Lekcija 5 – Funkcije

Pregled

Ciljevi lekcije

- U ovoj lekciji:
  - Razumijećete kako treba konstruisati programe od modula (funkcija).
  - Upoznaćete se sa osnovnim matematičkim funkcijama iz standardne biblioteke.
  - Naučićete da kreirate nove funkcije.
  - Shvatićete mehanizme prenošenja parametara.
  - Upoznaćete se sa generisanjem slučajnih brojeva.
  - Shvatićete osnovne principe rekurzivnih funkcija.

5.1 Uvod

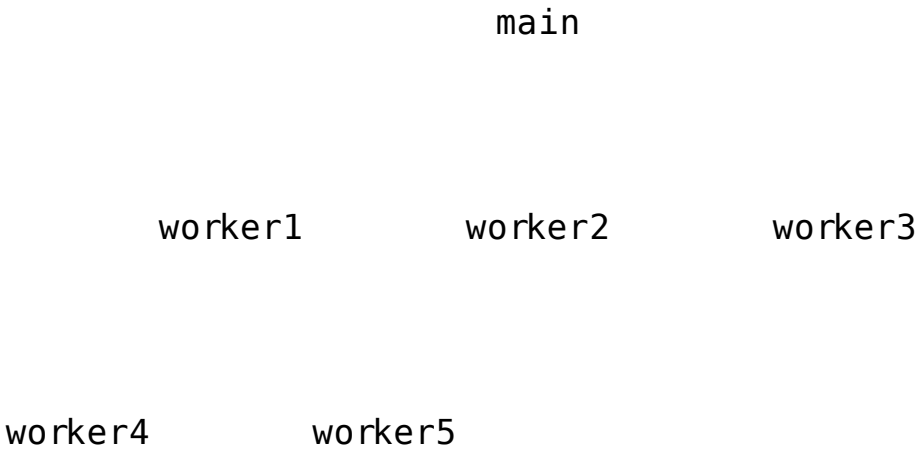
- Podijeli pa vladaj (divide and conquer)
  - Konstruisanje programa od manjih komponenti
    - Manje djelove koda (komponente) nazivamo modulima
  - Svaki komad koda (komponentu) je lakše obraditi nego originalni program

5.2 Programski moduli u C

- Funkcije
  - Moduli u C-u
  - Programi kombinuju korisnički definisane funkcije sa funkcijama iz biblioteka
    - C standardne biblioteke imaju veliki broj funkcija
- Pozivanje funkcija
  - Pozivanje (“invoking functions”)
    - Obezbijediti naziv funkcije i argumente
    - Funkcije obrađuju određene operacije
    - Funkcije (mogu da) vraćaju rezultat
  - Analogija pozivanja funkcija:
    - Šef zahtijeva od radnika da odradi određen posao
      - Radnik dobija informacije, odradi posao, vraća rezultat
      - Sakrivanje informacija: šef ne zna detalje posla

5.2 Programski moduli u C

Fig. 5.1 Hijerarhija funkcija šefa/funkcija radnika



5.3 Matematička biblioteka

- Matematička biblioteka
  - Standardna matematička izračunavanja
  - `#include <math.h>`
- Format poziva funkcija
  - `FunctionName( argument );`
    - Ako ima više argumenata, razdvajamo ih zarezima
  - `printf( "%.2f", sqrt( 900.0 ) );`
    - Pozivamo funkciju `sqrt`, koja vraća kvadratni korijen argumenta
    - Sve matematičke funkcije vraćaju tip `double`
  - Argumenti mogu biti konstante, promjenljive ili izrazi

5.3 Math Library Functions

Funkcija	Opje	Primjer
`sqrt( x )`	kvadratni korijen iz x	`sqrt( 900.0 ) je 30.0` `sqrt( 9.0 ) je 3.0`
`exp( x )`	eksponencijalna e^x	`exp( 1.0 ) je 2.718282` `exp( 2.0 ) je 7.389056`
`log( x )`	logaritam od x (osnova e)	`log( 2.718282 ) je 1.0` `log( 7.389056 ) je 2.0`

`log10( x )`	logaritam od x (osnova10)	`log10( 1.0 ) je 0.0`
		`log10( 10.0 ) je 1.0`
		`log10( 100.0 ) je 2.0`

`fabs( x )`	apsolutna vrijednost x	`fabs( 5.0 ) je 5.0`
		`fabs( 0.0 ) je 0.0`
		`fabs( -5.0 ) je 5.0`

`ceil( x )`	najmanji cio broj ne manji od x	`ceil( 9.2 ) je 10.0` `ceil( -9.8 ) je -9.0`
`floor( x )`	najveći cio broj ne veći od x	`floor( 9.2 ) je 9.0` `floor( -9.8 ) je -10.0`
`pow( x, y )`	x^y	`pow( 2, 7 ) je 128.0` `pow( 9, .5 ) je 3.0`
`fmod( x, y )`	ostatak pri dijeljenju	`fmod( 13.657, 2.333 ) je 1.992`
`sin( x )`	$sinx$ (x u radijanima)	`sin( 0.0 ) je 0.0`
`cos( x )`	$cosx$ (x u radijanima)	`cos( 0.0 ) je 1.0`
`tan( x )`	tgx (x u radijanima)	`tan( 0.0 ) je 0.0`

Fig. 5.2 Neke funkcije iz math.h.

