

# 携帯電話用ベースバンドLSI開発における環境貢献のための省電力最新技術

若菜 政宏・田中 秀夫・中山 貴司  
福島 治・伊藤 義行・宇野 雅幸

## 要 旨

本稿では、携帯電話向けのマルチコアLSI:Medity M2 (FOMA<sup>®</sup> N905iシリーズ以降機種)の開発における環境に配慮したハードウェア/ソフトウェアの省電力最新技術を紹介します。このLSIを使用した携帯電話は、ハードウェアとソフトウェアとのコンビネーションによる省電力技術を駆使し、高い機能を実現しながら、最長クラスの連続通話時間や待受時間を達成しています。更にバッテリーの小型化を可能にし、総CO<sub>2</sub>排出抑制、筐体の薄型化・軽量化を通じて環境負荷を軽減しています。

## キーワード

●携帯電話 ●低消費電力 ●アプリケーション ●W-CDMA ●GSM ●ベースバンド ●ICT

## 1. はじめに

近年、ICT (Information and Communication Technology) を活用することにより、ICT以外の他分野の環境負荷を削減することが期待されており、ICTは環境負荷の低減が可能な技術として認識が広がっています。NECエレクトロニクスは高機能化と低消費電力化を両立する携帯電話向けマルチコアLSI:Medity M2 (以下、「M2」と略す)を開発しました。「M2」は、ハードウェアとソフトウェアとのコンビネーションによる低消費電力技術により、環境負荷に配慮した製品となっています。本稿では、「M2」で採用した低消費電力化技術について紹介します。

## 2. 「M2」開発要件

「M2」は、高性能なアプリケーション処理と通信処理を1チップで実現しています。以下に主要機能・要件を示します。

- ・ 前製品「M1」より高機能・高性能を実現し、なおかつ低消費電力を実現
- ・ W-CDMA/GSMベースバンド処理とアプリケーション処理でDRAM、フラッシュメモリを共用し、チップ実装面積の削減と低消費電力化・低コスト化を実現

- ・ 画像処理向上のためのCPU、DSPの高速・高性能化
- ・ 外部LSI (音源機能)の内蔵
- ・ 汎用メモリ搭載可能なPoP(Package on Package)構造

## 3. ハードウェア構成

「M2」は、前製品である「M1」に対し、機能追加、性能強化するとともに、ベースバンド部としてGSM/GPRS機能、HSDPA機能を内蔵したアーキテクチャとなります。表に「M2」「M1」の概略仕様を、図1に「M2」のブロック図を示します。

「M2」のアーキテクチャの特徴は以下となります。

- ・ バス性能確保のため、AHB、AXIバスを採用、ベースバンド部とアプリケーション部をAXIバスで結合
- ・ ベースバンド部は、ARM11により制御を行うCTOP部とベースバンド信号処理を行うWTOP部で構成
- ・ GSM/GPRS、及びHSDPAはベースバンド領域に内蔵し、ベースバンド部で制御
- ・ アプリケーション部は、待ち受け時も動作するL0領域と通常時に動作するL1領域に分割
- ・ アプリケーション部のCPUとDSPコアは、リーク電力をカットする電源スイッチを採用し、オン/オフを制御

表 「M2」「M1」の概略仕様

項目	M2	M1
製品名	μ PD77620	MC-10038F1
搭載機能	アプリケーション/W-CDMA機能 HSDPA(3.6Mbps)機能内蔵 (外付けLSIで7.2Mbps可能) HSUPAコプロセッサIF内蔵 音源機能、GSM/GPRS機能内蔵	アプリケーション/W-CDMA機能 GSM/GPRS IF機能内蔵
回路規模	Logic: 15M gate, ROM: 1.6Mbit SRAM: 12Mbit (1p), 0.5Mbit (2p)	Logic: 7M gate SRAM: 8Mbit (1port), ROM: 0.5Mbit
動作周波数	アプリ部: ARM1176、DSP(500MHz動作) DBB部: ARM1156、DSP(250MHz動作) DDR I/F: 166MHz	アプリ部: ARM926、DSP(250MHz動作) DBB部: ARM926(123MHz) DDR I/F: 125MHz
プロセス	65nmプロセス Tr: LowVt/MiddleVt/HighVt混在	90nmプロセス Tr: LowVt/MiddleVt/HighVt混在
電源電圧	内部 1.2V±0.1V、 I/O部 3.0V±0.3V、1.8V±0.1V	内部 1.2V±0.1V、 I/O部 3.0V±0.3V、1.8V±0.1V
パッケージ	FCBGA (PoP) 14mm□、529pin	0.5 mmピッチFPBGA、14 mm□、529pin
その他	新技術採用 (LongRun2、電源SW) メモリアダプタダンサー適用 リダンビタ適用	メモリアダプタダンサー適用

