

PSPP: Programmiersprache mit parametrisierten Prozeduren

Syntax (nur Änderungen gegenüber PSP)

Deklarationen $Decl : \Delta ::= \Delta_C \Delta_V \Delta_P$

$\Delta_P ::= \varepsilon \mid$

$\text{proc } I \underbrace{(I_1, \dots, I_p; \text{var } J_1, \dots, J_q)}_{\text{Wert- und Variablenparameter}}; B;$

...

Anweisungen $Cmd : \Gamma ::= I := E \mid I(E_1, \dots, E_p; V_1, \dots, V_q)$

$\mid \Gamma_1; \Gamma_2$

$\mid \text{if } BE \text{ then } \Gamma_1 \text{ else } \Gamma_2$

$\mid \text{while } BE \text{ do } \Gamma$

Semantik

Prozedurdeklarationen: Formale Parameter werden wie (in der Umgebung des Prozedurrumpfs) lokal deklarierte Variablen behandelt.

Prozeduraufrufe:

- Wertparameter als lokale Variable (neuer Speicherplatz)
- Variablenparameter durch vorhandenen Speicherplatz aktualisierung (Zeiger anlegen)

MPP - eine Stackmaschine für PSPP

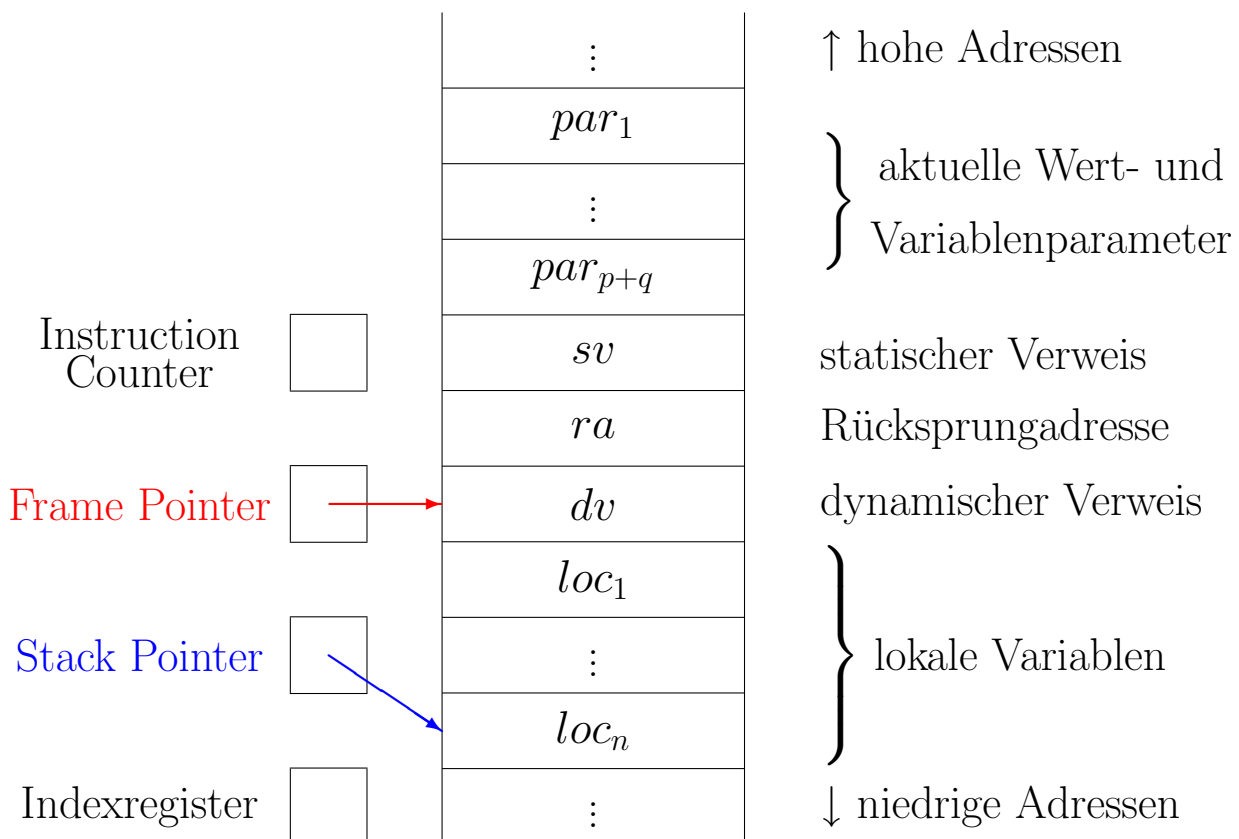
Realistischeres Maschinenmodell mit nur noch einem Keller für Daten und Aktivierungsblöcke.

