

Interpretace

Práce interpretu je obdobou práce základního cyklu procesoru

Registr instrukcí	RI
Čítač instrukcí	PC

Základní cyklus:

```
do {
  RI ← PROGRAM [ PC ];
  PC ← PC + 1;
  switch (RI.INSTRUCTION_CODE) {
    case INSTRUCTION_CODE_1: STATEMENTS_OF_INSTRUCTION_CODE_1;
    case INSTRUCTION_CODE_2: STATEMENTS_OF_INSTRUCTION_CODE_2;
    :
    case INSTRUCTION_CODE_n: STATEMENTS_OF_INSTRUCTION_CODE_n;
  }
} while (RI.INSTRUCTION_CODE ≠ STOP);
```

Zavedme postfixové instrukce pro výpočty s integer

TA	take address do zásob., parametrem je adresa (hladina, posun)
TC	take constant do zásob., parametrem je hodnota
DR	dereference vrcholu zásobníku,
ST	store, obsah vrcholu uloží na adresu pod vrcholem,
JU	jump, parametrem je adresa
IFJ	if false jump, parametrem je adresa, vrchol je F=0 nebo T≠0
PLUS,	
MINUS,	
TIME,	
DIV,	
NEG	změna znaménka,
AND,	
OR,	
NOT,	
REL	typ je dán parametrem (LT, LE, EQ, GE, GT, NE,
OD	test lichosti,
READ	čte do adresy na vrcholu zásobníku,
WRITE	tiskne obsah vrcholu zásobníku ,
CSUB	skok do podprogramu,
PAR	parametrem je adresa skutečného parametru,
BBEG	vstup do pp, vytvoří AZ, parametry hladina a velikost,
FPAR	formální parametr, parametrem je VAR nebo CONST
RET,	návrat z pp, likvidace jeho AZ
STOP	konec výpočtu

Výpočtový zásobník je integer pole Z[1 .. MAXZ];

Aktivační záznam bude mít tvar:

T	---->	pomocnepromenne	
		Localni promenne	
		parametry	4
		hladina	3
		stara hodnota DISPLAY [level]	2
		dynamicky ukazatel	1
B	---->	navratova adresa	0

program INTERPRET;

```
konstanty      MAXP = ...; /*max. délka programu*/
                MAXZ = ...; /*max. hloubka zásobníku*/
                MAXD = ...; /*max. velikost displeje*/
typy  DPI = (TA, TC, DR, ST, JU IFJ, PLUS, MINUS,
            TIME, DIV, NEG, AND, OR, NOT, REL, OD, READ, WRITE,
            CSUB, PAR, BBEG, FPAR, RET, STOP);
TPI = struktura (diskriminant IC typu DPI) {
    když IC je (DR, ST, PLUS, MINUS, TIME, DIV, NEG,
                AND, OR, NOT, OD, READ, WRITE, RET, STOP) pak ();
    když IC je (TA, PAR) pak (N typu 1..MAXD; P typu 0..MAXZ);
    když IC je (TC)      pak (K typu integer);
    když IC je (JU, IFJ, CSUB) pak (I typu 0..MAXP);
    když IC je (REL)   pak (RO typu (LT, LE, EQ, GE, GT, NE));
    když IC je (BBEG) pak (H typu 1..MAXD; L typu integer);
    když IC je (FPAR) pak (V typu (CONST, VAR))
};
proměnné PROGRAMS typu array[0..MAXP] prvky typu TPI;
Z          typu array[0..MAXZ] prvky typu integer;
DISPLAY   typu array[1..MAXD] prvky typu 0..MAXZ;
PC        typu 0..MAXP;
B,T,TP    typu 0..MAXZ;
RI        typu TPI;
```

procedure READPROGRAM;

/*načte postfixové instrukce do pole PROGRAMS*/

/*hlavni program*/

```
{ READROGRAM; T ← 0; PC ← 0; /* v PRGRAMS[0] je skok na první
                               vykonávanou instrukci */
```

