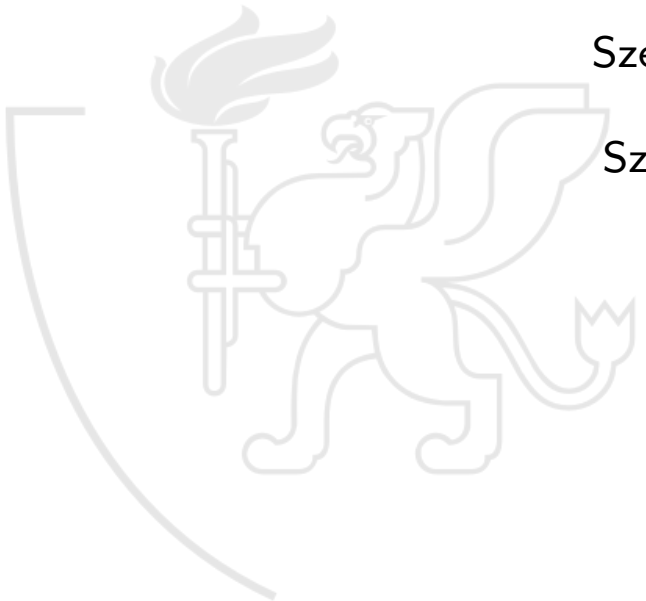
Programozás Alapjai

Dr. Gergely Tamás
Dr. Jász Judit

Szegedi Tudományegyetem
Informatikai Intézet
Szoftverfejlesztés Tanszék



2023

(v0911)

Tartalom

Tartalom

Adattípus

Adattípus *Az adattípus a programnak egy olyan komponense, amely két összetevője, az értékhalmaz és az értékhalmaz elemein végezhető műveletek által meghatározott.*

- Minden adattípus vagy elemi, vagy más adattípusokból képzett összetett adattípus.

Az adatkezelés szintjei

- Számítógépes problémamegoldás során az adatkezelésnek különböző szintjeit lehet elkülöníteni.
  - Ezek közötti világos különbségtételnek fontos szerepe van az algoritmustervezésben.
- Az adatkezelés szintjei egyúttal különböző absztrakciós szinteknek felelnek meg.
  - Probléma szintje
  - Szaktudományos és matematikai szint
  - Absztrakt adattípus szint
  - Virtuális adattípus szint
  - Fizikai adattípus szint

Az adatkezelés szintjei

Probléma szintje.

- A felhasználó ezen a szinten fogalmazza meg a megoldandó problémát, a bemenő és kimenő adatokat, valamint a bemeneti-kimeneti feltételt.

Az adatkezelés szintjei

Szaktudományos és matematikai szint.

- A probléma megoldásához a kiindulópontot a szaktudomány és/vagy matematikai modell képezi.
- Ezen a szinten azonban arra a kérdésre kapunk választ, hogy milyen adatok szerepelnek a problémában és hogy milyen összefüggések érvényesülnek.
- A hogyan kérdésre az algoritmustervezés során kell válaszolni.

Az adatkezelés szintjei

Absztrakt adattípus szint.

- Az algoritmustervezés során határozzuk meg, hogy milyen műveleteket kell alkalmazni a problémában szereplő adatokon ahhoz, hogy a megoldást megkapjuk.
- Ezt a szintet azért nevezzük absztrakt szintnek, mert még nem döntöttünk arról, hogy az adatokat hogyan tároljuk és a műveleteket milyen algoritmusok valósítják meg.
- A tárolásról és a műveletek megvalósításáról csak akkor szabad dönteni, amikor a tervezésben az összes információ rendelkezésünkre áll ahhoz, hogy a legmegfelelőbb, leghatékonyabb megvalósítást kiválasszuk.

Az adatkezelés szintjei

Virtuális adattípus szint.

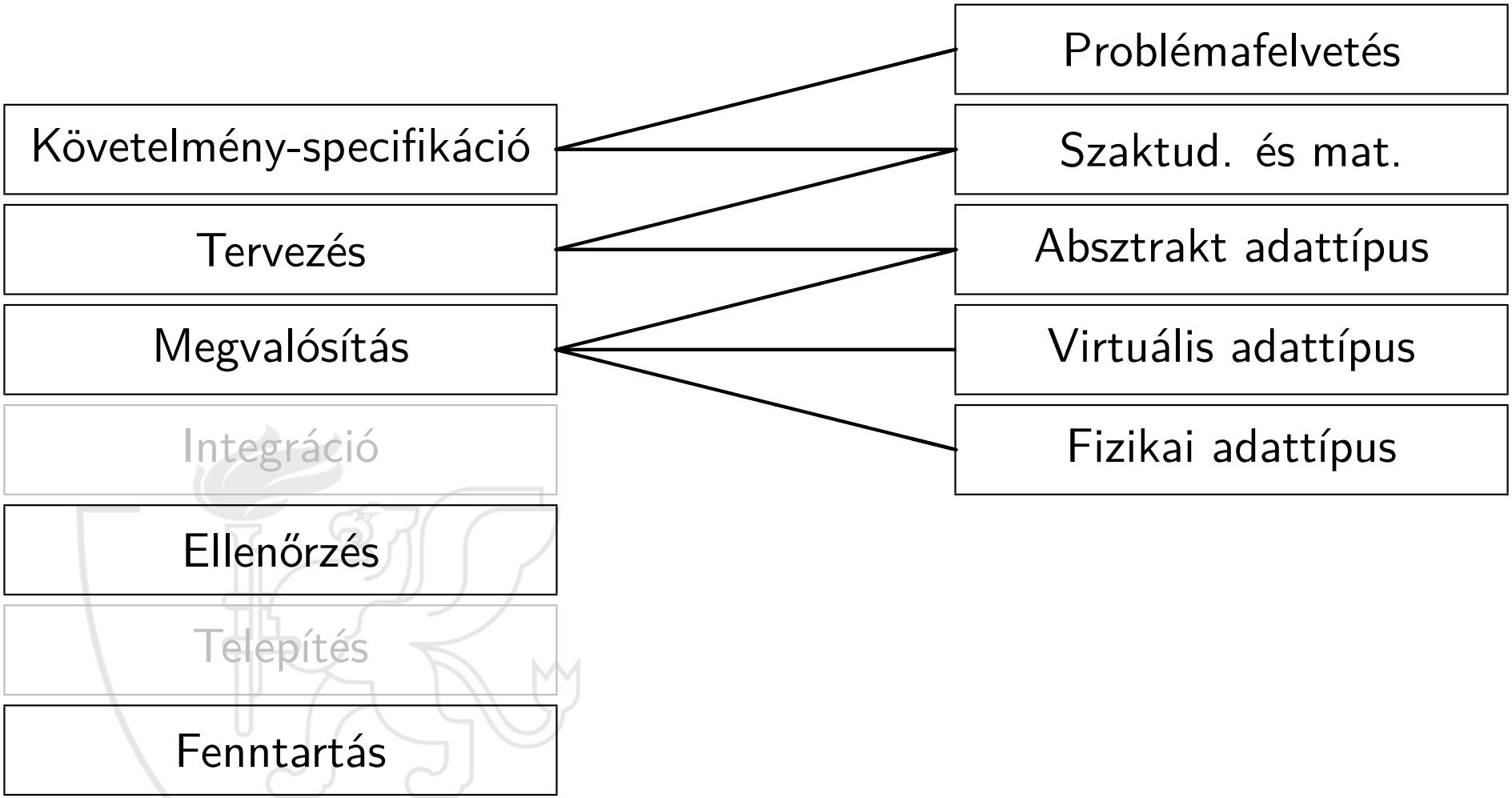
- A probléma megoldását adó algoritmust valamely programozási nyelven írjuk le.
- A programozási nyelvet virtuális gépnek tekinthetjük, amely rendelkezik eleve adott adattípusokkal és típusképzésekkel.
- Az absztrakt adattípusokat tehát virtuális adattípusok felhasználásával valósítjuk meg.

Az adatkezelés szintjei

Fizikai adattípus szint.

- Az adatokat végső soron fizikai eszköz, a memória tárolja és a műveleteket fizikai gépi műveletek valósítják meg.
- A memória a legtöbb gép esetében bájtok (bitek) véges sorozata, tehát végső soron minden adattípust e lineáris szerkezetű tárolóval kell reprezentálni.

A vízesés modell és az adatkezelési szintek kapcsolata



Adattípusok

- A C nyelv virtuális adattípusait fogjuk áttekinteni, azonban az adattípusokat a legtöbb esetben mint absztrakt adattípusokat vezetjük be.
  - Ennek az az oka, hogy ezek olyan általános programozási fogalmak, amelyek akkor is használhatók algoritmusok tervezése során, ha a megvalósítás nyelve nem a C. Ekkor a választott nyelv virtuális (vagy gépi) adattípusainak felhasználásával kell az adattípusokat megvalósítani.
- A C (és sok más hasonló programozási) nyelv alapvető tulajdonsága, hogy rendelkezik néhány eleve definiált adattípussal továbbá típusképzési mechanizmusokkal. Így a már (eleve vagy a programozó által) definiált adattípusok felhasználásával újabbakat definiálhatunk.

Tartalom

Elemi adattípusok

- Az adattípusokat osztályozhatjuk aszerint is, hogy az értékhalmazuk elemei összetettek-e vagy elemiek.
- Az elemi adattípusok értékeit nem lehet önmagukban értelmes részekre bontani.
- A C nyelv elemi adattípusai.
  - Egész típusok (`int`, `signed`, `unsigned`, `short`, `long`).
  - Karakter típus (`char`, `signed`, `unsigned`).
  - Felsorolás (`enum` típusképzéssel).
  - Logikai típus (C-ben nincs közvetlen megvalósítása).
  - Valós típusok (`float`, `double`, `long double`).
- Ha a nyelv szintaktikája szerint a program egy adott pontján típusnak kellene következnie de az hiányzik, a fordító a típus helyére automatikusan `int`-et helyettesít.

A C nyelv elemi adattípusai

32 bites architektúrán

C típus	méret (bájt/bit)	alsó határ	felső határ
`char`	1 / 8	?	?
`signed char`	1 / 8	-128	127
`unsigned char`	1 / 8	0	255
`short int`	2 / 16	-32 768	32 767
`signed short int`	2 / 16	-32 768	32 767
`unsigned short int`	2 / 16	0	65 535
`int`	4 / 32	-2 147 483 648	2 147 483 647
`signed int`	4 / 32	-2 147 483 648	2 147 483 647
`unsigned int`	4 / 32	0	4 294 967 295
`long int`	4 / 32	-2 147 483 648	2 147 483 647
`signed long int`	4 / 32	-2 147 483 648	2 147 483 647
`unsigned long int`	4 / 32	0	4 294 967 295
`long long int`	8 / 64	-2^{63}	$2^{63}-1$
`signed long long int`	8 / 64	-2^{63}	$2^{63}-1$
`unsigned long long int`	8 / 64	0	$2^{64}-1$
`float`	4 / 32	-3.4028234663852886E+38	3.4028234663852886E+38
`double`	8 / 64	-1.7976931348623157E+308	1.7976931348623157E+308
`long double`	8 / 64	-1.7976931348623157E+308	1.7976931348623157E+308

Egész típusok a C nyelvben

Típus és módosítók

- A C nyelvben az egész típus az `int`.
- Az `int` típus értékkészlete az alábbi kulcsszavakkal módosítható:

`signed`	A típus előjeles értékeket fog tartalmazni (`int`, `char`).
`unsigned`	A típus csak előjeltelen, nemnegatív értékeket fog tartalmazni (`int`, `char`).
`short`	Rövidebb helyen tárolódik, így kisebb lesz az értékkészlet (`int`).
`long`	Hosszabb helyen tárolódik, így bővebb lesz az értékkészlet (`int`). Duplán is alkalmazható (`long long`).

- Az egész típusok az értékkészlet határain belüli minden egész értéket pontosan ábrázolnak.
- Az egyes gépeken az egyes típusok mérete más-más lehet, de minden C megvalósításban teljesülnie kell a `sizeof(short)` $\leq$ `sizeof(int)` $\leq$ `sizeof(long)` $\leq$ `sizeof(long long)` relációnak.

Egész típusok a C nyelvben

Műveletek

- A C nyelv különféle egész adattípusai az értékhalmazukban különböznek egymástól, az értelmezett műveletükben megegyeznek.
  - Az egész adattípusokon általában az 5 matematikai alapműveletet és az értékadás műveletét értelmezzük, de C nyelven ennél jóval többet.
- Egész kifejezésben bármely egész típusú tényező (akár vegyesen többféle is) szerepelhet.
- Egész literál típusa az a legalább `int` méretű egész típus, amely a legszűkebb olyan értékhalmazú, amelynek eleme a kifejezés értéke, vagy a számleírásban megadott típus (`l`, `u` suffix).
- Értékadó művelet jobb oldalán álló kifejezés kiértékelése független attól, hogy a bal oldalon milyen típusú változó van.
- A / művelet két egész értékre alkalmazva maradékos osztást jelent!

Egész típusok a C nyelvben

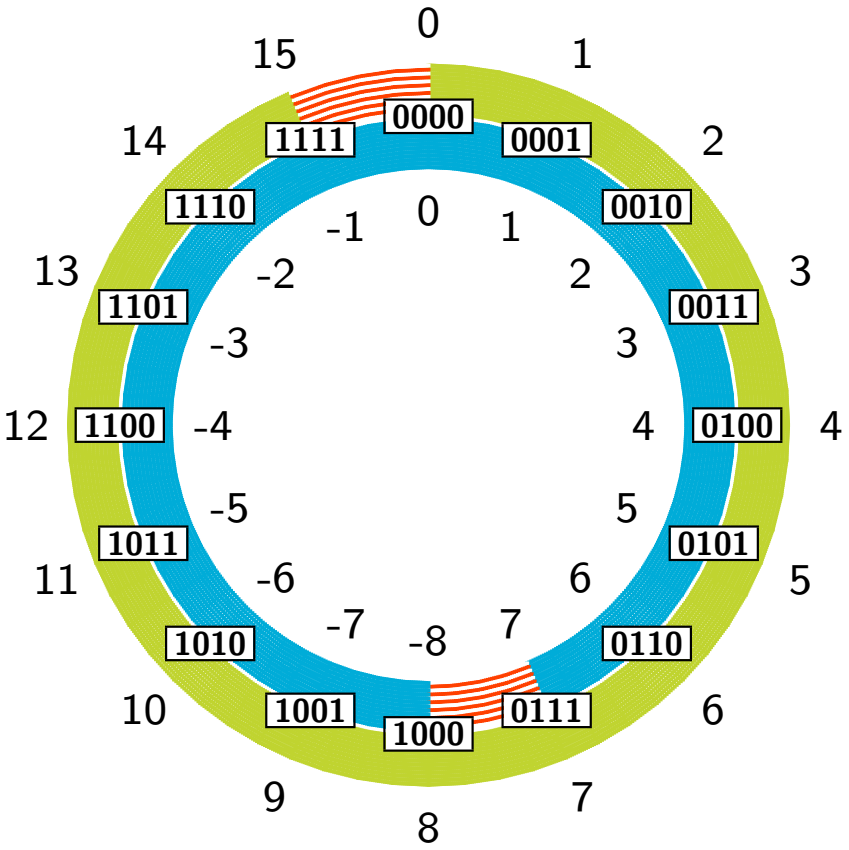
Tárolás [1/3]

- Egy n bites tárterületnek 2^n állapota van, vagyis egy n biten tárolt adattípusnak legfeljebb ennyi különböző értéke lehet.
- Egész típusoknál az értékhalmaz szokásos leképezése a következő:
  - Ha negatív számok nem szerepelnek az értékhalmazban, akkor az értékhalmaz a $[0 \dots 2^n - 1]$ zárt intervallum. Az n egymás utáni bitet bináris számként értelmezve kapjuk meg a reprezentált értéket, illetve az értéket bináris számként felírva és n számjegyig balról 0 számjegyekkel kiegészítve kapjuk a számot leíró bitsorozatot.
  - Ha az értékhalmazban negatív számok is szerepelnek, akkor az értékhalmaz a $[-2^{n-1} \dots 2^{n-1} - 1]$ zárt intervallum. A $[0 \dots 2^{n-1} - 1]$ értékek tárolása és a 0 értékű bittel kezdődő bitsorozat értelmezése megegyezik a fentiekkel. Egy $x \in [-2^{n-1} \cdots - 1]$ érték tárolása úgy történik, mintha az $x + 2^n$ értéket próbálnánk nemnegatív számként n biten tárolni, illetve az 1-essel kezdődő bitsorozat pozitív számként értelmezett értékéből 2^n-t levonva kapjuk a reprezentált negatív értéket.

Egész típusok a C nyelvben

Tárolás [2/3]

- Ha például $n = 4$ bites egész típussal dolgoznánk, akkor összesen $2^4 = 16$ értéket tudnánk megkülönböztetni:
  - Előjeltelen esetben az értékhalmaz a $[0 \dots 15]$ zárt intervallum lenne.
  - Előjeles esetben a $[-8 \dots 7]$ értékeket tudnánk ábrázolni.
  - Az előjeltelen $[8 \dots 15]$ értékek fizikailag pontosan ugyanúgy tárolódnak, mint az előjeles $[-8 \cdots -1]$ értékek.



Egész típusok a C nyelvben

Tárolás [3/3]

- A negatív számoknak ezt a tárolási módját kettes komplemensnek hívjuk.
  - Egy `x` érték kettes komplemense a `~x + 1` érték, vagyis `x` minden bitjét negáljuk, majd hozzáadunk egyet.
- A kettes komplemens ábrázolás előnyei:
  - Gépi szinten az előjeles és előjeltelen típusokkal való elemi műveleteket nem kell megkülönböztetni, ugyanaz a logika működik mindkettőre.
  - Nem kell műveletet cserélni negatív érték hozzáadásakor vagy kivonásakor, vagyis `x + -c` -ből nem kell `x - c` -t csinálni.

Típusok határértékei

limits.h

- A `limits.h`-ban sok konstans van deklarálva, ha ezeket használni szeretnénk, akkor a `#include <limits.h>` sort kell beszúrni valahová a program elejére.
- Néhány definíció (32 bites rendszeren):

```
#define SCHAR_MIN    (-128)                    /* signed char */
#define SCHAR_MAX    127                       /* signed char */
#define UCHAR_MAX    255                       /* unsigned char */
#define SHRT_MIN     (-32768)                  /* short int */
#define SHRT_MAX     32767                     /* short int */
#define USHRT_MAX    65535                     /* unsigned short int */
#define INT_MIN      (-INT_MAX - 1)            /* int */
#define INT_MAX      2147483647                /* int */
#define UINT_MAX     4294967295U               /* unsigned int */
#define LONG_MAX     2147483647L               /* long int */
#define LONG_MIN     (-LONG_MAX - 1L)          /* long int */
#define ULONG_MAX    4294967295UL              /* unsigned long int */
#define LLONG_MAX    9223372036854775807LL     /* long long int */
#define LLONG_MIN    (-LLONG_MAX - 1LL)        /* long long int */
#define ULLONG_MAX   18446744073709551615ULL   /* unsigned long long int */
```

Karakter adattípus a C nyelvben

- A `char` adattípus a C nyelv eleve definiált elemi adattípusa, értékkészlete 256 elemet tartalmaz.
- A `char` adattípus egészként is használható, de alapvetően karakterek (betűk, számjegyek, írásjelek) tárolására való.
  - Hogy melyik értékhez melyik karakter tartozik, az az alkalmazott kódtáblázattól függ.
  - Bizonyos karakterek (általában a rendezés szerint első néhány) vezérlő karakternek számítanak, és nem megjeleníthetők.

Karakter adattípus a C nyelvben

Literálok

- Egy C programban karakter értékeket megadhatunk
  - karakterkóddal számértékként, vagy
  - aposztrófok (') közé írt karakterrel.
- A speciális karaktereket, illetve magát az aposztrófot (és végső soron tetszőleges karaktert is) escape-szekvenciákkal lehet megadni.
  - Az escape-szekvenciákat a \ (backslash) karakterrel kell kezdeni.
  - Néhány példa

újsor	lf	\n
vízszintes tab	ht	\t
backslash	\	\\
aposztróf	'	\'
0ddd kódú karakter		\ddd

kocsi-vissza	cr	\r
backspace	bs	\b
lapdobás	ff	\f
csengő	bell	\a
null karakter	null	\0

Karakter adattípus a C nyelven

Kódtáblázat

- Az, hogy egy adott karakterkódhoz milyen karakter tartozik, a használt kódtáblázat határozza meg.
- A kódtábláról csak annyit tételezhetünk fel, hogy
  - `'a'<'b'<...<'z'`
  - `'A'<'B'<...<'Z'`
  - `'0' + 1 == '1', ..., '8' + 1 == '9'`
- A C nyelv alapvetően az ASCII kódtáblát használja (ez a 0 és 127 közötti kódú karaktereket rögzíti), de a megjelenített karakterkép nagyon sokmindentől függhet.
- A nem ASCII karakterekkel vigyázzunk, mert pl. UTF8 kódolás esetén egyes karakterek (pl. `'á'` vagy `'ő'`) több bájton tárolódnak, és ezt a C nyelv `char` típusa nem tudja lekezelni!
  - Bár a sztringeknél látszólag rendben lehet az extra karakterek kezelése, egy UTF8-as kódolású `"árvíztűrő"` sztring C-ben valójában nem 9+1, hanem 13+1 bájtot foglal.

Karakter adattípus a C nyelven

Karakter és karakterkód

- Mint említettük a `char` adattípus egészként is használható.
  - A konverzió a kétfajta megadott érték között automatikus, így például `'\ddd' == 0ddd`, vagyis ASCII kódtáblázat esetén például `'\060' == '0' == 48 == 060`, `'\101' == 'A' == 65 == 0101`, `'\172' == 'z' == 122 == 0172`.
- Konvertáljunk egy tetszőleges számjegy karaktert (`ch`) a neki megfelelő egész számmá és egy egyjegyű egészet (`i`) karakterré.

```
i  = ch - '0';
ch = i  + '0';
```

- Konvertáljunk kisbetűt (`ch`) nagybetűvé (`CH`) és nagybetűt kisbetűvé.

```
CH = ch - 'a' + 'A';
ch = CH - 'A' + 'a';
```

Bitenkénti logikai műveletek

- Mint említettük, a C nyelv a magas szintű struktúrái mellett (pl. vezérlési szerkezetek) az alacsony szintű programozást is nyelvi szinten elérhetővé teszi.
- Ennek szellemében a C nyelv egész típusú (`int` és `char`) értékeire definiálva vannak a bitmanipulációs operátorok.
  - Ezek a műveletek az egész értéket annak bináris számábrázolási (a típus által meghatározott méretű kettes számrendszerbeli vagy kettes komplemens) alakjával megegyező bitsorozatként kezelik.
  - Logikai értékként a 0 értékű bit a hamis, az 1 értékű bit az igaz értéket jelenti.

Az `int` (egész) adattípus műveletei

Bitenkénti logikai műveletek

- `int`→`int`
  (*egész*→*egész*)
  egy operandusú műveletek
  - `~` bitenkénti negáció
- `int`×`int`→`int`
  (*egész*×*egész*→*egész*)
  két operandusú műveletek
  - `&` bitenkénti *és*
  - `|` bitenkénti *vagy*
  - `^` bitenkénti *kizáró vagy*
  - `<<` balra léptetés
  - `>>` jobbra léptetés

```
~a
 a & 1
 a | 0xf0
 a ^ b
 1 << a
 a >> 3
```

Bitenkénti logikai műveletek

~ – *negáció – egyes komplemens*

- A bitenkénti negáció (~) az érték minden bitjét az ellenkezőjére változtatja.

```
~0x16 == 0xe9
```

```
~00010110 == 11101001
```

- Általában maszkok kialakítására szokás használni:

```
MASK = ~3
```

A MASK utolsó két bitje 0 lesz, a konkrét értéke pedig a 3 aktuális típusától függ.

Bitenkénti logikai műveletek

& – *és* – *AND*

- A bitenkénti és művelet (`&`) az eredmény *i*. bitjét a két operandusának *i*. bitjei alapján a logikai *és* művelet szerint állítja be. A 0 bit hamis, az 1 bit igaz.

```
0x16 & 0x3a == 0x12
```

```
00010110  &
00111010 ==
00010010
```

- Általában maszkolásra, egyes bitek 0-ra állítására szokás használni:

```
(v & 1) == 1
```

Az eredménynek legfeljebb az utolsó bitje lehet 1, ha a `v` utolsó bitje 1 volt, vagyis `v` páratlan volt.

Bitenkénti logikai műveletek

| – *megengedő vagy – inclusive OR*

- A bitenkénti vagy művelet (|) az eredmény *i*. bitjét a két operandusának *i*. bitjei alapján a logikai *vagy* művelet szerint állítja be. A 0 bit hamis, az 1 bit igaz.

```
0x16 | 0x3a == 0x3e
```

```
00010110  |
00111010 ==
00111110
```

- Általában egyes bitek 1-re állítására szokás használni:

```
v |= MASK
```

A `v` változó azon bitjeit, melyek a `MASK`-ban 1-esek voltak szintén 1-re állítja, a többit nem változtatja meg.

Bitenkénti logikai műveletek

^ – *kizáró vagy – exclusive OR*

- A bitenkénti kizáró vagy művelet (^) az eredmény *i*. bitjét a két operandusának *i*. bitjei alapján a logikai *kizáró vagy* művelet szerint állítja be. A 0 bit hamis, az 1 bit igaz.

```
0x16 ^ 0x3a == 0x2c
```

```
00010110  ^
00111010 ==
00101100
```

- Általában bitek összehasonlítására, átbillentésére szokás használni:

```
v ^= MASK
```

A `v` változó azon bitjeit, melyek a `MASK`-ban 1-esek voltak megváltoztatja, a többit nem.

Bitenkénti logikai műveletek

<< – *balra léptetés – left shift*

- A balra léptetés (<<) a baloldali operandus bitjeit a jobboldali operandus értékével balra tolja. A jobboldalon 0 biteket szúr be.

```
0x36 << 4 == 0x60
0x96 << 4 == 0x60
```

```
00110110 << 4 == 01100000
10010110 << 4 == 01100000
```

- Gyakran használják kettő hatvánnyal való szorzásra vagy bit kiválasztására:

```
MASK = 1 << 8
```

A `MASK`-ban a 2^8 helyiértékű bit lesz 1-es, ami tulajdonképpen az 1×2^8 érték.

Bitenkénti logikai műveletek

>> – *jobbra léptetés – right shift*

- A jobbra léptetés (>>) a baloldali operandus bitjeit a jobboldali operandus értékével jobbra tolja. Előjeltelen értéknél a jobboldalon 0-kat, előjeles értéknél pedig a legfelső bit értékét szúrja be.

`unsigned ...`

```
0x36 >> 4 == 0x03
0x96 >> 4 == 0x09
```

`signed ...`

```
0x36 >> 4 == 0x03
0x96 >> 4 == 0xf9
```

```
00110110 >> 4 == 00000011
10010110 >> 4 == 00001001
```

```
00110110 >> 4 == 00000011
10010110 >> 4 == 11111001
```

- Gyakran használják kettő hatvánnyal való osztásra:

```
v >>= 8
```

A `v` értékét 2^8-nal osztjuk.

Bitenkénti logikai műveletek

Bitenkénti és logikai műveletek

- Gondosan meg kell különböztetnünk az `&` és `|` bitenkénti operátorokat az `&&` és `||` logikai műveletektől.
  - A bitműveletek az érték egészét nézve tulajdonképpen matematikai műveleteknek tekinthetők, amelyek mindkét operandust felhasználják.
  - Logikai műveletek esetén az operandusok csak szükség szerint balról jobbra értékelődnek ki.
  - Ráadásul az eredmény logikai értéke is különbözhet. Ha például `x` értéke 1 és `y` értéke 2, akkor

```
x  &   y  ==  0
x  &&  y  !=  0
```

Bitenkénti logikai műveletek

Előjeles vagy előjeltelen a `char` típus?

- Készítsünk egy programot, ami a jobbra léptetés művelet segítségével eldönti, hogy a `char` adattípust a fordító előjeles vagy előjeltelen típusként kezeli.
- char.c [1-14]:

```
1  /* A char pontos típusának ellenőrzése.
2   * 2006. Augusztus 8.  Gergely Tamás, gertom@inf.u-szeged.hu
3   */
4
5  #include <stdio.h>
6
7  int main() {
8      char a;
9      unsigned char b;
10     a = b = 128;
11     a >>= 1; b >>= 1;
12     printf("Ezen␣a␣gépen%ssigned␣char␣van\n", ((a == b) ? "␣un" : "␣"));
13     return 0;
14 }
```

Bitenkénti logikai műveletek

Példa [1/2]

- Tegyük fel, hogy több kis számot szeretnénk egyetlen `int` változóba belepréselni. Például az év egy időpontjának hónapját, napját, óráját, percét és másodpercét rendre 4-5-5-6-6 biten.
- Az értékek tárolásához használhatunk két segédfüggvényt:

```
unsigned getBits(unsigned val, unsigned pos, unsigned len) {
    return (val >> (pos + 1 - len)) & ~(~0 << len);
}
void setBits(unsigned val, unsigned pos, unsigned len, unsigned *ptr) {
    unsigned MASK = ~(~(~0 << len) << (pos + 1 - len));
    *ptr = (*ptr & MASK) | (val << (pos + 1 - len));
}
```

- Ezekkel könnyen megvalósítható például az órák lekérdezése vagy a percek beállítása:

```
unsigned getHours(unsigned value) {
    return getBits(value, 16, 5);
}
void setMinutes(unsigned value, unsigned *ptr) {
    setBits(value, 11, 6, ptr);
}
```

Bitenkénti logikai műveletek

Példa [2/2]

- A függvények működése:

```
getBits(27609578, 16, 5);
```

```
return (    val    >> (pos + 1 - len)) & ~(~     0     << len);
```

```
setBits(7, 11, 6, &date);
```

```
unsigned MASK = ~(~(~     0     << len) << (pos + 1 - len));
```

```
*ptr = (   *ptr    &    MASK   )|(    val    << (pos + 1 - len));
```

Bitenkénti logikai műveletek

Példa [2/2]

- A függvények működése:

```
getBits(27609578, 16, 5);
```

```
return (    val    >> (pos + 1 - len)) & ~(~     0     << len);
return ( 27609578  >> ( 16 + 1 -  5 )) & ~(~     0     <<  5 );
```

```
setBits(7, 11, 6, &date);
```

```
unsigned MASK = ~(~(~     0     << len) << (pos + 1 - len));
```

```
*ptr = (   *ptr    &    MASK    )|(    val    << (pos + 1 - len));
```

Bitenkénti logikai műveletek

Példa [2/2]

- A függvények működése:

```
getBits(27609578, 16, 5);
```

```
return (    val    >> (pos + 1 - len)) & ~(~     0     << len);
return ( 27609578  >> ( 16 + 1 -  5 )) & ~(~     0     <<  5 );
return (0x01a549ea >> ( 16 + 1 -  5 )) & ~(~0x00000000 <<  5 );
```

```
setBits(7, 11, 6, &date);
```

```
unsigned MASK = ~(~(~     0     << len) << (pos + 1 - len));
```

```
*ptr = (   *ptr    &    MASK    )|(    val    << (pos + 1 - len));
```

Bitenkénti logikai műveletek

Példa [2/2]

- A függvények működése:

```
getBits(27609578, 16, 5);
```

```
return ( 27609578  >> ( 16 + 1 -  5 )) & ~(~     0     <<  5 );
return (0x01a549ea >> ( 16 + 1 -  5 )) & ~(~0x00000000 <<  5 );
return (0x01a549ea >>       12       ) & ~( 0xffffffff <<  5 );
```

```
setBits(7, 11, 6, &date);
```

```
unsigned MASK = ~(~(~     0     << len) << (pos + 1 - len));
```

```
*ptr = (   *ptr    &    MASK   )|(    val    << (pos + 1 - len));
```

Bitenkénti logikai műveletek

Példa [2/2]

- A függvények működése:

```
getBits(27609578, 16, 5);
```

```
return (0x01a549ea >> ( 16 + 1 -  5 )) & ~(~0x00000000 <<  5 );
return (0x01a549ea >>       12       ) & ~( 0xffffffff <<  5 );
return  0x00001a54                     & ~  0xffffffe0       ;
```

```
setBits(7, 11, 6, &date);
```

```
unsigned MASK = ~(~(~     0     << len) << (pos + 1 - len));
```

```
*ptr = (   *ptr    &    MASK   )|(    val    << (pos + 1 - len));
```

Bitenkénti logikai műveletek

Példa [2/2]

- A függvények működése:

```
getBits(27609578, 16, 5);
```

```
return (0x01a549ea >>       12       ) & ~( 0xffffffff <<  5 );
return  0x00001a54                      & ~  0xffffffe0        ;
return  0x00001a54                      &    0x0000001f        ;
```

```
setBits(7, 11, 6, &date);
```

```
unsigned MASK = ~(~(~     0     << len) << (pos + 1 - len));
```

```
*ptr = (   *ptr    &    MASK    )|(    val    << (pos + 1 - len));
```

Bitenkénti logikai műveletek

Példa [2/2]

- A függvények működése:

```
getBits(27609578, 16, 5);
```

```
return  0x00001a54                    & ~  0xffffffe0        ;
return  0x00001a54                    &    0x0000001f        ;
return  0x00000014                                           ;
```

```
setBits(7, 11, 6, &date);
```

```
unsigned MASK = ~(~(~     0     << len) << (pos + 1 - len));
```

```
*ptr = (   *ptr    &    MASK   )|(    val    << (pos + 1 - len));
```

Bitenkénti logikai műveletek

Példa [2/2]

- A függvények működése:

```
getBits(27609578, 16, 5);
```

```
return  0x00001a54                    &     0x0000001f        ;
return  0x00000014                                            ;
return      20                                                ;
```

```
setBits(7, 11, 6, &date);
```

```
unsigned MASK = ~(~(~     0     << len) << (pos + 1 - len));
```

```
*ptr = (   *ptr    &    MASK    )|(    val    << (pos + 1 - len));
```

Bitenkénti logikai műveletek

Példa [2/2]

- A függvények működése:

```
getBits(27609578, 16, 5);
```

```
return  0x00000014                                                    ;
return       20                                                       ;
```

```
setBits(7, 11, 6, &date);
```

```
unsigned MASK = ~(~(~      0      << len) << (pos + 1 - len));
```

```
*ptr = (   *ptr    &    MASK    )|(    val    << (pos + 1 - len));
```

Bitenkénti logikai műveletek

Példa [2/2]

- A függvények működése:

```
getBits(27609578, 16, 5);
```

```
return 20;
```

```
setBits(7, 11, 6, &date);
```

```
unsigned MASK = ~(~(~      0      << len) << (pos + 1 - len));
```

```
*ptr = (   *ptr    &    MASK    )|(    val    << (pos + 1 - len));
```

Bitenkénti logikai műveletek

Példa [2/2]

- A függvények működése:

```
getBits(27609578, 16, 5);
```

```
return 20;
```

```
setBits(7, 11, 6, &date);
```

```
unsigned MASK = ~(~(~      0      << len) << (pos + 1 - len));
unsigned MASK = ~(~(~      0      <<  6 ) << ( 11 + 1 -  6 ));
```

```
*ptr = (   *ptr    &    MASK   )|(    val    << (pos + 1 - len));
```

Bitenkénti logikai műveletek

Példa [2/2]

- A függvények működése:

```
getBits(27609578, 16, 5);
```

```
return 20;
```

```
setBits(7, 11, 6, &date);
```

```
unsigned MASK = ~(~(~      0      << len) << (pos + 1 - len));
unsigned MASK = ~(~(~      0      <<  6 ) << ( 11 + 1 -  6 ));
unsigned MASK = ~(~(~0x00000000 <<  6 ) << ( 11 + 1 -  6 ));
```

```
*ptr = (   *ptr    &    MASK   )|(    val    << (pos + 1 - len));
```

Bitenkénti logikai műveletek

Példa [2/2]

- A függvények működése:

```
getBits(27609578, 16, 5);
```

```
return 20;
```

```
setBits(7, 11, 6, &date);
```

```
unsigned MASK = ~(~(~     0     <<  6 ) << ( 11 + 1 -  6 ));
unsigned MASK = ~(~(~0x00000000 <<  6 ) << ( 11 + 1 -  6 ));
unsigned MASK = ~(~( 0xffffffff <<  6 ) <<         6       );
```

```
*ptr = (   *ptr    &    MASK   )|(    val    << (pos + 1 - len));
```

Bitenkénti logikai műveletek

Példa [2/2]

- A függvények működése:

```
getBits(27609578, 16, 5);
```

```
return 20;
```

```
setBits(7, 11, 6, &date);
```

```
unsigned MASK = ~(~(~0x00000000 <<  6 ) << ( 11 + 1 -  6 ));
unsigned MASK = ~(~( 0xffffffff <<  6 ) <<         6       );
unsigned MASK = ~(~  0xffffffc0         <<         6       );
```

```
*ptr = (   *ptr    &    MASK   )|(    val    << (pos + 1 - len));
```

Bitenkénti logikai műveletek

Példa [2/2]

- A függvények működése:

```
getBits(27609578, 16, 5);
```

```
return 20;
```

```
setBits(7, 11, 6, &date);
```

```
unsigned MASK = ~(~( 0xffffffff <<  6 ) <<        6       );
unsigned MASK = ~(~  0xffffffc0         <<        6       );
unsigned MASK = ~(   0x0000003f         <<        6       );
```

```
*ptr = (   *ptr    &    MASK   )|(    val    << (pos + 1 - len));
```

Bitenkénti logikai műveletek

Példa [2/2]

- A függvények működése:

```
getBits(27609578, 16, 5);
```

```
return 20;
```

```
setBits(7, 11, 6, &date);
```

```
unsigned MASK = ~(~  0xffffffc0          <<        6       );
unsigned MASK = ~(   0x0000003f          <<        6       );
unsigned MASK = ~(   0x00000fc0                            );
```

```
*ptr = (   *ptr    &    MASK   )|(    val    << (pos + 1 - len));
```

Bitenkénti logikai műveletek

Példa [2/2]

