

真の「道具」としての LSI・半導体

金沢大学 理工学域 電子情報学類 教授 秋田 純一

公益財団法人北九州産業学術推進機構 安藤 秀幸, 竹内 修三, 上野 孝裕



(左から) 金沢大学 秋田 純一, 北九州産業学術推進機構 安藤 秀幸, 竹内 修三, 上野 孝裕



はじめに

公益財団法人北九州産業学術推進機構におけるナノテクノロジープラットフォーム微細加工拠点「共同研究開発センター」では、半導体集積回路 (IC) を試作するための設備と独自の CMOS プロセスを保有しており、だれでも簡単に IC チップの試作をすることができる。この特徴を活かし、これまで多数の大学・研究機関・企業による研究開発向け IC 試作の技術支援を行ってきた。今回、金沢大学 理工学域 電子情報学類 秋田純一教授による「Lチカ (LED チカチカ 回路) の試作支援を実施したので、その製作過程も含めて写真・動画付きで紹介する。



1. 研究の背景

半導体技術、特に集積回路に関する技術は、ムーアの法則に基づく微細加工技術の進展により継続的な進化を遂げてきた。その結果、コンピュータの劇的な高性能化・小型化・低価格化が達成され、それらは現代の高度情報化社会や、その先のユビキタス社会を支える重要な基盤となってきた。

その一方で、半導体技術、特に設計技術と製造技術が高度に複雑化・専門化されたことにより、それらに要するコスト (人的コスト, ツールのコスト, 製造工程のコスト) が急激に増大した。特に設計コストと製造のための初期投資費用の高騰は、半導体製品の極度なアプリケー

ション特化と、その初期費用投資の回収の観点からの必要量産数の増加という現実と直面している。その結果、半導体製品が使用される電子機器の市場動向や製品動向に、半導体産業が技術的にも経済的にも大きく依存せざるを得ない状況が長く続き、そのことが、本来は基盤技術であるはずの半導体産業の健全な発展を阻害する要因となっている場合が多い。

本研究では、このような半導体技術、特に集積回路技術の現状を鑑み、微細化・高性能化・高度化とは異なったアプローチによる集積回路技術の進化を模索する試みについて述べる。



2. ムーアの法則と半導体のパラダイム

ムーアの法則による微細加工により、同一チップ内に集積することができるトランジスタ数が増大し、またそれに伴って電源電圧の低減が可能となる。その結果、同一チップに集積される機能は増大し、あるいは同一機能を実現するのに必要なチップサイズが縮小されることで、小型化・低コスト化が実現されてきた。

このような半導体製造技術の微細化の進展の結果、製造のための費用、特に製造装置の費用が高騰し、もはや一企業でそれを維持・更新することは極めて困難となってきている。また同一チップに集積される回路規模の急激な増大により、その設計・検証のためのコスト (人的コスト・ツールのコスト) も急激に増大してきた。これらの半導体製造にかかる費用高騰により、半導体産業は

前述のような困難に直面しつつあり、それに対する解決策の模索と産業としての生存競争が繰り返されている。

一方、このムーアの法則がもたらす「低価格化」について、別の側面からの考察を加えることができる。すなわち半導体集積回路自体の低価格化は、単なるそれが使われる機器の低価格化にとどまらず、集積回路製品の使われ方のパラダイムそのものを根幹から変えうる可能性を秘めている。

例えば、コンピュータの小型化・低価格化は、パーソナルコンピュータの誕生と普及という効果があったわけであるが、それとは別次元の効果として、いわゆる「マイコン」の誕生がある。「マイコン」とは、教科書に載るレベルの基本的なアーキテクチャのコンピュータに、メモリや周辺回路を集積したものであり、それに使われる製造技術は、高性能プロセッサのような最先端の微細加工ではなく、数世代も前のものである。すなわちマイコンは、いわば「枯れた」技術の集積であるといえる。ところがこのような枯れた技術の集積であるマイコンでも、「コンピュータの使い方」そのものを根幹から変えうる可能性と、それに伴う半導体製品の市場の質的・量的な拡大の可能性を秘めている [1]。