Programový text základního cyklu interpretu

}

```

do
  RI ← PROGRAMS[ PC ]; PC ← PC+1;
  switch RI.IC {
    case TA :{ T←T+1; Z[T]←DISPLAY[RI.N] + RI.P };
    case TC :{ T←T+1; Z[T]←RI.K };
    case DR :Z[T] ← Z [ Z [ T ] ] ;
    case ST :{ Z[Z[T-1]] ← Z[T]; T←T-2 };
    case JU :PC ← RI.I;
    case IFJ :{ if Z[T]=0 then PC←RI.I; T←T-1 };
    case PLUS :{ Z[T-1]←Z[T-1] + Z[T]; T←T-1; };
    case MINUS :{ Z[T-1]←Z[T-1] - Z[T]; T←T-1; };
    case TIME :{ Z[T-1]←Z[T-1] * Z[T]; T←T-1; };
    case DIV :{ Z[T-1]←Z[T-1] div Z[T]; T←T-1; };
    case NEG :Z[T] ← -Z[T];
    case AND :{ Z[T-1]←Z[T-1]*Z[T]; T←T-1 };
    case OR :{ Z[T-1]←ord((Z[T-1]=1)or(Z[T]=1));T←T-1;};
    case NOT :if Z[T]=0 then Z[T]←1 else Z[T]←0;
    case REL :{ switch RI.RO {
      case LT: Z[T-1] ← ord(Z[T-1]< Z[T]);
      case LE: Z[T-1] ← ord(Z[T-1]<=Z[T]);
      case EQ: Z[T-1] ← ord(Z[T-1]= Z[T]);
      case GE: Z[T-1] ← ord(Z[T-1]>=Z[T]);
      case GT: Z[T-1] ← ord(Z[T-1]> Z[T]);
      case NE: Z[T-1] ← ord(Z[T-1]<>Z[T]);
    };
      T ← T-1 ;
    };
    case OD :Z[T] ← ord(odd(Z[T]));
    case READ :{ read(Z[Z[T]]); T←T-1 };
    case WRITE :{ write(Z[T]); T←T-1 };
    case CSUB :{ T←T+1; Z[T]←PC; PC←RI.I; TP←T+4 };
    case PAR : ;
    case BBEG :{ Z[T+1]←B; Z[T+2]←DISPLAY[RI.H]; B←T;
      DISPLAY[RI.H]←B; Z[T+3]←RI.H; T←T+RI.L
    };
    case FPAR :{ case RI.V of
      VAR :Z[TP]←DISPLAY[ PROGRAMS[ Z[ B ] ].N]
        + PROGRAMS[ Z[ B ] ].P;
      CONST:Z[TP]←Z[ DISPLAY[ PROGRAMS[ Z[ B ] ].N]
        +PROGRAMS[ Z[ B ] ].P];
    };
      Z[ B ] ← Z[ B ] + 1; TP ← TP + 1;
    };
    case RET :{ DISPLAY[Z[B+3]] ← Z[B+2]; T←B-1;
      PC ← Z[ B ]; B ← Z[ B+1];
    };
    case STOP : ;
  }
while RI.IC ≠ STOP;

```

Př.

```
{ /*program s rekurzivnim vnorenym podprogramem } Hladina 1
  integer m, n, k;
  podprogram NSD(integer i, j);
  {
    while i <> j do
      if i > j then i = i - j
      else j = j - i;
    k = i;
  };
  read(m); read(n);
  if (m > 0) and (n > 0) then
    { NSD(m, n); write(k);
    }
}
} Hladina 2
} Hladina 1
```

Jméno proměnné	hladina	posun
m	1	4
n	1	5
k	1	6
i	2	4
j	2	5

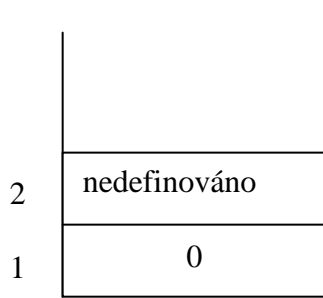
Program přeložený do postfixových instrukcí

(0) JU 37		(31) JU 4	konec while
(1) BBEG 2,5	začátek deklarace	(32) TA 1,6	} $k \leftarrow i$
(2) FPAR CONST	procedury NSD	(33) TA 2,4	
(3) FPAR CONST		(34) DR	} konec dekl. proc.NSD
(4) TA 2,4	} začátek while	(35) ST	
(5) DR		} $i \neq j$	(36) RET
(6) TA 2,5	} výskok while		(37) BBEG 1,6
(7) DR		} začátek if	(38) TA 1,4
(8) REL NE	} $i > j$		(39) READ
(9) IFJ 32		} $i > j$	(40) TA 1,5
(10) TA 2,4	(41) READ		read(n)
(11) DR	} $i > j$	(42) TA 1,4	} $m > 0$
(12) TA 2,5		(43) DR	
(13) DR	} $i \leftarrow i - j$	(44) TC 0	} $n > 0$
(14) REL GT		(45) REL GT	
(15) IFJ 24	} $i \leftarrow i - j$	(46) TA 1,5	} $n > 0$
(16) TA 2,4		(47) DR	
(17) TA 2,4	} $i \leftarrow i - j$	(48) TC 0	} $n > 0$
(18) DR		(49) REL GT	
(19) TA 2,5	} $i \leftarrow i - j$	(50) AND	} NSD(m,n)
(20) DR		(51) IFJ 58	
(21) MINUS	} $i \leftarrow i - j$	(52) CSUB 1	} NSD(m,n)
(22) ST		(53) PAR 1,4	
(23) JU 31	} $j \leftarrow j - i$	(54) PAR 1,5	} write(k)
(24) TA 2,5		(55) TA 1,6	
(25) TA 2,5	} $j \leftarrow j - i$	(56) DR	} konec if
(26) DR		(57) WRITE	
(27) TA 2,4	} $j \leftarrow j - i$	(58) STOP	
(28) DR			
(29) MINUS	} konec if		
(30) ST			

