Uvod u programiranje

- predavanja -

prosinac 2025.

---

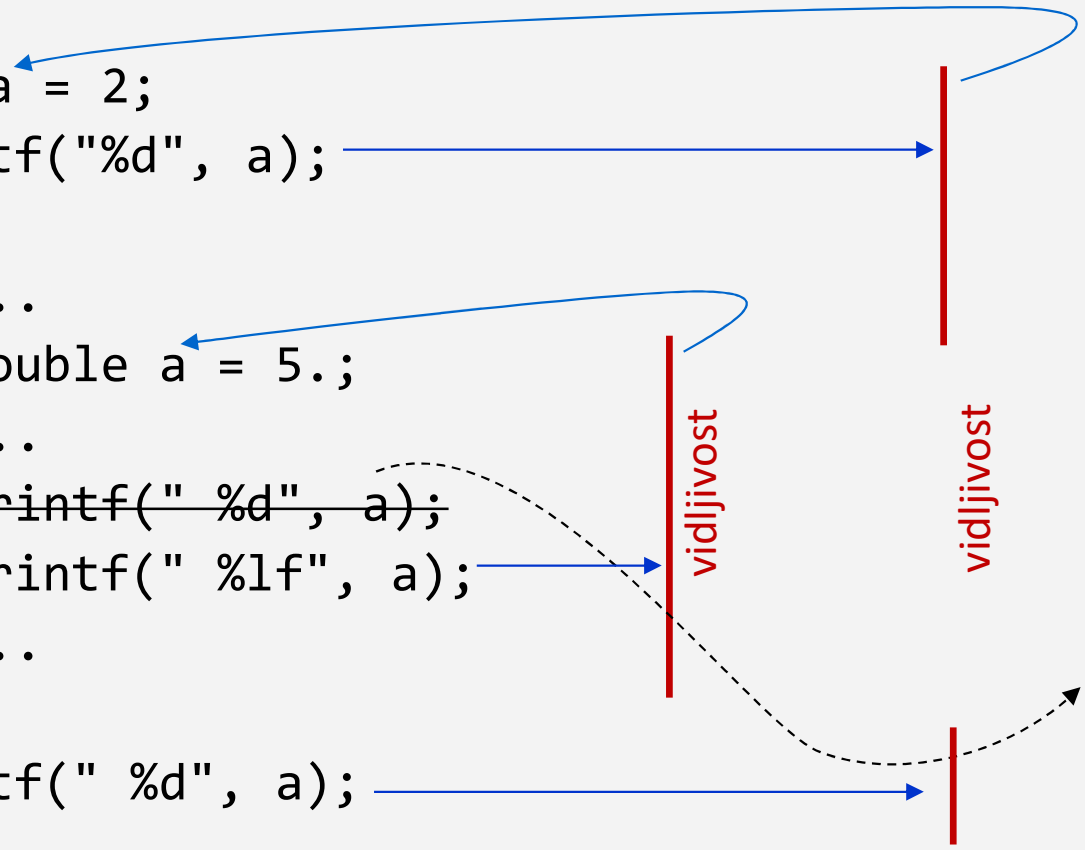
18. Memorijski razredi

Vidljivost ili doseg varijable

- Vidljivost ili doseg varijable (*visibility, scope*)
  - dio (ili dijelovi) programa u kojem se do objekta (varijable) može pristupiti korištenjem identifikatora tog objekta (imena varijable)
  - identifikator može u nekim dijelovima programa biti prekriven (skriven) nekim drugim identifikatorom

Primjer

```
int main(void) {
    ...
    int a = 2;
    printf("%d", a);
    {
        ...
        double a = 5.;
        ...
        printf(" %d", a);
        printf(" %lf", a);
        ...
    }
    printf(" %d", a);
}
```



U ovom dijelu programa do objekta a (cjelobrojne varijable a) nije moguće pristupiti pomoću identifikatora tog objekta

```
2 5.000000 2
```

- premda je posve legalno na ovaj način prekriti ime varijable, radi jasnoće programa bolje je izbjegavati tu mogućnost

Primjer

- uočiti i objasniti razliku u rezultatu sljedećih odsječaka programa

```
int i = 5;
printf("%2d", i);
if (i == 5) {
   i = 6;
   printf("%2d", i);
}
{
   i = 7;
   printf("%2d", i);
}
printf("%2d", i);
```

```
5 6 7 7
```

