

超低消費電力 16ビットオールフラッシュマイコン 78K0R/Kx3-Lの開発

大場 浩司・河合 一慶・松下 留美
石原 国泰・江藤 公治

要 旨

オールフラッシュマイコンは、お客様のシステム競争力向上のため、すべての製品をフラッシュマイコンでそろえた製品群です。近年の省エネに対する意識の高まりと、それに伴うお客様のマイコンに対する低消費電力の要求に応えるため、業界最高レベルの低消費電力性能を目指した、16ビットオールフラッシュマイコン78K0R/Kx3-Lの開発を行いました。本製品は特に電池駆動の機器に最適な、1MHz動作、スタンバイ時の消費電力を大幅に削減することを目指し、製品仕様や回路に工夫を行っています。本製品を使うことにより、お客様の製品の電池寿命改善に大きく寄与することができます。更に、ソフトウェアの書き換えが可能であるため、急な需要変動や仕様変更にも柔軟に対応することができます。効率よく量産を行うことができます。

キーワード

●マイクロコンピュータ ●16ビットマイコン ●フラッシュマイコン ●低消費電力
●組み込み機器 ●電池駆動 ●産業 ●業務 ●ICT

1. はじめに

2008年の洞爺湖サミット以来、世界的に環境問題に対する意識が高まっています。

エアコンやデジタルAV機器などで、消費電力や待機電力の規制が求められる一方、セキュリティ機器や携帯機器など、身の回りの電子機器は、ますます拡大しています。これにより、限られたエネルギーを有効に使うため、システムレベルでの省エネや環境への取り組みが重要となってきました。

弊社では、このようなお客様の要望に応えるため、すべてのマイコン製品を、フラッシュマイコン（フラッシュメモリを内蔵したマイコン）でそろえるオールフラッシュマイコンを展開しています。

オールフラッシュマイコンは、8～32ビットマイコンで業界トップレベルの低消費電力を実現した製品を提供しており、お客様のシステムの高性能化、低消費電力化に貢献します。

更に、ソフトウェアの書き換えが可能であるため、急な需要変動や仕様変更にも柔軟に対応することができ、在庫リスクなど量産上での損失を最小限に抑えることが可能です。

今回で紹介する16ビットオールフラッシュマイコン78K0R/Kx3-Lは、8ビットマイコンに匹敵する低消費電力化に加え、16ビットマイコンとしても業界トップクラスのCPU性能を実現した製品です。

2. 78K0R/Kx3-Lの製品概要

78K0R/Kx3-Lは、従来製品の78K0R/Kx3との機能互換性を確保しながら、44～100ピンのパッケージ、16～128KBのROM容量の製品に様々な機能を搭載しています（表）。業界トップレベルの低消費電力を実現し、3種類の内蔵発振器を搭載、センサ信号の取り込みに必要な各種回路の内蔵、1.8Vでのフラッシュメモリ書き込みといった特長を持ち、携帯機器やセキュリティ機器などの小型化、電池寿命の向上に貢献します。

3. 78K0R/Kx3-Lの開発コンセプト

電池駆動の小型システムの中でも、定期的に状態監視を行うセンサなどへの応用では、電池寿命の観点からスタンバイ

表 78K0R/Kx3-L基本仕様

機能	78K0R/Kx3-L
ピン数	44~100ピン
内蔵メモリ	フラッシュメモリ:16~128KB、RAM:1~8KB
メインクロック	外部発振器:2~20MHzまたは内蔵発振器:1/8/20MHz
サブクロック	外部発振器:32.768kHz
タイマ	16ビット・タイマ、ウォッチドッグ・タイマ、リアルタイムカウンタ
シリアルI/F	CSI, UART(LIN対応), IIC
A/Dコンバータ	10ビット分解能、10~16ch
その他機能	乗除算器、パワーオンクリア、低電圧検出、プログラマブルゲインアンプ、コンパレータ