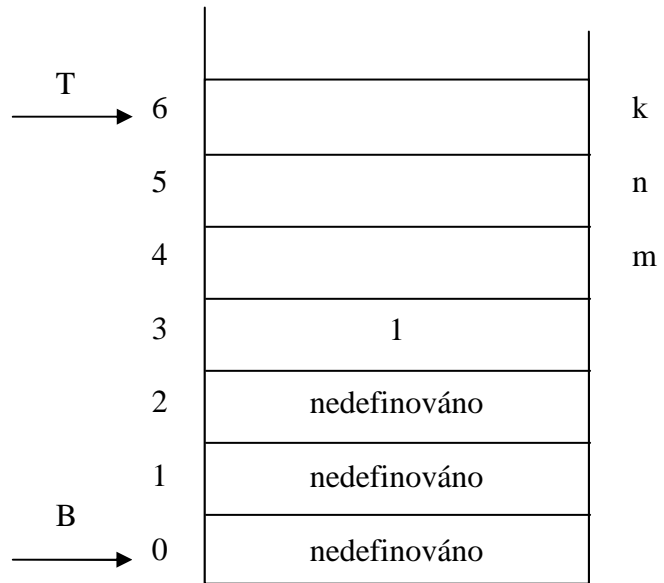
Budeme předpokládat čtení hodnot 60 a 90

