

Programarea Calculatoarelor

Cursul 7: Pointeri (II).
Pointeri la pointeri.
Alocarea dinamică a memoriei.
Tablouri alocate dinamic.
Pointeri la funcții

Ion Giosan

Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca Departamentul Calculatoare



Pointeri la pointeri

```
char ch = 'z'; // un caracter
char *pch; // un pointer la caracter
char **ppch; // un pointer la un pointer la caracter
pch = &ch; ppch = &pch;

0028FF04
pch
pch
pch
pch
ch
```

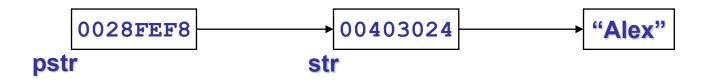
```
printf("%p %p %c",ppch,pch,ch); // 0028FF04 0028FF0B z
```

Pointer-ul de tip char * poate referi

- un singur caracter
- primul caracter dintr-un şir de caractere terminat prin caracterul '\0' (un string)



Pointer la string



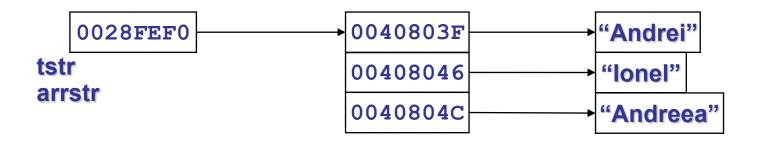
```
char *str="Alex";
char **pstr=&str;
printf("%p %p %s",pstr,str,str); // 0028FEF8 00403024 Alex
printf("%c%c",str[0],str[3]); // Ax
```

Pointer-ul de tip char ** poate referi

- un singur string
- primul string dintr-un tablou de string-uri



Tablouri de *string-uri*





Pointeri utilizați în string-uri

- Un string nu este altceva decât o zonă de memorie ocupată cu un şir de caractere (un caracter pe un octet) terminată cu un octet de valoare zero (caracterul '\0')
- O variabilă care reprezintă un string nu este altceva decât un pointer la primul octet
- Un string nu poate conține o înșiruire de caractere '\0', întrucât un astfel de caracter reprezintă finalul unui string
- Nu se poate copia conţinutul un string într-un alt string utilizând operatorul de atribuire =
 - Acesta copiază pointerul nu şi conţinutul!
 - Pentru a crea un *string* duplicat trebuie folosite funcții de procesare specifice
- Nu uitați de dimensiunea alocată pentru un string și nici că acesta trebuie să fie terminat cu un octet zero
 - Altfel se poate ca programul să acceseze caractere aflate în memorie în afara spațiului alocat string-ului



Pointeri utilizați în string-uri

```
char s1[] = \{'I', 'm', 'i', 'n', 'e', 'n', 't', '\setminus 0'\};
// echivalent cu:
char s1[] = "Iminent";
char * s2 = s1; // refera acelasi string
printf("%p %s %p %s",s1,s1,s2,s2);
    // 0028FF08 Iminent 0028FF08 Iminent
s2[0]='E';
printf("%s %s",s1,s2); // Eminent Eminent
s2[7]='a';
printf("%s", s1); // Eminenta.......
    /* afisarea caracterelor continua cu valori din
       memorie pana la intalnirea unui octet zero
        sau pana cand memoria poate fi accesata! */
```



Pointeri utilizați în *string*-uri

```
char s3[100] = "Iminent"; // aloca 100 de caractere!
char *s4 = s3; // refera acelasi string
s3[0]='E';
s3[7]='a';
s4[8]='\0'; // se scrie caracterul '\0'
// echivalent cu:
s4[8]=0; // se scrie octetul zero pe ultima pozitie
printf("%s",s3); // Eminenta
```



