# Programare orientată pe obiecte

1. Dezvoltarea aplicaţiilor OO
2. Diagrame de clase şi obiecte în UML
3. Aserţiuni

## Ciclul de viaţă al software

- Cuprinde toate activităţile de la analiza iniţială până când nu se mai foloseşte – e învechit
- Procesul formal pentru dezvoltarea de software
  - Descrie fazele procesului de dezvoltare
  - Oferă linii de ghidare pentru modul în care trebuie desfăşurate fazele
- Procesul de dezvoltare
  - Analiză
  - Proiectare
  - Implementare
  - Testare
  - Desfăşurare sistematică (deployment)

## Analiza

- Se decide ce anume trebuie să facă proiectul
- NU se gândeşte cum îşi va îndeplini programul sarcinile
- Ce rezultă: documentul care cuprinde cerinţele
  - Descrie ce va face programul o dată terminat
  - Manualul de utilizare: spune cum va opera utilizatorul programul
  - Criterii de performanţă

## Proiectare. Implementare

- Proiectare
  - Plănuim cum să implementăm sistemul
  - Descoperim structurile care stau la baza problemei de rezolvat
  - Decidem ce clase şi ce metode sunt necesare
  - Ce rezultă:
    - Descrierea claselor şi a metodelor
    - Diagrame care arată relaţiile dintre clase
- Implementare
  - Scriem şi compilăm codul sursă
  - Codul implementează clase şi metode descoperite în faza de proiectare
  - Ce rezultă: un program finalizat

## Testare. Desfăşurare sistematică

- Testare
  - Rulăm teste pentru a verifica faptul că programul funcţionează corect
  - Ce rezultă: un raport asupra testelor şi rezultatelor lor
- Desfăşurare sistematică
  - Utilizatorii instalează programul
  - Utilizatorii folosesc programul în scopul în care a fost construit

## Proiectarea orientată pe obiecte

1. Descoperim clasele
2. Determinăm responsabilităţile fiecărei clase
3. Descriem relaţiile dintre clase

## Unified Modeling Language (UML)

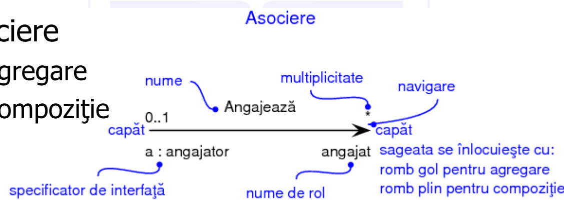
- UML este notaţia internaţională standard pentru analiza şi proiectarea orientată pe obiecte.
- Este definit de Object Management Group (OMG)
- UML 2.0 defineşte treisprezece tipuri de diagrame, împărţite în trei categorii:
  - şase tipuri de diagrame reprezintă structura statică a aplicaţiei;
  - trei reprezintă tipuri generale de comportament;
  - patru reprezintă diferite aspecte ale interacţiunilor
- **Diagramele de structură** cuprind *diagrama de clase, diagrame de obiecte*, diagrama de componente, diagrama de structură compozită, diagrama de pachete şi diagrama de desfăşurare sistematică.

## Descoperirea claselor

- O clasă reprezintă un concept util
  - Entităţi concrete: conturi bancare, elipse, produse
  - Concepte abstracte: fluxuri (streams) şi ferestre
- Găsim *clasele* căutând *substantive* în descrierea sarcinii
- Definim comportamentul fiecărei clase
- Găsim *metodele* căutând *verbe* în descrierea sarcinii