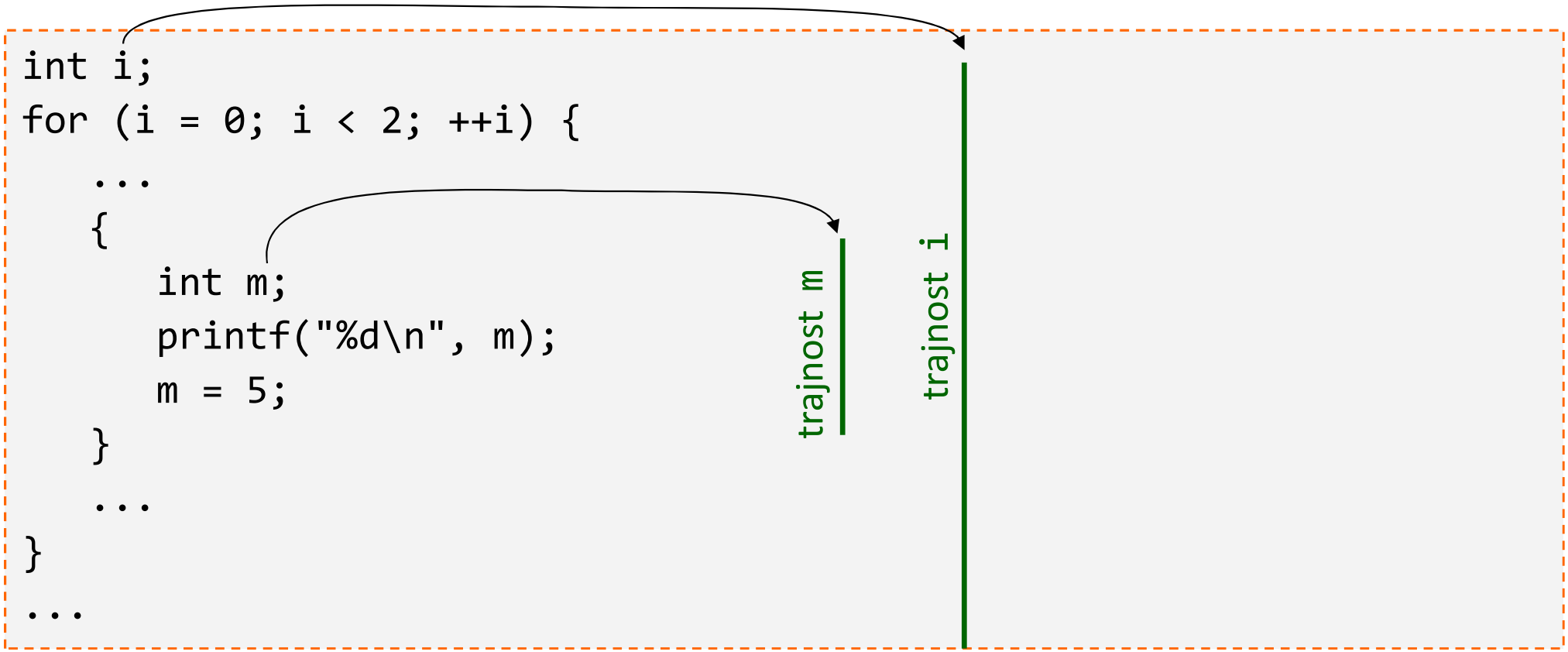
```
int i = 5;
printf("%2d", i);
if (i == 5) {
   int i = 6;
   printf("%2d", i);
}
{
   int i = 7;
   printf("%2d", i);
}
printf("%2d", i);
```

```
5 6 7 5
```

Trajnost varijable

- Trajnost varijable (*duration, lifetime*) je period tijekom izvršavanja programa u kojem varijabla (u memoriji) čuva svoju vrijednost

```
int i;
for (i = 0; i < 2; ++i) {
    ...
    {
        int m;
        printf("%d\n", m);
        m = 5;
    }
    ...
}
...
```



U oba koraka petlje ispisati će se vrijednost na koju se ne može računati jer varijabla `m` prestaje postojati (prestaje se čuvati njena vrijednost) kada završi izvršavanje bloka u kojem je definirana

Lokalne i globalne varijable

- *Lokalna varijabla* je varijabla čija je vidljivost ograničena na blok u kojem je definirana
  - taj blok uključuje i ugniježđene (podređene) blokove
- *Globalna varijabla* je varijabla čija se vidljivost proteže kroz više blokova
  - može biti vidljiva u više dijelova nekog modula (različitim blokovima), u jednom ili više modula ili čak u svim modulima

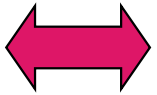
Memorijski razredi

- Na vidljivost i trajnost varijabli može se utjecati mjestom u programu na kojem je varijabla definirana (unutar nekog bloka ili izvan svih blokova) i navođenjem (tijekom definicije varijable) jedne od specifikacija memorijskog razreda (*storage-class specifier*)
  - `auto`
  - `register`
  - `static`
  - `extern`

Memorijski razred *auto*

- Automatska varijabla
  - može se definirati isključivo unutar bloka
  - vidljivosti i trajnost: od mjesta na kojem je definirana do kraja bloka u kojem je definirana
    - podsjetnik: vidljivost varijable može biti ograničena ako je njeno ime prekriveno definicijom neke druge istoimene varijable
  - podrazumijeva se, ako eksplicitno nije specificiran neki drugi memorijski razred, da je svaka varijabla definirana *unutar bloka* razreda *auto*

```
int main(void) {
   int i;
   {
      int j;
```



isto

```
int main(void) {
   auto int i;
   {
      auto int j;
```

  - parametri funkcije također imaju karakteristike automatskih varijabli

Na kojem mjestu u programu definirati varijablu?

