

### Programarea Calculatoarelor

# Cursul 10: Tipurile de date structură, uniune și enumerare. Nume simbolice pentru tipuri de date

Ion Giosan

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca Departamentul Calculatoare



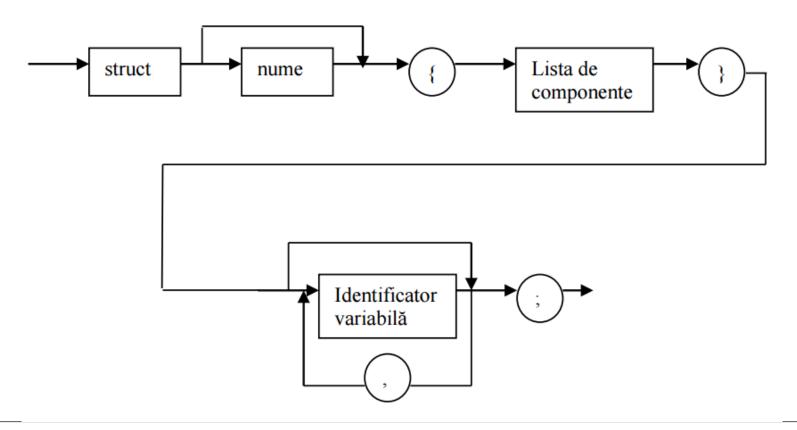
#### Structuri

- Sunt colecții de componente (variabile) înrudite și agregate sub un singur nume
- Pot conţine componente (variabile) având diferite tipuri de date
- Similare cu tipul de date record din limbajul PASCAL
- Frecvent utilizate pentru definirea de înregistrări care urmează a fi stocate în fișiere
- Combinate cu pointeri pot genera liste înlănţuite, stive, cozi, arbori, etc.
- Tipul de date structură poate fi declarat atât
  - Local cu vizibilitate doar în acea funcție
  - Global cu vizibilitate în toate funcțiile



#### Definiția unei structuri

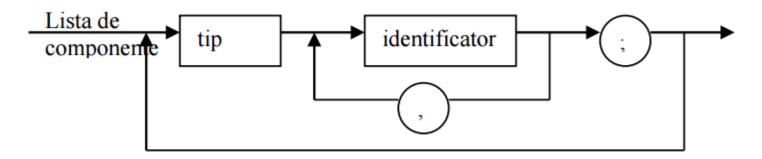
• În această definiție **nume** și **identificator variabilă** nu pot lipsi simultan:



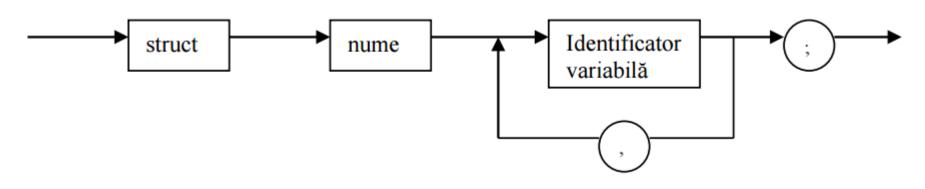


### Lista de componente și variabile de tip structură

 Lista de componente poate conţine unul sau mai mulţi identificatori:



• O variabilă de tipul structurii se declară astfel:





#### Structuri - exemple

Structura student cu variabile declarate (trei studenți)

```
struct student
{
   int numarmatricol;
   char nume[25];
   char CNP[14];
   float nota;
} a, b, c;
```

Structura student și variabile declarate ulterior (trei studenți)

```
struct student
{
   int numarmatricol;
   char nume[25];
   char CNP[14];
   float nota;
};
struct student a, b, c;
student a, b, c; // In limbajul C++ poate lipsi cuvantul struct
```



#### Structuri - exemple

Structură fără nume și trei variabile declarate

```
struct
{
   int numarmatricol;
   char nume[25];
   char CNP[14];
   float nota;
} a, b, c;
```

