半導体、どこまで進化

東京大学国際産学共同研究センター
生産技術研究所教授
桜井 貴康

システムLSI追求

システムLSIでいかにもうけるか。これは今、日本の半導体企業が懸命に取り組んでいる課題である。半導体メモリー全盛の数年前まで、大量に汎用品を作ることが半導体ビジネスの根幹だった。しかし、メモリー価格の落ち込みがからシステムLSIにビジネスの重心が移ってきている。システムLSIとは複雑なシステム機能がシリコンチップに搭載されたもので、四千万トランジスタが集積されたシステムLSIまで開発されている。

半導体市場は今年から、以前の力強い成長に戻ると予測されているが、市場構成比を見るとメモリーからロジックやプロセッサーなど、システムLSIの構成要素への転換が見られよう。半導体産業の新しい挑戦が始まったと言える。

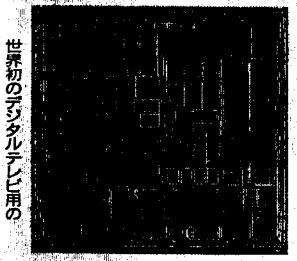
異なる製品や電子システムには異なるシステムLSIが必要だ。すなわち、メモリーに遅って異なる半導体LSIを使うと最終製品の性能が遅くてくる。メモリーの場合は汎用品なので、どこのチップを使っても同じだったそのため、メモリーの時代には他社の動向に合わせた形でLSI新製品を開発すればビジネスができたが、システムLSIではそうはいかない。他社にない機能を持った半導体製品を提供しなければカスタマーがつかないからである。他ではまねできない、他にはないシステムLSIを提供する必要がある。

ワンチップに多機能

各社、独自の技術を提供

システムLSI時代には「他がやっているからやる」という方針から「他がやってないからやる」または「他がやっているならそれは他に任せよう」という態度に転換する必要がある。

例えば、二〇〇〇年に向けて整備が進んでいるデジタルテレビの心臓部をつかさどるシステムLSIの開発が磁んだ。このLSIはMPEG2フォーマットと呼ばれるデジタル画像信号を解読するのみならず、エラー訂正や任意のサイズの複数ウインドーに画像を表示したり、文字を画像の上に重ねたりと複雑な機能をワンチップに集積している。各社は独自の機能の追求に懸命だ。（チップ写真参照）



世界初のデジタルテレビ用のワンチップシステムLSI

どうなる15年後

クロック周波数16倍、メモリー1000倍

指数関数的に急進展

ビジネスがシステムLSIへ向かっている一方で、システムLSIを作る技術は非常に進化してきた。現在は〇・二ミクロン程度の細いパターンまで加工できるようになっている。

今後とも素子はますます小さくなり、ワンチップ上にもつけるか」の心構えは「自分の強い所を良く考え、一番になれるところに集中、専念して自らのユニークさを発揮してゆく」ということになる。

かり取りが難しい時代になったとも言えるが、技術者、研究者のアイデアや技量がビジネスに直接関係する面白い時代になったとも言える。

ビジネスがシステムLSIへ向かっている一方で、システムLSIを作る技術は非常に進化してきた。現在は〇・二ミクロン程度の細いパターンまで加工できるようになっている。

今後とも素子はますます小さくなり、ワンチップ上の素子数は三年で四倍という指数関数的な速度で増え続けると考えられている。素子を小さくするとチップの性能は高くなり、コストは安くなるためだ。

では、将来どこまで進化を遂げるのだろうか。各国の半導体産業界が協力して作った未来シナリオが公表されている。そのロードマップを参考に、十五年後の達成目標と現在の技術レベルとを比べてみると、生活を豊かにする最近のシステムも突き詰めて作った形で半導体の恩恵にあずかっていることがわかる。

このモーターが回っている限り、より高機能な電子システムを安く提供でき、だれでもいつでもどこでも楽しめる情報化社会にも新しい展開が期待できる。

半導体産業広告特集

広がる応用範囲

人体にも移植可能

期待のバイオエンジニアリング

最近、日本の半導体メーカーから発表されたリコンフィギュラブルLSIは柔らかいハードウエアの代表で、半導体の応用範囲を広げるものと期待されている。

（写真参照）。半導体の全く新しい応用も研究されている。生物に移植可能なチップという分野などだ。半リウ教授によれば、このような人体に埋め込むチップは、光センサーからの信号を神経に伝達することで、目の不自由な方が点字のアルファベットを認識できる。

