Programarea calculatoarelor

Pointeri

Marius Minea

22 aprilie 2008

Pointeri: recapitulare

O variabilă `x` de tipul *tip* are o *adresă* `&x` de tipul *tip* `*`
Variabila `x` ocupă `sizeof(x)` (sau: `sizeof(`*tip*`)`) octeți pornind de la `&x`
Adresele sunt nenule. Valoarea `NULL` (adresă 0) indică o adresă invalidă.

În *tip* `t[5];` numele `t` e *adresa* tabloului (elem. `[0]`) și are tipul *tip* `*`

Funcțiile au ca parametri nu conținutul tabloului, ci *adresa* tabloului.
`void f(`*tip* `t[8]);` e la fel ca `void f(`*tip* `t[])` și ca `void f(`*tip* `*t);`

Funcția care primește adresa unei variabile o poate *modifica* (și citi).
Ex: `scanf` (atribuie valori citite de la intrare), funcții cu tablouri
(modifică *conținutul* tabloului, dar nu *adresa*, transmisă prin *valoare*!)

O *constantă șir de caractere* `"sir"` are tipul `char *`
Valoarea constantei `"sir"` este *adresa* de memorie unde se află șirul.

ATENȚIE Nu putem compara un `char` (`'a'`) cu un șir (adresă) `"a"` !
Comparăm șiruri cu `str(n)cmp`, nu cu `==` (compară *adrese*, nu conținut)

Pointerii sunt variabile normale: au tip, valoare, loc în memorie, adresă,
pot fi declarați, atribuiți, tipăriți, dați parametri, au operații specifice.

Declararea pointerilor. Adrese. Dereferențiere

Pointer = o variabilă care conține *adresa* altei variabile

Declararea pointerilor

tip `*`*nume_var*`;` `// `*nume_var* `e pointer la o valoare de` *tip*

Operatorul adresă `&` operator prefix

– operand: o variabilă (ex. `x`); rezultat: *adresa* variabilei `&x`

– folosit doar pt. *variabile* (și elem. tablou), nu constante, expresii, etc.

– se poate atribui unui pointer la acel tip: `int x; int *p; p = &x;`

Operatorul de dereferențiere (indirectare) `*` operator prefix

– operand: pointer; rezultat: *obiectul* (variabila) indicat de pointer

– `*p` e un *lvalue*, poate fi folosit la stânga unei atribuiri, ca și variabilele sau elem. tablou; (orice *expresie* poate fi la dreapta lui =)

– dacă `p` e `&x`, atunci `*p` e obiectul de la adresa `p` (a lui `x`), deci `x`

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

Operatorul `*` e *inversul* lui `&`: `*&x` e chiar `x` (obiectul de la adresa lui x)

`&*p` e `p` (`p`: pointer cu valoare validă): adresa obiectului de la adresa `p`

Declarații și referințe: observații

Putem citi declarația *tip* * *p*;

tip * `p;` `p` are tipul *tip* *

tip `*p;` `*p` e un caracter

```
char **s; // adresă de adr.de char
char *t[8]; // tab.de 8 adr.de char
```

Variabilă	Valoare	Adresă
`int x = 5;`	5	0x408
	...	
`int *p=&x;`	0x408	0x51C
	...	
`int **pp=&p;`	0x51C	0x9D0

ATENȚIE O *declarație* cu *inițializare* NU este o *atribuire* !

`int x = 5;` e la fel cu `int x; x = 5;`

`int t[2] = { 3, 5 };` dar ~~`t[2] = {3, 5 }`~~ NU are sens!

`int x, *p = &x;` este `int x; int *p = &x;` sau `int x; int *p; p = &x;`
(e inițializat/atribuit `p`, NU `*p`). ~~`p = x`~~ e incorect ca tip!

`char *p = "sir";` e `char *p; p = "sir";` dar ~~`*p = "sir;"`~~ e greșit!

`*` și `&` au *precedența* mai ridicată decât operatorii aritmetici:

```
y = *px + 1; // cu 1 mai mult decât valoarea indicată de px */
```

dar `*px++` dă valoarea indicată de `px`, și incrementează pointerul `px`
(nu valoarea), pentru că `++` și `*` se evaluează de la dreapta la stânga !

Eroarea cea mai frecventă: absența inițializării

Folosirea *oricărei variabile neinițializate* e o *eroare logică* în program !

```
{ int sum; for (i=0; i++ < 10; ) sum += a[i]; /* dar iniţial? */ }
```

⇒ în cel mai bun caz, o comportare aleatoare

Pointerii, ca orice variabile trebuie inițializați!

