

# CURS 04.

# NIVELURI DE TESTARE

---

**Verificarea și validarea sistemelor soft**  
**[17 Martie 2020]**

Lector dr. Camelia Chisăliță-Crețu  
Universitatea Babeș-Bolyai

# Conținut

- **Niveluri de testare**
  - Definiție. Clasificare
- **Testare unitară**
  - Definiție. Motivație. Caracteristici
  - Proiectarea cazurilor de testare
  - Tipuri de bug-uri identificate
  - Reguli generale de aplicare
- **Testare de integrare**
  - Definiție. Motivație. Clasificare
  - Integrare non-incrementală. Integrare incrementală. Integrare mixtă
  - Compararea strategiilor de integrare
  - Testarea interfeței modulelor. Definiție. Clasificare
  - Tipuri de bug-uri identificate
  - Exemplu
- **Testare de sistem**
  - Definiție. Caracteristici
  - Testare funcțională
  - Testare non-funcțională
- **Testare de acceptare**
  - Definiție. Caracteristici. Etape de realizare
  - Clasificare
  - Alpha Testing. Beta Testing
  - Alpha Testing vs Beta Testing
  - Alte tipuri de testare de acceptare
  - Dificultăți de testare
- **Nivel de testare vs. Tip de testare**
  - Tip de testare. Nivel de testare. Definiție
  - Obiective de testare. Exemple
  - Retestare. Definiție
  - Testare de regresie. Definiție
  - Retestare vs Testare de regresie
- **Pentru examen...**
- **Bibliografie**

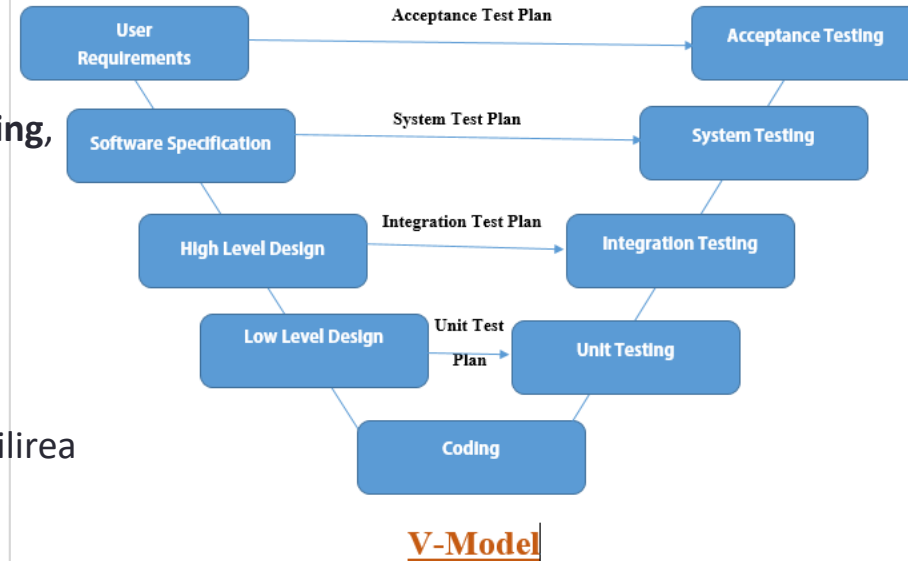
# NIVELURI DE TESTARE

---

Definiție. Clasificare

# Nivel de testare. Definiție. Clasificare

- **nivel de testare** (*engl. testing level*):
  - o serie de activități de testare asociate unei etape din procesul de dezvoltare a produsului soft;
- clasificare:
  - **testare unitară / testare de modul** (*engl. unit testing, module testing*);
    - etapa: implementare/codificare;
  - **testare de integrare** (*engl. integration testing*);
    - etapa: proiectare;
  - **testare de sistem** (*engl. system testing*);
    - etapa: specificarea cerințelor sistemului = stabilirea obiectivelor de realizat;
  - **testare de acceptare** (*engl. acceptance testing*);
    - etapa: descrierea cerințelor utilizatorului.



# TESTARE UNITARĂ

---

Definiție. Motivație. Caracteristici

Proiectarea cazurilor de testare

Tipuri de bug-uri identificate

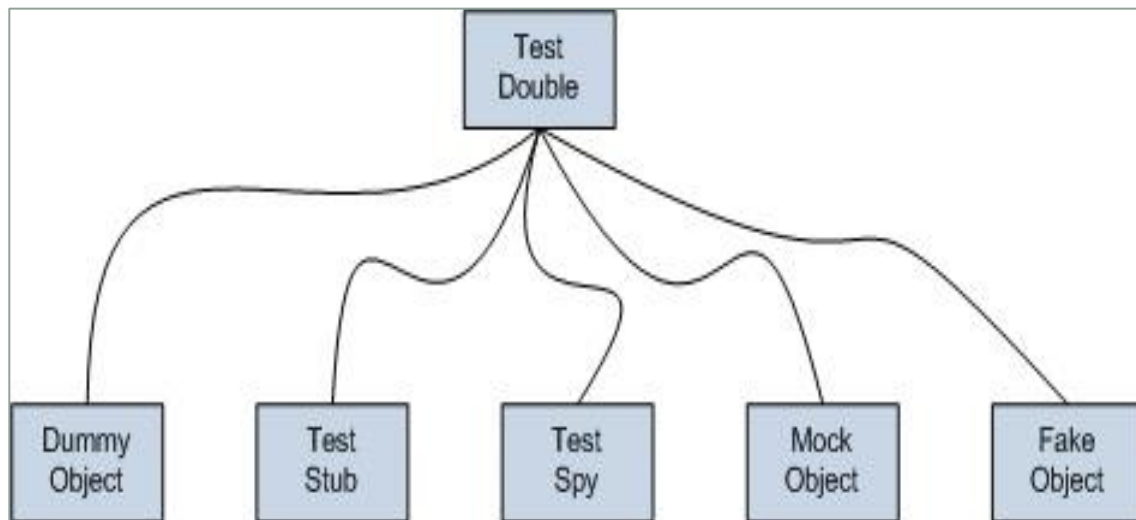
Reguli generale de aplicare

# Testare unitară. Definiție. Motivație. Etape

- **testare unitară/ testare de modul** (*engl. unit testing, module testing*) :
  - testarea individuală a unor unități separate dintr-un sistem software (funcție, procedură, clasă, metodă);
- **motivație:**
  - gestionarea eficientă a modulelor sistemului – mai întâi se testează modulele;
  - proces de depanare eficient – aplicat la nivel de modul;
  - permite paralelizarea procesului de testare – testare simultană pentru mai multe module.
- **etape:**
  - contextul de testare;
  - proiectarea cazurilor de testare;
  - execuția cazurilor de testare și evaluarea rezultatelor testării.

# Testare unitară. Tipuri de obiecte (1)

- la nivelul testării unitare se folosesc diferiți termeni pentru a indica obiecte, stări sau caracteristici care apar la proiectarea cazurilor de testare;
- literatura de specialitate indică abordări diferite în descrierea obiectelor folosite, denumite generic **Test Doubles**, sugerând funcționarea obiectelor utilizate în realitate [\[MeszarosFowler2006\]](#);



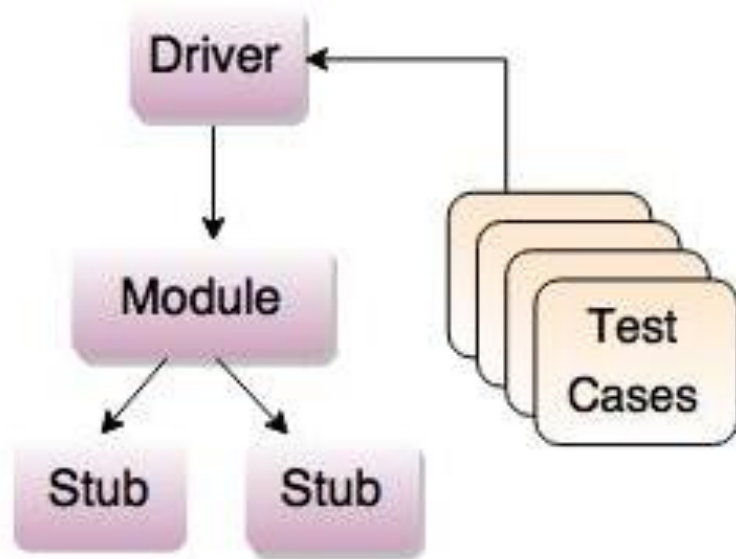
# Testare unitară. Tipuri de obiecte (2)

- tipuri de obiecte utilizate de tool-uri:
  - **Dummy** – obiecte care sunt transmise ca parametri dar care **nu sunt folosite de metodele apelate**;
    - e.g., diverși parametri precizați doar pentru a respecta signatura metodei apelate;
  - **Fake** – obiecte cu **implementări funcționale**/utilizabile, dar **simpliste**, care nu sunt adecvate pentru a fi incluse în livrabilul către client;
    - e.g., o colecție de date in-memory;
  - **Stubs** – obiecte sau metode ale unor obiecte care **furnează rezultate prestabilite** atunci când sunt apelate în cadrul unui test; nu au altă utilitate în afara contextului testării unde au fost definite;
  - **Spies** – obiecte **stub** care pot păstra/reține informații referitoare la modul în care au fost folosite;
    - e.g., un serviciu pentru e-mail care reține numărul de mesaje transmise;
  - **Mocks** – obiecte pentru care s-a stabilit **un anumit comportament** (behavior expectations) și sunt utilizate pentru a observa interacțiunea cu obiectul supus testării.