- A függvények működése:

```
getBits(27609578, 16, 5);
```

```
return 20;
```

```
setBits(7, 11, 6, &date);
```

```
unsigned MASK = ~(   0x0000003f          <<         6        );
unsigned MASK = ~(   0x00000fc0                              );
unsigned MASK =      0xfffff03f                               ;
```

```
*ptr = (   *ptr    &    MASK   )|(    val    << (pos + 1 - len));
```

Bitenkénti logikai műveletek

Példa [2/2]

- A függvények működése:

```
getBits(27609578, 16, 5);
```

```
return 20;
```

```
setBits(7, 11, 6, &date);
```

```
unsigned MASK = ~(    0x00000fc0                              );
unsigned MASK =       0xfffff03f                               ;
```

```
*ptr = (    *ptr     &     MASK    )|(     val     << (pos + 1 - len));
```

Bitenkénti logikai műveletek

Példa [2/2]

- A függvények működése:

```
getBits(27609578, 16, 5);
```

```
return 20;
```

```
setBits(7, 11, 6, &date);
```

```
unsigned MASK = 0xfffff03f;
```

```
*ptr = (   *ptr    &    MASK   )|(    val    << (pos + 1 - len));
date = (   date    & 0xfffff03f)|(     7     << ( 11 + 1 -  6 ));
```

Bitenkénti logikai műveletek

Példa [2/2]

- A függvények működése:

```
getBits(27609578, 16, 5);
```

```
return 20;
```

```
setBits(7, 11, 6, &date);
```

```
unsigned MASK = 0xfffff03f;
```

```
*ptr = (   *ptr    &    MASK   )|(    val     << (pos + 1 - len));
date = (   date    & 0xfffff03f)|(     7      << ( 11 + 1 -  6 ));
date = ( 27609578  & 0xfffff03f)|(0x00000007 << ( 11 + 1 -  6 ));
```

Bitenkénti logikai műveletek

Példa [2/2]

- A függvények működése:

```
getBits(27609578, 16, 5);
```

```
return 20;
```

```
setBits(7, 11, 6, &date);
```

```
unsigned MASK = 0xfffff03f;
```

```
date = (   date    & 0xfffff03f)|(     7     << ( 11 + 1 -  6 ));
date = ( 27609578  & 0xfffff03f)|(0x00000007 << ( 11 + 1 -  6 ));
date = (0x01a549ea & 0xfffff03f)|(0x00000007 <<         6       );
```

Bitenkénti logikai műveletek

Példa [2/2]

- A függvények működése:

```
getBits(27609578, 16, 5);
```

```
return 20;
```

```
setBits(7, 11, 6, &date);
```

```
unsigned MASK = 0xfffff03f;
```

```
date = ( 27609578  & 0xfffff03f)|(0x00000007 << ( 11 + 1 -  6 ));
date = (0x01a549ea & 0xfffff03f)|(0x00000007 <<         6      );
date =  0x01a5402a              | 0x000001c0                   ;
```

Bitenkénti logikai műveletek

Példa [2/2]

- A függvények működése:

```
getBits(27609578, 16, 5);
```

```
return 20;
```

```
setBits(7, 11, 6, &date);
```

```
unsigned MASK = 0xfffff03f;
```

```
date = (0x01a549ea & 0xfffff03f)|(0x00000007 <<        6        );
date =  0x01a5402a                | 0x000001c0                  ;
date =  0x01a541ea                                              ;
```

Bitenkénti logikai műveletek

Példa [2/2]

- A függvények működése:

```
getBits(27609578, 16, 5);
```

```
return 20;
```

```
setBits(7, 11, 6, &date);
```

```
unsigned MASK = 0xfffff03f;
```

```
date =  0x01a5402a                  | 0x000001c0                  ;
date =  0x01a541ea                                                ;
date =   27607530                                                 ;
```

Bitenkénti logikai műveletek

Példa [2/2]

- A függvények működése:

```
getBits(27609578, 16, 5);
```

```
return 20;
```

```
setBits(7, 11, 6, &date);
```

```
unsigned MASK = 0xfffff03f;
```

```
date =  0x01a541ea                                                    ;
date =   27607530                                                     ;
```

Bitenkénti logikai műveletek

Példa [2/2]

- A függvények működése:

```
getBits(27609578, 16, 5);
```

```
return 20;
```

```
setBits(7, 11, 6, &date);
```

```
unsigned MASK = 0xfffff03f;
```

```
date = 27607530;
```

C műveletek prioritása

műveletek	asszoc.	C operátorok
egyoperandusú postfix, elemkiválasztás, mezőkiválasztás, függvényhívás	→	`x++`, `x--`, `[]`, `.`, `->`, `f()`
egyoperandusú prefix, méret, típuskényszerítés	←	`+`, `-`, `++x`, `--x`, `!`, `~`, `&`, `*`, `sizeof`, `(type)`
multiplikatív	→	`*`, `/`, `%`
additív	→	`+`, `-`
bitléptetés	→	`<<`, `>>`
kisebb-nagyobb relációs	→	`<=`, `>=`, `<`, `>`
egyenlő-nem egyenlő relációs	→	`==`, `!=`
bitenkénti 'és'	→	`&`
bitenkénti 'kizáró vagy'	→	`^`
bitenkénti 'vagy'	→	`|`
logikai 'és'	→	`&&`
logikai 'vagy'	→	`||`
feltételes	←	`?:`
értékadó	←	`=`, `+=`, `-=`, `*=`, `/=`, `%=` `>>=`, `<<=`, `&=`, `^=`, `|=`
szekvencia	→	`,`

Típusdefiníció C-ben

- A C nyelvben lehetőségünk van típusok tetszésünk szerinti elnevezésére, azaz típusdefinícióra melyet a `typedef` kulcsszó vezet be, alakja:

```
typedef típus új_típusnév;
```

- A definíciótól kezdve a `típus`-ra az `új_típusnév` azonosítóval (is) hivatkozhatunk.
- A típusdefinícióval élhetünk például akkor, mikor több helyen kell ugyanolyan típusú változót deklarálni, de ez a típus
  - a jövőbeni fejlesztések során esetleg változhat, vagy
  - egy bonyolult módon megadható típus, amit nehézkes lenne többször leírni (és a többszöri leírás mellesleg hibaforrás is)!

```
typedef unsigned short int u16;
```

Felsorolás adattípusok a C nyelvben

- Felsorolás adattípus értékhalmaza a típusképzésben felsorolt azonosítók, mint konstans azonosítók által meghatározott értékek.
- Felsorolás adattípus esetén az értékadás műveletét és a relációs műveleteket szokás értelmezni, ahol a $<$ rendezési relációt a típusképzésben az elemek felsorolásával definiáljuk.
- Felsorolás adattípust az `enum` kulcsszóval definiálhatunk:

```
enum {elem_1, ..., elem_n}
```

- Például:

```
// típusdefiníció:
typedef enum {hetfo, kedd, szerda, csutortok, pentek, szombat, vasarnap} het_t;
// változódeklaráció előre definiált típussal:
het_t nap;
// változódeklaráció közvetlen típusmegadással:
enum {hetfo, kedd, szerda, csutortok, pentek, szombat, vasarnap} nap;
```

Felsorolás adattípusok a C nyelvben

- A felsorolás típus C nyelven nagyon szorosan kötődik az `int` típushoz.
- Alapesetben a felsorolásban szereplő első azonosító értéke 0, a többié 1-gyel több az őt közvetlenül megelőzőnél. Ezzel egyben a rendezési relációt is definiáltuk.
- A C nyelv lehetőséget ad viszont a felsorolt azonosítók értékének közvetlen megadására.

```
enum {hetfo=1, kedd, szerda, csutortok, pentek, szombat, vasarnap} nap;
```

- A típusképzésben felsorolt azonosítók úgy működnek, mintha abban a blokkban deklarált konstans azonosítók lennének, amelyik blokkban a típusdefiníció szerepel. Így a C nyelvben az is lehetséges, hogy egy típuson belül több azonosító ugyanazt az értéket kapja.

```
enum {a = 3, b, c, d = 2, e, f} ertek;
```

Felsorolás adattípusok a C nyelvben

- A kapcsolat a két típus között azért erős, mert a fordító az `enum`-ot teljes mértékben az `int` típusra vezeti vissza, ezért ennek a típusnak a műveletei **megfelelő körültekintéssel** használhatóak az `enum` típuson is.
  - Azért kell a megfelelő körültekintés, mert például a `vasarnap + 1` érték már nem értelmezhető a `het_t` típus értékeként.

```
typedef enum {hetfo=1, kedd, szerda, csutortok, pentek, szombat, vasarnap} het_t;
het_t nap;
het_t kovetkezo_nap(het_t n) {
    if (n == vasarnap) {
        return hetfo;
    }
    return n + 1;
}

int main() {
    for (nap = hetfo; nap <= vasarnap; nap++) {
        /* ??? */
    }
}
```

Logikai adattípus C nyelven

- A C nyelvnek csak a C99 szabvány óta része a logikai (`_Bool`) típus (melynek értékkészlete a $\{0, 1\}$ halmaz), de azért logikai értékek persze előtte is keletkeztek.
- A műveletek eredményeként keletkező logikai hamis értéket a 0 egész érték reprezentálja, és a 0 egész érték logikai értékként értelmezve hamisat jelent.
- A műveletek eredményeként keletkező logikai igaz értéket az 1 egész érték reprezentálja, de bármely 0-tól különböző egész érték logikai értékként értelmezve igazat jelent.
- A logikai és egész értékek C-ben teljesen konvertibilisek (a fenti konverziók szerint), így logikai értékeket egész típusú változókban is tudunk tárolni (sőt, C99 előtt abban kellett).
- A C99 szabvány bevezette az `stdbool.h` header-t is, ami definiálja a „jobban kinéző” `bool` típust, valamint a `false` és `true` literálokat is.

Logikai adattípus C nyelven

- Ha nem szeretnénk az `stdbool.h` standard típusát használni, akkor magunk is definiálhatunk logikai konstansokat:

```
#define FALSE   0       /* Boolean típus hamis értéke */
#define TRUE    1       /* Boolean típus igaz értéke  */
```

vagy

```
#define TRUE    (1)         /* További lehetséges      */
#define TRUE    (!FALSE)    /* definíciók, de ezek     */
#define TRUE    (!(FALSE))  /* közül egyszerre csak    */
#define TRUE    (0==0)      /* egy használható         */
#define TRUE    (1==1)
#define FALSE   (!TRUE)
```

- Esetleg bevezethetünk saját típust is:

```
typedef enum {false, true} bool;
```

Arra ügyelni kell, hogy továbbra sem csak a `true` vagy `TRUE` érték lesz logikai igaz értékként értelmezve!

Valós típusok a C nyelvben

Típusok és módosítók

- A C nyelvben a valós adattípusok a `float` és `double`.
- A `double` adattípus az alábbi kulcsszóval módosítható:

  long Implementációfüggő módon 64, 80, 96 vagy 128 bites pontosságot megvalósító adattípus. A tárolási mérete különféle megfontolásokból a valós pontosság által igényeltnél nagyobb lehet (pl. egy 80 bites pontosságú érték 96 biten tárolódhat).

- A valós adattípusok az értékkészlet határain belül sem képesek minden valós értéket pontosan ábrázolni. Viszont az értékkészlet határain belüli minden a valós értéket képesek egy típusfüggő e relatív pontossággal ábrázolni, az a-hoz legközelebbi a típus által pontosan ábrázolható `x` valós értékkel. ($|(\mathtt{x} - a)/a| \leq e$)
- Az egyes típusok méretére az alábbiak biztosan teljesülnek: `sizeof(float)` $<$ `sizeof(double)` $\leq$ `sizeof(long double)`

Valós típusok a C nyelvben

Műveletek

- A C nyelv különféle valós adattípusai az értékhalmazukban különböznek egymástól, az értelmezett műveletükben megegyeznek.
- Valós kifejezésben bármely valós vagy egész típusú tényező (akár vegyesen többféle is) szerepelhet.
- Valós konstans típusa `double`, vagy a számleírásban megadott típus (`f`, `l` suffix).
- Értékadó művelet jobb oldalán álló kifejezés kiértékelése független attól, hogy a bal oldalon milyen típusú változó van.
- A típus pontatlansága miatt az == műveletet nagyon körültekintően kell használni!

Háromszög osztályozása, toleranciával [1/2]

haromszog-tol.c [1–29]

```c
/* Milyen háromszöget határoz meg három pozitiv valós szám,
 *    mint a háromszög három oldalhosszúsága? A valós típus
 *    pontatlansága miatt toleranciával számolunk.
 * 1997. Október 13.  Dévényi Károly, devenyi@inf.u-szeged.hu
 * 2014. Február 19.  Gergely Tamás, gertom@inf.u-szeged.hu
 */

#include <stdio.h>

#define EQUALS(X,Y) ( ( ((X) > (Y)) ? ((X) - (Y)) : ((Y) - (X)) ) <= 1e-10 )

int main() {
    double a, b, c;     /* a háromszög oldalhosszúságai */
    double m;           /* munkaváltozó a cseréhez      */

    printf("Kérem a három pozitív valós számot!\n");
    scanf("%lf%lf%lf", &a, &b, &c);

                            /* a,b,c átrendezése úgy, hogy a>=b,c legyen */
    if (a < b) {                                    /* a és b átrendezése */
        m = a;
        a = b;
        b = m;
    }
    if (a < c) {                                    /* a és c átrendezése */
        m = a;
        a = c;
        c = m;
    }
```

Háromszög osztályozása, toleranciával [2/2]

haromszog-tol.c [31–50]

```
31      if (c <= 0 || b <= 0) {
32          printf("Nem háromszög!\n");                          /* 1. alternatíva */
33      } else if (a >= b + c) {
34          printf("Nem háromszög!\n");                          /* 2. alternatíva */
35      } else if (EQUALS(a,b) && EQUALS(b,c) && EQUALS(a,c)) {
36          printf("Szabályos háromszög.\n");                    /* 3. alternatíva */
37      } else if (EQUALS(a,b) || EQUALS(b,c) || EQUALS(a,c)) {
38          if (EQUALS((a * a), (b * b + c * c))) {              /* 4. alternatíva */
39              printf("Egyenlő szárú derékszögű háromszög.\n");
40          } else {
41              printf("Egyenlő szárú háromszög.\n");
42          }
43      } else if (EQUALS((a * a), (b * b + c * c))) {
44          printf("Derékszögű háromszög.\n");                   /* 5. alternatíva */
45      } else {
46          printf("Egyéb háromszög.\n");                            /* egyébként */
47      }
48                                          /* vége a többszörös szelekciónak */
49      return 0;
50  }
```

Valós típusok a C nyelvben

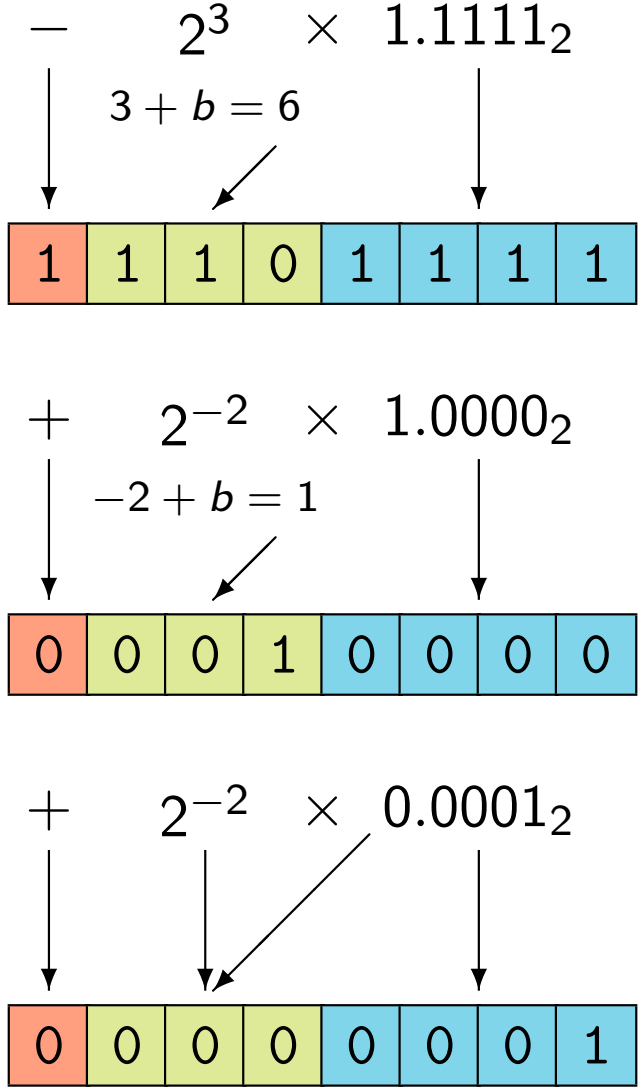
Tárolás [1/3]

- Egy valós értéket tároló memóriaterület három részre osztható: az *előjelbit*et, a *tört*et és az exponenciális *kitevő*t kódoló részre.
- Az értékhalmaz szokásos leképezése a következő:
  - Az *előjelbit* 0 értéke a pozitív, 1 értéke a negatív számokat jelöli.
  - A számot kettes számrendszerben $1.m \times 2^k$ alakra hozzuk, majd az m számjegyeit eltároljuk a *tört*nek, a k-nak egy típusfüggő b konstanssal növelt értékét pedig a *kitevő*nek fenntartott részen.
  - Így a *tört* rész hossza az ábrázolás pontosságát (az értékes számjegyek számát), a *kitevő* pedig az értéktartomány méretét határozza meg.
  - Nagyon kicsi számokat speciálisan $0.m \times 2^{1-b}$ alakban tárolhatunk, ekkor a *kitevő* összes bitje 0.
  - Ha a *kitevő* összes bitje 1, az csupa 0 bitből álló *tört* esetén a ∞, minden más esetben NaN értéket jelenti.
  - A 32/64 bites `float`/`double` az 1 *előjelbit* mögött 8/11 biten a *kitevő* $b = 127$-tel/1023-mal növelt értékét, majd 23/52 biten a *tört*et tárolja.

Valós típusok a C nyelvben

Tárolás [2/3]

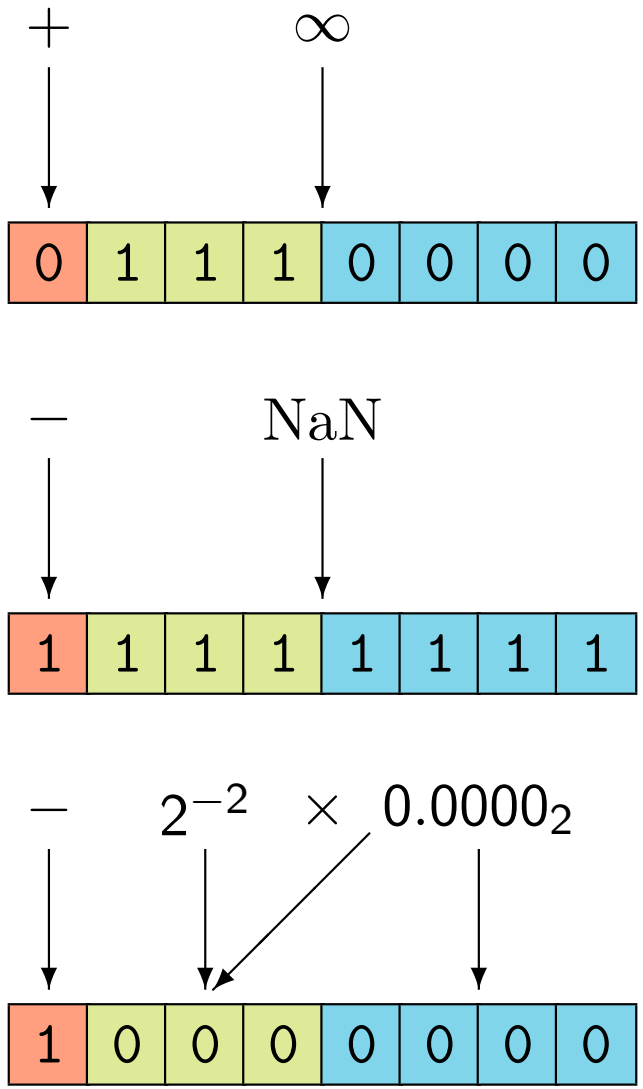
- Ha például 8 bites valós számokkal dolgoznánk, aminek 4 bitje a *tört* és 3 bitje a *kitevő* $b = 3$ korrekciós értékkel, akkor
  - a legkisebb ábrázolható érték a $-15.5 = -1.1111_2 \times 2^3$,
  - a legkisebb „normálisan” ábrázolható pozitív érték az $1/4 = 1.0000_2 \times 2^{-2}$,
  - a legkisebb ábrázolható pozitív érték pedig az $1/64 = 0.0001_2 \times 2^{-2}$ lenne.



Valós típusok a C nyelvben

Tárolás [3/3]

- Speciális értékeket is tárolhatunk:
  - A $\pm\infty$ értéket csupa 1-es *kitevő*vel és csupa 0 *tört* alakban ($\pm 1.0000_2 \times 2^4$-ként),
  - a $\pm\mathrm{NaN}$ értéket csupa 1-es *kitevő*vel és **nem** csupa 0 *tört*tel (például $\pm 1.1111_2 \times 2^4$-ként),
  - a ± 0 értéket pedig $\pm 0.0000_2 \times 2^{-2}$ alakban tárolhatjuk.



Tartalom

Összetett típusok, típusképzések

- Az összetett adattípusok értékei tovább bonthatóak, további értelmezésük lehetséges.
- A C nyelv összetett adattípusai:
  - Pointer típus
    - Függvény típus
  - Tömb típus
    - Sztringek
  - Rekord típus
    - Szorzat-rekord
    - Egyesítési-rekord

Összetett adattípusok, típusképzések

- Először a pointer típussal foglalkozunk, mert
  - ez a C nyelv egy igen hatékony eszköze,
  - használata tömör és hatékony kódot eredményez,
  - bizonyos tevékenységeket csak ezzel lehet megoldani, és
  - széles körben használható.

Pointer típus

- Már a K&R is óvatosságra int:
  „*Azt szokták mondani, hogy a mutató, csakúgy, mint a* `goto` *utasítás, csak arra jó, hogy összezavarja és érthetetlenné tegye a programot. Ez biztos így is van, ha ész nélkül használjuk, hiszen könnyűszerrel gyárthatunk olyan mutatókat, amelyek valamilyen nem várt helyre mutatnak. Kellő önfegyelemmel azonban a mutatókat úgy is alkalmazhatjuk, hogy ezáltal programunk világos és egyszerű legyen.*”

Pointer

Absztrakt adattípus – Dinamikus változók

- Az eddigi tárgyalásunkban szerepelt változók statikusak abban az értelemben, hogy létezésük annak a blokknak a végrehajtásához kötött, amelyben a változó deklarálva lett. A programozónak a deklaráció helyén túl nincs befolyása a változó létesítésére és megszüntetésére.
  - (Ez a fajta statikusság nem tévesztendő össze azzal, amit a `static` kulcsszóval érhetünk el a C nyelvben!)
- Az olyan változókat, amelyek a blokkok aktivizálásától függetlenül létesíthetők és megszüntethetők, dinamikus változóknak nevezzük.
- Dinamikus változók megvalósításának általános eszköze a pointer típus.
- Egy pointer típusú változó *értéke* (első megközelítésben) egy meghatározott típusú *dinamikus változó*.

Pointer

Virtuális C adattípus

- Pointer típusú változót a * segítségével deklarálhatunk:

```
típus * változónév;
```

- Például:
  - char típusú dinamikus változó deklarálása:

```
char * pc;
```

  - unsigned short int típusú dinamikus változó deklarációja:

```
unsigned short int * pi;
```

Pointer

Virtuális C adattípus

- Meg kell jegyezni, hogy a * a változóhoz kötődik, vagyis

```
int * p;
```

kétféle értelmezése közül, miszerint

  - A *p egy int típusú (dinamikus) változó, illetve
  - A p egy int* típusú (int-re mutató) változó,

az első célravezetőbb a következő deklarációk értelmezésénél:

```
int * p, q;
```

Ez ugyanis azt jelenti, hogy

  - *p és q is int típusú változók, azaz csak p lesz pointer, és
  - hibás az az értelmezés, miszerint p és q is int* típusú pointer.

- Ezért szokás a típusképző *-ot szorosan a változóhoz, és nem a típushoz írni.

Pointer

Virtuális C adattípus

- Pointer típust az alábbi módon definiálhatunk:

```
typedef típus *pointertípusnév;
```

vagyis egy változódeklarációhoz hasonlóan, csak a változónév helyett az új pointer típus neve szerepel.

- Például:

```
typedef unsigned long int *ulip;
ulip p;
```

Hivatkozás, változó, érték

- Első megközelítésben tehát egy pointer értéke egy dinamikus változó.
- Az eddigiek során lényegében azonosítottuk a változóhivatkozást és a hivatkozott változót.
- A dinamikus változók megértéséhez viszont világosan különbséget kell tennünk az alábbi három fogalom között:
  - *Változóhivatkozás*
  - *Hivatkozott változó*
  - *Változó értéke*

Hivatkozás, változó, érték

- A *változóhivatkozás* szintaktikus egység, meghatározott formai szabályok szerint képzett jelsorozat egy adott programnyelven, tehát egy kódrészlet.
- A *változó* a program futása során a program által lefoglalt memóriaterület egy része, amelyen egy adott (elemi vagy összetett) típusú *érték* tárolódik.
- Különböző változóhivatkozások hivatkozhatnak ugyanarra a változóra, illetve ugyanaz a változóhivatkozás a végrehajtás különböző időpontjaiban különböző változókra hivatkozhat.
- Egy változóhivatkozáshoz nem biztos, hogy egy adott időben tartozik hivatkozott változó.

Pointer

Absztrakt adattípus – Műveletek

- A statikus változóhivatkozáshoz tartozó változó a blokk végrehajtásának megkezdésétől a befejezéséig létezik.
- Dinamikus változóhivatkozáshoz tartozó változók a pointer típus műveleteivel hozhatók létre és szüntethetők meg.

Pointer

Absztrakt adattípus – Műveletek

- `NULL`
  - Konstans, érvénytelen pointer érték, a pointerhez nem tartozik dinamikus változó.
- `Létesít(←X:PE)`
  - Új dinamikus változó létesítése.
- `Értékadás(←X:PE; →Y:PE)`
  - Értékadás.
- `Törlés(↔X:PE)`
  - Dinamikus változó törlése.
- `Dereferencia(→X:PE)`
  - A pointer által mutatott dinamikus változó elérése, eredménye egy változóhivatkozás.
- `Egyenlő(→p:PE; →q:PE): bool`
  - Két pointer értéke megegyezik-e?
- `NemEgyenlő(→p:PE; →q:PE): bool`
  - Két pointer értéke különbözik?

Pointer

Virtuális adattípus – Műveletek

- NULL

```
NULL
```

- Létesít(←X:PE)

```
X = malloc(sizeof(E));
```

- Értékadás(←X:PE; →Y:PE)

```
X = Y;
```

- Törlés(↔X:PE)

```
free(X); X = NULL;
```

- Dereferencia(→X:PE)

```
*X
```

- Egyenlő(→p:PE; →q:PE): bool

```
p == q
```

- NemEgyenlő(→p:PE; →q:PE): bool

```
p != q
```

Pointer

Virtuális adattípus – Műveletek

- A C nyelv memóriaműveleteinek használatához szükség van az `stdlib.h` vagy a `memory.h` használatára.
- `malloc(S)`: lefoglal egy `S` méretű memóriaterületet a program számára.
- `sizeof(E)`: megadja, hogy az `E` kifejezés típusa vagy az `E` típus mekkora helyet igényel a memóriában.
- `malloc(sizeof(E))`: hatására tehát létrejön egy új `E` típusú érték tárolására (is) alkalmas változó, és ez a változó lesz a `p` értéke.
- `free(p)`: A művelet hatására a `p`-hez tartozó memóriaterület felszabadul ezáltal a dinamikus változó megszűnik. A művelet végrehajtása után a `p` pointerhez nem tartozik érvényes változó, ezért a `*p` változóhivatkozás végrehajtása jobb esetben azonnali futási hibát eredményez. (Rosszabb esetben pedig olyan lappangó hibát, aminek az eredménye a program egy teljesen más pontján jelenik meg.)

Pointer típus műveletei

Példa

- A dinamikus változó létrehozására tehát a `malloc()`, megszűntetésére a `free()` függvény szolgál:

```
int *p;

 p  = malloc(sizeof(int));
*p  = 3;

*p += 6;
free(p);
```

Változó	Érték
–	–
–	–

változóhivatkozás a forráskódban

változó és értéke a memóriában

p

*p

Pointer típus műveletei

Példa

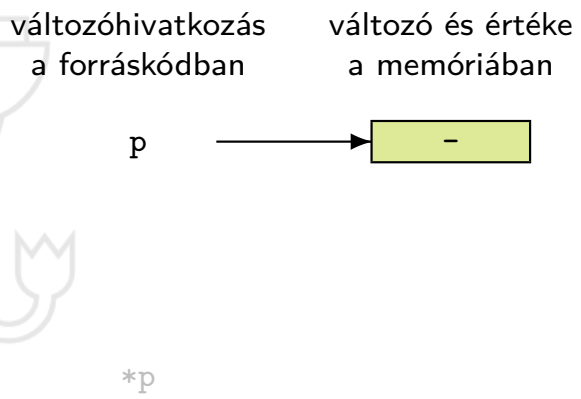
- A dinamikus változó létrehozására tehát a `malloc()`, megszűntetésére a `free()` függvény szolgál:

```
int *p;

 p  = malloc(sizeof(int));
*p  = 3;

*p += 6;
free(p);
```

Változó	Érték
p	-
-	-



Pointer típus műveletei

Példa

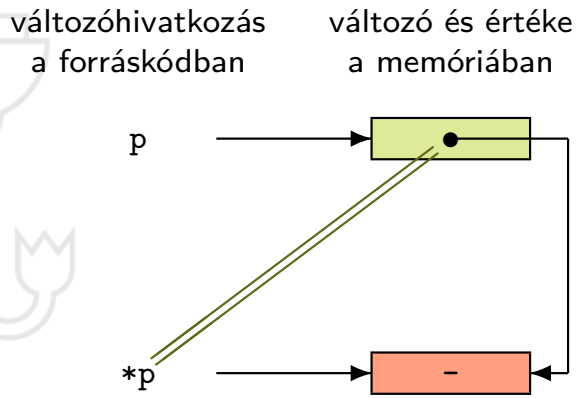
- A dinamikus változó létrehozására tehát a `malloc()`, megszűntetésére a `free()` függvény szolgál:

```
int *p;

 p  = malloc(sizeof(int));
*p  = 3;

*p += 6;
free(p);
```

Változó	Érték
p	*p
*p	-



Pointer típus műveletei

Példa

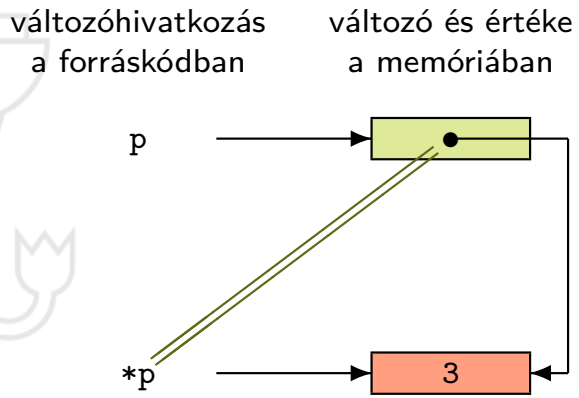
- A dinamikus változó létrehozására tehát a `malloc()`, megszűntetésére a `free()` függvény szolgál:

```
int *p;

 p  = malloc(sizeof(int));
*p  = 3;

*p += 6;
free(p);
```

Változó	Érték
p	*p
*p	3



Pointer típus műveletei

Példa

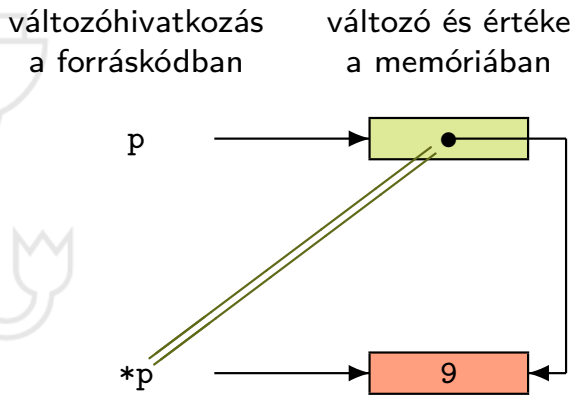
- A dinamikus változó létrehozására tehát a `malloc()`, megszűntetésére a `free()` függvény szolgál:

```
int *p;

 p  = malloc(sizeof(int));
*p  = 3;

*p += 6;
free(p);
```

Változó	Érték
p	*p
*p	9



Pointer típus műveletei

Példa

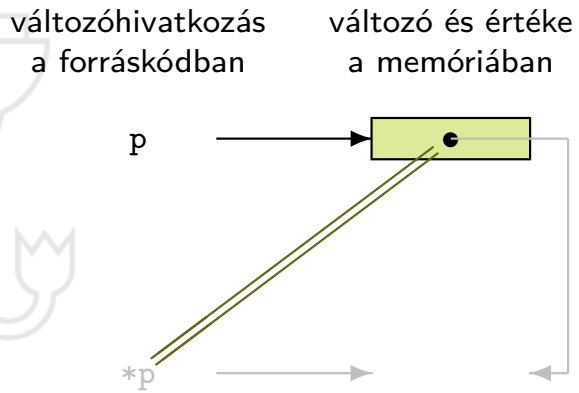
- A dinamikus változó létrehozására tehát a `malloc()`, megszűntetésére a `free()` függvény szolgál:

```
int *p;

 p  = malloc(sizeof(int));
*p  = 3;

*p += 6;
free(p);
```

Változó	Érték
p	–
–	–



Pointer típus műveletei

Példa

- A dinamikus változó létrehozására tehát a `malloc()`, megszűntetésére a `free()` függvény szolgál:

```
int *p = NULL;
int *q = NULL;
 p  = malloc(sizeof(int));
*p  = 3;
 q  = p;
*q += 6;
free(q);
```

Változó	Érték
–	–
–	–
–	–

változóhivatkozás a forráskódban	változó és értéke a memóriában
`p`	
`q`	
`*p`	
`*q`	

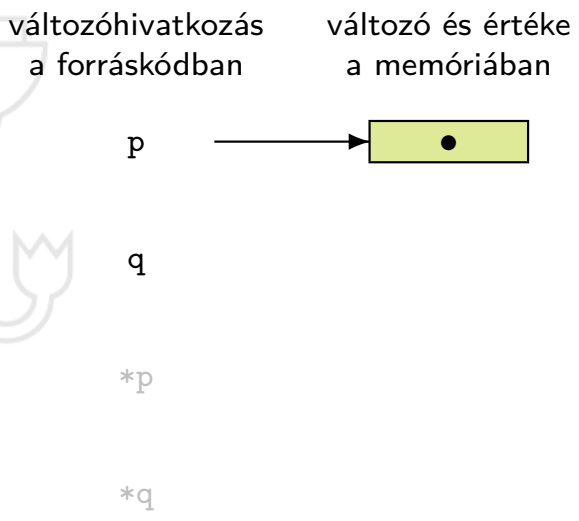
Pointer típus műveletei

Példa

- A dinamikus változó létrehozására tehát a `malloc()`, megszűntetésére a `free()` függvény szolgál:

```
int *p = NULL;
int *q = NULL;
 p  = malloc(sizeof(int));
*p  = 3;
 q  = p;
*q += 6;
free(q);
```

Változó	Érték
p	NULL
–	–
–	–



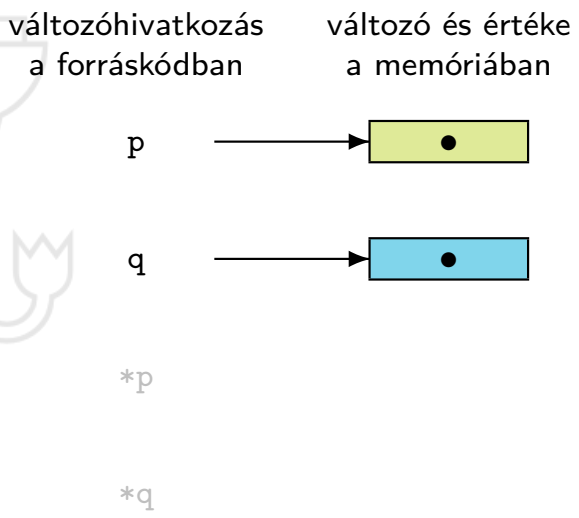
Pointer típus műveletei

Példa

- A dinamikus változó létrehozására tehát a `malloc()`, megszűntetésére a `free()` függvény szolgál:

```
int *p = NULL;
int *q = NULL;
 p  = malloc(sizeof(int));
*p  = 3;
 q  = p;
*q += 6;
free(q);
```

Változó	Érték
p	NULL
q	NULL
–	–



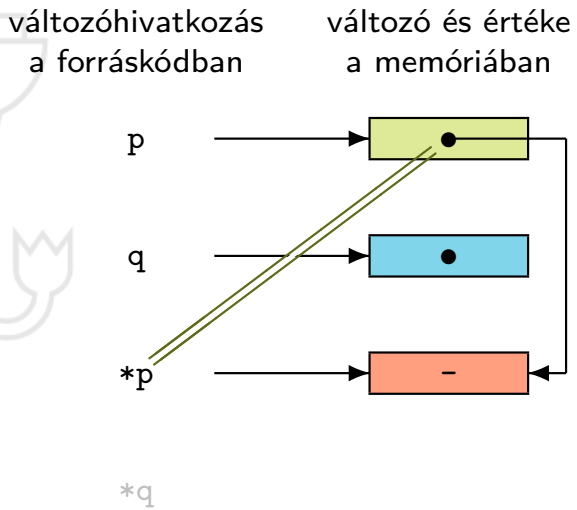
Pointer típus műveletei

Példa

- A dinamikus változó létrehozására tehát a `malloc()`, megszűntetésére a `free()` függvény szolgál:

```
int *p = NULL;
int *q = NULL;
 p  = malloc(sizeof(int));
*p  = 3;
 q  = p;
*q += 6;
free(q);
```

