

Programiranje 2

13. predavanje

Saša Singer

singer@math.hr

web.math.hr/~singer

PMF – Matematički odsjek, Zagreb

Sadržaj predavanja

- Preprocesor:
 - Naredba `#include`.
 - Naredba `#define`.
 - Parametrizirana `#define` naredba.
 - Uvjetno uključivanje.
- Pregled standardne C biblioteke.
 - Standardne datoteke zaglavlja `*.h`.
 - Matematičke funkcije iz `<math.h>`.
 - Neke funkcije iz `<stdlib.h>`.
 - Mjerenje vremena — neke funkcije iz `<time.h>`.

Informacije

Konzultacije (službeno):

- petak, 12–14 sati, ili — po dogovoru.

Programiranje 2 je u kolokvijskom razredu C3.

- Drugi kolokvij: petak, 1. 6., u 15 sati,
- Popravni kolokvij: petak, 15. 6., u 15 sati.

Ne zaboravite, “žive” su i domaće zadaće na adresi

<http://degiorgi.math.hr/prog2/ku/>

Dodatni bodovi “čekaju na vas”. Rok za predaju zadaća je

- dan drugog kolokvija, do početka kolokvija.

Informacije — nastavak

Napomena o podsjetniku = “šalabahteru” na službenom webu:

- nemojte ga nositi na kolokvij — to je zabranjeno!
- Dobit ćete ga na kolokviju.

Pretprocesor

Općenito o preprocessoru

- Prije prevodenja izvornog kôda u objektni ili izvršni izvršavaju se **preprocessorske naredbe**.
- Svaka linija izvornog kôda koja započinje znakom **#** (osim u komentaru) predstavlja jednu preprocessorskiju naredbu.
- Preprocessorska naredba završava krajem linije, a **ne znakom ;**.

Opći oblik preprocessorskje naredbe:

#naredba parametri

One **nisu** sastavni dio jezika **C**, te **ne podlježu** sintaksi jezika.

Neke od preprocessorskih naredbi su: **#include**, **#define**,
#undef, **#if**, **#ifdef**, **#ifndef**, **#elif**, **#else**.

Naredba #include

Naredba **#include** može se pojaviti u **dva** oblika:

```
#include "ime_datoteke"
```

ili

```
#include <ime_datoteke>
```

U oba slučaja

- preprocessor **briše** liniju s **#include** naredbom
- i uključuje **sadržaj** datoteke **ime_datoteke** u izvorni kôd, na mjestu **#include** naredbe.

Ta datoteka **smije** imati **svoje** pretprocesorske naredbe, koje će se, također, “obraditi”.

Naredba #include (*nastavak*)

- Ako je **ime_datoteke** navedeno unutar navodnika "", onda pretprocesor datoteku traži u direktoriju u kojem se nalazi **izvorni program**.
- Ako je ime datoteke navedeno između znakova < >, to signalizira da se radi o **sistemskoj datoteci** (kao npr. **stdio.h**), pa će pretprocesor datoteku tražiti na mjestu određenom operacijskim sustavom.

Naredba #define

Deklaracija:

```
#define ime tekst_zamjene
```

Preprocessor će od mjesta na kome se **#define** naredba nalazi do kraja datoteke svako pojavljivanje imena **ime** zamijeniti s tekstrom **tekst_zamjene**.

Do **zamjene** neće doći unutar

- znakovnih nizova (string konstanti), tj. unutar para dvostrukih navodnika ">,
- komentara, tj. unutar susjednog para znakova /* i */.

Parametrizirane makro naredbe

U parametriziranoj makro naredbi simboličko ime i tekst koji zamjenjuje simboličko ime sadrže argumente koji se prilikom poziva makro naredbe zamjenjuju stvarnim argumentima.

Sintaksa:

```
#define ime(argumenti) tekst_zamjene
```

- Argumenti makro naredbe pišu se u zagradama.
- Makro naredba je efikasnija od funkcije, jer u njoj nema prenošenja argumenata.