# Testare unitară. Context de testare

- tipuri de module:
  - **driver** (*engl. driver*):
    - modul apelant al modului testat, care furnizează datele de intrare modului testat;
  - **stub** (*engl. dummy subprogram*):
    - modul apelat în cadrul modului testat, înlocuiește modulul apelat în contextul real;
      - arată că modulul testat apelează un modul subordonat;
      - returnează o valoare prestabilită în modulul testat care să îi permită să își continue execuția;
- pentru fiecare modul testat trebuie să existe un driver dedicat și mai multe module stub, dacă este necesar;
- modulele driver și stub sunt create suplimentar (*engl. overhead*) și **nu** sunt livrate împreună cu produsul final;



# Testare unitară. Proiectarea cazurilor de testare

- **caracteristici:**
  - aplică tehnici de testare black-box, grey-box și white-box;
  - folosește documentele care conțin specificația modulelor;
- informații necesare proiectării unui caz de testare pentru un modul:
  - specificația modulului;
  - codul sursă pentru modul;
- **tipuri de bug-uri identificate:**
  - **testarea black-box:**
    - nerespectarea condițiilor impuse în specificații;
    - înțelegerea greșită a specificațiilor;
  - **testarea white-box:**
    - înțelegerea greșită a precedenței operatorilor;
    - inițializare incorectă;
    - lipsa acurateței/preciziei;
    - operații aplicate eronat.

# Testare unitară. Execuția cazurilor de testare

- execuția testelor:
  - manuală;
  - automată;
    - tool-uri pentru *rularea* testelor;
    - tool-uri pentru *evaluarea și raportarea* rezultatelor testării.

# Testare unitară. Reguli generale de aplicare (1)

- număr de pași de executat;
- execuție: planificare și durată;
- consecvență;
- atomicitate;
- responsabilitate unică;
- izolarea testelor;
- izolarea de mediul de execuție;
- izolarea claselor;
- automatizare completă;
- *self-descriptive*;
- fără condiții logice;
- fără bucle;
- fără tratarea excepțiilor;
- utilizarea instrucțiunilor assert;
- utilizarea de mesaje sugestive;
- fără testare în codul sursă livrat;
- separarea pe module și niveluri ale arhitecturii;
- gruparea testelor în funcție de tipul de testare;

# Testare unitară. Reguli generale de aplicare (2)

- număr de pași de executat:
  - 3-5 pași:
    1. **set up;**
    2. date de intrare;
    3. apelarea metodei testate;
    4. verificarea rezultatului (`assert`);
    5. **tear down;**

# Testare unitară. Reguli generale de aplicare (3)

- **timp de execuție:**
  - frecvența de execuție:
    - testare după implementare (*engl. test after development*): de câteva ori pe zi;
    - dezvoltare dirijată de testare (*engl. test driven development*): de câteva ori pe oră;
    - execuție după salvare, IDE (*engl. IDE runs tests after save*): la fiecare câteva minute;
  - mod de execuție (singular sau suită de teste):
    - timp de execuție pentru 10 teste = timp de execuție 1 test x 10;
    - **un test care se execută greu, încetinește întreaga suită de teste;**
  - valori medii:
    - un test < 200 milisecunde;
    - o suită cu număr de redus de teste < 10 secunde;
    - o suită cu număr consistent de teste < 10 minute.

# Testare unitară. Reguli generale de aplicare (4)

- **consecvență:**
  - execuția repetată a aceluiași test ar trebui să returneze în mod repetat același rezultat, dacă nu au avut loc modificări asupra codului sursă;
- cod sursă problematic:
  - `Date current Date = new Date();`
  - `Int value = random.nextInt(100);`
- soluții:
  - utilizarea obiectelor dummy, mock, stub, fake;
  - injectarea dependențelor.

# Testare unitară. Reguli generale de aplicare (5)

- **atomicitate:**
  - rezultate posibile ale execuției unui test:
    - **passed;**
    - **failed;**
  - nu există teste care „au trecut” doar parțial;
  - **dacă un punct de execuție este failed ==> întregul test este failed.**



# Testare unitară. Reguli generale de aplicare (6)

- **acțiune/ reponsabilitate unică (*engl.* single responsibility):**
  - un caz de testare investighează un singur scenariu de execuție;
- se testează comportamentul metodei:
  - **o metodă, mai multe utilizări (comportamente)**
    - ==> mai multe teste și cel puțin un test pentru fiecare comportament;
    - mai multe instrucțiuni `assert` în același test – doar dacă verifică același comportament;
  - **o utilizare (comportament) descrisă prin folosirea mai multor metode**
    - ==> un singur test;
    - E.g.: o metodă care apelează metode private/ protected/ publice, simple, e.g., getters, setters, constructori simpli.

# Testare unitară. Reguli generale de aplicare (7)

- acțiune/ responsabilitate unică (*engl.* single responsibility):
  - o metodă, mai multe utilizări (comportamente) ==> mai multe teste;

```
testMethod() {  
    ...  
    assertTrue(behaviour1);  
    assertTrue(behaviour2);  
    assertTrue(behaviour3);  
}
```

```
testMethodCheckBehaviour1() {  
    ...  
    assertTrue(behaviour1);  
}  
testMethodCheckBehaviour2() {  
    ...  
    assertTrue(behaviour2);  
}  
testMethodCheckBehaviour3() {  
    ...  
    assertTrue(behaviour3);  
}
```

# Testare unitară. Reguli generale de aplicare (8)

- acțiune/ responsabilitate unică (*engl. single responsibility*):
  - o utilizare (comportament) descrisă prin folosirea mai multor metode ==> un singur test;
    - comportament 1 = condition1 + condition2 + condition3 ;
    - comportament 2 = condition4 + condition5;

```
testMethodCheckBehaviours() {  
    ...  
    assertTrue(condition1);  
    assertTrue(condition2);  
    assertTrue(condition3);  
    ...  
    assertTrue(condition4);  
    assertTrue(condition5);  
}
```

```
testMethodCheckBehaviour1() {  
    ...  
    assertTrue(condition1);  
    assertTrue(condition2);  
    assertTrue(condition3);  
}  
testMethodCheckBehaviour2() {  
    ...  
    assertTrue(condition4);  
    assertTrue(condition5);  
}
```

# Testare unitară. Reguli generale de aplicare (9)

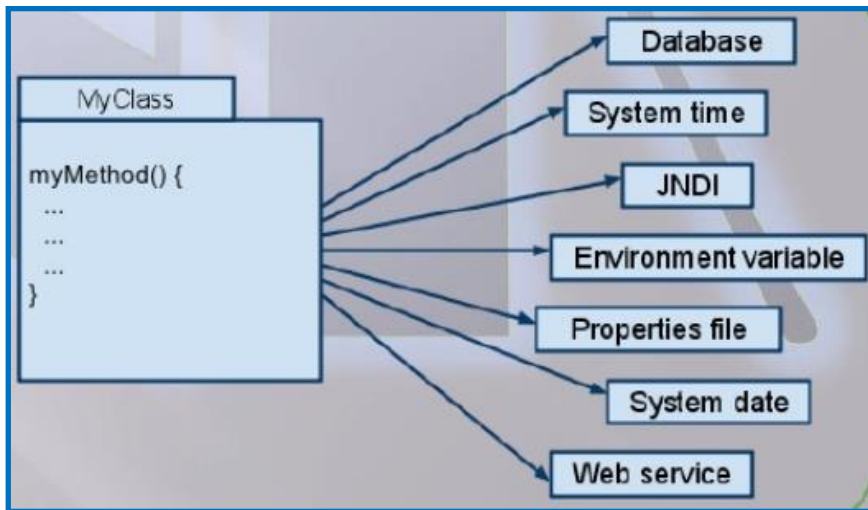
- **izolarea testelor (unele de altele):**
  - testele trebuie să fie independente unele de altele.
    - **la execuții diferite (la momente de timp diferite, în ordine diferită) ale aceluiași test trebuie să se obțină aceleași rezultate.**
    - **nu** se partajează starea/ contextul de execuție între teste;
    - variabile folosite la testare, e.g., JUnit – *variabile partajate sau nu între teste*: `@Before`, `@BeforeClass`.

# Testare unitară. Reguli generale de aplicare (10)

- **izolarea testelor de mediul de execuție (context):**
  - testele trebuie izolate de influențele mediului de execuție;
  - E.g.,
    - baze de date;
    - apelarea serviciilor web;
    - Java Naming and Directory Interface (JNDI);
    - variabile de mediu definite local;
    - fișiere de proprietăți;
    - configurările de dată și oră ale sistemului.

