POTPROGRAMI

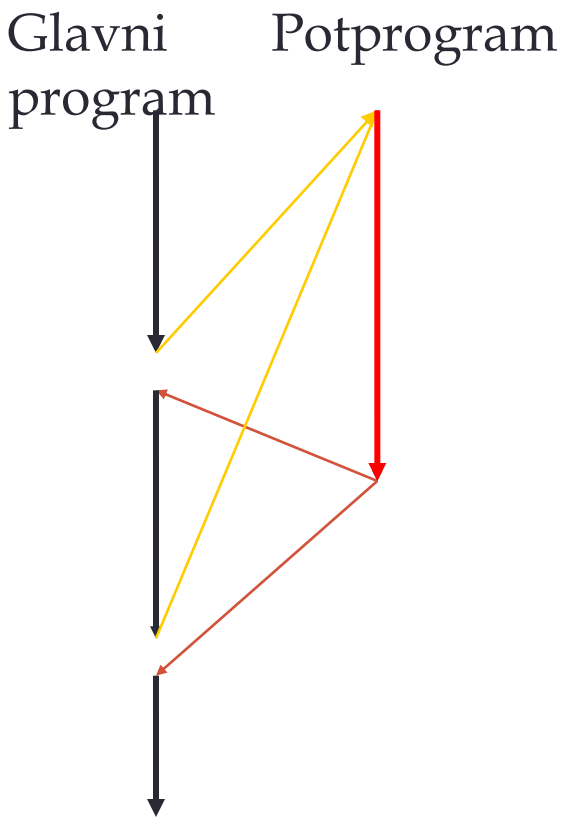
Definicija potprograma

Parametri potprograma

Rekurzije

Organizacija memorije u toku izvršenja programa

Pojam potprograma



Elementi potprogram

Potprogram karakterišu četri osnovna elementa:

- ime potprograma
- lista fiktivnih parametara
- telo potprograma
- sredina u kojoj potprogram definisan.

Tipovi potprograma

- Funkcijski potprogrami (funkcije)
  - Imaju tačno jednu povratnu vrednost
- Potprogrami opšteg tipa (procedure)
  - Mogu imati više (ili ni jednu) povratnu vrednost

Definicija potprograma u *C-like* jezicima

- U programskim jezicima koji nasleđuju sintaksu programskog jezika C postoji samo jedna vrsta potprogram (funkcije)
- Definicija funkcije u programskom jeziku C:

```
<tip> ime(<lista_fiktivnih_parametara>)
{
        //telo potprograma
}
```

- **<tip>** – tip rezultata funkcije
  - Ukoliko funkcija ne vraća nikakav rezultat, kao povratni tip se koristi tip **void**

Naredba povratka iz potprograma

- Naredba za povratak iz programa ima 2 formata:
  - **`return <izraz>;`** - za funkcije koje vraćaju rezultat
  - **`return;`** - za funkcije tipa **`void`**

Poziv potprograma

```
ime(<lista_stvarnih_parametara>)
```

- Lista fiktivnih i lista stvarnih argumenata mora da se slaže po broju i tipovima argumenata.
  - Stvarni parametar je izraz istog tipa kao odgovarajući fiktivni parametar.

- Primeri poziva potprograma:

```
int a, b, min1, min2, min3;
…
min1 = min(a,b);
min2 = min(a, 5);
min3 = min(5*a, b+7);
```

Parametri potprograma

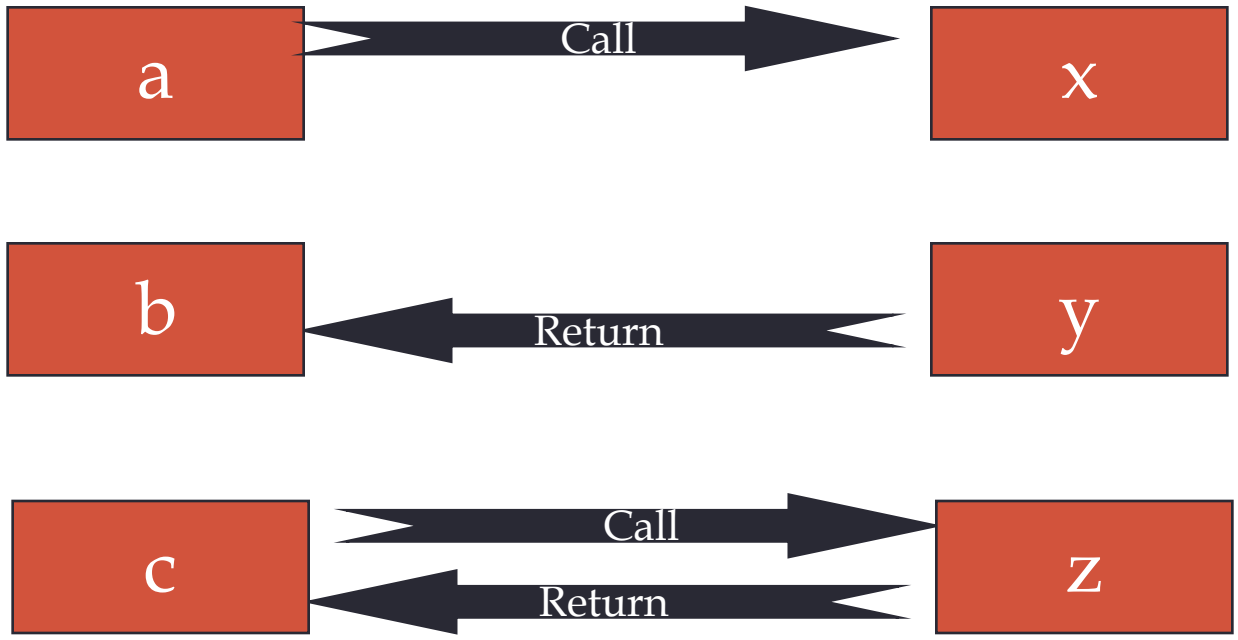
Parametri potprograma

- Semantički posmatrano prenos parametara u potprogram može da bude po jednom od tri sematička modela. Potprogram može da:
  - od glavnog programa primi vrednost parametra (**ulazni**),
  - da mu preda vrednost (**izlazni**),
  - da primi vrednost i preda rezultat glavnom programu (**ulazno-izlazni**).

