

Medii vizuale de programare

Conf. Lucian M. Sasu, Ph.D.

30 mai 2021

Cuprins

1	Platforma Microsoft .NET	9
1.1	Prezentare generală	9
1.2	Arhitectura platformei Microsoft .NET	11
1.3	Componente ale lui .NET Framework	12
1.3.1	Common Intermediate Language	12
1.3.2	Common Language Specification	12
1.3.3	Common Language Runtime	13
1.3.4	Common Type System	14
1.3.5	Metadata	16
1.3.6	Assemblies	16
1.3.7	Assembly cache	17
1.3.8	Garbage collection	17
1.4	Trăsături ale platformei .NET	18
1.5	.NET Core — open source	19
2	Tipuri predefinite, tablouri, string-uri	21
2.1	Vedere generală asupra limbajului C#	21
2.2	Tipuri de date	23
2.2.1	Tipuri predefinite	24
2.2.2	Tipuri valoare	25
2.2.3	Tipul enumerare	29
2.3	Tablouri	36
2.3.1	Tablouri unidimensionale	36
2.3.2	Tablouri multidimensionale	37
2.4	Șiruri de caractere	41
2.4.1	Expresii regulate	43
3	Clase, instrucțiuni, spații de nume	45
3.1	Clase – vedere generală	45
3.2	Transmiterea de parametri	50
3.3	Conversii	59

3.3.1	Conversii implicite	59
3.3.2	Conversii explicite	62
3.3.3	Boxing și unboxing	64
3.4	Declarații de variabile și constante	66
3.5	Instrucțiuni C#	67
3.5.1	Declarații de etichete	67
3.5.2	Instrucțiuni de selecție	67
3.5.3	Instrucțiuni de ciclare	69
3.5.4	Instrucțiuni de salt	70
3.5.5	Instrucțiunile try, throw, catch, finally	71
3.5.6	Instrucțiunile checked și unchecked	71
3.5.7	Instrucțiunea lock	72
3.5.8	Instrucțiunea using	72
3.6	Spații de nume	73
3.6.1	Declarații de spații de nume	74
3.6.2	Directiva using	75
3.7	Declararea unei clase	80
3.8	Membrii unei clase	81
3.9	Constructorii de instanță	82
3.10	Câmpuri	82
3.10.1	Câmpuri instanță	83
3.10.2	Câmpuri statice	83
3.10.3	Câmpuri readonly	84
3.10.4	Câmpuri volatile	84
3.10.5	Inițializarea câmpurilor	85
3.11	Constante	85
3.12	Metode	86
3.12.1	Metode statice și nestatice	87
3.12.2	Metode externe	87
4	Clase (continuare)	89
4.1	Proprietăți	89
4.2	Indexatori	95
4.3	Operatori	101
4.3.1	Operatori unari	102
4.3.2	Operatori binari	103
4.3.3	Operatori de conversie	104
4.3.4	Exemplu: clasa Fraction	106
4.4	Constructor static	108
4.5	Clase imbricate	109
4.6	Destructorii	112

4.7	Clase statice	115
4.8	Specializarea și generalizarea	117
4.8.1	Specificarea moștenirii	117
4.8.2	Apelul constructorilor din clasa de bază	118
4.8.3	Operatorii <code>is</code> și <code>as</code>	119
4.9	Clase <code>sealed</code>	120
4.9.1	De ce clase <code>sealed</code> ?	120
5	Clase, structuri, interfețe	122
5.1	Polimorfismul	122
5.1.1	Polimorfismul parametric	122
5.1.2	Polimorfismul ad-hoc	122
5.1.3	Polimorfismul de moștenire	122
5.1.4	<code>Virtual</code> și <code>override</code>	124
5.1.5	Modificatorul <code>new</code> pentru metode	125
5.1.6	Metode <code>sealed</code>	128
5.1.7	Exemplu folosind <code>virtual</code> , <code>new</code> , <code>override</code> , <code>sealed</code>	129
5.2	Clase și metode abstracte	131
5.3	Tipuri parțiale	132
5.4	Tipuri structură	134
5.4.1	Structuri sau clase?	138
5.5	Interfețe	138
5.5.1	Clase abstracte sau interfețe?	145
5.5.2	Clase <code>sealed</code> și interfețe	145
6	Delegați, evenimente, excepții	147
6.1	Tipul delegat	147
6.1.1	Exemplu canonic de delegat	148
6.1.2	Exemplu mai amplu	149
6.2	Metode anonime	153
6.3	Multicasting	155
6.4	Evenimente	158
6.4.1	Publicarea și subscrierea	159
6.4.2	Evenimente și delegați	159
6.4.3	Comentarii	166
6.5	Tratarea excepțiilor	166
6.5.1	Tipul <code>Exception</code>	167
6.5.2	Aruncarea și prinderea excepțiilor	168
6.5.3	Reîncercarea codului	179
6.5.4	Compararea tehnicilor de manipulare a erorilor și avan- tajele lucrului cu excepții	181

6.5.5	Aruncarea de excepții din constructori	182
6.5.6	Documentarea excepțiilor aruncate	183
7	Colecții și tipuri generice	185
7.1	Colecții	185
7.1.1	Iteratori pentru colecții	188
7.1.2	Colecții de tip listă	189
7.1.3	Colecții de tip dicționar	190
7.2	Crearea unui tip colecție	191
7.2.1	Colecție iterabilă (stil vechi)	191
7.2.2	Colecție iterabilă (stil nou)	194
7.3	Clase generice	201
7.3.1	Metode generice	201
7.3.2	Tipuri generice	202
7.3.3	Constrângeri asupra parametrilor de genericitate	204
7.3.4	Interfețe și delegați generici	205
7.4	Colecții generice	207
7.4.1	Probleme cu colecțiile de obiecte	207
7.4.2	Colecții generice	208
7.4.3	Metode utile în colecții	208
8	ADO.NET (I)	212
8.1	Ce reprezintă ADO.NET?	212
8.2	Furnizori de date în ADO.NET	213
8.3	Componentele unui furnizor de date	213
8.3.1	Clasele <code>Connection</code>	214
8.3.2	Clasele <code>Command</code>	215
8.3.3	Clasele <code>DataReader</code>	215
8.3.4	Clasele <code>DataAdapter</code>	215
8.3.5	Clasa <code>DataSet</code>	215
8.4	Obiecte <code>Connection</code>	215
8.4.1	Proprietăți	216
8.4.2	Metode	218
8.4.3	Evenimente	218
8.4.4	Stocarea stringului de conexiune în fișier de configurare	218
8.4.5	Gruparea conexiunilor	220
8.4.6	Mod de lucru cu conexiunile	220
8.5	Obiecte <code>Command</code>	221
8.5.1	Proprietăți	222
8.5.2	Metode	223
8.5.3	Utilizarea unei comenzi cu o procedură stocată	225

8.5.4	Folosirea comenzilor parametrizate	226
8.6	Obiecte DataReader	228
8.6.1	Proprietăți	229
8.6.2	Metode	229
8.6.3	Crearea și utilizarea unui obiect DataReader	230
8.6.4	Utilizarea de seturi de date multiple	231
8.6.5	Seturi de date cu tip	232
9	ADO.NET (II)	234
9.1	Obiecte DataAdapter	234
9.1.1	Metode	235
9.1.2	Proprietăți	236
9.2	Clasa DataSet	237
9.2.1	Conținut	237
9.2.2	Clasa DataTable	238
9.2.3	Relații între tabele	240
9.2.4	Popularea unui DataSet	241
9.2.5	Clasa DataTableReader	241
9.2.6	Propagarea modificărilor către baza de date	242
9.3	Tranzacții în ADO.NET	244
9.4	Lucrul generic cu furnizori de date	246
9.5	Tipuri nulabile	249
10	LINQ (I)	251
10.1	Elemente specifice C# 3.0	251
10.1.1	Proprietăți implementate automat	251
10.1.2	Inițializatori de obiecte	252
10.1.3	Inițializatori de colecții	254
10.1.4	Inferența tipului	255
10.1.5	Tipuri anonime	256
10.1.6	Metode parțiale	257
10.1.7	Metode de extensie	258
10.2	Generalități	259
10.3	Motivație	261
10.3.1	Codul clasic ADO.NET	262
10.3.2	Nepotrivirea de paradigme	263
10.4	LINQ to Objects: exemplificare	264
10.4.1	Expresii lambda	265
10.5	Operatori LINQ	266

11 LINQ (II)	269
11.1 LINQ to Objects	269
11.1.1 Filtrarea cu Where	271
11.1.2 Operatorul de proiecție	272
11.1.3 Operatorul let	273
11.1.4 Operații de ordonare	274
11.1.5 Paginare	275
11.1.6 Concatenarea	276
11.1.7 Referirea de elemente din secvențe	276
11.1.8 Operatorul SelectMany	277
11.1.9 Juncțiuni	279
11.1.10 Grupare	280
11.1.11 Agregare	281
11.2 Exerciții	283
12 Atribute și fire de execuție	286
12.1 Atribute	286
12.1.1 Generalități	286
12.1.2 Atribute predefinite	288
12.1.3 Exemplificarea altor atribute predefinite	290
12.1.4 Atribute definite de programator	293
12.2 Fire de execuție	296
12.3 Managementul thread-urilor	296
12.3.1 Pornirea thread-urilor	296
12.3.2 Metoda Join()	299
12.3.3 Suspendarea firelor de execuție	299
12.3.4 Oprirea thread-urilor	300
12.3.5 Sugerarea priorităților firelor de execuție	304
12.3.6 Fire în fundal și fire în prim-plan	304
12.4 Sincronizarea	306
12.4.1 Clasa Interlocked	308
12.4.2 Instrucțiunea lock	309
12.4.3 Clasa Monitor	310
13 Noutăți în .NET Framework 4.x	313
13.1 .NET 4.0: Parallel LINQ	313
13.2 .NET 4.0: Parametri cu nume și parametri opționali	315
13.3 .NET 4.0: Tipuri de date dinamice	317
13.4 .NET 4.0: ExpandableObject	319
13.5 .NET 4.0: COM Interop	320
13.6 .NET 4.0: Covarianță și contravarianță	322

13.7 .NET 4.0: Clasele <code>BigInteger</code> și <code>Complex</code>	323
13.8 .NET 4.0: Clasa <code>Tuple</code>	324
13.9 .NET 4.5: Instalarea și configurarea aplicației	324
13.10.NET 4.5: Suportul pentru tablouri mari	325
13.11.NET 4.5: Server background garbage collector	326
13.12.NET 4.5: Timeout pentru folosirea expresiilor regulate	327
13.13.NET 4.6: Directiva <code>using static</code>	327
13.14.NET 4.6: Inițializatori pentru proprietăți cu auto-implementare	328
13.15.NET 4.6: Proprietăți read-only cu auto-implementare	329
13.16.NET 4.6: Inițializatori pentru dicționare	330
13.17.NET 4.6: Interpolarea șirurilor de caractere	331
13.18.NET 4.6: Expresii <code>nameof</code>	331
13.19.NET 4.6: Funcții și proprietăți definite prin expresii	333
13.20.NET 4.6: Filtrarea excepțiilor	333
13.21.NET 4.6: Operatorul condițional <code>null</code>	335
14 Fluxuri	337
14.1 Sistemul de fișiere	337
14.1.1 Lucrul cu directoarele: clasele <code>Directory</code> și <code>DirectoryInfo</code>	338
14.1.2 Lucrul cu fișierele: clasele <code>FileInfo</code> și <code>File</code>	340
14.2 Citirea și scrierea datelor	345
14.2.1 Clasa <code>Stream</code>	345
14.2.2 Clasa <code>FileStream</code>	347
14.2.3 Clasa <code>MemoryStream</code>	347
14.2.4 Clasa <code>BufferedStream</code>	349
14.2.5 Clasele <code>BinaryReader</code> și <code>BinaryWriter</code>	349
14.2.6 Clasele <code>TextReader</code> , <code>TextWriter</code> și descendentele lor	351
14.3 Operare sincronă și asincronă	353
14.4 Stream-uri Web	355
14.5 Serializarea	356
14.5.1 Crearea unui obiect serializabil	356
14.5.2 Serializarea unui obiect	357
14.5.3 Deserializarea unui obiect	357
14.5.4 Date tranziente	358
14.5.5 Operații la deserializare	358
Bibliografie	360

Capitolul 1

Platforma Microsoft .NET

1.1 Prezentare generală

Platforma .NET este un cadru de dezvoltare a softului pentru diverse sisteme de operare. Platforma include o bibliotecă de mari dimensiuni și integrează câteva limbaje ce pot interopera. Programele scrise pentru .NET Framework se rulează într-un mediu software, cunoscut sub numele de Common Language Runtime (CLR), o mașină virtuală care pune la dispoziție servicii de securitate, management al memoriei, manipulare de excepții. Biblioteca de clase împreună cu CLR constituie .NET Framework¹. Platforma permite realizarea, distribuirea și rularea aplicațiilor de tip Windows Forms și Windows Presentation Foundation, aplicații web și servicii web. Platforma constă în trei părți principale: Common Language Runtime, clasele specifice platformei și ASP.NET.

.NET Framework constituie un nivel de abstractizare între aplicație și nucleul sistemului de operare (sau alte programe), pentru a asigura portabilitatea codului; de asemenea integrează tehnologii care au fost lansate de către Microsoft începând cu mijlocul anilor 90 (COM, DCOM, ActiveX etc.) sau tehnologii mai noi – servicii web, XML etc.

Platforma constă în câteva grupe de produse:

1. *Unelte de dezvoltare* - un set de limbaje (C#, Visual Basic .NET, C++/CLI, JScript.NET, F#, Smalltalk, Eiffel, Perl, Fortran, Cobol, Haskell, Pascal, RPG etc.), un set de medii de dezvoltare (Visual Studio .NET, Visual Studio Code, Visio), infrastructura .NET Framework și o bibliotecă cuprinzătoare de clase pentru crearea serviciilor web²,

¹Definiția [Wikipedia](#).

²Servicii web - aplicații care oferă servicii folosind web-ul ca modalitate de acces; se pot dezvolta folosind ASP.NET Web Services sau Windows Communication Framework.

aplicațiilor web (ASP.NET MVC, Web Forms) și a aplicațiilor Windows (Windows Forms, Windows Presentation Foundation, aplicații Universal Windows Platform).

2. *Servere specializate* - un set de servere Enterprise .NET: SQL Server ~~2005, 2008~~ 2012+, Internet Information Services, Exchange, BizTalk Server, SharePoint etc., care pun la dispoziție funcționalități diverse pentru stocarea bazelor de date, email, aplicații B2B³.
3. *Dispozitive* - noi dispozitive non-PC, programabile prin .NET Compact Framework sau CoreCLR, versiuni reduse ale lui .NET Framework: Smartphones, Microsoft Surface, HoloLens, Surface Hub, Xbox, set-top boxes etc.

Motivul pentru care Microsoft a trecut la dezvoltarea acestei platforme este maturizarea industriei software, accentuându-se următoarele direcții:

1. *Aplicațiile distribuite* - sunt din ce în ce mai numeroase aplicațiile de tip client / server sau cele pe mai multe niveluri. Tehnologiile distribuite din trecutul recent cereau de multe ori o mare afinitate față de producător și prezentau o carență acută a interoperării cu web-ul. Viziunea actuală se depărtează de cea de tip client/server către una în care calculatoare, dispozitive inteligente și servicii conlucrează pentru atingerea scopurilor propuse. Toate acestea se fac deja folosind standarde Internet neproprietare (HTTP, XML, SOAP, REST).
2. *Dezvoltarea orientată pe componente* - este de mult timp cerută simplificarea integrării componentelor software dezvoltate de diferiți producători. COM (Component Object Model) a realizat acest deziderat, dar dezvoltarea și distribuirea aplicațiilor COM este complexă. Microsoft .NET pune la dispoziție un mod mai simplu de a dezvolta și a distribui componente.
3. *Modificări ale paradigmei web* - de-a lungul timpului s-au adus îmbunătățiri tehnologiilor web pentru a simplifica dezvoltarea aplicațiilor. În ultimii ani, dezvoltarea aplicațiilor web s-a mutat de la prezentare (HTML și adiacente) către capacitate sporită de programare (pagini web dinamice, dezvoltare de controale utilizator, pattern-uri de design e.g. MVC).

³Bussiness to Bussiness - Comerț electronic între parteneri de afaceri, diferită de comerțul electronic între client și afacere (Bussiness to Consumer – B2C).

4. *Alți factori de maturizare a industriei software* - reprezintă conștientizarea cererilor de interoperabilitate, scalabilitate, disponibilitate; unul din dezideratele .NET este de a oferi toate acestea.

1.2 Arhitectura platformei Microsoft .NET

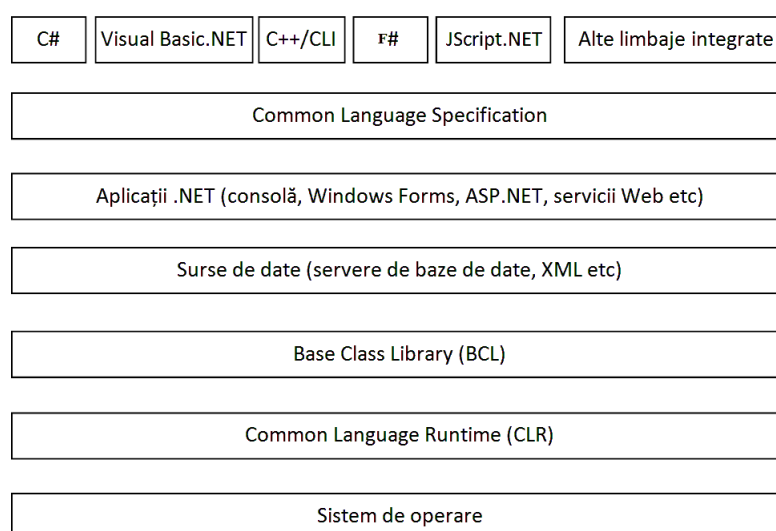


Figura 1.1: Arhitectura .NET

Figura 1.1 schematizează arhitectura platformei Microsoft .NET. Orice program scris într-unul din limbajele .NET este compilat în **Common Intermediate Language**⁴, în concordanță cu **Common Language Specification** (CLS). Aceste limbaje sunt sprijinite de o bogată colecție de biblioteci de clase, ce pun la dispoziție facilități pentru dezvoltarea de aplicații și servicii web sau aplicații de sine stătătoare. Comunicarea dintre aplicații și servicii se face pe baza unor clase de manipulare XML, JSON, **protocol buffers** și a datelor partajate, ceea ce sprijină dezvoltarea aplicațiilor cu arhitectură *multi-tier*. **Base Class Library** (BCL) există pentru a asigura funcționalitate de nivel scăzut, precum operații de intrare/ieșire, fire de execuție, lucrul cu șiruri de caractere, comunicație prin rețea etc. Aceste clase sunt reunite sub numele de **.NET Framework Class Library**. La baza tuturor se află cea mai importantă componentă a lui .NET Framework - **Common Language Runtime**, care răspunde de execuția fiecărui program. Evident, nivelul inferior este rezervat sistemului de operare. Trebuie spus că platforma .NET nu

⁴Anterior numit și Microsoft Intermediate Language (MSIL) sau Intermediate Language (IL).

este exclusiv dezvoltată pentru sistemul de operare Microsoft Windows, ci și pentru variante de Unix (FreeBSD sau Linux - a se vedea proiectul Mono⁵ și secțiunea 1.5.).

1.3 Componente ale lui .NET Framework

1.3.1 Common Intermediate Language

Una din uneltele de care dispune ingineria software este *abstractizarea*. Deseori vrem să ferim utilizatorul sau programatorul de anumite detalii, să punem la dispoziția altora mecanisme sau cunoștințe generale, care să permită atingerea scopului, fără a fi necesară cunoașterea tuturor dedesubturilor. Dacă interfața de comunicare rămâne neschimbată, se pot modifica detalii (de exemplu implementare), fără a afecta acțiunile celorlalți beneficiari ai codului.

În cazul limbajelor de programare, s-a ajuns treptat la crearea unor niveluri de abstractizare a codului rezultat la compilare, precum *bytecode* – binecunoscut celor care lucrează în Java. Bytecode-ul Java, generat prin compilarea unui fișier sursă, este cod scris într-un limbaj intermediar care suportă programare orientată pe obiecte. Bytecode-ul este în același timp o abstractizare care permite executarea codului Java, indiferent de platforma țintă, atâta timp cât această platformă are implementată o mașină virtuală Java, capabilă să “traducă” mai departe fișierul class în cod mașină.

Microsoft a realizat și el propria sa abstractizare de limbaj, aceasta numindu-se Common Intermediate Language. Deși există mai multe limbaje de programare de nivel înalt (C#, C++/CLI, Visual Basic .NET etc.), la compilare toate vor produce cod în același limbaj intermediar: Common Intermediate Language. Asemănător cu bytecode-ul, CIL are trăsături obiect orientate, precum abstractizarea datelor, moștenirea, polimorfismul, sau concepte care s-au dovedit a fi necesare, precum excepțiile sau evenimentele. De remarcat că această abstractizare de limbaj permite rularea aplicațiilor independent de platformă (cu aceeași condiție ca la Java: să existe o mașină virtuală pentru acea platformă).

1.3.2 Common Language Specification

Unul din scopurile .NET este de a sprijini integrarea limbajelor astfel încât programele, deși scrise în diferite limbaje, pot interopera, folosind din plin moștenirea, polimorfismul, încapsularea, excepțiile etc. Dar limbajele

⁵<https://www.mono-project.com>

nu sunt identice: de exemplu, unele fac distincție între litere mici și mari în denumirile tipurilor și ale variabilelor⁶, altele nu; toate limbajele trebuie să cadă de acord că la apelarea unui constructor, cel al clasei de bază trebuie să fie executat mai înainte; care sunt entitățile care pot fi supraîncărcate etc. Pentru a se asigura interoperabilitatea codului scris în diferite limbaje, Microsoft a publicat Common Language Specification (CLS), un subset al lui CTS (Common Type System, a se vedea secțiunea 1.3.4), conținând specificații de reguli necesare pentru integrarea limbajelor.

CLS definește un set de reguli pentru compilatoarele .NET, asigurând faptul că fiecare compilator va genera cod care interferează cu platforma (mai exact, cu CLR-ul — a se vedea mai jos) într-un mod independent de limbajul sursă. Obiectele și tipurile create în diferite limbaje pot interacționa fără probleme suplimentare. Combinația CTS/CLS realizează de fapt interoperearea limbajelor. Concret, se poate ca o clasă scrisă în C# să fie moștenită de o clasă scrisă în Visual Basic care aruncă excepții ce sunt prinse de cod scris în C++/CLI.

1.3.3 Common Language Runtime

Common Language Runtime (CLR) este de departe cea mai importantă componentă a lui .NET Framework. Este responsabil cu managementul și execuția codului scris în limbaje .NET, aflat în format CIL. CLR instanțiază obiectele, face verificări de securitate, depune obiectele în memorie, disponibilizează memoria prin garbage collection.

În urma compilării unei aplicații poate rezulta un fișier cu extensia exe, dar care nu este un executabil portabil Windows, ci un executabil portabil .NET (.NET PE). Acest cod nu este deci un executabil în cod mașină, ci se va rula de către CLR, întocmai cum un fișier cu bytecode Java este rulat în cadrul JVM. CLR folosește tehnologia compilării JIT - mecanism prin care în momentul în care este apelată pentru prima oară o metodă (constructor, proprietate, metodă obișnuită, ...), ea este tradusă în cod nativ (cod mașină). Codul translatat este depus într-un cache, evitându-se astfel recompilarea ulterioară. Există 3 tipuri de compilatoare JIT:

1. *Normal JIT* - descris mai sus;
2. *Pre-JIT* - compilează întregul cod în cod nativ singură dată. În mod normal este folosit la instalări;

⁶Eng: case sensitive.

3. *Econo-JIT* - se folosea până la versiunea 2.0 a platformei .NET pe dispozitive cu resurse limitate; se făcea compilarea codului CIL instrucțiune cu instrucțiune, fără a stoca într-un cache codul mașină rezultat.

În esență, activitatea unui compilator JIT este destinată a îmbunătăți performanța execuției, ca alternativă la compilarea repetată a aceluiași bucată de cod în cazul unor apelări multiple. Unul din avantajele mecanismului JIT apare în clipa în care codul, o dată ce a fost compilat, se execută pe diverse procesoare; dacă mașina virtuală este bine adaptată la noua platformă, atunci acest cod va beneficia de optimizări specifice, fără a mai fi nevoie recompilarea lui — precum în C++, de exemplu.

Implementarea actuală pentru JIT este RyuJIT, finalizat în **ianie 2018**.

1.3.4 Common Type System

Pentru a asigura interoperabilitatea limbajelor din .NET Framework, o clasă scrisă în C# trebuie să fie echivalentă cu una scrisă în VB.NET, o interfață scrisă în C++/CLI trebuie să fie pe deplin utilizabilă în Managed Cobol. Toate limbajele care fac parte din pleiada .NET trebuie să aibă un set comun de concepte pentru a putea fi integrate. Modul în care acest deziderat s-a transformat în realitate se numește Common Type System (CTS); orice limbaj trebuie să recunoască și să poată manipula niște tipuri comune.

O scurtă descriere a unor facilități comune (ce vor fi enumerate și tratate în cadrul prezentării limbajului C#):

1. *Tipuri valoare* - în general, CLR-ul (care se ocupă de managementul și execuția codului CIL) suportă două tipuri diferite: tipuri valoare și tipuri referință. Tipurile valoare sunt tipurile primitive, structurile și enumerările. Datorită faptului că de regulă au dimensiuni mici și variabilele locale de tip valoare sunt alocate pe stivă, se manipulează eficient, eliminând costul suplimentar cerut de referirea indirectă și garbage collection.
2. *Tipuri referință* - se folosesc dacă variabilele de un anumit tip cer resurse de memorie semnificative. Variabilele de tip referință conțin adrese de memorie heap și pot fi null. Transferul parametrilor se face rapid, dar referințele induc un cost suplimentar datorită mecanismului de garbage collection.
3. *Boxing și unboxing* - motivul pentru care există tipuri valoare este același ca și în Java: performanța. Însă orice variabilă în .NET este compatibilă cu clasa Object, rădăcina ierarhiei existente în .NET. De

exemplu, *int* este un alias pentru *System.Int32*, care se derivează din *System.ValueType*. Tipurile valoare se stochează pe stivă, dar pot fi oricând convertite într-un tip referință memorat în heap; acest mecanism se numește *boxing*. De exemplu:

```
int i = 1; //i - un tip valoare
Object box = i; //box - un obiect referinta
```

Când se face boxing, se obține un obiect care poate fi gestionat la fel ca oricare altul, făcându-se abstracție de originea lui.

Inversa boxing-ului este unboxing-ul, prin care se poate converti un obiect în tipul valoare echivalent, ca mai jos:

```
int j = (int)box;
```

unde operatorul de conversie este suficient pentru a converti de la un obiect la o variabilă de tip valoare.

4. *Clase, proprietăți, indexatori* - platforma .NET suportă pe deplin programarea orientată pe obiecte, concepte legate de obiecte (încapsularea, moștenirea, polimorfismul) sau trăsături legate de clase (metode, câmpuri, membri statici, vizibilitate, accesibilitate, tipuri imbricate etc.). De asemenea se includ trăsături precum proprietăți, indexatori, evenimente.
5. *Interfețe* - reprezintă același concept precum clasele abstracte din C++ (dar conținând doar funcții virtuale pure), sau interfețele Java. O clasă care implementează o interfață trebuie să implementeze toate metodele acelei interfețe (dacă se vrea a fi clasa instanțiabilă). Se permite implementarea simultană a mai multor interfețe; în rest moștenirea claselor este simplă.
6. *Delegați* - inspirați de pointerii la funcții din C și eleganța mecanismului de **callback**, ce permit programarea generică. Reprezintă versiunea “sigură” a pointerilor către funcții din C/C++ și sunt mecanismul prin care se tratează evenimentele.

Există numeroase componente ale lui CLR care îl fac cea mai importantă parte a lui .NET Framework: metadata, assemblies, assembly cache, reflection, garbage collection.

1.3.5 Metadata

“Metadata” înseamnă “date despre date”. În cazul .NET, ele reprezintă detalii destinate a fi citite și folosite de către platformă. Sunt stocate împreună cu codul pe care îl descriu. Pe baza metadatelor, CLR știe cum să instanțeze obiectele, cum să le apeleze metodele, cum să acceseze proprietățile. Printr-un mecanism numit *reflectare*, o aplicație (CLR sau o alta) poate să interogheze aceste metadata și să afle ce expune un tip oarecare — clasă, structură etc.

Mai pe larg, metadata conține o declarație a fiecărui tip și câte o declarație pentru fiecare metodă, câmp, proprietate, eveniment al tipului respectiv. Pentru fiecare metodă implementată, metadata conține informație care permite încărcătorului clasei respective să localizeze corpul metodei. De asemenea mai poate conține declarații despre *cultura* aplicației respective, adică detalii legate de formatarea datelor calendaristice, formatarea numerelor (3.14 vs. 3,14) etc.

1.3.6 Assemblies

Un assembly reprezintă un bloc funcțional al unei aplicații .NET. El formează *unitatea fundamentală de distribuire, versionare, reutilizare și permisiuni de securitate*. La runtime, un tip de date există în interiorul unui assembly (și nu poate exista în exteriorul acestuia). Un assembly conține metadata care sunt folosite de către CLR. Scopul acestor “assemblies” este să se asigure dezvoltarea softului în mod “plug-and-play”. Metadatale însă nu sunt suficiente pentru acest lucru; mai sunt necesare și “manifestele”.

Un manifest reprezintă metadata despre assembly-ul care găzduiește tipurile de date. Conține numele assembly-ului, numărul de versiune, referiri la alte assemblies, o listă a tipurilor în assembly, permisiuni de securitate și altele.

Un assembly care este împărțit între mai multe aplicații are de asemenea un *shared name*. Această informație care este unică este opțională, neapărând în manifestul unui assembly dacă acesta nu a fost gândit ca o aplicație partajată.

Deoarece un assembly conține date care îl descriu, instalarea lui poate fi făcută copiind assembly-ul în directorul destinație dorit. Când se dorește rularea unei aplicații conținute în assembly, manifestul va instrui mediul .NET despre modulele care sunt conținute în assembly. Sunt folosite de asemenea și referințele către orice assembly extern de care are nevoie aplicația.

Versionarea este un aspect crucial pentru a se evita așa-numitul “dll hell”. Scenariile precedente erau de tipul: se instalează o aplicație care aduce niște

biblioteci încărcate dinamic – fișiere .dll – necesare pentru functionare. Ulterior, o altă aplicație care se instalează suprascrie aceste fișiere (sau măcar unul din ele) cu o versiune mai nouă, dar cu care vechea aplicație nu mai funcționează corespunzător. Reinstalarea vechii aplicații nu rezolvă problema, deoarece a doua aplicație nu va mai funcționa cu dll-ul vechi. Deși fișierele .dll conțin informație relativ la versiune în interiorul lor, ea nu este folosită de către sistemul de operare, ceea ce duce la probleme. O soluție la această dilemă ar fi instalarea fișierelor .dll în directorul aplicației, dar în acest mod ar dispărea reutilizarea acestor biblioteci.

1.3.7 Assembly cache

Assembly cache este un director aflat în mod normal în directorul %windir%\Assembly⁷. Atunci când un assembly este instalat pe o mașină, el va fi adăugat în assembly cache. Dacă un assembly este descărcat de pe Internet, el va fi stocat în assembly cache, într-o zonă tranzientă. Aplicațiile instalate vor avea assemblies într-un assembly cache global.

În acest assembly cache vor exista versiuni multiple ale aceluiași assembly. Dacă programul de instalare este scris corect, va evita suprascrierea assembly-urilor deja existente (și care funcționează perfect cu aplicațiile instalate), adăugând doar noul assembly. Este un mod de rezolvare a problemei “dll hell”, unde suprascrierea unei biblioteci dinamice cu o variantă mai nouă putea duce la nefuncționarea corespunzătoare a aplicațiilor anterior instalate. CLR este cel care decide, pe baza informațiilor din manifest, care este versiunea corectă de assembly de care o aplicație are nevoie⁸.

1.3.8 Garbage collection

Managementul memoriei este una din sarcinile cele mai consumatoare de timp în programare. Garbage collection este mecanismul care se declanșează atunci când alocatorul de memorie răspunde negativ la o cerere de alocare de memorie. Implementarea cea mai simplă este de tip “mark and sweep”: se presupune inițial că toată memoria alocată se poate disponibiliza, după care se determină care din obiecte sunt referite de variabilele aplicației; cele care nu mai sunt referite sunt dealocate, celelalte zone de memorie sunt compactate, pentru a reduce fenomenul de fragmentare a memoriei procesului. Obiectele a căror dimensiune de memorie este mai mare decât un anumit

⁷Variabila de mediu windir indică locația directorului în care e instalat sistemul de operare Windows, de regulă C: \Windows

⁸În .NET Core s-a renunțat la assembly cache.

prag nu mai sunt mutate, pentru a nu crește semnificativ penalizarea de performanță.

În general, CLR este cel care se ocupă de apelarea mecanismului de garbage collection. Totuși, la dorință, programatorul poate sugera rularea lui.

Menționăm însă că la ora actuală există posibilitatea de a avea memory leak într-o aplicație gestionată de către platforma .NET⁹.

1.4 Trăsături ale platformei .NET

Prin prisma celor prezentate până acum putem rezuma următoarele trăsături:

- **Dezvoltarea multilimbaj:** Deoarece există mai multe limbaje pentru această platformă, este mai ușor de implementat părți specifice în limbajele cele mai adecvate. Numarul limbajelor curent implementate este în continuă creștere¹⁰. Această dezvoltare are în vedere și debugging-ul (depanarea) aplicațiilor dezvoltate în mai multe limbaje.
- **Independența de procesor și de platformă:** CIL este independent de platforma de execuție. Odată scrisă și compilată, o aplicație .NET (al cărei management este făcut de către CLR) poate fi rulată pe orice platformă. Datorită CLR-ului, aplicația este izolată de particularitățile hardware sau ale sistemului de operare.
- **Managementul automat al memoriei:** Problemele de dealocare de memorie sunt în mare parte rezolvate; overhead-ul indus de către mecanismul de garbage collection este suportabil, fiind implementat în sisteme mult mai timpurii.
- **Suportul pentru versionare:** Ca o lecție învățată din perioada de “dll hell”, versionarea este acum un aspect de care se ține cont. Dacă o aplicație a fost dezvoltată și testată folosind anumite componente, instalarea unei componente de versiune mai nouă nu va atenta la buna funcționare a aplicației în discuție: cele două versiuni vor coexista pașnic, alegerea lor fiind făcută pe baza manifestelor.
- **Sprijinirea standardelor deschise:** Nu toate dispozitivele rulează sisteme de operare Microsoft sau folosesc procesoare compatibile Intel. Din această cauză orice este strâns legat de acestea este evitat. Se folosesc servicii REST și SOAP. Deoarece SOAP este un protocol simplu,

⁹How to Detect and Avoid Memory and Resource Leaks in .NET Applications

¹⁰O listă de limbaje ce se pot folosi în platform .NET se găsește [aici](#).

bazat pe XML, ce folosește ca protocol de transmisie HTTP¹¹, el poate trece ușor de firewall-uri, spre deosebire de DCOM sau CORBA.

- **Distribuirea ușoară:** În trecut, instalarea unei aplicații sub Windows înseamnă copierea unor fișiere în niște directoare anume, modificarea unor valori în regiștri, instalare de componente COM etc. Dezinstalarea completă a unei aplicații era în majoritatea cazurilor o utopie. Aplicațiile .NET, datorită metadatelor și reflectării trec de aceste probleme. Se dorește ca instalarea unei aplicații să nu însemne mai mult decât copierea fișierelor necesare într-un director, iar dezinstalarea aplicației să se facă prin ștergerea acelui director.
- **Arhitectură distribuită:** Noua filosofie este de a asigura accesul la servicii distribuite; acestea conlucrează la obținerea informației dorite. Platforma .NET asigură suport și unelte pentru realizarea acestui tip de aplicații.
- **Interoperabilitate cu codul “unmanaged”:** Codul “unmanaged” se referă la cod care nu se află în totalitate sub controlul CLR. El este rulat de CLR, dar nu beneficiază de CTS sau garbage collection. Este vorba de apelurile funcțiilor din DLL-uri, folosirea componentelor COM, sau folosirea de către o componentă COM a unei componente .NET. Codul existent se poate folosi în continuare.
- **Securitate:** Aplicațiile bazate pe componente distribuite cer automat securitate. Modalitatea actuală de securizare, bazată pe drepturile contului utilizatorului, sau cel din Java, în care codul suspectat este rulat într-un “sandbox”, fără acces la resursele critice este înlocuit în .NET de un control mai fin, pe baza metadatelor din assembly (zona din care provine - ex. Internet, intranet, mașina locală etc.) precum și a politicilor de securitate ce se pot seta.

1.5 .NET Core — open source

.NET Core reprezintă o implementare parțială a lui .NET Framework și constă în:

- CoreCLR — o implementare de CLR; codul este open source¹², implementarea actuală permite încărcarea de cod CIL, compilarea

¹¹Folosit la transmiterea paginilor web pe Internet

¹²Disponibil pe [Github](#)

JIT și garbage collection;

- CoreFX — o implementare parțială a lui Base Class Library.

Scopul principal al lui .NET Core este sprijinirea dezvoltării aplicațiilor ASP.NET pe alte platforme decât Microsoft (Linux, OS X). Începând cu versiunea .NET Core 3.0 se pot dezvolta aplicații WPF și Windows Forms.

Unul din scopurile vizate este modularizarea lui .NET Framework (actualmente devenit un conglomerat de funcționalități dezvoltate de diverse echipe). Se tinde ca modulele platformei să fie livrate ca pachete NuGet, în funcție de necesarul aplicației dezvoltate.

Mai multe despre scopul acestui proiect se pot găsi la adresele:

<https://github.com/dotnet/core> și

<https://github.com/dotnet/core/blob/master/roadmap.md>.

Capitolul 2

Vedere generală asupra limbajului C#. Tipuri predefinite. Tablouri. Șiruri de caractere

2.1 Vedere generală asupra limbajului C#

C#¹ este un limbaj de programare imperativ, obiect-orientat. Este sintactic asemănător cu Java și C++.

Un prim exemplu de program, care conține o serie de elemente ce se vor întâlni în continuare, este:

```
using System;
namespace Curs2
{
    class HelloWorld
    {
        public static void Main()
        {
            Console.WriteLine("Hello world!");
        }
    }
}
```

Prima linie `using System;` este o directivă care specifică faptul că se vor folosi tipuri de date (de exemplu clase) incluse în spațiul de nume² `System`; un spațiu de nume este o colecție de tipuri sau de alte spații de nume care

¹“#” este simbolul grafic pentru “sharp”.

²Eng: namespace

pot fi folosite într-un program. În cazul de față, clasa care este folosită din acest spațiu de nume este `Console`. Mai departe, orice program este demarat dintr-o metodă `Main` a unei clase, în cazul nostru `HelloWorld`³. În exemplul dat, metoda `Main` nu preia niciun argument din linia de comandă și nu returnează explicit un indicator de stare a terminării procesului.

Pentru operațiile de intrare-ieșire cu consola se folosește clasa `Console`; pentru ea se apelează metoda statică `WriteLine`, care afișează pe ecran mesajul, după care face trecerea la linie nouă. Șirul de caractere care reprezintă salt la linie nouă este dat în proprietatea `Environment.NewLine`⁴.

O variantă ușor modificată a programului de mai sus, în care se salută persoanele ale căror nume este transmis prin linia de comandă:

```
namespace Curs2
{
    using System;
    class HelloWorld
    {
        public static void Main( String[] args)
        {
            for( int i=0; i<args.Length; i++)
            {
                Console.WriteLine( "Hello {0}", args[i]);
            }
        }
    }
}
```

În exemplul precedent metoda principală preia un tablou de parametri transmiși din linia de comandă (un șir de obiecte de tip `String`) și va afișa pentru fiecare nume “Hello” urmat de numele de indice i (indicii elementelor dintr-un tablou încep de la 0). Construcția “{0}” va fi înlocuită cu primul argument care urmează după “Hello {0}”. La executarea programului de mai sus în forma: `HelloWorld Ana Dan`, se va afișa pe ecran:

```
Hello Ana
Hello Dan
```

³Metoda `Main` poate fi scrisă și într-un tip de date structură, dar acest lucru e rar folosit.

⁴Terminatorul de linie este dependent de sistemul de operare: `\r\n` pentru sistem de operare Windows, `\n` pentru Linux și pentru OS X *etc.*

Metoda `Main` poate să returneze o valoare întreagă, care să fie folosită de către sistemul de operare pentru a determina dacă procesul s-a încheiat cu succes sau nu⁵. Menționăm faptul că limbajul C# este case-sensitive⁶.

Ca metode de notare Microsoft recomandă folosirea următoarelor trei convenții:

- convenție Pascal, în care prima literă a fiecărui cuvânt se scrie ca literă mare; exemplu: `LoadData`, `SaveLogFile`;
- convenția tip “cămilă” este la fel ca precedenta, dar primul caracter al primului cuvânt nu este scris ca literă mare; exemplu: `userIdentifier`, `firstName`;
- convenția “toate literele mari”, de exemplu `System.IO`, `Math.PI` sau `System.Web.UI`.

În general, convenția tip Pascal este folosită pentru tot ce este vizibil (public), precum nume de clase, metode și proprietăți expuse ca fiind publice etc. Parametrii metodelor și numele câmpurilor se scriu cu convenția cămilă. A treia convenție se folosește pentru toți identificatorii de două sau mai puține litere.

Se recomandă evitarea folosirii notației ungare: numele unei entități trebuie să se refere la semantica ei, nu la tipul de reprezentare⁷.

2.2 Tipuri de date

C# prezintă două grupuri de tipuri de date: *tipuri valoare* și *tipuri referință*. Tipurile valoare includ tipurile simple (ex. `char`, `int`, `float`)⁸, tipurile enumerare și structură și au ca principale caracteristici faptul că ele conțin direct datele referite și sunt alocate pe stivă sau inline într-o structură. Tipurile referință includ tipurile clasă, interfață, delegat și tablou, toate având proprietatea că variabilele de acest tip stochează referințe către obiectele conținute. Demn de menționat este că toate tipurile de date sunt derivate (direct sau nu) din tipul `System.Object`, punând astfel la dispoziție un mod unitar de tratare a lor.

⁵De exemplu în fișiere de comenzi prin testarea variabilei de mediu `ERRORLEVEL`

⁶Face distincție între litere mari și mici

⁷De exemplu: `pszLastName` ar însemna “pointer to a string terminated by zero”.

⁸De fapt acestea sunt tipuri structură, prezentate în cursul 5

2.2.1 Tipuri predefinite

C# conține un set de tipuri predefinite, pentru care nu este necesară referirea vreunui spațiu de nume via directiva `using` și nici calificare completă de forma `System.NumeTip`: `string`, `object`, tipurile întregi cu semn și fără semn, tipuri numerice în virgulă mobilă, `bool` și `decimal`.

Tipul `string` este folosit pentru manipularea șirurilor de caractere codificate Unicode; conținutul obiectelor de tip `string` nu se poate modifica⁹. Clasa `object` este rădăcina ierarhiei de clase din .NET, spre care orice tip (inclusiv un tip valoare) poate fi convertit.

Tipul `bool` este folosit pentru a reprezenta valorile logice `true` și `false`. Tipul `char` este folosit pentru a reprezenta caractere Unicode. Tipul `decimal` este folosit pentru calcule în care erorile determinate de reprezentarea în virgulă mobilă sunt inacceptabile, el punând la dispoziție 28 de cifre zecimale semnificative.

Tabelul de mai jos conține lista tipurilor predefinite, exemplificând totodată cum se scriu valorile corespunzătoare:

Tabela 2.1: Tipuri predefinite.

Tip	Descriere	Exemplu
<code>object</code>	rădăcina ierarhiei de tipuri .NET	<code>object a = null;</code>
<code>string</code>	o secvență de caractere Unicode	<code>string s = "hello";</code>
<code>sbyte</code>	tip întreg cu semn, pe 8 biți	<code>sbyte val = 12;</code>
<code>short</code>	tip întreg cu semn, pe 16 biți	<code>short val = 12;</code>
<code>int</code>	tip întreg cu semn, pe 32 biți	<code>int val = 12;</code>
<code>long</code>	tip întreg cu semn, pe 64 biți	<code>long val1 = 12;</code> <code>long val2=34L;</code>
<code>byte</code>	tip întreg fără semn, pe 8 biți	<code>byte val = 12;</code>
<code>ushort</code>	tip întreg fără semn, pe 16 biți	<code>ushort val = 12;</code>
<code>uint</code>	tip întreg fără semn, pe 32 biți	<code>uint val = 12;</code>
<code>ulong</code>	tip întreg fără semn, pe 64 de biți	<code>ulong val1=12;</code> <code>ulong val2=34U;</code> <code>ulong val3=56L;</code> <code>ulong val4=76UL;</code>
<code>float</code>	tip cu virgulă mobilă, simplă precizie	<code>float val=1.23F;</code>
<code>double</code>	tip în virgulă mobilă, dublă precizie	<code>double val1=1.23;</code> <code>double val2=4.56D;</code>
<code>bool</code>	tip boolean	<code>bool val1=false;</code>

⁹Spunem despre un `string` că este *invariabil*, sau *imuabil* - engl. *immutable*

Tabelul 2.1 (continuare)

Tip	Descriere	Exemplu
		bool val2=true;
char	tip caracter din setul Unicode	char val='h';
decimal	tip zecimal cu pâna la 28 de cifre semnificative	decimal val=1.23M;

Fiecare din tipurile predefinite este un alias pentru un tip pus la dispoziție de sistem. De exemplu, `string` este alias pentru clasa `System.String`, `int` este alias pentru `System.Int32`.

2.2.2 Tipuri valoare

C# pune programatorului la dispoziție tipuri valoare, care sunt fie structuri, fie enumerări. Există un set predefinit de structuri numite *tipuri simple*, identificate prin cuvinte rezervate. Un tip simplu este fie de tip numeric¹⁰, fie boolean. Tipurile numerice sunt tipuri întregi, în virgulă mobilă sau `decimal`. Tipurile întregi sunt `sbyte`, `byte`, `short`, `ushort`, `int`, `uint`, `long`, `ulong`, `char`; cele în virgulă mobilă sunt `float` și `double`. Tipurile enumerare se pot defini de către utilizator.

Toate tipurile valoare derivează din clasa `System.ValueType`, care la rândul ei este derivată din clasa `object` (alias `System.Object`). Nu este posibil ca dintr-un tip valoare să se deriveze.

Atribuirea pentru un astfel de tip înseamnă copierea valorii dintr-o parte în alta.

Tipuri structură

Un tip structură este un tip valoare care poate să conțină declarații de constante, câmpuri, metode, proprietăți, indexatori, operatori, constructori sau tipuri imbricate. Sunt prezentate în detaliu în cursul 5, câteva exemple simple sunt pe pagina următoare.

Tipuri simple

C# are predefinit un set de tipuri structuri numite tipuri simple. Tipurile simple sunt identificate prin cuvinte rezervate, dar acestea reprezintă doar

¹⁰Engl: integral type

alias-uri pentru tipurile struct corespunzătoare din spațiul de nume `System`¹¹; corespondența este dată în tabelul de mai jos:

Tabela 2.2: Tipuri simple și corespondențele lor cu tipurile din spațiul de nume `System`.

Tabelul 2.2

Cuvânt rezervat	Tipul alias
<code>sbyte</code>	<code>System.SByte</code>
<code>byte</code>	<code>System.Byte</code>
<code>short</code>	<code>System.Int16</code>
<code>ushort</code>	<code>System.UInt16</code>
<code>int</code>	<code>System.Int32</code>
<code>uint</code>	<code>System.UInt32</code>
<code>long</code>	<code>System.Int64</code>
<code>ulong</code>	<code>System.UInt64</code>
<code>char</code>	<code>System.Char</code>
<code>float</code>	<code>System.Single</code>
<code>double</code>	<code>System.Double</code>
<code>bool</code>	<code>System.Boolean</code>
<code>decimal</code>	<code>System.Decimal</code>

Deoarece un tip simplu este un alias pentru un tip structură, orice tip simplu are membri. De exemplu, următoarele linii sunt corecte:

```
int i = int.MaxValue;    //constanta System.Int32.MaxValue
string s = i.ToString(); //metoda System.Int32.ToString()
string t = 3.ToString(); //idem
double d = Double.Parse("3.14");
```

Tipuri întregi

C# suportă nouă tipuri întregi: `sbyte`, `byte`, `short`, `ushort`, `int`, `uint`, `long`, `ulong` și `char`. Acestea au următoarele dimensiuni și domeniu de valori:

- `sbyte` reprezintă tip cu semn pe 8 biți, cu valori de la -128 la 127;
- `byte` reprezintă tip fără semn pe 8 biți, între 0 și 255;
- `short` reprezintă tip cu semn pe 16 biți, între -32768 și 32767;

¹¹ Altfel zis, tipurile simple sunt tipurile valoare din tipurile predefinite, sau toate tipurile predefinite exceptand `object` și `string`.

- `ushort` reprezintă tip fără semn pe 16 biți, între 0 și 65535;
- `int` reprezintă tip cu semn pe 32 de biți, între -2^{31} și $2^{31} - 1$;
- `uint` reprezintă tip fără semn pe 32 de biți, între 0 și $2^{32} - 1$;
- `long` reprezintă tip cu semn pe 64 de biți, între -2^{63} și $2^{63} - 1$;
- `ulong` reprezintă tip fără semn pe 64 de biți, între 0 și $2^{64} - 1$;
- `char` reprezintă tip fără semn pe 16 biți, cu valori între 0 și 65535. Mulțimea valorilor posibile pentru `char` corespunde setului de caractere Unicode.

Reprezentarea unei variabile de tip întreg se poate face sub formă de șir de cifre zecimale sau hexazecimale, urmate eventual de un sufix. Numerele exprimate în hexazecimal sunt prefixate cu "0x" sau "0X". Regulile după care se asignează un tip pentru o valoare sunt:

1. dacă șirul de cifre nu are un sufix, atunci el este considerat ca fiind primul tip care poate să conțină valoarea dată: `int`, `uint`, `long`, `ulong`;
2. dacă șirul de cifre are sufixul `u` sau `U`, el este considerat ca fiind din primul tip care poate să conțină valoarea dată: `uint`, `ulong`;
3. dacă șirul de cifre are sufixul `l` sau `L`, el este considerat ca fiind din primul tip care poate să conțină valoarea dată: `long`, `ulong`;
4. dacă șirul de cifre are sufixul `ul`, `uL`, `Ul`, `UL`, `lu`, `lU`, `Lu`, `LU`, el este considerat ca fiind din tipul `ulong`.

Dacă o valoare este în afara domeniului tipului `ulong`, apare o eroare la compilare.

Literalii de tip caracter au forma: 'caracter' unde "caracter" poate fi exprimat printr-un caracter, printr-o secvență escape simplă, secvență escape hexazecimală sau secvență escape Unicode. În prima formă poate fi folosit orice caracter exceptând apostrof, backslash și new line. Secvență escape simplă poate fi: `\'`, `\"`, `\\`, `\0`, `\a`, `\b`, `\f`, `\n`, `\r`, `\t`, `\v`, cu semnificațiile cunoscute din alte limbaje. O secvență escape hexazecimală începe cu `\x` urmat de 1–4 cifre hexa. Deși ca reprezentare, `char` este identic cu `ushort`, nu toate operațiile ce se pot efectua cu `ushort` sunt valabile și pentru `char`.

În cazul în care o operație aritmetică produce un rezultat care nu poate fi reprezentat în tipul destinație, comportamentul depinde de utilizarea operatorilor sau a declarațiilor `checked` și `unchecked`: în context `checked`, o eroare

de depășire duce la aruncarea unei excepții de tip `System.OverflowException`. În context `unchecked`, eroarea de depășire este ignorată, iar biții semnificativi care nu mai încap în reprezentare sunt eliminați.

Exemplu:

```
sbyte i=127;//sbyte: intre -128 si +127
unchecked
{
    i++;
} //i va avea valoarea -128, nu se semnaleaza eroare
checked
{
    i=127;
    i++; //se va arunca exceptie System.OverflowException
}
```

Pentru expresiile aritmetice care conțin operatorii `++`, `--`, `+`, `-` (unar și binar), `*`, `/` și care nu sunt conținute în interiorul unui bloc `checked`, comportamentul este specificat prin intermediul opțiunii `/checked[+|-]` dat din linia de comandă pentru compilator. Dacă nu se specifică nimic, atunci se va considera implicit `unchecked`.

Tipuri în virgulă mobilă

Sunt prezente 2 tipuri numerice în virgulă mobilă: `float` și `double`. Tipurile sunt reprezentate folosind precizie de 32, respectiv 64 de biți, folosind formatul IEEE 754, care permit reprezentarea valorilor de “0 pozitiv” și “0 negativ” (sunt identice, dar anumite operații duc la obținerea acestor două valori), $+\infty$ și $-\infty$ (obținute prin împărțirea unui număr strict pozitiv, respectiv strict negativ la 0), a valorii Not-a-Number (NaN) (obținută prin operații în virgulă mobilă invalide, de exemplu $0/0$ sau $\sqrt{-1}$), precum și un set finit de numere. Tipul `float` poate reprezenta valori cuprinse între 1.5×10^{-45} și 3.4×10^{38} (și din domeniul negativ corespunzător), cu o precizie de 7 cifre. `Double` poate reprezenta valori cu modul cuprins între 5.0×10^{-324} și 1.7×10^{308} , cu o precizie de 15-16 cifre.

Operațiile cu floating point nu duc niciodată la apariția de excepții, dar ele pot duce, în caz de operații invalide, la valori 0, infinit sau NaN.

Literalii care specifică un număr reprezentat în virgulă mobilă au forma: literal-real::

```
cifre-zecimale . cifre-zecimale exponentoptional sufix-de-tip-realoptional
. cifre-zecimale exponentoptional sufix-de-tip-realoptional
cifre-zecimale exponent sufix-de-tip-realoptional
```

cifre-zecimale sufix-de-tip-real,
unde

exponent::

e semn_{optional} cifre-zecimale

E semn_{optional} cifre-zecimale,

semn este + sau -, sufix-de-tip-real este F, f, D, d. Dacă nici un sufix de tip real nu este specificat, atunci literalul dat este de tip **double**. Sufixul f sau F specifică tip **float**, d sau D specifică **double**. Dacă literalul specificat nu poate fi reprezentat în tipul precizat, apare eroare de compilare.

Tipul decimal

Este un tip de date reprezentat pe 128 de biți, gândit a fi folosit în calcule financiare sau care necesită precizie mai mare. Poate reprezenta valori aflate în intervalul 1.0×10^{-28} și 7.9×10^{28} , cu 28 de cifre semnificative. Acest tip nu poate reprezenta zero cu semn, infinit sau NaN. Dacă în urma operațiilor, un număr este prea mic pentru a putea fi reprezentat ca **decimal**, atunci el este transformat în 0, iar dacă este prea mare, rezultă o excepție. Diferența principală față de tipurile în virgulă mobilă este că are o precizie mai mare, dar un domeniu de reprezentare mai mic. Din cauza aceasta, nu se fac conversii implicite între nici un tip în virgulă mobilă și **decimal** și nu este posibilă mixarea variabilelor de acest tip într-o expresie, fără conversii explicite.

Literalii de acest tip se exprimă folosind ca sufix-de-tip-real caracterele m sau M. Dacă valoarea specificată nu poate fi reprezentată prin tipul **decimal**, apare o eroare la compilare.

Tipul bool

Este folosit pentru reprezentarea valorilor de adevăr **Adevărat** și **Fals**. Literalii care se pot folosi sunt **true** și **false**. Nu există conversii implicite între **bool** și nici un alt tip. Se reprezintă pe un octet.

2.2.3 Tipul enumerare

Tipul enumerare este un tip valoare, construit pentru a permite declararea constantelor înrudite, într-o manieră clară și sigură din punct de vedere al tipului.

Un exemplu este:

```
using System;
public class Draw
```

```

{
    public enum LineStyle
    {
        Solid
        Dotted,
        DotDash
    }

    public void DrawLine(int x1, int y1, int x2, int y2,
        LineStyle lineStyle)
    {
        if (lineStyle == LineStyle.Solid)
        {
            //cod desenare linie continua
        }
        else
        if (lineStyle == LineStyle.Dotted)
        {
            //cod desenare linie punctata
        }
        else
        if (lineStyle == LineStyle.DotDash)
        {
            //cod desenare segment linie-punct
        }
        else
        {
            throw new ArgumentException("Invalid line style");
        }
    }
}

class Test
{
    public static void Main()
    {
        Draw draw = new Draw();
        draw.DrawLine(0, 0, 10, 10, Draw.LineStyle.Solid);
        draw.DrawLine(0, 0, 10, 10, (Draw.LineStyle)100);
    }
}

```

Al doilea apel este legal, deoarece valorile care se pot specifica pentru o variabilă enumerare nu sunt limitate la valorile declarate în acel tip enumerare. Ca atare, programatorul trebuie să facă validări suplimentare pentru a determina consistența valorilor. În cazul de față, la apelul de metodă se aruncă o excepție (excepțiile sunt discutate în cursul 6.).

Ca și mod de scriere a enumerărilor, se sugerează folosirea convenției Pascal atât pentru numele tipului cât și pentru numele valorilor conținute.

Enumerările nu pot fi declarate abstracte și nu pot fi derivate. Orice tip enumerare este derivat automat din `System.Enum`, care este la rândul lui derivat din `System.ValueType`; astfel, metodele moștenite de la tipurile părinte sunt utilizabile de către orice variabilă de tip enum.

Fiecare tip enumerare care este folosit are un tip de reprezentare¹², pentru a se cunoaște cât spațiu de memorie trebuie să fie alocat unei variabile de acest tip. Dacă nu se specifică nici un tip de reprezentare (ca mai sus), atunci se presupune implicit tipul `int`. Specificarea unui tip de reprezentare (care poate fi orice tip integral, exceptând tipul `char`) se face prin enunțarea tipului după numele enumerării:

```
enum MyEnum : byte
{
    Small,
    Large
}
```

Trebuie precizat că tipul de reprezentare poate fi doar din setul de tipuri: `byte`, `sbyte`, `short`, `ushort`, `int`, `uint`, `long`, `ulong`, orice altă variantă fiind rejectată la compilare. Nici chiar precizarea unui tip de reprezentare prin specificarea lui completă (exemplu: `System.Int32` în loc de `int`) nu este acceptată pentru enumerări.

Specificarea este folosită atunci când dimensiunea în memorie este importantă, sau când se dorește crearea unui tip de indicator (un tip indicator pe biți, flag) al cărui număr de stări diferă de numărul de biți alocați tipului `int`:

```
enum ActionAttributes : ulong
{
    Read = 1,
    Write = 2,
    Delete = 4,
    Query = 8,
```

¹²Engl: underlying type

```

    Sync = 16
//etc
}
...
ActionAttributes aa=ActionAttributes.Read|ActionAttributes.Write
| ActionAttributes.Query;
...

