La pile et ses utilisations dans un système à microprocesseur

Module Info 2

Sebastien.Kramm@univ-rouen.fr

IUT GEII Rouen

2013-2014

Sommaire

Notion de pile ("*stack*" en anglais)

Définition

La pile est une **zone de mémoire vive** dédiée à la sauvegarde de valeurs par le CPU. Elle est utilisé par le processeur de façon **automatique** pour :

- mémoriser l'adresse de retour lors d'un appel à un sous-programme,
- mémoriser l'adresse de retour et l'état des différents registres lors d'une interruption.

- Un programme en assembleur peut également l'utiliser pour sauvegarder de façon temporaire certains registres, sans avoir à déclarer d'emplacement mémoire particulier.

UNIVERSITÉ DE ROUEN

Caractéristiques

- Cette zone de mémoire est gérée comme une LIFO (*Last In - First Out*), via un **pointeur de pile** (*Stack pointer*).
- Celui-ci est un registre **dédié à cet usage**, et qui pointe sur la dernière adresse utilisée [1].
- Le concepteur du système doit :
  1. Prévoir une zone de mémoire vive pour la pile.
     Sa taille dépendra de l'application envisagée (nombre de sous-programme et de routines d'interruptions susceptibles d'être imbriqués).
  2. Initialiser le pointeur de pile dans le bloc d'initialisation du programme.
     Exemple : `lds #$3fff` ; (Freescale 9s12)

1. ou la première adresse disponible, selon les architectures.

Autres utilisations

- La pile est utilisée aussi par le code généré par un compilateur C :
  1. Les variables locales à une fonction sont créées sur la pile.
  2. Les arguments transmis à une fonction sont stockés sur la pile, avant l'appel.
  3. La valeur de retour d'une fonction est placée sur la pile, avant l'exécution du `rts`.
- Ces points sont à prendre en considération dans le dimensionnement de la pile !
  En embarqué sur architecture 16 bits :
  - `int` $\Rightarrow$ 2 octets.
  - tableau de 100 `int` $\Rightarrow$ 200 octets.

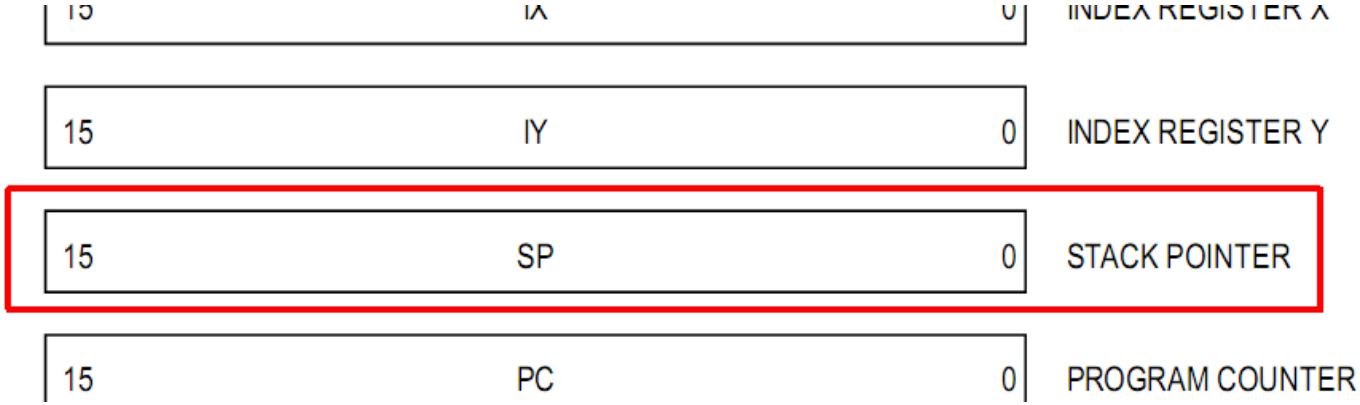
Sommaire

Sous-sommaire

UNIVERSITÉ DE ROUEN

Caractéristiques de la pile du 9s12 - 1

- Registre "pointeur de pile" : SP (*Stack Pointer*), sur 16 bits.



- La pile peut être placée n'importe où dans le plan mémoire (à condition que de la RAM s'y trouve !)
- Le pointeur de pile "avance en descendant" : pointe sur la dernière adresse utilisée, et à chaque "utilisation" (appel de sous-programme par exemple), sa valeur **diminue**.

Caractéristiques de la pile du 9s12 - 2

- **Aucun** mécanisme de protection au niveau processeur : la pile n'est protégée :
  - ni contre des écritures "sauvages" par le programme utilisateur,
  - ni contre des débordements sur d'autres zones mémoires.