Pointeri - rezumat

- Un pointer reține o referință către o zonă de memorie
 - În acea zonă de memorie este stocat ceva folositor
- Operația de dereferențiere aplicată unui pointer permite accesul la zona de memorie referită
 - Dereferenţierea este permisă numai după ce pointer-ului i-a fost asignată o referinţă validă
 - Pot apărea erori serioase dacă se dereferențiază un pointer căruia nu i-a fost asignată o referință validă
- Prin alocarea unui pointer nu i asignează automat o referință, acesta fiind de obicei neinițializat
- Atribuirea unui pointer la alt pointer face ca ambii să refere aceeași zonă de memorie
 - Are loc partajarea aceleiași informații prin intermediul lor



Alocarea/dezalocarea memoriei

- Variabilele globale şi statice sunt alocate şi trăiesc până la terminarea execuției programului
- Variabilele locale (automate) sunt alocate pe stivă și sunt distruse în momentul părăsirii funcției în care au fost alocate
- Heap-ul este o zonă predefinită de memorie (de dimensiuni foarte mari) care poate fi accesată de program pentru a stoca date şi variabile
- Datele şi variabilele pot fi alocate pe heap prin apeluri speciale de funcţii din biblioteca stdlib.h: malloc, calloc, realloc
- Zonele de memorie pot să fie dezalocate, la cerere, prin apelul funcției free
 - Este recomandat ca memoria să fie eliberată în momentul în care datele/variabilele respective nu mai sunt de interes!



Avantajele/dezavatajele heap-ului

Avantaje

- Durata de viață
 - Programatorul controlează exact momentele când are loc alocarea şi dezalocarea memoriei
 - Este posibilă alocarea unei structuri de date în memorie și chiar returnarea adresei ei de către o funcție în locul unde aceasta este apelată
- Dimensiuni
 - Dimensiunea memoriei alocate poate fi controlată în timpul execuţiei. De exemplu un string poate fi alocat astfel încât să aibă dimensiunea identică cu a altui string specific și cunoscut doar în timpul execuţiei programului

Dezavantaje

- Mai mult de lucru
 - Alocarea memoriei trebuie să fie făcută explicit în codul scris
- Mai multe bug-uri
 - Neatenția la alocarea dimensiunilor zonelor respective de memorie
- Memoria pe stivă este limitată dar întotdeauna este alocată corect



Funcții pentru alocarea memoriei

- Cererea pentru alocarea unui bloc continuu de memorie pe heap:
- Prototipul funcției malloc

```
void* malloc(size_t size);
```

- Funcția malloc returnează un pointer valid către blocul alocat pe heap sau pointer la NULL dacă cererea nu poate fi îndeplinită
- Tipul size_t al parametrului formal este de fapt un tip unsigned long, iar size reprezintă dimensiunea blocului de memorie alocat, exprimată în octeți
- Se încearcă astfel alocarea unui bloc de memorie continuu de size octeți
- Tipul void* returnat de către funcție face obligatorie utilizarea unei conversii de tip atunci când respectivul pointer trebuie memorat într-un pointer de un tip obișnuit



Funcții pentru alocarea memoriei

- Cererea pentru alocarea unui bloc continuu de memorie format din mai multe elemente, inițializate cu octeți de zero, pe heap:
- Prototipul funcției calloc

```
void* calloc(size_t num, size_t size);
```

- Funcția calloc returnează un pointer valid către blocul alocat pe heap sau NULL dacă cererea nu poate fi îndeplinită
- Tipul size_t al parametrului formal este de fapt un tip unsigned long, iar num reprezintă numărul de elemente și size dimensiunea unui element exprimată în octeți
- Se încearcă astfel alocarea unui bloc de memorie continuu de num*size octeți, toți inițializați cu zero
- Tipul void* returnat de către funcție face obligatorie utilizarea unei conversii de tip atunci când respectivul pointer trebuie memorat într-un pointer de un tip obișnuit



Funcții pentru alocarea memoriei

- Cererea pentru redimensionarea (creşterea/scăderea dimensiunii) unui bloc de memorie deja alocat
- Prototipul funcției realloc

```
void* realloc(void* block, size_t size);
```