## Relaţii între entităţile reprezentate

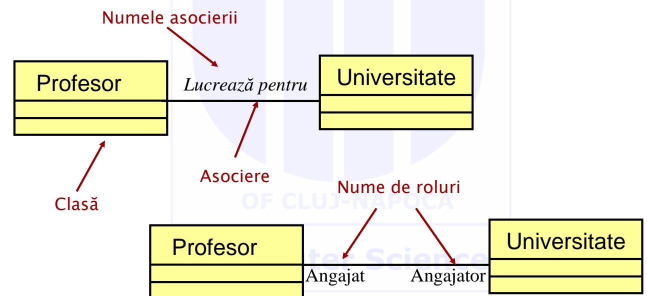
- Asociere
  - Agregare
  - Compoziţie




- Dependenţă
- Generalizare
- Realizare

## Relaţii: Asociere

- Modelează o conexiune semantică între clase

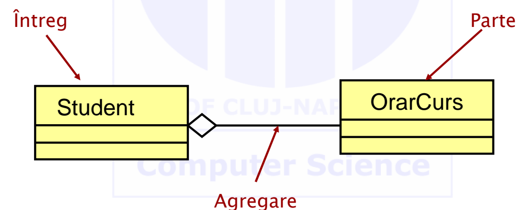


## Folosirea asocierilor

- Trei scopuri generale:
  - Pentru a reprezenta o situaţie în care un obiect de o clasă *foloseşte* serviciile unui alt obiect, sau ele îşi folosesc reciproc serviciile – adică un obiect îi trimite mesaje celuilalt sau îşi trimit mesaje între ele.. (În primul caz, navigabilitatea poate fi unidirecţională; în cel de al doilea, ea trebuie să fie bidirecţională.)
  - Pentru a reprezenta agregarea sau compoziţia – unde obiecte de o clasă sunt întregi compuşi din obiecte de cealaltă clasă ca părţi. În acest caz, o relaţie de tip foloseşte este implicit prezentă – întregul foloseşte părţile pentru a-şi îndeplini funcţia, iar părţile pot si ele avea nevoie să folosească întregul.
  - Pentru a reprezenta o situaţie în care obiectele sunt înrudite, chiar dacă nu schimbă mesaje. Aceasta se întâmplă de obicei când cel puţin unul dintre obiecte este folosit în esenţă la stocare de informaţie.

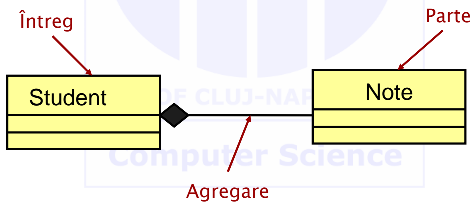
## Relaţii: Agregare

- O formă specială de asociere care modelează relaţia parte–întreg între un agregat (întregul) şi părţile sale



## Relaţii: compunere

- O formă de agregare cu posesiune *puternică* şi durate de viaţă care coincid
  - Părţile nu pot supravieţui întregului/agregatului



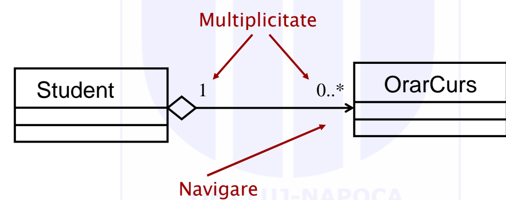
## Asociere: Multiplicitate şi navigare

- Multiplicitatea defineşte câte obiecte participă într-o relaţie
  - Numărul de instanţe ale unei clase în raport cu una instanţă a celeilalte clase
  - Specificat pentru fiecare capăt al asocierii
- Asocierile şi agregările sunt implicit bidirecţionale, dar adesea este de dorit să se restrângă navigarea la o singură direcţie
  - Dacă navigarea este restricţionată, se adaugă o săgeată pentru a indica direcţia de navigare

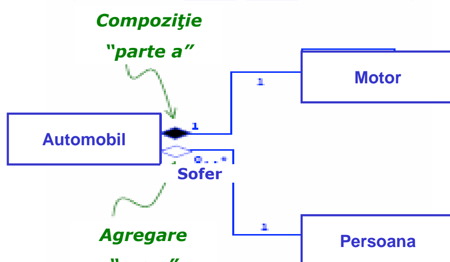
## Asociere: multiplicitate

- Nespecificată
- Exact una — 1
- Zero sau mai multe (multe, nelimitat) — 0..* / *
- Una sau mai multe — 1..*
- Zero sau una — 0..1
- Gama specificată — 2..4
- Game multiple, disjuncte — 2, 4..6