5.4 Funkcije

- Funkcije
  - Modularizuju program
  - Sve promjenljive definisane unutar funkcije su lokalne
    - Poznate samo u funkciji u kojoj su definisane
  - Parametri
    - Komunikacija informacijama između funkcija
    - Ponašaju se kao lokalne promjenljive
- Prednosti funkcija
  - Podijeli pa vladaj (divide and conquer)
    - Lakši razvoj programa

5.4 Funkcije

- Prednosti funkcija (nastavak)
  - Ponovno korišćenje softvera (software reusability)
    - Koristiti postojeće funkcije kao gradivne blokove novih programa
    - Apstrakcija – sakrivanje detalja implementacije (kao u bibliotekama)
  - Izbjegavamo ponavljanje koda

5.5 Definisanje funkcija

- Format za definisanje funkcija

return-value-type function-name(parameter-list)

```
{
  declarations and statements
}
```

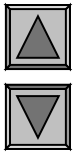
  - Function-name: ispravan identifikator
  - Return-value-type: tip rezultata (default `int`)
    - `void` – označava da funkcija ne vraća vrijednost
  - Parameter-list: lista parametara razdvojenih zarezima, deklariše parametre
    - Tip mora biti eksplicitno naveden za svaki parametar, osim ako je tip `int`

5.5 Definisanje funkcija

- Format za definisanje funkcija (nastavak)

  return-value-type function-name(parameter-list)
  {
  declarations and statements
  }

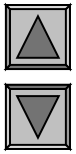
  – Declarations and statements: tijelo funkcije (blok)
    - Promjenljive mogu biti definisane unutar bloka (ugnježdavanje)
    - Funkcije ne mogu biti definisane unutar drugih funkcija
  – Povratak iz funkcije
    - Ako ne vraća vrijednost
      – `return;`
      – Ili, kad naiđemo na desnu (zatvorenu) zagradu }
    - Ако vraća vrijednost
      – `return` *expression*`;`



Outline

fig05_03.c (Part 1 of 2)

```
1  /* Fig. 5.3: fig05_03.c
2     Creating and using a programmer-defined function */
3  #include <stdio.h>
4
5  int square( int y );   /* function prototype */
6
7  /* function main begins program execution */
8  int main()
9  {
10    int x; /* counter */
11
12    /* loop 10 times and calculate and output square of x each time */
13    for ( x = 1; x <= 10; x++ ) {
14       printf( "%d ", square( x ) ); /* function call */
15    } /* end for */
16
17    printf( "\n" );
18
19    return 0; /* indicates successful termination */
20
21 } /* end main */
22
```



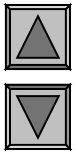
Outline

```
23 /* square function definition returns square of an integer */
24 int square( int y ) /* y is a copy of argument to function */
25 {
26    return y * y; /* returns square of y as an int */
27
28 } /* end function square */
```

```
 1  4  9  16  25  36  49  64  81  100
```

fig05_03.c (Part 2 of 2)

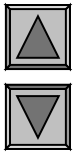
Program Output



Outline

fig05_04.c (Part 1 of 2)

```
1  /* Fig. 5.4: fig05_04.c
2     Finding the maximum of three integers */
3  #include <stdio.h>
4
5  int maximum( int x, int y, int z ); /* function prototype */
6
7  /* function main begins program execution */
8  int main()
9  {
10    int number1; /* first integer */
11    int number2; /* second integer */
12    int number3; /* third integer */
13
14    printf( "Enter three integers: " );
15    scanf( "%d%d%d", &number1, &number2, &number3 );
16
17    /* number1, number2 and number3 are arguments
18       to the maximum function call */
19    printf( "Maximum is: %d\n", maximum( number1, number2, number3 ) );
20
21    return 0; /* indicates successful termination */
22
23 } /* end main */
24
```



Outline

```
25 /* Function maximum definition */
26 /* x, y and z are parameters */
27 int maximum( int x, int y, int z )
28 {
29    int max = x;      /* assume x is largest */
30
31    if ( y > max ) { /* if y is larger than max, assign y to max */
32       max = y;
33    } /* end if */
34
35    if ( z > max ) { /* if z is larger than max, assign z to max */
36       max = z;
37    } /* end if */
38
39    return max;       /* max is largest value */
40
41 } /* end function maximum */
```

fig05_04.c (Part 2 of 2)

```
Enter three integers: 22 85 17
Maximum is: 85
Enter three integers: 85 22 17
Maximum is: 85
Enter three integers: 22 17 85
Maximum is: 85
```

Program Output

5.6 Prototip funkcije

- Prototip funkcije
  - Naziv funkcije
  - Parametri – šta funkcija “uzima”
  - Tip rezulata – tip koji funkcija vraća (default `int`)
  - Prototip se koristi za validaciju
  - Prototip je neophodan samo ako se definicija funkcije pojavljuje poslije upotrebe funkcije u programu
  - Funkcija sa prototipom

```
int maximum( int x, int y, int z );
```

    - Ima 3 cijela broja kao argumente
    - Vraća `int`
- Pravilo promocije i konverzije
  - Konverzija u “niži” tip može dovesti do greške

5.6 Prototip funkcije

Tipovi podataka	`printf` konverzija specifikacija	`scanf` konverzija specifikacija
`long double`	`%Lf`	`%Lf`
`double`	`%f`	`%lf`
`float`	`%f`	`%f`
`unsigned long int`	`%lu`	`%lu`
`long int`	`%ld`	`%ld`
`unsigned int`	`%u`	`%u`
`int`	`%d`	`%d`
`short`	`%hd`	`%hd`
`char`	`%c`	`%c`

Fig. 5.5 Hijerarhija promocije za tipove podataka.

