WPO Week 12

Executiemodel
(virtual machine voor SmiLang)

Executie van C programma's

C Code

```c
int add(int a, int b);

int main() {
  int answer;
  answer = add(40,2);
  return 0;
}

int add(int a, int b) {
  int result = a + b;
  return result;
}
```

gcc -m32 -S main.c

Gecompileerd naar

Assembly code

```
.globl _add
.align 4, 0x90 _add:

pushl %ebp
movl %esp, %ebp
subl $12, %esp
movl 12(%ebp), %eax
movl 8(%ebp), %ecx
movl %ecx, -4(%ebp)
movl %eax, -8(%ebp)
movl -4(%ebp), %eax
addl -8(%ebp), %eax
movl %eax, -12(%ebp)
movl -12(%ebp), %eax
addl $12, %esp
popl %ebp
retl
## @main
.subsections_via_symbols
```

Uitgevoerd door

Hardware architectuur

Stack aanpassen, registers updaten (%ebp, %esp, %eax...) Aritmetische operaties

Executie van SmiLang programma's

SmiLang Code

```
int one() {
   return 1 ;
}

int minus(int arg1,
          int arg2) {
   return arg1 - arg2;
}

int multiTempArgs(int arg1,
                  int arg2) {
  int var1, var2, var3;
  var1 = arg1 + one();
  var2 = arg2 - arg1;
  var3 = arg2 - var1 + var2;
  return minus(var3, arg1 + 2);
}
```

(Manueel) gecompileerd naar

Bytecode

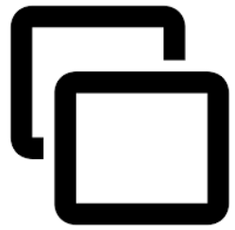
```
PushInt 1
ReturnTop 0

PushArg 1
PushArg 0
Plus
ReturnTop 2

DefineTemps 3
PushArg 1
Call _one
StoreTemp 0
PushArg 2
PushArg 1
Minus
StoreTemp 1
PushArg 1
PushTemp 0
Minus
PushTemp 1
Plus
StoreTemp 2
PushTemp 2
PushArg 0
PushInt 2
Plus
Call _minus
ReturnTop 2
```

Geïnterpreteerd door

Virtual Machine



("**stack machine**")

Stack aanpassen, registers updaten (%ebp, %esp, %eax...) Aritmetische operaties

Uitgevoerd door

Executie van SmiLang programma's

Focus vandaag

SmiLang Code

```
int one() {
   return 1 ;
}

int minus(int arg1,
          int arg2) {
   return arg1 - arg2;
}

int multiTempArgs(int arg1,
                  int arg2) {
  int var1, var2, var3;
  var1 = arg1 + one();
  var2 = arg2 - arg1;
  var3 = arg2 - var1 + var2;
  return minus(var3, arg1 + 2);
}
```

(Manueel) gecompileerd naar

Bytecode

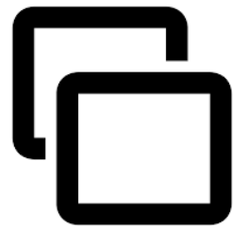
```
PushInt 1
ReturnTop 0

PushArg 1
PushArg 0
Plus
ReturnTop 2

DefineTemps 3
PushArg 1
Call _one
StoreTemp 0
PushArg 2
PushArg 1
Minus
StoreTemp 1
PushArg 1
PushTemp 0
Minus
PushTemp 1
Plus
StoreTemp 2
PushTemp 2
PushArg 0
PushInt 2
Plus
Call _minus
ReturnTop 2
```

Geïnterpreteerd door

Virtual Machine



("**stack machine**")
Stack aanpassen,
registers updaten
(%ebp, %esp, %eax...)
Aritmetische operaties

SmiLang

```
int one() {
    return 1 ;
}

int minus(int arg1, int arg2) {
    return arg1 - arg2;
}

int multiTempArgs(int arg1, int arg2) {
  int var1, var2, var3;
  var1 = arg1 + one();
  var2 = arg2 - arg1;
  var3 = arg2 - var1 + var2;
  return minus(var3, arg1 + 2);
}
```

Language features:

- Integer constanten
- Lokale variabelen & parameters
- + and -
- Functies

Register vs. Stack Machine

Register Machine
(de meeste CPUs)

Plaats tijdelijke waarden
in general-purpose registers
(indien mogelijk)