## Exemplu: multiplicitate şi navigare



## Exemple de asocieri



## Observaţii

- **Teste pentru relaţii parte-întreg adevărate**
  - **» transitivittate: dacă "A parte a lui B" & "B part a lui C" atunci "A parte a lui C"**
    - "Unghia este parte a degetului, degetul este parte a mâinii; mâna este parte a extremităţii superioare a corpului"
  - **O problemă a unei părţi este o problemă a întregului**
    - O rană la unghie este o rană a corpului
  - "Poziţiile sunt parte a sistemului electric al automobilului. Un defect al poziţiilor este un defect al automobilului"
- **Este-parte-a *e diferit* de**
  - **esteConţinutÎn** : camăşi, pantaloni,... --- valiza [observaţi ca testul de defectare nu ţine aici: pantalonii stricaţi nu înseamnă valiză stricată]
  - **esteLegatDE** : valiză --- persoană (care o duce)
  - **esteRamurăA** : artera iliacă,... --- aorta
  - **seAflaÎn** : casă... --- stradă

## Când să folosim agregarea

- **Ca regulă generală, se poate marca o asociere ca agregare, dacă sunt adevărate următoarele:**
  - Se poate spune că
    - Părţile 'sunt parte' a agregatului
    - sau agregatul 'este compus din' părţi
  - Când ceva deţine sau controlează agregatul, atunci acel ceva deţine sau controlează părţile

## Agregare şi compoziţie

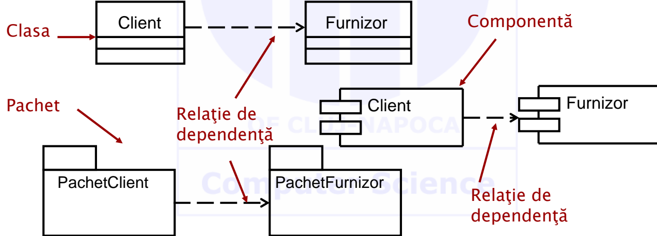
Asociere
**Obiectele ştiu unul despre altul astfel încât pot lucra împreună**

Agregare
- **Protejează integritatea configuraţiei**
- **Funcţionează ca un singur tot**
- **Controlul se face printr-un obiect– propagarea este în jos**

Compoziţie
**Fiecare parte poate fi membru al unui singur obiect agregat**

## Relaţii: dependenţă

- O relaţie între două elemente ale modelului în care o schimbare în unul dintre elemente **poate** cauza o schimbare în celălalt
- Relaţie nestructurală, de tip "foloseşte"

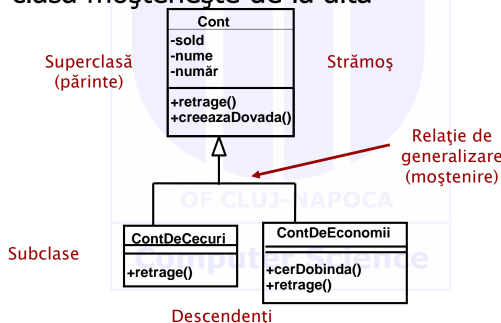


## Relaţii: generalizare

- O relaţie între clase în care o clasă partajează structura şi/sau comportamentul uneia sau mai multor clase
- Defineşte o ierarhie de abstracţiuni în care o subclasă moşteneşte de la una sau mai multe superclase
  - Moştenire simplă/de la o singură clasă
  - Moştenire multiplă
- Generalizarea este o relaţie de tipul "este-un-fel-de"

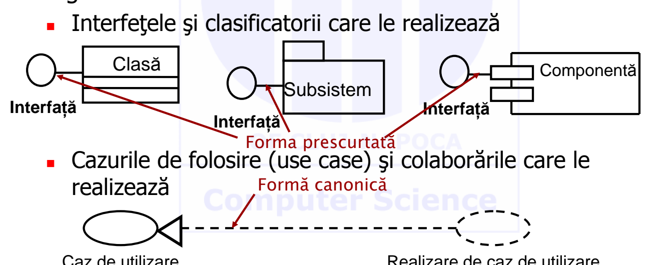
## Exemplu: Moştenirea simplă

- O clasă moşteneşte de la alta



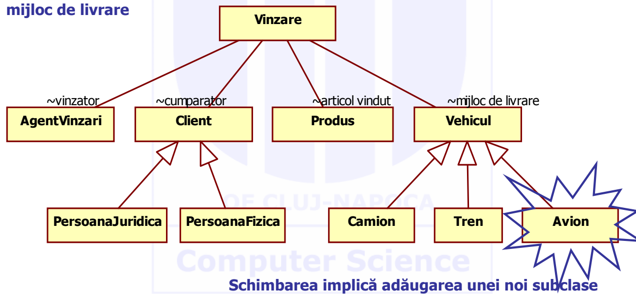
## Relaţii: realizare

- Un clasificator serveşte pe post de contract pe care celălalt este de acord să-l îndeplinească
- Regăsit între:
  - Interfeţele şi clasificatorii care le realizează
  - Cazurile de folosire (use case) şi colaborările care le realizează



