Eötvös Loránd Tudományegyetem
Informatikai Kar

Alkalmazott modul: Programozás

7. fejezet

Strukturált programozás: Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Giachetta Roberto

A jegyzet az ELTE Informatikai Karának 2015. évi Jegyzetpályázatának támogatásával készült

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Adattípusok

- *Adattípus = értékhalmaz + művelethalmaz*, ahol
  - *értékhalmaz*: a felvehető értékek halmaza (mindig véges, mivel a lefoglalható memóriaterület mérete is véges)
  - *művelethalmaz*: az értékhalmazon (esetlegesen más értékhalmazokon) értelmezetett műveletek
- Pl.:
  - $bool = (\{true, false\}, \{and, or, not\})$, ahol

    $and: bool \times bool \rightarrow bool, \ldots$
  - $int = (\{-2147483648, \ldots, 2147483647\}, \{+, -, \cdot, /, \ldots\})$, ahol …

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Adattípusok

- A programozási nyelvek számos típussal rendelkeznek
  - a gépi szinten számára értelmezhető, egyszerű típusokat nevezzük *elemi*, vagy *primitív típusok*nak
  - a további típusok az *összetett típusok*, amelyek a *típuskonstrukció*k segítségével hozhatóak létre, úgymint:
    - *iterált*, vagy *sorozat* ($\mathbb{D}^n$, vagy $\mathbb{D}^*$), amely azonos típusú elemek sorozatát adja (pl. tömb)
    - *direktszorzat* ($\mathbb{D}_1 \times \mathbb{D}_2$), amely különböző típusú adatok egymástól független kombinációját adja (pl. rekord)
    - *unió* ($\mathbb{D}_1 \cup \mathbb{D}_2$), amely különböző típusú adatok egymástól függő kombinációját adja

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Rekordok

- *Rekord*nak nevezzük több, egymástól független, és akár különböző típusú adat gyűjteményét, amelyeket egy egységben, illetve részeiben is tudunk kezelni
  - pl.:
    - egy komplex szám valós és képzetes részből áll
    - egy 3 dimenziós koordináta 3 számból (x, y, z) áll
    - egy dátum évet, hónapot, napot jelent
    - egy telefonkönyvi bejegyzésben név, cím és szám szerepel
  - az iterált típushoz hasonlóan alapvetően egy értékhalmazt definiál, amelyet a későbbiekben kiegészíthetünk művelethalmazzal

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Rekordok

- A rekordba helyezett értékeket nevezzük a rekord *mező*inek, vagy *adattagjai*nak
  - mező lehet bármilyen, már deklarált típus (egyszerű, összetett, illetve más rekord is)
  - a mező automatikusan létrejön, külön lekérdezhető és módosítható
- A rekordokat C++-ban a `struct` kulcsszóval hozhatjuk létre
  - a rekordok új típusok lesznek, amelyek tetszőlegesen felhasználhatóak
  - a rekordokat általában globálisan deklaráljuk (tehát minden blokkon kívül, a program elején)

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Rekordok

- A rekord szerkezete C++-ban:

```
struct <rekord név>{
    // blokkban adjuk meg a mezőket
    <típus 1> <mezőnév 1>;
    <típus 2> <mezőnév 2>;
    …
}; // a végén le kell zárni
```

- Pl. a komplex szám, mint két valós szám rekordja hozható létre:

```
struct Complex {  // komplex szám rekordja
    float re;  // valós rész
    float im;  // képzetes rész
};
```

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Rekordok

- A deklarációt követően felhasználhatjuk, mint bármelyik típust, létrehozhatunk változókat és konstansokat is belőle
  - a mezőkre tudunk külön hivatkozni, így egyenként módosíthatjuk, lekérdezhetjük az értékeiket ***<változónév>.<mezőnév>*** formában
  - pl.:

```
Complex c; // komplex szám létrehozása
c.re = 0; // a mezőket külön beállíthatjuk …
c.im = 1;
cout << c.re << " + i*" << c.im << endl;
   // … és lekérdezhetjük
…
vector<Complex> cv; // típusként viselkedik
```

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Példák

Feladat: Valósítsuk meg a komplex számok típusát. Olvassunk be 10 komplex számot billentyűzetről, majd írjuk ki az összegüket.