T = 0 PC = 0

Stav po provedení instrukce (37) BBEG 1,6

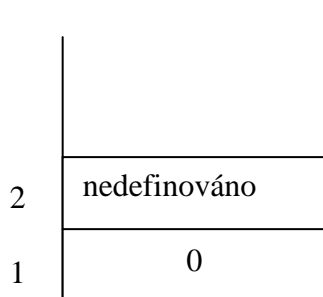


DISPLAY

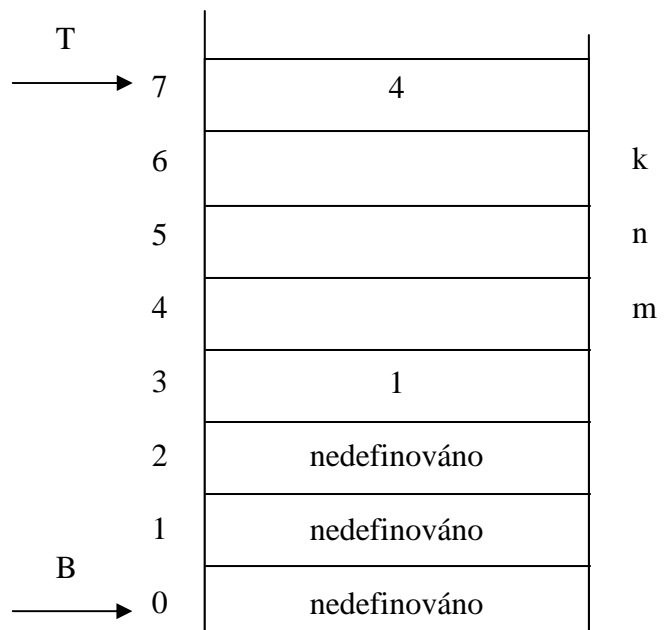


Zásobník

Stav po provedení instrukce (38) TA 1,4

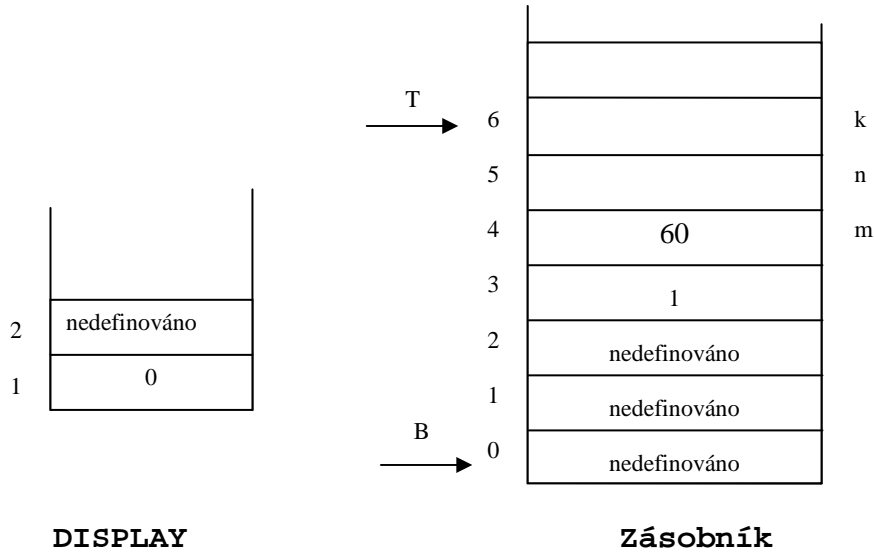


DISPLAY

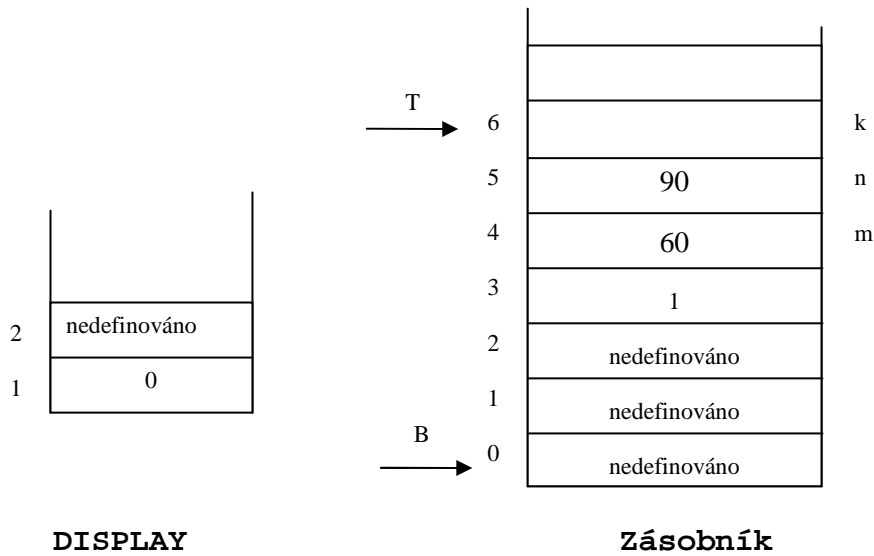


Zásobník

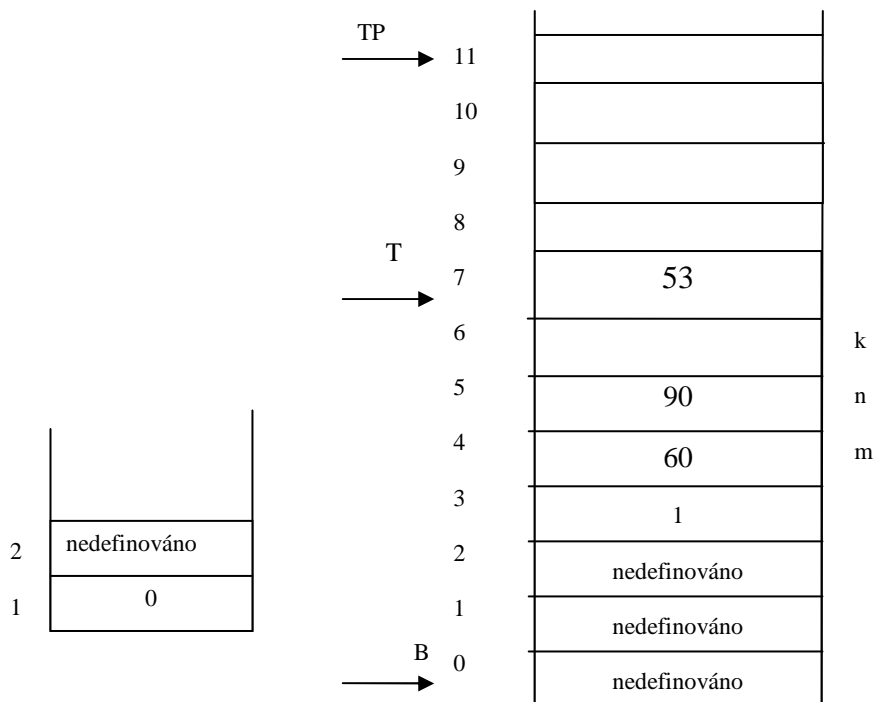
Stav po provedení instrukce (39) READ



Stav po provedení instrukce (40) TA 1, 5
(41) READ

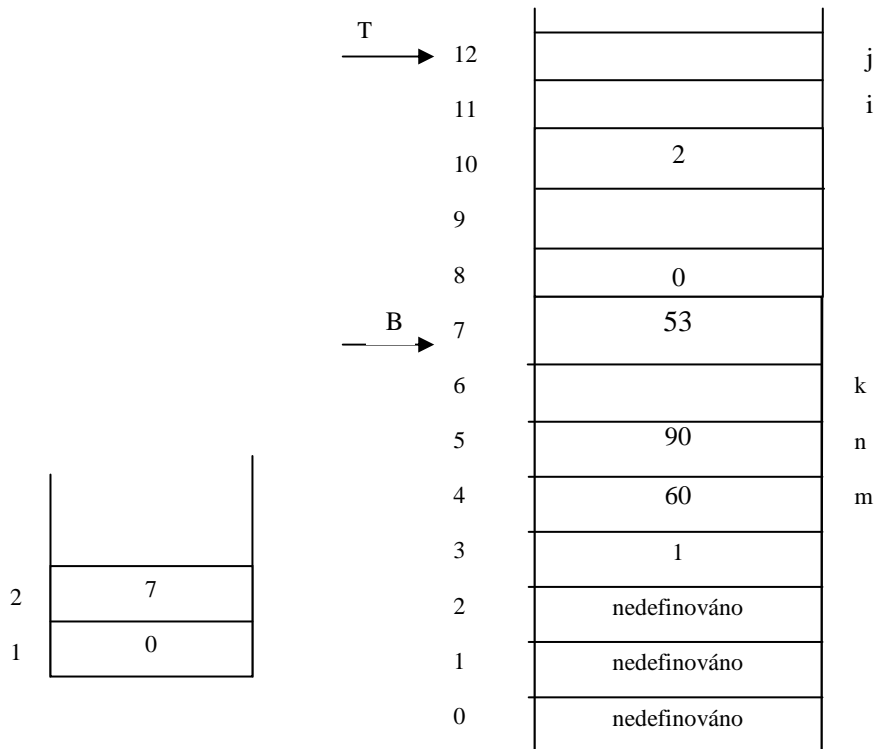


Stav po provedení instrukce (52) CSUB 1



PC = 1

Stav po provedení instrukce (1) BBEG 2, 5



Zpracování dalších instrukcí (z podprogramu NSD)

Instrukce	Změna v Z	Další změny
(2) FPAR CONST	Z[11] := 60 Z[7] := 54	TP := 12
(3) FPAR CONST	Z[12] := 90 Z[7] := 55	TP := 13
(4) TA 2, 4	Z[13] := 11	T := 13
(5) DR	Z[13] := 60	
(6) TA 2, 5	Z[14] := 12	T := 14
(7) DR	Z[14] := 90	
(8) REL NE	Z[13] := 1	T := 13
(9) IFJ 32		T := 12
(10) TA 2, 4	Z[13] := 11	T := 13
(11) DR	Z[13] := 60	
(12) TA 2, 5	Z[14] := 12	T := 14
(13) DR	Z[14] := 90	
(14) REL GT	Z[13] := 0	T := 13
(15) IFJ 24		T := 12 PC := 24
(24) TA 2, 5	Z[13] := 12	T := 13