  $\Rightarrow$ En assembleur, c'est au programmeur de prendre toutes les mesures de sécurité nécessaires.
- L'utilisation d'un langage évolué (C) dispense de la gestion "bas niveau" de la pile.
  (Initialisation et gestion automatique)

Sous-sommaire

UNIVERSITÉ DE ROUEN

Utilisation lors de l'appel d'un sous-programme

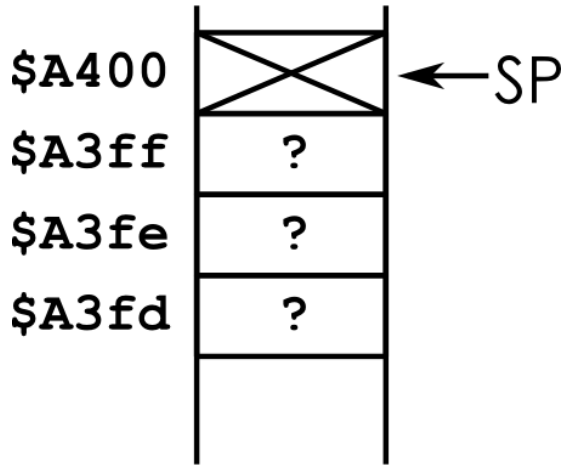
- L'exécution de `bsr` ou `jsr` provoque :
  - la sauvegarde dans la pile la valeur de l'adresse de retour,
  - l'incrémentation (+2) de SP,
  - la recopie dans PC de l'adresse spécifiée.
- 2 octets de pile utilisés.
- Exemple : soit le programme suivant :

```
1  b000 8e a3 ff          lds  #$a400
2  b003 4f        DEBUT   clra
3  b004 bd b0 0a          jsr  MON-SP
4  b007 5f                clrb
5  b008 20 fe     FIN     bra  FIN
6
7  b00a 01        MON_SP  nop   ; rien du tout ...
8  b00b 39                rts
```

1 - Initialisation du registre SP

```
1  b000 8e a3 ff          lds  #$a400
```

- initialise SP sur le sommet de la zone réservée à la pile : $A400.
  (Cette adresse n'est jamais utilisée.)
- Les valeurs dans la pile sont indéterminées.

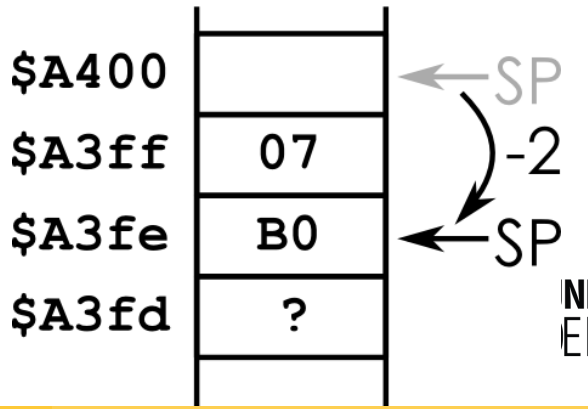


2 - Appel du sous-programme

```
1  b004 bd b0 0a          jsr  MON_SP
2  b007 5f                clrb
3   ...
4  b00a 01        MON_SP  nop
```

- Lors de l'exécution de la ligne "`jsr MON_SP`", le CPU :
  1. calcule l'adresse de la prochaine instruction ("`clrb`"), soit $B007,
  2. sauvegarde cette valeur dans la pile (2 octets),
  3. décrémente le pointeur de pile de 2,
  4. recopie dans PC la valeur $B00A
     $\Rightarrow$ l'exécution se poursuit à cette adresse (étiquette `MON_SP`)

- Le pointeur de pile contient alors la valeur $A3FE.

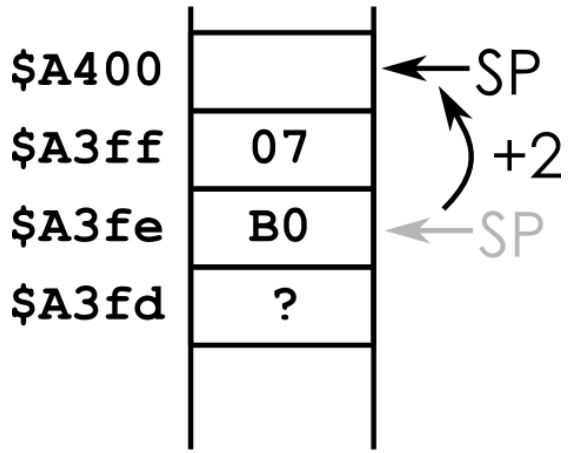


3 - Retour au programme "appelant"

```
1  b00b 39                rts
```

- Lors de l'exécution de l'instruction "`rts`", le CPU va :
  1. lire dans la pile (via SP) l'adresse de retour,
  2. placer cette valeur ($B007) dans PC (et donc, poursuite de l'exécution à cette adresse),
  3. incrémenter de 2 le registre SP.