Parametri potprograma

SUB(a,b,c)

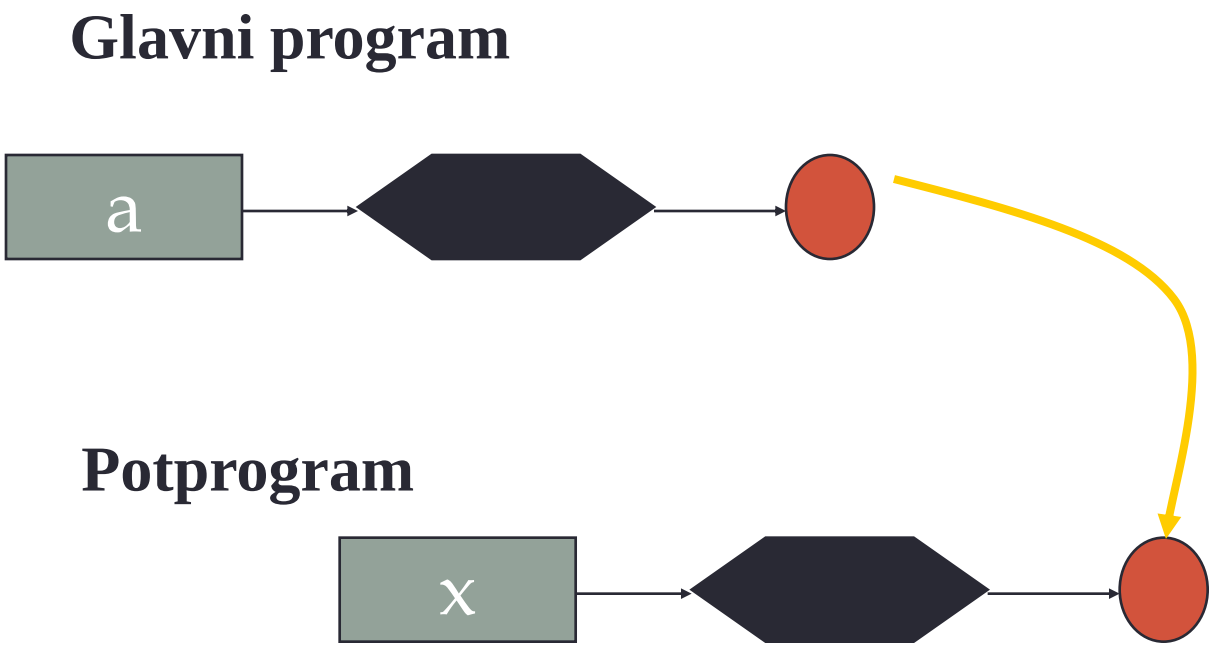
```
procedure SUB(x : in INTEGER, y:
out INTEGER, z: inout INTEGER);
```



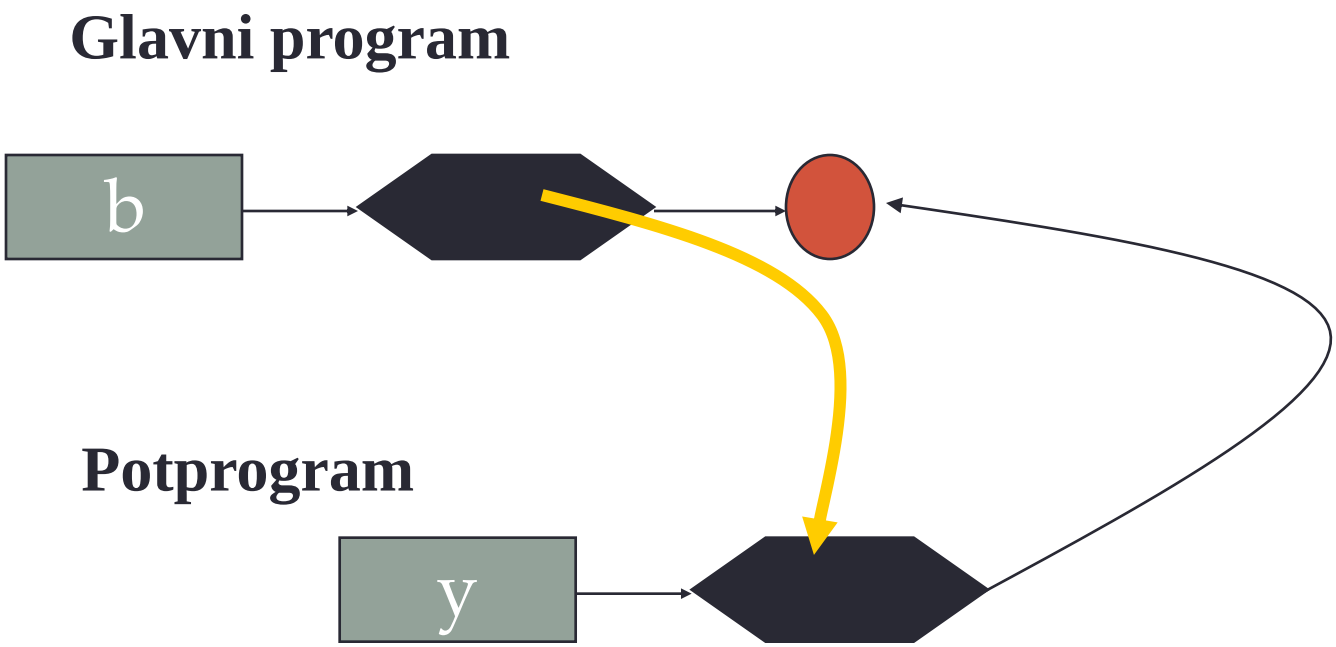
Prenos parametara

- U teoriji programskih jezika najčešće korišćene su dve metode prenosa parametara:
  - **Po vrednosti**
    - U trenutku poziva rezerviše se novi prostor u memoriji za fiktivni parametar, i u taj prostor upisuje vrednost stvarnog parametra.
  - **Po referenci**
    - Fiktivni parametar je drugo ime za stvarni parametar koji se navodi u pozivu

Prenos parametara po vrednosti
Call by value



Prenos parametara po referenci
Call by reference



Druge tehnike prenosa

- Prenos po rezultatu (call by result)
- Prenos po vrednosti i rezultatu (call by Value-Result)
- Prenos po imenu (Call by Name)

