

組み込み用途マイクロプロセッサのアーキテクチャ設計の一考察

2G-4

宮地信哉 鈴木正人 神山祐史
松下電器産業株式会社 情報システム研究所

1 はじめに

近年、システム機器の差別化を図るために、高性能小型マイコンが求められている。マイコン性能は単位時間あたりに実行する命令数(命令消費速度)で決定されるが、その値は単位時間あたりにフェッチする命令数(命令供給速度)以上にはできない。従ってマイコン高性能化方式の検討には両者のバランス評価が不可欠である。

本稿では、可変長命令アーキテクチャの場合、平均的には命令供給速度が命令消費速度以上の時でも、局所的な命令供給不足状態の解消が局所的な命令供給過剰状態の利用とともに効果的であることを報告する。例として、我々が開発した高性能小型16ビットマイクロプロセッサMN10200^{[1][2]}に対する効果を定量的に評価した。

2 アプローチ

平均的には命令供給速度が命令消費速度を上回るシステムにおいても、

- (1) 可変長命令方式の場合には、命令供給がアライメントに依存する。
- (2) 平均消費速度以上の命令を消費する場合がある。

等の理由により、局所的に命令供給不足が発生しシステム性能を劣化させることがある。

逆に、局所的な命令供給不足が発生するシステムでも別の局所では命令供給過剰が発生しており、更なる命令消費を実現することによって性能を向上できる。

以上の点から、平均命令供給速度を上げずに、局所的な命令供給不足の解消や命令供給過剰の有効利用による性能向上の効果の検討を行なった。

3 MN10200の命令供給・消費機構

MN10200は、図1に示すように、IF(命令フェッチ)、DEC(命令解読)、EX(命令実行)の3段パイプライン構造を持つ。現行機種はIFの後

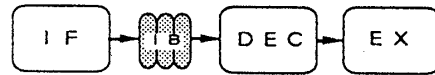


図1 パイプライン構造

段に3段(1段=1バイト)の命令バッファ(IB)が実装されている。

また、命令は1バイトを基本語長として構成され、オペレーション部は8ビットデコーダによってデコードされる。また拡張部(アドレス変位置、即値等)は8ビットの場合、先行するオペレーション部と共に1クロックで、16ビットの場合、別々に計2クロックで処理される。

4 評価モデル

4.1 命令供給側

局所的な命令不足は、主に命令消費速度のばらつきによって発生する。

そこで、局所的な命令消費速度のばらつき解消に効果を発揮する命令バッファ(IB)に着目し、IB段数の増加がどれだけ局所的な命令供給不足の解消に効果があるかを検討する。

4.2 命令消費側(命令高速実行機構)

局所的な命令供給過剰を利用する命令消費増加の効果を検討する。

現行MN10200の命令実行機構を基準モデルとして、平均命令供給速度(2バイト/クロック)以上の命令消費を行なうハードウェアを付加した2つのモデルを検討する。

MN10200の命令フォーマットとそれぞれのモデルの実行クロック数との関係を図2に示す。

図2の網かけの部分は、それぞれのモデルにおいて基準モデルから高速化された命令である。

命令フォーマット / 実行クロック数	基準モデル (クロック)	モデル1 (クロック)	モデル2 (クロック)
I (OP)	1	1	1
II (OP) (拡張部8)	1	1	1
III (OP) (拡張部16)	2	1	2
IV (OP) (OP)	2	2	1
V (OP) (OP) (拡張部8)	2	2	1
VI (OP) (OP) (拡張部16)	3	2	2

OP : オペレーション部 (8ビット)
 拡張部8 : 拡張部 (8ビット)
 拡張部16 : 拡張部 (16ビット)

図2 命令フォーマットと実行クロック数

〈モデル1〉

基準モデルに加えて拡張部16ビットをもつ命令を1クロックで実行するモデル。

(図2のIII,VI)

〈モデル2〉

基準モデルに加えてオペレーション部2バイト命令を1クロックで実行するモデル。

(図2のIV,V,VI)

5 評価結果

評価は、クロック毎の命令供給・命令消費を評価できるパイプラインシミュレータを作成し、組み込み用途アプリケーションを実行することにより行った。

このアプリケーションにおける平均命令消費速度は現行MN10200で1.1バイト/クロックであり、平均命令供給速度(2バイト/クロック)以下である。

これらのモデルを評価した結果を図3に示す。

横軸はIB段数、縦軸は現行MN10200の性能を1としたときの各モデルの性能を示している。

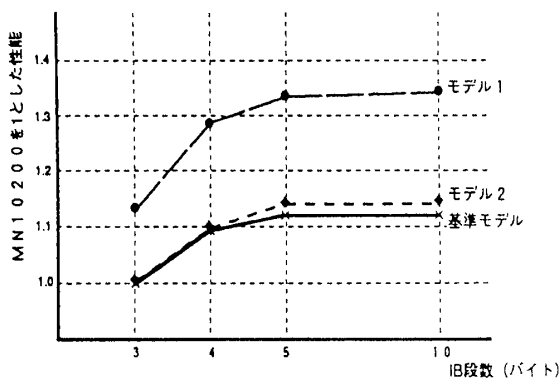


図3 組み込み用途アプリケーション評価結果

(1) 命令供給不足解消の効果

基準モデルのIB3段時とIB4段時の性能を比較すると、IBを3段から4段にすることによって性能が

10%向上している。つまり平均的には命令供給が十分であっても、局所的には10%以上の命令供給不足が発生していることがわかる。ただし5段以上にしても性能向上は12%にとどまり、IBによる局所的な命令供給不足解消の効果は飽和する。

これに対して、拡張部16ビット命令の高速化を行った場合(モデル1)を比較すると、3段を4段にすると13%、5段で17%、10段で19%の性能向上がある。高速実行による命令消費速度が大きくなるに従ってIB段数による命令供給不足解消の効果が大きくなることがわかる。

(2) 命令供給過剰利用の効果

IB3段時の基準モデルとモデル1の性能を比較すると、拡張部16ビット命令の高速化によって13%性能が向上している。シミュレータの動作を解析することにより、該当命令の約60%が命令供給過剰を有効に利用できることがわかった。

6 まとめ

平均的には命令供給が十分なシステムでも局所的には命令供給不足が命令供給過剰とともに発生し、性能に及ぼす影響が大きく、以下の2点が確認できた。

- (1) 局所的な命令の供給と消費とを考慮した性能評価がプロセッサの実装検討に重要である。
- (2) 機能設計段階で実装評価するためのシミュレータ構築が効果的である。

また、MN10200を例として高速化実装方式を評価することにより、以下の2点が確認できた。

- (1) 実装する命令の高速化機構によって、高速実装に対するIBの効果に顕著な差がある。
- (2) 現行と比べ最大3割程度の速度向上が可能。

今後は、この評価結果を踏まえた次機種設計開発を進めると共に、更に命令スケジューリングを含めた命令供給・命令消費の評価など、マイコンアーキテクチャの定量的評価を行なっていきたい。

参考文献

[1] 「RISCとCISCの特徴を備えた16ビット・マイコンを開発」、日経エレクトロニクス 1992年10月12日号 No.565 P74-75

[2] 松垣他：「機器組み込み用小型16ビットマイコンMN10200のパイプライン制御方式」、電子情報通信学会秋季大会 D-57,1992