

Pointeri

6 noiembrie 2003

Variabile și adrese

În limbajul C, orice variabilă are o *adresă*: o valoare numerică; indică locul din memorie unde e memorată valoarea variabilei

Operatorul prefix & dă adresa operandului: `&x` e adresa variabilei `x`
Operandul: orice poate folosit pe partea stângă a unei atribuiri (variabilă, element de tablou, funcție; NU pentru expresii oarecare)

O adresă poate fi tipărită (în hexazecimal) cu formatul `%p` în `printf`

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

```
double d; int a[10]; /* variabile globale */
```

```
int main(void)
```

```
{
```

```
    int k;                /* variabilă locală */
```

```
    printf("Adresa lui d: %p\n", &d); /* de ex. 0x80496c0 */
```

```
    printf("Adresa lui a[0]: %p\n", &a[0]); /* 0x80496e0 */
```

```
    printf("Adresa lui a[5]: %p\n", &a[5]); /* 0x80496f4 */
```

```
    printf("Adresa lui k: %p\n", &k);      /* 0xbffff8e4 */
```

```
} /* Obs &a[5] - &a[0] == 5 * sizeof(int) (poziții consecutive) */
```

Tipuri pointer. Declarare. Indirectare

Orice expresie în C are un tip \Rightarrow la fel și expresiile adresă.

OBS: Dacă variabila x are tipul tip , $\&x$ are tipul $tip *$

$int\ x;$ \Rightarrow $\&x$ are tipul $int *$, adică pointer la int (adresă de int)

$char\ c;$ \Rightarrow $\&c$ are tipul $char *$, (pointer la $char$, adresă de $char$)

\Rightarrow există tipuri de adresă diferite pentru fiecare tip de date

\Rightarrow putem *declara* variabile de aceste tipuri (pointeri):

$tip * nume_var;$ $nume_var$ e pointer la (adresă pt.) o valoare de tip
pointer = o variabilă care conține *adresa* altei variabile

Operatorul prefix $*$ dă obiectul $*p$ de la adresa dată de operandul p

Operand: pointer. Rezultat: *referință* la obiectul indicat de pointer

\Rightarrow operator de *indirectare* (dereferențiere, referire indirectă prin adresă)

OBS: Dacă pointerul p are tipul $tip *$, $*p$ are tipul tip

Sintaxa declarației (aceeași dar citită în două feluri) sugerează folosirea:

$char* p;$ p e o variabilă de tipul $char *$ (adresă de $char$)

$char *p;$ $*p$ (obiectul de la adresa p) are tipul $char$

Operatorii de adresă și dereferențiere

Pointerii au adrese, ca orice variabile:

pt. `int *p`; adresa `&p` are tipul `int **`

`int ** pp = &p`; \Rightarrow `pp` are tipul `int **`,

adică adresa unei adrese de `int`

dar putem citi `int* *pp` sau `int **pp`

deci `*pp` are tipul `int *` (adresă de `int`)

și `**pp` are tipul `int` (val. de la adr. `*pp`)

Variabilă	Valoare	Adresă
<code>int x=5;</code>	5	0x408
	...	
<code>int *p=&x;</code>	0x408	0x51C
	...	
<code>int **pp=&p;</code>	0x51C	0x9D0

Înainte de folosire, un pointer trebuie *inițializat*, de ex. cu adresa unei variabile de tipul potrivit: `int x, *p, **pp; p = &x; pp = &p;`

○ *referință* `*p` poate fi folosită *la stânga sau la dreapta unei atribuiri* (în cazul de mai sus, `*p` se folosește absolut la fel (sinonim) cu `x`)

`int x, y, z, *p; p = &x; z = *p; /* z = x */ *p = y; /* x = y */`

OBS: Operatorii adresă `&` și de indirectare `*` sunt *unul inversul celuilalt*:

`*&x` este chiar `x`, pentru orice obiect (variabilă) `x`

`&*p` are valoarea `p`, pentru orice variabilă pointer `p`

(dar `p` e o *variabilă* și poate fi atribuită; `&*p` e o *expresie* și nu poate)

Utilizarea *oricărei* variabile neinițializate e o eroare logică în program !
{ int x; printf("%d", x); } /* cât e x ?? valoare la întâmplare! */

Pointerii trebuie inițializați, ca orice variabile !

- cu adresa unei variabile (sau cu alt pointer inițializat deja)
- cu o adresă de memorie alocată dinamic (vom discuta ulterior)

EROARE: *tip *p; *p = valoare;* p este *neinițializat!!* (eventual nul)
⇒ valoarea va fi scrisă la o adresă de memorie necunoscută (evtl. nulă)
⇒ coruperea memoriei, rezultate eronate sau imprevizibile, terminarea forțată a programului (sub sisteme de operare cu memorie protejată)

NULL definit în `stddef.h` ca `(void *)0`: nu e o adresă validă
⇒ folosit (la inițializări, sau returnat) ca valoare de pointer invalid

OBS: pointerii au valori numerice, dar nu sunt același lucru ca întregii.
⇒ Nu converțiți între pointer și `int` (e dependent de implementare).