- valósítsuk meg a komplex számok típusát rekord segítségével, amely a valós és képzetes részt tartalmazza
- vegyük fel a komplex számok összeadásának műveletét (**`add`**), amely az egyetlen típusműveletünk lesz
- a számokat egy vektorban tároljuk
- további alprogramok segítségével valósítjuk be a számok beolvasását (**`read`**), valamint a vektor elemeinek összegzését (**`sum`**)

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Példák

Tervezés:

- elméletben: $\mathbb{C} = (\mathbb{R} \times \mathbb{R}, \{+, -, \cdot, /\})$, ahol
  $+: \mathbb{C} \times \mathbb{C} \to \mathbb{C}$ az összeadás,
  $+(re_1 \times im_1, re_2 \times im_2) = (re_1 + re_2) \times (im_1 + im_2)$

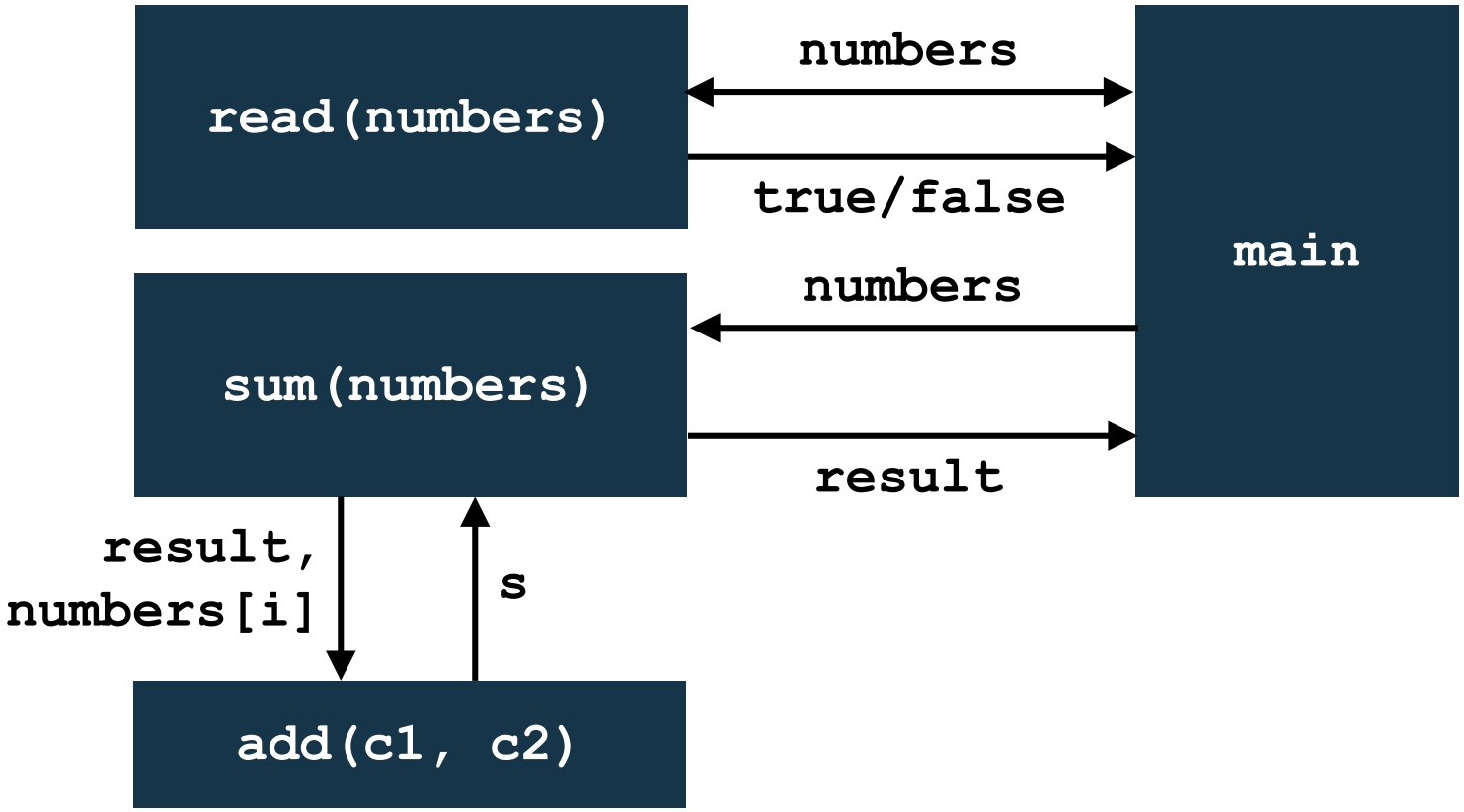
- megvalósításban: $Complex = (float \times float, \{add\})$, ahol

