



SoC組込みソフトウェアの開発

飯間 豊 久米 寛司
本田 一成 細谷 雅寿

超小型で多機能なモバイル・ワイヤレス機器などを実現するために、現在の半導体デバイスでは、従来の単機能製品とは異なる多機能で高性能な製品、いわゆるSoC (System on Chip) の実現が必須になっている。SoCの実現には、多様な機能を1チップに集積することはもちろん、それらの機能を短時間で設計・検証できること、さらにそれらの機能に柔軟性を持たせておくことが重要であり、ソフトウェアの果たす役割が大きくなっている。

当社では、主にパーソナル通信市場やデジタル家電市場を中心に、SoC製品とその組込みソフトウェアの開発を行っている。本稿では、当社のSoC組込みソフトウェア開発に対する取り組みを紹介する。

SoC組込みソフトウェアの現状

半導体デバイスに組み込まれる従来のソフトウェアは、デバイス・ドライバのようなハードウェア制御が中心であったが、SoC時代を迎えた今日では、多くの機能を提供する大規模で複雑なシステムへと変貌しつつある。プロセッサ性能やメモリ容量で比較するとPC用ソフトウェアより遅れはあるが、SoC組込みソフトウェアもまた情報系ソフトウェア同様に規模が拡大する傾向にある。その典型的な例が携帯電話であり、音声通信、データ通信、メール、ブラウザ、静止画、動画、着信音再生、MP3音楽再生など多様な機能が詰め込まれるようになっている。

このような多機能で複雑なシステムを短時間で品質を確保しながら柔軟性を損なうことなく開発することは、ハードウェア中心のシステムでは困難であり、SoCの実現にはソフトウェアの果たす役割が重要になっている。とはいえ、大規模で複雑なSoC用の組込みソフトウェア開発では、小規模開発が前提であった従来の組込みソフトウェア開発手法に頼っている、もはや顧客ニーズに対応できない時代になっている。

プラットフォームベース設計とIPベース設計

大規模で複雑なSoC組込みソフトウェアは、顧客ニーズに合うものを一から開発していたのでは納期要求を満た

すことはできない。システムの短期開発を実現するには、あらかじめ統一された考えかたに沿って構築されたソフトウェアプラットフォームをベースに（プラットフォームベース設計）、顧客ニーズに応じて既成ミドルウェアなどのソフトウェアIP (Intellectual Property) を組み合わせて（IPベース設計）、新規開発部分を最小限に抑え込む必要がある。これはSoCの開発と全く同じである。

当社は、このようなプラットフォームベース設計の考え方にに基づき、システムLSI開発プラットフォームとしてμPLAT[®]*1)を開発した。この概要を図1に示す。μPLAT[®]は、シリコンプラットフォーム、ソフトウェアプラットフォーム、サポートプラットフォーム、ミドルウェアからなる。

ソフトウェアプラットフォームとしてはRTOS (Real-Time Operating System) や電力制御系の基本ドライバなどを用意し、サポートプラットフォームとしてはプロトタイピングボードや開発環境を用意した。なお、μPLAT[®]上の標準RTOSとして、現在はμITRON*2)を用意している。

プラットフォームベース設計の実施例

当社では、基本的なソフトウェアプラットフォーム上に、パーソナル通信市場やデジタルコンシューマ市場向

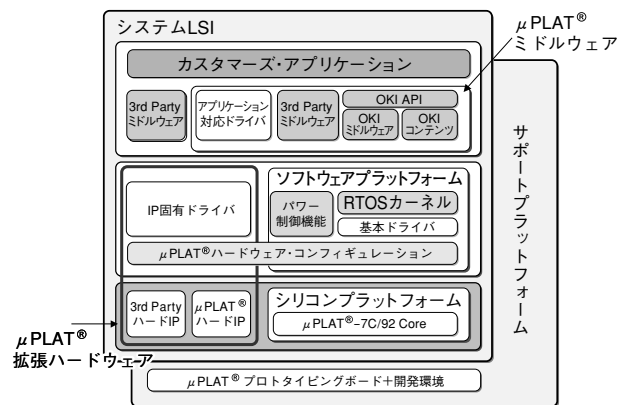


図1 μPLATプラットフォーム概要

*1) μPLATは沖電気工業(株)の登録商標です。 *2) TRONはThe Real-Time Operating System Nucleusの略称です。 μITRONはMicro Industrial TRONの略称です。

けのミドルウェアを搭載した特定用途向けのソフトウェアプラットフォームを開発した。

(1) パーソナル通信市場向け組込みソフトウェア

パーソナル通信市場は、当社がコア技術を持ち、注力している分野である。モバイル機器を対象としたワイヤレス通信を重点分野として、PHSやVoIP向けのLSI開発を進めており、それらのLSIを使って通信機能を実現するために必要となるソフトウェアを開発している。また、多様な顧客ニーズに答えるべく、ZigBee (IEEE 802.15.4) や無線LAN (IEEE 802.11g) 用のソフトウェアも開発中である。