OBS: Un prim test al corectitudinii programului: *verificarea de tipuri*
Verificați că expresiile au tipuri corespunzătoare (ex. la atribuire)
⇒ valabil și pentru pointeri (nu confundați `p` cu `*p`, etc.)

Pointeri ca argumente/rezultate de funcții

Permit **modificarea valorii unei variabile** prin transmiterea adresei ei
– o variabilă se poate modifica prin indirectarea unui pointer către ea
– nu se modifică *adresa* (transmisă tot prin valoare) ci *conținutul* ei

```
void swap (int *pa, int *pb) /* schimbă val. de la adr. pa și pb */  
{  
    int tmp; /* variabilă auxiliară necesară pentru interschimbare */  
    tmp = *pa; *pa = *pb; *pb = tmp; /* trei atribuiri de întregi */  
} /* în funcție s-a lucrat cu conținutul de la adresele pa și pb */
```

Ex.: `int x = 3, y = 5; swap(&x, &y); /* acum x = 5 și y = 3 */`

OBS: Nu se poate obține efectul cu `void swap(int m, int n);`

(ar schimba valorile transmise în corpul funcției, fără efect în afară)

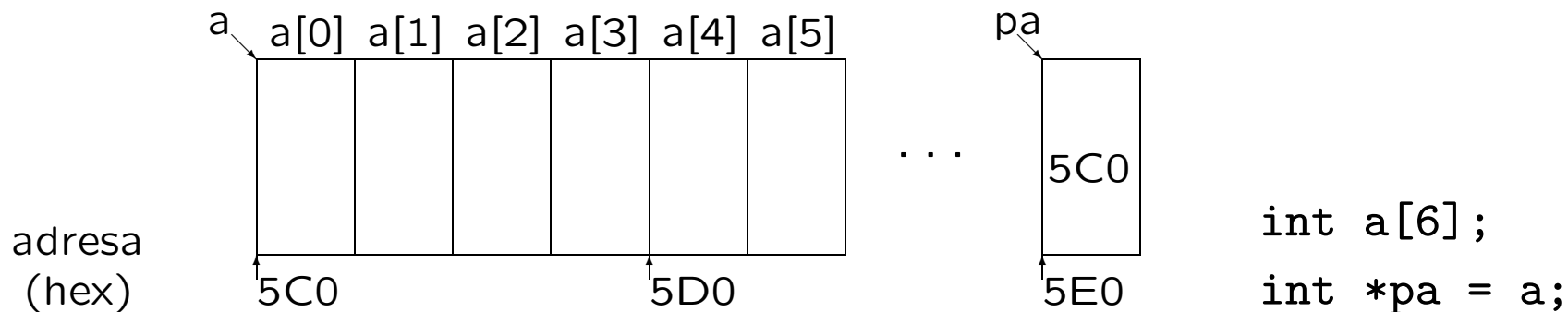
Folosire: când limbajul nu permite transmiterea prin valoare (*tablouri*)
sau ar fi ineficientă (structuri mari) ⇒ transmitem *adresa* variabilei

Tablouri și pointeri

În limbajul C noțiunile de *pointer* și *nume de tablou* sunt asemănătoare.
 Declararea unui tablou alocă un bloc de memorie pt. elementele sale
 ⇒ *numele tabloului e adresa* blocului respectiv (= a primului element)
 ⇒ pentru tabloul tip `a[LEN]`; numele `a` e o *constantă* de tipul tip `*
 &a[0]` e echivalent cu `a` (adresa tabloului e adresa primului element)
`a[0]` e echivalent cu `*a` (obiectul de la adresa `a` e primul element)

Dacă declarăm tip `*pa;` putem atribui `pa = a;`

Diferența: adresa `a` e o *constantă* (tabloul e alocat la o adresă fixă)
 ⇒ nu putem atribui `a = adresă`, dar putem atribui `pa = adresă`
`pa` e o *variabilă* ⇒ ocupă spațiu de memorie și are o adresă `&pa`



Tablouri și pointeri (continuare)

În declarații de funcții, se pot folosi oricare din variante:

```
size_t strlen(char s[]);   sau   size_t strlen(char *s);
```

(de fapt, compilatorul convertește prima variantă în a doua)

size_t: tip pt. dimensiuni pozitive din `stddef.h` (ca și `unsigned` sau `unsigned long`)

⇒ nu se transmit tablouri (bloc de memorie) la funcții, ci adresele lor

Fie `char t[21]`; Compilatorul consideră `&t` ca fiind `t`

⇒ s-ar putea scrie și `scanf("%20s", &t)` în loc de `scanf("%20s", t)`

se recomandă totuși prima variantă, pentru uniformitate cu cazul:

```
char *p; p = s; scanf("%20s", p)  /* aici e incorect &p ! */
```

Diferență între tablouri și pointeri:

```
sizeof t == 21*(sizeof char)   diferit de   sizeof p == sizeof(char *)
```

Atenție! Verificați corespondența tipurilor în expresii.