(25) TA 2, 5	Z[14] := 12	T := 14
(26) DR	Z[14] := 90	
(27) TA 2, 4	Z[15] := 11	T := 15
(28) DR	Z[15] := 60	
(29) MINUS	Z[14] := 30	T := 14
(30) ST	Z[12] := 30	T := 12
(31) JU 4		PC := 4
(4) TA 2, 4	Z[13] := 11	T := 13
(5) DR	Z[13] := 60	
(6) TA 2, 5	Z[14] := 12	T := 14
(7) DR	Z[14] := 30	

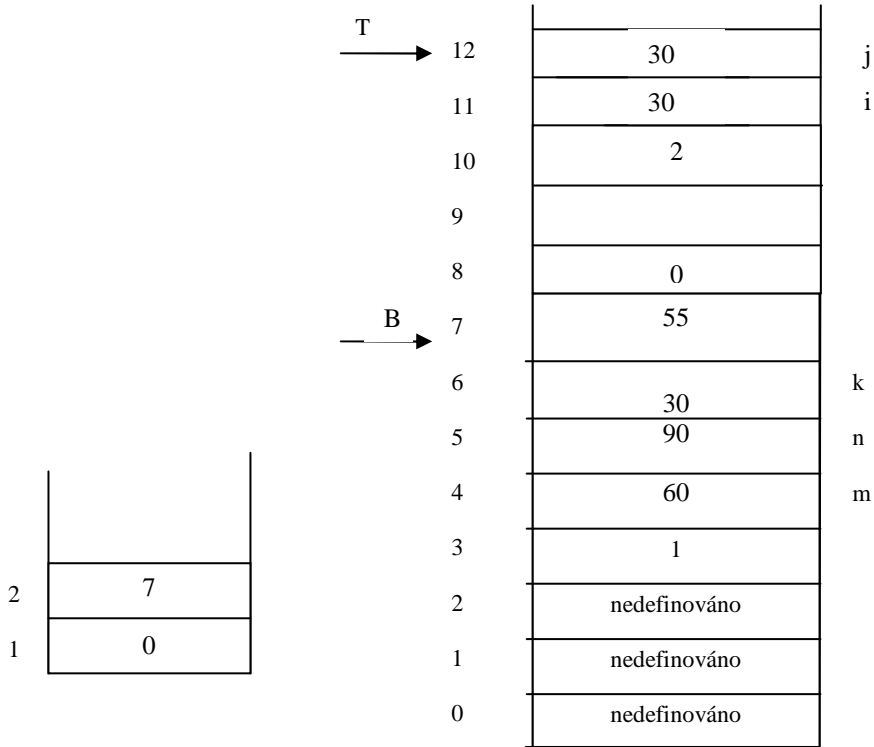
Instrukce	Změna v Z	Další změny
(8) REL NE	Z[13] := 1	T := 13
(9) IFJ 32		T := 12
(10) TA 2, 4	Z[13] := 11	T := 13
(11) DR	Z[13] := 60	
(12) TA 2, 5	Z[14] := 12	T := 14
(13) DR	Z[14] := 30	
(14) REL GT	Z[13] := 1	T := 13
(15) IFJ 24		T := 12
(16) TA 2, 4	Z[13] := 11	T := 13
(17) TA 2, 4	Z[14] := 11	T := 14
(18) DR	Z[14] := 60	
(19) TA 2, 5	Z[15] := 12	T := 15
(20) DR	Z[15] := 30	
(21) MINUS	Z[14] := 30	T := 14
(22) ST	Z[11] := 30	T := 12
(23) JU 31		PC := 31
(31) JU 4		PC := 4
(4) TA 2, 4	Z[13] := 11	T := 13
(5) DR	Z[13] := 30	
(6) TA 2, 5	Z[14] := 12	T := 14
(7) DR	Z[14] := 30	
(8) REL NE	Z[13] := 0	T := 13
(9) IFJ 32		T := 12 PC := 32
(32) TA 1, 6	Z[13] := 6	T := 13
(33) TA 2, 4	Z[14] := 11	T := 14
(34) DR	Z[14] := 30	
(35) ST	Z[6] := 30	T := 12