Call by Name

```
real procedure SUMA(x,j,n);
   value n; real x; integer j,n;
begin
   real S;
   S := 0.0;
   for j := 1 step 1 until n do
      S := S + x;
   SUMA := S
end.
```

Call SUMA(A, I, 100)

```
begin
   real S;
   S := 0.0;
   for I := 1 step 1 until 100 do
      S := S + A;
   SUMA := S
end.
```

Call by Name

```
real procedure SUMA(x,j,n);
   value n; real x; integer j,n;
begin
   real S;
   S := 0.0;
   for j := 1 step 1 until n do
      S := S + x;
   SUMA := S
end.
```

Call SUMA(A[I], I, 100)

```
begin
   real S;
   S := 0.0;
   for I := 1 step 1 until 100 do

     S := S + A[I];
  SUMA := S
end.
```

Call SUMA(A[I]*A[I], I, 100)

```
begin
   real S;
   S := 0.0;
   for I := 1 step 1 until 100 do
      S := S + A[I] * A[I];
   SUMA := S
end.
```

Prenos parametara u programskom jeziku C

- Parametri se prenose isključivo po vrednosti.
- Kad funkcija treba da menja vrednost parametra, funkciji se prenose pokazivači.

Prenos parametara u programskom jeziku C++

- Postoje oba načina prenosa:
  - Po vrednosti
  - Po referenci
- Programer odlučuje da li će se prenos parametara vršti po vrednosti ili po referenci

```
void f(int i, int &j) // i po vrednosti,
                      // j po referenci
{
   i++;
   j++;
}
```

Prenos parametara u Javi

- Postoji jedino prenos parametara po vrednosti.

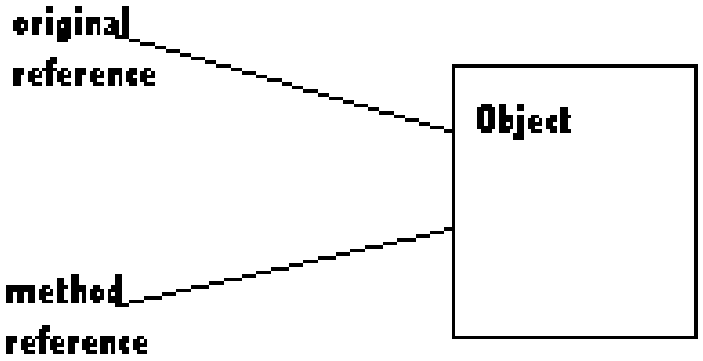
- Tipovi podataka u Javi:
  - Vrednosni
    - Svi primitivni tipovi podataka
  - Referentni
    - Polja
    - Enumeracije
    - Klase
    - Interfejsi

Prenos parametara vrednosnog tipa u Javi

- Pri prenosu se rezerviše novi prostor za vrednost parametra i tu upisuje vrednost stvarnog argumenta
- Izmena vrednosti parametra se ne odražava na stvarni argument

Prenos parametara referentnog tipa u Javi

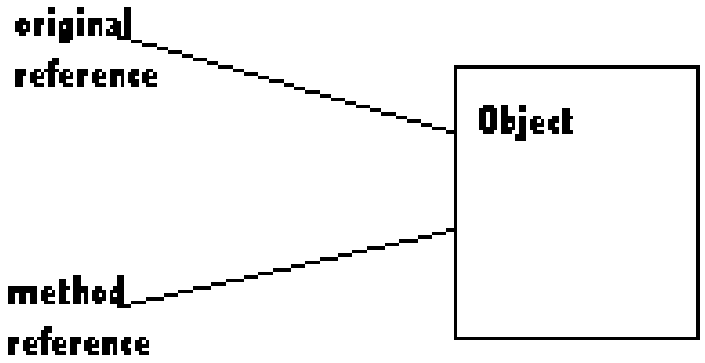
- Prilikom poziva funkcije se kreira nova referenca, ali ne i novi objekat.



- Promena objekta u metodi, znači promenu originalnog objekta.
- Ukoliko se referentnom parametru u metodi dodeli drugi objekat, promena tog objekta se neće videti u pozivajućem modulu.

Prenos parametara referentnog tipa u Javi

- Prilikom poziva funkcije se kreira nova referenca, ali ne i novi objekat.



- Promena objekta u metodi, znači promenu originalnog objekta.
- Ukoliko se referentnom parametru dodeli u metodi dodeli drugi objekat, promena tog objekta se neće videti u pozivajućem modulu.

Prenos parametara referentnog tipa u Javi

```
void f(MyClass p)
{
  p.Change();      //stvarni parametar se menja
}

void g(MyClass p)
{
  p = new MyClass();
  p.Change();      //stvarni parametar nepromenjen
}
```

Parametri u programskom jeziku C#

- Parametri u programskom jeziku C# mogu biti:
  - Ulazni – podrazumevani, navode se bez eksplicitnog navođenja vrste prenosa,
  - Izlazni - ispred definicije parametra stoji ključna reč **`out`**,
  - Ulazno-izlazni – ispred definicije parametra stoji ključna reč **`ref`**.

- Način prenosa:
  - Ulazni – po vrednosti
  - Izlazni i ulazno-izlazni – po referenci

Parametri vrednosnog tipa u jeziku C#

- Ulazni – prenosi se po vrednosti
  - Pravi se kopija podatka u memoriji
  - Promene parametra unutar metode se ne vide van nje
  - Kao strvarni parametri se mogu koristiti promenljive, konstante ili izrazi odgovarajućeg tipa
- Izlazni ili ulazno-izlazni - prenosi se po referenci
  - Promene parametra unutar metode se vide u pozivajućem modulu
  - Štedi se memorijski prostor
  - Ulazni parametar se ne može koristiti u metodi pre nego što mu se dodeli vrednost
  - Stvarni parametar u pozivu može biti samo promenljiva

Parametri referentnog tipa u jeziku C#

- Ulazni parametar – prenos po vrednosti
  - Kreira se kopija reference, ali ne i podatka
  - Metoda može da menja objekat (ta promena će biti vidljiva spolja), ali ne može parametru da dodeli neki drugi objekat.
- Izlazni ili ulazno-izlazni parametar – prenos po referenci
  - Koristi se ista referenca kao i u pozivajućem modulu
  - Metoda može parametru da dodeli sasvim drugi objekat.
  - Ukoliko je parametar označen kao `out`, stvarni argument može imati i vrednost `null` pre poziva.