Parametrizirane makro naredbe (nastavak)

Primjer:

```
#define max(A, B) ((A) > (B) ? (A) : (B))
```

gdje su **A** i **B** argumenti.

Ako se u kôdu pojavi naredba:

```
x = max(a1, a2);
```

preprocesor će je zamijeniti s:

```
x = ((a1) > (a2) ? (a1) : (a2));
```

Formalni argumenti (parametri) **A** i **B** zamijenjeni su stvarnim argumentima **a1** i **a2**.

Parametrizirane makro naredbe (nastavak)

Ako na drugom mjestu imamo naredbu:

```
x = max(a1 + a2, a1 - a2);
```

ona će biti zamijenjena s

```
x = ((a1 + a2) > (a1 - a2)
      ? (a1 + a2) : (a1 - a2));
```

Primjer parametrizirane makro naredbe

Primjer. Dio izvornog kôda:

```
#include <stdio.h>

#define SQ1(x) x*x
#define SQ2(x) (x)*(x)
#define SQ3(x) ((x)*(x))

int main(void) {
    printf("%d\n", SQ1(1+1));
    printf("%d\n", 4/SQ2(2));
    printf("%d\n", 4/SQ3(2));
    return 0;
}
```

Primjer parametrizirane makro naredbe (nast.)

ispisuje:

3
4
1

Objašnjenje:

- SQ1: `#define SQ1(x) x*x`
 $x = 1 + 1$ i doslovnom supstitucijom u `SQ1` dobivamo
 $1 + 1 * 1 + 1 = \text{(prioritet!)} = 1 + 1 + 1 = 3$
- SQ2: `#define SQ2(x) (x)*(x)`
 $x = 2$ i dobivamo
 $4 / (2) * (2) = 4 / 2 * 2 = 2 * 2 = 4$

Primjer parametrizirane makro naredbe (nast.)

- SQ3: `#define SQ3(x) ((x)*(x))`

`x = 2` i dobivamo

$$4 / ((2) * (2)) = 4 / (2 * 2) = 4 / 4 = 1$$

Primijetite da se u parametriziranim makro naredbama koristi **gomila** zagrada da bi se osigurao **korektan prioritet operacija!**

Tek zadnji **SQ3** korektno daje **kvadrat** argumenta u svim slučajevima (a to se htjelo!).

Razlika makro naredbe i funkcije

Sličnost makro naredbe i funkcije može zavarati. Ako bismo makro naredbu `max` pozvali na sljedeći način:

```
max(i++, j++);
```

varijable `i` i `j` ne bi bile inkrementirane samo jednom (kao pri funkcijском pozivu) već bi veća varijabla bila inkrementirana dva puta.

- Kod makro naredbe **nema kontrole** tipa argumenata.
- Neke su “funkcije” deklarirane u `<stdio.h>` zapravo makro naredbe, na primjer `getchar` i `putchar`. Isto tako, funkcije u `<ctype.h>` uglavnom su izvedene kao makro naredbe.

Naredba #define i više linija teksta

- U **#define** naredbi tekst zamjene je od imena koje definiramo **do kraja linije**.
- Ako želimo da ime bude zamijenjeno s **više linija teksta** moramo koristiti kosu crtlu (****) na kraju svakog reda osim posljednjeg.

Primjer. Makro za inicijalizaciju polja možemo definirati ovako:

```
#define INIT(polje, dim) for(int i=0; \
                           i < (dim); ++i) \
                           (polje)[i] = 0.0;
```

Naredba #undef

Definicija nekog imena može se poništiti korištenjem **#undef** naredbe.

Primjer:

```
#include <math.h>
    /* math.h definira M_PI kao 3.14... */
#undef M_PI
#define M_PI (4.0*atan(1.0))
...
```

Uvjetno uključivanje

Korištenjem preprocesorskih naredbi **#if**, **#else**, **#elif** možemo **uvjetno uključivati** ili **isključivati** pojedine dijelove programa.