- Sve varijable na početku funkcije ili tek kad zatrebaju?
  - pitanje stila, ali definiranje varijable tek u dijelu programa u kojem će se ta varijabla koristiti može biti korisno radi uštede memorije ili radi povećanja razumljivosti koda

```
#include <stdio.h>
int main(void) {
   int izbor;
   scanf("%d", &izbor);
   if (izbor == 1) {
      int i, j;
      char matrica[1000][1000];
      ...
   } else {
      int i;
      double polje[100000];
      ...
   }
```

u ovom bloku rezervira se približno 1 MB memorije

u ovom bloku rezervira se približno 800 kB memorije

Definicija kontrolne varijable u *for* petlji

- Kontrolne varijable petlje s poznatim brojem ponavljanja također se mogu definirati u *izrazu za inicijalizaciju u for petlji*
  - njihova vidljivost i trajnost su ograničene na tijelo petlje
  - dopušteni memorijski razredi su `auto` i `register`

```
int i;
for (i = 1; i <= 10; ++i) {
   printf("%d\n", i);
}
```

```
// ako je varijabla i potrebna samo za petlju, tada može i ovako:
for (int i = 1; i <= 10; ++i) {
   printf("%d\n", i);
}
```

```
register int i, j;
for (i = 1, j = 10;
     i <= 10;
     ++i, --j) {
   printf("%d %d\n", i, j);
}
```

```
// ako su varijable i, j potrebne samo za petlju, tada može i ovako:
for (register int i = 1, j = 10;
     i <= 10;
     ++i, --j) {
   printf("%d %d\n", i, j);
}
```

Memorijski razred *register*

- Karakteristike jednake automatskim varijablama, uz dodatak
  - specifikacija `register` predstavlja preporuku prevodiocu da treba koristiti najbrži mogući pristup do sadržaja varijable
    - ako je moguće, sadržaj varijable će umjesto u memoriji biti smješten u nekom od registara procesora (CPU)
  - nad varijablom razreda `register` nije primjenjiv adresni operator

```
int main(void) {
   register unsigned int i;
   register unsigned long long fact = 1;
   for (i = 2; i < 15; ++i) {
      fact *= i;
   }
   unsigned int *pok;
   pok = &i;                                  Nije dopušteno
   ...
```