従来の通信用LSIでは、顧客は当社製LSIと外部CPUを組み合わせるシステムを構成し、通信プロトコルなどのソフトウェアは顧客自身で開発することが多かった。しかしながら近年は、当社が顧客に対し、ARMベースのμPLAT®と既存回路を組み合わせたSoCと、あらかじめ開発したソフトウェアと一緒に提供することで、顧客の開発期間を大幅に短縮できるようになった。ここでは、その実施例であるPHSソフトウェアについて説明する。

当社のPHS用LSIとPHSソフトウェアの対応を表1に示す。当社がμPLAT®-7B (ARM7) をベースに開発した多様なPHS用LSI商品の全てにPHSソフトウェアが商品として用意されている。なお、CPUを内蔵していないML7078B用には、当社標準プラットフォームであるμPLAT®-7B上で開発したPHSソフトウェアを用意しており、当社の汎用マイコンML674000との組み合わせで、顧客製品の短期開発を可能としている。

PHSソフトウェアの構成図を図2に示す。PHSソフトウェア仕様としては、電波産業会で規定されているレイヤ1、レイヤ2¹⁾ およびPIAFS²⁾ の標準規格に準拠している。RTOSとしては、当社が標準RTOSとして推奨しているNORTI®3³⁾ を使用している。顧客が開発する上位レイヤとのインタフェース仕様を沖標準APIとして規定することで、顧客側のソフトウェア技術者は、LSIのレジスタ仕様などを意識せずに、上位レイヤのソフトウェアを容易に短期開発できる。なお、このAPI仕様は当社の全PHSソフトウェア共通であり、顧客が当社の別LSIを利用する場合にも、上位ソフトウェア再利用時の流用性が保たれている。

表1 PHSソフトウェアと対応LSI

製品名	スロット数	内蔵CPU	PHSソフトウェア
ML7088	4 スロット	μPLAT®-7B	○
ML7078B	4 スロット	なし	○
ML7098	2 スロット	μPLAT®-7B	○

*3) NORTIは株式会社ミスポの商標です。 *4) SMFは、社団法人音楽電子事業協会 (AMEI) の登録商標です。

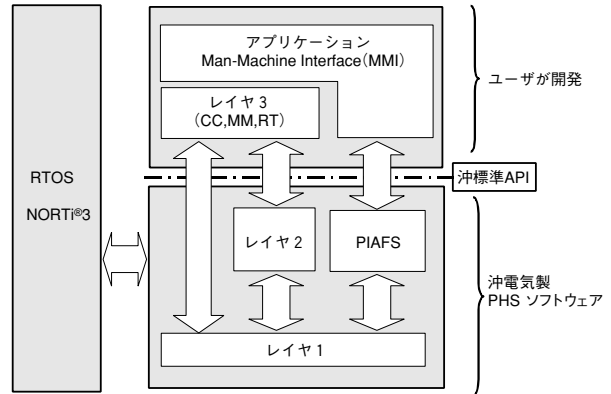


図2 PHSソフトウェア構成図

(2) デジタルコンシューマ市場向け組込みソフトウェア

デジタルコンシューマ市場もまた、当社が注力している分野であり、サウンド、ストレージ、PCインタフェースなどを中心に、モバイル機器を主要ターゲットとするアプリケーション開発プラットフォームを準備している。ここでは、その実施例である音源プラットフォームとデジタルオーディオプラットフォームについて説明する。

音源プラットフォームは、着信音再生用音源LSIをサポートするもので、携帯端末メーカーやそのプラットフォームベンダを対象顧客とする。顧客は、既存システムに音源LSIと関連ソフトウェアをアドオンする形で開発するので、顧客の短期開発を目的に、既存システムへの組み込み易さを重視したソフトウェア開発キット (SDK) を提供している。図3に音源SDKの概要を示す。

このSDKは、①最下位層の音源LSI (ML2870) 制御、スタンダードMIDI (SMF^{*4)})・ADPCM再生インタフェースを実現するML2870ドライバ、②SMF0/1・iMelodyなどの楽曲データ、ADPCMデータ、沖オリジナル楽曲フォーマットであるMCDFデータを再生するための各種