  $add: Complex \times Complex \to Comple$ az összeadás,
  $add(re_1 \times im_1, re_2 \times im_2) = (re_1 + re_2) \times (im_1 + im_2)$

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Példák

Tervezés:



Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Példák

Megoldás:

```
// a komplex típus
struct Complex {
   float re;  // valós rész
   float im;  // képzetes rész
};

Complex add(Complex c1, Complex c2);
   // komplex számok összeadása

bool read(vector<Complex> numbers);
   // számok beolvasása
Complex sum(vector<Complex> numbers);
   // számok összegzése
```

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Példák

Megoldás:

```
int main() {
   vector<Complex> numbers(10);
   if (!read(numbers)) {
      cout << "A számok beolvasása sikertelen!"
           << endl;
      return 1;
   }

   Complex result = sum(numbers);
   cout << "Az összeg: " << result.re
        << " + i*" << result.im;
   return 0;
}
```

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Példák

Megoldás:

```
Complex sum(vector<Complex> numbers) {
    Complex result;
    result.re = 0; // eredmény kinullázása
    result.im = 0;

    for (unsigned int i = 0; i < numbers.size();
         i++){
       // összegzés tagonként
       result = add(result, numbers[i]);
    }
    return result;
}
```

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Példák

Feladat: Valósítsunk meg egy névjegyzéket, ahol a bejegyzés névből, és születési dátumból áll, a születési dátum pedig évből, hónapból és napból. A program olvasson be tetszőleges számú adatot egy fájlból, és legyen lehetőségünk a mai napon született emberek neveit lekérdezni.

- valósítsuk meg a dátum (**`Date`**) és a bejegyzés (**`Record`**) típusokat, és ezek felhasználásával oldjuk meg a feladatot
- a fájlnevet adjuk meg argumentumként, feltételezzük, a fájl minden sora a következő szerkezetű:
  `<vezetéknév> <keresztnév> <év>.<hó>.<nap>`
- a beolvasást ennek megfelelően végezzük, hibaellenőrzéssel

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Példák

- a **`readFile`** függvény dolgozza fel a fájlt, az eredményt cím szerint kezelt vektorban adja vissza
- a **`findBirthDay`** függvény megkeresi (pontosabban kiválogatja) a szülinaposokat a kapott paraméter alapján (átadjuk a vektort, illetve a dátumot is)
- tágabb értelemben ezek is tekinthetőek típusműveletnek

Tervezés:

- rekord típusa: $Record = (string \times Date, \{readFile, findBirthDay\})$
- dátum típusa: $Date = (int \times int \times int, \{findBirthDay\})$

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Példák

Megoldás:

```
struct Date { // dátum típusa
    int year;
    int month;
    int day;
};

struct Record { // névjegyzék típusa
    string name;
    Date birthDate; // felhasználjuk a dátumot
};

bool readFile(string, vector<Record>&);
    // adatok beolvasása fájlból
```

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Példák

Megoldás:

```
vector<string> findBirthDay(vector<Record>, Date);
   // szülinaposok keresése

int main() {
   vector<Record> data; // adatok

   if (!readFile("adatok.txt", data)) { … }

   Date d; // mai dátum
   d.month = 10;
   d.day = 8;
```

