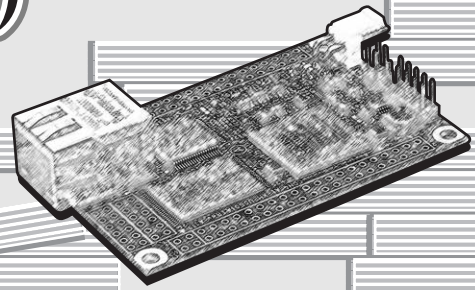


# ソフト・マクロのCPUでLinuxを動かす (後編)



## OSの実装とネットワーク対応機器への応用

川岡 圭一, Jeerapong Putthanbut



前編では、FPGAベースのボード・コンピュータを設計しました。今回は、このボードにOSとしてLinuxを実装します。組み込み機器のOSとしてLinuxを採用する理由についても説明します。また、ネットワークに対応したLCD表示装置への応用事例を紹介します。(筆者)

「情報家電」ということばの普及とともに、情報化(ネットワーク化)された家電機器が増えてきています。さまざまな市場要求に応じたこの変化は、機器の開発とその周辺環境に変化をもたらしました(図1)。また、携帯電話やカーナビをはじめ、多くの組み込み機器にネットワーク接続やユーザビリティ向上のためのGUI(graphical user interface)機能が必要とされるようになり、これらの機能

を実現できるレベルまでハードウェア仕様も進化してきました(表1)。

現在は、組み込み機器向けの32ビットCPUが一般に流通しています。大容量のメモリも安価に購入可能です。比較的小型の組み込みマイコン・ボードでも、OSを動作させるために必要な処理能力とメモリ容量を備えていることが珍しくなくなってきました。例えば最近の機器では、μITRONに代表される組み込み機器向けのコンパクトなりアルタイムOSが採用されています。

従来、組み込み機器でOSを利用する場合、機器の要求仕様に合わせて、デバイス・ドライバやプロトコル・スタック、GUIなどを独自に開発したり、ミドルウェア・ベンダから購入しながら製品開発を進めていました。

最近では製品の開発サイクルが短くなり、より短い期間で高機能なものを開発していかなければなりません。しかし、コストは従来どおりかそれ以下を求められます。従来と同じ開発手法を採っているのは、開発工数に見合った人員の確保や品質管理が難しくなります。そこで、設計資産の活用が重要になります。

設計資産の共有という点で注目したいのがLinuxです。これまで自社開発するか、高い費用で購入するしかなかったOSやデバイス・ドライバ、ミドルウェアなどが、オープン・ソースのLinuxを採用することによって、追加コストなしで利用可能になるのです(図2)。

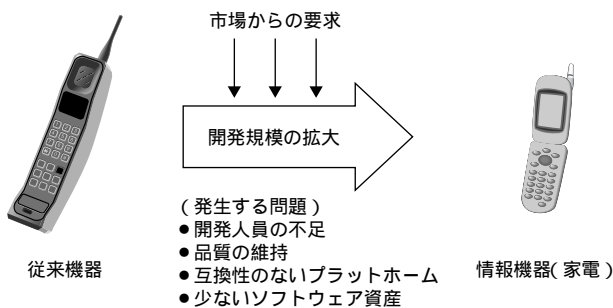


図1 機器の情報化と開発の変化

市場要求により、機器が高機能化している。このため機器の開発とその周辺環境も変化している。

表1 ハードウェアの進化の例

ひと昔前であれば8~16ビットのマイコンで十分だった機器にも、最近では32ビットの高性能プロセッサが採用されている。

		旧世代	現在
CPU	コア	8~16ビット・アーキテクチャ	32ビット・アーキテクチャ (多くの場合はキャッシュ・メモリを持つ)
	動作クロック	数MHz~数十MHz	数十MHz~数百MHz
メモリ		256Kビット(SRAM)~16Mビット(DRAM)	16Mビット~512Mビット(DRAM)

## Column Spartan-3による量産ボードの製作

本稿は米国Xilinx社のSpartan-II Eを採用した試作ボードをもとに執筆していますが、量産向けにはSpartan-3を搭載します。Spartan-3は同社のVirtex-IIアーキテクチャを継承し、90nmプロセスで製造される低コストのFPGAです。

### ● ソフト・プロセッサに向けた低コストFPGA

Spartan-3は、ソフト・プロセッサを実装するのに魅力的なFPGAです。

#### 1) 内蔵メモリ(BRAM)の増加

Spartan-3の40万ゲート品は、Spartan-II Eの40万ゲート品に比べて、内蔵メモリが1.8倍に増えました。総容量は294,912ビットになります。多くのメモリをキャッシュ・メモリに割り当てることができれば性能向上を期待できます。アプリケーションによっては、外付けメモリすら不要になります。