Parametri referentnog tipa u jeziku C#

```
void f(MyClass p)
{
   p.Change();
}

void g(ref MyClass p)
{
   p.DoSomething();
   p = new MyClass();
   p.Change();
}
```

```
void q(out MyClass p)
{
   p = new MyClass();
   p.Change();
}
```

Podrazumevane vrednosti parametara

- U nekim jezicima (C++,C#,...) se mogu navesti podrazumevane vrednosti argumenata.
  - Definicja funkcije sa podrazumevanim vrednostima parametara:

```
void f( float a=0.5f, int k=0 )...
```

- Podrazumevane vrednosti parametara se koriste ukoliko u pozivu funkcije odgovarajući stvarni parametar nije naveden.
  - Dozvoljeni pozivi funkcije f:

```
f( 15.5f, 2 );
f( 15.5f );
f( 2 );        // a dobija vrednost 2
f();
```

Podrazumevane vrednosti parametara

- Podrazumevane vrednosti mogu imati samo poslednji parametri u listi.
  - Dozvoljena definicija funkcije sa podrazumevanim vrednostima parametara:

```
void f( float a, int k=0 )
```

  - Nedozvoljena definicija funkcije sa podrazumevanim vrednostima parametara:

```
void f( float a=0.5f, int k )
```

Funkcije sa promenljivim brojem parametara istog tipa

- Neki jezici (C#, Java,...) omogućavaju da se definišu funkcije sa proizvoljnim brojem parametara istog tipa.

Funkcije sa promenljivim brojem parametara u programskom jeziku C#

- Ključna reč **params** omogućava da se funkcija poziva sa različitim brojem parametara istog tipa.
- U listi parametara samo poslednji može da ima ispred sebe ovu ključnu reč
- Nakon ključne reči params obavezno stoji niz
- Funkcija takav parametar vidi kao niz, a u pozivu se navode nezavisni stvarni parametri

Funkcije sa promenljivim brojem parametara u programskom jeziku C#

- Primer:

```
public static float prosek(params int[] ocene)
{
  float s=0;
  for (int i=0; i<ocene.length; i++)
    s += ocene[i];
  return s/ocene.length;
}

//poziv metode:
… prosek(7, 8, 7, 9, 6) …
```

Funkcije sa promenljivim brojem parametara u programskom jeziku Java

- Parametar koji se u pozivu može zameniti nizom parametara se u programskom jeziku Java obeležava tako što se iza imena tipa parametra navede znak **...**
- Primer:

```
public static float prosek(int... ocene)
{
  float s=0;
  for (int i=0; i<ocene.length; i++)
    s += ocene[i];
  return s/ocene.length;
}

//poziv metode:
… prosek(7, 8, 7, 9, 6) …
```

Rekurentnti potprogami

Rekurentni potprogrami

- Neki programski jezici dozvoljavaju poziv potprograma u telu samog tog potprograma. Takvi potprogrami nazivaju se rekurzivnim i pogodno su sredstvo za rešavanje problema koji su matematički rekurzivno definisani:

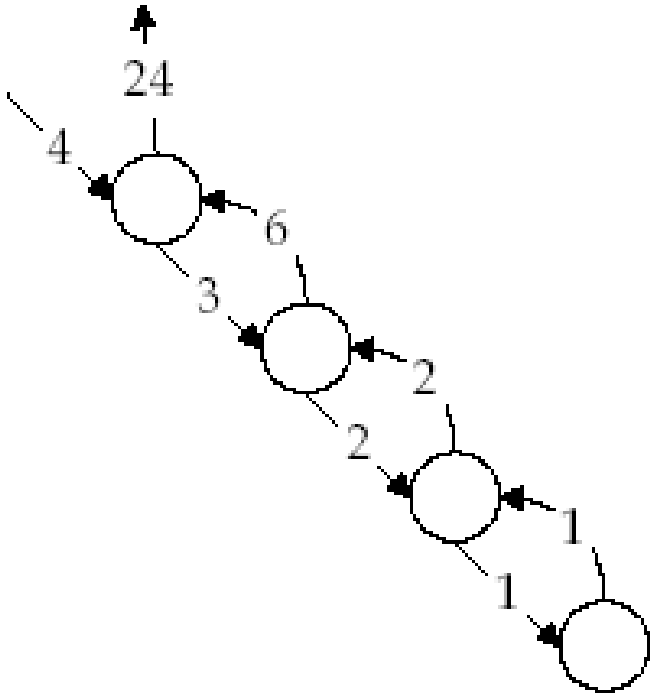
- Tipičan primer rekurzivnog potprograma je potprogram za izračunavanje faktorijela:

$$n! = \begin{cases} n \cdot (n-1)! & za \quad n \geq 1 \\ 1 & za \quad n = 0 \end{cases}$$

Funkcija za izračunavanje faktorijela

```
int fact(int n)
{
      if ( n < 2 )
            return 1;
      return n * fact( n - 1 );
}
```

