Strukture podataka i algoritmi

Akademska godina 2012/13

Saša Ceci
Institut Ruđer Bošković
Zavod za eksperimentalnu fiziku
2. CK krilo, soba 02
Email: sasa.ceci@gmail.hr
Telefon: 099 2357 111
http://goo.gl/XcIBi

Organizacija nastave i ispita

- dva sata predavanja, dva sata vježbi tjedno (ponedjeljak, od 13h do 17h, u 107)
- redovito pohađanje predavanja i vježbi je **uvjet** za dobivanje potpisa

- završna ocjena na ispitu:
  - kombinacija rezultata kolokvija i usmenog dijela ispita

- kolokviji:
  - 2 kolokvija,
  - djelomično riješeni zadaci donose bodove,
  - za prolaz treba riješiti barem 50 posto na oba (bez toga nema potpisa)
  - tko ne prođe, ima još jednu šansu tjedan dana kasnije

- usmeni ispit:
  - prema dogovoru s predavačem u terminima službenih ispitnih rokova,
  - usmeni (2 x siječanj/veljača, 1 x travanj, 2 x lipanj, 2 x rujan)
  - precizniji termini i više detalja o sadržaju kolokvija i usmenog ispita sljedeći put

- konzultacije: po dogovoru

Općenito o predmetu

- Sadržaj kolegija:
- **Uvod:** Pojam tipa, apstraktnog tipa i struktura podataka. Elementi od kojih se gradi struktura: polje, zapis, pokazivač (pointer), kursor. Pojam algoritma, zapisivanje i analiziranje algoritama.
- **Pregled raznih apstraktnih tipova:** Lista, stog (stack), red, uređeno stablo, binarno stablo, skup, rječnik, prioritetni red, preslikavanje.
- **Pregled raznih struktura podataka:** Vezana lista i druge vezane strukture, tablica rasipanja (hash), binarno stablo traženja, hrpa (heap).
- **Algoritmi za obavljanje osnovnih operacija nad strukturama:** Ubacivanje i izbacivanje podataka, pretraživanje, ispis sadržaja i slično
- **Primjena opisanih struktura u složenijim algoritmima:** Sortiranje niza podataka, izvrednjavanje aritmetičkih izraza, razni rekurzivni postupci.
- **Općenite tehnike (strategije) za konstrukciju algoritama:** podijeli pa vladaj, dinamičko programiranje, pohlepni pristup, "backtracking"

Osnovni pojmovi

- Strukture podataka – statički aspekt programa – ono sa čime se radi
- Algoritmi – dinamički aspekt programa – ono što se radi
- međusobno su povezani i utječu jedno na drugo
- Pojmovi koji se često koriste:
  - tip podataka: skup vrijednosti koje neki podatak može poprimiti
  - apstraktni tip podataka: zadan jedan ili više tipova podataka, te jedne ili više operacija (funkcija) – operandi i rezultati operacija su podaci danog tipa
  - Struktura podataka: skupina varijabli u programu i veza među njima
  - Algoritam: konačni niz instrukcija od kojih svaka ima jasno značenje i može biti izvršena u konačnom vremenu. Za bilo koje vrijednosti ulaznih podataka algoritam mora završavati nakon konačnog broja koraka.
  - Implementacija apstraktnog tipa podataka: konkretna realizacija ATP u programu, sastoji se od definicije za strukturu podataka (prikaz podataka iz ATP) i od potprograma (izvedba operacija iz ATP pomoću odabranih algoritama). Za isti ATP moguće različite implementacije.

Algoritam

- Pojam algoritma je uveden prvo u matematici, danas se često rabi u računalnim znanostima
- Precizno opisan način rješenja nekog problema
- Jednoznačno određuje što treba napraviti, svaki korak algoritma mora biti nedvosmislena, rigorozno definirana operacija - DEFINITNOST
- Moraju biti definirani početni objekti koji pripadaju nekoj klasi objekata na kojima se obavljaju operacije - ULAZ
- Kao ishod algoritma pojave se završni objekt(i) ili rezultat(i) - IZLAZ
- Konačni broj koraka; svaki korak opisan instrukcijom, daje rezultat u konačnom vremenu i konačnom broju koraka – KONAČNOST
- Mora se moći izvesti samo uz pomoć olovke i papira u konačnom vremenu – EFEKTIVNOST
- Postupak za rješavanje nekog masovnog problema – općenito pitanje na koje je potrebno naći odgovor, a koje ima parametre koji ostaju neodređeni prilikom zadavanja problema
- Specificiranjem svih parametara masovnog problema dobiva se instanca problema
- algoritam rješava masovni problem ako rješava svaku pojedinu instancu problema