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Példák

Megoldás:

```
    vector<string> names = findBirthDay(data, d);
       // kigyűjtés

    cout << "Ma ünnepli szülinapját: " << endl;
    for (int i = 0; i < names.size(); i++)
       cout << names[i] << endl; // kiírás

    return 0;
}
```

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Példák

Megoldás:

```
vector<string> findBirthDay(vector<Record> data,
                            Date d) {
   vector<string> names;
   for (int i = 0; i < data.size(); i++) {
      if (data[i].birthDate.month == d.month &&
          data[i]. birthDate.day == d.day) {
         // ha a hónap és a nap stimmel
         names.push_back(data[i].name);
      }
   }
   return names;
}
```

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Újrafelhasználhatóság

- Hasonlóan az alprogramjainkhoz, a típusokat is úgy kell megvalósítanunk, hogy azok minél jobban újrafelhasználhatóak legyenek
  - a rekordon túl megfelelő művelethalmazzal kell ellátnunk a típust, ahol az alprogramok minél általánosabban megfogalmazottak, biztosítanak hibaellenőrzést, és használatuk kényelmes
  - tágabb értelemben a művelethalmaznak azon alprogramok gyűjteményét tekintjük, amelyek deklarációjában szerepel az adott típus
    - pl. paraméterként, vagy visszatérési értékként
    - egy művelet akár több művelethalmazba is bekerülhet

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Példák

Feladat: Készítsük el a racionális szám típusát a beolvasás, kiírás, összeadás és szorzás műveletével. A főprogramban olvassunk be 5 racionális számot, és adjuk meg a szorzatukat és összegüket.

- készítsünk rekordot a racionális számnak (**`Rational`**), amely tartalmazza a számlálót (**`nominator`**) és a nevezőt (**`denominator`**)
- a beolvasás (**`read`**) és kiírás (**`write`**) függvénye kapja meg cím szerinti paraméterátadással az aktuális racionális számot, az összeadás (**`add`**) és szorzás (**`multiply`**) paraméterben kapjon két racionális számot, és a visszatérési értékük legyen az eredmény

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Példák

Tervezés:

- $Rational = \begin{pmatrix} int \times (int \backslash \{0\}), \\ \{add, multiply, read, write\} \end{pmatrix}$

Megoldás:

```
// racionális szám típusa:
struct Rational { // racionális szám rekordja
   int numerator;
   int denominator;
};

void read(Rational &r){ // beolvasás
   cin >> r.numerator >> r.denominator;
}
```

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Példák

Megoldás:

```
void write(Rational r){ // kiírás
   cout << r.numerator << "/" << r.denominator;
}

Rational multiply(Rational r1, Rational r2)
{  // szorzás két racionális szám között
   Rational res; // eredmény változó
   res.numerator = r1. numerator * r2. numerator;
   res.denominator =
      r1.denominator * r2.denominator;
   // az eredménybe végezzük el a műveleteket
   return res; // az eredményt adjuk vissza
}
```

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Példák

Megoldás:

```
Rational add(Rational r1, Rational r2)
{
   // összeadás két racionális szám között
   Rational res;
   res.numerator =
      r1.numerator * r2.denominator +
      r2.numerator * r1.denominator;
   res.denominator =
      r1.denominator * r2.denominator;
   return res;
}
```

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Példák

Megoldás:

```
int main() { // főprogram
   Rational t[5];
      // 5 elemű tömb racionális számokból
   cout << "Számok megadása: " << endl;
   for (int i = 0; i < 5; i++)
      read(t[i]);
         // használjuk a beolvasó függvényt

      Rational sum, mult; // eredmények
      sum.numerator = 0;
      sum.denominator = 1;
         // a 0 racionális szám a 0/1
```

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Példák

Megoldás:

```
    mult.numerator = mult.denominator = 1;
       // 1/1 racionális szám

    for (int i = 0; i < 5; i++){ // műveletvégzés
       sum = add(sum, t[i]);
       mult = multiply(mult, t[i]);
    }
    cout << "Összeg: "; write(sum); cout << endl;
    cout << "Szorzat: "; write(mult);
    cout << endl;
    return 0;
}
```