- Funcția realloc returnează un pointer valid către noul bloc re-alocat pe heap sau pointer la NULL dacă cererea nu poate fi îndeplinită
- Parametrul formal block este un pointer de tip void către vechiul bloc de memorie existent
- Tipul size_t al parametrului formal este de fapt un tip unsigned long, iar size reprezintă dimensiunea noului bloc de memorie ce trebuie re-alocat, exprimată în octeți
- Se încearcă astfel re-alocarea blocului de memorie continuu având size octeti
- Tipul void* returnat de către funcție face obligatorie utilizarea unei conversii de tip atunci când noul pointer trebuie memorat într-un pointer de un tip obișnuit



Funcții pentru alocarea/dezalocarea memoriei

- Dezalocarea memoriei alocate pe heap cu ajutorul funcțiilor malloc, calloc, realloc:
- Prototipul funcției free

```
void free(void* block);
```

- Funcția **free** primește ca și argument un pointer de tip **void** către blocul de memorie valid, alocat pe *heap*, care a fost anterior alocat
- Funcția dezalocă zona respectivă de memorie, marcând-o ca fiind disponibilă pentru a putea fi ulterior realocată (refolosită)
- După apelul funcției free programul nu trebuie să mai acceseze nici măcar un octet din blocul care a fost dezalocat sau să prespună ca acesta mai este încă valid!
- Un bloc de memorie nu trebuie eliberat de mai multe ori!



Exemplu: Alocarea/dezalocarea memoriei

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
void afiseaza(float *s, int nr)
   printf("Sirul de valori:\n");
    for (int i=0; i<nr; i++)
        printf("%g ",s[i]);
   printf("\n");
void citeste elemente(float *s, int nr, int poz) {
   printf("Se vor citi %d valori:\n",nr);
    for (int i=0; i<nr; i++) {
        printf("Valoare[%d]=",poz+i);
        scanf("%f",s+poz+i);
```



Exemplu: Alocarea/dezalocarea memoriei

```
int main() {
    int n;
    printf("Numarul de elemente al sirului: ");
    scanf ("%d", &n);
    float *a = (float*)calloc(n, sizeof(float));
    if (a==NULL) {
        printf("Nu s-a putut aloca memorie!");
        exit(1);
    citeste elemente (a, n/2, 0);
    afiseaza(a,n);
   printf("Noul numar de elemente al sirului: ");
    int *r=(int*)malloc(sizeof(int));
    scanf("%d",r);
```



Exemplu: Alocarea/dezalocarea memoriei

```
printf("Adresa blocului initial: %p\n",a);
float *ra = (float*)realloc(a,(*r)*sizeof(float));
if (ra==NULL) {
    printf("Nu s-a putut re-aloca memorie!");
    free(a);
    exit(2);
a=ra;
printf("Adresa blocului realocat: %p\n",a);
citeste elemente(a, 1, *r-1);
afiseaza(a,*r);
free(a);
free(r);
return 0;
```

CHARGE TO THE PROPERTY OF THE

Exemplu: Alocarea/dezalocarea memoriei

Exemplu de execuție a programului:

```
Numarul de elemente al sirului: 6
Se vor citi 3 valori:
Valoare[0]=5.42
Valoare[1]=9.547
Valoare[2]=-1.41
Sirul de valori:
5.42 9.547 -1.41 0 0 0
Noul numar de elemente al sirului: 9
Adresa blocului initial: 00361560
Adresa blocului realocat: 00361560
Se vor citi 1 valori:
Valoare[8]=7.14
Sirul de valori:
5.42 9.547 -1.41 0 0 0 4.23518e-022 2.61062e-042 7.14
```



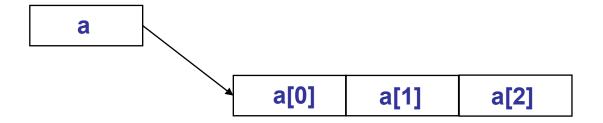
Alocarea dinamică a tablourilor unidimensionale

Alocare pe stivă

```
int a[3];
```

Alocare dinamică (pe heap)

```
int *a=(int*)malloc(3*sizeof(int));
```



În ambele situații a este pointer la primul element din șir (are valoarea adresei primului element din șir)



