

# クロック，リセット，電源は本当に動いて当たり前か

井倉将実

## 1. 添え物のない料理は料理ではない

今日、日本の技術力は組み込み機器の開発では世界の先陣を切る立場になりました。しかし筆者には“開発”という言葉が、マイクロプロセッサの性能やメモリ容量、小型化、低消費電力化の話に重きが置かれている気がします。個別半導体素子に対する知識や電源回路、クロック生成回路、システム起動方法などは、目の目を見ていないのではないかと思います。

これらのことを不特定多数の技術者に聞くと、中には「電源？ 入って当たり前だし、動かなければ電源屋を呼びつけて修正させればいいから、そんな知識は要らない」、「技術の中核はASIC (Application Specific Integrated Circuit；特定用途向けIC) やFPGA (Field Programmable Gate Array) の開発であって、そんなところをいちいち考えている暇はない」、「会社で使われている標準回路を使えばよい」などと答える“作業員”(not技術者)もいます。

では電源が変動したときにどのような挙動をするのか、クロックが停止したときには問題なく安全停止ができるのか、といったことを理解しているのでしょうか。そもそも上記のような回答をする作業員は、おそらく日々の業務に追われて考える力が不足しているため、問うだけ無駄でしょう。

“メイン・ディッシュ”となるASICやFPGAの開発やシステム全体を制御する組み込みソフトウェアの開発は確かに輝かしいものです。しかし、添え物のない料理は味気なく、それだ

けでは料理として出せません(図1)。回路の中でこの添え物に当たるものが、「電源」、「クロック」、「リセット」であると筆者は考えます。

ところで、ある大学院の研修室で、組み込みマイコンの授業中に、大学を卒業したばかりの学生チームがマイコンの起動で悩んでいました。オシロスコープで原因を調べて対策を施したところ、安定して動くようになりました(写真1)。クロック・ラインに挿入されているダンピング抵抗の値が大きく、全く信号が出なかったことが原因でした。

その後、レビューで対策方法の意味と効果を説明したところ、驚がくの発言が筆者に投げかけられました。

「大学の授業ではクロックのことは教わりませんでした。」

## 2. 学校では教わらないクロックとリセット

確かに筆者の経験を思い直してみても、クロックとリセットについて学術的に系統立てて説明を受けたことはありません。上司がそばに絶えず居て、上司の回路図<sup>(1)</sup>、<sup>(2)</sup>を見たり、個人で技術書を買って上司とレビューしたりしながら覚えた記憶があります(筆者の上司は著名なシステム設計者ばかりだった)。

時がたち、筆者は現在の大学生の方がはるかに恵まれた環境で授業を受けているのではないかと感じていました。しかし、

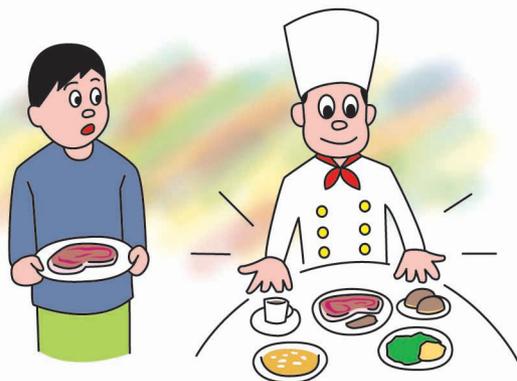


図1 添え物のない料理は味気ない



写真1 東海大学大学院の授業風景

「マイコンの授業」は受けますが、「周辺回路」についての学習時間はほぼ皆無のようです。

大学を卒業して社会で活躍をする技術者は、会社で「メイン・ディッシュ」を学ぶ機会があります。しかし、それが正しく動くかどうかを保証する「添え物」の周辺回路についての知識習得には、社会に入ってから相当数の時間をかけて、なんとかするんだなと思いました。

「大学の授業ではクロックのことは教わりませんでした」

組み込みソフトウェアの業界では、推定9万人強の人材不足がささやかれています。極論かとは思いますが、この一言は、組み込みシステムの下支えを行う組み込みハードウェア設計者の育成に不安を投げかける一言ではないかと感じました。「組み込みシステム設計者の知識の範囲は非常に広く、かつ薄い」というわけです。

### 3. 電源、クロック、リセットは動いて当たり前という幻想

ここからは、実際の開発現場の話になります。

筆者も、マイコン搭載のボードが完成したらすぐに電源を入れてCPUの起動テストを行いたいというのが本音です。

しかし、以下のような前準備をきちんと行っておかないと、場合によっては貴重な試作ボードを破壊してしまうことがあります(実際に破壊した経験もある)。

- 実装部品に間違いがないか目視確認
- 無通電状態で、電源コネクタやICの電源端子がショートしていないか確認
- スイッチング・レギュレータやDC-DCコンバータに付随する電圧設定用抵抗の値を確認
- 電源ユニットに接続して、「こわごわと」電源投入

ここまででやっと、CPUボードを使う準備が終わります。

開発の初期段階ではこのあと、以下のような作業をCPU部分のデバッグと並行して行います(図2)。

- (1) 電源電圧が設定値範囲内か
- (2) クロック周波数は正しいか
- (3) リセット回路の動作は正しいか

(1), (2), (3)を確認すると不具合が見つかる場合もよくあります。例えば、(1)や(2)が正しかったのですが、「JTAGデバッグを経由したときにはCPUが動作しなくてどうなっているんだ」と疑問に思い、ふとりセット・ラインを追いかけてみたことがありました。JTAGデバッグからのリセットとメイン・

リセットICの出力が接続されておらず、JTAGリセットが動作しませんでした。

また、PLL (Phase-locked Loop) という、クロック波形を整形するICに供給する入力信号の周波数が低すぎて、PLLデバイスが動作しなかったこともあります。

これらの動作が不安定なことで、本来行いたいCPUのデバッグには支障をきたします。延々不具合を抱えてしまうと、「メイン・ディッシュ」となるASIC, FPGAの設計や組み込みソフトウェアの開発が進みません。

### 4. クロックとリセットについての知識を深める必要性

実際に開発を進めていく中で、不具合現象に遭遇することも多々あります。

例えば、電源投入直後からすでに異常な状態ではあるものの、しばらくは動作していて、キャッシュ・メモリを有効にしたり内蔵DMA (Direct Memory Access) を使用したりした途端に停止する…ということがあります。これは電源が不安定であること以外に、供給クロックのデューティ比が不安定だったり、クロックの到達時間(配線上の遅延時間)がそろっていないためメモリの読み出し時間に差異が発生したり、という可能性が考えられます。

瞬間停電を疑似的に発生させた瞬停試験を行うと、正しく復帰しないという事例もありがちな不具合です。

低消費電力の組み込み機器では、電池の電圧の低下を検出して割り込みを発行し、安定に停止させます。このとき、CPUや制御ICの一部の機能はまだ動いています。電池を入れ替えるなどして再起動すると、正しく再起動をしてくれない場合もあります。

筆者の設計経験上、これらの不具合はデバッグ作業の初期の段階で確認しておく、かなりの頻度でその後のトラブルを未然に防げます。

「井倉君、製品デバッグは真っ先に電源電圧、クロック、リセットを確認するんだよ。」

16年ほど前に筆者の上司<sup>(1)</sup>からいただいたこの言葉は、今もなお色あせることなく、役に立っています。

このように、メイン・ディッシュのASIC, FPGA, CPUをおいしくいただくためには、添え物の周辺回路もおいしくいただく必要があります。