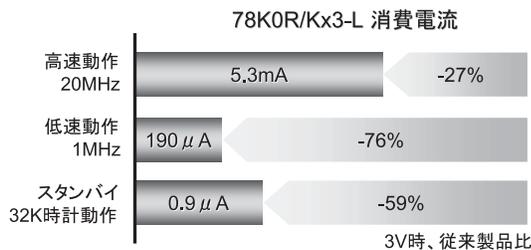


図1 業界最小レベルの低消費電力を実現

モードと通常動作モードを交互に繰り返す間欠動作が主流です。このため、この2つのモードで消費電力を下げることで電池寿命の向上につながります。また、この場合のセンサの変化は非常に低速であるため、通常動作モードの処理性能を高くする必要はありません。

78K0R/Kx3-Lはこの点に着目し、「1MHz動作における超低消費電力化」、「スタンバイにおける超低消費電力化」を実現し、業界トップレベルの低消費電力を目標に開発を行いました。その結果、78K0R/Kx3-Lの消費電流は、1MHz動作で190µA@3V、スタンバイモード時で0.9µA以下という業界トップレベルの超低消費電力を実現しました（図1）。

4. 1MHz動作における超低消費電力化

4.1 1MHz動作モードの新システム構成

1MHz動作モードにおける超低消費電力の実現手段について、以下に説明します。

(1) 1MHz内蔵発振器を搭載

従来製品は、システムクロックとして8MHz内蔵発振器を搭載しています。78K0R/Kx3-Lでは、この発振器よりも自己

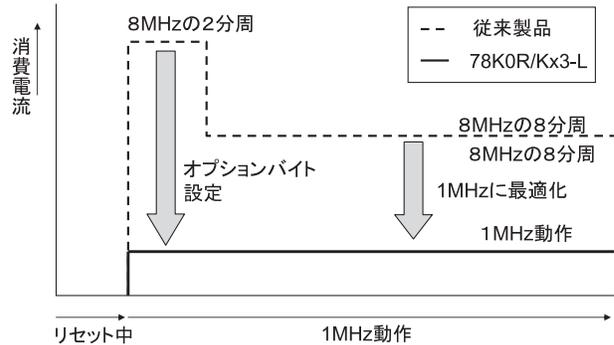


図2 リセット解除後から1MHz動作可能

消費電流を約20%以下に抑えた1MHz内蔵発振器を新たに搭載しました。更に、リセット解除後に重要なシステム設定をハードウェアで自動的に行う機能（オプションバイト）により内蔵発振器を選択できる仕組みを設けました。これにより、システムに応じて最適な発振回路を選択できるだけでなく、従来製品ではリセット解除後、8MHzの2分周に固定となっていたものが、リセット解除後から1MHz内蔵発振器で動作することが可能となり、初期動作から消費電流を低減することができます（図2）。

(2) 内蔵レギュレータによる低電圧動作

従来製品では20MHz動作に最適な低消費電力を実現するために、内蔵レギュレータにより内部電圧を2.5Vで動作させていましたが、1MHz動作に合わせて、内部電圧を最低動作電圧である1.8Vまで下げる内蔵レギュレータモードを追加しました。これにより、電源電圧3V時において消費電流を大幅に削減することができます。

(3) フラッシュメモリに「低消費電力メインモード」を新設

従来製品のフラッシュメモリは、高速動作に最適化されているため、低速時にはマイコン全体の消費電流の多くをフラッシュメモリが占めていました。本製品では、フラッシュメモリを低消費電力化できる「低消費電力メインモード」を新たに設け、フラッシュメモリの回路を1MHz動作に最適化しました。これにより、フラッシュメモリの自己消費電流を約60%削減しました。