Zustandsraum:

$$ZR_{MPP} := STACK \times IC \times SP \times FP \times R$$

mit

- $STACK := [SAdr \rightarrow \mathbb{Z}]; SAdr := \mathbb{Z}.$
- $IC := Adr$ (instruction counter)
- $SP := FP := SAdr$ (stack pointer/frame pointer)
- $R := SAdr$ Indexregister (Berechnung statischer Verweise)



Befehlssatz der MPP:

arithmetisch/logische und Sprungbefehle:

wie bisher in MA bzw. MP

Erweiterung: SP setzen

Keller- und Lade-/Speicherbefehle:

- bisher:
CALL(ca , $diff$, lv), RET, LOAD ($diff$, off), STORE ($diff$, off)
- jetzt:

Befehl	Bedeutung
CALL ca	$SP \leftarrow SP - 1; \langle SP \rangle \leftarrow IC + 1; IC \leftarrow ca$
RET k	$IC \leftarrow \langle SP \rangle; SP \leftarrow SP + \underbrace{k + 1}_{(\text{pars/sv})+ra}$
PUSH Z	$SP \leftarrow SP - 1; \langle SP \rangle \leftarrow Z$
PUSH FP	$SP \leftarrow SP - 1; \langle SP \rangle \leftarrow FP$
PUSH $\langle FP \rangle$	$SP \leftarrow SP - 1; \langle SP \rangle \leftarrow \langle FP \rangle$
PUSH $R + 2$	$SP \leftarrow SP - 1; \langle SP \rangle \leftarrow R + 2$
POP FP	$FP \leftarrow \langle SP \rangle; SP \leftarrow SP + 1$
POP $\langle n \rangle$	$Stack[n] \leftarrow \langle SP \rangle; SP \leftarrow SP + 1$
SUB SP, n	$SP \leftarrow SP - n$
LOAD FP, SP	$FP \leftarrow SP$
LOAD $R, \langle n \rangle$	$R \leftarrow Stack[n]$
LOAD $R, \langle R + 2 \rangle$	$R \leftarrow \langle R + 2 \rangle$

Übersetzungsfunktionen

$trans : PSPP-Prog \dashrightarrow MPP-Code$

$trans(\mathbf{in/out} I_1, \dots, I_n; B)$

$:= 1 : \text{PUSH } FP \quad \%sv$
 $2 : \text{CALL } a_\Gamma \quad \%ra$
 $3 : \text{JMP } 0; \quad \%STOP$
 $bt(B, st_{I/O}, a_\Gamma, 1, \underbrace{0}_{\#Params})$.

$bt(\Delta\Gamma, st, a, l, r)$

$:= dt(\Delta, up(\Delta, st, a_1, l), a_1, l)$

$a : \text{PUSH } FP;$	}	Entry-Code:	
$_ : \text{LOAD } FP, SP;$			Anlegen von dl
$_ : \text{SUB } SP, size(\Delta\Gamma);$			& Platz für lok. Vars.

$ct(\Gamma, up(\Delta, st, a_1, l), a + 3, l)$

$_ : \text{LOAD } SP, FP;$	}	Exit-Code:	
$_ : \text{POP } FP;$			Freigabe des akt. Akt.-Block
$_ : \text{RET } r + 1;$			mit Rücksprung

$dt(\mathbf{proc} I(I_1, \dots, I_p; \mathbf{var} J_1, \dots, J_q); B; \dots, st, a, l)$

$:= \mathbf{if} \text{ diff_id } (I_1, \dots, I_p, J_1, \dots, J_q, B) \mathbf{and} \text{ diff_id } (\dots)$

$\mathbf{then} bt(B, \tilde{st}, a_1, l + 1, p + q)bt(\dots) \dots$

where

$\tilde{st} := st[I_1/(var, l + 1, p + q + 2), \dots, I_p/(var, l + 1, q + 3),$
 $J_1/(vpar, l + 1, q + 2), \dots, J_q/(vpar, l + 1, 3)]$

Hier gilt jeweils:

Parameterlevel \simeq Blocklevel \simeq Level lokaler Variablen

Übersetzung von Anweisungen

Hilfsfunktion zum Dereferenzieren der statischen Verweiskette:

$$\begin{array}{l} \text{deref}(R, FP, k, a) := a : \text{LOAD } R, \langle FP + 2 \rangle; \\ \quad \quad \quad _ : \text{LOAD } R, \langle R + 2 \rangle; \\ \quad \quad \quad \vdots \\ \quad \quad \quad _ : \text{LOAD } R, \langle R + 2 \rangle; \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{l} \text{deref}(R, FP, k, a) := a : \text{LOAD } R, \langle FP + 2 \rangle; \\ \quad \quad \quad _ : \text{LOAD } R, \langle R + 2 \rangle; \\ \quad \quad \quad \vdots \\ \quad \quad \quad _ : \text{LOAD } R, \langle R + 2 \rangle; \end{array}} \right\} k\text{-mal}$$

$ct(I := E, st, a, l) := et(E, st, a, l)$

if $type(E) = int$ **then**

if $st(I) = (var, dl, o)$ **then**

if $l = dl$ **then** $_ : \text{POP } \langle FP + o \rangle$

else $deref(R, FP, l - dl - 1, a')$

$_ : \text{POP } \langle R + o \rangle$

else if $st(I) = (vpar, dl, o)$ **then**

if $l = dl$ **then** $_ : \text{LOAD } R, \langle FP + o \rangle;$

$_ : \text{POP } \langle R \rangle$

else $deref(R, FP, l - dl - 1, a'')$

$_ : \text{LOAD } R, \langle R + o \rangle;$

$_ : \text{POP } \langle R \rangle$

Aufbau eines Aktivierungsblocks:

Code für Prozeduraufruf:

1. Berechnung der aktuellen Parameter
2. Berechnung des statischen Verweises mit dem Indexregister
3. Sprung zur Prozedur mit Ablage der Rücksprungadresse

Code für Prozedur:

4. Alten FP als dynamischen Verweis speichern
5. Speicherplatz für lokale Variablen bereitstellen

```
ct( $I(E_1, \dots, E_p; V_1, \dots, V_q), st, a, l$ )
:= if     $st(I) = (proc, ca, dl, lv)$ 
        and  $type(E_i) = int$  ( $1 \leq i \leq p$ )
        and  $st(V_j) = (var, l_j, o_j)$  ( $1 \leq j \leq q$ )
then
     $et(E_1, st, a, l)$ 
     $\vdots$ 
     $et(E_p, st, a, l)$ 
    } Wertparameter
if  $l = l_1$  then  $\_ : PUSH (FP + o_1)$ 
    else  $deref(R, FP, l - l_1 - 1, a')$ 
     $\_ : PUSH (R + o_1)$ 
     $\vdots$ 
    (* analog für  $j = 2 \dots q$  *)
if  $l = dl$  then  $\_ : PUSH FP$ 
    else  $deref(R, FP, l - dl - 1, a'')$ 
     $\_ : PUSH R;$ 
CALL  $ca;$ 
```

Ähnlich für Variablenparameter, also falls $st(V_j) = (vpar, l_j, o_j)$.

Übersetzung von Ausdrücken

In der Übersetzungsfunktion et muss die Übersetzung von Bezeichnern angepasst werden.

$$et(I, st, a, l) := \text{if } st(I) = (const, Z) \text{ then PUSH } Z;$$
$$\quad \text{else if } st(I) = (var, dl, o) \text{ then}$$
$$\quad \quad \text{if } l = dl \text{ then } a : \text{ PUSH } \langle FP + o \rangle$$
$$\quad \quad \quad \text{else } \text{deref}(R, FP, l - dl - 1, a')$$
$$\quad \quad \quad \quad _ : \text{ PUSH } \langle R + o \rangle$$
$$\quad \text{else if } st(I) = (vpar, dl, o) \text{ then}$$
$$\quad \quad \text{if } l = dl \text{ then } _ : \text{ LOAD } R, \langle FP + o \rangle;$$
$$\quad \quad \quad _ : \text{ PUSH } \langle R \rangle$$
$$\quad \quad \quad \text{else } \text{deref}(R, FP, l - dl - 1, a'')$$
$$\quad \quad \quad \quad _ : \text{ LOAD } R, \langle R + o \rangle;$$
$$\quad \quad \quad \quad _ : \text{ PUSH } \langle R \rangle$$

MPP-Programm:



PSPP-Programm:

1: PUSH FP;	% Aufruf des	in/out X;
2: CALL 26;	% Hauptprogramms	var E;
3: JMP 0;	% STOP	proc F(X;var V);
4: PUSH FP;	% Entry-Code von F	if 1<X then
5: LOAD FP, SP;		(V:=V*X;
6: SUB SP, 0;		F(X-1;V)
7: LIT 1;	% Rumpf der Prozedur F);
8: PUSH <FP+4>;	% Lade X	E:=1;
9: LESS;		F(X,E);
10: JPFALSE 23;		X:=E.
11: LOAD R, <FP+3>;		
12: PUSH <R>;	% Zugriff auf V	
13: PUSH <FP+4>;	% Lade X	
14: MULT;		
15: LOAD R, <FP+3>;		
16: POP <R>;	% Zuweisung an V	
17: PUSH <FP+4>;		
18: LIT 1;		
19: SUB;	% Wertparameter X-1	
20: PUSH <FP+3>;	% Variablenparameter V	
21: PUSH FP;	% statischen Verweis speichern	
22: CALL 4;	% rekursiver Aufruf von F	
23: LOAD SP, FP;	% Exit-Code von F	
24: POP FP;		
25: RET 3;		
26: PUSH FP;	% Entry-Code des Hauptprogramms	
27: LOAD FP, SP;		
28: SUB SP, 1;		
29: LIT 1;	% Anweisungsteil des Hauptprogramms	
30: POP <FP-1>;	% Zuweisung an E	
31: LOAD R, <FP+2>;		
32: PUSH <R-1>;	% Wertparameter X	
33: PUSH <FP-1>;	% Variablenparameter E	
34: PUSH FP;	% statischen Verweis anlegen	
35: CALL 4;	% Aufruf von F	
36: PUSH <FP-1>;		
37: LOAD R, <FP+2>;		
38: POP <R-1>;	% Zuweisung an X	
39: LOAD SP, FP;	% Exit-Code des Hauptprogramms	
40: POP FP;		
41: RET 1;		