## Efectul schimbării cerinţelor

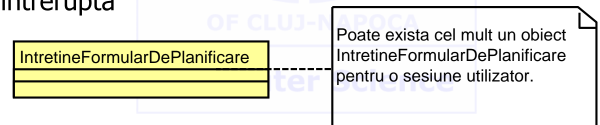
**Presupunând că e nevoie de un nou mijloc de livrare**




**Schimbarea implică adăugarea unei noi subclase**

## Note (adnotări)

- Se poate adăuga o notă (adnotare) la orice element UML
- Notele se pot adăuga pentru a furniza informaţii suplimentare în diagramă
- Este un dreptunghi cu "ureche de câine"
- Nota poate fi ancorată la un element cu o linie întreruptă

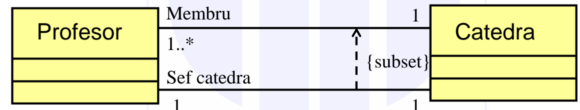


## Valori etichetate

- <u>Sunt extensii ale proprietăţilor sau ale anumitor atribute ale unui element UML</u>
- Unele proprietăţi sunt definite de UML
  - Persistenţa
  - Localizarea (d.e., client, server)
- Proprietăţile pot fi <u>create</u> de modelori UML în orice scop

## Constrângeri

- Suportă adăugarea de reguli noi sau modificarea regulilor existente



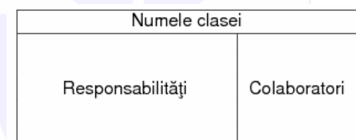

- Această notaţie este folosită pentru a surprinde două relaţii între obiecte de tip Profesor şi obiecte de tip Catedra, unde una dintre relaţii este un subset al celeilalte.
- Arată cum se pot croi diagramele UML pentru a modela corect relaţii exacte

## Cartela CRC

- Cartela CRC: descrie o clasă, responsabilităţile şi colaboratorii săi
- Se foloseşte o cartelă pentru fiecare clasă
- Alegem clasa care trebuie să fie răspunzătoare de fiecare metodă (verb)
- Scriem responsabilitatea pe cartela clasei
- Indicăm ce alte clase sunt necesare pentru a îndeplini responsabilitatea (colaboratorii)

## Cartela CRC. Relaţii între clase

- Cartela CRC




- Relaţii între clase
  - Moştenire
  - Agregare
  - Dependenţă

## Moştenire

- Relaţie de tipul *este-o/un*
- Relaţie între o clasa mai generală (superclasă) şi una mai specializată (subclasă)
- Exemple:
  - Orice cont de economii este un cont bancar
  - Orice cerc este o elipsă (cu lăţime şi înălţime egale)
- Uneori se abuzează de această relaţie
  - Ar trebui să fie clasa `Anvelopa` o subclasă a lui `Cerc`?
  - Relaţia *are-o* ar fi mai potrivită aici

## Agregare

- Relaţie de tipul *are-o/un*
- Obiectele unei clase conţin referinţe la obiectele altei clase
- Folosesc variabile instanţă
  - O anvelopă are un cerc pe post de contur:

```
class Anvelopa {
   . . .
   private String catalogare;
   private Cerc contur;
}
```

- Fiecare automobil are o anvelopă (de fapt are patru)

```
class Automobil extends Vehicul{
   . . .
   private Anvelopa[] anvelope;
}
```

## Dependenţă

- Relaţie de tip *foloseşte*
- Exemplu: multe dintre aplicaţiile noastre depind de clasa Scanner pentru a citi intrarea
- Agregarea este o formă mai puternică de dependenţă
- Folosim agregarea pentru a ţine minte un alt obiect între apelurile metodelor