4.2 ローパワーCPUアーキテクチャ

78K0R/Kx3-Lでは、従来製品よりも動作電流を更に低消費

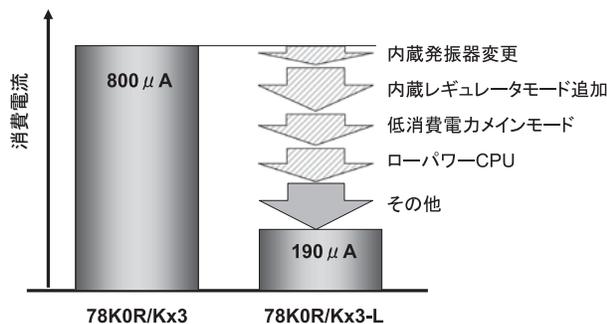


図3 1MHz動作電流削減

電力化したローパワーCPUアーキテクチャを開発しました。1MHz動作時の電流を従来比で35%、20MHz動作時電流についても27%削減を実現し、すべての動作電流において低消費電力を実現しました。

以下に代表的な実現手段について説明します。

(1) CPU演算器を分割

従来製品のCPUは、パイプラインにより1クロックで1命令を実行するため、アドレスとデータの演算器を搭載し、常に動作していました。ローパワーCPUではこれらの演算器を機能ごとに分割し、命令ごとに使用しない演算器を停止することで、演算器全体の電流を約半分まで削減しました。

(2) デコーダ回路の停止

78K0Rの命令セットには、1バイト命令と2バイト命令があります。それぞれ命令デコーダで命令を判別し、演算ユニットなどCPU全体の動作を決定します。

ここで1バイト命令に着目し、1バイト命令をデコードする際は2バイト目の判定は不要であるため、1バイト目を先に判定回路で確認し、2バイト目をデコードする回路を停止することで、デコーダの電流を約25%削減しました。

以上、説明したように、1MHz動作モードの新システム構成、ローパワーCPUアーキテクチャによって、1MHz動作では業界トップレベルとなる190μA@3Vを実現しました(図3)。

5. スタンバイの超低消費電力化

5.1 時計モードの新設

78K0Rは、2099年まで自動的に日時をカウントするカレンダー機能(以下、RTC)を内蔵しており、CPUの起動なしで

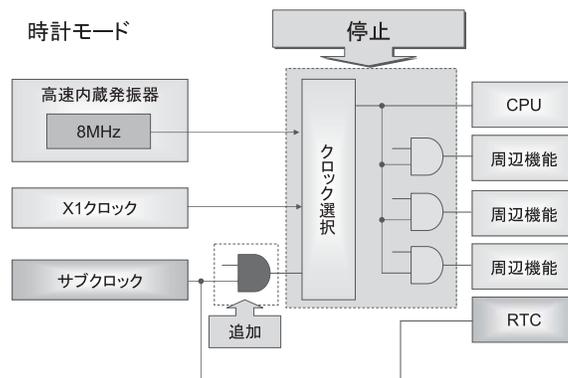


図4 時計モード

時計動作を継続することができます。

78K0R/Kx3-Lは、電池駆動の小型システムのスタンバイモードで重視される時計動作に注目し、スタンバイモード時にRTCのみを動作させることを前提とした「時計モード」を設けました。

従来製品ではCPU及び周辺機能を停止させた状態においても、クロック選択回路と周辺機能にサブクロックが入力されていました。「時計モード」に設定することで、RTCを動作許可にしてスタンバイモードに移行すると、クロック選択回路と周辺機能へのクロック供給回路を停止させ、RTCのみにクロックを供給します(図4)。最低限必要な回路を動作させることで消費電流を削減しました。

5.2 3段階ゲイン切り替えの低消費サブ発振器内蔵

スタンバイモード時に動作するRTCの動作クロックは、サブ発振器から供給されます。このサブ発振器は、従来製品では自己消費電流が多いことが分かっており、本製品では、発振特性を確保しながら自己消費電流をいかに削減するかが、大きな課題の1つでした。

これまで、サブ発振器の回路構成はほとんど変えていませんでしたが、78K0R/Kx3-Lでは、サブ発振器の回路構成を根本から見直しました。更に、サブ発振器のアンプのゲインを切り替え可能としました。これにより、最小ゲイン時には、サブ発振器の自己消費電流を従来製品の半分以下に削減し、RTC動作と合わせて0.6μAを実現しています。

