

小型・低消費電力 LSI 技術

System LSIs for Superslim PC

岡本 光正
OKAMOTO Kosei

富安 雄一
TOMIYASU Yuichi

中村 伸隆
NAKAMURA Nobutaka

当社はノートパソコン(ノート PC)に注力し、ノート PC に必須(す)の要素技術の開発を行ってきた。今回、これらの技術を発展させ、超薄型・軽量ノート PC(スリム PC)実現のためのシステム LSI を開発した。このシステム LSI の開発にあたっては、最先端の半導体技術を使用することにより、ノート PC のほとんどの機能を二つの LSI 上に集積することに成功した。また、限られたバッテリー容量で、長時間のノート PC 駆動時間を確保できるように、最先端の低消費電力機構を採用した。これらシステム LSI の開発には、長年にわたり培ってきたノート PC 用システム LSI 開発技術とその設計環境が生かされており、互換性や高品質設計に貢献している。

Toshiba has been focusing on notebook PCs and developing advanced technologies for notebook PC systems. In order to realize a superslim PC, we have developed new system LSIs utilizing these advanced technologies. We have integrated almost all notebook PC functions on only two LSIs using submicron semiconductor technology. Moreover, we have adopted a new power-saving architecture to extend system operating time with the limited capacity of a secondary battery.

Our long accumulation of experience in the field of notebook computers enables us to develop superior PC system LSIs of high compatibility and high quality.

1 まえがき

スリム PC の開発には、高機能・高性能でありながら、小型で低消費電力のシステム LSI の開発が求められた。これらの要求にこたえるため、先端の半導体技術を用いてわずか二つのシステム LSI 上にノート PC の機能を集積するとともに、低消費電力機構を盛り込み、スリム PC システム全体の消費電力制御を行い、低消費電力化を行った。また、ノート PC では従来機種との互換性が重要であることから、回路ブロックの再利用などの新設計手法を用いた。

ここでは、スリム PC 用に開発したシステム LSI 仕様と、それらのシステム LSI の開発に用いた設計手法について述べる。

2 スリム PC システム

スリム PC の基本システム構造は、ノースブリッジと呼ばれる CPU-PCI(Peripheral Component Interconnect)バスブリッジおよびメモリ制御などを行うシステム LSI(Cello-SS)ならびにサウスブリッジと呼ばれる PCI-ISA (Industry Standard Architecture)バスブリッジおよび PCI コアロジックを内蔵するシステム LSI(Sydney)の二つのシステム LSI に集積し、プリント基板面積の大幅な削減を行った。図 1 にシステム構成を示す。

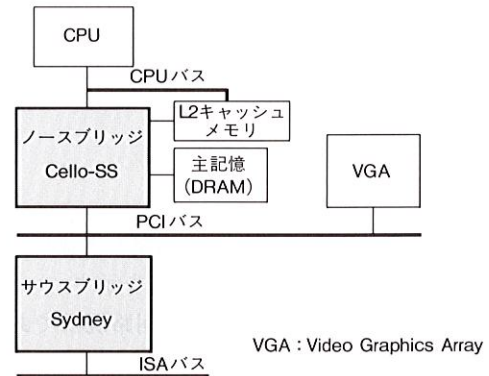


図 1. スリム PC の基本システム構成 Cello-SS, Sydney の二つのシステム LSI からなっている。

Basic configuration of Cello-SS and Sydney system LSIs for superslim PC

2.1 スリム PC 薄型化を支えるシステム LSI 高集積技術

Cello-SSは、スリム PC で採用した MMX^{®(注1)} テクノロジ Pentium^{®(注2)} プロセッサに対応している。また、スリム PC 三機種に同一システム LSI を使用するため、最大 512 K バイトまでのレベル 2 キャッシュ(L2 キャッシュ)コントローラと、192 M バイトまでの主記憶(DRAM)コントローラを内蔵した。