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Operátorok saját típusokra

- A C++ lehetőséget biztosít, hogy saját típusainkhoz saját operátorokat készítsünk, amelyek a beépített operátorok módjára hívhatóak meg
  - az operátorok is ugyanúgy alprogramok, de speciális névvel rendelkeznek, és szabályozott a használatuk módja
  - a elnevezésként **`operator<jel>`**-t kell megadnunk, ahol a jel helyén az operátor jelét kell megadnunk (pl. **`operator+`**)
- Az operátorok esetében
  - a paraméterek száma és a visszatérési érték megléte kötött
  - a paraméterek és a visszatérési érték típusa viszont tetszőlegesen szabályozható

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Operátorok saját típusokra

- Azonban nem valósítható meg olyan operátor, amely már létezik (pl. összeadás egész számok között)
- Pl. az összeadás műveletét megadhatjuk a komplex számra:

```
Complex operator+(Complex c1, Complex c2){
    … // alprogram törzse
    return s;
    // a típusnak megfelelő értékkel térünk vissza
}
```

- A deklarációt követően használhatjuk az operátort:

```
Complex a, b;
…
Complex c = a + b; // a fenti művelet hívódik meg
```

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Operátorok saját típusokra

- A következő operátorokat készíthetjük el saját típusainkhoz:
  - 1 paraméterrel:
    - matematikai: `+, -, ++, --`
    - logikai: `!`
  - 2 paraméterrel (ekkor az első paraméter lesz a kifejezés balértéke, a második a jobbértéke):
    - matematikai: `+, -, *, /, %`
    - logikai: `||, &&, ^, &, |`
    - értékadás: `+=, -=, *=, /=`
    - összehasonlítás: `<, >, <=, >=, !=, ==`
    - adatmozgatás: `<<, >>`

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Példák

Feladat: Valósítsuk meg az előbbi racionális típust úgy, hogy az összeadás és szorzás műveleteit operátorral fogalmazzuk meg.

- a két függvénynevet lecseréljük operátorra, a működésük marad az előbbi
- a főprogramban már operátorként használjuk őket

Tervezés:

- $Rational = (int \backslash (int \backslash \{0\}), \{+, \cdot, read, write\})$, ahol

  $+: Rational \times Rational \rightarrow Rational,$
  $\cdot: Rational \times Rational \rightarrow Rational$

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Példák

Megoldás:

```
Rational operator+(Rational r1, Rational r2){
    …
    return res;
}
Rational operator*(Rational r1, Rational r2){
    …
    return res;
}

…
sum = sum + t[i];
mult = mult * t[i];
// az általunk írt operátorok hívódnak meg
```

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Adatfolyam operátorok

- Az adatfolyamokat (pl. konzol, fájl, szövegfolyam) a C++ együttesen kezeli, ezért hasonló utasításkészlettel rendelkeznek
- A legtöbb adatfolyam tekintetében megkülönböztetjük a bemenő, illetve kimenő adatfolyamot, amelyek közös *gyűjtőnév*vel rendelkeznek
  - a bemenő adatfolyam gyűjtőneve az **`istream`**, a kimenő adatfolyamé az **`ostream`**
  - megtalálhatóak az **`<iostream>`** fájlban
  - pl. egy **`f`** fájl (ha **`f ifstream`** típusú) és a **`cin`** speciális esete az **`istream`**-nek, ezért tudjuk például mindkettővel használni a **`getline`** függvényt

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Adatfolyam operátorok

- Lehetőségünk van adatfolyam operátorok (**<<**, **>>**) definiálására, amelyek adatfolyamokra tudnak írni, illetve onnan olvasni értékeket, így a saját típusainkat is egyszerűen tudjuk az adatfolyamokon kezelni
- Ezek az operátorok *speciális paraméterezést* igényelnek:
  - paraméterben meg kell kapniuk az adatot, valamint az adatfolyamot, ahol a műveletet el kell végezniük
  - a visszatérési érték szintén az adatfolyam
  - az adatfolyam lehet bemeneti (`istream`) és kimeneti (`ostream`), amik *csak cím szerinti paraméterátadással adhatóak át*