Graf poziva funkcije

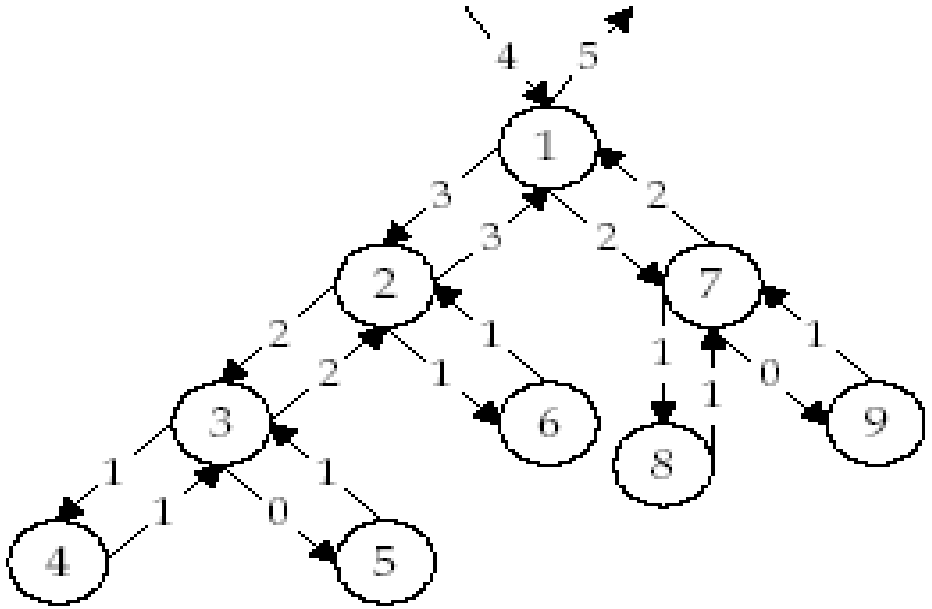


Graf poziva funkcije ***fact*** *za* $n = 4$

Fibonačijev niz

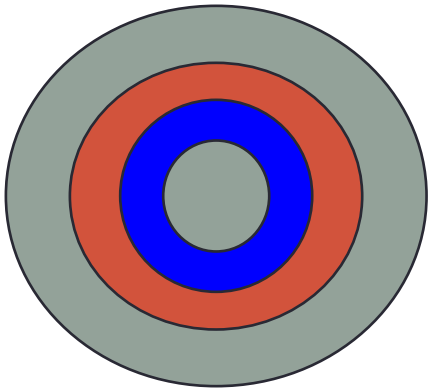
$$f_{(n)} = \begin{cases} f_{(n-1)} + f_{(n-2)}, n > 1 \\ 1, n = 1 \\ 1, n = 0 \end{cases}$$

```
int fib(int n)
{
   if ( n < 2 )
      return 1;
   return fib(n-1) + fib(n-2);
}
```



Hanojeve kule

```
void Hanoi(int n, int sa, int na, int preko)
{
  if (n>0)
  {
    Hanoj(n-1, sa, preko, na);
    PrebaciDisk(sa, na);
    Hanoj(n-1, preko, na, sa);
  }
}
```



18.446.744.073.709.551.615

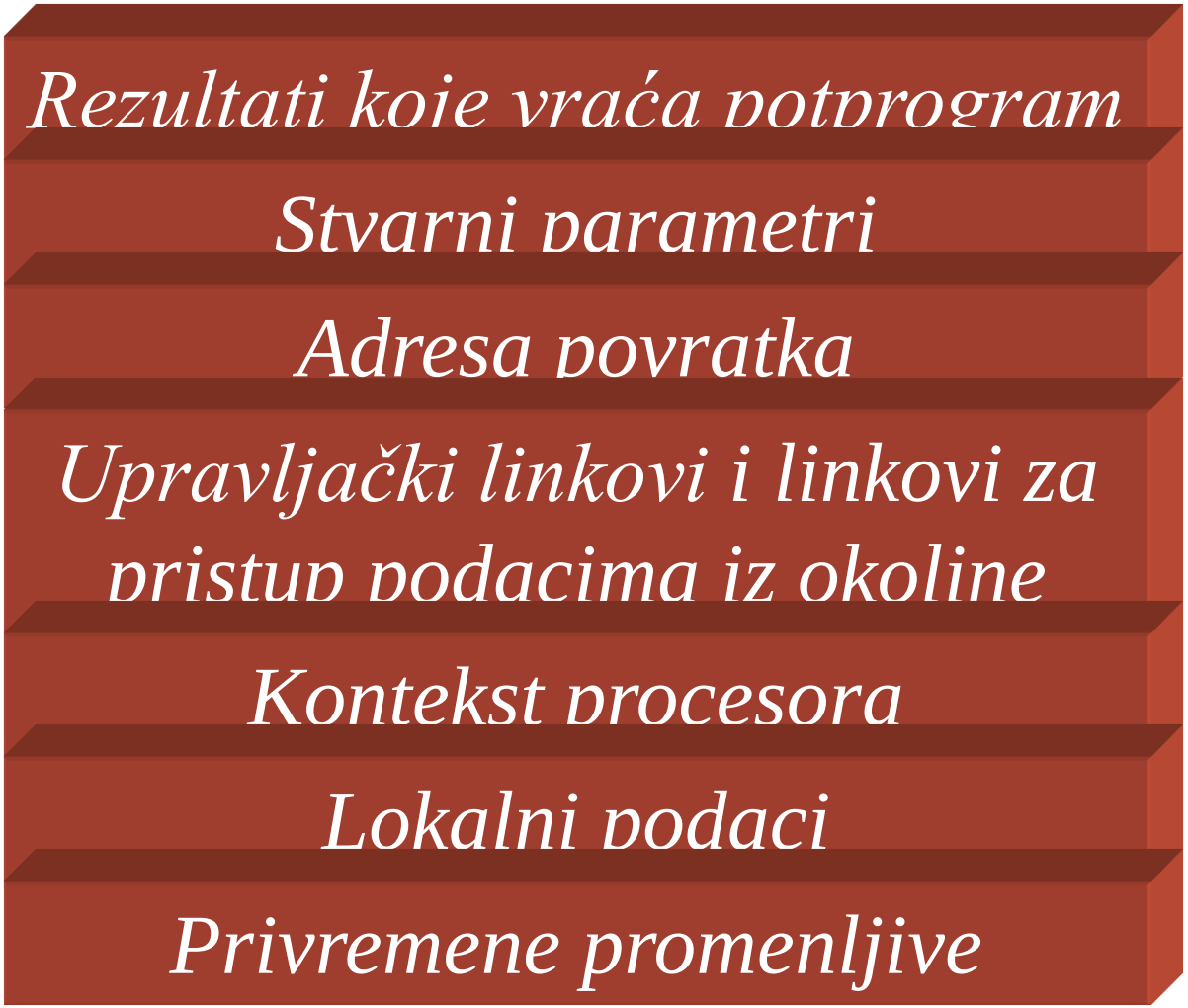
za n=64

Organizacija memorije u toku izvršenja programa

Organizacija memorije

- Memorija dodeljena jednom programu može da se podeli na sledeće delove:
  - Deo sa generisanim kodom
  - Polje podataka
  - Deo sa aktivacionim slogovima potprograma

Struktura aktivacionog sloga



Struktura aktivacionog sloga

- Temporalne promenljive – Promenljive koje generiše kompilator prilikom evaluacije aritmetičkih izraza
- Lokalni podaci potprograma
- Polje gde se pamti status procesora prilikom prenošenja upravljanja na potprogram
- Opcioni linkovi do nelokalnih podataka koji su sadržani u drugim aktivacionim slogovima.
- Opcioni linkovi do aktivacionog sloga programa iz kojeg je poyvan potprogram.
- Stvarni argumenti potprograma
- Polje preko kojeg se vraćaju rezultati u glavni program.

