

## AVR222 : 8点移動平均濾波器

### 要点

- 256バイトまでのデータ配列を濾波する31語のサブルーチン
- 走行可能な実演プログラム

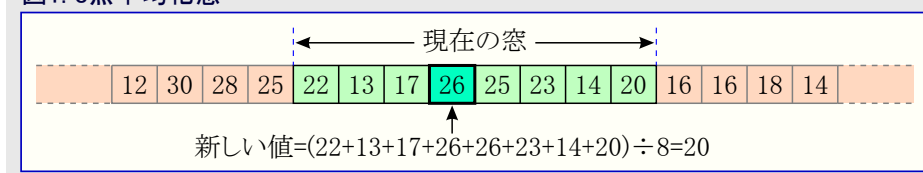
### 序説

移動平均濾波器(フィルタ)は採取したデータの配列を平滑にするのに良く使用される簡単な低域通過FIR(Finite Impulse Response,有限インパルス応答)濾波器です。本応用は平均計算を簡単化するために8点濾波器を実装します。応用記述はAVRの強力な位置指示動作を利用できる方法の素晴らしい実演を与えます。

### 理屈

移動平均濾波器は一度に1要素で配列に沿って移動する或る量(この場合は8)の窓として想像することができます。窓の中間の要素(この場合は4番目の要素)は窓内の全要素の平均で置き換えられます。図1をご覧ください。けれども、新しい値が記憶され、窓が通るまで置換が行われないことが重要です。これは全ての平均が配列内の元のデータに基くように行われなければなりません。

図1. 8点平均化窓



配列の最後が濾波されて窓の一部が配列の外側になるとき、平均化は窓全体が配列の内側にある時よりも少ない要素で実行されなければなりません。本実装はコードを節約するために濾波されていない配列の最後で抜け出します。8点濾波器に関し、これはn要素が濾波される時に要素1,2,3とn-3,n-2,n-1,nが濾波完了時に無変化に留まることを意味します。多くの応用に関して、これは問題ではありません。

### 実装

本応用は現在の平均窓内のデータを常に保持する8バイトの循環緩衝部(R0~R7)を定義します。濾波器ルーチンは窓の総和を計算して配列内に書き戻す平均値を計算します。AVRの3つのポインタは以下の機能を割り当てられます。

- ・ 置換されるべき配列要素へのZポインタ
- ・ プログラム ループで緩衝部内容の総和が計算される時の循環緩衝部内のYポインタ
- ・ Xポインタは緩衝部への新しい値の位置を保持する循環ポインタです。

### 使用法

SRAM内の配列を濾波するには以下の手順を使用してください。

1. ZHに配列内の先頭要素のアドレス上位を設定してください。
2. ZLに配列内の先頭要素のアドレス下位を設定してください。
3. レジスタ変数"t\_size"にデータ定数表内の要素数を設定してください。
4. "mav8"を呼び出してください。

(訳補) 本応用ソフトウェアはフラッシュ上に試験用データを定義し、それをSRAM内に複写して実演を行います。本書ではSRAM内にデータが用意された状態を基に説明されています。また図1での操作は基本的にSRAM上で行うのではなく、平均化窓内の8つの値をR0~R7の循環緩衝部に複写し、この循環緩衝部上で平均値を求めます。1回の平均処理毎にSRAMからの1バイトで循環緩衝部を上書きすることによって窓移動を行っています。窓内4番目の値の置換はSRAMに対して行います。これによって上記で説明される"元データに基く"が実現されています。

従って、ZポインタはSRAM位置、Xポインタは循環緩衝部位置を示し、Yポインタは平均処理の加算時に循環緩衝部を走査する一時ポインタとして使用されています。Zポインタは窓内4番目の置換位置を示しているため、次回値はZ+5位置になります。



8-bit **AVR**<sup>®</sup>  
マイクロコントローラ

## 応用記述

本書は一般の方々の便宜のため有志により作成されたもので、ATMEL社とは無関係であることを御承知ください。しおりのはじめにでの内容にご注意ください。

Rev. 0940B-05/02, 0940BJ2-01/14

## 演算法内容

以下の手順はAVRに実装される濾波器の方法を記述します。

### 1. 初期化

- 1-1. XとYポインタを空(R0指示)にします。
- 1-2. 循環緩衝部初期設定
  - 1-2-1. Z位置のSRAM内容を取得してZを進行(+1)します。
  - 1-2-2. それをY位置のレジスタに格納してYを進行(+1)します。
  - 1-2-3. Yが8になるまで手順1-2-1.からを繰り返します。