Stack Machine
(sommige VMs)

Plaats tijdelijke waarden
op de stack

`1 + 2 - 3`

```
movl $1, %eax
movl $2, %ebx
add %eax, %ebx
movl $3, %ebx
sub %eax, %ebx
```

```
PushInt 1
PushInt 2
Plus
PushInt 3
Minus
```

Stack

Register vs. Stack Machine

Register Machine
(de meeste CPUs)

Plaats tijdelijke waarden
in general-purpose registers
(indien mogelijk)

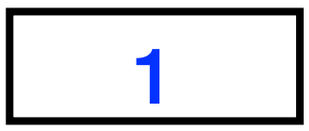
Stack Machine
(sommige VMs)

Plaats tijdelijke waarden
op de stack

1 + 2 - 3

```
movl $1, %eax
movl $2, %ebx
add %eax, %ebx
movl $3, %ebx
sub %eax, %ebx
```

```
PushInt 1
PushInt 2
Plus
PushInt 3
Minus
```



Stack

Register vs. Stack Machine

Register Machine
(de meeste CPUs)

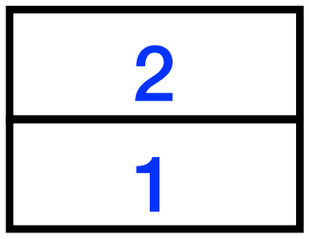
Plaats tijdelijke waarden
in general-purpose registers
(indien mogelijk)

Stack Machine
(sommige VMs)

Plaats tijdelijke waarden
op de stack

1 + 2 - 3

```
movl $1, %eax
movl $2, %ebx
add %eax, %ebx
movl $3, %ebx
sub %eax, %ebx
```



Stack

```
PushInt 1
PushInt 2
Plus
PushInt 3
Minus
```

Register vs. Stack Machine

Register Machine
(de meeste CPUs)

Plaats tijdelijke waarden
in general-purpose registers
(indien mogelijk)

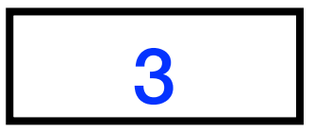
Stack Machine
(sommige VMs)

Plaats tijdelijke waarden
op de stack

1 + 2 - 3

```
movl $1, %eax
movl $2, %ebx
add %eax, %ebx
movl $3, %ebx
sub %eax, %ebx
```

```
PushInt 1
PushInt 2
Plus
PushInt 3
Minus
```



Stack

Register vs. Stack Machine

Register Machine
(de meeste CPUs)

Plaats tijdelijke waarden
in general-purpose registers
(indien mogelijk)

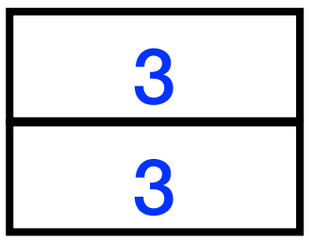
Stack Machine
(sommige VMs)

Plaats tijdelijke waarden
op de stack

1 + 2 - 3

```
movl $1, %eax
movl $2, %ebx
add %eax, %ebx
movl $3, %ebx
sub %eax, %ebx
```

```
PushInt 1
PushInt 2
Plus
PushInt 3
Minus
```



Stack

Register vs. Stack Machine

Register Machine
(de meeste CPUs)

Plaats tijdelijke waarden
in general-purpose registers
(indien mogelijk)

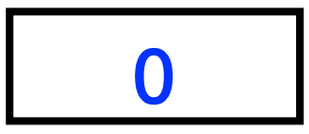
Stack Machine
(sommige VMs)

Plaats tijdelijke waarden
op de stack

1 + 2 - 3

```
movl $1, %eax
movl $2, %ebx
add %eax, %ebx
movl $3, %ebx
sub %eax, %ebx
```

```
PushInt 1
PushInt 2
Plus
PushInt 3
Minus
```