```

În mod implicit, valoarea primului membru al unei structuri este 0, și fiecare variabilă care urmează are valoarea mai mare cu o unitate decât precedentă. La dorință, valoarea fiecărui câmp poate fi specificat explicit:

```

enum Values
{
    A = 1,
    B = 2,
    C = A + B
}

```

Următoarele observații se impun relativ la lucrul cu tipul enumerare:

1. valorile specificate ca inițializatori trebuie să fie compatibile cu tipul de reprezentare a enumerării, altfel apare o eroare la compilare:

```

enum Out : byte
{
    A = -1
} //eroare semnalata la compilare

```

2. mai mulți membri pot avea aceeași valoare (manevră dictată de semantica tipului construit):

```

enum ProcessState
{
    Passed = 10,
    Failed = 1,
    Success = Passed
}

```

3. dacă pentru un membru nu este dată o valoare, acesta va lua valoarea membrului precedent + 1 (cu excepția primului membru – vezi mai sus)

4. nu se permit referințe circulare:

```
enum CircularEnum
{
    A = B,
    B
} //A depinde explicit de B, B depinde implicit de A
//eroare semnalata la compilare
```

5. este recomandat ca orice tip enumerare să conțină un membru cu valoare clar recunoscută ca fiind 0, pentru că în anumite contexte valoarea implicită pentru o entitate enumerare este 0, ceea ce poate duce la inconsistențe și bug-uri greu de depanat:

```
enum Months
{
    InvalidMonth, //are valoarea implicita 0, fiind primul element
    January,
    February,
    //etc
}
```

Tipurile enumerare pot fi convertite către tipul lor de reprezentare și înapoi, folosind o conversie explicită (cast):

```
enum Values
{
    A = 1,
    B = 5,
    C = 3
}

class Test
{
    public static void Main()
    {
        Values v = (Values)3;
        int i = (int)v;
    }
}
```

Valoarea 0 poate fi convertită către un enum fără conversie explicită:

```

...
MyEnum me;
...
if (me == 0)
{
    //cod
}

```

Următorul cod arată câteva din artificiiile care pot fi aplicate tipului enumerare: obținerea tipului unui element de tip enumerare precum și a tipului clasei de bază, a tipului de reprezentare, a valorilor conținute (ca nume simbolice și ca valori), conversie de la un șir de caractere la o variabilă de tip enumerare pe baza numelui etc. Exemplul este preluat din <FrameworkSDK> \Samples\Technologies\ValueAndEnumTypes.

```

using System;

namespace DemoEnum
{
    class DemoEnum
    {
        enum Color
        {
            Red    = 111,
            Green  = 222,
            Blue   = 333
        }
        private static void DemoEnums()
        {
            Console.WriteLine("\n\nDemo start: Demo of enumerated types.");
            Color c = Color.Red;

            // What type is this enum & what is it derived from
            Console.WriteLine("    The " + c.GetType() + " type is derived from "
                + c.GetType().BaseType);

            // What is the underlying type used for the Enum's value
            Console.WriteLine("    Underlying type: " + Enum.GetUnderlyingType(
                typeof(Color)));

            // Display the set of legal enum values

```

```

Color[] o = (Color[]) Enum.GetValues(c.GetType());
Console.WriteLine("\n    Number of valid enum values: " + o.Length);
for (int x = 0; x < o.Length; x++)
{
    Color cc = ((Color)(o[x]));
    Console.WriteLine("    {0}: Name={1,7}\t\tNumber={2}", x,
        cc.ToString("G"), cc.ToString("D"));
}

// Check if a value is legal for this enum
Console.WriteLine("\n    111 is a valid enum value: " + Enum.IsDefined(
    c.GetType(), 111));    // True
Console.WriteLine("    112 is a valid enum value: " + Enum.IsDefined(
    c.GetType(), 112));    // False

// Check if two enums are equal
Console.WriteLine("\n    Is c equal to Red: " + (Color.Red == c)); //True
Console.WriteLine("    Is c equal to Blue: " + (Color.Blue == c)); //False

// Display the enum's value as a string using different format specifiers
Console.WriteLine("\n    c's value as a string: " + c.ToString("G")); //Red
Console.WriteLine("    c's value as a number: " + c.ToString("D")); //111

// Convert a string to an enum's value
c = (Color) (Enum.Parse(typeof(Color), "Blue"));
try
{
    c = (Color) (Enum.Parse(typeof(Color), "NotAColor")); //Not valid,
    //raises exception
}
catch (ArgumentException)
{
    Console.WriteLine("    'NotAColor' is not a valid value for this enum.");
}

// Display the enum's value as a string
Console.WriteLine("\n    c's value as a string: " + c.ToString("G")); //Blue
Console.WriteLine("    c's value as a number: " + c.ToString("D")); //333

Console.WriteLine("Demo stop: Demo of enumerated types.");
}

```

```
static void Main()
{
    DemoEnums();
}
}
```

2.3 Tablouri

De multe ori se dorește a se lucra cu o colecție de elemente de un anumit tip. O soluție pentru această problemă o reprezintă tablourile. Sintaxa de declarare este asemănătoare cu cea din Java sau C++, dar fiecare tablou este un obiect, derivat din clasa abstractă **System.Array**. Accesul la elemente se face prin intermediul indicilor care încep de la 0 și se termină la numărul de elemente minus 1, pentru un tablou unidimensional; în cadrul unui tablou multidimensional valoarea indicelui maxim este numărul de elemente de pe dimensiunea respectivă minus 1; orice depășire a indicilor duce la aruncarea unei excepții la rulare: **System.IndexOutOfRangeException**. O variabilă de tip tablou fie are valoare **null**, fie conține adresa de memorie a unei instanțe valide.

2.3.1 Tablouri unidimensionale

Declararea unui tablou unidimensional se face prin plasarea de paranteze drepte între numele tipului tabloului și numele său, ca mai jos¹³:

```
int[] sir;
```

Declararea de mai sus nu duce la alocare de spațiu pentru memorarea șirului; instanțierea se poate face ca mai jos:

```
sir = new int[10];
```

Exemplu:

```
using System;
class Unidimensional
{
    public static int Main()
    {
```

¹³Spre deosebire de Java, nu se poate modifica locul parantezelor, adică nu se poate scrie: `int sir[]`.

```

int[] sir;
int n;
Console.Write("Dimensiunea vectorului: ");
n = Int32.Parse( Console.ReadLine() );
sir = new int[n];
for( int i=0; i<sir.Length; i++)
{
    sir[i] = i * i;
}
for( int i=0; i<sir.Length; i++)
{
    Console.WriteLine("sir[{0}]={1}", i, sir[i]);
}
return 0;
}
}

```

În acest exemplu se folosește proprietatea¹⁴ `Length`, care returnează numărul *tuturor* elementelor vectorului (lucru mai vizibil la tablourile multidimensionale rectangulare). De menționat că în acest context `n` și `sir` nu se pot declara la un loc, adică declarații de genul `int[] sir, n;` sau `int n, []sir;` sunt incorecte (prima este corectă din punct de vedere sintactic, dar ar rezulta că `n` este și el un tablou; în al doilea caz, declarația nu este corectă sintactic).

Se pot face inițializări ale valorilor conținute într-un tablou:

```
int[] a = new int[] {1,2,3};
```

sau în forma mai scurtă:

```
int[] a = {1,2,3};
```

2.3.2 Tablouri multidimensionale

C# cunoaște două tipuri de tablouri multidimensionale: rectangulare și neregulate¹⁵. Numele lor vine de la forma pe care o pot avea.

Tablouri rectangulare

Tablourile rectangulare au proprietatea că numărul de elemente pentru o anumită dimensiune este păstrat constant; altfel spus, acest tip de tablouri

¹⁴Pentru noțiunea de proprietate, vezi secțiunea 4.1, pagina 89.

¹⁵Engl: jagged arrays.

au chiar formă (hiper)dreptunghiulară. E demn de menționat că se pot folosi matrice cu mai mult de două dimensiuni (tensori).

```
int[,] tab;
```

unde `tab` este o variabilă de tip tablou rectangular bidimensional. Instanțierea (alocarea de memorie și umplerea ei cu valoarea implicită pentru tipul de date al tabloului) se face prin:

```
tab = new int[2,3];
```

rezultând un tablou cu 2 linii și 3 coloane; fiecare linie are exact 3 elemente și acest lucru nu se poate schimba pentru tabloul declarat. Referirea la elementul aflat pe linia `i` și coloana `j` se face cu `tab[i,j]`.

La declararea tabloului se poate face și inițializare:

```
int[,] tab = new int[,] {{1,2},{3,4}};
```

sau, mai pe scurt:

```
int[,] tab = {{1, 2}, {3, 4}};
```

Exemplu:

```
using System;
class Test
{
    public static void Main()
    {
        int[,] tabInm = new int[10,10];
        for( int i=0; i<tabInm.GetLength(0); i++ )
        {
            for( int j=0; j<tabInm.GetLength(1); j++)
            {
                tabInm[i,j] = i * j;
            }
        }
        for( int i=0; i<tabInm.GetLength(0); i++)
        {
            for( int j=0; j<tabInm.GetLength(1); j++)
            {
                Console.WriteLine("{0}*{1}={2}", i, j, tabInm[i,j]);
            }
        }
    }
}
```

```

        Console.WriteLine('tabInm.Length={0}', tabInm.Length);
    }
}

```

După ce se afișează tabla înmulțirii până la 10, se va afișa: `tabInm.Length=100`, deoarece proprietatea `Length` dă numărul total de elemente aflat în tablou (pe toate dimensiunile). Am folosit însă metoda `GetLength(d)` care returnează numărul de elemente aflate pe dimensiunea numărul `d`; după cum se observă în exemplul dat, numărarea dimensiunilor începe cu 0.

Determinarea numărului de dimensiuni pentru un tablou rectangular la run-time se face folosind proprietatea `Rank` a clasei de bază `System.Array`.

Exemplu:

```

using System;
class Dimensiuni
{
    public static void Main()
    {
        int[] t1 = new int[2];
        int[,] t2 = new int[3,4];
        int[,,] t3 = new int[5,6,7];
        Console.WriteLine("t1.Rank={0}{3}t2.Rank={1}{3}t3.Rank={2}",
            t1.Rank, t2.Rank, t3.Rank, Environment.NewLine);
    }
}

```

Pe ecran va apărea:

```

t1.Rank=1
t2.Rank=2
t3.Rank=3

```

Tablouri neregulate

Un tablou neregulat reprezintă un tablou de tablouri. Declararea unui tablou neregulat cu două dimensiuni se face ca mai jos:

```
int[][] tab;
```

Referirea la elementul de indici i și j se face prin `tab[i][j]`, $0 \leq i < \text{tab.Length}$, $0 \leq j < \text{tab[i].Length}$.

Exemplu:

```

using System;
class JaggedArray
{
    public static void Main()
    {
        int[] [] a = new int[2] [];
        a[0] = new int[2];
        a[1] = new int[3];
        for( int i=0; i<a[0].Length; i++)
        {
            a[0][i] = i;
        }
        for( int i=0; i<a[1].Length; i++)
        {
            a[1][i] = i * i;
        }
        for(int i=0; i<a.Length; i++)
        {
            for( int j=0; j<a[i].Length; j++ )
            {
                Console.Write("{0} ", a[i][j]);
            }
            Console.WriteLine();
        }
        Console.WriteLine("a.Rank={0}", a.Rank);
    }
}

```

va scrie pe ecran:

```

0 1
0 1 4
a.Rank=1

```

Ultima linie afișată se explică prin faptul că un tablou neregulat este un vector care conține referințe, deci este unidimensional.

Inițializarea valorilor unui tablou neregulat se poate face la declarare:

```

int[] [] myJaggedArray = new int [] []
{
    new int[] {1,3,5,7,9},
    new int[] {0,2,4,6},
}

```



```
        new int[] {11,22}
    };
```

Forma de mai sus se poate prescurta la:

```
int[][] myJaggedArray = {
    new int[] {1,3,5,7,9},
    new int[] {0,2,4,6},
    new int[] {11,22}
};
```

2.4 Șiruri de caractere

Tipul de date folosit pentru reprezentarea șirurilor de caractere este clasa `System.String` (pentru care se poate folosi aliasul `string`; reamintim că este un tip predefinit). Obiectele de acest tip sunt imuabile (caracterele conținute nu se pot schimba, dar pe baza unui șir se poate obține un alt șir). Șirurile pot conține secvențe escape și pot fi de două tipuri: regulate și de tip “verbatim”¹⁶. Șirurile regulate sunt demarcate prin ghilimele și necesită secvențe escape pentru reprezentarea caracterelor escape.

Exemplu:

```
String a = "literal de tip sir de caractere";
String versuri = "vers1\nvers2";
String caleCompleta = "\\minimax\protect\csharp";
```

Pentru situația în care se utilizează masiv secvențe escape, se pot folosi șirurile verbatim. Un literal de acest tip are simbolul “@” înaintea ghilimelelor de început. Pentru cazul în care ghilimelele sunt întâlnite în interiorul șirului, ele se vor dubla. Un șir de caractere poate fi reprezentat pe mai multe rânduri fără a folosi explicit caracter(e) de salt la linie nouă. Șirurile verbatim sunt folosite pentru a face referiri la fișiere sau chei în regiștri, sau cel mai frecvent pentru expresii regulate.

Exemple:

```
String caleCompleta=@"\minimax\protect\csharp";
//ghilimelele se dubleaza intr-un verbatim string
String s=@"notiunea ""aleator"" se refera la...";
//string multilinie reprezentat ca verbatim
String dialog=@"-Alo? Cu ce va ajutam?
-As avea nevoie de o informatie.";
```

¹⁶Engl: verbatim literals

Operatorii “==” și “!=” pentru două șiruri de caractere se comportă în felul următor: două șiruri de caractere se consideră egale dacă sunt fie amândouă null, fie au aceeași lungime și caracterele de pe aceleași poziții coincid; “!=” dă negarea relației de egalitate. Clasa `string` pune la dispoziție metode pentru: comparare (`Compare`, `CompareOrdinal`, `CompareTo`), căutare (`EndsWith`, `StartsWith`, `IndexOf`, `LastIndexOf`), modificare (a se înțelege obținerea altor obiecte pe baza celui curent - `Concat`, `CopyTo`, `Insert`, `Join`, `PadLeft`, `PadRight`, `Remove`, `Replace`, `Split`, `Substring`, `ToLower`, `ToUpper`, `Trim`, `TrimEnd`, `TrimStart`)¹⁷. Accesarea unui caracter aflat pe o poziție `i` a unui șir `s` se face prin folosirea parantezelor drepte, cu aceleași restricții asupra indicelui ca și pentru tablouri: `s[i]`.

În clasa `object` se află metoda `ToString()` care este suprascrisă polimorfic în fiecare tip de date ale cărei instanțe se doresc a fi tipărite. Pentru obținerea unei reprezentări diferite se folosește metoda `String.Format()`.

Un exemplu de folosire a funcției `Split()` pentru despărțirea unui șir în funcție de separatori este:

```
using System;
class Tokenizer
{
    static void Main(string[] args)
    {
        String s = "Oh, nu m-am gandit la asta!";
        char[] separatori = { ' ', ',', '.' };
        String[] tokens = s.Split( separatori );
        for(int i=0; i<tokens.Length; i++)
        {
            Console.WriteLine("Token: {0}", tokens[i]);
        }
    }
}
```

va afișa pe ecran:

```
Token: Oh
Token:
Token: nu
Token: m-am
Token: gandit
Token: la
Token: asta!
```

¹⁷A se vedea exemplele din MSDN.

Observăm că al doilea token este cuvântul vid, care apare între cei doi separatori alăturați: virgula și spațiul. Metoda `Split()` nu face gruparea mai multor separatori, lucru care ar fi de dorit în prezența a doi separatori alăturați. Pentru aceasta putem apela la două metode. Prima presupune folosirea unei variante supraîncărcate a metodei `Split`, în care se precizează ca al doilea parametru opțiunea de ignorare a rezultatelor goale:

```
String[] tokens = s.Split( separatori,
    StringSplitOptions.RemoveEmptyEntries );
```

A doua modalitate se bazează pe folosirea expresiilor regulate.

Pentru a lucra cu șiruri de caractere care permit modificarea lor (concatenări repetate, modificări de caractere pe anumite poziții, substituiri de subșiruri) se folosește clasa `StringBuilder`, din spațiul de nume `System.Text`.

2.4.1 Expresii regulate

În cazul în care funcțiile din clasa `String` nu sunt suficient de puternice, namespace-ul `System.Text.RegularExpressions` pune la dispoziție o clasă de lucru cu expresii regulate numită `Regex`. Expresiile regulate reprezintă o metodă extrem de facilă de a opera căutări/înlocuiri pe text. Forma expresiilor regulate este cea din limbajul Perl.

Exemplul anterior de separare în cuvinte poate fi rescris corect din punct de vedere al funcționalității prin folosirea unei expresii regulate, pentru a prinde și cazul separatorilor multipli adiacenți:

```
class ExpresieRegulata
{
    static void Main(string[] args)
    {
        String s = "Oh, nu m-am gandit la asta!";
        //separator: virgula, spatiu sau punct si virgula
        //unul sau mai multe, orice combinatie
        Regex regex = new Regex("[, ;]+");
        String[] strs = regex.Split(s);
        for( int i=0; i<strs.Length; i++)
        {
            Console.WriteLine("Word: {0}", strs[i]);
        }
    }
}
```

care va produce:

44 CAPITOLUL 2. TIPURI PREDEFINITE, TABLOURI, STRING-URI

Word: Oh

Word: nu

Word: m-am

Word: gandit

Word: la

Word: asta!

Capitolul 3

Clase – generalități. Instrucțiuni. Spații de nume

3.1 Clase – vedere generală

Clasele reprezintă tipuri referință. O clasă poate să moștenească în mod direct o singură clasă și poate implementa mai multe interfețe.

Clasele pot conține constante, câmpuri, metode, proprietăți, evenimente, indexatori, operatori, constructori de instanță, destructori, constructori de clasă, tipuri imbricate. Fiecare membru poate conține un nivel de protecție, care controlează gradul de acces la el. O descriere este dată în tabelul 3.1:

Tabela 3.1: Modificatori de acces ai membrilor unei clase

Accesor	Semnificație
<code>public</code>	Acces de oriunde
<code>protected</code>	Acces limitat la clase derivate din ea
<code>internal</code>	Acces limitat la assembly-ul conținător
<code>protected internal</code>	Acces limitat la assembly-ul conținător sau la tipuri derivate din clasă
<code>private</code>	Acces limitat la clasă; este modificatorul implicit de acces
<code>private protected</code>	Acces limitat la clase derivate din clasa curentă și aflate în același assembly

Suplimentar (și în mod evident), orice membru declarat într-o clasă este accesibil în interiorul ei. Specificatorul `private protected` este accesibil

doar din versiunea 7.2 a limbajului C#¹.

```
using System;
class MyClass
{
    public MyClass()
    {
        Console.WriteLine("Constructor instanta");
    }
    public MyClass( int value )
    {
        myField = value;
        Console.WriteLine("Constructor instanta");
    }
    public const int MyConst = 12;
    private int myField = 42;
    public void MyMethod()
    {
        Console.WriteLine("this.MyMethod");
    }
    public int MyProperty
    {
        get
        {
            return myField;
        }
        set
        {
            myField = value;
        }
    }
    public int this[int index]
    {
        get
        {
            return 0;
        }
    }
}
```

¹Pentru setarea acestei versiuni in Visual Studio se procedeaza astfel: se deschid proprietățile proiectului, se selecteaza pagina Build, se selecteaza Advanced... și sub General se seteaza Language Version la 7.2.

```

    }
    set
    {
        Console.WriteLine("this[{0}]={1}", index, value);
    }
}
public event EventHandler MyEvent;
public static MyClass operator+(MyClass a, MyClass b)
{
    return new MyClass(a.myField + b.myField);
}
}

class Demo
{
    static void Main()
    {
        MyClass a = new MyClass();
        MyClass b = new MyClass(1);
        Console.WriteLine("MyConst={0}", MyClass.MyConst);
        //a.myField++; //gradul de acces nu permite lucrul direct cu campul
        a.MyMethod();
        a.MyProperty++;
        Console.WriteLine("a.MyProperty={0}", a.MyProperty);
        a[3] = a[1] = a[2];
        Console.WriteLine("a[3]={0}", a[3]);
        a.MyEvent += new EventHandler(MyHandler);
        MyClass c = a + b;
    }

    static void MyHandler(object Sender, EventArgs e)
    {
        Console.WriteLine("Demo.MyHandler");
    }

    internal class MyNestedType
    {}
}

```

Constanta este un membru al unei clase care reprezintă o valoare nemodificabilă, care poate fi evaluată la compilare. Constantele pot depinde

de alte constante, atâta timp cât nu se creează dependențe circulare. Ele sunt considerate automat membri statici (dar este interzis să se folosească specificatorul “`static`” în fața lor). Ele pot fi accesate exclusiv prin intermediul numelui de clasă (`MyClass.MyConst`), și nu prin intermediul vreunei instanțe (`a.MyConst`, unde `a` reprezintă nume de variabilă).

Câmpul este un membru asociat fiecărui obiect; el stochează o valoare care contribuie la starea obiectului.

Metoda este un membru care implementează un calcul sau o acțiune care poate fi efectuată asupra unui obiect sau asupra unei clase. Metodele statice (care au în antet cuvântul cheie “`static`”) sunt accesate prin intermediul numelui de clasă, pe când cele nestatice (metode instanță) sunt apelate prin intermediul unui obiect:
`obiect.NumeMetodaNestatica(parametri).`

Proprietatea este un membru care dă acces la o caracteristică a unui obiect sau unei clase. Exemplele folosite până acum includeau lungimea unui vector, numărul de caractere ale unui șir de caractere etc. Sintaxa pentru accesarea câmpurilor și a proprietăților este aceeași. Reprezintă modalitatea standard de implementare a accesoriilor pentru obiecte în C#.

Evenimentul este un membru care permite unei clase sau unui obiect să pună la dispoziția altora notificări asupra evenimentelor. Tipul acestei declarații trebuie să fie un tip delegat. O instanță a unui tip delegat încapsulează una sau mai multe entități apelabile. Exemplu:

```
public delegate void EventHandler(object sender,
                                System.EventArgs e);

public class Button
{
    public event EventHandler Click;
    public void Reset()
    {
        Click = null;
    }
}

using System;
public class Form1
```



```

{
    Button button1 = new Button1();

    public Form1()
    {
        button1.Click += new EventHandler(Button1_Click);
    }

    void Button1_Click(object sender, EventArgs e )
    {
        Console.WriteLine("Button1 was clicked!");
    }

    public void Disconnect()
    {
        button1.Click -= new EventHandler(Button1_Click);
    }
}

```

Mai sus clasa `Form1` adaugă `Button1_Click` ca tratare de eveniment² pentru evenimentul `Click` al lui `button1`. În metoda `Disconnect()`, acest event handler este înlăturat.

Operatorul este un membru care definește semnificația (supraîncărcarea) unui operator care se aplică instanțelor unei clase. Se pot supraîncărca operatorii binari, unari și de conversie.

Indexatorul este un membru care permite unui obiect să fie indexat în același mod ca un tablou.

Constructorii instanță sunt membri care implementează acțiuni cerute pentru inițializarea fiecărui obiect.

Destructorul este un membru special care implementează acțiunile cerute pentru a dealoca resursele (altele decât de tip memorie) alocate de un obiect. Destructorul nu are parametri, nu poate avea modificatori de acces, nu poate fi apelat explicit și este apelat automat de către garbage collector.

Constructorul static este un membru care implementează acțiuni necesare pentru a inițializa o clasă, mai exact membrii statici ai clasei. Nu poate

²Engl: event handler.

avea parametri, nu poate avea modificatori de acces, nu este apelat explicit, ci automat de către sistem.

Moștenirea este de tip simplu — adică o clasă poate să moștenească în mod direct dintr-o singură clasă — iar rădăcina ierarhiei este clasa `object` (alias `System.Object`).

3.2 Transmiterea de parametri

Parametrii metodelor permit transmiterea de valori la apel. În mod implicit, transmiterea se face prin valoare. Acest lucru înseamnă că la apelul unei metode, pe stivă se copiază valoarea parametrului actual transmis, iar la revenire din metodă această valoare va fi ștearsă. Exemplificăm în listing-ul [3.1](#) acest lucru pentru tipul valoare; în figura [3.1](#) este o reprezentare figurativă a comportamentului.

Listing 3.1: Transmiterea de parametri de tip valoare prin valoare

```
using System;
class DemoTipValoare
{
    static void f(int b)
    {
        Console.WriteLine("la intrare in f: {0}", b );
        ++b;
        Console.WriteLine("la iesire din f: {0}", b );
    }
    static void Main()
    {
        int a = 100;
        Console.WriteLine("inainte de intrare in f: {0}", a);
        f( a );
        Console.WriteLine("dupa executarea lui f: {0}", a);
    }
}
```

Executarea programului din listing-ul [3.1](#) va avea ca rezultat:

```
inainte de intrare in f: 100
la intrare in f: 100
la iesire din f: 101
dupa executarea lui f: 100
```



Figura 3.1: Transmiterea prin valoare a variabilelor de tip valoare, conform codului din listing-ul 3.1

Pentru variabile de tip referință, pe stivă se depune tot o copie a valorii obiectului. Însă pentru un asemenea tip de variabilă acest lucru înseamnă că pe stivă se va depune ca valoare adresa de memorie la care este stocat obiectul respectiv. Ca atare, metoda apelată poate să modifice starea obiectului care se transmite. Codul de exemplificare este dat în listing-ul 3.2, iar exemplul este prezentat grafic în figura 3.2.

Listing 3.2: Transmiterea prin valoare de parametri de tip referință. Modificarea stării obiectului este vizibilă și după ce se iese din metodă

```

class Employee
{
    public String Name; // acces public pe camp pentru
    //simplificarea exemplului
    public decimal Salary; //idem
}

class Demo
{
    static void Main()
    {
        Employee e = new Employee();
        e.Name = "Ionescu";
        e.Salary = 300M;
        System.Console.WriteLine("inainte de apel: name={0},
                                   salary={1}", e.Name, e.Salary );
        f( e );
        System.Console.WriteLine("dupa apel: name={0}, salary={1}",
                                   e.Name, e.Salary );
    }

    private static void f( Employee emp )
    {
        emp.Salary += 100M;
        emp.Name = "Ion-Ionescu";
    }
}

```

Rezultatul executării codului din listing-ul 3.2 este:

```

inainte de apel: name=Ionescu, salary=300
dupa apel: name=Ion-Ionescu, salary=400

```



(a) Înainte de apelul metodei f : variabila locală e este alocată pe stivă și are valoarea 4000, reprezentând adresa de memorie din heap unde se găsește obiectul creat.



(b) La intrarea în f , înainte de atribuire: pe stivă se alocă spațiu pentru valoarea trimisă prin parametru; valoarea provine din copierea valorii parametrului actual e . Cele două variabile vor indica spre același obiect din heap.



(c) După atribuire, înainte de ieșirea din f . Se observă modificarea apărută în heap.



(d) După ieșirea din f . Spațiul alocat pe stivă pentru parametrul emp este disponibilizat, dar valorile din heap rămân așa cum au fost ele modificate în f .

Figura 3.2: Transmiterea prin valoare a variabilelor de tip referință, conform codului din listing-ul 3.2

Totuși, chiar și în cazul tipului referință transmis prin valoare încercarea de a re-crea în interiorul unei metode un obiect transmis ca parametru nu are nici un efect după terminarea ei, după cum este arătat în listing-ul 3.3 și figura 3.3.

Listing 3.3: Transmitere de parametru de tip referință prin valoare. Modificarea adresei obiectului nu este vizibilă după ieșirea din metodă

```
1 using System;
2 class MyClass
3 {
4     public int x; //camp public , pentru simplitate
5 }
6
7 class Demo
8 {
9     static void f(MyClass b)
10    {
11        Console.WriteLine("intrare in f: {0}", b.x);
12        b = new MyClass();
13        b.x = -100;
14        Console.WriteLine("iesire din f: {0}", b.x);
15    }
16    static void Main()
17    {
18        MyClass a = new MyClass();
19        a.x = 100;
20        Console.WriteLine("inainte de apel: {0}", a.x);
21        f(a);
22        Console.WriteLine("dupa apel: {0}", a.x);
23    }
24 }
```

Ieșirea codului din listing-ul 3.3 este:

```
inainte de apel: 100
intrare in f: 100
iesire din f: -100
dupa apel: 100
```

Există situații în care acest comportament nu este cel dorit: am vrea ca efectul asupra unui parametru să se mențină și după ce metoda apelată s-a terminat.



(a) Înainte de apelul metodei f : variabila locală a este alocată pe stivă și are valoarea 4000, reprezentând adresa de memorie din heap unde se găsește obiectul creat.



(b) La intrarea în f , înainte de instrucțiunea de la linia 11 din listing-ul 3.3: pe stivă se alocă spațiu pentru valoarea trimisă prin parametru; valoarea provine din copierea valorii parametrului actual a . Cele două variabile vor indica spre același obiect din heap.



(c) După linia 12 a aceluiași listing. Se observă modificările apărute în heap, iar b indică spre noul obiect. Obiectul a rămâne cu starea nealterată.



(d) După ieșirea din f . Spațiul alocat pe stivă pentru parametrul b este disponibilizat.

Figura 3.3: Transmiterea prin valoare a variabilelor de tip referință nu permit modificarea referinței. Figura este asociată listing-ul 3.3

Un parametru referință (**ref**) este folosit tocmai pentru a rezolva problema transmiterii prin valoare, folosind referință (adică alias) pentru entitatea dată de către metoda apelantă. Pentru a transmite un parametru prin referință, se prefixează cu cuvântul cheie **ref** la apel și la declarare de metodă, conform codului din listing-ul 3.4.

Listing 3.4: Trimitere de parametri prin referință

```
using System;
class Demo
{
    static void swap(ref int a, ref int b)
    {
        int t = a;
        a = b;
        b = t;
    }

    static void Main()
    {
        int x=1, y=2;
        Console.WriteLine("inainte de apel: x={0}, y={1}",
            x, y);
        swap(ref x, ref y);
        Console.WriteLine("dupa apel: x={0}, y={1}", x, y);
        //se va afisa:
        //inainte de apel: x=1, y=2
        //dupa apel: x=2, y=1
    }
}
```

Explicația acestui comportament este că la apelul metodei **swap**, se trimit nu copii ale valorilor **x** și **y**, ci adresele de memorie unde se află stocate **x** și **y** pe stivă (altfel zis, referințe către **x** și **y**). Ca atare, efectul atribuirilor din cadrul metodei **swap** sunt vizibile și după ce s-a revenit din apelul ei.

Una din trăsăturile specifice parametrilor referință este că valorile pentru care se face apelul trebuie să fie inițializate. Neassignarea de valoare pentru **x**, de exemplu, duce o eroare de compilare: “Use of unassigned local variable ‘x’”.

Listing 3.5: Variabilele trimise prein *ref* trebuie să fie inițializate înainte de apelul metodei.

```
class DemoRef
```



```

{
    static void f(ref int x)
    {
        x = 100;
    }
    static void Main()
    {
        int x; //variabila neintializata;
        //compilatorul "stie" acest lucru
        f(ref x);
    }
}
//eroare de compilare:
//Use of unassigned local variable 'x'

```

Există cazuri în care dorim să obținem același efect ca la parametrii referință, dar fără a trebui să inițializăm argumentele date de către metoda apelantă, de exemplu când valoarea acestui parametru se calculează în interiorul metodei apelate. Pentru aceasta există parametrii de ieșire³, similari cu parametrii referință, cu deosebirea că nu trebuie asignată o valoare parametrului de apel înainte de apelul metodei, dar neapărat metoda trebuie să asigneze o valoare înainte de terminarea execuției ei, chiar dacă parametrul formal are valoare setată înainte de apel. Un exemplu este dat în listing-ul 3.6.

Listing 3.6: Utilizarea unui parametru de ieșire

```

using System;
class DemoOut
{
    static void Main()
    {
        int l = 10;
        double aria;
        calculAriaPatrat( l, out aria );
        Console.WriteLine("Aria este: {0}", aria);
    }

    static void calculAriaPatrat( double l, out double aria )
    {
        aria = l * l;
    }
}

```

³În original: output parameters.

```

    }
}

```

Un exemplu provenind din platforma .NET este metoda `TryParse` regăsită în tipurile de date numerice și nu numai: `int`, `double` etc., pentru care se dorește interpretarea unui șir de caractere ca fiind o variabilă de tipul respectiv:

Listing 3.7: Metoda `TryParse` pentru transformarea dintr-un șir de caractere într-o variabilă întreagă

```

using System;
class DemoTryParse
{
    static void Main()
    {
        String sir = Console.ReadLine();
        Console.Write("Introduceți un număr: ");
        int numar;
        bool conversieReusita = int.TryParse(sir, out numar);
        if (conversieReusita)
        {
            Console.WriteLine("Conversie reusita: {0}", numar);
        }
    }
}

```

Pentru toate tipurile de parametri de mai sus există o corespondență de 1 la 1 între parametrii actuali și cei formali. Un parametru vector⁴ permite o relație de tipul unul-la-mulți: unui parametru formal declarat în antetul funcției îi vor corespunde mai multe valori la rulare. Un astfel de parametru se declară folosind modifierul `params`.

Pentru o implementare de metodă, putem avea cel mult un parametru de tip vector și acesta trebuie să fie ultimul în lista de parametri. Acest parametru formal este tratat ca un tablou unidimensional. Un exemplu este dat în listing-ul 3.8; se remarcă diferitele modalități de apel.

Listing 3.8: Exemplu de utilizare de parametru de tip vector

```

using System;
class Demo
{
    static void f(params int[] args)

```

⁴În original: parameter array.

```

    {
        Console.WriteLine("numarul de parametri: {0}", args.Length);
        for (int i = 0; i < args.Length; i++)
        {
            Console.WriteLine("args[{0}]={1}", i, args[i]);
        }
    }

    static void Main()
    {
        f();
        f(1);
        f(1, 2);
        f(new int[] { 1, 2, 3 });
    }
}

```

Acest tip de transmitere se folosește și de către metoda `WriteLine` (sau `Write`) a clasei `Console`, i.e. există în această clasă o metodă de forma⁵:

```

public static void WriteLine(string format,
    params Object[] args)
{ ... }

```

unde este esențial aportul mecanismului de boxing, a se vedea secțiunea [3.3.3](#).

3.3 Conversii

O conversie permite ca o expresie de un anumit tip să fie tratată ca fiind de alt tip. Conversiile pot fi implicite sau explicite, aceasta specificând de fapt dacă un operator de conversie este sau nu necesar.

3.3.1 Conversii implicite

Sunt clasificate ca și conversii implicite următoarele:

- conversiile identitate
- conversiile numerice implicite
- conversiile implicite de tip enumerare

⁵A se vedea [MSDN](#).

- conversiile implicite de referințe
- boxing
- conversiile implicite ale expresiilor constante
- conversii implicite definite de utilizator

Conversiile implicite pot apărea într-o varietate de situații, de exemplu apeluri de metode sau atribuiri. Conversiile implicite predefinite nu determină niciodată apariția de excepții.

Conversiile identitate

O conversie identitate convertește de la un tip oarecare către același tip.

Conversiile numerice implicite

Conversiile numerice implicite sunt:

- de la sbyte la short, int, long, float, double, decimal;
- de la byte la short, ushort, int, uint, long, ulong, float, double, decimal;
- de la short la int, long, double, decimal;
- de la ushort la int, uint, long, ulong, float, double, decimal;
- de la int la long, float, double, decimal;
- de la uint la long, ulong, float, double, decimal;
- de la long la float, double, decimal;
- de la ulong la float, double, decimal;
- de la char la ushort, int, uint, long, ulong, float, double, decimal;
- de la float la double.

Conversiile de la int, uint, long, ulong la float, precum și cele de la long sau ulong la double pot duce la o pierdere a preciziei, dar niciodată la o reducere a ordinului de mărime. Alte conversii numerice implicite niciodată nu duc la pierdere de informație.

Conversiile de tip enumerare implicite

O astfel de conversie permite ca literalul 0 să fie convertit la orice tip enumerare (chiar dacă acesta nu conține valoarea 0) - a se vedea 2.2.3, pag. 29.

Conversii implicite de referințe

Conversiile implicite de referințe implicite sunt:

- de la orice tip referință la object;
- de la orice tip clasă B la orice tip clasă A, dacă B este derivat din A;
- de la orice tip clasă A la orice interfață B, dacă A implementează B;
- de la orice interfață A la orice interfață B, dacă A este derivată din B;
- de la orice tip tablou A cu tipul A_E la un tip tablou B având tipul B_E , cu următoarele condiții:
 1. A și B au același număr de dimensiuni;
 2. atât A_E cât și B_E sunt tipuri referință;
 3. există o conversie implicită de tip referință de la A_E la B_E
- de la un tablou la System.Array;
- de la tip delegat la System.Delegate;
- de la orice tip tablou sau tip delegat la System.ICloneable;
- de la null la orice variabilă de tip referință;

Conversie de tip boxing

Permite unui tip valoare să fie implicit convertit către un alt tip de date, aflat deasupra în ierarhie. Astfel, se poate face conversie de la o variabilă de tip enumerare sau de tip structură către tipul `object` sau `System.ValueType` sau către o interfață pe care structura o implementează. O descriere amănunțită este dată în secțiunea 3.3.3.

Conversii implicite definite de utilizator

Constau într-o conversie implicită standard opțională, urmată de execuția unui operator de conversie implicită utilizator urmată de altă conversie implicită standard opțională. Regulile exacte sunt descrise în [8].

3.3.2 Conversii explicite

Următoarele conversii sunt clasificate ca explicite:

- toate conversiile implicite
- conversiile numerice explicite
- conversiile explicite de enumerări
- conversiile explicite de referințe
- unboxing
- conversii explicite definite de utilizator

Din cauză că orice conversie implicită este de asemenea și una explicită, aplicarea operatorului de conversie este redundantă:

```
int x = 0;  
long y = (long)x;//(long) este redundant
```

Conversii numerice explicite

Sunt conversii de la orice tip numeric la un alt tip numeric pentru care nu există conversie numerică implicită:

- de la sbyte la byte, ushort, uint, ulong, char;
- de la byte la sbyte, char;
- de la short la sbyte, byte, ushort, uint, ulong, char;
- de la ushort la sbyte, byte, short, char;
- de la int la sbyte, byte, short, ushort, int, char;
- de la uint la sbyte, byte, short, ushort, int, uint, long, ulong, char;
- de la long la sbyte, byte, short, ushort, int, uint, ulong, char;
- de la ulong la sbyte, byte, short, ushort, int, uint, long, char;
- de la char la sbyte, byte, short;
- de la float la sbyte, byte, short, ushort, int, uint, long, ulong, decimal;

- de la double la sbyte, byte, short, ushort, int, uint, long, ulong, char, float, decimal;
- de la decimal la sbyte, byte, short, ushort, int, uint, long, ulong, char, float, double;

Pentru că în astfel de conversii pot apărea pierderi de informație, există două contexte în care se fac aceste conversii: checked și unchecked.

În context checked, conversia se face cu succes dacă valoarea care se convertește este reprezentabilă de către tipul către care se face conversia. În cazul în care conversia nu se poate face cu succes, se va arunca excepția `System.OverflowException`. În context unchecked, conversia se face întotdeauna, dar se poate ajunge la pierdere de informație sau la valori ce nu sunt bine nedefinite (vezi [8], pag. 115–116).

Conversii explicite de enumerări

Conversiile explicite de enumerări sunt:

- de la sbyte, byte, short, ushort, int, uint, long, ulong, char, float, double, decimal la orice tip enumerare;
- de la orice tip enumerare la sbyte, byte, short, ushort, int, uint, long, ulong, char, float, double, decimal;
- de la orice tip enumerare la orice tip enumerare.

Conversiile de tip enumerare se fac prin tratarea fiecărui tip enumerare ca fiind tipul întreg de reprezentare, după care se efectuează o conversie implicită sau explicită între tipuri (ex: dacă se dorește conversia de la un tip enumerare `E` care are tipul de reprezentare `int` la un tip `byte`, se va face o conversie explicită de la `int` la `byte`; invers, se va face o conversie implicită de la `byte` la `int`).

Conversii explicite de referințe

Conversiile explicite de referințe sunt:

- de la object la orice tip referință;
- de la orice tip clasă `A` la orice tip clasă `B`, cu condiția ca `A` să fie clasă de bază pentru `B`;
- de la orice tip clasă `A` la orice tip interfață `B`, dacă `A` nu este nederivabilă și `A` nu implementează pe `B`;

- de la orice tip interfață A la orice tip clasă B, dacă B nu este nederivabilă sau cu condiția ca B să implementeze A;
- de la orice tip interfață A la orice tip interfață B, dacă A nu este derivat din B;
- de la un tip tablou A cu elemente de tip A_E la un tip tablou B cu elemente B_E , cu condițiile:
 1. A și B au același număr de dimensiuni;
 2. A_E și B_E sunt tipuri referință;
 3. există o conversie de referință explicită de la A_E al B_E
- de la System.Array și interfețele pe care le implementează la orice tip tablou;
- de la System.Delegate și interfețele pe care le implementează la orice tip delegat.

Acest tip de conversii cer verificare la run-time. Dacă o astfel de conversie eșuează, se va arunca o excepție de tipul System.InvalidCastException.

Unboxing

Unboxing-ul permite o conversie explicită de la object sau System.ValueType la orice tip valoare, sau de la orice tip interfață la orice tip valoare care implementează tipul interfață. Mai multe detalii se vor da în secțiunea 3.3.3.

Conversii explicite definite de utilizator

Constau într-o conversie standard explicită opțională, urmată de execuția unei conversii explicite, urmată de o altă conversie standard explicită opțională⁶.

3.3.3 Boxing și unboxing

Boxing-ul și unboxing-ul reprezintă modalitatea prin care C# permite utilizarea simplă a sistemului unificat de tipuri. Spre deosebire de Java, unde există tipuri primitive și tipuri referință, în C# toate tipurile sunt derivate din clasa object (alias System.Object). De exemplu, tipul int (alias System.Int32) este derivat din clasa System.ValueType care la rândul ei este derivată din clasa object (alias System.Object). Ca atare, un întreg este convertibil – prin conversie implicită – la tipul Object.

⁶Și dacă tu, cititorule, te-ai plictisit citind această parte, gândește-te la mine care a trebuit să o și scriu ☹.

Boxing

Conversia de tip boxing permite oricărui tip valoare să fie implicit convertit către tipul `object` sau către un tip interfață implementat de tipul valoare. Boxing-ul unei valori constă în alocarea unei variabile de tip obiect și copierea valorii inițiale în acea instanță.

Procesul de boxing al unei valori sau variabile de tip valoare se poate înțelege ca o simulare de creare de clasă pentru acel tip:

```
sealed class T_Box
{
    T value;
    public T_Box(T t)
    {
        value = t;
    }
}
```

Astfel, declarațiile:

```
int i = 123;
object box = i;
```

corespund conceptual la:

```
int i = 123;
object box = new int_Box(i);
```

Pentru secvența de atribuire asupra unor variabile locale:

```
int i = 10; //linia 1
object o = i; //linia 2
int j = (int)o; //linia 3
```

procesul se desfășoară ca în figura 3.4: la linia 1, se declară și se inițializează o variabilă de tip valoare, care va conține valoarea 10. La următoarea linie se va crea o referință o către un obiect alocat în heap, care va conține atât valoarea 10, cât și o informație despre tipul de dată conținut (în cazul nostru, `System.Int32`). Unboxing-ul se face printr-o conversie explicită, ca în linia a treia.

Determinarea tipului pentru care s-a făcut împachetarea se face prin intermediul operatorului `is`:



Figura 3.4: Boxing și unboxing

```

int i = 123;
object o = i;
if (o is int)
{
    Console.WriteLine("Este un int inauntru!");
}
  
```

Boxing-ul duce la o clonare a valorii care va fi conținută. Altfel spus, secvența:

```

int i = 10;
object o = i;
i++;
Console.WriteLine("in o: {0}", o);
  
```

va afișa valoarea înglobată în obiect, 10.

3.4 Declarații de variabile și constante

Variabilele și constantele trebuie declarate în C# cu tip și nume. Opțional, pentru variabile se poate specifica valoarea inițială, iar pentru constante acest lucru este obligatoriu. O variabilă trebuie să aibă valoarea asignată definită înainte ca valoarea ei să fie utilizată, în cazul în care este declarată în interiorul unei metode. Este o eroare ca într-un sub-bloc să se declare o variabilă cu același nume ca în blocul conținător:

```

void F()
{
    int x = 3, y; //ok
    const double d = 1.1; //ok
    {
  
```

```
    string x = "Mesaj: "; //eroare, x mai este declarat
    //in blocul continator
    int z = x + y; //eroare, y nu are o valoare definita asignata
}
}
```

Constantele au valori inițiale care trebuie să se poată evalua la compilare.

3.5 Instrucțiuni C#

3.5.1 Declarații de etichete

O etichetă poate prefixa o instrucțiune. Ea este vizibilă în întregul bloc și toate sub-blocurile conținute. O etichetă poate fi referită de către o instrucțiune goto:

```
class DemoLabel
{
    private int f(int x)
    {
        if (x >= 0) goto myLabel;
        x = -x;
        myLabel: return x;
    }
    static void Main()
    {
        DemoLabel dl = new DemoLabel();
        dl.f(-14);
    }
}
```

3.5.2 Instrucțiuni de selecție

Instrucțiunea if

Instrucțiunea if execută o instrucțiune în funcție de valoarea de adevăr a unei expresii logice. Are formele:

```
if (expresie logica) instructiune;
if (expresie logica) instructiune; else instructiune;
```

Instrucțiunea switch

Permite executarea unei instrucțiuni în funcție de valoarea unei expresii, care se poate regăsi sau nu într-o listă de valori candidat:

```
switch (expresie)
{
    case eticheta: instructiune;
    case eticheta: instructiune;
    ...
    default: instructiune;
}
```

O etichetă reprezintă o expresie constantă. O instrucțiune poate să și lipsească și în acest caz se va executa instrucțiunea de la **case**-ul următor, sau de la **default**. Secțiunea **default** poate să lipsească. Dacă o instrucțiune este nevidă, atunci va trebui să fie terminată cu o instrucțiune **break** sau **goto case expresieConstanta** sau **goto default**.

Expresia după care se face selecția poate fi de tip **sbyte**, **byte**, **short**, **ushort**, **int**, **uint**, **long**, **ulong**, **char**, **string**, enumerare. Dacă valoarea expresiei se regăsește printre valorile specificate la clauzele **case**, atunci instrucțiunea corespunzătoare va fi executată; dacă nu, atunci instrucțiunea de la clauza **default** va fi executată (dacă ea există). Spre deosebire de C și C++, e interzis să se folosească fenomenul de “cădere” de la o etichetă la alta; continuarea se face folosind explicit **goto**.

```
switch (i)
{
    case 0:
        Console.WriteLine("0");
        break;
    case 1:
        Console.Write("Valoarea ");
        goto case 2;
    case 2:
    case 3:
        Console.WriteLine(i.ToString());
        break;
    case 4:
        goto default;
    default:
        Console.WriteLine("Numar in afara domeniului admis");
}
```

```
        break;//neaparat, altfel eroare de compilare
    }
```

Remarcăm în exemplul de mai sus că chiar și în cazul lui **default** e necesar să se folosească instrucțiune de salt (în cazul nostru **break**); o motivație ar fi că această clauză **default** nu e necesar să fie trecută ultima în **switch**, ci chiar și pe prima poziție.

Există un caz în care **break**, **goto case** valoare sau **goto default** pot să lipsească: când este evident că o asemenea instrucțiune **break/goto** nu ar putea fi atinsă (e.g. sunt prezente instrucțiunile **return**, **throw** sau o ciclare despre care se poate determina la compilare că este infinită).

3.5.3 Instrucțiuni de ciclare

Există 4 instrucțiuni de ciclare: **while**, **do**, **for**, **foreach**.

Instrucțiunea **while**

Permite executarea unei instrucțiuni atâta timp cât valoarea unei expresii logice este adevărată (ciclu cu test anterior).

Sintaxa:

```
while (expresie logica) instructiune;
```

În interiorul unei astfel de instrucțiuni se poate folosi o instrucțiune de salt de tip **break** sau **continue**.

```
while (r != 0)
{
    r = a%b;
    a = b;
    b = r;
}
```

Instrucțiunea **do**

Execută o instrucțiune o dată sau de mai multe ori, cât timp o condiție logică este adevărată (ciclu cu test posterior).

Exemplu:

```
do
{
    S += i++;
}while(i<=n);
```

Poate conține instrucțiuni **break** sau **continue**.

Instrucțiunea for

Execută o secvență de inițializare, după care va executa o instrucțiune atâta timp cât o condiție este adevărată (ciclu cu test anterior); poate să conțină un pas de reinițializare (trecerea la pasul următor). Se permite folosirea instrucțiunilor **break** și **continue**.

Exemplu:

```
for (int i=0; i<n; i++)
{
    Console.WriteLine("i={0}", i);
}
```

Instrucțiunea foreach

Enumeră elementele dintr-o colecție, executând o instrucțiune pentru fiecare din ele. Colecția poate să fie orice instanță a unei clase care implementează interfața `System.Collections.IEnumerable` (vezi curs 7).

Exemplu:

```
int[] t = {1, 2, 3};
foreach( int x in t)
{
    Console.WriteLine(x);
}
```

Elementul care se extrage este read-only (deci nu poate fi transmis ca parametru **ref** sau **out** și nu se poate aplica un operator sau o metodă care să îi schimbe valoarea).

3.5.4 Instrucțiuni de salt

Permit schimbarea ordinii de execuție a instrucțiunilor. Ele sunt: **break**, **continue**, **goto**, **return**, **throw**.

Instrucțiunea break

Produce ieșirea forțată dintr-un ciclu de tip **while**, **do**, **for**, **foreach**.

Instrucțiunea continue

Pornește o nouă iterație în interiorul celui mai apropiat ciclu conținător de tip **while**, **do**, **for**, **foreach**.

Instrucțiunea goto

Goto permite saltul la o anumită instrucțiune. Are 3 forme:

```
goto eticheta;  
goto case expresieconstanta;  
goto default;
```

Cerința este ca eticheta la care se face saltul să fie definită în cadrul metodei curente și saltul să nu se facă în interiorul unor blocuri de instrucțiuni, deoarece nu se poate reface întotdeauna contextul acelui bloc.

Se recomandă evitarea utilizării intense a acestui cuvânt cheie, în caz contrar se poate ajunge la fenomenul de “spaghetti code”. Pentru o argumentare consistentă a acestei indicații, a se vedea articolul clasic al lui Edsger W. Dijkstra, “Go To Statement Considered Harmful”: <http://www.acm.org/classics/oct95/>

Instrucțiunea return

Determină cedarea controlului metodei apelate de către metoda apelantă. Dacă metoda apelată are tip de retur, atunci instrucțiunea return trebuie să fie urmată de o expresie care suportă o conversie implicită către tipul de retur.

3.5.5 Instrucțiunile try, throw, catch, finally

Permit tratarea excepțiilor. Vor fi studiate în detaliu la capitolul 6 de excepții.

3.5.6 Instrucțiunile checked și unchecked

Controlează contextul de verificare de depășire a domeniului pentru aritmetica pe întregi și conversii. Au forma:

```
checked  
{  
    //instrucțiuni  
}  
unchecked  
{  
    //instrucțiuni  
}
```

Verificare se va face la run-time.

3.5.7 Instrucțiunea lock

Obține excluderea mutuală asupra unui obiect pentru executarea unui bloc de instrucțiuni. Are forma:

```
lock (x) instructiune
```

unde variabila `x` trebuie să fie de tip referință (dacă este de tip valoare, nu se face boxing).

3.5.8 Instrucțiunea using

Determină obținerea uneia sau a mai multor resurse, execută o instrucțiune și apoi disponibilizează resursa:

```
using ( achizitie de resurse ) instructiune
```

O resursă este o clasă sau un tip structură ce implementează interfața `System.IDisposable`; interfața conține o sigură metodă fără parametri și fără valoare de retur — `void Dispose()`. Achiziția de resurse se poate face sub formă de variabile locale sau a unor expresii; toate acestea trebuie să fie implicit convertibile la `IDisposable`. Variabilele locale alocate ca resurse sunt read-only. Resursele sunt automat dealocate (prin apelul de `Dispose`) la sfârșitul instrucțiunii (care poate fi bloc de instrucțiuni).

Motivul pentru care există această instrucțiune este unul simplu: uneori se dorește ca pentru anumite obiecte care dețin resurse importante să se apeleze automat metodă `Dispose()` de dealocare a lor, de îndată ce nu mai sunt folosite.

Exemplu:

```
using System;
using System.IO;
class Demo
{
    static void Main()
    {
        using( TextWriter w = File.CreateText("log.txt") )
        {
            w.WriteLine("This is line 1");
            w.WriteLine("This is line 2");
        }
    }
}
```


Să presupunem că avem codul următor⁷:

```
class MyResource : IDisposable//clasa MyResource
//implementeaza interfata IDisposable
{
    public void Dispose()
    {
        Console.WriteLine("MyResource.Dispose()");
    }
}
```

iar utilizarea ei cu instrucțiunea `using` este:

```
class Program
{
    static void Main(string[] args)
    {
        using (MyResource resource = new MyResource())
        {
            Console.WriteLine("In using");
        }
    }
}
```

La execuția programului se vor afișa mesajele:

```
In using
MyResource.Dispose()
```

Există totuși un caz cunoscut în care nu se execută codul conținut în metoda `Dispose`: atunci când se cere din același program oprirea întregului proces, de exemplu cu `Environment.Exit(0)`.

3.6 Spații de nume

În cazul creării de tipuri este posibil să se folosească un același nume pentru tipurile noi create de către dezvoltatorii de soft. Pentru a putea folosi

⁷Pentru noțiunea de interfață, a se vedea secțiunea 5.5. Pentru moment, e de ajuns să se știe că tipul de date `MyResource` se poate vedea ca fiind și de tipul `IDisposable` (de fapt, este o conversie implicită) și deci poate să apară ca argument în instrucțiunea `using`; implementarea interfeței ne asigură că în clasa `MyResource` există o implementare a unei metode `Dispose` cu semnătura indicată în exemplu.

astfel de clase care au numele comun, dar responsabilități diferite, trebuie prevăzută o modalitate de a le adresa în mod unic. Soluția la această problemă este crearea spațiilor de nume⁸ care rezolvă, printr-o adresare completă astfel de ambiguități. Astfel, putem folosi de exemplu clasa **Buffer** din spațiul de nume **System** (calificare completă: **System.Buffer**), alături de clasa **Buffer** din spațiul de nume **Curs3**: **Curs3.Buffer**.

Crearea unui spațiu de nume se face prin folosirea cuvântului **namespace**:

```
using System;
namespace Curs3
{
    public class Buffer
    {
        public Buffer()
        {
            Console.WriteLine("Tipul Buffer din cursul 3.");
        }
    }
}
```

Se pot de asemenea crea spații de nume imbricate. Altfel spus, un spațiu de nume este o colecție de tipuri sau de alte spații de nume.

3.6.1 Declarații de spații de nume

O declarație de spațiu de nume constă în cuvântul cheie **namespace**, urmat de identificatorul spațiului de nume și de blocul spațiului de nume, delimitat de acolade. Spațiile de nume sunt implicit publice și acest tip de acces nu se poate modifica. În interiorul unui spațiu de nume se pot utiliza alte spații de nume, pentru a se evita calificarea completă a claselor.

Identificatorul unui spațiu de nume poate fi simplu sau o secvență de identificatori separați prin “.”. Cea de a doua formă permite definirea de spații de nume imbricate, fără a se imbrica efectiv⁹:

```
namespace N1.N2
{
    class A{}
    class B{}
}
```

⁸Engl: namespaces.

⁹Spre deosebire de pachetele Java, nu este obligatoriu ca spațiile de nume să aibă corespondent un director pe disc.

este echivalentă cu:

```
namespace N1
{
    namespace N2
    {
        class A{}
        class B{}
    }
}
```

Două declarații de spații de nume cu aceeași denumire contribuie la declararea unui același spațiu de nume:

```
namespace N1.N2
{
    class A{}
}
```

```
namespace N1.N2
{
    class B{}
}
```

este echivalentă cu cele două declarații anterioare.

3.6.2 Directiva using

Directiva using facilitează în primul rând utilizarea spațiilor de nume și a tipurilor definite în acestea; ele nu creează membri noi în cadrul unității de program în care sunt folosite, ci au rol de a ușura referirea tipurilor. Nu se pot utiliza în interiorul claselor, structurilor, enumerărilor.

Exemplu: e mai ușor de înțeles un cod de forma:

```
using System;
class A
{
    static void Main()
    {
        Console.WriteLine("Mesaj");
    }
}
```

decât:

```
class A
{
    static void Main()
    {
        System.Console.WriteLine("Mesaj");
    }
}
```

Directiva `using` poate fi folosită atât pentru importuri simbolice, cât și pentru crearea de aliasuri.

Directiva `using` pentru import simbolic

O directivă `using` permite importarea simbolică a tuturor tipurilor conținute direct într-un spațiu de nume, i.e. folosirea lor fără a fi necesară o calificare completă. Acest import nu se referă și la spațiile de nume conținute:

```
namespace N1.N2
{
    class A{}
}
namespace N3.N4
{
    class B{};
}
namespace N5
{
    using N1.N2;
    using N3;
    class C
    {
        A a = null;//ok
        N4.B = null;//Eroare, N4 nu a fost importat
    }
}
```

Importarea de spații de nume nu trebuie să ducă la ambiguități:

```
namespace N1
{
    class A{}
```

```
}
namespace N2
{
    class A{}
}
namespace N3
{
    using N1;
    using N2;
    class B
    {
        A a = null;//ambiguitate: N1.A sau N2.A?
    }
}
```

În situația de mai sus, conflictul (care poate să apară foarte ușor în cazul în care se folosesc tipuri produse de dezvoltatori diferiți) poate fi rezolvat de o calificare completă:

```
namespace N3
{
    using N1;
    using N2;
    class B
    {
        N1.A a1 = null;
        N2.A a2 = null;
        //nu mai este ambiguitate
    }
}
```

Tipurile declarate în interiorul unui spațiu de nume pot avea modificatori de acces `public` sau `internal`, ultimul fiind modificatorul implicit. Un tip `internal` nu poate fi folosit prin import în afara assembly-ului, pe când unul `public`, da.

Directiva `using` ca alias

Introduce un identificador care servește drept alias pentru un spațiu de nume sau pentru un tip.

Exemplu:

```

namespace N1.N2
{
    class A{}
}
namespace N3
{
    using A = N1.N2.A;
    class B
    {
        A a = null;
    }
}

```

Același efect se obține creînd un alias la spațiul de nume N1.N2:

```

namespace N3
{
    using N = N1.N2;
    class B
    {
        N.A a = null;
    }
}

```

Identificatorul dat unui alias trebuie să fie unic, adică în interiorul unui namespace nu trebuie să existe tipuri și aliasuri cu același nume:

```

namespace N3
{
    class A{}
}
namespace N3
{
    using A = N1.N2.A;//eroare, deoarece simbolul A mai este definit
}

```

O directivă alias afectează doar blocul în care este definită:

```

namespace N3
{
    using R = N1.N2;
}
namespace N3

```

```
{
    class B
    {
        R.A a = null; //eroare, R nu este definit aici
    }
}
```

adică directiva de alias nu este tranzitivă. Situația de mai sus se poate rezolva prin declararea aliasului în afara spațiului de nume:

```
using R = N1.N2;
namespace N3
{
    class B
    {
        R.A a = null;
    }
}
namespace N3
{
    class C
    {
        R.A b = null;
    }
}
```

Numele create prin directive de alias sunt ascunse de către alte declarații care folosesc același identificator în interiorul unui bloc:

```
using R = N1.N2;
namespace N3
{
    class R{}
    class B
    {
        R.A a; //eroare, clasa R nu are membrul A
    }
}
```

Directivele de alias nu se influențează reciproc:

```
namespace N1.N2{}
namespace N3
```

```

{
    using R1 = N1;
    using R2 = N1.N2;
    using R3 = R1.N2;//eroare, R1 necunoscut
}

```

3.7 Declararea unei clase

Declararea unei clase se face în felul următor:

atribute_{opt} modificali-de-clasa_{opt} **class** identificator clasa-de-baza_{opt} corp-clasa ;_{opt}

Modificatorii de clasă sunt:

public - clasele publice sunt accesibile de oriunde; poate fi folosit atât pentru clase imbricate, cât și pentru clase care sunt conținute în spații de nume;

internal - se poate folosi atât pentru clase imbricate, cât și pentru clase care sunt conținute în spații de nume (este modificatorul implicit pentru clase care sunt conținute direct în spații de nume). Semnifică acces permis doar în clasa sau assembly-ul care o cuprinde;

protected - se poate specifica doar pentru clase imbricate; tipurile astfel calificate sunt accesibile în clasa curentă sau în cele derivate (chiar dacă clasa derivată face parte din alt spațiu de nume);

private - doar pentru clase imbricate; semnifică acces limitat la clasa conținătoare; este modificatorul implicit;

protected internal - folosibil doar pentru clase imbricate; tipul definit este accesibil în spațiul de nume curent, în clasa conținătoare sau în tipurile derivate din clasa conținătoare;

private protected - folosibil doar pentru clase imbricate; tipul definit este accesibil în spațiul de nume curent, în clasa conținătoare sau în tipurile derivate din clasa conținătoare; specificatorul este accesibil din versiunea 7.2 a limbajului C#;

new - permis pentru clasele imbricate; clasa astfel calificată ascunde un membru cu același nume care este moștenit;

sealed - o clasă sealed nu poate fi moștenită; poate fi clasă imbricată sau nu;

abstract - clasa care este incomplet definită și care nu poate fi instanțiată; folosibilă pentru clase imbricate sau conținute în spații de nume;

partial - clasa este definită în mai multe fișiere

3.8 Membrii unei clase

Corpul unei clase se specifică în felul următor:

{ declaratii-de-membri };*opt*

Membrii unei clase sunt împărțiți în următoarele categorii:

- constante
- câmpuri
- metode
- proprietăți
- evenimente
- indexatori
- operatori
- constructori (de instanță)
- destructor
- constructor static
- tipuri

Acestor membri le pot fi atașați modificatorii de acces:

public - membrul este accesibil de oriunde;

protected - membrul este accesibil de către orice membru al clasei conținătoare și de către clasele derivate;

internal - membrul este accesabil doar în assembly-ul curent;

protected internal - reuniunea precedentelor două;

private internal - accesibil în clasa curentă sau în clase derivate din cea curentă, dar din același assembly¹⁰;

private - accesabil doar în clasa conținătoare; este specificatorul implicit.

¹⁰Începând cu versiunea C# 7.2.

3.9 Constructori de instanță

Un constructor de instanță este un membru care implementează acțiuni care sunt cerute pentru a inițializa o instanță a unei clase. Declararea unui astfel de constructor se face în felul următor:

`attributeopt modificatori-de-constructoropt declarator-de-constructor corp-constructor`

Un modifier de constructor poate fi: `public`, `protected`, `internal`, `private`, `protected internal`, `private protected`, `extern`. Un declarator de constructor are forma:

`nume-clasa (lista-parametrilor-formaliopt) initializator-de-constructoropt`

unde initializatorul-de-constructor are forma:

`: this(lista-argumenteopt)` sau

`: base(lista-argumenteopt).`

În primul caz constructorul va apela un alt constructor din clasă, cu lista de argumente specificată. În al doilea caz se apelează un constructor al clasei de bază, cu niște valori specificate în `lista-argumente`.