Ex. `char m[5][80]`; `char *p`; `p` și `m` nu au același tip, dar `p` și `m[2]` au !

O variabilă v de un anumit tip ocupă $\text{sizeof}(\text{tip})$ octeți
 $\Rightarrow \&v + 1$ reprezintă adresa la care s-ar putea memora următoarea variabilă de același tip (adresa cu $\text{sizeof}(\text{tip})$ mai mare decât $\&v$).

1. *Adunarea* unui întreg la un pointer: poate fi parcurs un tablou
 $a + i$ e echivalent cu $\&a[i]$ iar $*(a + i)$ e echivalent cu $a[i]$

```
char *endptr(char *s) { /* returnează pointer la sfârșitul lui s */  
    char *p = s; /* sau: char *p; p = s; */  
    while (*p) p++; /* adică la poziția marcată cu '\0' */  
    return p;  
}
```

2. *Diferența*: doar între doi pointeri *de același tip* tip *p, *q;
= numărul (trunchiat) de obiecte de tip care încap între cele 2 adrese
– diferența numerică în octeți: se convertesc ambii pointeri la char *
$$p - q == ((\text{char } *)p - (\text{char } *)q) / \text{sizeof}(\text{tip})$$

Nu sunt definite nici un fel de alte operații aritmetice pentru pointeri !
Se pot însă efectua operații logice de comparație (==, !=, <, etc.)

```
size_t strlen(const char *s) { /* lungimea șirului s */
    char *p = s;
    while (*p) p++;          /* până întâlnește '\0' */
    return p - s;           /* '\0' nu e numărat */
}

char *strcpy(char *dest, const char *src) { /* dest <- src */
    char *p = dest;
    while (*p++ = *src++); /* copiază până întâlnește '\0' */
    return dest;          /* returnează dest prin convenție */
}

char *strcat(char *dest, const char *src) /* concat. src la dest */
{
    return strcpy(dest + strlen(dest), src);
}

int strcmp (const char *s1, const char *s2) { /* compară */
    while (*s1 == *s2 && *s1) { s1++; s2++; } /* egale dar nu '\0' */
    return *s1 - *s2; /* < 0 pt. s1<s2, > 0 pt. s1>s2, 0 pt. egal */
}
```

Funcții cu șiruri de caractere (cont.)

```
char *strncpy(char *dest, const char *src, size_t n) {
    char *p = dest; /* copiază cel mult n caractere */
    while (n-- && *p++ = *src++);
    return dest;
}

int strncmp (const char *s1, const char *s2, size_t n) {
    if (n == 0) return 0;          /* compară pe lungime cel mult n */
    while (--n && *s1 == *s2 && *s1) { s1++; s2++; }
    return *s1 - *s2; /* < 0 pt. s1<s2, > 0 pt. s1>s2, 0 pt. egal */
}

char *strchr(const char *s, int c) { /* caută primul c în s */
    do if (*s == c) return s; while (*s++);
    return NULL;          /* dacă nu a fost găsit */
}

void *memset(void *s, int c, size_t n); /* setează n octeți cu c */
void *memcpy(void *dest, const void *src, size_t n);
void *memmove(void *dest, const void *src, size_t n);
/* copiază n octeți; ultima variantă și pentru zone suprapuse */
```

Pointeri și tablouri multidimensionale

Fie declarația `tip a[DIM1][DIM2];` Elementul `a[i][j]` este al `j`-lea element din tabloul de `DIM2` elemente `a[i]` și are adresa

$$\&a[i][j] == (\text{tip } *) (a + i) + j == (\text{tip } *) a + \text{DIM2} * i + j$$

⇒ pentru compilarea expresiei `a[i][j]` e necesară cunoașterea lui `DIM2`
⇒ în declarația unei funcții cu parametri tablou trebuie precizate toate dimensiunile în afară de prima (irelevantă): `void f(int m[][5]);`

Pointeri și șiruri

Declarațiile `char s[] = "sir";` și `char *s = "sir";` sunt diferite!