その「M1」と同じ低電力を維持することが求められました。

一般に消費電力は、動作電力（回路の動作による電力消費）とリーク電力（何も動作しないときに流れる漏れ電流による電力）に分類されます。携帯電話用LSIの場合、動作電力を小さくすれば通話時間が延び、リーク電力を小さくすれば待受時間（着信待ち状態の待機時間）が延びます。

「M2」は、表に示したように前製品である「M1」に対し、機能追加と性能向上を行ったため、回路規模は約2倍となり、同等のパッケージサイズ（チップサイズ）に収めるためには半導体プロセスを一代進める必要があります。プロセスを一代進めると同一チップサイズに入るゲート規模は約2倍、速度は約1.3倍になりますが、半導体の特性から、動作電力、リーク電力ともに2倍程度増え、携帯電話としての稼働時間が減ってしまいます。リーク電力と動作電力を半減させて「M1」と同等にすることが、「M2」の設計目標となります。

#### 4.1 動作電力の削減

「M2」は、通話時間を延ばすための動作電力削減技術として、自動クロック制御技術を採用しています。動作電力は信号の動作率（周波数）に比例するため、必要最低限の動作で済むようクロックを停止させる方法(clock gating)や、必要に応じて周波数を下げる方法(dynamic frequency control)が一般に使用されています。クロック停止や周波数制御はソフトウェアの指定で行うことが一般的ですが、最適化を人手で行う必要があり、常に最小の電力に保つようなソフトウェアを実現することは困難です。「M2」は、この制御をハードウェアによる自動制御で解決しています（図2）。低負荷状態を検出して

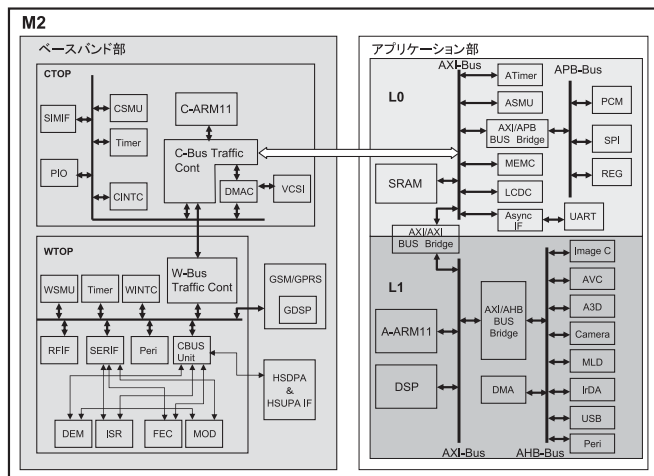


図1 「M2」のハードウェアブロック図

#### 4. 低消費電力化実現への課題と施策

前製品である「M1」を搭載した装置(SIMPULE N1)は、W-CDMA携帯電話では世界最高クラスの稼働時間（連続待受時間が700時間（静止時）、連続通話時間が210分）を誇っており、「M1」はその実現に大きく貢献しました。「M2」では、

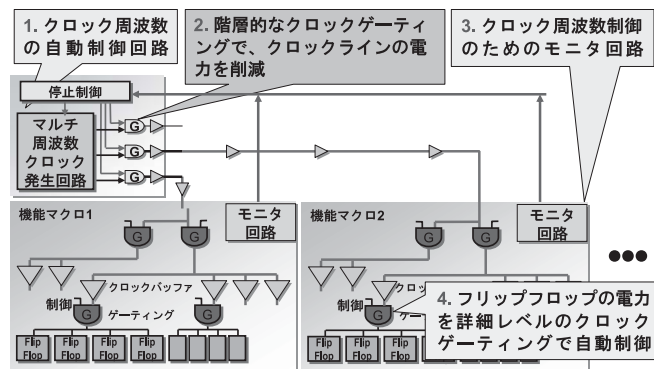


図2 自動クロック制御

自動的にシステムクロック周波数を低下させることにより、ソフトウェアだけでは実現困難な短時間の低電力状態を積み上げることで動作電力低減を実現しました。

#### 4.2 リーク電力の削減

待受時間は、主にリーク電力によって決まります。「M2」は、待受時間を延ばす低消費電力技術として、動作速度によりリーク電力の異なる3種類のトランジスタと待機時のリーク電力をカットする電源スイッチを搭載しました。