Primjer: apstraktni tip podatka Complex

- Scalar – bilo koji tip za koji su definirane operacije zbrajanja i množenja
- Complex – podaci ovog tipa su uređeni parovi podataka tipa Scalar
- ADD(z1, z2, &z3) – računa zbroj z3 za zadane z1 i z2 tipa Complex. z1 = (x1,y1), z2 = (x2,y2), z3 = (x1 + x2, y1 + y2)
- MULT(z1, z2, &z3) – računa umnožak z3 za zadane z1 i z2 tipa Complex. z1 = (x1,y1), z2 = (x2,y2), z3 = (x1*x2 - y1*y2, x1*y2 + y1*x2)
- Struktura podataka za prikaz kompleksnog broja:

```
struct complex  {
        scalar Re;
        scalar Im;
    };
```

- Implementacija ATP complex: definiranje tipa i funkcija oblika

```
void ADD(complex z1, complex z2, complex *z3) {...}
void MULT(complex z1, complex z2, complex *z3) {...}
```

Razvoj algoritma: primjer množenja kompleksnih brojeva

- Za izradu efikasnog i brzog algoritma potrebno je dobro razumijevanje problema koji se rješava i metoda koje se koriste u rješavanju
- Jednostavan primjer množenja kompleksnih brojeva u kojem je potrebno znanje matematike:

1) Algoritam zasnovan na znanju množenja realnih brojeva: množiti svaki element sa svakim, zatim sakupiti zajedno brojeve koji nemaju i imaju "i". Algoritam za to ima mnogo koraka i ispitivanja, spor i kompliciran, a rezultat je jednostavan izraz
2) Algoritam koji direktno koristi definiciju množenja kompleksnih brojeva iz matematike: 4 množenja, 1 zbrajanje, 1 oduzimanje

$$(a + ib)\,(c + id) = (ac - bd) + i\,(ad + bc)$$

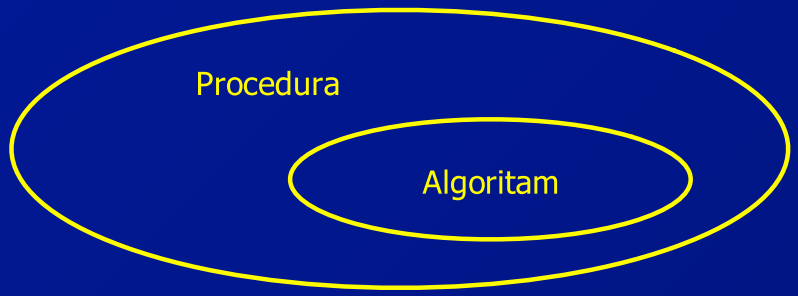
kod većine kompjutera množenje je mnogo sporiji proces od zbrajanja, pa će se krajnji rezultat dobiti brže upotrebom izraza

$$(a + ib)\,(c + id) = (ac - bd) + i\,[(a+b)\,(c+d) - ac - bd]$$

gdje se obavlja 3 množenja, 2 zbrajanja i 3 oduzimanja

Procedura

- Postupak koji ima sva svojstva kao i algoritam, ali ne mora završiti u konačnom broju koraka jest računalna procedura. U jeziku C to može biti `void` funkcija
- Primjeri za proceduru:
  - Operacijski sustav računala
  - Uređivač teksta



- Trajanje izvođenja algoritma mora biti "razumno"
- Primjer:
  - Algoritam koji bi izabirao potez igrača šaha tako da ispita sve moguće posljedice poteza, zahtijevao bi milijarde godina na najbržem zamislivom računalu.
  - Dobar primjer za domaću zadaću?

Algoritmi i programi

- Program - Opis algoritma koji u nekom programskom jeziku jednoznačno određuje što računalo treba napraviti.
- Programiranje - naučiti sintaksu nekog proceduralnog jezika i steći osnovna intuitivna znanja o algoritmizaciji problema opisanog riječima.
- Programiranje: razvijanje struktura podataka i razvijanje algoritama
- Algoritmi + strukture podataka = PROGRAMI
  - kako osmisliti algoritme
  - kako strukturirati podatke
  - kako formulirati algoritme
  - kako verificirati korektnost algoritama
  - kako analizirati algoritme – procjena vremena izvršavanja (broja operacija) algoritma
  - kako provjeriti (testirati) programe
- Postupci izrade algoritama nisu jednoznačni te zahtijevaju i kreativnost. Inače bi već postojali generatori algoritama. Znači da se (za sada?) gradivo ovog predmeta ne može u potpunosti algoritmizirati.
- Koristit će se programski jezik C. Za sažeti opis složenijih algoritama može se koristiti pseudokod.