- Observație: ulterior nu se mai pot declara alte variabile de tipul structurii
- Definirea unei structuri nu ocupă memorie ci doar creează un tip nou de date
  - Variabilele declarate de tipul structurii respective ocupă memorie
  - Dimensiunea memoriei ocupată de o astfel de variabilă este aproximativ suma dimensiunilor de memorie ocupată de fiecare componentă
    - Zona de memorie ocupată este în final aliniată (se introduc, dacă este necesar, octeți de umplutură – padding bytes) pentru a facilita accesul la date



#### Structuri

 O structură nu poate conține o componentă de tipul structurii înseși (definire recurentă)

```
struct student {
  int numarmatricol;
  char nume[25];
  char CNP[14];
  float nota;
  struct student s; // definire recurenta - nu este permisa!
};
```

 O structură poate conține o componentă care este pointer de tipul structurii înseși

```
struct student {
  int numarmatricol;
  char nume[25];
  char CNP[14];
  float nota;
  struct student *s; // pointer de tipul structurii
};
```



#### Structuri

- Definirea de structuri recursive prin intermediul pointerilor la structura însăși
  - · Liste dinamice, arbori, etc.
  - Exemplu de structură de arbore binar de studenți



#### Operații permise cu structuri

- Asignarea unei variabile structură la o altă variabilă structură de același tip
- Obţinerea adresei unei variabile structură (&)
- Accesul la componentele (membrii) unei structuri
  - Calificare (operatorul .)
  - Utilizând dereferențierea pointerilor și calificare (operatorul ->)
- Utilizarea operatorului sizeof pentru determinarea dimensiunii unei structuri
- Iniţializarea componentelor unei variabile structură este similară cu iniţializarea tablourilor
  - Membrii variabilelor globale sunt inițializați cu zero
  - Membrii variabilelor locale automate sunt neinițializați
- În C, ca și orice alt argument, trimiterea structurilor ca și argumente la apelul funcțiilor se face prin valoare



### Operații permise cu structuri - exemplu

```
struct student {
        int numarmatricol;
        char nume[25];
        char CNP[14];
        float nota:
    } a:
struct student b;
struct student c={14526, "Popescu Alin", "1960314121785", 7.58f};
printf("%d %d\n", sizeof(b), sizeof(struct student)); //48 48
b=c;
a.numarmatricol=13154;
strcpy(a.nume, "Ionescu Emil");
strcpy(a.CNP, "1951201011143");
a.nota=5.54f;
struct student *pa=&a;
pa->nota=9.82f;
printf("%d %s %s %.2f\n",a.numarmatricol,a.nume,pa->CNP,(*pa).nota);
                               // 13154 Ionescu Emil 1951201011143 9.82
```



### Memorarea componentelor unei variabile structură

- Componentele unei variabile de tipul unei structuri sunt alocate în memorie una după cealaltă
  - Sunt inserați, dacă sunt necesari, octeți de umplutură (*padding bytes*) pentru alinierea datelor în memorie
- Little-endian definește ordinea de memorare a octeților unei valori: octetul mai puțin semnificativ este memorat primul, ..., octetul cel mai semnificativ este memorat ultimul

```
• Exemplu de structură:

struct student {
    int numarmatricol;
    char nume[25];
    char CNP[14];
    float nota;
} x;

48 octeți: nota(4) umplutură(1) CNP(13...0) nume(24...0) numarmatricol(4)
```



# Structuri cu câmpuri pe biți (bit fields) (1)

- Câmp pe biţi
  - Membru al unei structuri, a cărui dimensiune este clar specificată, în număr de biţi, ca şi constantă întreagă după numele câmpului şi caracterul :
  - Ajută la economisirea memoriei utilizate; trebuie să fie de tip întreg cu sau fără semn; nu pot fi accesați biții individual
- Exemplu de variabilă de structură cu trei câmpuri pe biți

```
struct data {
    unsigned int zi:5;
    unsigned int luna:4;
    int an:14;
};

umplutură an luna zi
32 biţi:
```

- Dimensiunea memoriei ocupate de câmpuri este de 5+4+14=23 biţi, însă sizeof (struct data) este 4 octeţi (32 de biţi) din motive de aliniere a datelor în memorie (9 biţi de umplutură)
- Observație: dacă toate cele trei câmpuri ar fi fost declarate de tip int sau unsigned int atunci sizeof (struct data) ar fi fost 12 octeți (96 de biți)