Strategije alokacije memorije

- Statička alokacija svih objekata u vreme kompilacije.
- Alokacija pomoću steka
- Dinamička alokacija pomoću Heap-a.

Statička alokacija memorije

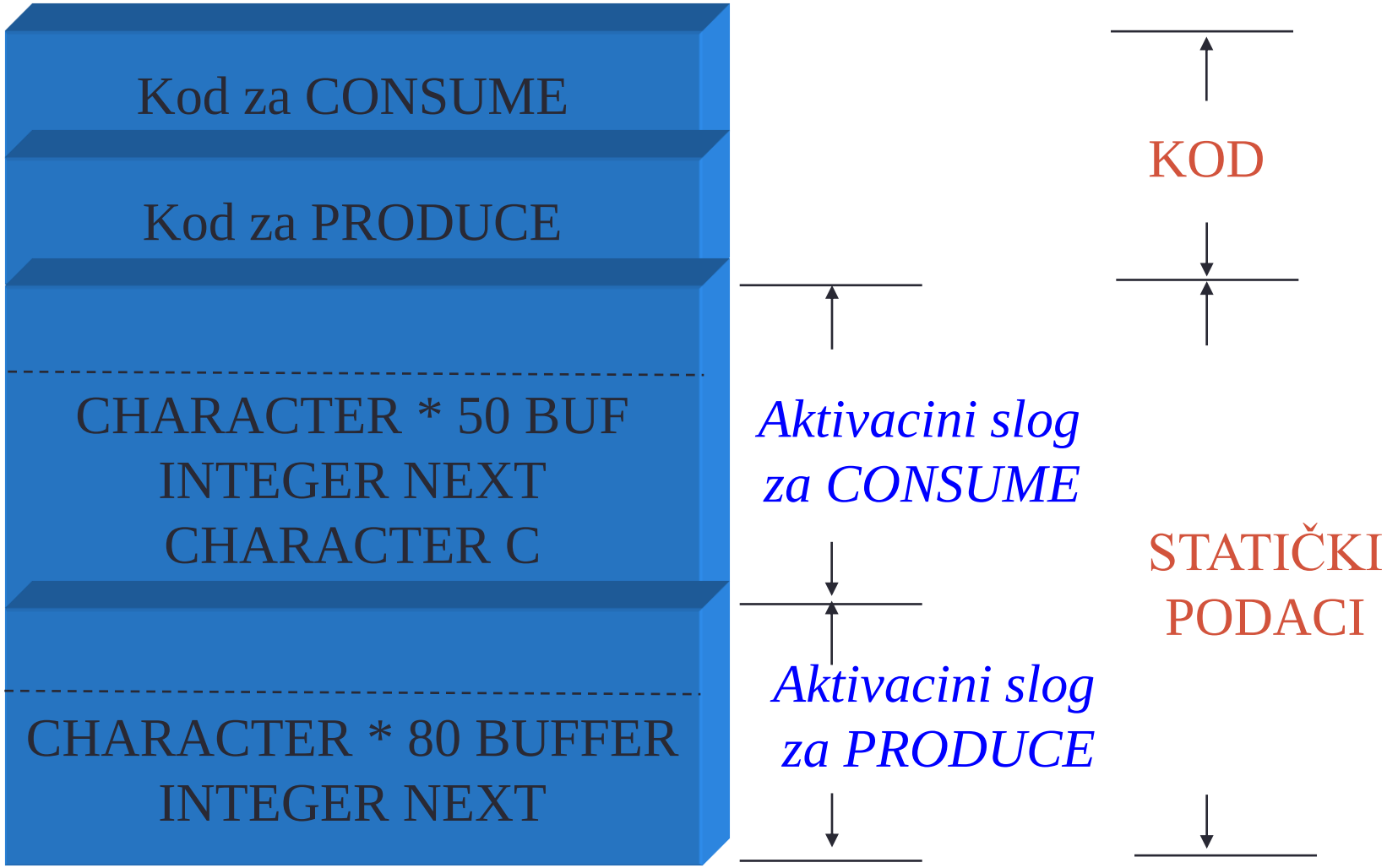
- U toku kompiliranja programa generiše se po jedan aktivacioni slog za svaki potprogram tako da se isti aktivacioni slog koristi kod svakog poziva potprograma.
- Nema mogućnosti za rekurzivne pozive procedura
- Strukture podataka se ne mogu kreirati dinamički.
- Primenjuje se kod implementacije jezika Fortran 77.

Primer statičke alokacije memorije

```
      PROGRAM CONSUME
            CHARACTER * 50 BAF
            INTEGER  NEXT
            CHARACTER C, PRODUCE
            DATA NEXT /1/, BUF /’   ‘/
6           C = PRODUCE ( )
            BUF(NEXT:NEXT) = C
            NEXT = NEXT + 1
            IF (C .NE. ‘ ‘) GO TO 6
            WRITE (*, ‘(A)’) BUF
            END
```

```
CHACTER FUNCTION PRODUCE ( )
CHARACTER * 80 BUFFER
INTEGER NEXT
SAVE BUFFER, NEXT
DATA NEXT /81/
IF (NEXT .GT. 80 ) THEN
READ (*, ‘(A)’) BUFFER
NEXT = 1
END IF
PRODUCE = BUFFER(NEXT:NEXT)
NEXT = NEXT + 1
END
```

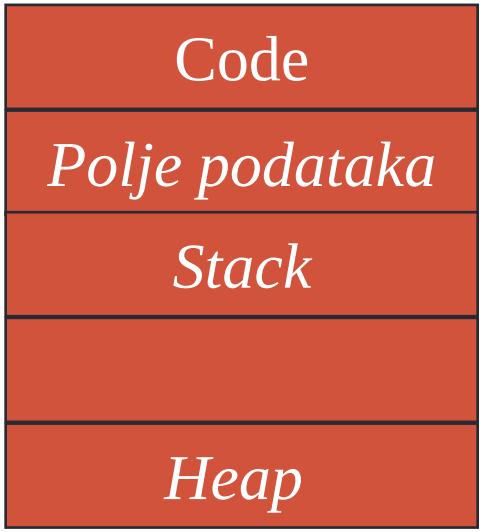
Statička raspodela memorije za program iz primera



STEK alokacija

- Memorija predviđena za pamćenje aktivacionih slogova je organizovana kao stek.
- Prilikom svakog poziva potprograma u stek se ubacuje njegov aktivacioni slog.
- Slog se izbacuje iz steka kada se potprogram završi.
- Ova tehnika omogućava rekurzivne pozive potprograma. U tom slučaju u steku se nalazi više aktivacionih slogova istog potprograma i svaki sadrži odgovarajuće podatke.
- U vreme kompiliranja programa zna se samo veličina aktivacionog sloga ali ne i dubina rekurzije (koliko će aktivacionih slogova jednog potprograma biti generisano).