Elementi od kojih se grade strukture podataka

- Manje cjeline se udružuju u veće i međusobno su vezane
- Uvode se posebni nazivi za cjeline, načine udruživanja i načine povezivanja
- Ćelija (cell): varijabla koju promatramo kao zasebnu cjelinu; svaka ima svoj tip i adresu
- Polje (array): mehanizam udruživanja manjih dijelova strukture u veće. Polje čini više ćelija istog tipa (element polja) pohranjeno na uzastopnim adresama; broj ćelija zadan i nepromjenljiv
- Zapis – slog: mehanizam udruživanja manjih dijelova strukture u veće. Ćelije (komponente zapisa) ne moraju biti istog tipa, ali su pohranjene na uzastopnim adresama. Broj, redoslijed i tip ćelija su zadani i nepromjenljivi.
- Pokazivač (pointer): uspostavlja vezu između dijelova struktura, ćelija koja pokazuje neku drugu ćeliju; njen sadržaj je adresa druge ćelije
- Kursor: uspostavlja vezu između dijelova struktura, ćelija koja pokazuje na element nekog polja

Statičke strukture podataka

- Osnovni tipovi:
  - `char` - znakovni tip (1 By)
  - `int` - cjelobrojni tip (standardno 4 By)
  - `float` - realni tip (4 By)
  - `double` - realni tip u dvostrukoj preciznosti (8 By)

- Razlika između preciznosti (precision) i točnosti (accuracy).
  - Preciznost se iskazuje brojem prvih važećih točnih znamenki, a točnost je bliskost stvarnoj (nepoznatoj) vrijednosti.
  - Za dovoljnu točnost potrebna je adekvatna preciznost, ali preciznost ne implicira automatski točnost jer su iskazane znamenke mogle nastati na temelju npr. pogrešnog mjerenja.

- Prefiksi ili kvalifikatori: odnose se na cijele brojeve. Duljina ovisi o procesoru.
- `short` - smanuje raspon vrijednosti (2 By)
- `long` - eksplicitno definira duljinu od 4 By
- `signed` - dozvoljava pridruživanje pozitivnih i negativnih vrijednosti
- `unsigned` - dozvoljava pridruživanje samo pozitivnih vrijednosti

Memorijske klase

- `memorijska_klasa` utvrđuje postojanost (trajnost) i područje važenja varijabla u memoriji ovisno o mjestu deklaracije u programu.
- Postoje 4 memorijske klase:
  - `auto` automatska (vrijedi lokalno unutar funkcije)
  - `extern` vanjska (vrijedi globalno unutar programa)
  - `static` statička (vrijedi lokalno unutar funkcije ili modula)
  - `register` registarska (vrijedi lokalno unutar funkcije, ali koristi CPU registre)
- Obično se ključna riječ `auto` ne navodi, te su sve lokalne varijable i polja definirani unutar neke funkcije automatske klase. Vanjska klasa ukazuje na varijable i polja koji su globalni (zajednički) za sve funkcije unutar programa i obično se `extern` ne navodi jer položaj izvan funkcije ukazuje na to.
- Statička klasa se koristi onda kada se vrijednost varijable ili članova polja treba zadržati nakon izlaska i ponovnog povratka u neku funkciju.
- U opisu algoritama izbjegavat će se globalne varijable da bi se eksplicitno ukazalo na razmjenu informacija među funkcijama.

Niz znakova, Logička vrijednost

- Niz znakova

  - Numerička vrijednost 0 oznaka je kraja znakovnog niza.

```
char ime_niza[duljina_niza+1];
```

- Logička vrijednost
  - U nekim jezicima postoji poseban tip podataka `LOGICAL`.
  - U C-u se svaki tip podatka može koristiti kao logički.

```
#define TRUE            1
#define FALSE           0
```

Polje

- Polje je podatkovna struktura gdje isto ime dijeli više podataka
- Svi podaci u nekom polju moraju biti istog tipa i iste memorijske klase
- Elementi (članovi) polja se identificiraju indeksom
- Indeks može biti nenegativni cijeli broj (konstanta, varijabla, cjelobrojni izraz)

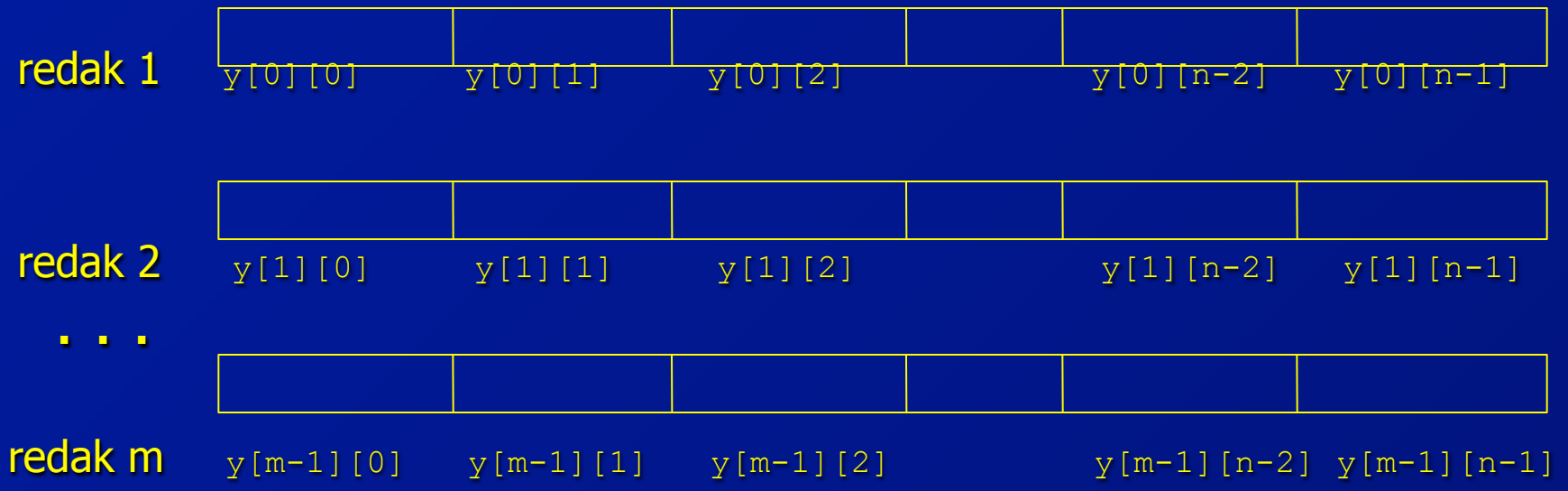
```
x[0]   x[9]   x[n]   x[MAX]   x[n+1] x[k/m+5]
```