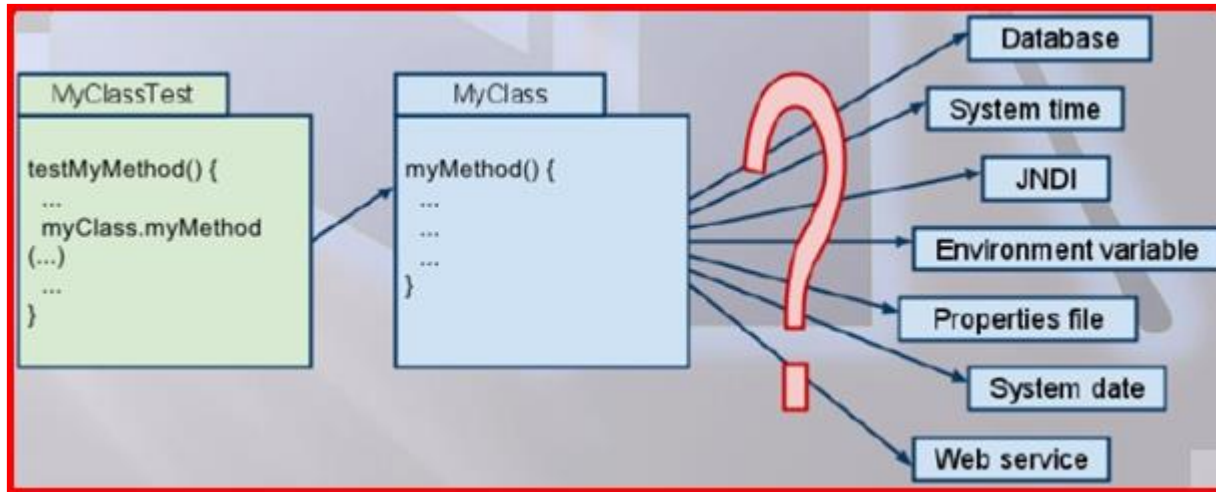
# Testare unitară. Reguli generale de aplicare (11)

- izolarea testelor de mediul de execuție (context):
  - codul sursă livrabil (*engl.* **production code**) folosește *mediul de execuție*;



# Testare unitară. Reguli generale de aplicare (12)

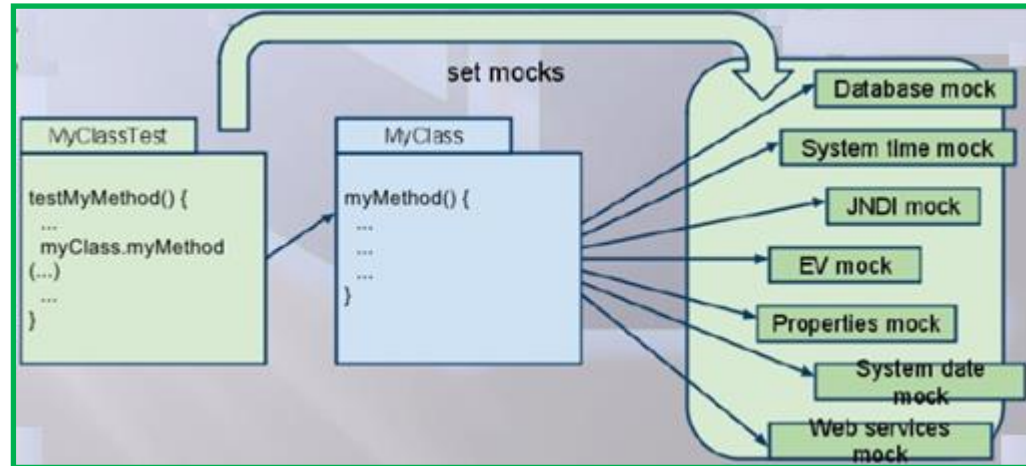
- izolarea testelor de mediul de execuție (context):
  - la testare se folosește un **mediu de testare**, care nu este întotdeauna identic cu **mediul de execuție** de la dezvoltarea codului sursă sau de la client;



# Testare unitară. Reguli generale de aplicare (13)

- izolarea testelor de mediul de execuție (context):
- **soluție:** se utilizează obiecte mock care indică un anumit mediu de utilizare;

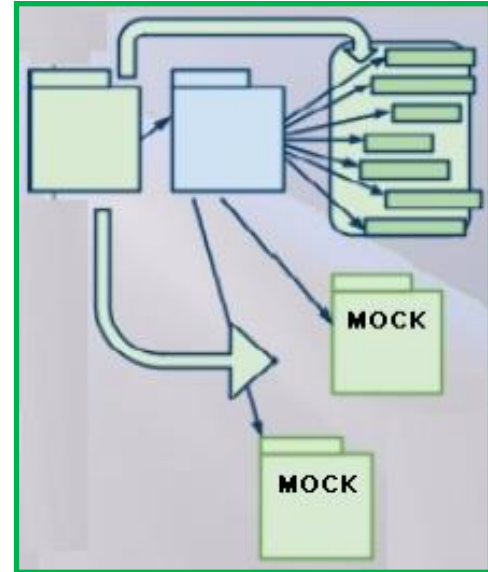
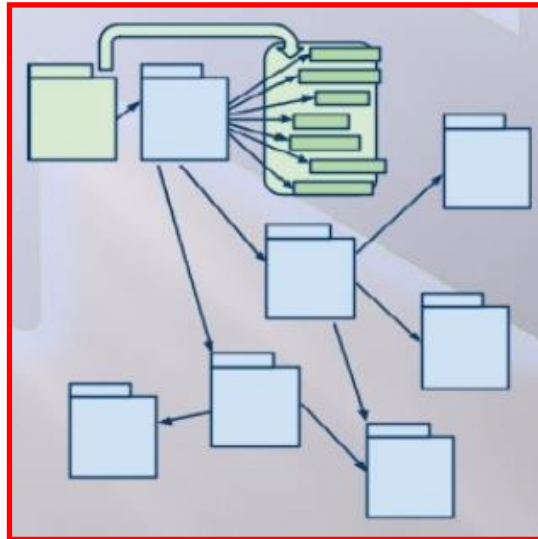
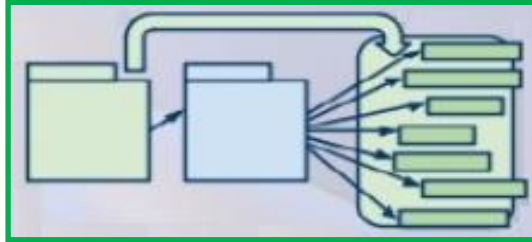
- Avantaje:
  - rapiditate;
  - ușor de dezvoltat;
  - reutilizabilitate;
- E.g.: biblioteci Java:
  - EasyMock;
  - Jmock;
  - Mockito.





# Testare unitară. Reguli generale de aplicare (14)

- izolarea claselor:
- clase fără dependențe
- clase cu dependențe
  - soluție: dependențe dummy, mock, stub, fake;



# Testare unitară. Reguli generale de aplicare (15)

- **izolarea claselor:**
  - dificil de realizat dacă avem un cod sursă greu de testat;
  - se recomandă:
    - folosirea **metodelor Factory** sau **injectarea dependențelor**, în locul apelului constructorilor în cadrul metodelor;
    - **folosirea interfețelor**.

# Testare unitară. Reguli generale de aplicare (16)

- **automatizare completă:**
  - fără pași executați manual pe durata testării.
- se automatizează:
  - execuția testelor;
  - colectarea rezultatelor testării;
  - stabilirea rezultatului testării (**passed**/ **failed**);
  - transmiterea rezultatelor testării prin: e-mail, IDE integration, etc;

# Testare unitară. Reguli generale de aplicare (17)

- **self-descriptive:**

- la nivelul testării unitare un test reprezintă:
  - documentație la nivel de dezvoltare;
  - metodă de specificare care reflectă versiunea actualizată a cerințelor;

- **caracteristici:**

- un test trebuie să fie ușor de citit și înțeles;
  - denumirile variabilelor, metodelor și claselor trebuie să fie *self-descriptive*;
  - **nu trebuie să conțină condiții logice sau iterații;**
- numele cazurilor de testare trebuie să fie sugestive pentru a indica condiția de succes sau eșec:
  - `public void canMakeReservation();`
  - `public void cannotAddNewBook();`

# Testare unitară. Reguli generale de aplicare (18)

- **fără instrucțiuni logice:**
  - un caz de testare **nu** ar trebui să conțină instrucțiunea `if` sau `switch`;
- **nu** există incertitudini legate de:
  - *datele de intrare* ==> toate datele de intrare sunt cunoscute;
  - *comportamentul așteptat* ==> comportamentul metodei este predictibil;
  - *datele de ieșire* ==> rezultatele așteptate ar trebui să fie bine definite.