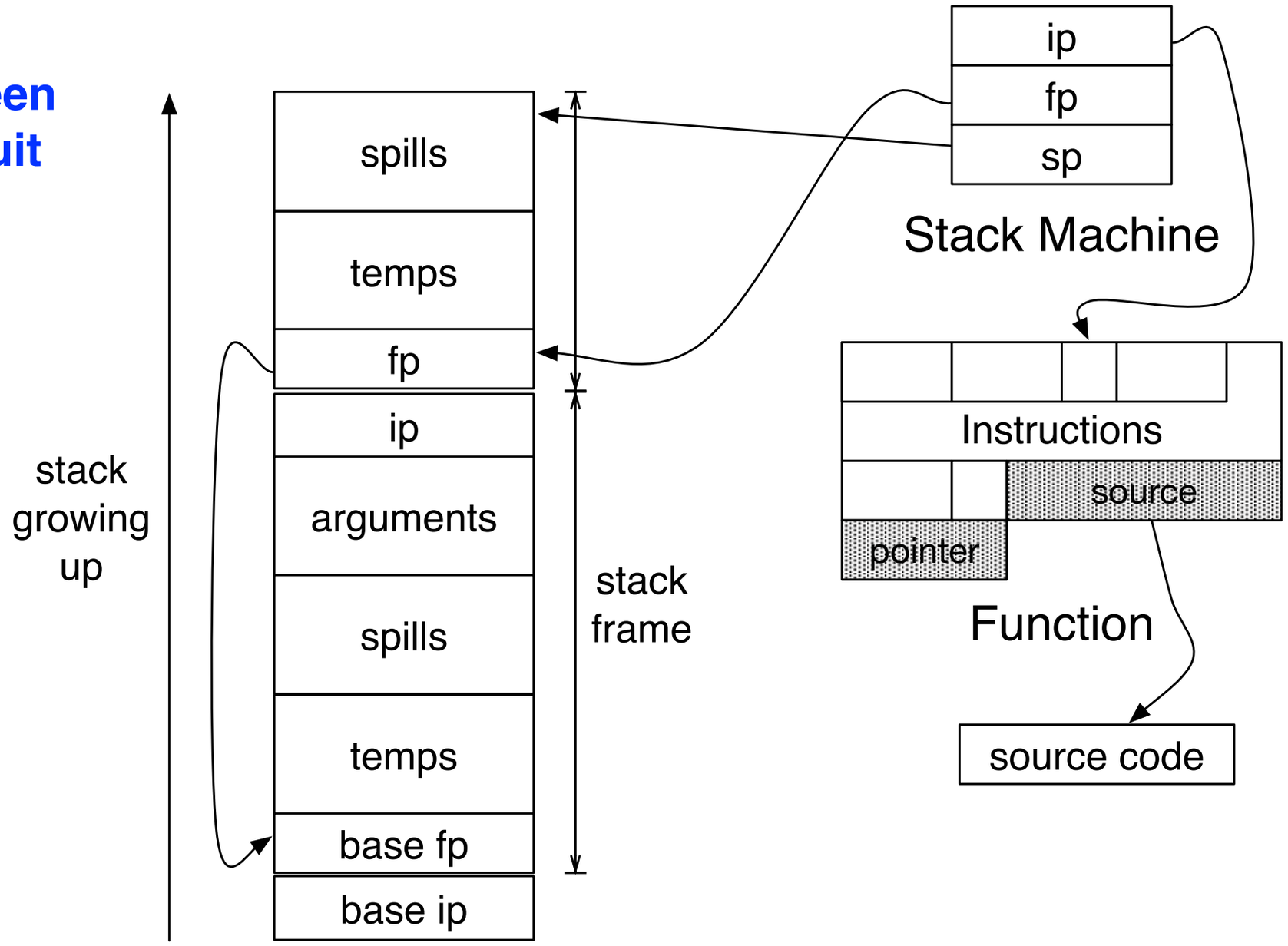


Stack

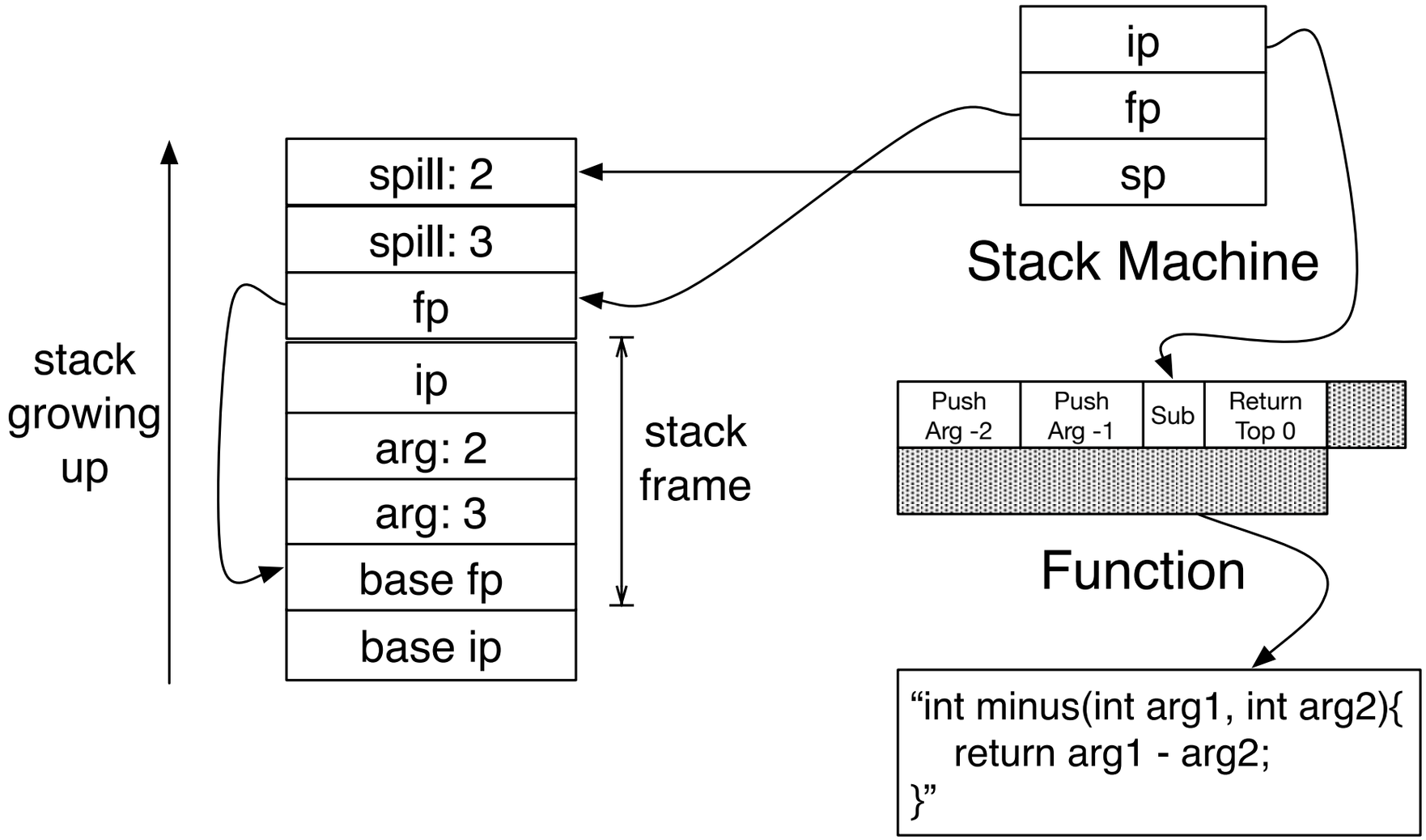
Stack machine bevat enkel de registers
%sp, %bp en %ip

SmiLang Stack Layout

fp komt overeen met de %bp uit het HOC



SmiLang Stack Layout in Werking



SmiLang Bytecode Instructies

- PushInt XXXX
- Plus
- Minus
- Pop
- PushTemp X
- StoreTemp X
- DefineTemp X
- Call XXXX
- PushArg X
- ReturnTop X

Doel vandaag: implementeer de SmiLang bytecode instructies

Praktische Informatie

Oefeningen maken in **Dodona** of **lokaal** op je eigen computer

Dodona: implementeer gevraagde functies

Lokaal: download WPO_week12.zip +
implementeer gevraagde functies in bestand +
compileer via makefile +
run in terminal: `./stackmachine`

Praktische Informatie (Lokaal)

WPO_week12.zip
- encoder.c
- encoder.h
- **examples.smi.c**
- examples.smi.h
- makefile
- **stackmachine.c**

(Lokaal) Je moet enkel code schrijven voor stackmachine.c

Documenten:
- Opgaven.pdf
  (bevat o.a. extra oefeningen)
- SmiLang.pdf
  (overzicht van de taal + de stackmachine)

examples.smi.c

WPO_week12.zip
- encoder.c
- encoder.h
- **examples.smi.c**
- examples.smi.h
- makefile
- **stackmachine.c**