条件(電源電圧3V)		ストップモード電流	
従来製品	全クロック停止	1.1 μ A	
78K0R/Kx3-L	全クロック停止	0.33 μ A	70%削減

図5 ストップモード電流

5.3 レギュレータとPOCの消費電流を低減

従来製品は、レギュレータとパワーオン・クリア回路(以下、POC)を内蔵しており、スタンバイモード時には常に動作しています。これらの回路の最適化を行い、レギュレータとPOCを合わせた消費電流を0.33 μ Aに抑えました。

この電流値は、本製品のストップモード時の電流であり、従来製品に対し70%の削減効果が得られました(図5)。

以上の施策により、時計モード時の消費電流は、従来製品の2.2 μ Aから0.9 μ Aに削減することができました。

6. オールフラッシュマイコンによる生産効率化

従来、お客様の量産では、大量生産に適したマスクROMマイコンが多く使われてきました。お客様のソフトウェアは、マイコン内部に回路として格納され、セットのモデルごとにマイコンを開発・評価・発注していました(図6)。

しかし市場の多様化が進み商品寿命も短くなり、多品種少量生産に向けたオールフラッシュマイコンが注目され始めました。オールフラッシュマイコンは、マスクROMマイコンと違い、ソフトウェアの書き換えが可能のため、対応したソフトウェアを書き込むことにより、受注状況に合わせてモデル

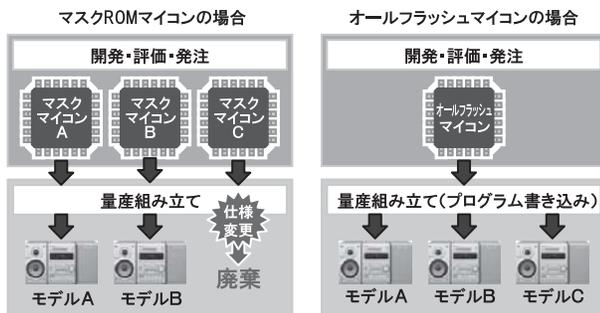


図6 オールフラッシュマイコンによる生産効率化

A、B、Cと振り分けられます。またマスクROMマイコンは、急な仕様変更があると廃棄していましたが、オールフラッシュマイコンであればソフトウェアを書き換えることにより、すぐに量産に取り掛かることができます。

このように、オールフラッシュマイコンは、急な需要変動や仕様変更にも柔軟に対応することができ、在庫リスクや部品廃棄など量産上での損失を最小限に抑えることが可能です。

7. おわりに

このように、78K0R/Kx3-Lでは、1MHz動作電流190 μ A@3V、スタンバイ電流0.9 μ A@3Vという、従来製品を大幅に上回る業界トップレベルの低消費電力を実現することができました。これにより、お客様の機器の電池駆動時間の改善に大きく貢献できます。今後もオールフラッシュマイコンは、更なる低消費電力化、周辺機能の取り込み、豊富な製品展開を図り、お客様のニーズに応じていきます。

*本製品はSilicon Storage Technology, Inc.からライセンスを受けた「SuperFlash[®]」を使用しています。

*SuperFlashは、米国Silicon Storage Technology, Inc.の米国、日本などの国における登録商標です

執筆者プロフィール

大場 浩司
NECエレクトロニクス
マイクロコンピュータ事業本部
汎用マイコンシステム事業部
グループマネージャー

河合一慶
NECエレクトロニクス
マイクロコンピュータ事業本部
第二マイコン事業部

松下 留美
NECマイクロシステム
マイコン開発事業部
主任

石原 国泰
NECマイクロシステム
マイコン開発事業部
主任

江藤 公治
NECマイクロシステム
マイコン開発事業部
主任

●本論文に関する詳細は下記をご覧ください。

関連URL

<http://www.necel.com/micro/index.html>