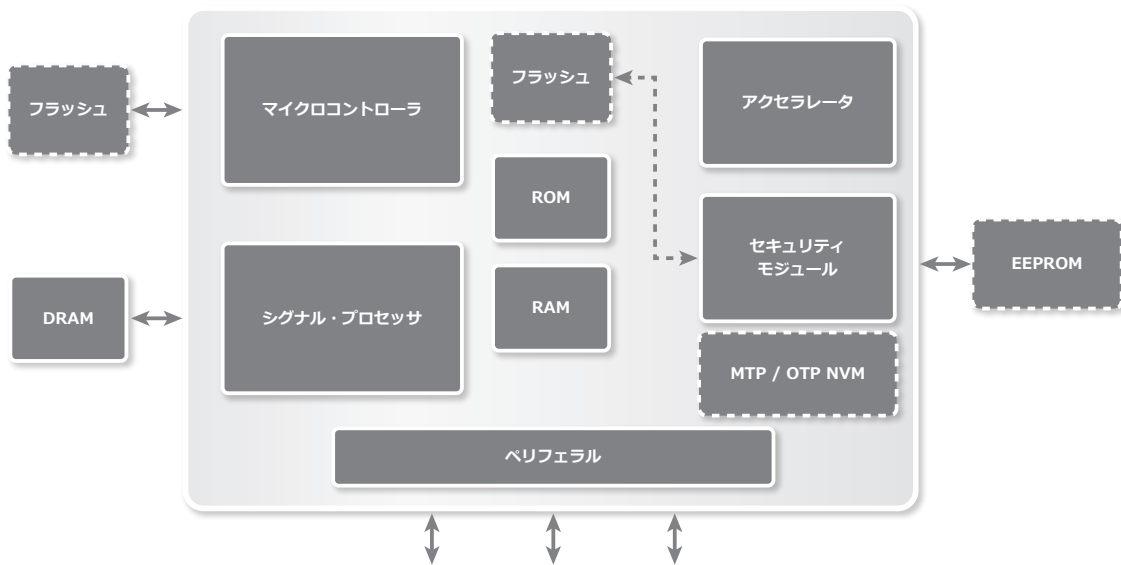


図1. ストレージの選択肢。フラッシュ（埋込み / 外付け）、外付けEEPROM、埋込みMTP / OTP NVM

不正侵入を完全に防ぐシステムは実存しないため、攻撃に対する脆弱性を極小化するためにセキュリティ / 暗号鍵の格納に使用するNVMテクノロジーを正しく選択することが不可欠となります。

IoTアプリケーション	動作温度	書き込み頻度	機器の寿命	必要とされる書き込み耐性
サーモスタット	-40 ~ 85°C	1年に10回	10年	100サイクル
監視カメラ	-40 ~ 125°C	1時間に1回	10年	87,600サイクル
NFCコントローラ	-40 ~ 85°C	1時間に1回	7年	61,320サイクル
キーフォブ (RFIDタグ)	0 ~ 70°C	60秒に1回	3年	1,576,800サイクル

表2. 代表的なIoTアプリケーションで必要とされる書き込みサイクル数の推定値

## ユーザーによる設定 / パーソナライズ

ウェアラブルIoTアプリケーションの動作には、ユーザー・プロファイルを保持しておくことが欠かせません。電源をオフにしてもこのデータを保持できるように、通常は小容量のNVMが使われます。通常、これらの機器は基板面積に余裕がないため、ユーザー・プロファイル情報はオンチップ・メモリーに格納されます。

ユーザー・プロファイルは更新されることがあるほか、IoT機器自体が別のユーザーの手に渡ることもあるため、書き換え可能なメモリーであることが条件として求められます。そこでフラッシュ・メモリーとMTP NVMが選択肢に挙がります。最終的にどちらを選ぶかは、通常、消費電力やコストなどその他の条件を考慮して決定します。

## システム・コスト

ボリューム市場をターゲットしたIoTエンドポイントは、低価格化が期待さ

れるため、システム・コストは重要なポイントです。外付けNVMのようにシステムにチップを追加するという方法ではシステム・コストと基板面積が増大します。

フラッシュをSoCに埋め込むと、ダイのコストは約25%増加します。ただし必要なメモリー容量が小さければ埋込みフラッシュは不要で、標準のCMOSまたはBCDプロセスを使用したOTP (ワンタイム・プログラマブル) またはMTP NVMを検討した方が得策です。シノプシスのMTP NVM IPはコア電源のみで動作するため、オンチップまたはオフチップの電圧レギュレータが不要で、その分の面積とコストを削減できます。

以上、IoT市場特有のSoCに対する要件を見てきました。低消費電力で高いセキュリティを備えた小容量の書き換え可能メモリーが必要なアプリケーションでは、MTP NVM IPが理想的な選択肢となります。

## まとめ

IoT向けSoCに採用するメモリーの選定は容易ではありません。主要なSoC機能に対してどれだけのメモリー容量が必要か、メモリーはオンチップとするか外付けとするか、データ書き込みは1回か複数回か、複数回の場合の頻度は高いか低いといった点を決定する必要があります。この決定によって、低消費電力で高いセキュリティを備えたIoTアプリケーション向けSoCに最適なメモリーが決まってきます。書き換え可能なNVM IPの開発を10年以上手がけてきたシノプシスは、特定の市場ニーズに向けたIPの開発に注力しています。シノプシスはRFIDタグや無線センサーなど、セキュアなデータ・ストレージと低消費電力が要求されるデバイス向けにNVM IPを開発してきた長い歴史があります。さまざまなアプリケーション・ニーズに向けたシノプシスの高品質かつ高信頼性のNVM IPは、IoT向けSoCにも安心して採用していただけます。

## 詳細情報

• ウェブページ : DesignWare NVM IP <http://www.synopsys.com/JP2/IP/SRAMANDLIBRARIES/NVM>