STEK alokacija



Aktivacioni slogovi

Dinamičke strukture procedura

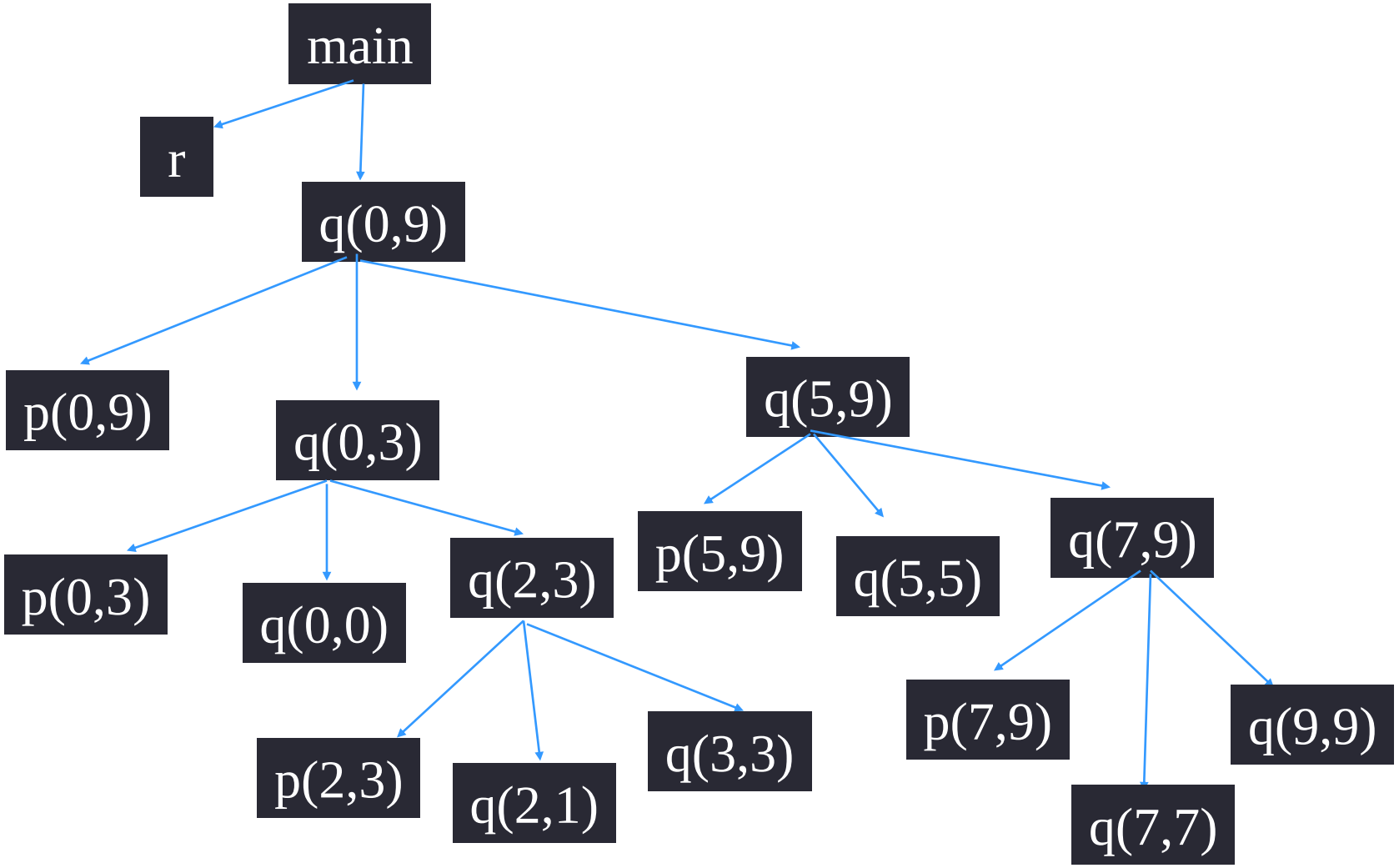
Primer

```
void quiksort (int m, int n)
{
      if (n>m)
      {
            i = partition (m,n);
            quiksort(m, i-1);
            quiksort(i+1, n);
      }
}
```

Primer

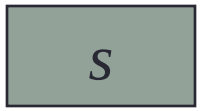
```
int a[10];
void main ()
{
        readarray();
        quiksort(0,9);
}
```