– cu *adresa* unei variabile (sau cu alt pointer inițializat deja)

– cu o adresă de memorie *alocată dinamic* (vom discuta ulterior)

EROARE: *tip* `*p; *p =` *ceva*`;` *EROARE*: `char *p; scanf("%s", p);`

– p este *neinițializat* (eventual nul, dacă e variabilă globală)

⇒ valoarea va fi scrisă la o *adresă de memorie necunoscută* (evtl. nulă)

⇒ memorie coruptă, vulnerabilități de securitate, rulare abandonată

ATENȚIE: un pointer nu este un întreg. Greșit: ~~`int *p = 640;`~~ !

Doar compilatorul/sistemul de operare poate alege adresele, nu noi!

Pointeri ca argumente/rezultate de funcţii

Având adresa `p` a unei variabile îi putem *modifica valoarea*: `*p = ...`
funcţia care primeşte adresa unei variabile poate modifica valoarea ei
ex. `scanf` primeţe *adrese*, completează *conţinutul* cu valorile citite
dar parametrii sunt transmişi *tot prin valoare*: adresa nu se modifică

```
void swap (int *pa, int *pb) {  // schimba valorile de la 2 adrese
  int tmp;  // variabila temporara pentru valoarea schimbata prima
  tmp = *pa; *pa = *pb; *pb = tmp;   // trei atribuiri de intregi
}
```

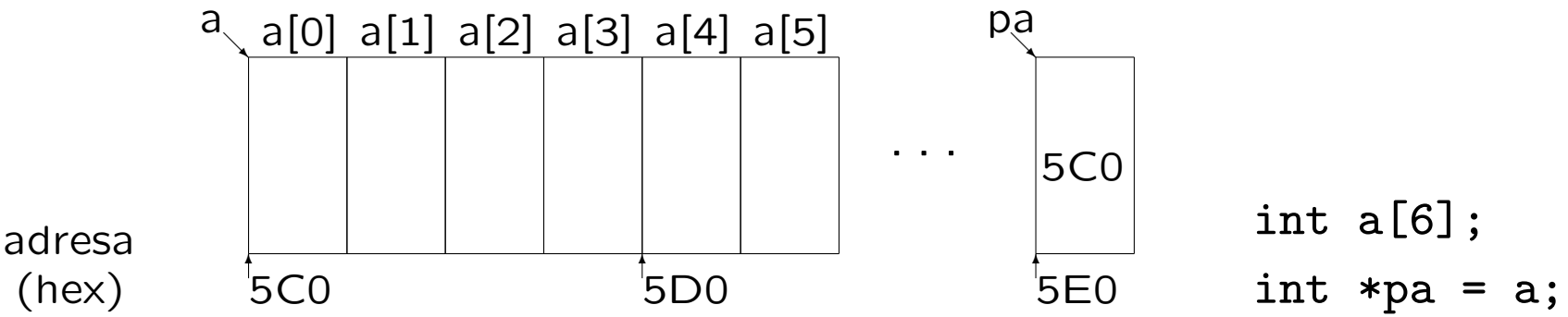
Ex.: `int x = 3, y = 5; swap(&x, &y); // acum x = 5 şi y = 3`

Folosim:
– când limbajul ne obligă (tablouri ca parametri la funcţii)
– pentru a întoarce mai multe rezultate (funcţia permite doar unul)
ex. minimul *şi* maximul unui tablou; rezultat *şi* cod de eroare

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)
declarând *tip* `a[LEN], *pa;` putem atribui `pa = a;`
`&a[0]` e echivalent cu `a` iar `a[0]` e echivalent cu `*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`




```
int a[6];
int *pa = a;
```

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);`

ATENȚIE la diferențe!

`char s[] = "test";` `s[0]` e `'t'`, `s[4]` e `'\0'` etc.

`s` e o *adresă constantă* de tip `char *`, nu variabilă cu loc în memorie

NU se poate atribui `s = ...`, se poate atribui `s[0] = 'f'`

`sizeof(s)` e `5 * sizeof(char)` `&s` e chiar `s`

(dar are alt tip, adresă de tablou de 5 char: `char (*)[5]`)

`char *p = "test";` la fel: `p[0]` e `'t'`, `p[4]` e `'\0'` etc.