Tabulka . Další provádění programu

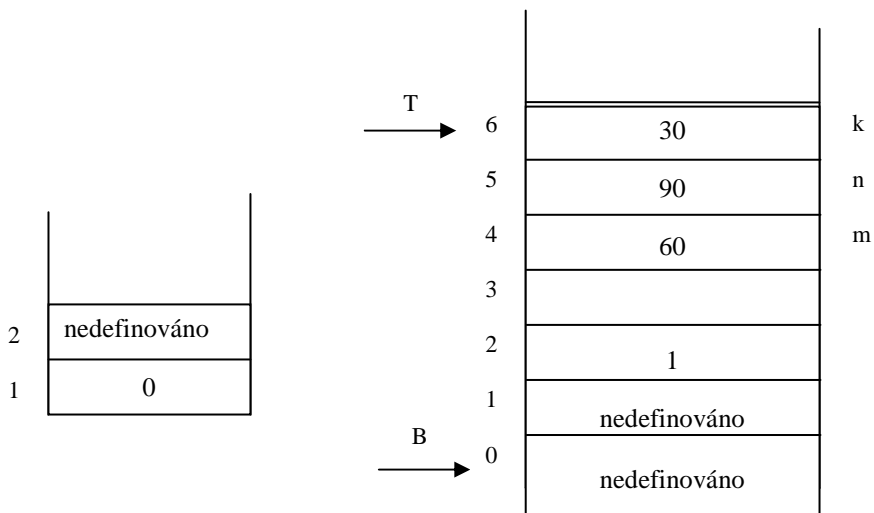
Instrukce	Změna v Z	Další změny
(55) TA 1, 6	Z[7] := 6	T := 7
(56) DR	Z[7] := 30	
(57) WRITE		T := 6; tiskne hodnotu 30
(58) STOP		ukončí interpretaci

Instrukce ukončující interpretaci

Stav před návratem z procedury



Stav po provedení instrukce (36) RET



Interpretace v PL0

Instrukce postfixového zápisu

lit 0,A ulož konstantu A do zásobníku

opr 0,A proved instrukci A

1 unarní minus

2 +

3 -

4 *

5 div

6 mod

7 odd

8 =

9 <>

10 <

11 >=

12 >

13 <=

lod L,A :ulož hodnotu proměnné z adr. L,A na vrchol zásobníku

sto L,A :zapiš do proměnné s adr. L,A hodnotu z vrcholu zásob.

cal L,A :volej proceduru s adresou kódu A z úrovně L

ret 0,0 :return

ing 0,A :zvyš obsah Top-registru zásobníku o hodnotu A

jmp 0,A :proved' skok na adresu kódu A

jpc 0,A :proved' podmíněný skok na adresu kódu A

/* interpretace generovanych kodu PL0. S je vypoctovy zasobnik, program je v code[]*/

void interpret(void) {

int p, t; /* citac instrukci, vrchol zasobniku */

INSTRUCTION i; /*registr instriicke*/

printf("START PL/0\n");

t = p = s[1] = s[2] = s[3] = 0; /*vrchol, citac, stat.retez, dynamo.retez, navrat.adresa*/

b = 1;

do {

i = code[p++];

switch (i.f) {

case lit: s[++t] = i.a;

break;

case opr:

switch (i.a) {

case neg : s[t] = -s[t];

/*printf("INTERPRET OPR: neg\n");*/

break;

case add : t--;

s[t] += s[t + 1];

/*printf("INTERPRET OPR: add\n");*/

break;

case sub : t--;

s[t] -= s[t + 1];

/*printf("INTERPRET OPR: sub\n");*/

break;

case mul : t--;

s[t] *= s[t + 1];