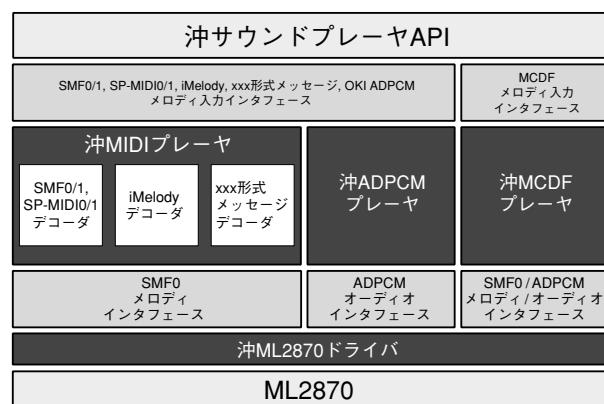


図3 音源SDK

プレーヤ、③これらすべてを統一して操作する沖サウンドプレーヤAPIで構成される。

このSDKは、顧客RTOSへの移植性を重視しており、各モジュール間インタフェースをAPI化し、システムコールをAPIの中に隠蔽する構造を採っている。また、既に顧客システム側にあるファイルシステムなどのバックエンドに対しては極力単純なインタフェースを採り、移植が容易になるように工夫している。

現在は、32和音対応音源LSIを対象とするSDKをリリースしており、コンバータライブラリにより既存市場に流通する各種コンテンツの再生に対応している。また、64和音同時発生可能なLSIを対象とする次期プラットフォームの開発も行っている。さらに将来は、音源機能をソフトウェアで実現し、全体をソフト音源プラットフォームとしても提供する計画である。

当社では、楽曲、ADPCMデータ、カラオケ静止画、カラオケテキスト、およびこれに連動するLED/バイブレータ駆動を行う同期再生コンテンツの合成と動作確認を行うためのPC上で動作する音源エミュレータや、実機での再生確認用ツールなども提供しており、コンテンツプロバイダから端末ベンダまでのトータルなサポートを行っている。

一方、MP3などの圧縮音楽コンテンツの再生機能を持つポータブル機器向けとしては、デジタルオーディオプラットフォームを開発した。この市場では、USB、デコーダ、ストレージインタフェースなど、記録媒体以外の主要機能をSoC化する方向にあり、顧客製品の開発サイクルも短いため、LSIのサンプル出荷に先行したソリューション提供が求められている。

このデジタルオーディオ向けSDKでは、LSIハードウェア、各種ドライバソフト、音楽デコーダ、PCインタフェース、およびファイルシステムなどの各モジュールが、全体を統合する上位アプリケーションの元でポータブルプレーヤとして完結動作する形で提供されている。図4にデ

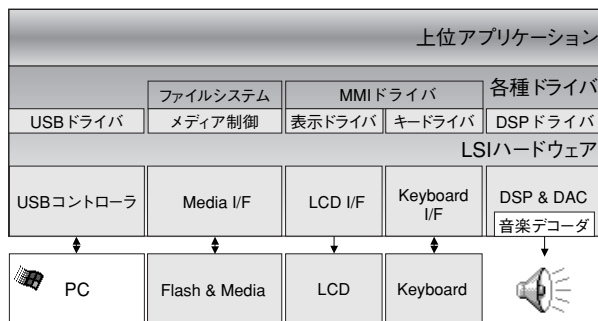


図4 デジタルオーディオSDK

*5)WMAはWindows Media Audioの略称。Windows Mediaは米国マイクロソフト社の登録商標です。

ジタルオーディオSDKの概要を示す。

CPUおよびDSPを統合したML67Q5200用SDKは、μPLAT[®]-7D (ARM7) 側で、ストレージ、USB、MMIなどのシステム制御を行い、DSP側でMP3/WMA^{*5)}デコードを行っている。DSP処理では、低消費電力化を目指したデコーダ・チューニング、MP3エンコーダの搭載や3Dサウンド機能追加など、顧客・市場要求をベースにSDK拡充を行っている。また、来年を目途に、μPLAT[®]-946 (ARM9) をベースとした、USB2.0 High Speed デバイスやATA/ATAPIなどの新規内蔵周辺IPを搭載するLSI開発に併せて、ドライバ、ミドルウェア、アプリケーションを含む次期プラットフォームの開発を進めている。

ソフトウェアIP設計における設計・検証手法の統一

SoC開発におけるハードウェアIPと同様に、SoC組み込みソフトウェア開発においても、実績あるソフトウェア・モジュールの再利用が短期開発に有効なことは既に述べた。しかしながら、ソフトウェア・モジュールをソフトウェアIPとして容易に再利用可能にするためには、ソフトウェアIP設計手法やソフトウェアIP検証方法の統一が必要になる。

(1) ソフトウェアIP設計手法の統一

再利用するソフトウェア・モジュールは、利用条件やインタフェースが統一された形でIP化されなければ、再利用時に大きな修正が必要になるばかりか、品質面での信頼性も大きく低下してしまう。