5.7 Header datoteke

- Header datoteke
  - Sadrže prototipove funkcija za bibliotečke funkcije
  - `<stdlib.h>` , `<math.h>` , itd.
  - Učitavamo ih sa `#include <filename>`

    `#include <math.h>`
- Korisničke header datoteke
  - Kreiramo datoteku sa funkcijom
  - Sačuvamo je kao `filename.h`
  - Uključujemo je u druge datoteke sa

    `#include "filename.h"`
  - Ponovna upotreba funkcija

5.7 Header datoteke

Standard library header	Objašnjenje
`<assert.h>`	Sadrži makroe i informacije koje dodaju dijagnostiku koja pomaže pri debugovanju.
`<ctype.h>`	Testiranje karaktera na određena svojstva i konverziju malih u velika slova i obratno.
`<errno.h>`	Makroi za prijavljivanje grešaka.
`<float.h>`	Granice za veličinu floating point brojeva na sistemu.
`<limits.h>`	Granice za veličinu cijelih brojeva na sistemu.
`<locale.h>`	Informacije za podešavanje programa na lokalne uslove kao što su format datuma, vremena, itd.
`<math.h>`	Matematičke funkcije.
`<setjmp.h>`	Mogućnost prevazilaženja uobičajenog načina pozivanja funkcija i povratka iz funkcije.

5.7 Header datoteke

Standard library header	Objašnjenje
<signal.h>	Obrada različitih uslova koji se mogu pojaviti pri izvršavanju programa.
<stdarg.h>	Makroi za obradu funkcija kod kojih nije poznat broj i tip argumenata..
<stddef.h>	Definicije tipove koje C koristi z određena izračunavanja.
<stdio.h>	Ulazno-izlazne funkcije i informacije o njima..
<stdlib.h>	Funkcije za konverziju brojeva u stringove i obratno, alokaciju memorije, slučajne brojeve, itd.
<string.h>	Funkcije za obradu stringova.
<time.h>	Funkcije za obradu datuma i vremena.

Fig. 5.6 Neke standardne header datoteke.

5.8 Predaja argumenata: po vrijednosti i referenci

- Po vrijednosti
  - Kopija argumenta predaje se funkciji
  - Promjena argumenta u funkciji ne utiče na original
  - Koristiti kada funkcija ne treba da modifikuje argument
    - Izbjegavaju se slučajne promjene argumenta
- Po referenci
  - Predaje se originalni argument
  - Promjena u funkciji utiče na original
  - Koristi sa samo sa funkcijama kojima “vjerujemo”
- Za sada, samo po vrijednosti

5.9 Generisanje slučajnih brojeva

- `rand` funkcija
  - Učitati `<stdlib.h>`
  - Vraća "slučajan" (random) broj iz intervala `0` - `RAND_MAX` (najmanje `32767`)

    ```
    i = rand();
    ```
  - Pseudoslučajan broj
    - Ranije postavi niz "slučajnih" brojeva
    - Isti niz za svaki poziv funkcije
- Skaliranje
  - Da bi dobili slučajan broj između `1` i `n`

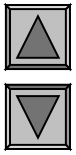
    ```
    1 + ( rand() % n )
    ```
    - `rand() % n` vraća broj između `0` and `n - 1`
    - Dodajemo `1` da bi ušli u zadati interval

      ```
      1 + ( rand() % 6)
      ```
      - Broj između `1` i `6`

5.9 Generisanje slučajnih brojeva

- `srand` funkcija
  - `<stdlib.h>`
  - Ima cjelobrojni argument (seed) i skače na tu lokaciju u nizu slučajnih brojeva

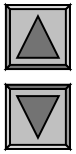
    `srand(` *seed* **`);`**
  - `srand( time( NULL ) );/*load <time.h> */`
    - `time( NULL )`
      - Vraća vrijeme za koje je program kompajliran u sekundama
      - “Randomizes" seed



Outline

fig05_07.c

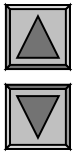
```
1  /* Fig. 5.7: fig05_07.c
2     Shifted, scaled integers produced by 1 + rand() % 6 */
3  #include <stdio.h>
4  #include <stdlib.h>
5
6  /* function main begins program execution */
7  int main()
8  {
9     int i; /* counter */
10
11    /* loop 20 times */
12    for ( i = 1; i <= 20; i++ ) {
13
14       /* pick random number from 1 to 6 and output it */
15       printf( "%10d", 1 + ( rand() % 6 ) );
16
17       /* if counter is divisible by 5, begin new line of output */
18       if ( i % 5 == 0 ) {
19          printf( "\n" );
20       } /* end if */
21
22    } /* end for */
23
24    return 0; /* indicates successful termination */
25
26 } /* end main */
```



Outline

Program Output

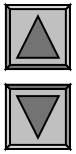
```
6     6     5     5     6
5     1     1     5     3
6     6     2     4     2
6     2     3     4     1
```



Outline

fig05_08.c (Part 1 of 3)

