

SPA特集

BluetoothシステムLSI

Development of Bluetooth System LSI

湖本英治
Eiji Komoto

松尾嘉勝
Yoshikatsu Matsuo

亀井孝浩
Takahiro Kamei

要 旨

近距離無線通信技術として注目を集めている¹⁾ BluetoothTM仕様^{2) 3)}に基づいて、ベースバンドコントローラLSIならびにRF (Radio Frequency) トランシーバLSIからなるチップセットを開発した。ベースバンドコントローラLSIは、当社標準プラットフォームであるμPLAT[®]をベースに設計した。また、RFトランシーバLSIは、必要とされる2.4GHz帯の高周波処理部を含む無線送受信回路全体をフルCMOSにて設計した。

1. ま え が き

BluetoothTM*1)は、1998年に日米欧の5社(Ericsson社、IBM社、Intel社、Nokia社、東芝)がプロモータとなってオープンスタンダード化した2.4GHz帯の無線周波数を利用した近距離無線リンクプロトコル仕様である。

プロモータ5社が1998年5月から標準化活動を開始し、1999年7月に規格1.0A、同年12月に規格1.0Bが公開⁴⁾された。現在各社が公開された規格に基づいて、Bluetooth対応機器の開発を行っており、2000年度後半より、プロモータを中心に携帯電話、ノート型パーソナルコンピュータ等にBluetooth機能を搭載した製品の発表が予定されている。

当社においても、1999年2月よりBluetooth SIG (Special Interest Group)に参加し、Bluetooth用システムLSIの開発検討を開始した。

今回、Bluetooth用チップセットとしてベースバンドコントローラLSI: ML7051LA (以下BB-LSIという)と

RFトランシーバLSI: ML7050LA (以下RF-LSIという)を開発した。なお、開発したBluetooth用システムLSIは、単にチップセットだけでなく、ソフトウェア商品ならびにサポートウェア商品を含むものである。

本稿では、SPA (Silicon Platform Architecture) に基づいたBB-LSIについて、その構成と設計手法を中心に述べ、さらに、RF-LSIの構成、およびBluetoothシステムのハードウェア、ソフトウェア開発に必要な開発キット:SDK (System Development Kit) についても、その概要を紹介する。

2. ベースバンドコントローラLSI

2.1 BB-LSI概要

表1に今回開発したBB-LSIの諸元を示す。

BB-LSIはBluetoothシステム用のCMOSデジタルLSIである。32ビットARM7TDMITM*2) RISC CPU (Reduced Instruction Set Computer/Central Processing Unit) をコアとする標準プラットフォーム(μPLAT[®]*3))をベースとした構成で、UART(Universal



湖本英治

シリコンソリューションカンパニー LSI事業部 LSI設計高度化推進部 設計第1チーム チームリーダー



松尾嘉勝

シリコンソリューションカンパニー LSI事業部 LSI設計高度化推進部 設計第1チーム



亀井孝浩

シリコンソリューションカンパニー LSI事業部 先端商品開発第1部 担当課長

* 1) BluetoothTMは、Ericsson社の商標。 * 2) ARM7TDMITMは、英国ARM社の商標。 * 3) μPLAT[®]は、沖電気工業(株)の登録商標。

表 1 BB-LSIの諸元
Table 1 Features of the BB-LSI

| | |
|--------|------------------------------------|
| プロセス | 0.25 μ m CMOS 4層メタル |
| パッケージ | 144ピン BGA |
| チップサイズ | 7.82 \times 8.48 mm ² |
| 消費電流 | 70 mA @32MHz |
| 集積度 | ロジック 約236Kゲート メモリ 約210Kビット |
| 動作周波数 | 最大 32MHz |

Asynchronous Receiver Transmit), USB (Universal Serial Bus)をはじめとする様々なアプリケーション用インタフェースをサポートするとともに、PCM-CVSD (Pulse Code Modulation - Continuous Variable Slope Delta modulation) トランスコーダを搭載し音声通信にも対応している。

SPAベースで開発することによって、 μ PLAT[®]コア部分はIP化し、ユーザの固有回路と組み合わせたカスタム仕様に対応できるよう、LSI構成、開発環境を構築し、その結果短期間でLSI化することが可能となった。

2.2 BB-LSIの構成

図1にBB-LSIのブロック図を示す。 μ PLAT[®]にはキャッシュメモリコントローラ、外部メモリコントローラ、割り込みコントローラをはじめとする各種機能ブロックを設け、それにアプリケーション固有機能を付加させた。今回Bluetoothベースバンド処理機能として、 μ PLAT[®]の標準バスであるAMBA[™]*4)-AHB(以下AHBという)に接続する24KBのデータRAM(Random Access Memory)、またブリッジを経由して μ PLAT[®]のペリフェラルバスであるAMBA[™]-APB(以下APBという)に接続するベースバンドコア、PCM-CVSDトランスコーダ、USB、UART、WDT(Watch Dog Timer)、GPIO(General Purpose Input/Output)、SIO(Serial Input/Output)などを設けた。

