

# 組み込みプロセッサの最新動向

## ——ヘテロジニアスなマルチプロセッサ構成が主流に

M.P.I.

かつてプロセッサと言えば、システムを規定する中心的な役割を果たしていた。しかし現在では、負荷の高いデータ処理を行う主役はアクセラレータやDSP (digital signal processor) などに移ってきている。チップ内には複数のIP コアが配置されるため、それらの相互接続方式(オンチップ・バス)もシステムLSI設計の重要な要素である。また、構成を柔軟に変えることのできるプロセッサも台頭してきている。本稿では、混沌としたこれらの組み込み向けプロセッサの動向を解説する。

(編集部)

標準品の汎用プロセッサを買ってきてそのまま使えばよかった古き良き時代は、すでに過去のものとなってしまいました。「SOC (system on a chip) 化が進んだ」と言うのは、単に集積度が上がったということではありません。その辺で売っている標準品を使ったのでは他社製品との差異化もシステム・コストの低減もできない、という機器開発側の判断により、特定用途に特化したプロセッサが広く使われるようになったということでしょう。

### ●汎用プロセッサの時代は終わった

今でも汎用プロセッサは存在していますが、いわゆる「組み込み」の世界では単体のLSI形態で利用されることは少な

く、IPコア(プロセッサ・コア)としてシステムLSIに集積する形態の利用が中心です。

代表的な汎用プロセッサ・コアとしては、英国ARM社のARMコアと米国MIPS Technologies社のMIPSコアがあります。MIPSコアの場合には64ビットのコアもありますが、組み込み用途における主力はARMコア、MIPSコアともに32ビットの汎用RISCプロセッサになります。ARMコアは携帯電話を中心に、MIPSコアはゲーム機やネットワーク機器などを中心に、どちらも非常に多くの数量が使われています。しかし、たぶん、汎用の標準品として手に入れることは、ほとんどできないでしょう。

そして、汎用プロセッサそのものの役割も、ずいぶんと変わってきています。昔であれば、人気の高い「業界標準」のプロセッサ・コアを中心に特徴や周辺機能などを比較していれば、この特集もこと足りたに違いありません。実際、プロセッサ・コアは進歩しています。表1に示すARMコアの例を見ても、単なる32ビットRISCプロセッサから、音声、画像の処理のためにDSP (digital signal processor) 的な機能などを取り込んで成長しているようすがわかるかと思えます。

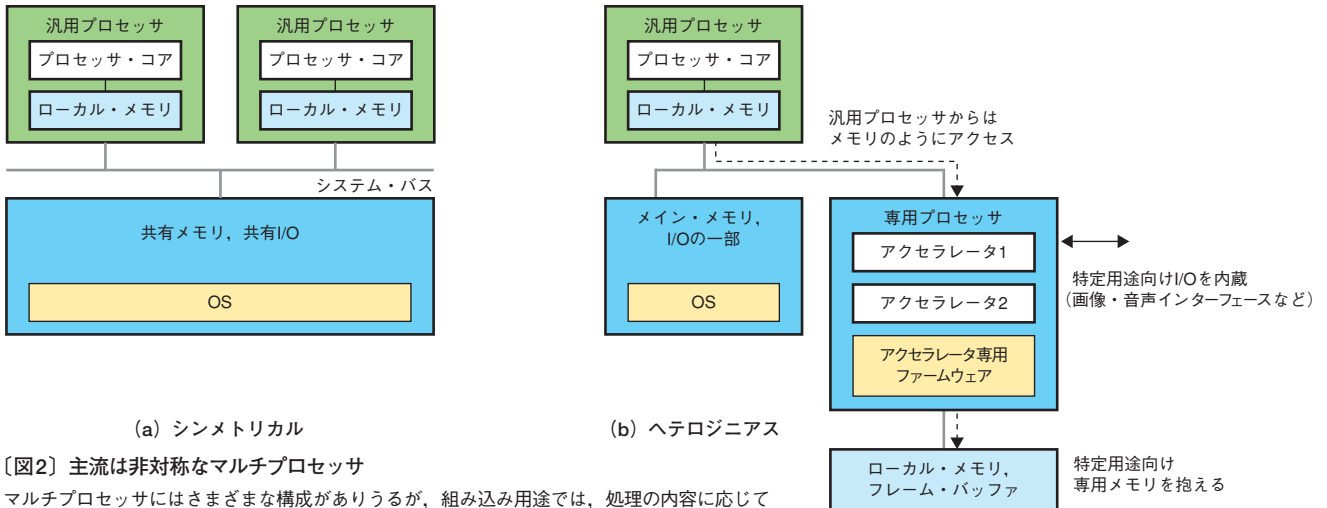
しかし最近では、汎用RISCプロセッサのみでは処理が追いつかないような負荷の重いアプリケーションが増えて