例えば LED を点滅させる「Lチカ (LED チカチカ)」は、以前は発振回路を用いて実現するのが一般的であった。

もちろん PC の USB ポートにインタフェース用の IC を介して LED を接続し、プログラム制御によって LED を点滅させることは可能である (図 1-a)。しかし、たかが LED の点滅ごときの用途のためだけに、パーソナルコンピュータを使うのは、さすがに「もったいない」といえる。すなわち、パーソナルコンピュータを用いた Lチカは、可能であるが現実的ではない。

ところが同じコンピュータでも、マイコンであれば、Lチカが可能であることはもちろんであるが、費用面や機能面などの様々な面で、「マイコンによる Lチカ」は、現実的な方法となる (図 1-b)。すなわち、枯れた技術の集積であるマイコンが、コンピュータの使い方のパラダイム自体を変え (広げ)、それにあわせて半導体製品市場の質的・量的な変化をもたらした、と見る事ができる。

一般に、技術の進歩には、進化と普及の両面が重要である。「技術の進歩」が世の中を変えてきたことはもちろんであるが、「技術の普及」も、それと並ぶか、あるいはそれ以上に、これまでもいろいろな分野でいろいろな影響を及ぼしてきた。例えば動画編集は、かつては映画監督しかできなかった「特権」であったが、いまでは PC でフリーウェアの動画編集ソフトを使って誰でも楽しむことができる。すなわち、動画編集ソフトや YouTube などの公開手段が、動画技術を「普及させた」といえる。

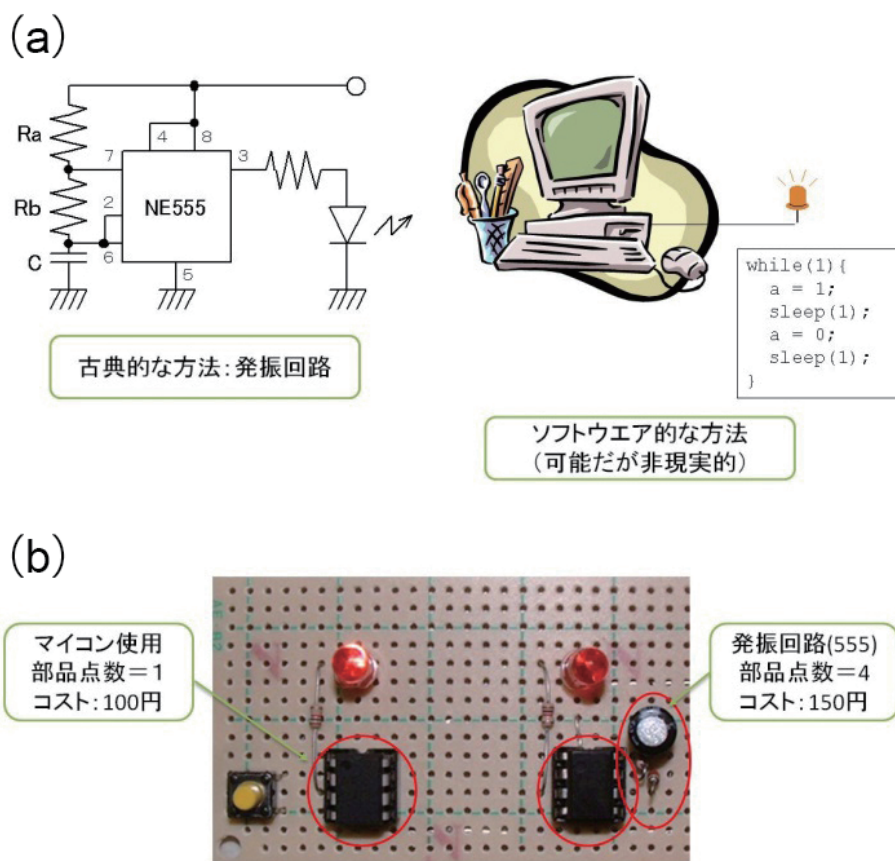


図 1 Lチカのパラダイム

他にも例えばプリント基板の設計も、かつてはCADも高価で、製造（特にイニシャルコスト）も高価で、とてもアマチュアが手を出せるものではなかったが、近年はフリーウェアのCADや、安価な小ロット製造サービスが現れ、アマチュアでもプリント基板をつくるようになった。近年顕著な3Dプリンタやレーザーカッターなどが起こしつつある製造業の変革も同様である。このような「技術の普及」は、技術者にとってはとてはかに関心が薄いものでありがちである。しかし前述のマイコンの誕生と、それに続く、近年のArduinoに代表される「フィジカルコンピューティング」の概念とそれがもたらす製造業の質的・量的な変革は、無視できるものではなく、むしろここから多くを学ぶべきである [2][3]。