## Simboluri UML pentru relaţii

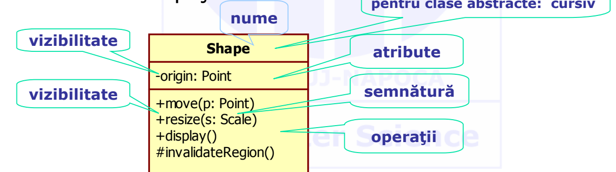
| Relaţie | Simbol | Stil de linie | Forma vârfului |
|---|---|---|---|
| Moştenire | ———▷ | Solid | Triunghi |
| Implementare de interfaţă | - - - - -▷ | Întrerupt | Triunghi |
| Agregare | ◇——— | Solid | Romb |
| Dependenţă | - - - - -> | Întrerupt | Deschisă |

## Agregare şi asociere

- Asocierea: o formă mai generală de relaţie între clase
- Se foloseşte de *timpuriu* în faza de proiectare
- O clasă este asociată cu o alta dacă putem naviga de la obiectele unei clase la obiectele celeilalte clase
- Fiind dat un obiect a `Banca`, putem naviga la obiecte `Client`

## Diagramă de clase

- Reprezintă un set de clase, interfeţe, colaborări şi alte relaţii
- Reflectă *proiectul static* al unui sistem
- Poate genera confuzii dacă este folosit pentru a explica dinamica sistemului; folosiţi în loc diagramele de obiecte care sunt mai puţin abstracte

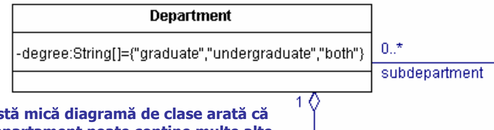


## Diagrame de obiecte

- Reprezintă un set de obiecte (instanţe de clase) şi relaţiile dintre acestea.
- Un instantaneu static al unei vederi dinamice a sistemului.
- Reprezintă cazuri reale sau cazuri prototip.
- Foarte utile înainte de dezvoltarea diagramelor de clase.
- Merită salvate ca elaborări ale diagramelor de clase.

## Diagrame de obiecte

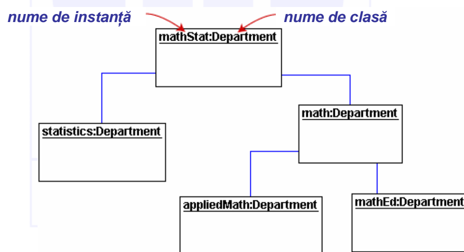
- Utile în explicarea de părţi mici cu relaţii complicate, mai ales în cazul *relaţiilor recursive*
- Fiecare dreptunghi din diagrama de obiecte corespunde unei singure instanţe.
- Numele instanţelor (numele obiectelor) sunt <u>subliniate</u> în diagramele UML.



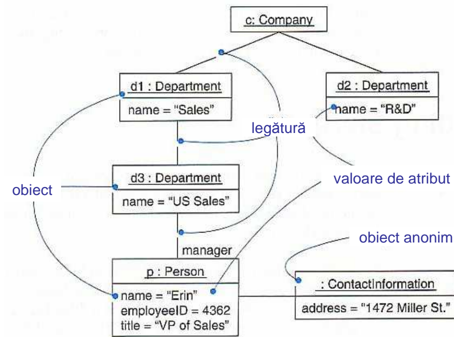

**Această mică diagramă de clase arată că un departament poate conţine multe alte subdepartamente.**

## Diagrame de obiecte

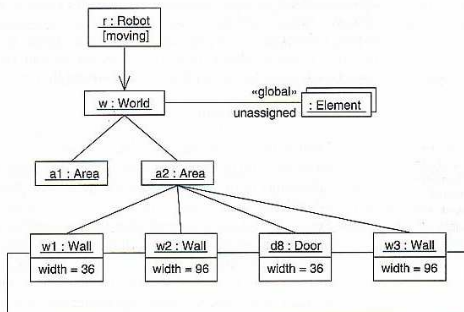
- Diagrama de obiecte de mai jos este o instanţiere a diagramei de clase, clasele fiind înlocuite de exemple concrete
- Numele de clase sau instanţe pot fi omise dacă semnificaţia diagramei rămâne clară.