Corp-constructor poate fi: un bloc de declarații și instrucțiuni delimitat de acolade sau caracterul punct și virgulă.

Un constructor are același nume ca și clasa din care face parte și nu returnează un tip. Constructorii de instanță nu se moștesc. Dacă o clasă nu conține nici o declarație de constructor de instanță, atunci compilatorul va crea automat unul implicit (fără parametri). Dacă programatorul scrie măcar un constructor cu parametri, atunci compilatorul nu mai generează acest constructor implicit.

O clasă care este moștenită dintr-o altă clasă ce nu are constructori fără parametri va trebui să utilizeze un apel de constructor de clasă de bază pentru care să furnizeze parametrii potriviți; acest apel se face prin intermediul inițializatorului de constructor. Un constructor poate apela la un alt constructor al clasei din care face parte pentru a efectua inițializări. Când există câmpuri instanță care au o expresie de inițializare în afara constructorilor clasei respective, atunci aceste inițializări se vor face înainte de apelul de constructor al clasei de bază.

3.10 Câmpuri

Un câmp reprezintă un membru asociat cu un obiect sau cu o clasă. Modificatorii de câmp care se pot specifica opțional înaintea unui câmp sunt cei de mai sus, la care se adaugă modificatorii `new`, `readonly`, `volatile`, `static`, ce vor fi prezentați în cele ce urmează. Pentru orice câmp este necesară precizarea unui tip de date, ce trebuie să aibă gradul de accesibilitate cel

puțin egal cu al câmpului ce se declară. Opțional, câmpurile pot fi inițializate cu valori compatibile. Un câmp se poate folosi fie prin specificarea numelui său, fie printr-o calificare bazată pe numele clasei sau al unui obiect.

Exemplu:

```
class A
{
    private int a;//acces implicit de tip privat
    static void Main()
    {
        A objA = new A();
        objA.a = 1;//campul a se poate accesa in interiorul clasei
    }
}
```

3.10.1 Câmpuri instanță

Dacă o declarație de câmp nu include modificatorul **static** și nu este declarat **const**, atunci acel câmp se va regăsi în orice obiect de tipul clasei conținătoare. Modificările valorilor lor se vor face independent pentru fiecare obiect. Deoarece un astfel de câmp are o valoare specifică fiecărui obiect, accesarea lui se va face prin calificarea cu numele obiectului:

```
objA.a = 1;
```

(dacă modificatorii de acces permit așa ceva). În interiorul unei instanțe de clasă (obiect) se poate folosi cuvântul **this**, reprezentând referință la obiectul curent.

3.10.2 Câmpuri statice

Când o declarație de câmp include un specificator static, câmpul respectiv nu aparține fiecărei instanțe în particular, ci clasei însăși. Accesarea unui câmp static din exteriorul clasei se face doar prin intermediul numelui de clasă:

```
class B
{
    public static int V = 3;
    static void Main()
    {
        B.V++;//corect, calificare completa a campului
    }
}
```

```

    V++; //corect, putem accesa camp static
    //din context static (Main) al clasei care gazduieste campul
    B b = new B();
    b.V++; //eroare de compilare: campul apartine clasei,
    //nu obiectului
}
}

```

Dacă se face calificarea unui câmp static folosind un nume de obiect se semnalează o eroare de compilare.

3.10.3 Câmpuri readonly

Declararea unui câmp de tip `readonly` (static sau nu) se face prin specificarea cuvântului `readonly` în declarația sa:

```

class A
{
    private readonly string salut = "Salut";
    private readonly string nume;
    public class A(string nume)
    {
        this.nume = nume;
    }
}

```

Atribuirea asupra unui câmp de tip `readonly` se poate face doar la declararea sa sau prin intermediul unui constructor. Valorile concrete ale unor astfel de câmpuri nu e obligatoriu a fi cunoscute la momentul compilării.

3.10.4 Câmpuri volatile

Modificatorul “volatile” se poate specifica doar pentru tipurile:

- `byte`, `sbyte`, `short`, `ushort`, `int`, `uint`, `char`, `float`, `bool`;
- un tip enumerare având tipul de reprezentare `byte`, `sbyte`, `short`, `ushort`, `int`, `uint`;
- un tip referință

Pentru câmpuri nevolatile, tehnicile de optimizare care reordonează instrucțiunile pot duce la rezultate neașteptate sau nepredictibile în programe multithreading care accesează câmpurile fără sincronizare (efectuabilă cu instrucțiunea

lock). Aceste optimizări pot fi făcute de către compilator, de către sistemul de rulare¹¹ sau de către hardware. Următoarele tipuri de optimizări sunt afectate în prezența unui modificador `volatile`:

- citirea unui câmp `volatile` este garantată că se va întâmpla înainte de orice referire la câmp care apare după citire;
- orice scriere a unui câmp `volatile` este garantată că se va petrece după orice instrucțiune anterioară care se referă la câmpul respectiv.

3.10.5 Inițializarea câmpurilor

Pentru fiecare câmp declarat se va asigura o valoare implicită astfel:

- numeric: 0
- bool: false
- char: `'\0'`
- enum: 0
- referință: null
- structură: apel de constructor implicit – a se vedea secțiunea 5.4.

Se cuvine o mențiune specială pentru câmpurile de tip enumerare: pentru un tip enumerare, valoarea 0 poate să reprezinte un câmp al său (fie primul câmp, dacă nu are vreo valoare aparte setată, fie un câmp care are explicit setată valoarea 0); acest lucru de cele mai multe ori duce la erori greu de depănat. Se recomandă ca un câmp al unui tip enumerare să aibă explicit setată valoarea zero, chiar dacă acel câmp nu face parte în mod normal din mulțimea de valori posibile a tipului – a se vedea exemplul dat de enumerarea `Months`, pagina 33.

3.11 Constante

O constantă este un câmp sau o entitate locală a unei metode/proprietăți/indexator a cărui valoare va fi calculată și atribuită la compilare; după atribuire, valoarea ei nu va putea fi modificată. O constantă poate fi prefixată de următorii modificali: `public`, `protected`, `internal`, `protected`

¹¹Engl: runtime system.

`internal`, `private`. Subliniem faptul că valoarea atribuite unei constante trebuie specificată la inițializare.

Exemplu:

```
class A
{
    public const int n=2;
}
```

Tipul unei constante poate fi `sbyte`, `byte`, `short`, `ushort`, `int`, `uint`, `long`, `ulong`, `char`, `float`, `double`, `decimal`, `bool`, `string`, `enum`, referință. Valoarea care se asignează unei constante trebuie să admită o conversie implicită către tipul constantei. Tipul unei constante trebuie să fie cel puțin la fel de accesibil ca și constanta însăși.

Orice câmp constant este automat un câmp static. Un câmp constant diferă de un câmp static `readonly`: `const`-ul are o valoare cunoscută la compilare, pe când valoarea unui `readonly` poate fi inițializată la rulare în interiorul constructorului (cel mai târziu, de altfel).

3.12 Metode

O metodă este un membru care implementează o acțiune care poate fi efectuată de către un obiect sau o clasă. Antetul unei metode se declară în felul următor:

`atributeopt modificador-de-metodaopt tip-de-retur nume (lista-parametrilor-formaliopt) corp-metoda`

unde modificador-de-metoda poate fi:

- orice modificador de acces
- `new`
- `static`
- `virtual`
- `sealed`
- `override`
- `abstract`
- `extern`

Tipul de retur poate fi orice tip de dată care este cel puțin la fel de accesibil ca și metoda însăși sau void (absența informației returnate); nume poate fi un identificator de metodă din clasa curentă sau un identificator calificat cu numele unei interfețe pe care o implementează (`NumeInterfata.NumeMetoda`); parametrii pot calificați cu `ref`, `out`, `params`, sau fără nici un calificator; corp-metoda este un bloc cuprins între acolade sau doar caracterul “;” (dacă este vorba de o metodă ce nu se implementează în tipul curent).

Despre calificatorii `virtual`, `override`, `sealed`, `new`, `abstract` se va discuta mai pe larg într-o secțiune viitoare.

3.12.1 Metode statice și nestatice

O metodă se declară a fi statică dacă numele ei este prefixat cu modificatorul “static”. O astfel de metodă nu operează asupra unei instanțe anume, ci doar asupra clasei. Este o eroare ca o metodă statică să facă referire la un membru nestatic al unei clase. Apelul unei astfel de metode se face prin `NumeClasa.NumeMetoda` sau direct `NumeMetoda` dacă este apelată din context static al aceleiași clase (de exemplu de către o metodă statică sau dintr-o clasă imbricată — a se vedea secțiunea dedicată [4.5](#)).

O metodă nestatică nu are cuvântul “static” specificat; ea este apelabilă doar pornind de la o referință la un obiect.

3.12.2 Metode externe

Metodele externe se declară folosind modificatorul extern; acest tip de metode sunt implementate extern, de obicei în alt limbaj decât C#. Deoarece o astfel de metodă nu conține o implementare, corpul acestei metode este “;”. Exemplu: se utilizează metoda `MessageBox` importată din biblioteca `User32.dll`:

```
using System;
using System.Runtime.InteropServices;
class Class1
{
    [DllImport("User32.dll")]
    public static extern int MessageBox(int h, string m, string c,
        int type);
    static void Main(string[] args)
    {
        int retVal = MessageBox(0, "Hello", "Caption", 0);
    }
}
```

}

Capitolul 4

Clase (continuare)

4.1 Proprietăți

O proprietate este un membru care permite acces la partea de stare a unei clase sau obiect. Exemple de proprietăți sunt: lungimea unui șir, numele unui client, textul conținut într-un control `TextBox` – toate acestea sunt exemple de proprietăți ale unor obiecte (instanțe de clase). Proprietățile sunt extensii naturale ale câmpurilor, cu deosebirea că ele nu presupun alocarea de memorie. Sunt metode – accesorii – ce permit citirea sau setarea unor câmpuri ale unui obiect sau clase; reprezintă modalitatea de scriere a unor metode `get/set` pentru clase sau obiecte.

Declararea unei proprietăți se face astfel:

modificator-de-proprietate_{opt} tip numeproprietate definitie-get_{opt} definitie-set_{opt}
unde metodele de `get` și `set` sunt respectiv:

atribute_{opt} modificator-de-acces_{opt} get corp-get

atribute_{opt} modificator-de-acces_{opt} set corp-set

Modificatorii de acces sunt: `protected`, `internal`, `private`, `protected internal`, `private protected`, `public`.

Tipul unei proprietăți specifică tipul de dată ce poate fi accesat, *i.e.* ce valori vor putea fi atribuite proprietății respective (dacă accesorul `set` a fost definit), respectiv care este tipul valorii returnate de această proprietate (corespunzător accesoriului `get`).

Exemplu:

```
using System;
class Circle
{
    private double radius;
    public double Radius
```

```
{
    get
    {
        return radius;
    }
    set
    {
        radius = value;
    }
}
public double Area
{
    get
    {
        return Math.PI * Radius * Radius;
    }
    set
    {
        Radius = Math.Sqrt(value/Math.PI);
    }
}
}

class Demo
{
    static void Main()
    {
        Circle c = new Circle();
        c.Radius = 10;
        Console.WriteLine("Area: {0}", c.Area.ToString());
        c.Area = 15;
        Console.WriteLine("Radius: {0}". c.Radius.ToString());
    }
}
```

Un accesori `get` corespunde unei metode fără parametri, care returnează o valoare de tipul proprietății. Când o proprietate este folosită într-o expresie, accesoriul `get` este apelat pentru a returna valoarea cerută.

Un accesori `set` corespunde unei metode cu un singur parametru de tipul proprietății și tip de retur `void`. Acest parametru al lui `set` este numit întotdeauna `value`. Când o proprietate este folosită ca destinatar într-o

atribuire, sau când se folosesc operatorii `++` și `--`, accesoriului `set` i se transmite un parametru care reprezintă noua valoare.

În funcție de prezența sau absența accesoriilor, o proprietate este clasificată după cum urmează:

proprietate read–write, dacă are ambele tipuri de accesorii;

proprietate read–only, dacă are doar accesoriu `get`; este o eroare de compilare să se facă referire în program la o proprietate în sensul în care s-ar cere operarea cu un accesoriu `set` (inexistent în acest caz);

proprietate write–only, dacă este prezent doar accesoriul `set`; este o eroare de compilare utilizarea unei proprietăți într-un context în care ar fi necesară prezența accesoriului `get` (inexistent în acest caz).

Există cazuri în care se dorește ca un accesoriu să aibă un anumit grad de acces (public, de exemplu), iar celălalt alt tip de acces (*e.g.* `protected`). Acest lucru este posibil:

```
public class Employee
{
    private string name;
    public Employee(string name)
    {
        this.name = name;
    }
    public string Name
    {
        get { return name; }
        protected set { name = value; }
    }
}
```

Într-un asemenea caz, trebuie respectată regula: întreaga proprietate trebuie să fie declarată cu grad de acces mai larg decât accesoriul pentru care se restricționează gradul de acces. Remarcăm că nu se poate să avem un getter `internal` și celălalt `protected`, deoarece niciunul din cei doi specificatori de acces nu este mai general decât celălalt.

Apare întrebarea: de ce să folosim proprietăți în loc de a expune pur și simplu câmpurile ca fiind publice? Iată câteva motive:

1. în cadrul metodelor `get` și `set` se poate adăuga cod dependent de logica aplicației; de exemplu, pentru proprietățile `Area` și `Radius` ne

interesează ca valorile atribuite să nu fie negative sau zero; pentru un câmp lăsat public așa ceva nu e posibil, decât prin scrierea repetată a acelorași verificări peste tot unde se setează valoarea lui;

2. chiar dacă într-o implementare inițială `get` face doar returnare de valoare iar `set` face doar setarea valorii din dreapta semnului de atribuire, se “lăsă loc” ca ulterior să se adauge logică de aplicație (validări de valori, transformări de reprezentări etc.);
3. se poate ca proprietatea să fie read-only sau write-only, pe când la un câmp așa ceva e greu de garantat (ex: câmpuri `readonly`, dar limitate ca posibilitate de manipulare - trebuie să fie setate cel târziu în constructor, după care nu se mai pot modifica);
4. se poate restricționa gradul de acces la câmp în funcție de operația vizată: de exemplu, `get` să fie public și `set` protected;
5. proprietățile pot fi polimorfice și deci cu comportament dependent de context — a se vedea cursul 5
6. în etapa de scriere a codului și debug se poate pune breakpoint pe `get` sau `set`, pe când pe accesarea câmpului - nu; în lipsa proprieității, ar fi nevoie să se pună breakpoint peste tot unde se accesează direct câmpul respectiv
7. nu se poate face data binding pe câmp, dar pe proprietate – da.

Demn de menționat este că proprietățile pot fi folosite nu doar pentru a asigura o sintaxă simplă de folosit pentru metodele tradiționale `get/set`, ci și pentru scrierea controalelor .NET utilizator.

În figura 4.1 este dată reprezentarea unui control utilizator:

Figura 4.1: Control definit de utilizator

Codul corespunzător este dat mai jos:

```
using System;
using System.Collections;
using System.ComponentModel;
using System.Drawing;
using System.Data;
using System.Windows.Forms;

namespace UserControlSample
{
    public class UserControl1 : System.Windows.Forms.UserControl
    {
        private System.Windows.Forms.Label label1;
        private System.Windows.Forms.TextBox streetTextBox;
        private System.Windows.Forms.Label label2;
        private System.Windows.Forms.TextBox numberTextBox;
        private System.Windows.Forms.Label label3;
        private System.Windows.Forms.TextBox phoneTextBox;
        private System.ComponentModel.Container components = null;
        public UserControl1()
        {
            // This call is required by the Windows.Forms Form Designer.
            InitializeComponent();
        }

        protected override void Dispose( bool disposing )
        {
            if( disposing )
            {
                if( components != null )
                    components.Dispose();
            }
            base.Dispose( disposing );
        }
        #region Component Designer generated code

        private void InitializeComponent()
        {
            this.label1 = new System.Windows.Forms.Label();
            this.streetTextBox = new System.Windows.Forms.TextBox();
            this.label2 = new System.Windows.Forms.Label();
            this.numberTextBox = new System.Windows.Forms.TextBox();
        }
    }
}
```

```
this.label3 = new System.Windows.Forms.Label();
this.phoneTextBox = new System.Windows.Forms.TextBox();
this.SuspendLayout();
this.label1.AutoSize = true;
this.label1.Location = new System.Drawing.Point(8, 16);
this.label1.Name = "label1";
this.label1.Size = new System.Drawing.Size(34, 13);
this.label1.TabIndex = 0;
this.label1.Text = "Street";
this.streetTextBox.Location = new System.Drawing.Point(56, 14);
this.streetTextBox.Name = "streetTextBox";
this.streetTextBox.TabIndex = 1;
this.streetTextBox.Text = "";
this.label2.AutoSize = true;
this.label2.Location = new System.Drawing.Point(8, 48);
this.label2.Name = "label2";
this.label2.Size = new System.Drawing.Size(44, 13);
this.label2.TabIndex = 2;
this.label2.Text = "Number";
this.numberTextBox.Location = new System.Drawing.Point(56, 44);
this.numberTextBox.Name = "numberTextBox";
this.numberTextBox.TabIndex = 3;
this.numberTextBox.Text = "";
this.label3.AutoSize = true;
this.label3.Location = new System.Drawing.Point(8, 79);
this.label3.Name = "label3";
this.label3.Size = new System.Drawing.Size(37, 13);
this.label3.TabIndex = 4;
this.label3.Text = "Phone";
this.phoneTextBox.Location = new System.Drawing.Point(56, 75);
this.phoneTextBox.Name = "phoneTextBox";
this.phoneTextBox.TabIndex = 5;
this.phoneTextBox.Text = "";
this.Controls.AddRange(new System.Windows.Forms.Control[] {
    this.phoneTextBox,
    this.label3,
    this.numberTextBox,
    this.label2,
    this.streetTextBox,
    this.label1});
this.Name = "UserControl1";
```

```

        this.Size = new System.Drawing.Size(168, 112);
        this.ResumeLayout(false);
    }
#endregion

[Category ("Data"), Description ("Contents of Street Control")]
public string Street
{
    get{ return streetTextBox.Text; }
    set{ streetTextBox.Text = value; }
}

[Category ("Data"), Description ("Contents of Number Control")]
public string Number
{
    get{ return numberTextBox.Text; }
    set{ numberTextBox.Text = value; }
}

[Category ("Data"), Description ("Contents of Phone Control")]
public string Phone
{
    get{ return phoneTextBox.Text; }
    set{ phoneTextBox.Text = value; }
}
}
}

```

Interesante sunt aici proprietățile publice **Street**, **Number** și **Phone** care vor fi vizibile în fereastra **Properties** atunci când acest control va fi adăugat la o formă. Atributele cuprinse între paranteze drepte sunt opționale, dar vor face ca aceste proprietăți să fie grupate în secțiunea de date a ferestrei **Properties**, și nu în cea **Misc**.

4.2 Indexatori

Uneori are sens tratarea unui obiect ca fiind un vector de elemente¹.
 Declararea unui indexator se face în felul următor:

¹Un indexator este o generalizare a supraîncărcării operatorului `[]` din C++.

atribute_{opt} modificali-de-indexator_{opt} declarator-de-indexator {declaratii-de-accesori}

Modificali-de indexator pot fi: `new`, `public`, `protected`, `internal`, `private`, `protected internal`, `private protected`, `virtual`, `sealed`, `override`, `abstract`, `extern`. Declaratorul de indexator are forma: `tip-de-retur this[lista-parametrilor-formali]`.

Lista parametrilor formali trebuie să conțină cel puțin un parametru și nu poate să aibă vreun parametru `ref` sau `out`. Declarațiile de accesori vor conține accesori `get` sau accesori `set`, asemănător cu cei de la proprietăți.

Exemple:

1. Exemplul 1: un indexator simplu:

```
using System;
class MyVector
{
    private double[] v;
    public MyVector( int length )
    {
        v = new double[ length ];
    }
    public int Length
    {
        get
        {
            return v.length;
        }
    }
    public double this[int index]
    {
        get
        {
            return v[ index];
        }
        set
        {
            v[index] = value;
        }
    }
}
```



```
class Demo
{
    static void Main()
    {
        MyVector v = new MyVector( 10 );
        v[0] = 0;
        v[1] = 1;
        for( int i=2; i<v.Length; i++)
        {
            v[i] = v[i-1] + v[i-2];
        }
        for( int i=0; i<v.Length; i++)
        {
            Console.WriteLine("v[{0}]={1}", i.ToString(), v[i].ToString());
        }
    }
}
```

2. Exemplul 2: supraîncărcarea indexatorilor:

```
using System;
using System.Collections;
class DataValue
{
    public DataValue(string name, object data)
    {
        this.name = name;
        this.data = data;
    }
    public string Name
    {
        get
        {
            return(name);
        }
        set
        {
            name = value;
        }
    }
}
```

```
public object Data
{
    get
    {
        return(data);
    }
    set
    {
        data = value;
    }
}
string name;
object data;
}

class DataRow
{
    ArrayList row;
    public DataRow()
    {
        row = new ArrayList();
    }

    public void Load()
    {
        row.Add(new DataValue("Id", 5551212));
        row.Add(new DataValue("Name", "Fred"));
        row.Add(new DataValue("Salary", 2355.23m));
    }

    public object this[int column]
    {
        get
        {
            return(row[column]);
        }
        set
        {
            row[column] = value;
        }
    }
}
```

```
private int findColumn(string name)
{
    for (int index = 0; index < row.Count; index++)
    {
        DataValue dataValue = (DataValue) row[index];
        if (dataValue.Name == name)
            return(index);
    }
    return(-1);
}

public object this[string name]
{
    get
    {
        return this[findColumn(name)];
    }
    set
    {
        this[findColumn(name)] = value;
    }
}

}

class Demo
{
    public static void Main()
    {
        DataRow row = new DataRow();
        row.Load();
        DataValue val = (DataValue) row[0];
        Console.WriteLine("Column 0: {0}", val.Data);
        val.Data = 12; // set the ID
        DataValue valId = (DataValue) row["Id"];
        Console.WriteLine("Id: {0}", valId.Data);
        Console.WriteLine("Salary: {0}",
            ((DataValue) row["Salary"]).Data);
        ((DataValue) row["Name"]).Data = "Barney"; // set the name
        Console.WriteLine("Name: {0}", ((DataValue) row["Name"]).Data);
    }
}
```

```
}
```

3. Exemplul 3: indexator cu mai mulți parametri:

```
using System;
namespace MyMatrix
{
    class Matrix
    {
        double[,] matrix;

        public Matrix( int rows, int cols )
        {
            matrix = new double[rows, cols];
        }

        public double this[int i, int j]
        {
            get
            {
                return matrix[i,j];
            }
            set
            {
                matrix[i,j] = value;
            }
        }

        public int RowsNo
        {
            get
            {
                return matrix.GetLength(0);
            }
        }

        public int ColsNo
        {
            get
            {
                return matrix.GetLength(1);
            }
        }
    }
}
```

```

    }
}

static void Main(string[] args)
{
    MyMatrix m = new MyMatrix(2, 3);
    Console.WriteLine("Lines: {0}", m.RowsNo.ToString());
    Console.WriteLine("Columns: {0}", m.ColsNo.ToString());
    for(int i=0; i<m.RowsNo; i++)
    {
        for( int j=0; j<m.ColsNo; j++)
        {
            m[i,j] = i + j;
        }
    }
    for(int i=0; i<m.RowsNo; i++)
    {
        for( int j=0; j<m.ColsNo; j++)
        {
            Console.Write(m[i,j].ToString() + " ");
        }
        Console.WriteLine();
    }
}
}
}

```

Remarcăm că accesarea elementelor se face prin perechi de get/set, precum la proprietăți. Ca și în cazul proprietăților, este posibil ca un accesori să aibă un alt grad de acces decât celălalt, folosind același mecanism: se declară indexatorul ca având gradul de accesibilitate cel mai permisiv, iar pentru un accesori se va declara un grad de acces mai restrictiv.

4.3 Operatori

Un operator este un membru care definește semnificația unei expresii operator care poate fi aplicată unei instanțe a unei clase. Corespunde supraîncărcării operatorilor din C++. O declarație de operator are forma: `atributeopt modificali-de-operator declaratie-de-operator corp-operator`. Se pot declara operatori unari, binari și de conversie.

Următoarele reguli trebuie să fie respectate pentru orice operator:

1. Orice operator trebuie să fie declarat public și static.
2. Parametrii unui operator trebuie să fie transmiși prin valoare;
3. Același modificador nu poate apărea de mai multe ori în antetul unui operator

4.3.1 Operatori unari

Supraîncărcarea operatorilor unari are forma:

tip operator operator-unar-supraincercabil (tip identificador) corp

Operatorii unari supraîncărcabili sunt: `+` `-` `!` `~` `++` `--` `true` `false`. Următoarele reguli trebuie să fie respectate la supraîncărcarea unui operator unar (T reprezintă clasa care conține definiția operatorului):

1. Un operator `+`, `-`, `!`, `~` trebuie să preia un singur parametru de tip T și poate returna orice tip.
2. Un operator `++` sau `--` trebuie să preia un singur parametru de tip T și trebuie să returneze un rezultat de tip T.
3. Un operator unar `true` sau `false` trebuie să preia un singur parametru de tip T și să returneze `bool`.

Operatorii `true` și `false` trebuie să fie ori ambii definiți, ori nici unul, altfel apare o eroare de compilare. Ei sunt necesari pentru utilizare de forma:

```
if( a )
```

sau pentru cicluri `do`, `while` și `for`, precum și în operatorul ternar `"? :"`.

Exemplu:

```
public class MyValue
{
    private int value;
    public static bool operator true(MyValue x)
    {
        return x.value != 0;
    }
    public static bool operator false(MyValue x)
    {
        return x.value == 0;
    }
}
```

```

    }
    ...
}

```

Exemplul de mai jos arată modul în care se face supraîncărcarea operatorului ++, care poate fi folosit atât ca operator de preincrementare cât și ca operator de postincrementare:

```

public class IntVector
{
    public int Length { ... } // proprietate read-only
    public int this[int index] { ... } // indexator read-write
    public IntVector(int vectorLength) { ... }
    public static IntVector operator++(IntVector iv)
    {
        IntVector temp = new IntVector(iv.Length);
        for (int i = 0; i < iv.Length; ++i)
            temp[i] = iv[i] + 1;
        return temp;
    }
}

class Demo
{
    static void Main()
    {
        IntVector iv1 = new IntVector(4); // vector de 4x0
        IntVector iv2;
        iv2 = iv1++; // iv2 contine 4x0, iv1 contine 4x1
        iv2 = ++iv1; // iv2 contine 4x2, iv1 contine 4x2
    }
}

```

4.3.2 Operatori binari

Declararea unui operator binar se face astfel:

tip operator operator-binar-supraîncărcabil (tip identificator, tip identificator) corp

Operatorii binari supraîncărcabili sunt: + - * / % & | ^ << >> == != > < >= <=.

Cel puțin unul dintre cei doi parametri preluați trebuie să fie de tipul conținător.

Operatorii de deplasare pe biți << și >> trebuie să aibă primul parametru de

tipul clasei în care se declară, iar al doilea parametru de tip `int`. Unii operatori trebuie să se declare în pereche:

1. operatorii `==` și `!=`
2. operatorii `>` și `<`
3. operatorii `>=` și `<=`

Pentru operatorul `==`, este indicată și definirea metodei `Equals()`, deoarece tipul respectiv va putea fi astfel folosit și de către limbaje care nu suportă supraîncărcarea operatorilor, dar pot apela metoda polimorfică `Equals()` definită în clasa `Object`.

Nu se pot supraîncărca operatorii `+`, `=`, `-`, `=`, `/`, `=`, `*`, `=`; dar pentru ca aceștia să funcționeze, este suficient să se supraîncarce operatorii corespunzători: `+`, `-`, `/`, `*`.

Pentru supraîncărcarea operatorului de adunare pentru clasa `IntVector` putem scrie:

```
public class IntVector
{
    //se continua clasa IntVector scrisa mai sus
    public static IntVector operator+(IntVector a, IntVector b)
    {
        if (a == null || b == null || a.Length != b.Length)
        {
            throw new ArgumentException("Parametri neadecvati");
        }
        IntVector c = new IntVector(a.Length);
        for(int i=0; i<c.Length; i++)
        {
            c[i] = a[i] + b[i];
        }
        return c;
    }
}
```

4.3.3 Operatori de conversie

O declarație de operator de conversie introduce o conversie definită de utilizator, care se va adăuga (dar nu va suprascrie) la conversiile predefinite. Declararea unui operator de conversie se face astfel:
implicit operator tip (tip parametru) corp

explicit operator tip (tip parametru) corp

După cum se poate deduce, conversiile pot fi implicite sau explicite. Un astfel de operator va face conversia de la un tip sursă, indicat de tipul parametrului din antet la un tip destinație, indicat de tipul de retur. O clasă poate să declare un operator de conversie de la un tip sursă S la un tip destinație T cu următoarele condiții:

1. S și T sunt tipuri diferite
2. Unul din cele două tipuri este clasa în care se face definirea.
3. T și S nu sunt object sau tip interfață.
4. T și S nu sunt baze una pentru cealaltă.

Un bun design asupra operatorilor de conversie are în vedere următoarele:

- Conversiile implicite nu ar trebui să ducă la pierdere de informație sau la apariția de excepții;
- Dacă prima condiție nu este îndeplinită, atunci neapărat trebuie declarată ca o conversie explicită.

Exemplu:

```
using System;
public class Digit
{
    private byte value;
    public Digit(byte value)
    {
        if (value > 9) throw new ArgumentException();
        this.value = value;
    }
    public static implicit operator byte(Digit d)
    {
        return d.value;
    }
    public static explicit operator Digit(byte b)
    {
        return new Digit(b);
    }
}
```

Prima conversie este implicită pentru că nu va duce la pierderea de informație. Cea de doua poate să arunce o excepție (via constructor) și de aceea este declarată ca și conversie explicită.

4.3.4 Exemplu: clasa Fraction

```
using System;
public class Fraction
{
    public Fraction(int numerator, int denominator)
    {
        Console.WriteLine("In constructor Fraction(int, int)");
        this.numerator=numerator;
        this.denominator=denominator;
    }
    public Fraction(int wholeNumber)
    {
        Console.WriteLine("In Constructor Fraction(int)");
        numerator = wholeNumber;
        denominator = 1;
    }

    public static implicit operator Fraction(int theInt)
    {
        System.Console.WriteLine("In conversie implicita la Fraction");
        return new Fraction(theInt);
    }
    public static explicit operator int(Fraction theFraction)
    {
        System.Console.WriteLine("In conversie explicita la int");
        return theFraction.numerator /
            theFraction.denominator;
    }
    public static bool operator==(Fraction lhs, Fraction rhs)
    {
        Console.WriteLine("In operator ==");
        if (lhs.denominator * rhs.numerator ==
            rhs.denominator * lhs.numerator )
        {
            return true;
        }
        return false;
    }
    public static bool operator!=(Fraction lhs, Fraction rhs)
    {

```

```
        Console.WriteLine("In operator !=");
        return !(lhs==rhs);
    }
    public override bool Equals(object o)
    {
        Console.WriteLine("In metoda Equals");
        if (! (o is Fraction) )
        {
            return false;
        }
        return this == (Fraction) o;
    }
    public static Fraction operator+(Fraction lhs, Fraction rhs)
    {
        Console.WriteLine("In operator+");
        // 1/2 + 3/4 == (1*4) + (3*2) / (2*4) == 10/8
        int firstProduct = lhs.numerator * rhs.denominator;
        int secondProduct = rhs.numerator * lhs.denominator;
        return new Fraction(
            firstProduct + secondProduct,
            lhs.denominator * rhs.denominator
        );
        //ar mai trebui facuta reducerea termenilor
    }
    public override string ToString( )
    {
        String s = numerator.ToString( ) + "/" +
            denominator.ToString( );
        return s;
    }
    private int numerator;
    private int denominator;
}

public class Demo
{
    static void Main( )
    {
        Fraction f1 = new Fraction(3,4);
        Console.WriteLine("f1: {0}", f1.ToString( ));
        Fraction f2 = new Fraction(2,4);
        Console.WriteLine("f2: {0}", f2.ToString( ));
    }
}
```

```

    Fraction f3 = f1 + f2;
    Console.WriteLine("f1 + f2 = f3: {0}", f3.ToString( ));
    Fraction f4 = f3 + 5; //se apeleaza conversia implicita
    //de la int la Fraction
    //apoi se foloseste supraincercarea operatorului +
    Console.WriteLine("f3 + 5 = f4: {0}", f4.ToString( ));
    Fraction f5 = new Fraction(2,4);
    if (f5 == f2)
    {
        Console.WriteLine("F5: {0} == F2: {1}",
            f5.ToString( ),
            f2.ToString( ));
    }
    Fraction f6 = (int)f5;
}
}

```

4.4 Constructor static

Un constructor static este un membru care implementează acțiunile cerute pentru inițializarea unei clase. Declararea unui constructor static se face ca mai jos:

`attributeopt modifier-de-constructor-static identicator() corp`

Modificatorii de constructori statici se pot da sub forma:

`externopt static` sau

`static externopt`

Constructorii statici nu se moștenesc, nu se pot apela direct și nu se pot supraîncărca. Un constructor static se va executa cel mult odată într-o aplicație. Se garantează faptul că acest constructor se va apela înaintea primei creări a unei instanțe a clasei respective sau înaintea primului acces la un membru static. Acest apel este nedeterminist, necunoscându-se exact când sau dacă se va apela. Un astfel de constructor nu are specificator de acces și poate să acceseze doar membri statici.

Exemplu:

```

class Colour
{
    public Colour(byte red, byte green, byte blue)
    {
        this.red = red;
        this.green = green;
    }
}

```

```

        this.blue = blue;
    }
    private byte red;
    private byte green;
    private byte blue;

    public static readonly Colour Red;
    public static readonly Colour Green;
    public static readonly Colour Blue;
    // constructor static
    static Colour()
    {
        Red = new Colour(255, 0, 0);
        Green = new Colour(0, 255, 0);
        Blue = new Colour(0, 0, 255);
    }
}
class Demo
{
    static void Main()
    {
        Colour background = Colour.Red;
    }
}

```

Utilizarea cea mai frecventă este inițializarea unor parametri ai aplicației, parametri ce se pot accesa din diferite porțiuni ale codului – de exemplu constante, multiplicatori de conversie, string-uri de conexiune etc., citite din fișiere de configurare sau din bază de date. Citirea și setarea acestor valori pe câmpuri sau proprietăți statice se face o singură dată, evitându-se accesarea multiplă la rulare a sursei de parametri.

4.5 Clase imbricate

O clasă conține membri, iar în particular aceștia pot fi și clase.

Exemplul 1:

```

using System;
class A
{
    class B

```

```

{
    public static void F()
    {
        Console.WriteLine("A.B.F");
    }
}
static void Main()
{
    A.B.F();
}
}

```

Accesarea unei clase imbricate se face prin `NumeClasaExterioara.NumeClasaInterioara`, de unde se deduce că o clasă imbricată se comportă ca un membru static al tipului conținător. O clasă declarată în interiorul unei alte clase poate avea unul din gradele de accesibilitate `public`, `protected internal`, `protected`, `internal`, `private`, `private protected` (implicit este `private`). O clasă declarată în interiorul unei structuri poate fi declarată `public`, `internal` sau `private` (implicit `private`).

Exemplul 2:

```

public class LinkedList
{
    // Private data structure
    private class Node
    {
        public object Data;
        public Node Next;
        public Node(object data, Node next)
        {
            this.Data = data;
            this.Next = next;
        }
    }
    private Node first = null;
    private Node last = null;
    //Interfata publica
    public void AddToFront(object o) {...}
    public void AddToEnd(object o) {...}
    public object RemoveFromFront() {...}
    public object RemoveFromBack() {...}
    public int Count { get {...} }
}

```

```
}
```

Crearea unei instanțe a unei clase imbricate nu trebuie să fie precedată de crearea unei instanțe a clasei exterioare conținătoare, așa cum se vede din Exemplul 1. Motivația este următoarea: tipul clasă imbricat este un tip static, deci legat de clasa conținătoare și nu de instanțe ale clasei conținătoare. O clasă imbricată nu are vreo relație specială cu membrul predefinit `this` al clasei conținătoare. Altfel spus, nu se poate folosi `this` în interiorul unei clase imbricate pentru a accesa membri instanță din tipul conținător. Dacă o clasă imbricată are nevoie să acceseze membri instanță ai clasei conținătoare, va trebui să primească prin constructor parametrul `this` care să se referă la o astfel de instanță:

```
using System;
class C
{
    int i = 123;
    public void F()
    {
        Nested n = new Nested(this);
        n.G();
    }

    class Nested
    {
        C c;
        public Nested(C c)
        {
            this.c = c;
        }
        public void G()
        {
            Console.WriteLine(c.i.ToString());
        }
    }
}
class Demo
{
    static void Main()
    {
        C c = new C();
        c.F();
    }
}
```

```
    }  
}
```

Se observă cu această ocazie că o clasă imbricată poate manipula toți membrii din interiorul clasei conținătoare, indiferent de gradul lor de accesibilitate. În cazul în care clasa exterioară (conținătoare) are membri statici, aceștia pot fi utilizați fără a se folosi numele clasei conținătoare:

```
using System;  
class C  
{  
    private static void F()  
    {  
        Console.WriteLine("C.F");  
    }  
    public class Nested  
    {  
        public static void G()  
        {  
            F();  
        }  
    }  
}  
class Demo  
{  
    static void Main()  
    {  
        C.Nested.G();  
    }  
}
```

Clasele imbricate se folosesc intens în cadrul containerilor pentru care trebuie să se construiască un enumerator. Clasa imbricată va fi în acest caz strâns legată de container și va duce la o implementare ușor de urmărit și de întreținut.

4.6 Destructori

Managementul memoriei este făcut sub platforma .NET în mod automat, de către garbage collector, parte componentă a CLR-ului.

Acest mecanism de garbage collection scutește programatorul de grija dealocării memoriei. Există însă situații în care se dorește să se facă management manual al dealocării resurselor (de exemplu al resurselor care țin de sistemul de operare sau de servere: fișiere, conexiuni la rețea sau la serverul de baze de date, ferestre etc., sau al altor resurse al căror management nu se face de către CLR). În C# există posibilitatea de a lucra cu destructori sau cu metode de tipul `Dispose()`, `Close()`.

Un destructor se declară în felul următor:

```
attributeopt externopt ~identificator() corp-destructor
```

unde `identificator` este numele clasei. Un destructor nu are modificador de acces, nu poate fi apelat manual, nu poate fi supraîncărcat, nu este moștenit.

Un destructor este o scurtătură sintactică pentru metoda virtuală `Finalize()` definită în clasa `System.Object`. Programatorul nu poate să suprascrie sau să apeleze această metodă.

Exemplu:

```
~MyClass()
{
    // Dealocare de resurse
}
```

Metoda de mai sus este automat translatată în²:

```
protected override void Finalize()
{
    try
    {
        // Dealocare de resurse
    }
    finally
    {
        base.Finalize();
    }
}
```

Trebuie reținute următoarele: Destructorul este chemat doar de către garbage collector, dar acest lucru se face nedeterminist (cu toate că apelarea

²Faptul că metoda `Finalize` din clasa `System.Object` este declarată ca virtuală iar implementarea de `Finalize` din clasa curentă este calificată cu `override` nu e întâmplător: se asigură că pentru un obiect oarecare, apelul de destructor se face pentru tipul efectiv al obiectului (adică pentru destructorul clasei sale). Asta corespunde declarării destructorilor virtuali în C++. Pentru suprascrierea polimorfică a se vedea capitolul următor.

de destructor se face în cele din urmă, dacă programatorul nu împiedică explicit acest lucru).

Există cazuri în care programatorul dorește să facă dealocarea manual, astfel încât să nu aștepte ca garbage collectorul să apeleze destructorul. Programatorul poate scrie o metodă care să facă acest lucru. Se sugerează definirea unei metode `Dispose()` care ar trebui să fie explicit apelată atunci când resurse de sistem de operare trebuie să fie eliberate. În plus, clasa respectivă ar fi util să implementeze interfața `System.IDisposable`, care conține această metodă; dacă se procedează în acest fel, se poate folosi un astfel de obiect și ca argument al instrucțiunii `using`.

În acest caz, `Dispose()` ar trebui să inhibe executarea ulterioară a destructorului (care am văzut că e de fapt un finalizator, metoda `Finalize`) pentru instanța curentă. Această manevră permite evitarea eliberării unei resurse de două ori. Dacă clientul nu apelează explicit `Dispose()`, atunci garbage collectorul va apela el destructorul la un moment dat. Întrucât utilizatorul poate să nu apeleze `Dispose()`, este indicat ca tipurile care implementează această metodă să definească de asemenea destructor. În caz contrar, este posibil ca resursele să nu se dea loc (leak).

Exemplu:

```
public class ResourceUser: IDisposable
{
    public void Dispose()
    {
        hwnd.Release();//elibereaza o fereastră gestionată
        //de sistemul de operare
        GC.SuppressFinalization(this);//elimina apel de Finalize()
    }

    ~ResourceUser()
    {
        hwnd.Release();
    }
}
```

Pentru anumite clase C# se pune la dispoziție o metodă numită `Close()` pe lângă cea `Dispose()`: fișiere, socket-uri, ferestre de dialog etc. Este indicat ca să se adauge o metodă `Close()` care să facă apel de `Dispose()`:

```
//in interiorul unei clase
public void Close()
{
```

```
    Dispose();  
}
```

Pentru cele obținute mai sus, modalitatea cea mai indicată este folosirea unui bloc `using`, caz în care se va elibera obiectul alocat (via metoda `Dispose()`) la sfârșitul blocului:

```
using( obiect )  
{  
    //cod  
} //aici se va apela automat metoda Dispose()  
    //care dealoca resursele si inhiba apelarea destructorului
```

Avantajul acestei abordări hibride — scriere de destructor și implementare de metodă `Dispose()` — este că dacă programatorul uită să apeleze `Dispose()` (sau runtime-ul nu o face pentru că nu s-a folosit instrucțiunea `using`), atunci garbage collector-ul va chema la un moment dat destructorul și deci comandă dealocarea resurselor.

4.7 Clase statice

Acest tip de clasă se folosește atunci când se dorește accesarea membrilor fără a fi nevoie să se lucreze cu instanțe ale acelei clase; se pot folosi acolo unde buna funcționare nu este dependentă de starea unor instanțe.

Pentru a crea o clasă statică se folosește cuvântul `static` în declarația de clasă:

```
static class MyStaticClass  
{  
    //membri statici  
}
```

Orice clasă statică are următoarele proprietăți:

1. nu poate fi instanțiată
2. nu poate fi moștenită (este automat `sealed`, vezi secțiunea [4.9](#))
3. conține doar membri statici

Exemplu:

```
public static class TemperatureConverter
{
    public static double CelsiusToFahrenheit(string temperatureCelsius)
    {
        double celsius = Double.Parse(temperatureCelsius);
        double fahrenheit = celsius * 1.6 + 32;
        return fahrenheit;
    }
    public static double FahrenheitToCelsius(string temperatureFahrenheit)
    {
        double fahrenheit = Double.Parse(temperatureFahrenheit);
        //Convert Fahrenheit to Celsius.
        double celsius = (fahrenheit - 32) * 5 / 9;
        return celsius;
    }
}
class DemoTemperatureConverter
{
    static void Main()
    {
        Console.WriteLine("Optiuni");
        Console.WriteLine("1. Celsius->Fahrenheit.");
        Console.WriteLine("2. Fahrenheit->Celsius.");
        Console.Write("Alegere:");
        string selection = Console.ReadLine();
        double f, c = 0;
        switch (selection)
        {
            case "1":
                Console.Write("Temperatura Celsius: ");
                f = TemperatureConverter.CelsiusToFahrenheit(Console.ReadLine());
                Console.WriteLine("Temperatura in Fahrenheit: {0:F2}", f);
                break;
            case "2":
                Console.Write("Temperatura Fahrenheit: ");
                c = TemperatureConverter.FahrenheitToCelsius(Console.ReadLine());
                Console.WriteLine("Temperature in Celsius: {0:F2}", c);
                break;
        }
    }
}
```

4.8 Specializarea și generalizarea

Specializarea reprezintă o tehnică de a obține noi clase pornind de la cele existente. Deseori între clasele pe care le modelăm putem observa relații de genul “este un/o”: un om este un mamifer, un salariat este un angajat etc. Toate acestea duc la crearea unei ierarhii de clase, în care din clase de bază (mamifer sau angajat) descind alte clase, care pe lângă comportament din clasa de bază mai au și caracteristici proprii, sau modifică comportamentul moștenit din clasa de bază. Obținerea unei clase derivate plecând de la altă clasă se numește specializare iar operația inversă se numește generalizare. O clasă de bază definește un tip comun, compatibil cu oricare din clasele derivate (direct sau indirect).

În C# o clasă nu trebuie să moștenească explicit din altă clasă; în acest caz se va considera că ea este implicit derivată din clasa predefinită `object` (tot una cu `System.Object`). C# nu permite moștenire multiplă, eliminând astfel complicațiile întâlnite în C++. Ca alternativă, se permite totuși implementarea de mai multe interfețe.

4.8.1 Specificarea moștenirii

În C# pentru o clasă D se definește clasa de bază B folosind următoarea formulă:

```
class Derivata: Baza
{
    //declaratii si instructiuni
}
```

Dacă pentru o anumită clasă nu se specifică două puncte urmate de numele unei clase de bază atunci `object` va deveni bază pentru clasa în cauză.

Exemplu:

```
//clasa de baza in C#
public class Employee
{
    protected string name;
    protected string ssn;
}

//clasa derivata in C#
public class Salaried : Employee
{
}
```

```
protected decimal salary;
public Salaried( string name, string ssn, decimal salary )
{
    this.name = name;
    this.ssn = ssn;
    this.salary = salary;
}
}
```

Se observă că câmpurile **name** și **ssn** din clasa de bază sunt accesibile în clasa derivată, datorită specificatorului de acces **protected**.

4.8.2 Apelul constructorilor din clasa de bază

În exemplul anterior nu s-a definit nici un constructor în clasa de bază **Employee**; constructorul clasei derivate trebuie să facă inițializările câmpurilor în conformitate cu parametrii transmiși, chiar dacă o parte din aceste câmpuri provin din clasa de bază. Mai logic ar fi ca în clasa de bază să se găsească un constructor care să inițializeze câmpurile proprii: **name** și **ssn**. Întrucât constructorii nu se moștenesc, e nevoie ca în clasa derivată să se facă un apel explicit al constructorului clasei de bază. Acest apel se face prin **inițializator de constructor** care are forma: două puncte urmate de **base(parametrii-efectivi)**.

```
public class Employee
{
    protected string name;
    protected string ssn;
    public Employee( string name, string ssn)
    {
        this.name = name;
        this.ssn = ssn;
        System.Console.WriteLine("Employee constructor: {0}, {1}",
            name, ssn);
    }
}
public class Salaried : Employee
{
    protected decimal salary;
    public Salaried(string name, string ssn, decimal salary):
        base(name, ssn)
    {
        this.salary = salary;
    }
}
```

```
        System.Console.WriteLine("Salaried constructor: {0}",
            salary);
    }
}
class Demo
{
    Salaried s = new Salaried("Jesse", "1234567890",
        100000.00m);
}
```

La rulare se va obține:

```
Employee constructor: Jesse, 1234567890
Salaried constructor: 100000.00
```

de unde se deduce că apelul de constructor de clasă de bază se face înaintea executării oricăror alte instrucțiuni conținute în constructorul clasei derivate.

Dacă o clasă de bază nu are definit nici un constructor, atunci se va crea unul implicit (fără parametri). Dacă după un constructor al unei clase derivate nu se specifică un inițializator de constructor, atunci va fi apelat constructorul implicit (fie creat automat de compilator, fie scris de către programator); dacă nu există nici un constructor implicit în clasa de bază, atunci programatorul trebuie să specifice un constructor din clasa de bază care va fi apelat, împreună cu parametrii adecvați.

4.8.3 Operatorii *is* și *as*

Operatorul *is*

Operatorul *is* este folosit pentru a verifica dacă un anumit obiect este de un anumit tip. Este folosit de obicei înainte operațiilor de conversie explicită de la un tip de bază la unul derivat (downcasting). Operatorul se folosește astfel:

```
instanta is NumeClasa
```

rezultatul acestei expresii fiind *true* sau *false*.

Exemplu:

```
Employee e = new Employee();
if (e is Salaried)
{
    Salaried s = (Salaried)e;
}
```

În cazul în care s-ar face conversia explicită iar obiectul nu este de tipul la care se face conversia ar rezulta o excepție: `System.InvalidCastException`.

Operatorul `as`

Acest operator este folosit pentru conversii explicite, returnând un obiect de tipul la care se face conversia sau `null` dacă conversia nu se poate face (nu se aruncă excepții). Determinarea validității conversiei se face testând valoarea rezultată față de `null`: dacă rezultatul e `null` atunci conversia nu s-a putut face. Ca și precedentul operator se folosește în special la downcasting.

Exemplu:

```
Employee e = new Employee();
Salaried s = e as Salaried;
if (s != null)
{
    //se lucreaza cu instanta valida de tip Salaried
}
```

4.9 Clase sealed

Specificatorul `sealed` care se poate folosi înaintea cuvântului cheie `class` specifică faptul că clasa curentă nu se poate deriva. Este o eroare de compilare ca o clasă `sealed` să fie declarată drept clasă de bază.

4.9.1 De ce clase sealed?

Dacă o clasă este concepută să nu fie derivată atunci ea poate fi declarată `sealed`. Orice programator care vede clasă `sealed` înțelege că derivarea din ea este interzisă explicit, din motive ce țin de designul tipurilor de date. Altfel spus, din punct de vedere al designului: Clasele `sealed`, în cazul unor ierahii stufoase, pot duce la simplificarea modelului – se știe din start că ierarhia de clase nu mai poate evolua mai jos de o clasă `sealed`.

Dacă decizia de design se modifică ulterior, atunci o clasă `sealed` poate fi transformată într-o clasă derivabilă, fără a afecta compatibilitatea. Invers, însă, devine problematic sau imposibil.

Un efect interesant se obține în contextul în care o instanță a unei clase este asignată unei variabile de tip interfață – a se vedea secțiunea 5.5.2, pagina 145 – compilatorul speculează în mod inteligent faptul că o clasă este declarată `sealed`.

Deși există opinii conform căreia clasele `sealed` ar duce la cod CIL optimizat, există destule contraargumente la aceasta (a se vedea de exemplu [Why are sealed types faster?](#)); oricum, decizia de a declara o clasă `sealed` nu trebuie să fie legată de considerente de performanță, ci de design al tipurilor de date.

Discuții aprofundate asupra claselor `sealed`, precum și alternative, pot fi consultate la:

- [Why Are So Many Of The Framework Classes Sealed?](#)
- [MSDN - Sealing](#)

Capitolul 5

Clase - polimorfism, clase abstracte. Structuri și interfețe

5.1 Polimorfismul

Polimorfismul este capacitatea unei entități de a lua mai multe forme. În limbajul C# polimorfismul este de 3 feluri: parametric, ad-hoc și de moștenire.

5.1.1 Polimorfismul parametric

Este cea mai slabă formă de polimorfism, fiind regăsită în majoritatea limbajelor. Prin polimorfismul parametric se permite ca o implementare de metodă să poată prelucra orice număr de parametri. Acest lucru se poate obține prin folosirea în C# a unui parametru trimis prin **params** (a se vedea secțiunea 3.2).

5.1.2 Polimorfismul ad-hoc

Se mai numește și supraîncărcarea metodelor, mecanism prin care în cadrul unei clase se pot scrie mai multe metode, având același nume, dar tipuri sau numere diferite de parametri formali. Alegerea metodei care va fi apelată se va face la compilare, pe baza corespondenței între tipurile parametrilor de apel și tipurile parametrilor formali.

5.1.3 Polimorfismul de moștenire

Este forma cea mai evoluată de polimorfism. Dacă precedentele forme de polimorfism sunt aplicabile fără a se pune problema de moștenire, în acest

caz este necesar să existe o ierarhie de clase. Mecanismul se bazează pe faptul că o clasă de bază definește un tip care este compatibil din punct de vedere al atribuirii cu orice tip derivat, ca mai jos:

```
class B{...}
class D: B{...}
class Demo
{
    static void Main()
    {
        B b = new D();//upcasting=conversie implicita catre baza B
    }
}
```

Într-un astfel de caz se pune problema: ce se întâmplă cu apeluri către metode având același nume și aceiași parametri formali și care se regăsesc în cele două clase?

Să considerăm exemplul următor: avem o clasă **Shape** care conține o metodă **public void Draw()**; din **Shape** se derivează clasa **Polygon** care implementează aceeași metodă în mod specific. Problema care se pune este cum se rezolvă un apel al metodei **Draw** în context de upcasting:

```
class Shape
{
    public void Draw()
    {
        System.Console.WriteLine("Shape.Draw()");
    }
}
class Polygon: Shape
{
    public void Draw()
    {
        System.Console.WriteLine("Polygon.Draw()");
        //desenarea s-ar face prin GDI+
    }
}
class Demo
{
    static void Main()
    {
        Polygon p = new Polygon();
    }
}
```

```

    Shape s = p;//conversie implicita la o clasa parinte
    p.Draw();
    s.Draw();
  }
}

```

La compilarea acestui cod se va obține un avertisment:

```
Warning CS0108 'Polygon.Draw()' hides inherited member
'Shape.Draw()'. Use the new keyword if hiding was intended.
```

dar despre specificatorul **new** vom vorbi mai jos (oricum, adăugarea lui nu va schimba cu nimic comportamentul următor, doar va duce la dispariția avertismentului). Codul va afișa:

```

Polygon.Draw()
Shape.Draw()

```

Dacă prima linie afișată este conformă cu intuiția, cea de-a doua este discutabilă, dar de fapt este perfect justificată: apelul de metodă `Draw()` este rezolvat pentru ambele apeluri de mai sus la compilare pe baza tipului declarat al obiectelor; ca atare apelul precedent este legat de corpul metodei `Draw` din clasa `Shape`, chiar dacă `s` este de fapt un obiect de tip `Polygon`.

Este posibil ca să se dorească schimbarea acestui comportament: apelul de metodă `Draw` să fie rezolvat în funcție de tipul efectiv al obiectului pentru care se face acest apel și nu de tipul formal declarat. În cazul precedent, apelul `s.Draw()` trebuie să se rezolve de fapt ca fiind către metoda `Draw()` din `Polygon`, pentru că acesta este tipul obiectului `s` la momentul rulării. Cu alte cuvinte, apelul ar trebui să fie rezolvat la rulare și nu la compilare, în funcție de natura efectivă a obiectelor. Acest comportament polimorfic este referit sub denumirea *polimorfism de moștenire*.

5.1.4 Virtual și override

Pentru a asigura faptul că alegerea metodei care va fi executată se face la rulare și nu la compilare, e necesar ca în clasa de bază să se specifice că metoda `Draw()` este virtuală, iar în clasa derivată pentru aceeași metodă trebuie să se specifice că este o suprascriere a celei din bază:

```

class Shape{
    public virtual void Draw(){...}
}
class Polygon : Shape{

```

```
public override void Draw(){...}  
}
```

În urma executării metodei `Main` din clasa de mai sus, se va afișa:

```
Polygon.Draw()  
Polygon.Draw()
```

asta însemnând că s-a apelat metoda corespunzătoare “tipului efectiv” la rulare, în fiecare caz.

În cazul în care clasa `Polygon` este la rândul ei moștenită și se dorește ca polimorfismul să funcționeze în continuare va trebui ca în această a treia clasă să suprascrie (`override`) metoda `Draw()`.

Un astfel de comportament polimorfic este benefic atunci când se folosește o colecție de obiecte de tipul unei clase de bază:

```
Shape[] masterpiece = new Shape[10];  
masterpiece[0] = new Polygon();  
masterpiece[1] = new Circle();  
...  
foreach(Shape s in masterpiece)  
    s.Draw();
```

5.1.5 Modificatorul `new` pentru metode

Modificatorul `new` se folosește pentru a indica faptul că o metodă dintr-o clasă derivată care are aceeași semnătură cu una dintr-o clasă de bază nu este o suprascriere polimorfică a ei, ci apare ca o nouă metodă. Este ca și cum metoda declarată `new` ar avea nume diferit față de cel din clasa de bază și nu se mai sesizează încercare de suprascriere.

Dacă nu se dorește suprascrierea polimorfică și se omite `new`, se obține avertismentul de compilare deja specificat (`CS0108`) iar suprascrierea rămâne nepolimorfică.

Să presupunem următorul scenariu: compania A crează o clasă `A` care are forma:

```
public class A{  
    public void M(){  
        Console.WriteLine("A.M()");  
    }  
}
```

O altă companie B va crea o clasă B care moștenește clasa A. Compania B nu are nici o influență asupra companiei A sau asupra modului în care aceasta va face modificări asupra clasei A. Ea va defini în interiorul clasei B o metodă M() și una N():

```
class B: A{
    public void M(){
        Console.WriteLine("B.M()");
        N();
        base.M();
    }
    protected virtual void N(){
        Console.WriteLine("B.N()");
    }
}
```

Atunci când compania B compilează codul, compilatorul C# va produce același avertisment CS0108:

```
Warning CS0108 'B.M()' hides inherited member 'A.M()'. Use the
new keyword if hiding was intended.
```

Acest avertisment va notifica programatorul că clasa B definește o metodă M(), care va ascunde metoda M() din clasa de bază A. Această nouă metodă ar putea schimba înțelesul (semantica) lui M(), așa cum a fost creată inițial de compania A. Este de dorit în astfel de cazuri compilatorul să avertizeze despre posibile nepotriviri semantice și suprascrieri – de multe ori accidentale. Oricum, programatorii din B vor trebui să pună specificatorul **new** înaintea metodei B.M() pentru a elimina avertismentul.

Să presupunem că o aplicație folosește clasa B() în felul următor:

```
class App{
    static void Main(){
        B b = new B();
        b.M();
    }
}
```

La rulare se va afișa:

```
B.M()
B.N()
A.M()
```

Să presupunem că în cadrul companiei A se decide adăugarea unei metode virtuale `N()` în clasa sa, metodă ce va fi apelată din `M()`:

```
public class A
{
    public void M()
    {
        Console.WriteLine("A.M()");
        N();
    }
    protected virtual void N()
    {
        Console.WriteLine("A.N()");
    }
}
```

La o recompilare făcută de B, este dat următorul avertisment:

```
'B.N()' hides inherited member 'A.N()'. To make the current
member override that implementation, add the override keyword.
Otherwise add the new keyword.
```

În acest mod compilatorul avertizează că ambele clase oferă o metodă `N()` a căror semantică poate să difere. Dacă B decide că metodele `N()` nu sunt semantic legate în cele două clase, atunci va specifica **new**, informând compilatorul de faptul că versiunea sa este una nouă, care nu suprascrie polimorfic metoda din clasa de bază.

Să presupunem în continuare că se specifică **new**. Atunci când codul din clasa `App` este rulat, se va afișa la ieșire:

```
B.M()
B.N()
A.M()
A.N()
```

Ultima linie afișată se explică tocmai prin faptul că metoda `N()` din B este declarată **new** și nu **override** (dacă ar fi fost **override**, ultima linie ar fi fost `B.N()`, din cauza suprascrierii polimorfice).

Se poate ca B să decidă că metodele `M()` și `N()` din cele două clase sunt legate semantic. În acest caz, se poate șterge definiția metodei `B.M`, iar pentru a semnală faptul că metoda `B.N()` suprascrie polimorfic metoda omonimă din clasa părinte, va înlocui cuvântul **new** cu **override**. În acest caz, metoda `App.Main` va produce:

A.M()

B.N()

ultima linie fiind explicată de faptul că B.N() suprascrie polimorfic o metodă virtuală.

5.1.6 Metode sealed

O metodă declarată **override** poate fi declarată totodată și **sealed**, astfel împiedicându-se suprascrierea ei într-o clasă derivată din cea curentă:

```
using System;
class A
{
    public virtual void F()
    {
        Console.WriteLine("A.F()");
    }
    public virtual void G()
    {
        Console.WriteLine("A.G()");
    }
}
class B: A
{
    sealed override public void F()
    {
        Console.WriteLine("B.F()");
    }
    override public void G()
    {
        Console.WriteLine("B.G()");
    }
}
class C: B
{
    override public void G()
    {
        Console.WriteLine("C.G()");
    }
}
```


Modificatorul `sealed` pentru `B.F` va împiedica tipul `C` să suprascrie polimorfic metoda `F`.

Menționăm că în cadrul exemplului de mai sus se poate defini o metodă `public void G()` în cadrul clasei `C`, dar pentru evitarea avertismentului de compilare ea trebuie să fie calificată și ca fiind `new`.

5.1.7 Exemplu folosind `virtual`, `new`, `override`, `sealed`

Să presupunem următoare ierarhie de clase¹, reprezentată în Fig. 5.1; dacă o clasă `X` este clasă de bază pentru `Y`, atunci sensul săgeții este de la `Y` la `X`. Fiecare clasă are o metodă `void F()` care determină afișarea clasei în care este definită și pentru care se vor specifica `new`, `virtual`, `override`, `sealed`.