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Adatfolyam operátorok

- Az operátor belsejében a paraméterben átadott adatfolyamot használhatjuk a beolvasásra és kiírásra, valamint a rekordunk mezőire már elkészített operátorokat (<<, >>, de lehet pl. `getline`-t is)
  - természetesen a beolvasás, kiírás módja tetszőleges
- Pl. a kiírás operátora komplex számra:

```
ostream& operator<<(ostream& s, Complex c)
{
    // s lesz az adatfolyam, tehát azt használjuk
    s << c.re << " + i*" << c.im;
    // operátorok már a mezők típusára futnak le
    return s; // adatfolyam visszaadása
}
```

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Példák

Feladat: Írjuk át a racionális szám típusunkat úgy, hogy a beolvasás és kiírás a megszokott operátorokon keresztül történjen, **<számláló>/<nevező>** formában.

- a többi alprogramot változatlanul hagyjuk, a főprogramban pedig meghívjuk ezeket az operátorokat

Megoldás:

```
istream& operator>>(istream& s, Rational &r){
    // s lesz az adatfolyam
    char ch; // a / jelet átugorjuk
    s >> r.numerator >> ch >> r.denominator;
    // s-ről beolvassuk a két értéket
    return s; // s-t visszaadjuk
}
```

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Példák

Megoldás:

```
ostream& operator<<(ostream &s, Rational r){
   s << r.numerator << "/" << r.denominator;
   // s-re kiírjuk a megfelelő alakot
   return s;
}
…
for (int i = 0; i < 5; i++)
   cin >> t[i]; // saját operátorunk használata
…
cout << "Összeg:" << sum << endl;
cout << "Szorzat:" << mult << endl;
…
```

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Operátorok túlterhelése

- Az operátorok ugyanúgy túlterhelhetőek, mint más függvények
  - pl.: készíthetünk összeadást két racionális szám között, illetve egy racionális és egy egész szám között is
- Amennyiben valamilyen paraméterezéssel készítünk kétváltozós operátort, akkor a paraméterek a megadás sorrendjének megfelelően helyettesítődnek be
  - ha kommutatív műveletet szeretnénk megvalósítani, akkor mindkét sorrendben el kell készíteni a túlterhelése
  - pl. egész és racionális, valamint racionális és egész paraméterekkel is elkészíthetjük az összeadást, így kommutatív lesz

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Értékadások

- Az alapvető értékadás operátor (=) alapértelmezés szerint létezik minden típusra, ezért ezt nem kell definiálnunk (de felüldefiniálhatjuk speciális módon, ha szükséges)
- Ugyanakkor lehetőségünk speciális értékadás operátorok (+=, *=, …) definiálására, amelyek célja az értékmódosítás rövidítése
  - a speciális értékadás nem ekvivalens az adott operátor és az értékadás együttes használatával (pl. += nem ugyanaz, mint = és +)
  - a szabványos működéshez az első paramétert cím szerint kell átadnunk, majd módosítanunk kell, és visszatérési értékként is azt kell visszaadnunk

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Példák

Feladat: Készítsünk a racionális típusnak egésszel történő összeadás és szorzás műveleteket is, továbbá készítsünk értékadással kombinált operátorokat is. A főprogramban az eredményhez adjunk kettőt, a szorzatot pedig szorozzuk meg kettővel.

- így egy függvénynek három túlterhelése lesz
- a főprogramban mindkét változat meghívásra kerül

Megoldás:

```
// összeadás további változatai:
Rational operator+(Rational r, int e){ … }
Rational operator+(int e, Rational r){ … }
```

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Példák

Megoldás:

```
// szorzás további változatai:
Rational operator*(Rational r,){ … }
Rational operator*(int e, Rational r){ … }

// értékadással kombinálva:
Rational operator+=(Rational r1, Rational r2){ … }
Rational operator+=(Rational r, int e){ … }
int operator+=(int e, Rational r){ … }

Rational operator*=(Rational r1, Rational r2){ … }
Rational operator*=(Rational r, int e){ … }
int operator*=(int e, Rational r){ … }
```