- Polje može biti
  - jednodimenzionalno (vektor)

```
#define N 100
float x[N];
```

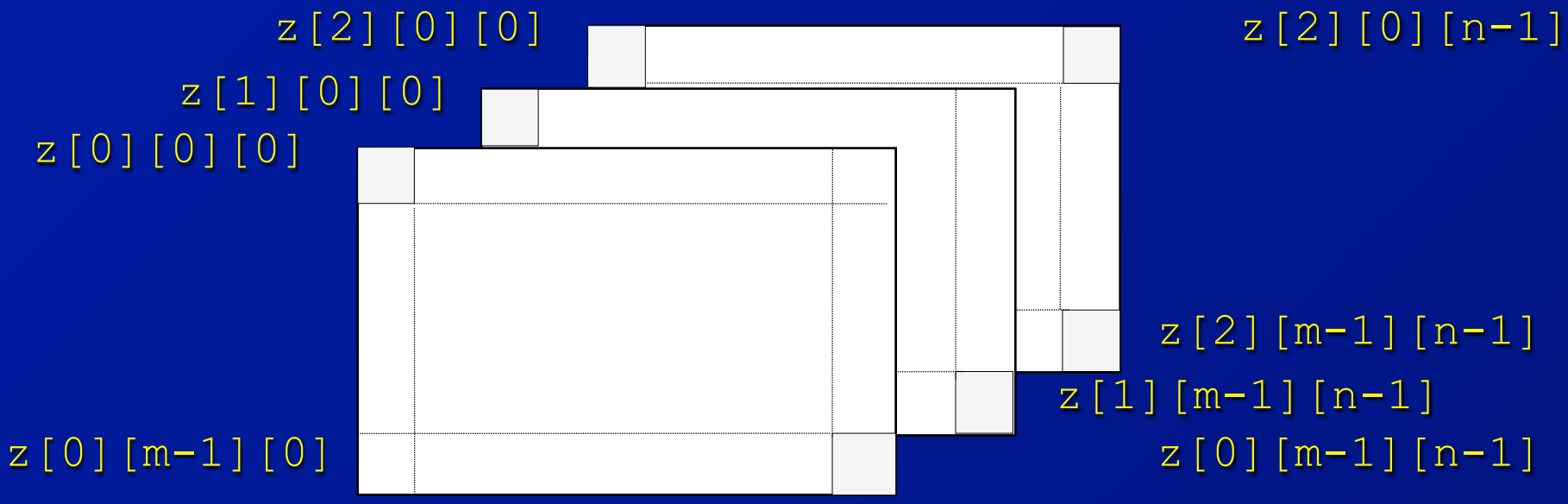
- dvodimenzionalno (matrica, tablica)

```
#define N 100
#define M 50
float y[M][N];
```



- trodimenzionalno i višedimenzionalno

```
# define N 100
# define M 50
float z[3][M][N];
```

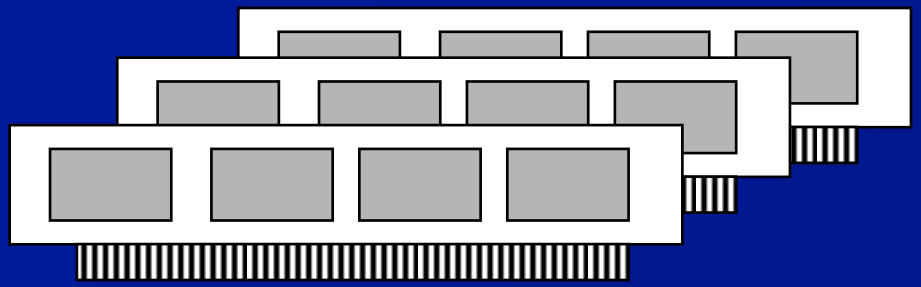


- Opći oblik naredbe za deklaraciju polja:

```
memorijska_klasa tip_podatka polje[izraz1][izraz2]...
```