Változó	Érték
p	din.v.
q	NULL
din.v.	-



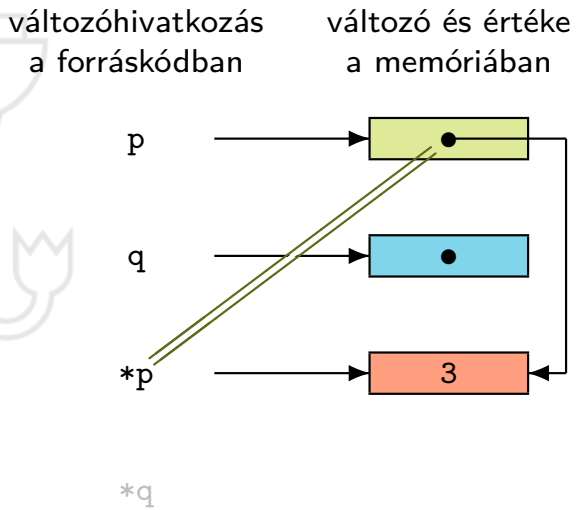
Pointer típus műveletei

Példa

- A dinamikus változó létrehozására tehát a `malloc()`, megszűntetésére a `free()` függvény szolgál:

```
int *p = NULL;
int *q = NULL;
 p  = malloc(sizeof(int));
*p  = 3;
 q  = p;
*q += 6;
free(q);
```

Változó	Érték
p	din.v.
q	NULL
din.v.	3



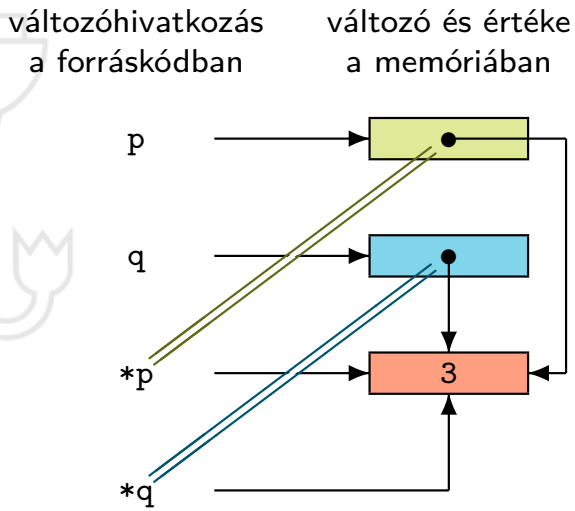
Pointer típus műveletei

Példa

- A dinamikus változó létrehozására tehát a `malloc()`, megszűntetésére a `free()` függvény szolgál:

```
int *p = NULL;
int *q = NULL;
 p  = malloc(sizeof(int));
*p  = 3;
 q  = p;
*q += 6;
free(q);
```

Változó	Érték
p	din.v.
q	din.v.
din.v.	3



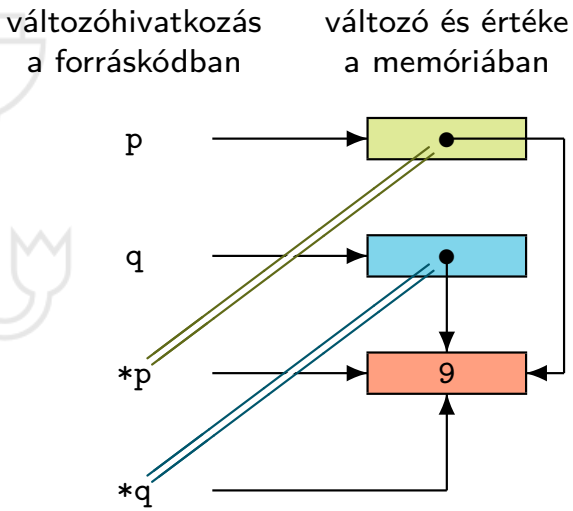
Pointer típus műveletei

Példa

- A dinamikus változó létrehozására tehát a `malloc()`, megszűntetésére a `free()` függvény szolgál:

```
int *p = NULL;
int *q = NULL;
 p  = malloc(sizeof(int));
*p  = 3;
 q  = p;
*q += 6;
free(q);
```

Változó	Érték
p	din.v.
q	din.v.
din.v.	9



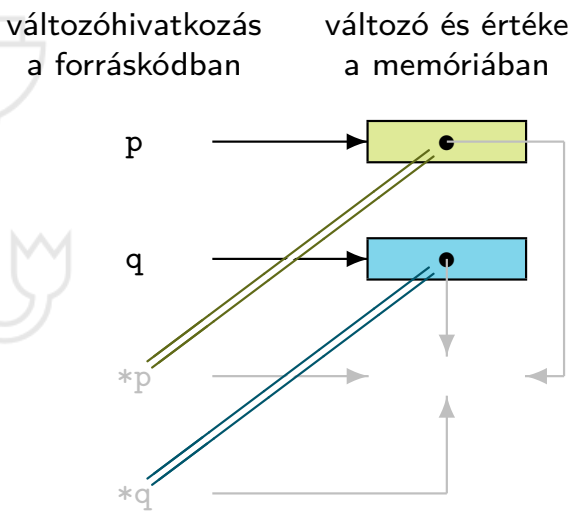
Pointer típus műveletei

Példa

- A dinamikus változó létrehozására tehát a `malloc()`, megszűntetésére a `free()` függvény szolgál:

```
int *p = NULL;
int *q = NULL;
 p  = malloc(sizeof(int));
*p  = 3;
 q  = p;
*q += 6;
free(q);
```

Változó	Érték
p	–
q	–
–	–



Pointer

Virtuális adattípus – Memóriacím

- Linux alatt logikailag minden programnak saját memória-tartománya van, amin belül az egyes memóriacímeket egy sorszám azonosítja.
- Pointer típusú változó 32 bites rendszereken 4 bájt, 64 bites rendszereken 8 bájt hosszban a hozzá tartozó dinamikus változóhoz foglalt memóriamező kezdőcímét (sorszámát) tartalmazza.
- A pointer értéke tehát (második megközelítésben) értelmezhető egy tetszőleges memóriacímként is, amely értelmezés egybeesik a pointer megvalósításával.

Pointer

Virtuális Adattípus – Műveletek

- Ilyen módon viszont értelmezhetjük a címképző műveletet, ami egy változó memóriabeli pozícióját, címét adja vissza.
- `Cím(→v:E; ←p:PE)`

```
p = &v;
```

- Az & művelet tehát egy változó memóriacímét adja vissza, így egy pointer értéke akár egy globális vagy lokális statikus változó is lehet.
- Ha nem statikus lokális változó címével dolgozunk, akkor arra azért figyeljünk, hogy ezek a változók csak addig léteznek, míg az adott blokkból ki nem lépünk.

Pointer típus műveletei

Példák

- Az & és a * jobbasszociatív műveletek és magas precedenciájúak.

```
int i,j,*p;
 p = &i;          /* p i-re mutat */
 j = *p;          /* hatása ua., mint j = i;   */
*p = 2;           /* hatása ua., mint i = 2; */
 j = *p + 1;      /* hatása ua., mint j = i + 1; */
*p += 1;          /* hatása ua., mint i += 1; */
++*p;             /* hatása ua., mint ++i; */
(*p)++;           /* hatása ua., mint i++; */
```

C műveletek prioritása

műveletek	asszoc.	C operátorok
egyoperandusú postfix, elemkiválasztás, mezőkiválasztás, függvényhívás	→	`x++`, `x--`, `[]`, `.`, `->`, `f()`
egyoperandusú prefix, méret, típuskényszerítés	←	`+`, `-`, `++x`, `--x`, `!`, `~`, `&`, `*`, `sizeof`, `(type)`
multiplikatív	→	`*`, `/`, `%`
additív	→	`+`, `-`
bitléptetés	→	`<<`, `>>`
kisebb-nagyobb relációs	→	`<=`, `>=`, `<`, `>`
egyenlő-nem egyenlő relációs	→	`==`, `!=`
bitenkénti 'és'	→	`&`
bitenkénti 'kizáró vagy'	→	`^`
bitenkénti 'vagy'	→	`|`
logikai 'és'	→	`&&`
logikai 'vagy'	→	`||`
feltételes	←	`?:`
értékadó	←	`=`, `+=`, `-=`, `*=`, `/=`, `%=` `>>=`, `<<=`, `&=`, `^=`, `|=`
szekvencia	→	`,`

Poiterek

`void *`

- A `void` típust már ismerjük: ez az amelynek az értékkészlete 0 elemű. Miért van szükség `void` típusra mutató pointerre vagy ilyen típusú dinamikus változóra?
- A `void*` egy speciális, úgynevezett típustalan pointer. Az ilyen típusú pointerek „csak” memóriacímek tárolására alkalmasak, a dereferencia művelet alkalmazása rájuk értelmetlen. Viszont minden típusú pointerrel kompatibilisek értékadás és összehasonlítás tekintetében.

Függvény argumentumok

Kimenő mód kezelése

- A függvényműveletnél az argumentumok kezelése érték szerint történik, amely csak bemenő módú argumentumok használatát teszi lehetővé. Ha kimenő módú argumentumokra is szükségünk van, akkor ennek kezelését nekünk kell megoldani pointer segítségével.
- Legyen a `csere` függvény feladata az argumentumok értékének megcserélése. Ha a `csere` függvény deklarációja

```
csere (int x, int y) {
    int m;
    m = x;
    x = y;
    y = m;
}
```

akkor a

```
csere(a, b);
```

művelet nem végzi el a cserét, hiszen az csak az `a` és `b` változók értékét kapja meg és ezeket cserélgeti a lokális változókban.

Függvény argumentumok

Kimenő mód kezelése

- Az a és b változók értéke helyett tehát a változók címét kell átadni és átvenni. Ha a csere függvény deklarációja

```
csere (int *x, int *y) {
    int m;
     m = *x;
    *x = *y;
    *y = m;
}
```

akkor a

```
csere(&a, &b);
```

művelet már megcseréli az a és b változók értékét.

Függvény argumentumok

- Ha tehát nem használunk globális változókat, akkor be- és kimenő módú argumentum kezelésére kielégítő megoldást ad a következő séma:
  - A paraméterek értékét lokális változóba tesszük, majd ezek értékit a `return` utasítás előtt visszaadjuk a paraméternek. (Tisztán kimenő módú paraméter esetén a paraméter értékének lokális változóba másolása (◀) elhagyható.)
  - A hívás helyén nem a változó értékét, hanem a címét adjuk át argumentumként.

```
csinalValamit (int *px, int *py) {
    int x, y;
    x = *px; y = *py;                ◀
    ...
    *px = x; *py = y;
    return;
}
```

Másodfokú egyenlet gyökei

Problémafelvetés és specifikáció

- Problémafelvetés
  - Határozzuk meg egy másodfokú egyenlet valós gyökeit!
- Specifikáció
  - A probléma inputja három valós szám, az $ax^2 + bx + c$ másodfokú egyenlet a, b és c együtthatói.
  - Az output két valós szám, az egyenlet x_1, x_2 valós gyökei, ha létezik valós gyök, különben – ha nincs valós gyök, vagy végtelen sok van – egy szöveg, ami a valós gyökök kiszámíthatatlanságát jelzi.

Másodfokú egyenlet gyökei

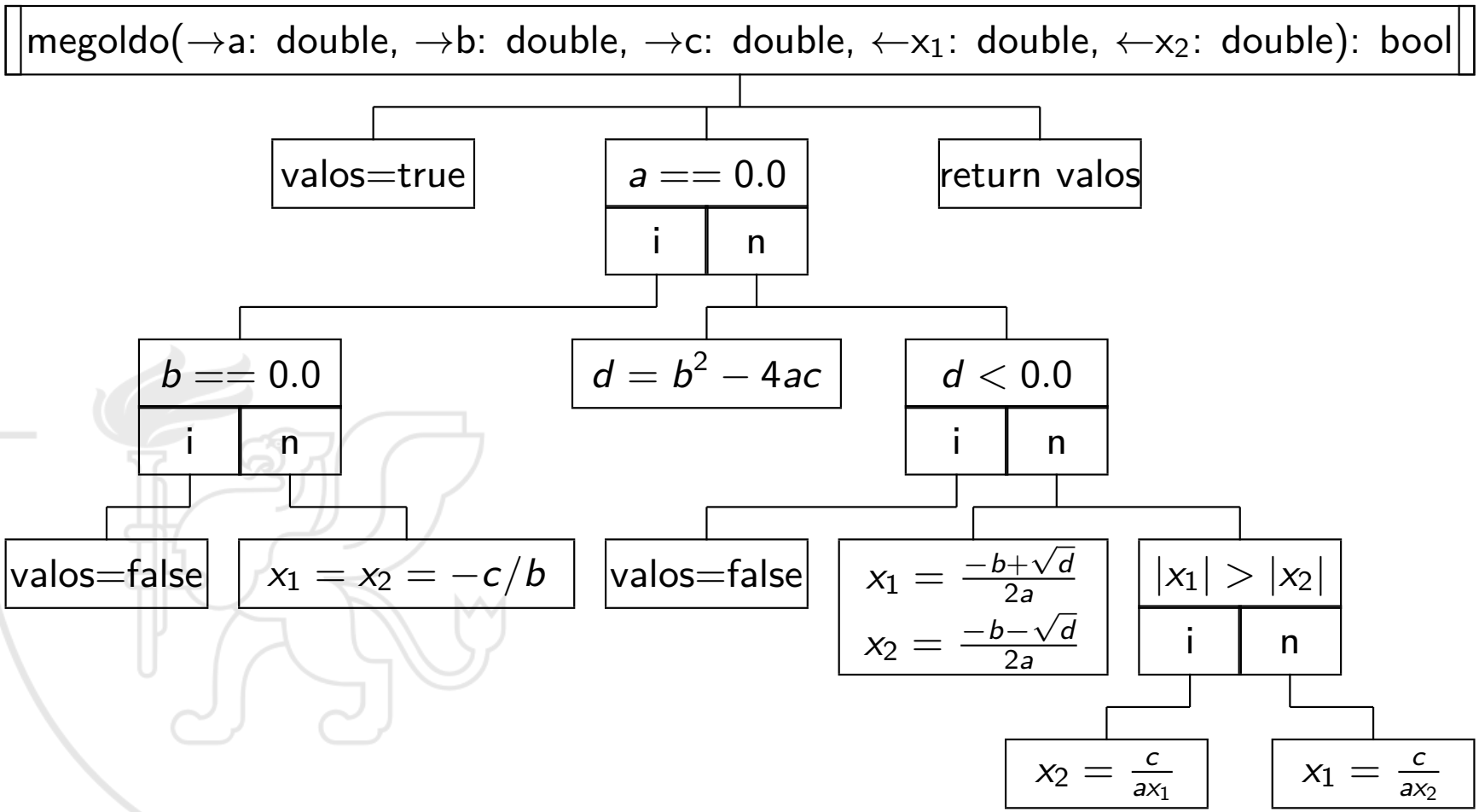
Algoritmustervezés

- A probléma megoldása olyan függvényművelettel adható meg, amelynek
  - három bemenő paramétere van: `a`, `b`, `c`, az egyenlet együtthatói;
  - két kimenő paramétere van: $\mathtt{x}_1$, $\mathtt{x}_2$, a két valós gyök;
  - továbbá a függvény logikai értéket ad vissza, amely akkor és csak akkor lesz igaz, ha van valós gyök.
- A közismert $x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$ megoldóképletet használjuk.

Másodfokú egyenlet gyökei

Algoritmustervezés – Szerkezeti ábra

- A függvény:



Másodfokú egyenlet gyökei [1/3]

masodfok.c [1–9]

```c
/* Másodfokú egyenlet valós gyökeinek meghatározása a
 *   megoldo függvénnyel.
 * 1998. március 31. Dévényi Károly, devenyi@inf.u-szeged.hu
 * 2013. augusztus 29. Gergely Tamás, gertom@inf.u-szeged.hu
 */

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

Másodfokú egyenlet gyökei [2/3]

masodfok.c [11–37]

```
11 bool megoldo(double a, double b, double c, double *x1, double *x2) {
12     bool valos = true;                                   /* van-e megoldás */
13
14     if (a == 0.0) {
15         if (b == 0.0) {                                /* az egyenlet elfajuló */
16             valos = false;
17         } else {
18             *x1 = *x2 = -(c / b);
19         }
20     } else {
21         double d;                                        /* a diszkrimináns */
22         d = b * b - 4.0 * a * c;
23         if (d < 0.0) {                                 /* nincs valós gyöke */
24             valos = false;
25         } else {
26             *x1 = (-b + sqrt(d)) / (2.0 * a);
27             *x2 = (-b - sqrt(d)) / (2.0 * a);
28             if (fabs(*x1) > fabs(*x2)) {  /* gyökök pontosabb kiszámolása */
29                 *x2 = c / (*x1 * a);
30             } else if (*x2 != 0) {
31                 *x1 = c / (*x2 * a);
32             }
33         }
34     }
35
36     return valos;
37 }
```

Másodfokú egyenlet gyökei [3/3]

masodfok.c [39–57]

```
39 int main() {
40     double a, b, c, x, y;                          /* a főprogram változói */
41
42     printf("Kérem az első egyenlet együtthatóit!\n");
43     scanf("%lg%lg%lg%*[^\n]", &a, &b, &c); getchar();
44     if (megoldo(a, b, c, &x, &y)) {
45         printf("Az egyenlet gyökei: %20.10lf és %20.10lf\n", x, y);
46     } else {
47         printf("Az egyenletnek nincs valós megoldása!\n");
48     }
49     printf("Kérem a második egyenlet együtthatóit!\n");
50     scanf("%lg%lg%lg%*[^\n]", &a, &b, &c); getchar();
51     if (megoldo(a, b, c, &x, &y)) {
52         printf("Az egyenlet gyökei: %20.10lf és %20.10lf\n", x, y);
53     } else {
54         printf("Az egyenletnek nincs valós megoldása!\n");
55     }
56     return 0;
57 }
```

Másodfokú egyenlet gyökei

- Az `x1` és `x2` kimenő paraméterek, ezért átalakítjuk a függvény deklarációját. Mivel nem használunk globális változókat, ezek nem okozhatnak problémát.

Másodfokú egyenlet gyökei [megoldo függvény változat]

masodfok.c [11–37] helyett

```
11 bool megoldo(double a, double b, double c, double *x1, double *x2) {
12     bool valos = true;                                    /* van-e megoldás */
13     double mx1, mx2;                        /* munkaváltozók *x1 és *x2 helyett */
14     if (a == 0.0) {
15         if (b == 0.0) {                                  /* az egyenlet elfajuló */
16             valos = false;
17         } else {
18             mx1 = mx2 = -(c / b);
19         }
20     } else {
21         double d;                                          /* a diszkriminánsz */
22         d = b * b - 4.0 * a * c;
23         if (d < 0.0) {                                   /* nincs valós gyöke */
24             valos = false;
25         } else {
26             mx1 = (-b + sqrt(d)) / (2.0 * a);
27             mx2 = (-b - sqrt(d)) / (2.0 * a);
28             if (fabs(mx1) > fabs(mx2)) {  /* gyökök pontosabb kiszámolása */
29                 mx2 = c / (mx1 * a);
30             } else if (mx2 != 0) {
31                 mx1 = c / (mx2 * a);
32             }
33         }
34     }
35     *x1 = mx1; *x2 = mx2;
36     return valos;
37 }
```

Tartalom

Tömb

Absztrakt adattípus – Értékkészlet

- Algoritmusok tervezésekor gyakran előfordul, hogy adatok sorozatával kell dolgozni, vagy mert az input adatok sorozatot alkotnak, vagy mert a feladat megoldásához kell.
- Tegyük fel, hogy a sorozat rögzített elemszámú (n) és mindegyik komponensük egy megadott (elemi vagy összetett) típusból (E) való érték.
- Ekkor tehát egy olyan összetett adathalmazzal van dolgunk, amelynek egy eleme $A = (a_0, \ldots, a_{n-1})$, ahol $a_i \in E, \forall i \in (0, \ldots, n-1)$-re.
- Ha az ilyen sorozatokon a következő műveleteket értelmezzük, akkor egy (absztrakt) adattípushoz jutunk, amit *Tömb* típusnak nevezünk.
- Jelöljük ezt a *Tömb* típust T-vel, a $0, \ldots, n-1$ intervallumot pedig I-vel.

Tömb

Absztrakt adattípus – Műveletek

- `Kiolvas(`$\rightarrow$`A:T; `$\rightarrow$`i:I; `$\leftarrow$`x:E)`
  - Adott $i \in I$-re az A sorozat i. komponensének kiolvasása adott x, E típusú változóba.
- `Módosít(`$\leftrightarrow$`A:T; `$\rightarrow$`i:I; `$\rightarrow$`x:E)`
  - Adott $i \in I$-re az A sorozat i. komponensének módosítása adott x, E típusú értékre.
- `Értékadás(`$\leftarrow$`A:T; `$\rightarrow$`X:T)`
  - Értékadó művelet. Az A változó felveszi az X, T típusú kifejezés értékét.

Riadólánc

Problémafelvetés és specifikáció

- Problémafelvetés
  - Adott valahány ember, akik riadóláncot akarnak alkotni. A közösség minden tagjára meghatározott, hogy kit értesít. Eldöntendő, hogy adott értesítési hozzárendelések valóban riadóláncot alkotnak-e?
- Specifikáció
  - A probléma inputja egy n szám, a közösség tagjainak (akiket $[0, \ldots, n-1]$ sorszámokkal azonosítunk) száma, valamint egy n elemű számsorozat, melynek i. tagja az i. sorszámú ember által értesítendő személy sorszáma.
  - Az output egy „Igen” vagy „Nem” tetszőleges szövegkörnyezetben.

Riadólánc

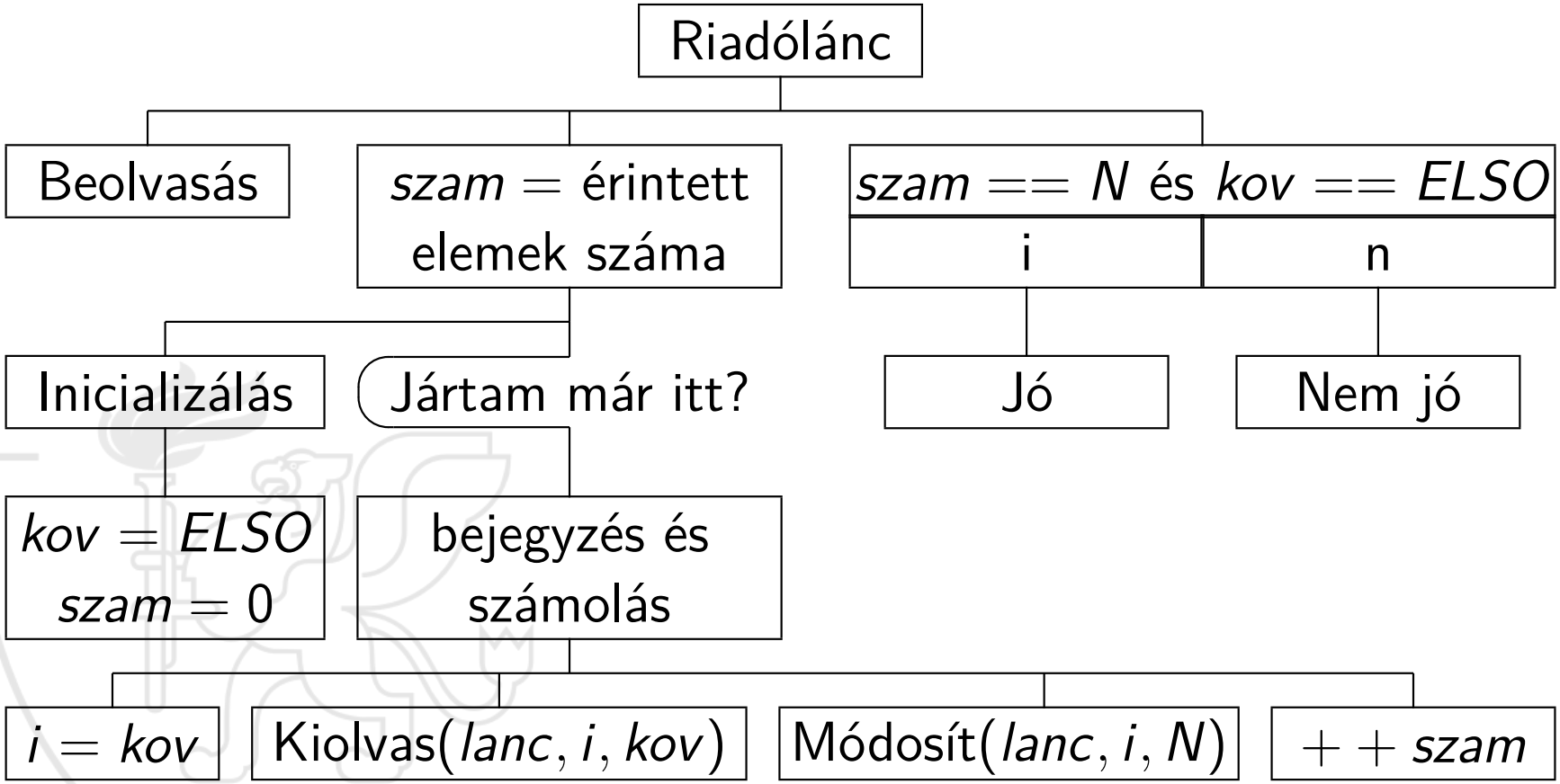
Algoritmustervezés

- A riadólánc egy *Lanc* nevű számsorozattal adható meg, amelynek *i*. eleme annak az embernek a sorszáma, akit az *i*-nek értesíteni kell.
- A *Lanc* sorozat akkor és csak akkor valódi riadólánc, ha bármelyik elemétől elindulva a *Lanc* szerinti hozzárendelést követve visszajutunk *i*-be úgy, hogy közben minden elemet érintettünk.
- Ezt azonban elég egy tetszőleges elemtől kezdve kipróbálni.

Riadólánc

Algoritmustervezés – Szerkezeti ábra 1.

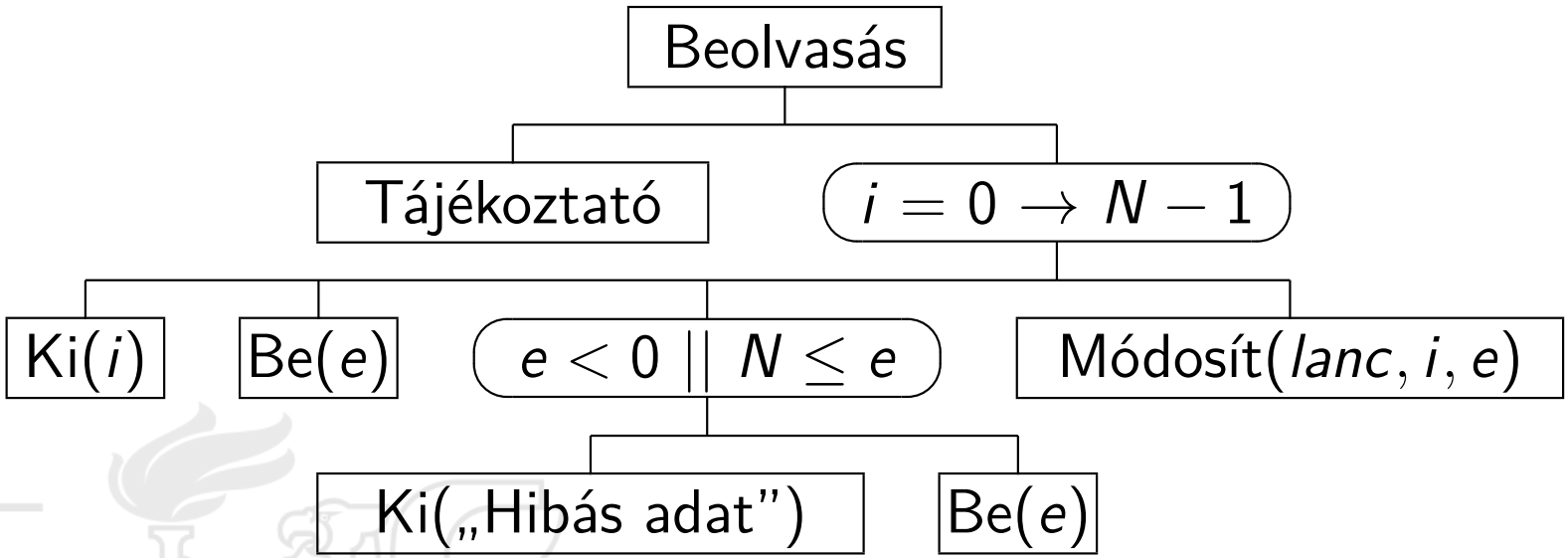
- Az program szerkezeti ábrája:



Riadólánc

Algoritmustervezés – Szerkezeti ábra 2.

- A beolvasás szerkezeti ábrája:



Tömb

Virtuális C adattípus

- Tömb típusú változót az alábbi módon deklarálhatunk:

```
típus változónév[elemszám];
```

- Például:

```
char ct[5];                 /* 5 char típusú elemből álló tömb */
unsigned short int it[20]; /* 20 elemű unsigned short int tömb */
```

- Tömb típust az alábbi módon definiálhatunk:

```
typedef típus újnév[elemszám];
```

(vagyis egy változódeklarációhoz hasonlóan, csak a változónév helyett az új típus neve szerepel.)

- Például:

```
typedef int tomb20[20];
tomb20 t;
```

Tömb

Virtuális C adattípus – Műveletek

- A `Kiolvas` és a `Módosít` műveletek megvalósítása a tömbelem-hivatkozással történik.
- A tömbelem-hivatkozásra a `[]` operátort használjuk. Ez egy olyan tömbökön értelmezett művelet C-ben, ami nagyon magas precedenciával rendelkezik és balasszociatív.
- Egy tömbre a tömbindexelés operátort (megfelelő index használatával) alkalmazva a tömb adott elemét változóként kapjuk vissza.

C műveletek prioritása

műveletek	asszoc.	C operátorok
egyoperandusú postfix, elemkiválasztás, mezőkiválasztás, függvényhívás	→	`x++`, `x--`, `[]`, `.`, `->`, `f()`
egyoperandusú prefix, méret, típuskényszerítés	←	`+`, `-`, `++x`, `--x`, `!`, `~`, `&`, `*`, `sizeof`, `(type)`
multiplikatív	→	`*`, `/`, `%`
additív	→	`+`, `-`
bitléptetés	→	`<<`, `>>`
kisebb-nagyobb relációs	→	`<=`, `>=`, `<`, `>`
egyenlő-nem egyenlő relációs	→	`==`, `!=`
bitenkénti 'és'	→	`&`
bitenkénti 'kizáró vagy'	→	`^`
bitenkénti 'vagy'	→	`|`
logikai 'és'	→	`&&`
logikai 'vagy'	→	`||`
feltételes	←	`?:`
értékadó	←	`=`, `+=`, `-=`, `*=`, `/=`, `%=` `>>=`, `<<=`, `&=`, `^=`, `|=`
szekvencia	→	`,`

Tömb

Virtuális C adattípus – Műveletek

- `Kiolvas(→A:T; →i:I; ←x:E)`

```
x = A[i];
```

- `Módosít(↔A:T; →i:I; →x:E)`

```
A[i] = x;
```

- `Értékadás(←A:T; →X:T)`
  - C-ben az `A = X` művelet nem alkalmazható tömbökre, mert a baloldalon nem változóhivatkozás áll (erről később). (Az értékadás művelet nem keverendő össze az inicializálással!)
  - Használható viszont az alacsony szintű `memcpy()`, vagy C11-től a biztonságosabb `memcpy_s()` függvény.

```
memcpy(A, X, sizeof(T));
memcpy_s(A, sizeof(A), X, sizeof(T));
```

Tömb

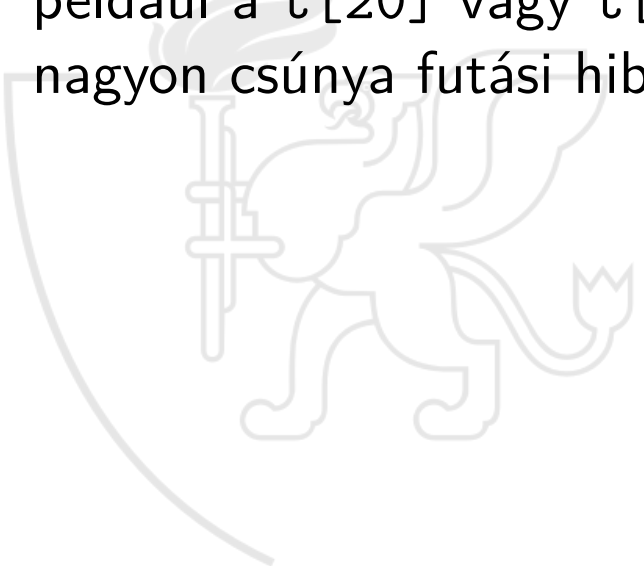
Virtuális C adattípus – Műveletek

- C nyelvben a tömb indexelése minden esetben 0-val kezdődik, azaz egy

```
int t[20];
```

deklaráció esetén a tömb elemei `t[0]`, `t[1]`, ..., `t[19]` lesznek.

- Nincs viszont indexhatár-ellenőrzés, azaz a fenti deklaráció esetén például a `t[20]` vagy `t[-1]` elemekre is lehet hivatkozni, ez azonban nagyon csúnya futási hibákat eredményezhet.



Riadólánc [1/2]

riadolanc.c [1–18]

```c
/* Adott n számú embert tartalmazó közösség. Eldöntendő,
 *   hogy riadóláncot alkotnak-e?
 * 2006. augusztus 9. Gergely Tamás, gertom@inf.u-szeged.hu
 */

#include <stdio.h>

#define N    8                                  /* a sorozat elemeinek száma */
#define ELSO 0                          /* az első vizsgálandó elem sorszáma */

int main () {
    int lanc[N];                                 /* a sorozatot tároló tömb */
    int e, i;                                          /* munkaváltozók */
    int kov;                                     /* a következő vizsgálandó */
    int szam;                                                /* számláló */

    printf("Kérem␣a␣%d␣eleműű␣sorozatot␣,␣amelyről␣", N);
    printf("eldöntöm␣hogy␣riadólánc-e!\n");
```

Riadólánc [2/2]

riadolanc.c [20–46]

```
20      for (i = 0; i < N; ++i) {                                   /* beolvasás */
21          printf("%d. kit értesít? ", i);
22          scanf("%d%*[^\n]", &e); getchar();
23
24          while ((e < 0) || (N <= e)) {
25              printf("Hibás adat!\nKérem újra: ");
26              scanf("%d%*[^\n]", &e); getchar();
27          }
28          lanc[i] = e;
29      }
30
31      kov  = ELSO;                                              /* inicializálás */
32      szam = 0;
33      do {
34          i       = kov;
35          kov     = lanc[i];                                      /* továbblépés */
36          lanc[i] = N;                                /* jártam már itt bejegyzése */
37          ++szam;
38      } while (lanc[kov] != N);                                   /* jártam már itt? */
39
40      if ((szam == N) && (kov == ELSO)) {
41          printf("A számsorozat riadólánc.\n");
42      } else {
43          printf("A számsorozat nem riadólánc.\n");
44      }
45      return 0;
46  }
```

Általános tömb

Absztrakt típus – Értékkészlet

- Legyen E tetszőleges típus.
- Legyenek $I_1, \ldots, I_k$ tetszőleges sorrendi típusok.
- Legyen $I = I_1 \times \cdots \times I_k = \{(i_1, \ldots, i_k) | i_1 \in I_1, \ldots, i_k \in I_k\}$, tehát az $I_1, \ldots, I_k$ halmazok direktszorzata.
- Képezhetjük azt a $T = Tömb(I_1, \ldots, I_k, E)$ új típust, amelynek értékhalmaza az I-ből E-be való függvények halmaza, azaz: $\{A | A : I \to E\}$ A k-t a tömb dimenziójának nevezzük.

Általános tömb

Absztrakt adattípus – Műveletek

- `Kiolvas(`$\rightarrow$`A:T; `$\rightarrow$`i`$_1$`:I`$_1$`; ...; `$\rightarrow$`i`$_k$`:I`$_k$`; `$\leftarrow$`x:E)`
  - Az A tömb $(i_1, \ldots, i_k)$ indexű komponensének kiolvasása adott x, E típusú változóba.
- `Módosít(`$\leftrightarrow$`A:T; `$\rightarrow$`i`$_1$`:I`$_1$`; ...; `$\rightarrow$`i`$_k$`:I`$_k$`; `$\rightarrow$`x:E)`
  - Az A tömb $(i_1, \ldots, i_k)$ indexű komponensének módosítása adott x, E típusú értékre.
- `Értékadás(`$\leftarrow$`A:T; `$\rightarrow$`X:T)`
  - Értékadó művelet. Az A változó felveszi az X, T típusú kifejezés értékét.

Általános tömb

Virtuális C adattípus

- Vegyük észre, hogy a $T = Tömb(I_1, \ldots, I_k, E)$ típus felfogható úgy, mint egy $T = Tömb(I_1, T_1)$, ahol $T_1 = Tömb(I_2, \ldots, I_k, E)$.
- Továbbá az sem jelent megkötést, hogy minden egyes I_j intervallum $[0..N_j]$ alakú legyen, hiszen bármely $[n..m]$ intervallum elemei egyszerűen transzformálhatók a $[0..(m-n)]$ intervallumra.
- Ezek alapján a C nyelven már létre tudunk hozni többdimenziós tömb típust is:

```
typedef E T[N1][N2]...[Nk];
```

Általános tömb típus C nyelven

Példák

- Típusdefiníciók

```c
typedef int tomb[100];
typedef double matrix[10][10];
typedef char szoveg[21];
```

- Változódeklarációk

```c
matrix m;     /* az előző típussal */
char s[21];
int vector[20];
```

Általános tömb típus C nyelven

- A tömbelem-hivatkozás itt is a `[]` zárójelpárral történik úgy, hogy minden indexet külön zárójelek közé teszünk:

```
m[5][7]
```

- Ez tulajdonképpen nem más, mint a `[]` operátor többszöri alkalmazása, hiszen:
  - `m` egy tömb, aminek egy eleme tömb, aminek egy eleme egy `double` változó;
  - `m[5]` egy tömb, aminek egy eleme egy `double` változó;
  - `m[5][7]` egy `double` változó.

Általános tömb

Virtuális C adattípus – Műveletek

- `Kiolvas(`$\rightarrow$`A:T; `$\rightarrow i_1 : I_1$`; ...; `$\rightarrow i_k : I_k$`; `$\leftarrow$`x:E)`

```
x = A[i1]...[ik];
```

- `Módosít(`$\leftrightarrow$`A:T; `$\rightarrow i_1 : I_1$`; ...; `$\rightarrow i_k : I_k$`; `$\rightarrow$`x:E)`

```
A[i1]...[ik] = x;
```

- `Értékadás(`$\leftarrow$`A:T; `$\rightarrow$`X:T)`
  - C-ben az `A = X` művelet nem alkalmazható tömbökre, mert a baloldalon nem változóhivatkozás áll (erről később). (Az értékadás művelet nem keverendő össze az inicializálással!)
  - Használható viszont az alacsony szintű `memcpy()`, vagy C11-től a biztonságosabb `memcpy_s()` függvény.

