

AI や IoT の時代では、自動車や携帯端末などアプリケーション毎に機能や性能が最適にチューニングされたドメイン・スペシフィックなプロセッサの需要が着実に伸びており、技術的にもビジネス的にも汎用プロセッサ中心の時代からドメイン・スペシフィック・プロセッサの時代へシフトしようとしている。本稿では、特に、NVIDIA、Arm、そして RISC-V を取り上げ、変貌するプロセッサの新時代を論説する。

NVIDIAの躍進

NVIDIAは、1993年にJen Hsun Huangたちが創業し、従業員6,000人、2,000件以上の特許を持つ典型的なシリコンバレーの研究・開発型企業である。ここ数年で時価総額を20倍以上上昇させて、今や2,480億米ドルになり、昨年プロセッサの老舗Intelの時価総額を追い越した。

コンピュータ・グラフィックス、AIにおける学習と推論、科学技術計算など幅広い分野における計算処理を加速する手段として、ベクトル内積演算の並列処理が不可欠であるが、この技術が彼らのコア・コンピタンスである。NVIDIAはわずか数万円でこの並列処理環境をGPU(Graphic Processor Unit)として提供しているわけだから、AIやIoTの時代に売れない理由が無いのである。また2019年に発表されたスーパー・コンピュータの演算性能を順位付けする「TOP500」でも上位10機種の中でGPUが採用されている。広範囲でGPUの躍進が止まらない状態である。

ここで、GPUの構造を説明しておこう。図1は、唯一内部構造を明らかにしているFermiシリーズである。計算機処理のうち「命令fetch と解釈」は汎用CPUで行い、「data fetch と命令実行である繰り返し演算処理」をGPUで行う。一個の内積を一個のCUDA (Compute Unified Device Architecture) コアで実行する。512個のコアごとにL1 およびL2 キャッシュ それに内積演算で共通するデータを共有するshared memoryを持つ。これが一セットとなって全体で16個のSM (Streaming Multiprocessor)を構成する。SM間で共有するデータをdevice memory が記憶する構造だ。入れ子構造を持つ「繰り返し処理」に対応し、また各コアでの処理時間の不均一性に対応する、などのために、このような複雑な構造となっている。非常に多様なデータを扱うことから、「SMの個数やCUDA コアの個数は経験則から決めている」と言うが、これも含めてアーキテクチャ全体がノウハウの塊であり、2,000件以上の特許が他社の追従を許していないのである。

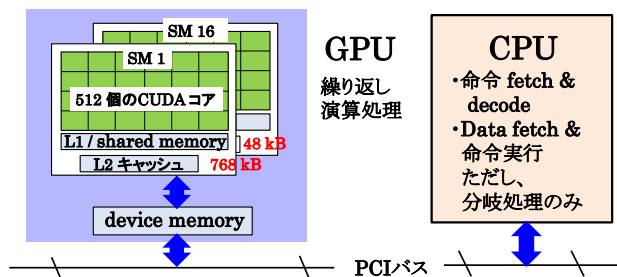


図1 NVIDIA GPUの構造

Armの躍進

さて、次にArmを見てみよう。1985年にケンブリッジで誕生したソフトIPとしてRISC 型汎用プロセッサ設計情報を提供している企業だ。「携帯端末で使用されるプロセッサの9割以上がArm」と、Armの躍進が目覚ましい。Verilog HDLやVHDLを用いて記述されたRTレベル(機能ブロック間の構造とタイムチャートまで完成した設計レベル)のプログラム・コードが製品だ。図2に示すように、各ユーザがHDL(Hardware Description Language)を用いてRTレベルで設計したユーザ論理記述とArmのソフトIPを組み合わせ論理合成を行い、ネットリストを作成、配置・配線ツールを用いて使用するファブ用のマスク・パターン情報を作ることになる。

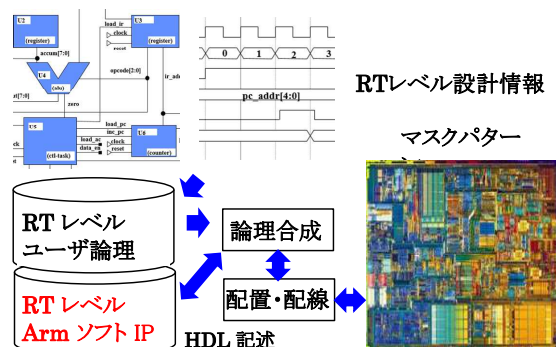


図2 Armを用いた設計の流れ

Armは携帯端末メーカーを含む世界中のSoC開発企業のみならず、NXP(Freescale)、Renesas、そしてFPGA企業なども顧客としている。基本的にはソフトIPであるからファブ毎に、そしてそのプロセス毎に「レイアウト後のタイミングの合わせ込み」が必要となる。Arm が使われ始めた当初は多数存在する各ユーザの事業所にArmのエンジニアが常駐し、この作業を行っていた。しかし時代は変わり、ArmはTSMCや自前でファブを持つ企業だけを対象にしてタイミングに関するパラメータ・チューニングを行えば十分になったのだ。つまり彼らの負担は極端に軽減されたことになった。