(Lokaal) Je moet enkel code schrijven voor stackmachine.c

examples.smi.c:

```
char * example01ReturnSource = "int example01Return(){return 1;}";

Function * createFunctionExample01Return(){
    FunctionBuffer *buff = createFunctionBuffer(); // ignore this
    pushInt(buff,1);
    returnTop0(buff);
    sourcePointer(buff, example01ReturnSource); // ignore this
    return assemble(buff); // ignore this
}
```

Compileert "manueel" de functie "example01Return"

```
int example01Return() {
    return 1 ;
}
```

naar de instructies:

```
PushInt 1
ReturnTop 0
```

examples.smi.c

WPO_week12.zip
- encoder.c
- encoder.h
- **examples.smi.c**
- examples.smi.h
- makefile
- **stackmachine.c**

(Lokaal) Je moet enkel code schrijven voor stackmachine.c

examples.smi.c:

```
char * example01ReturnSource = "int example01Return(){return 1;}";
Function * createFunctionExample01Return();

char * example02AddSource = "int example02Add(){return 1 + 2;}";
Function * createFunctionExample02Add();

. . .

char * multiTempArgsSource = "int multiTempArgs(int arg1, int arg2){\n\t\
  int temp1, temp2, temp3;\n\t\
  temp1 = arg1 + one();\n\t\
  temp2 = arg2 - arg1;\n\t\
  temp3 = arg2 - temp1 + temp2;\n\t\
  return minus(temp3, arg1 + 2);\n}";
char * example11MultiTempArgsSource = "int example11MultiTempArgs(){\n\t\
  return multiTempArgs(5,7);}";
Function * createFunctionExample11MultiTempArgs();
```

11 “SmiLang programma's" die progressief complexer worden

stackmachine.c

WPO_week12.zip
- encoder.c
- encoder.h
- **examples.smi.c**
- examples.smi.h
- makefile
- **stackmachine.c**

(Lokaal) Je moet enkel code schrijven voor stackmachine.c

Doel vandaag: implementeer alle SmiLang instructies, behalve ReturnTop

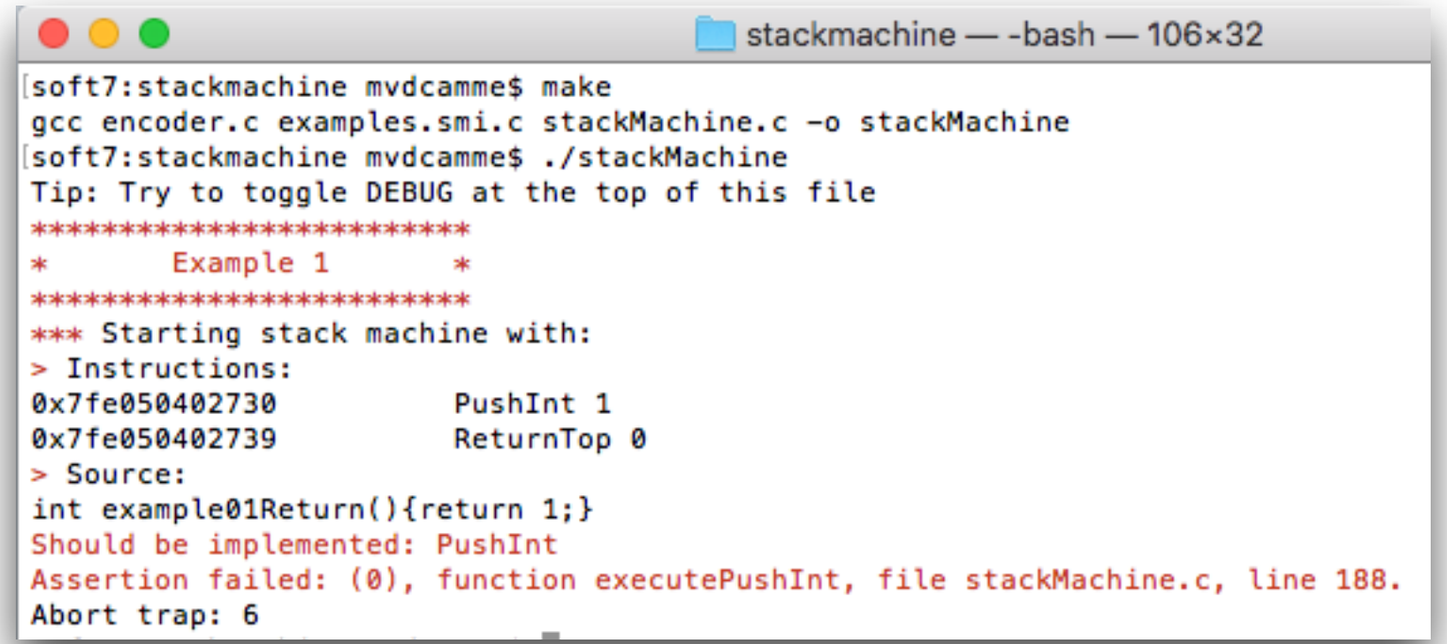
stackmachine.c:

Bevat code voor:
- Interne werking van de Stack machine
- Een paar debugging functies
- Code om alle 11 voorbeeldprogramma's automatisch te draaien
- **Uitvoeren van de SmiLang instructies**

```
130 /*****************************
131 * START IMPLEMENTING HERE
132 *****************************/
133
134 void executePop() {
135     printf("Should be implemented: POP\n");
136     assert(0);
137 }
138
139 void executePlus(){
140     printf("Should be implemented: PLUS\n");
141     assert(0);
142 }
143
144 void executeSub(){
145     printf("Should be implemented: SUB\n");
146     assert(0);
147 }
```

De Setup Uitvoeren (Lokaal)

make
./stackmachine



Vóór het implementeren van **PushInt**

```
void executePushInt(IntType cst){
    printf("\033[0;31mShould be implemented: PushInt\033[0m\n");
    assert(0);
}
```

Beschrijving van de operaties: zie SmiLang.pdf, hoofdstuk 3

De Setup Uitvoeren (Lokaal)

make
./stackmachine

```
soft7:stackmachine mvdcamme$ ./stackMachine
Tip: Try to toggle DEBUG at the top of this file
**************************
*       Example 1        *
**************************
*** Starting stack machine with:
> Instructions:
0x7f8807c02730          PushInt 1
0x7f8807c02739          ReturnTop 0
> Source:
int example01Return(){return 1;}
*** Stack right before return:
> Stack:
0x1095ba0b0             1       <- sp
0x1095ba0a8     fp      0xdeadbeef      <- fp
0x1095ba0a0     ip      0xbadf00d
Execution terminated.
 OK
**************************
*       Example 2        *
**************************
```

Ná het implementeren van **PushInt**

```
void executePushInt(IntType cst){
// printf("\033[0;31mShould be implemented: PushInt\033[0m\n");
// assert(0);
   . . .
}
```

Verwijder bestaande `printf` en `assert`
en implementeer oplossing

Oefening 1

Opgaven: zie sectie 3 in Smilang.pdf op Canvas

```
int example01Return() {
    return 1;
}
```

```
PushInt 1
ReturnTop 0
```

```
void executePushInt(IntType cst){
   // TODO Implementeren in oef 1
}
```

```
void executeReturnTop(unsigned char numArgs){
   if (numArgs != 0) {
      printf("\033[0;31mShould be implemented: ReturnTop for functions with non 0 arguments\033[0m\n");
      assert(0);
   }
   IntType retValue = *sp;
   ip = *((unsigned char **)(fp - 1));
   sp = fp - 2; //before ip
   fp = *((IntType **)fp);
   *(++sp) = retValue;
}
```