また、DMA(Direct Memory Access)コントローラや割込

(注 1)、(注 2) MMX, Pentium は、インテル社の商標。

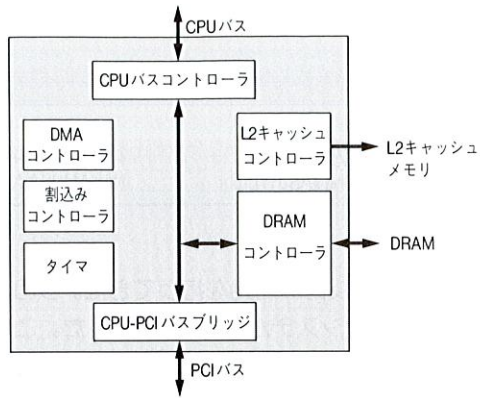


図2. Cello-SSの内部構成 約60万トランジスタの回路規模で、480ピンBGAパッケージを用い小型化している。

Block diagram of Cello-SS system LSI

表1. システムLSI Cello-SSの仕様

Specifications of Cello-SS system LSI

項目	仕様
バスインタフェース	66 MHz Pentium [®] バス 33 MHz PCIバス
主記憶容量	最大192 Mバイト
L2 キャッシュ容量	最大512 Kバイト
内蔵機能	DMA コントローラ 割込みコントローラ タイマ
半導体プロセス	0.5 μCMOS
パッケージ	480ピンTBGA

TBGA : Tape Ball Grid Array

みコントローラなどのシステム周辺回路も内蔵した。図2にCello-SSの内部構造を、表1に仕様を示す。

Cello-SSは約60万トランジスタの回路規模であり、小型化を実現するために、480ピンBGAパッケージを用いた。このパッケージを使用することにより、1.27mmのボールピッチで35mm×35mmの外形に収めている。また、BGAパッケージを採用していることからプリント基板への放熱効率が低い。

一方、SydneyはスリムPCに要求されるすべての周辺機器コントローラとPCI-ISAブリッジを内蔵している。また、ハードディスクとのデータ転送を高速に行うため、バスマスタIDE(Integrated Device Electronics)コントローラを採用した。図3にSydneyの内部構造を、表2に仕様を示す。

Sydneyは約70万トランジスタの回路規模をもち、2チャンネルのPCカードをサポートするため、552ピンBGA(Ball Grid Array)パッケージを用いた。多ピンであるにもかかわらず、1.0mmボールピッチという微細化技術を使用することにより、31mm×31mmの外形に収めている。

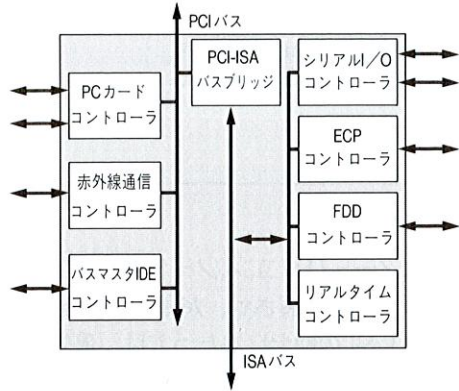


図3. Sydneyの内部構造 スリムPCに要求されるすべての周辺機器コントローラとPCI-ISAブリッジを内蔵している。

Block diagram of Sydney system LSI

表2. システムLSI Sydneyの仕様

Specifications of Sydney system LSI

項目	仕様
バスインタフェース	33 MHz PCIバス ISAバス
内蔵機能	2チャンネルPCカードコントローラ 赤外線通信(IrDA 2.0)コントローラ バスマスタIDEコントローラ 2チャンネルシリアルI/Oコントローラ ECPコントローラ FDDコントローラ リアルタイムクロック
半導体プロセス	0.5 μCMOS
パッケージ	552ピンTBGA

ECP : Extended Capabilities Port

2.2 スリムPC動作時間を延ばす低消費電力機構

スリムPCでは、軽量化のためバッテリーの容量が限られている。限られたバッテリーでスリムPCの駆動時間を延長し、薄型筐(きょう)体の中での発熱を削減するために、低消費電力機構を開発した(図4)。

スリムPC内でもっとも電力消費が大きいのはCPUである。Cello-SSでは、システムの状態に応じてCPUへのクロックを停止するストップクロック機能と、周期的にCPUをアイドル状態にするストップグラント機能をサポートしている。この機能により、Windows^{®(注3)}上で動作する専用の省電力ドライバが、システムの負荷を監視しながら、Cello-SSに対してストップクロックを実行したり、ブレイクしたりする。また、筐体内の発熱が上昇したりバッテリー残量が減ってきた場合は、強制的にストップグラントを実行して、発熱を下げたりバッテリー残存時間を延ばす。