3種類のトランジスタは、 $V_t$  (閾値) の異なるものであり、マクロ、もしくは回路の用途によって使い分けることで、高速動作と低リーク電力の両立を実現しています。また、リーク電力の大きい回路に電源スイッチを内蔵し、動作不要な時間は電源オフすることでリーク電流を削減しています。CPUは割り込み待ち期間中に自動的に電源オフとなり、割り込み検出から数マイクロ秒で通常動作に復帰することも可能で、使いやすい省電力機能を実現しています。

#### 4.3 ソフトウェアによる消費電力の削減

次にソフトウェアによる消費電力削減について説明します。

「M2」は、アプリケーション部とベースバンド部の2つのブロックから構成されています(図3)。

アプリケーション部は、主にキー操作、表示、音声再生などのDSPを用いたメディア処理、外部デバイスの制御など

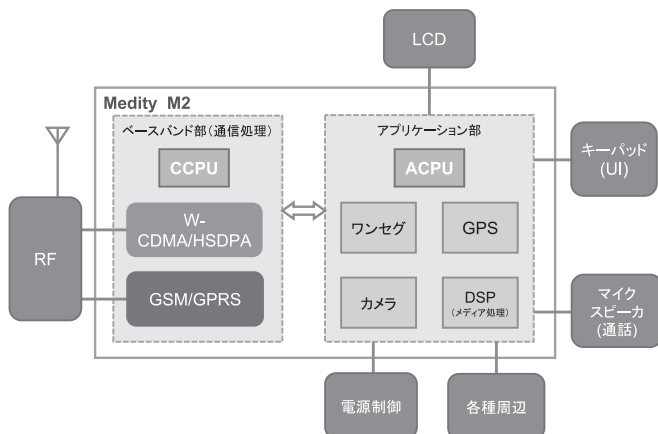


図3 デュアル携帯電話システム「Medity M2」の構成

ユーザインタフェース機能を実現しています。ベースバンド部は、W-CDMA処理部に加え、GSM/GPRS処理部を内蔵し、デュアル携帯電話システムを実現しています。

#### (1) アプリケーションソフトウェア

##### 1) システム利用状況を適用した省電力制御

アプリケーション部は、いわゆる「さくさく感」に代表される軽快な動作速度を要求され、ユーザ操作への反応速度は、商品の市場評価に直結しています。また、ユーザ操作以外にも、アプリケーション部に接続されるデバイスにはUSBなど一定時間内に外部イベントへの反応を行わねばならない機器が接続されています。アプリケーション部はユーザ操作や着信を待機しているだけの時間が長く、待機中に余分な領域の電源を切ることが低消費電力化に大きな効果を発揮します。

「M2」は、消費電力が少ないがイベントへの反応速度を要する状態、あるいは、反応速度が速いが一部電源を切らない状態など、LSIの状態遷移を装置のシステム状態やユーザの操作状況と連携して制御するソフトウェアを実装し、良好な操作感・外部機器接続の安定性と待機時電源断による低消費電力を両立しています。

##### 2) 高速な状態遷移による電源停止頻度の向上

使用していない機能の電源をオフした場合、関連したハードウェアの設定内容などが消えてしまうため、ソフトウェアで設定内容を保持する必要があります。また、電源投入の際にも、ハードウェアの状態復帰や安定化の待機など、ソフトウェアで復帰処理を行う必要があります。

「M2」は、待避・復帰に要するソフトウェア処理時間を、百数十マイクロ秒以下に短縮させることで、ユーザのキー入力のわずかな合間などにも不要な機能を停止できる構成となっています。

##### 3) DSPメディア処理における省電力

音声再生などのDSPを使用したリアルタイムでのメディア処理は、ACPU (Application CPU) との通信や、PCMの転送割り込みなどの様々なイベントに同期してDSPが頻繁に起動と停止を繰り返しながら処理を行います。前述の通り、電源停止にかかわる処理を高速化していますが、メディア処理におけるDSPの頻繁な起動と停止の繰り返しは、わずかではありますが電力を消費する要因となり、求められる長時間動作への障害となります。