- prima rezervă spațiu doar pt. șirul "sir", iar adresa `s` e o constantă
- a doua rezervă spațiu și pentru pointerul `s`, care poate fi reatribuit

`char s[12][4]={"ian",..., "dec"};` și `char *s[12]={"ian",..., "dec"};`
primul e un tablou 2-D de caractere, al doilea e un tablou de pointeri

Argumentele liniei de comandă

Limbajul C permite accesul la parametrii argumentele) cu care programul e rulat din linia de comandă (ex. opțiuni, nume de fișiere) De asemenea, permite returnarea de program a unui cod întreg (folosit uzual pentru a semnala succes sau o condiție de eroare)

```
#include <stdio.h>
int main(int argc, char *argv[]) {
    int i;

    printf("Numele programului: %s\n", argv[0]);
    if (argc == 1) printf("Program apelat fără parametri\n");
    else for (i = 1; i < argc; i++)
        printf("Parametrul %d: %s\n", i, argv[i]);
    return 0; /* codul returnat de program */
}
```

- argv[0] e numele programului, deci întotdeauna argc >= 1
- argv[1], etc.: parametrii, așa cum au fost separați de spații

Pointeri la funcții

Adresa unei funcții se poate obține, memora, și utiliza pentru a o apela.

pentru o funcție `tip_rez fct (tip1, ..., tipn);`

adresa are tipul `tip_rez (*pfct) (tip1, ..., tipn);`

se poate atribui `pfct = fct;` (numele funcției reprezintă adresa ei)

Atenție la sintaxă:

`int *fct(void);` declară o funcție ce returnează pointer la întreg

`int (*fct)(void);` declară un pointer la o funcție ce returnează întreg

Exemplu de utilizare: parametrizarea unei alte funcții

Algoritmul *quicksort*, declarat (în `stdio.h`) ca funcție cu parametrii:

– adresa tabloului de sortat, numărul și dimensiunea elementelor

– adresa funcției care compară 2 elemente (returnează `<`, `=` sau `>` 0)

efectuarea comparării depinde de tip: întreg, șir, definit de utilizator

`void qsort(void *base, size_t num, size_t size, int (*compar)(void *, void *));`

– folosește argumente `void *` fiind compatibile cu pointeri la orice tip

Utilizarea pointerilor la funcții (cont.)

- pentru tabele de rutine, apelate în funcție de un indice
- exemplu: meniu cu apelare de funcții în funcție de tasta apăsată

```
void help(void); void menu(void); /*...*/ void quit(void);  
void (*funtab)[10](void) = { help, menu, ....., quit };
```

```
void do_cmd(void)  
{  
    int k = getchar() - '0';  
    if (k >= 0 && k <= 9) funtab[k]();  
}
```

Sintaxa pointerilor de funcții e complicată \Rightarrow e util să declarăm un tip:

```
typedef void (*funptr)(void); /* pointer la funcție void */  
funptr funtab[10]; /* tabloul de pointeri de funcție */
```

Alocarea dinamică

Până acum am atribuit la pointeri doar adrese de variabile *existente* și am declarat *static* doar variabile de dimensiuni cunoscute la compilare. Discutăm: funcții de gestiune *dinamică* a memoriei (stdlib.h):
alocarea memoriei după necesități stabilite la *rularea* programului

```
void *malloc(size_t size); /* alocă size octeți */
void *calloc(size_t num, size_t size); /* num*size oct. init. 0 */
/* m/calloc returnează NULL la eroare (ex. mem. insuficientă) */
void *realloc(void *ptr, size_t size); /* modifică dimensiunea,
    poate muta blocul, dar păstrează conținutul memoriei */
void free(void *ptr); /* eliberează mem. alocată cu c/malloc */
```

```
int i, n, *t;
printf("Nr. de elemente ?"); scanf("%d", &n);
if ((t = malloc(n * sizeof(int))) != NULL)
    for (i = 0; i < n; i++) scanf("%d", &t[i]);
```


Să se citească un șir de numere, terminat cu zero și să se sorteze.

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define NUM 100 /* alocăm pt. 100 de numere odată */
typedef int (*cmpptr)(const void *, const void *);
int cmp(int *p, int *q) { return *p - *q; } /* pt. sortare */
void main(void) {
    int i = 0, n = 0, *t = NULL; /* contor, total, tablou */
    do { /* alocă câte NUM întregi, inițial și când e nevoie */
        if (i == n) { n += NUM; t = realloc(t, n*sizeof(int)); }
        scanf("%d", &t[i]); /* realloc(NULL,sz) e ca și malloc(sz) */
    } while (t[i++]);
    qsort(t, i, sizeof(int), (cmpptr)cmp); /* sortează */
    for (n = 0; n < i; n++) printf("%d ", t[n]);
    free(t);
}
```