3. 半導体技術の普及とイノベーション

一方、半導体技術、集積回路技術に目を向けると、前述のように、それに要する費用の高騰とそれに伴う高度な専門化により、「技術の普及」が阻まれている。すなわち、集積回路を設計・製造する技術・手段は、本来は「作りたいものを実現するための手段」であるはずが、現状では一部の「持てるもの」の特権となっており、必要な全ての人・ユーザが手にすることはできない。そのため、現状では大半のユーザには、「いまある半導体製品」を使ってできること、という制約が存在し、発想も事業の進め方も、その枠を超えることは困難な場合が大半である。

ここで、逆に、それらの制約が存在しない未来を考えてみる。すなわち、例えばプリント基板が歩んできた道のように、設計技術・設計CADが一般化して誰でも使えるようになり、安価で素早い小ロットの試作サービスが実現し、設計・製造のための知識が十分に共有され、誰でも手軽に集積回路を作って使う（そして失敗する）経験をふむことが現実となったとする。そうすると、現在からは想像がつかないほどユーザの幅が広がり、かつては半導体を使ったことすらない層にまでユーザが広がり、彼らが、半導体技術者が想像すらできない使い方、アプリケーションを考案し、実装していく。これらは夢物語ではなく、一部では現実におこっている [2]。幸い、ムーアの法則の恩恵により、最先端の微細加工を用いなくても実現可能な技術レベルは高くなっており、それらで要求が達成可能な応用分野の幅は大きく広がっている。すなわち微細化のみが産業としての半導体集積回路の目指すべき道ではない。

このようなユーザ層の質的な変化、特にその特性・興味の多様化は、業界全体の平均では質が低下するものの、その幅が大きく広がり、その中から真のイノベーションが生まれうる素地になることが示されている [4]。すなわち半導体集積回路のユーザの質的な拡大は、半導体集積回路技術の将来のためにも極めて有望な方策であるといえる。



4. 設計方法と実装結果

前述のように、半導体集積回路技術の本格的な普及を阻んでいる要因は、以下のものであると言える。

- 安価・手軽な設計ツール
- 安価・手軽な製造ツール・サービス
- 情報共有のためのユーザコミュニティ

これらの課題を解決する方策を模索するため、「Lチカのためだけの集積回路」を設計・製造した。これは、「Lチカのような単純な用途のためだけにカスタム集積回路をつかう」という概念を具現化するものである。

回路構成はリングオシレータとT-FFによる分周回路、LEDドライババッファからなる構成とした。それらのマスクデータを作成するために、設計ツールとしてフリーウェアの描画ツールであるInkscapeを用い、そこでゲートや拡散、コンタクトなどのマスクを構成する図形を長方形で描画し、最終的にそれをGDSデータへと変換するスクリプトを自作し、マスク作成に必要なGDSデータを作成した。なおDRCと回路抽出・シミュレーションは、今回は既存の専用ツールを使用した。

実際の製造は、北九州学術研究都市の共同研究開発センターのクリーンルームを利用し、他大学の学生の製造工程実習に相乗りした。製造後、金沢大の機材を用いてプリント基板にワイヤーボンディング実装し、電源回路