Naredba **#if** ima sljedeći oblik:

```
#if uvjet
    blok naredbi
#endif
```

Ako je **uvjet** ispunjen blok naredbi između **#if uvjet** i **#endif** bit će uključen u izvorni kôd, a ako **uvjet** nije ispunjen, blok neće biti uključen (tj. u prevoditelj ide tekst **bez** tog bloka).

Uvjetno uključivanje (nastavak)

Oprez: ovaj **#if** radi na nivou **teksta** i **nije zamjena za if** naredbu u samom jeziku **C**.

- Uvjet koji se pojavljuje u **#if** naredbi je **konstantan cjelobrojni izraz**. Nula se interpretira kao laž, a svaka vrijednost različita od nule kao istina.
- Najčešća svrha uključivanja/isključivanja je **uključiti** neku **datoteku zaglavlja**, ako neko **ime nije** bilo definirano (ime = simbol, ili preprocesorska “varijabla”).

Tu nam pomaže izraz

`defined(ime)`

koji daje **1** ako je **ime** definirano, a **0** ako nije.

Uvjetno uključivanje (nastavak)

Primjer:

```
#if !defined(__datoteka.h__)
#define __datoteka.h__

/* ovdje dolazi datoteka.h */

#endif
```

To je standardna tehnika kojom se **izbjegava** višestruko uključivanje **.h** datoteka.

Naredbe #ifdef i #ifndef

Konstrukcije **#if defined** i **#if !defined** se često pojavljuju, pa postoje pokrate: **#ifdef** i **#ifndef**.

Primjer. Prethodnu konstrukciju mogli smo napisati u obliku:

```
#ifndef __datoteka.h__  
#define __datoteka.h__  
  
/* ovdje dolazi datoteka.h */  
  
#endif
```

Zagrade oko varijabli nisu obavezne.

Naredbe #else i #elif

Složene **if** naredbe grade se pomoću: **#else** i **#elif**.

- Značenje **#else** je isto kao značenje **else** u C-u.
- Značenje **#elif** je isto kao značenje **else if**.

Oprez: sve **ove** naredbe rade na nivou **teksta** programa i **nisu zamjena za odgovarajuće naredbe u samom jeziku C!**

Naredbe #else i #elif (*nastavak*)

Primjer. Testira se koji je operativni sustav u pitanju, tj. ime (ili simbol) **SYSTEM**, da bi se uključilo ispravno zaglavlje.

```
#if SYSTEM == SYSV
    #define DATOTEKA "sysv.h"
#elif SYSTEM == BSD
    #define DATOTEKA "bsd.h"
#elif SYSTEM == MSDOS
    #define DATOTEKA "msdos.h"
#else
    #define DATOTEKA "default.h"
#endif
```

Naredbe #else i #elif (*nastavak*)

Primjer. U razvoju programa korisno je ispisivati međurezultate, kako bi se lakše kontrolirala korektnost izvršavanja programa. U završenoj verziji programa, sav suvišan ispis treba eliminirati.

```
...
scanf("%d", &x);
#ifndef DEBUG
    printf("Debug:: x=%d\n", x);
    /* testiranje */
#endif
```

Prevoditelji pod Unix-om obično imaju **-Dsimbol** opciju koja dozvoljava da se **simbol** definira na komandnoj liniji.

Naredbe #else i #elif (*nastavak*)

Primjer. Pretpostavimo da je program koji sadrži prikazani dio kôda smješten u `prog.c`. Tada će prevođenje naredbom

```
cc -o prog prog.c
```

proizvesti program u koji ispis varijable `x` nije uključen.

Prevođenje naredbom

```
cc -DDEBUG -o prog prog.c
```

dat će izvršni kôd koji uključuje `printf` naredbu, jer je varijabla `DEBUG` definirana.

Napomena. Ovu mogućnost `-Dsimbol` ima i `Code::Blocks`, ali samo kad se radi s `projektima`. Potražite i probajte!

Naredba assert

Mnoge funkcije očekuju argumente koji zadovoljavaju određene uvjete. Recimo, funkcija može očekivati da u argument tipa **double** dobiva samo pozitivne vrijednosti.