```
memcpy(A, X, sizeof(T));
memcpy_s(A, sizeof(A), X, sizeof(T));
```

Általános tömb

Virtuális C adattípus – Inicializálás (1)

- Ha tömböt kezdőértékkel deklarálunk, akkor az *első* dimenzió mérete elhagyható, mert az a kezdőértékek számából kiolvasható. De ha kevesebb kezdőértéket adunk meg, mint amekkora tömbre később szükségünk van, akkor ezt a méretet is meg kell adni.
  - Egy 3×3-as tömb:

```
int t[][3] = {
    { 1, 2, 3 },  { 4, 5, 6 },  { 7, 8, 9 }
};
```

  - Egy 4×3-as tömb, amelyben az utolsó sort nem inicializáltuk:

```
int t[4][3] = {
    { 1, 2, 3 },  { 4, 5, 6 },  { 7, 8, 9 }
};
```

  - Egy 4×3-as tömb, amelyben csak az első oszlopot inicializáljuk:

```
int t[][3] = {
    { 1 },  { 4 },  { 7 },  { 9 }
};
```

Általános tömb

Virtuális C adattípus – Inicializálás (2)

- A C99 szabvány lehetővé teszi tetszőleges tömbelemek inicializálását. Ekkor a {} zárójelek között az egyes értékek elé „[N] =”-t írva (ahol N egy konstans egész érték) jelezhetjük, hogy az adott érték hányadik tömbelem kezdőértéke lesz. Ha a rákövetkező inicializáló elem(ek) esetén nem használjuk ezt a jelölőt, akkor az(ok) automatkusan a következő tömbelem kezdőértéke(i) lesz(nek).
  - Egy 4×3-as tömb, amelyben az első sort, annak is csak a második és harmadik elemét, valamint a harmadik sor harmadik elemét inicializáljuk:

```
int t[4][3] = {
    [0] = { [1] = 8, 9 },
    [2][2] = 1
};
```

- Ha a tömböt csak részben inicializáljuk, a nem inicializált mezők 0 (vagy azzal ekvivalens, de a típusuknak megfelelő) értéket kapnak.

Tömb

Fizikai adattípus

- A lehetséges gépi megvalósítás vizsgálatánál abból kell kiindulni, hogy a memória lineáris szerkezetű.
- Tömb típusú változó számára történő helyfoglalás azt jelenti, hogy minden tömbelem, mint változó számára memóriát kell foglalni.
- Feltehetjük, hogy egy adott tömb változóhoz a tömbelemek számára foglalt tárterület összefüggő mezőt alkot.
- A megvalósítás tehát azt jelenti, hogy a lefoglalt memóriaterület kezdőcíme és az $i_1, \ldots, i_k$ indexkifejezések értékéből ki kell számítani az `A[i1]...[ik]` tömbelem *Cím*$(A[i_1]...[i_k])$ címét. Ezt a hozzárendelést az A tömbváltozóhoz tartozó címfüggvénynek nevezzük.
- Nyilvánvaló, hogy a *Cím* függvény felírható $t_0 + \mathrm{TCF}(i_1, \ldots, i_k)$ alakban, ahol t_0 az A változóhoz foglalt memóriamező kezdőcíme, a TCF függvény pedig a tömb típus által meghatározott és tömb-címfüggvénynek nevezzük.

Tömb

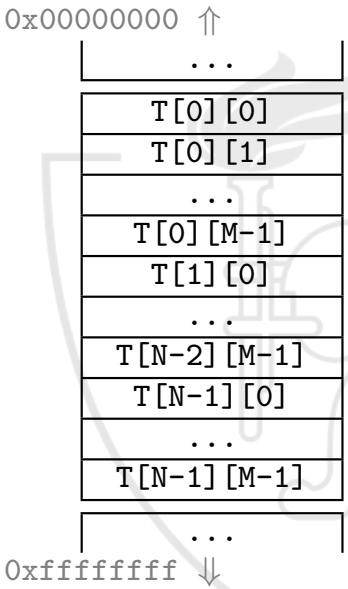
Fizikai adattípus

- Ahhoz, hogy a tömb hatékony legyen olyan TCF függvényt keresünk, amely egyszerűen, gyorsan kiszámítható $i_1, \ldots, i_k$ függvényében.
- Egydimenziós tömb esetén adja magát a $i_1 c_1$ képlet, ahol c_1 egy tömbelem mérete.
- A képletet könnyen kiterjeszthetjük több dimenzióra:
  - Legyen a tömb definíciója `E T[N`$_1$`]...[N`$_k$`];`
  - `T[i`$_1$`]` offszetje (címe a tömbön belül) $i_1 \cdot \texttt{sizeof}\,(E[N_2]\ldots[N_k])$
  - `T[i`$_1$`][i`$_2$`]` offszetje $i_1 c_1 + i_2 \cdot \texttt{sizeof}\,(E[N_3]\ldots[N_k])$
  - `...`
  - `T[i`$_1$`]...[i`$_k$`]` offszetje $i_1 c_1 + \cdots + i_k c_k$, ahol $\forall 1 \leq i < k : c_i = \texttt{sizeof}\,(E[N_{i+1}]\ldots[N_k])$ és $c_k = \texttt{sizeof}\,(E)$
- Ha a tömbméretet konstansként adtuk meg, akkor a $c_1, \ldots, c_k$ konstansok fordítási időben kiszámíthatóak.
- Ha a tömbünk méretét változóval adtuk meg, akkor a $c_1, \ldots, c_k$ konstansok kiszámítása futásidőben történik.

Tömb

Fizikai adattípus

- Ez tulajdonképpen a tömbelemek index szerinti lexikografikus rendezését adja meg: $(i_1, \ldots, i_k) <_{lex} (j_1, \ldots, j_k)$ akkor és csak akkor, ha a legkisebb u indexre, amelyre $i_u \neq j_u$, teljesül az $i_u < j_u$.
- Kétdimenziós esetben (`E T[N][M];`) például a lexikografikus rendezés az alábbiak szerint működik:



	0	1		j		M-2	M-1
0	0	1	...	j	...	M-2	M-1
1	M	M+1	...	Mj	...	2M-2	2M-1
	...	...	...	...	...	...	...
i	iM	iM+1	...	iM+j	...	(i+1)M-2	(i+1)M-1
	...	...	...	...	...	...	...
N-2	(N-2)M	(N-2)M+1	...	(N-2)M+j	...	(N-1)M-2	(N-1)M-1
N-1	(N-1)M	(N-1)M+1	...	(N-1)M+j	...	NM-2	NM-1

Tömb

Fizikai adattípus

- A tömbök használata nagy körültekintést igényel, mert a program végrehajtása közben nincs indexhatár-ellenőrzés, így `double m[10][10];` deklaráció esetén az `m[0][10]` hivatkozás ugyanaz mint az `m[1][0]`, és a C mindkettőt elfogadja.
  - Ez persze kihasználható többdimenziós tömbök egyszerűbb inicializálásakor, vagy pozíciófüggetlen műveletek elvégzésekor.
  - Például itt az alábbi kódrészlet és a kimenete:

```
1 int i, j, a[3][3];
2 for (i = 0; i < 9; ++i)
3    a[0][i] = i;
4 for (i = 0; i < 3; ++i) {
5    for (j = 0; j < 3; ++j)
6       printf("%d␣", a[i][j]);
7    printf("\n");
8 }
```

```
0 1 2
3 4 5
6 7 8
```

Ciklikus függvény

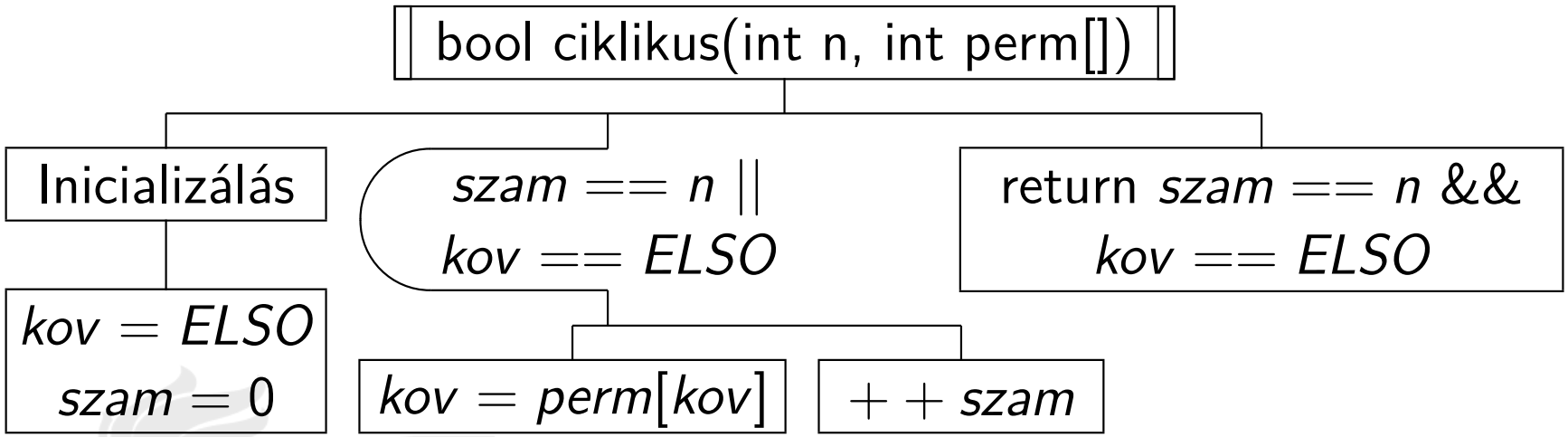
Problémafelvetés és specifikáció

- Problémafelvetés
  - A *Riadólánc* algoritmusban a bemenő adatot tároló tömb az algoritmus végrehajtása során módosul. Ez elkerülendő akkor, ha a bemenő adaton más műveletet is kell végeznünk.
  - Készítsünk tehát egy olyan függvényt, amely egy értesítési láncról eldönti, hogy az riadólánc-e (matematikai megfogalmazással: eldönti, hogy a kapott adatok ciklikus permutációt határoznak-e meg) anélkül, hogy a láncot magát megváltoztatná.
- Specifikáció
  - A függvény inputja egy n szám, a közösség tagjainak (akiket $[0, \ldots, n-1]$ sorszámokkal azonosítunk) száma, valamint egy n elemű tömb, melynek i. tagja az i. sorszámú ember által értesítendő személy sorszáma. A tömb bemenő paraméter, értékét a függvény nem változtathatja meg.
  - Az output a függvény visszatérési értéke, egy logikai igaz érték ha az input ciklikus permutáció, illetve hamis ha nem az.

Ciklikus függvény

Algoritmustervezés – Szerkezeti ábra

- A ciklikus függvény szerkezeti ábrája:



Tömb mint paraméter

- Egy függvény paramétere lehet tömb típusú is. Ilyen esetben azonban nem történik teljes értékmásolás, hanem csak a tömb címe (vagyis egy pointer) kerül átadásra, így a tömb elemein végzett bármely módosítás az eredeti tömbön kerül végrehajtásra.
- Mivel C-ben nincs indexhatár-ellenőrzés, és a paraméterként átadott tömbnek csak a címét kapja meg a függvény, ezért ha a függvény `T` paramétertípusa `E` típusú elemekből álló egydimenziós tömb, ennek a pontos méretét a függvény deklarációjában nem kell megadni.
- Az `E` típus méretét viszont pontosan ismerni kell, tehát ha a `T` többdimenziós tömb típus, azaz `E` is legalább egydimenziós tömb típus, akkor `E` minden dimenziójának a méretét pontosan fel kell tüntetni, azaz csak `T` legelső dimenziójának mérete hagyható el. Pl:

```
bool ciklikus(int n, int A[]);
int fgv(int tomb[][10][3]);
```

Ciklikus függvény [1/2]

riadolanc-ciklikus.c [1–21]

```c
/* Adott n számú embert tartalmazó közösség. Eldöntendő,
 *   hogy riadóláncot alkotnak-e?
 *   Ehhez felhasználunk egy függvényt, amely eldönti, hogy
 *   a kapott sorozat ciklikus permutáció-e?
 * 2005. október 13. Gergely Tamás, gertom@inf.u-szeged.hu
 * 2014. október 9. Gergely Tamás, gertom@inf.u-szeged.hu
 */

#include <stdio.h>
#include <stdbool.h>

#define N    8                                  /* a sorozat elemeinek száma */
#define ELSO 0                          /* az első vizsgálandó elem sorszáma */

bool ciklikus(int n, int perm[]) {                 /* A paraméter egy tömb */
    int kov = ELSO, szam = 0;                     /* következő és számláló */
    do {
        kov = perm[kov]; szam++;                                /* továbblépés */
    } while ((kov != ELSO) && (szam != n));
    return (kov == ELSO) && (szam == n);
}
```

Ciklikus függvény [2/2]

riadolanc-ciklikus.c [23–47]

```c
int main () {
    int lanc[N];                                    /* a sorozatot tároló tömb */
    int e, i;                                       /* munkaváltozók */

    printf("Kérem␣a␣%d␣elemű␣sorozatot,␣amelyről␣", N);
    printf("eldöntöm,␣hogy␣riadólánc-e!\n");

    for (i = 0; i < N; ++i) {                       /* beolvasás */
        printf("%d.␣kit␣értesít␣?␣", i);
        scanf("%d%*[^\n]", &e); getchar();

        while ((e < 0) || (N <= e)) {
            printf("Hibás␣adat!\nKérem␣újra:␣");
            scanf("%d%*[^\n]", &e); getchar();
        }
        lanc[i] = e;
    }

    if (ciklikus(N, lanc)) {
        printf("A␣számsorozat␣riadólánc.\n");
    } else {
        printf("A␣számsorozat␣nem␣riadólánc.\n");
    }
    return 0;
}
```

Tömbök

Egy komplexebb adatszerkezet megvalósítása

- A gráf megvalósítható tömbök segítségével többféle módon is, attól függően, hogy milyen műveleteket fogunk végezni rajta:
  - Két adott pont között van-e él?
  - Adott pontból hány él vezet ki, és hová?
  - Kell-e törölni éleket vagy elég ha a bemenő élek számát csökkentjük?

Szomszédsági mátrix

	1	2	3	4
1	0	1	0	1
2	0	0	0	1
3	1	1	0	0
4	0	0	1	1

Éllista

	Ki
1	2
2	1
3	2
4	2

2	4	–	–
4	–	–	–
1	2	–	–
3	4	–	–

Be
1
2
1
3

Tartalom

A sztring adattípus [1/2]

- A program futása során a felhasználóval való kommunikáció általában a program által kiírt illetve a felhasználó által bevitt szövegeken, karaktersorozatokon keresztül történik.
- Ilyen karaktersorozatok tárolására kézenfekvő megoldást jelent a karakter tömb típus (rögzített E = karakter alaptípussal és I = N^+ indextípussal), ekkor a sztring adattípus értékkészlete a $0, 1, \ldots, \infty$ hosszúságú karaktersorozatok halmaza.
- Ezen az értékhalmazon értelmezett alapvetőbb sztring műveletek:
  - Karakter kiolvasása
  - Karakter módosítása
  - Hossz meghatározása
  - Értékadás
  - Összefűzés
  - Egyenlő

A sztring adattípus [2/2]

- Mivel azonban a végtelen az algoritmizálás során nem túl szerencsés fogalom, és a tömböknek is véges méretük van, a tényleges megvalósítás mindig valamilyen korlátos sztringet valósít meg.
- Így általában Sztring(n) típusú sztringekről beszélhetünk, amiket E = karakter alaptípusból és I $= 0, \ldots, n-1$ indextípusból képzett tömbökkel reprezentálhatunk, és amiknek az értékkészlete a legfeljebb n hosszúságú karaktersorozatok halmaza.
- Az ilyen módon különböző n méretekkel implementált sztringek viszont nagymértékben kompatibilisek egymással, műveleteik megegyeznek, és az értéktartományokon belül azonos eredményt adnak.

Sztringek C-ben [1/2]

- Karaktersorozatot egyszerűen egy karakteres tömbbel készítünk.

```
char str[h];
```

- A `char str[h]` változó számára h bájt foglalódik és maximum $h-1$ karakter hosszú szöveg tárolható benne. A szöveg maximális méretére (a fizikai korlátokon kívül) nincs korlátozás.
- Az `str` szöveg i. karakterére az `str[i-1]` változóhivatkozással hivatkozhatunk.
- A sztring értékeket idézőjelek között lehet megadni.

```
"Helló␣Világ!"
"Hány␣forintot␣váltsunk?"
"%lf"
"%lf␣HUF␣=␣%lf␣EUR\n"
```

Sztringek C-ben [2/2]

- A karaktertömb számára lefoglalt hely (a sztring *mérete*) valójában csak egy felső korlátot jelent a sztring *hosszára* nézve. A sztring aktuális értéke ettől a korláttól lefelé bármikor eltérhet.
- A szöveg végét a szöveghez tartozó utolsó karakter után elhelyezett `'\0'` karakter jelzi. Így egy h *méretű* karaktertömbben maximum $h-1$ értékes karaktert, ezáltal maximum $h-1$ karakter *hosszú* szöveget tárolhatunk.
- Legyen `char str[6];` a sztring deklarációja, ekkor az `"egy"`, `"alma"` és `"meggy"` szavak, valamint az üres sztring (`""`) az alábbi módon tárolódnak el.

0.	1.	2.	3.	4.	5.
e	g	y	\0		
a	l	m	a	\0	
m	e	g	g	y	\0
\0					

Sztringek C-ben

Literálok

- A sztringek valóban karaktertömbök, tehát inicializálhatók úgy, mint egy tömb:

```
{'s','z','t','r','i','n','g','\0'}
```

- Van azonban egy egyszerűbb forma is:

```
"sztring"
```

- A sztring literálban a legtöbb, a karakter literáloknál már megismert escape szekvencia használható. Az egyetlen különbség a határolójelekből adódik:
  - míg karakter esetén az aposztrófot kell escape szekvenciával megadni ('\'', '"'),
  - addig sztringek esetében az idézőjelet ("'", "\"").
- Egymástól csak whitespace karakterekkel elválasztott sztring literálokat a fordító összefűzi, és egyetlen értékként kezeli.

Sztringek C-ben

Inicializálás

- Az ilyen módokon megadott sztringliterálok használhatók inicializálásra, azaz:

```
char str[20] = "sztring";
```

vagy akár

```
char str[] = "sztr" "ing";
```

Utóbbi esetben a fordító automatikusan határozza meg a sztring méretét.

- Ha a *sztringliterál hossza* pontosan megegyezik a *sztring változó (karakterrömb) deklarált méretével*, akkor a sztringet lezáró '\0' karakter nem kerül eltárolásra, vagyis a karaktertömb értéke sztringként hibás (lezáratlan) lesz. Mivel ez szabvány szerinti működés, a fordító ezt nem jelzi.

Sztring műveletek C-ben.

Karakterek elérése

- `Kiolvas(`$\rightarrow$`s : Sztring,` $\rightarrow$`i :` N^+`,` $\leftarrow$`c: Karakter)`
  - Mivel a sztringek valójában tömbök, a tömbindexelés operátort (`[]`) használjuk.

```
c = s[i];
```

- `Módosít(`$\leftrightarrow$`s : Sztring,` $\rightarrow$`i :` N^+`,` $\rightarrow$`c: Karakter)`
  - Mivel a sztringek valójában tömbök, a tömbindexelés operátort (`[]`) használjuk.

```
s[i] = c;
```

Sztring műveletek C-ben.

Sztring hossza

- A sztringek hosszának meghatározása gyakran szükséges. Az `strlen()` függvénynek nagyon sokféle lehetséges implementációja lehetséges:

```c
int strlen(char s[]) {
    int i = 0;
    while (s[i] != '\0') {
        ++i;
    }
    return i;
}
```

```c
int strlen(char s[]) {
    int i = 0;
    while (s[i] != 0) {
        ++i;
    }
    return i;
}
```

```c
int strlen(char s[]) {
    int i = 0;
    while (s[i]) {
        ++i;
    }
    return i;
}
```

```c
int strlen(char s[]) {
    int i;
    for (i = 0; s[i] != '\0'; ++i);
    return i;
}
```

```c
int strlen(char *s) {
    int n;
    for (n = 0; *s != '\0'; ++s, ++n);
    return n;
}
```

```c
int strlen(char *s) {
    char *p = s;
    while (*p) ++p;
    return p - s;
}
```

```c
int strlen(char *s) {
    char *p;
    for (p = s; *p; ++p);
    return p - s;
}
```

Sztring műveletek C-ben.

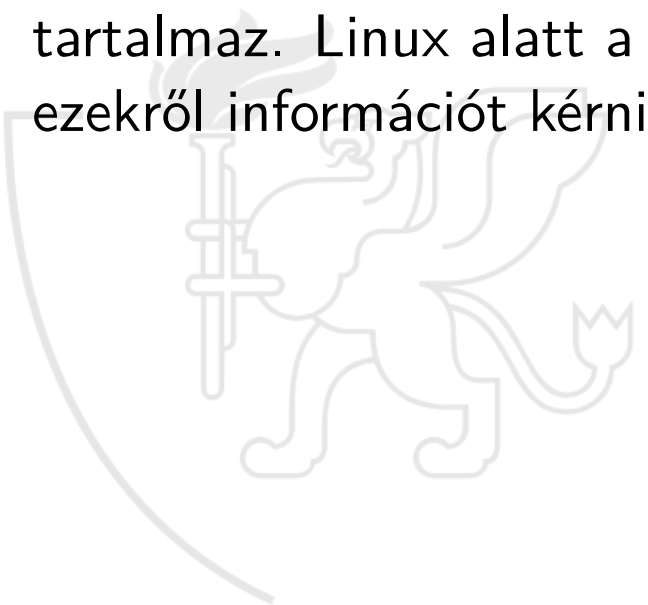
string.h

- C nyelvben a sztringműveleteket függvényekkel valósították meg. Ezeket a függvényeket az

```
#include <string.h>
```

  sor megadása után tudjuk használni.

- A `string.h` a felsoroltakon túl egyéb hasznos sztringműveleteket is tartalmaz. Linux alatt a `man string` parancs segítségével lehet ezekről információt kérni.



Sztring műveletek C-ben.

`string.h` fontosabb függvényei [1/2]

- `size_t strlen(const char *s)`
- `int strcmp(const char *s1, const char *s2)`
- `int strncmp(const char *s1, const char *s2, size_t n)`
- `char *strdup(const char *src)`
- `char *strndup(const char *src, size_t n)`
- `char *strcpy(char *dest, const char *src)`
- `char *strncpy(char *dest, const char *src, size_t n)`
- `char *strcat(char *dest, const char *src)`
- `char *strncat(char *dest, const char *src, size_t n)`

Sztring műveletek C-ben.

`string.h` fontosabb függvényei [2/2] (C11-től)

- `size_t strnlen_s(const char *s, size_t sz)`
- `errno_t strcpy_s(char *dest, rsize_t sz,`
  `const char *src)`
- `errno_t strncpy_s(char *dest, rsize_t sz,`
  `const char *src, rsize_t n)`
- `errno_t strcat_s(char *dest, rsize_t sz,`
  `const char *src)`
- `errno_t strncat_s(char *dest, rsize_t sz,`
  `const char *src, rsize_t n)`

A `string.h` fontosabb függvényei.

`strlen`

- `size_t strlen(const char *s)`
  Egy sztring hosszának meghatározása.

  `s` A sztring.

  returns A sztring hossza.

  - Nem definiált a viselkedése arra az esetre, ha a kapott paraméter `NULL`;
  - Le nem zárt sztring esetén buffer overflow-t (overread) okozhat.

A `string.h` fontosabb függvényei.

`strcmp`

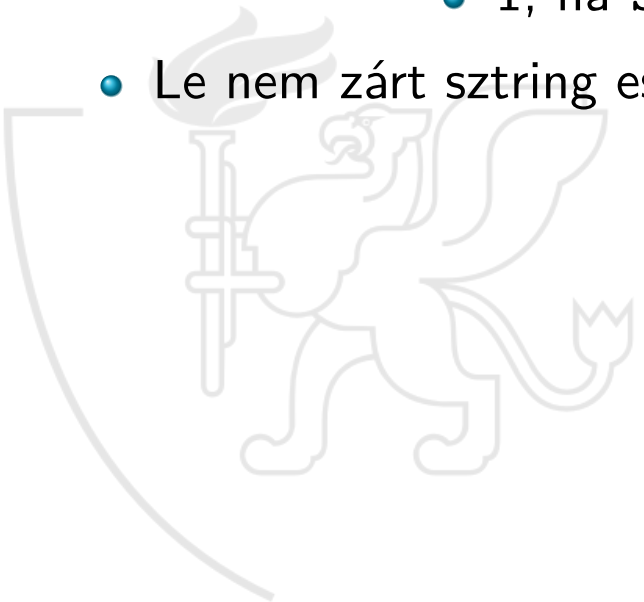
- `int strcmp(const char *s1, const char *s2)`
  Két sztring összehasonlítása lexikografikus rendezéssel.

  `s1` Az első sztring.

  `s2` A második sztring.

  returns
  - -1, ha `s1` $<_{lex}$ `s2`;
  - 0, ha `s1` $=_{lex}$ `s2`;
  - 1, ha `s1` $>_{lex}$ `s2`.

  - Le nem zárt sztring esetén buffer overflow-t (overread) okozhat.



A `string.h` fontosabb függvényei.

`strncmp`

- `int strncmp(const char *s1, const char *s2, size_t n)`
  Két sztring összehasonlítása lexikografikus rendezéssel.

  `s1` Az első sztring.

  `s2` A második sztring.

  `n` Az összehasonlításhoz használt karakterek maximális száma.

  returns
  - -1, ha `s1` $<_{lex}$ `s2`;
  - 0, ha `s1` $=_{lex}$ `s2`;
  - 1, ha `s1` $>_{lex}$ `s2`.

- Az összehasonlításhoz a sztringek első legfeljebb `n` karakterét használja, ha a két sztring addig egyezik, akkor egyenlőnek tekinti őket.
- Helyesen használva véd a buffer overflow ellen.

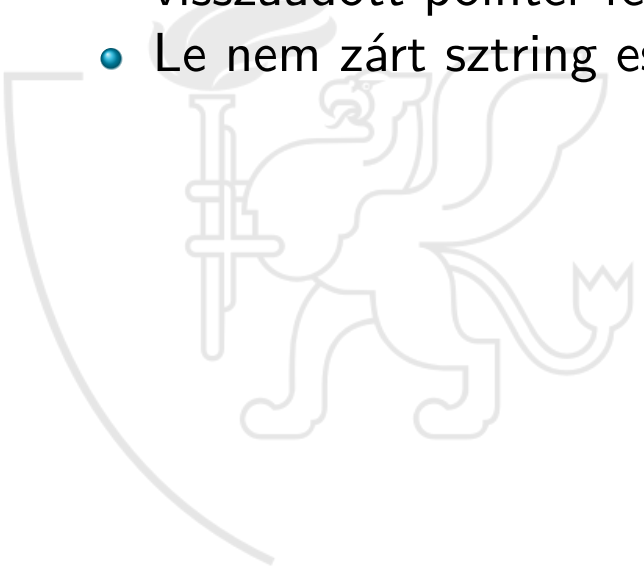
A `string.h` fontosabb függvényei.

`strdup`

- `char *strdup(const char *src)`
  Egy sztring duplikálása új sztring létrehozásával.

`src`	A duplikálandó sztring.
returns	Az új sztring pointere sikeres duplikálás esetén, különben a `NULL` pointer.

  - Mivel a függvény memóriafoglalást végez, nem szabad megfeledkezni a visszaadott pointer felszabadításáról, ha arra már nincs szükség;
  - Le nem zárt sztring esetén buffer overflow-t (overread) okozhat.



A `string.h` fontosabb függvényei.

`strndup`

- `char *strndup(const char *src, size_t n)`
  Egy sztring duplikálása új sztring létrehozásával.

`src`	A duplikálandó sztring.
`n`	A duplikált sztring maximális hossza.
returns	Az új sztring pointere sikeres duplikálás esetén, különben a `NULL` pointer.

  - Az `strndup` esetén a duplikált sztring legfeljebb `n` hosszúságú lesz akkor is, ha az eredeti hosszabb volt;
  - Mivel a függvény memóriafoglalást végez, nem szabad megfeledkezni a visszaadott pointer felszabadításáról, ha arra már nincs szükség;
  - Helyesen használva véd a buffer overflow ellen.

A `string.h` fontosabb függvényei.

`strcpy`

- `char *strcpy(char *dest, const char *src)`
  Egy sztring értékének másolása megadott helyre.

`dest`	A cél sztring, ahová másolni kell.
`src`	A forrás sztring, aminek az értékét másolni kell.
returns	A `dest` pointer.

  - Mivel nincs információja a sztringek méretéről, buffer overflow-t okozhat a használata.

A `string.h` fontosabb függvényei.

`strncpy`

- `char *strncpy(char *dest, const char *src, size_t n)`
  Egy sztring értékének másolása megadott helyre.

`dest`	A cél sztring, ahová másolni kell.
`src`	A forrás sztring, aminek az értékét másolni kell.
`n`	Az átmásolandó karakterek maximális száma.
returns	A `dest` pointer.

  - Ha a forrás hossza legalább `n`, akkor a cél sztring végére nem kerül lezáró karakter;
  - Ha a forrás hossza rövidebb `n`-nél, akkor az `n`-ből fennmaradó helyet nulla kódú karakterekkel tölti fel;
  - Mivel nincs információja a `dest` sztring méretéről, buffer overflow-t okozhat.

A `string.h` fontosabb függvényei.

`strcat`

- `char *strcat(char *dest, const char *src)`
  Egy sztring hozzáfűzése egy másik sztringhez.

`dest`	A bővítendő sztring.
`src`	A hozzáfűzendő sztring.
returns	A `dest` pointer.

  - Garantált az eredménysztring null karakterrel való lezárása;
  - Mivel nincs információja a sztringek méretéről, buffer overflow-t okozhat a használata.

A `string.h` fontosabb függvényei.

`strncat`

- `char *strncat(char *dest, const char *src, size_t n)`
  Egy sztring hozzáfűzése egy másik sztringhez.

`dest`	A bővítendő sztring.
`src`	A hozzáfűzendő sztring.
`n`	A hozzáfűzendő sztring maximális hossza.
returns	A `dest` pointer.

  - Legfeljebb `n` karaktert fűz hozzá;
  - Garantált az eredmény lezárása (akár az `n+1` -ik karakterrel is);
  - Mivel nincs információja a `dest` sztring méretéről, buffer overflow-t okozhat.

A `string.h` fontosabb függvényei.

`strlen_s`

- `size_t strnlen_s(const char *s, size_t sz)`
  Egy sztring hosszának meghatározása (C11-től).

`s`	A sztring.
`sz`	A sztring mérete.
returns	A sztring hossza, vagy 0, ha `NULL` pointert kapott, vagy `sz`, ha a sztring addig nincs lezárva.

  - Kezeli a `NULL` sztringet is (ami nem azonos az üres sztringgel);
  - Helyesen használva véd a buffer overflow ellen.

A `string.h` fontosabb függvényei.

`strcpy_s`

- ```
  errno_t strcpy_s(char *dest, rsize_t sz,
                   const char *src)
  ```

  Egy sztring értékének biztonságosabb másolása megadott helyre (C11-től).

`dest`	A cél sztring, ahová másolni kell.
`sz`	A cél sztring mérete.
`src`	A forrás sztring, aminek az értékét másolni kell.
returns	Sikeres művelet esetén 0, hiba esetén nem 0.

  - Észreveszi, hogy a két sztring átlapoló, vagy ha valamelyik `NULL`;
  - Észreveszi, ha a `dest` mérete nem nagyobb mint `src` hossza;
  - Mivel nincs információja az `src` méretéről, buffer overflow-t (overread) okozhat.
  ```

A `string.h` fontosabb függvényei.

`strncpy_s`

- `errno_t strncpy_s(char *dest, rsize_t sz,`
  `const char *src, rsize_t n)`

  Egy sztring értékének biztonságos másolása megadott helyre (C11-től).

`dest`	A cél sztring, ahová másolni kell.
`sz`	A cél sztring mérete.
`src`	A forrás sztring, aminek az értékét másolni kell.
`n`	Az átmásolandó karakterek maximális száma.
returns	Sikeres művelet esetén 0, hiba esetén nem 0.

  - A cél sztring mindenképpen lezárásra kerül, de ezen felül nem történik zero padding;
  - Észreveszi, hogy a két sztring átlapoló, vagy ha valamelyik `NULL`;
  - Észreveszi, ha a `dest` mérete nem nagyobb mint `src` hossza;
  - Hiba esetén üres sztringet ad vissza;
  - Helyesen használva véd a buffer overflow ellen.

A `string.h` fontosabb függvényei.

`strcat_s`

- `errno_t strcat_s(char *dest, rsize_t sz, const char *src)`

  Egy sztring biztonságosabb hozzáfűzése egy másik sztringhez (C11-től).

  `dest` A bővítendő sztring.
  `sz` A bővítendő sztring mérete.
  `src` A hozzáfűzendő sztring.
  returns Sikeres művelet esetén 0, hiba esetén nem 0.

  - Észreveszi, hogy a két sztring átlapoló, vagy ha valamelyik `NULL`;
  - Észreveszi, ha a `dest` mérete nem nagyobb mint `dest` és `src` együttes hossza;
  - Hiba esetén üres sztringet ad vissza;
  - Garantált az eredménysztring null karakterrel való lezárása;
  - Mivel nincs információja az `src` méretéről, buffer overflow-t (overread) okozhat.

A `string.h` fontosabb függvényei.

`strncat_s`

- `errno_t strncat_s(char *dest, rsize_t sz,`
  `const char *src, rsize_t n)`

  Egy sztring biztonságos hozzáfűzése egy másik sztringhez (C11-től).

  `dest` A bővítendő sztring.
  `sz` A bővítendő sztring mérete.
  `src` A hozzáfűzendő sztring.
  `n` A hozzáfűzendő sztring maximális hossza.
  returns Sikeres művelet esetén 0, hiba esetén nem 0.

  - Észreveszi, hogy a két sztring átlapoló, vagy ha valamelyik `NULL`;
  - Észreveszi, ha a `dest` mérete nem nagyobb mint `dest` és `src` együttes hossza;
  - Hiba esetén üres sztringet ad vissza;
  - Legfeljebb `n` karaktert fűz hozzá;
  - Garantált az eredmény lezárása (akár az `n+1` -ik karakterrel is);
  - Helyesen használva véd a buffer overflow ellen.

Sztring műveletek C-ben.

Hossz

- Hossz($\rightarrow$s : Sztring, $\leftarrow$i : N^+)
  - A hossz-számítás meg van valósítva:

```
size_t strlen(const char *s);
```

```
i = strlen(s);
```

Sztring műveletek C-ben.

Értékadás

- `d = s`
  - Étrékadásra a

    ```
    char *strcpy(char *dest, const char *src);
    ```

    függvény használható. A programozó felelőssége, hogy megfelelő méretű sztringeket használjon.

```
strcpy(d, s);
```

Sztring műveletek C-ben.

Összefűzés

- `Összefűz(→s1 : Sztring, →s2 : Sztring, ←s : Sztring)`
  - Az összefűzés a

    ```
    char *strcat(char *dest, const char *src);
    ```

    segítségével történhet.

```
strcpy(s, s1);
strcat(s, s2);
```

Sztring műveletek C-ben.

Egyenlőség

- `Egyenlő(→s1 : Sztring, →s2 : Sztring): Logikai`
  - Két sztring egyenlőségének ellenőrzése az

    ```
    int strcmp(const char *s1, const char *s2);
    ```

    lexikografikusan összehasonlító függvény segítségével történik.

```
(strcmp(s1, s2) == 0);
```

Tartalom

Pointerek és tömbök

- A programok megértéséhez beszélnünk kell a pointerek és a tömbök kapcsolatáról.
- A C nyelvben szoros kapcsolat van a mutatók és a tömbök között: valamennyi művelet, amely tömbindexeléssel végrehajtható, mutatók használatával éppúgy elvégezhető.
- Általában az utóbbi változat gyorsabb, de különösen a kezdők számára első ránézésre nehezebben érthető.

Pointerek és tömbök

- Az `int a[10];` deklaráció definiál egy `10 * sizeof(int)` bájtos memóriaterületet, melynek egyes elemeire hivatkozhatunk az `a[0]`, `a[1]`, ..., `a[9]` változóhivatkozásokkal.
- Ha `pa` deklarációja `int *pa;` akkor a `pa = &a[0];` értékadás úgy állítja be `pa`-t, hogy az az `a` nulladik elemére mutasson, vagyis `pa` az `a[0]` elem címét tartalmazza.
- Ekkor az `x = *pa;` értékadás `a[0]` tartalmát másolja `x`-be.