ソフトウェアIPの利用条件やインタフェースの統一に効果的な施策のひとつに、オブジェクト指向設計手法の導入が挙げられる。各ソフトウェア・モジュールやその構成要素をオブジェクトとして設計することで、モジュール間インタフェースを統一された様式で明確に定義でき、モジュールや構成要素の独立性や依存関係も明確になる。

(2) ソフトウェアIP検証方法の統一

ソフトウェア再利用率の向上とともに新規開発の割合が減少しても、システム全体としての規模は拡大し、ますます複雑度が増加していく。したがって、システム全体の検証の効率化が、短期開発の重要なファクタになる。

検証方法を統一する狙いは、各ソフトウェアIPの検証方法をシステム全体の検証に容易に流用可能にすることである。検証方法がソフトウェアIPごとに異なると、システム全体の検証時にその再利用が困難になる。当社では、検証項目の設定方法、粒度（項目の細かさ）、手順を統一することにより、検証方法の再利用性向上を図って

いる。今後は、オブジェクト指向設計に対応した、より再利用性の高い検証方法への統一を計画している。

SoC組み込みソフトウェアの今後の方向性

(1) ソフトウェアプラットフォームの今後の方向性

組み込み機器業界全体としては、流通ソフトウェアの利用による短期開発や開発コスト低減を狙うプラットフォームとして、Linux採用の動きや、RTOSと共にハードウェアや開発環境も標準化してμITRONに不足していたミドルウェアの流通を実現しようとするT-Engine^{*6)}採用の動きがある。当社も、当社製のSoCを搭載したT-Engineを準備しており、既に社内では組み込みソフトウェア開発プラットフォームとしての試用を開始している。今後は多様な流通ソフトウェアに対応していくために、RTOSとしてLinuxとT-Kernel^{*6)}を追加し、開発環境についても、複数ツールの中から顧客ニーズに応じて最適なツールを選べるようにしていく。

(2) ソフトウェアIPの今後の方向性

今後はソフトウェアIP検証方法の自動化を検討・推進していく必要がある。システムの大規模化・複雑化に伴い、検証項目は増加の一途をたどり、全検証項目の実施に要する期間もそれに比例して長期化している。もはやシステム全体の検証作業を人手で短期間に実施することは不可能になりつつある。ソフトウェアIP検証方法の統一を足掛かりに、ソフトウェアIP検証の自動化、さらにはシステム全体の検証の自動化を推進したい。

また、従来ハードウェアIPで実現してきた機能を、ソフトウェアIPに置換していくことも重要である。SoCに要求される多様で複雑な機能を総てハードウェアIP主体で実現するのは困難になっている。開発期間の短縮や、開発後の機能追加に耐え得る柔軟性を確保するために、ソフトウェアIPによる置換を積極的に推進していく。昔はハードウェアで日本語を表示していたPCが、今ではソフトウェアのみで日本語を表示しているように、ソフトウェアによる実現が困難であった機能が、プロセッサの性能向上によって実現可能になることは十分に考えられるからである。

とはいえ、ソフトウェアIPによる機能実現は、CPUに高速処理を要求し、消費電力を増加させる恐れもある。今後は、ハードウェアとソフトウェアの協調設計手法を用いて、システム要求に応じてバランス良くIPを選択・配置していく必要がある。

あ と が き

PHS用LSI、音源LSI、デジタルオーディオLSI向けのソフトウェアプラットフォーム実施例を紹介しながら、SoC組み込みソフトウェア開発におけるプラットフォームベース設計とIP設計について述べた。ソフトウェアをIPとして容易に再利用可能な形にするには、設計手法や検証方法の統一が重要である。

今後はソフトウェアプラットフォームの多様化と標準化、ソフトウェアIP検証方法の自動化および従来のハードウェアIPからソフトウェアIPへの置き換えを推進していく。 ◆◆

参考文献

- 1) 社団法人 電波産業会：第2世代コードレス電話システム標準規格，RCR STD-28 3.3版，2000年3月2日
- 2) 社団法人 電波産業会：PIAFSプロトコル標準規格，RCR STD-T76 1.0版，2001年7月27日

筆者紹介

飯間豊：Yutaka lima.シリコンソリューションカンパニー デザイン本部 ソフトウェア開発部 ソフトウェア企画チーム
 久米寛司：Hiroshi Kume.シリコンソリューションカンパニー デザイン本部 ソフトウェア開発部
 本田一成：Issei Honda.シリコンソリューションカンパニー デザイン本部 ソフトウェア開発部
 細谷雅寿：Masatoshi Hosoya.シリコンソリューションカンパニー デザイン本部ソフトウェア開発部

*6) T-Engine, T-Kernelはコンピュータの仕様に対する名称であり、特定の商品を指すものではありません。