Figura 5.1: Ierarhie de clase

Să presupunem că avem o clasă demonstrativă precum mai jos:

```

public class Demo
{
    static void Main()
  
```

¹Exemplul ce urmează nu are legătură cu codul din secțiunea 5.1.6.

```

{
    A[] x = {new A(), new B(), new C(), new D()};

    A a = new A();
    B b = new B();
    C c = new C();
    D d = new D();

    /* secventa 1 */
    for(int i=0; i<x.Length; i++)
    {
        x[i].F();
    }
    /* secventa 2 */
    a.F();
    b.F();
    c.F();
    d.F();
}
}

```

În funcție de specificatorii metodelor F() din fiecare clasă, se obțin ieșirile din tabelul 5.1:

Tabela 5.1: Efecte ale diferiților specificatori.

Metoda	A.F()	B.F()	C.F()	D.F()
<i>Specificator</i>	virtual	override	override	override
Ieșire secv. 1	A.F	B.F	C.F	D.F
Ieșire secv. 2	A.F	B.F	C.F	D.F
<i>Specificator</i>	virtual	override	new	override
Ieșire secv. 1	A.F	B.F	B.F	D.F
Ieșire secv. 2	A.F	B.F	C.F	D.F
<i>Specificator</i>	virtual	new	new	new
Ieșire secv. 1	A.F	A.F	A.F	A.F
Ieșire secv. 2	A.F	B.F	C.F	D.F
<i>Specificator</i>	virtual	new	override	override
Eroare de compilare deoarece C.F nu poate suprascrie metoda nevirtuală si ne-override B.F()				

Tabelul 5.1 (continuare)

Metoda	A.F()	B.F()	C.F()	D.F()
<i>Specificator</i>	virtual	virtual	override	override
Ieșire secv. 1	A.F	A.F	A.F	D.F
Ieșire secv. 2	A.F	B.F	C.F	D.F
Avertisment la compilare deoarece B.F înlocuiește A.F				
<i>Specificator</i>	virtual	sealed override	override	override
Eroare de compilare deoarece deoarece B.F nu poate fi suprascrisă de C.F				

5.2 Clase și metode abstracte

Deseori pentru o anumită clasă nu are sens crearea de instanțe, din cauza unei generalități prea mari a tipului respectiv. Spunem că această clasă este **abstractă**, iar pentru a împiedica efectiv crearea de instanțe de acest tip, se va specifica cuvântul **abstract** înaintea clasei. În exemplele anterioare, clasele **Employee** și **Shape** ar putea fi gândite ca fiind abstracte: ele conțin prea puțină informație pentru a putea crea instanțe utile. Pe de altă parte, ele pot reprezenta rădăcina unei ierarhii (familii) de clase de interes.

Analog, pentru o anumită metodă din interiorul unei clase uneori nu se poate specifica o implementare. De exemplu, pentru clasa **Shape** de mai sus, este imposibil să se dea o implementare la metoda **Draw()**, tocmai din cauza generalității clasei. Ar fi util dacă pentru această metodă programatorul ar fi obligat să dea implementări specifice ale acestei metode pentru diversele clase derivate. Pentru a se asigura tratarea polimorfică a acestui tip abstract, orice metodă abstractă este automat și virtuală. O metodă declarată abstractă implică declararea clasei ca fiind abstractă.

Exemplu:

```
abstract class Shape
{
    public abstract void Draw();
    //remarcam lipsa implementarii si semnul punct si virgula
}
```

Orice clasă care este derivată dintr-o clasă abstractă va trebui fie să implementeze toate metodele abstracte din clasa de bază, fie să se declare ca fiind

abstractă. Suprascrierea unei metode abstracte se face cu o metodă calificată cu `override`.

O clasă abstractă nu poate fi instanțiată direct de către programator. Cu toate acestea, o clasă abstractă poate avea definit constructori instanță. Motivul este că o clasă concretă (instanțiabilă) derivată din clasa abstractă poate apela constructorul clasei abstracte via `:base(listaParametri)`, beneficiind de logica de inițializare definită în strămoșul abstract.

5.3 Tipuri parțiale

Începând cu versiunea 2.0 a platformei .NET este posibil ca definiția unei clase, interfețe sau structuri să fie făcută în mai multe fișiere sursă. Definiția clasei se obține din reuniunea părților componente, lucru făcut automat de către compilator. Această spargere în fragmente este benefică în următoarele cazuri:

- atunci când se lucrează cu proiecte mari, este posibil ca la o clasă să trebuiască să lucreze mai mulți programatori simultan - fiecare concentrându-se pe funcționalități diferite.
- când se lucrează cu cod generat automat, acesta poate fi scris separat astfel încât programatorul să nu interfereze accidental cu el. Situația este frecvent întâlnită în cazul aplicațiilor de tip Windows Forms, WPF sau cele în care se generează automat cod pe baza unor șabloane.

De exemplu, pentru o formă nou creată (numită **Form1**) mediul Visual Studio va scrie un fișier numit **Form1.Designer.cs** care conține partea de inițializare a controalelor și componentelor introduse de utilizator. Partea de tratare a evenimentelor, constructori etc. este definită într-un alt fișier (**Form1.cs**).

Declararea unei părți a unei clase se face folosind cuvântul cheie **partial** înaintea lui **class**.

Exemplu:

```
//fișierul Browser1.cs
public partial class Browser
{
    public void OpenPage(String uri)
    {...}
}
//fișierul Browser2.cs
public partial class Browser
{
```

```
public void DiscardPage(String uri)
{...}
}
```

Următoarele sunt valabile pentru tipuri parțiale:

- cuvântul `partial` trebuie să apară exact înainte cuvintelor: `class`, `interface`, `struct`
- dacă pentru o parte se specifică un anumit grad de acces, aceasta nu trebuie să ducă la conflicte cu declarațiile din alte părți
- dacă o parte de clasă este declarată ca abstractă, atunci întreaga clasă este considerată abstractă
- dacă o parte declară clasa ca fiind `sealed`, atunci întreaga clasă este considerată `sealed`
- dacă o parte declară că moștenește o clasă, atunci într-o altă parte nu se mai poate specifica o altă derivare
- părți diferite pot să declare că se implementează interfețe multiple
- aceleași câmpuri și metode nu pot fi definite în mai multe părți.
- clasele imbricate pot să fie declarate în părți diferite, chiar dacă clasa conținătoare e definită într-un singur fișier:

```
class Container
{
    partial class Nested
    {
        void Test() { }
    }
    partial class Nested
    {
        void Test2() { }
    }
}
```

- Următoarele elemente vor fi reunite pentru definiția clasei: comentarii XML, declarații de interfețe ce se implementează, attribute, membri.

Exemplu:

```
partial class Earth : Planet, IRotate { }
partial class Earth : IRevolve { }
```

este echivalent cu:

```
class Earth : Planet, IRotate, IRevolve { }
```

5.4 Tipuri structură

Structurile reprezintă tipuri de date asemănătoare claselor, cu principala diferență că sunt tipuri valoare (o astfel de variabilă va conține direct valoarea, nu o adresă de memorie). Sunt considerate versiuni “ușoare” ale claselor, sunt folosite predilect pentru tipuri pentru care aspectul comportamental este mai puțin pronunțat.

Declarația unei structuri se face astfel:

```
attributeopt modificali-de-structopt struct identifiicator :interfețeopt corp ;opt
```

Modificatorii de structură sunt: `new`, `public`, `protected`, `internal`, `private`. O structură este automat derivată din `System.ValueType`, care la rândul ei este derivată din `System.Object`; de asemenea, este automat considerată `sealed` (nederivabilă) – și de aici înțelegem de ce nu se pot declara în tipurile structură membri `protected`, `protected internal` sau `private protected`.

Un tip structură poate să implementeze una sau mai multe interfețe.

O structură poate să conțină declarații de constante, câmpuri, metode, proprietăți, evenimente, indexatori, operatori, constructori, constructori statici, tipuri imbricate.

La atribuirea între două variabile de tip structură se face o copiere a câmpurilor (bit cu bit) conținute de către sursă în destinație (indiferent de natura câmpurilor: valoare sau referință).

Exemplu:

```
using System;
public struct Point
{
    public Point(int xCoordinate, int yCoordinate)
    {
        xVal = xCoordinate;
        yVal = yCoordinate;
    }
    public int X
    {
```

```
        get
        {
            return xVal;
        }
        set
        {
            xVal = value;
        }
    }
    public int Y
    {
        get
        {
            return yVal;
        }
        set
        {
            yVal = value;
        }
    }
}

public override string ToString( )
{
    return (String.Format("{0}, {1}", xVal.ToString(),yVal.ToString()));
}
private int xVal;
private int yVal;
}

public class Demo
{
    public static void MyFunc(Point p)
    {
        p.X = 50;
        p.Y = 100;
        Console.WriteLine("In MyFunc p: {0}", p.ToString());
        //daca in metoda de mai sus se foloseste p in loc de
        //p.ToString() atunci se face boxing
    }
    static void Main( )
    {
```

```

    Point loc = new Point(200,300);
    Console.WriteLine("loc location: {0}", loc.ToString());
    MyFunc(loc);
    Console.WriteLine("loc location: {0}", loc.ToString());
}
}

```

După cum este dat în exemplul de mai sus, crearea unei instanțe se face folosind operatorul `new`; dar în acest caz, nu se va crea o instanță în memoria heap, ci pe stivă. Transmiterea lui `loc1` se face prin valoare, adică metoda `myFunc` nu face decât să modifice o copie de pe stivă a lui `loc1`. La revenire, se va afișa tot valoarea setată inițial:

```

loc location: 200, 300
In MyFunc loc: 50, 100
loc location: 200, 300

```

Deseori pentru o structură se declară câmpurile ca fiind publice, pentru a nu mai fi necesare definirea accesoriilor (simplificare implementării). Alți programatori consideră însă că accesarea membrilor trebuie să se facă precum la clase, folosind proprietăți. Oricare ar fi alegerea, ea e suportată de limbaj.

Alte aspecte demne de reținut:

- Câmpurile nu pot fi inițializate la declarare; altfel spus, dacă în exemplul de mai sus se scria:

```

private int xVal = 10;
private int yVal = 20;

```

s-ar fi semnalat o eroare la compilare.

- Nu se poate defini un constructor implicit. Cu toate acestea, compilatorul va crea întotdeauna un astfel de constructor, care va inițializa câmpurile la valorile lor implicite (0 pentru tipuri numerice sau pentru enumerări, `false` pentru `bool`, `null` pentru tipuri referință).

Pentru tipul `Point` de mai sus, următoarea secvență de cod este corectă:

```

Point a = new Point(0, 0);
Point b = new Point();

```

și duce la crearea a două puncte cu abscisele și ordonatele 0. Un constructor implicit este apelat atunci când se creează un tablou de structuri. Secvența:


```
Point[] points = new Point[10];
for( int i=0; i<points.Length; i++ )
{
    Console.WriteLine(points[i]);
}
```

va afișa de 10 ori puncte de coordonate (0, 0).

De asemenea, constructorul implicit este apelat la inițializarea câmpurilor de tip structură.

De menționat pentru exemplul anterior că se creează un obiect de tip tablou în heap, după care în interiorul lui (și nu pe stivă!) se creează cele 10 instanțe de structură `Point`, în interiorul tabloului stocat în heap (așa-numita alocare inline).

- Nu se poate declara destructor. Aceștia se declară numai pentru clase.
- Dacă programatorul definește un constructor, atunci acesta trebuie să dea valori inițiale pentru toate câmpurile conținute, altfel apare eroare la compilare.
- Dacă pentru o variabilă locală de tip structură nu se apelează `new` (nu se inițializează), atunci respectiva instanță nu va avea asociată nici o valoare: constructorul implicit nu este apelat automat! Nu se poate folosi respectiva variabilă de tip structură decât după ce i se inițializează toate câmpurile:

```
//bloc de instructiuni
{
    Point p;//variabila locala neinitializata
    Console.WriteLine(p);//nota: aici se face boxing
}
```

va duce la apariția erorii de compilare:

Use of unassigned local variable 'p'

- Dacă se încearcă definirea unei structuri care conține un câmp de tipul structurii, atunci va apărea o eroare de compilare:

```
struct S
{
    S s;
}
```

va genera un mesaj din partea compilatorului:

```
Struct member 'S.s' of type 'S' causes a
cycle in the structure layout
```

- Dacă o instanță este folosită acolo unde un `object` este necesar, atunci se va face automat o conversie implicită către `System.Object` (boxing). Ca atare, utilizarea unei structuri poate duce (în funcție de context) la un overhead (cost suplimentar de memorie și cicli procesor) datorat conversiei.

5.4.1 Structuri sau clase?

Structurile pot fi mult mai eficiente în alocarea memoriei atunci când sunt reținute într-un tablou. De exemplu, crearea unui tablou de 100 de elemente de tip `Point` va duce la crearea unui singur obiect (tabloul), iar cele 100 de instanțe de tip structură ar fi alocate inline în vectorul creat (și nu referințe ale acestora). Dacă `Point` ar fi declarat ca și clasă, ar fi fost necesară crearea a 101 instanțe de obiecte în heap (un obiect pentru tablou, alte 100 pentru puncte), ceea ce ar duce la mai mult lucru pentru garbage collector și ar putea fragmenta heap-ul. În plus, un vector de elemente de tip valoare, conținând direct elementele dorite este mai prietenos pentru caching decât situația în care elementele din tablou sunt adrese de memorie către locații nu neapărat învecinate.

În cazul în care structurile sunt folosite în contextul în care tipul declarat este `Object` se va face automat un boxing, ceea ce duce la overhead. De asemenea, la transmiterea prin valoare a unei structuri, se va face copierea tuturor câmpurilor conținute pe stivă, ceea ce poate duce la un cost de rulare crescut.

5.5 Interfețe

O interfață definește un contract comportamental. O clasă sau o structură care implementează o interfață aderă la acest contract. Relația dintre o interfață și un tip care o implementează este deosebită de cea existentă între clase (este un/o): este o relație de implementare.

O interfață conține metode, proprietăți, evenimente, indexatori. Ea însă nu va conține implementări pentru acestea, doar declarații. Declararea unei interfețe se face astfel:

`attributeopt modificali-de-interfațăopt interface identifiicator baza-interfețeiopt`

corp-interfață ;*opt*

Modificatorii de interfață sunt: `new`, `public`, `protected`, `internal`, `private`.

O interfață poate să moștenească de la zero sau mai multe interfețe. Corpul interfeței conține declarații de metode, fără implementări. Orice membru are gradul de acces public. Nu se poate specifica pentru o metodă din interiorul unei interfețe: `abstract`, `public`, `protected`, `internal`, `private`, `virtual`, `override`, ori `static`.

Exemplu:

```
interface ISavable
{
    void Read();
    void Write();
}
```

O clasă care implementează o astfel de interfață se declară ca mai jos:

```
class Document: ISavable
{
    public void Read(){/*cod*/}
    public void Write(){/*cod*/}
    //alte declaratii
}
```

(similar s-ar declara un tip structură care să implementeze aceeași interfață).

În cele ce urmează ne vom referi la metodele declarate în interfețe. O clasă care implementează o interfață trebuie să implementeze toate metodele care se regăsesc în interfața respectivă, sau să declare metodele provenite din interfață ca fiind abstracte. Următoarele reguli trebuie respectate la implementarea de interfețe:

1. Tipul de retur al metodei din clasă trebuie să coincidă cu tipul de retur al metodei din interfață
2. Tipurile parametrilor formali din metodă trebuie să fie aceiași cu tipurile parametrilor formali din interfață
3. Metoda din clasă trebuie să fie declarată publică și nestatică.

Aceste implementări pot fi declarate folosind specificatorul `virtual` (deci subclasele clasei curente pot folosi `new` și `override`).

Exemplu:

```
using System;
interface ISavable
{
    void Read();
    void Write();
}
public class TextFile : ISavable
{
    public virtual void Read()
    {
        Console.WriteLine("TextFile.Read()");
    }
    public void Write()
    {
        Console.WriteLine("TextFile.Write()");
    }
}
public class CSVFile : TextFile
{
    public override void Read()
    {
        Console.WriteLine("CSVFile.Read()");
    }
    public new void Write()
    {
        Console.WriteLine("CSVFile.Write()");
    }
}
public class Demo
{
    static void Main()
    {
        Console.WriteLine("\nTextFile reference to CSVFile");
        TextFile textRef = new CSVFile();
        textRef.Read();
        textRef.Write();
        Console.WriteLine("\nISavable reference to CSVFile");
        ISavable savableRef = textRef as ISavable;
        //as ISavable e aparent redundant
        //dar permite verificarea de la pasul urmator
        if(savableRef != null)
```

```

{
    savableRef.Read();
    savableRef.Write();
}
Console.WriteLine("\nCSVFile reference to CSVFile");
CSVFile csvRef = textRef as CSVFile;
if(csvRef!= null)
{
    csvRef.Read();
    csvRef.Write();
}
}
}

```

La ieşire se va afişa:

```

TextFile reference to CSVFile
CSVFile.Read()
TextFile.Write()

```

```

ISavable reference to CSVFile
CSVFile.Read()
TextFile.Write()

```

```

CSVFile reference to CSVFile
CSVFile.Read()
CSVFile.Write()

```

În exemplul de mai sus se foloseşte operatorul **as** pentru a obţine o referinţă la interfeţe, pe baza obiectelor create. În general, se preferă ca apelul metodelor care sunt implementate din interfaţă să se facă via o referinţă la interfaţa respectivă, obţinută prin intermediul operatorului **as** (ca mai sus) sau după o testare prealabilă prin **is** urmată de conversie explicită, ca mai jos:

```

if (textRef is ISavable)
{
    ISavable is = textRef as ISavable;
    is.Read();//etc.
}

```

În general, dacă se doreşte doar răspunsul la întrebarea “este obiectul curent un implementator al interfeţei I?”, atunci se recomandă folosirea operatorului **is**. Dacă se ştie că va trebui făcută şi o conversie la tipul interfaţă, atunci

este mai eficientă folosirea lui `as`. Afirmatia se bazează pe studiul codului CIL rezultat în fiecare caz.

Să presupunem că exista o interfață `I` având metoda `M()`; interfața este implementată de o clasă concretă `C`, definind metoda `M()`. Este posibil ca această metodă să nu aibă o semnificație în afara clasei `C`, ca atare e de dorit ca metoda `M()` să nu fie declarată publică. Mecanismul care permite acest lucru se numește **implementare explicită**. Această tehnică permite ascunderea metodelor moștenite dintr-o interfață, acestea devenind private (calificarea lor ca fiind publice este semnalată ca o eroare). Implementarea explicită se obține prin calificarea numelui de metodă cu numele interfeței:

```
interface IMyInterface
{
    void F();
}
class MyClass : IMyInterface
{
    void IMyInterface.F()//metoda privata!
    {
        //...
    }
}
```

Metodele din interfețe care s-au implementat explicit nu pot fi declarate `abstract`, `virtual`, `override`, `new`. Mai mult, asemenea metode nu pot fi accesate direct prin intermediul unui obiect (`obiect.NumeMetoda`), ci doar prin intermediul unei referințe către interfața respectivă, deoarece prin implementare explicită a metodelor aceste devin private în clasă sau tip structură și singura modalitate de acces a lor este upcasting-ul către interfață (metodele din cadrul interfețelor sunt publice, deci accesibile).

Exemplu:

```
using System;
public interface IDataBound
{
    void Bind();
}

public class EditBox : IDataBound
{
    // implementare explicita de IDataBound
    void IDataBound.Bind()
```

```
{
    Console.WriteLine("Binding to data store...");
}
}

class Demo
{
    public static void Main()
    {
        TextBox edit = new TextBox();
        Console.WriteLine("Apel TextBox.Bind()...");
        //EROARE: Linia de cod urmatoare nu se compileaza deoarece
        //metoda Bind nu mai exista ca metoda publica in clasa TextBox
        edit.Bind();
        Console.WriteLine();

        IDataBound bound = edit;
        Console.WriteLine("Apel (IDataBound) TextBox.Bind()...");
        // Functioneaza deoarece s-a facut conversie la IDataBound
        bound.Bind();
    }
}
```

Este posibil ca un tip să implementeze mai multe interfețe. Atunci când două interfețe au o metodă cu aceeași semnătură, programatorul are mai multe variante de lucru. Cel mai simplu, el poate să furnizeze o singură implementare pentru ambele metode, ca mai jos:

```
interface IFriendly
{
    void Greet() ;
}
interface IAffectionate
{
    void Greet() ;
}
abstract class Pet
{
    public virtual void Eat()
    {
        Console.WriteLine( "Pet.Eat" ) ;
    }
}
```

```
}  
class Dog : Pet, IAffectionate, IFriendly  
{  
    public override void Eat()  
    {  
        Console.WriteLine( "Dog.Eat" ) ;  
    }  
    public void Greet()  
    {  
        Console.WriteLine( "Woof!" ) ;  
    }  
}
```

O altă variantă este să se specifice explicit care metodă (adică: din ce interfață) este implementată.

```
class Dog : Pet, IAffectionate, IFriendly  
{  
    public override void Eat()  
    {  
        Console.WriteLine( "Dog.Eat" ) ;  
    }  
    void IAffectionate.Greet()  
    {  
        Console.WriteLine( "Woof!" ) ;  
    }  
    void IFriendly.Greet()  
    {  
        Console.WriteLine( "Jump up!" ) ;  
    }  
}  
public class Pets  
{  
    static void Main()  
    {  
        IFriendly mansBestFriend = new Dog() ;  
        mansBestFriend.Greet() ;  
        (mansBestFriend as IAffectionate).Greet() ;  
    }  
}
```

La ieșire se va afișa:

Jump up!
Woof!

Dacă însă în clasa Dog se adaugă metoda

```
public void Greet()
{
    Console.WriteLine( "Woof 2!" );
}
```

atunci se poate face apel `dog.Greet()` (variabila `dog` este instanță de `Dog`); apelurile de metode din interfață rămân de asemenea valide. Rezultatul acestui ultim din urmă apel este afișarea mesajului `Woof 2`.

Reținem că se poate ca o interfață să fie implementată atât explicit cât și implicit (simultan) într-o clasă.

5.5.1 Clase abstracte sau interfețe?

Interfețele și clasele abstracte au roluri destul de similare. Totuși ele nu se pot substitui reciproc. Câteva principii generale de utilizare a lor sunt date mai jos.

Dacă o relație se poate exprima mai degrabă ca “este un/o” decât altfel, atunci entitatea de bază ar trebui gândită ca o clasă abstractă.

Un alt aspect este bazat pe obiectele care ar folosi capabilitățile din tipul de bază. Dacă aceste capabilități ar fi folosite de către obiecte care nu sunt legate între ele, atunci ar fi mai indicată o interfață.

Un dezavantaj al claselor abstracte este că nu poate fi decât bază unică pentru orice altă clasă. Partea bună însă este că pot conține cod definit care se moștenește.

5.5.2 Clase sealed și interfețe

Un exemplu interesant² este pentru cazul în care o instanță a unei clase care nu implementează o interfață *poate fi totuși asignată* ca valoare pentru o variabilă de tip interfață:

```
public interface IMyInterface
{
    int Compute(int x);
}
```

²Exemplul este preluat din [C# Tweaks—Why to use the sealed keyword on classes?](#).

```
public class MyClass
{
    public void DoSomething()
    {
        Console.WriteLine("Do something");
    }
}

class Program
{
    static void Main(string[] args)
    {
        MyClass a = new MyClass();
        IMyInterface x = a as IMyInterface;
        //fara eroare sau avertisment la compilare, fara eroare la rulare
    }
}
```

După cum se observă, clasa `MyClass` nu implementează interfața `IMyInterface`, dar asignarea din metoda `Main` este permisă. Acest lucru se explică prin faptul că variabila `a` poate fi obținută ca o instanță a unei clase `X` derivate din `MyClass` (deci declararea lui `a` ca fiind de tip `MyClass` este legitimă); iar totodată `X` să implementeze și interfața `IMyInterface` (o clasă derivată poate încă să implementeze oricâte interfețe); acest ultim argument arată de ce atribuirea către `x` este admisă la compilare — nici la rulare nefiind, de altfel, detectată vreo problemă.

Dacă însă se declară clasa `MyClass` `sealed`, atunci raționamentul de mai sus nu mai este valid: nu mai putem spera la faptul că o astfel de subclasă `X` ar mai putea fi scrisă. Compilatorul reacționează cu eroarea:

```
Cannot convert type 'MyClass' to 'IMyInterface' via a reference
conversion, boxing conversion, unboxing conversion,
wrapping conversion, or null type conversion
```

Capitolul 6

Tipul delegat, metode anonime, evenimente, excepții

6.1 Tipul delegat

În programare deseori apare următoarea situație: trebuie să se execute o anumită acțiune, dar nu se știe de dinainte care va fi aceasta. De exemplu, un buton poate ști că trebuie să anunțe pe oricine este interesat despre faptul că fost apăsător, dar nu va ști aprioric cum va fi tratat acest eveniment (altfel zis: care este metoda care implementează reacția). Mai degrabă decât să se lege la compilare butonul de un obiect particular ale cărui metode să fie apelate la declanșarea evenimentului, butonul va declara un delegat, pentru care clasa interesată de evenimentul de apăsare va da o implementare.

Fiecare acțiune pe care utilizatorul o execută pe o interfață grafică declanșează un eveniment. Alte evenimente se pot declanșa independent de acțiunile utilizatorului: sosirea unui email, terminarea copierii unor fișiere, sfârșitul unei interogări pe o bază de date etc. Un eveniment este o încapsulare a ideii că “se întâmplă ceva” la care programul trebuie să răspundă. Evenimentele și delegații sunt strâns legate deoarece răspunsul la acest eveniment se va face de către un event handler, care este legat de eveniment printr-un delegat.

Un delegat este un tip referință folosit pentru a încapsula o metodă cu un anumit antet (tipul parametrilor formali și tipul de retur). Orice metodă care are acest antet poate fi legată la un anumit delegat. Într-un limbaj precum C++, acest lucru se rezolvă prin intermediul pointerilor la funcții. Delegații rezolvă aceeași problemă, dar într-o manieră orientată obiect și cu garanții asupra siguranței codului rezultat, precum și cu o ușoară generalizare (vezi delegații multicast).

Un tip delegat este creat după următoarea sintaxă:

```
attributeopt modificali-de-delegatopt delegate tip-retur identificator( lista-param-formaliopt);
```

Modificatorul de delegat poate fi: **new**, **public**, **protected**, **internal**, **protected internal**, **private**. Un delegat se poate specifica atât în interiorul unei clase, cât și în exteriorul ei, fiind de fapt o declarație de clasă derivată din **System.Delegate**. Dacă este declarat în interiorul unei clase, atunci este și static (asemănător cu statutul claselor imbricate).

6.1.1 Exemplu canonic de delegat

Să presupunem că avem o metodă **Computation** care poate primi două valori de tip întreg, pentru care poate să calculeze suma sau diferența. Natura operației care se calculează (adunare/scădere) se precizează ca un al treilea parametru al metodei **Computation**, deci vrem să putem transmite ca parametru o metodă.

Pașii pe care trebuie să îi urmăm sunt: declararea unui tip de metodă care preia doi parametri de tip întreg și returnează un întreg (aceasta este semnătura pentru o metodă care adună sau scade doi întregi) și declararea unui parametru în metoda **CalculOperatie** care să reprezinte operația ce se cere aplicată.

Pentru primul pas se declară un tip delegat, într-un fișier separat:

```
public delegate int MyDelegate(int x, int y);
```

Declarația de mai sus specifică o semnătură de metodă. Tipul poate fi instanțiat sub forma:

```
MyDelegate del = new MyDelegate(MyMethod);
```

sau mai simplu:

```
MyDelegate del = MyMethod;
```

unde în ambele cazuri **MyMethod** reprezintă o metodă care respectă semnătura specificată de tipul **MyDelegate**: trebuie să preia doi întregi și să returneze un întreg.

Pentru al doilea pas dat mai sus, codul este:

```
class Demo
{
    public int Computation(int a, int b, MyDelegate myDelegate)
    {
```

```
return myDelegate(a, b);
}

public int Sum(int x, int y)//se respecta semnatura
//data de MyDelegate
{
return x + y;
}

public int Difference(int x, int y)//se respecta semnatura
//data de MyDelegate
{
return x - y;
}

static void Main(string[] args)
{
Demo demo = new Demo();
MyDelegate del = demo.Sum;
Console.WriteLine("Adunare: {0}", F(3, 4, del).ToString()) ;
del = demo.Difference;
Console.WriteLine("Scadere: {0}", F(3, 4, del).ToString());
}
}
```

Sugerăm cititorului interesat urmărirea pas cu pas a execuției aplicației pentru a vedea metodele care se aplică.

6.1.2 Exemplu mai amplu

Să presupunem că se dorește crearea unei clase container simplu numit **Pair** care va conține două obiecte pentru care va putea face și sortare. Nu se va ști aprioric care va fi tipul obiectelor conținute, deci se va folosi pentru ele tipul **object**. Sortarea celor două obiecte se va face diferit, în funcție de tipul lor efectiv: de exemplu pentru niște persoane (clasa **Student** în cele ce urmează) se va face după nume, pe când pentru animale (clasa **Dog**) se va face după alt criteriu: greutatea. Containerul **Pair** va trebui să facă față acestor clase diferite. Rezolvarea se va da prin delegați.

Clasa **Pair** va defini un tip delegat, **WhichIsFirst**. Metoda **Sort** de ordonare va prelua ca (unic) parametru o instanță a metodei **WhichIsFirst**, care va implementa relația de ordine, în funcție de tipul obiectelor conținute. Re-

zultatul unei comparații între două obiecte va fi de tipul enumerare `Comparison`, definit de utilizator:

```
public enum Comparison
{
    TheFirstComesFirst = 0,
    //primul obiect din colectie este primul in ordinea sortarii
    TheSecondComesFirst = 1
    //al doilea obiect din colectie este primul in ordinea sortarii
}
```

Delegatul (tipul de metodă care realizează compararea) se declară astfel:

```
//declarare de delegat
public delegate Comparison WhichIsFirst(
    object obj1, object obj2);
```

Clasa `Pair` se declară după cum urmează:

```
public class Pair
{
    //tabloul care contine cele doua obiecte
    private object[] thePair = new object[2];

    //constructorul primeste cele doua obiecte continute
    public Pair( object firstObject, object secondObject)
    {
        thePair[0] = firstObject;
        thePair[1] = secondObject;
    }

    //metoda publica pentru ordonarea celor doua obiecte
    //dupa orice criteriu
    public void Sort( WhichIsFirst theDelegatedMethod )
    {
        if (theDelegatedMethod(thePair[0],thePair[1]) ==
            Comparison.TheSecondComesFirst)
        {
            object temp = thePair[0];
            thePair[0] = thePair[1];
            thePair[1] = temp;
        }
    }
}
```

```
//metoda ce permite tiparirea perechii curente
//se foloseste de polimorfism - vezi mai jos
public override string ToString( )
{
return thePair[0].ToString()+" , "+thePair[1].ToString();
}
}
```

Clasele Student și Dog sunt:

```
public class Dog
{
public Dog(int weight)
{
this.weight=weight;
}
//Ordinea este data de greutate
public static Comparison WhichDogComesFirst(
Object o1, Object o2)
{
Dog d1 = o1 as Dog;
Dog d2 = o2 as Dog;
return d1.weight > d2.weight ?
Comparison.TheSecondComesFirst :
Comparison.TheFirstComesFirst;
}
//pentru afisarea greutatii unui caine
public override string ToString( )
{
return weight.ToString( );
}
private int weight;
}

public class Student
{
public Student(string name)
{
this.name = name;
}
//studentii sunt ordonati alfabetice
public static Comparison WhichStudentComesFirst(
```

```

Object o1, Object o2)
{
    Student s1 = o1 as Student;
    Student s2 = o2 as Student;
    return (String.Compare(s1.name, s2.name) < 0 ?
        Comparison.TheFirstComesFirst :
        Comparison.TheSecondComesFirst);
}
//pentru afisarea numelui unui student
public override string ToString( )
{
    return name;
}
private string name;
}

```

Clasa de demo este:

```

public class Demo
{
    public static void Main( )
    {
        //creaza cate doua obiecte
        //de tip Student si Dog
        //si containerii corespunzatori
        Student Stacey = new Student("Stacey");
        Student Jesse = new Student ("Jess");
        Dog Milo = new Dog(10);
        Dog Fred = new Dog(5);
        Pair studentPair = new Pair(Stacey, Jesse);
        Pair dogPair = new Pair(Milo, Fred);
        Console.WriteLine("studentPair\t: {0}", studentPair);
        Console.WriteLine("dogPair\t: {0}", dogPair);
        //sortare folosind metode delegate
        studentPair.Sort(Student.WhichStudentComesFirst);
        Console.WriteLine("Dupa sortarea pe studentPair\t: {0}",
            studentPair.ToString( ));
        dogPair.Sort(Dog.WhichDogComesFirst);
        Console.WriteLine("Dupa sortarea pe dogPair\t\t: {0}",
            dogPair.ToString( ));
    }
}

```


6.2 Metode anonime

Pentru a folosi un delegat a fost nevoie până acum de a se crea de fiecare dată o metodă (și posibil și o nouă clasă care să conțină această metodă). Există însă cazuri în care corpul metodei este suficient de simplu pentru a nu necesita declararea explicită a metodei. C# introduce această facilități prin intermediul metodelor anonime.

Varianța tradițională presupunea scrierea unui cod de forma:

```
class SomeClass
{
    delegate void SomeDelegate();//tipul delegat se poate scrie
    //si in afara clasei, in fisier separat

    public void InvokeMethod()
    {
        SomeDelegate del = new SomeDelegate(someMethod);
        del();
    }
    private void someMethod()
    {
        MessageBox.Show("Hello");
    }
}
```

Se poate defini o implementare folosind o metodă anonimă:

```
class SomeClass
{
    delegate void SomeDelegate();
    public void InvokeMethod()
    {
        SomeDelegate del = delegate()
        {
            MessageBox.Show("Hello");
        };

        del();
    }
}
```

Metoda anonimă este definită in-line și nu ca metodă membră a unei clase. Compilatorul este suficient de inteligent pentru a infera tipul delegatului, pe baza declarației de variabilă delegat (`del` în exemplul anterior).

O astfel de metodă anonimă se poate folosi oriunde este nevoie de o variabilă de tip delegat, de exemplu ca parametru al unei metode:

```
class SomeClass
{
    delegate void SomeDelegate();

    public void MyMethod()
    {
        invokeDelegate(delegate(){MessageBox.Show("Hello");});
    }

    private void invokeDelegate(SomeDelegate del)
    {
        del();
    }
}
```

Există și cazuri în care se cere transmiterea de parametri metodei anonime. Parametrii (tip + nume) se declară în interiorul parantezelor cuvântului `delegate`:

```
class SomeClass
{
    delegate void SomeDelegate(string str);
    public void InvokeMethod()
    {
        SomeDelegate del = delegate(string str)
        {
            MessageBox.Show(str);
        };
        del("Hello");
    }
}
```

Dacă se omit cu totul parantezele de după cuvântul `delegate`, atunci se declară o metodă anonimă care este asignabilă unui delegat cu orice semnătură:

```
class SomeClass
{
    delegate void SomeDelegate(string str);
```

```
public void InvokeMethod()
{
    SomeDelegate del = delegate
    {
        MessageBox.Show("Salut");
    };
    del("Parametru ignorat");
}
}
```

Remarcăm că încă trebuie dați parametri delegatului ce se apelează; dacă delegatul declară parametri transmiși cu “out”, atunci varianta de mai sus nu se poate aplica.

Există posibilitatea de a folosi delegati anonimi care returnează un rezultat:

```
class Program
{
    delegate int MyDelegateType(int x);

    static void Main(string[] args)
    {
        MyDelegateType del = delegate(int a)
        {
            return a + 1;
        };

        Console.WriteLine( f(del, 10).ToString());
    }

    private static int f(MyDelegateType del, int x)
    {
        return del(x);
    }
}
```

6.3 Multicasting

Uneori este nevoie ca un delegat să poată apela mai mult de o singură metodă. De exemplu, atunci când un buton este apăsător, se poate să vrei să execuți mai mult de o singură acțiune: să scrii într-un textbox un șir

de caractere și să înregistrezi într-un fișier faptul că s-a apăsător acel buton (logging). Acest lucru s-ar putea rezolva prin construirea unui vector de delegați care să conțină toate metodele dorite, însă s-ar ajunge la un cod greu de urmărit și inflexibil. Mult mai simplu ar fi dacă unui delegat i s-ar putea atribui mai multe metode, succesiv, în ideea că la apelarea delegatului se vor apela rând pe rând metodele atribuite. Acest lucru se numește *multicasting* și este mecanism esențial pentru tratarea evenimentelor.

Orice delegat care returnează `void` este un delegat multicast, care poate fi tratat și ca un delegat uzual. Doi delegați multicast pot fi combinați folosind semnul `+`. Rezultatul unei astfel de “adunări” este un nou delegat multicast care la apelare va invoca metodele conținute, în ordinea în care s-a făcut adunarea. De exemplu, dacă `writer` și `logger` sunt delegați care returnează `void`, atunci următoarea linie va produce combinarea lor într-un singur delegat:

```
myMulticastDelegate = writer + logger;
```

Desigur, este nevoie ca metodele (sau delegatii) `writer`, `logger` să aibă aceleași semnătură ca și cea declarată de delegatul `myMulticastDelegate`.

Se pot adăuga delegați multicast folosind operatorul `+=`, care va adăuga delegatul de la dreapta operatorului la delegatul multicast aflat în stânga sa:

```
myMulticastDelegate += transmitter;
```

presupunând că tipul variabilei `transmitter` este compatibil cu `myMulticastDelegate` (adică are aceeași semnătură). Operatorul `-=` funcționează invers față de `+=`: șterge metode din lista de apel.

Exemplu:

```
using System;
//declaratia de delegat multicast
public delegate void StringDelegate(string s);

public class MyImplementingClass
{
    public static void WriteString(string s)
    {
        Console.WriteLine("Writing string {0}", s);
    }
    public static void LogString(string s)
    {
        Console.WriteLine("Logging string {0}", s);
    }
}
```

```
public static void TransmitString(string s)
{
    Console.WriteLine("Transmitting string {0}", s);
}

}

public class Demo
{
    public static void Main( )
    {
        //defineste trei obiecte delegat
        StringDelegate writer,
            logger, transmitter;
        //defineste alt delegat
        //care va actiona ca un delegat multicast
        StringDelegate myMulticastDelegate;
        //Instantiaza primii trei delegati
        //dand metodele ce se vor incapsula
        writer = MyImplementingClass.WriteString;
        logger = MyImplementingClass.LogString;
        transmitter = MyImplementingClass.TransmitString;
        //Invoca metoda delegat Writer
        writer("String passed to Writer");
        //Invoca metoda delegat Logger
        logger("String passed to Logger");
        //Invoca metoda delegat Transmitter
        transmitter("String passed to Transmitter");
        //anunta utilizatorul ca va combina doi delegati
        Console.WriteLine(
            "myMulticastDelegate = writer + logger");
        //combina doi delegati, rezultatul este
        //assignat lui myMulticastDelegate
        myMulticastDelegate = writer + logger;
        //apeleaza myMulticastDelegate
        //de fapt vor fi chemate cele doua metode
        myMulticastDelegate(
            "First string passed to Collector");
        //Anunta utilizatorul ca se va adauga al treilea delegat
        Console.WriteLine(
            "myMulticastDelegate += transmitter");
        //adauga al treilea delegat
```

```

myMulticastDelegate += transmitter;
//invoca cele trei metode delegate
myMulticastDelegate(
    "Second string passed to Collector");
//anunta utilizatorul ca se va scoate delegatul Logger
Console.WriteLine(
    "myMulticastDelegate -= logger");
//scoate delegatul logger
myMulticastDelegate -= logger;
//invoca cele doua metode delegat ramase
myMulticastDelegate(
    "Third string passed to Collector");
}
}

```

La ieșire vom avea:

```

Writing string String passed to Writer
Logging string String passed to Logger
Transmitting string String passed to Transmitter
myMulticastDelegate = Writer + Logger
Writing string First string passed to Collector
Logging string First string passed to Collector
myMulticastDelegate += Transmitter
Writing string Second string passed to Collector
Logging string Second string passed to Collector
Transmitting string Second string passed to Collector
myMulticastDelegate -= Logger
Writing string Third string passed to Collector
Transmitting string Third string passed to Collector

```

Dacă unui delegat multicast i se asociază mai multe metode și una din ele aruncă excepție la rulare, atunci restul de metode din lanțul de apel nu se vor mai executa (de fapt, are loc tratarea de excepție așa cum e descrisă în secțiunea 6.5).

6.4 Evenimente

Interfețele grafice utilizator actuale cer ca un anumit program să răspundă la **evenimente**. Un eveniment poate fi de exemplu apăsarea unui buton, terminarea transferului unui fișier, selectarea unui meniu etc.; pe scurt, se

întâmplă ceva la care trebuie să se dea un răspuns. Nu se poate prezice ordinea în care se petrec evenimentele, iar la apariția unuia se va cere reacție din partea sistemului soft.

Alte clase pot fi interesate în a răspunde la aceste evenimente. Modul în care vor reacționa va fi particular, iar obiectul care semnalează evenimentul (ex: un obiect de tip buton, la apăsarea lui) nu trebuie să știe modul în care se va răspunde. Butonul va comunica faptul că a fost apăsător, iar clasele interesate în acest eveniment vor reacționa în consecință.

6.4.1 Publicarea și subscrierea

În C#, orice obiect poate să publice un set de evenimente la care alte clase pot să *subscrie*. Când obiectul care a publicat evenimentul îl și semnalează, toate obiectele care au subscris la acest eveniment sunt notificate. În acest mod se definește o dependență de tip *one-to-many* între obiecte astfel încât dacă un obiect își schimbă starea, atunci toate celelalte obiecte dependente sunt notificate și modificate automat.

De exemplu, un buton poate să notifice un număr oarecare de observatori atunci când a fost apăsător. Butonul va fi numit *publicator*¹ deoarece publică evenimentul *Click* iar celelalte clase sunt numite *abonați*² deoarece ele subscriu la evenimentul *Click*.

6.4.2 Evenimente și delegați

Tratarea evenimentelor în C# se face folosind delegați multicast. Clasa ce publică definește un delegat pe care clasele abonate trebuie să îl implementeze. Când evenimentul este declanșător, metodele claselor abonate vor fi apelate prin intermediul delegatului (pentru care se impune a fi multicast, astfel încât să se permită mai mulți abonați).

Metodele care răspund la un eveniment se numesc *event handlers*. Prin convenție, un event handler în .NET Framework returnează *void* și preia doi parametri: primul parametru este sursa evenimentului (obiectul publicator); al doilea parametru are tip *EventArgs* sau derivat din acesta. Tipul de retur *void* este obligatoriu (pentru a permite subscriere multiplă, via mecanismul de delegați multicast), parametrii formali sunt însă fără restricții.

Declararea unui eveniment se face astfel:

`attributeopt modificali-de-evenimentopt event tip nume-eveniment`

Modificali-de-eveniment poate fi *abstract*, *new*, *public*, *protected*, *internal*,

¹Engl: publisher.

²Engl: subscribers.

`private`, `static`, `virtual`, `sealed`, `override`, `extern`. *Tip* este un handler de eveniment, adică delegat multicast.

Exemplu:

```
public event SecondChangeHandler OnSecondChange;
```

unde `OnSecondChange` este numele evenimentului, `SecondChangeHandler` e numele tipului delegat folosit pentru tipul metodelor ce vor trata evenimentul.

Vom da mai jos un exemplu care va construi următoarele: o clasă `Clock` care folosește un eveniment (`OnSecondChange`) pentru a notifica potențialii abonați atunci când timpul local se schimbă cu o secundă. Tipul acestui eveniment este un delegat `SecondChangeHandler` care se declară astfel:

```
public delegate void SecondChangeHandler(  
    object clock, TimeInfoEventArgs timeInformation );
```

în conformitate cu metodologia de declarare a unui event handler, pomenită mai sus. Tipul `TimeInfoEventArgs` este definit de noi ca o clasă derivată din `EventArgs`:

```
public class TimeInfoEventArgs : EventArgs  
{  
    public TimeInfoEventArgs( int hour, int minute, int second )  
    {  
        this.Hour = hour;  
        this.Minute = minute;  
        this.Second = second;  
    }  
    public readonly int Hour;  
    public readonly int Minute;  
    public readonly int Second;  
}
```

Această clasă va conține informație despre timpul curent. Informația este accesibilă `readonly`.

Clasa `Clock` va conține o metodă `Run()`:

```
public void Run()  
{  
    DateTime now = DateTime.Now;  
    this.Second = now.Second;  
    this.Minute = now.Minute;
```



```

this.Hour = now.Hour;
for(;;)
{
    //dormi 10 milisecunde
    Thread.Sleep(10);
    //obține timpul curent
    System.DateTime dt = System.DateTime.Now;
    //daca timpul s-a schimbat cu o secunda
    //atunci notifica abonatii
    if( dt.Second != second)
    //second este camp al clasei Clock
    {
        //creeaza obiect TimeInfoEventArgs
        //ce va fi transmis abonatilor
        TimeInfoEventArgs timeInformation =
            new TimeInfoEventArgs(dt.Hour, dt.Minute, dt.Second);
        //daca cineva este abonat, atunci anunta-l
        if (OnSecondChange != null)
        {
            OnSeconChange(this, timeInformation);
        }
    }
    //modifica timpul curent in obiectul Clock
    this.second = dt.Second;
    this.minute = dt.Minute;
    this.hour = dt.Hour;
}
}

```

Metoda `Run` creează un ciclu infinit care interoghează periodic ceasul sistem. Dacă timpul s-a schimbat cu o secundă față de timpul precedent, se vor notifica toate obiectele abonate după care își va modifica starea, prin cele trei atribuiri finale.

Tot ce rămâne de făcut este să se scrie niște clase care să subscrie la evenimentul publicat de clasa `Clock`. Vor fi două clase: una numită `DisplayClock` care va afișa pe ecran timpul curent și o alta numită `LogCurrentTime` care ar trebui să înregistreze evenimentul într-un fișier, dar pentru simplitate va afișa doar la dispozitivul curent de ieșire informația transmisă:

```

public class DisplayClock
{
    public void Subscribe(Clock theClock)

```

```

    {
        theClock.OnSecondChange +=
            new Clock.SecondChangeHandler(timeHasChanged);
    }
    private void timeHasChanged(
        object theClock, TimeInfoEventArgs ti)
    {
        Console.WriteLine("Current Time: {0}:{1}:{2}",
            ti.Hour.ToString( ),
            ti.Minute.ToString( ),
            ti.Second.ToString( ));
    }
}
public class LogCurrentTime
{
    public void Subscribe(Clock theClock)
    {
        theClock.OnSecondChange +=
            new Clock.SecondChangeHandler(writeLogEntry);
    }
    //Aceasta metoda ar trebui sa scrie intr-un fisier
    //dar noi vom scrie la consola
    private void writeLogEntry(
        object theClock, TimeInfoEventArgs ti)
    {
        Console.WriteLine("Logging to file: {0}:{1}:{2}",
            ti.Hour.ToString( ),
            ti.Minute.ToString( ),
            ti.Second.ToString( ));
    }
}

```

De remarcat faptul că evenimentele sunt adăugate folosind operatorul +=.

Exemplul în întregime este dat mai jos:

```

using System;
using System.Threading;
//o clasa care va contine informatie despre eveniment
//in acest caz va contine informatie disponibila in clasa Clock
public class TimeInfoEventArgs : EventArgs
{
    public TimeInfoEventArgs(int hour, int minute, int second)

```

```
{
    this.Hour = hour;
    this.Minute = minute;
    this.Second = second;
}
public readonly int Hour;
public readonly int Minute;
public readonly int Second;
}
//clasa care publica un eveniment: OnSecondChange
//clasele care se aboneaza vor subscrie la acest eveniment
public class Clock
{
    //delegatul pe care abonatii trebuie sa il implementeze
    public delegate void SecondChangeHandler(
        object clock, TimeInfoEventArgs timeInformation );
    //evenimentul ce se publica
    public event SecondChangeHandler OnSecondChange;
    //ceasul este pornit si merge la infinit
    //va declansa un eveniment pentru fiecare secunda trecuta
    public void Run( )
    {
        DateTime now = DateTime.Now;
        this.Second = now.Second;
        this.Minute = now.Minute;
        this.Hour = now.Hour;
        for(;;)
        {
            //inactiv 10 ms
            Thread.Sleep(10);
            //citeste timpul curent al sistemului
            System.DateTime dt = System.DateTime.Now;
            //daca s-a schimbat fata de secunda anterior inregistrata
            //atunci notifica pe abonati
            if (dt.Second != second)
            {
                //creaza obiectul TimeInfoEventArgs
                //care va fi transmis fiecarui abonat
                TimeInfoEventArgs timeInformation =
                    new TimeInfoEventArgs(
                        dt.Hour,dt.Minute,dt.Second);
```

```

        //daca cineva a subscris la acest eveniment
        //atunci anunta-l
        if (OnSecondChange != null)
        {
            OnSecondChange(this,timeInformation);
        }
    }
    //modifica starea curenta
    this.second = dt.Second;
    this.minute = dt.Minute;
    this.hour = dt.Hour;
}
}
private int hour;
private int minute;
private int second;
}
//un observator (abonat)
//DisplayClock va subscrie la evenimentul lui Clock
//DisplayClock va afisa timpul curent
public class DisplayClock
{
    //dandu-se un obiect clock, va subscrie
    //la evenimentul acestuia
    public void Subscribe(Clock theClock)
    {
        theClock.OnSecondChange +=
            new Clock.SecondChangeHandler(timeHasChanged);
        //mai pe scurt se poate scrie:
        //theClock.OnSecondChange += timeHasChanged;
    }
    //handlerul de eveniment de pe partea
    //clasei DisplayClock
    void timeHasChanged(
        object theClock, TimeInfoEventArgs ti)
    {
        Console.WriteLine("Current Time: {0}:{1}:{2}",
            ti.Hour.ToString( ),
            ti.Minute.ToString( ),
            ti.Second.ToString( ));
    }
}

```

```
}
//un al doilea abonat care ar trebui sa scrie intr-un fisier
public class LogCurrentTime
{
    public void Subscribe(Clock theClock)
    {
        theClock.OnSecondChange +=
            new Clock.SecondChangeHandler(writeLogEntry);
        //mai pe scurt se poate scrie:
        //theClock.OnSecondChange += writeLogEntry;
    }
    //acest handler ar trebui sa scrie intr-un fisier
    //dar va scrie la standard output
    private void writeLogEntry(
        object theClock, TimeInfoEventArgs ti)
    {
        Console.WriteLine("Logging to file: {0}:{1}:{2}",
            ti.Hour.ToString( ),
            ti.Minute.ToString( ),
            ti.Second.ToString( ));
    }
}
public class Demo
{
    static void Main( )
    {
        //creaza un obiect de tip Clock
        //acest obiect semnaleaza prin eveniment scurgerea timpului
        //este obiectul publisher
        Clock theClock = new Clock( );
        //creaza un obiect DisplayClock care
        //va subscrie la evenimentul obiectului
        //Clock anterior creat
        DisplayClock dc = new DisplayClock( );
        dc.Subscribe(theClock);
        //analog se creeaza un obiect de tip LogCurrentTime
        //care va subscrie la acelasi eveniment
        //ca si obiectul DisplayClock
        LogCurrentTime lct = new LogCurrentTime( );
        lct.Subscribe(theClock);
        //porneste ceasul
    }
}
```

```
        theClock.Run( );  
    }  
}
```

La ieșire se va afișa:

```
Current Time: 14:53:56  
Logging to file: 14:53:56  
Current Time: 14:53:57  
Logging to file: 14:53:57  
Current Time: 14:53:58  
Logging to file: 14:53:58  
Current Time: 14:53:59  
Logging to file: 14:53:59
```

6.4.3 Comentarii

S-ar putea pune următoarea întrebare: de ce este nevoie de o astfel de redirectare de eveniment, când în metoda `Run()` se poate afișa direct pe ecran sau într-un fișier informația cerută? Avantajul abordării anterioare este că se pot crea oricâte clase care să fie notificate atunci când acest eveniment se declanșează. Clasele abonate nu au nevoie să știe despre modul în care lucrează clasa `Clock`, iar clasa `Clock` nu are nevoie să știe nimic despre clasele care vor subscrie la evenimentul său. Similar, un buton poate să publice un eveniment `OnClick` și orice număr de obiecte pot subscrie la acest eveniment, primind o notificare atunci când butonul este apăsător.

Publicatorul și abonații sunt decuplați. Clasa `Clock` poate să modifice modalitatea de detectare a schimbării de timp fără ca acest lucru să impună o schimbare în clasele abonate. De asemenea, clasele abonate pot să își modifice modul de tratare a evenimentului, în mod transparent față de clasa `Clock`. Toate aceste caracteristici fac întreținerea codului extrem de facilă.

6.5 Tratarea excepțiilor

C#, la fel ca multe alte limbaje, permite tratarea erorilor și a situațiilor deosebite prin excepții. O excepție este un obiect care încapsulează informație despre o situație anormală. Ea este folosită pentru a semnaliza contextul în care apare situația deosebită.

Un programator nu trebuie să confunde tratarea excepțiilor cu erorile sau bug-urile. Un bug este o eroare de programare care ar trebui să fie corectată.

înainte de livrarea codului. Excepțiile nu sunt gândite pentru a preveni bug-urile (cu toate că un bug poate să ducă la apariția unei excepții care să fie tratate corespunzător), pentru că acestea din urmă ar trebui să fie eliminate.

Chiar dacă se scot toate bug-urile, vor exista erori predictibile dar neprevenibile, precum deschiderea unui fișier al cărui nume este greșit sau împărțiri la 0. Nu se pot preveni astfel de situații, dar se pot manipula astfel încât nu vor duce la prăbușirea programului. Când o metodă întâlnește o situație excepțională, atunci se va arunca o excepție; cineva va trebui să sesizeze (să “prindă”) această excepție, sau eventual să lase o funcție de nivel superior să o trateze. Dacă nimeni nu tratează această excepție, atunci CLR o va face, dar aceasta duce la oprirea *firului de execuție*³.

6.5.1 Tipul Exception

În C# se pot arunca ca excepții obiecte de tip `System.Exception` sau derivate ale acestuia. Există o ierarhie de excepții care se pot folosi, sau se pot crea propriile tipuri excepție.

Enumerăm următoarele metode și proprietăți relevante ale clasei `Exception`:

- `public Exception()`, `public Exception(string)`, `public Exception(string, Exception)` - constructori; ultimul preia un obiect de tip `Exception` (deci poate fi și tip derivat din `Exception`) care va fi încapsulat în instanța curentă; o excepție poate deci să conțină în interiorul său o instanță a altei excepții (cea care a fost de fapt semnalată inițial).
- `public virtual string HelpLink {get; set;}` obține sau setează o legătură către un fișier help asociat acestei excepții; poate fi de asemenea o adresa Web (URL)
- `public Exception InnerException {get;}` returnează excepția care este încorporată în excepția curentă
- `public virtual string Message {get;}` obține un mesaj care descrie excepția curentă
- `public virtual string Source {get; set;}` obține sau setează numele aplicației sau al obiectului care a cauzat eroarea
- `public virtual string StackTrace {get;}` obține o reprezentare string a apelurilor de metode care au dus la apariția acestei excepții

³Și nu neapărat a întregului proces!

- `public MethodBase TargetSite {get;}` obține detalii despre metoda care a aruncat excepția curentă⁴

6.5.2 Aruncarea și prinderea excepțiilor

Aruncarea cu `throw`

Aruncarea unei excepții se face folosind instrucțiunea `throw`. Exemplu:

```
throw new System.Exception();
```

Aruncarea unei excepții oprește execuția metodei curente, după care CLR începe să caute un manipulator de excepție — bloc `catch`. Dacă un handler de excepție nu este găsit în metoda curentă, atunci CLR va curăța stiva, ajungându-se la metoda apelantă. Fie undeva în lanțul de metode care au fost apelate se găsește un exception handler, fie firul de execuție curent este terminat de către CLR.

Exemplu:

```
using System;
public class Demo
{
    public static void Main( )
    {
        Console.WriteLine("Enter Main...");
        Demo d = new Demo( );
        d.Func1( );
        Console.WriteLine("Exit Main...");
    }
    public void Func1( )
    {
        Console.WriteLine("Enter Func1...");
        Func2( );
        Console.WriteLine("Exit Func1...");
    }
    public void Func2( )
    {
        Console.WriteLine("Enter Func2...");
        throw new Exception( );
        Console.WriteLine("Exit Func2...");
    }
}
```

⁴MethodBase este o clasă care pune la dispoziție informații despre metodele și constructorii unei clase


```

    }
}

```

Se exemplifică apelul de metode: `Main()` apelează `Func1()`, care apelează `Func2()`; aceasta va arunca o excepție. Deoarece lipsește un event handler care să trateze această excepție, se va întrerupe thread-ul curent (și fiind singurul, și întregul proces) de către CLR, iar la ieșire vom avea:

```

Enter Main...
Enter Func1...
Enter Func2...
Exception occurred: System.Exception: An exception of type
System.Exception was thrown at Demo.Func2( )
in ...Demo.cs:line 24
at Demo.Func1( )
in ...Demo.cs:line 18
at Demo.Main( )
in ...Demo.cs:line 12

```

Deoarece este aruncată o excepție, în metoda `Func2()` nu se va mai executa ultima linie, ci CLR-ul va începe imediat căutarea event handler-ului care să trateze excepția. La fel, nu se execută nici ultima linie din `Func1()` sau din `Main()`.

Prinderea cu catch

Prinderea și tratarea excepției se poate face folosind un bloc `catch`, creat prin intermediul instrucțiunii `catch`.

Exemplu:

```

using System;
public class Test
{
    public static void Main( )
    {
        Console.WriteLine("Enter Main...");
        Test t = new Test( );
        t.Func1( );
        Console.WriteLine("Exit Main...");
    }
    public void Func1( )
    {
        Console.WriteLine("Enter Func1...");
    }
}

```

```
        Func2( );
        Console.WriteLine("Exit Func1...");
    }
    public void Func2( )
    {
        Console.WriteLine("Enter Func2...");
        try
        {
            Console.WriteLine("Entering try block...");
            throw new Exception( );
            Console.WriteLine("Exiting try block...");
        }
        catch
        {
            Console.WriteLine("Exception caught and handled.");
        }
        Console.WriteLine("Exit Func2...");
    }
}
```

Se observă că s-a folosit un bloc `try` pentru a delimita instrucțiunile care vor duce la apariția excepției. În momentul în care se aruncă excepția, restul instrucțiunilor din blocul `try` se ignoră și controlul este preluat de către blocul `catch`. Deoarece excepția a fost tratată, CLR-ul nu va mai opri firul de execuție. La ieșire se va afișa:

```
Enter Main...
Enter Func1...
Enter Func2...
Entering try block...
Exception caught and handled.
Exit Func2...
Exit Func1...
Exit Main...
```

Se observă că în blocul `catch` nu s-a specificat tipul de excepție care se prinde; asta înseamnă că se va prinde orice excepție se va arunca, indiferent de tipul ei. Chiar dacă excepția este tratată, execuția nu se va relua de la instrucțiunea care a produs excepția, ci se continuă cu instrucțiunea de după blocul `catch`.

Uneori, tratatarea excepției nu se poate face în funcția apelată, dar se poate face în funcția apelantă. Exemplu:

```
using System;
public class Test
{
    public static void Main( )
    {
        Console.WriteLine("Enter Main...");
        Test t = new Test( );
        t.Func1( );
        Console.WriteLine("Exit Main...");
    }
    public void Func1( )
    {
        Console.WriteLine("Enter Func1...");
        try
        {
            Console.WriteLine("Entering try block...");
            Func2( );
            Console.WriteLine("Exiting try block...");
        }
        catch
        {
            Console.WriteLine("Exception caught and handled.");
        }
        Console.WriteLine("Exit Func1...");
    }
    public void Func2( )
    {
        Console.WriteLine("Enter Func2...");
        throw new Exception( );
        Console.WriteLine("Exit Func2...");
    }
}
```

La ieșire se va afișa:

```
Enter Main...
Enter Func1...
Entering try block...
Enter Func2...
Exception caught and handled.
Exit Func1...
Exit Main...
```

Este posibil ca într-o secvență de instrucțiuni să se arunce mai multe tipuri de excepții, în funcție de natura stării apărute. În acest caz, prinderea excepției printr-un bloc `catch` generic, ca mai sus, nu este utilă; am vrea ca în funcție de natura excepției aruncate, să facem o tratare anume. Se sugerează chiar să nu se folosească această construcție de prindere generică, deoarece în majoritatea cazurilor este necesar să se cunoască natura erorii (de exemplu pentru a fi scrisă într-un fișier de logging, pentru a fi consultată mai târziu).