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Példák

Megoldás:

```
…
for (int i = 0; i < 5; i++){
   sum += t[i];
   sum *= t[i];
   // összevonhatjuk az értékadással
}
…
cout << "Összeg:" << sum + 2 << endl;
cout << "Szorzat:" << sum * 2 << endl;
   // ugyanígy jó lenne (2 + sum) és (2 * mult)
   // is, mivel adott a másik túlterhelés is
```

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Konstruktor műveletek

- Általában a rekordok létrehozása, és értékeinek beállítása elég körülményes, mivel minden mezőjének külön kell értéket adni
- Ez egyszerűsíthető, ha készünk egy beállító alprogramot, amely bizonyos paraméterek alapján beállítja a rekord tagjait
  - nem kötelező annyi paramétert adnunk, ahány tag van, bizonyos változóknak adhatunk alapértelmezett értéket
  - ellenben ezt a műveletet is meg kell hívnunk valahol
- Van egy olyan művelet, amely dedikáltan (és automatikusan) akkor hívódik meg, amikor létrehozunk egy változót a rekordból, ez a *konstruktor* művelet

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Konstruktor műveletek

- A konstruktor olyan alprogram, amely:
  - a rekord belsejében definiálható, a rekord változói mellett
  - tetszőlegesen paraméterezhető és túlterhelhető
  - arra szolgál, hogy a rekord mezőit kezdő értékekkel lássa el (*inicializál*ja a tagokat)
  - mindig automatikusan meghívódik példány létrehozásakor, paraméteres esetben ekkor átadhatunk neki értékeket
  - neve megegyezik a rekorddal, és mivel létrehozza a példányt, a visszatérési értéke is, amit külön nem írunk le
  - igazából akkor is létezik, amikor nem írjuk meg, csak ekkor nem végez semmilyen inicializáló tevékenységet

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Konstruktor műveletek

```
struct <rekordnév> {
    <típus> <tag>;

    <rekordnév>() { <tag> = <érték>; }
    <rekordnév>(<típus> <változó>) {
        <tag> = <változó>;
    } // konstruktorok
};

<rekordnév> <változónév>;
// ekkor lefut a 0 paraméteres konstruktor

<rekordnév> <változónév>(<érték>);
// ekkor lefut az 1 paraméteres konstruktor,
// amennyiben a típusok egyeznek
```

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Példák

Feladat: Egészítsük ki a racionális szám típusát konstruktorokkal.

- három konstruktort valósítunk meg:
  - egy 0 paraméterest, amely beállítja az alapértelmezett 0 (0/1) racionális értéket
  - egy 1 paraméterest, amely egy egész számból tud racionális számot létrehozni
  - egy 2 paraméterest, amely a megadott paraméterek (számláló, nevező) alapján hozza létre a hányadost, ebben az esetben a második paraméter értékét ellenőrizzük is

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Példák

Tervezés:

- $Rational = \begin{pmatrix} int \times (int \backslash \{0\}), \\ \{+, \cdot, +=, \cdot=, \gg, \ll, Rational\} \end{pmatrix}$, ahol

  $+: Rational \times Rational \to Rational,$

  $+: Rational \times int \to Rational,$

  $+: int \times Rational \to Rational,$

  $\ldots$

  $Rational: \to Rational,$

  $Rational: int \to Rational,$

  $Rational: int \times int \to Rational$

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Példák

Megoldás:

```
struct Rational {
    …
    Rational() { // 0 paraméteres konstruktor
        numerator = 0; denominator = 1;
    }
    Rational(int nr) { // 1 paraméteres
        numerator = nr; denominator = 1;
    }
    Rational(int num, int denom) { // 2 paraméteres
        numerator = num;
        denominator = denom != 0 ? denom : 1;
    }
};
```

Adattípusok megvalósítása elemi eszközökkel

Példák

Megoldás:

```
…
Rational sum;
   // 0 paraméteres konstruktor hívása, vagyis
   // 0/1-t kapunk
   // ugyanez:
   // Rational sum(0);
   // Rational sum(0, 1);
Rational mult(1);
   // 1 paraméteres konstruktor hívása, vagyis
   // 1/1-t kapunk

// ugyanez egy sorban:
// Rational sum, mult(1);
```