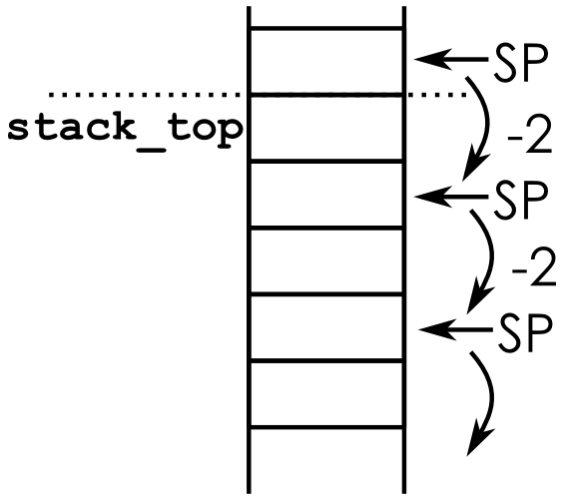
⇒ On est revenu au point de départ.



Interêt de l'utilisation d'une pile

- Ce mecanisme est **recursif** :
  un sous-prog. peut appeler un sous-prog., qui lui-même peut appeler un sous-prog, qui peut appeler des sous-prog...
- Le processeur va toujours s'y retrouver dans les appels successifs (sauf en cas de **corruption** de la pile !)

```
1   debut  ...
2          bsr   sp1
3          ...
4
5   sp1    ...
6          bsr  sp2
7          rts
8
9   sp2    ...
10         bsr  sp3
11         rts
12
```



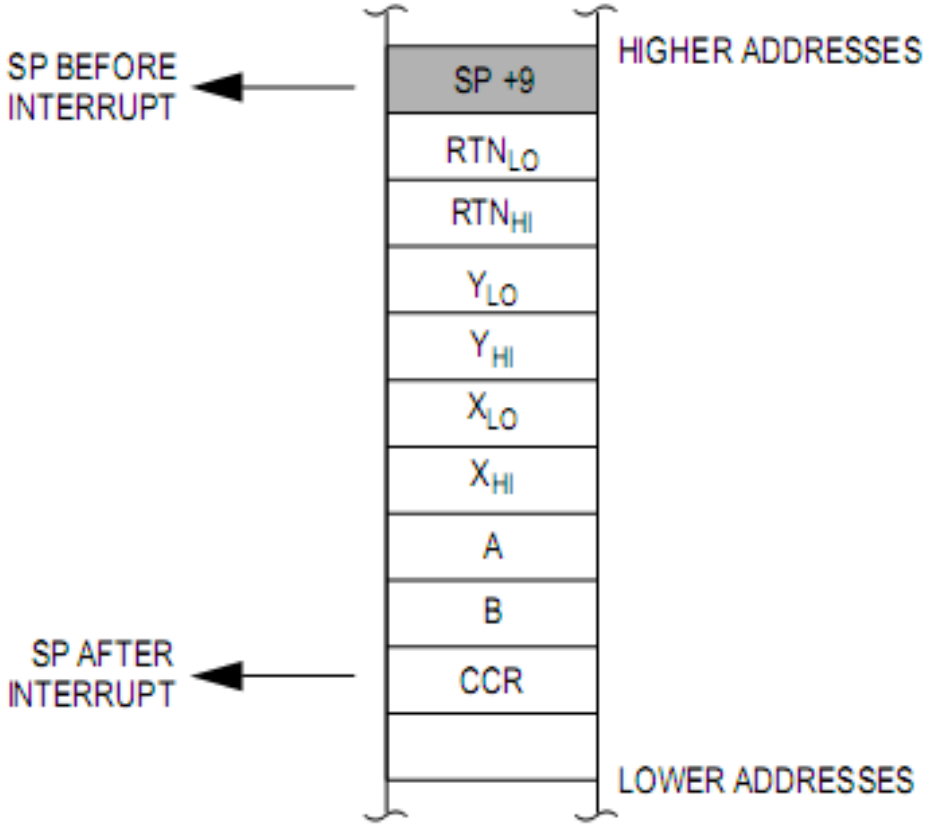
Sous-sommaire

UNIVERSITÉ DE ROUEN

Interruptions

- Principe identique pour les interruptions.
- Différence : **tous** les registres sont sauvegardés (sauf SP).

