

「コンフィグ完了≠FPGAが使用できる状態」って知っていましたか？

コンフィグレーションを 理解してFPGAを "确实"に動かそう

皆川 翔

論理回路を自由に設計できるFPGA (Field Programmable Gate Array) を実際に動かすためには、「コンフィグレーション」と呼ばれる初期設定を完了させる必要がある。コンフィグレーションが完了するとDONEと呼ばれる信号が変化し、その変化を検出して「FPGAが使用できる状態」と判断する場合がよくある。しかし実際は、「コンフィグレーション完了(DONE信号の変化) = FPGAが使用できる状態」ではない。本稿では、前半でコンフィグレーションとはどういうものかということ、後半でFPGAを确实に動作させるためにはどのような点に気をつけたらよいかということ、筆者が経験した事例を交えて解説する。

(編集部)

1 FPGAとコンフィグレーション

● 回路情報を書き込む「コンフィグレーション」

近年、多くの種類のFPGA (Field Programmable Gate Array) などのプログラマブル・デバイスが提供されています。これらのプログラマブル・デバイスは大きく分けて、以下の二つに分類されます^{注1}。

- ファブリックをSRAM (Static Random Access Memory) で構成したもの。本稿ではこの構成を「FPGA」とする。
- ファブリックをフラッシュ・メモリで構成したもの。本稿ではこの構成を「CPLD」とする。

ファブリックとは、プログラマブル・デバイスにおいて論理回路を決定している構造のことです。両者は、このファブリックに使用しているメモリの種類が違う点が大きく異なります(図1)。

フラッシュ・メモリのような、不揮発性メモリを使用している「CPLD」は、一度回路情報をファブリックに書き込んでしまえば、データは消えません。つまり、電源を再起動すればCPLDは周辺のICの補助を受けなくても使用できます。

FPGAの場合、ファブリックが揮発性メモリであるSRAMで構成されているため、そうはいきません。電源を落とすとメモリの情報が失われ、回路構成情報が失われてしまいます。

従って、FPGAは電源を起動するたびにFPGA周辺のIC (ROM) の力を借りて、再度ファブリックに情報を取り込み回路を構成する必要があります。

一般的に、この行為を「コンフィグレーション」と呼んでいます。

FPGAに回路情報を書き込むコンフィグレーションが完了しないと、FPGAを実機で動かすことはできません。FPGAを知っている皆さんは、少なからずこのコンフィグレーションという言葉をご存じかと思います。

コンフィグレーションは、回路情報を書き込み「ユーザーがFPGAを使用できる状態」という認識が一般的です。しかし正確には、「基板上のROMデータがFPGA内部のファブリックに書き込みを終えたこと」を通知しているだけです。

後述しますが、実はコンフィグレーションという言葉は「非常に複雑な意味合い」と「センシティブな条件」を持って

注1：近年では、SRAMの構成でもコンフィグレーションROMを内蔵していればCPLDと定義されている場合もあるようだが、本稿では、ファブリックがSRAMであればFPGAと位置づける。

Keyword

FPGA, CPLD, コンフィグレーション, ファブリック, SRAM, DONE, CONF_DONE, INIT_DONE, CCLK, DCLK, マスタ, スレーブ, イニシャライズ, イニシャライゼーション, Xilinx, Altera

いるのです。本稿の前半では、最低限知っておきたいコンフィグレーションの基礎知識について解説します。

● コンフィグ回路の知識がないと悲惨なことが起きるかも

通常、コンフィグレーションの基板の回路構成は、各FPGAベンダが推奨している資料を基に設計します。コンフィグレーションに使用する信号のほとんどはFPGAの専用ピンとして定義されています(図2)。

基板上のコンフィグレーション専用ROM(フラッシュ・メモリなど)から回路データを転送する際には、ユーザの論理回路は必要としません。もともとFPGA内部に用意されている専用回路で自動的に転送できます。

では、皆さんはコンフィグレーションに関するルールやFPGA内部の専用回路の概要はご存じでしょうか？

コンフィグレーションは専用回路にて自動化されており、ユーザが理屈を深く知る必要はありません。しかしある程度リスクを把握しておかないと後から深刻な問題に直面することになります。

例えばよく経験することとしては、「電源投入時にFPGAが時々動作しない」ということがあります。あるいは「実機試験中は問題がなかったのに、製品化してからFPGAの動