Armにとっては非常に幸運な時代が到来したことになる。

ソフトバンクは2016年に320億米ドルでこのArmを買収しているが、昨年9月に400億米ドルで今度はNVIDIAがArmの買収を発表した。NVIDIAにとってCPUを手に入れるメリットが極めて大きいことは言うまでもない。買収には英国、中国、EU、米国など各国規制当局の承認を得る必要があり、最終決定は今年末になると言われている。ただ、プロセッサの分野では中立な立場のソフトバンクだからArmを使用しているユーザが多いはずで、オーナーがNVIDIAになるとArmから離れる可能性がある。

RISC-Vの動向

Armのビジネスにとって、もう一つの懸念材料がある。それはRISC-Vの存在だ。米国DARPAの支援を受け、UCBが研究・教育用に開発したRISC型CPUであるが、図2におけるRTレベルの設計情報をオープン・ソースとして無償で提供を始めている。2010年から開始されたが、今現在700を超える企業や大学のメンバーが参加するRISC-V International という協会の活動が活発化している。米国のスタートアップ企業ASAMicros社がRISC-Vを使ったAIチップを既に製品化し、日本でも理研が創薬用分子動力学専用シミュレータを開発している。また、Renesas、SamsungやQualcommなどの大手、そしてなんとNVIDIAもCPUの一つとして既にRISC-Vを採用している。各種RTレベル検証環境がスタートアップ企業から提供され、コンパイラの自動生成環境がスウェーデンのIAR社やSynopsysなどから提供されている。さらにアプリケーションソフト・デバック環境、LinuxやリアルタイムOSも開発されており、数多くの企業を巻き込んだ大規模なエコシステムが着実に構築されつつある。AIやIoTの時代では、既存汎用CPUとGPUの組み合わせではなく、高速処理回路を自由に組み込めるRISC-Vは、ドメイン・スペシフィック・プロセッサの開発企業にとって非常に魅力的だ。

もともとUCBが開発したこともあり、世界中の大学において、RISC-Vを用いたコンピュータ・サイエンスの教育が始まっている。MIPSアーキテクチャを題材にしたコンピュータ・サイエンス分野での標準的な教科書「コンピュータ・アーキテクチャ」の著者HennesyとPattersonも同教科書のRISC-V版を出版している。大学でRISC-Vの詳細を学び、演習としてFPGAへの実装を経験した若者が世の中に出るわけだから、企業での即戦力として活躍できることになる。

かつてUCBは回路シミュレータSpiceのソースコードを無償で提供し、あっという間にde facto standardになった経緯がある。世界中の企業や大学がソースコードに手を加え、性能向上や機能追加を行った結果である。オープン・ソースの強みを見せつけられた。同じように、オープン・ソース

が提供されるRISC-Vもプロセッサ分野での確固たる地位を獲得するポテンシャルを秘めていると思われる。

現在米国では、産官学が一体となりDARPAを中心としてERI(Electronics Resurgence Initiative)なる数億ドル規模のプロジェクトが動いている。かつて80年代に日米半導体摩擦が起きた時に全米が結束して動いたように、「半導体全体に関する長期的な戦略を立て直そう」という目的である。非ノイマン型アーキテクチャ、3-DデバイスやSiPとそれらの製造技術、新EDAや設計手法など6個のプログラムがあるが、その一つにオープン・ソース・ハードウェア・プログラムPOSH/IDEAがある。巨額な資金が必要になることから、現在は一部の半導体企業だけが独占的に新しいプロセッサを開発しているわけだが、ハイテクを牽引するAIやIoT、自動車など非半導体企業が、容易に低コストで効率よく開発できる環境を、オープン・ソースの組み合わせで構築しようとしている。最終的な目標は、「外部仕様の入力だけで24時間以内にチップを自動生成するSilicon Compilerを数年以内に実現する」であり、実に明確だ。EDAツールを含めた全体の取り纏め役としてCHIPS Allianceがあり、キャッシュ・メモリ関係としてWestern Digital、またユーザとしてGAFAやQualcomm、アカデミアとしてStanford、UCB、Michiganなど多くの大学が参加している。RISC-Vもこのプログラムの中に位置付けられている。

まとめ

日本においては、NEDOが主催する「AIチップ設計拠点」においてRISC-VがIPの一つとして提供されている。国内のスタートアップ企業にとっては、技術的にも経済的にもAIチップ開発のハードルが格段に低くなったことになる。この環境を積極的に活用して競争力のあるSoCを開発してもらいたいものだ。また、我が国が躍進できるプロセッサの分野としてCIM(Computing in Memory)がある。Encore第109号でも論じたが、STT-MRAMやReRAMなど我が国が得意とする次世代メモリを演算回路として使うものであり、AIやIoTのエッジ側での推論や、各種制御機器に幅広く使われることになる。3D-NANDとセンサ以外にCIMが我が国半導体復活の切り札となりうるのではなかろうか。

昨年はNVIDIAのArm買収、AMDのXilinx買収など、半導体の分野では総額12.3兆円におよぶ史上最大規模の企業買収が行われた。またオープン・ソースが新たな潮流になる、などプロセッサの分野は大きく変貌している。日本企業が生き残ることは容易でないが、得意な分野を見極めてその開発を加速させることが不可欠と思われる。

ご意見を論説委員会 ronsetsu@ssis.or.jp までお寄せ下さい。

論説委員：鈴木五郎(委員長) 渡壁弥一郎(副委員長) 井入正博 川端章夫 長尾繁雄 吉岡信行 野中敏夫(アドバイザー)