PushInt

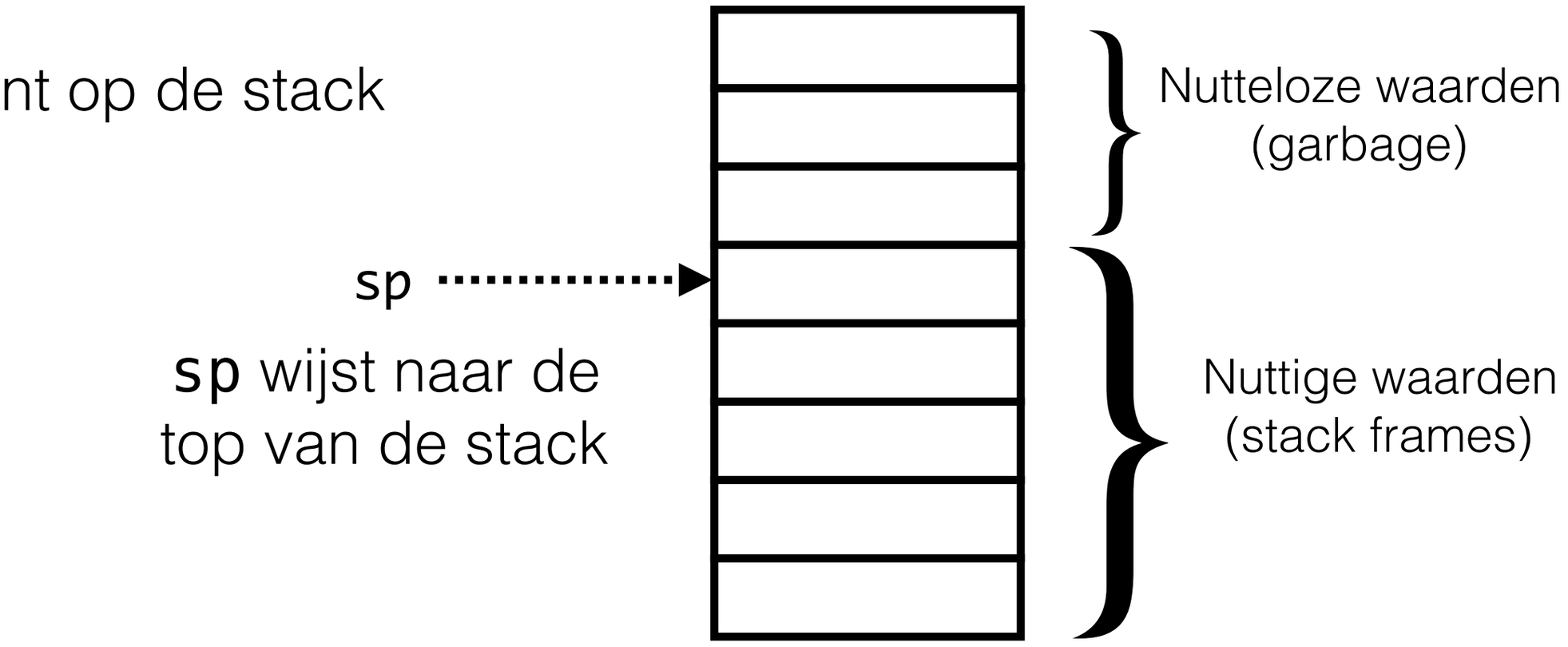
PushInt cst

```
void executePushInt(IntType cst){
   // TODO Implementeren in oef 1
}
```

```
IntType *fp; // Frame pointer
IntType *sp; // Stack pointer
unsigned char *ip; // Instruction pointer
IntType baseStack[StackSize]; // Stack
```

Voor het uitvoeren van PushInt cst

Push int op de stack



sp wijst naar de
top van de stack

PushInt

PushInt cst

```
void executePushInt(IntType cst){
   // TODO Implementeren in oef 1
}
```

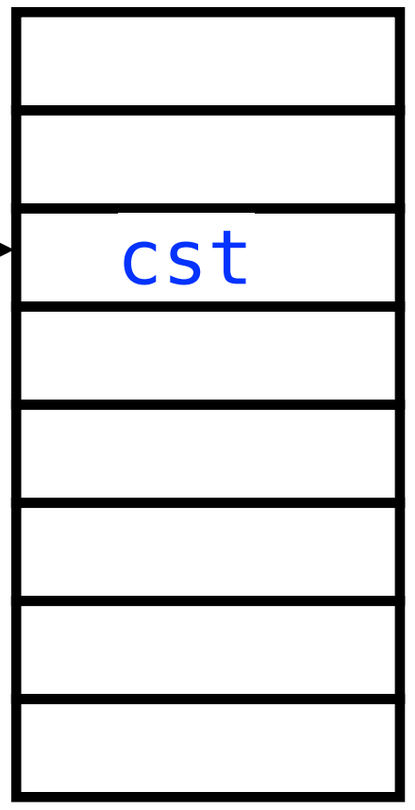
```
IntType *fp; // Frame pointer
IntType *sp; // Stack pointer
unsigned char *ip; // Instruction pointer
IntType baseStack[StackSize]; // Stack
```

Na het uitvoeren van PushInt cst

Push int op de stack

sp

sp wijst naar de top van de stack



Nutteloze waarden (garbage)

Nuttige waarden (stack frames)