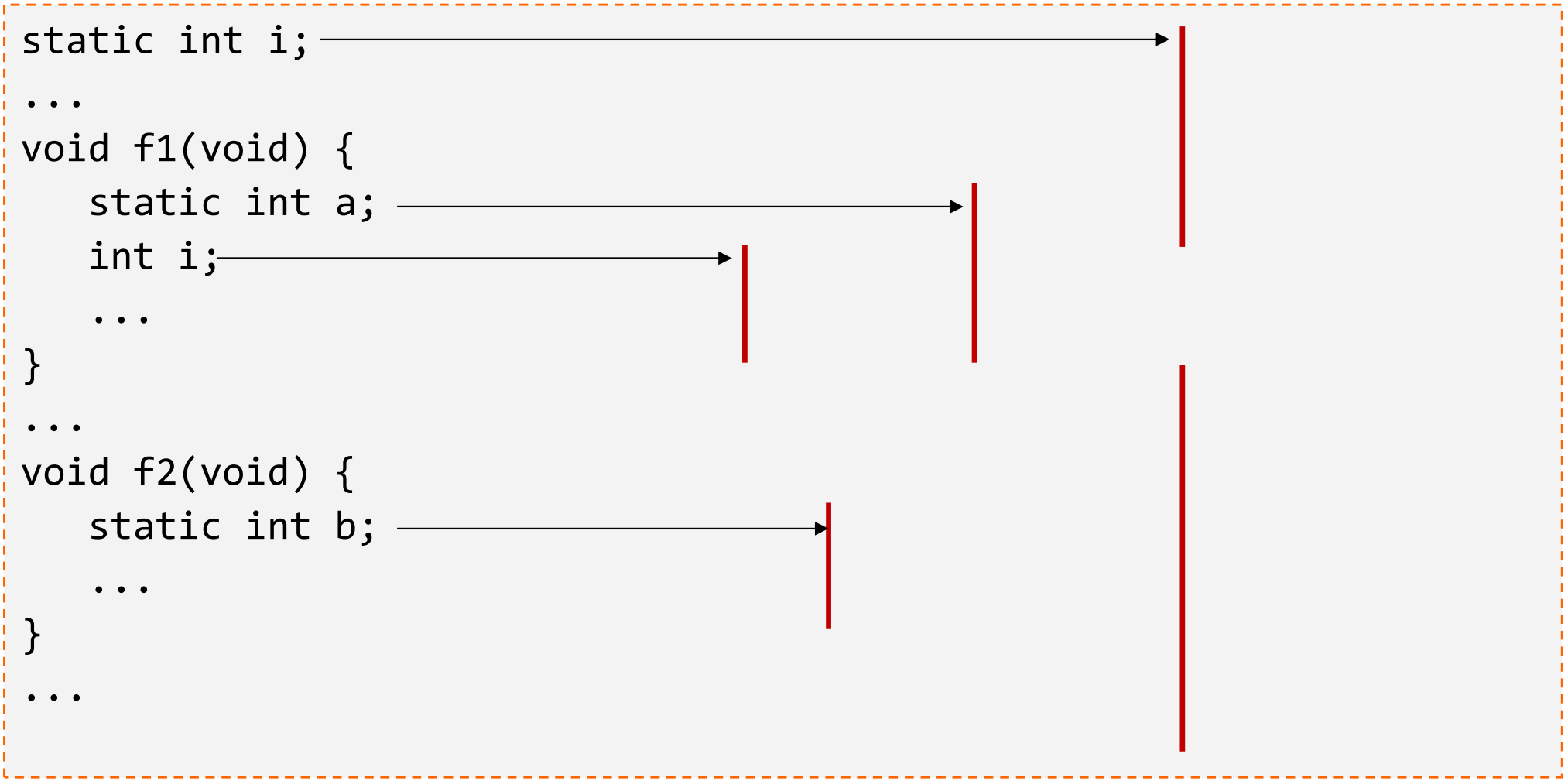
Memorijski razred *static*

- Statičke varijable
  - trajnost varijable: od početka do završetka izvršavanja programa
  - vidljivost
    - ako je definirana unutar bloka: od mjesta na kojem je definirana do kraja bloka u kojem je definirana
    - ako je definirana izvan (svakog) bloka: od mjesta na kojem je definirana do kraja modula
  - ako varijabla nije eksplicitno inicijalizirana tijekom definicije, automatski se inicijalizira na numeričku vrijednost nula
  - ako je varijabla eksplicitno inicijalizirana tijekom definicije, inicijalizacija se izvršava samo jednom, na početku izvršavanja programa

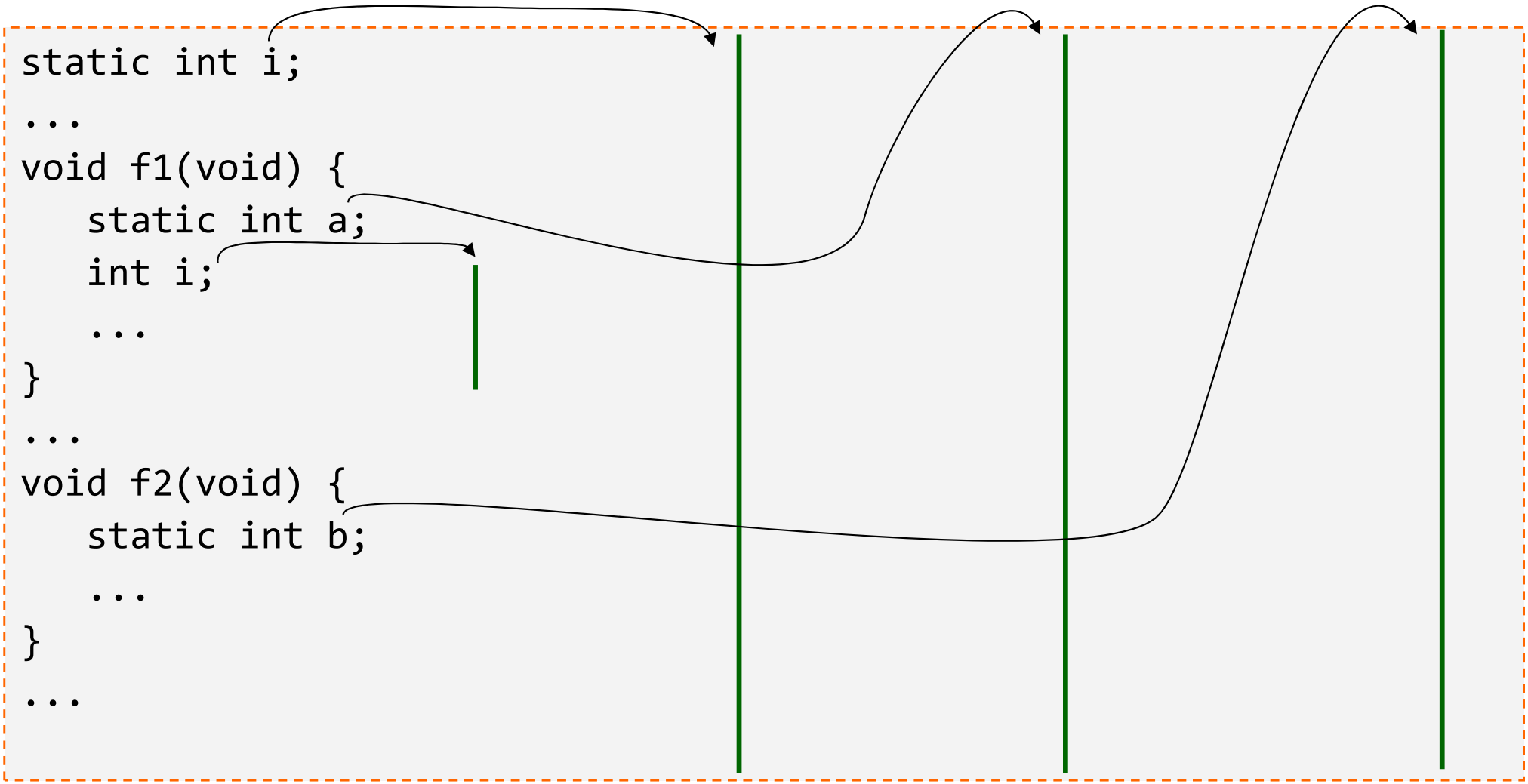
Na kojem mjestu u programu definirati varijablu?