# Testare unitară. Reguli generale de aplicare (19)

- **fără instrucțiuni logice:**
  - mai multe condiții trebuie să se regăsească în cazuri de testare distincte, nu în același test, fiind tratate ca și ramificații ale instrucțiunilor alternative, i.e., `if`, `switch`;

```
testMethodBeforeOrAfter() {  
    ...  
    if (before) {  
        assertTrue(behaviour1);  
    } else if (after) {  
        assertTrue(behaviour2);  
    } else { //now  
        assertTrue(behaviour3);  
    }  
}
```

```
testMethodBefore() {  
    before = true;  
    assertTrue(behaviour1);  
}  
testMethodAfter() {  
    after = true;  
    assertTrue(behaviour2);  
}  
testMethodNow() {  
    before = false;  
    after = false;  
    assertTrue(behaviour3);  
}
```

# Testare unitară. Reguli generale de aplicare (20)

- **fără instrucțiuni iterative** (i.e., while, do while, for):
  - scenarii tipice pentru iterații:
    - **câteva sute de iterații:**
      - dacă sunt necesare câteva sute de iterații, atunci testul este destul de complicat și **este necesar să fie simplificat**;
    - **câteva iterații:**
      - se recomandă refactorizarea codului care trebuie să se repete într-o metodă, care să fie apelată ulterior explicit de câte ori este necesar;
  - **număr de iterații necunoscut:**
    - numărul de iterații este greu de evitat, indicând faptul că e posibil ca **testul să fie incorect** și se recomandă specificarea mai clară a datelor de intrare;

```
testThrowingMyException() {  
    try {  
        myMethod(param);  
        fail("MyException expected");  
    } catch(MyException ex) {  
        //OK  
    }  
}
```

# Testare unitară. Reguli generale de aplicare (21)

- **instrucțiunea `assert`:**
- se recomandă:
  - utilizarea instrucțiunilor `assert` disponibile în platforma de testare;
  - crearea propriilor aserțiuni pentru verificarea condițiilor complexe care se repetă în diferite teste;
  - reutilizarea propriilor metode asertive;
  - utilizarea aserțiunilor în cadrul buclelor.



# Testare unitară. Reguli generale de aplicare (22)

- **mesaje sugestive în instrucțiunea `assert`:**
  - prin citirea mesajului din aserțiune se poate recunoaște ușor problema care a determinat eșuarea testului;
- **avantaje:**
  - permit îmbunătățirea documentației codului sursă;
  - oferă informații asupra problemei dacă testul a eșuat (failed).

# Testare unitară. Reguli generale de aplicare (23)

- **codul sursă nu include teste:**
- se recomandă:
  - separarea testelor de codul sursă livrat;
  - clasele să **nu** definească metode și/sau attribute care sunt folosite doar la testare.

# Testare unitară. Reguli generale de aplicare (24)

- **gruparea testelor în funcție de tipul de testare:**
- după modulul testat:
  - organizarea testelor în pachete corespunzătoare modulelor testate;
  - utilizarea unei abordări ierarhizate;
  - scăderea timpului de execuție pentru suitele de teste prin împărțirea acestora în suite de dimensiuni mai mici, i.e., suitele de mici dimensiuni pot fi executate mai des/frecvent;
- după tip:
  - scopul / obiectivele testării;
  - frecvența de execuție;
  - momentul execuției suitei;
  - acțiunea în caz de eșec.

# TESTARE DE INTEGRARE

---

Definiție. Motivație. Clasificare

Integrare non-incrementală. Integrare incrementală. Integrare mixtă

Compararea strategiilor de integrare

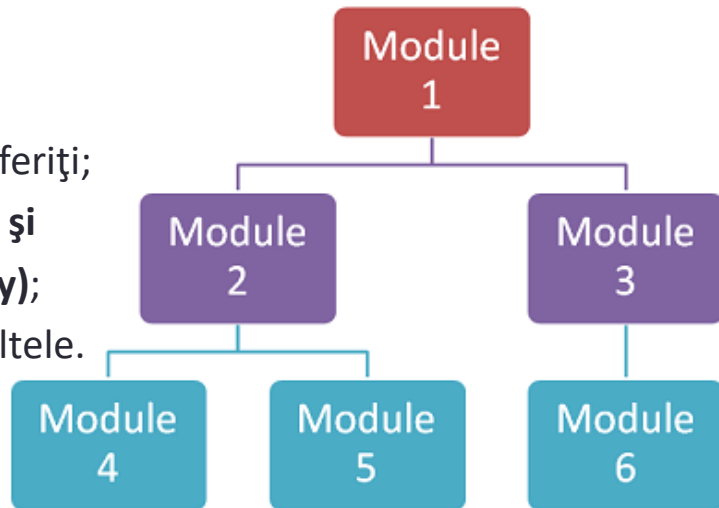
Testarea interfeței modulelor. Definiție. Clasificare

Tipuri de bug-uri identificate

Exemplu

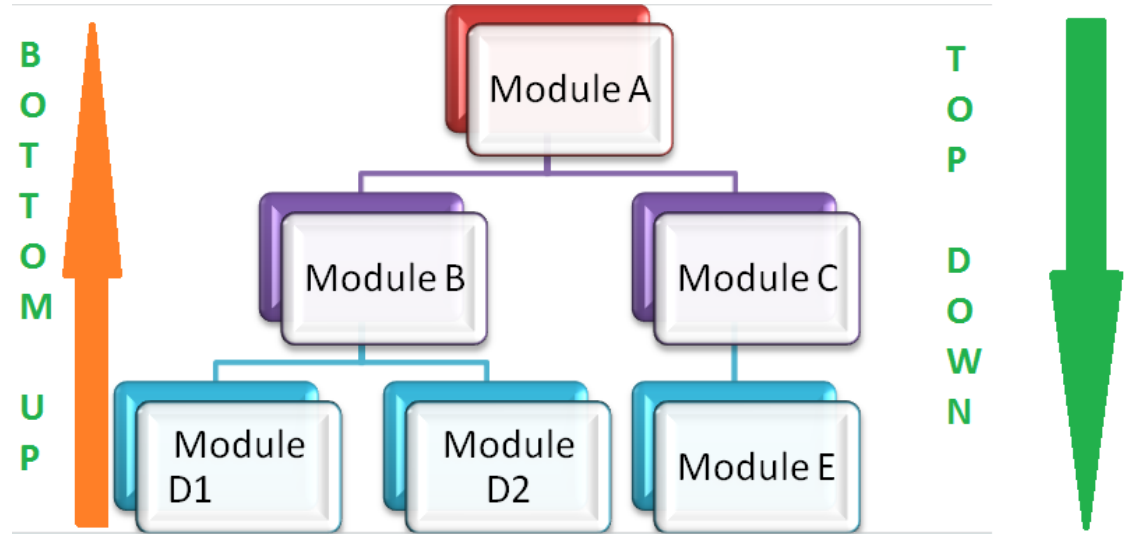
# Testare de integrare. Definiție. Motivație

- **testare de integrare** (*engl. integration testing*):
  - nivel de testare în care modulele individuale se combină și se testează ca un grup;
  - permite construirea structurii programului pe măsură ce este testat pentru a **identifica erorile la nivelul interfeței dintre module**;
- **motivație:**
  - module diferite sunt implementate de programatori diferiți;
  - testarea unitară se desfășoară într-un **mediu controlat și izolat**, folosind entități **driver** și **stub (mock, fake, dummy)**;
  - unele module pot genera mai multe defecțiuni decât altele.



# Testare de integrare. Clasificare

- abordări de integrare/ clasificare:
  - non-incrementală
    - **big-bang;**
  - incrementale
    - **top-down;**
    - **bottom-up;**
  - mixtă
    - **sandwich.**



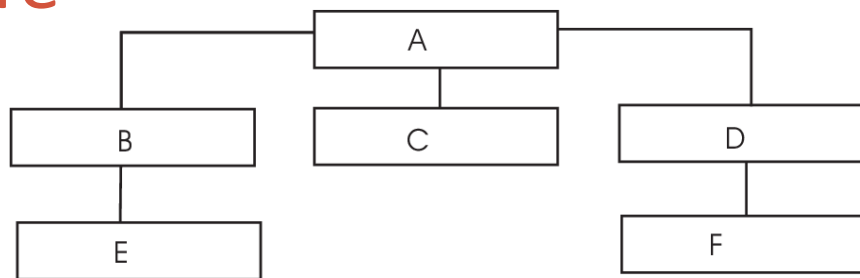
# Integrarea Big-bang. Descriere

- Procesul de integrare Big-bang:

1. testare unitară pentru fiecare modul, folosind:

- un modul driver;
- câteva module stub;

2. se combină simultan modulele pentru construirea funcționalității programului;



- **dezavantaje:**

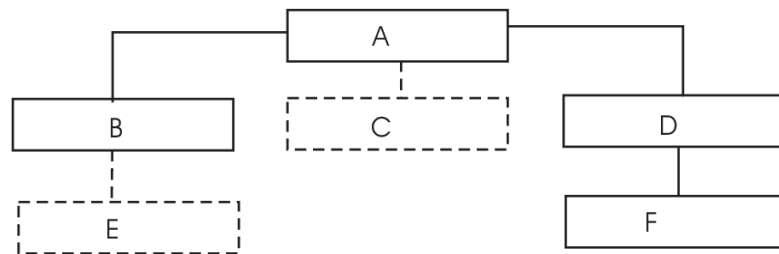
- necesită un volum de muncă ridicat;
- depanare dificilă – este dificil de izolat modulul care a determinat defecțiunea;
- dacă programul este complex – este dificil de urmărit modul în care s-au executat funcționalitățile.

