

システムLSI向けのオンチップ・バスの業界標準仕様 SoC標準バスAMBA & AXIバスの紹介

中島 理志, 野尻 尚稔 Satoshi Nakajima, Naotoshi Nogiri

Altera社およびXilinx社から、ARM Cortex-A9プロセッサを内蔵したFPGAが登場しました。プロセッサとFPGA部分との接続には、AXIと呼ばれるバスが採用されています。これはこれらのFPGAだけで使われているバスではなく、半導体業界内で一般的に使われている標準バスとなっています。ここではこの標準バスの変遷や、現在の最新仕様であるAXIについて解説します。

LSIの集積技術の向上は、高性能で複雑なデジタル・システムを1チップで実現することを可能にしました。その結果、一昔前では考えられなかったようなデジタル製品が次々と登場しています。例えばスマートフォンやタブレット、デジタルTVなど、10年前では複数のチップを搭載した複雑な電子基板を複数接続することにより実現していた機能が、今や一つのアプリケーション・プロセッサ(AP)に集約されつつあります。

本書が取り扱っているFPGAの世界においても、APと同じように高集積化の流れが来ています。一部のFPGAにはARM Cortex-A9プロセッサがハード・マクロとして採用されており、オリジナルIPコアをユーザ・ロジック側に搭載すれば、最先端のモバイル向けAPとまではいわずとも、特定用途に特化した自家製AP(?)を作れるレベルまで集積度が高まっています。実はそのFPGAの内部では、AP設計で広く使われているオンチップ・バスAMBAの導入が始まっており、周辺IPコアの再利用、効率の良いシステム設計の実現に裏方ながら貢献しています。これらFPGAを触って初めてAMBAを知った読者の方もおられるのではないのでしょうか？

そこで今回は、AMBA導入の歴史的背景やロードマップ、後半ではAMBA仕様の詳細について紹介したいと思います。AMBAはバス仕様だけでなく、その時代のARMプロセッサに課せられた要件と深く関わりを持ちながら進歩してきたものです。今回の記事でその隠れた事実を少しでもお伝えできればと思っています。

1 AMBAってなに？

まず、AMBA (Advanced Microcontroller Bus Architecture) とは、ARM社が策定しているシステムLSI向けのオンチップ・バス仕様で、「アンバ」と発音します。AMBAプロトコルは、SoC (System-on-a-Chip) における機能ブロックの接続と管理のための

オープン標準のオンチップ・インターコネクト仕様です。オープン標準なので、どなたでもARM社のWebページから無償で閲覧可能であり、さらに同社はAMBA仕様の策定や公開、保守をライセンス/ロイヤリティ無償で行っています。

● バスの仕様が異なると接続できない

そもそもIPコア・ライセンスが主たる事業であるARM社が、バス仕様の策定や公開、保守を始めるには理由がありました。LSI内の機能ブロックをIPコアとして流通させるにあたり、情報の伝達経路と手順であるバス・プロトコルが各社各様の仕様を持ってしまうとIPコア同士が直接接続できないため、IPコアの再利用性、流通性を妨げます[図1(a)]。

かといってIPコアごとにバス・プロトコルを変換する回路を入れる事は、余分なロジックとそれに伴う遅延を発生させ、全てのケースで効果的な解決になりません[図1(b)]。

● 統一バス仕様を策定

そこで解決策として打ち出したのが、自ら統一バス仕様を立ち上げオープンにすること、その仕様に賛同してくれるパートナーを増やすこと、そしてARM社から提供されるIPコア全てをそのバス仕様に準拠させることでした。こうすることによってIPコアの流通を円滑にし、さまざまな設計資産の再利用を促進させながら拡張性を持たせたシステムの提案とエコ・システム構築を試みたのです。

最初のバージョンであるAMBA 1.0は、1995年に公開されました。初期の仕様では、ASB (Advanced System Bus) とAPB (Advanced Peripheral Bus) という二つの単純なバス仕様のみが定義されています。ASBはプロセッサとメモリ、および高性能デバイスを接続するためのバスで、APBはI/Oなどの周辺デバイスを接続するためのバスの2種類で構成されました。その後、AMBAは地味ながらも順調にプロファイルの追加バージョンアップを重ね、現在では最新のAMBA 4が2011年に公開されています(図2)。

ちなみにAMBAというのはバス仕様の総称で、