- statičku varijablu treba definirati
  - *unutar bloka/funkcije* ako varijabla treba biti vidljiva samo unutar dotičnog *bloka*/funkcije, a istovremeno je potrebno sačuvati vrijednost varijable i nakon što završi izvršavanje tog bloka/funkcije
  - *izvan svih funkcija* ako se ta varijabla koristi u više od jedne funkcije unutar istog modula

Primjer, vidljivost varijabli



Primjer, trajnost varijabli



Primjer

- Što će se ispisati izvršavanjem sljedećeg programa?

```
#include <stdio.h>
static int a;

void f1(int param) {
   static int b;
   printf("%d %d %d\n", param, a++, b++);
}

void f2(void) {
   a = 50;
   f1(2);
}

int main(void) {
   f1(1);
   f2();
   f1(3);
   ...
```

iz f2 se može pristupiti do varijable a, ali ne i do varijable b

```
1 0 0
2 50 1
3 51 2
```

Primjer

- Što će se ispisati izvršavanjem sljedećeg programa?

```
#include <stdio.h>

void f1(void) {
   static int a = 10;   inicijalizira se samo jednom, a ne u svakom pozivu funkcije
   printf("%d\n", a);
   ++a;
}

int main(void) {
   f1();                10
   f1();                11
   ...
```

Primjer

- Programski zadatak
  - Linearni kongruentni generator je generator niza pseudoslučajnih cijelih brojeva. Član niza pseudoslučajnih brojeva x_{i+1} se izračunava na temelju prethodnog člana niza x_i.

$$x_{i+1} = (A \cdot x_i + C) \bmod M$$

  - Cjelobrojne konstante `A`, `C` i `M` se mogu definirati unaprijed (npr. kao simboličke konstante), a član niza x_0, tj. početni član niza pseudoslučajnih brojeva, koji se naziva sjeme ili *seed*, generatoru se zadaje neposredno prije početka generiranja niza pseudoslučajnih brojeva (inicijalizacija generatora pseudoslučajnih brojeva).

Primjer (nastavak)

- Npr. ako se koriste sljedeće vrijednosti simboličkih konstanti:

```
#define A    9001
#define C 2531011
#define M   32717
```

te se generator inicijalizira na početni član $x_0 = 100$, daljnji članovi niza će biti:

$$x_1 = (9001 \cdot 100 + 2531011) \bmod 32717 = 28543$$
$$x_2 = (9001 \cdot 28543 + 2531011) \bmod 32717 = 744$$
$$x_3 = (9001 \cdot 744 + 2531011) \bmod 32717 = 1561$$
$$x_4 = (9001 \cdot 1561 + 2531011) \bmod 32717 = 26770$$
$$\ldots$$

Primjer (nastavak)

- U modulu `rand.c` napisati funkciju (prikazan je prototip)

```
void setSeed(int seed);
```

kojom se postavlja početni član za linearni kongruentni generator, te funkciju (prikazan je prototip)

```
int getRand(void);
```

koja kod svakog poziva vraća sljedeći član niza, x_1, x_2, ...

- Koristiti sljedeće konstante:

```
A = 9001; C = 2531011; M = 32717
```

- U glavnom programu početni član postaviti (tj. inicijalizirati generator) na $x_0 = 100$ te na zaslon ispisati članove niza pseudoslučajnih brojeva x_1 ... x_{10}. Zatim generator inicijalizirati na $x_0 = 51$, te ispisati članove niza x_1 ... x_5.

Primjer (nastavak)

rand.h

```
void setSeed(int seed);
int getRand(void);
```

rand.c

```
#include "rand.h"

#define A    9001
#define C 2531011
#define M   32717

static int clan;

void setSeed(int seed) {
   clan = seed;
}

int getRand(void) {
   clan = (A * clan + C) % M;
   return clan;
}
```

Primjer (nastavak)

glavni.c

```
#include <stdio.h>
#include "rand.h"

int main(void) {
   int i;
   printf("Postavi na 100:\n");
   setSeed(100);
   for (i = 1; i <= 10; ++i)
      printf("%5d\n", getRand());

   printf("Postavi na 51:\n");
   setSeed(51);
   for (i = 1; i <= 5; ++i)
      printf("%5d\n", getRand());

   return 0;
}
```

```
Postavi na 100:
28543
  744
 1561
26770
 7867
23081
10933
 6999
29576
 7149
Postavi na 51:
12815
32192
30242
14604
 5500
```

Definicija i deklaracija

- Definicijom varijable određuje se ime i tip varijable te se rezervira područje u memoriji u kojem će varijabla biti pohranjena
  - definicija iste varijable smije se u jednom programu pojaviti samo jednom
- Deklaracija varijable je uputa (objava) prevodiocu: za deklarirano ime varijable negdje u programu, u istom ili nekom drugom modulu, postoji (tj. negdje je definirana) varijabla s istim takvim imenom, na koje se ovo deklarirano ime odnosi
  - ime varijable (identifikator) deklaracijom povezujemo sa stvarnim objektom (koji je negdje drugdje definiran)
  - deklaracija iste varijable može se pojaviti više puta u istom programu