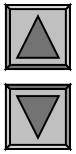
```
1  /* Fig. 5.8: fig05_08.c
2     Roll a six-sided die 6000 times */
3  #include <stdio.h>
4  #include <stdlib.h>
5
6  /* function main begins program execution */
7  int main()
8  {
9     int frequency1 = 0; /* rolled 1 counter */
10    int frequency2 = 0; /* rolled 2 counter */
11    int frequency3 = 0; /* rolled 3 counter */
12    int frequency4 = 0; /* rolled 4 counter */
13    int frequency5 = 0; /* rolled 5 counter */
14    int frequency6 = 0; /* rolled 6 counter */
15
16    int roll; /* roll counter */
17    int face; /* represents one roll of the die, value 1 to 6 */
18
19    /* loop 6000 times and summarize results */
20    for ( roll = 1; roll <= 6000; roll++ ) {
21       face = 1 + rand() % 6; /* random number from 1 to 6 */
22
```



Outline

fig05_08.c (Part 2 of 3)

```
23      /* determine face value and increment appropriate counter */
24      switch ( face ) {
25
26         case 1:          /* rolled 1 */
27            ++frequency1;
28            break;
29
30         case 2:          /* rolled 2 */
31            ++frequency2;
32            break;
33
34         case 3:          /* rolled 3 */
35            ++frequency3;
36            break;
37
38         case 4:          /* rolled 4 */
39            ++frequency4;
40            break;
41
42         case 5:          /* rolled 5 */
43            ++frequency5;
44            break;
45
```



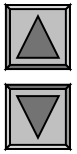
Outline

```
45
46          case 6:          /* rolled 6 */
47             ++frequency6;
48             break;
49       } /* end switch */
50
51    } /* end for */
52
53    /* display results in tabular format */
54    printf( "%s%13s\n", "Face", "Frequency" );
55    printf( "   1%13d\n", frequency1 );
56    printf( "   2%13d\n", frequency2 );
57    printf( "   3%13d\n", frequency3 );
58    printf( "   4%13d\n", frequency4 );
59    printf( "   5%13d\n", frequency5 );
60    printf( "   6%13d\n", frequency6 );
61
62    return 0; /* indicates successful termination */
63
64 } /* end main */
```

fig05_08.c (Part 3 of 3)

Program Output

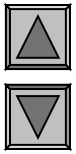
```
Face    Frequency
   1         1003
   2         1017
   3          983
   4          994
   5         1004
   6          999
```



Outline

fig05_09.c (Part 1 of 2)

```
1  /* Fig. 5.9: fig05_09.c
2     Randomizing die-rolling program */
3  #include <stdlib.h>
4  #include <stdio.h>
5
6  /* function main begins program execution */
7  int main()
8  {
9     int i;         /* counter */
10    unsigned seed; /* number used to seed random number generator */
11
12    printf( "Enter seed: " );
13    scanf( "%u", &seed );
14
15    srand( seed ); /* seed random number generator */
16
17    /* loop 10 times */
18    for ( i = 1; i <= 10; i++ ) {
19
20       /* pick a random number from 1 to 6 and output it */
21       printf( "%10d", 1 + ( rand() % 6 ) );
22
```



Outline

```
23       /* if counter is divisible by 5, begin a new line of output */
24       if ( i % 5 == 0 ) {
25          printf( "\n" );
26       } /* end if */
27
28    } /* end for */
29
30    return 0; /* indicates successful termination */
31
32 } /* end main */
```

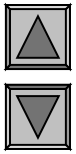
fig05_09.c (Part 2 of 2)

Program Output

```
Enter seed: 67
        6       1       4       6       2
        1       6       1       6       4
Enter seed: 867
        2       4       6       1       6
        1       1       3       6       2
Enter seed: 67
        6       1       4       6       2
        1       6       1       6       4
```

5.10 Primjer: Igra kockicama

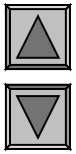
- Simulator igre
- Pravila
  - Bacamo 2 kockice
    - 7 ili 11 u prvom bacanju, igrač pobjeđuje
    - 2, 3 ili 12 u prvom bacanju, igrač gubi
    - 4, 5, 6, 8, 9, 10 – bodovi igrača
  - Ako ima drugog (i ostalih) bacanja, igrač mora da osvoji isti broj bodova kao i u prvom bacanju, i tada pobjeđuje; ako dobije 7, tada igrač gubi.



Outline

fig05_10.c (Part 1 of 4)

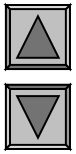
```
1  /* Fig. 5.10: fig05_10.c
2     Craps */
3  #include <stdio.h>
4  #include <stdlib.h>
5  #include <time.h> /* contains prototype for function time */
6
7  /* enumeration constants represent game status */
8  enum Status { CONTINUE, WON, LOST };
9
10 int rollDice( void ); /* function prototype */
11
12 /* function main begins program execution */
13 int main()
14 {
15    int sum;        /* sum of rolled dice */
16    int myPoint;    /* point earned */
17
18    enum Status gameStatus; /* can contain CONTINUE, WON, or LOST */
19
20    /* randomize random number generator using current time */
21    srand( time( NULL ) );
22
23    sum = rollDice(  ); /* first roll of the dice */
24
```



Outline

fig05_10.c (Part 2 of 4)

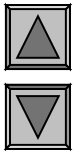
```
25    /* determine game status based on sum of dice */
26    switch( sum ) {
27
28       /* win on first roll */
29       case 7:
30       case 11:
31          gameStatus = WON;
32          break;
33
34       /* lose on first roll */
35       case 2:
36       case 3:
37       case 12:
38          gameStatus = LOST;
39          break;
40
41       /* remember point */
42       default:
43          gameStatus = CONTINUE;
44          myPoint = sum;
45          printf( "Point is %d\n", myPoint );
46          break; /* optional */
47    } /* end switch */
48
```