Pokazivač (Pointer)

Memorija računala:



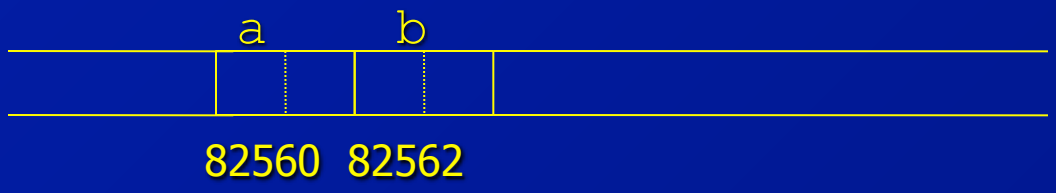
zapravo je kontinuirani niz bajtova:

Svaki bajt ima svoj redni broj: adresu

Varijable i pokazivači

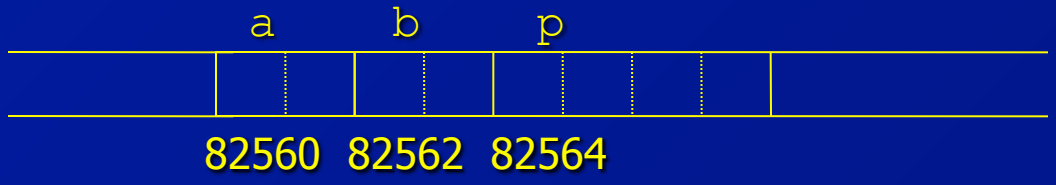
- Deklaracijom varijabli rezervira se prostor u memoriji na slobodnim adresama, npr.:

```
short a, b;
```



- Deklaracijom pokazivača rezervira se prostor u memoriji u duljini 4 bytea kako bi se pohranila bilo koja adresa u adresnom prostoru do 4GB:

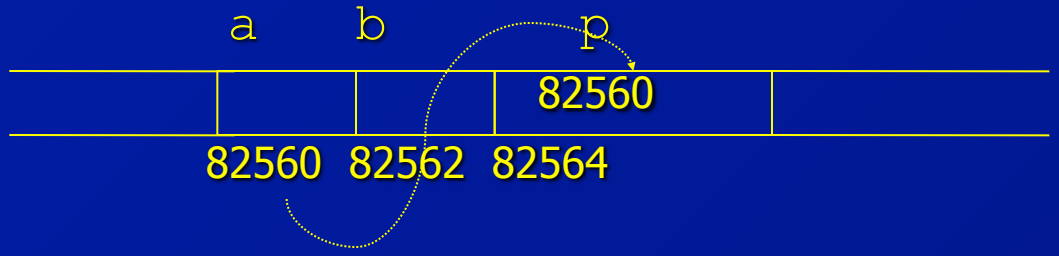
```
short *p;
```



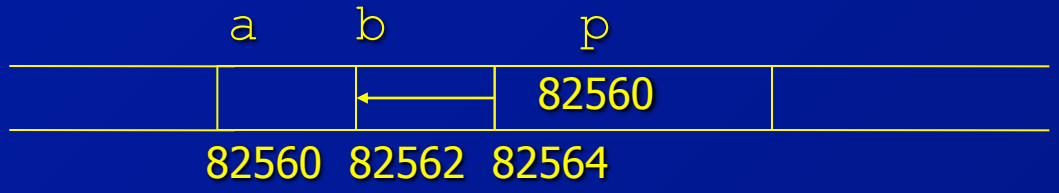
- Važno je primijetiti da deklaracijom niti jednoj od varijabli nije inicijalizirana vrijednost

- Vrijednost pokazivača svakako treba postaviti prije uporabe

```
p = &a;
```

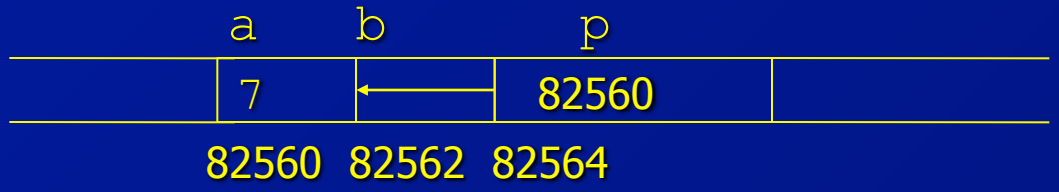


- Ovime je ostvareno pokazivanje pokazivača `p` na varijablu `a`



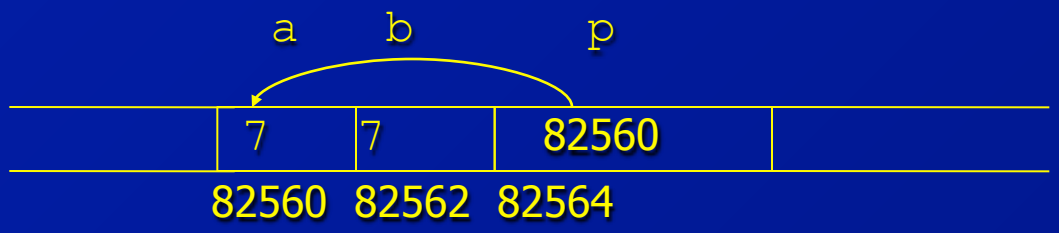
- Sada je moguće indirektno postaviti vrijednost varijable `a`

```
*p = 7;
```