## Alt exemplu de diagramă de obiecte



## Alt exemplu de diagramă de obiecte



## Procesul de dezvoltare în cinci paşi

- Colectăm cerinţele
- Folosim cartele CRC pentru a determina clasele, responsabilităţile şi colaboratorii
- Folosim diagrame UML pentru a înregistra relaţiile dintre clase
- Folosim `javadoc` pentru a documenta comportamentul metodelor
- Implementăm programul

## Reguli pentru determinarea claselor

- Între 3 şi 5 responsabilităţi pe clasă
- Nu există clase singuratice
- Feriţi-vă de multe clase mici
- Feriţi-vă de puţine clase mari
- Feriţi-vă de "functoizi" – un functoid este de fapt o funcţie procedurală normală deghizată în clasă.
- Feriţi-vă de clase omnipotente
  - Căutati clase care au "system" sau "controller" în nume!
- Evitaţi arborii de moştenire adânci

## Exemplu: factură simplificată

```
                              FACTURA

Maria s.r.l.
str.  Mare nr.  1
Un oraş, 554400


Descriere                                Preţ unitar  Cantitate  Total
Spray XXL                                       8.99          3  26.97
Şerveţele Super                                 2.99          4  11.96
Caiet studenţesc                                3.99          2   7.98
Suma de plătit:  46.91
```

## Exemplu: factură simplificată

- Clase care vin în minte: `Factura`, `Rind`, şi `Client`
- Este o idee bună să păstrăm o listă de clase candidate
- Folosim brainstorming-ul, pur şi simplu punem toate ideile de clasă în listă
- Le putem tăia pe cel inutile ulterior

## Determinarea claselor

- Ţineţi minte următoarele puncte:
  - Clasele reprezintă mulţimi de obiecte cu acelaşi comportament
    - Entităţile cu apariţii multiple în descrierea problemei sunt candidaţi buni pentru obiecte
    - Aflaţi ce au în comun
    - Proiectaţi clasele pentru a surprinde ce este comun
  - Reprezentaţi unele entităţi ca obiecte, iar altele ca tipuri primitive
    - Ar trebui să facem Adresa o clasă sau să folosim un String?
  - Nu toate clasele pot fi descoperite în faza de analiză
  - Unele clase pot exista deja

## Tipărirea unei facturi – cerinţe

- Sarcina: tipărirea unei facturi
- Factura: descrie preţurile pentru un set de produse în anumite cantităţi
- Omitem lucrurile mai complicate – aici
  - Date, taxe şi codurile de factură şi de client
- Tipărim factura cu
  - Adresa clientului, toate rândurile, suma de plătit
- Rândul conţine
  - Descriere, preţ unitar, cantitatea comandată, preţul total
- Pentru simplitate nu creăm interfaţa cu utilizatorul
- Programul de test: adaugă rânduri în factură şi apoi o tipăreşte

## Tipărirea unei facturi – cartele CRC

- Descoperim clasele
- Substantivele identifică clasele posibile

**Factura**
**Adresa**
**Rând**
**Produs**
**Descriere**
**Preţ**
**Cantitate**
**Total**
**Suma de plătit**

## Tipărirea unei facturi – cartele CRC

- Analizăm clasele

```
Factura
Adresa
Rând          // Înregistrează produsul şi cantitatea
Produs
Descriere     // Câmp al clasei produs
Pret          // Câmp al clasei produs
Cantitate     // Nu este un atribut al unui Produs
Total         // Calculat, nu se memorează
Suma de plătit // Calculată, nu se memorează
```

- Clasele după un proces de eliminare

```
Factura
Adresa
Rând
Produs
```

## Motive pentru rejectarea unei clase candidate

| Semnal | Motiv |
|---|---|
| ***Clasa cu nume verb (infinitiv sau imperativ)*** | Poate fi o subrutina, nu o clasa |
| ***Clasa cu o singura metodă*** | Poate fi o subrutina, nu o clasa |
| ***Clasă descrisa ca "efectuează" ceva*** | Poate să nu fie o abstracţiune propriu-zisă |
| ***Clasă fără metode*** | Poate fi o informaţie opacă, nu un TDA, sau poate fi un TDA la care s-au omis rutinele |
| ***Clasă cu zero sau foarte puţine atribute (dar care moşteneşte de la părinţi)*** | Poate fi un caz de "taxomanie" |
| ***Clasă care acoperă câteva abstracţiuni*** | Ar trebui divizată în mai multe clase, câte una pentru fiecare abstracţiune |