Outline

```
49    /* while game not complete */
50    while ( gameStatus == CONTINUE ) {
51       sum = rollDice(  ); /* roll dice again */
52
53       /* determine game status */
54       if ( sum == myPoint ) { /* win by making point */
55          gameStatus = WON;
56       } /* end if */
57       else {
58
59          if ( sum == 7 ) { /* lose by rolling 7 */
60             gameStatus = LOST;
61          } /* end if */
62
63       } /* end else */
64
65    } /* end while */
66
67    /* display won or lost message */
68    if ( gameStatus == WON ) {
69       printf( "Player wins\n" );
70    } /* end if */
71    else {
72       printf( "Player loses\n" );
73    } /* end else */
74
```

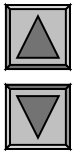
fig05_10.c (Part 3 of 4)



Outline

```
75    return 0; /* indicates successful termination */
76
77 } /* end main */
78
79 /* roll dice, calculate sum and display results */
80 int rollDice( void )
81 {
82    int die1;    /* first die */
83    int die2;    /* second die */
84    int workSum; /* sum of dice */
85
86    die1 = 1 + ( rand() % 6 ); /* pick random die1 value */
87    die2 = 1 + ( rand() % 6 ); /* pick random die2 value */
88    workSum = die1 + die2;     /* sum die1 and die2 */
89
90    /* display results of this roll */
91    printf( "Player rolled %d + %d = %d\n", die1, die2, workSum );
92
93    return workSum; /* return sum of dice */
94
95 } /* end function rollRice */
```

fig05_10.c (Part 4 of 4)



Outline

Program Output

```
Player rolled 5 + 6 = 11
Player wins

Player rolled 4 + 1 = 5
Point is 5
Player rolled 6 + 2 = 8
Player rolled 2 + 1 = 3
Player rolled 3 + 2 = 5
Player wins

Player rolled 1 + 1 = 2
Player loses

Player rolled 1 + 4 = 5
Point is 5
Player rolled 3 + 4 = 7
Player loses
```

5.11 Memorijske klase (storage classes)

- Specifikacija memorijskih klasa
  - Vrijeme memorisanja – koliko dugo objekat postoji u memoriji
  - Opseg važenja (scope) – gdje objekat može biti referenciran u programu
  - Povezivanje (linkage) – specificira datoteke u kojim je identifikator poznat (može se koristiti)
- Automatske promjenljive
  - Objekat je kreiran i uništen unutar svog bloka
  - `auto:` default za lokalne promjenljive local variables

```
auto double x, y;
```

  - `register:` pokušava da smjesti promjenljive u registre
    - Može se koristiti samo sa automatskim promjenljivim

```
register int counter = 1;
```

5.11 Memorijske klase (storage classes)

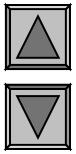
- Statičke promjenljive
  - Promjenljive postoje u toku čitavog vremena izvršavanja programa
  - Default vrijednost je nula
  - `static:` lokalne promjenljive definisane u funkciji.
    - Čuvaju vrijednost po završetku funkcije
    - Mogu se koristiti samo u funkciji
  - `extern:` default za globalne promjenljive i funkcije
    - Mogu se koristiti u svim funkcijama

5.12 Opseg važenja

- Važenje u datoteci (file scope)
  - Identifikator definisan van funkcije može se koristiti u svim funkcijama
  - Koristi se za globalne promjenljive, definicije i prototipove funkcija
- Važenje u funkciji (function scope)
  - Može se koristiti samo unutar tijela funkcije
  - Koristi se za labele (`start:`, `case:` , etc.)

5.12 Opseg važenja

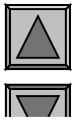
- Važenje u bloku (block scope)
  - Identifikator deklarisan unutar bloka
    - Blok počinje sa definicijom, završava zagradom
  - Koristi se za promjenljive i parametre funkcija (lokalne promjenljive funkcije)
  - Spoljašnji blokovi su sakriveni od unutrašnjih blokova, ako postoji promjenljiva sa istim imenom unutar unutrašnjeg bloka
- Važenje u prototipu (function prototype scope)
  - Koristi se za identifikatore u listi argumenata



Outline

fig05_12.c (Part 1 of 3)

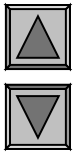
```
1  /* Fig. 5.12: fig05_12.c
2     A scoping example */
3  #include <stdio.h>
4
5  void useLocal( void );       /* function prototype */
6  void useStaticLocal( void ); /* function prototype */
7  void useGlobal( void );      /* function prototype */
8
9  int x = 1; /* global variable */
10
11 /* function main begins program execution */
12 int main()
13 {
14    int x = 5; /* local variable to main */
15
16    printf("local x in outer scope of main is %d\n", x );
17
18    { /* start new scope */
19       int x = 7; /* local variable to new scope */
20
21       printf( "local x in inner scope of main is %d\n", x );
22    } /* end new scope */
23
24    printf( "local x in outer scope of main is %d\n", x );
25
```



Outline

g05_12.c (Part 2
f 3)