- Indirektno se može i koristiti vrijednost varijable `a`

```
b = *p;
```



- Vrijednost pokazivača može se postaviti i rezervacijom slobodne memorije

```
main () {
  short int *p;
  p = (short int *) malloc (sizeof (short int));
  *p = 7;
}
```

- Valja razlikovati:
  - `p` pokazivač veličine 4 bajta na broj tipa `short int`
  - `*p` broj tipa `short int` veličine 2 bajta. Ne mora postojati!

Aritmetika s pokazivačima

- Aritmetika s pokazivačima podrazumijeva korištenje jedinica koje odgovaraju duljini (By) podatkovne strukture na koju pokazivač pokazuje.
- Uvećanje za 1 pokazivača na strukturu dugačku 4 By znači da se njegova vrijednost uvećava za 4. Ako je struktura dugačka 8 By, uvećanje pokazivača za 1 povećava vrijednost pokazivača za 8 itd.

- Primjer:

(`long` = 4 By, `double` = 8 By)

```
long dugi; double dupli;
long *pdugi; double *pdupli;
pdugi = &dugi;
pdupli = &dupli;
++pdugi;
pdupli = pdupli + 2;
```

Vrijednosti

pdugi	pdupli
?	?
128560	?
128560	128564
128564	128564
128564	**128580**

Polja i pokazivači

```
#include <stdio.h>
main () {
  int x[4] = {1,2,3,4};
  printf ("%d %d\n", *x, *(x+1));
  f (x);
}
void f (int *x) {
  printf ("%d %d\n", *x, x[0]);
  ++x;
  printf ("%d %d %d\n", *x, x[0], *(x-1));
}
```

ili

```
void f (int x[]) {
```

Ispis na zaslonu:

```
1 2
1 1
2 2 1
```

Zapisi (strukture)

- Typedef deklaracija

```
typedef stari_tip novi_tip;
```

npr.

```
typedef unsigned size_t;
typedef int redni_broj;
typedef short logical;
redni_broj i, j;
size_t velicina;
logical da_ne;
```

- Definiranje strukture
  - Strukture podataka čiji se elementi razlikuju po tipu:

```
struct ime_strukture {
    tip_elementa_1  ime_elementa_1;
    tip_elementa_2  ime_elementa_2;
   ...
    tip_elementa_n  ime_elementa_n;
};
```

- Primjer:

```
struct osoba {
  char jmbg[13+1];
  char prezime[40+1];
  char ime[40+1];
  int visina;
  float tezina;
};
```

Ovime nije deklariran konkretan zapis, već je samo definirana struktura zapisa.

Deklaracija konkretnih zapisa:

`struct` ime_strukture zapis1, zapis2, ... , zapisN;

npr.

```
struct osoba o1, o2, zaposleni[500];
```

- Moguće je definiranje statičke podatkovne strukture proizvoljne složenosti jer pojedini element može također biti `struct`:

```
struct student {
   int maticni_broj;
   struct osoba osobni_podaci;
   struct adresa adresa_roditelja;
   struct adresa adresa_u_Zagrebu;
   struct osoba otac;
   struct osoba majka;
};
```

Alternativno, korištenjem naredbe `typedef`:

```
typedef struct {
   char jmbg[13+1];
   char prezime[40+1];
   char ime[40+1];
   int visina;
   float tezina;
} osoba;
osoba o1, o2, zaposleni[500];
```

```
typedef struct {
  int maticni_broj;
  osoba osobni_podaci;
  adresa adresa_roditelja;
  adresa adresa_u_Zagrebu;
  osoba otac;
  osoba majka;
} student;
```

- Referenciranje elemenata zapisa

```
zapis.element = vrijednost;
vrijednost = zapis.element;
```

npr:

```
student pero;
pero.majka.tezina = 92.5;
```

- Pokazivač na strukturu

  `struct osoba *p;`

  `*p` - zapis o osobi

  `p` - adresa zapisa o osobi

  - Referenciranje na element strukture preko pokazivača

  `p->prezime` ili `(*p).prezime`

Procedure

- Programi se sastoje od procedura. Prva pozvana procedura je glavni program. Kad glavni program završi, slijedi povratak u operacijski sustav. Inače, povratak iz procedure je uvijek na onu proceduru koja ju je pozvala. Uobičajena je podjela na funkcije (function) koje imaju od nula do više ulaznih argumenata i vraćaju jedan rezultat, te na općenite potprograme (subroutine) koje rezultat predaju argumentima.