Takvih provjera može biti puno, a namjera ih je isključiti u konačnoj verziji kôda. Za to se koristi makro naredba **assert**.

- Makro naredba **assert** definirana je u **<assert.h>**.
- Makro naredba **assert** koristi se kao funkcija:

```
void assert(int izraz)
```

Naredba assert (*nastavak*)

Ako je **izraz** jednak nuli u trenutku izvršavanja

```
assert(izraz);
```

assert će ispisati poruku:

```
Assertion failed: izraz, file ime_datoteke,  
line br_linije
```

Nakon toga **assert** zaustavlja izvršavanje programa.

Naredba assert (*nastavak*)

Primjer. Funkcija očekuje pozitivan argument.

```
#include <stdio.h>
#include <assert.h>
int f(int x) {
    assert(x > 0);
    return x; }
int main(void) {
    int x = -1;
    printf("x=%d\n", f(x));
    return 0; }
```

Poruka koju program ispisuje:

Assertion failed: x > 0, file C:\a1.cpp, line 6

Isključivanje assert naredbe

Želimo li isključiti **assert** naredbe iz programa dovoljno je prije uključivanja datoteke zaglavlja **<assert.h>** definirati **NDEBUG** ovako:

```
#include <stdio.h>
#define NDEBUG
#include <assert.h>
...
```

Standardna biblioteka

Općenito o zaglavljima

Standardna C biblioteka sadrži

- niz funkcija, tipova i makro naredbi.

Pripadne deklaracije nalaze se u sljedećim standardnim zaglavljima (redom kao u KR2):

```
<assert.h>   <float.h>    <math.h>      <stdarg.h>
<stdlib.h>   <ctype.h>    <limits.h>    <setjmp.h>
<stddef.h>   <string.h>   <errno.h>     <locale.h>
<signal.h>   <stdio.h>    <time.h>
```

Matematičke funkcije u <math.h>

Konvencija: **x** i **y** su tipa **double**, a **n** je tipa **int**. Sve funkcije kao rezultat vraćaju **double**.

Funkcija	Značenje
sin(x)	$\sin x$
cos(x)	$\cos x$
tan(x)	$\operatorname{tg} x$
asin(x)	$\arcsin x \in \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right], \quad x \in [-1, 1]$
acos(x)	$\arccos x \in [0, \pi], \quad x \in [-1, 1]$
atan(x)	$\operatorname{arctg} x \in \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right]$
atan2(y, x)	(x, y) koordinate točke u ravnini — vraća $\operatorname{arctg} \frac{y}{x} \in [-\pi, \pi]$, jer prepozna je kvadrant

Matematičke funkcije u $\langle \text{math.h} \rangle$ (nastavak)

Funkcija	Značenje
<code>sinh(x)</code>	$\operatorname{sh} x$
<code>cosh(x)</code>	$\operatorname{ch} x$
<code>tanh(x)</code>	$\operatorname{th} x$
<code>exp(x)</code>	e^x
<code>log(x)</code>	$\ln x, \quad x > 0$
<code>log10(x)</code>	$\log_{10} x, \quad x > 0$
<code>pow(x, y)</code>	x^y — greška ako $x = 0$ i $y \leq 0$, ili $x < 0$ i y nije cijeli broj
<code>sqrt(x)</code>	$\sqrt{x}, \quad x \geq 0$

Matematičke funkcije u <math.h> (nastavak)

Funkcija	Značenje
<code>ceil(x)</code>	$\lceil x \rceil$, u double formatu najmanji cijeli broj $\geq x$
<code>floor(x)</code>	$\lfloor x \rfloor$, u double formatu najveći cijeli broj $\leq x$
<code>fabs(x)</code>	$ x $
<code>ldexp(x, n)</code>	$x \cdot 2^n$
<code>frexp(x, int *exp)</code>	ako $x = y \cdot 2^n$, $y \in [\frac{1}{2}, 1)$, vraća y , a eksponent n spremi u <code>*exp</code> . Ako $x = 0$, onda $y = n = 0$.