2.3 主なブロックの機能および特長

(1) 24KBデータRAM

Bluetoothソフトウェアに必要なアクセススピードを確保するため、また将来的な拡張性を見込んで、インタフェース部を含めた高速アクセス方式を考案し、採用した。

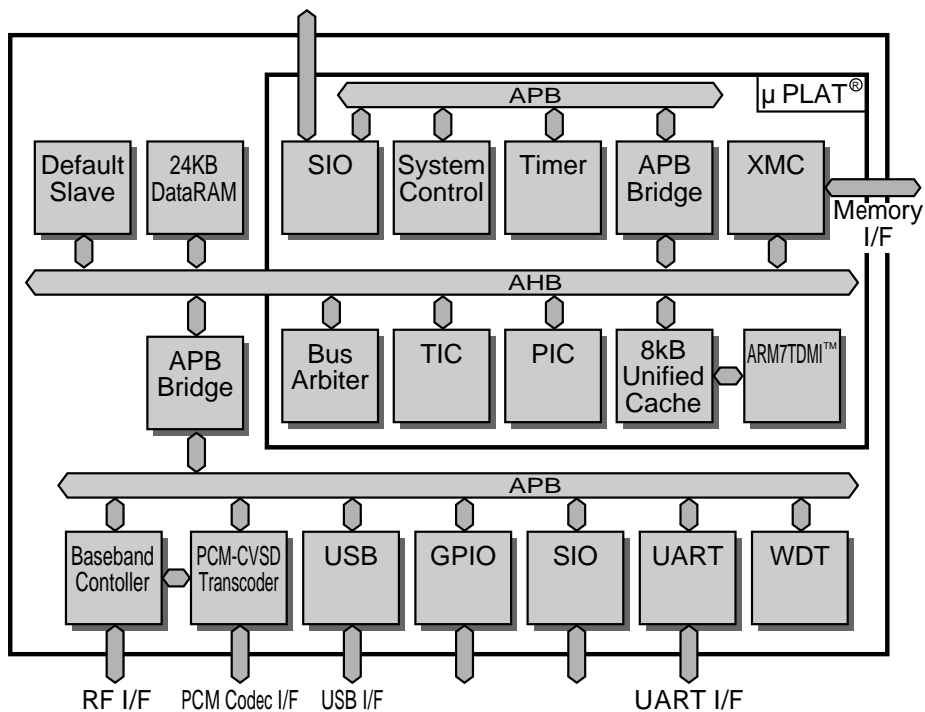


図 1 BB-LSIのブロック図
Fig. 1 Block diagram of the BB-LSI

* 4) AMBA[™]は、英国ARM社の商標。

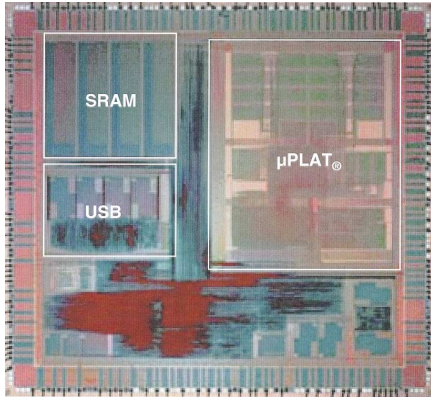


写真1 BB-LSIのチップ写真
Photo 1 Die photograph of the BB-LSI

(2) USB

APB(2サイクルアクセス)のバススピードがネックにならないよう、既存マクロに対してそのデータ転送幅を32ビットへ拡張し、また8, 16, 24, 32ビットのデータ幅でアクセスできるようにUSBのインタフェース部、およびAPB仕様を本LSI用に拡張した。

(3) UART

既存マクロにAPBインタフェース部を追加した他、高速転送実現のためにボーレートジェネレータを本チップのクロックジェネレータ部へ移動させ、最大転送速度920kbpsを可能とした。

2.4 設計手法

本LSIでは、USB、UARTなどいくつかの既存マクロを流用したが、そのアプリケーションインタフェース部分に関してのみAPB仕様に対応するような変更にとどめ、設計期間の短縮を図った。

LSIの検証については、マクロ単体で検証可能なように、AHB、APBを直接テストバスとして外部端子から制御できるようなテスト回路を内蔵した。これにより、マクロごとにクリティカルなテストパターンを短サイクルで効率よく行うことが可能となった。全体の検証については、C言語をベースとしたテストプログラムを記述し、LSI動作シーケンス、バス制御などすべてを高レベルな形で表現することで、LSI検証の煩雑性を削減することができ、より短期間で品質の高い検証環境を構築することができた。

表2 RF-LSIの諸元
Table 2 Features of the RF-LSI

| | |
|--------|---------------------------|
| プロセス | 0.35 μm CMOS 4層メタル |
| パッケージ | 48ピン BGA |
| チップサイズ | 4.0 × 4.5 mm ² |
| 消費電流 | 送信時 55 mA 受信時 34 mA |
| 送信電力 | 0 dBm (1mW) |
| 受信感度 | -80 dBm |