Memorijski razred *extern*

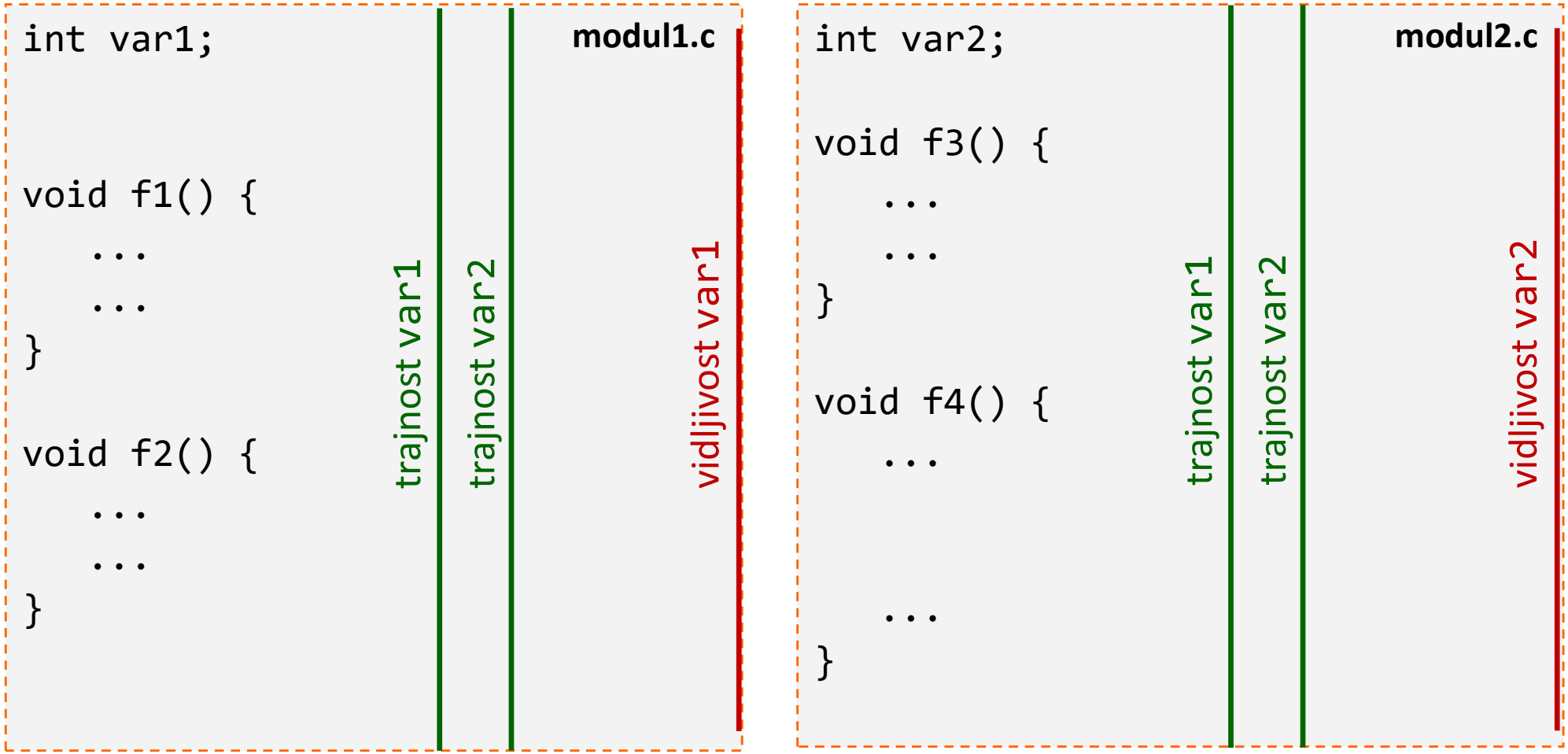
- Eksterne varijable
  - moraju biti **definirane** u **jednom** modulu

    ```
    tip ime_varijable;
    ```
  - mogu biti **deklarirane** u više modula

    ```
    extern tip ime_varijable;
    ```
  - trajnost varijable: od početka do završetka izvršavanja programa
    - ako varijabla nije eksplicitno inicijalizirana tijekom definicije, automatski se postavlja na numeričku vrijednost nula
  - vidljivost
    - ako je ***deklarirana ili definirana*** izvan funkcije: od mjesta deklaracije ili definicije do kraja modula
    - ako je ***deklarirana*** unutar bloka: od mjesta na kojem je deklarirana do kraja bloka u kojem je deklarirana