Aktivaciono stablo za sort



STEK

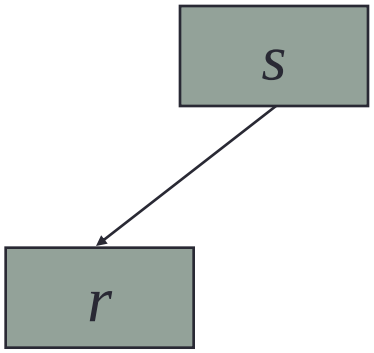
AKTIVACIONO STABLO



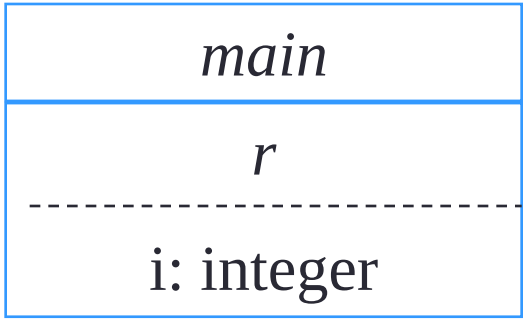
AKTIVACIONI SLOGOVI U STEKU

STEK alokacija za primer programa SORT

AKTIVACIONO STABLO

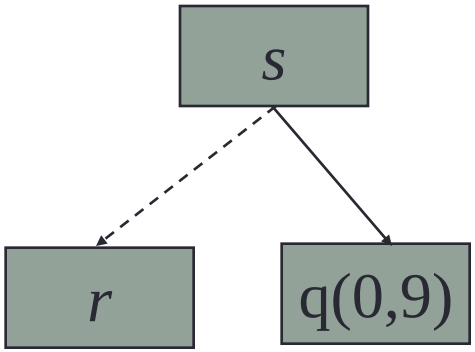


AKTIVACIONI SLOGOVI U STEKU

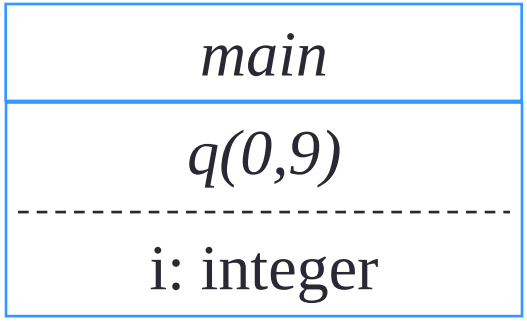


STEK alokacija za primer programa SORT

AKTIVACIONO STABLO

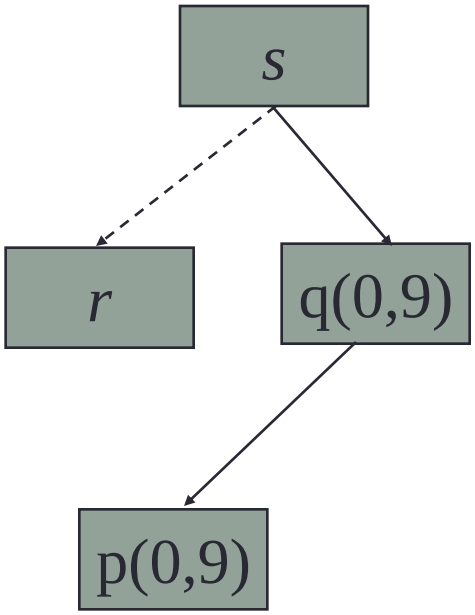


AKTIVACIONI SLOGOVI U STEKU

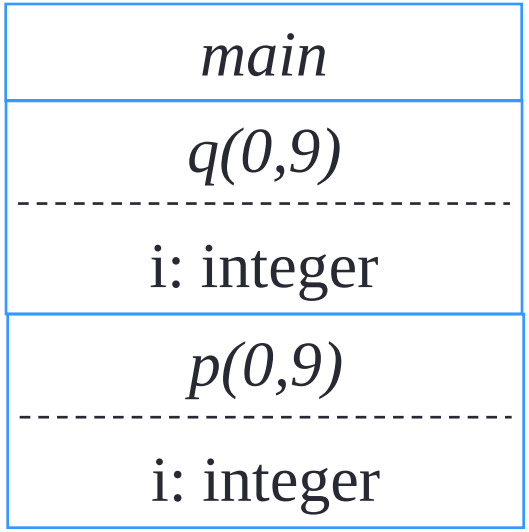


STEK alokacija za primer programa SORT

AKTIVACIONO STABLO

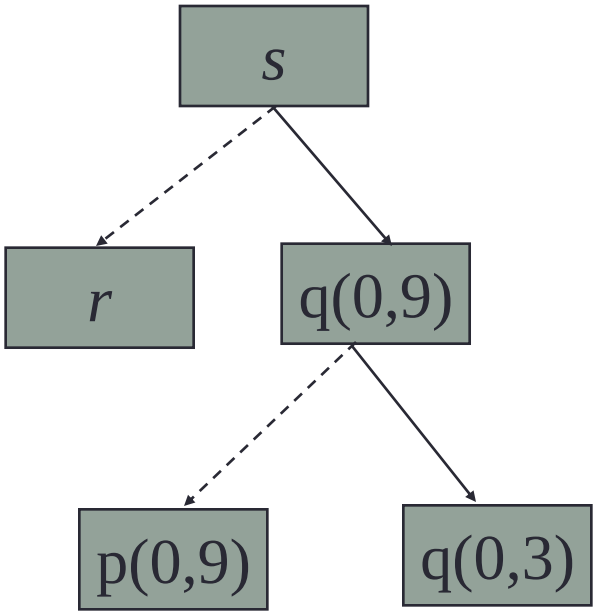


AKTIVACIONI SLOGOVI U STEKU

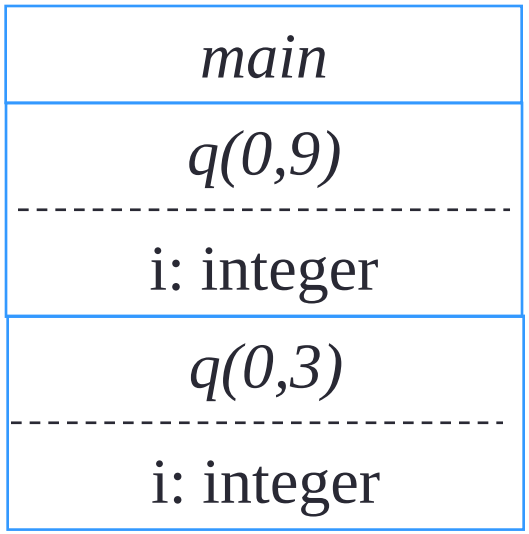


STEK alokacija za primer programa SORT

AKTIVACIONO STABLO



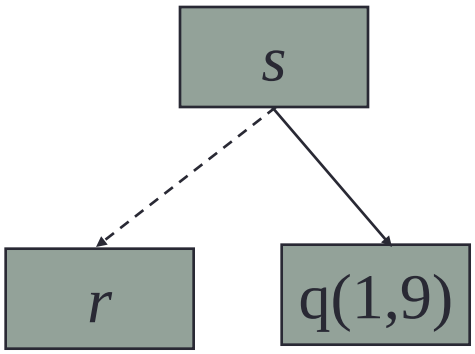
AKTIVACIONI SLOGOVI U STEKU



Dinamička alokacija

Aktivacioni slogovi se smeštaju u dinamičku memoriju i ne izbacuju se kao kod stek alokacije.

AKTIVACIONO STABLO



AKTIVACIONI SLOGOVI U HEAP-u