- **avantaje:**

- dezvoltare și testare unitară paralelă.

# Integrare incrementală Top-down. Descriere

- **integrare incrementală Top-down** (*engl. Top-down incremental integration*):
  - permite construirea și testarea programului adăugând module noi pe parcurs;
  - integrarea modulelor se face de sus în jos, de la modulul principal, modulele subordonate sunt încorporate succesiv;
  - defectele sunt ușor de izolat și corectat;
  - testarea este aplicată sistematic.
- tipuri de integrare Top-down:
  - **în adâncime** (*engl. depth-first integration*);
  - **pe niveluri** (*engl. breadth-first integration*);

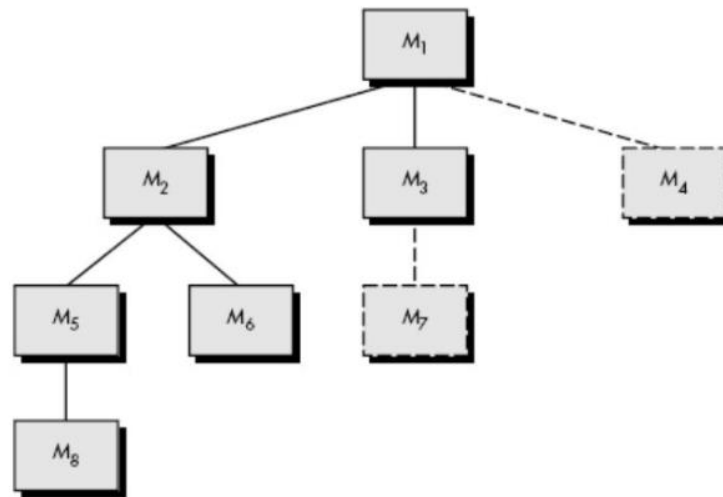


- **integrarea depth-first**
  - integrează toate componentele de pe o ramificație majoră a arhitecturii aplicației;
  - ordinea de integrare a ramificațiilor depinde de caracteristicile aplicației;
- **integrarea breadth-first**
  - integrează toate componentele care se află pe nivelul direct subordonat, i.e., pe orizontală;



# Integrare incrementală Top-down. Algoritm

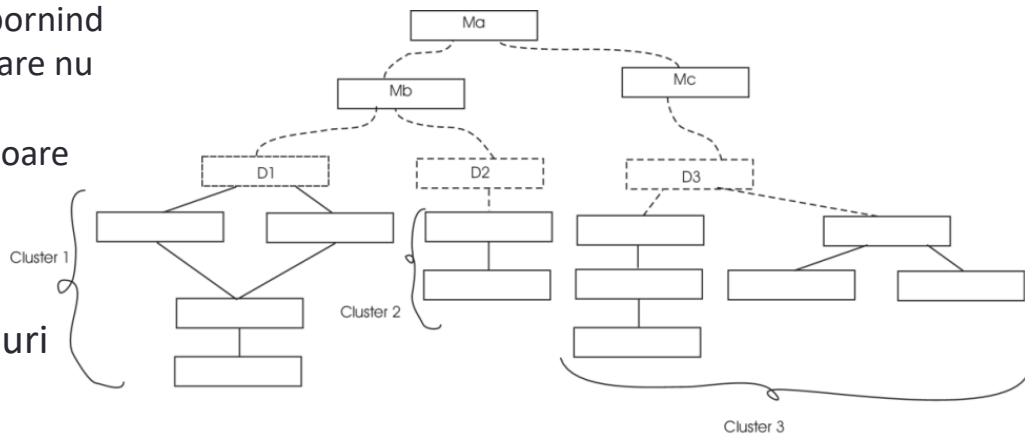
- după testarea unitară a modului principal folosind **stub-uri** pentru modulele imediat subordonate, procesul de **integrare Top-down** constă în:
  1. în funcție de tipul de integrare ales (**depth-first/breadth-first**), se înlocuiește un stub cu un modul real;
  2. se testează cu modulul subordonat concret care a fost integrat;
  3. pentru integrarea unui nou modul se repetă pașii 1 și 2.
- **driver** = modulul principal; nu se folosesc alte drivere;
- **stub** = înlocuiește un modul direct subordonat;



- **E.g.,**
  - **depth-first:**  $M_1, M_2, M_5, M_8, M_6, M_3, M_7, M_4$ ;
  - **breadth-first:**  $M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, M_6, M_7, M_8$ .

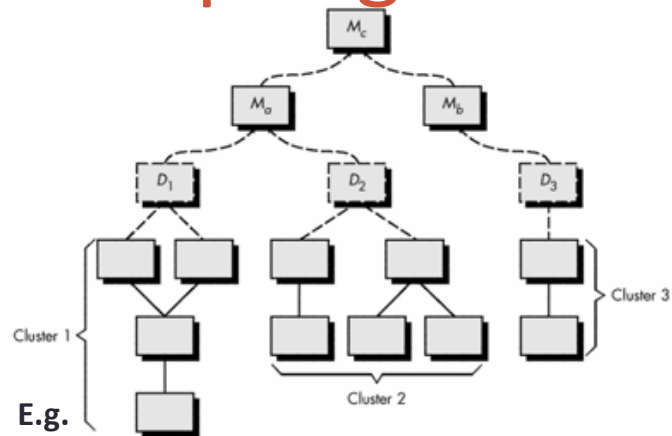
# Integrare incrementală Bottom-up. Descriere

- **integrare incrementală Bottom-up** (*engl. Bottom-up incremental integration*):
  - permite construirea și testarea programului pornind de la modulele atomice, i.e., componentele care nu au module dependente;
  - defectele modulelor aflate pe nivelurile inferioare sunt ușor de izolat și corectat.
- modulele terminale se pot organiza în grupuri (*engl. clusters*);
- **driver** = se folosesc doar pentru modulele terminale (care nu au module subordonate) sau grupurile de module;
- **stub** = nu se folosesc;



# Integrare incrementală Bottom-up. Algoritm

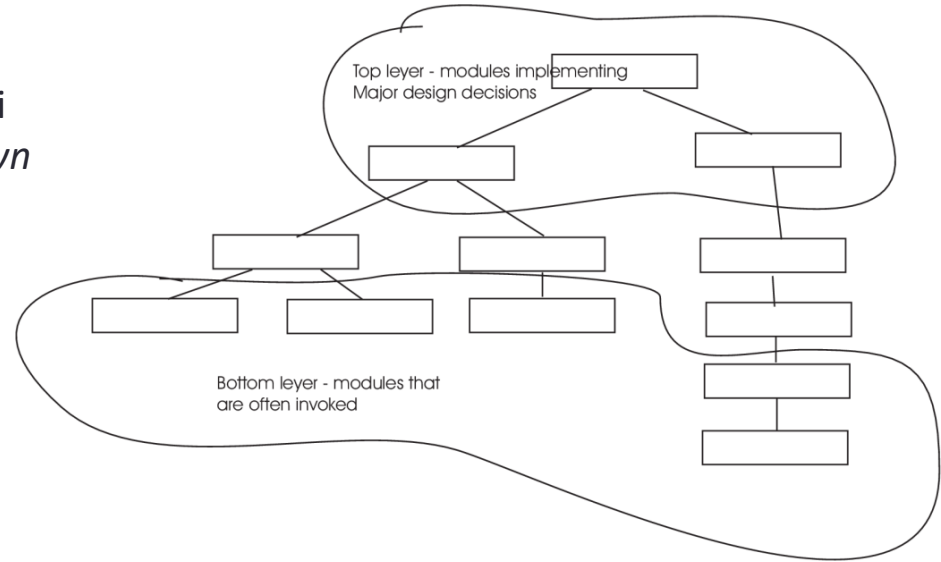
- Procesul de integrare Bottom-up:
  - pentru toate modulele terminale sau clusteri de module se descriu driveri și se testează;
  - *module terminale*:
    - se înlocuiește driver-ul cu modulul de pe nivelul imediat superior și se testează, continuând integrarea modulelor spre partea superioară a structurii programului;
  - *clusteri de module*:
    - se înlătură driver-ul, iar clusterul de module se combină cu alte module continuând integrarea spre partea superioară a structurii programului.