```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
void init(int n, int *x) {
    for (int i=0; i< n; i++)
        x[i]=i*i; // acces indexat la elementele tabloului
void afiseaza(int n, int *x) {
    for (int i=0; i< n; i++)
        printf("%d ", *(x+i)); // folosind operatii cu pointeri
    printf("\n");
int * aloca prin return(int n) {
    int *x = (int*)malloc(n*sizeof(int));
    return x; // returneaza adresa unui tablou alocat dinamic
void aloca in parametru(int n, int **x) {
    *x = (int*)malloc(n*sizeof(int));
 // aloca prin intermediul parametrului formal
```

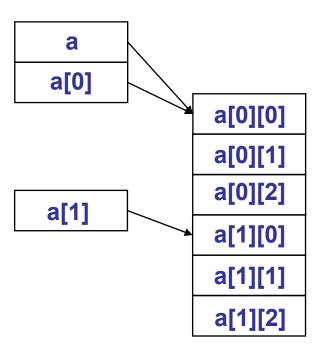


```
int main() {
 int nr=6;
 int a[nr]; //tablou alocat pe stiva
 int *b = (int*)malloc(nr*sizeof(int)); // tablou alocat dinamic
 int *c = aloca prin return(nr); // tablou alocat dinamic
 int *d; //tablou alocat dinamic ulterior
 aloca in parametru(nr, &d);
 int * p[4]={a,b,c,d}; // sir de 4 pointeri la int (4 tablouri)
 printf("%d %d %d\n", sizeof(a), sizeof(b), sizeof(p)); // 24 4 16
 for (int i=0; i<4; i++) {
      init(nr, p[i]);
     afiseaza(nr, p[i]); // 0 1 4 9 16 25
 free(b); free(c); free(d);
 return 0;
```



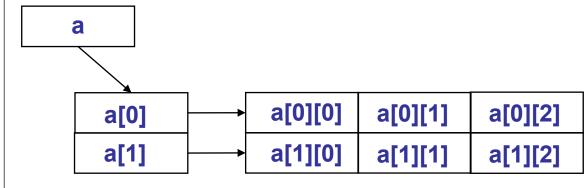
Alocare pe stivă

```
int a[2][3];
```



Alocare dinamică (pe heap)

```
int **a=(int**)malloc(2*sizeof(int*));
for (int i=0;i<2;i++)
   a[i]=(int*)malloc(3*sizeof(int));</pre>
```





```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
void init tablou(int r, int c, int x[r][c]) {
    for (int i=0;i<r;i++)</pre>
        for (int j=0; j<c; j++)
             x[i][j]=i+j; // acces indexat la elemente
}// functia nu poate manipula un tablou alocat dinamic!
void afiseaza tablou(int r, int c, int x[r][c]) {
    // afisare sub forma unei matrici
    for (int i=0;i<r;i++) {</pre>
        for (int j=0; j<c; j++)
            printf("%d ", x[i][j]); // acces indexat la elemente
        printf("\n");
    printf("\n");
  // functia nu poate manipula un tablou alocat dinamic!
```



```
void init(int r, int c, int **x)
    for (int i=0;i<r;i++)</pre>
        for (int j=0; j<c; j++)
            *(*(x+i)+j)=i+j; // acces cu operatii cu pointeri
} // functia nu poate manipula un tablou nealocat dinamic!
void afiseaza(int r, int c, int **x)
    // afisare sub forma unei matrici
    for (int i=0;i<r;i++) {</pre>
      for (int j=0; j<c; j++)
        printf("%d ", *(*(x+i)+j)); // acces cu operatii cu pointeri
      printf("\n");
    printf("\n");
} // functia nu poate manipula un tablou nealocat dinamic!
```



```
int ** aloca prin return(int r, int c) {
    int **x = (int**)malloc(r*sizeof(int*));
     for (int i=0;i<r;i++)</pre>
        x[i]=(int*)malloc(c*sizeof(int));
    return x; // returneaza adresa unui tablou alocat dinamic
void aloca in parametru(int r, int c, int ***x) {
    *x = (int**)malloc(r*sizeof(int*));
     for (int i=0;i<r;i++)</pre>
        (*x)[i]=(int*)malloc(c*sizeof(int));
} // aloca prin intermediul parametrului formal
void dezaloca(int r, int **x)
    for (int i=0;i<r;i++)
        free(x[i]); // dezaloca fiecare linie
    free(x); // dezaloca sirul de pointeri la linii
```