Acest lucru se face specificând tipul excepției care ar trebui tratate în blocul `catch`:

```
using System;
public class Test
{
    public static void Main( )
    {
        Test t = new Test( );
        t.TestFunc( );
    }

    //efectueaza impartirea daca se poate
    public double DoDivide(double a, double b)
    {
        if (b == 0)
            throw new System.DivideByZeroException( );
        if (a == 0)
            throw new System.ArithmeticException( );
        return a/b;
    }

    //incearca sa imparta doua numere
    public void TestFunc( )
    {
        try
        {
            double a = 5;
            double b = 0;
            Console.WriteLine ("{0} / {1} = {2}", a.ToString(),
                b.ToString(), DoDivide(a,b).ToString());
        }
        //cel mai derivat tip de exceptie se specifica primul
    }
}
```

```
catch (System.DivideByZeroException)
{
    Console.WriteLine("DivideByZeroException caught!");
}
catch (System.ArithmeticException)
{
    Console.WriteLine("ArithmeticException caught!");
}
//Tipul mai general de exceptie este ultimul
catch
{
    Console.WriteLine("Unknown exception type caught");
}
}
```

În exemplul de mai sus s-a convenit ca o împărțire cu numitor 0 să ducă la o excepție `System.DivideByZeroException`, iar o împărțire cu numărător 0 să ducă la apariția unei excepții de tip `System.ArithmeticException`. Este posibilă specificarea mai multor blocuri de tratare a excepțiilor. Aceste blocuri sunt parcurse în ordinea în care sunt specificate, iar primul tip care se potrivește cu excepția aruncată (în sensul că tipul excepție specificat este fie exact tipul obiectului aruncat, fie un tip de bază al acestuia - din cauză de upcasting) este cel care va face tratarea excepției apărute. Ca atare, este important ca ordinea excepțiilor tratate să fie de la cel mai derivat la cel mai general. În exemplul anterior, `System.DivideByZeroException` este derivat din clasa `System.ArithmeticException`.

Blocul finally

Uneori, aruncarea unei excepții și golirea stivei până la blocul de tratare a excepției poate să nu fie o idee bună. De exemplu, dacă excepția apare atunci când un fișier este deschis (și închiderea lui se poate face doar în metoda curentă), atunci ar fi util ca să se închidă fișierul înainte ca să fie preluat controlul de către metoda apelantă. Altfel spus, ar trebui să existe o garanție că un anumit cod se va executa, indiferent dacă totul merge normal sau apare o excepție. Acest lucru se face prin intermediul blocului `finally`, care se va executa în orice situație⁵. Existența acestui bloc elimină necesitatea existenței blocurilor `catch` (cu toate că și acestea pot să apară).

⁵Cu excepția cazului în care în blocul `try` se execută o metodă ce impune ieșirea din proces, de exemplu `Environment.Exit(codRetur)`.

Exemplu:

```
using System;
public class Test
{
    public static void Main( )
    {
        Test t = new Test( );
        t.TestFunc( );
    }
    public void TestFunc( )
    {
        try
        {
            Console.WriteLine("Open file here");
            double a = 5;
            double b = 0;
            Console.WriteLine ("{0} / {1} = {2}", a, b, DoDivide(a,b));
            Console.WriteLine ("This line may or may not print");
        }
        finally
        {
            Console.WriteLine ("Close file here.");
        }
    }
    public double DoDivide(double a, double b)
    {
        if (b == 0)
            throw new System.DivideByZeroException( );
        if (a == 0)
            throw new System.ArithmeticException( );
        return a/b;
    }
}
```

În exemplul de mai sus, mesajul "Close file here" se va afișa indiferent de ce parametri se transmit metodei DoDivide().

La aruncarea unei excepții se poate particulariza obiectul care se aruncă:

```
if (b == 0)
{
    DivideByZeroException e = new DivideByZeroException( );
```

```
e.HelpLink = "http://www.company.com";  
throw e;  
}
```

iar când excepția este prinsă, se poate prelucra informația:

```
catch (System.DivideByZeroException e)  
{  
    Console.WriteLine( @"DivideByZeroException!  
        goto {0} and read more", e.HelpLink);  
}
```

Crearea propriilor tipuri de excepții

În cazul în care suita de tipuri de excepții predefinite în platforma .NET nu este suficientă, programatorul își poate construi propriile tipuri de excepții. Se recomandă ca acestea să fie derivate din `System.ApplicationException`, care este derivată direct din `System.Exception`. Se indică această derivare deoarece astfel se face distincție între excepțiile aplicație și cele sistem (cele aruncate de către CLR).

Exemplu:

```
using System;  
public class MyCustomException : ApplicationException  
{  
    public MyCustomException(string message): base(message)  
    {  
    }  
}  
  
public class Test  
{  
    public static void Main( )  
    {  
        Test t = new Test( );  
        t.TestFunc( );  
    }  
  
    public void TestFunc( )  
    {  
        try  
        {
```

```
        double a = 0;
        double b = 5;
        Console.WriteLine ("{0} / {1} = {2}", a, b, DoDivide(a,b));
        Console.WriteLine ("This line may or may not print");
    }
    catch (System.DivideByZeroException e)
    {
        Console.WriteLine("DivideByZeroException! Msg: {0}",
            e.Message);
        Console.WriteLine("HelpLink: {0}",
            e.HelpLink);
    }
    catch (MyCustomException e)
    {
        Console.WriteLine("\nMyCustomException! Msg: {0}",
            e.Message);
        Console.WriteLine("\nHelpLink: {0}\n",
            e.HelpLink);
    }
    catch
    {
        Console.WriteLine("Unknown exception caught");
    }
}

public double DoDivide(double a, double b)
{
    if (b == 0)
    {
        DivideByZeroException e = new DivideByZeroException( );
        e.HelpLink= "http://www.company.com";
        throw e;
    }
    if (a == 0)
    {
        MyCustomException e = new MyCustomException( "Can't have
            zero divisor");
        e.HelpLink = "http://www.company.com/NoZeroDivisor.htm";
        throw e;
    }
    return a/b;
}
```



```
    }
}
```

Rearuncarea excepțiilor

Este posibil ca într-un bloc de tratare a excepțiilor să se facă o tratare primară a excepției, după care să se arunce mai departe o altă excepție, de același tip sau de tip diferit (sau chiar excepția originală). Dacă se dorește ca această excepție să păstreze cumva în interiorul ei excepția originală, atunci constructorul permite înglobarea unei referințe la aceasta; această referință va fi accesibilă prin intermediul proprietății `InnerException`:

```
using System;
public class MyCustomException : ApplicationException
{
    public MyCustomException(string message,Exception inner):
        base(message,inner)
    {
    }
}
public class Test
{
    public static void Main( )
    {
        Test t = new Test( );
        t.TestFunc( );
    }
    public void TestFunc( )
    {
        try
        {
            DangerousFunc1( );
        }
        catch (MyCustomException e)
        {
            Console.WriteLine("\n{0}", e.Message);
            Console.WriteLine("Retrieving exception history...");
            Exception inner = e.InnerException;
            while (inner != null)
            {
                Console.WriteLine("{0}",inner.Message);
            }
        }
    }
}
```

```
        inner = inner.InnerException;
    }
}
public void DangerousFunc1( )
{
    try
    {
        DangerousFunc2( );
    }
    catch(Exception e)
    {
        MyCustomException ex = new MyCustomException("E3 -
            Custom Exception Situation!",e);
        throw ex;
    }
}
public void DangerousFunc2( )
{
    try
    {
        DangerousFunc3( );
    }
    catch (System.DivideByZeroException e)
    {
        Exception ex =
            new Exception("E2 - Func2 caught divide by zero",e);
        throw ex;
    }
}
public void DangerousFunc3( )
{
    try
    {
        DangerousFunc4( );
    }
    catch (System.ArithmeticException)
    {
        throw;
    }
    catch (Exception)
```

```
{
    Console.WriteLine("Exception handled here.");
}
}
public void DangerousFunc4( )
{
    throw new DivideByZeroException("E1 - DivideByZero Exception");
}
}
```

6.5.3 Reîncercarea codului

Se poate pune întrebarea: cum se procedează dacă se dorește revenirea la codul care a produs excepția, după tratarea ei? Există destule situații în care reexecutarea acestui cod este dorită: să ne gândim de exemplu la cazul în care într-o fereastră de dialog se specifică numele unui fișier ce trebuie procesat, numele este introdus greșit și se dorește ca să se permită corectarea numelui. Un alt exemplu clasic este cazul în care autorul unei metode știe că o operație poate să eșueze periodic – de exemplu din cauza unui timeout pe rețea – dar vrea să reîncerce operația de n ori înainte de a semnaliza eroare.

În această situație se poate defini o etichetă înaintea blocului `try` la care să se permită saltul printr-un `goto`. Următorul exemplu permite unui utilizator să specifice de maxim trei ori numele unui fișier ce se procesează, cu revenire în cazul erorii.

```
using System;
using System.IO;

class Retry
{

    static void Main()
    {
        StreamReader sr;

        int attempts = 0;
        int maxAttempts = 3;

        GetFile:
        Console.WriteLine("\n[Attempt #{0}] Specify file " +
            "to open/read: ", attempts+1);
```

```
string fileName = Console.ReadLine();

try
{
    sr = new StreamReader(fileName);

    Console.WriteLine();

    string s;
    while (null != (s = sr.ReadLine()))
    {
        Console.WriteLine(s);
    }
    sr.Close();
    attempts = 0;
}
catch(FileNotFoundException e)
{
    Console.WriteLine(e.Message);
    if (++attempts < maxAttempts)
    {
        Console.Write("Do you want to select " +
            "another file: ");
        string response = Console.ReadLine();
        response = response.ToUpper();
        if (response == "Y") goto GetFile;
    }
    else
    {
        Console.Write("You have exceeded the maximum " +
            "retry limit ({0})", maxAttempts);
    }

}

catch(Exception e)
{
    Console.WriteLine(e.Message);
}

Console.ReadLine();
```

```
}
}
```

6.5.4 Compararea tehnicilor de manipulare a erorilor și avantajele lucrului cu excepții

Metoda standard de tratare a erorilor a fost în general returnarea unui cod de eroare către metoda apelantă. Ca atare, apelantul are sarcina de a descifra acest cod de eroare și să reacționeze în consecință. Însă așa cum se arată mai jos, tratarea excepțiilor este superioară acestei tehnici din mai multe motive.

Neconsiderarea codului de retur

Apelul unei funcții care returnează un cod de eroare poate fi făcut și fără a utiliza efectiv codul returnat, scriind doar numele funcției cu parametrii de apel. Dacă de exemplu pentru o anumită procesare se apelează metoda A (de exemplu o deschidere de fișier) după care metoda B (citirea din fișier), se poate ca în A să apară o eroare care nu este luată în considerare; apelul lui B este deja sortit eșecului, pentru că buna sa funcționare depinde de efectele lui A. Dacă însă metoda A aruncă o excepție, atunci nici măcar nu se mai ajunge la apel de B, deoarece CLR-ul va pasa execuția unui bloc `catch/finally`. Altfel spus, nu se permite o propagare a erorilor.

Manipularea erorii în contextul adecvat

În cazul în care o metodă A apelează alte metode B_1, \dots, B_n , este posibil ca oricare din aceste n metode să cauzeze o eroare (și să returneze cod adecvat); tratarea erorii din exteriorul lui A este dificilă în acest caz, deoarece ar trebui să se cerceteze toate codurile de eroare posibile pentru a determina motivul apariției erorii. Dacă se mai adaugă și apelul de metodă B_{n+1} în interiorul lui A, atunci orice apel al lui A trebuie să includă suplimentar și verificarea pentru posibilitatea ca B_{n+1} să fi cauzat o eroare. Ca atare, costul menținerii codului crește permanent, ceea ce are un impact negativ asupra TCO-ului⁶

Folosind tratarea excepțiilor, aruncând excepții cu mesaje de eroare explicite sau excepții de un anumit tip (definit de programator) se poate trata mult mai convenabil o situație deosebită. Mai mult decât atât, introducerea apelului lui B_{n+1} în interiorul lui A nu reclamă modificare suplimentară, deoarece tipul de excepție aruncat de B_{n+1} este deja tratat (desigur, se presupune că se definește un tip excepție sau o ierarhie de excepții creată convenabil).

⁶Total Cost of Ownership.

Ușurința citirii codului

Pentru comparație, se poate scrie un cod care realizează procesarea conținutului unui fișier folosind coduri de eroare returnate sau excepții. În primul caz, soluția va conține cod de prelucrare a conținutului mixat cu cod de verificare și reacție pentru diferitele cazuri de excepție. Codul în al doilea caz este mult mai scurt, mai ușor de înțeles, de menținut, de corectat și extins.

6.5.5 Aruncarea de excepții din constructori

Constructorii sunt de două tipuri: instanță și statici.

Excepții din constructori de instanță

Nimic nu oprește ca o situație deosebită să apară într-un apel de constructor. Tehnica verificării codului de retur nu mai funcționează aici, deoarece un constructor nu returnează valori. Folosirea excepțiilor este în acest caz aproape de neînlocuit.

Totuși, dacă în cadrul unui constructor se alocă resurse care nu țin de memorie — și deci care nu sunt dealocate de către garbage collector — atunci poate apărea fenomenul de “resource leaking”; această situație se tratează de regulă prin încapsularea acelor resurse în clase pentru care se scriu destructori.

Excepții din constructori statici

Pentru cazul constructorilor statici, excepția inițială este “îmbrăcată” într-o excepție de tip `System.TypeInitializationException`. Prinderea se face deci cu excepție de tip `System.TypeInitializationException`:

```
namespace DemoConstructorException
{
    class MyException : ApplicationException
    {
        public MyException(string message) : base(message)
        {}
    }

    class MyClass
    {
        public static readonly int X = 3;//camp static
```

```
    static MyClass()
    {
        throw new MyException("A message");
    }
}

class Program
{
    static void Main(string[] args)
    {
        try
        {
            Console.WriteLine(MyClass.X.ToString());
        }
        //catch(MyException)//de fapt nu se prinde aici
        //{
        //    nimic din ce se scrie in acest catch
        //    nu va fi executat
        //}
        catch(TypeInitializationException exception)
        {
            Console.WriteLine(exception.InnerException.Message);
        }
    }
}
```

Ținând cont și de faptul că momentul apelării constructorului static este gestionat de către CLR (deși în codul de mai sus am sperat că acest lucru nu se face înainte de a accesa câmpul static `X`), deducem că e riscant să se arunce excepții din constructori statici: unde punem blocul `catch`?⁷

6.5.6 Documentarea excepțiilor aruncate

În Java, programatorii trebuie să declare că o metodă poate arunca o excepție și să o declare explicit într-o listă astfel încât un apelant să știe că

⁷Invităm cititorul să explice de ce la înlocuirea liniei `public static readonly int X = 3;` cu `public const int X = 3;` excepția nu se declanșează.

se poate aștepta la aruncarea ei. Această cunoaștere în avans permite conceperea unui plan de lucru cu fiecare dintre ele, preferabil decât să se prindă oricare dintre ele cu un `catch` generic. În cazul .NET se sugerează să se mențină o documentație cu excepțiile care pot fi aruncate de fiecare metodă. Programatorul este responsabil cu scrierea codului de tratare corespunzător, având documentate excepțiile posibile care pot fi aruncate.

Un exemplu de comentariu pentru o metodă care poate arunca excepții este:

```
/// <summary>
/// Computes a/b.
/// </summary>
/// <param name="a">The numerator.</param>
/// <param name="b">The denominator.</param>
/// <returns>a/b if it can be computed</returns>
/// <exception cref="DivideByZeroException">Cannot divide by
zero</exception>
/// <exception cref="ArithmeticException">The numerator cannot be
zero</exception>
public double DoDivide(double a, double b)
{
    if (b == 0)
    {
        throw new DivideByZeroException("Cannot divide by zero");
    }
    if (a == 0)
    {
        throw new ArithmeticException("The numerator cannot be zero");
    }
    return a / b;
}
```


Capitolul 7

Colecții și tipuri generice

7.1 Colecții

Un vector reprezintă cel mai simplu tip de colecție. Singura sa deficiență este faptul că trebuie cunoscut dinainte numărul maxim de elemente conținute.

Spațiul de nume `System.Collections` pune la dispoziție un set de clase de tip colecție. Clasele din acest spațiu de nume reprezintă containere de elemente de tip `Object` care își gestionează singure necesarul de memorie (cresc pe măsură ce se adaugă elemente; pot de asemenea să își reducă efectivul de memorie alocat atunci când numărul de elemente conținute este prea mic).

Exemplu:

```
Book book = new Book();
ArrayList myCollection = new ArrayList();
myCollection.Add(book);
Book book2 = myCollection[0] as Book;
```

Remarcăm conversia explicită pentru recuperarea unui element de tip `Client` din colecție.

Elementele de bază pentru lucrul cu colecțiile sunt un set de interfețe care oferă o mulțime consistentă de metode de lucru. Principalele colecții împreună cu interfețele implementate sunt:

- `ArrayList` : `ICollection`, `IEnumerable`, `ICloneable`
- `SortedList` : `IDictionary`, `ICollection`, `IEnumerable`, `ICloneable`
- `Hashtable` : `IDictionary`, `ICollection`, `IEnumerable`, `ISerializable`, `IDeserializationCallback`, `ICloneable`
- `BitArray` : `ICollection`, `IEnumerable`, `ICloneable`

- Queue : ICollection, IEnumerable, ICloneable
- Stack : ICollection, IEnumerable, ICloneable
- CollectionBase : IList, ICollection, IEnumerable
- DictionaryBase : IDictionary, ICollection, IEnumerable
- ReadOnlyCollectionBase : ICollection, IEnumerable

IEnumerable

Implementările acestei interfețe permit iterarea peste o colecție de elemente. Unica metodă declarată este `GetEnumerator`:

`IEnumerator GetEnumerator ()`

unde un obiect de tip `IEnumerator` este folosit pentru parcurgerea colecției, adică un iterator.

ICollection

Interfața `ICollection` este tipul de bază pentru orice clasă de tip colecție; extinde interfața `IEnumerable` și prezintă următoarele proprietăți și metode:

- Count - proprietate de tip întreg care returnează numărul de elemente conținute în colecție
- IsSynchronized - proprietate logică ce indică dacă colecția este sincronizată (sigură pentru accesarea de către mai multe fire de execuție)
- SyncRoot - proprietate care returnează un obiect util pentru a sincroniza accesul la colecție
- CopyTo(Array array, int index) - metodă care permite copierea conținutului colecției într-un tablou; depunerea elementelor în tablou se va face începând cu poziția specificată de parametrul `index`.

IList

Reprezintă o colecție de obiecte care pot fi accesate individual printr-un index întreg.

Proprietățile sunt:

- IsFixedSize - returnează o valoare logică indicând dacă lista are o dimensiune fixă

- **IsReadOnly** - returnează o valoare logică indicând dacă lista poate fi doar citită
- **Item** - returnează sau setează elementul de la locația specificată

Metodele sunt:

- **Add** - adaugă un obiect la o listă
- **Clear** - golește lista
- **Contains** - determină dacă colecția conține o anumită valoare
- **IndexOf** - determină poziția în listă a unei anumite valori
- **Insert** - inserează un obiect la o anumită poziție
- **Remove** - șterge prima apariție a unui obiect din listă
- **RemoveAt** - șterge un obiect aflat la o anumită locație

IDictionary

Interfața **IDictionary** reprezintă o colecție de perechi (cheie, valoare). Permite indexarea unei colecții de elemente după altceva decât indici întregi. Fiecare pereche trebuie să aibă o cheie unică.

Proprietățile sunt:

- **IsFixedSize**, **IsReadOnly** - returnează o valoare care precizează dacă colecția este cu dimensiune maximă fixată, respectiv doar citibilă
- **Item** - returnează un element având o cheie specificată
- **Keys** - returnează o colecție de obiecte conținând cheile din dicționar
- **Values** - returnează o colecție care conține toate valorile din dicționar

Metodele sunt:

- **Add** - adaugă o pereche (cheie, valoare) la dicționar; dacă cheia există deja, se va face suprascrierea valorii asociate
- **Clear** - se șterge conținutul unui dicționar
- **Contains** - determină dacă dicționarul conține un element cu cheia specificată
- **GetEnumerator** - returnează un obiect de tipul **IDictionaryEnumerator** asociat
- **Remove** - șterge elementul din dicționar având cheia specificată

7.1.1 Iteratori pentru colecții

Colecțiile (atât cele de tip listă, cât și cele dictionar) implementează interfața `IEnumerable` care permite construirea unui obiect instanță a lui `IEnumerator`:

```
interface IEnumerator {  
    object Current {get;}  
    bool MoveNext();  
    void Reset();  
}
```

Remarcăm că un asemenea iterator permite citirea doar înainte a datelor din colecția peste care iterează. Proprietatea `Current` returnează elementul curent al iterării. Metoda `MoveNext` avansează la următorul element al colecției, returnând `true` dacă acest lucru s-a putut face (adică nu mai sunt elemente de parcurs în colecție) și `false` în caz contrar; trebuie să fie apelată cel puțin o dată înaintea accesării componentelor colecției. Metoda `Reset` reinițializează iteratorul mutând poziția curentă înaintea primului obiect al colecției.

Pentru fiecare clasă de tip colecție, enumeratorul este implementat ca o clasă imbricată. Returnarea unui enumerator se face prin apelul metodei `GetEnumerator`.

Exemplu: vom apela în mod explicit metoda de returnare a iteratorului și mai departe acesta se folosește pentru afișarea elementelor.

```
ArrayList list = new ArrayList();  
list.Add("One");  
list.Add("Two");  
list.Add("Three");  
  
IEnumerator e = list.GetEnumerator();  
while(e.MoveNext())  
{  
    Console.WriteLine(e.Current);  
}
```

Apelul unui iterator este mecanismul esențial pentru funcționarea instrucțiunii `foreach`, care debutează prin a apela intern metoda `GetEnumerator` iar trecerea la elementul următor se face cu metoda `MoveNext`. Altfel spus, exemplul de mai sus este echivalent cu:

```
ArrayList list = new ArrayList();
```

```
list.Add("One");  
list.Add("Two");  
list.Add("Three");  
  
foreach(String s in list)  
{  
    Console.WriteLine(s);  
}
```

Deoarece proprietatea `Current` este read-only, putem justifica acum cele spuse în secțiunea 3.5.3 pentru instrucțiunea `foreach`: în corpul acestui ciclu nu se permite modificarea valorii variabilei cu care se face iterarea. Pentru o modificare ar fi trebuit ca să fie prezent și accesul `set` în proprietatea `Current`.

7.1.2 Colecții de tip listă

Colecțiile de tip listă sunt: `ArrayList`, `BitArray`, `Stack`, `Queue` și `CollectionBase`.

ArrayList

Este o clasă concretă (i.e. instanțiabilă) care stochează o colecție de elemente sub forma unui vector auto-redimensionabil. Suportă mai mulți cititori concurenți și poate fi accesat exact ca un vector, folosind un indice de poziție:

```
ArrayList list = new ArrayList();  
list.Add(...);  
Console.WriteLine(list[0]);  
list[0] = "abc";
```

BitArray

Acest tip de colecție gestionează un vector de elemente binare reprezentate ca booleani, unde `true` reprezintă 1 iar `false` 0. Cele mai importante metode sunt:

- **And, Or, Xor** - produce un nou `BitArray` care conține rezultatul aplicării operanzilor respectivi pe elementele din colecția curentă și altă colecție dată ca argument. Dacă cele 2 colecții nu au același număr de elemente, se aruncă excepție.
- **Not** - returnează un obiect de tip `BitArray` care conține valorile negate din colecția curentă.

Stack

Stack reprezintă o colecție ce permite lucrul conform principiului LIFO - Last In, First Out.

Queue

Clasa `Queue` este tip colecție ce implementează politica FIFO - First In, First Out.

CollectionBase

Clasa `CollectionBase` reprezintă o clasă abstractă, bază pentru o colecție puternic tipizată. Programatorii sunt încurajați să deriveze această clasă decât să creeze una proprie de la zero.

7.1.3 Colecții de tip dicționar

Colecțiile de tip dicționar (`SortedList`, `Hashtable`, `DictionaryBase`) conțin obiecte care se manipulează prin intermediul cheii asociate (care poate fi altceva decât un indice numeric). Toate extind interfața `IDictionary`, iar enumeratorul este de tip `IDictionaryEnumerator`:

```
interface IDictionaryEnumerator : IEnumerator {  
    DictionaryEntry Entry {get;}  
    object Key {get;}  
    object Value {get;}  
}
```

unde `DictionaryEntry` este definit ca:

```
struct DictionaryEntry {  
    public DictionaryEntry(object key, object value) { ... }  
    public object Key {get; set;}  
    public object Value {get; set;}  
    ...  
}
```

Invocarea enumeratorului se poate face fie explicit:

```
Hashtable htable = new Hashtable();  
htable.Add("A", "Chapter I");  
htable.Add("B", "Chapter II");  
htable.Add("App", "Appendix");
```

```
IDictionaryEnumerator e = htable.GetEnumerator();
for ( ; e.MoveNext() ; )
    Console.WriteLine("cheie: {0}, valoare: {1}", e.Key, e.Value);
```

fie implicit:

```
foreach (DictionaryEntry s in htable)
    Console.WriteLine("cheie: {0}, valoare: {1}", s.Key, s.Value);
```

Hashtable

Tipul **Hashtable**, exemplificat mai sus, reprezintă o colecție de perechi de tip (cheie, valoare) care este organizată pe baza codului de dispersie (hashing) al cheii. O cheie nu poate să fie nulă. Obiectele folosite pe post de chei trebuie să suprascrîie metodele **Object.GetHashCode** și **Object.Equals**. Obiectele folosite pe post de cheie trebuie să fie imuabile (să nu suporte schimbări de stare care să altereze valorile returnate de cele 2 metode spuse anterior).

SortedList

Reprezintă o colecție de perechi de tip (cheie, valoare) care sunt sortate după cheie și se pot accesa după cheie sau după index.

DictionaryBase

Reprezintă o clasă de bază abstractă pentru implementarea unui dicționar utilizator puternic tipizat (valorile să nu fie văzute ca **object**, ci ca tip specificat de programator).

7.2 Crearea unui tip colecție

Vom exemplifica în această secțiune modul în care se definește o colecție ce poate fi iterată. Sunt prezentate 2 variante. În ambele cazuri clasa de tip colecție va implementa interfața **IEnumerable**, dar va diferi modul de implementare.

7.2.1 Colecție iterabilă (stil vechi)

```
using System;
using System.Collections;
class MyCollection : IEnumerable
{
```

```
private int[] continut = {1, 2, 3};
public IEnumerator GetEnumerator()
{
    return new MyEnumerator( this );
}

private class MyEnumerator : IEnumerator
{
    private MyCollection mc;
    private int index = -1;

    public MyEnumerator( MyCollection mc )
    {
        this.mc = mc;
    }

    public object Current
    {
        get
        {
            if (index < 0 || index >= mc.continut.Length)
            {
                return null;
            }
            else return mc.continut[index];
        }
    }

    public bool MoveNext()
    {
        index++;
        return index < mc.continut.Length;
    }

    public void Reset()
    {
        index = -1;
    }
}
}
```


Am ales implementarea interfeței `IEnumerator` prin clasă imbricată și nu una externă lui `MyCollection`, deoarece `MyEnumerator` nu are utilitate în afara tipului `MyCollection`. Remarcăm că tipul imbricat `MyEnumerator` primește prin constructor o referință la obiectul de tip colecție, deoarece orice clasă imbricată în `C#` este automat și statică, neavând deci acces la membrii nestatici ai clasei.

Demonstrația pentru iterarea clasei este:

```
class DemoIterator
{
    static void Main()
    {
        MyCollection col = new MyCollection();
        foreach(int s in col)
        {
            Console.WriteLine(s.ToString());
        }
    }
}
```

Instrucțiunea `foreach` va apela inițial metoda `GetEnumerator` pentru a obține obiectul de iterare și apoi pentru acest obiect se va apela metoda `MoveNext` la fiecare iterație. Dacă se returnează `true` atunci se apelează automat și proprietatea `Current` pentru obținerea elementului curent din colecție; dacă se returnează `false` atunci execuția lui `foreach` se termină.

Implementarea de mai sus permite folosirea simultană a mai multor obiecte de iterare, cu păstrarea stării specifice.

Defectele majore ale acestei implementări sunt:

1. Numărul mare de linii ce trebuie scrise; deși ușor de înțeles și general acceptată (fiind de fapt un design pattern), abordarea presupune scrierea multor linii de cod. Programatorii evită această variantă de implementare, preferând mecanisme alternative precum indexatorii, ceea ce poate duce la spargerea încapsulării.
2. Datorită semnăturii proprietății `Current` se returnează de fiecare dată un `Object`, pentru care se face fie boxing și unboxing (dacă în colecție avem tip valoare - cazul de mai sus), fie downcasting (de la `Object` la tipul declarat în prima parte a lui `foreach`, dacă în colecție avem tip referință). În primul caz resursele suplimentare de memorie heap și ciclul procesor consumați vor afecta performanța aplicației iar în al doilea caz apare o conversie explicită care dăunează performanței globale.

Modalitatea de evitare a acestei probleme este ca să nu se implementeze interfețele `IEnumerator` și `IEnumerable`, ci scriind proprietatea `Current` astfel încât să returneze direct tipul de date necesar (`int` în cazul nostru). Acest lucru duce însă la expunerea claselor imbricate, ceea ce încalcă principiul încapsulării. În plus, cantitatea de cod rămâne aceeași.

Pentru prima problemă vom da varianta de mai jos. Pentru cea de a doua, rezolvarea se dă sub forma claselor generice.

7.2.2 Colecție iterabilă (stil nou)

Începând cu C# 2.0 se poate defini un iterator mult mai simplu. Pentru aceasta se folosește instrucțiunea `yield`. `yield` este folosită într-un bloc de iterare pentru a semnaliza valoarea ce urmează a fi returnată sau oprirea iterării. Are formele:

```
yield return expresie;  
yield break;
```

În prima formă se precizează care va fi valoarea returnată; în cea de-a doua se precizează oprirea iterării (sfârșitul secvenței de elemente de returnat).

Un exemplu simplu de utilizare a instrucțiunii `yield` este:

```
using System;  
using System.Collections;  
  
namespace Iterator  
{  
    class DemoCorutina  
    {  
        static IEnumerable Numere()  
        {  
            Console.WriteLine("In metoda Numere: returnare 1");  
            yield return 1;  
            Console.WriteLine("In metoda Numere: returnare 2");  
            yield return 2;  
            Console.WriteLine("In metoda Numere: returnare 3");  
            yield return 3;  
        }  
  
        static void Main(string[] args)
```

```
        {
            foreach(int valoare in Numere())
            {
                Console.WriteLine("In Main: {0}", valoare.ToString());
            }
        }
    }
}
```

pentru care rezultatul afișat pe ecran este:

```
In metoda Numere: returnare 1
In Main: 1
In metoda Numere: returnare 2
In Main: 2
In metoda Numere: returnare 3
In Main: 3
```

Remarcăm că are loc următorul efect: la fiecare iterație se returnează următoarea valoare din colecție (colecția este definită de metoda `Numere`). Astfel, se creează impresia că la fiecare iterare din metoda `Main` se reia execuția din metoda `Numere` de unde a rămas la apelul precedent; acest mecanism este diferit de cel al rutinelor (metodelor) întâlnite până acum. Metodele obținute prin folosirea lui `yield return` permit fenomenul de reentranță și se mai numesc corutine.

Compilerul va genera automat o implementare de metodă de tip `IEnumerable` (precum am făcut manual în secțiunea 7.2.1), permițându-se programatorului să se concentreze pe designul metodei și mai puțin pe stufoasele detalii interne (clase imbricate etc.).

Un alt exemplu este mai jos. Valorile returnate de metoda `Patratre` sunt pătratele numerelor de la 1 la valoarea argumentului:

```
using System;
using System.Collections;
using System.Text;

namespace DemoCollection
{
    class Program
    {
        static IEnumerable Patratre(int prag)
        {
```

```

        for (int i = 1; i <= prag; i++)
        {
            yield return i*i;
        }
    }

    static void Main(string[] args)
    {
        foreach (int iterate in Patrate(10))
        {
            Console.WriteLine(iterate.ToString());
        }
    }
}

```

Un aspect important este că secvența se construiește pe măsură ce datele din ea sunt parcurse, nu toată colecția de la început. Strategia poate duce la consum de memorie substanțial mai mic, în cazul secvențelor cu foarte multe elemente.

Clasa `MyCollection` din secțiunea 7.2.1 se rescrie astfel, folosind instrucțiunea `yield`:

```

class MyCollection : IEnumerable
{
    private int[] continut = { 1, 2, 3 };
    public IEnumerator GetEnumerator()
    {
        for(int i=0; i<continut.Length; i++)
        {
            yield return continut[i];
        }
    }
}

```

Pentru a demonstra utilitatea acestui tip de implementare, mai jos dăm rezolvarea pentru următoarea problemă: plecându-se de la un arbore binar să se scrie iteratorii pentru parcurgerea în inordine și preordine. Nu vom prezenta construirea efectivă a arborelui, aceasta fiind o problema separată. Practic, se va implementa în mod recursiv o iterare peste nodurile din arbore.

Pentru început, definiția tipului nod:

```
using System;
namespace DemoTree
{
    class TreeNode
    {
        private int value;
        private TreeNode left, right;

        public TreeNode(int val, TreeNode left, TreeNode right)
        {
            Value = val;
            Left = left;
            Right = right;
        }

        public int Value
        {
            get
            {
                return value;
            }
            set
            {
                this.value = value;
            }
        }

        public TreeNode Left
        {
            get
            {
                return left;
            }
            set
            {
                left = value;
            }
        }

        public TreeNode Right
        {
```

```

        get
        {
            return right;
        }
        set
        {
            this.right = value;
        }
    }
}

```

Mai jos se implementează un arbore binar de căutare.

```

namespace DemoTree
{
    class BinarySearchTree
    {
        private TreeNode root = null;

        #region Add values to the tree
        /// <summary>
        /// Adds values to the tree.
        /// </summary>
        /// <param name="value">A collection of values to be added,
        /// submitted as param array.</param>
        public void AddValues(params int[] values)
        {
            foreach(int value in values)
            {
                add(value);
            }
        }
        #endregion

        #region in-order traversal
        /// <summary>
        /// Performs an inorder traversal of the tree
        /// </summary>
        /// <returns>A sequence of values, following
        /// the in-order traversal strategy</returns>
        public IEnumerable<int> InOrder()

```

```

    {
        return inOrder(root);
    }
#endregion

#region Private helper methods
/// <summary>
/// Does the in-order traversal.
/// </summary>
/// <param name="node">The node.</param>
/// <returns>A sequence of values, following
/// the in-order traversal strategy</returns>
private IEnumerable<int> inOrder(TreeNode node)
{
    if (node.Left != null)
    {
        foreach (int value in inOrder(node.Left))
        {
            yield return value;
        }
    }
    yield return node.Value;
    if (node.Right != null)
    {
        foreach (int value in inOrder(node.Right))
        {
            yield return value;
        }
    }
}

/// <summary>
/// Adds the specified value to the binary search tree
/// </summary>
/// <param name="value">The value to be added.</param>
private void add(int value)
{
    if (root == null)
    {
        root = new TreeNode(value, null, null);
        return;
    }
}

```

```

    }
    TreeNode current = root;
    while(true)
    {
        if (value < current.Value)
        {
            if (current.Left == null)
            {
                current.Left = new TreeNode
                    (value, null, null);
                break;
            }
            else
            {
                current = current.Left;
            }
        }
        else//value >= current.Value
        {
            if (current.Right == null)
            {
                current.Right = new TreeNode
                    (value, null, null);
                break;
            }
            else
            {
                current = current.Right;
            }
        }
    }
}
#endregion
}
}

```

Utilizarea se face prin:

```

using System;

namespace DemoTree
{

```



```
class Program
{
    static void Main(string[] args)
    {
        BinarySearchTree tree = new BinarySearchTree();
        tree.AddValues(1, 2, -3, -2);
        foreach(int x in tree.InOrder())
        {
            Console.WriteLine(x.ToString());
        }
    }
}
```

Implementarea de mai sus s-a făcut conform definiției recursive pentru parcurgerea în inordine (alte tipuri de parcurgeri se implementează urmând natural definiția lor). Invităm cititorul să compare implementarea dată cu cea iterativă. Pe lângă timpul scurt de implementare, se câștigă în claritate și ușurință a menținerii codului.

7.3 Clase generice

Vom prezenta în cele ce urmează suportul începând cu versiunea .NET 2.0 pentru clase și metode generice; acestea sunt blocuri de cod parametrizate care permit scriere unui cod general, ce poate fi ulterior adaptat automat la cerințele specifice ale programatorului.

7.3.1 Metode generice

Să presupunem că dorim să scriem o metodă care să realizeze interschimbarea valorilor a două variabile. Variantele sunt:

1. scrierea unei metode pentru fiecare tip al variabilelor: neelegant, cod mult, nu tratează decât tipurile de date cunoscute.
2. scrierea unei metode care să folosească un `Object` pe post de tip al parametrilor; dacă se face apelul pentru 2 variabile de tip șir de caractere, apare eroarea “Cannot convert from ‘ref string’ to ‘ref object’”. Chiar dacă eroarea precedentă nu ar fi trecută cu vederea, metoda ar permite apel pentru un parametru de tip `string` și celălalt de tip `int`, ceea ce nu ar trebui să fie admis la compilare.

Singurul mod adecvat de rezolvare a problemei este folosirea unei metode generice, ca mai jos:

```
void Swap<T>(ref T a, ref T b)
{
    T aux;
    aux = a;
    a = b;
    b = aux;
}
```

Apelul acestei metode se face astfel:

```
int x = 3, y=4;
Swap<int>(ref x, ref y); //T e int, nu apare boxing/unboxing
string a="a", b="b";
Swap<string>(ref a, ref b);
```

Remarcăm că apelul se face specificând tipul efectiv pentru T. Această specificare poate fi omisă dacă compilatorul poate deduce singur care este tipul efectiv T:

```
bool b1=true, b2=false;
Swap(ref b1, ref b2);
```

Tipul generic T poate fi folosit și ca tip de retur al metodei generice. Cel puțin unul din parametrii formali însă trebuie să fie de tip T.

7.3.2 Tipuri generice

Mecanismul de genericitate poate fi extins la clase și structuri. Dăm mai jos exemplu care modelează noțiunea de punct într-un spațiu bidimensional. Genericitatea provine din faptul că coordonatele pot fi de tip întreg sau fracționare.

```
struct Point<T>
{
    private T xPos;
    private T yPos;

    public Point(T xPos, T yPos)
    {
        this.xPos = xPos;
    }
}
```

```
        this.yPos = yPos;
    }

    public T X
    {
        get
        {
            return xPos;
        }
        set
        {
            xPos = value;
        }
    }

    public T Y
    {
        get
        {
            return yPos;
        }
        set
        {
            yPos = value;
        }
    }

    public override string ToString()
    {
        return string.Format("{0}, {1}", xPos.ToString(),
            yPos.ToString());
    }

    public void Reset()
    {
        xPos = default(T);
        yPos = default(T);
    }
}
```

Utilizarea efectivă ar putea fi:

```
Point<int> p = new Point<int>(10, 10);
Point<double> q = new Point<double>(1.2, 3.4);
```

Observăm că:

- Metodele, deși cu caracter generic, nu se mai specifică drept generice, acest lucru fiind implicit
- Folosim o supraîncărcare a cuvântului cheie **default** pentru a aduce câmpurile la valorile implicite ale tipului respectiv: 0 pentru tipuri numerice, **false** pentru boolean, **null** pentru tipuri referință.

Mai adăugăm faptul că o clasă poate avea mai mult de un tip generic drept parametru, exemplele clasice fiind colecțiile generice de tip dicționar pentru care se specifică tipul cheilor și al valorilor conținute.

7.3.3 Constrângeri asupra parametrilor de genericitate

Pentru structura de mai sus este posibil să se folosească o declarație de forma:

```
Point<StringBuilder> r;
```

ceea ce este aberant din punct de vedere semantic. Am dori să putem face restricționarea cât mai mult a tipului parametrilor generici. Un asemenea mecanism există și permite 5 tipuri de restricții:

where T:struct	T trebuie să fie tip derivat din System.ValueType (să fie tip valoare)
where T:class	T trebuie să nu fie derivat din System.ValueType (să fie tip referință)
where T:new()	T trebuie să aibă un constructor implicit (fără parametri)
where T:NameOfBaseClass	T trebuie să fie derivat (direct sau nu) din NameOfBaseClass sau chiar tipul NameOfBaseClass
where T:NameOfInterface	T trebuie să implementeze interfața NameOfInterface

Exemple:

- `class MyGenericClass<T> where T:new()` specifică faptul că parametrul T trebuie să fie un tip cu constructor implicit

- `class MyGenericClass<T> where T:class, IDrawable, new()` specifică faptul că parametrul `T` trebuie să fie de tip referință, să implementeze `IDrawable` și să posede constructor implicit
- `class MyGenericClass<T>:MyBase, ICloneable where T:struct` descrie o clasă care este derivată din `MyBase`, implementează `ICloneable` iar parametrul `T` este de tip valoare (structură sau enumerare).

Clasele generice pot fi de asemenea clase de bază pentru tipuri (generice sau nu):

```
class MyList<T>...
class MyStringList : MyList<String>...
```

7.3.4 Interfețe și delegați generici

Interfețele și delegații pot fi declarați ca fiind generici; deși nu prezintă cerințe sau particularități față de ceea ce s-a spus mai sus, le evidențiem deoarece gradul înalt de abstractizare le face utile în modelarea orientată pe obiecte.

```
interface IMyFeature<T>
{
    T MyService(T param1, T param2);
}
```

respectiv:

```
delegate void MyGenericDelegate<T>(T arg);
```

Un caz aparte îl reprezintă tipul delegat generic `Function` din spațiul de nume `System`. Tipul `Function` este asociat metodelor care returnează un rezultat și poate prelua zero sau mai mulți parametri:

- `Func<out TResult>` — descrie o metodă care nu preia niciun argument și returnează un rezultat de tip `TResult`;
- `Func<in T, out TResult>` — descrie o metodă care preia un argument de tip `T` și returnează un rezultat de tip `TResult`;
- `Func<in T1, in T2, out TResult>` — 2 parametri de intrare de tip `T1` și respectiv `T2`, rezultat de tip `TResult`;
- etc., până la 16 tipuri pentru parametrii formali ai metodei și un tip de retur.

Un exemplu de declarație completă acestui tip este:

```
public delegate TResult Func<in T1, in T2, out TResult>(
    T1 arg1,
    T2 arg2
)
```

Calificatorii `in` și `out` sunt explicați în secțiunea 13.6 de covarianță și contravarianță.

Instanțierea unui asemenea tip este exemplificată mai jos:

```
Func<int, int, double> f = myFunction;
```

```
double myFunction(int x, int y)
{
    return (x+y)/2.0;
}
```

sau folosind delegați anonimi:

```
Func<int, int, double> f = delegate(int x, int y)
{
    return (x+y)/2.0;
}
```

În context de LINQ aceste tipuri sunt instanțiate cu lambda funcții.

Pentru cazul în care metoda care se vrea apelată nu returnează niciun rezultat, se indică folosirea tipului delegat multicast `Action`: `Action<in T>`, `Action<in T1, in T2>`, ..., `Action<in T1, ..., in T16>`. De exemplu, tipul `Action` cu doi parametri de intrare este declarat în spațiul de nume `System` cu forma:

```
public delegate void Action<in T1, in T2>(
    T1 arg1, T2 arg2
)
```

Exemplu:

```
Action<string, string> concat = WriteToConsole;
concat(str1, str2);
...
void WriteToConsole(string s1, string s2)
{
    Console.WriteLine("{0}{1}", s1, s2);
}
```

În sfârșit, pentru cazul în care se lucrează cu un tip de metodă ce preia un singur parametru și returnează un rezultat de tip boolean, .NET Framework vine cu declarația de predicat:

```
public delegate bool Predicate<in T>(
    T obj
)
```

Tipul este intens folosit în LINQ pentru filtrarea colecțiilor de date.

7.4 Colecții generice

7.4.1 Probleme cu colecțiile de obiecte

Colecțiile, așa cum au fost ele prezentate în secțiunea 7.1 sunt utile, dar au câteva puncte slabe.

1. să presupunem că pornim cu o listă de tip `ArrayList` la care adăugăm elemente de tip întreg:

```
ArrayList al = new ArrayList();
al.Add(1);
al.Add(2);
int x = (int)al[0];
```

Secvența este corectă din punct de vedere sintactic, dar la rulare solicită folosirea mecanismului de boxing și unboxing. Deși pentru colecții mici acest lucru nu are efecte sesizabile, pentru un număr mare de adăugări sau accesări ale elementelor din listă avem un impact negativ ce trebuie luat în calcul. Am prefera ca tipurile colecție să suporte lucrul cu tipuri valoare fără costul suplimentar introdus de boxing/unboxing.

2. problema tipului efectiv stocat în colecție: să presupunem că într-o listă adăugăm:

```
al.Add(new Dog("Miki"));
al.Add(new Dog("Gogu"));
al.Add(new Matrix(3, 5));
Dog dog = (Dog)al[2];
```

Secvența de sus este corectă din punct de vedere sintactic, dar la rulare va determina aruncarea unei excepții de tipul `InvalidCastException`. E de dorit ca la compilare să se poată semnala greșeala.

7.4.2 Colecții generice

Clasele generice împreună cu colecțiile au fost combinate în biblioteca .NET Framework, ducând la apariția unui nou spațiu de nume, în `System.Collections.Generic`. Acesta conține tipurile: `ICollection<T>`, `IEnumerator<T>`, `IDictionary<K, V>`, `IComparer<T>`, `IList<T>`, `Queue<T>`, `Stack<T>`, `LinkedList<T>`, `List<T>`.

Exemplu de utilizare:

```
List<int> myInts = new List<int>();  
myInts.Add(1);  
myInts.Add(2);  
myInts.Add(new Complex()); //eroare de compilare
```

Deși în secvența de mai sus tipul listei este `int`, nu se apelează la boxing/unboxing, deoarece lista este compusă din elemente de tip întreg și nu din obiecte de tip `Object`.

7.4.3 Metode utile în colecții

În multe situații pentru colecții de date se cere rezolvarea de probleme des întâlnite, precum sortarea sau căutarea de elemente. Colecțiile prezintă implementări eficiente pentru algoritmi de sortare și căutare. Vom exemplifica acest lucru pentru clasa `ArrayList`, în care putem avea criterii de comparare diverse, specificate la momentul rulării.

```
class Student  
{  
    private String name;  
    private double averageGrade;  
  
    public String Name  
    {  
        get{return name;}  
        set{name = value;}  
    }  
  
    public double AverageGrade  
    {  
        get{return averageGrade;}  
        set{averageGrade = value;}  
    }  
}
```



```
/// <summary>
/// Implementeaza comparatie intre 2 studenti dupa medie
/// </summary>
class ComparerStudentGrade : IComparer<Student>
{
    #region IComparer<Student> Members

    public int Compare(Student x, Student y)
    {
        if (x.AverageGrade < y.AverageGrade)
        {
            return -1;
        }
        if (x.AverageGrade == y.AverageGrade)
        {
            return 0;
        }
        return +1;
    }

    #endregion
}

/// <summary>
/// Implementeaza comparatie intre 2 studenti dupa nume
/// </summary>
class ComparerStudentName : IComparer<Student>
{
    #region IComparer<Student> Members

    public int Compare(Student x, Student y)
    {
        return String.Compare(x.Name, y.Name);
    }

    #endregion
}

class Program
{
```

```
static void Main(string[] args)
{
    //pregatirea datelor
    Student s1 = new Student();
    s1.Name = "B"; s1.AverageGrade = 3;
    Student s2 = new Student();
    s2.Name = "A"; s2.AverageGrade = 5;
    Student s3 = new Student();
    s3.Name = "C"; s3.AverageGrade = 1;
    List<Student> students = new List<Student>();
    students.Add(s1); students.Add(s2); students.Add(s3);
    Console.WriteLine("original data");
    displayStudents(students);

    //sortare dupa nume
    students.Sort(new ComparerStudentName());
    Console.WriteLine( "sorted by name" );
    displayStudents(students);

    //sortare dupa medie
    students.Sort(new ComparerStudentGrade());
    Console.WriteLine("sorted by grade");
    displayStudents(students);

    //cautare binara intr-o colectie *deja* sortata
    //dupa acelasi criteriu folosit pentru cautare
    Student s4 = new Student();
    s4.Name = "B";
    ComparerStudentName myComparer = new ComparerStudentName();
    Console.WriteLine( "this student appears on position: {0}",
        students.BinarySearch( s4, myComparer).ToString() );
}

private static void displayStudents(List<Student> students)
{
    foreach (Student student in students)
    {
        Console.WriteLine("{0} {1}", student.Name,
            student.AverageGrade.ToString() );
    }
}
```

}

După cum putem observa și din codul anterior, convenția privind valoarea returnată de metoda **Compare** este: dacă primul argument este mai mic decât al doilea, atunci valoare negativă; dacă argumentele sunt egale, atunci 0; altfel, valoarea returnată trebuie să fie pozitivă.

Pentru situația în care se dorește sortarea descrescătoare se poate crea o nouă clasă de implementare a comparării care să schimbe semnele rezultatelor; alternativ, se poate porni de la colecție ordonată crescător și apelând metoda **Reverse()** se inversează ordinea elementelor.

Capitolul 8

ADO.NET (I)

8.1 Ce reprezintă ADO.NET?

ADO.NET este o parte componentă a lui .NET Framework ce permite aducerea, manipularea și modificarea datelor. În mod normal, o sursă de date poate să fie o bază de date, dar de asemenea un fișier text, Excel, XML sau Access. Lucrul se poate face fie conectat, fie deconectat de la sursa de date. ADO.NET se recomandă tocmai prin faptul că permite ambele modalități de lucru cu sursa de date, integrarea cu XML, reprezentarea comună a datelor cu posibilitatea de a combina date din variate surse, toate pe baza unor clase .NET.

Faptul că se permite lucrul deconectat de la sursa de date rezolvă următoarele probleme:

- menținerea conexiunilor la baza de date este o operație costisitoare. O bună parte a lățimii de bandă este ocupată pentru niște operații care nu necesită neapărat conectare continuă
- probleme legate de scalabilitatea aplicației: se poate ca serverul de baze de date să lucreze eficient cu 50-100 conexiuni menținute, dar dacă numărul acestora crește serverul poate să reacționeze lent
- pentru unele servere/licențe se pot impune clauze asupra numărului de conexiuni ce se pot folosi simultan.

Toate acestea fac ca ADO.NET să fie o tehnologie mai potrivită pentru dezvoltarea aplicațiilor cu baze de date decât cele precedente (e.g. ADO, ODBC).

Pentru o prezentare a metodelor de lucru cu surse de date sub platformă Windows se poate consulta [9].

Vom exemplifica în cele ce urmează folosind preponderent server de baze de date Microsoft SQL Server 2019 Express Edition, ce se poate descărca gratuit de pe site-ul Microsoft.

8.2 Furnizori de date în ADO.NET

Din cauza existenței mai multor tipuri de surse de date (de exemplu, a mai multor producători de servere de baze de date) e nevoie ca pentru fiecare tip major de sursa de date să se folosească o bibliotecă de clase specializată. Toate aceste clase implementează niște interfețe clar stabilite, ca atare trecerea de la un SGBD la altul se face cu eforturi minore (dacă codul este scris ținând cont de principiile programării orientate pe obiecte).

Există următorii furnizori de date¹ (lista nu este completă):

Tabela 8.1: Furnizori de date.

Nume furnizor	Prefix API	Descriere
ODBC Data Provider	Odbc	Surse de date cu interfață ODBC
OleDb Data Provider	OleDb	Surse de date care expun o interfață OleDb, de exemplu Access și Excel sau SQL Sever versiune mai veche de 7.0
Oracle Data Provider	Oracle	SGBD Oracle
SQL Data Provider	Sql	Pentru interacțiune cu Microsoft SQL Server 7.0, 2000+
PostgreSQL	Npgsql	Server de baze de date PostgreSQL
MySQL	MySql	SGBD MySQL

Prefixele trecute în coloana a doua sunt folosite pentru clasele de lucru specifice unui anumit furnizor ADO.NET: de exemplu, pentru o conexiune SQL Server se va folosi clasa `SqlConnection`, iar pentru lucrul cu MySQL se va folosi o clasă numită `MySqlConnection`.

8.3 Componentele unui furnizor de date

Fiecare furnizor de date ADO.NET oferă măcar patru componente: `Connection`, `Command`, `DataReader`, `DataAdapter`. Arhitectura ADO.NET este prezentată

¹În limba engleză: data providers.

în figura 8.1

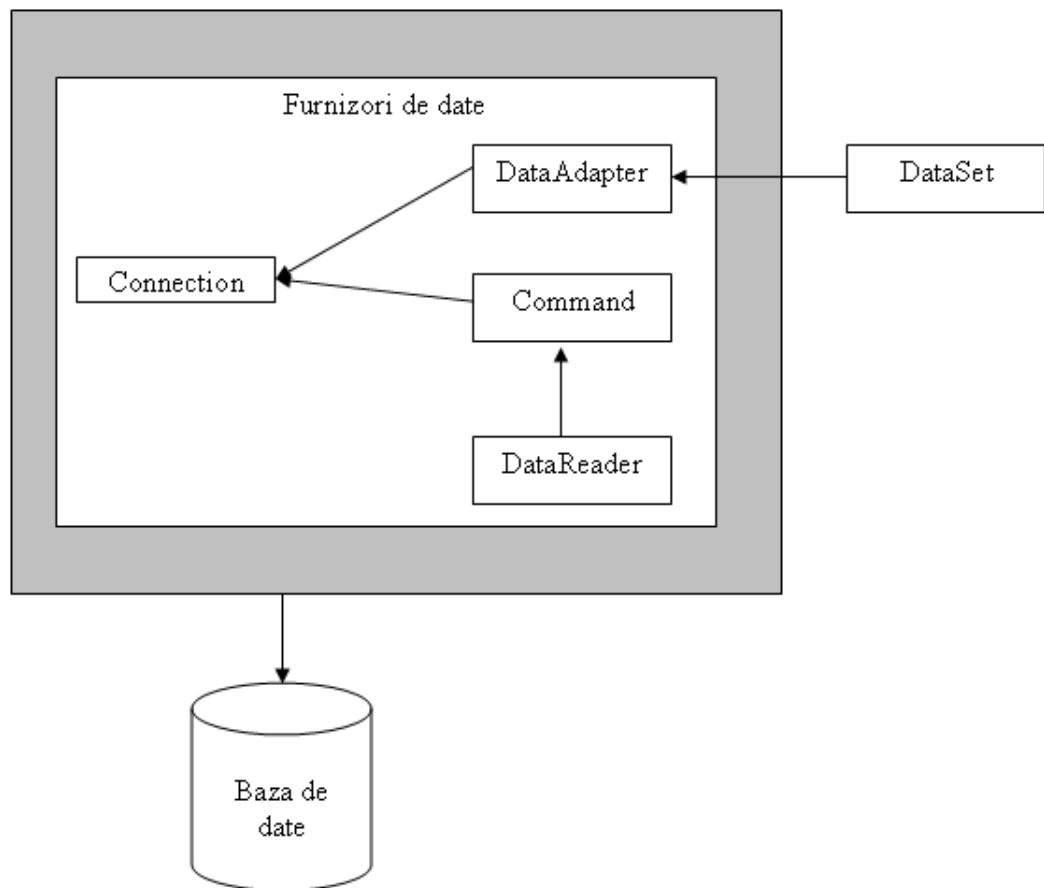


Figura 8.1: Principalele clase ADO.NET

Mai jos sunt descrieri succinte ale claselor cel mai des utilizate.

8.3.1 Clasele Connection

Sunt folosite pentru a reprezenta o conexiune la sursa de date. Ele conțin date specifice conexiunii, cum ar fi locația sursei de date, numele și parola contului de acces etc. În plus, au metode pentru deschiderea și închiderea conexiunilor, pornirea unei tranzații sau setarea perioadei de time-out. Stau la baza oricărei accesări de servicii de pe server.

8.3.2 Clasele Command

Sunt folosite pentru a executa diferite comenzi pe baza de date (SELECT, INSERT, UPDATE, DELETE) și pentru a furniza un obiect de tip **DataReader**. Pot fi folosite pentru apelarea de proceduri stocate aflate pe server. Ele permit scrierea de interogări SQL parametrizate sau specificarea parametrilor pentru procedurile stocate.

8.3.3 Clasele DataReader

Permit navigarea de tip forward-only, read-only și în mod conectat la sursa de date. Se obțin pe baza unui obiect de tip **Command** prin apelul metodei **ExecuteReader()**. Accesul este rapid și cu minim de resurse consumate.

8.3.4 Clasele DataAdapter

Ultima componentă principală a unui furnizor de date .NET este **DataAdapter**. Funcționează ca punte între sursa de date și obiecte de tip **DataSet** deconectate, permițând prelucrarea deconectată a datelor și ulterior reflectarea modificărilor pe baza de date. Conțin referințe către obiecte de tip **Connection** și pot deschide / închide singure conexiunea la baza de date. În plus, un obiect **DataAdapter** conține referințe către patru comenzi pentru selectare, ștergere, modificare și adăugare în baza de date.

8.3.5 Clasa DataSet

Clasa **DataSet** nu este parte a unui furnizor de date .NET, ci e independentă de particularitățile de conectare și lucru cu o sursă de date anume. Prezintă marele avantaj că poate să lucreze deconectat de la sursa de date, facilitând stocarea și modificarea datelor local, apoi reflectarea acestor modificări în baza de date. Un obiect **DataSet** este de fapt un container de tabele și relații între tabele. Un obiect de tip **Dataset** folosește serviciile unui obiect de tip **DataAdapter** pentru a-și procura datele și a trimite modificările înapoi către baza de date. Datele dintr-un obiect **DataSet** pot fi ușor exportate în format XML.

8.4 Obiecte Connection

Clasele de tip **Connection** pun la dispoziție tot ceea ce e necesar pentru conectarea la baze de date. Este primul mecanism cu care un programator ia contact atunci când vrea să folosească un furnizor de date .NET. Înainte

ca o comandă să fie executată pe o bază de date trebuie stabilite datele de conectare și deschisă conexiunea.

Orice clasă de tip conexiune (din orice furnizor de date) implementează interfața `IDbConnection`.

Pentru deschiderea unei conexiuni se poate proceda ca mai jos:

```
using System.Data.SqlClient;
...
SqlConnection cn = new SqlConnection(@"Data Source=
localhost\sqlexpress;Database=Northwind;User ID=sa;
Password=parola");
cn.Open();
...
```

Mai sus s-a specificat numele calculatorului pe care se află instalat severul SQL ("localhost") precum și al numelui de instanță pentru acest server ("sqlexpress"), baza de date la care se face conectarea ("Northwind"), contul SQL cu care se face accesul ("sa") și parola pentru acest cont ("parola").

Pentru conectarea la un fișier Access `Northwind.mdb` aflat în directorul `c:\lucru` se folosește un obiect de tipul `OleDbConnection` sub forma:

```
using System.Data.OleDb; //spatiul de nume OleDb
...
OleDbConnection cn = new OleDbConnection(
@"Provider=Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Data Source=
C:\Lucru\Northwind.mdb");
cn.Open();
...
```

S-a specificat furnizorul de date (Microsoft.Jet.OLEDB.4.0 pentru fișier Access) precum și locul unde se află sursa de date (`C:\Lucru\Northwind.mdb`).

Vom enumera principalele proprietăți, metode și evenimente pentru un obiect de tip `Connection`.

8.4.1 Proprietăți

1. **ConnectionString**: de tip `String`, cu accesorii `get` și `set`; această proprietate referă un șir de caractere ce conține detalii despre locația sursei de date la care se face conectarea și eventual contul și parola de acces. Stringul de conexiune conține lista de parametri necesari pentru conectare sub forma `numeParametru=valoare`, separați prin punct și virgulă. Parametrii sunt²:

²Scrierea numelor parametrilor este case insensitive.

- **data source** (sinonim cu **server**): se specifică numele serverului de baze de date sau numele fișierului de date.
- **initial catalog** (sinonim cu **database**): specifică numele baze de date. Baza de date trebuie să se găsească pe serverul dat în **data source**.
- **user id** (sinonim cu **uid**): specifică un nume de utilizator care are acces de loginare la server.
- **password** (sinonim cu **pwd**): specifică parola contului de mai sus.

Valoarea unui string de conexiune poate fi setată doar dacă conexiunea e închisă.

2. **ConnectionTimeout**: de tip **int**, cu accesoriu **get**, valoare implicită 15; specifică numărul de secunde pentru care un obiect de conexiune ar trebui să aștepte pentru realizarea conectării la server înainte de a se genera o excepție. Se poate specifica o valoare diferită de 15 în **ConnectionString** folosind parametrul **Connect Timeout**:

```
SqlConnection cn = new SqlConnection(@"Data Source=serverBD;  
Database=Northwind;User ID=sa;Password=parola;  
Connect Timeout=30");//30 de secunde
```

Se poate specifica pentru **Connect Timeout** valoarea 0 cu semnificația “așteaptă oricât”, dar se recomandă să nu se procedeze în acest mod.

3. **Database**: proprietate de tip **string**, **read-only**, returnează numele bazei de date la care s-a făcut conectarea. E folosită pentru a arăta unui utilizator care este baza de date pe care se face operarea.
4. **Provider**: proprietate de tip **string**, **read-only**, returnează numele furnizorului OLE DB.
5. **ServerVersion**: proprietate de tip **string**, **read-only**, returnează versiunea de server la care s-a făcut conectarea.
6. **State**: proprietate de tip enumerare **ConnectionState**, **read-only**, returnează starea curentă a conexiunii. Valorile posibile sunt: **Broken**, **Closed**, **Connecting**, **Executing**, **Fetching**, **Open**.