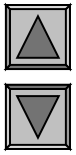
```
26    useLocal();       /* useLocal has automatic local x */
27    useStaticLocal(); /* useStaticLocal has static local x */
28    useGlobal();      /* useGlobal uses global x */
29    useLocal();       /* useLocal reinitializes automatic local x */
30    useStaticLocal(); /* static local x retains its prior value */
31    useGlobal();      /* global x also retains its value */
32
33    printf( "local x in main is %d\n", x );
34
35    return 0; /* indicates successful termination */
36
37 } /* end main */
38
39 /* useLocal reinitializes local variable x during each call */
40 void useLocal( void )
41 {
42    int x = 25;  /* initialized each time useLocal is called */
43
44    printf( "\nlocal x in a is %d after entering a\n", x );
45    x++;
46    printf( "local x in a is %d before exiting a\n", x );
47 } /* end function useLocal */
48
```



Outline

fig05_12.c (Part 3 of 3)

```
49 /* useStaticLocal initializes static local variable x only the first time
50    the function is called; value of x is saved between calls to this
51    function */
52 void useStaticLocal( void )
53 {
54    /* initialized only first time useStaticLocal is called */
55    static int x = 50;
56
57    printf( "\nlocal static x is %d on entering b\n", x );
58    x++;
59    printf( "local static x is %d on exiting b\n", x );
60 } /* end function useStaticLocal */
61
62 /* function useGlobal modifies global variable x during each call */
63 void useGlobal( void )
64 {
65    printf( "\nglobal x is %d on entering c\n", x );
66    x *= 10;
67    printf( "global x is %d on exiting c\n", x );
68 } /* end function useGlobal */
```



Outline

Program Output

```
local x in outer scope of main is 5
local x in inner scope of main is 7
local x in outer scope of main is 5

local x in a is 25 after entering a
local x in a is 26 before exiting a

local static x is 50 on entering b
local static x is 51 on exiting b

global x is 1 on entering c
global x is 10 on exiting c

local x in a is 25 after entering a
local x in a is 26 before exiting a

local static x is 51 on entering b
local static x is 52 on exiting b

global x is 10 on entering c
global x is 100 on exiting c
local x in main is 5
```

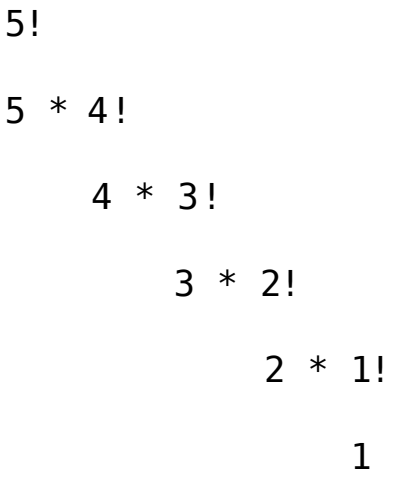
5.13 Rekurzija

- Rekurzivne funkcije
  - Funkcije mogu pozivati same sebe
  - Mogu riješiti samo bazni slučaj
  - Podijelimo problem na
    - Šta možemo uraditi
    - Šta ne možemo uraditi
      - Ako ovaj dio podsjeća na originalni problem
      - Funkcija startuje novu kopiju same sebe (rekurzivni korak - recursion step) da bi riješila roblem
  - Ako je bazni slučaj riješen
    - Upotrebimo rješenje baznog slušaja, vraćamo se unazad (odmotavamo rekurziju) i time rješavamo polazni problem

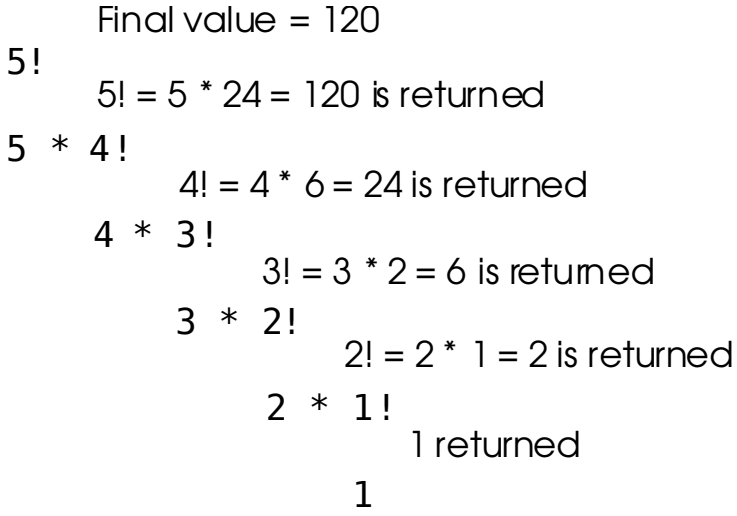
5.13 Rekurzija

- Primjer: faktorijel
  - `5! = 5 * 4 * 3 * 2 * 1`
  - Uočite da je
    - `5! = 5 * 4!`
    - `4! = 4 * 3! ...`
  - Može se riješiti rekurzivno
  - Riješiti bazni slučaj (`1! = 0! = 1`), pa onda odmotavamo
    - `2! = 2 * 1! = 2 * 1 = 2;`
    - `3! = 3 * 2! = 3 * 2 = 6;`

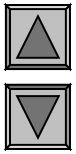
5.13 Recursion



(a) Sequence of recursive calls.



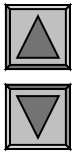
(b) Values returned from each recursive call.