#### 2) ハードウェア乗算器の実装

ハードウェア乗算器(18×18ビット)により、高速な演算処理を実現できます。

#### 3) 動作速度の向上

Spartan-3のスピード・グレード“-4”は、Spartan-II Eのスピード・グレード“-6”と比べて、約1.3倍高速です。タイミング・アナライザでは52MHzの値が得られました。Spartan-II Eでは約40MHzでした。

#### 4) DCM(Digital Clock Manager)の搭載

出力周波数を任意に1倍・分周できるため、アプリケーションに合わせたクロックを簡単に生成できるようになります。製作したボードには3.6864MHzの発振器を載せ、FPGAの内部で1倍して使用するようにしました。現在は51.6096MHzまで1倍して動作させています。

### ● ハードウェア設計の注意点

Spartan-3は、最新プロセスで製造されるFPGAであり、回路設計

においていくつかの注意点がありました。その一例を紹介します。

#### 1) $V_{CCINT}$ 電源電圧変動範囲

コア電圧 $V_{CCINT}$ の電圧範囲は、 $1.2V \pm 5\%$ (1.14V ~ 1.26V)です。電源電圧が下がった分、許容される変動範囲も狭くなっています。そのため、使用するDC-DCコンバータや電源レギュレータの負荷急変応答性や、入力電圧変動応答性には気をつける必要があります。また、コンデンサも低ESR品を選択するのがベターでしょう。

#### 2) $V_{CCO}$ の立ち上がり時間

I/O電圧 $V_{CCO}$ は、コア電圧が与えられてから600 $\mu$ s以上たってから供給する必要があります(Device Revision0の場合)。この600 $\mu$ sの時間を確保するために、遅延回路を設ける必要があります。回路設計時には、参考文献(19)などを参照するとよいでしょう。

#### 3) $V_{CCAUX}$

JTAGピンやコンフィグレーション・ピンの一部は、 $V_{CCAUX}$ から電源供給される2.5V仕様のI/Oとなっています。これらのピンと接続したいデバイスの入出力レベルが3.3Vの場合には、制限抵抗やバッファなどを入れる必要があります。Spartan-3の入力ピンに対し、10mA以下になるように制限抵抗を挿入します。

### ● 低価格の製品化を実現

今回設計したボードは、産業用および教育用として市販します。Spartan-3を搭載し、ソフト・マクロのCPUとLinuxを活用したことで、40万ゲート・タイプで1台20,000円という低価格化を実現できました。このほかに、100万ゲート・タイプを用意する予定です。

今回紹介したボードの各種ドキュメント、FPGAプロジェクト構築情報、Linuxソース・コード、ツール・チェーン、ダウンロードなどの最新のツールと情報は、以下のWebサイトから入手することができます。

<http://www.atmark-techno.com/>

「製品/技術」から「SUZAKU[朱雀]」を選んでください。

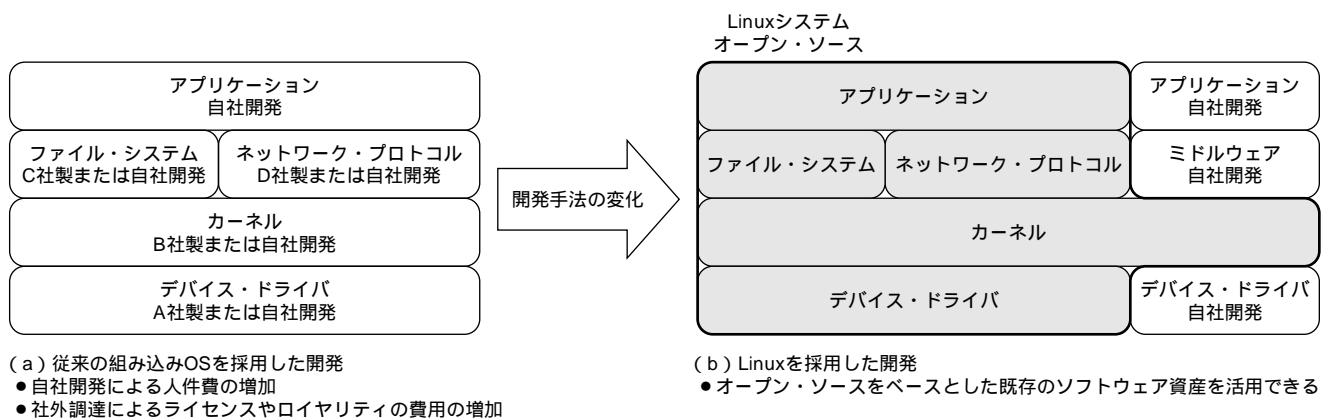


図2 Linux採用によるソフトウェア開発手法の変化

従来の組み込みOSを採用した開発では、自社開発による人件費の増加や社外調達によるライセンス費用などが問題になることがある。Linuxを採用した開発では、オープン・ソースをベースにしたソフトウェア資産を活用できる。