[表1]

#### ARM コアの進歩

組み込みRISCプロセッサとして代表的なARMコアの変遷を示す。

ARMコアのアーキテクチャ・バージョン		V4T	V5TE	V5TEJ	V6
ARM命令セット	ARM独自の32ビット固定長の命令セット	○	○	○	○
Thumb命令セット	プログラム・サイズを小さくするための16ビット固定長の命令セット	○	○	○	○
DSP拡張	積和演算と飽和演算のサポート		○	○	○
Jazelle	Javaの一部をハードウェア実行			○	○
Media拡張	マルチメディア処理向けSIMD命令の拡張				○
代表品種		ARM7TDMI ARM920T	ARM946E-S ARM1020E	ARM7EJ-S ARM926EJ-S	ARM1136J-S



(a) シンメトリカル

(b) ヘテロジニアス

〔図2〕 主流は非対称なマルチプロセッサ

マルチプロセッサにはさまざまな構成がありうるが、組み込み用途では、処理の内容に応じて異なるプロセッサを使い分ける「ヘテロジニアスな(非対称な)」マルチプロセッサ構成が主流である。

います。汎用RISCプロセッサはユーザ・インターフェースや比較的上位のレベルのプロトコル処理などのために必須です。しかし、どちらかと言うと、システムを構築する土台としての地味な役割が中心になってきており、主役のプリマドンナは別にいるケースが多くなっています(図1)。

実際にスポット・ライトを浴びるデータ処理の中心にいるのは、アクセラレータと呼ばれる回路ブロックであったり、専用プロセッサ・コアやDSPコアであったりします。それも機能に応じて複数登場したりするわけです。これらは分類上はマルチプロセッサ・システムというカテゴリに入りますが、パソコンやサーバなどで一般的となっているシンメトリカルな(対称性のある)マルチプロセッサ・システムとは明らかに異なるものです。処理の内容に応じて異なるプロセッサを使い分ける、ヘテロジニアスな(非対称な)マルチプロセッサ・システムこそ、組み込み分野における現在の主流派であると言えるでしょう(図2)。

●焦点はプロセッサ・コアの外へ

そんな「ヘテロな現実」を見れば、プロセッサの最新動向と言いながら、実はプロセッサ・コアの外側の部分にもっと焦点を当てていかないと、プロセッサ技術の全体像が追えないのではないかと思われてきます。シンメトリカルなシステムであれば、システム・バスとそれにつながる共有メモリ、各ローカル・メモリの整合性制御など、対称なシステムならではの統制のとれた美しいアーキテクチャが一般的です。ところが、ヘテロジニアスなシステムでは、い



〔図1〕 CPUの役割は地味になった

つもそうだとはいませんが、「目的のためには手段は選ばず」といった美しさとは無縁な力づくの設計がまま見られます。

●多様化したコア間の相互接続方式

それぞれのコアはシステムLSIの設計を始める以前に、ある程度固まった回路ブロックであることが多いので、システムLSIの設計の中心は、それぞれのコア間の相互接続(インターコネクション)であると言っても過言ではないかもしれません。メモリへの接続を含む相互接続のアーキテクチャや実装(インプリメンテーション)方法を変更すれば、たとえ同じコアを使ったとしても、システムLSI全体の性能は大きく変わります。そして集積度の向上にともなって、現時点では、それらの相互接続の大部分はチップ上(オンチップ)にあるのです。チップの外(オフチップ)に出力されるのは、例えばUSBやIEEE 1394といった、何らかの規