8.4.2 Metode

1. `Open()`: deschide o conexiune la baza de date;
2. `Close()`, `Dispose()`: închid conexiunea, se returnează obiectul de conexiune în connection pool, a se vedea secțiunea 8.4.5;
3. `BeginTransaction()`: pentru executarea unei tranzacții pe baza de date; la sfârșit se apelează `Commit()` sau `Rollback()`;
4. `ChangeDatabase()`: se modifică baza de date la care se vor face conexiunile. Noua bază de date trebuie să existe pe același server ca precedentă;
5. `CreateCommand()`: creează un obiect de tip `Command` valid (care implementează interfața `IDbCommand`) asociat cu conexiunea curentă.

8.4.3 Evenimente

Un obiect de tip conexiune poate semnala două evenimente:

- evenimentul `StateChange`: apare atunci când se schimbă starea conexiunii. Event-handlerul este de tipul delegat `StateChangeEventHandler` și se pot primi detalii despre stările între care s-a făcut tranziția.
- evenimentul `InfoMessage`: apare atunci când furnizorul trimite un avertisment sau un mesaj informațional către client.

8.4.4 Stocarea stringului de conexiune în fișier de configurare

Este contraindicat ca stringul de conexiune să fie scris direct în cod; modificarea datelor de conectare (de exemplu parola pe cont sau locația sursei de date) ar necesita recompilarea codului sursă și redistribuirea (re-deploy) aplicației.

.NET Framework permite menținerea într-un fișier a unor perechi de tipul cheie—valoare, specifice aplicației. Pentru aplicațiile Web fișierul se numește `web.config`, pentru aplicațiile de tip consolă fișierul de configurare are extensia `config` și numele aplicației, iar pentru aplicațiile Windows acest fișier³ are numele `App.config`. Elementul rădăcină împreună cu declarația de XML sunt:

³Dacă fișierul de configurare nu există în proiect, se adaugă astfel: Project→Add new item→Application Configuration File.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<configuration>
</configuration>
```

În interiorul elementului rădăcină `configuration` se va introduce elementul `appSettings`, care va conține oricâte perechi cheie-valoare în interiorul unui atribut XML numit `add`, precum mai jos:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<configuration>
  <appSettings>
    <add key="constring"
        value="Data Source=localhost\sqlexpress;database=Northwind;
        User ID=sa;pwd=parola"/>
  </appSettings>
</configuration>
```

Clasele necesare pentru accesarea fișierului de configurare se găsesc în spațiul de nume `System.Configuration`. Pentru a se putea folosi acest spațiu de nume trebuie să se adauge o referință la assembly-ul care conține această clasă: din Solution explorer click dreapta pe proiect -> Add reference... -> se alege tab-ul `.NET` și de acolo `System.Configuration`. Utilizarea stringului de conexiune definit anterior se face astfel:

```
using System;
using System.Data;
using System.Data.SqlClient;
using System.Configuration;
public class UsingConfigSettings
{
    public static void Main()
    {
        SqlConnection con = new SqlConnection(
            ConfigurationManager.AppSettings["constring"];
        //se lucreaza cu conexiunea ...
        con.Close();
        //a se vedea mai jos cum se asigura inchiderea conexiunii
    }
}
```

Este posibil ca într-o aplicație să se folosească mai multe conexiuni, motiv pentru care se sugerează ca în loc de varianta precedentă să se folosească elementul XML `<connectionStrings>`:

```

<configuration>
  <appSettings>...</appSettings>
  <connectionStrings>
    <add name="SqlProviderPubs" connectionString =
      "Data Source=localhost\squlexpress;uid=sa;pwd=1q2w3e;
      Initial Catalog=Pubs"/>
    <add name="OleDbProviderPubs" connectionString =
      "Provider=SQLOLEDB.1;Data Source=localhost;uid=sa;pwd=;
      Initial Catalog=Pubs"/>
  </connectionStrings>
</configuration>

```

Preluarea unui string de conexiune din secțiunea `connectionStrings` se face astfel:

```

string cnStr =
  ConfigurationManager.ConnectionStrings["SqlProviderPubs"]
    .ConnectionString;

```

8.4.5 Gruparea conexiunilor

Gruparea conexiunilor⁴ reprezintă reutilizarea resurselor de tip conexiune la o bază de date. Atunci când se creează o grupare de conexiuni se generează automat mai multe obiecte de tip conexiune, acest număr fiind egal cu minimul setat pentru gruparea respectivă. O nouă conexiune este creată dacă toate conexiunile sunt ocupate și se cere conectare. Dacă dimensiunea maximă setată a grupării este atinsă, atunci nu se va mai crea o conexiune nouă, ci se va pune cererea într-o coadă de așteptare. Dacă așteptarea durează mai mult decât este precizat în valoarea proprietății de `Timeout`, se va arunca o excepție. Pentru a returna o conexiune la grupare trebuie apelată metoda `Close()` sau `Dispose()` pentru acea conexiune.

Sursele de date .NET administrează automat gruparea de conexiuni, degrevându-l pe programator de acest aspect ce nu ține de logica aplicației. La dorință comportamentul implicit se poate modifica prin intermediul conținutului stringului de conectare.

8.4.6 Mod de lucru cu conexiunile

Se cere ca o conexiune să fie întotdeauna închisă (și dacă se poate, cât mai repede posibil). Ca atare, este de preferat ca să se aplice o schemă de lucru de tipul:

⁴Engl: connection pooling

```
IDBConnection con = ...
try
{
    //deschidere conexiune
    //lucru pe sursa de date
}
catch(Exception e)
{
    //tratare de exceptie
}
finally
{
    con.Close();//se disponibilizeaza conexiunea
}
```

Garantându-se că blocul `finally` este executat indiferent dacă apare sau nu o excepție, în cazul de mai sus se va disponibiliza în mod sigur conexiunea. În același scop se mai poate folosi și instrucțiunea `using` (secțiunea 3.5.8), deoarece orice clasă de tip conexiune implementează interfața `IDisposable`, iar metoda `Dispose()` apelează `Close()`:

```
using(IDBConnection con = ...)
{
    //deschidere conexiune
    //se lucreaza cu baza de date
}
//aici se executa garantat con.Dispose()
//si deci se inchide conexiunea la serverul de BD
```

8.5 Obiecte Command

O clasă de tip `Command` dată de un furnizor .NET trebuie să implementeze interfața `IDbCommand`, ca atare toate vor asigura un set de servicii bine specificat. Un asemenea obiect este folosit pentru a executa comenzi pe baza de date: `SELECT`, `INSERT`, `DELETE`, `UPDATE` sau apel de proceduri stocate (dacă SGBD-ul respectiv are acest concept). Comanda se poate executa numai dacă s-a deschis o conexiune la baza de date.

Exemplu:

```
SqlConnection con = new SqlConnection(
    ConfigurationManager.ConnectionStrings["constring"]
```

```
.ConnectionString;  
SqlCommand cmd = new SqlCommand(@"SELECT CustomerID, CompanyName,  
                                ContactName, ContactTitle FROM Customers", con);
```

Codul care utilizează o comandă pentru lucrul cu fișiere Access sau Excel ar fi foarte asemănător, cu diferența că în loc de `SqlCommand` se folosește `OleDbCommand`, din spațiul de nume `System.Data.OleDb`. Nu trebuie modificat altceva, deoarece locația sursei de date se specifică doar la conexiune.

Se observă că obiectul de conexiune este furnizat comenzii create. Enumerăm mai jos principalele proprietăți și metode ale unui obiect de tip comandă.

8.5.1 Proprietăți

1. **CommandText**: de tip `String`, cu ambii accesorii; conține comanda SQL sau numele procedurii stocate care se execută pe sursa de date.
2. **CommandTimeout**: de tip `int`, cu ambii accesorii; reprezintă numărul de secunde care trebuie să fie așteptat pentru executarea interogării. Dacă se depășește acest timp, atunci se aruncă o excepție.
3. **CommandType**: de tip enumerare `CommandType`, cu ambii accesorii; reprezintă tipul de comandă care se execută pe sursa de date. Valorile pot fi:
 - **CommandType.StoredProcedure** - interpretează comanda conținută în proprietatea **CommandText** ca un apel de procedură stocată definită în baza de date.
 - **CommandType.Text** - interpretează comanda ca fiind o comandă în limbaj SQL (dialectul aferent serverului de baze de date); este valoarea implicită.
 - **CommandType.TableDirect** - disponibil numai pentru furnizorul `OleDb`; dacă proprietatea **CommandType** are această valoare, atunci proprietatea **CommandText** este interpretată ca numele unui tabel pentru care se aduc toate liniile și coloanele la momentul executării.
4. **Connection** - proprietate de tip `PrefixConnection`, cu ambii accesorii; conține obiectul de tip conexiune folosit pentru legarea la sursa de date; "Prefix" este prefixul asociat furnizorului respectiv (tabelul 8.1).

5. **Parameters** - proprietate de tip `PrefixParameterCollection`, read-only; returnează o colecție de parametri care s-au transmis comenzii. "Prefix" reprezintă același lucru ca mai sus.
6. **Transaction** - proprietate de tip `PrefixTransaction`, read-write; permite accesul la obiectul de tip tranzacție în cadrul căreia se execută comanda curentă.

8.5.2 Metode

1. **Constructori** - un obiect de tip comandă poate fi creat și prin intermediul apelului de constructor; de exemplu un obiect `SqlCommand` se poate obține astfel:

```
SqlCommand cmd;  
cmd = new SqlCommand();  
cmd = new SqlCommand(string.CommandText);  
cmd = new SqlCommand(string.CommandText, SqlConnection con );  
cmd = new SqlCommand(string.CommandText, SqlConnection con,  
    SqlTransaction trans);
```

2. **Cancel()** - încearcă să oprească o comandă dacă ea se află în execuție. Dacă nu se află în execuție atunci nu se întâmplă nimic.
3. **Dispose()** - disponibilizează obiectul comandă.
4. **ExecuteNonQuery()** - execută o comandă care nu returnează un set de date din baza de date; dacă comanda a fost de tip INSERT, UPDATE, DELETE, se returnează numărul de înregistrări afectate. Dacă nu este definită conexiunea la baza de date sau aceasta nu este deschisă, se aruncă o excepție de tip `InvalidOperationException`.

Exemplu:

```
using(SqlConnection con = new SqlConnection(  
    ConfigurationManager.ConnectionStrings["constring"]  
        .ConnectionString))  
{  
    SqlCommand cmd = new SqlCommand();  
    cmd.CommandText = @"DELETE FROM Customers  
    WHERE CustomerID = 'SEVEN'";  
    cmd.Connection = con;  
    con.Open();
```

```

        Console.WriteLine(cmd.ExecuteNonQuery().ToString());
    }//automat se apeleaza con.Dispose(),
    //care disponibilizeaza conexiunea

```

În exemplul de mai sus se returnează numărul de înregistrări care au fost șterse.

5. **ExecuteReader()** - execută comanda conținută în proprietatea **CommandText** și se returnează un obiect de tip **IDataReader** (e.g. **SqlDataReader** sau **OleDbDataReader**).

Exemplu: se iterează conținutul tabeli **Customers** folosindu-se un obiect de tip **SqlDataReader** (se presupune că baza de date se stochează pe un server Microsoft SQL Server):

```

using(SqlConnection con = new SqlConnection(
    ConfigurationManager.ConnectionStrings["constring"]
        .ConnectionString))
{
    SqlCommand cmd = new SqlCommand();
    cmd.CommandText = @"SELECT CustomerID, CompanyName,
        ContactName, ContactTitle FROM Customers";
    cmd.Connection = con;
    con.Open();
    SqlDataReader reader = cmd.ExecuteReader();
    while(reader.Read())
    {
        Console.WriteLine("{0} - {1}",
            reader.GetString(0),
            reader.GetString(1));
    }
    reader.Close();//obligatoriu, a se vedea sectiunea de DataReader
} //automat se apeleaza con.Dispose(),
//care disponibilizeaza conexiunea

```

Metoda **ExecuteReader()** mai poate lua un argument opțional de tip enumerare **CommandBehavior** care descrie rezultatele și efectul asupra bazei de date:

- **CommandBehavior.CloseConnection** - conexiunea este închisă atunci când obiectul de tip **IDataReader** este închis;

- `CommandBehavior.KeyInfo` - comanda returnează metadate despre coloane și cheia primară;
- `CommandBehavior.SchemaOnly` - comanda returnează doar informație despre coloane;
- `CommandBehavior.SequentialAccess` - dă posibilitatea unui obiect `DataReader` să manipuleze înregistrări care conțin câmpuri cu valori binare de mare întindere. Acest mod permite încărcarea sub forma unui flux de date folosind `GetChars()` sau `GetBytes()`;
- `CommandBehavior.SingleResult` - se returnează un singur set de rezultate;
- `CommandBehavior.SingleRow` - se returnează o singură linie. De exemplu, dacă în codul anterior înainte de `while` obținerea obiectului `reader` s-ar face cu:

```
SqlDataReader reader = cmd.ExecuteReader(  
    CommandBehavior.SingleRow);
```

atunci s-ar returna doar prima înregistrare din setul de date.

6. `ExecuteScalar()` - execută comanda conținută în proprietatea `CommandText`; se returnează valoarea primei coloane de pe primul rând a setului de date rezultat; folosit pentru obținerea unor rezultate de tip agregat ("SELECT COUNT(*) FROM CUSTOMERS", de exemplu).
7. `ExecuteXmlReader()` - returnează un obiect de tipul `XmlReader` obținut din rezultatul interogării pe sursa de date.

Exemplu:

```
SqlCommand custCMD=new SqlCommand(@"SELECT CustomerID,  
CompanyName, ContactName, ContactTitle FROM Customers  
FOR XML AUTO, ELEMENTS", con);  
System.Xml.XmlReader myXR = custCMD.ExecuteXmlReader();
```

8.5.3 Utilizarea unei comenzi cu o procedură stocată

Pentru a se executa pe server o procedură stocată definită în baza respectivă, este necesar ca obiectul comandă să aibă proprietatea `CommandType` la valoarea `CommandType.StoredProcedure` iar proprietatea `CommandText` să conțină numele procedurii stocate:

```

using(SqlConnection con = new SqlConnection(
    ConfigurationManager.ConnectionStrings["constring"]
        .ConnectionString))
{
    SqlCommand cmd = new SqlCommand("Ten Most Expensive Products",
        con);
    cmd.CommandType = CommandType.StoredProcedure;
    con.Open();
    SqlDataReader reader = cmd.ExecuteReader();
    while(reader.Read())
    {
        Console.WriteLine("{0} - {1}",
            reader.GetString(0), reader.GetDecimal(1));
    }
    reader.Close();
}
//automat se disponibilizeaza obiectul de conexiune

```

Observație: fiecare conexiune se poate închide manual, printr-un apel de tipul `con.Close()`. Dacă conexiunea a fost folosită pentru un obiect de tip `DataReader`, atunci acesta din urmă trebuie să fie și el închis, înaintea închiderii conexiunii. Dacă nu se face acest apel atunci conexiunea nu va putea fi închisă.

8.5.4 Folosirea comenzilor parametrizate

Există posibilitatea de a rula cod SQL parametrizat – interogări sau proceduri stocate. Orice furnizor de date .NET permite crearea obiectelor parametru care pot fi adăugate la o colecție de parametri ai comenzii. Valoarea acestor parametri se specifică fie prin numele lor (cazul `SqlParameter`), fie prin poziția lor (cazul `OleDbParameter`).

Exemplu: vom aduce din tabela `Customers` toate înregistrările care au în câmpul `Country` valoarea “USA”.

```

using(SqlConnection con = new SqlConnection(
    ConfigurationManager.ConnectionStrings["constring"]
        .ConnectionString))
{
    SqlCommand cmd = new
        SqlCommand(@"SELECT CustomerID, CompanyName,
            ContactName, ContactTitle FROM Customers
            WHERE Country=@country", con);
    SqlParameter param = new SqlParameter("@country", //1

```

```

        SqlDbType.VarChar, 30); //2
//valoarea 30 de mai sus arata cate caractere sunt prevazute
//pentru parametrul SQL
//specificarea e utila cand se folosesc proceduri stocate
    param.Value = "USA"; //3
    cmd.Parameters.Add( param ); //4
    con.Open();
    SqlDataReader reader = cmd.ExecuteReader();
    while(reader.Read())
    {
        Console.WriteLine("{0} - {1}",
            reader.GetString(0), reader.GetString(1));
    }
    reader.Close();
} //se disponibilizeaza automat obiectul de conexiune
//adica se inchide conexiunea la serverul de baze de date

```

Pentru parametrul creat s-a setat tipul lui (ca fiind tip șir de caractere SQL) și valoarea. De reținut faptul că numele parametrului se prefixează cu caracterul “@” în cazul lucrului cu SQL Server.

Liniile comentate cu //1...//4 pot fi scrise mai succint astfel:

```
cmd.Parameters.AddWithValue( "@country", "USA" );
```

caz în care se inferează tipul parametrului SQL din valoarea asociată (“USA”, în cazul nostru). În exemplul cu metoda Add() s-a specificat explicit tipul SQL al parametrului și numărul de caractere (ambele trebuie să fie în acord cu declararea parametrului SQL din cazul procedurii stocate în baza de date, dacă e cazul); altfel spus, varianta cu Add() elimină orice ambiguitate.

În cazul în care un parametru este de ieșire, acest lucru trebuie spus explicit folosind proprietatea *Direction* a parametrului respectiv:

```

using(SqlConnection con = new SqlConnection(
    ConfigurationManager.ConnectionStrings["constring"]
        .ConnectionString))
{
    SqlCommand cmd = new SqlCommand(
        @"SELECT @count = COUNT(*) FROM Customers
        WHERE Country = @country",
        con);
    SqlParameter param = new SqlParameter("@country",
        SqlDbType.VarChar);

```

```
param.Value = "USA";
cmd.Parameters.Add( param );
cmd.Parameters.Add(new SqlParameter("@count", SqlDbType.Int));
cmd.Parameters["@count"].Direction = ParameterDirection.Output;
con.Open();
SqlDataReader reader = cmd.ExecuteReader();
while(reader.Read())
{
    Console.WriteLine("{0} - {1}",
        reader.GetString(0),
        reader.GetString(1));
}
reader.Close();
Console.WriteLine("{0} - {1}", "Count",
    cmd.Parameters["@count"].Value.ToString());
} //se inchide automat conexiunea
```

Remarcăm următoarele:

- este posibil ca într-o comandă să se execute mai multe interogări SQL; în exemplul anterior, însă, folosirea unui parametru de ieșire nu este dependentă de această facilitare;
- pentru parametrul de ieșire numit `@count` trebuie făcută declarație de direcție; implicit un parametru este de intrare;
- parametrii de ieșire sunt accesibili doar după închiderea obiectului de tip `DataReader`.

8.6 Obiecte DataReader

Un obiect de tip `DataReader` este folosit pentru a citi date dintr-o sursă de date. Caracteristicile unei asemenea clase sunt:

1. implementează interfața `IDataReader`
2. se lucrează conectat la sursa de date - pe toată perioada cât este accesat un obiect `DataReader` necesită conexiune activă
3. este read-only; dacă se dorește modificarea datelor se poate folosi un `DataSet` + `DataAdapter` sau comenzi `INSERT`, `DELETE` sau `UPDATE` trimise prin obiect de tip `Command`;

4. este forward-only - metoda de modificare a poziției curente este doar în direcția înainte; orice reîntoarcere necesită reluarea citirii.

Avantajele utilizării acestui tip de obiecte sunt: accesul conectat, performanțele bune, consumul mic de resurse și tipizarea puternică.

8.6.1 Proprietăți

1. `IsClosed` - proprietate read-only, returnează `true` dacă obiectul este deschis, `false` altfel;
2. `HasRows` - proprietate booleană read-only care spune dacă readerul conține cel puțin o înregistrare;
3. `Item` - proprietate care dă acces la câmpurile unei înregistrări; în C# se poate folosi și indexator cu numele câmpului;
4. `FieldCount` - dă numărul de câmpuri din înregistrarea curentă.

8.6.2 Metode

1. `Close()` - închide obiectul de citire și eliberează resursele client. Este obligatoriu apelul acestei metode înaintea închiderii conexiunii;
2. `GetBoolean()`, `GetByte()`, `GetChar()`, `GetDateTime()`, `GetDecimal()`, `GetDouble()`, `GetFloat()`, `GetInt16()`, `GetInt32()`, `GetInt64()`, `GetValue()`, `GetString()` returnează valorile câmpurilor din înregistrarea curentă. Preiau ca parametru indicele coloanei a cărei valoare se cere. `GetValue()` returnează un obiect de tip `Object`, pentru celelalte tipul returnat este descris de numele metodelor;
3. `GetBytes()`, `GetChars()` - returnează numărul de octeți / caractere citați dintr-un câmp ce stochează o structură de dimensiuni mari; primește ca parametri indicele de coloană (`int`), poziția din acea coloană de unde se va începe citirea, vectorul în care se face citirea, poziția în buffer de la care se depun datele citite, numărul de octeți/caractere ce urmează a fi citați;
4. `GetDataTypeName()` - returnează tipul coloanei specificat prin indice;
5. `GetName()` - returnează numele coloanei specificate prin index întreg;
6. `IsDBNull(int index)` - returnează `true` dacă în câmpul specificat prin `index` este o valoare de `NULL` în baza de date;

7. `NextResult()` - determină trecerea la următorul rezultat (set de înregistrări aferent unei alte comenzi `select`, a se vedea secțiunea 8.6.4), dacă aceasta există; în acest caz returnează `true`, altfel `false` (este posibil ca într-un `DataReader` să vină mai multe rezultate, provenind din interogări diferite);
8. `Read()` - determină trecerea la următoarea înregistrare, dacă aceasta există; în acest caz ea returnează `true`. Metoda trebuie chemată cel puțin o dată, deoarece inițial poziția curentă este înaintea primei înregistrări.

8.6.3 Crearea și utilizarea unui obiect `DataReader`

Nu se poate crea un obiect de tip `DataReader` prin apel de constructor, ci prin intermediul unui obiect de tip `Command`, folosind apelul `ExecuteReader()` (a se vedea secțiunea 8.3.2). Pentru comanda respectivă se specifică instrucțiunea care determină returnarea setului de date precum și obiectul de conexiune. Conexiunea trebuie să fie deschisă înaintea apelului `ExecuteReader()`. Trecerea la următoarea înregistrare se face folosind metoda `Read()`. După ce se închide obiectul `DataReader` este necesară și închiderea explicită a conexiunii (acest lucru nu mai e mandatoriu doar dacă la apelul metodei `ExecuteReader` s-a specificat `CommandBehavior.CloseConnection`). Dacă se încearcă re folosirea conexiunii fără ca readerul să fi fost închis se va arunca o excepție `InvalidOperationException`.

Exemplu:

```
using(SqlConnection conn = new SqlConnection (
    ConfigurationManager.ConnectionStrings["constring"]
        .ConnectionString))
{
    SqlCommand selectCommand = new SqlCommand(@"SELECT OrderID,
    OrderDate, Freight, ShipAddress from Orders", conn);
    conn.Open ();
    OleDbDataReader reader = selectCommand.ExecuteReader ( );
    while ( reader.Read ( ) )
    {
        object id = reader["OrderID"];
        object date = reader["OrderDate"];
        object freight = reader["Freight"];
        Console.WriteLine ( "{0}\t{1}\t\t{2}", id, date, freight );
    }
}
```

```

    reader.Close ();
}

```

Este posibil ca un obiect de tip `DataReader` să aducă datele prin apelul unei proceduri stocate (de fapt invocarea acestei proceduri este făcută de către obiectul de tip `Command`).

Următoarele observații trebuie luate în considerare atunci când se lucrează cu un obiect `DataReader`:

- Metoda `Read()` trebuie să fie întotdeauna apelată înaintea oricărui acces la date; poziția curentă la deschidere este înaintea primei înregistrări.
- Întotdeauna trebuie apelată metoda `Close()` sau `Dispose()` pe un `DataReader` înainte de închiderea conexiunii; apoi, se va cere de programator închiderea conexiunii asociate cât mai repede posibil; dacă se uită închiderea obiectului `DataReader`, conexiunea nu poate fi reutilizată.
- Procesarea datelor citite e indicat să se facă după închiderea conexiunii; în felul acesta conexiunea se lasă disponibilă cât mai devreme pentru a putea fi reutilizată.

8.6.4 Utilizarea de seturi de date multiple

Este permis ca într-un `DataReader` să se aducă mai multe seturi de date. Acest lucru ar micșora numărul de apeluri pentru deschiderea de conexiuni la sursa de date. Obiectul care permite acest lucru este chiar cel de tip `Command`:

```

string select = "select CategoryId, CategoryName, Description
from Categories;
select CustomerId, CompanyName, City from customers";
SqlCommand command = new SqlCommand ( select, conn );
conn.Open ();
SqlDataReader reader = command.ExecuteReader ();

```

Trecerea de la un set de date la altul se face cu metoda `NextResult()` a obiectului de tip `Reader`:

```

do
{
    while ( reader.Read () )
    {
        Console.WriteLine ( "{0}\t\t{1}", reader[0], reader[1] );
    }
}while ( reader.NextResult () );

```

8.6.5 Accesarea datelor într-o manieră sigură din punct de vedere a tipului

Să considerăm următoarea secvență de cod:

```
while ( reader.Read () )
{
    object id = reader["OrderID"];
    object date = reader["OrderDate"];
    object freight = reader["Freight"];
    Console.WriteLine ( "{0}\t{1}\t\t{2}", id, date, freight );
}
```

După cum se observă, este posibil ca valorile câmpurilor dintr-o înregistrare să fie accesate prin intermediul numelui coloanei (sau a indicelui ei, pornind de la 0). Dezavantajul acestei metode este că tipul datelor returnate este pierdut (fiind returnate obiecte de tip `Object`), trebuind făcută un down-casting pentru a putea utiliza din plin facilitățile tipului respectiv. Pentru ca acest lucru să nu se întâmple se pot folosi metodele `GetSomeType` care returnează un tip specific de date:

```
while ( reader.Read () )
{
    int id = reader.GetInt32 ( 0 );
    DateTime date = reader.GetDateTime ( 3 );
    decimal freight = reader.GetDecimal ( 7 );
    Console.WriteLine ( "{0}\t{1}\t\t{2}", id, date, freight );
}
```

Avantajul secvenței anterioare este că dacă se încearcă aducerea valorii unui câmp pentru care tipul nu este dat corect se aruncă o excepție `InvalidCastException`; altfel spus, accesul la date se face sigur din punct de vedere al tipului datelor.

Pentru a evita folosirea unor “constante magice” ca indici de coloană (precum mai sus: 0, 3, 7), se poate folosi următoarea strategie: indicii se obțin folosind apel de metodă `GetOrdinal` la care se specifică numele coloanei dorite:

```
private int orderID;
private int orderDate;
private int freight;
...
orderID = reader.GetOrdinal("OrderID");
orderDate = reader.GetOrdinal("OrderDate");
```



```
freight = reader.GetOrdinal("Freight");  
...  
reader.GetDecimal ( freight );  
...
```

Capitolul 9

ADO.NET (II)

9.1 Obiecte DataAdapter

La fel ca și `Connection`, `Command`, `DataReader`, clasa `DataAdapter` face parte din furnizorul de date .NET specific fiecărui tip de sursă de date. Scopul clasei este să permită umplerea unui obiect `DataSet` cu date și reflectarea schimbărilor efectuate asupra acestuia înapoi în baza de date (`DataSet` permite lucrul deconectat de la baza de date).

Orice clasă de tipul `DataAdapter` (de ex `SqlDataAdapter` și `OleDbDataAdapter`) este derivată din clasa abstractă `DbDataAdapter`. Pentru orice obiect de acest tip trebuie specificată minim comanda de tip `SELECT` care să populeze un obiect de tip `DataSet`; acest lucru este stabilit prin intermediul proprietății `SelectCommand` de tip `Command` (`SqlCommand`, `OleDbCommand`, ...). În cazul în care se dorește și modificarea informațiilor din sursa de date (inserare, modificare, ștergere) trebuie specificate obiecte de tip comandă via proprietățile: `InsertCommand`, `UpdateCommand`, `DeleteCommand`.

Exemplu: mai jos se preiau înregistrările din 2 tabele: `Authors` și `TitleAuthor` și se trec într-un obiect de tip `DataSet` pentru a fi procesate ulterior.

```
using System;
using System.Data;
using System.Data.SqlClient;
using System.Configuration;

class DemoDataSource
{
    static void Main()
    {
        SqlConnection conn = new SqlConnection(
```

```
        ConfigurationManager.ConnectionStrings["constring"]
            .ConnectionString);
DataSet ds = new DataSet();
SqlDataAdapter daAuthors = new SqlDataAdapter(@"SELECT au_id,
    au_fname, au_lname FROM authors order by au_fname",conn);
daAuthors.Fill(ds,"Author");

SqlDataAdapter daTitleAuthor = new SqlDataAdapter(@"SELECT
    au_id, title_id FROM titleauthor order by au_id", conn);
daTitleAuthor.Fill(ds,"TitleAuthor");
    }
}
```

Prezentăm mai jos cele mai importante componente ale unei clase de tip `DataAdapter`.

9.1.1 Metode

1. **Constructori** — de la cel implicit (fără parametri) până la cei în care se specifică o comandă de tip `SELECT` și conexiunea la sursa de date. Pentru un obiect de tip `SqlDataAdapter` se poate crea o instanță în următoarele moduri:

```
SqlDataAdapter da = new SqlDataAdapter();
```

sau:

```
SqlCommand cmd = new SqlCommand(@"SELECT id, firstname,
    lastname FROM Employees order by firstname");
SqlDataAdapter da = new SqlDataAdapter(cmd);
```

sau:

```
String strCmd = @"SELECT id, firstname, lastname
    FROM Employees order by firstname";
String strConn = "...";
SqlDataAdapter da = new SqlDataAdapter(strCmd, strConn);
```

2. **Fill()** – metodă polimorfică, permițând umplerea unei tabele dintr-un obiect de tip `DataSet` cu date. Permite specificarea obiectului `DataSet`

în care se depun datele, eventual a numelui tabelii din acest `DataSet`, numărul de înregistrare cu care să se înceapă popularea (prima având indicele 0) și numărul de înregistrări care urmează a fi aduse. Returnează de fiecare dată numărul de înregistrări care au fost aduse din bază. La apelarea lui `Fill()` se procedează astfel:

- (a) Se deschide conexiunea, dacă ea nu a fost explicit deschisă de programator;
- (b) Se aduc datele și se populează un obiect de tip `DataTable` din `DataSet`
- (c) Se închide conexiunea, dacă ea nu a fost explicit deschisă, a se vedea punctul (a)

De remarcat că un `DataAdapter` își poate deschide și închide singur conexiunea, dar dacă aceasta a fost deschisă de programator înaintea metodei `Fill()` atunci programatorul trebuie să o închidă explicit.

3. `Update()` – metodă polimorfică, permițând reflectarea modificărilor efectuate într-un `DataSet`. Pentru a funcționa are nevoie de obiecte de tip comandă adecvate: proprietățile `InsertCommand`, `DeleteCommand` și `UpdateCommand` trebuie să indice către comenzi valide. Se returnează de fiecare dată numărul de înregistrări afectate.

9.1.2 Proprietăți

1. `DeleteCommand`, `InsertCommand`, `SelectCommand`, `UpdateCommand` – de tip `Command`, conțin comenzile ce se execută pentru selectarea sau modificarea datelor în sursa de date. Măcar proprietatea `SelectCommand` trebuie să indice către un obiect valid, pentru a se putea face popularea setului de date.
2. `MissingSchemaAction` – de tip enumerare `MissingSchemaAction`, determină ce se face atunci când datele care sunt aduse nu se potrivesc peste schema tabelii din obiectul `DataSet` în care sunt depuse. Poate avea următoarele valori:
 - `MissingSchemaAction.Add` - implicit, `DataAdapter` adaugă coloanele la schema tabelii
 - `MissingSchemaAction.AddWithKey` - ca mai sus, dar adaugă și metadata relativ la cine este cheia primară

- `MissingSchemaAction.Ignore` - se ignoră nepotrivirea dintre coloanele aduse din baza de date și cele existente în obiectul `DataSet`, ceea ce duce la proiectarea pe acele coloane care există deja în `DataSet`
- `MissingSchemaAction.Error` - se generează o excepție de tipul `InvalidOperationException`.

9.2 Clasa DataSet

Clasa `DataSet` nu face parte din biblioteca unui furnizor de date ADO.NET, dar face parte din .NET Framework. Ea poate să conțină reprezentări tabulare ale datelor din bază precum și diferite restricții și relații existente între tabele. Marele ei avantaj este faptul că permite lucrul deconectat de la sursa de date, eliminând necesitatea unei conexiuni permanent deschise la baza de date precum la `DataReader`. În felul acesta, un server de aplicații sau un client oarecare pot apela la serverul de baze de date (prin deschidere de conexiune) doar când preiau datele sau când doresc salvarea modificărilor. Funcționează în strânsă legătură cu clasa `DataAdapter` care acționează ca o punte între un `DataSet` și sursa de date. Remarcabil este faptul că un `DataSet` face abstracție de sursa de date, procesarea datelor desfășurându-se independent de natura furnizorului de date – acesta fiind motivul neincluzării clasei `DataSet` în furnizorul de date.

Figura 9.1 conține o vedere parțială asupra clasei `DataSet`.

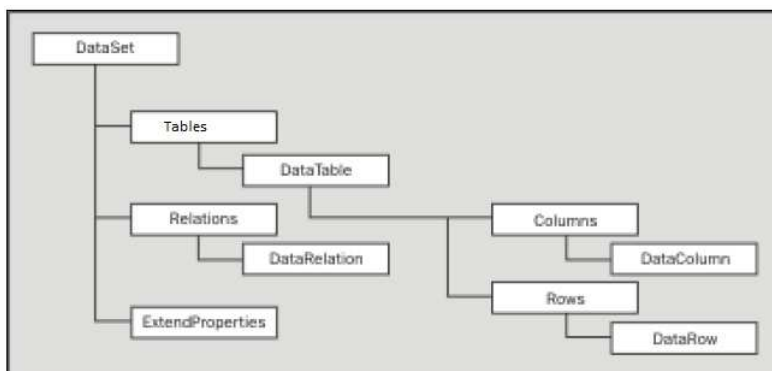


Figura 9.1: Structura unui DataSet

9.2.1 Conținut

Prezentăm succint conținutul unui `DataSet`:

1. Colecția **Tables** conține 0 sau mai multe obiecte **DataTable**. Fiecare **DataTable** este compusă dintr-o colecție de linii și coloane.
2. Colecția **Relations** conține 0 sau mai multe obiecte de tip **DataRelation**, folosite pentru marcarea legăturilor părinte-copil între tabele.
3. Colecția **ExtendedProperties** conține proprietăți definite de utilizator.

9.2.2 Clasa **DataTable**

Datele sunt conținute într-un **DataSet** sub forma unor tabele de tip **DataTable**. Aceste obiecte pot fi folosite atât independent, cât și în interiorul unui **DataSet** ca elemente ale colecției **Tables**. Un **DataTable** conține o colecție **Columns** de coloane, **Rows** de linii și **Constraints** de constrângeri.

DataColumn

Un obiect **DataColumn** definește numele și tipul unei coloane care face parte din sau se adaugă unui obiect **DataTable**. Un obiect de acest tip se obține prin apel de constructor.

Exemplu:

```
DataColumn myColumn = new DataColumn("Name", typeof(String));
```

după care coloana nou creată se adaugă la obiect tabel din **DataSet** cu:

```
myTable.Columns.Add(myColumn);
```

Definirea unei coloane ca fiind cu capacitate de autoincrementare (în vederea stabilirii ei ca și cheie pe o tabelă) se face astfel:

```
DataColumn idColumn = new DataColumn("ID",  
    Type.GetType("System.Int32"));  
idColumn.AutoIncrement = true;  
idColumn.AutoIncrementSeed = 1;  
idColumn.AutoIncrementStep = 1;  
idColumn.ReadOnly = true;
```

DataRow

Un obiect de tip **DataRow** reprezintă o linie dintr-un obiect **DataTable**. Orice obiect **DataTable** conține o proprietate **Rows** ce dă acces la colecția de obiecte **DataRow** conținută. Pentru crearea unei linii se poate apela metoda **NewRow()** pentru o tabelă a cărei schemă (colecție de coloane și tipul lor) se

cunoaște. Mai jos este dată secvența de cod care creează o linie nouă pentru o tabelă și o adaugă acesteia:

```
DataRow tempRow;  
tempRow = myTable.NewRow();  
tempRow["Name"] = "Book";  
tempRow["CategoryID"] = 1;  
myTable.Rows.Add(tempRow);
```

Constrângeri

Constrângerile sunt folosite pentru a descrie anumite restricții aplicate asupra valorilor din coloanele unei tabele. În ADO.NET există două tipuri de constrângeri: de unicitate și de cheie străină. Toate obiectele de constrângere se află în colecția **Constraints** a unei tabele. Clasele C# pentru reprezentarea constrângerilor sunt cuprinse în spațiul de nume **System.Data**:

- **UniqueConstraint** - precizează că într-o anumită coloană valorile sunt unice. Încercarea de a seta valori duplicate pe o coloană pentru care s-a precizat constrângerea duce la aruncarea unei excepții. Este necesară o asemenea coloană în clipa în care se folosește metoda **Find** pentru proprietatea **Rows**: în acest caz trebuie să se specifice o coloană pe care avem unicitate a valorilor.
- **ForeignKeyConstraint** - specifică acțiunea care se va efectua atunci când se șterge o înregistrare sau se modifică valoarea dintr-o anumită coloană. De exemplu, se poate decide că dacă se șterge o înregistrare dintr-o tabelă atunci să se șteargă și înregistrările copil (dependente) din alte tabele. Valorile care se pot seta pentru o asemenea constrângere se specifică în proprietățile **DeleteRule** și **UpdateRule**:
 - **Rule.Cascade** - acțiunea implicită, șterge sau modifică înregistrările afectate
 - **Rule.SetNull** - se setează valoare de **null** pentru înregistrările afectate
 - **Rule.SetDefault** - se setează valoarea implicită definită în bază pentru câmpul respectiv
 - **Rule.None** - nu se execută nimic

Exemplu:

```

ForeignKeyConstraint custOrderFK=new ForeignKeyConstraint
    ("CustOrderFK",custDS.Tables["CustTable"].Columns["CustomerID"],
    custDS.Tables["OrdersTable"].Columns["CustomerID"]);
custOrderFK.DeleteRule = Rule.None;
//Nu se poate sterge un client care are comenzi facute
custDS.Tables["OrdersTable"].Constraints.Add(custOrderFK);

```

Mai sus s-a declarat o relație de tip cheie străină între două tabele ("CustTable" și "OrdersTable", care fac parte dintr-un același DataSet). Restricția se adaugă la tabela copil OrdersTable.

Stabilirea cheii primare

O cheie primară se definește ca un tablou unidimensional de coloane care se atribuie proprietății PrimaryKey a unei tabele (obiect DataTable).

```

DataColumn[] pk = new DataColumn[1];
pk[0] = myTable.Columns["ID"];
myTable.PrimaryKey = pk;

```

Proprietatea Rows a clasei DataTable permite căutarea unei anumite linii din colecția de linii conținută dacă se specifică un obiect sau un tablou de obiecte folosit pe post de cheie:

```

object key = 17;//cheia dupa care se face cautarea
DataRow line = myTable.Rows.Find(key);
if ( line != null )
    //proceseaza inregistrarea

```

9.2.3 Relații între tabele

Proprietatea Relations a unui obiect de tip DataSet conține o colecție de obiecte de tip DataRelation folosite pentru a figura relațiile de tip părinte-copil între două tabele. Aceste relații se precizează în esență ca niste perechi de tablouri de coloane sau chiar coloane simple din cele două tabele care se relaționează, de exemplu sub forma:

```

myDataSet.Relations.Add(DataColumn, DataColumn);
//sau
myDataSet.Relations.Add(DataColumn[], DataColumn[]);
concret:
myDataSet.Relations.Add(
    myDataSet.Tables["Customers"].Columns["CustomerID"],
    myDataSet.Tables["Orders"].Columns["CustomerID"]);

```


9.2.4 Popularea unui DataSet

Deși un obiect `DataSet` se poate popula prin crearea dinamică a obiectelor `DataTable`, cazul cel mai des întâlnit este acela în care se populează prin intermediul unui obiect `DataAdapter`. Odată creat un asemenea obiect (care conține cel puțin o comandă de tip `SELECT`¹) se poate apela metoda `Fill()` care primește ca parametru `DataSet`-ul care se umple și opțional numele tabelului care va conține datele:

```
//defineste comanda de selectare din baza de date
String mySqlStmt=@"SELECT id, name FROM Customers
order by name";
String myConnectionString = ConfigurationManager.ConnectionStrings["constring"]
    .ConnectionString;
//Construiește obiectul de conexiune + obiectul de comanda SELECT
SqlConnection myConnection = new SqlConnection(myConnectionString);
SqlCommand myCommand = new SqlCommand(mySqlStmt, myConnection);
//Construiește obiectul DataAdapter
SqlDataAdapter myDataAdapter = new SqlDataAdapter();
//setează proprietatea SelectCommand pentru DataAdapter
myDataAdapter.SelectCommand = myCommand;
//construiește obiectul DataSet și îl umple cu date
DataSet myDataSet = new DataSet();
myDataAdapter.Fill(myDataSet, "Customers");
```

Datele aduse mai sus sunt depuse într-un obiect de tip `DataTable` din interiorul lui `DataSet`, numit "Customers". Accesul la acest tabel se face prin construcția

```
myDataSet.Tables["Customers"]
```

sau folosind indici întregi (prima tabelă are indicele 0). Același `DataSet` se poate popula în continuare cu alte tabele pe baza aceluiași sau a altor obiecte `DataAdapter`.

9.2.5 Clasa DataTableReader

Începând cu versiunea 2.0 a lui ADO.NET s-a introdus clasa `DataTableReader` care permite manipularea unui obiect de tip `DataTable` ca și cum ar fi un `DataReader`: într-o manieră `forward-only` și `read-only`. Crearea unui obiect de tip `DataTableReader` se face prin:

¹Sau procedură stocată care returnează înregistrări.

```
DataTableReader dtReader = dt.CreateDataReader();
```

iar folosirea lui:

```
while (dtReader.Read())
{
    for (int i = 0; i < dtReader.FieldCount; i++)
    {
        Console.Write("{0} = {1} ",
            dtReader.GetName(i),
            dtReader.GetValue(i).ToString().Trim());
    }
    Console.WriteLine();
}
dtReader.Close();
```

9.2.6 Propagarea modificărilor către baza de date

Pentru a propaga modificările efectuate asupra conținutului tabelor dintr-un `DataSet` către baza de date este nevoie să se definească adecvat obiecte comandă de tip `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE`. Pentru cazuri simple se poate folosi clasa `CommandBuilder` care va construi singură aceste comenzi.

Clasa `CommandBuilder`

Un obiect de tip `CommandBuilder` (ce provine din furnizorul de date) va analiza comanda `SELECT` care a adus datele în `DataSet` și va construi cele 3 comenzi de update în funcție de aceasta. E nevoie să se satisfacă 2 condiții atunci când se utilizează de un astfel de obiect:

1. Trebuie specificată o comandă de tip `SELECT` care să aducă datele dintr-o singură tabelă;
2. Trebuie specificată cel puțin cheia primară sau o coloană cu constrângere de unicitate în comanda `SELECT`.

Pentru cea de a doua condiție se poate proceda în felul următor: în comanda `SELECT` se specifică și aducerea câmpului/câmpurilor cheie, iar pentru obiectul `DataAdapter` care face aducerea din bază se setează proprietatea `MissingSchemaAction` pe valoarea `MissingSchemaAction.AddWithKey` (implicit este (doar) `Add`).

Fiecare linie modificată din colecția `Rows` a unei tabele din obiectul `DataSet` va avea modificată valoarea proprietății `RowState` astfel: `DataRowState.Added`

pentru o linie nouă adăugată, `DataRowState.Deleted` dacă e ștearsă și respectiv `DataRowState.Modified` dacă a fost modificată. Apelul de update pe un obiect `DataAdapter` va apela comanda necesară pentru fiecare linie care a fost modificată, în funcție de starea ei.

Arătăm mai jos modul de utilizare a clasei `SqlCommandBuilder` pentru adăugarea, modificarea, ștergerea de înregistrări pentru o tabelă din baza de date.

```
SqlConnection conn = new SqlConnection(
    ConfigurationManager.ConnectionStrings["constring"]
        .ConnectionString);
da = new SqlDataAdapter(@"SELECT id, name, address FROM
    customers order by name",conn);
da.MissingSchemaAction = MissingSchemaAction.AddWithKey;
da.Fill(ds);

SqlCommandBuilder cb = new SqlCommandBuilder(da);
//determina liniile care au fost schimbate
DataSet dsChanges = ds.GetChanges();
if (dsChanges != null)
{
    // modifica baza de date
    da.Update(dsChanges);
    //accepta schimbarile din dataset
    ds.AcceptChanges();
}
```

În clipa în care se creează obiectul `SqlCommandBuilder` automat se vor completa proprietățile `InsertCommand`, `DeleteCommand`, `UpdateCommand` ale `DataAdapter`-ului. Se determină apoi liniile care au fost modificate (prin interogarea stării lor) și se obține un nou `DataSet` care le va conține doar pe acestea. Comanda de `Update` se dă doar pentru acest set de modificări.

Update folosind comenzi SQL

Atunci când interogările de aducere a datelor sunt mai complexe (de exemplu datele sunt aduse din mai multe tabele, printr-o joncțiune) se pot specifica propriile comenzi SQL prin intermediul proprietăților `InsertCommand`, `DeleteCommand` `UpdateCommand` ale obiectului `DataAdapter`. Pentru fiecare linie dintr-o tabelă care este modificată/adăugată/ștearsă se va apela comanda SQL corespunzătoare. Aceste comenzi pot fi fraze SQL parametrizate sau pot denumi proceduri stocate din baza de date.

Să presupunem că s-a definit un `DataAdapter` legat la o bază de date. Instrucțiunea de selecție este

```
SELECT CompanyName, Address, Country, CustomerID
FROM Customers order by CompanyName
```

unde `CustomerID` este cheia primară. Pentru inserarea unei noi înregistrări se poate scrie codul de mai jos:

```
//da=obiect DataAdapter
da.InsertCommand.CommandText = @"INSERT INTO Customers (
    CompanyName, Address, Country) VALUES
    (@CompanyName, @Address, @Country);
    SELECT CompanyName, Address, Country, CustomerID FROM
    Customers WHERE (CustomerID = scope_identity());";
```

Update-ul efectiv se face prin prima instrucțiune de tip `Update`. Valorile pentru acești parametri se vor da la runtime, de exemplu prin alegerea lor dintr-un tabel. Valoarea pentru cheia `CustomerID` nu s-a specificat, deoarece (în acest caz) ea este calificată ca `Identity` (SGBD-ul este cel care face managementul valorilor acestor câmpuri, nu programatorul). `scope_identity()` este o funcție predefinită ce returnează id-ul noii înregistrări adăugate în tabelă. Ultima instrucțiune va duce la reactualizarea obiectului `DataSet`, pentru ca acesta să conțină modificarea efectuată (de exemplu ar putea aduce valorile implicite puse pe anumite coloane).

Pentru modificarea conținutului unei linii se poate declara instrucțiunea de `UPDATE` astfel:

```
da.UpdateCommand.CommandText = @"UPDATE Customers SET CompanyName
    = @CompanyName, Address = @Address, Country = @Country
    WHERE (CustomerID = @ID);";
```

9.3 Tranzacții în ADO.NET

O tranzacție este un set de operații care se efectuează fie în întregime, fie deloc. Să presupunem că se dorește trecerea unei anumite sume de bani dintr-un cont în altul. Operația presupune 2 pași:

1. scade suma din primul cont
2. adaugă suma la al doilea cont

Este inadmisibil (deși posibil) ca primul pas să reușească iar al doilea să eșueze. Tranzacțiile satisfac niște proprietăți strânse sub acronimul `ACID`:

- **atomicitate** - toate operațiile din tranzacție ar trebui să aibă succes sau să eșueze împreună
- **consistență** - tranzacția duce baza de date dintr-o stare stabilă în alta
- **izolare** - nici o tranzacție nu ar trebui să afecteze o alta care rulează în același timp
- **durabilitate** - schimbările care apar în tipul tranzacției sunt permanent stocate pe un mediu.

Sunt trei comenzi care se folosesc în context de tranzacții:

- **BEGIN** - înainte de executarea unei comenzi SQL sub o tranzacție, aceasta trebuie să fie inițializată
- **COMMIT** - se spune că o tranzacție este terminată când toate schimbările cerute sunt trecute în baza de date
- **ROLLBACK** - dacă o parte a tranzacției eșuează, atunci toate operațiile efectuate de la începutul tranzacției vor fi ignorate

Schema de lucru cu tranzacțiile sub ADO.NET este:

1. deschide conexiunea la baza de date
2. începe tranzacția
3. execută comenzi pentru tranzacție
4. dacă tranzacția se poate efectua (nu sunt excepții sau anumite condiții sunt îndeplinite), efectuează **COMMIT**, altfel (excepții sau valori de retur incorecte) efectuează **ROLLBACK**
5. închide conexiunea la baza de date.

Sub ADO.NET acest lucru se face astfel:

```
SqlConnection myConnection = new SqlConnection(myConnString);

//textele comenzilor SQL se presupun a fi scrise complet
SqlCommand myCommand1 = new SqlCommand("insert into...", myConnection);
SqlCommand myCommand2 = new SqlCommand("delete from...", myConnection);

myConnection.Open();
SqlTransaction myTrans = myConnection.BeginTransaction();
```

```
//Trebuie asignat obiectul de tranzactie
//celor doua comenzi care sunt in aceeasi tranzactie
myCommand1.Transaction = myTrans;
myCommand2.Transaction = myTrans;

try
{
    myCommand1.ExecuteNonQuery();
    myCommand2.ExecuteNonQuery();
    myTrans.Commit();
    Console.WriteLine("Ambele inregistrari au fost scrise.");
}
catch
{
    myTrans.Rollback();
}
finally
{
    myConnection.Close();
}
```

Ațiunea de ROLLBACK se poate executa și în alte situații, de exemplu comanda efectuată depășește stocul disponibil sau alte reguli de logică a aplicației.

9.4 Lucrul generic cu furnizori de date

În cele expuse până acum, s-a lucrat cu un furnizor de date specific pentru SQL Server. În general e de dorit să se scrie cod care să funcționeze fără modificări majore pentru orice furnizor de date; mai exact, am prefera să nu fie nevoie de rescrierea sau recompilarea codului. Începând cu versiunea 2.0 a lui ADO.NET se poate face acest lucru ușor, prin intermediul unei clase **DbProviderFactory** (în esență combinație de **Abstract factory** și **Factory method**, două șabloane de design de tip creațional).

Mecanismul se bazează pe faptul că avem următoarele clase de bază pentru tipurile folosite într-un furnizor de date:

- **DbCommand**: clasă abstractă, bază pentru clasele **Command**
- **DbConnection**: clasă abstractă, bază pentru clasele **Connection**
- **DbDataAdapter**: clasă abstractă, bază pentru clasele **DataAdapter**

- `DbDataReader`: clasă abstractă, bază pentru clasele `DataReader`
- `DbParameter`: clasă abstractă, bază pentru clasele `Parameter`
- `DbTransaction`: clasă abstractă, bază pentru clasele `Transaction`

Crearea de obiecte specifice (de exemplu obiect `SqlCommand` sau `MySqlCommand`) se face folosind clase derivate din `DbProviderFactory`; o schiță a acestei clase este:

```
public abstract class DbProviderFactory
{
    ...
    public virtual DbCommand CreateCommand(){return null;}
    public virtual DbCommandBuilder CreateCommandBuilder(){return null;}
    public virtual DbConnection CreateConnection(){return null;}
    public virtual DbConnectionStringBuilder CreateConnectionStringBuilder()
        {return null;}
    public virtual DbDataAdapter CreateDataAdapter(){return null;}
    public virtual DbDataSourceEnumerator CreateDataSourceEnumerator()
        {return null;}
    public virtual DbParameter CreateParameter(){return null;}
    ...
}
```

Tot ceea ce trebuie făcut este să se obțină o clasă concretă derivată din `DbProviderFactory` și care la apeluri de tip `Create...` să returneze obiecte concrete, adecvate pentru lucrul cu sursa de date. Concret:

```
static void Main(string[] args)
{
    // Obtine un producator pentru SqlServer
    DbProviderFactory sqlFactory =
        DbProviderFactories.GetFactory("System.Data.SqlClient");
    ...
    // Obtine un producator pentru Oracle
    DbProviderFactory oracleFactory =
        DbProviderFactories.GetFactory("System.Data.OracleClient");
    ...
}
```

Preferăm să evităm codificarea numelui furnizorului de date în cod (precum mai sus) și sugerăm specificarea lui în fișier de configurare. Aceste șiruri de

caractere exemplificate mai sus sunt definite în fișierul `machine.config` din directorul unde s-a făcut instalarea de .NET (de exemplu, `%windir%\Microsoft.Net\Framework\v4.0.30319\config`).

Exemplu: fișierul de configurare este:

```
<configuration>
  <appSettings>
    <!-- Provider -->
    <add key="provider" value="System.Data.SqlClient" />
  </appSettings>
  <connectionStrings>
    <add name="cnStr" connectionString=
      "Data Source=localhost;uid=sa;pwd=1q2w3e;Initial Catalog=Pubs"/>
  </connectionStrings>
</configuration>
```

Codul C#:

```
static void Main(string[] args)
{
  string dp = ConfigurationManager.AppSettings["provider"];
  string cnStr = ConfigurationManager.ConnectionStrings["constring"]
    .ConnectionString;

  DbProviderFactory df = DbProviderFactories.GetFactory(dp);
  DbConnection cn = df.CreateConnection();
  cn.ConnectionString = cnStr;
  try
  {
    DbCommand cmd = df.CreateCommand();
    cmd.Connection = cn;
    cmd.CommandText = @"Select id, au_fname, au_lname From Authors
order by id";

    cn.Open();

    DbDataReader dr = cmd.ExecuteReader(CommandBehavior.CloseConnection);

    while (dr.Read())
      Console.WriteLine("-> {0}, {1}", dr["au_lname"], dr["au_fname"]);
    dr.Close();
  }
}
```



```
finally
{
    cn.Close();
}
```

9.5 Tipuri nulabile

Pentru tipurile valoare este mandatorie stabilirea unei valori; o variabilă de tip valoare nu poate să rețină `null`. Altfel spus, codul următor va genera câte o eroare de compilare pentru fiecare linie ce conține atribuire:

```
static void Main(string[] args)
{
    bool myBool = null;
    int myInt = null;
}
```

În contextul lucrului cu baze de date este posibil ca rezultatul unei interogări să aducă `null` pentru un anumit câmp. Pentru a rezolva această incompatibilitate (tipuri cu valoare nenulă în C# care trebuie să poată lucra cu `null`-urile provenite din bază), s-au introdus tipurile nulabile. Acesta reprezintă un mecanism de extindere a tipurilor valoare astfel încât să suporte și valoarea de nul.

De exemplu, pentru a putea declara o variabilă de tip `int` care să poată avea și valoare nulă se va scrie:

```
int? intNulabil = null;
intNulabil=3;
intNulabil=null;
```

Construcția `tip?` este un alias pentru `Nullable<tip>`, unde `Nullable` este o structură generică:

```
public struct Nullable<T> where T : struct, new()
```

E logic să nu putem defini ca nulabile tipurile referință, deoarece acestea suportă deja valoare de `null`:

```
//eroare de compilare
string? s = null;
```

Lucrul cu tipurile nulabile se face exact ca și cu tipurile referință:

```

class DatabaseReader
{
    //campuri nulabile
    public int? numericValue;
    public bool? boolValue = true;

    public int? GetIntFromDatabase()
    { return numericValue; }

    public bool? GetBoolFromDatabase()
    { return boolValue; }
}

```

În contextul tipurilor ce suportă valori de nul (referințe sau tipuri nulabile) s-a introdus operatorul ?? care permite asignarea unei valori pentru o variabilă ce poate lua valoare de nul dacă valoarea returnată este nulă:

```

static void Main(string[] args)
{
    DatabaseReader dr = new DatabaseReader();

    int? myData = dr.GetIntFromDatabase() ?? 100;
    Console.WriteLine("Value of myData: {0}", myData);
}

```

Exemplu de utilizare cu tipuri referință:

```

String option1 = ...;
String option2 = ...;
String option3 = ...;
String choice = option1 ?? option2 ?? option3 ?? "default option";

```

Determinarea faptului că o variabilă de tip nulabil are valoare sau conține null se face folosind proprietatea `HasValue`, iar recuperarea valorii nenule se face cu proprietatea `Value`:

```

int? x = 3;
if (x.HasValue)
{
    int trueValue = x.Value;
}

```

Capitolul 10

LINQ (I)

10.1 Elemente specifice C# 3.0

Secțiunea conține o prezentare a elementelor introduse de versiunea 3.0 a limbajului C#.

10.1.1 Proprietăți implementate automat

Considerăm clasa:

```
class MyClass
{
    private int myField;

    public int MyField
    {
        get
        {
            return myField;
        }
        set
        {
            myField = value;
        }
    }
}
```

Deseori se pune problema scrierii unor câmpuri private, pentru care accesarea se face prin intermediul proprietăților. Este contraindicat să se expună

câmpurile ca fiind publice, deoarece se sparge încapsularea și nu se poate face databinding la câmpuri publice. Dacă un câmp se expune ca fiind public și un cod client începe să îl acceseze, este imposibil ca ulterior să se impună cod de validare pentru accesul la el.

Deoarece codul de tipul celui scris mai sus apare foarte des, s-a pus problema simplificării lui. În C# 3.0 se scrie echivalent:

```
class MyClass
{
    public int MyField
    {
        get;
        set;
    }
}
```

Se folosește aici mecanismul de implementare automată a unei proprietăți care acționează asupra unui câmp privat autodeclarat; această proprietate returnează sau accesează direct câmpul asociat.

Particularitățile sunt următoarele:

1. nu se declară câmpul privat; acesta este creat automat de compilator, pe baza proprietății auto-implementate;
2. nu se scriu implementări pentru `get` și `set`; corpul lor este caracterul “;”. `get` accesează câmpul autodeclarat, `set` setează valoarea câmpului cu ce se află în dreapta semnului egal;
3. nu se poate accesa câmpul autodeclarat altfel decât prin intermediul proprietății; el este de fapt anonim;
4. proprietatea nu poate fi read-only sau write-only, ci doar read-write. O excepție minoră de la această regulă a fost introdusă mai târziu pentru proprietățile read-only cu valoare inițială, se vedea secțiunea [13.15](#).

Dacă ulterior se decide implementarea unui accesori de către programator, atunci și celălalt trebuie implementat, iar câmpul privat trebuie declarat în mod explicit. Important este însă că se scrie un minim de cod pentru a genera un contract: câmp privat accesat prin proprietate.

10.1.2 Inițializatori de obiecte

Să considerăm clasa:

```
class Person
{
    public string FirstName
    {
        get;
        set;
    }

    public string LastName
    {
        get;
        set;
    }

    public int Age
    {
        get;
        set;
    }
}
```

Se poate scrie următoarea secvență de cod care inițializează o persoană cu datele cuvenite:

```
Person p = new Person();
p.FirstName = "Rafael";
p.Age = 25;
p.LastName = "Popescu";
```

În C# 3.0 se poate scrie mai succint:

```
Person p = new Person { FirstName = "Rafael",
    Age = 25, LastName = "Popescu" };
```

cu același rezultat^{1,2}. Într-un astfel de caz se face mai întâi apelarea constructorului implicit (indiferent de cine anume îl implementează – compilatorul sau programatorul) și apoi se face accesarea proprietăților, în ordinea scrisă la

¹Se mai poate folosi: `Person p = new Person(){FirstName="Rafael", Age=25, LastName="Popescu" };`. Remarcăm parantezele rotunde după numele clasei folosite de operatorul `new`.

²Cele două secvențe din text nu sunt totuși echivalente, așa cum se arată în <http://community.bartdesmet.net/blogs/bart/archive/2007/11/22/c-3-0-object-initializers-revisited.aspx>

inițializator. Membrii pentru care se face inițializare trebuie să fie publici; în particular, ei pot fi și câmpuri, dar acest lucru nu este încurajat de principiul încapsulării. Putem avea inclusiv proprietăți auto-implementate (secțiunea 10.1.1).

Dacă se scrie un constructor care preia un parametru dar nu și unul care să fie implicit, de exemplu:

```
public Person(String firstName)
{
    FirstName = firstName;
}
```

atunci se poate încă folosi mecanismul de inițializare:

```
Person r = new Person("Rafael") {LastName="Popescu", Age = 25 };
```

Exemplul se poate dezvolta prin construirea unor obiecte mai complexe:

```
Person p = new Person{
    FirstName = "Rafael",
    LastName = "Popescu",
    Age=25,
    Address = new Address{
        City = "Brasov",
        Country = "Romania",
        Street = "Iuliu Maniu"
    }
};
```

Am presupus mai sus că avem definiție corespunzătoare a clasei **Address** și a proprietății cu același nume.