### 2. 平均計算

- 2-1. 16ビットレジスタ変数"AH:AL"を(総和/平均値)を空にします。
- 2-2. YLを0(R0指示)にします。
- 2-3. Y位置のレジスタ内容を取得し、Yを進行(+1)します。
- 2-4. それを16ビットレジスタ変数"AH:AL"に加算します。
- 2-5. Yが8になるまで手順2-3.からを繰り返します。
- 2-6. "AH:AL"を8で除算します(平均値取得)。

### 3. 平均値書き戻しと緩衝部へ次回値取得

- 3-1. Z+5位置のSRAM内容を取得(循環緩衝部への次回値)。
- 3-2. それをX位置のレジスタに格納し、Xを進行(+1)します。
- 3-3. 循環緩衝とするためにXLの下位3ビット以外を解除します(XL=0~7)。
- 3-4. Z位置にレジスタ変数"AL" (平均値)を格納し、Zを進行(+1)します。
- 3-5. レジスタ変数"t\_size"(データカウンタ)を減数(-1)します。
- 3-6. "t\_size"が0になる(配列の最後に到達)まで手順2-1.からを繰り返します。

## 性能

表1. "mav8"使用レジスタ

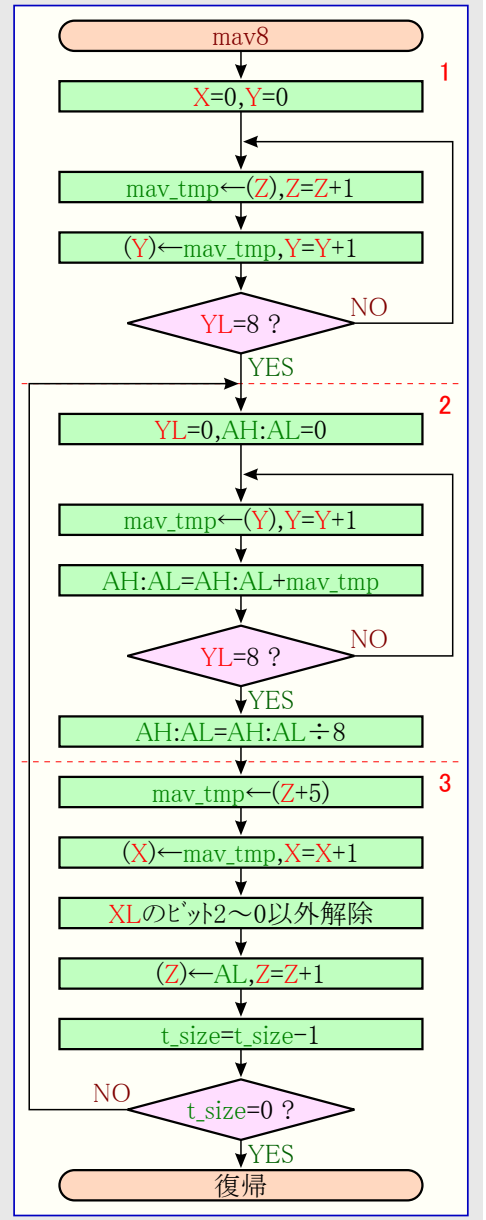
レジスタ	入力	内部	出力
R0~R7		窓用循環緩衝部	
R8		mav_tmp:一時変数	
R9		AL:総和下位/平均値	
R10		AH:総和上位	
R16	t_size:要素数	t_size:繰り返し計数值	
R26		XL:循環緩衝部位置下位	
R27		XH:循環緩衝部位置上位	
R28		YL:循環緩衝部作業位置下位	
R29		YH:循環緩衝部作業位置上位	
R30	ZL:先頭要素位置下位	ZL:要素位置下位	
R31	ZH:先頭要素位置上位	ZH:要素位置上位	