/*printf("INTERPRET OPR: mul\n");*/

break;

case di : t--;

if (s[t + 1] != 0) s[t] /= s[t + 1];

else {

// error

error(31);

}

/*printf("INTERPRET OPR: di\n");*/

break;

case mod : t--;

s[t] = s[t] % s[t + 1];

/*printf("INTERPRET OPR: mod\n");*/

break;

case odd : s[t] = s[t] % 2;

/*printf("INTERPRET OPR: odd\n");*/

break;

case eq : t--;

s[t] = (s[t] == s[t + 1]);

/*printf("INTERPRET OPR: eq\n");*/

break;

case ne : t--;

s[t] = (s[t] != s[t + 1]);

/*printf("INTERPRET OPR: ne\n");*/

break;

case lt : t--;

```

        s[t] = (s[t] < s[t + 1]);
            /*printf("INTERPRET OPR: lt\n");*/
        break;
    case ge : t--;
        s[t] = (s[t] >= s[t + 1]);
            /*printf("INTERPRET OPR: ge\n");*/
        break;
    case gt : t--;
        s[t] = (s[t] > s[t + 1]);
            /*printf("INTERPRET OPR: gt\n");*/
        break;
    case le : t--;
        s[t] = (s[t] <= s[t + 1]);
            /*printf("INTERPRET OPR: le\n");*/
        break;
    }
    break;

case lod: t++; /*natazeni adresy promenne do stacku*/
    s[t] = s[base(i.l) + i.a]; /*fce base provede sestup o l urovni po stat.retezu*/
    break; /* v PL0 je dynam.adresa (hlad.pouziti minus hlad.deklarace, posuv)

case sto: s[base(i.l) + i.a] = s[t];
    printf("%d\n",s[t--]);
    break;

case cal: s[t + 1] = base(i.l); /*staticky retezec*/
    s[t + 2] = b; /*dynamicky retezec*/
    s[t + 3] = p; /*navratova adresa*/
    b = t + 1; /*nova baze*/
    p = i.a; /*zacatek podprogramu*/
    break;

case ret: t = b - 1;
    p = s[t + 3]; /*do p dame navratovou adresu*/
    b = s[t + 2]; /*nastavime starou bazi*/
    break;

case ing: t += i.a; /*a je velikost AZ = 3+pocet promennych*/
    break;

case jmp: p = i.a;
    break;

case jpc: if (s[t] == 0) p = i.a; /*skok při false*/
    t--;
    break;
}
} while (p);
printf(" END PL/0\n");
} // interpret()

```

```

procedure PL0 interpret (*v pascalu*);
  const stacksize=500;
  var p,b,t:integer; (*program-,base-,topstack- registers*)
      i:instruction; (*instruction register*)
      s:array[1..stacksize] of integer; (*datastore*)
  function base(l:integer):integer;
    var b1:integer;
    begin b1:=b; (*find base l levels down*)
      while l>0 do
        begin b1:=s[b1];
          l:=l-1
        end;
      base:=b1
    end; (*base*)
begin writeln('START PL/0');
  t:=0; b:=1; p:=0;
  s[1]:=0; s[2]:=0; s[3]:=0;
  repeat i:=code[p]; p:=p+1;
    with i do
      case f of
        lit: begin t:=t+1; s[t]:= a end;
        opr: case a of (*operator*)
          0: begin (*return*)
              t:=b-1; p:=s[t+3]; b:=s[t+2];
            end;
          1: s[t]:=-s[t];
          2: begin t:=t-1; s[t]:=s[t]+s[t+1]; end;
          3: begin t:=t-1; s[t]:=s[t]-s[t+1]; end;
          4: begin t:=t-1; s[t]:=s[t]*s[t+1]; end;
          5: begin t:=t-1; s[t]:=s[t] div s[t+1]; end;
          6: s[t]:=ord(odd(s[t]));
          8: begin t:=t-1; s[t]:=ord(s[t]=s[t+1]); end;
          9: begin t:=t-1; s[t]:=ord(s[t]<>s[t+1]); end;
         10: begin t:=t-1; s[t]:=ord(s[t]<s[t+1]); end;
         11: begin t:=t-1; s[t]:=ord(s[t]>s[t+1]); end;
         12: begin t:=t-1; s[t]:=ord(s[t]>s[t+1]); end;
         13: begin t:=t-1; s[t]:=ord(s[t]<=s[t+1]); end
        end;
        lod: begin t:=t+1; s[t]:=s[base(l)+a]; end;
        sto: begin s[base(l)+a]:=s[t];writeln(s[t]);t:=t-1 end;
        cal: begin (*generate new block mark*)
              s[t+1]:=base(l); s[t+2]:=b; s[t+3]:=p;
              b:=t+1; p:=a;
            end;
        int: t:=t+a;
        jmp: p:=a;
        jpc: begin if s[t]=0 then p:=a; t:=t-1; end
      end (*with, case*)
    until p=0;
    write(' END PL/0 ');
  end; (*interpret*)