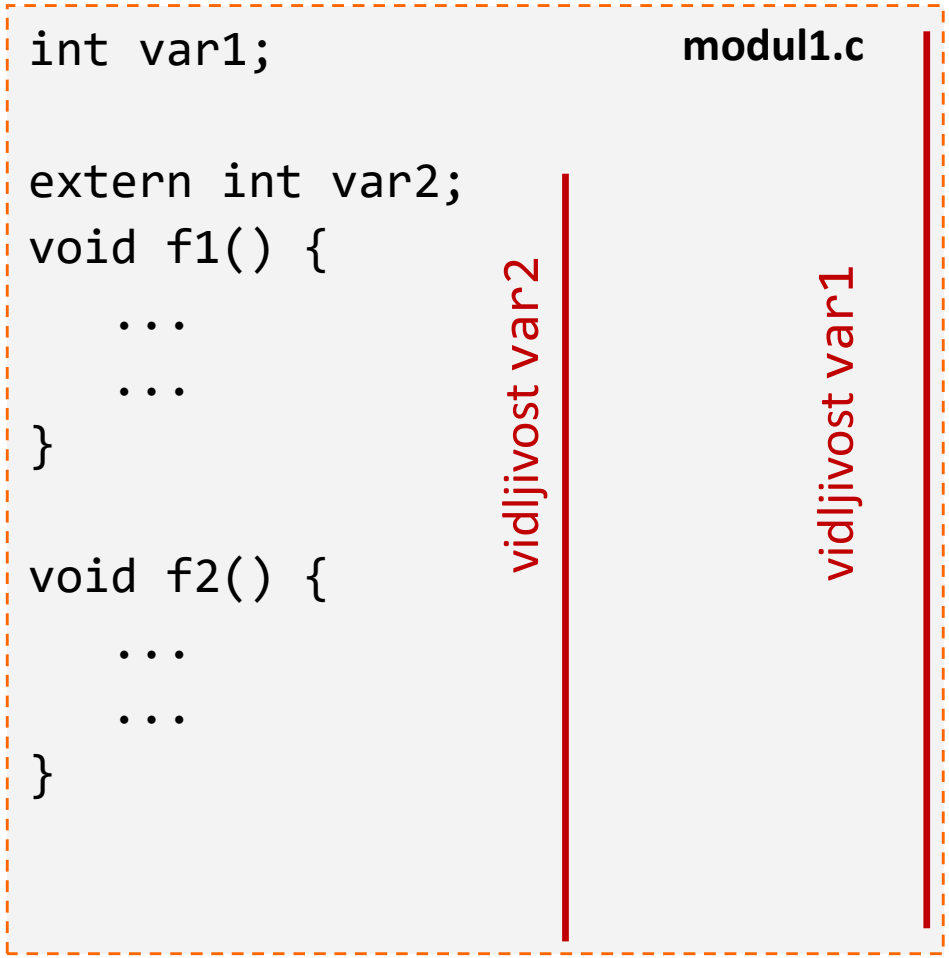
Memorijski razred *extern*

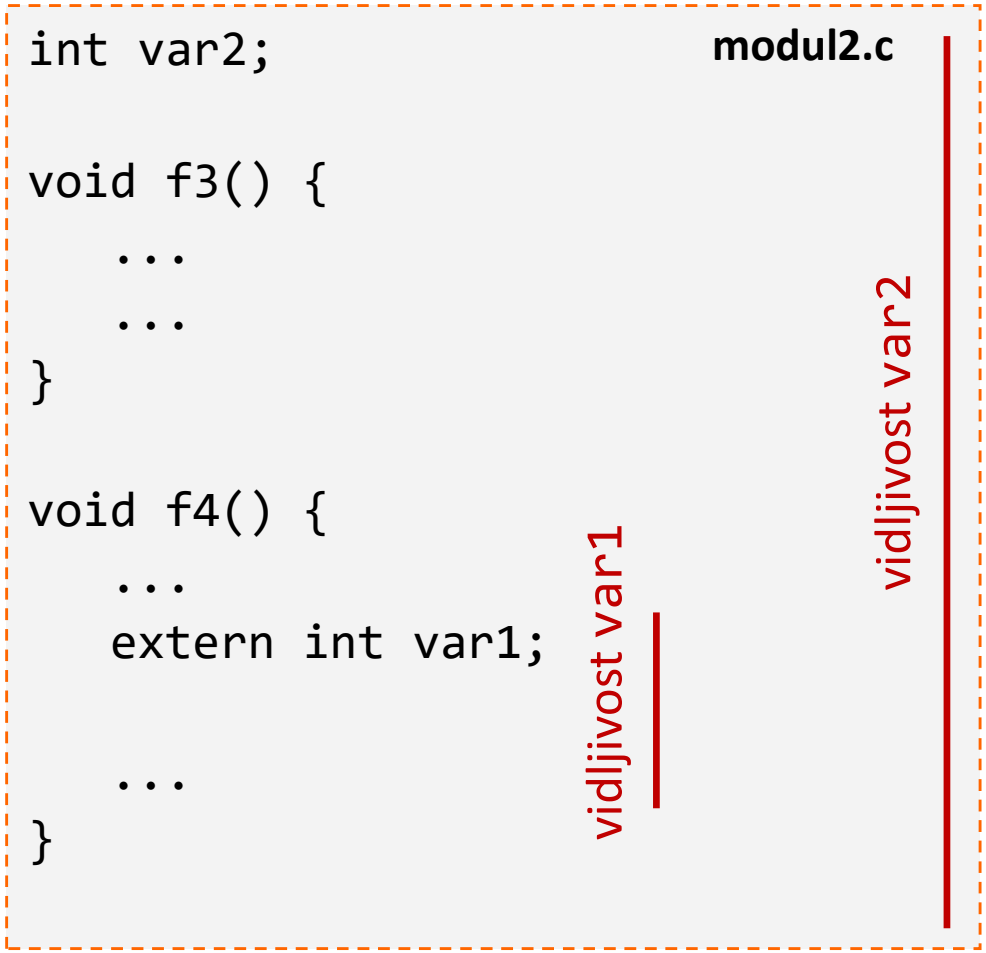
- Varijabla definirana izvan svih blokova (uobičajeno na početku modula) i koja nema specifikaciju `static`, je eksterna varijabla.
  - npr. uz pretpostavku da se program sastoji od samo dva modula



Memorijski razred *extern*

- Eksterna varijabla ***definirana*** u jednom modulu može postati vidljiva u drugom modulu ako je u drugom modulu ***deklariramo***
  - deklaracija se piše sa specifikacijom extern





Česte pogreške

- Mogućnost globalnog pristupa varijablama, što znači da se sadržaj varijabli može i pročitati i promijeniti iz bilo kojeg mjesta u modulu ili programu, neiskusne programere navodi na *zloupotrebu* statičkih i eksternih varijabli
  - zašto se "mučiti" s prijenosom argumenata u funkcije, kad se mogu definirati statičke ili eksterne varijable kojima se može pristupati i iz pozivajuće razine programa i iz funkcije?