Matematičke funkcije u `<math.h>` (nastavak)

Funkcija	Značenje
<code>modf(x, double *ip)</code>	rastavlja x na cijelobrojni i razlomljeni dio, oba istog predznaka kao x . Razlomljeni dio vrati, a cijelobrojni dio spremi u <code>*ip</code> .
<code>fmod(x, y)</code>	realni (floating-point) ostatak dijeljenja x/y istog znaka kao x . Ako $y = 0$ rezultat ovisi o implementaciji.

Razlika atan i atan2

Razlika između funkcija

```
double atan(double x);  
double atan2(double y, double x);
```

atan(x) vraća

- $\arctg x \in \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2} \right],$

atan2(y, x) interpretira argumente (paziti na poredak)

- kao koordinate točke (x, y) u ravnini i vraća
- $\arctg \frac{y}{x} \in [-\pi, \pi]$, (radi i za $x = 0$, pita prije dijeljenja!)

jer prepoznaže kvadrant u kojem je točka (x, y) .

Razlika atan i atan2 (*nastavak*)

Primjer. Program

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>
main(void) {
    double x = -1.0, y = -1.0;
    printf("%f\n", atan(y/x));
    printf("%f\n", atan2(y, x));
    return 0; }
```

ispisuje

0.785398

-2.356194

Točni rezultati su $\pi/4$, $-3\pi/4$ (treći kvadrant).

Funkcije floor i ceil

Uočite da funkcije za “najmanje” i “najveće” cijelo

```
double floor(double x);  
double ceil(double x);
```

vraćaju rezultat tipa **double**, a **ne int**.

Primjer. Rezultat ispisa sljedećeg dijela kôda

```
printf("%g\n", floor(5.2));  
printf("%g\n", floor(-5.2));  
printf("%g\n", ceil(5.2));  
printf("%g\n", ceil(-5.2));
```

je: **5, -6, 6, -5** (zbog **%g** formata).

Funkcija fmod

Funkcija

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

vraća

- “realni” ostatak pri dijeljenju x/y ,
- s tim da ostatak ima isti predznak kao x .

Princip je isti kao kod cjelobrojnog dijeljenja,

$$x = \text{cjelobrojni kvocijent} \cdot y + \text{ostatak},$$

s tim da je

$$|\text{ostatak}| < |y|,$$

ili

$$\text{ostatak} = x - (\text{(int})(x/y)) \cdot y.$$

Funkcija fmod (*nastavak*)

Primjer. Sljedeći odsječak kôda

```
printf("%g, ", fmod(5.2, 2.6));
printf("%g, ", fmod( 5.57,  2.51));
printf("%g, ", fmod( 5.57, -2.51));
printf("%g, ", fmod(-5.57,  2.51));
printf("%g\n", fmod(-5.57, -2.51));
```

ispisuje

0, 0.55, 0.55, -0.55, -0.55

zbog $(\text{int})(5.57/2.51) = 2$ i $5.57 = 2 \cdot 2.51 + 0.55$, itd.

Funkcija frexp

Funkcija

```
double frexp(double x, int *exp);
```

rastavlja broj *x* na binarnu “mantisu” i binarni eksponent.

Primjer. Sljedeći odsječak kôda

```
double x = 8.0;
int exp_2;
printf("%f, ", frexp(x, &exp_2));
printf("%d\n", exp_2);
```

ispisuje

```
0.500000, 4
```

Funkcije *exp*, *log*, *log10* i *pow*

```
double exp(double x);  
double log(double x);  
double log10(double x);  
double pow(double x, double y);
```

Primjer. Sljedeći odsječak kôda

```
printf("%g\n", log(exp(22)));  
printf("%g\n", log10(pow(10.0, 22.0)));
```

ispisuje

22
22

Neke funkcije iz <stdlib>

Datoteka zaglavlja `<stdlib.h>` ima nekoliko vrlo korisnih funkcija. Na primjer:

- `qsort` — QuickSort algoritam za općenito sortiranje niza podataka,
- `bsearch` — Binarno traženje zadanog podatka u (sortiranom) nizu.

U ovim funkcijama možemo (zapravo, moramo) sami zadati

- funkciju za uspoređivanje podataka u nizu.

Funkcija qsort

Funkcija za sortiranje niza QuickSort algoritmom:

```
void qsort(void *base, size_t n, size_t size,
           int (*comp) (const void *, const void *));
```

Primjer.