作不良が頻発した」などという悲惨なことが起きる場合もあります。

原因はいろいろ考えられます。例えば電源に依存していることもあります。筆者は基板回路設計が悪い影響を及ぼしている場合が多いと考えています。

本稿後半では、最低限知っておきたいコンフィグレーション信号に要求される品質や筆者が実際に直面した問題、その対応策を紹介します。

2 コンフィグレーションの「真の姿」

● コンフィグ完了だけではユーザ回路を使用できない

製品開発の打ち合わせの際に、以下のような会話を耳にする場合があります。

「システムの初期化に必要な時間は1秒だからFPGAもそれまでにコンフィグレーションが完了していることが条件だ」

「このROMをシリアル・モードで使えばコンフィグレーション時間は1秒だが、パラレル・モードなら1/8の時間で済む」

このようにコンフィグレーションはFPGAを実機上で使用する際に絶対に無視できない要素です。

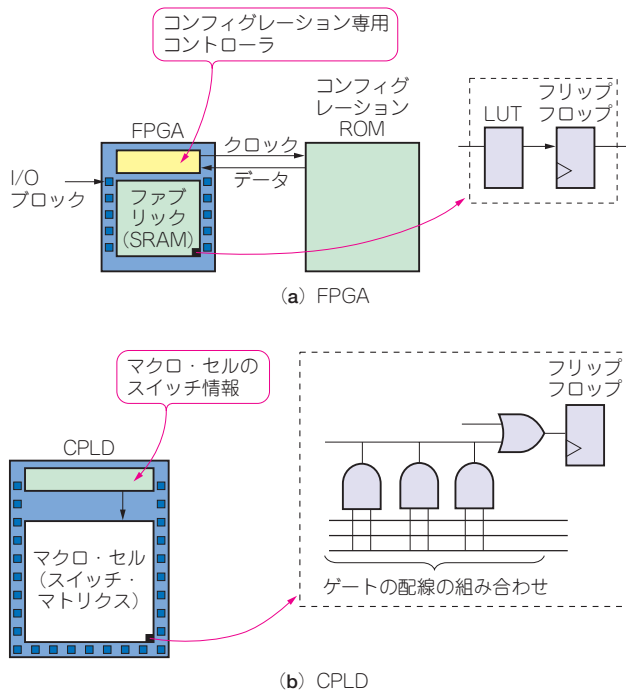
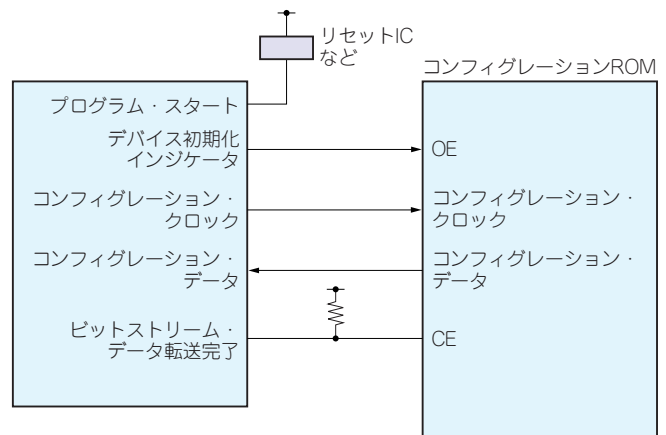


図1 FPGAとCPLDの構成

(a) FPGAは基板上のコンフィグレーションROMから回路情報を含んだビットストリーム・データを受信し、回路を構成する。(b) CPLDは、デバイス内部のスイッチ情報をマクロセルに書き込むことにより、回路を構成する。



図の信号名	Xilinx社	Altera社
プログラム・スタート	PROGRAM_B	nCONFIG
デバイス初期化インジケータ	INIT_B	nSTATUS
コンフィグレーション・クロック	CCLK	DCLK
コンフィグレーション・データ	DATA	DATA
ビットストリーム・データ転送完了	DONE	CONF_DONE

図2 FPGAとコンフィグレーションROMの専用回路

FPGAとコンフィグレーションROMには、コンフィグレーション専用のピンがあり、それらを各FPGAベンダの制約に基づいて結線する。Altera社とXilinx社のFPGAはおおまかに5種類の専用ピンをコンフィグレーションに使用する。