```
int main() {
   int m=3; int n=2;
   int a[m][n]; //tablou alocat pe stiva; matrice cu m linii, n coloane
   int **b = (int**)malloc(m*sizeof(int*));//tablou alocat dinamic, mai
                                    // intai sirul de pointeri la linii
   for (int i=0; i < m; i++)
       b[i]=(int*)malloc(n*sizeof(int)); // alocarea fiecarei linii
   int **c = aloca prin return(m, n); // tablou alocat dinamic
    int **d; // tablou alocat dinamic ulterior
   aloca in parametru (m, n, &d);
   init tablou(m, n, a);
   afiseaza tablou(m, n, a);
    int ** p[3]={b,c,d}; // sir de 3 matrici alocate dinamic
   printf("%d %d %d\n\n", sizeof(a), sizeof(b), sizeof(p)); // 24 4 12
    for (int i=0; i<3; i++) {
                                             // 0 1
        init(m, n, p[i]);
                                             // 1 2
        afiseaza(m, n, p[i]);
   dezaloca(m, b); dezaloca(m, c); dezaloca(m, d);
   return 0;
```



Pointeri la funcții

Declararea unui pointer la o funcție

```
tip_returnat (*nume_functie)();
```

- O astfel de funcție trebuie apelată cu atenție deoarece limbajul C nu verifică dacă s-au trimis argumente corespunzătoare!
- Exemple



Pointeri la funcții

 Confuzia pointerilor la funcții cu funcții care returnează pointeri

 Spaţiul alb poate fi rearanjat. Următoarele două declaraţii sunt echivalente

```
int *f4();
int* f4();
```



Pointeri la funcții

- Un pointer la o funcție
 - Conține adresa acelei funcții
 - Este similar cu numele unui tablou care reprezintă adresa primului element din tablou
 - Numele unei funcții este adresa de început a secțiunii de cod care definește funcția
- Pointerii la funcții pot fi
 - Asignați la alți pointeri la funcții
 - Trimiși ca argumente la apelul funcțiilor
 - Memorați în tablouri
- Apelul unei funcții prin intermediul unui pointer
 - Se poate face și fără a dereferenția pointer-ul
 - Se poate face și cu dereferențierea pointer-ului
 - De obicei pentru a sublinia faptul că se face apelul unei funcții prin intermediul unui pointer



Pointeri la funcții - exemplu

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
double diferenta(int x, int y) {
    return x-y;
double media(int x, int y) {
    return (x+y)/2.0;
int main()
   double (*pf)(int,int); //Pointer la o functie
   double (*tpf[2]) (int,int); //Tablou de pointeri la functii
   pf=diferenta; tpf[0]=pf;
   printf("%p\n", tpf); //0028ff04
   printf("%p %g\n", pf, tpf[0](17,8)); //0040135D 9
   pf=media; tpf[1]=pf;
   printf("%p %g\n", pf, tpf[1](17,8)); //00401377 12.5
   return 0:
```



Pointeri la funcții ca parametri la alte funcții

• O funcție f definită astfel

```
tip_f f(lista_parametri_formali_f)
```

poate fi trimisă la apelul unei funcții g definită astfel

prin apelul

```
g(..., f, ...);
```

 Observație: numele unei funcții reprezintă un pointer la acea funcție



Pointeri la funcții ca parametri la alte funcții - exemplu

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
double diferenta(int x, int y) {
    return x-y;
double media(int x, int y) {
    return (x+y)/2.0;
double calcul(int a, int b, double (*f)(int,int))
    return f(a,b);
int main()
    double x = calcul(10, 1, media);
    double y = calcul(10,1,diferenta);
    printf("%g %g", x, y); // 5.5 9
    return 0;
```