# Structuri cu câmpuri pe biți (bit fields) (2)

- Câmpuri pe biţi fără nume
  - Utilizați ca biți de umplutură (padding bits) în structură
  - Nu se poate stoca nimic în acești biți de umplutură
- Exemplu de variabilă de structură cu două câmpuri pe biţi și alţi biţi de umplutură

```
struct bfn {
    unsigned int a:13;
    unsigned int :5; // biţi de umplutură
    int b:1;
}

Adresa de memorie creşte
    umplutură
    b umplutură
    a

32 biţi:
```

 Dimensiunea memoriei ocupate de câmpuri este 13+5+1=19 biţi, însă sizeof (struct bfn) este 4 octeţi (32 de biţi) din motive de aliniere a datelor în memorie (13 biţi de umplutură)



# Structuri cu câmpuri pe biţi (bit fields) (3)

- Câmpuri pe biți fără nume și dimensiune zero
  - Aliniază conținutul curent de biți din structură (prin inserarea de biți de umplutură) pentru ca următorul câmp să înceapă într-o nouă unitate de memorie
  - Exemplu de variabilă de structură cu următoarele câmpuri

```
struct bfnzero {
    unsigned int a:13;
    int b:27;
    unsigned int :0; //inserează biți de umplutură
    int c:17;
    unsigned char d:2;
    char :0; // inserează biți de umplutură
    char e:3;
};
Adresa de memorie crește
```

3 octeți 1 octet 4 octeți 4 octeți 4 octeți 4 octeți

128 biţi:

umplutură(21) e(3) umplutură(6) d(2) umplutură(15) c(17) umplutură(5) b(27) umplutură(19) a(13)

 Dimensiunea totală a memoriei ocupate de câmpurile utile este 62 de biţi, însă sizeof (struct bfnzero) este 16 octeţi (128 de biţi) din motive de aliniere a datelor în memorie (biţi de umplutură)



# Structuri cu câmpuri pe biți (bit fields) (4)

- Structuri care conțin atât câmpuri obișnuite cât și câmpuri pe biți
  - Orice câmp obișnuit este aliniat automat la începutul unei noi unități de memorie (prin inserarea înainte a biților de umplutură)
  - Exemplu de variabilă de structură cu următoarele câmpuri

```
struct mixta {
   unsigned int a:5;
   char b;
   unsigned char c:7;
   unsigned int d:2;
   double e;
   unsigned char f:2; };
```

Adresa de memorie crește

	8 octeți	8 octeți	4 octeți	2 octeți	1 octet	1 octet
192 biţi:	umplutură(62) f(2)	e(64)	umplutură(30) d(2)	umplutură(9) c(7)	b(8)	umplutură(3) a(5)

- Dimensiunea totală a memoriei ocupate de câmpurile utile este 88 biţi, însă sizeof (struct mixta) este 24 octeţi (192 de biţi) din motive de aliniere a datelor în memorie (biţi de umplutură)
- Observaţie: s-ar putea economisi memorie prin rearanjarea câmpurilor în structură



# Structuri cu câmpuri pe biţi (bit fields) (5)

- Structuri care conțin atât câmpuri obișnuite cât și câmpuri pe biți
  - Exemplul anterior cu câmpurile rearanjate

```
struct mixta {
             unsigned char c:7;
             unsigned char f:2;
             char b:
             unsigned int d:2;
             unsigned int a:5;
             double e;
         };
                                                      Adresa de memorie creşte
                                                                    1 octet
       8 octeti
                                            1 octet
                                                     1 octet
                    4 octeti
                                   1 octet
128 biti:
                                                  umplutură(6) f(2) umplutură(1) c(7)
         e(64) umplutură(25) a(5) d(2) umplutură(8)
                                             b(8)
```

- În această configurație sizeof (struct mixta) este 16 octeți (128 de biți) din motive de aliniere a datelor în memorie (biți de umplutură)
- S-a economisit memorie!