- E.g.
  - componentele se combină în clusterii 1, 2 și 3;
  - clusterii se testează folosind driver-ele D1, D2 și D3;
  - se înlătură D1 și D2, iar clusterul 1 și clusterul 2 sunt integrați în Ma;
  - similar, D3 este înlăturat iar clusterul 3 este integrat cu modulul Mb.
  - Ma și Mb se vor integra în Mc.

# Integrare Sandwich. Descriere

- **integrare sandwich** (*engl. sandwich integration*):
  - permite construirea și testarea programului combinând abordările de integrare *top-down* și *bottom-up*;
- Procesul de integrare Sandwich:
  1. **modulele terminale** (bottom-layer):
    - integrare *bottom-up*;
  2. **modulul principal** (top-layer):
    - integrare *top-down*;
  3. **celelalte module** (middle-layer):
    - integrare *big-bang*.



# Testare de integrare. Compararea strategiilor de integrare

Criteriu	Big-bang	Top-down	Bottom-up	Sandwich
Integrare	Târzie	Timpurie	Timpurie	Timpurie
Programul final	Tarziu	Devreme	Târziu	Devreme
Driver	Da	Nu	Da	Da
Stub	Da	Da	Nu	Da
Paralelizare	Mare	Mică	Medie	Medie

# Testarea interfeței modulelor. Definiție. Clasificare

- **testarea interfeței modulelor** (*engl. interface integration testing*):
  - se realizează la integrarea mai multor module pentru obținerea unor sisteme de dimensiuni mai mari;
- relevantă în dezvoltarea orientată pe obiecte, comportamentul acestora fiind descris prin intermediul interfețelor;
- **objective**: identificarea defectelor care pot apărea la utilizarea unei interfețe a unui alt modul sau false presupuneri legate de interfața unui modul;
- **comunicarea între module** poate fi bazată pe:
  - **parametri**: la transmiterea datelor de la o metodă la alta;
  - **memorie partajată**: o zonă de memorie este partajată între module;
  - **comportament**: un sub-sistem încapsulează un set de metode care sunt apelate de alte sub-sisteme;
  - **mesaje**: un sub-sistem are nevoie de serviciile altor sub-sisteme;

# Testarea interfeței modulelor. Tipuri de bug-uri identificate

- tipuri de bug-uri [[NT2005](#), pagina 161]:
  - utilizarea greșită a interfeței (*engl.* **interface misuse**):
    - un modul apelează un alt modul eronat, e.g., parametrii sunt transmiși în ordinea greșită;
  - înțelegerea greșită a semnificației interfeței (*engl.* **interface misunderstanding**):
    - un modul face presupuneri greșite referitoare la comportamentul unui alt modul apelat, e.g., se interpretează că mai mulți parametri de același tip au altă semnificație;
  - greșeli de sincronizare (*engl.* **timing errors**):
    - modulul apelat și modulul apelant folosesc unități de timp diferite, e.g., minute, secunde, milisecunde, iar informația obținută își pierde acuratețea.

# Testare de integrare. Reguli generale de aplicare

- se studiază arhitectura aplicației pentru **identificarea modulelor critice**; aceste module se testează cu **prioritate**;
- testerul este familiarizat cu modulele care se integrează (arhitectura modulelor);
- se aplică o **strategie de integrare** care să permită atingerea **obiectivelor** testării;
- fiecare modul este testat înainte de a execuția testelor de integrare, i.e., unit testing;
- se utilizează **documentația care descrie interacțiunile dintre fiecare două module** (interfețele acestora și modul de colaborare).



# TESTARE DE SISTEM

---

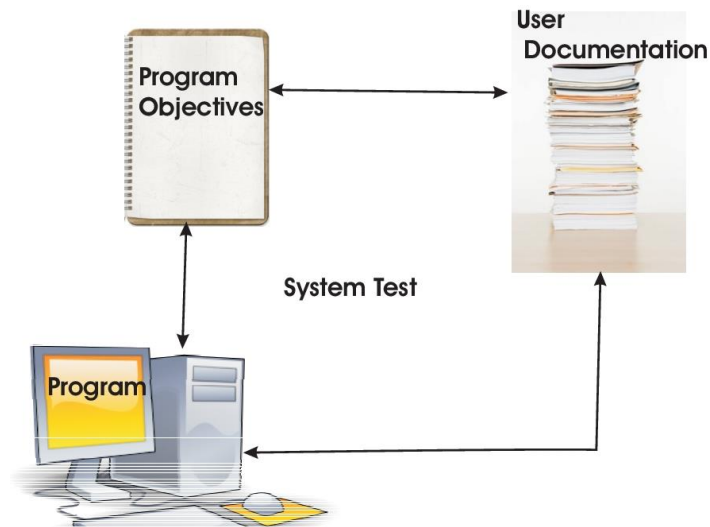
Definiție. Caracteristici

Testare funcțională

Testare non-funcțională

# Testare de sistem. Definiție. Caracteristici

- **testare de sistem** (*engl. system testing*):
  - verifică dacă produsul dezvoltat respectă obiectivele inițiale;
- elaborarea cazurilor de testare se bazează pe:
  - **documentul cu specificațiile sistemului?**
    - **nu**, deoarece pot apărea erori în procesul de transpunere a obiectivelor în specificații externe;
  - **documentele cu obiectivele stabilite?**
    - **nu**, deoarece nu conțin descrierea exactă a interfețelor externe ale programului;
    - obiectivele nu oferă informații cu privire la funcționalitatea sistemului (interfețe ale



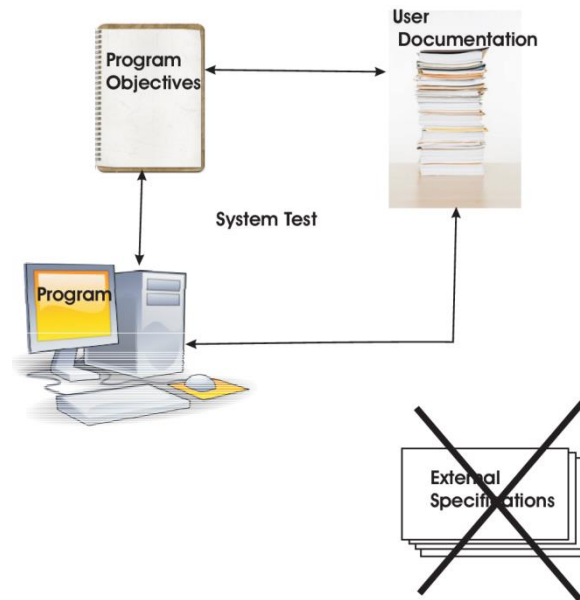
- **documentația de utilizare a produsului soft?**
  - **da**; proiectarea testării de sistem – pe baza analizei obiectivelor;
  - descrierea cazurilor de testare – pe baza analizei documentației de utilizare.

# Testare de sistem. Caracteristici

- nu există metodologie pentru proiectarea cazurilor de testare în testarea de sistem;
  - se proiectează două categorii de teste asociate:

- cerințele funcționale  
==> **testare funcțională**;

- cerințele non-funcționale  
==> **testare non-funcțională**  
(*engl. non-functional testing*);



- la acest nivel de testare, proiectarea cazurilor de testare este determinată de obiectivele de testare și de strategia aleasă, evidențiind creativitatea și experiența.

# Testare de sistem. Testare funcțională a sistemului

- **testare funcțională a sistemului** (*engl. function/functional testing, use case testing*):
  - testarea cerințelor descrise în specificațiile sistemului;
  - proces care identifică neconcordanțele existente între comportamentul programului și specificația acestuia, **din punctul de vedere al utilizatorului**;
- elaborarea cazurilor de testare se bazează pe **criteriul black-box**;
- folosește specificația sistemului.

# Testare funcțională a sistemului. Proiectarea cazurilor de testare

- **caz de utilizare vs. caz de testare:**

- cazurile de utilizare descriu fluxul de execuție al unui proces în cadrul sistemului, folosind **scenarii** de utilizare frecventă;
- **cazurile de testare sunt derivate din cazurile de utilizare** și pot indica prezența unui bug la utilizarea concretă a sistemului;
- fiecare caz de testare se bazează de obicei pe un scenariu și acoperă diferite ramificații de execuție (indicate prin cazuri speciale de date de intrare sau condiții speciale);
- pentru un caz de testare specifică:
  - **toate condițiile** care este necesar să fie satisfăcute pentru execuția cazului de utilizare cu succes;
  - **postcondițiile** impuse asupra rezultatelor obținute;
  - **descrierea stării finale a sistemului** după ce testarea cazului de utilizare s-a realizat cu succes;

# Testare de sistem. Testare non-funcțională. Definiție

- **testare non-funcțională** (*engl. non-functional testing*):
  - verifică modul în care sistemul îndeplinește cerințele non-funcționale;
  - stabilește dacă sistemul este pregătit pentru a fi efectiv utilizat;
- în [[Myers2004](#), Cap 6] sunt descrise 15 tipuri de testare (non-funcțională) de sistem pentru care se scriu cazuri de testare:
  - Volume testing;
  - Stress testing;
  - Usability testing;
  - Security testing;
  - Performance testing;
  - Storage testing;
  - Configuration testing;
  - Compatibility/Conversion testing;
  - Instability testing;
  - Reliability testing;
  - Recovery testing;
  - Serviceability testing;
  - Documentation testing;
  - Procedure testing;
  - Facility testing.