```
int main(){
    char rjecnik[3][20] = {"po", "ut", "sri"};
    int i;

    qsort(rjecnik, 3, 20, strcmp);
    for (i = 0; i < 3; ++i) puts(rjecnik[i]);
    return 0; }
```

Funkcija bsearch

Funkcija za **binarno traženje** zadanog podatka u **sortiranom nizu**:

```
void *bsearch(const void *key, const void *base,  
              size_t n, size_t size,  
              int (*comp) (const void *, const void *));
```

Vraća **pokazivač** na **nađeni** podatak (ako ga ima), ili **NULL**.

Primjer.

```
printf("%s\n",  
       bsearch("ut", rjecnik, 3, 20, strcmp));
```

Korektno baratanje s tipovima

Na ovako napisan program (v. `qs_1.c`) compiler se “**buni**” na nekoliko mjesta, upozorenjem

- zbog miješanja tipova `char *` i `void *`.

Program radi korektno, ali ... **nije lijepo!**

Popravak. Funkciju `strcmp` za usporedbu stringova treba “zatvoriti” u funkciju **korektnog prototipa** — nazovimo ju `usporedi`, a iznutra pretvorimo tipove pokazivača:

```
int usporedi(const void *a, const void *b)
{
    return strcmp((char *) a, (char *) b);
}
```

Korektno baratanje s tipovima (nastavak)

Poziv funkcije **qsort** onda glasi:

```
qsort(rjecnik, 3, 20, usporedi);
```

Sasvim analogno, povratnu vrijednost funkcije **bsearch** treba propisno “**castati**” u **char ***

```
printf("%s\n",
(char *) bsearch("ut", rjecnik, 3, 20, usporedi));
```

Na popravljeni program (v. **qs_1a.c**) compiler “nema teksta”.

Napomena. Kod sortiranja rječnika **zamjenama pokazivača**, a **ne stringova** (kao **ovdje**), treba **paziti na tipove u usporedi!**

Definiranje kriterija sortiranja

Primjer. Sortiranje polja cijelih brojeva

```
int main()
{
    int i, polje[4] = {1, 3, -4, 2};

    qsort(polje, 4, sizeof(int), usporedi);

    for (i = 0; i < 4; ++i)
        printf("%d\n", polje[i]);

    return 0;
}
```

Funkcija usporedi

Funkcija **usporedi** za **uspoređivanje cijelih brojeva**:

```
int usporedi(const void *a, const void *b)
{
    int na = *((int *) a), nb = *((int *) b);
//    int na = * (int *) a, nb = * (int *) b;

    if (na == nb)
        return 0;
    else if (na > nb)
        return 1;
    else
        return -1;
}
```

Funkcije rand i srand

Funkcije za generiranje “slučajnih” cijelih brojeva:

```
int rand(void);  
void srand(unsigned int seed);
```

Funkcija `rand()` vraća

- tzv. “pseudo–slučajni” cijeli broj u rasponu od `0` do `RAND_MAX`, s tim da `RAND_MAX` mora biti barem $2^{15} - 1 = 32767$ (tj. 16–bitni `int`).

Funkcija `srand(seed)`

- postavlja tzv. “sjeme” za generator “pseudo–slučajnih” brojeva na zadalu vrijednost `seed`.

Standardno “sjeme” je `1`, ako ga ne postavimo sami!

Funkcije rand i srand (*nastavak*)

Primjer.