- 9 octets de pile utilisés.
- L'instruction `rti` réalise l'opération inverse (dépilement des valeurs dans les registres).



Sous-sommaire

Sauvegarde temporaire de valeurs

- Le programmeur peut également utiliser la pile pour sauvegarder des registres de façon temporaire, en utilisant les instructions d'empilement et de dépilement.
- Ces opérations sont dénommées
  - **Push** (= pousser) empilement, sauvegarde.
  - **Pull** (= tirer) dépilement, récupération.
- Ceci est particulièrement utile si on manque de registres.
  - Plus souple que d'avoir à réserver une case mémoire.
  - Permet de créer des sous-programmes récursifs.

UNIVERSITÉ DE ROUEN

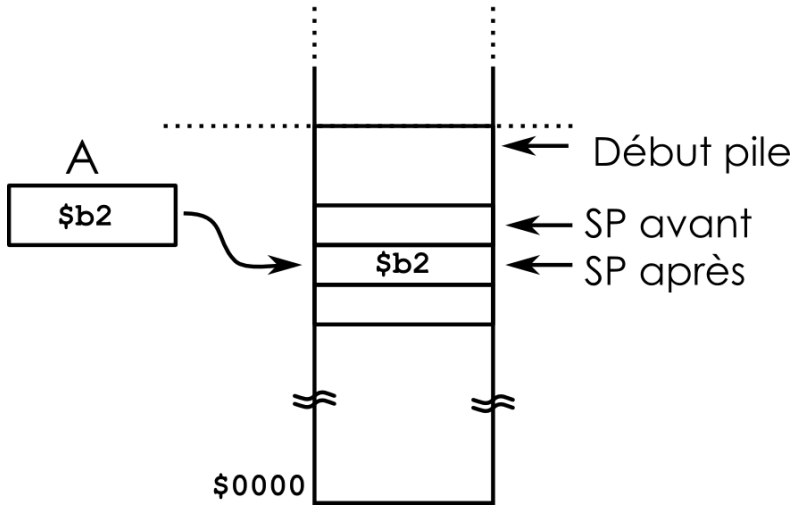
Sauvegarde temporaire de valeurs

- Le programmeur peut également utiliser la pile pour sauvegarder des registres de façon temporaire, en utilisant les instructions d'empilement et de dépilement.
- Ces opérations sont dénommées
  - **Push** (= pousser) empilement, sauvegarde.
  - **Pull** (= tirer) dépilement, récupération.
- Ceci est particulièrement utile si on manque de registres.
  - Plus souple que d'avoir à réserver une case mémoire.
  - Permet de créer des sous-programmes récursifs.