Outline

fig05_14.c (Part 1 of 2)

```
1  /* Fig. 5.14: fig05_14.c
2     Recursive factorial function */
3  #include <stdio.h>
4
5  long factorial( long number ); /* function prototype */
6
7  /* function main begins program execution */
8  int main()
9  {
10    int i; /* counter */
11
12    /* loop 10 times.  During each iteration, calculate
13       factorial( i ) and display result */
14    for ( i = 1; i <= 10; i++ ) {
15       printf( "%2d! = %ld\n", i, factorial( i ) );
16    } /* end for */
17
18    return 0; /* indicates successful termination */
19
20 } /* end main */
21
```



Outline

fig05_14.c (Part 2 of 2)

```
/* recursive definition of function factorial */
long factorial( long number )
{
   /* base case */
   if ( number <= 1 ) {
      return 1;
   } /* end if */
   else { /* recursive step */
      return ( number * factorial( number - 1 ) );
   } /* end else */

} /* end function factorial */
```

```
 1! = 1
 2! = 2
 3! = 6
 4! = 24
 5! = 120
 6! = 720
 7! = 5040
 8! = 40320
 9! = 362880
10! = 3628800
```

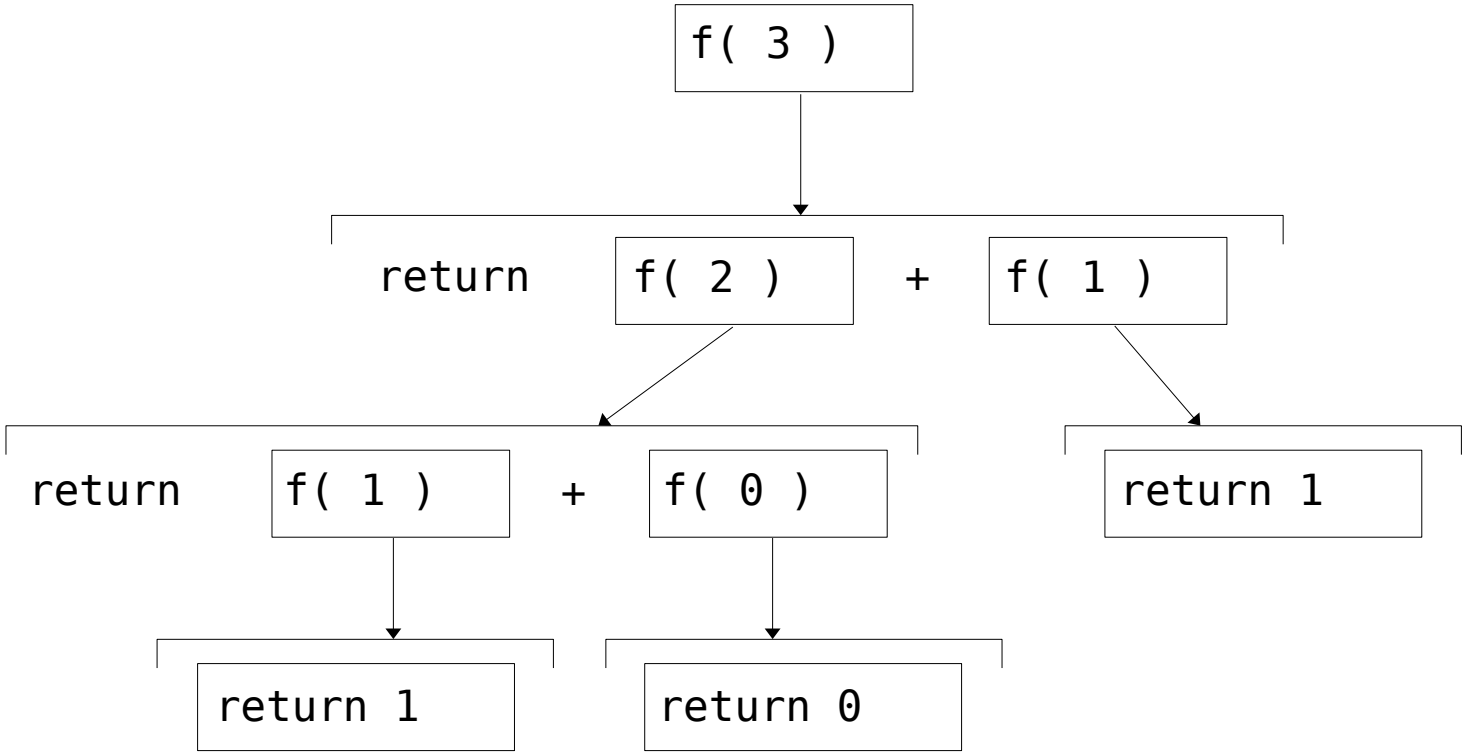
5.14 Primjer rekurzije: Fibonačijevi brojevi

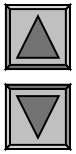
- Fibonačijev niz: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8...
  - Svaki broj je suma prethodna dva
  - Rekurzivna definicija:
    - `fib( n ) = fib( n - 1 ) + fib( n – 2 )`
  - Kod za funkciju `fibonacci`

```
long fibonacci( long n )
{
  if (n == 0 || n == 1)  // base case
     return n;
  else
     return fibonacci( n - 1) +
        fibonacci( n – 2 );
}
```

5.14 Primjer rekurzije: Fibonačijevi brojevi

- Skup rekurzivnih poziva funkcije `fibonacci`

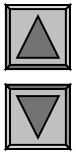




Outline

fig05_15.c (Part 1 of 2)

```
1  /* Fig. 5.15: fig05_15.c
2     Recursive fibonacci function */
3  #include <stdio.h>
4
5  long fibonacci( long n ); /* function prototype */
6
7  /* function main begins program execution */
8  int main()
9  {
10    long result; /* fibonacci value */
11    long number; /* number input by user */
12
13    /* obtain integer from user */
14    printf( "Enter an integer: " );
15    scanf( "%ld", &number );
16
17    /* calculate fibonacci value for number input by user */
18    result = fibonacci( number );
19
20    /* display result */
21    printf( "Fibonacci( %ld ) = %ld\n", number, result );
22
23    return 0; /* indicates successful termination */
24
25 } /* end main */
26
```