- U jeziku C sve procedure su funkcije koje daju rezultat nekog od tipova podataka, ali mogu mijenjati i vrijednost argumenata.

- Posebni slučajevi:
  - Glavni program: `main`
  - Potprogram koji u imenu ne vraća vrijednost: `void`

Razmjena podataka između funkcija

- globalne varijable
- argumenti navedeni u zagradi, prenose se vrijednosti (call by value)
- za prijenos vrijednosti u pozivajuću funkciju koriste se kod poziva funkcije kao argumenti adrese, a u definiciji funkcije argumenti su pokazivači (call by reference).
- Ako funkcija mora predati rezultat preko argumenata, nužno se koristi call by reference.

- Ulazno-izlazne operacije:
- Za slijedno čitanje/pisanje preko standardnih ulazno-izlaznih jedinica koristit će se odgovarajuće C funkcije ili naredbe pseudokoda:
  - ulaz (lista adresa argumenata)
  - izlaz (lista argumenata)
- Kod čitanja je dakle nužan call by reference, dok kod ispisa može poslužiti i call by value.

Operacije u programskom jeziku C

- Operacija izjednačavanja: =
- Aritmetičke operacije : +, -, *, /, %
- Operatori za skraćeno pisanje nekih aritmetičkih izjednačavanja:

  i++; ili ++i ; odgovara i = i + 1;

  i--; ili --i; odgovara i = i – 1;

  x = a * b++ odgovara x = a * b ; b = b + 1;

  x = --i * (a + b) odgovara i = i – 1 ; x = i * (a + b);

  i += 10; odgovara i = i + 10; i -= 10; odgovara i = i – 10;

  i*= 10; odgovara i = i * 10; i /= 10; odgovara i = i / 10;

  Operator pretvorbe tipa (cast) : primjer

```
type1  i;
type2  j;
j = sqrt ( (type2) i);
```

- Uspoređivanje: ==, >, <, >=, <=, !=
- Logički operatori: &&, ||, !

Elementi izrade programa

- Normalan programski slijed
  naredba_1
  naredba_2
  naredba_3
  ...
- Bezuvjetni skok

Pseudokod:	C:
idi na oznaka_naredbe	`goto` oznaka_naredbe;

- Grananje
  - S: Oznaka za jednu ili više naredbi, odnosno programski odsječak
  - Uvjetno obavljanje naredbi (jednostrana selekcija)

Pseudokod:	C:

ako je (*logički_izraz*) onda
  | S
	`if (`*logički_izraz*`) {`
	  S;
	`}`

- Grananje (dvostrana selekcija)

Pseudokod:

```
ako je (logički_izraz) onda
        | S_1
inače
        | S_2
```

C:

```
if (logički_izraz)
{
  S_1;
} else {
  S_2;
}
```

- Višestruko grananje (višestrana selekcija)

Pseudokod:

```
ako je (logički_izraz_1) onda
        | S_1
inače ako je (logički_izraz_2) onda
        | S_2
inače ako je (logički_izraz_3) onda
        | S_3
                ...
inače
        | S_0
```

C:

```
if (logički_izraz_1)
{  S_1;
} else if (logički_izraz_2) {
  S_2;
} else if (logički_izraz_3) {
  S_3;
...
} else {
  S_0;
}
```

- Skretnica

Pseudokod:

```
skretnica (vrijednost)
slučaj C1
        | S_1

slučaj C2
        | S_2

...
slučaj Cn
        | S_n

inače
        | S_n+1
```

C:

```
switch(cjelobrojna vrijednost){
case C1:
        S_1;
        break;
case C2:
        S_2;
        break;
...
case Cn:
        S_n;
        break;
default:
        S_nplus1;
    }
```

- Ostvariti skretnicu naredbom `if - else`.

```
if (vr == C1) {
  S1;
} else if (vr == C2) {
  S2;
}
  ...
} else if (vr == Cn) {
  Sn;
} else {
  S_nplus1;
}
```

- Ako se iz skretnice izbace naredbe `break`, obavljaju se slijedno sve naredbe iza one gdje je prvi put zadovoljeno: `vr == Ci`

- Skretnica bez `break` korištenjem naredbe `if`.

```
nadjen = 0;
if (vr == C1) {
  S1;
  nadjen = 1;
}
if (vr == C2 || nadjen) {
  S2;
  nadjen = 1;
}
  ...
if (vr == Cn || nadjen) {
  Sn;
}
S_nplus1;
```

- Programska petlja
  - Petlja s ispitivanjem uvjeta ponavljanja na početku

Pseudokod:
dok je *(logički_izraz)* činiti
  | S

C:
```
while (logički_izraz) {
    S;
}
```

  - Petlja s ispitivanjem uvjeta ponavljanja na kraju
    - U nekim programskim jezicima postoji oblik: `REPEAT...UNTIL`