(注3) Windowsは、Microsoft社の商標。

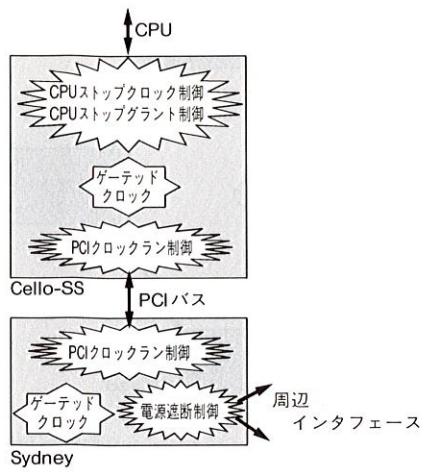


図4. 低消費電力機構 スリム PC 用システム LSI に用いられている電力制御機構。

Power-saving mechanism of system LSIs for superslim PC

また、Cello-SS、Sydney はともに PCI クロックラン機能をサポートしている。PCI バスに接続されるデバイスが停止状態にある場合には、Cello-SS により PCI クロックを停止させる。PCI クロックが停止している場合は、Cello-SS は通常の 1/2 に、また Sydney はほとんどが PCI クロックで動作しているため通常の 1/10 に、おのおのの消費電流を低下させることができる。

Sydney では、接続される機器が停止状態にあることを認識すると、その機器のデバイスドライバにより、機器コントローラ部の電源を遮断する機能をもっている。この機能を実現するため、Sydney は内蔵する周辺機器コントローラごとにシステム LSI 内部で電源が 7 系統に分離されている。

Cello-SS、Sydney の内部回路は、動作状態にないときにはクロックが停止され、消費電力が 0 になるようにゲートドクロック技術を用いて設計されている。

3 システム LSI の開発環境

PC のシステム LSI では、従来機種との互換性が重要である。また、PC 市場は変動が激しく、これらのシステム LSI の開発は短期間に行わなければならない。スリム PC 用システム LSI の開発では、短期間に互換性を含む高品質の設計を行う手法を構築した。

3.1. 再利用回路による互換性確保

当社のノート PC には、従来から自社開発のシステム LSI を搭載してきた。これらの設計データは VHDL (Very High speed logic Description Language) 言語を用い、高位システム記述 (RTL : Register Transfer Level) で記述されている。この RTL 記述された設計データは、論理合成 CAD

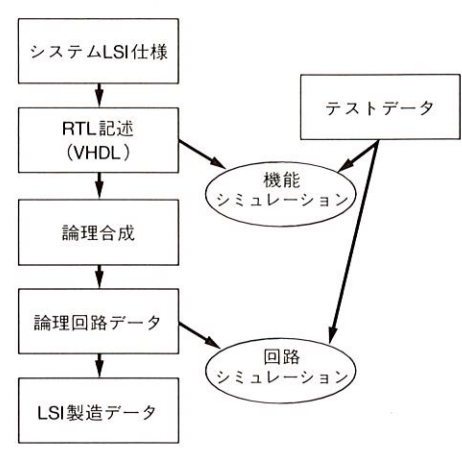


図5. 回路設計の流れ VHDL により RTL 記述された設計データは LSI 製造データとなる。

Design flow of RTL description with VHDL

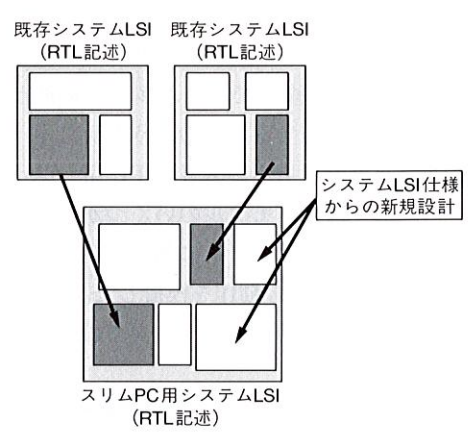


図6. 設計データの再利用 既存システム LSI 回路設計データの新規システム LSI への再利用の仕組みを示す。

Reuse of system LSI design data

を用いて論理回路に変換され、実際の LSI の製造データとなる (図 5)。

今回のスリム PC 用システム LSI の開発では、従来のノート PC 用システム LSI に用いられた回路設計データを上述の RTL 記述で再利用することにより、短期間に互換性をもったシステム LSI を開発することができた (図 6)。

また、再利用された回路のテストデータも、再利用設計データの一部として使用し、新規設計システム LSI に機能的バグが発生するのを回避した。

3.2 システム全体モデルによる高品質設計

スリム PC 用システム LSI は大規模な回路であり、また、低消費電力機能などの新しい機能も付加されている。このようなシステム LSI の開発にあたって、設計品質確保のために、システム全体のモデル化を行い、可能な限り実システムと同一の動きをするシミュレーションを行った。