3. RFトランシーバLSI

3.1 RF-LSI概要

RF-LSIは、Bluetooth規格1.0Bの無線通信に必要とされる2.4GHz帯の無線インタフェース機能を1チップに集積化したLSIである。従来、このような高周波帯域の信号処理にはガリウム砒素(GaAs)、パイボラあるいはBi-CMOSプロセスを採用したLSIが使用されてきた。

当社では、従来より研究開発を進めてきた高周波回路技術、素子モデリング技術等により、低コストで製造可能なCMOSプロセスで高周波LSIを開発可能とした。

表2に今回開発したRF-LSIの諸元を示す。

3.2 RF-LSIの構成

図2にRF-LSIのブロック図を示す。LNA (Low Noise Amplifier), IRM (Image Reduction Mixer), リミッタ

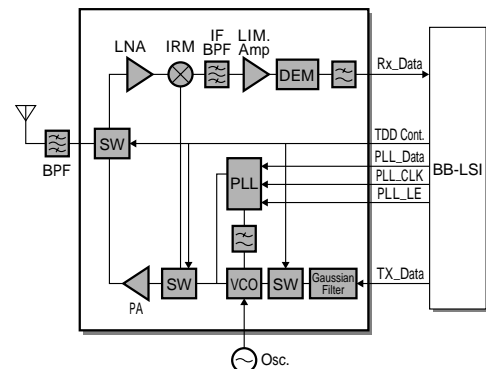


図2 RF-LSIのブロック図
Fig. 2 Block diagram of the RF-LSI



写真2 SDKボード
Photo 2 SDK board

アンプ (LIM. Amp) , IF (Intermediate Frequency) 部バンドパスフィルタ (IF BPF) , 復調器 (DEM) からなる受信部と, ガウスフィルタ (Gaussian Filter) , VCO (Voltage Controlled Oscillator) , パワーアンプ (PA) からなる送信部に分けることができる。

受信部は, SAW (Surface Acoustic Wave) フィルタを必要としないLow-IF方式を採用した。送信部は, BB-LSIより送られたデジタル信号をガウスフィルタで波形整形した後, VCOの発振周波数を直接変調するダイレクト変調方式を採用した。

RF部にパワーアンプ, 送信・受信切り替えスイッチ (SW) を内蔵することで外付け部品を削減するとともに, IFバンドパスフィルタの自動周波数調整回路の採用により, 出荷時の調整コストを削減でき, その結果, 装置のトータルコストを低減することが可能となった。

4. 開発キット

前述したBB-LSIとRF-LSIを組み合わせて, システムのハードウェア, ソフトウェアの開発が可能, システム開発キット (以下SDKという) を用意した。

ボード上に, SRAM 512KB, Flash ROM 1MB (ソケット実装) , チップアンテナ, アンテナフィルタ, 基

準クロック発生器等を搭載し, Bluetoothモジュールとしても使用可能な構成となっている。

さらに当社の音声用PCM CODEC (Coder Decoder) MSM7702-01を搭載しており, スピーカおよびマイクを接続することによりBluetoothによる音声伝送が可能となっている。

JTAG (Joint Test Action Group) インタフェースに, シリアル変換ボード (OKI ADI ボード) を通してデバッグ用パーソナルコンピュータと接続し, ARM社の提供する開発用ソフトウェアを用いて, ハードウェア, ソフトウェアのデバッグが可能である。

写真2に, SDKの概観写真を示す。ボードサイズは, 約100 mm × 130 mm × 30 mmである。

5. あ と が き

本稿では, Bluetooth規格1.0Bに基づいて開発した, BB-LSI (ML7051LA) とRF-LSI (ML7050LA) からなるチップセット, ならびに開発キット (SDK) について述べた。

これらチップセットと, 別途開発したBluetoothソフトウェアを組み合わせると, 容易にBluetooth機能を有するシステムが実現可能となる。

今後, BB-LSIに関しては, チップサイズ縮小のために, 0.18 μ m-CMOSプロセスの採用を進めるとともに, SPAの特長を生かして, ASCP (Application Specified Custom Products) への展開を進めていきたい。

RF-LSIに関しては, CMOSに特化しながら, さらなる高性能化, 低消費電力化のための, 受信方式, 回路方式の検討を進めていくつもりである。

6. 参 考 文 献

- 1) Bluetoothケータイ・PCを席捲, 日経エレクトロニクス, No.759, pp.139 ~ 163, 1999年12月13日
- 2) Bluetooth SIG: Specification of the Bluetooth System Core v1.0B, 1999年12月1日
- 3) Bluetooth SIG: Specification of the Bluetooth System Profiles v1.0B, 1999年12月1日
- 4) <http://www.bluetooth.com/>