「M2」DSP部は、処理単位であるフレームを大きくし、処

理の分割度を下げることによりDSPの起動と停止の回数を減らす設計を採用することで低消費電力効果を高めています。

## (2) 通信ソフトウェア

### 1) ベースバンド部の資源共通化

CCPU (Communication CPU) に搭載されている通信ソフトウェアは、ベースバンド部の制御を行い、携帯電話基地局との同期確立、チャンネルエンコード・デコード、通信状態の確立 (プロトコル制御) を実現しています。

「M2」は、チップ実装面積削減、消費電力削減のため、「M1」では外部インタフェースで実現していたGSM通信方式を内蔵化するに当たり、W-CDMAベースバンド部とPLL/DAC回路 (Digital to Analog Converter) などハードウェアの共通化を行っています。また、PLL回路共通化は、W-CDMAとGSMベースバンド処理部が同一の基準クロックで動作するようにソフトウェアで差分吸収制御を行い、DAC回路共通化は、ソフトウェアによる資源排他制御を行うことで実現しています。

### 2) ベースバンド部の省電力制御の一元管理化

携帯電話は、待ち受け中に着信通知の受信や通信品質測定を数ミリ秒で処理しますが、通信・測定を行わない期間は待ち受けとなります。この通信が不要な期間において、ベースバンド処理部の動作に必要な高速クロックを停止し、低速クロックで基地局とタイミングを維持する間欠受信動作を行います。

「M2」は、W-CDMAとGSM部の省電力制御の一元管理化を行っています。この一元管理により、着信通知の受信処理など待ち受け中に必要な処理を最小化することが可能となり、ハードウェアによるリーク電力削減を最大限に活かしています。

## 5. 「M2」成果

「M2」は、アプリケーションとベースバンドを統合した大規模回路にもかかわらず、チップサイズ $8.52 \times 8.52 \text{mm}^2$ に集積することができました。この「M2」を用い、前製品である「M1」と同等の世界最高水準の待受時間、通話時間を実現することができます。

また、低電力技術を適用した効果として音楽再生の評価結果を図4に示します。この結果では電力は1/5に低減していま

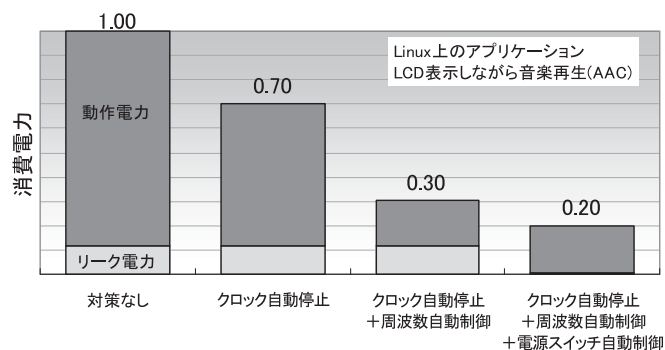


図4 自動クロック制御と電源スイッチの効果

す。このように、低消費電力化技術を駆使することにより、「M2」の電力消費を「M1」と同等に抑えることに成功しました。

## 6. まとめ

以上で述べたように、「M2」はハードウェアとソフトウェアとのコンビネーションによる省電力技術を駆使し、高い機能を実現しながら、最長クラスの連続通話時間・待受時間を達成し、バッテリーの小型化も可能にしました。これにより端末の全利用者による総CO<sub>2</sub>排出抑制、筐体の薄型化・軽量化を通じて環境負荷を軽減しています。最後に、本ソリューションの開発に当たり、開発関係者の方々にご協力いただきましたことを心より感謝いたします。

\*FOMAは、株式会社NTTドコモの登録商標です。

\*ARM926, ARM1156, ARM1176, AXI, AHBは、ARM Limitedの商標です。

## 執筆者プロフィール

若菜 政宏  
NECエレクトロニクス  
第二SoC事業本部  
SoCソフトウェア事業部

中山 貴司  
NECエレクトロニクス  
第二SoC事業本部  
マルチメディアLSI事業部

伊藤 義行  
NECエレクトロニクス  
第二SoC事業本部  
SoCソフトウェア事業部

田中 秀夫  
NECエレクトロニクス  
第二SoC事業本部  
マルチメディアLSI事業部

福島 治  
NECエレクトロニクス  
第二SoC事業本部  
SoCソフトウェア事業部

守野 雅幸  
NECエレクトロニクス  
第二SoC事業本部  
SoCソフトウェア事業部