10.1.3 Inițializatori de colecții

Se dă secvența de cod:

```
List<String> list = new List<String>();
list.Add("a");
list.Add("b");
list.Add("c");
```

În C# 3.0 ea este echivalentă cu:

```
List<String> list = new List<String>(){ "a", "b", "c" };
```

ceea ce aduce aminte de o trăsătură similară de la inițializarea tablourilor; mai exact codul de mai jos:

```
String[] x = new String[3];
x[0] = "a";
x[1] = "b";
x[2] = "c";
```

este încă din prima versiune de C# echivalentă cu:

```
String[] x = new String[]{"a", "b", "c"};
```

Inițializarea colecțiilor vine să ofere același mecanism ca și în cazul tablourilor.

Exemplul poate fi completat cu popularea unei colecții de obiecte compuse:

```
List<Person> persons = new List<Person>(){
    new Person{FirstName = "Rafael", LastName="Popescu", Age=25},
    new Person{FirstName = "Ioana", LastName="Ionescu", Age=23}
};
```

10.1.4 Inferența tipului

Considerăm metoda:

```
void f()
{
    int x = 3;
    MyClass y = new MyClass();
    bool z = true;
    ....
}
```

Pentru fiecare din declarațiile cu inițializare de mai sus se poate spune că valoarea asociată dă suficientă informație despre tipul de date corespunzător variabilelor. Tocmai din acest motiv începând C# 3.0 se poate scrie astfel:

```
void f()
{
    var x = 3;
    var y = new MyClass();
    var z = true;
    ....
}
```

`var` nu reprezintă un nou tip de date, ci arată că la compilare se poate deduce tipul actual al variabilelor locale respective. Ca atare, `var` este de fapt o scurtătură, prin care se obține ceea ce s-a scris prima oară. Dacă după declarare și inițializare se scrie:

```
x = false;
```

compilatorul semnalează eroare, deoarece s-a făcut deja inferarea tipului de dată pentru `x`, și anume `int`, iar `false` nu este compatibil cu `int`. Limbajul rămâne deci puternic tipizat, fiecare variabilă având un tip asignat.

Folosirea acestui nou cuvânt cheie se supune condițiilor:

- se poate folosi doar pentru variabile locale
- se poate folosi doar atunci când compilatorul poate să infereze tipul de dată asociat variabilei; acest lucru se întâmplă conform situațiilor de mai sus, sau pentru o iterare de forma:

```
int[] sir = {1, 2, 3};  
foreach(var i in sir)//i e int  
{  
    ...  
}
```

- odată ce compilatorul determină tipul de dată, acesta nu mai poate fi schimbat.

Mecanismul nu reprezintă la prima vedere un mare pas, dar este cu adevărat util atunci când se lucrează cu alte mecanisme din C# 3.0: tipuri anonime și programarea bazată pe LINQ.

10.1.5 Tipuri anonime

Acest mecanism permite declararea unor variabile de un tip care nu este definit aprioric. Se omite declararea numelui de clasă și a componentei acesteia. Exemplu:

```
var p = new {FirstName="Rafael", Age=25};
```

Pentru proprietățile care sunt pomenite în expresia de inițializare se face deducerea tipului în mod automat (pe baza aceluiași mecanism de la variabile anonime). Proprietățile sunt publice și read-only.

10.1.6 Metode parțiale

Metodele parțiale sunt metodele care sunt declarate în mai multe părți ale unei clase. Clasa conținătoare poate să fie sau nu parțială. Cele două părți sunt una în care se definește metoda parțială (cu tip de retur și parametri, dar fără corp) și alta în care se implementează (cu corp complet).

Exemplu:

```
//fisierul MyClass1.cs
partial class MyClass
{
    //declaratie de metoda
    partial void f(int x);
}

//fisierul MyClass2.cs
partial class MyClass
{
    //implementare de metoda
    partial void f(int x)
    {
        Console.WriteLine(x.ToString());
    }
}
```

Compilatorul va pune la un loc cele două declarații de metode parțiale și va rezulta o metodă “întreagă”. Regulile care trebuie respectate pentru crearea de metode parțiale sunt:

1. metoda pentru care se folosește implementare parțială trebuie să returneze `void`;
2. parametrii nu pot fi transmiși prin `out`;
3. metoda nu poate avea specificatori de acces; ea este privată
4. metoda trebuie să fie declarată atât la definire cât și la implementare ca fiind parțială.

Adăugăm că o astfel de metodă parțială poate să apară într-o structură sau într-o clasă (declarate ca parțiale). Nu este obligatoriu ca ambele declarații să apară în părți diferite ale clasei. Dacă o implementare de metodă parțială lipsește, atunci orice apel la ea este ignorat.

Metodele parțiale sunt utile atunci cand anumiți pași dintr-un flux de lucru sunt opționali (validări, transformări de date etc.). În aceste cazuri, deși apelurile de metode parțiale sunt menționate în cod, ele se vor ignora dacă nu există implementări asociate.

10.1.7 Metode de extensie

Metodele de extensie permit scrierea de metode asociate cu clase, alte clase decât cele în care sunt definite.

Să considerăm o clasă, în cazul căreia fiecare obiect menține un șir de numere. O posibilă definiție ar fi:

```
class Numbers
{
    private int[] numbers;

    public Numbers(int[] numbers)
    {
        this.numbers = new int[numbers.Length];
        numbers.CopyTo(this.numbers, 0);
    }

    public int NumbersCount
    {
        get
        {
            return numbers.Length;
        }
    }

    public int Sum()
    {
        int result = 0;
        foreach (int x in numbers)
        {
            result += x;
        }
        return result;
    }
}
```

Ne propunem să adăugăm o metodă la această clasă, care să returneze media

elementelor șirului. Să presupunem că nu avem acces la sursa codului C#, pentru a adăuga metoda dorită și a recompila codul. Singura modalitate de a extinde clasa `LotOfNumbers` este ca să se scrie o metodă de extensie:

```
static class ExtendsLotOfNumbers
{
    public static double Average(this Numbers data)
    {
        return (double)data.Sum() / data.NumbersCount;
    }
}
```

Utilizarea metodei de extensie se face cu:

```
class Program
{
    static void Main()
    {
        Numbers numbers = new Numbers(
            new int[]{1, 2, 3});
        Console.WriteLine(numbers.Average().ToString());
    }
}
```

Am reușit astfel să “strecurăm” o metodă în interiorul unei clase al cărei cod sursă nu este accesibil. Putem utiliza acest mecanism dacă:

1. clasa în care se face implementarea metodei de extensie este statică;
2. metoda care implementează extensia este statică; de fapt, acest lucru este impus de caracterul static al clasei; metoda poate să fie și publică sau nu;
3. metoda de extensie are primul parametru de tipul clasei pentru care se face extinderea, iar tipul parametrului formal este prefixat cu `this`.

Este posibil ca o metodă de extensie să aibă mai mult de un parametru. Parametrii care apar după cel prefixat cu `this` sunt folosiți de către metoda de extensie pentru îndeplinirea sarcinii dorite.

10.2 Generalități

Language Integrated Query (LINQ, pronunțat precum “link”) permite interogarea unor colecții de date folosind o sintaxă integrată în platforma .NET.

Prin intermediul unor operatori se pot interoga colecții de forma: tablouri, colecții, clase enumerabile, documente XML, baze de date relaționale. Datele rezultate sunt văzute ca obiecte; are loc o asociere a unor date neobiectuale într-un format ușor de folosit în limbajele obiectuale din cadrul platformei. Trebuie menționat că sintaxa este unitară, independent de natura sursei de date.

Listing 10.1: Interogare LINQ

```
var query = from e in employees
where e.ID == 1
select e.Name;

sau:
```

Listing 10.2: Altă interogare LINQ

```
var products = from product in productsCollection
where product.UnitPrice < 100
select new {
    product.ProductName,
    product.UnitPrice
};

foreach (var item in products)
{
    Console.WriteLine("name: {0}; price {1}",
        item.ProductName, item.UnitPrice);
}
```

Există interfața `IQueryable<T>`, care permite implementarea unor furnizori LINQ în modul specific sursei de date considerate. Expresia folosită pentru interogare este tradusă într-un arbore de expresie. Dacă colecția implementează interfața `IEnumerable<T>`, atunci se folosește motorul de execuție LINQ local, integrat în platformă; dacă colecția implementează `IQueryable<T>`, atunci se folosește implementarea bazată pe arborele de expresie; aceasta este dată de către furnizoare de LINQ. Furnizoarele de LINQ sunt scrise în mod specific fiecărei surse de date, dar datorită respectării unor interfețe specificate, detaliile de implementare sunt irelevante pentru cel care folosește cod LINQ în interogare.

LINQ a fost introdus în versiunea 3.5 a lui .NET Framework. Constă într-un set de unelte care sunt folosite pentru lucrul cu date și extensii aduse limbajului. Este alcătuit din:

- LINQ to Objects – se aduc date din colecții care implementează interfața `IEnumerable<T>`; datele interogate sunt deja în memoria procesului;

- LINQ to XML – convertește documentele XML într-o colecție de obiecte de tip `XElement`;
- LINQ to DataSets – spre deosebire de LINQ to SQL care a venit inițial doar cu suport pentru SQL Server, LINQ to DataSets folosește ADO.NET pentru comunicarea cu baze de date;
- LINQ to Entities – soluție Object/Relational Mapping de la Microsoft ce permite utilizarea de Entities – introduse în ADO.NET 3.0 – pentru a specifica declarativ structura obiectelor ce modelează domeniul și folosește LINQ pentru interogare.

La ora actuală există următorii furnizori de date LINQ:

1. LINQ to MySQL, PostgreSQL, Oracle, Ingres, SQLite;
2. LINQ to CSV
3. LINQ to Google
4. LINQ to NHibernate
5. LINQ to System Search

O listă completă se găsește la <https://blogs.msdn.microsoft.com/charlie/2008/02/28/link-to-everything-a-list-of-linq-providers/>.

Este dezvoltat și PLINQ, Parallel LINQ, un motor ce folosește paralelizarea de cod pentru executare paralelă a interogărilor, în cazul unui sistem multicore sau multiprocesor.

10.3 Motivație

Vom prezenta două motive pentru care LINQ este util:

- codul stufos, neproductiv utilizat pentru accesarea în modul clasic a datelor;
- nepotrivirea paradigmelor obiectual-relaționale.

10.3.1 Codul clasic ADO.NET

Pentru accesarea datelor dintr-o bază de date relațională, folosind ADO.NET se scrie de regulă un cod de forma:

Listing 10.3: Interogare clasică folosind ADO.NET

```
using (SqlConnection connection = new SqlConnection("..."))
{
    SqlCommand command = connection.CreateCommand();
    command.CommandText =
        @"SELECT Name, Address
        FROM Customers
        WHERE City = @City";
    command.Parameters.AddWithValue("@City", "Paris");
    connection.Open();
    using (SqlDataReader reader = command.ExecuteReader())
    {
        while (reader.Read())
        {
            string name = reader.GetString(0);
            string country = reader.GetString(1);
            ...
        }
    }
}
```

Se remarcă următoarele:

- cantitatea de cod scrisă; codul de sus este unul des folosit, scrierea lui în repetate rânduri este contraproductivă;
- interogările sunt exprimate prin intermediul unei fraze scrise între ghilimele, reprezentând o comandă într-un dialect SQL. Nu se poate deci verifica prin compilare C# corectitudinea codului SQL conținut³;
- slaba tipizare a parametrilor: dacă tipul acestora nu coincide cu ce se află în baza de date? dacă numărul de parametri este incorect (asta se semnalează numai la rulare, ca eroare; de preferat ar fi fost să se depisteze acest lucru la compilare);
- de cele mai multe ori trebuie folosit un dialect de SQL specific producătorului serverului de baze de date; codul SQL nu este portabil; totodată: mixarea de limbaje – C# și SQL – face codul greu de urmărit.

³Este însă posibilă utilizarea de proceduri stocate care sunt compilate de server

O expresie LINQ care demonstrează depășirea acestor probleme este:

Listing 10.4: Cod LINQ

```
from customer in customers
where customer.Name.StartsWith("A") &&
    customer.Orders.Count > 10
orderby customer.Name
select new { customer.Name, customer.Orders }
```

10.3.2 Nepotrivirea de paradigme

Paradigma este o “construcție mentală larg acceptată, care oferă unei comunități sau unei societăți pe perioadă îndelungată o bază pentru crearea unei identități de sine (a activității de cercetare de exemplu) și astfel pentru rezolvarea unor probleme sau sarcini”⁴.

Există o diferență sesizabilă între programarea orientată pe obiecte, utilizată în cadrul limbajelor folosite pentru implementarea aplicațiilor și modul de stocare și reprezentare a datelor: XML sau baze de date relaționale. Traducerea unui graf de obiecte din reprezentarea obiectuală într-o altă reprezentare este greoaie: programatorul trebuie să înțeleagă și particularitățile structurilor de date folosite pentru persistarea lor, pe lângă cunoașterea limbajului în care lucrează.

Problema pe care LINQ o abordează este considerarea următoarelor inegalități:

- “Data != Objects”
- “Relational data != Objects”
- “XML data != Objects”
- “XML data != Relational data”

Toate aceste nepotriviri necesită efort de adaptare din partea programatorului. Modelarea obiectual-relațională este problema cea mai des întâlnită, cu următoarele aspecte:

1. tipurile de date folosite de către modelele relaționale și modelele obiectuale nu sunt aceleași; de exemplu, multitudinea de tipuri șir de caractere folosite în specificarea coloanelor, în timp ce în .NET există doar tipul `String`;

⁴Definiția [Wikipedia](#).

2. modelele relaționale folosesc normalizarea (pentru eliminarea redundanței și a anomaliilor de inserare, ștergere, modificare), în timp ce modelarea obiectuală nu trebuie să treacă prin așa ceva; în schimb, modelarea obiectuală folosește agregarea sau moștenirea, mecanisme care nu își au un echivalent direct în modelarea relațională;
3. modele de programare diferite: pentru SQL se folosește un limbaj declarativ care specifică *ce* se dorește de la colecția de date, în timp ce limbajele de programare folosite sunt de regulă imperative – arată *cum* se face prelucrarea datelor;
4. încapsulare – ascunderea detaliilor și legarea laolaltă a datelor cu metodele care prelucrează datele;

Toate aceste probleme se manifestă începând cu determinarea corespondențelor între obiecte și datele persistate. Aceeași problemă apare dacă ne referim la XML, care favorizează un model ierarhic, semistructurat. Programatorul trebuie să scrie mereu un cod care să faciliteze legarea acestor universuri diferite. LINQ vine cu o propunere de rezolvare.

10.4 LINQ to Objects: exemplificare

LINQ to Objects este folosit pentru interogarea datelor care se află deja în memorie. Un prim exemplu este:

```
using System;
using System.Linq;
static class HelloLINQ
{
    static void Main()
    {
        string[] words =
        { "hello", "wonderful", "linq", "beautiful", "world" };
        var longWords =
            from word in words
            where word.Length >= 5
            select word;
        foreach (var word in longWords)
        {
            Console.WriteLine(word);
        }
    }
}
```



```
}
```

Un exemplu mai complex este:

Listing 10.5: LINQ peste colecție generică, folosind expresie LINQ

```
List<Person> people = new List<Person> {
    new Person() {
        ID = 1,
        IDRole = 1,
        LastName = "Anderson",
        FirstName = "Brad"
    },
    new Person() {
        ID = 2,
        IDRole = 2,
        LastName = "Gray",
        FirstName = "Tom"
    }
};
var query =
    from p in people
    where p.ID == 1
    select new { p.FirstName, p.LastName };
```

Interogarea din final poate fi scrisă și altfel:

Listing 10.6: LINQ peste colecție generică, folosind apeluri de metode

```
var query = people
    .Where(p => p.ID == 1)
    .Select(p => new { p.FirstName, p.LastName } );
```

10.4.1 Expresii lambda

Aceste expresii simplifică scrierea delegaților și a metodelor anonime. Într-un exemplu anterior s-a folosit:

```
Where(p => p.ID == 1)
```

care s-ar citi: “obiectul **p** produce expresia logică **p.ID** egal cu 1”. Am putea rescrie echivalent, astfel:

Listing 10.7: Expresie lambda rescrisă cu delegați

```
Func<Person, bool> filter = delegate(Person p)
```

```

    { return p.ID == 1; };
var query = people
    .Where( filter )
    .Select( p => new { p.FirstName, p.LastName } );

```

Tipul de date *Func* se declară astfel:

```
public delegate TResult Func<in T, out TResult>(T arg)
```

(despre semnificațiile lui *in* și *out* se va discuta în secțiunea 13.6).

10.5 Operatori LINQ

Tabela 10.1: Operatori LINQ.

Operație	Operator	Descriere
Agregare	Aggregate	Aplică o funcție peste o secvență
	Average	Calculează media peste o secvență
	Count/LongCount	Calculează numărul de elemente dintr-o secvență
	Max, Min, Sum	Calculează maximul, minimul, suma elementelor dintr-o secvență
Concatenare	Concat	Concatenează elementele a două secvențe
Conversie	AsEnumerable	Convertește o secvență la un IEnumerable<T>
	AsQueryable	Convertește o secvență la un IQueryable<T>
	Cast	Convertește un element al unei secvențe la un tip specificat
	OfType	Filtrează elementele unei secvențe, returnându-le doar pe cele care au un tip specificat
	ToArray	Transformă în vector
	ToDictionary	Transformă în dicționar
	ToList	Transformă în colecție
	ToLookup	Creează un obiect de tip Lookup<K, T> dintr-o secvență
	ToSequence	Returnează argumentul transformat într-un IEnumerable<T>

Tabelul 10.1 (continuare)

Operație	Operator	Descriere
Obținere de element	<code>DefaultIfEmpty</code>	Dă o valoare implicită dacă secvența este goală
	<code>ElementAt</code>	Returnează elementul de la poziția specificată
	<code>ElementAtOrDefault</code>	Returnează elementul de la poziția specificată sau o valoare implicită, dacă la poziția specificată nu se află nimic
	<code>First, Last</code>	Primul, respectiv ultimul element dintr-o secvență
	<code>FirstOrDefault</code> <code>LastOrDefault</code>	Ca mai sus, dar cu returnare de valoare implicită dacă primul, respectiv ultimul element din colecție nu este disponibil
	<code>Single</code>	Returnează elementul din colecție, presupusă a fi format dintr-un singur element
	<code>SingleOrDefault</code>	Ca mai sus, sau element implicit dacă elementul singular nu este găsit în secvență
Egalitate	<code>SequenceEqual</code>	Verifică dacă două secvențe sunt egale
Generare	<code>Empty</code>	Returnează o secvență goală de tipul specificat
	<code>Range</code>	Generează o secvență de numere aflate între două capete specificate
	<code>Repeat</code>	Generează o secvență prin repetarea de un număr de ori specificat a unei valori precizate
Grupare	<code>GroupBy</code>	Grupează elementele unei secvențe
Joncțiune	<code>GroupJoin</code>	O joncțiune grupată a două secvențe pe baza unor chei care se potrivesc
	<code>Join</code>	Joncțiune interioară a două secvențe
Sortare	<code>OrderBy</code>	Ordonează elementele unei secvențe pe baza unuia sau a mai multor criterii
	<code>OrderByDescending</code>	Ca mai sus, dar cu sortare descrescătoare
	<code>Reverse</code>	Inversează ordinea elementelor dintr-o secvență
	<code>ThenBy,</code>	Pentru specificarea de chei suplimentare

Tabelul 10.1 (continuare)

Operație	Operator	Descriere
	ThenByDescending	de sortare
Partiționare	Skip	Produce elementele unei secvențe care se află după o anumită poziție
	SkipWhile	Sare peste elementele unei secvențe care îndeplinesc o anumită condiție
	Take	Ia primele elemente dintr-o secvență
	TakeWhile	Ia elementele de la începutul unei secvențe, atâta timp cât ele respectă o anumită condiție
Proiecție	Select	definește elementele care se iau în secvență
	SelectMany	Preia elemente dintr-o secvență conținând secvențe
Cuantificatori	All	Verifică dacă toate elementele unei secvențe satisfac o condiție dată
	Any	Verifică dacă vreun elementul al unei secvențe satisface o condiție dată
	Contains	Verifică dacă o secvență conține un element
Restricție	Where	Filtrează o secvență pe baza unei condiții
Mulțime	Distinct	Returnează elementele distincte dintr-o colecție
	Except	Efectuează diferența a două secvențe
	Intersect	Returnează intersecția a două mulțimi
	Union	Produce reuniunea a două secvențe

Capitolul 11

LINQ (II)

11.1 LINQ to Objects

Exemplele de mai jos sunt preluate din [6] și sunt folosite pentru exemplificarea codului ce folosește LINQ. Se pleacă de la clase `Person`, `Role` și `Salary`, definite ca mai jos:

Listing 11.1: Clase pentru exemplificarea LINQ

```
class Person
{
    public int ID
    {
        get;
        set;
    }

    public int IDRole
    {
        get;
        set;
    }

    public string LastName
    {
        get;
        set;
    }

    public string FirstName
```

```
{
    get;
    set;
}
}

class Role
{
    public int ID
    {
        get;
        set;
    }

    public string RoleDescription
    {
        get;
        set;
    }
}

class Salary
{
    public int IDPerson
    {
        get;
        set;
    }

    public int Year
    {
        get;
        set;
    }

    public double SalaryYear
    {
        get;
        set;
    }
}
```

11.1.1 Filtrarea cu Where

Pentru operatorul **Where** s-au definit două metode de extensie:

```
public static IEnumerable<T> Where<T>(  
    this IEnumerable<T> source, Func<T, bool> predicate);  
  
public static IEnumerable<T> Where<T>(  
    this IEnumerable<T> source, Func<T, int, bool> predicate);
```

Prima formă folosește un predicat (condiție) care pentru un obiect de tipul **T** returnează un boolean, iar în al doilea caz se folosește la condiție obiectul împreună cu indicele său în secvență.

Să presupunem că avem o colecție de obiecte de tip **Person** construită astfel:

```
List<Person> people = new List<Person> {  
    new Person {  
        ID = 1,  
        IDRole = 1,  
        LastName = "Anderson",  
        FirstName = "Brad"  
    },  
    new Person {  
        ID = 2,  
        IDRole = 2,  
        LastName = "Gray",  
        FirstName = "Tom"  
    },  
    new Person {  
        ID = 3,  
        IDRole = 2,  
        LastName = "Grant",  
        FirstName = "Mary"  
    },  
    new Person {  
        ID = 4,  
        IDRole = 3,  
        LastName = "Cops",  
        FirstName = "Gary"  
    }  
};
```

Obținerea obiectelor de tip `Person` care au prenumele “Brad” se face cu expresia *LINQ*:

```
var query = from p in people
             where p.FirstName == "Brad"
             select p;
```

Elementele care sunt aduse de către interogarea anterioară pot fi iterate cu:

```
foreach (Person x in query)
{
    Console.WriteLine("{0}, {1}", x.FirstName, x.LastName);
}
```

Pentru expresia de interogare de mai sus se poate scrie echivalent:

```
var query = people.Where(p => p.FirstName == "Brad");
```

folosind *metode de extensie*.

Dacă se dorește folosirea în cadrul condiției de filtrare a poziției elementului curent în lista `people`, se poate scrie:

```
var query = people.Where((p, index) => p.IDRole == 1
    && index % 2 == 0);
```

și utilizarea metodei de extensie este singura posibilitate de a referi indicele de poziție.

11.1.2 Operatorul de proiecție

Pentru a determina ce conține fiecare element care compune o secvență, se folosește operatorul `Select`, definit de metodele de extensie:

```
public static IEnumerable<S> Select<T, S>(
    this IEnumerable<T> source, Func<T, S> selector);

public static IEnumerable<S> Select<T, S>(
    this IEnumerable<T> source, Func<T, int, S> selector);
```

Selectarea se poate face cu:

```
var query = from p in people
             select p.FirstName;
```

sau:

```
var query = people.Select(p => p.FirstName);
```

Se poate de asemenea ca la fiecare element selectat să se producă un obiect de un tip nou, chiar de tip anonim:


```
var query = people
    .Select(
        (p,index) => new {
            Position=index,
            p.FirstName,
            p.LastName
        }
    );
```

11.1.3 Operatorul let

Let permite evaluarea unei expresii și atribuirea rezultatului către o variabilă care poate fi utilizată în cadrul interogării ce o conține.

```
static void Main(string[] args)
{
    // code from DevCurry.com
    var arr = new[] { 5, 3, 4, 2, 6, 7 };
    var sq = from num in arr
              let square = num * num
              where square > 10
              select new { num, square };

    foreach (var a in sq)
        Console.WriteLine(a);

    Console.ReadLine();
}
```

Rezultat:

```
{ num = 5, square = 25 }
{ num = 4, square = 16 }
{ num = 6, square = 36 }
{ num = 7, square = 49 }
```

Nu există o metodă corespunzătoare lui **let**; cel mai frecvent se optează pentru crearea unui tip anonim care să conțină ca proprietate valoarea calculată și mai departe să se folosească tipul anonim:

```
static void Main(string[] args)
{
    // code from DevCurry.com
```

```

int arr = { 5, 3, 4, 2, 6, 7 };
var sq = array.Select(item => new
    {
        Number = item,
        Square = item * item
    }
)
.Where(x => x.Square > 10);

foreach (var a in sq)
    Console.WriteLine(a);

Console.ReadLine();
}

```

11.1.4 Operații de ordonare

Sunt folosiți operatorii: `OrderBy`, `OrderByDescending`, `ThenBy`, `ThenByDescending` și `Reverse`.

Operatorii `OrderBy` și `OrderByDescending` produc sortarea crescătoare, respectiv descrescătoare a unor secvențe, pe baza unei chei de sortare. Exemplu:

```

var q = from m in typeof(int).GetMethods()
        orderby m.Name
        select new { Name = m.Name };

```

Folosind metode se poate scrie:

```

q = typeof(int).
    GetMethods().
    OrderBy(method => method.Name).
    Select(method => new { Name = method.Name });

```

Pentru sortarea descrescătoare expresia LINQ este:

```

var q = from m in typeof(int).GetMethods()
        orderby m.Name descending
        select new { Name = m.Name };

```

sau prin operatori LINQ:

```

q = typeof(int).
    GetMethods().
    OrderByDescending(method => method.Name).

```

```
Select (method => new { Name = method.Name } );
```

Dacă se dorește specificarea mai multor chei după care să se facă sortarea în ordine lexicografică, atunci se poate specifica prin **ThenBy** și **ThenByDescending** – apelate ca metode – care sunt criteriile suplimentare de sortare. Dacă se folosește expresie LINQ, atunci se poate scrie mai simplu:

```
var query = from p in people
             orderby p.FirstName, p.LastName
             select p;
```

Exprimarea echivalentă cu operatori LINQ este:

```
var query = people.OrderBy(p => p.FirstName)
                  .ThenBy(p => p.LastName);
```

Inversarea ordinii elementelor dintr-o secvență se face cu **Reverse**, apelată ca metodă:

```
var q = (from m in typeof(int).GetMethods()
          select new { Name = m.Name } ).Reverse();
```

sau:

```
var q = typeof(int)
        .GetMethods()
        .Select(method => new { Name = method.Name })
        .Reverse();
```

11.1.5 Paginare

Se folosesc pentru extragerea unei anumite părți dintr-o secvență. Operatorii sunt: **Take**, **Skip**, **TakeWhile**, **SkipWhile**.

```
//int[] numbers = {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9};
int[] numbers = Enumerable.Range(1, 9).ToArray();
var query = numbers.Take(5); //secventa 1, 2, 3, 4, 5
var query2 = numbers.Skip(5); //secventa 6, 7, 8, 9

var query3 = numbers.TakeWhile((n, index) => n + index < 4);
//produce: 1, 2

var query4 = numbers.SkipWhile((n, index) => n + index < 4);
//produce: 3, 4, ..., 9
```

11.1.6 Concatenarea

Se face cu `Concat`, care preia două secvențe și produce o a treia, reprezentând concatenarea lor, fără eliminarea duplicatelor:

```
int[] x = { 1, 2, 3 };
int[] y = { 3, 4, 5 };
var concat = x.Concat(y); // concat = 1, 2, 3, 3, 4, 5
```

11.1.7 Referirea de elemente din secvențe

Se pot folosi: `First`, `FirstOrDefault`, `Last`, `LastOrDefault`, `Single`, `SingleOrDefault`, `ElementAt`, `ElementAtOrDefault` și `DefaultIfEmpty`.

Pentru `First` și `FirstOrDefault` există forme:

```
public static T First<T>(
    this IEnumerable<T> source);

public static T First<T>(
    this IEnumerable<T> source,
    Func<T, bool> predicate);

public static T FirstOrDefault<T>(
    this IEnumerable<T> source);

public static T FirstOrDefault<T>(
    this IEnumerable<T> source,
    Func<T, bool> predicate);
```

Dacă nu se specifică predicatul, atunci se va returna primul element din secvență; altfel se returnează primul element din secvență care satisface condiția exprimată prin predicat.

```
int[] numbers = {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9};
var query = numbers.First(); // query = 1
query = numbers.First(n => n % 2 == 0); // query = 2
```

Varianta cu `OrDefault` este utilă dacă se crede că predicatul poate să nu fie satisfăcut de niciun element al secvenței, sau secvența e goală (pentru varianta apelului fără predicat). Se returnează valoarea implicită pentru tipul de date considerat (`null` pentru tipuri referință, `0` pentru tipuri numerice, `enum` și `char`, `false` pentru boolean, rezultat de apel de constructor implicit pentru tip structură). Dacă se folosește varianta fără `OrDefault`, se va arunca

o excepție în cazul în care niciun element al colecției nu respectă condiția (sau dacă colecția e goală, indiferent dacă se utilizează sau nu filtrare).

11.1.8 Operatorul SelectMany

Are metodele de extensie:

```
public static IEnumerable<S> SelectMany<T, S>(
    this IEnumerable<T> source ,
    Func<T, IEnumerable<S>> selector );
```

```
public static IEnumerable<S> SelectMany<T, S>(
    this IEnumerable<T> source ,
    Func<T, int , IEnumerable<S>> selector );
```

Prin `SelectMany` se iterează peste o colecție X care conține ca elemente colecții $X_1, X_2 \dots$ și se creează o lista conținând toate elementele din X_1 urmate de cele din X_2 etc.

Exemplu: pentru numerele de la 100 la 200 dorim să aflăm lista tuturor divizorilor lor (chiar cu duplicate). Asta înseamnă că dorim să obținem lista divizorilor lui 100 (*i.e.* 1, 2, 4, 5, 10, 20, 25, 50, 100) urmată de lista divizorilor lui 101 (1, 101) etc., finalizând cu lista divizorilor lui 200. Pentru a afla divizorii unui întreg vom folosi o metodă de extensie pentru tipul `int`:

```
static class MyExtensionMethods
{
    //naive code
    public static IEnumerable<int> Divisors(this int n)
    {
        //for (int i = 1; i <= n; i++)
        //{
        //    if (n % i == 0)
        //    {
        //        yield return i;
        //    }
        //}
        //pe scurt:
        return Enumerable.Range(1, n).Where(i => n%i==0);
    }
}
```

iar codul pe care îl încercăm în primă fază este:

```
//incepand cu 100 se considera urmatoarele 101 numere
```

```
var numbers = Enumerable.Range(100, 101);
var list = from n in numbers
           select n.Divisors();
```

Problema cu această abordare este că fiecare element al lui `list` este la rândul lui o colecție de elemente:

```
foreach (var divisorsList in list)
{
    foreach (var y in divisorsList)
    {
        Console.WriteLine("{0}, ", y);
    }
    Console.WriteLine();
}
```

iar noi am vrea să obținem direct o listă de numere și nu o listă de liste de numere. Pentru aceasta, în primă fază rescriem interogarea pentru `list` folosind operatori LINQ:

```
var list = numbers.Select(n => n.Divisors());
```

iar pentru ca din *listă de liste de numere* să obținem direct *listă de numere*, se folosește metoda `SelectMany` în loc de `Select`¹:

```
var list = numbers.SelectMany(n => n.Divisors());
```

iar afișarea numerelor se face iterând peste fiecare număr din lista de numere `list`:

```
foreach (var divisor in list)
{
    Console.WriteLine(divisor.ToString());
}
```

Alt exemplu: să presupunem că specificăm niște obiecte rol:

```
List<Role> roles = new List<Role> {
    new Role { ID = 1, RoleDescription = "Manager" },
    new Role { ID = 2, RoleDescription = "Developer" }
};
```

Dacă dorim rolul persoanelor având id-ul mai mare ca 1, atunci putem scrie:

```
var query = from p in people
            where p.ID > 1
            from r in roles
```

¹A se vedea și excelenta explicație vizuală de la [A Visual Look At The LINQ SelectMany Operator](#).

```

where r.ID == p.IDRole
select new
{
    p.FirstName,
    p.LastName,
    r.RoleDescription
};

```

Echivalent, se poate folosi metoda **SelectMany**:

```

var query = people
    .Where(p => p.ID > 1)
    .SelectMany(p => roles
        .Where(r => r.ID == p.RoleID)
        .Select(r => new {
            p.FirstName,
            p.LastName,
            r.RoleDescription
        })
    );

```

11.1.9 Joncțiuni

Operatorul **Join** poate fi folosit pentru a aduce date din două colecții, date care sunt puse în corespondență pe baza unei egalități de valori. Se bazează pe metoda de extensie:

```

public static IEnumerable<V> Join<T, U, K, V>(
    this IEnumerable<T> outer,
    IEnumerable<U> inner,
    Func<T, K> outerKeySelector,
    Func<U, K> innerKeySelector,
    Func<T, U, V> resultSelector);

```

De exemplu, pentru a aduce lista numelor, prenumelor și a descrierilor de roluri pentru colecțiile **persons** și **roles** putem folosi:

```

var query = from p in people
join r in roles
on p.IDRole equals r.ID
select new {
    p.FirstName,

```

```
p.LastName,
r.RoleDescription
};
```

Folosind operatori (metode) LINQ, se poate scrie:

```
query = people.Join(roles, p => p.IDRole, role => role.ID,
    (p, r) => new {
        p.FirstName,
        p.LastName,
        r.RoleDescription
    }
);
```

În orice caz, sunt aduse doar acele elemente din fiecare colecție care au corespondent în cealaltă colecție. Dacă de exemplu în colecția `people` există un obiect de tip `Person` al cărui ID de rol nu are corespondent în colecția de roluri, atunci nu se va aduce în rezultat acel obiect `person`; similar, rolurile care nu au corespondent în lista de persoane nu vor apărea ca rezultat al joncțiunii. În termeni de limbaj SQL: operatorul de joncțiune din LINQ implementează joncțiunea interioară (`inner join`). Pentru `outer join` a se vedea secțiunea de exerciții.

11.1.10 Grupare

Gruparea datelor se face cu `GroupBy`; se grupează elementele unei secvențe pe baza unui selector.

Exemplu: plecând de la

```
var query = from m in typeof(int).GetMethods()
    select m.Name;
```

Dacă se afișează elementele din colecția `query`, se poate observa că metoda `ToString` este afișată de 4 ori, `Equals` de 2 ori etc. Gruparea acestora după nume se poate face astfel:

```
var q = from m in typeof(int).GetMethods()
    group m by m.Name into gb
    select new {Name = gb.Key};
```

Dacă dorim să afișăm și o valoare agregată la nivel de grup – de exemplu: numărul de elemente din fiecare grup – putem specifica suplimentar în operatorul de selecție:

```
var q = from m in typeof(int).GetMethods()
    group m by m.Name into gb
```



```
select new {Name = gb.Key, Overloads = gb.Count()};
```

Pentru grupare se poate specifica și un comparator (via implementare de interfață `IEqualityComparer`) care să spună care este criteriul de determinare a elementelor egale ce formează un grup.

11.1.11 Agregare

Există operatorii de agregare: `Count`, `LongCount`, `Sum`, `Min`, `Max`, `Average`, `Aggregate`.

Metoda `Count()` returnează un întreg, iar `LongCount()` un long (întreg pe 64 de biți, cu semn) reprezentând numărul de elemente din secvență.

Metoda `Sum` calculează suma unor valori numerice dintr-o secvență. Metodele sunt:

```
public static Numeric Sum(
    this IEnumerable<Numeric> source);
```

```
public static Numeric Sum<T>(
    this IEnumerable<T> source,
    Func<T, Numeric> selector);
```

unde `Numeric` se referă la un tip de date de forma: `int`, `int?`, `long`, `long?`, `double`, `double?`, `decimal`, sau `decimal?`.

Exemplu:

```
int[] numbers = { 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 };
var query = numbers.Sum();
Console.WriteLine(query.ToString());
```

Dacă dorim să determinăm care este suma salariilor anuale primite de către fiecare salariat în parte, atunci putem forma prima oară grupuri bazate pe numele de familie al salariatului (sau și mai bine: după id-ul lui) și apoi se poate face suma salariilor de-a lungul anilor. Presupunem că salariile sunt date astfel:

```
List<Salary> salaries = new List<Salary> {
    new Salary {
        IDPerson = 1,
        Year = 2004,
        SalaryYear = 10000.00 },
    new Salary {
        IDPerson = 1,
        Year = 2005,
```

```

        SalaryYear = 15000.00 } ,
    new Salary {
        IDPerson = 2,
        Year = 2005,
        SalaryYear = 20000.00 }
    };

var query =
    from p in people
    join s in salaries on p.ID equals s.IDPerson
    select new
    {
        p.FirstName ,
        p.LastName ,
        s.SalaryYear
    };

```

Apoi:

```

var querySum = from q in query
    group q by q.LastName into gp
    select new {
        LastName = gp.Key,
        TotalSalary = gp.Sum(q => q.SalaryYear)
    };

```

Operatorii **Min**, **Max**, **Average** trebuie apelați numai pentru o colecție de valori numerice.

Operatorul **Aggregate** permite definirea unei metode care să fie folosită pentru sumarizarea datelor. Declarația metodei este:

```

public static T Aggregate<T>(
    this IEnumerable<T> source ,
    Func<T, T, T> func );

public static U Aggregate<T, U>(
    this IEnumerable<T> source ,
    U seed ,
    Func<U, T, U> func );

```

A doua metodă specifică prin intermediul valorii **seed** care este valoarea de început cu care se pornește agregarea. Dacă nu se specifică nicio valoare pentru **seed**, atunci primul element din colecție este luat drept **seed**.

Pentru înmulțirea valorilor cuprinse într-un tablou se poate proceda astfel:

```
int [] numbers = { 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 };
var query = numbers.Aggregate((a,b) => a * b);
```

Valoarea afișată este $9! = 362880$. Specificarea unei valori pentru **seed** se face (exemplu):

```
int [] numbers = { 9, 3, 5, 4, 2, 6, 7, 1, 8 };
var query = numbers.Aggregate(5, (a,b) =>
    ( (a < b) ? (a * b) : a));
```

Pe măsură ce se iterează peste șirul **numbers** se face acumularea valorii în **seed**.

11.2 Exerciții

1. Să se genereze un vector de întregi cu 40 de elemente, toate cu valoarea -1.

```
//varianta naiva
var myNumbers = new int [40];
for (int i = 0; i < myNumbers.Length; i++)
{
    myNumbers[i] = -1;
}
```

Prin LINQ acest lucru se rezolvă cu mai puțin cod:

```
int [] tablou = Enumerable.Repeat(-1, 40).ToArray();
//e necesar apelul ToArray() din final pentru
//a transforma rezultatul interogarii intr-un tablou
```

2. Să se afișeze elementele unui tablou.

```
//varianta uzuala
foreach(var x in myNumbers)
{
    Console.WriteLine(x.ToString());
}
```

```
//varianta LINQ
Array.ForEach( myNumbers,
    x => Console.WriteLine(x.ToString()) );
```

3. Să se depună într-un tablou numerele de la 1 la 100.

```
//varianta naiva
var myNumbers[] = new int[100];
for(int i=1; i<=100; i++)
{
    myNumbers[i-1] = i;
}

//cu LINQ
var myNumbers = Enumerable.Range(1, 100).ToArray();
```

4. Să se depună într-o listă primele 20 de litere și să se afișeze.

```
var list = Enumerable.Range(0, 20).
    Select(x => (char)('a' + x)).ToList();
list.ForEach(Console.WriteLine);
```

5. Din lista numerelor de la 2 la 1000 să se determine toate numerele care sunt prime; testarea primalității se face prin împărțire².

```
var list = Enumerable.Range(2, 999).
    Where(x => x.IsPrime());
//IsPrime este o metoda de extensie

//extensia pentru testarea primalitatii
static class MyExtensionMethods
{
    public static bool IsPrime(this int x)
    {
        return Enumerable.Range(2, (int)Math.Sqrt(x) - 1).
            FirstOrDefault(d => x % d == 0) == 0;
    }
}
```

6. Din lista de salarii, să se determine care este cel mai mare salariu – ca valoare.

```
var salMax = salaries.Select(s => s.SalaryYear).Max();
```

7. Folosind rezultatul de la punctul precedent, să se determine care sunt salariații care au luat salariul maxim, împreună cu anii în care au luat acea sumă.

²O metodă mai eficientă există, de exemplul Ciurului lui Eratostene.

```

var list = from p in people
            join s in salaries
            on p.ID equals s.IDPerson
            where s.SalaryYear == salMax
            select new { p.FirstName, p.LastName, s.Year };

```

8. Să se determine salariații care au salariul anual maxim, împreună cu anul în care au luat respectivul salariu și rolul pe care îl au.

```

var list = from p in people
            join s in salaries
            on p.ID equals s.IDPerson
            join r in roles
            on p.IDRole equals r.ID
            where s.SalaryYear == salMax
            select new {
                p.FirstName, p.LastName,
                s.Year, r.RoleDescription };

```

9. Dacă pentru unii salariați se cunosc niște numere de telefon (colecție separată), atunci ce fel de joncțiune realizează “join”? Răspuns: joncțiune interioară, adică se doar date care au corespondență pentru valorile specificate lângă **equals**.
10. Să se creeze o joncțiune la stânga între colecția de salariați și telefoane; pentru salariații care nu au număr de telefon să se scrie “niciun număr” respectiv “nicio descriere” la număr și descriere.

```

var x = from p in people
        from ph in
            phones.Where(ph => ph.PersonID == p.ID).
            DefaultIfEmpty()
        select new
        {
            p.FirstName,
            p.LastName,
            Description = ph == null ?
                "nicio descriere" : ph.Description,
            Number = ph == null ?
                "niciun număr" : ph.PhoneNumber
        };

```

Capitolul 12

Atribute și fire de execuție

12.1 Atribute

O aplicație .NET conține cod, date și *metadata*. Metadata este o dată despre assembly (versiune, producator etc.), tipuri de date conținute etc. stocate împreună cu codul compilat.

Atributele sunt folosite pentru a da o extra-informație compilatorului de .NET. Java folosește adnotări în același scop. Folosind atributele, în .NET Framework metadatale pot fi stocate în codul compilat și utilizate la compilare și la rulare.

Unde ar fi utile atributele? Un exemplu de utilizare a lor ar fi urmărirea bug-urilor care există într-un sistem sau urmărirea stadiului proiectului. De asemenea, anumite atribute predefinite sunt utilizate pentru a specifica dacă un tip este sau nu serializabil, care sunt porțiunile de cod scoase din circulație, informații despre versiunea assembly-ului etc.

12.1.1 Generalități

Atributele sunt de două feluri: intrinseci (predefinite) și definite de programator. Cele intrinseci sunt integrate în platforma .NET. Atributele definite de programator sunt create în funcție de dorințele acestuia.

Atributele se pot specifica pentru: assembly-uri, clase, constructori, delegați, enumerări, evenimente, câmpuri, interfețe, metode, module, parametri, proprietăți, indexatori, valori de retur, tipuri structură.

Ținta unui atribut specifică cui anume i se va aplica acel atribut. Tabelul 12.1 conține țintele posibile și o scurtă descriere a lor.

Tabela 12.1: Țintele atributelor.

Țintă	Pentru cine se aplică?
All	Orice element
Assembly	Un assembly
ClassMembers	Orice membru al unei clase
Class	O clasă
Constructor	Un constructor
Delegate	Un delegat
Enum	O enumerare
Event	Un eveniment
Field	Un câmp
Interface	O interfață
Method	O metodă
Module	Un modul
Parameter	Un parametru
Property	O proprietate
ReturnValue	O valoare de retur
Struct	Un tip structură

Aplicarea atributelor se face prin specificarea numelui lor între paranteze drepte; mai multe atribute fie se specifică unul deasupra celuilalt, fie în interiorul acelorași paranteze, despărțite prin virgulă. De exemplu, secvența:

```
[Serializable]
[Browsable(false)]
```

este echivalentă cu:

```
[Serializable, Browsable(false)]
```

În cazul atributelor ce se specifică pentru un assembly, forma lor este (exemplu):

```
[assembly:AssemblyDelaySign(false)]
```

în cazul acestor din urmă atribute, specificarea lor se face după toate declarațiile `using`, dar înaintea începerii scrierii codului propriu-zis. În general, specificarea unui atribut se face prin scrierea lui imediat înaintea elementului asupra căruia se aplică:

```
using System;
[Serializable]
class ClasaSerializabila
{
    ...
}
```

12.1.2 Atribute predefinite

Tabelul 12.2 prezintă câteva dintre ele:

Tabela 12.2: Atribute predefinite

Atribut	Descriere
System.SerializableAttribute [Serializable]	Permite unei clase să fie serializată pe disc sau în rețea
System.NonSerializedAttribute [NonSerialized]	Permite unor membri să nu fie salvați prin serializare
System.Web.Services.WebServiceAttribute [WebService]	Permite specificarea unui nume și a unei descrieri pentru un serviciu Web
System.Web.Services.WebMethodAttribute [WebMethod]	Marchează o metodă ca fiind expusă ca parte a unui serviciu Web
System.AttributeUsageAttribute [AttributeUsage]	Definește parametrii de utilizare pentru atribute
System.ObsoleteAttribute [Obsolete]	Marchează o secvență ca fiind scoasă din uz
System.Reflection.AssemblyVersionAttribute [AssemblyVersion]	Specifică numărul de versiune al unui assembly
System.Attribute.CLSCompliantAttribute [CLSCompliant]	Indică dacă un element de program este compatibil cu CLS
System.Runtime.InteropServices.DllImportAttribute [DllImport]	Specifică fișierul dll care conține implementarea pentru o metodă externă

Între parantezele drepte se arată cum se specifică fiecare atribut.

Exemplul de mai jos folosește atributul `System.ObsoleteAttribute`.

```
using System;

namespace AttributeSample1
{
    class DemoObsolete
```



```

{
    static void Main(string[] args)
    {
        int s1 = AddTwoNumbers(2, 3);
        int s2 = AddNumbers(2, 3);
        int s3 = AddNumbers(2, 3, 4);
    }

    [Obsolete("obsolete: use AddNumbers instead")]
    public static int AddTwoNumbers(int a, int b)
    {
        return a + b;
    }

    public static int AddNumbers(params int[] numbers)
    {
        return numbers.Sum();
    }
}

```

La compilarea codului se generează un avertisment care semnalizează utilizarea unei metode scoase din uz. Mesajul specificat ca parametru al atributului este afișat ca mesaj al avertismentului. Suplimentar, pentru atributul **Obsolete** se poate specifica printr-un al doilea parametru dacă avertismentul este sau nu interpretat ca o eroare: **false** pentru ca la compilare să se genereze avertisment, **true** pentru ca utilizarea să fie tratată ca o eroare.

Exemplul de mai jos demonstrează serializarea și deserializarea unui obiect:

```

using System;
using System.IO;
using System.Runtime.Serialization.Formatters.Binary;
[Serializable]
class Point2D
{
    public int X{get; set;}
    public int Y{get; set;}
}
class MyMainClass
{
    public static void Main()
    {

```

```

Point2D my2DPoint = new Point2D{X = 100, Y=200};
Stream writeStream = File.Create("Point2D.bin");
BinaryFormatter binaryWrite = new BinaryFormatter();
binaryWrite.Serialize(writeStream, my2DPoint);
writeStream.Close();
Point2D aNewPoint = new Point2D();
Console.WriteLine("New Point Before Deserialization: ({0}, {1})",
    aNewPoint.X.ToString(), aNewPoint.Y.ToString());
Stream readStream = File.OpenRead("Point2D.bin");
BinaryFormatter binaryRead = new BinaryFormatter();
aNewPoint = binaryRead.Deserialize(readStream) as Point2D;
readStream.Close();
Console.WriteLine("New Point After Deserialization: ({0}, {1})",
    aNewPoint.X.ToString(), aNewPoint.Y.ToString());
}
}

```

12.1.3 Exemplificarea altor atribute predefinite

Atributul Conditional

Acest atribut se atașează la o metodă pentru care se dorește ca atunci când compilatorul o întâlnește la un apel, dacă un anumit simbol nu e definit atunci nu va fi chemată. Este folosită pentru a omite anumite apeluri de metode (de exemplu cele folosite la etapa de debugging).

Exemplu:

```

using System;
using System.Diagnostics;

namespace CondAttrib
{
    class Thing
    {
        private string name;
        public Thing(string name)
        {
            this.name = name;
            SomeDebugMethod();
            SomeMethod();
        }
        public void SomeMethod()
    }
}

```

```
{ Console.WriteLine("SomeMethod"); }

[Conditional("DEBUG")]
public void SomeDebugMethod()
{ Console.WriteLine("SomeDebugMethod"); }
}

public class MyClass
{
    static void Main(string[] args)
    {
        Thing t = new Thing("T1");
    }
}
}
```

Definirea unui anumit simbol (în cazul nostru `DEBUG`) se poate face în două moduri:

- prin folosirea unei directive de preprocesor de tipul `#define` în fișier `.cs`:

```
#define DEBUG
```

- prin folosirea parametrilor din linia de comandă la apelul de compilator sau prin utilizarea posibilităților mediului integrat de dezvoltare. De exemplu, pentru a se defini un anumit simbolul din Visual Studio se procedează astfel: clic dreapta în Solution Explorer pe numele proiectului, selectare Properties apoi Configuration Properties. Pe linia Conditional Compilation Constants se adaugă simbolul dorit. Acest lucru va avea ca efect folosirea opțiunii `define` a compilatorului de `C#`.

Dacă la compilare simbolul nu este definit atunci compilatorul va ignora apelurile de metode calificate cu atributul `Conditional`. Acest lucru se poate verifica atât urmărind execuția programului, cât și din inspecția codului CIL rezultat la compilare.

Atributul `CLSCompliant`

Acest atribut se aplică pe assembly-uri. Dacă un assembly este marcat ca fiind `CLSCompliant`, orice tip expus public în assembly care nu este compatibil CLS trebuie să fie marcat cu `CLSCompliant(false)`. De exemplu, CLS

prevede faptul că tipurile de date întregi ar trebui să fie cu semn. O clasă poate să conțină membri (câmpuri, metode) de tip unsigned, dar dacă respectiva clasă este declarată ca fiind CLSCompliant atunci acestea ar trebui declarate ca fiind ne-vizibile din afara assembly-ului. Dacă ele sunt expuse în afara assembly-ului, unele limbaje .NET s-ar putea să nu le poată folosi. Pentru a ajuta dezvoltatorii .NET să evite asemenea situații, platforma pune la dispoziție atributul CLSCompliant cu care se controlează răspunsul compilatorului la expunerea entităților ne-compatibile cu CLS; astfel, se va genera o eroare sau se vor ignora asemenea cazuri.

Exemplu:

```
[assembly:CLSCompliant(true)]
namespace DemoCLS
{
    public class ComplianceTest
    {
        //Tipul uint nu este compatibil CLS
        //deoarece acest camp este privat, regulile CLS nu se aplica
        private uint a = 4;

        //deoarece acest camp uint este public, avem
        //incompatibilitate CLS
        public uint B = 5;

        //Acesta este modul corect de expunere a unui uint:
        //tipul long este compatibil CLS
        public long A
        {
            get { return a; }
        }
    }
}
```

Dacă se compilează assembly-ul de mai sus atunci apare o eroare:

```
Type of 'DemoCLS.ComplianceTest.B' is not CLS-compliant
```

Pentru ca această eroare să nu mai apară putem să declarăm B ca fiind invizibil din exteriorul assembly-ului sau să adăugăm înaintea lui B atributul:

```
[CLSCompliant(false)]
```

Meritul acestui atribut este că anunță programatorul despre eventualele neconcordanțe cu Common Language Specifications.

12.1.4 Atribute definite de programator

În general, atributele predefinite acoperă marea majoritate a situațiilor care cer utilizarea de metadate. Eventualitatea ca programatorul să dorească crearea propriilor sale atribute este prevăzută de către platforma .NET, dându-se posibilitatea definirii lor.

Există câteva situații în care e benefică definirea de noi atribute. Exemplul cel mai des întâlnit este acela în care pentru a se menține informații despre un cod la care lucrează mai multe echipe, se definește un atribut care să servească la pasarea de informație relativ la porțiuni din cod. Un alt exemplu este utilizarea unui sistem de urmărire a stadiului de dezvoltare a codului, care ar folosi informația stocată în atribute.

Un atribut definit de programator este o clasă. Se cere a fi derivată din `System.Attribute` fie direct, fie indirect. Sunt câțiva pași care trebuie parcurși pentru realizarea unui atribut: specificarea țintei, derivarea adecvată a clasei atribut, denumirea clasei în conformitate cu anumite reguli (recomandat, dar nu obligatoriu) și definirea clasei.

Pasul 1. Declararea țintei

Primul pas în crearea unui atribut de către programator este specificarea domeniului său de aplicabilitate, adică a elementelor cărora li se poate atașa. Țintele sunt cele din tabelul 12.1, care sunt de fapt valori din enumerarea `AttributeTargets`. Specificarea țintei se face prin intermediul unui (meta)atribut `AttributeUsage`. Pe lângă ținta propriu-zisă, se mai pot specifica valorile proprietăților `Inherited` și `AllowMultiple`.

Proprietatea `Inherited` este de tip boolean și precizează dacă atributul poate fi moștenit de către clasele derivate din cele căreia i se aplică. Valoarea implicită este `true`.

Proprietatea `AllowMultiple` este de asemenea de tip boolean și specifică dacă se pot utiliza mai multe instanțe ale atributului pe un același element. Valoarea implicită este `false`.

Vom defini mai jos ținta atributului pe care îl vom construi ca fiind `assembly-ul`, `clasa`, `metoda`, cu posibilitate de repetare a sa:

```
[AttributeUsage(AttributeTargets.Assembly|AttributeTargets.Class  
                | AttributeTargets.Method, AllowMultiple=true)]
```

Pasul 2. Declararea unei clase atribut

Pentru declararea unei clase atribut, următoarele reguli trebuie să fie avute în vedere:

- (obligatoriu) O clasă atribut trebuie să deriveze direct sau indirect `System.Attribute`
- (obligatoriu) O clasă atribut trebuie să fie declarată ca fiind publică
- (recomandat) Denumirea unui atribut ar trebui să aibă sufixul `Attribute`.

Vom declara clasa atribut `CodeTrackerAttribute`. Acest atribut s-ar putea folosi în cazul în care s-ar dori urmărirea dezvoltării codului în cadrul unui proiect de dimensiuni foarte mari, la care participă mai multe echipe. Acest atribut va fi inclus în codul compilat și distribuit altor echipe (care nu vor avea acces la cod). O alternativă ar fi folosirea documentației XML generate după comentariile din cod.

```
[AttributeUsage(AttributeTargets.Assembly|AttributeTargets.Class
                | AttributeTargets.Method, AllowMultiple=true)]
public class CodeTrackerAttribute : System.Attribute
{
    //cod
}
```

Pasul 3. Declararea constructorilor și a proprietăților

Acest pas constă în definirea efectivă a membrilor clasei. Vom considera că atributul pe care îl creăm va purta trei informații: numele programatorului care a acționat asupra respectivei unități de cod, faza în care se află și note opționale. Primele două atribute sunt mandatorii și vor fi preluate prin constructor, al treilea poate fi setat prin intermediul unei proprietăți.

```
using System;
[AttributeUsage(AttributeTargets.Assembly|AttributeTargets.Class
                | AttributeTargets.Method, AllowMultiple=true)]
public class CodeTrackerAttribute : System.Attribute
{
    private string name;
    private string phase;
    private string notes;

    public CodeTrackerAttribute(string name, string phase)
    {
        this.name = name;
        this.phase = phase;
    }
}
```

```
    public virtual string Name
    {
        get{return name;}
    }

    public virtual string Phase
    {
        get{return phase;}
    }

    public virtual string Notes
    {
        get{return notes;}
        set{notes=value;}
    }
}
```

Pasul 4. Utilizarea atributului

Atributele definite de programator sunt folosite în același mod ca și cele implicite. Codul de mai jos exemplifică acest lucru:

```
[CodeTracker("Lucian Sasu", "Implementing specification",
    Notes = "Quick demo")]
class AttribTest
{
    public AttribTest()
    {
        Console.WriteLine("AttribTest instance");
    }
    [CodeTracker("Lucian Sasu", "May 25th 2011")]
    public void SayHello(String message)
    {
        Console.WriteLine(message);
    }
}
```

O inspecție a codului CIL rezultat arată că aceste atribute s-au salvat în codul compilat. Obținerea acestor atribute și a valorilor lor se poate face prin reflectare (reflection).

12.2 Fire de execuție

Firele de execuție¹ sunt responsabile cu multitasking-ul în interiorul unei aplicații. Tipurile de date responsabile pentru crearea aplicațiilor multifir se găsesc în spațiul de nume `System.Threading`. Vom discuta în cele ce urmează despre managementul thread-urilor și despre sincronizare.

De cele mai multe ori crearea de thread-uri este necesară pentru a da utilizatorului impresia că programul execută mai multe acțiuni simultan, în cadrul unei aplicații. Pentru ca o interfață utilizator să poată fi folosită fără a se aștepta încheierea unei anumite secvențe de instrucțiuni, e nevoie de mai multe fire de execuție (unele pentru procesarea efectivă a informației, altele care să răspundă acțiunilor utilizatorului). Pentru probleme de calcul numeric, exprimarea procesului de calcul se poate face foarte natural sub formă de fire de execuție. De asemenea, strategia de rezolvare “divide et impera” se pretează natural la lucrul cu fire de execuție. În sfârșit, se poate beneficia de sisteme cu procesoare hyperthreading, multiprocesor, multicore sau combinații ale acestora.

12.3 Managementul thread-urilor

12.3.1 Pornirea thread-urilor

Cea mai simplă metodă de a crea un fir de execuție este de a crea o instanță a clasei `Thread`, al cărei constructor preia un singur argument de tip delegat. În BCL este definit tipul delegat `ThreadStart`, care este folosit ca proto-tip pentru orice metodă care se vrea a fi lansată într-un fir de execuție. Declarația de `ThreadStart` este:

```
public delegate void ThreadStart();
```

Crearea unui fir de execuție se face pe baza unei metode care returnează `void` și nu preia niciun parametru:

```
ThreadStart ts = new ThreadStart(myMethod);//se indica metoda  
//care se va rula ca fir de executie  
Thread myThread = new Thread( ts );//se creeaza obiectul  
//fir de executie  
myThread.Start();//se porneste firul de executie
```

Notă: prima linie se poate scrie mai pe scurt:

¹Engl: threads; vom folosi alternativ termenii “thread” și “fir de execuție”.


```
ThreadStart ts = myMethod;
```

Un exemplu simplu este:

```
using System;
using System.Threading;

class SimpleThreadApp
{
    public static void WorkerThreadMethod()
    {
        Console.WriteLine("[WorkerThreadMethod] Worker " +
                           "thread started");
    }

    public static void Main()
    {
        ThreadStart worker = new ThreadStart(WorkerThreadMethod);
        Console.WriteLine("[Main] Creating worker thread");
        Thread t = new Thread(worker);
        t.Start();
        Console.WriteLine( "[Main] The worker thread started");
        Console.ReadLine();
    }
}
```

Până la linia `t.Start()` există un singur thread: cel dat de pornirea metodei `Main`. După `t.Start()` sunt 2 thread-uri: cel anterior și `t`. Primul mesaj din `Main` va fi tipărit înaintea celui din thread-ul `t`; în funcție de cum anume se planifică thread-urile pentru execuție, mesajul de după `t.Start()` poate să apară înainte sau după mesajul tipărit de metoda `WorkerThreadMethod()`. De remarcat că simpla creare a firului de execuție nu determină și pornirea lui: acest lucru se întâmplă după apelul metodei `Start` definită în clasa `Thread`.

Exemplul următor pornește două fire de execuție. Metodele care conțin codul ce se va executa în câte un thread sunt `Increment()` și `Decrement()`:

```
using System;
using System.Threading;
class Tester
{
    static void Main( )
```

```
{
    Tester t = new Tester( );
    t.DoTest( );
}
public void DoTest( )
{
    // creeaza un thread pentru Incrementer
    Thread t1 = new Thread( new ThreadStart(Incrementer) );
    // creeaza un thread pentru Decrementer
    Thread t2 = new Thread( new ThreadStart(Decrementer) );
    // porneste threadurile
    t1.Start( );
    t2.Start( );
}

public void Incrementer( )
{
    for (int i = 1;i<=1000;i++)
    {
        Console.WriteLine( "Incrementer: {0}", i.ToString());
    }
}

public void Decrementer( )
{
    for (int i = 1000;i>0;i--)
    {
        Console.WriteLine("Decrementer: {0}", i.ToString());
    }
}
}
```

La ieșire se vor mixa mesajele tipărite de primul thread cu cele tipărite de cel de-al doilea thread:

```
...
Incrementer: 102
Incrementer: 103
Incrementer: 104
Incrementer: 105
Incrementer: 106
Decrementer: 1000
```

```
Decrementer: 999  
Decrementer: 998  
Decrementer: 997  
...
```

Perioada de timp alocată fiecărui thread este determinată de către planificatorul de fire de execuție² și depinde de factori precum viteza procesorului, gradul lui de ocupare etc.