## Cartelele CRC pentru tipărirea unei facturi

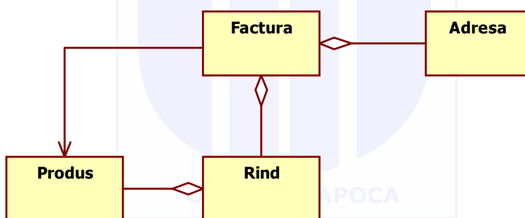
- Atât `Factura` cât şi `Adresa` trebuie să se poată autoformata – responsabilităţi:
  - `Factura` *formatează factura* şi
  - `Adresa` *formatează adresa*
- Adăugăm colaboratori pe cartela facturii: `Adresa` şi `Rind`
- Pentru cartela `Produs` – responsabilităţi: *obţine descrierea, obţine preţul unitar*
- Pentru cartela CRC `Rind` – responsabilităţi: *formatează articolul, obţine preţul total*

## Cartelele CRC pentru tipărirea unei facturi

- `Factura` trebuie populată cu produse şi cantităţi:

| Factura | |
|---|---|
| *formatează factura*<br>*adaugă un produs şi o cantitate* | `Adresa`<br>`Rind`<br>`Produs` |

## Tipărirea unei facturi – diagrama UML



## Instrumente pentru realizarea diagramelor UML

- ArgoUML:
  - http://argouml.tigris.org
  - rulează pe orice platformă Java
- StarUML
  - http://staruml.sourceforge.net/en/
  - proiect "open source"
- Poseidon for UML Community Edition
  - http://gentleware.com/downloadcenter.0.html
- Multe produse comerciale

## Tipuri de specificaţii

- Diagrame de clase
- Diagrame de obiecte
- Diagrame de activităţi (diagrame de curgere a controlului)
- Aserţiuni (precondiţii, postcondiţii, invarianţi)
  - Altele
- Reţineţi că primele trei sunt specificaţii incomplete

## Specificarea claselor

- O specificaţie software indică sarcina (sau un aspect al sarcinii) care se presupune a fi efectuată la execuţia software respectiv
- O specificaţie de clasă defineşte semantica (comportamentul) unei clase prin:
  - invariant de clasă care descrie ceea ce este întotdeauna adevărat pentru obiectele clasei.
  - specificaţii pentru fiecare dintre metodele clasei.
- Fiecare *specificaţie de metodă* constă din
  - o precondiţie (opţional),
  - o clauză modifică (opţional), şi
  - o postcondiţie.

## Specificarea metodelor

- O *precondiţie* declară condiţiile care sunt necesare pentru ca metoda să se execute în mod corespunzător
- O clauză *modifică* reprezintă o listă de obiecte care ar putea fi modificate prin execuţia metodei.
- O *postcondiţie* declară ce este adevărat atunci când metoda şi-a finalizat execuţia

## Aserţiune

- O *aserţiune* este o declaraţie a unui fapt care este presupus adevărat relativ la o locaţie/locaţii din cod. Exemplu

```
// assert: str este String  si str.length > 2
char firstChar, secondChar, bigChar;
firstChar = str.charAt(0);
secondChar = str.charAt(1);
if (firstChar > secondChar)   {
  bigChar = firstChar;
} else {
  bigChar = secondChar;
}
/* assert:
  str.length > 2
  and (str.charAt(0) > str.charAt(1)
           implies bigChar == str.charAt(0))
  and (str.charAt(0) ≤ str.charAt(1)
           implies bigChar == str.charAt(1)) */
```

## Notarea aserţiunilor

- Aserţiunile sunt bazate pe logică şi anumite notaţii din program (adică referinţe la variabile şi, posibil, apeluri de metode non-void).
- Aserţiunile NU trebuie să conţină verbe de acţiune
- Operatori logici
  - ***not*** *SubAssertion1* – sub-aserţiunea trebuie să fie falsă.
  - *SubAssertion1* ***and*** *SubAssertion2* – ambele sub-aserţiuni trebuie să fie adevărate.
  - *SubAssertion1* ***or*** *SubAssertion2* – una sau amândouă sub-aserţiunile sunt adevărate.
  - *SubAssertion1* ***implies*** *SubAssertion2* – când prima sub-aserţiune este adevărată şi cea de a doua trebuie să fie adevărată