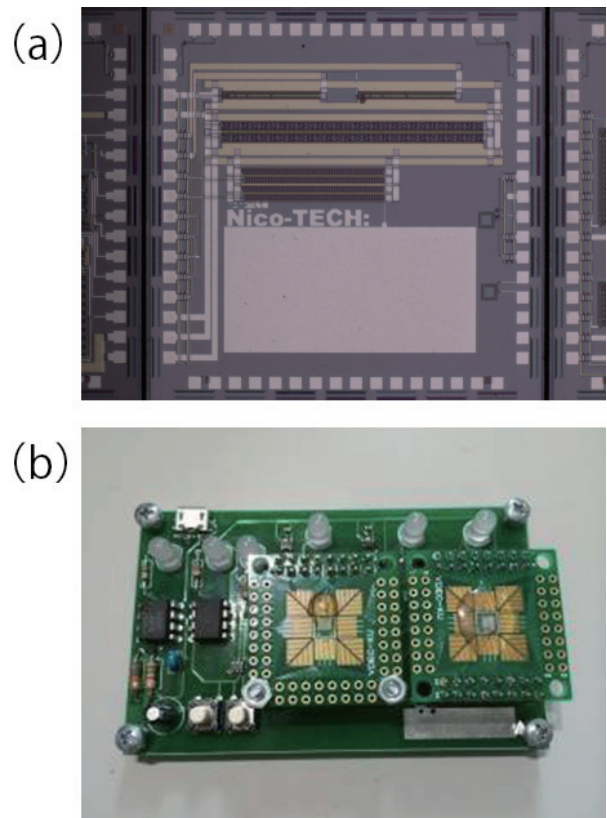


図2 (a) センサつきLチカ専用LSIのチップ写真と、(b) それを実装した基板

などをとりつけて「Lチカ」装置として完成させた(図2ab)。なおその内容と過程は、以下の動画にまとめ、公開している。



<https://www.youtube.com/watch?v=NN1wNf66vXw>

なお今回は、簡易なタッチセンサの機能と光センサの機能のための回路も集積している。



5. 今後の展開

前述の公開動画と、その前作にあたる公開動画では、「わざわざLSIをつくらなくても・・・」「マイコンやFPGAでいいよ」というコメントが多数寄せられた。たしかに「Lチカを実現する手段」としては、カスタム集積回路をわざわざ作る必要はない。しかし前述のように、「つくりたいものの実現するための手段」として「カスタム集積回路をもつ」ことは、「既存の集積回路を使うしかない」という制約がある現状とは、半導体集積回路のユーザとそれらが生み出す世界、イノベーションの質的な変革をもたらす可能性を秘めている。特に今回のLチカ回路に集積したようなセンサ機能は、カスタム集積回路を作らなければ実現できないことの一つであり、その進展や、そのための方策が不可欠である。また現在はまだ普及が不十分な設計技術・ツールや製造装置・技術、およびそれ

らを使いこなすためのコミュニティの進展も不可欠である。これらに向けて、情報共有のWebサイト (http://ifdl.ec.t.kanazawa-u.ac.jp/make_lsi/) を立ち上げ、活動を続けていきたい。



6. おわりに

前出のとおり、当拠点の大きな特徴は、一貫製作可能な「CMOS プロセス」を保有していることであり、CMOS回路を迅速に試作することで、多くの研究開発に貢献している。また、当拠点ではMEMSも製造可能であり、MEMS on CMOSにチャレンジしているところである。

最先端の研究設備と活用ノウハウを有する機関が連携し、共用体制を構築するナノテクプラットフォーム事業の取り組みを活用し、将来的には当拠点が得意とする一貫製作可能なCMOSプロセスを更に高め、また、MEMSとの融合で、半導体製品の更なる小型化・高機能化・低価格化を実現させ、更に安定性を高め、高性能デバイスの研究開発が可能となる環境の提供に努力していく。



参考文献

- [1] 秋田純一、「部品」としてのマイコン・半導体、映像情報メディア学会技術報告, Vol.37, No.29, pp.51-56, 2013.7.
- [2] 秋田純一、ユーザ参加型センシングシステムの可能性、第30回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム予稿集, 6AM2-E-2, 2013.11.
- [3] 秋田純一、電子回路の民主化とその実践、電気学会研究会資料, ECT-14-020, pp.101-106, 2014.1.
- [4] L.Fleming, "Perfecting Cross - Pollination", Harvard Business Review, Vol.82, No.9, pp.22-24 (2004).

(金沢大学 秋田 純一,
北九州産業学術推進機構 安藤 秀幸, 上野 孝裕)



【お問い合わせ】

微細加工プラットフォーム

北九州産業学術推進機構

☎ 093-695-3600

E-mail nano01@hibikino.ne.jp

ホームページ

<http://www.ksrp.or.jp/shisetsu/semicon1.html>