- Statičke i eksterne varijable treba koristiti samo onda kada za njihovo korištenje postoje opravdani razlozi (npr. za čuvanje vrijednosti zadnjeg člana niza u generatoru niza pseudoslučajnih brojeva)

Zadatak

Napišite funkciju s prototipom

```
void hofstadterRNextN(int n);
```

koja ispisuje sljedećih n članova Hofstadter R-niza i S-niza.

Nizovi R(n) i S(n) definirani su na sljedeći način:

- R(1)=1 i S(1)=2
- Za n>1
  - R(n)=R(n − 1) + S(n − 1)
  - S(n) je najmanji pozitivan cijeli broj koji nije prisutan u nizu R

```
R: 1, 3, 7, 12, 18, 26, 35, 45, 56, 69, 83, 98, 114, 131, 150, 170, 191, 213, 236, 260, ...
S: 2, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, ...
```

Napišite glavni program kojim testirate funkciju. N učitavati dok se ne upiše broj<=0 ili ukupan broj članova niza koje treba ispisati ne postane veći od 1000.

Memorijski razredi

Zašto se eksterne i statičke varijable ne smiju koristiti za "prijenos" argumenata i povratak rezultata funkcija?

Primjer

- Ispravan način realizacije funkcije pow

math.h

```
double pow(double x, double y);
```

math.c

```
double pow(double x, double y) {
   /* programski kod za izracunavanje "x na y" */
   ...
   return konacniRezultat;
}
```

Primjer (nastavak)

- Kako s pomoću ispravne implementacije funkcije pow izračunati $x^{(y^z)}$

prog.c

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>

int main(void) {
   double x, y, z;
   scanf("%lf %lf %lf", &x, &y, &z);
   printf("%lf na (%lf na %lf) = %lf\n", x, y, z,
          pow(x, pow(y, z)));
   return 0;
}
```

Primjer (nastavak)

- Neprihvatljiv način implementacije funkcije pow

math.h

```
/* deklaracije eksternih varijabli koje ce se koristiti za
   "prijenos" argumenata i rezultata */
extern double powResult, xPow, yPow;

void pow(void);
```

math.c

```
/* definicije eksternih varijabli za "prijenos" argumenata
  i rezultata*/
double powResult, xPow, yPow;

void pow(void) {
  /* programski kod za izracunavanje "xPow na yPow" */
  ...
  powResult = ...;  /* konacni rezultat spremi u powResult */
  return;
}
```

Primjer (nastavak)

- Kako s pomoću neispravne implementacije funkcije pow izračunati $x^{(y^z)}$

prog.c

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>

int main(void) {
   double x, y, z;
   scanf("%lf %lf %lf", &x, &y, &z);
   xPow = y;
   yPow = z;
   pow();
   yPow = powResult;
   xPow = x;
   pow();
   printf("%lf na (%lf na %lf) = %lf\n", x, y, z, powResult);
   return 0;
}
```

Mora se paziti čak i na to da se niti jedna lokalna ili statička varijable ne nazove xPow, yPow ili powResult, jer su ta imena "rezervirana" isključivo za "prijenos" argumenata i rezultata funkcije pow.

Dodatak 1: na kojem mjestu napisati definiciju tipa

- Na kojem mjestu u programu napisati definiciju tipa?

```
#include <stdio.h>

typedef char noviTip;

void fun1(void) {
   noviTip test1;
   printf("fun1: %d\n", sizeof(test1));
}

void fun2(void) {
   typedef int noviTip;
   noviTip test2;
   printf("fun2: %d\n", sizeof(test2));
}

static noviTip testS;

int main(void) {
   fun1();
   fun2();
   noviTip test0;
   printf("main: %d\n", sizeof(test0));
   printf("stat: %d\n", sizeof(testS));
```

Gdje je vidljiva?

```
fun1: 1
fun2: 4
main: 1
stat: 1
```

Ako definicija tipa treba biti vidljiva u više modula, smjestiti je u datoteku zaglavlja i uključivati (`#include`) po potrebi

Dodatak 2: na kojem mjestu napisati deklaraciju strukture

- Na kojem mjestu u programu napisati deklaraciju strukture?

```
#include <stdio.h>

struct struktura_s {char a; char b;};

void fun1(void) {
   struct struktura_s test1;
   printf("fun1: %d\n", sizeof(test1));
}

void fun2(void) {
   struct struktura_s {int a; int b;};
   struct struktura_s test2;
   printf("fun2: %d\n", sizeof(test2));
}

static struct struktura_s testS;

int main(void) {
   fun1();
   fun2();
   struct struktura_s test0;
   printf("main: %d\n", sizeof(test0));
   printf("stat: %d\n", sizeof(testS));
```

Gdje je vidljiva?

```
fun1: 2
fun2: 8
main: 2
stat: 2
```

Ako deklaracija strukture treba biti vidljiva u više modula, smjestiti je u datoteku zaglavlja i uključivati (`#include`) po potrebi

Prije sljedećeg predavanja

- Edgar tutorial: **19. Prije devetnaestog predavanja**
- **18. vježbe uz predavanja**