Pseudokod:
ponavljati
  | S
do (*logički_izraz*)

C:
```
do {
    S;
} while(!logički_izraz)
```

    - Standardna petlja u C-u:

Pseudokod:
ponavljati
  | S
dok je *(logički_izraz)*

C:
```
do {
    S;
} while (logički_izraz);
```

- Petlja s poznatim brojem ponavljanja

  Pseudokod: C:

  za i := poc do kraj (korak k) činiti `for(i=poc;i<=kraj;i=i+k){`

  | S S; }

  - Primjer: Realizacija istog odsječka petljom `while`:

```
i = poc;
while (i <= kraj) {
  S;    // niz naredbi koje ne mijenjaju vrijednost za i
  i += k;
}
```

  ili općenitije:

```
i = poc;
while ((i - kraj) * k <= 0) {
  S;    // niz naredbi koje ne mijenjaju vrijednost za i
  i += k;
}
```

- Skok iz petlje

Pseudokod:	C:
izađi iz petlje	`break;`
skoči na kraj petlje	`continue;`

- Beskonačna petlja

Pseudokod:	C:
ponavljaj	`while(1) {`
|S	S;
zauvijek	`}`

  - U algoritmima ovakva petlja nije dopuštena jer je u suprotnosti sa zahtjevom da postupak bude konačan.

- U tijelu petlje mora postojati barem jednom ispitivanje uvjeta za izlazak iz petlje:

```
while(1) {
   S1;
   if (logički_izraz) break;
   S2;
            ...
}
```

ili

```
while(1) {
   S1;
   if (logički_izraz) goto oznaka_naredbe;
   S2;
            ...
}
```

- Naredbu `goto` treba izbjegavati ako je ikako moguće kako bi svaka programska cjelina (npr. petlja) imala samo jedan ulaz i jedan mogući izlaz, čime se smanjuje mogućnost pogreške i olakšava testiranje programa

Pisanje strukturiranih programa

- Osnovni naputci
  - specifikacija ulaznih i izlaznih varijabli (u C je to obavezno)
  - definicija lokalnih varijabli
  - tok programa prema dolje, osim petlji i neizbježne goto naredbe
  - poravnati naredbe iste razine za povećanje čitkosti
  - dokumentacija kratka i smislena
  - koristiti potprograme gdje je to moguće
- Izbor vrste petlje
  - Primjer: Čitati članove nekog skupa nenegativnih brojeva sve dok njihova suma ne premaši neki predviđeni iznos `n`.

```
y = 0;
do {
   ulaz(&x);
   y += x;
} while (y <= n);
```

```
y = 0;
while (y <= n){
     ulaz(&x);
     y += x;}
```

Programi nisu funkcionalno identični jer u prvom slučaju se uvijek obavlja barem jedno čitanje, pa program ispravno radi samo za $n \geq 0$. U drugom slučaju, ako je $n<0$, smatra se da je bez čitanja ijednog podatka postupak završen.

- Primjer: Pročitati `n` vrijednosti i obraditi ih procedurom `PROCES`. Korištenjem petlje `while`:

```
i = 0;
while (i < n) {
        ulaz(&x);
        PROCES(x);
        i++;
}
```

S obzirom da je unaprijed poznat broj ponavljanja, primjerenije je koristiti petlju s poznatim brojem ponavljanja:

```
for (i = 0; i < n; i++) {
        ulaz(&x);
        PROCES(x);
}
```

Ne radi se samo o manjem broju naredbi, nego se smanjuje i mogućnost pogreške u pisanju programa.

- Primjer: Treba pročitati i obraditi skup podataka sve dok ne naiđe oznaka kraja podataka (EOF). Realizacija petljom while:

```
ulaz(&x);
while (x != EOF) {
        PROCES(x);
        ulaz(&x);
}
```

Treba dakle pročitati prvi podatak, obrađuje ga se samo ako postoji, a nakon obrade čita se sljedeći podatak koji se obradi u idućem prolasku kroz petlju.

Bolje je rješenje skokom iz petlje:

```
while (1) {
        ulaz(&x);
        if (x == EOF) break;
        PROCES(x);
}
```

Ne narušava se željeni princip da iz jednog programskog bloka postoji samo jedan izlaz.

- Ako ima dva kriterija za završetak petlje: kraj podataka ili da rezultat procedure `PROCES`, pohranjen u varijabli `y` bude nula:

```
do {
        ulaz(&x);
        if (x == EOF) break;
        PROCES(x, &y);
} while (y != 0);
if (x != EOF) {
        ...
} else {
  ...
}
```

  Na izlasku iz programskog segmenta ne zna se zbog čega je petlja završila pa se to mora ispitivati.

- Korištenje naredbe `case`
  - Uvijek se može uporabiti elementarnija naredba `if-else`. Naredba `case` je u prednosti kad ima mnogo ravnopravnih grananja.

Kraj

- Zasad...

Rješavanje problema metodom postepenog profinjavanja