表2. "mav8"性能値

項目	値
コード容量(語)	30+RET
実行時間	59+75×(SIZE-7)+RET
使用レジスタ	下位レジスタ=11, 上位レジスタ=1, ポインタ=X/Y/Z
使用割り込み	なし
使用周辺機能	なし

注: SIZE=濾波器へのバイト数

図2. "mav8"流れ図



## 試験/例プログラム

"avr222.asm"はプログラムメモリからSRAMに60バイトの乱データを複写し、データを濾波するために"mav8"を呼び出す試験プログラムを含みます。この試験プログラムはAVR Studio®下での走行用に上手適合されています。



## 本社

### *Atmel Corporation*

2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131, USA  
TEL 1(408) 441-0311  
FAX 1(408) 487-2600

## 国外営業拠点

### *Atmel Asia*

Unit 1-5 & 16, 19/F  
BEA Tower, Millennium City 5  
418 Kwun Tong Road  
Kwun Tong, Kowloon  
Hong Kong  
TEL (852) 2245-6100  
FAX (852) 2722-1369

### *Atmel Europe*

Le Krebs  
8, Rue Jean-Pierre Timbaud  
BP 309  
78054 Saint-Quentin-en-Yvelines  
Cedex  
France  
TEL (33) 1-30-60-70-00  
FAX (33) 1-30-60-71-11

### *Atmel Japan*

104-0033 東京都中央区  
新川1-24-8  
東熱新川ビル 9F  
アトメル ジャパン株式会社  
TEL (81) 03-3523-3551  
FAX (81) 03-3523-7581

## 製造拠点

### *Memory*

2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131, USA  
TEL 1(408) 441-0311  
FAX 1(408) 436-4314

### *Microcontrollers*

2325 Orchard Parkway  
San Jose, CA 95131, USA  
TEL 1(408) 441-0311  
FAX 1(408) 436-4314  
  
La Chantrerie  
BP 70602  
44306 Nantes Cedex 3  
France  
TEL (33) 2-40-18-18-18  
FAX (33) 2-40-18-19-60

### *ASIC/ASSP/Smart Cards*

Zone Industrielle  
13106 Rousset Cedex  
France  
TEL (33) 4-42-53-60-00  
FAX (33) 4-42-53-60-01

1150 East Cheyenne Mtn. Blvd.  
Colorado Springs, CO 80906, USA  
TEL 1(719) 576-3300  
FAX 1(719) 540-1759

Scottish Enterprise Technology Park  
Maxwell Building  
East Kilbride G75 0QR  
Scotland  
TEL (44) 1355-803-000  
FAX (44) 1355-242-743

### *RF/Automotive*

Theresienstrasse 2  
Postfach 3535  
74025 Heilbronn  
Germany  
TEL (49) 71-31-67-0  
FAX (49) 71-31-67-2340

1150 East Cheyenne Mtn. Blvd.  
Colorado Springs, CO 80906, USA  
TEL 1(719) 576-3300  
FAX 1(719) 540-1759

### *Biometrics*

Avenue de Rochepleine  
BP 123  
38521 Saint-Egreve Cedex  
France  
TEL (33) 4-76-58-47-50  
FAX (33) 4-76-58-47-60

## 文献請求

[www.atmel.com/literature](http://www.atmel.com/literature)

### © Atmel Corporation 2002.

ATMEL製品は、ウェブサイト上にあるATMELの定義、条件による標準保証で明示された内容以外の保証はありません。本製品は改良のため予告なく変更される場合があります。いかなる場合も、特許や知的技術のライセンスを与えるものではありません。ATMEL製品は、生命維持装置の重要部品などのような使用を認めておりません。

本書中の®、™はATMELの登録商標、商標です。

本書中の製品名などは、一般的に商標です。

### © HERO 2014.

本応用記述はATMELのAVR222応用記述(doc0940.pdf Rev.0940B-05/02)の翻訳日本語版です。日本語では不自然となる重複する形容表現は省略されている場合があります。日本語では難解となる表現は大幅に意識されている部分もあります。必要に応じて一部加筆されています。頁割の変更により、原本より頁数が少なくなっています。

必要と思われる部分には( )内に英語表記や略称などを残す形で表記しています。

青字の部分はリンクとなっています。一般的に赤字の0,1は論理0,1を表します。その他の赤字は重要な部分を表します。