# Testare de sistem. Tipuri de testare non-funcțională (1)

- **performance testing:** - cât de bine face sistemul ceea ce trebuie să facă
  - fiecare sistem are cerințe referitoare la performanța utilizării;
    - e.g., execuția unei funcționalități să fie realizată într-un anumit interval de timp, iar resursele să nu fie infinite;
    - bug-urile legate de performanță indică deficiențe la nivel de proiectare care determină degradarea performanței sistemului soft în timpul utilizării;
  - **obiectiv:** identificarea blocajelor determinate de reducerea performanței componentelor și a sistemelor , i.e., **bottlenecks**;
  - tipuri:
    - **Capacity Testing, Load Testing;**
    - **Volume Testing, Stress Testing;**
    - **Soak Testing, Spike Testing.**

## Testare de sistem. Tipuri de testare non-funcțională (2)

- **capacity testing:**

- permite prevenirea eventualelor probleme determinate de creșterea numărului de utilizatori sau a volumului de date;
- **obiectiv:** obținerea de informații referitoare la **nivelul maxim de utilizatori și/sau date care nu afectează performanța:**
  - E.g.: câte fișiere pot fi folosite fără a afecta performanța.



## Testare de sistem. Tipuri de testare non-funcțională (3)

- **load testing:**
  - evaluează capacitatea sistemului de opera cu volume de date normale sau în condiții de solicitare (vârf);
  - **obiectiv:** obținerea de informații referitoare la comportamentul sistemului în **anumite condiții de utilizare, i.e., normale și de solicitare:**
    - E.g.: creșterea numărului de fișiere folosite.

## Testare de sistem. Tipuri de testare non-funcțională (4)

- **volume testing:**
  - evaluează comportamentul sistemului atunci când se gestionează volume mari de date;
  - **obiectiv:** obținerea de informații legate de **funcționarea aplicației cu un volum de date ridicat:**
    - E.g.: creșterea dimensiunii fișierelor folosite.

# Testare de sistem. Tipuri de testare non-funcțională (5)

- **stress testing:** - pune presiune asupra limitelor sistemului
  - investighează dacă comportamentul softului se degradează în condiții extreme de utilizare și când nu are acces la resursele necesare;
  - **este de dorit ca degradarea softului cauzată de creșterea numărului de cereri să se realizeze acceptabil, fără să ducă la un eșec imediat în timpul testării; sistemul nu trebuie să eșueze catastrofal;**
  - relevant pentru sistemele distribuite care pot indica o degradare severă atunci când rețeaua devine încărcată;
  - **obiectiv:** obținerea de informații despre **modul în care sistemul funcționează în condiții extreme, dincolo de limitele normale:**
    - E.g.: creșterea numărului de fișiere folosite până la failure și chiar mai mult;
      - verifică dacă are loc o pierdere inacceptabilă de date și/sau imposibilitatea de a utiliza anumite servicii.

# Testare de sistem. Tipuri de testare non-funcțională (6)

- **soak testing:**
  - verifică dacă sistemul face față unui volum mari de date pentru o perioadă mai mare de timp;
  - **obiectiv:** obținerea de informații legate de **posibilitatea de a utiliza volum de date și care sunt consecințele dacă se depășește vomulul pentru care a fost proiectat:**
    - E.g.: verifică dacă creșterea dimensiunii fișierelor folosite este suportată.

# Testare de sistem. Tipuri de testare non-funcțională (7)

- **spike testing:**
  - evaluează comportamentul sistemului la schimbări bruște și extreme a condițiilor de lucru, i.e., puține sarcini, multe sarcini;
  - **obiectiv:** obținerea de informații legate de **punctele slabe ale sistemului determinate de modificarea rapidă a condițiilor de lucru:**
    - E.g.: creșterea brusc și diminuarea rapidă a numărului de fișiere cu care se lucrează.

# Testare de sistem. Tipuri de testare non-funcțională (8)

- **reliability testing:**

- investighează capacitatea un soft de a funcționa conform așteptărilor utilizatorului, chiar și atunci când eșuează;
- **determină cât timp și cât de eficient poate funcționa sistemul fără eroare;**

- **security testing:**

- calitatea, securitatea și gradul de încredere în aplicație (*engl. **reliability***) sunt caracteristici dependente;
- defectele produsului soft pot fi exploatare pentru a identifica breșe de securitate;
- **presupune simularea unor atacuri la nivel de securitate, având scopul de a identifica vulnerabilitățile softului.**

# Testare de sistem. Tipuri de testare non-funcțională (9)

- **configuration testing:**
  - testează comportamentul sistemului folosind diferite configurații/setări de utilizare;
- **compatibility testing:**
  - testează compatibilitatea sistemului cu alte sisteme deja instalate, i.e., hardware și software;
- **timing testing:**
  - evaluează timpul de răspuns și timpul de execuție necesar realizării unei funcționalități;
- **localizing testing:**
  - verifică dacă aplicația funcționează și după schimbarea limbii de utilizare, i.e., identifică efectele acestor modificări asupra sistemului.

# Testare de sistem. Tipuri de testare non-funcțională (10)

- **environment testing:**
  - testează toleranța sistemului la căldură, umiditate și mișcare;
- **quality testing:**
  - realibility + maintainability + availability;
- **recovery testing:**
  - testează răspunsul sistemului la apariția unei erori sau pierderea de date.



# TESTARE DE ACCEPTARE

---

Definiție. Caracteristici. Etape de realizare

Clasificare

Alpha Testing. Beta Testing

Alpha Testing vs Beta Testing

Alte tipuri de testare de acceptare

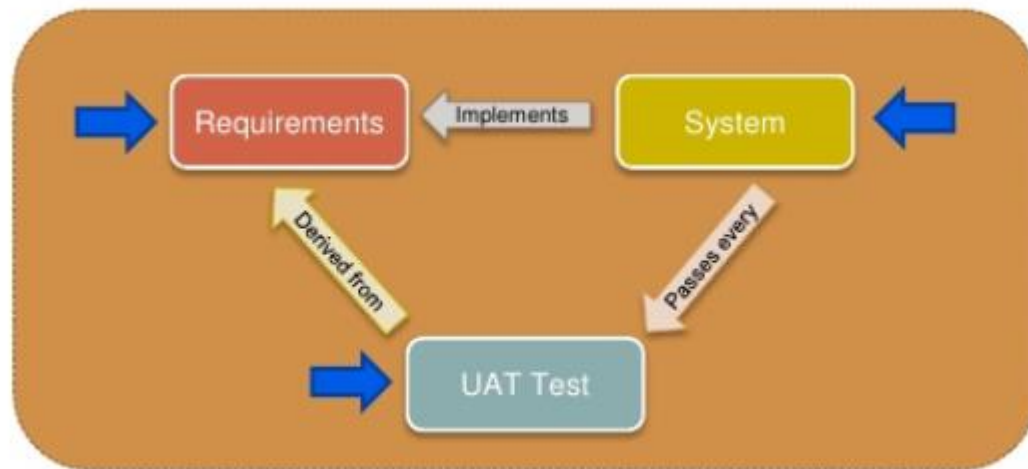
Dificultăți de testare

# Testare de acceptare. Definiție. Clasificare

- **testare de acceptare** (*engl. user acceptance testing, UAT*):
  - procesul de testare prin care se verifică dacă programul îndeplinește cerințele inițiale și nevoile curente ale utilizatorului final;
  - nu este responsabilitatea dezvoltatorului produsului;
  - tester = clientul/ beneficiarul;
  - realizată efectiv de către client, care aplică tehnici de testare black-box.
- **tipuri de testare de acceptare:**
  - **alpha testing, beta testing;**
  - contract acceptance testing;
  - regulation acceptance testing;
  - operational acceptance testing.

# Testare de acceptare. Etape de realizare

- **etape de realizare:**
  - **definirea criteriilor** prin care produsul soft este considerat funcțional;
  - **creare unei suite de cazuri de testare** pentru UAT;
  - **rularea testelor UAT;**
  - **evaluarea și raportarea rezultatelor.**



# Testare de acceptare. Alfa Testing. Beta Testing

	Alpha testing	Beta testing
<b>Când?</b>	Înainte de livrare	Înainte de livrare
<b>Cine?</b>	<b>clientul sau alte persoane</b> desemnate, care testează produsul pe o <b>platformă instalată la dezvoltator</b> ;	<b>clientul</b> testează produsul soft pe o platformă unde dezvoltatorul nu poate interveni, într-un <b>mediu instalat la beneficiarul produsului soft</b> ;
<b>Unde?</b>	<b>produsul soft se folosește într-un mediu controlat</b> , unde programatorul poate interveni imediat pentru a elimina bug-urile;	<b>produsul soft este folosit în mediul pentru care a fost dezvoltat</b> ;
<b>Cum?</b>	se folosesc tehnici de <b>testare black-box</b> ;	se folosesc tehnici de <b>testare black-box</b> ;
<b>Raportare bug-uri?</b>	defectele sunt <b>inventariate și eliminate/rezolvate imediat</b> ;	<b>clientul inventariază</b> dificultățile de utilizare ale produsului soft și <b>le raportează programatorului pentru a fi rezolvate</b> .