# Structuri cu câmpuri pe biți (*bit fields*) (6)

- Accesul la câmpurile pe biţi este analog ca şi la câmpurile obişnuite
  - Singura diferență constă în faptul că nu se poate accesa adresa unui câmp pe biți
    - Este imposibil întrucât cea mai mică unitate de memorie accesibilă este octetul
    - Asignarea de valori se va face prin intermediul altei variabile

#### Exemplu

```
struct mixta v;
/* scanf("%d", &v.d); => eroare de compilare */
int x;
scanf("%d", &x);
v.d = x;
```



- O uniune este o zonă de memorie care poate conţine o varietate de componente la momente diferite de timp
- Conţine numai o singură componentă (membru) la un anumit moment
- Membrii unei uniuni partajează aceeași zonă de memorie
- Ajută la economisirea spațiului de memorie utilizat
- Poate fi accesat numai ultimul membru scris în acea uniune
- Zona de memorie rezervată are dimensiunea componentei care necesită cea mai multă memorie pentru reprezentare
- Definire la fel ca și o structură, dar folosind union
- Operațiile permise cu structuri sunt permise și cu uniuni
  - Excepţie: la iniţializarea unei uniuni doar primul membru poate fi iniţializat



#### Uniuni - exemplu

Adresa variabilei uniune *n*. Primul octet

```
union heterogen {
                                                           Primul octet
                                    Little-
      int x;
                                    endian
      double y;
      char z[14];
                                                 Adresa de memorie crește
                           16 octeți: 12 octeți (inițializați cu 0)
                                                              4 octeti
      m;
union heterogen n=\{0x41424344\}; 0x0 0x0 \dots 0x0 0x41 0x42 0x43 0x44
printf("%d %d\n", sizeof(n), sizeof(union heterogen)); //16 16
printf("%x %d\n",n.x,n.x); //41424344 1094861636
char *pc=(char*)&n;
printf("%c%c%c%c\n", *pc, *(pc+1), *(pc+2), *(pc+3), *(pc+4)); //DCBA
printf("%s\n",n.z); //DCBA
m=n;
union heterogen *pm=&m;
pm->y=7.50;
strcpy(pm->z,"student");
printf("%d %f %s\n",m.x,(*pm).y,pm->z); //1685419123 0.000000 student
```



#### **Enumerări**

- O enumerare conţine un set de constante întregi reprezentate prin identificatori
- Permite folosirea unor nume sugestive pentru valori numerice
- Constantele sunt asemănătoare constantelor simbolice şi au valori setate automat
  - Valorile încep implicit de la 0 şi sunt incrementate cu 1
  - Se pot seta valori explicite prin asignare cu operatorul =
  - Numele constantelor trebuie să fie unice
- Variabilele de tip enumerare își pot asuma doar una din valorile constante din set
  - Nu se poate garanta că reprezentarea pe tipul întreg a unei variabile de tipul enumerare poate fi folosită pentru a stoca alt întreg

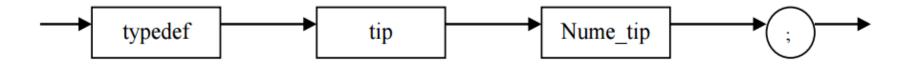


#### Enumerări - exemplu



### Nume simbolice pentru tipuri de date

- Atribuie un nume simbolic unui tip predefinit sau unui tip utilizator
- Un nume de tip se defineşte utilizând cuvântul cheie typedef



- În cazul tipurilor de date structură, uniune și enumerare
  - Definirea unui nume de tip face ca specificarea cuvântului rezervat struct, union sau respectiv enum să nu mai fie necesară la declararea unei noi variabile



### Nume simbolice pentru tipuri de date - exemplu

```
typedef int intreg;
typedef enum {false,true} boolean;
typedef struct {
    double real;
    double imag;
} complex;
intreg i=20;
complex k[2];
k[0].real=5.245;
k[0].imag=6.51;
k[1]=k[0];
boolean d;
d=(i>k[0].real+k[1].imag)?true:false;
printf("%d\n",d); //1
```