

AVR220 : 泡立ち整列(バブルソート)

要点

- 14語のサブルーチンが255バイトまでのデータを整列
- 走行可能な例プログラム

序説

この応用記述はAVRマイクロコントローラでの泡立ち整列法(バブルソート)を実装します。“bubble”はポインタの下位8ビットで届き得るSRAM領域の(最大)255バイトまでのSRAMデータを整列します。

泡立ち整列法 - 理論

泡立ち整列法はデータ整列に関してかなり遅くて平凡な方法として知られています。けれども、少量のデータに対しては、この方法が簡潔なコードと比較的早い整列を提供します。

与えられたデータ配列、 $1, 2, \dots, n-1, n$ で、この方法は次のように記述されます。

1. 要素 $n-1$ と n を比較します。
2. $n-1$ が n より小さければ、2つの配列位置の内容を入れ替えます。
3. 要素 $n-2$ と $n-1$ に対して手順1と2を繰り返します。1回毎に位置を繰り下げ、要素1と2が比較されてあるいは入れ替えられてしまうまで繰り返します。
4. 要素 n から2まで全体で実行を繰り返します。
5. 要素 n から3まで全体で実行を繰り返します。
6. (同様に継続)
7. 比較し、必要なら要素 $n-1$ と n を入れ替えます。
8. 完了時、配列は位置0の最大値と位置 n の最小値で整列されます。

この方法が実行されている間、最終位置に達するまで、より大きな要素が配列を貫いて移動し(“泡立ち”)ます(訳補:本例が降順整列なので位置0側を上と見れば泡立ち)。初回走行後、最大値がその最終位置(訳補:本例の場合は位置0)で見つかります。2回目の走行後、2番目に大きな値がその最終位置(訳補:本例の場合は位置1)で見つかり、以下同様です。

n 要素の配列を整列するのに必要な総比較操作数は以下です。

$$\sum_{i=0}^{n-1} i = \frac{n \times (n-1)}{2}$$

総比較時間が整列の要素数で指数的になるため、大量のバイト数を整列するのに先立ち、最初に実行時間を計算してください。

擬似コードでは泡立ち整列法が次のようになるでしょう。

```
for i=n downto 1 do
begin
for j=n downto i
begin
if A(n-1)<A(n)
swap (A(n-1), A(n))
end
end
end
```

整列順を逆にするには“<”記号を“>”記号で置き換えてください。



8-bit AVR[®]
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. 0939B-05/02, 0939BJ3-03/21

実装

使用法

“bubble”サブルーチンは以下の手順に従って使われます。

1. 配列内の最終要素のアドレスを“endH:endL”に格納してください。
2. データ配列容量-1を繰り返し計数値“cnt1”に格納してください。
3. “bubble”を呼び出してください。

解法内容

以下の手続きはAVRに実装される整列法を記述します。

1. “cnt1”を“cnt2”に複写します。
2. “endH:endL”をZポインタに複写します。
3. Z位置のバイト値をレジスタ変数“A”に取得します。
4. Zポインタを後退し、Z位置のバイト値をレジスタ変数“B”に取得します。
5. $A < B$ なら、“A”をZ位置、“B”をZ+1位置に格納します(入れ替え)。
6. “cnt2”を減数(-1)します。
7. “cnt2”が0でなければ手順2.からを繰り返します。
8. “cnt1”を減数(-1)します。
9. “cnt1”が0でなければ手順1.からを繰り返します。

性能

表1. “bubble”使用レジスタ

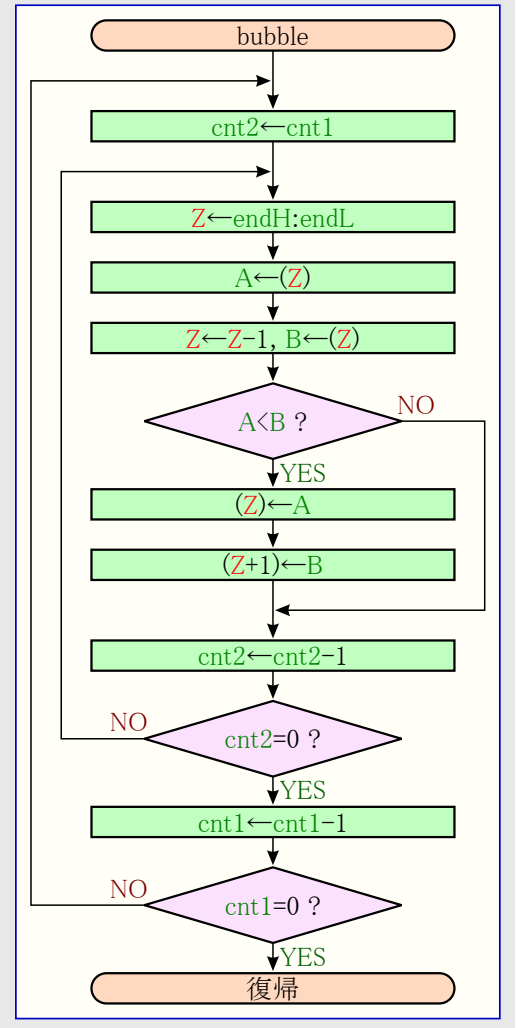
| レジスタ | 入力 | 内部 | 出力 |
|------|-----------------|----------------|----|
| R13 | | A:第1比較値 | |
| R14 | | B:第2比較値 | |
| R15 | | cnt2:内側繰り返し計数値 | |
| R16 | cnt1:配列バイト数-1 | cnt1:外側繰り返し計数値 | |
| R17 | endL:最終要素アドレス下位 | | |
| R18 | endH:最終要素アドレス上位 | | |
| R30 | | ZL:配列ポインタ下位 | |
| R31 | | ZH:配列ポインタ上位 | |

表2. “bubble”性能値

| 項目 | 値 |
|----------|--|
| コード容量(語) | 12+RET |
| 実行時間 | $5 \times (\text{SIZE}-1) + 11.5 \times (\text{SIZE}(\text{SIZE}-1)) + \text{RET}$ |
| 使用レジスタ | 下位レジスタ=3, 上位レジスタ=3, ポインタ=Z |
| 使用割り込み | なし |
| 使用周辺機能 | なし |

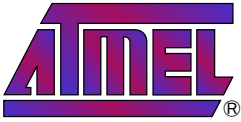
注: SIZE=整列のための要素(バイト)数

図1. “bubble”流れ図



試験/例プログラム

“avr220.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、データを整列するために“bubble”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。配列を通してデータがどう“泡立つ”かの感じを得るには、内側繰り返し内の何処かでデータに中断点(ブレイクポイント)を配置し、SRAMメモリウィンドウで監視すると同時に単一繰り返しを実行してください。



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

© 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 2021.

本応用記述はAtmelのAVR220応用記述(doc0939.pdf Rev.0939B-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。