Pointer aritmetika

- Ha `pa` egy tömb adott elemére mutat, akkor definíció szerint `pa+1` a tömb következő elemére mutat.
- Általában `pa-i` a `pa` előtti i. elemre, `pa+i` a `pa` mögötti i. elemre mutat.
- Így ha `pa` az `a[0]`-ra mutat, akkor
  - `*(pa+1)` az `a[1]` tartalmát szolgáltatja,
  - `pa+i` az `a[i]` elem címe,
  - `*(pa+i)` az `a[i]` elem értéke.
- Ezek a megállapítások a tömbben elhelyezkedő változók típusától vagy méretétől függetlenül mindig igazak, mert a pointer aritmetika alapdefiníciója szerint a növekmény mértékegysége annak az objektumnak a tárbeli mérete, amire a mutató mutat.

Pointerek és tömbök

- Az indexelés és a pointer aritmetika között láthatóan nagyon szoros kapcsolat van. Gyakorlatilag a tömbre való hivatkozást a fordító a tömb kezdetét megcímző mutatóvá alakítja át.
- Mivel a tömb neve tulajdonképpen egy mutatóérték, az illető tömb nulladik elemének címe, a `pa = &a[0]` értékadás írható egyszerűbben `pa = a`-ként.
- Továbbá az `a[i]` hivatkozás írható `*(a+i)` alakban is (`a[i]` kiértékelésekor a C fordító azonnal átalakítja ezt `*(a+i)`-vé; a két alak teljesen egyenértékű).
- Ha mindkét elemre alkalmazzuk az `&` operátort, akkor látható, hogy `&a[i]` és `a+i` szintén azonosak: mindkettő az `a`-t követő i. elem címe.

Pointerek és tömbök

- Másrészről, ha `pa` mutató, akkor azt kifejezésekben indexelhetjük tömbként `pa[i]` alakban, ami ugyanaz, mint a `*(pa+i)` kifejezés.
- Röviden: bármilyen tömb vagy indexkifejezés leírható, mint egy mutató plusz egy eltolás és viszont.
- Van azonban egy fontos különbség a tömbnév és a mutató között:
  - A mutató *változóhivatkozás*, így a `pa = a` vagy `pa++` értelmes műveletek.
  - A tömbnév azonban **nem** változóhivatkozás csak egy pointer *érték*, így az `a = pa`, `a++` vagy `p = &a` műveletek nem megengedettek (bár ez utóbbit egyes C fordítók, például a `gcc` is, megértik)!

Tömbök függvényparaméterként

- Amikor a tömbnév egy függvénynek adódik át, a függvény valójában a tömb kezdetének címét kapja meg. A hívott függvényen belül a formális paraméter tehát egy címet tartalmazó változó.
- Amikor a tömbnév adódik át valamelyik függvénynek, a függvény tetszése szerint hiheti azt, hogy tömböt vagy mutatót kapott, és ennek megfelelően kezelheti azt.
- Akár mindkét típusú műveletet használhatja, ha ez célszerűnek és világosnak látszik.
  - Ezért például a sztringkezelő függvények definíciójában a paraméterként kapott sztring megadható
    - `char s[]`

    és
    - `char *s`

    formában is; azt, hogy adott esetben melyiket használjuk nagymértékben az dönti el, hogy a megvalósítás során miként írjuk le a kifejezéseket a függvényen belül.

Tömbök függvényparaméterként

- Lehetőség van arra, hogy a tömbnek csupán egy részét adjuk át valamelyik függvénynek oly módon, hogy a résztömb kezdetét megcímző mutatót adunk át.
  - Ha például `a` egy tömb neve, akkor az
    - `f(&a[2])`

    és
    - `f(a+2)`

    is az `a[2]` elem címét adja át a függvénynek. Ilyen hívás esetén az `f()` függvény az `a` tömb harmadik elemével kezdődő résztömböt kapja meg paraméterként, ezzel fog dolgozni.
  - Az `f()` függvény deklarációja
    - `f(int arg[]) { ... }`

    vagy akár
    - `f(int *arg) { ... }`

    is lehet. Ami `f()`-et illeti, az a tény, hogy az argumentum valójában egy nagyobb tömb egy részére vonatkozik, semmiféle következménnyel sem jár.

Tömbök függvényparaméterként

Többdimenziós tömbök

- Az egydimenziós tömb mérete elhagyható, de az elemének méretét már pontosan meg kell adni! Vagyis a sorok száma nem érdekes (első dimenzió mérete), de az oszlopok számát (második dimenzió mérete) meg kell adni a helyes címszámítás érdekében.
- Tekintsük például az
  - `int a[5][35];`

  alakban deklarált tömböt. A formális paraméter típusát
  - `f(int a[][35]) { ... }`

  vagy
  - `f(int (*a)[35]) { ... }`

  alakban is meg lehet adni.
  - A zárójelezés szükséges, mert `[]` magasabb prioritású művelet, mint a `*` művelet, így
    - `int (*a)[35];` egy a pointert deklarál, ami egy tömbre mutat amelyik 35 egészből áll; míg
    - `int *a[35];` egy a tömböt deklarál, ami 35 pointerből áll és a pointerek egészekre mutatnak.

Pointerek és tömbök

- A következő példa talán rávilágít tömbök és mutatók között meglévő különbségre.
- Tekintsünk a következő deklarációkat:

```
char Honap[12][20];
char *honap[12];
```

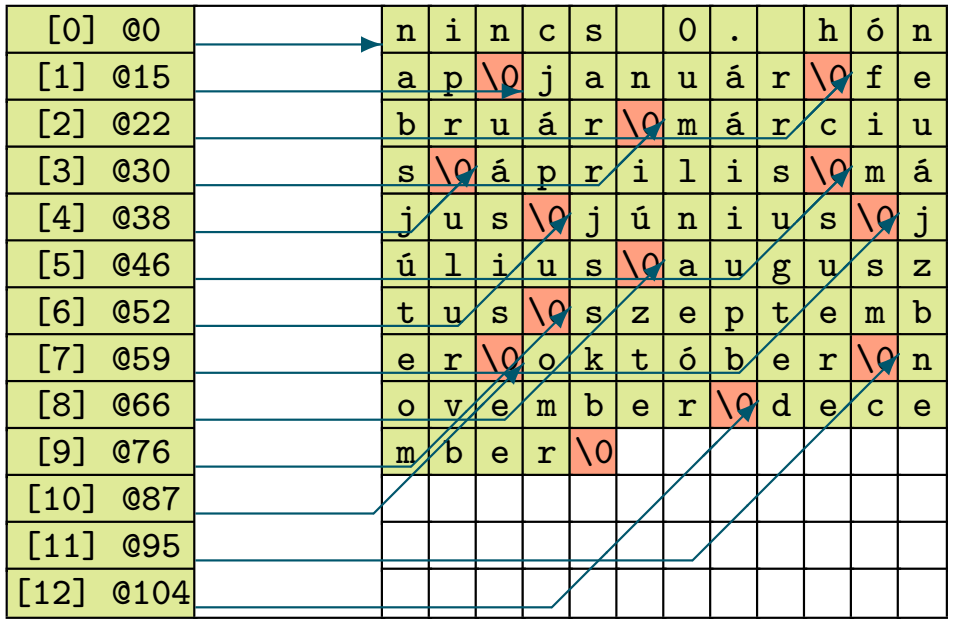
- Szabályos változóhivatkozások a `honap[3][4]` és `Honap[3][4]` is, a megvalósítás viszont teljesen eltér a két esetben.
  - A `Honap` összesen 240 karakterből áll.
  - A `honap` 12 pointerből áll, amelyek mutathatnak 20 hosszú sztringekre, ekkor neki is 240 karaktere van, plusz a 12 mutató. De összességében foglalhat több, vagy kevesebb memóriát is.

Pointerek és tömbök

```
char Honap[][20] = { "nincs 0. hónap",
    "január", "február", ..., "december" };
```

```
char *honap[] = { "nincs 0. hónap",
    "január", "február", ..., "december" };
```

n	i	n	c	s		0	.		h	ó	n	a	p	\0				
j	a	n	u	á	r	\0												
f	e	b	r	u	á	r	\0											
m	á	r	c	i	u	s	\0											
á	p	r	i	l	i	s	\0											
m	á	j	u	s	\0													
j	ú	n	i	u	s	\0												
j	ú	l	i	u	s	\0												
a	u	g	u	s	z	t	u	s	\0									
s	z	e	p	t	e	m	b	e	r	\0								
o	k	t	ó	b	e	r	\0											
n	o	v	e	m	b	e	r	\0										
d	e	c	e	m	b	e	r	\0										



Pointeraritmetika

- A pointeraritmetika alapja, hogy a pointert mindig az általa mutatott típus méretének függvényében változtatjuk.
- A pointerek és egész számok közötti összeadás/kivonás alapműveletet már láttuk és értelmeztük.
- Az alapműveletek alapján több műveletet is értelmezhetünk:
  - A `p += i` és `p -= i` műveleteket az egész műveletekhez hasonló módon értelmezhetjük, azaz ha a `p` egy tömbelemre mutatott, akkor a művelet hatására az azt követő illetve megelőző *i*. elemre fog mutatni.
  - A `++` vagy `--` művelet `p`-re alkalmazása után `p` a következő vagy előző tömbelemre mutat majd. Magának a műveletnek az eredménye a prefix vagy postfix alak alkalmazásától függ.
- Mutatók kivonása szintén megengedett: ha `p` és `q` azonos típusú mutatók, akkor `p-q` a két mutató közötti tömbelemek (előjeles) darabszámát adja. (Arra persze a programozónak kell figyelnie, hogy ez *legális* érték-e, vagyis `p` és `q` valóban ugyanannak a tömbnek két elemére mutat-e?)

Pointeraritmetika

`void*`

- A pointeraritmetika `void*` típus esetén is működik.
- Mivel a `void` típus önmagában 0 bájton (nem) tárolódik, a pointeraritmetikai számítások alapegysége definíció szerint 1 bájt.

Pointeraritmetika

- Az említett műveleteken kívül (mutató és integer összeadása és kivonása, két mutató kivonása és összehasonlítása) minden más mutatóművelet tilos!
  - Nincs megengedve két mutató összeadása, szorzása, osztása, mutatók léptetése, maszkolása, sem pedig `float` vagy `double` mennyiségeknek mutatókhoz történő hozzáadása.

Tartalom

Rekord típusok

- A tömb típus nagyszámú, de ugyanazon típusú adat tárolására alkalmas.
- Problémák megoldása során viszont gyakran előfordul, hogy különböző típusú, de logikailag összetartozó adatelemek együttesével kell dolgozni.
- Az ilyen adatok tárolására szolgálnak a rekord típusok, ezek létrehozására pedig a rekord típusképzések.

Szorzat-rekord absztrakt adattípus

- Ha az egyes típusú adatokat egyszerre kell tudnunk tárolni, szorzat-rekordról beszélünk.
- Legyenek $T_1, \ldots, T_k$ tetszőleges típusok.
- Ezekből képezzük a $T = T_1 \times \cdots \times T_k = \{(a_1, \ldots, a_k) | a_1 \in T_1, \ldots, a_k \in T_k\}$ értékhalmazt, tehát a $T_1, \ldots, T_k$ típusok értékhalmazainak direktszorzatát.
- A T halmazon is értelmezhetünk kiolvasó és módosító műveletet, mint a tömb típus esetén, de a k eltérő típus miatt most k számú kiolvasó és módosító műveletetre lesz szükségünk.
- Az új adattípusra a T=Rekord($T_1, \ldots, T_k$) jelölést használjuk és szorzat-rekordnak vagy struktúrának nevezzük.

Szorzat-rekord absztrakt adattípus műveletei

- `Kiolvas`$_i$`(`$\rightarrow$`A:T; `$\leftarrow$`x:T`$_i$`)`
  - Adott $i \in \{1 \ldots k\}$-ra az A rekord i. komponensének kiolvasása adott x, T_i típusú változóba.
- `Módosít`$_i$`(`$\leftrightarrow$`A:T; `$\rightarrow$`x:T`$_i$`)`
  - Adott $i \in \{1 \ldots k\}$-re az A rekord i. komponensének módosítása adott x, T_i típusú értékre.
- `Értékadás(`$\leftarrow$`A:T; `$\rightarrow$`X:T)`
  - Értékadó művelet. Az A változó felveszi az X, T típusú kifejezés értékét.

A `struct` virtuális adattípus

- A $T = \mathit{Rekord}(T_1, \ldots, T_k)$ típust C-ben a `struct` kulcsszóval definiáljuk:

```
typedef struct T {
    T1 M1;
    ...
    Tk Mk;
} T;
```

- A fenti típusképzésben az `M1`,...,`Mk` azonosítókat mezőazonosítóknak (tagnak, member-nek) hívjuk és lokálisak a típusképzésre nézve.

A `struct` virtuális adattípus

- Az absztrakt típus műveletei mezőhivatkozások segítségével valósíthatóak meg.
- A mezőhivatkozásra a `.` operátort használjuk. Ez egy olyan rekordokon értelmezett művelet C-ben, ami nagyon magas precedenciával rendelkezik és balasszociatív.
- Egy rekordra a mezőkiválasztás operátort (megfelelő mezőnévvel) alkalmazva a rekord mezőjét változóként kapjuk vissza.

C műveletek prioritása

műveletek	asszoc.	C operátorok
egyoperandusú postfix, elemkiválasztás, mezőkiválasztás, függvényhívás	→	`x++`, `x--`, `[]`, `.`, `->`, `f()`
egyoperandusú prefix, méret, típuskényszerítés	←	`+`, `-`, `++x`, `--x`, `!`, `~`, `&`, `*`, `sizeof`, `(type)`
multiplikatív	→	`*`, `/`, `%`
additív	→	`+`, `-`
bitléptetés	→	`<<`, `>>`
kisebb-nagyobb relációs	→	`<=`, `>=`, `<`, `>`
egyenlő-nem egyenlő relációs	→	`==`, `!=`
bitenkénti 'és'	→	`&`
bitenkénti 'kizáró vagy'	→	`^`
bitenkénti 'vagy'	→	`|`
logikai 'és'	→	`&&`
logikai 'vagy'	→	`||`
feltételes	←	`?:`
értékadó	←	`=`, `+=`, `-=`, `*=`, `/=`, `%=` `>>=`, `<<=`, `&=`, `^=`, `|=`
szekvencia	→	`,`

Szorzat-rekord

Megvalósítás C nyelven

- Kiolvas$_i$(→A:T; ←x:T$_i$)

```
x = A.Mi
```

- Módosít$_i$(↔A:T; →x:T$_i$)

```
A.Mi = x
```

- Értékadás(←A:T; →X:T)

```
A = X
```

Szorzat-rekord

Példák

```
typedef struct DatumTip {
    short ev;
    char ho;
    char nap;
} DatumTip;

typedef char Szoveg20[21];

typedef struct CimTip {
    Szoveg20 varos, utca;
    short hazszam;
    short iranyitoSz;
} CimTip;

typedef struct SzemelyTip {
    struct {
        Szoveg20 csaladi, uto;
    } nev;
    int szemelyiSzam;
    Szoveg20 szulHely;
    DatumTip szulIdo;
    CimTip lakcim;
} SzemelyTip;
```

- `SzemelyTip x;` deklaráció esetén például az `x.nev.csaladi` és `x.szulIdo.ev` érvényes mezőhivatkozások.

Szorzat-rekord / `struct`

Fizikai adattípus

- A `struct` típusú változó számára foglalt memória mérete, amely a `sizeof` függvénnyel lekérdezhető:
  - `sizeof(E) = sizeof(T1) + ...+ sizeof(Tk) + igazítás`
- Valamennyi változati mező a deklaráció sorrendjében egymást (a mezők méretét és az esetleges igazítást is figyelembe véve) követő, növekvő memóriacímen kezdődik. Az első mező memóriacíme megegyezik a teljes `struct` típusú érték címével (az eltolása, offset-je 0).

Eltelt idő kiszámítása [1/2]

eltelt-struct.c [1–25]

```c
/* Egy nap két időpontja között mennyi idő telt el.
 * 2013. November 7.  Gergely Tamás, gertom@inf.u-szeged.hu
 */

#include <stdio.h>

typedef struct ido_t {
    int ora;
    int perc;
} ido_t;

int ido_to_int(ido_t t) {
    return 60 * t.ora + t.perc;
}

ido_t int_to_ido(int t) {
    ido_t ret;
    ret.ora  = t / 60;
    ret.perc = t % 60;
    return ret;
}

ido_t eltelt_ido(ido_t t1, ido_t t2) {
    return int_to_ido(ido_to_int(t2) - ido_to_int(t1));
}
```

Eltelt idő kiszámítása [2/2]

eltelt-struct.c [27–39]

```c
int main() {
    ido_t t1, t2, dt;
    /* beolvasás */
    printf("Kérem az első időpontot óra perc formában\n");
    scanf("%d %d", &t1.ora, &t1.perc);
    printf("Kérem a második időpontot óra perc formában\n");
    scanf("%d %d", &t2.ora, &t2.perc);
    /* számítás */
    dt = eltelt_ido(t1, t2);
    /* kiíratás */
    printf("Az eltelt idő: %d óra %d perc.\n", dt.ora, dt.perc);
    return 0;
}
```

Egyesített-rekord absztrakt adattípus

- Ha az egyes típusú adatokat nem kell egyszerre tárolni, egyesített-rekordról beszélünk.
- Legyenek $T_0 = \{c_1, \ldots, c_k\}$ és $T_1, \ldots, T_k$ tetszőleges típusok.
- Ezekből képezzük a $T = T_1 + \cdots + T_k = \cup_{c_i \in T_0}(\{c_i\} \times T_i) = \{(i, a) | i \in T_0, a \in T_i\}$ értékhalmazt, tehát a $T_1, \ldots, T_k$ típusok értékhalmazainak T_0 szerinti diszjunkt egyesítését. T elemei tehát olyan rendezett párok, amelyeknek első komponense meghatározza, hogy a második komponens melyik típusból való érték.
- A T halmazon is a szorzat rekordhoz hasonló módon értelmezhetünk kiolvasó és módosító műveletet.
- Az új adattípust a T_0 változati típusból és $T_1, \ldots, T_k$ egyesítési-tag típusokból képzett egyesített-rekord típusnak nevezzük.

Egyesített-rekord absztrakt adattípus műveletei

- `Változat(`$\rightarrow$`A:T; `$\leftarrow$`V:T`$_0$`)`
  - Változat kiolvasása. A művelet végrehajtása után $V = c_i$, ha $A = (c_i, a)$.
- `Kiolvas`$_i$`(`$\rightarrow$`A:T; `$\leftarrow$`x:T`$_i$`)`
  - Adott $i \in \{1 \dots k\}$-ra az A rekord i. komponensének kiolvasása adott x, T_i típusú változóba. A művelet végrehajtása után $x = a$, ha $A = (c_i, a)$. A művelet hatástalan, ha A első komponense nem c_i.
- `Módosít`$_i$`(`$\leftrightarrow$`A:T; `$\rightarrow$`x:T`$_i$`)`
  - Adott $i \in \{1 \dots k\}$-re az A rekord i. komponensének módosítása adott x, T_i típusú értékre. A művelet végrehajtása után $A = (c_i, x)$.
- `Értékadás(`$\leftarrow$`A:T; `$\rightarrow$`X:T)`
  - Értékadó művelet. Az A változó felveszi az X, T típusú kifejezés értékét.

Az `union` virtuális adattípus

- Az egyesített-rekord típust C-ben az `union` kulcsszó segítségével valósíthatjuk meg.
- Az `union` kulcsszó nagyon hasonlít a `struct`-hoz:

```
typedef union T {
    T1 M1;
    ...
    Tk Mk;
} T;
```

- A fenti típusképzésben az `M1,...,Mk` azonosítókat mezőazonosítóknak (tagnak, member-nek) hívjuk és lokálisak a típusképzésre nézve.

Az `union` virtuális adattípus

- Az absztrakt típus műveletei itt is mezőhivatkozások (`.` operátor) segítségével valósíthatóak meg, ami ugyanúgy működik mint a `struct` típusnál.
- Megjegyzendő, hogy a C megvalósításában (megfelelő környezetben) mindig hivatkozhatunk bármelyik mezőre, függetlenül attól, hogy az `union` aktuálisan melyik mező értékét tárolja.
- A C `union` típusképzésében nem adhatunk meg változati mezőazonosítót (T_0), így nincs lehetőségünk az aktuális változatról információ tárolására.

Egyesített-rekord

Megvalósítás C nyelven

- Mint látható, az `union` konstrukcióban nincs lehetőség a jelzőmező (T_0) megadására, ezért ha szükségünk van a jelzőmezőre is, akkor a C megvalósításhoz kombinálnunk kell a `struct` és `union` típusképzéseket.

```
typedef struct T {
    T0 Milyen;
    union {
        T1 M1;
        ...
        Tk Mk;
    };
} T;
```

- Jelzőmezőnek felsorolás (vagy valamilyen egész) típust érdemes használni.

Egyesített-rekord

Megvalósítás C nyelven

- Változat($\rightarrow$A:T; $\leftarrow$V:T_0)

```
V = A.Milyen
```

- Kiolvas$_i$($\rightarrow$A:T; $\leftarrow$x:T_i)

```
if (A.Milyen == ci) { x = A.Mi; }
```

- Módosít$_i$($\leftrightarrow$A:T; $\rightarrow$x:T_i)

```
{ A.Milyen = ci; A.Mi = x ; }
```

- Értékadás($\leftarrow$A:T; $\rightarrow$X:T)

```
A = X
```

Egyesített-rekord

Példák

```
typedef enum { kor, haromszog, negyszog } Sikidom;

typedef union Szam {
    double Valos;
    long int Egesz;
} Szam;

typedef struct Idom {
    Sikidom Fajta;
    union {
        double Sugar;
        struct { double A, B, C; } U1;
        struct { double D1, D2, D3, D4; } U2;
    } UU;
} Idom;

typedef struct Alakzat {
    double x, y;
    Sikidom forma;
    union {
        double sugar;
        struct { double alfa, oldal1, oldal2; };
        struct { double hossz, szel; };
    };
} Alakzat;
```

Egyesített-rekord / `union`

Fizikai adattípus

- A `union` típusú változó számára foglalt memória mérete, amely a `sizeof` függvénnyel lekérdezhető:
  - `sizeof(T) = max{sizeof(T1), ..., sizeof(Tk)}`
- Valamennyi változati mező ugyanazon a memóriacímen kezdődik, ami megegyezik a teljes `union` típusú érték címével (azaz minden mező eltolása, offset-je 0).

A `struct` és `union` típusok

Egymásba ágyazás

- Mint az a példákból látható volt, a `struct` és az `union` deklarációk egymásba ágyazhatóak.
- Ilyen esetekben a rekord típusú mező mezőazonosítója elhagyható, ekkor ezen mező mezőazonosítói úgy látszanak, mintha a külső rekord típus mezőazonosítói lennének:

```
Idom I;      /* Vannak mezőazonosítók a    */
I.UU.U1.B;   /* rekord mezőkhöz: UU,U1,U2  */
Alakzat A;   /* Nincsenek mezőazonosítók   */
A.alfa;      /* a rekord mezőkhöz          */
```

A struct és union típusok

Struktúracimke

- A struct vagy az union kulcsszót struktúracímke (struktúranév) követheti.
  - Ez egy név, amely megnevezi az adott típusú struktúrát, vagy uniont és a továbbiakban rövidítésként használható a {}-ben lévő részletes deklaráció helyett.
  - Struktúranevet a típus megadásakor attól függetlenül megadhatunk, hogy a típust éppen hogyan használjuk fel.
- A struktúranév és a typedef-fel megadott típusnév meg is egyezhet (mint a fenti példákban), így a legrugalmasabb a felhasználásuk. Pl.:

```
struct Alakzat a1, a2;
Alakzat b1, b2;
```

A `struct` és `union` típusok

Műveletek

- A `struct` és az `union` típusú változók esetén megengedett az értékadás művelet, így függvényargumentumként is használhatjuk ezeket (érték szerinti paraméterátadás) illetve a függvényművelet eredményének típusa is lehet `struct` vagy `union`.
- Megengedett az `&` művelet használata is, így a `struct` és az `union` típusú változók cím szerinti paraméterátadással is kezelhetők.

A `struct` és `union` típusok

Inicializálás (1)

- A `struct` és az `union` típusú változók is kaphatnak kezdőértéket, az adattagok értékeit `{` és `}` zárójelek között megadva.
- Értékek szimpla felsorolásával
  - egy `struct`-ban az adattagok sorrendben inicializálhatók, de nem kötelező mindegyiket inicializálni;
  - az `union` típusnak csak a deklaráció szerinti első tagja inicializálható.

```
DatumTip d = {
    1970, 1, 1
};

Alakzat egysegKor = {
    0,
    0,
    kor,
    {
        1.0
    }
};
```

A `struct` és `union` típusok

Inicializálás (2)

- A C99 szabvány lehetővé teszi tetszőleges mezők inicializálását a `struct` és `union` típusok esetén is. Ekkor a `{}` zárójelek között az egyes értékek elé „`.mezo =`”-t írva jelezhetjük, hogy az adott érték a `mezo` nevű mező kezdőértéke lesz.

```
Idom i = {
    .UU = {
        .U1 = {
            .C = 3, .B = 4, .A = 5
        }
    },
    .Fajta = haromszog
};
```

- Ha csak a mezők egy részét inicializáljuk, a nem inicializált mezők 0 (vagy azzal ekvivalens, de a típusuknak megfelelő) értéket kapnak.

Bitmezők

- A C nyelv lehetővé teszi egy byte-on belüli bitek elérését magas szinten, bitmezős struktúrák segítségével.
- Felhasználhatjuk pl. hardver-programozáshoz szükséges bitsorozatok magas szintű kezelésére (driverek írásához), vagy jelzőbitek (flag-ek) tömör elhelyezésére.
- A fizikai megvalósítás gépfüggő.

Bitmezők

- A bitmezőket a struktúrákon belül használhatjuk (akár a *normális* mezőkkel kombinálva is). A különbség az, hogy meg kell adni a tároláshoz szükséges bitek számát.

```
struct {
    unsigned int flag1 : 1;
    unsigned int flag2 : 1;
    unsigned int flag3 : 2;
} jelzok;
jelzok.flag1 = jelzok.flag2 = 0;
jelzok.flag3 = 1;
if (jelzok.flag1 == 0 && jelzok.flag3 == 1) {
    /* ... */
}
```

Bitmezők

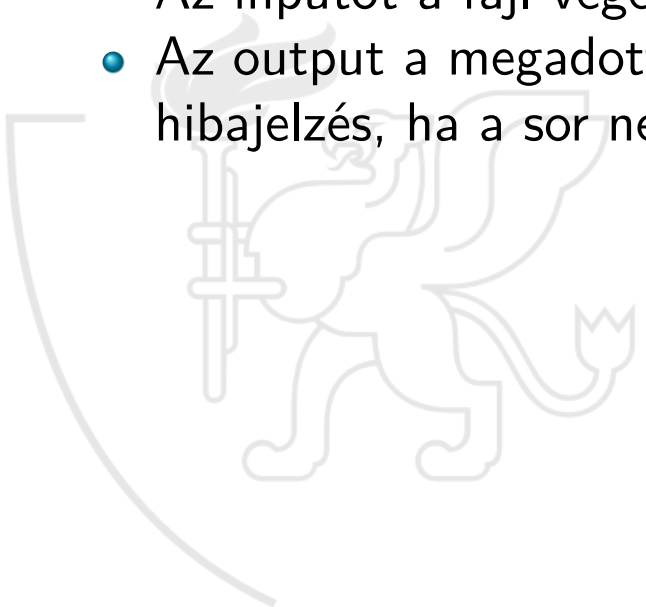
- Miért jó ez? Bitmezők nélkül az alábbi struktúra legalább 6 bájt lenne, így viszont csak 2.

```
struct {
    unsigned short int flag1 : 1;
    unsigned short int flag2 : 1;
    unsigned short int flag3 : 2;
    unsigned short int flag4 : 4;
    unsigned short int flag5 : 2;
    unsigned short int flag6 : 6;
} jelzok;
```

Síkidomok területe és kerülete

Problémafelvetés és specifikáció

- Problémafelvetés
  - Határozzuk meg kör, téglalap és háromszög alakú síkidomok területét és kerületét.
- Specifikáció
  - A probléma inputja több sor „`kor(`r`)`”, „`teglalap(`a`,`b`)`” vagy „`haromszog(`a`,`b`,`c`)`” alakú szöveggel, ahol r, a, b és c valós számok. Az inputot a fájl vége (ctrl+D) zárja.
  - Az output a megadott síkidom területe és kerülete két sorban, vagy egy hibajelzés, ha a sor nem megfelelő formátumú.



Síkidomok területe és kerülete

Algoritmustervezés

- Algoritmustervezés:
  - Az inputot soronként olvassuk be, és ha megfelel valamelyik síkidom leírásának, akkor feltöltünk egy síkidom adattípust (`union`-ok és `struct`-ok kombinációja) a megfelelő adatokkal.
  - A fő algoritmusban csak az input adatokat olvassuk be, majd meghívjuk a terület és kerületszámító függvényeket, és kiírjuk a kiszámolt értékeket.
  - A terület- és kerületszámítást egy-egy függvény végezze, ami egy síkidomot kap.

Síkidomok 1. verzió [1/4]

sikidomok.c [1–24]

```c
/* Síkidomok területének és kerületének kiszámítása.
 * 2018. Szeptember 19. Gergely Tamás, gertom@inf.u-szeged.hu
 */

#include <math.h>
#include <stdio.h>

#define PUFFERMERET 128

enum sikidom_tipus_t {
    kor, haromszog, teglalap
};

struct kor_tulajdonsagok_t {
    double r;
};

struct haromszog_tulajdonsagok_t {
    double a, b, c;
};

struct teglalap_tulajdonsagok_t {
    double a, b;
};
```

Síkidomok 1. verzió [2/4]

sikidomok.c [26–54]

```
26 struct sikidom {
27     enum sikidom_tipus_t tipus;
28     union {
29         struct kor_tulajdonsagok_t kor;
30         struct haromszog_tulajdonsagok_t haromszog;
31         struct teglalap_tulajdonsagok_t teglalap;
32     };
33 };
34
35 double kor_kerulet(struct kor_tulajdonsagok_t k) {
36     return 2.0 * M_PI * k.r;
37 }
38
39 double kor_terulet(struct kor_tulajdonsagok_t k) {
40     return M_PI * k.r * k.r;
41 }
42
43 double haromszog_kerulet(struct haromszog_tulajdonsagok_t h) {
44     return h.a + h.b + h.c;
45 }
46
47 double haromszog_terulet(struct haromszog_tulajdonsagok_t h) {
48     double s = (h.a + h.b + h.c) / 2.0;
49     return sqrt(s * (s-h.a) * (s-h.b) * (s-h.c));
50 }
51
52 double teglalap_kerulet(struct teglalap_tulajdonsagok_t t) {
53     return 2.0 * (t.a + t.b);
54 }
```

Síkidomok 1. verzió [3/4]

sikidomok.c [56–76]

```
56 double teglalap_terulet(struct teglalap_tulajdonsagok_t t) {
57     return t.a * t.b;
58 }
59
60 double kerulet(struct sikidom s) {
61     switch (s.tipus) {
62     case kor:       return kor_kerulet(s.kor);
63     case haromszog: return haromszog_kerulet(s.haromszog);
64     case teglalap:  return teglalap_kerulet(s.teglalap);
65     default:        return NAN;
66     }
67 }
68
69 double terulet(struct sikidom s) {
70     switch (s.tipus) {
71     case kor:       return kor_terulet(s.kor);
72     case haromszog: return haromszog_terulet(s.haromszog);
73     case teglalap:  return teglalap_terulet(s.teglalap);
74     default:        return NAN;
75     }
76 }
```

Síkidomok 1. verzió [4/4]

sikidomok.c [78–103]

```
78 char puffer[PUFFERMERET];
79
80 int main() {
81     double a,b,c;
82     struct sikidom s;
83     while (fgets(puffer, PUFFERMERET, stdin)) {
84         if (sscanf(puffer, "kor(%lf)", &a) == 1) {
85             s.tipus = kor;
86             s.kor.r = a;
87         } else if (sscanf(puffer, "teglalap(%lf,%lf)", &a, &b) == 2) {
88             s.tipus = teglalap;
89             s.teglalap.a = a;
90             s.teglalap.b = b;
91         } else if (sscanf(puffer, "haromszog(%lf,%lf,%lf)", &a, &b, &c) == 3) {
92             s.tipus = haromszog;
93             s.haromszog.a = a;
94             s.haromszog.b = b;
95             s.haromszog.c = c;
96         } else {
97             printf("Ismeretlen␣formatumu␣sor!\n");
98             continue;
99         }
100        printf("T=␣%lf\nK=␣%lf\n", terulet(s), kerulet(s));
101    }
102    return 0;
103 }
```

A `struct`, `union` és `enum` típusok

Deklaráció és definíció

- A `struct`, `union` és `enum` a típusdeklaráció és típusdefiníció szempontjából hasonlóan működik, így amit a következőkben a `struct` típusról elmondunk, az hasonló módon a `union` és `enum` típusokra is érvényes.

A `struct`, `union` és `enum` típusok

Deklaráció és definíció

- Változódeklarációk:

```
struct {
    int a, b;
} vstruct;

union {
    long long l;
    double d;
} vunion;

enum {
    nulla, egy, ketto, harom
} venum;
```

A `struct`, `union` és `enum` típusok

Deklaráció és definíció

- Ha ugyanilyen típusú változókat szeretnénk később is deklarálni akkor érdemes elnevezni a struktúrát:

```
struct s {
    int a, b;
} vstruct;
struct s masodik;
```

- De megtehetjük azt is, hogy egyszerűen csak definiáljuk a struktúrát (változódeklaráció nélkül), és később használjuk fel:

```
struct s {
    int a, b;
};
struct s masodik;
```

- Sőt, megtehetjük azt is, hogy egyelőre csak deklaráljuk a struktúrát, és csak később definiáljuk (de a definíció **nem** maradhat el!):

```
struct s;
struct s masodik;
struct s {
    int a, b;
};
```

A struct, union és enum típusok

Deklaráció és definíció

- Változódeklaráció helyett készíthetünk típusdefiníciót is:

```
typedef struct {
    int a, b;
} S;
S harmadik;
```

- Akár így:

```
struct s {
    int a, b;
} vstruct;
typedef struct s S;
struct s masodik;
S harmadik;
```

- Vagy így:

```
struct s {
    int a, b;
};
typedef struct s S;
struct s masodik;
S harmadik;
```

A struct, union és enum típusok

Deklaráció és definíció

- A típusnév és a struktúranév viszont nem ugyanaz az dolog! Az előző deklarációk esetén az alábbiak hibásak:

```
s negyedik; /* ROSSZ !!! */
struct S otodik; /* ROSSZ !!! */
```

- De adhatjuk a struktúrának és a típusnak ugyanazt a nevet is:

```
typedef struct st {
    int a, b;
} st;
struct st masodik;
st harmadik;
```

Változóhivatkozás

- Az alapvetőbb típuskonstrukciók megismerése után visszatérhetünk a dinamikus változóknál megemlített három fogalomhoz:
  - változóhivatkozás;
  - hivatkozott változó;
  - változó értéke.
- A változóhivatkozás szintaktikus egység, tehát meghatározott formai szabályok szerint képzett jelsorozat egy adott programnyelven.
- A C nyelvben a változóhivatkozás neve *l-value*.
  - Értékadás bal oldalán vagy például a ++ operátor operandusaként csak ilyen l-value szerepelhet.
- A C nyelvben egy változóhivatkozás nagyon bonyolult is lehet, és alapvetően nem más, mint egy kifejezés.
- Azt, hogy mely kifejezések tekinthetők (szintaktikailag) érvényes változóhivatkozásnak, az alábbi szabályok alapján dönthető el.

Változóhivatkozás

- Az, hogy mely kifejezések tekinthetők (szintaktikailag) érvényes változóhivatkozásnak, az alábbi táblázat alapján dönthető el.

T	x	x	x.m	*x	x[i]	&x	⊙
char, int, enum,	T x;	T	-	-	-	(T*)	(?)
float, double	(T)e	(T)	-	-	-	-	(?)
struct {E m;},	T x;	T	E	-	-	(T*)	(?)
union {E m;}	(T)e	(T)	(E)	-	-	-	(?)
∀	T* x;	T*	-	T	T	(T**)	(?)
	(T*)e	(T*)	-	T	T	-	(?)
	T x[];	(T*)	-	T	T	-	(?)
	(T[])e	(T*)	-	T	T	-	(?)

T: T típusú változóhivatkozás; (T): T típusú érték; (?): érték, a típus a ⊙ művelettől függ.

Tartalom

Függvényre mutató pointer

- Eddig kétféleképpen közelítettük meg a pointer típusú változót:
  - Első közelítésben a `p` pointer típusú változó értéke egy meghatározott típusú dinamikus változó.
  - A másik szerint a `p` pointer típusú változó értéke egy másik változóhoz tartozó memóriacím.
- A harmadik megközelítésben a pointer egy részalgoritmusra is mutathat, amelyet aktuális argumentumokkal végrehajtva a megadott típusú eredményhez jutunk.
  - Minden, a pointerekre megengedett művelet elvégezhető: szerepelhet értékadásban, elhelyezhető egy tömbben vagy rekordban, átadható egy függvénynek aktuális paraméterként, lehet egy függvény visszatérési értéke, stb.
  - Ilyen típust egyszerűen úgy deklarálhatunk, hogy a megfelelő függvényfejben a függvény azonosítóját pointerre cseréljük, vagyis a típus azonosítója elé $*$-ot írunk.