# Testare de acceptare. Alpha Testing vs Beta Testing

	Alpha testing	Beta testing
Tipuri de testare ?	reliability testing și security testing <b>NU</b> se realizează în profunzime;	realibility testing, security testing și robustness testing se realizează în detaliu;
Eliminare bug-uri ?	deficiențele majore pot fi rezolvate <b>imediat</b> de programator;	deficiențele raportate sunt investigate <b>ulterior</b> , iar îmbunătățirile și corecturile se regăsesc în versiunile ulterioare ale produsului soft;
Relevanță?	permite <b>simularea unui mediu real</b> de utilizare înainte de a fi trimis la client (beta testing);	furnizează un <b>feedback autentic (real)</b> din partea utilizatorului final.

# Testare de acceptare. Tipuri de de testare de acceptare

- **contract acceptance testing:**
  - produsul soft este testat din perspectiva îndeplinirii unor criterii și specificații care sunt precizate într-un **contract de colaborare** între dezvoltator și client;
  - criteriile și specificațiile de acceptanță sunt stabilite la semnarea contractului, **înainte** de dezvoltarea softului;
- **regulation acceptance testing, i.e., compliance acceptance testing:**
  - verifică dacă produsul soft dezvoltat respectă regulamentele și legile în vigoare referitoare de utilizarea și funcționarea unui produs soft specific;
- **operational acceptance testing, i.e., operational readiness testing, production acceptance testing:**
  - verifică dacă există fluxurile informaționale necesare pentru utilizarea produsului soft de către client (e.g., planuri de backup, training pentru utilizatori, diferite procese de întreținere și verificări de securitate).

# Testare de acceptare. Dificultăți de testare

- **dificultăți care apar la nivelul testării de acceptare:**
  - cerințe care nu sunt descrise satisfăcător (clar, complet, corect);
  - planificarea târzie (defectuoasă) a activităților de testare;
    - testarea nu este realizată riguros, nu este o activitate planificată și monitorizată;
    - identificarea tardivă a defectelor, cu dificultăți de eliminare a acestora.

# TIP DE TESTARE VS NIVEL DE TESTARE

---

Tip de testare. Nivel de testare. Definiție

Obiective de testare. Exemple

Retestare. Definiție

Testare de regresie. Definiție

Retestare vs Testare de regresie



# Tip de testare. Nivel de testare. Definiție

- **nivel de testare** (*engl. testing level*):
  - o serie de activități de testare asociate unei etape din procesul de dezvoltare al produsului soft;
  - **Ce testez?**
- **tip de testare** (*engl. testing type*):
  - mijlocul prin care un **obiectiv** al testării, stabilit anterior pentru un **nivel de testare**, poate fi realizat;
  - **Cum testez?**

# Tip de testare. Exemple

- exemple de tipuri de testare:
  - **testarea unei metode:**
    - se poate realiza prin aplicarea unor criterii de testare (black-box, white-box), la nivelul *testării unitare* sau *de integrare*;
  - **testarea unei caracteristici non-funcționale:**
    - se realizează prin aplicarea unui anumit tip de testare, e.g., testare de performanță, testare de utilizabilitate, cu scopul de a evalua o caracteristică a calității produsului soft, la nivelul *testării de sistem*;
  - **testarea după eliminarea unui bug:**
    - se realizează prin aplicarea **re-testării** (*engl. re-testing, confirmation testing*) după depanare, la *orice nivel de testare*;
  - **testarea legată de eliminarea unui bug:**
    - se realizează prin **testarea de regresie** (*engl. regression testing*), pentru a verifica dacă eliminarea unui bug nu are efecte secundare asupra softului, la *orice nivel de testare*.

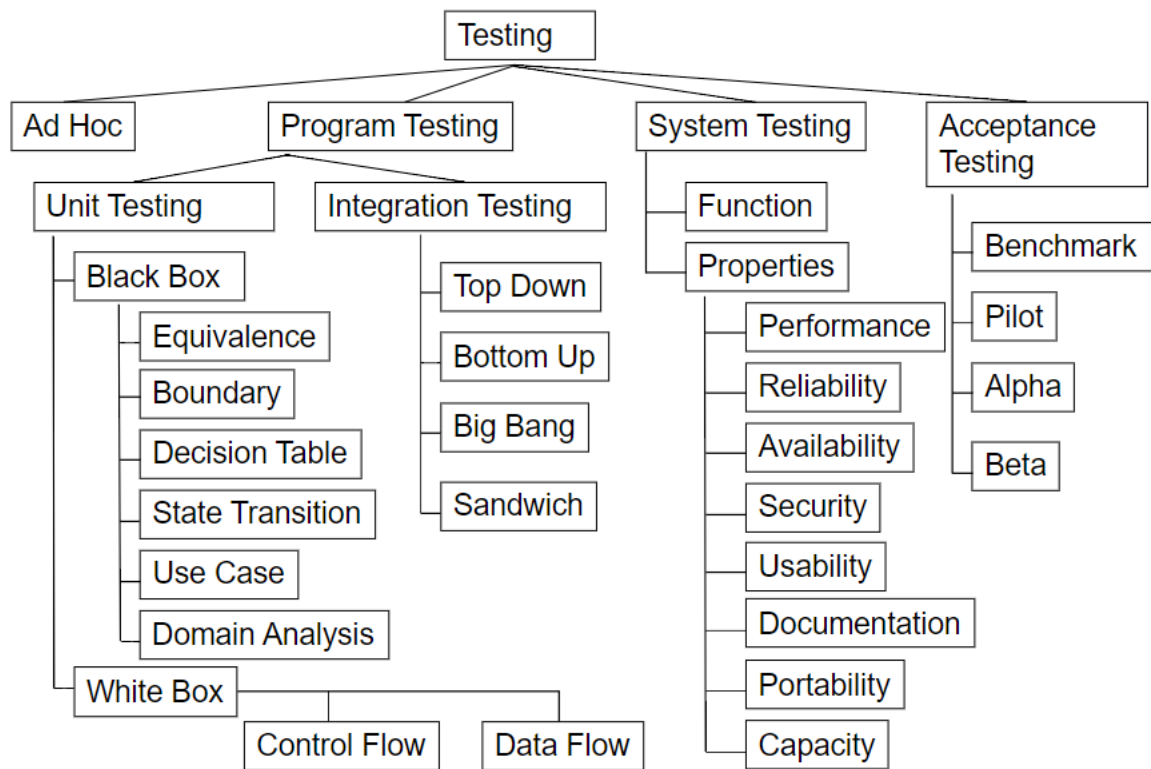
# Re-testare. Definiție

- **re-testare** (*engl. re-testing, confirmation testing*):
  - re-execuția testelor care au pus în evidență anterior un bug ce se presupune că a fost eliminat;
- **scop:** confirmarea că defectul a fost eliminat;
- cazurile de testare re-executate sunt identice cu cele rulate anterior;

# Testare de regresie. Definiție

- **testare de regresie** (*engl. regression testing*):
  - re-execuția unor teste care au fost rulate anterior cu succes;
- **scop:** identificarea efectelor secundare (bug-uri) care pot apărea în urma modificării unor module;
- cazurile de testare se pot organiza în teste de regresie, care permit testarea:
  - tuturor funcționalităților sistemului;
  - funcționalităților cu probabilitate ridicată de a fi afectate de modificări;
  - comportamentului componentelor sistemului care au fost modificate.
- **testare de regresie ≠ re-testare;**

# Niveluri de testare. Tipuri de testare



PENTRU EXAMEN...

---

# Pentru examen...

- **Niveluri de testare. Definiții și caracteristici:**
  - testare unitară;
  - testare de integrare;
    - 4 tehnici (big-bang, top-down, bottom-up, sandwich), descriere, comparare;
  - testare de sistem;
    - testare funcțională;
    - 5 tipuri de testare non-funcțională (volume, stress, load, usability, security) [Mye04].
  - testare de acceptare;
    - alpha testing, beta testing.
- **Tip de testare vs Nivel de testare. Definiție și caracteristici:**
  - re-testare;
  - testare de regresie.

# Cursul următor...

- **Curs 05:**
  - Execuție simbolică.



# Referințe bibliografice

- **[Myers2004]** Glenford J. Myers, *The Art of Software Testing*, John Wiley & Sons, Inc., 2004.
- **[NT2005]** K. Naik and P. Tripathy. *Software Testing and Quality Assurance*, Wiley Publishing, 2005.
- **[MeszarosFowler2006]** Meszaros, G., Fowler, M., *Test Doubles*, <https://martinfowler.com/bliki/TestDouble.html>