```
unsigned int seed; int i;  
  
printf("%d\n", RAND_MAX); /* 32767 */  
  
scanf("%u", &seed);  
srand(seed);  
  
for (i = 1; i <= 10; ++i)  
    printf(" %6d\n", rand());
```

Mjerenje vremena

Datoteka zaglavlja <time.h>

U datoteci zaglavlja <time.h> deklarirani su tipovi i funkcije za manipulaciju

- danima, datumima i vremenom.

Detaljnije ćemo opisati samo funkcije za vrijeme, s ciljem:

- kako napraviti jednostavnu “štopericu” za vrijeme izvršavanja pojedinih dijelova programa.

Za početak, deklarirana su dva aritmetička tipa za prikaz vremena:

- `time_t` — za prikaz stvarnog kalendarskog vremena,
- `clock_t` — za prikaz procesorskog vremena.

Razlog za dva različita tipa = različite jedinice!

Stvarno vrijeme — funkcija time

Stvarno kalendarsko vrijeme mjeri se

- u nekim “standardnim” jedinicama za vrijeme (recimo, sekundama — nije bitno).

Funkcija za “očitanje” trenutnog vremena je:

```
time_t time(time_t *tp);
```

Vraća

- trenutno vrijeme, ili **-1**, ako vrijeme nije dostupno.

Ako pokazivač **tp** nije **NULL**,

- onda se izlazna vrijednost spremi i u ***tp**.

To je katkad zgodno napraviti — radi preglednosti.

Razlika vremena — funkcija difftime

Stvarna **vrijednost** rezultata nije naročito korisna (uključivo i jedinice). Najčešće je to

- broj sekundi proteklih od nekog “**nultog**” trenutka!

Za “**štopericu**” **realnog** vremena treba nam samo

- **razlika** vremena: vrijeme na **kraju** – vrijeme na **početku**.

Tome služi funkcija

```
double difftime(time_t time2, time_t time1);
```

koja vraća

- razliku **time2 – time1** izraženu u **sekundama**.

Primjer — mjeranje realnog vremena

Primjer. Treba izabrati neki posao koji dovoljno dugo traje, da nešto i vidimo. Zato koristimo dvije cjelobrojne petlje, da dobijemo “kvadratnu” složenost.

- Za **demo**, radimo oko $5 \cdot 10^9$ poziva funkcije **rand**.

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <time.h>

int main()
{
    int i, j;
    time_t t1, t2;
```

Primjer — mjeranje realnog vremena

```
time(&t1);      /* Može i t1 = time(NULL); */  
  
for (i = 1; i < 100000; ++i)  
    for (j = 1; j < i; ++j)  
        rand();  
  
time(&t2);      /* Može i t2 = time(NULL); */  
  
printf("%g\n", difftime(t2, t1));  
  
return 0;  
}
```

Na mom računalu (uz Intelov C), rezultat je 160 (sekundi).

Procesorsko vrijeme — funkcija `clock`

Procesorsko vrijeme mjeri se

- u broju tzv. “otkucaja” procesorskog sata.

Funkcija za “očitanje” procesorskog vremena je:

```
clock_t clock(void);
```

Vraća

- procesorsko vrijeme (u broju otkucaja sata) od početka izvršavanja programa, ili `-1`, ako vrijeme nije dostupno.

Dodatno, simbolička konstanta `CLOCKS_PER_SEC` sadrži

- broj “otkucaja” procesorskog sata u jednoj sekundi.

Primjena u “štoperici” ide po istom principu razlike vremena.

Primjer — mjeranje procesorskog vremena

Primjer. Pretvaranje u sekunde realiziramo funkcijom `dsecnd`.

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <time.h>

double dsecnd (void) {
    return (double)( clock( ) ) / CLOCKS_PER_SEC;
}

int main()
{
    int i, j;
    double t1, t2, time;
```

Primjer — mjeranje procesorskog vremena

```
t1 = dsecnd( );  
  
for (i = 1; i < 100000; ++i)  
    for (j = 1; j < i; ++j)  
        rand();  
  
t2 = dsecnd( );  
time = t2 - t1;  
  
printf("%g\n", time);  
  
return 0;  
}
```

Rezultati za dva izvršavanja su 158.562, 158.593 (sekundi).