この研究を行っている米国ノースカロライナ大学の

日本の半導体メーカーが作った柔らかいハードウエアであるリコンフィギュラブルLSI。だれにでもすぐに高速チップが実現できる

ゲノムチップと呼ばれる、人の遺伝子情報の解析時間を何けたも早める半導体チップも研究されている。

人間には精神的な欲求が存在する。精神的な欲求には情報化社会で対応できることも多い。一方、物質的な欲求の充足にはバイオエンジニアリングが欠かせない。バイオエンジニアリングは将来百兆円をはるかに超える市場になるとも言われている。

この分野で半導体は何ができるのか。期待が膨らむ分野の一つだ。

半導体は、一方で微細化という最的な進化を追求しつつ、今後の環境、高齢化といった新しい問題に対応するための模索を続けている。

低電圧化どこまで

◎・二ボルトでの室温動作可能

電力消費、従来の1/10以下にも

先に述べた十五年後の目標は、単に時間がたてば達成できるというものではない。実際は多数のブレークスルーに期待している。表でもわかる。

では、どこまで低電圧化が進むのだろうか。公式には一九九四年に〇・二ボルトの電圧で室温動作したという報告がなされている。最近、共同研究している米国の研究者から〇・一二ボルトで掛け算器が動作したという電子メールを受け取った。もちろん、これらは取りあえず動作したというだけで、漏れ電流の増加など実用に供するには課題も残されている。しかし、とにかく動いたというのは明るいメッセージである。

省エネルギーという意味では、半導体だけでなく、ソフトウエアとハードウエアが一緒になって低電力を達成しようという試みも始まっている。

このような協調した努力でムダな動作エネルギーを極力使わないようにして電力を従来の十分の一以下にできることが分かってきた。このような技術は環境問題やエネルギー問題を解決するための一つのかぎになりえよう。

利だ。例えば、電圧が五分の一になれば、電力は二十五分の一になる。

しかし、このような低電圧では現在の回路は動かなくなる。これらは取りあえず動作したというだけで、漏れ電流の増加など実用に供するには課題も残されている。

微細化はどこまで

0.014マイクロメートルの動作報告

絶縁層の漏れ電流が課題に

では、微細化はどこまで続くのだろうか。これに関して、〇・〇一四ミクロンのトランジスタが動作したという報告が日本の研究者によってなされている。これまた、実用化には程遠いが、原理的に動いたという二ュースには希望が持てる。

しかし、現在でもトランジスタに使われている絶縁層は、すでに十原子層程度というように極めて薄い。これから、より薄くする必要があるが、このように薄くなると通常は電気が流れない絶縁層でも漏れ電流が流れるといった異常現象が出てくる。この辺の課題に対しては今、世界中の半導体製造エンジニアがブレークスルーにチャレンジしている。

微細化技術の進展は、その他の問題も提示してきている。メモリーをプロセッサーと一緒にしたシステムLSIが開発される一方で、システムLSIの開発費は億円の単位になってきている。微細加工に必要なマスクが高額になってきたためである。マスクとは、写真版のことだ。こんなに高価になると新しいアイデアでLSI技術を使える人が限られてしまう。みんなのための半導体はどこに行ってしまうのだろうか。プロセッサーをプログラムするだけでは速度もコストも間に合わない用途も多い。

このような問題を解決するために、LSI上のハードウエア構成まで電気的に瞬時に変えられるLSIが注目されている。

15年後の半導体予想

項目	1999年	2014年目標
最小の線幅	0.2ミクロンメートル	0.03ミクロンメートル
チップサイズ	400平方ミリ	2200平方ミリ
クロック周波数	1ギガヘルツ	16ギガヘルツ
メモリーの容量	10億ビット	1兆ビット
電力	100ワット	200ワット
動作電圧	2ボルト	0.4ボルト
動作電流	50マイクロアンペア	500マイクロアンペア
配線層の数	6層	10層