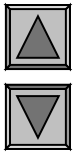
Outline

fig05_15.c (Part 2 of 2)

```
27 /* Recursive definition of function fibonacci */
28 long fibonacci( long n )
29 {
30    /* base case */
31    if ( n == 0 || n == 1 ) {
32       return n;
33    } /* end if */
34    else { /* recursive step */
35       return fibonacci( n - 1 ) + fibonacci( n - 2 );
36    } /* end else */
37
38 } /* end function fibonacci */
```

Program Output

```
Enter an integer: 0
Fibonacci( 0 ) = 0

Enter an integer: 1
Fibonacci( 1 ) = 1

Enter an integer: 2
Fibonacci( 2 ) = 1

Enter an integer: 3
Fibonacci( 3 ) = 2

Enter an integer: 4
Fibonacci( 4 ) = 3
```

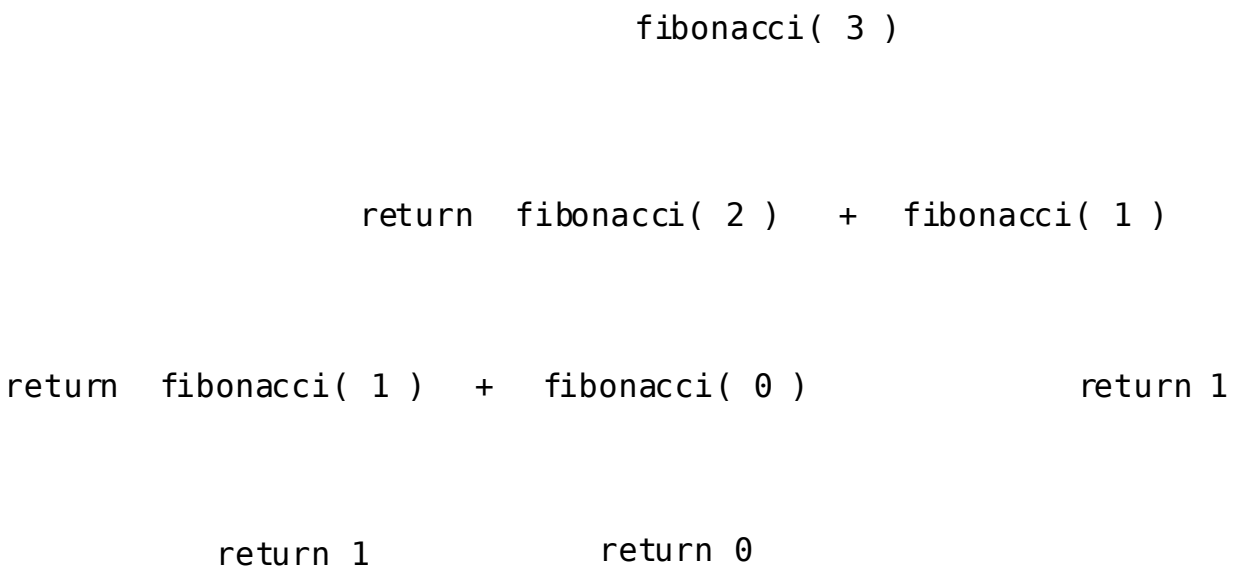


Outline

Program Output (continued)

```
Enter an integer: 5
Fibonacci( 5 ) = 5

Enter an integer: 6
Fibonacci( 6 ) = 8

Enter an integer: 10
Fibonacci( 10 ) = 55

Enter an integer: 20
Fibonacci( 20 ) = 6765

Enter an integer: 30
Fibonacci( 30 ) = 832040

Enter an integer: 35
Fibonacci( 35 ) = 9227465
```

5.14 Primjer rekurzije: Fibonačijevi brojevi



5.15 Rekurzija vs. Iteracija

- Repeticija
  - Iteracija: eksplicitna petlja (loop)
  - Rekurzija: ponavljanje poziva funkcije
- Kraj rada
  - Iteracija : uslov petlje je netačan
  - Rekurzija : bazni slučaj je prepoznat
- I jedan i drugi metod mogu imati beskonačne petlje
- Ravnoteža
  - Izaberite između performansi (iteracija) i elegancije i kratkoće (rekurzija)

5.15 Rekurzija vs. Iteracija

Lekcija	Primjeri rekurzije
Lekcija 5	Factorial function Fibonacci functions Greatest common divisor Sum of two integers Multiply two integers Raising an integer to an integer power Towers of Hanoi Recursive `main` Printing keyboard inputs in reverse Visualizing recursion
Lekcija 6	Sum the elements of an array Print an array Print an array backwards Print a string backwards Check if a string is a palindrome Minimum value in an array Selection sort Quicksort Linear search Binary search
Lekcija 7	Eight Queens Maze traversal
Lekcija 8	Printing a string input at the keyboard backwards
Lekcija 12	Linked list insert Linked list delete Search a linked list Print a linked list backwards Binary tree insert Preorder traversal of a binary tree Inorder traversal of a binary tree Postorder traversal of a binary tree

Fig. 5.17 Pregled rekurzivnih programa u knjizi.