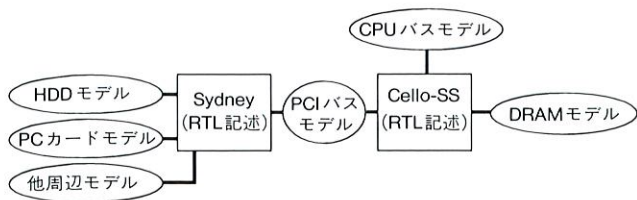


図7. スリムPCシステムのモデル 機能シミュレーションのためのスリムPCシステムのモデルを示す。

Slim PC system model for function simulation

システム全体モデルの構築には、CPUバスモデルやPCIバスモデルといった市販モデルを利用するとともに、PCカードやハードディスクドライブのような周辺機器のモデル作成を行った。

図7にスリムPCシステムのモデルを示す。

3.3 ランダムシミュレーションでの多重動作確認

PCシステムの動作は複雑であり、多くの機能が同時に異なるタイミングで動作する。このようなテストデータの作成は、事実上不可能である。スリムPC用システムLSIの開発では、システム全体モデルのいくつかの機能ブロックに対し、乱数によってランダムに動作を発生させる記述を付加し、実システムの複合動作を模擬した。これにより、設計者が予見しなかった動作タイミングでの動作確認を行うことができた。

3.4 再利用タイミング設計による高信頼性

大規模システムLSIの開発における一つの課題にタイミング設計がある。複雑な回路をまたがる膨大な信号経路の遅延対策を確実にを行うため、次のことを行った。

- (1) 再利用タイミング解析条件の流用
- (2) レイアウト結果比較ツールの使用

(1)では、再利用した回路設計データに付随したタイミング解析条件を静的タイミング解析CADに適用することにより、タイミング解析の効率化を図った。

また、信号遅延は半導体ベンダーが行うレイアウトによっても異なってくる。再利用回路の過去のレイアウト結果と今回のレイアウト結果を比較するツールを開発することで過去の信号遅延と今回の信号遅延を比較し、その差が大きくなった部分に解析を集中することによりタイミング解析漏れをなくすことができた。

図8にタイミング解析の流れを示す。

タイミング解析でも、設計データの再利用により、確実に短期間にシステムLSI開発を行うことができた。

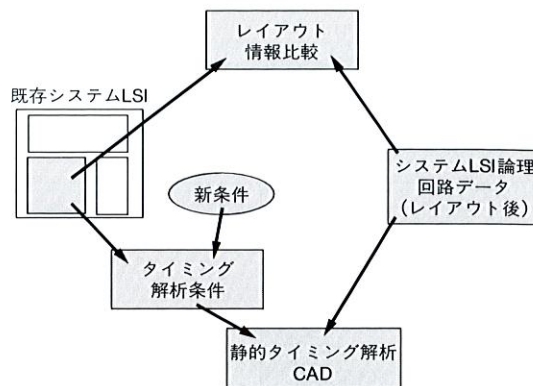


図8. タイミング解析の流れ システムLSI開発に用いた信号遅延解析手法で、確実に短期間にシステムLSIの開発ができた。

Signal delay analysis method for system LSI

4 あとがき

当社は、長年にわたりノートPCの開発に注力してきた。その開発設計資産を継承し、さらに先進のノートPC技術を加味してスリムPCのシステムLSIを開発した。このシステムLSIにより、スリムPCの薄型化、軽量化を達成した。このシステムLSIの実現には、半導体技術やソフトウェア技術の進歩も大いに貢献している。当社は、今後も最先端のシステムLSI技術を用い、さらに商品価値のあるノートPCの開発を行っていく所存である。

文献

- (1) 粟津浩一, 他, 超小型携帯パソコン“Libretto”. 東芝レビュー, 51, 6, 1996, p.71-74.
- (2) 的場 司, 他, システムオンチップ技術, 東芝レビュー, 53, 5, 1998,



岡本 光正 OKAMOTO Kosei

青梅工場 コンピュータLSI開発センター部長。
システムLSIの開発に従事。
Ome Works



富安 雄一 TOMIYASU Yuichi

青梅工場 コンピュータLSI技術開発担当主務。
システムLSIの開発・設計に従事。情報処理学会会員。
Ome Works



中村 伸隆 NAKAMURA Nobutaka

青梅工場 パソコンハードウェア設計部主査。
パソコンハードウェアの開発に従事。電子情報通信学会
会員。
Ome Works