UNIVERSITÉ DE ROUEN

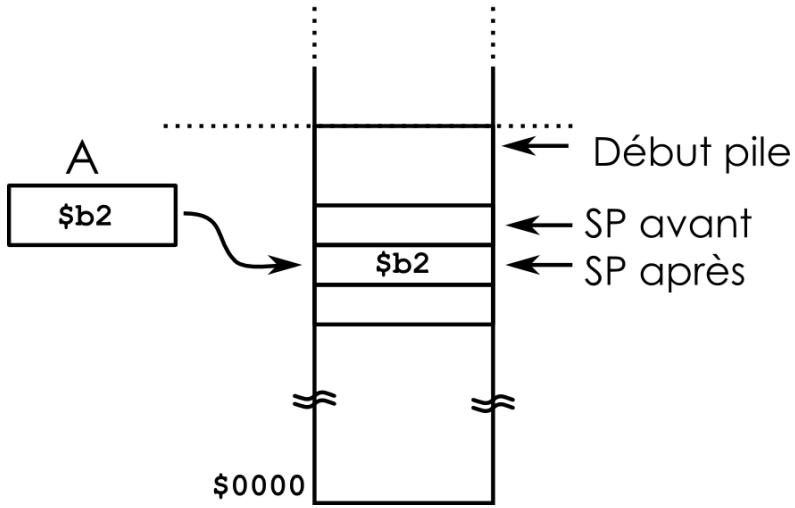
Empilement / Dépilement

- `psha` : sauvegarde la valeur de A dans la pile, et décrémente SP de 1



Empilement / Dépilement

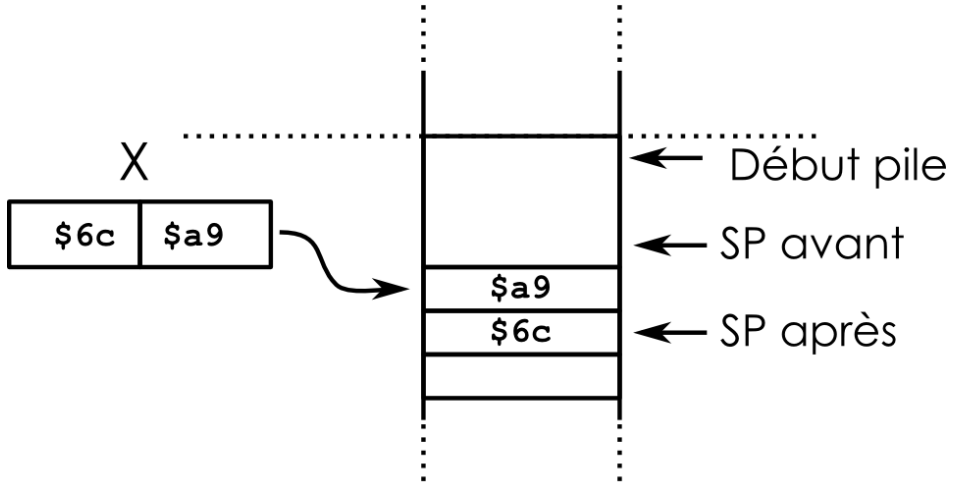
- `psha` : sauvegarde la valeur de A dans la pile, et décrémente SP de 1



- `pula` : charge A avec la valeur lue sur la pile, et incrémente SP. (opération inverse)

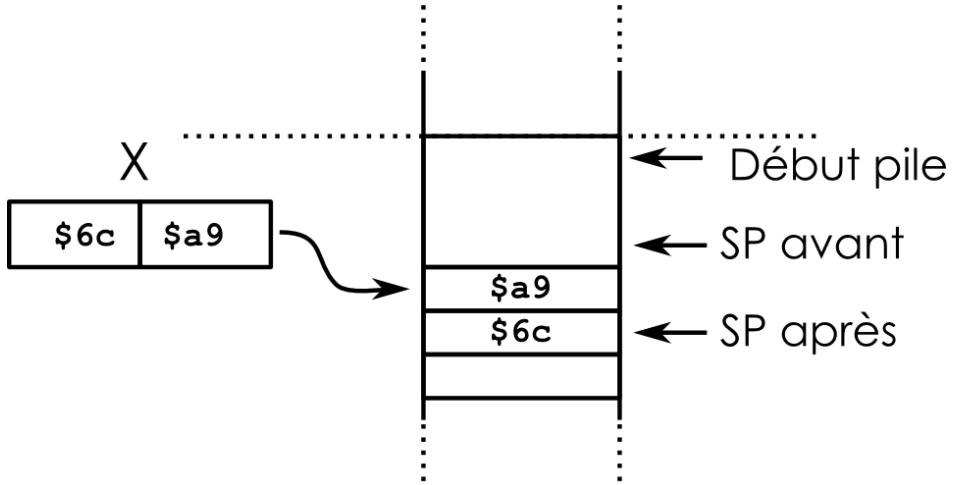
Empilement / Dépilement

- `pshx` : sauvegarde la valeur de X dans la pile, et décrémente SP de 2 (registre 16 bits)



Empilement / Dépilement

- `pshx` : sauvegarde la valeur de X dans la pile, et décrémente SP de 2 (registre 16 bits)



- Pour les registres 16 bits, le poids faible est empilé d'abord, puis le poids fort.
- `pulx` : charge X avec la valeur lue sur la pile, et incrémente SP de 2. (opération inverse)

Exemple d'utilisation

```
1       ldaa  0,x  ; lecture dans une table
2       psha       ; Push A
3       ldaa  autre_chose
4        ...       ; ici , un calcul avec A
5       staa  resultat
6       pula  ; Pull A: on récupère la valeur initiale
```

Attention au risque d'erreurs

- Si on empile plusieurs registres, il faudra les récupérer dans l'ordre inverse où on les a placés.

```
1       ...
2       psha
3       pshb
4       ...
5       pula
6       pulb
7       ...
```

$\Rightarrow$ Ici, inversion de A et de B !

- Ne pas insérer entre l'empilement et le dépilement un appel à un sous-programme !

```
1         ...
2         psha
3         bsr   MON_SP
4         ...
5  MON_SP pula
6         ...
```