```

Generátor kódu

1. Ze čtveřic

Máme k dispozici:

Jeden obecný registr - akumulátor

a jeho instrukční množinu: LOAD addr, STORE addr,

ADD addr, SUB addr, MUL addr, ..., CH. (CH je zezápornění)

Ke generování použijeme podprogramy:

1)

podprogram Store_into_accumulator(P,Q: typu variable) {

T: typu variable;

if (ACCUM \neq P) { /*ACCUM je globální proměnná obsahující údaj co je ve střadači*/

if (ACCUM = undefined) { GEN('LOAD', P); ACCUM \leftarrow P;

}

else

if (ACCUM = Q) { T \leftarrow P; P \leftarrow Q; Q \leftarrow T ;

}

else

{ GEN('STORE', ACCUM); GEN('LOAD', P); ACCUM \leftarrow P;

}

}

}

čtveřice (+, OP1, OP2, Result) dtto všechny komutativní operace

2)

podprogram GADD(OP1, OP2, Result); {

Store_into_accumulator(OP1, OP2);

Gen('ADD', OP2);

ACCUM \leftarrow Result;

}

čtveřice (-, OP1, OP2, Result) dtto všechny nekomutativní operace

3)

podprogram GSUB(OP1, OP2, Result); {

Store_into_accumulator(OP1, OP1);

Gen('SUB', OP2);

ACCUM \leftarrow Result;

}

(@, OP1, Result, -) unární minus

4)

podprogram GUN(OP1, Result); {

Store_into_accumulator(OP1, OP1);

Gen('CH', -); ACCUM \leftarrow Result;

}

Př. generování z posloupnosti čtveřic uděláme na tabuli (pohodáři jej najdou na konci)

2. Generování z trojic popíšeme rozhodovací tabulkou

operator	op2		accumulator	proměnná	trojice
	op1				
+	accumulator			GEN('ADD',OP2)	T← NTV GEN('STORE',T) COMP(OP2) GEN('ADD',T)
	proměnná	GEN('ADD',OP1)		GEN('LOAD',OP1) GEN('ADD',OP2)	COMP(OP2) GEN('ADD',OP1)
	trojice			COMP(OP1) GEN('ADD',OP2)	COMP(OP1) OP1← accumulator COMP(Self)
-	accumulator			GEN('SUB',OP2)	
	proměnná	T← NTV GEN('STORE',T) OP2←T COMP(Self)		GEN('LOAD',OP1) GEN('SUB',OP2)	COMP(OP2) T← NTV GEN('STORE',T) OP2←T COMP(Self)
	trojice	T← NTV GEN('STORE',T) COMP(OP1) GEN('SUB',T)		COMP(OP1) GEN('SUB',OP2)	COMP(OP2) OP2← accumulator COMP(Self)
un -		GEN('CH','')		GEN('LOAD'OP2) GEN('CH','')	COMP(OP2) GEN('CH','')

Př. generování z posloupnosti trojic uděláme na tabuli (pohodáři jej najdou na posl.str.)

Příklad generování ze čtveřic vzniklých přeložením výrazu ukazuje tabulka

$P_2) ((A + B * C) - A * B) * C$ *hude zpracován takto:*

<i>čtveřice</i>	<i>instrukce</i>	<i>STRDC</i>
$*$, B, C, T1	LOAD B MUL C	T1
$+$ A, T1, T2	ADD A	T2
$*$, A, B, T3	STORE T2 LOAD A MUL B	T3
$-$, T2, T3, T4	STORE T3 LOAD T2 SUB T3	T4
$*$, T4, C, T5	MUL C	T5

↑
Posloupnost přeložených instrukcí

Příklad generování z trojic přeložených z výrazu $A*(B+C) - B*(A+C)$

Posloupnost trojic je:

- (1) +, B, C
- (2) *, A, (1)
- (3) +, A, C
- (4) *, B, (3)
- (5) -, (2), (4)

Generátor se spustí vyvoláním KOMP(číslo_poslední_trojice)

Průběh výpočtu postupným voláním KOMP a v ni specifikovaných akcí pro konkrétní trojice se snaží zachytit následující obr.

(5): -, (2), (4)

vola KOMP(4)

(4): *, B, (3)

vola KOMP(3)

(3): +, A, C

GEN('LOAD', A)

GEN('ADD', C)

návrat do (4)

GEN('MUL', B)

návrat do (5)

OP2 je škoda

vola KOMP(modifik. 5) (M5): -, (2), škoda

$T_1 \leftarrow NPP$ info o proměně proměnné

GEN('STORE', T_1)

vola KOMP(2) (2): *, A, (1)

vola KOMP(1) (1): +, B, C

GEN('LOAD', B)

GEN('ADD', C)

návrat do (2)

GEN('MUL', A)

návrat do mod. 5

GEN('SUB', T_1)

návrat R mod. 5 do 5

konec