## Notarea aserţiunilor

- Altă notaţie logică, cuantificarea, permite exprimarea aserţiunilor referitoare la structuri de date.
- Cuantificarea universală
  - ***forAll*** ( *tip var : condiţieLimită* | *SubAserţiune* )
  - Exemplu:

***forAll*** (Integer j : 0≤j≤2 | arr1[j] > 0 )

*semnificaţie*: arr1[0] > 0 ***and*** arr1[1] > 0 ***and*** arr1[2] > 0

## Notarea aserţiunilor

- Cuantificarea existenţială
  - ***exists*** *( tip var : condiţieLimită | SubAserţiune )*
  - Exemplu:

    ***exists*** (Integer j : 0≤j≤2 | arr1[j] == 5 )

    *semnificaţie*: arr1[0] ==5 ***or*** arr1[1] == 5 ***or*** arr1[2] == 5

## Exemple de cuantificări

- Fie două tablouri de double: `a1` şi `a2` şi `a1.length == a2.length == 4`

  ***forAll*** (Integer r : 0 ≤ r ≤ 3 | a1[r] < a1[r+1] )

  ***forAll*** (Integer w : 0 ≤ w ≤ 3 | a1[w] == a2[w] )

  ***exists*** (Integer k : 0 ≤ k ≤ 3
  | a1[k] == 22 ***and*** a2[k] == 22 )

  ***exists*** (Integer k : 0 ≤ k ≤ 3
  | ( a1[k] < 0
  ***and*** ***forAll*** (Integer j : k < j ≤ 3 | a2[k] == a1[j]) ) )

  ***forAll*** (j,k : 0 ≤ j,k ≤ 3 ***and*** j != k | a1[j] != a2[k] )

## Unde se pun aserţiunile

- Locuri posibile
  - Invariantul clasei
  - Postcondiţia metodei
  - Precondiţia metodei
  - Invariantul de buclă

## Exemple de aserţiuni

```
/** invariant de clasă
  distanceInMiles > 0  and  timeInSeconds > 0 */
public class LapTime   {
    private double distanceInMiles, timeInSeconds;

    /** pre:  d > 0  and  t > 0
        post: distanceInMiles == d and timeInSeconds == t  */
    public LapTime(double d, double t)   {
        distanceInMiles = d;
        timeInSeconds = t;
    }

    /** post:  distanceInMiles == 60
          and   timeInSeconds == 3600 */
    public void setTo60MPH()   {
       distanceInMiles = 60;
       timeInSeconds = 3600;
    }
}
```

## Notaţii speciale pentru postcondiţii

- Valoare returnată (rezultat)

```
// Within LapTime class
/** post: result == distanceInMiles / (timeInSeconds*3600)
 */
public double milesPerHour()   {
    double velocity;
    velocity = distanceInMiles/(timeInSeconds*60*60);
    return velocity
}
```

- Valoare anterioară (@pre)

```
// Within LapTime class
/** post:  distanceInMiles == distanceInMiles@pre * 2 */
public void doubleTheMileage()   {
    distanceInMiles = distanceInMiles * 2;
}
```

## Proiectarea prin contract

- Apelantul metodei garantează...
  - precondiţia & invariantul clasei (la momentul apelului metodei)
- Metodei i se cere să asigure...
  - postcondiţia & invariantul clasei (la momentul revenirii din metodă)
- Anexă: o clauză "modifică" poate stipula ce modificări sunt permise

# Legături utile

- OMG UML Resource Pages
  - http://www.uml.org
- IBM UML Resource Center
  - http://www-306.ibm.com/software/rational/uml/
- Practical UML: A Hands on introduction for developers
  - http://bdn.borland.com/article/0,1410,31863,00.html
- Robert Martin: UML Class Diagrams for Java Programmers
  - http://www.phptr.com/articles/article.asp?p=336264&seqNum=2&rl=1
- UML by Examples
  - http://www.geocities.com/siliconvalley/network/1582/uml-example.htm
- Holub Associates: UML Reference Card
  - http://www.holub.com/goodies/uml
- Visual Case Tool - UML Tutorial
  - http://www.visualcase.com/tutorials/class-diagram.htm