



SH-2/V850マイコン基板向け 浮動小数点演算プログラムの作成

佐海 慎三

組み込み機器であっても制御用途などでは浮動小数点演算が必要になる場合が多い。しかし、多くの組み込み向けCPUには浮動小数点演算命令がなく、ソフトウェアで実装する必要がある。ここでは、実際に浮動小数点演算プログラムを実装し、その中身について解説する。ここで解説するソース・ファイルは本誌のWebサイト (<http://www.cqpub.co.jp/interface/>) からダウンロードできる。 (編集部)

一般に技術計算などでは非常に大きな数や小さな数を扱います。整数演算ではけた落ちを起こします。そのため浮動小数点数の演算(以下、浮動小数点演算)が必要になります。

最近のパソコン向けCPUでは、浮動小数点演算命令が用意されており、ハードウェアによって実行されるのが普通です。しかし、組み込み向けCPUではソフトウェアで実現する場合がかなりの部分を占めます。

C言語の場合、Float(4バイト)精度でよいケースでも演算はDouble(8バイト)で行い、結果をFloatに変換しています。そのため実行時間が長くなります(V850のCコンパイラではFloatのみのサポート)。ここではFloatとDoubleのそれぞれについて、個別にプログラムを作成しておき、必要に応じて使い分けられるようにします。

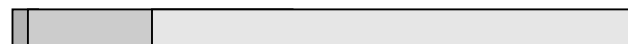
Float
31 30 --- 24 23 22 --- 16 15 ---- 8 7 ---- 0 (Intel系, V850)
(7 6 --- 0 15 14 --- 8 23 ---- 16 31 ---- 24) (Motorola系, SH-2)



31(7): 仮数部符号(0:+1:-)
30~23(6~0, 15): 指数部(0~0xff バイアス: 0x7f)
22~ 0(14~8, 16~31): 仮数部(23(15)ビットは常に1)

(a) Floatの場合

Double
63 62 - 56 55 - 52 51 - 48 47 -- 40 39 -- 32 31 -- 24 23 -- 16 15 -- 8 7 -- 0 (Intel系)
(7 6 - 0 15 - 12 11 - 8 23 -- 16 31 -- 24 39 -- 32 47 -- 40 55 -- 48 63 -- 56) (Motorola系)



63(7): 仮数部符号(0:+1:-)
62~52(6~0, 15~12): 指数部(0~0x7ff バイアス: 0x3ff)
51~ 0(11~8, 16~63): 仮数部(52(12)ビットは常に1)

(b) Doubleの場合

図1 浮動小数点演算プログラムのデータ構造

筆者は過去にZ80と8086の浮動小数点演算プログラムを作成しましたが、ターゲット・マシンに絞って作成したために汎用性がありませんでした。

今回紹介するプログラムは、効率が多少低下しますが、汎用性のあるものです。プログラムは主にC言語で作成し、演算や変換など、よく使用する部分はターゲット・マシンの特徴を生かしたアセンブリ言語で作成します。ターゲット・マシンはNECのV850およびルネサステクノロジーのSH-2とし、それぞれ本誌2006年6月号と2007年5月号の付属基板で動作させるものとします。

1. 浮動小数点演算の実際

今回作成した浮動小数点演算プログラムのデータ構造は図1の通りです。

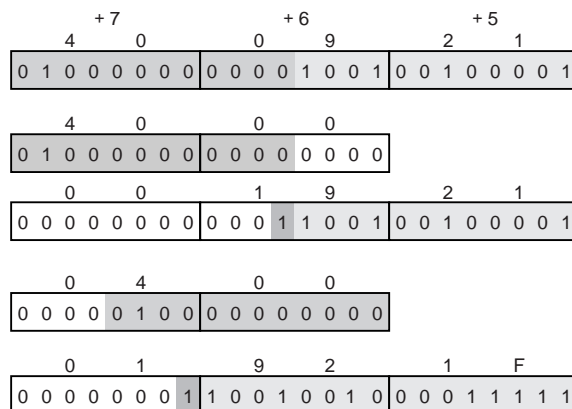


図3 Doubleの場合の演算方法

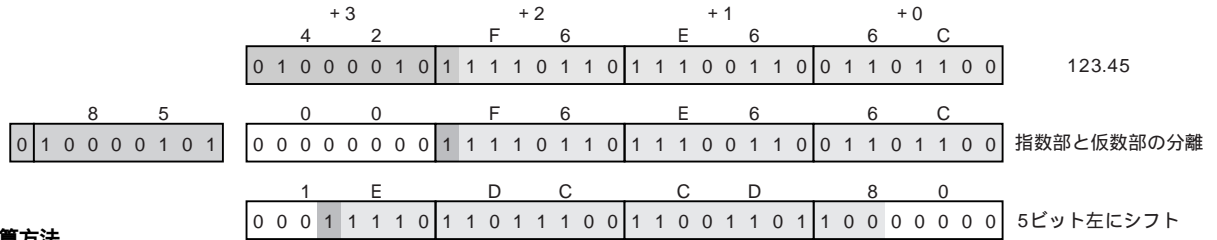


図2 Float の場合の演算方法

以降の説明は、Intel系やV850の構成に従って行います。Motorola系やSH-2については、ロー・バイトとハイ・バイトを逆にして読んでください。

演算の実行は、指数部と仮数部を分離して行います。

Floatの場合を図2に示します。23ビット右にシフトして指数部を分離します。仮数部は0x7ffffとANDをとり、0x800000とORをとって分離します。さらに仮数部は演算時にけた落ちが起きないように5ビット左にシフトします。演算時はこの仮数を用います。

Doubleの場合を図3に示します。指数部は上位2バイトをとり、4ビット右へシフトしてから分離します。仮数部は0xffffffffとANDをとり、0x1000000000000とORをとって分離します。さらに仮数部は演算時にけた落ちが生じないように4ビット左にシフトします。演算時はこの仮数を用います。

2. ライブラリー一覧

機能別のライブラリーを表1～表5(稿末)に示します。パソコン(PC)によるシミュレーションを可能とするために、すべてのプログラムをC言語のみで実行可能にしました。

V850とSH-2では効率が悪いので、演算の主要部はそれぞれの機械語で作成したプログラムを使用します。対応は一覧表で確認できます。

浮動小数点数の型式は4または8バイトの文字列として扱います。フォーマットはパソコンなどで使用される浮動小数点数のタイプのフォーマットと同じです。

ここで若干説明します。浮動小数点数を文字列に変換するd_toaとf_toaでnを指定しますが、nは表示けた数です。n>0なら固定小数点による表示、n<0なら浮動小数点による表示になります。データ移動d_movとf_movでは、*xに*yを移動します(*yは変化しない)。

演算は *x=*x+y, *x=*x-y, *x=*x * y, *x=*x ÷ y です(*yは変化しない)。

円周率d_pai, f_paiはnの指定により次のようになります。

n=0 : , n=1 : 2 , n=2 : ÷ 2, n=3 : 1.5 ,
n=4 : ÷ 4, n=5 : 180 ÷

指数・仮数分離d_norm, f_normでは、指数部を分離して戻り値とします。またxは仮数のみとし、演算用に左シフトします。指数・仮数結合d_anorm, f_anormでは演算結果の仮数と指数を結合して浮動小数点数型式にして