`p` e o *variabilă de tip adresă* (`char *`), ocupă loc în memorie

NU se poate atribui `p[0] = 'f'` ("test" e o constantă șir),

se poate atribui `p = "ana";` sau `p = s;` și apoi `p[0] = 'f'`

`sizeof(p)` e `sizeof(char *)` `&p` NU e `p`

$\Rightarrow$ e GREȘIT: `scanf("%4s", &p);` CORECT: `scanf("%4s", p);`

Aritmetica cu pointeri

O variabilă `v` de un anumit `tip` ocupă `sizeof(tip)` octeți
$\Rightarrow$ `&v + 1` reprezintă adresa la care s-ar putea memora următoarea variabilă de același tip (adresa cu `sizeof(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 sfârşitul lui s */
  char *p = s;          /* sau: char *p; p = s; */
  while (*p) p++;       /* adică la poziţia 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 == ((char *)p - (char *)q) / sizeof(tip)
```

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

Pointeri și indici

Termenul "pointer" provine de la "to point (to)" (a indica)

CĂnd identificăm un element de tablou `a[i]` folosim doua variabile: tabloul și indicele, și implicit o adunare (indicele la adresa de bază)

Mai simplu: folosind direct un pointer la adresa elementului `&a[i]==a+i`
⇒ la parcurgere, în loc să avansăm indicele, incrementăm pointerul

```
char *strchr_i(const char *s, int c) {  // caută caracter în şir
  for (int i = 0; s[i]; ++i) // parcurge s cu indice i până la '\0'
    if (s[i] == c) return &s[i]; // s-a găsit: returnează adreasa
  return NULL; // nu s-a găsit: returnează NULL (adresă invalidă)
}

char *strchr_p(const char *s, int c) {  // scrisă folosind pointer
  for ( ;*s; ++s)     // folosim chiar parametrul pentru parcurgere
    if (*s == c) return s;        // s indică caracterul curent
  return NULL;        // nu s-a găsit
}
```

Pointeri și tablouri multidimensionale

Fie un tablou bidimensional (matrice) declarat *tip* `a[DIM1][DIM2];`
`a[i]` e adresa (constantă *tip* `*`) a unui tablou (linii) de `DIM2` elemente
`a[i][j]` e al `j`-lea element din tabloul de `DIM2` elemente `a[i]` ; adresa `&a[i][j] == a[i]+j` e cu `DIM2*i+j` elemente după adresa tabloului `a`
$\Rightarrow$ o funcție cu parametri tablou trebuie să cunoască toate dimensiunile în afară de prima $\Rightarrow$ trebuie declarată *tip-f* `f(`*tip-t* `t[][DIM2]);`

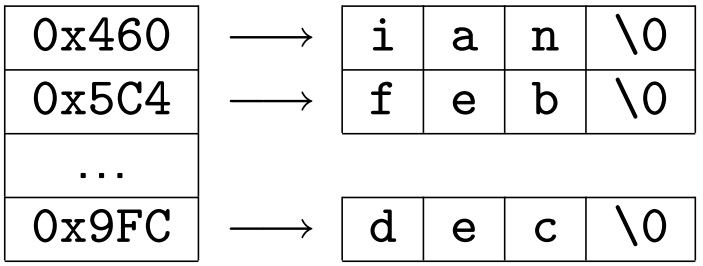
`char t[12][4]={"ian",...,"dec"};` Și `char *p[12]={"ian",...,"dec"};`
`t` e un tablou 2-D de caractere

i	a	n	\0
f	e	b	\0
...			
d	e	c	\0

`t` ocupă 12 * 4 octeți

`t[6] = ...` e GREȘIT
(`t[6]` e adresa constantă a liniei 7)

`p` e un tablou de pointeri



`p` ocupă 12*sizeof(char *) octeți
(+ 12*4 octeți pt. *constantele* șir)

`p[6]="iulie"` modifică o adresă
(elementul 7 din tabloul de adrese `p`)

Argumentele liniei de comandă

Pe linia de comandă, după numele programului rulat, pot urma argumente (parametri): opțiuni, nume de fișiere ... Exemple:
`gcc -Wall -o prog prog.c` `ls` *director* `cp` *fisier1 fisier2*
În C, avem acces la linia de comandă declarând `main` cu 2 parametri:
`int argc` : nr. de cuvinte din linia de comandă (nr. argumente + 1)
`char *argv[]` : tablou cu adresele argumentelor (șiruri de caractere)

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

`argv[0]` (primul cuvânt) e numele programului, deci sigur `argc >= 1`
tabloul `argv[]` e încheiat cu un element `NULL` (`argv[argc]`)