Függvényre mutató pointer

- Mivel a * alacsonyabb priorítású, mint a () (függvényhívás művelet), ezért a dereferenciát zárójelpárba kell tenni.
- Legyen adott egy függvény, pl.:

```
double sin2x(double x) {
    return sin(2.0 * x);
}
```

- Egy ilyen függvényre mutató pointer típus definíciója:

```
typedef double (*fuggveny_t)(double);
```

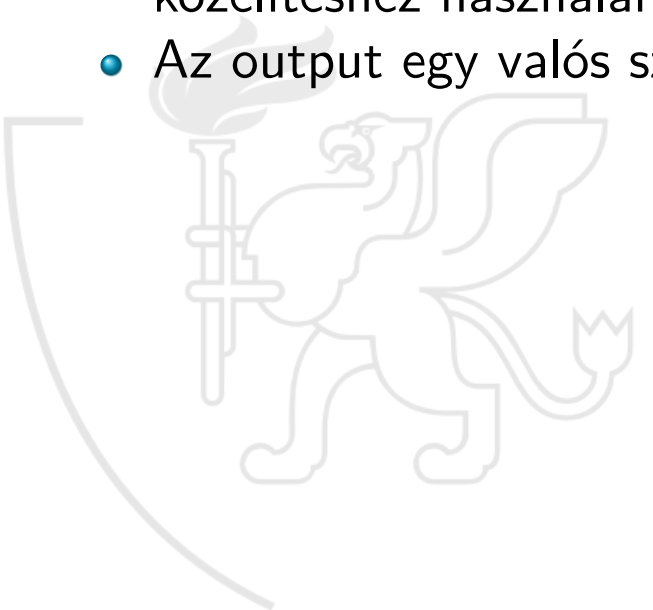
- És a használata:

```
fuggveny_t f = sin2x;
double x, y;
y = (*f)(x); /* Így jobban látszik, hogy f nem egy konkrét függvénynév, */
x = f(y);    /* de így is használható. */
```

Határozott integrál kiszámítása

Problémafelvetés és specifikáció

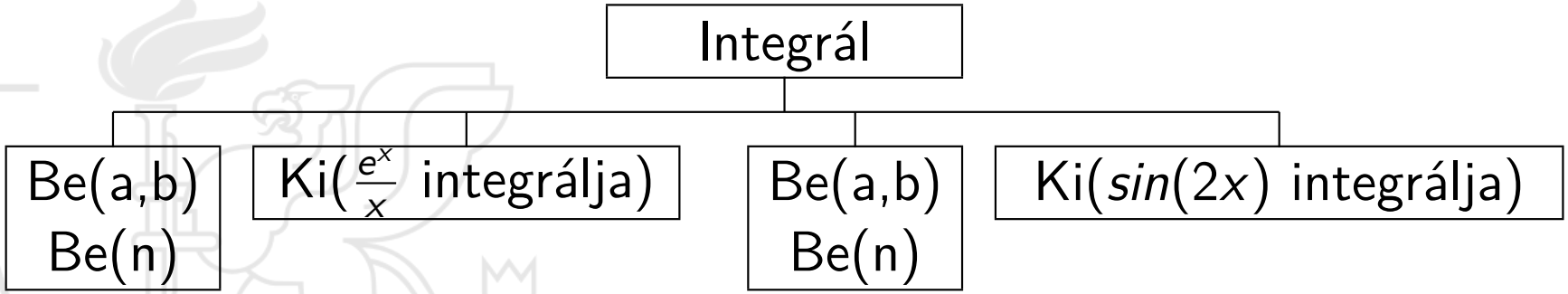
- Problémafelvetés
  - Az $\frac{e^x}{x}$ és a $\sin(2x)$ függvények határozott integrálját közelítsük egy beolvasott intervallumon a felhasználó által megadott számú részre osztva az intervallumot!
- Specifikáció
  - A probléma inputja a, b valós számok, az intervallum végpontjai, n, a közelítéshez használandó részek száma.
  - Az output egy valós szám, a határozott integrál értéke.



Határozott integrál kiszámítása

Algoritmustervezés

- Algoritmustervezés:
  - Készítsünk egy függvényt, ami egy tetszőleges függvénynek képes kiszámolni az integrálját.
  - A fő algoritmusban csak az input adatokat olvassuk be, majd meghívjuk az integráló függvényt az aktuális argumentumokkal, végül kiíratjuk az eredményt.
- Szerkezeti ábra:

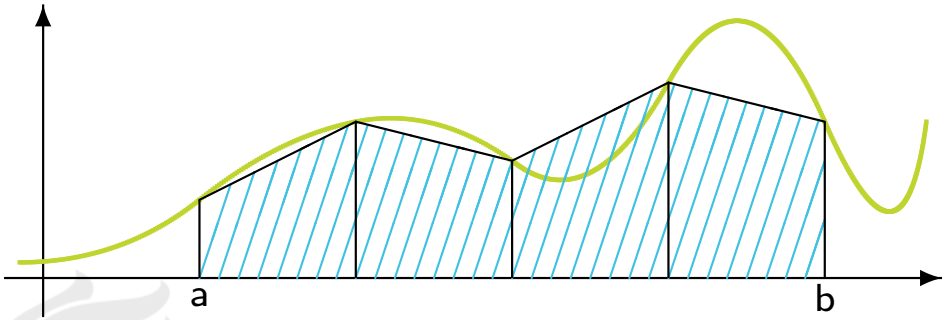


Határozott integrált számító függvény

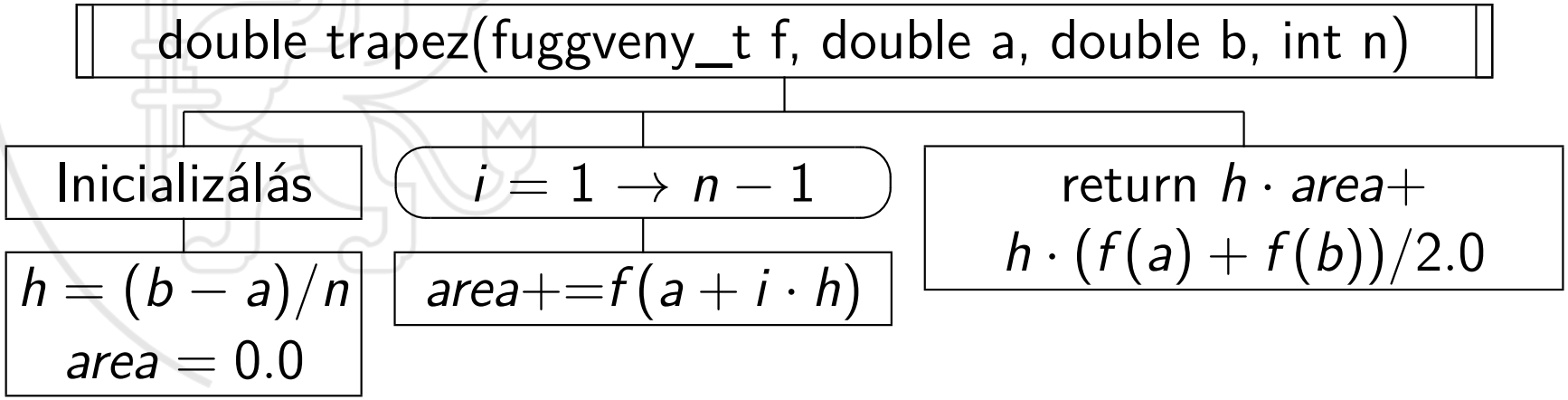
Problémafelvetés és specifikáció

- Problémafelvetés
  - A paraméterként kapott függvény határozott integrálját közelítsük egy adott intervallumon adott számú részre osztva az intervallumot!
- Specifikáció
  - A probléma inputja az integrálandó f függvény, az a, b valós számok mint az intervallum végpontjai, és n mint a közelítéshez használandó részek száma.
  - Az output egy valós szám, a függvény $[a, b]$ intervallumon vett határozott integráljának közelítő értéke.

- Algoritmustervezés
  - A trapéz módszer szerint történik a közelítés. A képlet egyszerű átalakításával egy számlált menetű ismétléses vezérlést kapunk.



- Szerkezeti ábra:



Határozott integrál kiszámítása [1/3]

integral.c [1–24]

```c
/* Közelítő integrálás a trapéz szabály segítségével.
 * Az integrálandó függvényt paraméterként kapjuk.
 * 1998. Április 14.  Dévényi Károly, devenyi@inf.u-szeged.hu
 * 2006. Augusztus 14. Gergely Tamás, gertom@inf.u-szeged.hu
 */

#include <stdio.h>
#include <math.h>
                                        /* Az integrálandó függvény típusa */
typedef double (*fuggveny_t)(double x);

static double trapez(fuggveny_t f,                  /* f(x)-t integráljuk az */
                     double a, double b,              /* a,b intervallumon */
                     int n) {                 /* n részre osztva az interv.-t */
                    /* Közelítő integrálás a trapéz szabály segítségével. */
    const double h = (b - a) / n;
    double area = 0.0;
    int i;                                                /* a ciklusváltozó */

    for (i = 1; i < n; ++i) {                     /* fgv. értékek összegzése */
        area += (*f)(a + i * h);                             /* f(a + i * h) */
    }
    return (area * h + ((*f)(a) + (*f)(b)) / 2.0 * h);    /* (f(a) + f(b)) */
}
```

Határozott integrál kiszámítása [2/3]

integral.c [26–34]

```
26 static double expx(double x) {
27                                          /* az első integrálandó függvény */
28     return (exp(x) / x);
29 }
30
31 static double sin2x(double x) {
32                                        /* az második integrálandó függvény */
33     return sin(2.0 * x);
34 }
```

Határozott integrál kiszámítása [3/3]

integral.c [36–58]

```
36 int main() {
37     double a, b;
38     int n;
39 
40     printf("Az␣exp(x)/x␣függvény␣közelítő␣integrálja.\n");
41     printf("Kérem␣az␣integrálási␣intervallumot␣");
42     printf("és␣az␣osztáspontok␣számát␣(a,b,n)!\n");
43     printf("a:?␣"); scanf("%lg%*[^\n]", &a); getchar();
44     printf("b:?␣"); scanf("%lg%*[^\n]", &b); getchar();
45     printf("n:?␣"); scanf("%d%*[^\n]", &n); getchar();
46     printf("Az␣integrál␣közelítő␣értéke:␣");
47     printf("%10.5lf\n", trapez(expx, a, b, n));
48 
49     printf("Az␣sin(2x)␣függvény␣közelítő␣integrálja.\n");
50     printf("Kérem␣az␣integrálási␣intervallumot␣");
51     printf("és␣az␣osztáspontok␣számát␣(a,b,n)!\n");
52     printf("a:?␣"); scanf("%lg%*[^\n]", &a); getchar();
53     printf("b:?␣"); scanf("%lg%*[^\n]", &b); getchar();
54     printf("n:?␣"); scanf("%d%*[^\n]", &n); getchar();
55     printf("Az␣integrál␣közelítő␣értéke:␣");
56     printf("%10.5lf\n", trapez(sin2x, a, b, n));
57     return 0;
58 }
```

Parancssori argumentumok kezelése

- A C nyelvet támogató környezetekben lehetőség van arra, hogy a végrehajtás megkezdésekor a programnak parancssori argumentumokat vagy paramétereket adjunk át.
- Amikor az operációs rendszer elindítja a programot, azaz meghívja a `main` függvényt, a hívásban két argumentum szerepelhet:
  - Az első (általában `argc`) azoknak a parancssori argumentumoknak a darabszáma, amelyekkel a programot meghívtuk.
  - A második argumentum (általában `argv`) egy mutató egy sztring-tömbre, amely a parancssori argumentumokat tartalmazza. Egy karakterlánc egy argumentumnak felel meg.
    - Megállapodás szerint `argv[0]` az a név, amellyel a programot hívták, így az `argc` értéke legalább 1.
    - Számíthatunk arra is, hogy `argv[argc]==NULL`.
- Mivel az `argv` egy mutatótömböt megcímző mutató, a `main` függvényt többféleképpen deklarálhatjuk.

Parancssori argumentumok kezelése [1/1]

arg.c [1–21]

```c
/* Kiírjuk a parancssorban lévő argumentumokat.
 * 1998. Április 16. Dévényi Károly, devenyi@inf.u-szeged.hu
 */

#include <stdio.h>

int main(int argc, char **argv) {

/* vagy így is lehet az argv-t deklarálni

int main(int argc, char *argv[]) {

*/
    int i;

    printf("argc = %d\n\n", argc);
    for (i = 0; i < argc; ++i) {
        printf("argv[%d]: %s\n", i, argv[i]);
    }
    return 0;
}
```

Parancssori argumentumok kezelése

Kimenet

- Mentsük el a fenti programot `arg.c` néven, fordítsuk le és futtassuk felparaméterezve!

```
$ gcc -o arg arg.c
$ ./arg alma korte szilva barack palinka
argc = 6
argv[0]: ./arg
argv[1]: alma
argv[2]: korte
argv[3]: szilva
argv[4]: barack
argv[5]: palinka
```

Eltelt idő kiszámítása [1/2]

eltelt-arg.c [1–25]

```c
/* Egy nap két időpontja között mennyi idő telt el.
 * 2013. November 7.  Gergely Tamás, gertom@inf.u-szeged.hu
 */

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

typedef struct ido_t {
    int ora;
    int perc;
} ido_t;

ido_t str_to_ido(const char * str) {
    ido_t ret = {0, 0};
    ret.ora  = atoi(str);
    for (; *str && *str != ':'; ++str);
    if (*str) {
        ret.perc = atoi(str + 1);
    }
    return ret;
}

int ido_to_int(ido_t t) {
    return 60 * t.ora + t.perc;
}
```

Eltelt idő kiszámítása [2/2]

eltelt-arg.c [27–48]

```
27 ido_t int_to_ido(int t) {
28     ido_t ret;
29     ret.ora  = t / 60;
30     ret.perc = t % 60;
31     return ret;
32 }
33
34 ido_t eltelt_ido(ido_t t1, ido_t t2) {
35     return int_to_ido(ido_to_int(t2) - ido_to_int(t1));
36 }
37
38 int main(int argc, char *argv[]) {
39     ido_t t1, t2, dt;
40     if (argc < 3) {
41         return 1;
42     }
43     t1 = str_to_ido(argv[1]);
44     t2 = str_to_ido(argv[2]);
45     dt = eltelt_ido(t1, t2);
46     printf("Az␣eltelt␣idő␣%d:%02d\n", dt.ora, dt.perc);
47     return 0;
48 }
```

Függvény határozott integráljának kiszámítása

Problémafelvetés és specifikáció

- Problémafelvetés
  - Adott függvény határozott integrálját közelítsük egy beolvasott intervallumon a felhasználó által megadott számú részre osztva az intervallumot!
- Specifikáció
  - A probléma inputja az integrálandó függvény neve, a, b valós számok, az intervallum végpontjai, n, a közelítéshez használandó részek száma.
  - Az inputot a parancssorból vegye a program.
  - Az output három valós szám: a megadott függvény értéke a és b pontokban, valamint a határozott integrál értéke.
  - Ha az argumentumok száma nem megfelelő, akkor hibaüzenetet írunk ki.
  - A függvény neve lehet az, hogy help, és ekkor csak tájékoztató szöveg jelenik meg a választható függvények nevéről.

Függvény határozott integráljának kiszámítása

Algoritmustervezés

- A fő algoritmusban:
  - Ellenőrizzük a parancssorban megadott argumentumok számát.
  - Megkeressük a függvény nevét a választható függvények közül.
  - Ha nincs meg, akkor tájékoztató és kész.
  - Ha help, akkor másik tájékoztató és kész.
  - Ha kevés a parancssorban megadott argumentumok száma, akkor hibaüzenet és kész.
  - Argumentumok konvertálása és a kiíratásban a megfelelő függvények meghívása és sikeres befejezés.

A -> operátor

- A megvalósítás során szükségünk lesz olyan hivatkozásokra, mint

```
(*tp).nev
(*tp).fuggveny
```

  ahol `tp` egy struktúrára mutató pointer. (A zárójelezésre szükség van, mivel a mezőkiválasztás `.` művelete magasabb precedenciájú, mint a dereferencia `*` művelete.)

- Mivel a C nyelvben sokszor van szükség az ilyen jellegű hivatkozásokra, ezért egy új műveletet vezetünk be.
- Ennek műveleti jele `->` és egy pointer által megmutatott struktúra egy mezőjének kiválasztására alkalmas. A prioritási sorban legfelül, a `.` művelet mellett helyezkedik el.
- A `->` operátor segítségével tehát a fenti alakú hivatkozások

```
tp->nev
tp->fuggveny
```

  egyszerűbb alakban írhatóak.

C műveletek prioritása

műveletek	asszoc.	C operátorok
egyoperandusú postfix, elemkiválasztás, mezőkiválasztás, függvényhívás	→	`x++, x--, [], ., ->, f()`
egyoperandusú prefix, méret, típuskényszerítés	←	`+, -, ++x, --x, !, ~, &, *, sizeof, (type)`
multiplikatív	→	`*, /, %`
additív	→	`+, -`
bitléptetés	→	`<<, >>`
kisebb-nagyobb relációs	→	`<=, >=, <, >`
egyenlő-nem egyenlő relációs	→	`==, !=`
bitenkénti 'és'	→	`&`
bitenkénti 'kizáró vagy'	→	`^`
bitenkénti 'vagy'	→	`|`
logikai 'és'	→	`&&`
logikai 'vagy'	→	`||`
feltételes	←	`?:`
értékadó	←	`=, +=, -=, *=, /=, %= >>=, <<=, &=, ^=, |=`
szekvencia	→	`,`

Függvény határozott integráljának kiszámítása [1/5]

fgvint.c [1–24]

```c
/* Közelítő integrálás a trapéz szabály segítségével.
 * Az integrálandó függvény nevét a parancssorból kapjuk.
 * Meg kell adnunk az intervallumot is és a finomságot is.
 * Kérhető help is.
 * 1998. Április 14.  Dévényi Károly, devenyi@inf.u-szeged.hu
 * 2020. Július 24. Gergely Tamás, gertom@inf.u-szeged.hu
 */

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <math.h>
#include <errno.h>

typedef struct tablaelem_t {
    char *nev;                          /* A függvény neve szövegesen  */
    double (*fuggveny)();               /* A függvényre mutató pointer */
} tablaelem_t;

static double help();

static double expx();

static double sin2x();
```

Függvény határozott integráljának kiszámítása [2/5]

fgvint.c [26–42]

```
26 tablaelem_t tablazat[] = {
27     { "sin",   sin   },
28     { "tan",   tan   },
29     { "cos",   cos   },
30     { "expx",  expx  },
31     { "sin2x", sin2x },
32     { "help",  help  },
33     {  NULL,   NULL  }                    /* A táblázat végét jelzi */
34 };
35
36 static double expx(double x) {
37     return (exp(x) / x);
38 }
39
40 static double sin2x(double x) {
41     return sin(2.0 * x);
42 }
```

Függvény határozott integráljának kiszámítása [3/5]

fgvint.c [44–67]

```
44 double help(tablaelem_t *tp) {
45     printf("Kérem válasszon a következő függvények közül: ");
46     for (; tp -> nev; ++tp) {
47         printf("%s ", tp -> nev);
48     }
49     printf("\nMeg kell adnia az intervallumot és a finomságot.\n");
50     exit(EXIT_SUCCESS);
51 }
52                                          /* Az integrálandó függvény típusa */
53 typedef double (*fuggveny_t)(double x);
54
55 static double trapez(fuggveny_t f,                  /* f(x)-t integráljuk az */
56                      double a, double b,              /* a,b intervallumon */
57                      int n) {           /* n részre osztva az intervallumot */
58                     /* Közelítő integrálás a trapéz szabály segítségével. */
59     const double h = (b - a) / n;
60     double area = 0.0;
61     int i;                                                /* a ciklusváltozó */
62
63     for (i = 1; i < n; ++i) {                     /* fgv. értékek összegzése */
64         area += (*f)(a + i * h);
65     }
66     return (area * h + ((*f)(a) + (*f)(b)) / 2.0 * h);
67 }
```

Függvény határozott integráljának kiszámítása [4/5]

fgvint.c [69–93]

```
69 int main(int argc, char **argv) {
70     tablaelem_t *tp;
71     double a, b;
72     int n;
73     char *kiiratas_formatuma = "\n␣%s(%s)=␣%g\n␣%s(%s)=␣%g\n␣%s␣integrálja=␣%g\n";
74 
75     if (argc > 5) {
76         errno = E2BIG;
77         perror("A␣hiba␣az,␣hogy");
78         exit(EXIT_FAILURE);
79     }
80 
81     for (tp = tablazat;                          /* a függvény nevét keressük */
82           (tp -> nev && argv[1] && strcmp(tp -> nev, argv[1]));
83           tp++
84         );                                                /* üres ciklusmag */
85 
86     if (tp -> nev == NULL) {                             /* nem találtuk meg */
87         printf("%s␣függvény␣még␣nincs␣megvalósítva\n", argv[1]);
88         exit(EXIT_SUCCESS);
89     }
90 
91     if (tp -> fuggveny == help) {
92         help(tablazat);
93     }
```

Függvény határozott integráljának kiszámítása [5/5]

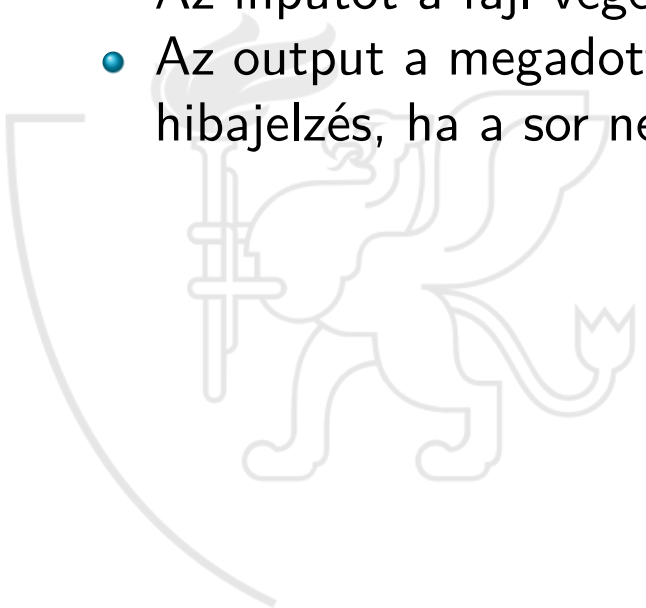
fgvint.c [95–114]

```
95      if (argc < 5) {
96          perror("A hiba az, hogy kevés az argumentum");
97          exit(EXIT_FAILURE);
98      }
99
100     a = atof(argv[2]);                      /* Konvertál sztring-ről double-re */
101     b = atof(argv[3]);
102     n = atoi(argv[4]);                       /* Konvertál string-ről int-re */
103     printf(kiiratas_formatuma,              /* Pointer a formátum sztringre */
104             argv[1],                           /* Pointer a függvény nevére */
105             argv[2],                              /* Pointer az első számra */
106             (*tp -> fuggveny)(a),                /* A függvény értéke a-nál */
107             argv[1],                           /* Pointer a függvény nevére */
108             argv[3],                             /* Pointer a második számra */
109             (*tp -> fuggveny)(b),                /* A függvény értéke b-nél */
110             argv[1],                           /* Pointer a függvény nevére */
111             trapez(*tp -> fuggveny, a, b, n)       /* A függvény integrálja */
112         );
113     exit(EXIT_SUCCESS);
114 }
```

Síkidomok területe és kerülete

Problémafelvetés és specifikáció

- Problémafelvetés
  - Határozzuk meg kör, téglalap és háromszög alakú síkidomok területét és kerületét.
- Specifikáció
  - A probléma inputja több sor „`kor(`r`)`”, „`teglalap(`a`,`b`)`” vagy „`haromszog(`a`,`b`,`c`)`” alakú szöveggel, ahol r, a, b és c valós számok. Az inputot a fájl vége (ctrl+D) zárja.
  - Az output a megadott síkidom területe és kerülete két sorban, vagy egy hibajelzés, ha a sor nem megfelelő formátumú.



Síkidomok területe és kerülete

Algoritmustervezés

- Algoritmustervezés:
  - Az inputot soronként olvassuk be, és ha megfelel valamelyik síkidom leírásának, akkor feltöltünk egy síkidom adattípust (`union`-ok és `struct`-ok kombinációja) a megfelelő adatokkal.
  - Az említett adattípus tartalmazza a megfelelő terület- és kerületszámító függvények pointereit is.
  - A fő algoritmusban csak az input adatokat olvassuk be, majd meghívjuk a síkidom terület és kerületszámító függvényeit, és kiírjuk a kiszámolt értékeket.

Síkidomok 2. verzió [1/5]

sikidomok-fgv-ptr.c [1–12]

```c
/* Síkidomok területének és kerületének kiszámítása.
 * 2018. Szeptember 19. Gergely Tamás, gertom@inf.u-szeged.hu
 */

#include <math.h>
#include <stdio.h>

#define PUFFERMERET 128

enum sikidom_tipus_t {
    kor, haromszog, teglalap
};
```

Síkidomok 2. verzió [2/5]

sikidomok-fgv-ptr.c [14–35]

```
14 struct kor_tulajdonsagok_t {
15     double r;
16 };
17
18 struct haromszog_tulajdonsagok_t {
19     double a, b, c;
20 };
21
22 struct teglalap_tulajdonsagok_t {
23     double a, b;
24 };
25
26 struct sikidom {
27     enum sikidom_tipus_t tipus;
28     union {
29         struct kor_tulajdonsagok_t kor;
30         struct haromszog_tulajdonsagok_t haromszog;
31         struct teglalap_tulajdonsagok_t teglalap;
32     };
33     double (*kerulet)(struct sikidom);
34     double (*terulet)(struct sikidom);
35 };
```

Síkidomok 2. verzió [3/5]

sikidomok-fgv-ptr.c [37–62]

```c
double kor_kerulet(struct sikidom si) {
    return (si.tipus == kor) ? 2.0 * M_PI * si.kor.r : NAN;
}

double kor_terulet(struct sikidom si) {
    return (si.tipus == kor) ? M_PI * si.kor.r * si.kor.r : NAN;
}

double haromszog_kerulet(struct sikidom si) {
    return (si.tipus == haromszog) ?
            si.haromszog.a + si.haromszog.b + si.haromszog.c : NAN;
}

double haromszog_terulet(struct sikidom si) {
    double s = (si.haromszog.a + si.haromszog.b + si.haromszog.c) / 2.0;
    return (si.tipus == haromszog) ?
            sqrt(s * (s-si.haromszog.a) * (s-si.haromszog.b) * (s-si.haromszog.c)) : NAN;
}

double teglalap_kerulet(struct sikidom si) {
    return (si.tipus == teglalap) ? 2.0 * (si.teglalap.a + si.teglalap.b) : NAN;
}

double teglalap_terulet(struct sikidom si) {
    return (si.tipus == teglalap) ? si.teglalap.a * si.teglalap.b : NAN;
}
```

Síkidomok 2. verzió [4/5]

sikidomok-fgv-ptr.c [64–92]

```
64 struct sikidom uj_kor(double r) {
65     struct sikidom s;
66     s.tipus   = kor;
67     s.kor.r   = r;
68     s.kerulet = kor_kerulet;
69     s.terulet = kor_terulet;
70     return s;
71 }
72
73 struct sikidom uj_teglalap(double a, double b) {
74     struct sikidom s;
75     s.tipus      = teglalap;
76     s.teglalap.a = a;
77     s.teglalap.b = b;
78     s.kerulet    = teglalap_kerulet;
79     s.terulet    = teglalap_terulet;
80     return s;
81 }
82
83 struct sikidom uj_haromszog(double a, double b, double c) {
84     struct sikidom s;
85     s.tipus       = haromszog;
86     s.haromszog.a = a;
87     s.haromszog.b = b;
88     s.haromszog.c = c;
89     s.kerulet     = haromszog_kerulet;
90     s.terulet     = haromszog_terulet;
91     return s;
92 }
```

Síkidomok 2. verzió [5/5]

sikidomok-fgv-ptr.c [94–113]

```
94 char puffer[PUFFERMERET];
95
96 int main() {
97     double a,b,c;
98     struct sikidom s;
99     while (fgets(puffer, PUFFERMERET, stdin)) {
100        if (sscanf(puffer, "kor(%lf)", &a) == 1) {
101            s = uj_kor(a);
102        } else if (sscanf(puffer, "teglalap(%lf,%lf)", &a, &b) == 2) {
103            s = uj_teglalap(a, b);
104        } else if (sscanf(puffer, "haromszog(%lf,%lf,%lf)", &a, &b, &c) == 3) {
105            s = uj_haromszog(a, b, c);
106        } else {
107            printf("Ismeretlen␣formatumu␣sor!\n");
108            continue;
109        }
110        printf("T=␣%lf\nK=␣%lf\n", s.terulet(s), s.kerulet(s));
111    }
112    return 0;
113 }
```

Tartalom

Halmaz típus

- A programozásban számtalan formában előfordulhatnak halmazok és halmazokkal végzett műveletek.
- Legyen U egy egész típus, amit univerzumnak nevezünk. Tekintsük a $P(U)$ értékhalmazt, vagyis az U univerzum részhalmazainak halmazát, ez lesz a $Halmaz(U)$ új adattípus értékhalmaza.

Halmaz absztrakt adattípus

Műveletek [1/2]

- `Üresít(←H:Halmaz);`
  - A művelet végrehajtása után a H változó értéke az üres halmaz lesz.
- `Bővít(↔H:Halmaz; →x:U);`
  - A művelet a H változó értékéhez hozzáveszi az x elemet.
- `Töröl(↔H:Halmaz; →x:U);`
  - A művelet a H változó értékéből törli az x elemet.
- `Eleme(→x:U; →H:Halmaz):bool;`
  - A függvényművelet akkor és csak akkor ad igaz értéket, ha $x \in H$ halmaznak.
- `Egyesítés(→H1:Halmaz; →H2:Halmaz; ←H:Halmaz);`
  - A művelet eredményeként a H változó értéke a $H_1 \cup H_2$ lesz.
- `Metszet(→H1:Halmaz; →H2:Halmaz; ←H:Halmaz);`
  - A művelet eredményeként a H változó értéke a $H_1 \cap H_2$ lesz.

Halmaz absztrakt adattípus

Műveletek [2/2]

- `Különbség(→H1:Halmaz; →H2:Halmaz; ←H:Halmaz);`
  - A művelet eredményeként a H változó azokat az $x \in H_1$ elemeket tartalmazza, melyekre $x \notin H_2$.
- `Egyenlő(→H1:Halmaz; →H2:Halmaz):bool;`
  - Az egyenlőség relációs művelet.
- `Rész(→H1:Halmaz; →H2:Halmaz):bool;`
  - Akkor és csak akkor ad igaz értéket, ha a $H_1 \subseteq H_2$.
- `Ürese(→H:Halmaz):bool;`
  - Akkor és csak akkor ad igaz értéket, ha $H = \emptyset$.
- `Értékadás(←H1:Halmaz; →H2:Halmaz);`
  - A művelet hatására a H_1 változó felveszi a H_2 értékét.

Halmaz

Virtuális adattípus

- A C nyelvben a halmaznak nincs nyelvi megvalósítása.
- A halmazok reprezentálásához induljunk ki abból, hogy tetszőleges `U` univerzum esetén az `U` részhalmazai megadhatók karakterisztikus függvényükkel. Ha `H` az `U` részhalmaza, akkor karakterisztikus függvénye:

$$k_H : U \to \{0, 1\}$$

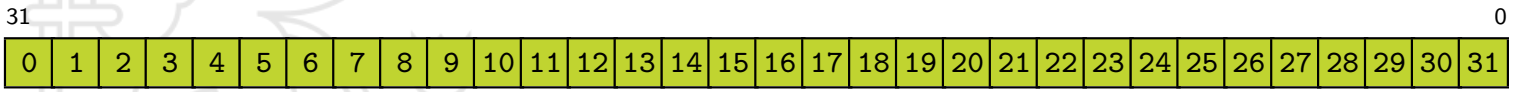
$$k_H(x) = \begin{cases} 1 & \Leftrightarrow x \in H \\ 0 & \Leftrightarrow x \notin H \end{cases}$$

- Vagyis minden részhalmazhoz egyértelműen hozzárendelhető egy olyan függvény, ami a részhalmazban lévő elemekre 1-et, az univerzum többi elemére pedig 0-t ad.

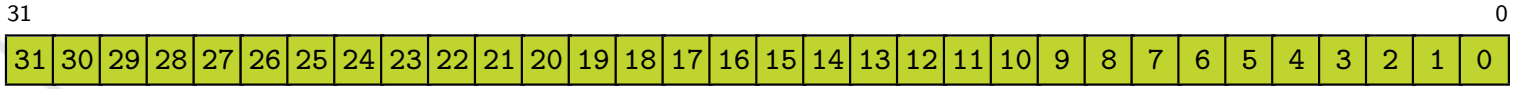
Halmaz

Virtuális adattípus

- Ha `U` egész típus, a karakterisztikus függvényeket meg tudnánk valósítani a `bool[U]` típussal, de ez nem hatékony megoldás, mert `U` minden eleméhez a logikai `bool` típus megvalósításától függően legalább egy (de inkább 4) byte szükséges.
- Ezzel szemben az 1 bit/elem hatékonyságot el is tudjuk érni a bitműveletek segítségével. A módszer lényege, hogy például egy `int` típusú változóban (32 bites rendszeren) 32 bitet tárolhatunk, azaz egy 32 elemű kis halmaz reprezentálására ideális.
  - Egész egyszerűen minden bitnek feleltessünk meg egy értéket, és viszont. Ez nagyon sokféleképpen (32!) megtehető, például:



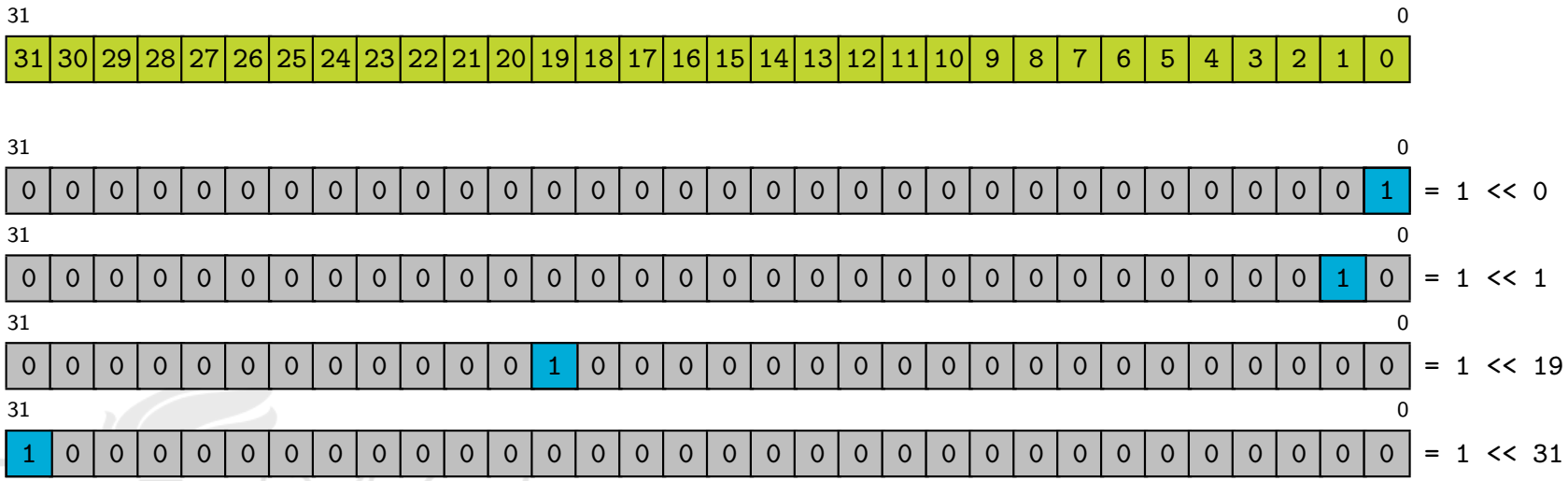
vagy



Halmaz

Virtuális adattípus

- Az egyes biteket a bitműveletekkel érhetjük el.



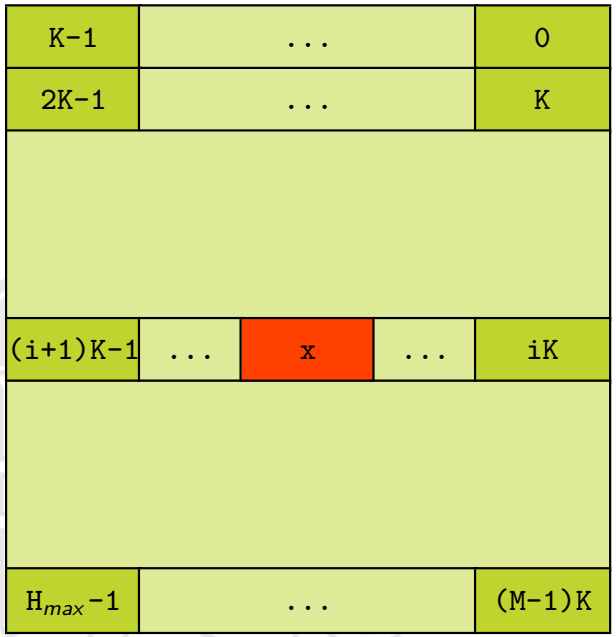
- A bit törlése, beállítása és lekérdezése az `&`, `|` és `~` műveletek segítségével történik.

