

マイコンの消費エネルギー計測の標準化



大塚 聡

マイコンの消費エネルギー計測にベンチマークを応用した例，マルチコア・ベンチマークの概要，およびシステム・ベンチマークの動向を紹介する。
(編集部)

本誌2007年2月号に、EEMBC (EDN Embedded Micro processor Benchmark Consortium) の概要と EEMBC ベンチマークの応用事例などを紹介しました。EEMBC は組み込み用途に用いられるプロセッサの性能評価法を用途別に標準化している業界団体です。この団体は、世界のプロセッサ・ベンダ、コンパイラ・ベンダ、プロセッサ・コア・ベンダ、システム OEM などの会員で構成されます。

今回は、マイコンの消費エネルギー計測にベンチマークを応用した例，マルチコア・ベンチマークの概要，およびシステム・ベンチマークの動向について解説します。

1. 消費エネルギー計測の標準化の不在

マイコンは誕生して四半世紀が経ちますが、データ・シートを見ても電力、エネルギー関連の情報としては平均電流とか最大電流といった大雑把なデータしか存在しません。例えば現状では携帯電話メーカーは、実機で実際に最終製品に組み込まれる予定のプログラムを実行させて電池寿命を測定せざるを得ません。また、プロセッサの設計者は、現状では平均電流や最大電流の観点でしか、回路のエネルギー効率を判断できません。与えられた処理を最適なエネルギー効率で実現する回路を決めるための基準が存在しなかったのです。

マイコンの消費電流は動作条件、つまり、動作時の負荷容量とか測定時にマイコンが実行するプログラムの内容などによって大きく左右されます。ところが、マイコン・ベンダは各社ばらばらの条件を使ってこの測定を行っています。ベンダ間で消費電流の比較が実際には難しく、システム設計者は大雑把な比較しかできていないのが現状です。

低消費電力化が叫ばれる中、正確な消費電力の比較ができないのは問題です。また、電池寿命を判断するには、単位時間当たりのエネルギー消費量ではなく、プログラムの実行によるトータルで消費したエネルギー量を比較の方が正確であり、実際に即しています。つまり、消費電力より消費電力量(エネルギー)の方が重要な要素になります。従来は共通のプログラムが存在しなかったため、消費エネルギーの測定法は標準化できませんでした。

2. 消費エネルギー測定法の標準化

2005年～2006年にかけて、EEMBCの会員の間ではマイコンの消費エネルギーの測定法の標準化を目指そうという動きが活発になりました。実際その間に標準化も行われてきました。

エネルギー測定法については、

- ①高価でない一般的に購入可能な部品を用いること
 - ②高価でない一般的に購入可能な開発ツールを用いること
 - ③EEMBCの規定に準じてデバイス固有の情報を開示する義務を負うこと
- という3点が前提条件になりました。

Keyword

EEMBC, 消費エネルギー計測, 磁界プローブ, バッテリー駆動型のポータブル機器, 電力利用効率, エネルギー測定法, LabVIEW, DAQ, ナイキストの定理, RMS, 実効値

磁界プローブは、高精度な測定結果が得られ、それ自体非干渉型の測定が可能です。測定機材が高価になるため、残念ながら標準化されるに至りませんでした。エネルギーの利用効率は、プロセッサの消費エネルギーを上げずに性能を高めるための重要なポイントの一つです。エネルギーの利用効率が高まると、バッテリー駆動型のポータブル機器の動作時間が伸びます。逆に同じ動作時間を実現するために必要なバッテリー容量は少なくて済みます。

また、きょう体内内部におけるバッテリー用のスペースも、より小さくて済む場合が出てきます。バッテリー用スペースが小さくてすめば、きょう体も小型化できます。また放熱設計もより楽になりますし、コストダウンにもつながります。

AC駆動型の機器では電源容量の低減によって、電源部の小型化、強制空冷の軽減、EMI対策、ノイズ対策、電力コストの軽減が予想されます。

今までは性能と価格で勝負していたところが、今後は電力利用効率の良しあしが、半導体部品や機器の成否に少なからず影響を及ぼすでしょう。

3. 半導体メーカから公開されるデータ

従来半導体メーカは、最大消費電力(電流)と平均消費電力(電流)という2種類のデータを、システム設計者に提供してきました。システム設計者は最大消費電力値を用いて機器の設計を行います。

平均消費電力は、バッテリーの寿命、運用コスト、放熱設計などで予測値として用いられてきました。しかし、平均消費電力は、メーカ独自の判断で決めたある特定の条件下での消費電力であり、機器の実際のアプリケーションが実行されたときに消費される電力を代表するものではありません。

表1 メモリ・アクセスの場合のキャッシュとSDRAMのエネルギー消費量の違い(Blackfin プロセッサ: BF533 コアのみ)

米国 Northeastern University コンピュータ・アーキテクチャ研究室と米国 Analog Devices 社の協力による。

r3=[i1]				
	サイクル数	電流値 (mA)	電力/サイクル (mW)	エネルギー量 (nJ)
L1 キャッシュ	1	98.8	118.6	0.44
SDRAM	7	80.4	96.5	2.5

4. 消費エネルギー測定法標準化の問題点

標準化したエネルギー測定法は、複数のプロセッサ間で、平等でかつ比較可能なスコア測定条件を実現しなければなりません。

- CPU コアのみを測定すればよいのか
- キャッシュまで含めるべきか
- さらにペリフェラルまで含めるべきか
- どのベンチマーク・ソフトウェアを用いるべきか
- 使用する測定機材はどうするのか
- 電源立ち上げ後どれくらい時間が経過したところで測定を開始すればよいのか

消費エネルギー測定結果はさまざまな環境要因により変化するので、適切な測定法の確立が重要です。

例えばメモリ・アクセスにおいて、キャッシュにヒットした場合とヒットしなかった場合に、どのくらい消費エネルギーに差が出るのかを米国 Analog Devices 社の Blackfin プロセッサ BF533 を例に示します(表1)。

ここでは $r3 = [i1]$ という命令 ($i1$ で参照されたメモリ・ロケーションの内容を読み出して $r3$ にストアする) を繰り返し実行した場合を示します。L1 キャッシュにヒットした場合とミス・ヒットして外部メモリである SDRAM にアクセスした場合とを比べると、消費エネルギー量は約6倍 ($2.5\text{nJ}/0.44\text{nJ}$) 異なります。

今度は、同じ Blackfin プロセッサで $\text{Loop: } r7 = r3 + r4$ という命令 ($r3$ の内容と $r4$ の内容を加算して $r7$ にストアする) を繰り返し実行する場合を調べました。コールド・スタートの状態から電源立ち上げ後の経過時間による消費電流の変化は表2のようになりました。

実験の詳細を示します。まずコールド・スタートをしてから Loop 命令の繰り返し実行を開始し、電流の経時変化を記録します。20分経過したところで一度プログラムの実行を止めて、20分間待ちます(アイドル状態)。そして、止めたところから再び Loop 命令の実行を開始して、電流の経時変化を記録します。コールド・スタートでの電源立ち上げ後、命令の実行を開始したとき、30分くらい待たないと電流値は安定しないことが分かります。