5000円STM32F7ボードでARMの最新テクノロジーをかい間見てみる

400MHz級制御プロセッサ ARM Cortex-M7初体験

ご購入はこちら

第5回 キャッシュ＆密結合メモリの効き目を実験で確かめる

中森 章

今回は，超高性能ARM Cortex-M7搭載STM32F7マイコン（STマイクロエレクトロニクス）の評価ボードSTM32F746G-Discoveryを使って，Cortex-M7の特徴であるキャッシュや密結合メモリ（TCM）を使ったプログラムを作成し，その効き目を確かめてみます．

実験1：命令用のキャッシュ＆密結合メモリの効き目を確かめる

● プログラム

命令を格納する領域としては，命令密結合メモリITCM（Instruction Tightly Coupled Memory）RAM，フラッシュ・メモリ，内蔵SRAM，外部SDRAMなどがあります．今回は，

(1) フラッシュ・メモリ→ART（Adaptive Real-time）→ITCMインターフェース
(2) ITCM RAM→ITCMインターフェース
(3) フラッシュ・メモリ→AXIMインターフェース
(4) 内蔵SRAM→AXIMインターフェース

の4つの経路で実行する場合の実行時間の比較を行います．プログラム（の一部）を**リスト1**に示します．

このプログラムは，三角関数のコサインの値を計算する関数Cos()を，命令キャッシュのON/OFFとARTアクセラレータON/OFFの条件で，それぞれ4つの場合に関し，その実行時間（CPUサイクル数）をCortex-M7内蔵のSysTickタイマでを計測するものです．計測時間に多少の変動があるようなので，それぞれの条件で4回実行しています．なお，

```
s1=SYSTICK;
```

を2回実行していますが，これは，SysTickの初期化後にタイマ値を読むと，0x00FFFFFFに近い値が期待値なのに，なぜか0がリードできる場合があるからです．2回タイマをリードすれば，それらしい値が得られます．

リスト1で特に注意することは，Cos()関数の内容をITCM RAM領域（0x000001000番地から），またはSRAM領域（0x20010000番地から）に転送する方法です．**リスト1**ではそれぞれ，

```
for(i=0;i<0x1000;i++)
    ((char*)0x00001000)[i]=
        ((char*)(((char*)Cos)-1))[i];
for(i=0;i<0x1000;i++)
    ((char*)0x20010000)[i]=
        ((char*)(((char*)Cos)-1))[i];
```

としています．この記述の要点は，Cos()の先頭アドレスから1を引いている点です．Thumbコードで記述された関数のアドレスを参照する場合，アドレスのビット0が1になっています．そこでビット0をクリアしないと，関数の内容を転送するときに，アンアライインド・アクセスとなって，正しいデータが転送できません（筆者はこれでかなり悩んでしまった）．

また同様に，0x000001000番地，または0x20010000番地から関数を実行する場合に，それぞれ，

```
((void(*)(REAL))0x00001001)(引き数);
((void(*)(REAL))0x20010001)(引き数);
```

としていますが，これも同じ理由です．分岐先アドレスのビット0が1でないとハード・フォールトが発生してしまいます．

なお，**リスト1**（左段中ほど）で，

```
*(volatile int*)0x40023c00 ^= 0x200;
                              // ART OFF
```

の行を生かすとARTアクセラレータOFF，コメント・アウトするとARTアクセレレータONになります．

● 実行結果…ざっくり2倍速くなる

サンプル・プログラムの実行結果を**表1**に示します．

(1) ITCM ONでは，命令キャッシュのON/OFFにかかわらず，同等の実行時間です．つまり，ITCMインターフェース上で実行すると（命令キャッシュ・ミスをしない限り）同等の性能が得られることが分かります．この結果では，フラッシュ・メモリから実行（ARTアクセラレータ経由）の場合の方がITCM RAMから実行するより速くなっていますが，誤差のようです．ARTアクセラレータをOFFにするとITCM RAMからの実行の方がフラッシュから実行するより若干

第1回 最新ARM Cortex-M7コア入門（2016年11月号）
第2回 高性能リアルタイム向けCortex-M7の演算性能（2016年12月号）
第3回 ハードもソフトも至れり尽せり…Cortex-M7内蔵STM32F7初体験（2017年1月号）