



# FX3とFPGAを接続して高速データ転送を実現できる EZ-USB FX3のGPIFの使い方と高速化のテクニック

内藤 竜治 Ryuji Naito

USB 3.0対応周辺機器を一番手軽に実現できると思われるのは、現時点ではCypress Semiconductor社のEZ-USB FX3でしょう。FPGA マガジンNo.2に掲載の特集記事に引き続き、ここではFX3の肝ともいえるGPIFの使い方、高速化のテクニックについて解説します。

## 1 GPIFの信号線の使い方

### ● SlaveFIFOのアクセス

Cypress Semiconductor (以下Cypress) 社のEZ-USB FX3(以下FX3)は、最大56本のGPIOを持っています。このGPIOを8ビット、16ビットまたは32ビットのデータ・バスとして使用し、GPIFを使ってFPGAと接続することができます。FPGAと接続する場合必須の信号を表1に示します。

クロックは最高100MHzです。FX3は、データ・バスや制御信号をCLKに同期させた同期式と、CLKを使わずに#SLWRなどの立ち上がりで動作する非同期式の両方に対応しているのですが、FPGAとの接続では同期式を使います。

データ・バスの幅は8ビット/16ビット/32ビットが選べます。32ビットで100MHzにしたとき、400Mバイト/sのスループットになるので、FX3とFPGA間は最大速度で動作するようになります。

#SLCSはいわゆる普通のチップ・セレクトなので、Lレベルにしておけばよいでしょう。#SLOEはFX3のデータ・バスの出力許可するための信号で、LレベルのときにFX3はデータを出力します。SDRDがLレ

ベルになると、SlaveFIFOのデータが1ワード出力されてきます。#SLRDと#SLOEを使ってOUT転送のデータを読み出します[図1(a)]。

IN転送のときのデータは、#SLWRと#PKTENDを使って送ります。#SLWRをLレベルにすると、FPGAからSlaveFIFOにデータが書き込まれます。#PKTENDは、一つのパケットの最大長に満たない短いパケットを即時に送信したい場合にLレベルにします。USB 3.0のパケットは基本は1024バイトなので、SlaveFIFOに1024バイト分のデータを書き込まないかぎり、FX3はホストPCに向かってパケットを送信しませんが、#PKENDをアサートすることで、その時点で短いパケットが送信されます[図1(b)]。バッファに1バイトもデータが入っていない状態で#SLWRをアサートせずに#PKTENDだけアサートすれば、長さ0バイトのパケット(Zero Length Packet)を送信させることも可能です。

FX3のGPIFとFPGAを接続するための参考回路を図2に示します。

### ● FLAGとADDRの使い方

FLAGAとFLAGBは、GPIF IIにあるDMAバッファの状態を示すものです。DMAバッファはスレッド<sup>注</sup>というものに関連付けられています。サンプル・プログラムのSlaveFifoSyncでは、スレッド0がIN転送用、スレッド3がOUT転送用に設定されています。

ADDR[1:0]はどのDMAのスレッドの内容を見るかを指定するもので、“11”にするとスレッド3のバッファの状態がFLAGA、FLAGBから出力されます。SlaveFifoSyncでは、FLAGAとFLAGBは全く同じように動作するので、どちらを使ってもかまいません。DMAバッファの中にOUT転送で受け取った(すなわちFX3からFPGAに出力したい)データがあるときに、これらの出力はHレベルになります。

同じようにADDR[1:0]を“00”にすると、スレッ

表1 FPGAと接続する場合に必須の信号

名称	方向	機能
DATA	FX3 ⇄ FPGA	データ・バス (8/16/32ビットに設定可能)
CLK	FX3 ← FPGA	クロック (最高100MHz)
FLAGA	FX3 → FPGA	SlaveFIFOの状態を知らせる
FLAGB	FX3 → FPGA	SlaveFIFOの状態を知らせる
#SLOE	FX3 ← FPGA	SlaveFIFOの出力許可
#SLCS	FX3 ← FPGA	FX3を選択する
#SLWR	FX3 ← FPGA	SlaveFIFOへ書き込む
#SLRD	FX3 ← FPGA	SlaveFIFOから読み出す
#PKEND	FX3 ← FPGA	パケットの最後のデータ
ADDR	FX3 ← FPGA	DMAスレッドのアドレス
RESET	FX3 ← FPGA	Lレベルでリセット

注：DMAのチャンネルのようなもの。マルチタスクのプログラムで走っているスレッドのことはない。