Halmaz

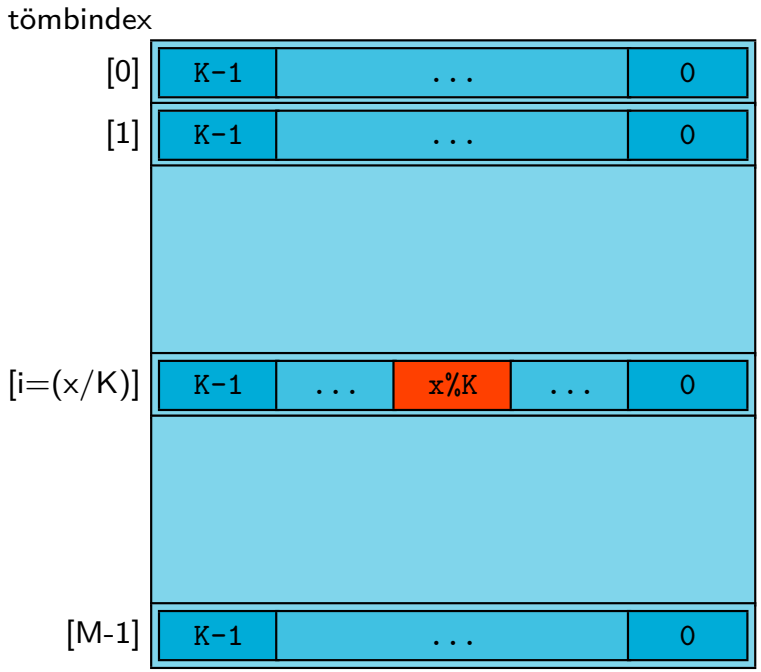
Virtuális adattípus

- Nagyobb halmazt összerakhatunk kis halmazokból a következőképpen:

Logikailag



Fizikailag



Halmaz

Virtuális adattípus

- Minden `x` természetes szám egyértelműen meghatározott az $(x/K, x\%K)$ számpárral.
- Tehát `x` értékéből egyértelműen előállítható, hogy a halmazt reprezentáló `H` nagy tömb melyik kishalmaza milyen pozíción tartalmazza az `x`-hez tartozó bitet.
- `x` akkor és csak akkor eleme a `H` változó által reprezentált halmaznak, ha teljesül, hogy a `H[x/K]` kishalmaznak eleme az `(x%K)`, azaz a megfelelő kishalmaz megfelelő bitje 1.
- Az univerzumot a tömb és a használt adattípus mérete együtt határozzák meg.

Halmaz megvalósítás [1/4]

halmaz_t.h [1–26]

```
1#ifndef HALMAZ_H
2#define HALMAZ_H
3
4#include <stdbool.h>
5
6#define HALMAZ_K (8*sizeof(halmaz_kishalmaz))
7#define HALMAZ_M ???
8#define HALMAZ_H_MAX (HALMAZ_M*HALMAZ_K)
9
10typedef unsigned long int halmaz_elem_t;
11typedef halmaz_elem_t halmaz_kishalmaz_t;
12typedef halmaz_kishalmaz_t halmaz_t[HALMAZ_M];
13
14void halmaz_uresit(halmaz_t);
15void halmaz_bovit(halmaz_t, halmaz_elem_t);
16void halmaz_torol(halmaz_t, halmaz_elem_t);
17bool halmaz_eleme(halmaz_t, halmaz_elem_t);
18void halmaz_egyesites(halmaz_t h1, halmaz_t h2, halmaz_t h);
19void halmaz_metszet(halmaz_t h1, halmaz_t h2, halmaz_t h);
20void halmaz_kulonbseg(halmaz_t h1, halmaz_t h2, halmaz_t h);
21bool halmaz_egyenlo(halmaz_t h1, halmaz_t h2);
22bool halmaz_resz(halmaz_t h1, halmaz_t h2);
23bool halmaz_ures_e(halmaz_t h);
24void halmaz_ertekadas(halmaz_t h1, halmaz_t h2);
25
26#endif // HALMAZ_H
```

Halmaz megvalósítás [2/4]

halmaz_t.c [1–21]

```
1#include "halmaz_t.h"
2
3void halmaz_uresit(halmaz_t h) {
4    long int i;
5    for (i = 0; i < HALMAZ_M; ++i)
6        h[i] = 0;
7}
8
9void halmaz_bovit(halmaz_t h, halmaz_elem_t x) {
10    if (x < HALMAZ_H_MAX)
11        h[x / HALMAZ_K] |=  (1l << (x % HALMAZ_K));
12}
13
14void halmaz_torol(halmaz_t h, halmaz_elem_t x) {
15    if (x < HALMAZ_H_MAX)
16        h[x / HALMAZ_K] &= ~(1l << (x % HALMAZ_K));
17}
18
19bool halmaz_eleme(halmaz_elem_t x, halmaz_t h) {
20    return (x < HALMAZ_H_MAX) && (h[x / HALMAZ_K] & (1l << (x % HALMAZ_K)));
21}
```

Halmaz megvalósítás [3/4]

halmaz_t.c [23–45]

```
23 void halmaz_egyesites(halmaz_t h1, halmaz_t h2, halmaz_t h) {
24     long int i;
25     for (i = 0; i < HALMAZ_M; ++i)
26         h[i] = h1[i] | h2[i];
27 }
28
29 void halmaz_metszet(halmaz_t h1, halmaz_t h2, halmaz_t h) {
30     long int i;
31     for (i = 0; i < HALMAZ_M; ++i)
32         h[i] = h1[i] & h2[i];
33 }
34
35 void halmaz_kulonbseg(halmaz_t h1, halmaz_t h2, halmaz_t h) {
36     long int i;
37     for (i = 0; i < HALMAZ_M; ++i)
38         h[i] = h1[i] & ~(h2[i]);
39 }
40
41 bool halmaz_egyenlo(halmaz_t h1, halmaz_t h2) {
42     long int i;
43     for (i = 0; (i < HALMAZ_M) && (h1[i] == h2[i]); ++i);
44     return i == HALMAZ_M;
45 }
```

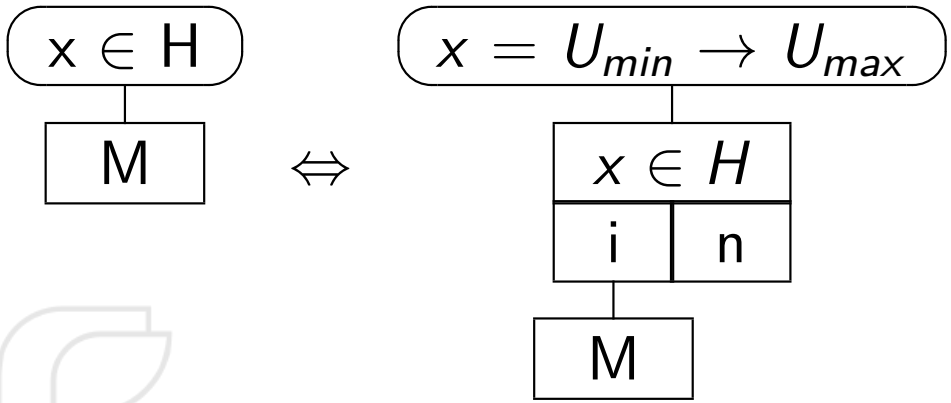
Halmaz megvalósítás [4/4]

halmaz_t.c [47–63]

```
47 bool halmaz_resz(halmaz_t h1, halmaz_t h2) {
48     long int i;
49     for (i = 0; (i < HALMAZ_M) && !(h1[i] & ~(h2[i])); ++i);
50     return i == HALMAZ_M;
51 }
52
53 bool halmaz_urese(halmaz_t h) {
54     long int i;
55     for (i = 0; (i < HALMAZ_M) && !(h[i]); ++i);
56     return i == HALMAZ_M;
57 }
58
59 void halmaz_ertekadas(halmaz_t h1, halmaz_t h2) {
60     long int i;
61     for (i = 0; i < HALMAZ_M; ++i)
62         h1[i] = h2[i];
63 }
```

Diszkrét ismétléses vezérlés

- Azáltal, hogy az univerzum egész típus, lehetővé válik a diszkrét ismétléses vezérlés megfogalmazása ezekre a halmazokra.
- Ha U_{min} és U_{max} az univerzum minimális illetve maximális eleme, akkor a diszkrét ismétléses vezérlés megvalósítható az alábbi módon:




```
for (x = U_min; x <= U_max; ++x) {
    if (Eleme(x,H)) {
        M;
    }
}
```

Klikkek meghatározása

Problémafelvetés és specifikáció

- Problémafelvetés
  - Egy közösségben az emberek közötti barátsági kapcsolat alapján meg kell határoznunk a klikkeket!
- Specifikáció
  - Legyen egy előre adott N az emberek száma, akiket jelöljünk az $1, \ldots, N$ számokkal.
  - A program inputja (i, j) számpárok sorozata ($1 \leq i, j \leq N$), ami az i. és j. sorszámú ember barátságát jelenti. A sorozat (és az input) végét a $(0, 0)$ számpár jelenti.
  - Az output a baráti csoportok tagjainak felsorolása.

Klikkek meghatározása

Algoritmustervezés

- A matematika nyelvén:
  - Tegyük fel, hogy a barátság reflexív, szimmetrikus és tranzitív reláció. Meg kell határozni az R relációt tartalmazó legszűkebb ekvivalencia reláció szerinti osztályozást.
  - Induljunk ki abból, hogy minden személy csak saját magával van barátságban (reflexív); tehát képezzük az i egyelemű halmazokat.
  - Ha az input számpárokat valameddig feldolgozva meghatároztuk az osztályozást, a következő (i, j) számpárt beolvasva össze kell vonni azt a két részhalmazt, amelybe i illetve j tartozik, hisz mindenki, aki i-vel barátságban van, az barátságban van j minden barátjával is (tranzitív), és ez fordítva is igaz (szimmetrikus).

Klikkek meghatározása absztrakt Halmaz típussal [1/2]

klikk-abstract.c [1–28]

```c
/* A beolvasott R relációt tartalmazó legszűkebb ekvivalencia
   reláció szerinti osztályozást határozzuk meg.
   Vázlat, nem fordítható C program.
   2006. Augusztus 14. Gergely Tamás, gertom@inf.u-szeged.hu
 */
#include <stdio.h>
#define N 10                                        /* maximális elemszám */
typedef Halmaz(U) Halmaz;                           /* EZ ÍGY NEM C !!!*/

int main() {
    Halmaz H[N];
    unsigned short i, j, ti, tj;
    for (i = 1; i <= N; ++i) {                        /* inicializálás */
        Uresit(H[i - 1]); Bovit(H[i - 1], i);
    }
    printf("Kérem␣a␣relációban␣lévő␣számpárokat!\n");
    scanf("%hd%hd%*[^\n]", &i, &j);
    getchar();
    while (i != 0) {
        for (ti = 0; !Eleme(i, H[ti]); ++ti);  /* amelyik H[ti] halmazban van i ? */
        for (tj = 0; !Eleme(j, H[tj]); ++tj);  /* amelyik H[tj] halmazban van j ? */
        if (ti != tj) {                              /* H[ti] és H[tj] összevonása */
            Egyesites(H[ti], H[tj], H[ti]);
            Uresit(H[tj]);
        }
        scanf("%hd%hd%*[^\n]", &i, &j);
        getchar();
    }
```

Klikkek meghatározása absztrakt Halmaz típussal [2/2]

klikk-abstract.c [30–40]

```
30      printf("Az␣osztályok:␣\n");
31      for (i = 1; i <= N; ++i) {                          /* az osztályok kiíratása */
32          if (!Urese(H[i - 1])) {
33              for (j = 1; j <= N; ++j) {
34                  if (Eleme(j, H[i - 1]))
35                      printf("%4hd,", j);
36              }
37              putchar('\n');
38          }
39      }
40  }
```

Klikkek meghatározása [1/2]

klikk.c [1–19]

```c
/* A beolvasott R relációt tartalmazó legszűkebb ekvivalencia
 *   reláció szerinti osztályozást határozzuk meg.
 * 1997. December 6.  Dévényi Károly, devenyi@inf.u-szeged.hu
 */

#include <stdio.h>

#define N  10                                   /* maximális elemszám */

typedef unsigned short int univerzum_t;                 /* az univerzum */
typedef long int halmaz_t;        /* N kicsi, ezért elegendő egy long int */

int main(int argc, char *argv[]) {
    halmaz_t h[N];
    univerzum_t i, j, ti, tj;

    for (i = 1; i <= N; ++i) {                          /* inicializálás */
        h[i - 1] = 1l << i;
    }
```

Klikkek meghatározása [2/2]

klikk.c [21–46]

```
21      printf("Kérem␣a␣relációban␣lévö␣számpárokat!\n");
22      scanf("%hd%hd%*[^\n]", &i, &j); getchar();
23      while (i != 0) {
24                          /* az i-t tartalmazó halmaz ti indexének keresése */
25          for (ti = 0; ((1l << i) & h[ti]) == 0; ++ti);
26                           /* a j-t tartalmazó halmaz tj indexének keresése */
27          for (tj = 0; ((1l << j) & h[tj]) == 0; ++tj);
28          if (ti != tj) {                         /* h[ti] és h[tj] összevonása */
29              h[ti] |= h[tj];
30              h[tj] = 0;
31          }
32          scanf("%hd%hd%*[^\n]", &i, &j); getchar();
33      }
34
35      printf("Az␣osztályok:\n");
36      for (i = 1; i <= N; ++i) {                      /* az osztályok kiíratása */
37          if (h[i - 1] != 0) {
38              for (j = 1; j <= N; ++j) {
39                  if (((1l << j) & h[i - 1]) != 0)
40                      printf("%4d,", j);
41              }
42              putchar('\n');
43          }
44      }
45      return 0;
46  }
```

Prímszámok meghatározása

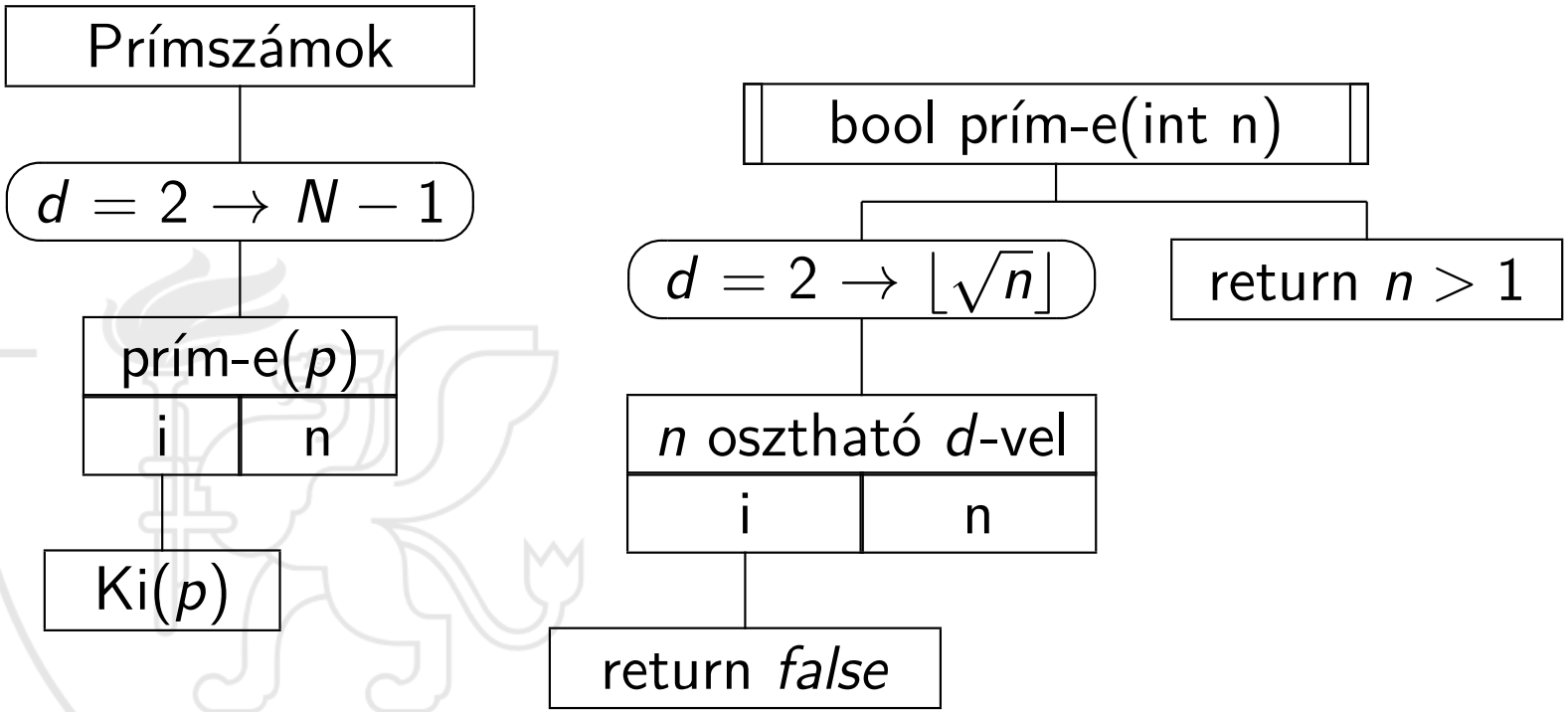
Problémafelvetés és specifikáció

- Problémafelvetés
  - Határozzuk meg az adott N természetes számnál nem nagyobb prímszámokat.
- Specifikáció
  - Legyen N egy előre adott pozitív egész szám.
  - A programnak nincs bemenete.
  - A kimenet a $[0, N)$ intervallumba eső prímszámok sorozata.

Prímszámok meghatározása

Algoritmustervezés

- Első ötletünk egy „favágó” algoritmus lehet: minden számról külön-külön eldöntjük, hogy prím-e vagy sem.
- Szerkezeti ábra:



Prímszámok meghatározása [1/2]

prim-nem-hatekony.c [1–18]

```c
/* Határozzuk meg az adott N természetes számnál nem nagyobb
 *   prímszámokat.
 * 2014. Január 24.  Gergely Tamás, gertom@inf.u-szeged.hu
 */

#include <stdio.h>

#define N 16777216LL

int prim_e(long long int n) {
    long long int d;
    for (d = 2; d * d <= n; ++d) {
        if (n % d == 0) {
            return 0;
        }
    }
    return 1 < n;
}
```

Prímszámok meghatározása [2/2]

prim-nem-hatekony.c [20–34]

```
20 int main() {
21     long long int p, j = 1;
22     printf("A␣prímszámok␣%lld-ig:\n%9lld", N, 2LL);
23     for (p = 3; p < N; p += 2) {
24         if (prim_e(p)) {
25             printf("%9lld", p);
26             if (++j == 8) {
27                 j = 0;
28                 putchar('\n');
29             }
30         }
31     }
32     putchar('\n');
33     return 0;
34 }
```

Prímszámok meghatározása

Algoritmustervezés

- A „minden számról külön-külön eldöntjük, hogy prím-e vagy sem” algoritmus nem igazán hatékony
  - Összehasonlíthatjuk például a `prim` és `prim-nem-hatekony` futási idejét:

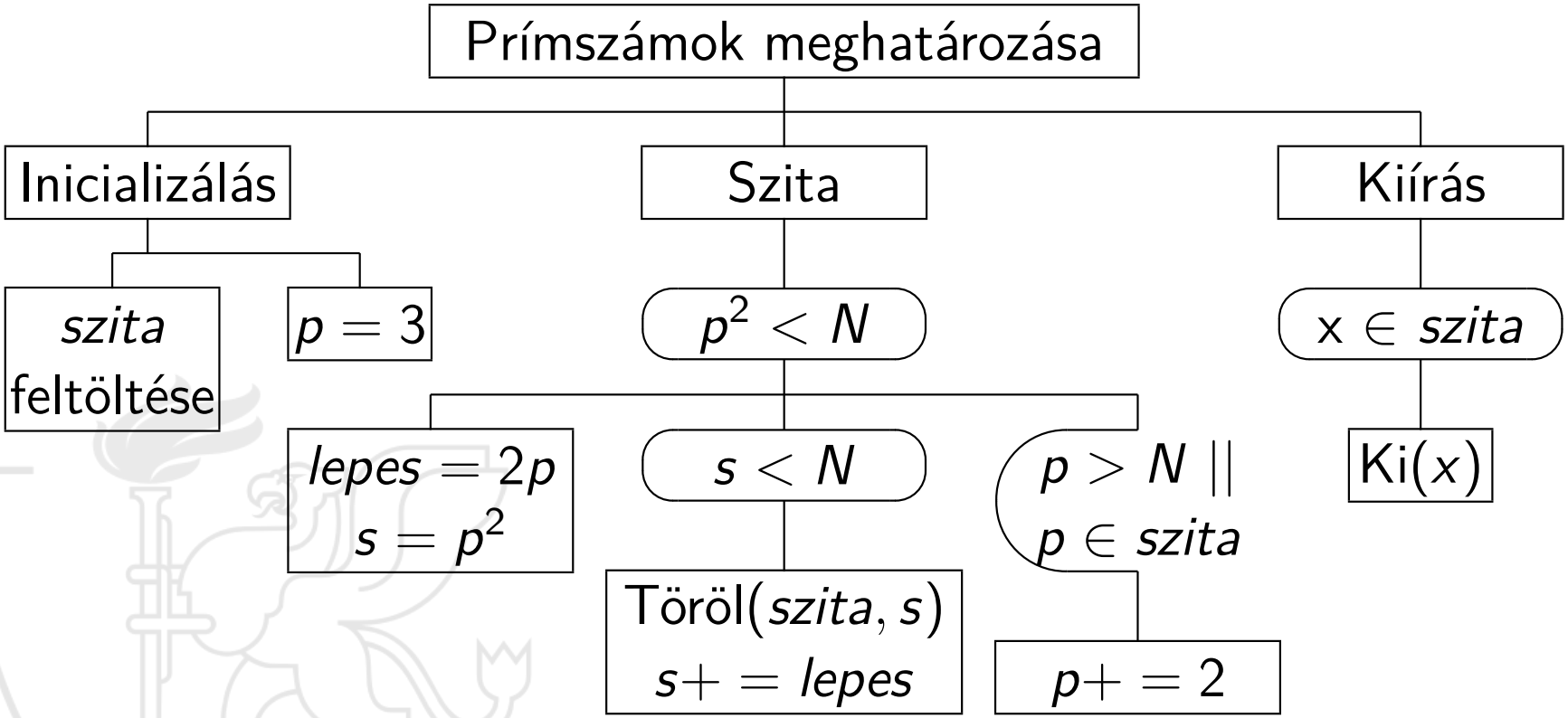
```
$ /usr/bin/time -f '%E (%Us)' ./prim >/dev/null
$ /usr/bin/time -f '%E (%Us)' ./prim-nem-hatekony >/dev/null
```

- Ezért a jól ismert Erathosztenészi szita algoritmust valósítjuk meg:
  - A halmazt kezdetben feltöltjük az egynél nagyobb páratlan számokkal.
  - Megkeressük a halmaz még nem feldolgozott legkisebb elemét (ez prímszám lesz) és töröljük a többszöröseit.
  - Az előző pontot addig ismételjük, míg el nem érjük az N gyökét.
  - Az eredményhalmaz csak a prímszámokat fogja tartalmazni.

Prímszámok meghatározása

Algoritmustervezés – Szerkezeti ábra

- Szerkezeti ábra:



Prímszámok meghatározása [1/3]

prim.c [1–14]

```c
/* Határozzuk meg az adott N természetes számnál nem nagyobb
 *   prímszámokat.
 * 1997. December 6.  Dévényi Károly, devenyi@inf.u-szeged.hu
 * 2006. Augusztus 15.  Gergely Tamás, gertom@inf.u-szeged.hu
 */

#include <stdio.h>

#define K (8 * sizeof(kishalmaz_t))
#define M 262144LL
#define N (M * K)

typedef long long int kishalmaz_t;
typedef kishalmaz_t halmaz_t[M];
```

Prímszámok meghatározása [2/3]

prim.c [16–42]

```
16 int main() {
17     halmaz_t szita;
18     kishalmaz_t kicsi;                              /* a szita inicializálásához */
19     long long int p, s, lepes, i, j;
20
21     kicsi = 0;                                       /* a szita inicializálása */
22     for (i = 0; i <= ((K - 1) / 2); ++i) {
23         kicsi |= (1LL << (2 * i + 1));
24     }
25     for (i = 0; i < M; ++i) {
26         szita[i] = kicsi;
27     }
28     szita[0] &= ~2LL; /* 2LL == (1LL << 1) */
29     szita[0] |= 4LL;  /* 4LL == (1LL << 2) */
30
31     p = 3;                                          /* az első szitálandó prím */
32     while (p * p  < N) {                    /* P többszöröseinek kiszitálása */
33         lepes = 2 * p;                                   /* lépésköz = 2*p */
34         s = p * p;                                 /* s az első többszörös */
35         while (s < N) {
36             szita[s / K] &= ~(1LL << (s % K));
37             s += lepes;
38         }
39         do {                                      /* a következő prím keresése */
40             p += 2;
41         } while ((p < N) && !(szita[p / K] & (1LL << (p % K))));
42     }
```

Prímszámok meghatározása [3/3]

prim.c [44–57]

```
44      j = 0;                                  /* a prímszámok kiíratása képernyőre */
45      printf("A␣prímszámok␣%lld-ig:\n", N);
46      for (p = 2; p < N; ++p) {
47          if (szita[p / K] & (1LL << (p % K))) {
48              printf("%9lld", p);
49              if (++j == 8) {
50                  j = 0;
51                  putchar('\n');
52              }
53          }
54      }
55      putchar('\n');
56      return 0;
57  }
```

Tartalom

Változó-hosszúságú tömb C-ben

- Az eddig megismert C tömbökkel az a baj, hogy a méretüket fordítási időben meg kell adni.
  - A feldolgozott adatok mennyisége, mérete viszont nem mindig ismert előre, így előfordulhat, hogy a tömb számára kevés helyet foglaltunk, de az is, hogy feleslegesen sokat.
- A C99 szabvány már ismeri a változó-hosszúságú tömb fogalmát, amikor is a tömb deklarációjában méretként egy futásidőben kiértékelhető egész kifejezést is megadhatunk.
  - Ez viszont a memória nem pont erre tervezett *verem* részében fog helyet foglalni, és emiatt korlátozottan használható.
  - Ráadásul a C11 szabvány bizonyos implementációkra felmentést ad az ilyen tömbök kezelése alól.

```
void func(int n) {
    int tomb[n];
    ...
}
```

Dinamikus tömb C-ben

- A megoldás: tömb helyett pointert deklarálunk, és ha tudjuk a kívánt méretet, memóriát már a megfelelő számú elemnek foglalunk.
  - Vagyis dinamikusan foglalunk helyet a tömbünk elemeinek, azaz dinamikus tömböt használunk. Mivel a pointert tömbként kezelhetjük, a program kódjában ez semmilyen más változást nem eredményez.

```
int tomb[MAX];
...
n = ...

...
for (i = 0; i < n; ++i) {
    tomb[i] = i;
}

...
```

```
int *tomb;
...
n = ...
tomb = malloc(n * sizeof(*tomb));
...
for (i = 0; i < n; ++i) {
    tomb[i] = i;
}
free(tomb);
...
```

Egyszerű flexibilis tömb C-ben

- A hatékonyabb memóriakezelés ellenére a dinamikus tömb méretét még így is előre, legkésőbb a tömb létrehozásakor ismernünk kell.
- De erre is van megoldás: a C nyelvben a

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

függvény a `ptr` által mutatott (foglalt) területet méretezi át.

- Ennek segítségével meg tudunk valósítani egy egyszerű flexibilis tömböt, aminek a méretét nem kell előre megadnunk:

```
int *tomb = NULL, int n = 0;
...
while (...) {
    tomb = realloc(tomb, (++n) * sizeof(*tomb));
    ...
}
free(tomb);
...
```

Flexibilis tömb

Absztrakt adattípus – Értékkészlet

- Algoritmusok tervezésekor gyakran előfordul, hogy tömbbökkel kell dolgozni, de az adatok darabszáma csak az algoritmus futása közben válik ismertté, esetleg a futás során még változhat is. Ez utóbbi esetet a megismert tömb adattípus nem tudja kezelni.
- Egy ilyen típus értékkészlete $\bigcup_{n=1}^{\infty} T_n$, ahol T_n az E elemtípusból és $I_n = \{0 \dots n-1\}$ indextípusból képzett tömb típus.
- Ha az ilyen sorozatokon a következő műveleteket értelmezzük, akkor egy (absztrakt) adattípushoz jutunk, amit *Flexibilis tömb* típusnak nevezünk.
- Jelöljük ezt a *Flexibilis tömb* típust a továbbiakban FT-vel, és legyen $I = \{0 \dots \infty\}$.

Flexibilis tömb

Absztrakt adattípus – Műveletek

- `Kiolvas(→A:FT; →i:I; ←x:E)`
  - Az A sorozat i. komponensének kiolvasása x változóba ha A legalább $i+1$ elemet tartalmaz.
- `Módosít(↔A:FT; →i:I; →y:E)`
  - Az A sorozat i. komponensének módosítása y értékre, ha A legalább $i+1$ elemet tartalmaz.
- `Felső(→A:FT): I`
  - Az A elemszámának lekérdezése.
- `Értékadás(←A:FT; →X:FT)`
  - Értékadó művelet. Az A változó felveszi az X, FT típusú kifejezés értékét.

Flexibilis tömb

Absztrakt adattípus – Műveletek

- `Létesít(↔A:FT; →n:I)`
  - n elemű flexibilis tömböt létesít.
- `Megszüntet(↔A:FTömb)`
  - Törli az A flexibilis tömbhöz foglalt memóriát.
- `Növel(↔A:FT; →d:I)`
  - Az A felső határát a d értékkel növeli.
- `Csökkent(↔A:FT; →d:I)`
  - Az A felső határát a d értékkel csökkenti.

Flexibilis tömb

Virtuális C adattípus

- Egyszerűbb flexibilis tömb típust az alábbi módon deklarálhatunk:

```
typedef struct FT {
        E *tomb;                        /* tömb */
        I meret;  /* a tömb aktuális mérete */
} FT;
```

vagyis a tömböt magát tulajdonképpen egy pointerrel valósítjuk meg. A struktúra azért kell, mert a flexibilis tömbhöz hozzátartozik a mérete is.

Flexibilis tömb egyszerű megvalósítás [1/3]

ftomb_simple_t.h [1–20]

```
1#ifndef FTOMB_SIMPLE_H
2#define FTOMB_SIMPLE_H
3
4typedef ???          ft_elem_t;       /* a tömb elemtípusa */
5typedef unsigned int ft_index_t;
6typedef struct flex_tomb_t {
7        ft_elem_t *tomb;                          /* tömb */
8        ft_index_t hatar;           /* aktuális indexhatár */
9} flex_tomb_t;
10
11/* A műveletek deklarációja:                              */
12void ft_kiolvas(flex_tomb_t a, ft_index_t i, ft_elem_t *x);
13void ft_modosit(flex_tomb_t a, ft_index_t i, ft_elem_t x);
14index_t ft_felso(flex_tomb_t a);
15void ft_letesit(flex_tomb_t *a, ft_index_t n);
16void ft_megszuntet(flex_tomb_t *a);
17void ft_novel(flex_tomb_t *a, ft_index_t d);
18void ft_csokkent(flex_tomb_t *a, ft_index_t d);
19
20#endif // FTOMB_SIMPLE_H
```

Flexibilis tömb egyszerű megvalósítás [2/3]

ftomb_simple_t.c [1–18]

```c
#include <stdlib.h>
#include "ftomb_simple_t.h"

void ft_kiolvas(flex_tomb_t a, ft_index_t i, ft_elem_t *x) {
    if (i < a.hatar) {
        *x = a.tomb[i];
    }
}

void ft_modosit(flex_tomb_t a, ft_index_t i, ft_elem_t x) {
    if (i < a.hatar) {
        a.tomb[i] = x;
    }
}

index_t ft_felso(flex_tomb_t a) {
    return a.hatar;
}
```

Flexibilis tömb egyszerű megvalósítás [3/3]

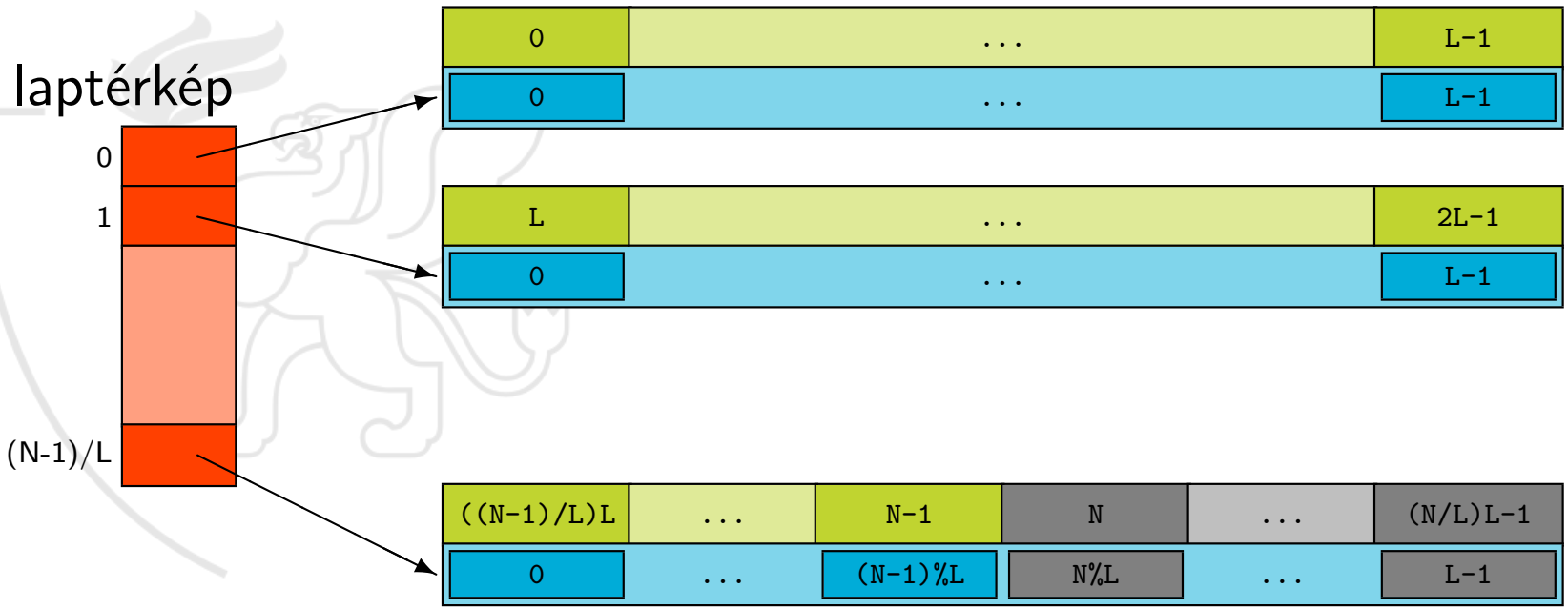
ftomb_simple_t.c [20–37]

```
20 void ft_letesit(flex_tomb_t *a, ft_index_t n) {
21     a->hatar = n;
22     a->tomb = ((n) ? malloc(n * sizeof(*a->tomb)) : NULL);
23 }
24
25 void ft_megszuntet(flex_tomb_t *a) {
26     free(a->tomb);          /* A free() függvény jól kezeli a NULL értéket */
27     a->tomb = NULL;
28     a->hatar = 0;
29 }
30
31 void ft_novel(flex_tomb_t *a, ft_index_t d) {
32     a->tomb = realloc(a->tomb, (a->hatar += d) * sizeof(*a->tomb));
33 }
34
35 void ft_csokkent(flex_tomb_t *a, ft_index_t d) {
36     a->tomb = realloc(a->tomb, (a->hatar -= d) * sizeof(*a->tomb));
37 }
```

Flexibilis tömb

Virtuális C adattípus

- Az előző megvalósítás sem használható viszont, ha a memória túlságosan „széttöredezett”, azaz nincsenek benne nagy egybefüggő részek.
- Szerencsére a halmazok megvalósításánál már látott elvet újrahasznosító megvalósítás ezt a problémát is kiküszöböli (ha nem is teljesen).



Flexibilis tömb megvalósítás [1/4]

ftomb_t.h [1–24]

```
1#ifndef FTOMB_H
2#define FTOMB_H
3
4#define L ???                                   /* lapméret */
5
6typedef ???          ft_elem_t;       /* a tömb elemtípusa */
7typedef unsigned int ft_index_t;
8typedef ft_elem_t *ft_lap_t;
9typedef ft_lap_t  *ft_lapterkep_t;
10typedef struct flex_tomb_t {
11        ft_lapterkep_t lt;                    /* laptérkép */
12        ft_index_t     hatar;       /* aktuális indexhatár */
13} flex_tomb_t;
14
15/* A műveletek deklarációja:                              */
16void ft_kiolvas(flex_tomb_t a, ft_index_t i, ft_elem_t *x);
17void ft_modosit(flex_tomb_t a, ft_index_t i, ft_elem_t x);
18index_t ft_felso(flex_tomb_t a);
19void ft_letesit(flex_tomb_t *a, ft_index_t n);
20void ft_megszuntet(flex_tomb_t *a);
21void ft_novel(flex_tomb_t *a, ft_index_t d);
22void ft_csokkent(flex_tomb_t *a, ft_index_t d);
23
24#endif // FTOMB_H
```

Flexibilis tömb megvalósítás [2/4]

ftomb_t.c [1–18]

```c
#include <stdlib.h>
#include "ftomb_t.h"

void ft_kiolvas(flex_tomb_t a, ft_index_t i, ft_elem_t *x) {
    if (i < a.hatar) {
        *x = a.lt[i / L][i % L];
    }
}

void ft_modosit(flex_tomb_t a, ft_index_t i, ft_elem_t x) {
    if (i < a.hatar) {
        a.lt[i / L][i % L] = x;
    }
}

index_t ft_felso(flex_tomb_t a) {
    return a.hatar;
}
```

Flexibilis tömb megvalósítás [3/4]

ftomb_t.c [20–43]

```
20 void ft_letesit(flex_tomb_t *a, ft_index_t n) {
21     a->hatar = n;
22     if (n) {
23         int j;
24         a->lt = malloc((1 + ((n - 1) / L)) * sizeof(*a->lt));
25         for (j = 0; j <= ((n - 1) / L); ++j) {                /* lapok létesítése */
26             a->lt[j] = malloc(L * sizeof(**a->lt);
27         }
28     } else {
29         a->lt = NULL;
30     }
31 }
32
33 void ft_megszuntet(flex_tomb_t *a) {
34     if (a->hatar) {
35         int j;
36         for (j = 0; j <= ((a->hatar - 1) / L); ++j) {            /* lapok törlése */
37             free(a->lt[j]);
38         }
39         free(a->lt);
40         a->lt = NULL;
41         a->hatar = 0;
42     }
43 }
```

Flexibilis tömb megvalósítás [4/4]

ftomb_t.c [45–64]

```
45 void ft_novel(flex_tomb_t *a, ft_index_t d) {
46     int j;
47     a->lt = realloc(a->lt, (1 + ((a->hatar + d - 1) / L)) * sizeof(*a->lt));
48     for (j = ((a->hatar) ? ((a->hatar - 1) / L) + 1 : 0);            /*   új lapok */
49                            j <= (a->hatar + d - 1) / L; ++j) {       /* létesítése */
50         a->lt[j] = malloc(L * sizeof(**a->lt));
51     }
52     a->hatar += d;
53 }
54
55 void ft_csokkent(flex_tomb_t *a, ft_index_t d) {
56     if (d <= a->hatar) {
57         int j;
58         for (j = (a->hatar - d - 1) / L + 1; j <= (a->hatar - 1) / L; ++j) {
59             free(a->lt[j]);                                  /* felesleges lapok törlése */
60         }
61         a->hatar -= d;
62         a->lt = realloc(a->lt, (1 + ((a->hatar - 1) / L)) * sizeof(*a->lt));
63     }
64 }
```

Rendezés több szempont szerint

Problémafelvetés és specifikáció

- Problémafelvetés
  - A beolvasott adatokat rendezzük több szempont szerint is egy egyszerű rendezési algoritmussal és minden rendezés után legyen kiíratás is!
- Specifikáció
  - Flexibilis tömbbel dolgozzunk.
  - Az input név-adat párok sorozata, amelynek végét a * név jelzi.
  - Az output a név szerint növekvő, adat szerint növekvő illetve csökkenő sorrendben rendezett három tömb.

Rendezés több szempont szerint

Algoritmustervezés – Szerkezeti ábra

- A fő algoritmusban csak az elemeket kell beolvasni egy végjelig, majd rendre aktivizálni kell a különböző szempontok szerinti rendezést és ki kell íratni az eredményt.
- A rendezés a beszúró rendezés lesz.

Beszúró rendezés

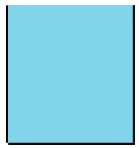
Problémafelvetés és specifikáció

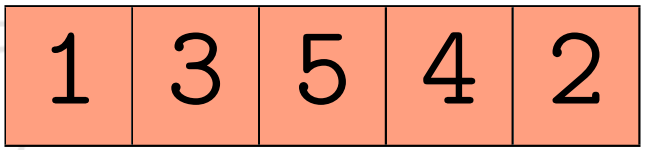
- Problémafelvetés
  - Rendezzük egy tömb elemeit!
- Specifikáció
  - Az input egy tömb, és a tömb elemtípusán értelmezett rendezési reláció.
  - Az output a megadott reláció alapján rendezett tömb.

Beszúró rendezés

Algoritmustervezés

- A tömböt logikailag egy már rendezett és egy még rendezetlen részre osztjuk, és a rendezetlen rész első elemét beszúrjuk a rendezett elemek közé úgy, hogy azok rendezettek maradjanak.

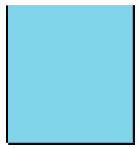


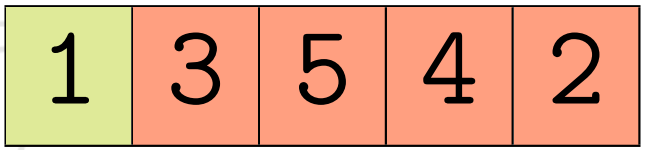


Beszúró rendezés

Algoritmustervezés

- A tömböt logikailag egy már rendezett és egy még rendezetlen részre osztjuk, és a rendezetlen rész első elemét beszúrjuk a rendezett elemek közé úgy, hogy azok rendezettek maradjanak.

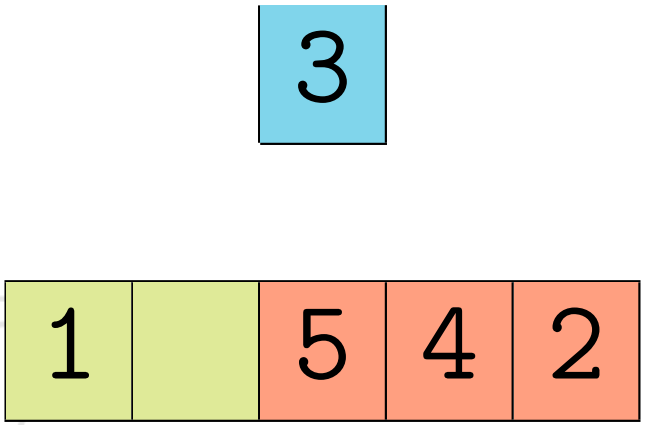




Beszúró rendezés

Algoritmustervezés

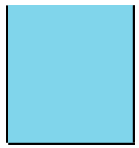
- A tömböt logikailag egy már rendezett és egy még rendezetlen részre osztjuk, és a rendezetlen rész első elemét beszúrjuk a rendezett elemek közé úgy, hogy azok rendezettek maradjanak.

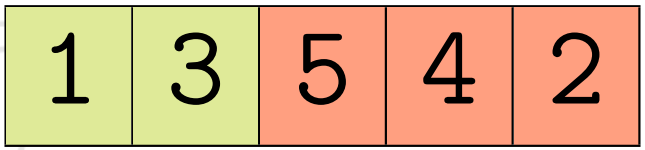


Beszúró rendezés

Algoritmustervezés

- A tömböt logikailag egy már rendezett és egy még rendezetlen részre osztjuk, és a rendezetlen rész első elemét beszúrjuk a rendezett elemek közé úgy, hogy azok rendezettek maradjanak.

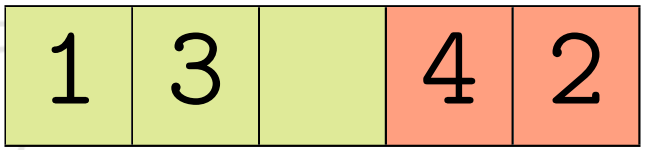




Beszúró rendezés

Algoritmustervezés

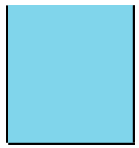
- A tömböt logikailag egy már rendezett és egy még rendezetlen részre osztjuk, és a rendezetlen rész első elemét beszúrjuk a rendezett elemek közé úgy, hogy azok rendezettek maradjanak.

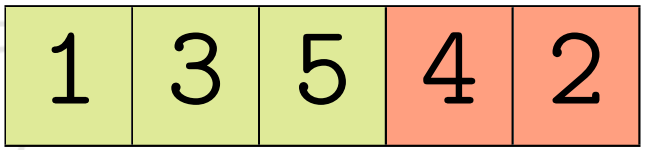


Beszúró rendezés

Algoritmustervezés

- A tömböt logikailag egy már rendezett és egy még rendezetlen részre osztjuk, és a rendezetlen rész első elemét beszúrjuk a rendezett elemek közé úgy, hogy azok rendezettek maradjanak.





Beszúró rendezés

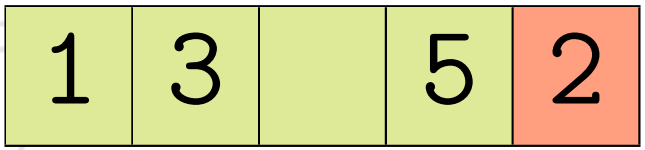
Algoritmustervezés

- A tömböt logikailag egy már rendezett és egy még rendezetlen részre osztjuk, és a rendezetlen rész első elemét beszúrjuk a rendezett elemek közé úgy, hogy azok rendezettek maradjanak.

Beszúró rendezés

Algoritmustervezés

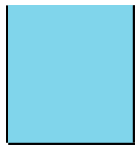
- A tömböt logikailag egy már rendezett és egy még rendezetlen részre osztjuk, és a rendezetlen rész első elemét beszúrjuk a rendezett elemek közé úgy, hogy azok rendezettek maradjanak.

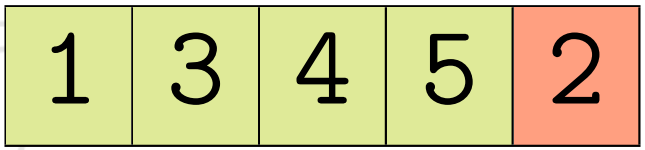


Beszúró rendezés

Algoritmustervezés

- A tömböt logikailag egy már rendezett és egy még rendezetlen részre osztjuk, és a rendezetlen rész első elemét beszúrjuk a rendezett elemek közé úgy, hogy azok rendezettek maradjanak.

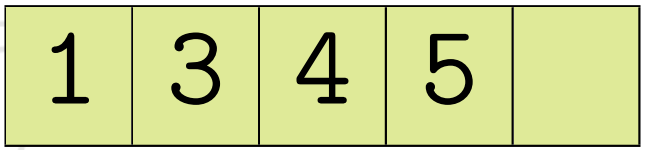




Beszúró rendezés

Algoritmustervezés

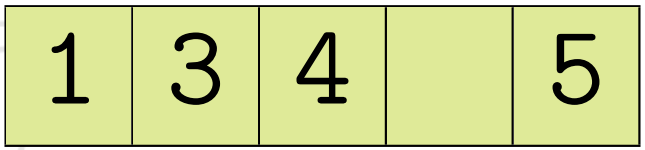
- A tömböt logikailag egy már rendezett és egy még rendezetlen részre osztjuk, és a rendezetlen rész első elemét beszúrjuk a rendezett elemek közé úgy, hogy azok rendezettek maradjanak.



Beszúró rendezés

Algoritmustervezés

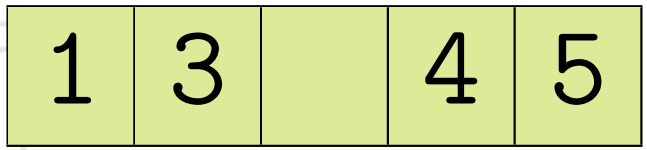
- A tömböt logikailag egy már rendezett és egy még rendezetlen részre osztjuk, és a rendezetlen rész első elemét beszúrjuk a rendezett elemek közé úgy, hogy azok rendezettek maradjanak.



Beszúró rendezés

Algoritmustervezés

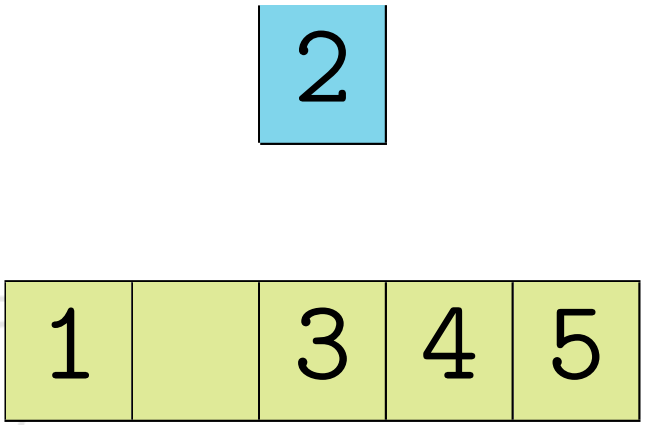
- A tömböt logikailag egy már rendezett és egy még rendezetlen részre osztjuk, és a rendezetlen rész első elemét beszúrjuk a rendezett elemek közé úgy, hogy azok rendezettek maradjanak.



Beszúró rendezés

Algoritmustervezés

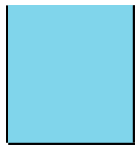
- A tömböt logikailag egy már rendezett és egy még rendezetlen részre osztjuk, és a rendezetlen rész első elemét beszúrjuk a rendezett elemek közé úgy, hogy azok rendezettek maradjanak.

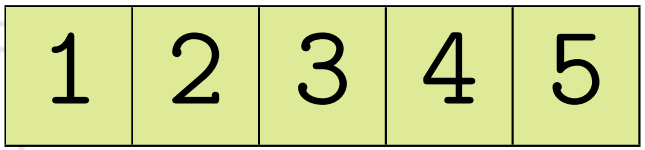


Beszúró rendezés

Algoritmustervezés

- A tömböt logikailag egy már rendezett és egy még rendezetlen részre osztjuk, és a rendezetlen rész első elemét beszúrjuk a rendezett elemek közé úgy, hogy azok rendezettek maradjanak.

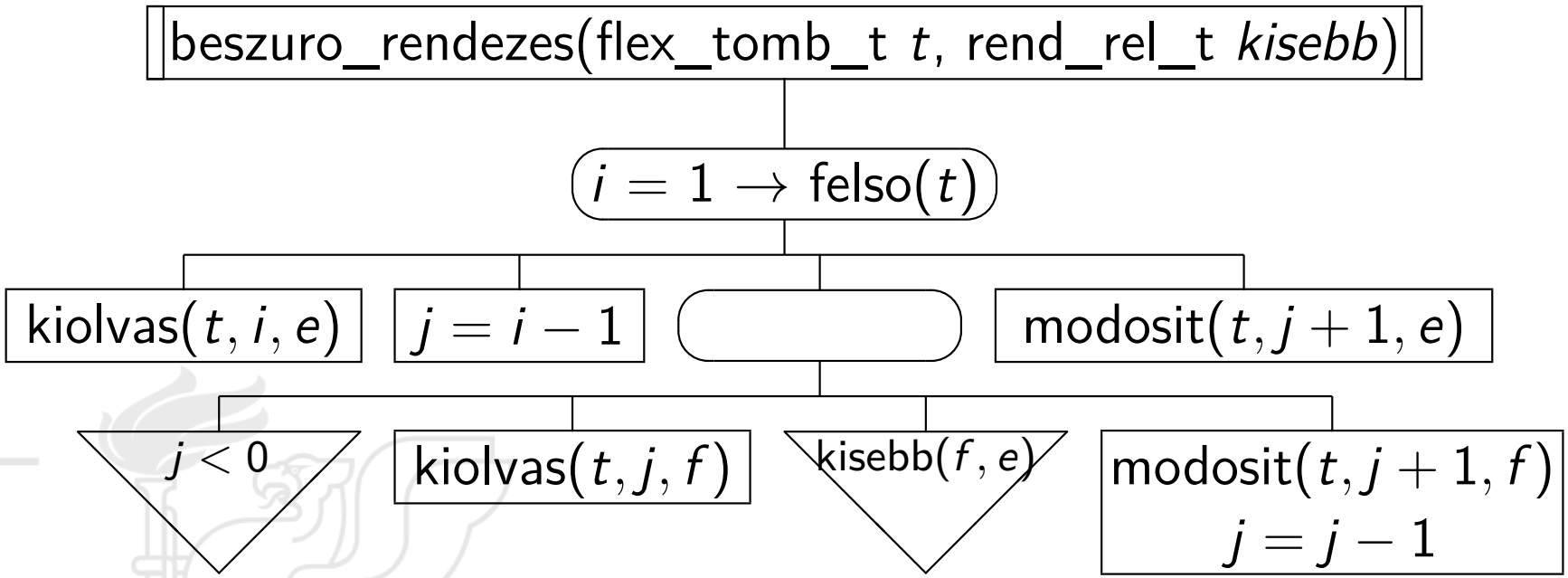




Beszúró rendezés

Algoritmustervezés – Szerkezeti ábra

- A beszúró rendezés szerkezeti ábrája:



Rendezés több szempont szerint [1/8]

beszuro.c [1–25]

```c
/* Rendezzük névsorba illetve átlag szerint a hallgatókat!
 * Flexibilis tömbbel történik a megvalósítás, tehát a
 * névsor hosszát nem kell előre megmondani.
 * 1998. Február 16.  Dévényi Károly, devenyi@inf.u-szeged.hu
 * 2006. Augusztus 15.  Gergely Tamás, gertom@inf.u-szeged.hu
 * 2014. Október 15.  Gergely Tamás, gertom@inf.u-szeged.hu
 */

#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <stdbool.h>

#define L 10                                                    /* lapméret */

typedef struct {                                              /* a tömb elemtípusa */
    char nev[21];
    float adat;
} elem_t;

typedef elem_t *lap_t;

typedef lap_t  *lapterkep_t;

typedef unsigned int index_t;
```

Rendezés több szempont szerint [2/8]

beszuro.c [27–50]

```
27 typedef struct flex_tomb_t {
28     lapterkep_t lt;                                   /* laptérkép */
29     index_t     hatar;                          /* aktuális indexhatár */
30 } flex_tomb_t;
31
32 typedef bool (*rend_rel_t)(elem_t, elem_t);
33
34 /* A műveletek megvalósítása: */
35
36 void kiolvas(flex_tomb_t a, index_t i, elem_t *x) {
37     if (i < a.hatar) {
38         *x = a.lt[i / L][i % L];
39     }
40 }
41
42 void modosit(flex_tomb_t a, index_t i, elem_t x) {
43     if (i < a.hatar) {
44         a.lt[i / L][i % L] = x;
45     }
46 }
47
48 index_t felso(flex_tomb_t a) {
49     return a.hatar;
50 }
```

Rendezés több szempont szerint [3/8]

beszuro.c [52–75]

```
52 void letesit(flex_tomb_t *a, unsigned int n) {
53     a->hatar = n;
54     if (n) {
55         int j;
56         a->lt = malloc((1 + ((n - 1) / L)) * sizeof(*a->lt));
57         for (j = 0; j <= ((n - 1) / L); ++j) {                /* lapok létesítése */
58             a->lt[j] = malloc(L * sizeof(**a->lt));
59         }
60     } else {
61         a->lt = NULL;
62     }
63 }
64
65 void megszuntet(flex_tomb_t *a) {
66     if (a->hatar) {
67         int j;
68         for (j = 0; j <= ((a->hatar - 1) / L); ++j) {            /* lapok törlése */
69             free(a->lt[j]);
70         }
71         free(a->lt);
72         a->lt = NULL;
73         a->hatar = 0;
74     }
75 }
```

Rendezés több szempont szerint [4/8]

beszuro.c [77–96]

```
77 void novel(flex_tomb_t *a, index_t d) {
78     int j;
79     a->lt = realloc(a->lt, (1 + ((a->hatar + d - 1) / L)) * sizeof(*a->lt));
80     for (j = ((a->hatar) ? ((a->hatar - 1) / L) + 1 : 0);           /*   új lapok */
81                             j <= (a->hatar + d - 1) / L; ++j) {     /* létesítése */
82         a->lt[j] = malloc(L * sizeof(**a->lt));
83     }
84     a->hatar += d;
85 }
86
87 void csokkent(flex_tomb_t *a, index_t d) {
88     if (d <= a->hatar) {
89         int j;
90         for (j = (a->hatar - d - 1) / L + 1; j <= (a->hatar - 1) / L; ++j) {
91             free(a->lt[j]);                                 /* felesleges lapok törlése */
92         }
93         a->hatar -= d;
94         a->lt = realloc(a->lt, (1 + ((a->hatar - 1) / L)) * sizeof(*a->lt));
95     }
96 }
```

Rendezés több szempont szerint [5/8]

beszuro.c [98–120]

```
98 /* Rendezés */
99
100 void beszuro_rendezes(flex_tomb_t t, rend_rel_t kisebb) {
101                             /* A kisebb rendezési reláció szerinti helyben rendezés */
102     int     i, j;
103     elem_t e, f;
104     for (i = 1; i < felso(t); ++i) {
105         kiolvas(t, i, &e);
106         j = i - 1;
107
108         while (true) {
109             if (j < 0) {
110                 break;
111             }
112             kiolvas(t, j, &f);
113             if (kisebb(f, e)) {
114                 break;
115             }
116             modosit(t, ((j--) + 1), f);
117         }
118         modosit(t, j + 1, e);
119     }
120 } /* beszuro_rendezes */
```

Rendezés több szempont szerint [6/8]

beszuro.c [122–145]

```
122 bool rend_nev_novekvo(elem_t x, elem_t y) {
123                                          /* a névsor szerinti rendezési reláció  */
124     return strcmp(x.nev, y.nev) <= 0;
125 }
126
127 bool rend_adat_novekvo(elem_t x, elem_t y) {
128                                           /* az adat szerinti rendezési reláció  */
129     return x.adat <= y.adat;
130 }
131
132 bool rend_adat_csokkeno(elem_t x, elem_t y) {
133                                        /* az adat szerint csökkenő rendezési reláció  */
134     return x.adat >= y.adat;
135 }
136
137 void kiiras(flex_tomb_t t) {
138                                                                  /* Kiíratás */
139     elem_t e;
140     index_t i;
141     for (i = 0; i < felso(t); ++i) {
142         kiolvas(t, i, &e);
143         printf("%6.2f␣%s\n", e.adat, e.nev);
144     }
145 }
```

Rendezés több szempont szerint [7/8]

beszuro.c [147–163]

```
147 int main() {
148     flex_tomb_t sor;
149     elem_t      hallg;                                  /* beolvasáshoz */
150     index_t     i;
151
152     letesit(&sor, 0);                           /* a flexibilis tömb létesítése */
153                                                         /* beolvasás */
154     printf("Kérem az adatsort, külön sorban név és adat!\n");
155     printf("A végét a * jelzi.\n");
156     scanf("%20[^\n]%*[^\n]", hallg.nev); getchar();
157     i = 0;                                          /* az i. helyre fogunk beírni */
158     while (strcmp(hallg.nev, "*")) {
159         novel(&sor, 1);                             /* a flexibilis tömb bővítése */
160         scanf("%f%*[^\n]", &hallg.adat); getchar();
161         modosit(sor, i++, hallg);
162         scanf("%20[^\n]%*[^\n]", hallg.nev); getchar();
163     }
```

Rendezés több szempont szerint [8/8]

beszuro.c [165–179]

```
165     beszuro_rendezes(sor, rend_nev_novekvo);                /* Rend. névsor szerint */
166     printf("Névsor␣szerint␣rendezve:\n");
167     kiiras(sor);                                                        /* Kiíratás */
168
169     beszuro_rendezes(sor, rend_adat_novekvo);                 /* Rend. adat szerint */
170     printf("Adat␣szerint␣rendezve:\n");
171     kiiras(sor);                                                        /* Kiíratás */
172
173     beszuro_rendezes(sor, rend_adat_csokkeno);                      /* Rendezés újra */
174     printf("Adat␣szerint␣csökkenő␣sorba␣rendezve:\n");
175     kiiras(sor);                                                        /* Kiíratás */
176
177     megszuntet(&sor);                                  /* a flexibilis tömb törlése */
178     return 0;
179 }
```

Tartalom

Listák

- A tömb egy hatékony adattípus elemek sorozatának tárolására.
- De mi a helyzet, ha nekünk elemek olyan sorozata kell, amelyen a beszúrás és törlés műveletét (is) szeretnénk értelmezni?
- Akkor a *Lista* adatszerkezet kell használnunk.
- Jelöljük az *elemtip* alaptípusból képzett *Lista* típust *lista*-val, és a lista egy helyét meghatározó típust *pozicio*-val.

Lista absztrakt adattípus műveletei

- `Létesít(←l:lista)`
  - Egy üres lista létesítése és visszaadása az *l* változóban.
- `Megszüntet(↔l:lista)`
  - Az *l* lista megszüntetése.
- `Kiolvas(→p:pozicio; ←x:elemtip)`
  - A *p* pozíción lévő érték kiolvasása adott *x*, *elemtip* típusú változóba.
- `Módosít(→p:pozicio; →x:elemtip)`
  - A *p* pozíción lévő eleme értékének módosítása *x*-re.
- `Beszúr(↔l:lista; →p:pozicio; →x:elemtip)`
  - Az adott *l* listába a *p* pozíció elé szúrjuk be az *x* értéket.
- `Töröl(↔l:lista; →p:pozicio)`
  - Töröljük az *l* lista *p* pozícióján lévő elemét.
- `Következő(→l:lista; →p:pozicio; ←n:pozicio)`
  - Az *l* lista *p* pozícióját követő pozíciót adja vissza *n*-ben.
- `Értékadás(←lhs:lista; →rhs:lista)`
  - Értékadó művelet: az *lhs* változó felveszi az *rhs* kifejezés értékét.

Listák megvalósítása

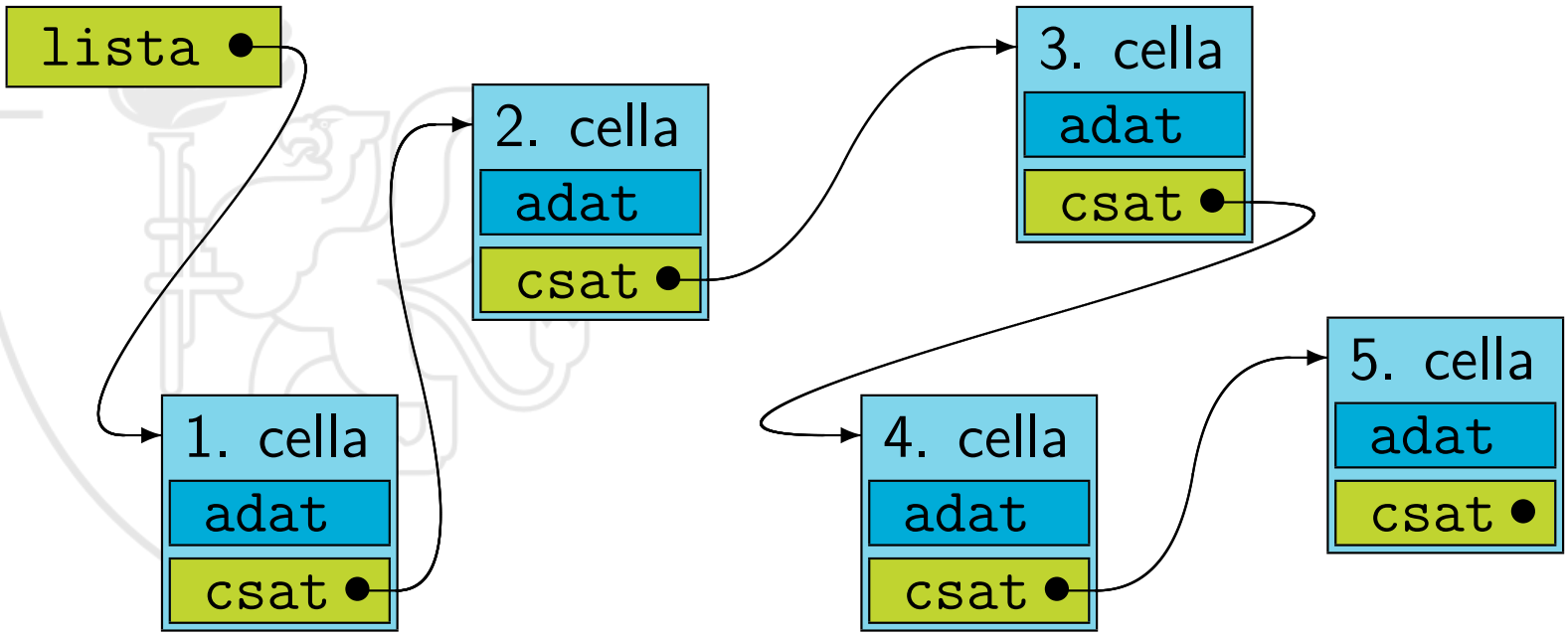
Láncolt listák

- A tömb egy nagyon hatékony adattípus, ami az egyes elemek elérését és módosítását illeti. A flexibilis tömbök egy kisebb hatékonyságcsökkenés árán a dinamikus méretmódosításokat is lehetővé teszik.
- De mi a helyzet, ha a lista beszúrás és törlés műveletét szeretnénk olcsón elvégezni? A tömb ilyenkor nyilván nem hatékony.
- A *Láncolt lista* adatszerkezet viszont éppen a beszúrás-törlés műveletben hatékony, és kevésbé jó választás, ha az elemeknek nem csak a sorrendje érdekes de a sorszámuk alapján is be szeretnénk őket azonosítani.

Láncolt listák

Virtuális adattípus

- A láncolt listában az adatokat olyan cellákban tároljuk, ahol a cella tartalmazza a következő cella elérési információit.
- Az elérési információ általában a sorozat következő elemét tartalmazó cellára (dinamikus változóra) mutató pointer.
- Magát a sorozatot az első elemére mutató pointerrel adhatjuk meg, hiszen az első elem ismeretében a lista összes eleme elérhetővé válik.



Láncolt lista megvalósítás [1/4]

lanc_t.h [1–22]

```
1#ifndef LANC_H
2#define LANC_H
3
4typedef ???    elem_t;          /* a lista_t elemtípusa */
5typedef struct cella_t {
6    elem_t adat;                          /* adatelem */
7    struct cella_t *csat;          /* a következő elem  */
8} cella_t;
9typedef struct cella_t *pozicio_t;
10typedef pozicio_t lista_t;
11
12/* A műveletek deklarációja:                          */
13void letesit(lista_t *l);
14void megszuntet(lista_t *l);
15void kiolvas(pozicio_t p, elem_t *x);
16void modosit(pozicio_t p, elem_t x);
17void beszur(lista_t *l, pozicio_t p, elem_t x);
18void torol(lista_t *l, pozicio_t p);
19void kovetkezo(pozicio_t p, pozicio_t *n);
20void ertekadas(lista_t *lhs, lista_t rhs);
21
22#endif // LANC_H
```

Láncolt lista megvalósítás [2/4]

lanc_t.c [1–23]

```c
#include <stdlib.h>
#include "lanc_t.h"

void letesit(lista_t *l) {
    *l = NULL;
}

void megszuntet(lista_t *l) {
    pozicio_t p = *l;
    while (p) {
        p = p->csat;
        free(*l);
        *l = p;
    }
}

void kiolvas(pozicio_t p, elem_t *x) {
    *x = p->adat;
}

void modosit(pozicio_t p, elem_t x) {
    p->adat = x;
}
```

Láncolt lista megvalósítás [3/4]

lanc_t.c [25–51]

```
25 void beszur(lista_t *l, pozicio_t p, elem_t x) {
26     pozicio_t q = *l;
27     if (q == p) {
28         q = *l = (cella_t*)malloc(sizeof(cella_t));
29     } else {
30         while (q->csat != p) {
31             q = q->csat;
32         }
33         q->csat = (cella_t*)malloc(sizeof(cella_t));
34         q = q->csat;
35     }
36     q->csat = p;
37     q->adat = x;
38 }
39
40 void torol(lista_t *l, pozicio_t p) {
41     pozicio_t q = *l;
42     if (q == p) {
43         *l = p->csat;
44     } else {
45         while (q->csat != p) {
46             q = q->csat;
47         }
48         q->csat = p->csat;
49     }
50     free(p);
51 }
```

Láncolt lista megvalósítás [4/4]

lanc_t.c [53–71]

```
53 void kovetkezo(pozicio_t p, pozicio_t *n) {
54     *n = p->csat;
55 }
56
57 void ertekadas(lista_t *lhs, lista_t rhs) {
58     megszuntet(lhs);
59     if (!rhs) {
60         *lhs = NULL;
61         return;
62     }
63     pozicio_t p;
64     *lhs = p = (cella_t*)malloc(sizeof(cella_t));
65     p->adat = rhs->adat;
66     while ((rhs = rhs->csat)) {
67         p = p->csat = (cella_t*)malloc(sizeof(cella_t));
68         p->adat = rhs->adat;
69     }
70     p->csat = NULL;
71 }
```

Láncolt listák

- A fenti definíciók esetén egy adott `p` pozíción az eltárolt adatra a `p->adat`, a következő pozícióra pedig a `p->csat` kifejezésekkel hivatkozhatunk.
- Megjegyzendő, hogy a `.` és `->` mezőkiválasztás operátorok a precedencia-hierarchia csúcsán állnak, és ezért nagyon szorosan kötnek.
  - A `++p->adat` például nem a `p` pointert, hanem az `adat` mezőt inkrementálja, mivel az alapértelmezés szerinti zárójelezés a `++(p->adat)`.
  - A `(++p)->adat` már a `p` inkrementálása után férne hozzá az `adat` mezőhöz, de ahhoz, hogy ez helyesen működjön, egy sokkal bonyolultabb megvalósítás lenne szükséges, mert az inkrementáló művelet nincs tekintettel arra, hogy mi éppen egy lánc egyik pozíciójára alkalmaztuk.

Láncolt listák

- Láncok bejárására írhatunk olyan függvényt amelynek paramétere az elvégzendő művelet:

```
1 typedef void (*muvelettip)(elemtip*);
2
3 void bejar(lista l, muvelettip muv) {
4    for (; l != NULL; l = l->csat) {
5       /* művelet a sorozat elemén */
6       muv(&(l->adat));
7    }
8 }
```

- Ezzel a módszerrel a megvalósítás egyes technikai részleteit jobban elkülöníthetjük, érthetőbbé, átláthatóbbá, könnyen módosíthatóbbá válik a kódunk.
  - Ha például adatszerkezetet cserélünk, a bejárását elegendő a `bejar()` függvényben egyetlen helyen átírni, hogy a program továbbra is jól működjön.

Tartalom

Bonyolultabb deklarációk

- A C nyelvben az összetett típusok megadásakor megismert műveleteket (pl. pointer, tömb vagy függvény képzés) véges sokszor alkalmazhatjuk.
- Ezen műveletek között a típusképzés során ugyanolyan precedencia áll fent mint a nekik megfelelő dereferencia (`*`), tömbelem-kiválasztás (`[]`) és függvényhívás (`()`) operátorok között, és ezt még az asszociativitás iránya is bonyolítja. Ráadásul ezek zárójelezéssel ugyanúgy felülírhatóak, mint a kifejezésekben.
- Érdemes tehát néhány példával megvilágítani a bonyolultabb eseteket:

```
int  *p          /* int-re mutató pointer */
int  x[10]       /* tömb 10 int-ből */
int  (*x)[10]    /* pointer mutat egy tömbre, ami
                    10 int-ből áll */
int  *x[10]      /* tömb 10 pointerből, melyek
                    int-re mutatnak */
```

Bonyolultabb deklarációk

- Nézzünk példát függvényekkel is:

```
void (*f)(int)     /* pointer int paraméterű eljárásra */
int (*f)(void)     /* pointer egy paraméter nélküli int
                      visszatérési értékű függvényre */
int (*x[])(int)    /* int visszatérési értékű és int
                      paraméterű függvényre mutató
                      pointerek tömbje */
char (*(*f())[2])()  /* char típusú függvényre mutató
                        pointereket tartalmazó kételemű
                        tömbre mutató pointerrel
                        visszatérő függvény */
char (*(*x[3])())[5] /* öt elemű char tömbre mutató
                        pointerrel visszatérő függvé-
                        nyekre mutató pointerekből álló
                        3 elemű tömb */
```

Bonyolultabb deklarációk

- Ilyen deklarációkat meg lehet próbálni egyszerre felírni, de ehhez sok C programozási tapasztalat kell.
- A cél típust el lehet érni típusdefiníciók sorozatán keresztül is:

```
typedef char a[5];
typedef a *pa;
typedef pa (*fp_pa)();
typedef fp_pa x[3];
```

- Illetve használjuk a `cdecl` programot ha angolul értünk vagy el tudjuk mondani mit szeretnénk.

```
cdecl> explain char (*(*x[3])())[5]
declare x as array 3 of pointer to function returning pointer to array 5 of char
cdecl> declare x as array 3 of pointer to function returning pointer to array 5 of char
char (*(*x[3])())[5]
```

Bonyolultabb deklarációk

- Egy deklarációt talán belülről kifelé haladva könnyebb megérteni.
- Van viszont olyan eset, amikor magát a típust kell megadnunk, így a belülről kifelé megértéshez nincs meg az azonosító, mint kiindulópont.
- Ilyen például a típuskényszerítés, vagy amikor a `sizeof` argumentumaként típust adunk meg.
- A típus megadása ilyenkor szintaktikailag ugyanúgy történik mint a változó deklarálása, csak az azonosító marad el.

```
int *
int [10]
int (*)[10]
int *[10]
void (*)(int)
int (*)(void)
int (*[])(int)
char (*(*())[2])()
char (*(*[3])())[5]
```

Típuskényszerítés

- Típuskényszerítésről akkor beszélünk, amikor egy adott típusú értéket más típusú értékként szeretnénk kezelni.
- Például két egész érték valós hányadosára vagyunk kíváncsiak. Ilyen esetben még az osztás művelet előtt valamelyik értéket valós típusúvá kell tenni:

```
int i = 7;
int j = 2;
double x;
x = i / j;              /* x értéke 3.0 lesz */
x = (double) i / j;     /* x értéke 3.5 lesz */
```

- Gyakran használjuk még a `malloc()` függvénnyel kapcsolatban:

```
int *p;
p = (int *) malloc(100 * sizeof(int));
```

Típuskényszerítés

- A típuskényszerítés egy konverziós művelet, tehát nem alkalmazható mindig. Egy `void *p` pointerre például nem alkalmazható így:

```
((int *)p)++;
```

De így már igen:

```
p = (void *)((int *)p + 1);
p += sizeof(int);
```

- Vigyázzunk mert nem minden típuskényszerítés ad értelmes eredményt:

```
double d = 1.0;
unsigned long long int *p;
p = (unsigned long long int *)(&d);
/* *p == 0x3ff0000000000000 */
```

C műveletek prioritása

műveletek	asszoc.	C operátorok
egyoperandusú postfix, elemkiválasztás, mezőkiválasztás, függvényhívás	→	`x++`, `x--`, `[]`, `.`, `->`, `f()`
egyoperandusú prefix, méret, típuskényszerítés	←	`+`, `-`, `++x`, `--x`, `!`, `~`, `&`, `*`, `sizeof`, `(type)`
multiplikatív	→	`*`, `/`, `%`
additív	→	`+`, `-`
bitléptetés	→	`<<`, `>>`
kisebb-nagyobb relációs	→	`<=`, `>=`, `<`, `>`
egyenlő-nem egyenlő relációs	→	`==`, `!=`
bitenkénti 'és'	→	`&`
bitenkénti 'kizáró vagy'	→	`^`
bitenkénti 'vagy'	→	`|`
logikai 'és'	→	`&&`
logikai 'vagy'	→	`||`
feltételes	←	`?:`
értékadó	←	`=`, `+=`, `-=`, `*=`, `/=`, `%=` `>>=`, `<<=`, `&=`, `^=`, `|=`
szekvencia	→	`,`