O altă modalitate de obținere a unei referințe la un thread este prin apelul proprietății statice `Thread.CurrentThread` pentru firul de execuție curent. În exemplul de mai jos se obține obiectul `Thread` asociat firului de execuție curent, i se setează numele (proprietate read/write de tip `String`) și se afișează pe ecran:

```
Thread current = Thread.CurrentThread;  
current.Name = "My name";  
Console.WriteLine("nume={0}", current.Name );
```

12.3.2 Metoda Join()

Există situații în care, înaintea unei instrucțiuni trebuie să se asigure faptul că un alt fir de execuție `t` s-a terminat; acest lucru se va face folosind apelul `t.Join()` înaintea instrucțiunii în cauză; în acest moment firul de execuție care a apelat `t.Join()` intră în așteptare (e suspendat).

Dacă de exemplu în metoda `Main` se lansează o colecție de thread-uri (stocată în `myThreads`), atunci pentru a se continua execuția numai după ce toate firele din colecție s-au terminat, se procedează astfel:

```
foreach( Thread myThread in myThreads )  
{  
    myThread.Join();  
}  
Console.WriteLine("All my threads are done");
```

Mesajul final se va tipări doar când toate firele de execuție din colecția `myThreads` s-au terminat de executat.

12.3.3 Suspendarea firelor de execuție

Se poate ca în anumite cazuri să se dorească suspendarea unui fir de execuție pentru o scurtă perioadă de timp. Clasa `Thread` oferă o metodă

²Engl: thread scheduler.

statică supraîncărcată `Sleep()`, care poate prelua un parametru de tip `int` reprezentând milisecundele de “adormire”, iar a doua variantă preia un argument de tip `TimeSpan`, care reprezintă cea mai mică unitate de timp care poate fi specificată, egală cu 100 nanosecunde. Pentru a cere firului de execuție curent să se suspende pentru o secundă, se execută în cadrul acestuia:

```
Thread.Sleep(1000);
```

În acest fel se semnalează planificatorului de fire de execuție că poate lansa un alt thread.

Dacă în exemplul de mai sus se adaugă un apel `Thread.Sleep(1)` după fiecare `WriteLine()`, atunci ieșirea se schimbă dramatic:

```
Iesire (extras)
Incrementer: 0
Incrementer: 1
Decrementer: 1000
Incrementer: 2
Decrementer: 999
Incrementer: 3
Decrementer: 998
Incrementer: 4
Decrementer: 997
Incrementer: 5
Decrementer: 996
Incrementer: 6
Decrementer: 995
```

12.3.4 Oprirea thread-urilor

De obicei, un fir de execuție moare doar după ce se termină de executat. Se poate totuși cere unui fir de execuție să își înceteze execuția mai devreme folosind metoda `Abort()`. Acest lucru va duce la aruncarea unei excepții în interiorul firului de execuție căruia i se cere oprirea: `ThreadAbortException`, pe care firul respectiv o poate prinde și trata, permițându-i eliberarea de resurse alocate. Ca atare, se recomandă ca o metodă care se va lansa ca fir de execuție să se compună dintr-un bloc `try` care conține instrucțiunile utile, după care în bloc `catch` sau `finally` se poate eventual efectua eliberarea de resurse.

Exemplu:

```
using System;
using System.Threading;
class Tester
{
    static void Main( )
    {
        Tester t = new Tester( );
        t.DoTest( );
    }
    public void DoTest( )
    {
        // creeaza un vector de threaduri
        Thread[] myThreads =
        {
            new Thread( new ThreadStart(Decrementer) ),
            new Thread( new ThreadStart(Incrementer) ),
            new Thread( new ThreadStart(Incrementer) )
        };
        // porneste fiecare thread
        int ctr = 1;
        foreach (Thread myThread in myThreads)
        {
            myThread.IsBackground=true;
            myThread.Start( );
            myThread.Name = "Thread" + ctr.ToString( );
            ctr++;
            Console.WriteLine("Started thread {0}", myThread.Name);
            Thread.Sleep(50);
        }
        // dupa ce firele se pornesc,
        // comanda oprirea threadului 1
        myThreads[1].Abort( );
        // asteapta ca fiecare thread sa se termine
        foreach (Thread myThread in myThreads)
        {
            myThread.Join( );
        }
        Console.WriteLine("All my threads are done.");
    }
    // numara descrescator de la 1000
    public void Decrementer( )
```

```
{
    try
    {
        for (int i = 1000;i>0;i--)
        {
            Console.WriteLine(“Thread {0}. Decrementer: {1}”,
                Thread.CurrentThread.Name, i.ToString());
            Thread.Sleep(1);
        }
    }
    catch (ThreadAbortException)
    {
        Console.WriteLine(
            “Thread {0} interrupted! Cleaning up...”,
            Thread.CurrentThread.Name);
    }
    finally
    {
        Console.WriteLine(“Thread {0} Exiting. ”,
            Thread.CurrentThread.Name);
    }
}
// numara cresacator pana la 1000
public void Incrementer( )
{
    try
    {
        for (int i =1;i<=1000;i++)
        {
            Console.WriteLine(“Thread {0}. Incrementer: {1}”,
                Thread.CurrentThread.Name, i.ToString());
            Thread.Sleep(1);
        }
    }
    catch (ThreadAbortException)
    {
        Console.WriteLine( “Thread {0} interrupted! Cleaning up...”,
            Thread.CurrentThread.Name);
    }
    finally
    {

```

```

        Console.WriteLine( 'Thread {0} Exiting. ',
        Thread.CurrentThread.Name);
    }
}
}

```

Ieșire:

```

Started thread Thread1
Thread Thread1. Decrementer: 1000
Thread Thread1. Decrementer: 999
Thread Thread1. Decrementer: 998
Started thread Thread2
Thread Thread1. Decrementer: 997
Thread Thread2. Incrementer: 0
Thread Thread1. Decrementer: 996
Thread Thread2. Incrementer: 1
Thread Thread1. Decrementer: 995
Thread Thread2. Incrementer: 2
Thread Thread1. Decrementer: 994
Thread Thread2. Incrementer: 3
Started thread Thread3
Thread Thread1. Decrementer: 993
Thread Thread2. Incrementer: 4
Thread Thread2. Incrementer: 5
Thread Thread1. Decrementer: 992
Thread Thread2. Incrementer: 6
Thread Thread1. Decrementer: 991
Thread Thread3. Incrementer: 0
Thread Thread2. Incrementer: 7
Thread Thread1. Decrementer: 990
Thread Thread3. Incrementer: 1
Thread Thread2 interrupted! Cleaning up...
Thread Thread2 Exiting.
Thread Thread1. Decrementer: 989
Thread Thread3. Incrementer: 2
Thread Thread1. Decrementer: 988
Thread Thread3. Incrementer: 3
Thread Thread1. Decrementer: 987
Thread Thread3. Incrementer: 4
Thread Thread1. Decrementer: 986
Thread Thread3. Incrementer: 5

```

```
// ...  
Thread Thread1. Decrementer: 1  
Thread Thread3. Incrementer: 997
```

12.3.5 Sugerarea priorităților firelor de execuție

Un fir de execuție se lansează implicit cu prioritatea `ThreadPriorityLevel.Normal`. Dar scheduler-ul poate fi influențat în activitatea sa prin setarea de diferite niveluri de prioritate pentru fire; aceste niveluri fac parte din enumerarea `ThreadPriorityLevel`³:

- `ThreadPriorityLevel.TimeCritical`
- `ThreadPriorityLevel.Highest`
- `ThreadPriorityLevel.AboveNormal`
- `ThreadPriorityLevel.Normal`
- `ThreadPriorityLevel.BelowNormal`
- `ThreadPriorityLevel.Lowest`
- `ThreadPriorityLevel.Idle`

Prioritatea este descrescătoare în lista prezentată. Pe baza priorității procesului care conține firele de execuție și a priorității firelor, se calculează un nivel de prioritate (de ex. pe mașini compatibile Intel valori între 0 și 31) care determină prioritatea în ansamblul sistemului de operare a firului respectiv.

Setarea unei anumite priorități se face folosind proprietatea `Priority`:

```
myThread.Priority = ThreadPriorityLevel.Highest;
```

12.3.6 Fire în fundal și fire în prim-plan

Relativ la proprietatea booleană `IsBackground`, trebuie făcută precizarea că un fir de execuție poate să se execute în fundal (background) sau în prim plan (foreground). Diferența dintre cele două posibilități o constituie faptul că dacă un proces are măcar un fir de execuție în foreground, CLR va menține aplicația în execuție. Odată ce toate firele de execuție de tip foreground se termină, CLR va chema metoda `Abort()` pentru fiecare fir de execuție de tip background (dacă mai există așa ceva) și termină procesul.

Exemplu:

³Detalii [aici](#).


```
using System;
using System.Threading;

class Test
{
    static void Main()
    {
        BackgroundTest shortTest = new BackgroundTest(10);
        Thread foregroundThread =
            new Thread(new ThreadStart(shortTest.RunLoop));
        foregroundThread.Name = "ForegroundThread";

        BackgroundTest longTest = new BackgroundTest(50);
        Thread backgroundThread =
            new Thread(new ThreadStart(longTest.RunLoop));
        backgroundThread.Name = "BackgroundThread";
        backgroundThread.IsBackground = true;

        foregroundThread.Start();
        backgroundThread.Start();
    }
}

class BackgroundTest
{
    int maxIterations;

    public BackgroundTest(int maxIterations)
    {
        this.maxIterations = maxIterations;
    }

    public void RunLoop()
    {
        String threadName = Thread.CurrentThread.Name;

        for(int i = 0; i < maxIterations; i++)
        {
            Console.WriteLine("{0} count: {1}",
                threadName, i.ToString());
            Thread.Sleep(250);
        }
    }
}
```

```

        }
        Console.WriteLine("{0} finished counting.", threadName);
    }
}

```

Firul din foreground va menține procesul în execuție până când se termină ciclul său `while`. Când acesta se termină, procesul este oprit, chiar dacă ciclul `while` din firul de execuție din background nu și-a terminat execuția.

12.4 Sincronizarea

Sincronizarea se ocupă cu controlarea accesului la resurse partajate de mai multe fire de execuție. De exemplu, se poate cere ca utilizarea unei resurse anume să se facă la un moment dat de către un singur fir de execuție. Vom discuta aici trei mecanisme de sincronizare: clasa `Interlock`, instrucțiunea `C# lock` și clasa `Monitor`. Drept resursă partajată vom considera un câmp întreg.

```

public void Incrementer( )
{
    try
    {
        while (counter < 1000)
        {
            int temp = counter;
            temp++;
            // simuleza o sarcina oarecare in acest thread
            Thread.Sleep(1);
            // atribuie valoarea incrementata variabilei counter
            // si afiseaza rezultatul
            counter = temp;
            Console.WriteLine( "Thread {0}. Incrementer: {1}",
                Thread.CurrentThread.Name, counter.ToString());
        }
    }
    catch (ThreadAbortException)
    {
        Console.WriteLine( "Thread {0} interrupted! Cleaning up...",
            Thread.CurrentThread.Name);
    }
    finally

```

```

{
    Console.WriteLine( "Thread {0} Exiting. ",
        Thread.CurrentThread.Name);
}
}

```

Câmpul `counter` se inițializează cu 0. Să presupunem că pornim două fire de execuție pe baza metodei `Incrementer()` de mai sus. Este posibil să se întâmple următoarele: primul thread va citi valoarea lui `counter` (0) și o va atribui variabilei temporare `temp`, pe care o va incrementa apoi. Al doilea fir se activează și el, va citi valoarea nemodificată a lui `counter` și va atribui această valoare lui `temp`. Primul fir de execuție își termină munca, apoi asignează valoarea variabilei temporare (1) lui `counter` și o afișează. Al doilea thread face exact același lucru. Se tipărește astfel 1, 1. La următoarele iterații se va afișa 2, 2, 3, 3 etc. în locul intenționatei secvențe 1, 2, 3, 4. Mai pot exista și alte scenarii nefavorabile.

Exemplu:

```

using System;
using System.Threading;
class Tester
{
    private int counter = 0;
    static void Main( )
    {
        Tester t = new Tester( );
        t.DoTest( );
    }
    public void DoTest( )
    {
        Thread t1 = new Thread( new ThreadStart(this.Incrementer) );
        t1.Name = "ThreadOne";
        t1.Start( );
        Console.WriteLine("Started thread {0}", t1.Name);
        Thread t2 = new Thread( new ThreadStart(this.Incrementer) );
        t2.Name = "ThreadTwo";
        t2.Start( );
        Console.WriteLine("Started thread {0}", t2.Name);
        t1.Join( );
        t2.Join( );
    }
}
// numara crescator pana la 1000

```

```

    public void Incrementer( )
    {
        //la fel ca la inceputul sectiunii
    }
}

```

Ieșire:

```

Started thread ThreadOne
Started thread ThreadTwo
Thread ThreadOne. Incrementer: 1
Thread ThreadOne. Incrementer: 2
Thread ThreadOne. Incrementer: 3
Thread ThreadTwo. Incrementer: 3
Thread ThreadTwo. Incrementer: 4
Thread ThreadOne. Incrementer: 4
Thread ThreadTwo. Incrementer: 5
Thread ThreadOne. Incrementer: 5
Thread ThreadTwo. Incrementer: 6
Thread ThreadOne. Incrementer: 6

```

Trebuie deci să se realizeze o excludere reciprocă a thread-urilor pentru accesul la counter.

12.4.1 Clasa Interlocked

Incrementarea și decrementarea unei valori este o situație atât de des întâlnită, încât C# pune la dispoziție o clasă specială **Interlocked** pentru o rezolvare rapidă. Clasa include două metode statice, **Increment()** și **Decrement()**, care incrementează sau decrementează o valoare, însă sub un control sincronizat.

Putem modifica metoda **Incrementer()** de mai sus astfel:

```

public void Incrementer( )
{
    try
    {
        while (counter < 1000)
        {
            Interlocked.Increment(ref counter);
            // simuleaza o sarcina in aceasta metoda
            Thread.Sleep(1);
        }
    }
}

```

```

        // asigura valoarea decrementata
        // si afiseaza rezultatul
        Console.WriteLine(
            "Thread {0}. Incrementer: {1}",
            Thread.CurrentThread.Name,
            counter.ToString());
    }
}
//blocurile catch si finally raman neschimbate
}

```

Ieșirea este cea dorită:

```

Started thread ThreadOne
Started thread ThreadTwo
Thread ThreadOne. Incrementer: 1
Thread ThreadTwo. Incrementer: 2
Thread ThreadOne. Incrementer: 3
Thread ThreadTwo. Incrementer: 4
Thread ThreadOne. Incrementer: 5
Thread ThreadTwo. Incrementer: 6
Thread ThreadOne. Incrementer: 7
Thread ThreadTwo. Incrementer: 8

```

12.4.2 Instrucțiunea lock

Există situații când vrem să blocăm alte variabile decât cele de tip `int`. Un `lock` marchează o secțiune critică a codului, producând astfel sincronizare pentru un obiect. La utilizare, se specifică un obiect pentru care se stabilește un `lock`, după care o instrucțiune sau un grup de instrucțiuni. `Lock`-ul este înlăturat la sfârșitul instrucțiunii/blocului de instrucțiuni. Sintaxa este:

```

lock(expresie)
{
    instructiuni
}

```

Exemplu: metoda `Incrementer()` se va modifica după cum urmează:

```

public void Incrementer( )
{
    try
    {

```

```

while (counter < 1000)
{
    lock (this)
    {
        int temp = counter;
        temp++;
        Thread.Sleep(1);
        counter = temp;
    }
    Console.WriteLine( "Thread {0}. Incrementer: {1}",
        Thread.CurrentThread.Name, counter.ToString());
}
}
//blocurile catch si finally raman neschimbate
}

```

Rezultatele sunt afișate exact ca la secțiunea [12.4.1](#).

12.4.3 Clasa Monitor

Clasa `Monitor` conține metode pentru a controla sincronizarea firelor de execuție, permițând declararea unei zone critice în care la un moment dat doar un thread trebuie să opereze.

Atunci când se dorește să se înceapă sincronizarea, se va apela metoda `Enter`, dând obiectul pentru care se va face blocarea:

```
Monitor.Enter( obiect );
```

Dacă monitorul este nedisponibil, atunci înseamnă că un alt thread este într-o regiune critică a obiectului respectiv. Se mai poate folosi de asemenea metoda `Wait()`, care eliberează monitorul, dar blochează threadul, informând CLR că atunci când monitorul devine din nou liber, thread-ul curent ar vrea să își continue execuția (este adăugat într-o coadă de așteptare formată din fire de execuție blocate pe obiect). Terminarea zonei critice se face folosind metoda `Exit()` a clasei `Monitor`. Metoda `Pulse()` semnalează că a avut loc o schimbare de stare, în urma căreia este posibil ca un alt fir de execuție care așteaptă va putea să fie continuat (ordinea de selectare a firelor ce vor fi executate fiind ordinea introducerii în coada de așteptare). Înrudită este metoda `PulseAll()` care anunță toate obiectele blocate pe un anumit obiect de schimbarea de stare.

Să presupunem că avem o clasă `MessageBoard` unde fire individuale pot citi și scrie mesaje. Vom sincroniza accesul la această clasă astfel încât doar

un thread să poată acționa la un moment dat. Clasa `MessageBoard` va avea o metodă `Reader()` și una `Writer()`.

Metoda `Reader()` determină dacă string-ul `message` conține vreun mesaj valabil, iar metoda `Writer()` va scrie în acest string. Dacă nu sunt mesaje în timpul citirii, thread-ul `Reader()` va intra în stare de așteptare folosind `Wait()` până când metoda `Writer()` scrie un mesaj și transmite un mesaj via `Pulse()` pentru a trezi alte thread-uri.

```
using System;
using System.Threading;
class MessageBoard
{
    private String messages = "no messages" ;
    public void Reader()
    {
        try
        {
            Monitor.Enter(this);
            //daca nu e nici un mesaj atunci asteapta
            if (messages == "no messages")
            {
                Console.WriteLine("{0} {1}",
                    Thread.CurrentThread.Name, messages);
                Console.WriteLine("{0} waiting...",
                    Thread.CurrentThread.Name);
                Monitor.Wait(this);
            }
            //inseamna ca mesajul s-a schimbat
            Console.WriteLine("{0} {1}",
                Thread.CurrentThread.Name, messages);
        }
        finally
        {
            Monitor.Exit(this);
        }
    }
    public void Writer()
    {
        try
        {
            Monitor.Enter(this);
```

```

        messages = "Greetings Caroline and Marianne!";
        Console.WriteLine("{0} Done writing message...",
            Thread.CurrentThread.Name);
        //semnaleaza threadului de asteptare ca s-a schimbat mesajul
        Monitor.Pulse(this);
    }
    finally
    {
        Monitor.Exit(this);
    }
}
public static void Main()
{
    MessageBoard myMessageBoard = new MessageBoard();
    Thread reader = new Thread(new
        ThreadStart(myMessageBoard.Reader));
    reader.Name = "ReaderThread:";
    Thread writer = new Thread( new
        ThreadStart(myMessageBoard.Writer));
    writer.Name = "WriterThread:";
    reader.Start();
    writer.Start();
}
}

```

Ieșirea este:

```

ReaderThread: no messages
ReaderThread: waiting...
WriterThread: Done writing message...
ReaderThread: Greetings Caroline and Marianne!

```

După cum se vede mai sus, thread-ul **reader** este pornit primul, el blochează clasa obiectului de tip **MessageBoard**, ceea ce înseamnă că are acces exclusiv la variabila **message**. Dar deoarece **message** nu conține nici un mesaj, thread-ul **reader** eliberează obiectul pe care l-a blocat mai înainte prin apelul **Wait()**. Thread-ul **writer** va putea acum să blocheze obiectul pentru a scrie mesajul. Apoi el cheamă metoda **Pulse()** pentru a semnala firului **reader** că a apărut o schimbare de stare a obiectului indicat de **this**.

Capitolul 13

Noutăți în .NET Framework 4.x

13.1 .NET 4.0: Parallel LINQ

Parallel LINQ (PLINQ) permite executarea de interogări în mod paralel, pentru situațiile în care există un sistem de tip multiprocesor, multicore sau cu suport de hyperthreading. Pentru a transforma o interogare clasică într-una paralelizată, trebuie adăugată specificarea `AsParallel` la sursa de date peste care se execută interogarea. Mai exact, plecând de la interogarea LINQ:

```
var result =  
    from x in [sursa_de_date]  
    where [conditie]  
    select [ceva]
```

se obține interogarea PLINQ:

```
var result =  
    from x in [sursa_de_date].AsParallel()  
    where [conditie]  
    select [ceva]
```

Echivalent, se poate face transformarea folosind metode LINQ:

```
//varianta fara paralelism  
var result = [sursa_de_date].Where(x => [conditie]).Select(x => [ceva]);  
//varianta cu paralelism  
var result = [sursa_de_date].AsParallel().Where(x => [conditie]).  
    Select(x => [ceva]);
```

Prin adăugarea acestei metode `AsParallel()` se folosesc metode din clasa `ParallelEnumerable`, în timp ce în LINQ-ul clasic se folosesc metode din clasa `Enumerable`.

Prezentăm următorul exemplu preluat din [10]¹:

```
using System;
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Diagnostics;

namespace TestPLINQ
{
    class Program
    {
        static void Main()
        {
            Stopwatch sw = new Stopwatch();
            sw.Start();
            DoIt();
            sw.Stop();
            Console.WriteLine("Elapsed = {0} milliseconds",
                sw.ElapsedMilliseconds.ToString());
        }

        private static bool isPrime(int p)
        {
            int upperBound = (int)Math.Sqrt(p);
            for (int i = 2; i <= upperBound; i++)
            {
                if (p % i == 0) return false;
            }
            return true;
        }

        static void DoIt()
        {
            IEnumerable<int> arr = Enumerable.Range(2, 3000000);
            var q =
                from n in arr
                where isPrime(n)
```

¹Desigur, variante mai eficiente pentru determinarea numerelor prime de la 2 la n sunt **ciurul lui Eratostene** și **ciurul lui Atkins**. Acestea pot fi paralelizate, la rândul lor.

```

        select n;
        IList<int> list = q.ToList();
        Console.WriteLine(list.Count.ToString());
    }
}

```

Pentru un sistem oarecare, timpul mediu de rulare este de aproximativ 23 secunde; rescriind interogarea pentru obținerea variabilei `q` astfel:

```

var q =
    from n in arr.AsParallel()
    where isPrime(n)
    select n.ToString();

```

timpul mediu obținut este de aproximativ 13 secunde.

Se pot configura aspecte precum gradul de paralelism, controlul ordinii, opțiuni de utilizare de buffere, dacă anumite porțiuni să se ruleze secvențial etc. prin folosirea metodelor de extensie precum `AsOrdered`, `AsUnordered` sau prin folosirea enumerării `ParallelQueryMergeOptions`.

Pentru controlul gradului de paralelism se poate folosi `WithDegreeOfParallelism` după `AsParallel()`:

```

var query = from n
    in arr.AsParallel().WithDegreeOfParallelism(2)
    where isPrime(n)
    select n;

```

O arie înrudită de explorare este Task Parallel Library.

13.2 .NET 4.0: Parametri cu nume și parametri opționali

Parametrii opționali permit precizarea unor valori implicite pentru parametrii unei metode; dacă pentru aceștia nu se specifică la apel valori anume, atunci valorile trimise metodei sunt cele declarate implicit.

Exemplu:

```

class Program
{
    static void Main(string[] args)
    {

```

```

        MyMethod(3);
        MyMethod(3, 4);
    }

    private static void MyMethod(int p, int q = 100)
    {
        Console.WriteLine("p= {0}, q={1}", p.ToString(), q.ToString());
    }
}

```

Deși avem o singură metodă, aceasta suportă cele două apeluri. Se poate chiar să avem mai mult de un parametru cu valoare implicită:

```

private static void MyMethod(int p=1, int q = 100)
{
    Console.WriteLine("p= {0}, q={1}", p.ToString(), q.ToString());
}

```

În cazul în care avem măcar un astfel de parametru cu valoarea implicită, acesta trebuie să fie prezent după parametrii cu valori obligatorii. Astfel, încercarea de a scrie:

```
private void MyMethod(int p=1, int q){...}
```

duce la apariția erorii de compilare:

Optional parameters must appear after all required parameters

Valorile furnizate pentru parametrii cu valori implicite trebuie să fie constante sau să aibă valori de forma `default(T)`, unde `T` este tipul parametrului.

În ceea ce privește folosirea parametrilor cu nume, să presupunem că avem următoarea metodă:

```
public void M(int x, int y = 5, int z = 7){...}
```

Dacă vrem ca la un apel să nu precizăm valoarea lui `y`, dar să o precizăm pe a lui `z`, am fi tentați să folosim:

```
M(1, , -1)
```

ceea ce în cazul în care ar fi permis, ar duce la un cod greu de citit: abilitatea de numărare a virgulelor ar fi crucială. În locul acestei variante, s-a introdus posibilitatea de a preciza parametrii prin nume:

```
M(1, z:3);  
//sau  
M(x:1, z:3);  
//sau chiar:  
M(z:3, x:1);
```

Ordinea de evaluare a expresiilor date pentru parametri este dată de ordinea de precizare a numelor parametrilor, deci în ultimul exemplu expresia “3” este considerată înainte de expresia “1”. Parametrii opționali și cu nume se pot folosi și pentru constructori sau indexatori.

13.3 .NET 4.0: Tipuri de date dinamice

Tipurile dinamice permit tratarea unui obiect fără a fi preocupați la momentul compilării de proveniența acestuia: poate fi obiect creat clasic, sau prin COM sau prin reflectare. Unui astfel de obiect i se pot transmite mesaje (via apeluri de metode), iar legitimitatea acestor apeluri este verificată la rulare. Altfel zis, pentru tipurile de date dinamice se renunță la tipizarea statică specifică platformelor .NET de versiune anterioară, dar cu riscul de a primi erori doar la rularea aplicației.

Acest tip de date dinamic se declară prin cuvântul cheie **dynamic**. Plecând de la un astfel de obiect, se pot apela diferite metode:

```
dynamic x = MyMethod();  
x.AnotherMethod(3);
```

La rulare se verifică dacă tipul de date aferent variabilei **x** are metoda **AnotherMethod** care să permită apel cu un parametru de tip întreg.

Exemplu:

```
static void Main(string[] args)  
{  
    dynamic x = "abc";  
    x = 3;  
    Console.WriteLine(x.CompareTo(10)); //metoda CompareTo este din  
    //tipul System.Int32  
}
```

Remarcăm din exemplul anterior că tipul unei variabile dinamice nu este setat odată pentru totdeauna. Alt exemplu este:

```
class ExampleClass
{
    public ExampleClass() { }
    public ExampleClass(int v) { }

    public void ExampleMethod1(int i) { }

    public void ExampleMethod2(string str) { }
}

//....
static void Main(string[] args)
{
    ExampleClass ec = new ExampleClass();
    // Urmatoarea linie produce o eroare de compilare
    // metoda trebuie apelata cu un parametru.
    //ec.ExampleMethod1(10, 4);

    dynamic dynamic_ec = new ExampleClass();
    // Linia urmatoare nu declanseaza eroare de compilare,...
    // dar la rulare apare eroare.
    dynamic_ec.ExampleMethod1(10, 4);

    // Urmatoarele apeluri nu produc eroare de compilare,
    // indiferent daca metodele exista sau nu.
    dynamic_ec.SomeMethod("argument", 7, null);
    dynamic_ec.NonexistentMethod();
}
```

Se pot declara ca fiind dinamici și parametrii unei metode:

```
public static void Log(dynamic x)
{
    Console.WriteLine(x.ToString());
}

static void Main(string[] args)
{
    var x = 3;
    string y = "abc";
    Log(x);
    Log(y);
}
```

```
}
```

13.4 .NET 4.0: ExpandoObject

ExpandoObject este un tip de date al cărui membri pot fi adăugați și șterși dinamic la rulare. De asemenea, valorile acestor membri pot fi setate la rulare. Scopul acestui tip este implementarea conceptului de obiect dinamic – a cărui compoziție și comportament se pot îmbogăți la rulare.

Pentru instanțiere se folosește:

```
dynamic sampleObject = new ExpandoObject();
```

Adăugarea unei noi proprietăți se face cu:

```
sampleObject.Test = "Dynamic Property";  
Console.WriteLine(sampleObject.Test);  
// se afiseaza: Dynamic Property  
Console.WriteLine(sampleObject.Test.GetType());  
//se afiseaza: System.String
```

Pentru adăugarea unei metode care face incrementarea unui proprietăți – de asemenea adăugată dinamic – scriem:

```
sampleObject.Number = 10;  
sampleObject.Increment = (Action)(() => { sampleObject.Number++; });  
  
// Before calling the Increment method.  
Console.WriteLine(sampleObject.Number);  
  
sampleObject.Increment();  
  
// After calling the Increment method.  
Console.WriteLine(sampleObject.Number);  
// This code example produces the following output:  
// 10  
// 11
```

Trimiterea ca parametru a unui astfel de obiect se face cu `dynamic`. Mai menționăm că dacă declarăm variabila `sampleObject` ca fiind de tip `ExpandoObject`, compilarea se termină cu semnalarea erorii:

'System.Dynamic.ExpandoObject' does not contain a definition for 'Test' and no extension method 'Test' accepting a first argument of type 'System.Dynamic.ExpandoObject' could be found (are you missing a using directive or an assembly reference?)

lucru firesc, deoarece `Test` nu este recunoscut la compilare ca membru al tipului `ExpandoObject`. Aceasta explică de ce am declarat variabila `sampleObject` folosind `dynamic`.

Având în vedere că tipul `ExpandoObject` implementează interfața `IDictionary<String, Object>`, putem enumera la rulare conținutul unui obiect:

```
dynamic employee = new ExpandoObject();
employee.Name = "John Smith";
employee.Age = 33;

foreach (var property in employee as IDictionary<String, Object>)
{
    Console.WriteLine(property.Key + ": " + property.Value);
}
// This code example produces the following output:
// Name: John Smith
// Age: 33
```

13.5 .NET 4.0: COM Interop

COM Interop este o facilitare existentă în versiuni mai vechi ale lui .NET framework care permite codului managed să apeleze cod unmanaged Component Object Model, cum ar fi aplicațiile Word sau Excel. De exemplu, pentru utilizarea unei celule de Excel, varianta veche de cod ce trebuia scrisă era:

```
((Excel.Range)excel.Cells[1, 1]).Value2 = "Hello";
```

pe când în .NET 4 a se scrie mai inteligibil astfel:

```
excel.Cells[1, 1].Value = "Hello";
```

sau în loc de

```
Excel.Range range = (Excel.Range)excel.Cells[1, 1];
```

se scrie:

```
Excel.Range range = excel.Cells[1, 1];
```


Exemplu:

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using Excel = Microsoft.Office.Interop.Excel;
//se adauga referinta in tab-ul COM la Microsoft Excel Object Library

namespace TestOffice
{
    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            var excel = new Excel.Application();
            // obiectul creat devine vizibil
            excel.Visible = true;

            excel.Workbooks.Add();

            excel.Cells[1, 1].Value = "Hello";

            var processes = Process.GetProcesses()
                .OrderByDescending(p => p.WorkingSet64)
                .Take(10);
            int i = 2;
            foreach (var p in processes)
            {
                excel.Cells[i, 1].Value = p.ProcessName;
                excel.Cells[i, 2].Value = p.WorkingSet64;
                i++;
            }

            Excel.Range range = excel.Cells[1, 1];
            dynamic chart = excel.ActiveWorkbook.Charts.
                Add(After: excel.ActiveSheet);
            chart.ChartWizard(
                Source: range.CurrentRegion,
                Title: "Memory Usage in " + Environment.MachineName);
            chart.ChartStyle = 45;
```

```

        chart.CopyPicture(Excel.XlPictureAppearance.xlScreen,
            Excel.XlCopyPictureFormat.xlBitmap,
            Excel.XlPictureAppearance.xlScreen);
    }
}

```

13.6 .NET 4.0: Covarianță și contravarianță

Să presupunem că avem secvența de cod:

```

var strList = new List<string>();
List<object> objList = strList;//referinta catre aceeași lista

```

Linia a doua, dacă ar fi permisă, ar predispute la erori, deoarece s-ar permite mai departe:

```
objList.Add(new MyClass());
```

deci s-ar încălca punctul de plecare pentru colecția `strList`: elementele ar trebui să fie toate de tip `String`. Ca atare, acest lucru nu ar avea sens să fie permis.

Începând cu .NET 4, se permite însă conversia către *interfețe generice sau tipuri de delegați generici* pentru care tipul generic este mai general decât argumentul generic dinspre care se face conversie. De exemplu, se poate scrie:

```
IEnumerable<object> myCollection = strList;
```

Aceasta este covarianța și se obține prin declarațiile:

```

public interface IEnumerable<out T> : IEnumerable
{
    IEnumerator<T> GetEnumerator();
}
public interface IEnumerator<out T> : IEnumerator
{
    bool MoveNext();
    T Current { get; }
    void Reset();
}

```

unde cuvântul `out` are un alt sens decât la transmiterea de parametri: în C# 4.0, în acest context, semnifică faptul că tipul `T` poate să apară doar ca rezultat de retur al unei metode din interfață. Interfața `IEnumerable` devine covariantă în `T` și se poate face conversie de la `IEnumerable` la `IEnumerable<A>` pentru tipul `B` derivat din `A`.

Acest lucru este util pentru o situație de genul:

```
var result = strings.Union(objects);
```

unde se face reuniune între o colecție de string-uri și una de obiecte.

Contravarianța permite conversii în sens invers ca la covarianță. De exemplu, prin declarația:

```
public interface IComparer<in T>
{
    public int Compare(T left, T right);
}
```

prin care se arată contravarianța a tipului `T`, deci se poate face ca un `IComparer<object>` să fie considerat drept un `IComparer<String>`. Are sens, deoarece dacă o implementare de `IComparer` poate să compare orice două obiecte, atunci cu siguranță poate să compare și două string-uri.

13.7 .NET 4.0: Clasele *BigInteger* și *Complex*

În .NET 4 s-a introdus spațiul de nume `System.Numerics` care conține structura `BigInteger`, specializată în lucrul cu numere întregi mari: operații aritmetice și pe biți.

Utilizarea acestui spațiu de nume necesită adăgarea de referință la assembly-ul .NET `System.Numerics.dll`.

```
BigInteger n = 1;
for (int i = 1; i <= 100; i++)
{
    n = n * i;
}
Console.WriteLine("100! are {0} cifre: {1}",
    n.ToString().Length.ToString(), n.ToString());
```

cu rezultatul:

În același spațiu de nume există și structura `Complex`, specializată pe lucrul cu numere complexe:

13.8 .NET 4.0: Clase Tuple

```
//tuple3.Item1 = "Boston";
//eroare de compilare
//'System.Tuple<string,double,double>.Item1' cannot
//be assigned to -- it is read only
```

13.9 .NET 4.5: Instalarea și configurarea aplicației

- Windows 7 (32 bit, 64 bit)
- Windows Vista cu Service Pack 2 (64-bit, 32-bit)
- Windows Server 2008 R2 (ce are doar versiunea 64-bit).

- Windows Server 2008 (64-bit, 32-bit).
- Windows 8 (32-bit, 64-bit)
- Windows Server 2012, 2012 R2, 2016, 2019
- Windows 10

Nu sunt suportate procesoarele Intel Itanium.

La instalarea platformei .NET 4.5 se înlocuiește versiunea de .NET 4.0 existentă pe mașină, suprascriindu-se assembly-urile din platforma precedentă². Ca mediu de rulare folosește tot CLR 4.0 din versiunea .NET Framework 4.0.

Pentru ca o aplicație creată în .NET Framework să fie compilată pentru .NET 4.5, este nevoie să se definească în fișierul de configurare următoarea secțiune, în cadrul elementului `configuration`:

```
<startup>
  <supportedRuntime version="v4.0"
    sku=".NETFramework,Version=v4.5" />
</startup>
```

Se observă că runtime-ul (CLR) este declarat cu versiunea 4.0, în timp ce versiunea de .NET Framework este 4.5³. Dacă atributul `sku`⁴ se modifică la:

```
sku=".NETFramework,Version=v4.0"
```

sau dacă target-ul proiectului se modifică din proprietățile proiectului la .NET Framework 4.0 (ceea ce duce la modificarea atributului `sku` precum mai sus), atunci codul compilat se va putea executa pe platforma .NET Framework 4.0.

Pe platforma .NET 4.5 limbajele de dezvoltare sunt cu următoarele versiuni: C# 5.0 și Visual Basic 11.

13.10 .NET 4.5: Suportul pentru tablouri mari

Până la .NET 4.0 inclusiv era imposibil să se aloce mai mult de 2 GB pentru un tablou, chiar dacă sistemul de operare era pe 64 de biți. Pentru

²Mai multe detalii se găsesc la <http://www.west-wind.com/weblog/posts/2012/Mar/13/NET-45-is-an-inplace-replacement-for-NET-40>

³Pentru versiunile 4.6, 4.7 etc. ale platformei se modifică în mod corespunzător valoarea atributului `Version` în fișierul de configurare.

⁴SKU: Stock keeping unit.

versiunea 4.5 a platformei .NET acest lucru este posibil, dacă sistemul de operare este pe 64 de biți. Este necesară efectuarea următoarei declarații în fișierul de configurare, în interiorul elementului `configuration`:

```
<startup>
  <supportedRuntime version="v4.0"
    sku=".NETFramework,Version=v4.5" />
</startup>
<runtime>
  <gcAllowVeryLargeObjects enabled="true" />
</runtime>
```

Totuși, numărul maxim de elemente care pot fi depuse într-un astfel de tablou este același ca la .NET 4.0: `System.Int32.MaxValue` = $2^{31} - 1$ = 2.147.483.647.

13.11 .NET 4.5: Server background garbage collector

Acest mod se activează prin declararea unui element de forma

```
<startup>
  <supportedRuntime version="v4.0"
    sku=".NETFramework,Version=v4.5" />
</startup>
<runtime>
  <gcServer enabled="true" />
</runtime>
```

în secțiunea `configuration` a fișierului de configurare. În .NET Framework 4.0 sau mai vechi lansarea frecventă a mecanismului de garbage collection ducea la suspendarea tuturor firelor de execuție pe o perioadă lungă de timp, egală cu perioada necesară rulării mecanismului de GC. În acest nou mod se alocă mai multe fire de execuție mecanismului de garbage collection, dacă există mai multe nuclee/procesoare în sistem și astfel se reduce durata de timp necesară dealocării de memorie. Numărul de fire de execuție de garbage collection este egal cu numărul de nuclee logice din sistem. Nu este nevoie să se modifice în codul sursă.

13.12 .NET 4.5: Timeout pentru folosirea expresiilor regulate

Pentru expresii regulate complexe, timpul necesar determinării potrivirii peste un șir de caractere poate deveni prohibitiv. În .NET 4.5 este posibilă specificarea unei perioade de grație, după a cărei depășire se renunță la executarea instrucțiunii.

Exemplu:

```
var regex = new Regex(
    @"^(?<proto>\w+):\/\/[^\s]+(?:<port>:\d+)?\/",
    RegexOptions.None,
    TimeSpan.FromMilliseconds(1000));
```

13.13 .NET 4.6: Directiva using static

Odată cu introducerea versiunii 4.6 a platformei .NET s-au adus îmbunătățiri limbajului C#, ajuns cu această ocazie la versiunea 6.

Directiva `using static` permite accesarea directă a membrilor statici (metode, proprietăți etc.) ai unui tip de date. De exemplu, în clasa `System.Console` se află metoda `WriteLine` pentru care apelul poate fi scris tradițional astfel:

```
using System;

namespace DemoCSharp6
{
    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            Console.WriteLine("Hello World!");
        }
    }
}
```

Începând cu C# 6 se poate apela metoda statică direct, prin importarea clasei din spațiul de nume⁵:

⁵Reamintim că directiva `using` pentru import simbolic permitea până acum doar importul tipurilor de date dintr-un spațiu de nume, a se vedea secțiunea 3.6.2.

```
using static System.Console;

namespace DemoCSharp6
{
    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            WriteLine("Hello World!");
        }
    }
}
```

Rezultatul este același ca la codul precedent.

13.14 .NET 4.6: Inițializatori pentru proprietăți cu auto-implementare

Pentru proprietățile cu auto-implementare, înaintea lui C# 6 se putea inițializa o proprietate cu auto-implementare doar folosind constructorul clasei; motivul este anonimitatea câmpului declarat de către proprietatea cu implementare:

```
using System;

namespace DemoCSharp6
{
    class Student
    {
        //câmpul utilizat este anonim, de tip structura Guid
        public Guid StudentID
        {
            get;
            set;
        }

        public Student()
        {
            StudentID = Guid.NewGuid();
        }
    }
}
```



```

    }

    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            Student s = new Student();
        }
    }
}

```

Din versiunea C# 6 se poate specifica o valoare implicită a proprietății cu auto-implementare:

```
using System;
```

```

namespace DemoCSharp6
{
    class Student
    {
        public Guid StudentID
        {
            get;
            set;
        } = Guid.NewGuid();
    }

    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            Student s = new Student();
        }
    }
}

```

13.15 .NET 4.6: Proprietăți read-only cu auto-implementare

Din versiunea C# 6 se poate declara o proprietate read-only, cu auto-implementare, cu valoare specificată la declarare:

```
using System;

namespace DemoCSharp6
{
    class Student
    {
        public Guid StudentID
        { get; } = Guid.NewGuid();
    }
}
```

Deoarece partea de **set** din proprietate lipsește, e evident că valoarea setată nu se mai poate modifica.

13.16 .NET 4.6: Inițializatori pentru dicționare

În varianta precedentă de C# inițializarea unui dicționar se făcea prin precizarea perechilor de cheie și valoare, precum mai jos:

```
using System.Collections.Generic;

namespace DemoCSharp6
{
    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            var myDictionary = new Dictionary<String, int>()
            {
                {"Ionescu", 9},
                {"Popescu", 10}
            };
        }
    }
}
```

În versiunea C# 6 se introduce posibilitatea de a scrie perechile sub forma:
[cheie] = valoare:

```
using System.Collections.Generic;
```

```

namespace DemoCSharp6
{
    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            var myDictionary = new Dictionary<String, int>()
            {
                ["Ionescu"] = 9,
                ["Popescu"] = 10
            };
        }
    }
}

```

13.17 .NET 4.6: Interpolarea șirurilor de caractere

Pentru formarea unui șir de caractere, compus din părți fixe și variabile se poate folosi concatenarea de string-uri sau metoda statică `String.Format`:

```
var s = String.Format("{0} is {1} year(s) old", p.Name, p.Age);
```

construcție care se consideră că predispune la erori, deoarece trebuie puse bine în corespondență placeholder-ii 0 etc. cu valorile aferente. În C# 6 se poate scrie mai natural:

```
var s = $"{p.Name} is {p.Age} year(s) old";
```

unde caracterul `$` arată că se face umplerea părților dintre acolade cu valorile aferente. Dacă se dorește ca în partea fixă a șirului de caractere să apară chiar acolade, acestea se vor dubla (aceeași cerință și la `String.Format`). “Interpolarea” se referă la interpretarea expresiilor, iar aceste pot fi chiar mai complexe decât preluarea valorilor din proprietăți sau variabile:

```
var s = $"{p.Name} is {p.Age} year{(p.Age==1?String.Empty:"s")} old";
```

13.18 .NET 4.6: Expresii nameof

Folosind `nameof` se obține numele unui parametru de metodă. Putem scrie cod C# astfel:

```
using static System.Console;

namespace DemoCSharp6
{
    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            sayHello("Natalia");
        }

        private static void sayHello(String childName)
        {
            if (String.IsNullOrEmpty(childName))
            {
                throw new ArgumentNullException("childName is null");
            }
            WriteLine($"Hello {childName}!");
        }
    }
}
```

Problema care poate apărea este că numele parametrului ('name') este scris 'în dur' în mesajul trimis prin obiectul excepție. Dacă se modifică numele parametrului în declarația metodei `sayHello`, atunci mesajul excepției va referi un parametru cu nume schimbat. Pentru a se evita asemenea situații, numele parametrului se poate determina dinamic folosind `nameof`. Metoda `sayHello` se rescrie astfel:

```
private static void sayHello(String childName)
{
    if (String.IsNullOrEmpty(childName))
    {
        throw new ArgumentNullException(nameof(childName) + " is null");
        //sau mesajul se compune cu $"{nameof(childName)} is null"
    }
    WriteLine($"Hello {childName}!");
}
```

13.19 .NET 4.6: Funcții și proprietăți definite prin expresii

Frecvent e nevoie să se definească funcții sau proprietăți a căror implementare este simplă. Considerăm exemplele:

```
double MultiplyNumbers(double a, double b)
{
    return a * b;
}
```

care poate fi mai pe scurt scrisă ca:

```
double MultiplyNumbers(double a, double b) => a * b;
```

Apelul celei de a doua forme se face exact ca în cazul scrierii tradiționale.

Alte exemple:

```
public Point Move(int dx, int dy) => new Point(x + dx, y + dy);
public static Complex operator +(Complex a, Complex b) => a.Add(b);
public static implicit operator string(Person p) => p.First + " " + p.Last;
```

În ce privește proprietățile, acestea pot la rândul lor să beneficieze de definire prin expresii, cu amendamentul că astfel devin read-only:

```
public string Name => First + " " + Last;
public Customer this[long id] => store.LookupCustomer(id);
```

13.20 .NET 4.6: Filtrarea excepțiilor

În blocul de `catch` al unei excepții este posibil ca tratarea să se facă în funcție de anumite condiții, de exemplu depinzând de mesajul încapsulat în excepția prinsă – sau orice altă condiție, numită în acest context “filtru”:

```
using static System.Console;
class Program
{
    static void Main(string[] args)
    {
        var httpStatusCode = 404;
        Write("HTTP Error: ");

        try
```

```
{
    throw new Exception(httpStatusCode.ToString());
}
catch (Exception ex)
{
    if (ex.Message.Equals("500"))
        Write("Bad Request");
    else if (ex.Message.Equals("401"))
        Write("Unauthorized");
    else if (ex.Message.Equals("402"))
        Write("Payment Required");
    else if (ex.Message.Equals("403"))
        Write("Forbidden");
    else if (ex.Message.Equals("404"))
        Write("Not Found");
    }
}
}
```

În C# 6 se poate prinde o excepție în mod condiționat:

```
class Program
{
    static void Main(string[] args)
    {
        var httpStatusCode = 404;
        Write("HTTP Error: ");

        try
        {
            throw new Exception(httpStatusCode.ToString());
        }
        catch (Exception ex) when (ex.Message.Equals("400"))
        {
            Write("Bad Request");
        }
        catch (Exception ex) when (ex.Message.Equals("401"))
        {
            Write("Unauthorized");
        }
    }
}
```

```
        catch (Exception ex) when (ex.Message.Equals("402"))
        {
            Write("Payment Required");
        }
        catch (Exception ex) when (ex.Message.Equals("403"))
        {
            Write("Forbidden");
        }
        catch (Exception ex) when (ex.Message.Equals("404"))
        {
            Write("Not Found");
        }
    }
}
```

13.21 .NET 4.6: Operatorul condițional null

Înainte de a folosi serviciile unui obiect este bine să se facă verificarea faptului că obiectul nu e null, altfel se va arunca excepție `NullReferenceException`:

```
int? shoeSize;
String name;
if (customer == null)
{
    shoeSize = null;
    name = null;
}
else
{
    shoeSize = customer.ShoeSize;
    name = customer.Name;
}
```

În C#6 se poate folosi combinația `?.` pentru a verifica dacă un obiect e null sau nu. Dacă obiectul e null, atunci se va returna valoare de null, altfel se preia valoarea proprietății sau a metodei:

```
int? shoeSize = customer?.ShoeSize;//null daca customer == null
String name = customer?.Name;//idem
```

Pentru valoarea produsă se poate folosi în continuare o combinație cu operatorul `??`:

```
String name = customer?.Name ?? "No name";
```

deci dacă obiectul `customer` e `null` sau valoarea proprietății `Name` e `null`, atunci se atribuie variabilei `name` valoarea “No name”, altfel se preia valoarea `customer.Name`.

Capitolul 14

Fluxuri

C#, precum alte limbaje anterioare, pune la dispoziție o abstractizare numită “flux”¹ care permite manipularea datelor, indiferent de sursa acestora. Într-un astfel de flux, octeții urmează unii după ceilalți.

În C# fișierele și directoarele se accesează prin intermediul unor clase predefinite. Acestea permit crearea, redenumirea, manipularea și ștergerea lor. Manipularea conținutului fișierelor se face prin intermediul stream-urilor cu sau fără buffer; de asemenea există mecanism pentru stream-uri asincrone – prelucrarea unui fișier se face de către un fir de execuție creat automat. Datorită abstractizării, nu există diferențe mari între lucrul cu fișiere aflate pe discul local și datele aflate pe rețea; ca atare se va vorbi despre fluxuri bazate pe protocoale TCP/IP sau web. În sfârșit, **serializarea** este legată de fluxuri, întrucât ea permite “înghețarea” unui obiect în format binar.

14.1 Sistemul de fișiere

Clasele care se folosesc pentru manipularea fișierelor și a directoarelor se află în spațiul de nume **System.IO**. Funcționalitatea lor este aceeași cu a comenzilor disponibile într-un sistem de operare: creare, ștergere, redenumire, mutare de fișiere sau directoare, listarea conținutului unui director, listarea atributelor sau a diferiților timpi pentru fișiere sau directoare etc.

Clasele pentru lucrul cu directoare și fișiere la nivel de sistem de fișiere sunt: **Directory**, **DirectoryInfo**, **File**, **FileInfo**.

¹Engl: stream.

14.1.1 Lucrul cu directoarele: clasele `Directory` și `DirectoryInfo`

Clasa `Directory` conține metode statice pentru crearea, mutarea, explorarea directoarelor. Clasa `DirectoryInfo` conține doar membri nestatici și permite aflarea diferitelor informații pentru un director anume.

Tabelul 14.1 conține principalele metode ale clasei `Directory`, iar tabelul 14.2 conține metodele notabile din clasa `DirectoryInfo`.

Tabela 14.1: Metode ale clasei `Directory`.

Metoda	Explicație
<code>CreateDirectory()</code>	Creează directoarele și subdirectoarele specificate prin parametru
<code>Delete()</code>	Șterge un director și conținutul său
<code>Exists()</code>	Returnează true dacă stringul specificat reprezintă numele unui director existent, false altfel
<code>GetCreationTime()</code> <code>SetCreationTime()</code>	Returnează / setează data și timpul creării unui director
<code>GetCurrentDirectory()</code> <code>SetCurrentDirectory()</code>	returnează / setează directorul curent
<code>GetDirectories()</code>	Returnează un șir de nume de subdirectoare
<code>GetDirectoryRoot()</code>	Returnează numele rădăcinii unui director specificat
<code>GetFiles()</code>	Returnează un șir de string-uri care conține numele fișierelor din directorul specificat
<code>GetLastAcceTime()</code> <code>SetLastAcceTime()</code>	returnează / setează timpul ultimului acces pentru un director
<code>GetLastWriteTime()</code> <code>SetLastWriteTime()</code>	Returnează / setează timpul când directorul specificat a fost ultima oară modificat
<code>GetLogicalDrives()</code>	Returnează numele tuturor unităților logice sub forma drive:\
<code>GetParent()</code>	Returnează directorul curent pentru calea specificată
<code>Move()</code>	Mută un director (cu conținut) într-o cale specificată

Tabela 14.2: Metode și proprietăți ale clasei `DirectoryInfo`.

Metoda sau proprietate	Explicație
<code>Attributes</code>	Returnează sau setează atributele fișierului curent
<code>CreationTime</code>	Returnează sau setează timpul de creare a

Tabelul 14.2 (continuare)

Metoda sau proprietate	Explicație
	fișierului curent
Exists	true dacă directorul există
Extension	Extensia directorului
FullName	Returnează calea absolută a fișierului sau a directorului
LastAccessTime	Returnează sau setează timpul ultimului acces
LastWriteTime	Returnează sau setează timpul ultimei scrieri
Parent	Directorul părinte al directorului specificat
Root	Rădăcina căii corespunzătoare
Create()	Creează un director
CreateSubdirectory()	Creează un subdirector în calea specificată a
Delete()	Șterge un DirectoryInfo și conținutul său
GetDirectories()	Returnează un vector de tip DirectoryInfo cu subdirectoare
GetFiles()	Returnează lista fișierelor din director
MoveTo()	Mută un DirectoryInfo și conținutul său într-un nou loc

Exemplul următor folosește clasa **DirectoryInfo** pentru a realiza explorarea recursivă a unui director cu enumerarea tuturor subdirectoarelor conținute. Se creează un obiect de tipul pomenit pe baza numelui de director de la care se va începe explorarea. O metodă va afișa numele directorului la care s-a ajuns, după care se apelează recursiv metoda pentru fiecare subdirector (obținut via **GetDirectories()**).

```
using System;
using System.IO;
class Tester
{
    public static void Main( )
    {
        Tester t = new Tester( );
        //choose the initial subdirectory
        string theDirectory = @"c:\WinNT";
        // call the method to explore the directory,
        // displaying its access date and all
        // subdirectories
        DirectoryInfo dir = new DirectoryInfo(theDirectory);
```

```

        t.ExploreDirectory(dir);
        // completed. print the statistics
        Console.WriteLine("\n\n{0} directories found.\n", dirCounter);
    }
    // Set it running with a DirectoryInfo object
    // for each directory it finds, it will call
    // itself recursively
    private void ExploreDirectory(DirectoryInfo dir)
    {
        indentLevel++; // push a directory level
        // create indentation for subdirectories
        for (int i = 0; i < indentLevel; i++)
            Console.Write(" "); // two spaces per level
        // print the directory and the time last accessed
        Console.WriteLine("[{0}] {1} [{2}]\n",
            indentLevel, dir.Name, dir.LastAccessTime);
        // get all the directories in the current directory
        // and call this method recursively on each
        DirectoryInfo[] directories = dir.GetDirectories();
        foreach (DirectoryInfo newDir in directories)
        {
            dirCounter++; // increment the counter
            ExploreDirectory(newDir);
        }
        indentLevel--; // pop a directory level
    }
    // static member variables to keep track of totals
    // and indentation level
    static int dirCounter = 1;
    static int indentLevel = -1; // so first push = 0
}

```

14.1.2 Lucrul cu fişierele: clasele FileInfo şi File

Un obiect `DirectoryInfo` poate de asemenea să returneze o colecţie a tuturor fişierelor conţinute, sub forma unor obiecte de tip `FileInfo`. Înrudită cu clasa `FileInfo` (care are doar membri nestatici) este clasa `File` (care are doar membri statici). Tabelele 14.3 şi 14.4 conţin metodele pentru fiecare clasă:

Tabela 14.3: Metode ale clasei **File**.

Metoda	Explicație
AppendText()	Creează un obiect StreamWriter care adaugă text la fișierul specificat
Copy()	Copiază un fișier
Create()	Creează un fișier în calea specificată
CreateText()	Creează un StreamWriter care scrie un nou fișier text
Delete()	Șterge fișierul specificat
Exists()	Returnează true dacă fișierul corespunzător există
GetAttributes() SetAttributes()	Returnează / setează FileAttributes pentru fișierul specificat
GetCreationTime() SetCreationTime()	Returnează / setează data și timpul creării pentru fișierul specificat
GetLastAccessTime() SetLastAccessFile()	Returnează sau setează timpul ultimului acces la fișier
GetLastWriteTime() SetLastAccessTime()	Returnează / setează timpul ultimei modificări a fișierului
Move()	Mută un fișier la o nouă locație; poate fi folosit pentru redenumire
OpenRead()	Metodă returnând un FileStream pe un fișier
OpenWrite()	Crează un Stream de citire / scriere

Tabela 14.4: Metode și proprietăți ale clasei **FileInfo**.

Metoda sau proprietatea	Explicație
Attributes	Returnează sau setează atributele fișierului curent
CreationTime	Returnează sau setează timpul de creare a fișierului curent
Directory	Returnează o instanță a directorului curent
Exists	true dacă fișierul există
Extension	Returnează extensia fișierului
FullName	Calea absolută până la fișierul curent
LastAccessTime	Returnează sau setează timpul ultimului acces
LastWriteTime	Returnează sau setează timpul când s-a modificat ultima oară fișierul curent
Length	Returnează dimensiunea fișierului
Name	Returnează numele instanței curente
AppendText()	Crează un StreamWriter care va permite adăugarea

Tabelul 14.4 (continuare)

Metoda sau proprietatea	Explicație
	la fișier
CopyTo()	Copiează fișierul curent într-un alt fișier
Create()	Crează un nou fișier
Delete()	Șterge un fișier
MoveTo()	Mută un fișier la o locație specificată; poate fi folosită pentru redenumire
OpenRead() OpenText() OpenWrite()	Crează un fișier read-only respectiv StreamReader(text) sau FileStream(read-write)

Exemplul anterior este modificat pentru a afișa informații despre fișiere: numele, dimensiunea, data ultimei modificări:

```
using System;
using System.IO;
class Tester
{
    public static void Main( )
    {
        Tester t = new Tester( );
        // choose the initial subdirectory
        string theDirectory = @"c:\Windows";
        // call the method to explore the directory,
        // displaying its access date and all
        // subdirectories
        DirectoryInfo dir = new DirectoryInfo(theDirectory);
        t.ExploreDirectory(dir);
        // completed. print the statistics
        Console.WriteLine(@"\n\n{0} files in {1} directories found.\n",
            fileCounter, dirCounter);
    }
    // Set it running with a DirectoryInfo object
    // for each directory it finds, it will call
    // itself recursively
    private void ExploreDirectory(DirectoryInfo dir)
    {
        indentLevel++; // push a directory level
        // create indentation for subdirectories
        for (int i = 0; i < indentLevel; i++)
```

```

    Console.Write("  "); // two spaces per level
    // print the directory and the time last accessed
    Console.WriteLine("[{0}] {1} [{2}]\n", indentLevel, dir.Name,
        dir.LastAccessTime);
    // get all the files in the directory and
    // print their name, last access time, and size
    FileInfo[] filesInDir = dir.GetFiles( );
    foreach (FileInfo file in filesInDir)
    {
        // indent once extra to put files
        // under their directory
        for (int i = 0; i < indentLevel+1; i++)
            Console.Write("  "); // two spaces per level
        Console.WriteLine("{0} [{1}] Size: {2} bytes", file.Name, file.LastWriteTime,
            file.Length);
        fileCounter++;
    }
    // get all the directories in the current directory
    // and call this method recursively on each
    DirectoryInfo[] directories = dir.GetDirectories( );
    foreach (DirectoryInfo newDir in directories)
    {
        dirCounter++; // increment the counter
        ExploreDirectory(newDir);
    }
    indentLevel--; // pop a directory level
}
// static member variables to keep track of totals
// and indentation level
static int dirCounter = 1;
static int indentLevel = -1; // so first push = 0
static int fileCounter = 0;
}

```

Exemplul următor exemplifică crearea unui director, copierea de fișiere în el, ștergerea unora dintre ele și în final ștergerea directorului:

```

using System;
using System.IO;
class Tester
{
    public static void Main( )

```

```

{
    // make an instance and run it
    Tester t = new Tester( );
    string theDirectory = @"c:\test\media";
    DirectoryInfo dir = new DirectoryInfo(theDirectory);
    t.ExploreDirectory(dir);
}
// Set it running with a directory name
private void ExploreDirectory(DirectoryInfo dir)
{
    // make a new subdirectory
    string newDirectory = "newTest";
    DirectoryInfo newSubDir =
    dir.CreateSubdirectory(newDirectory);
    // get all the files in the directory and
    // copy them to the new directory
    FileInfo[] filesInDir = dir.GetFiles( );
    foreach (FileInfo file in filesInDir)
    {
        string fullName = newSubDir.FullName + "\\\" + file.Name;
        file.CopyTo(fullName);
        Console.WriteLine("{0} copied to newTest", file.FullName);
    }
    // get a collection of the files copied in
    filesInDir = newSubDir.GetFiles( );
    // delete some and rename others
    int counter = 0;
    foreach (FileInfo file in filesInDir)
    {
        string fullName = file.FullName;
        if (counter++ %2 == 0)
        {
            file.MoveTo(fullName + ".bak");
            Console.WriteLine("{0} renamed to {1}",
                fullName, file.FullName);
        }
        else
        {
            file.Delete( );
            Console.WriteLine("{0} deleted.", fullName);
        }
    }
}

```



```

    }
    newSubDir.Delete(true); // delete the subdirectory
}
}

```

14.2 Citirea și scrierea datelor

Clasele disponibile pentru lucrul cu stream-uri sunt:

Tabela 14.5: Clase pentru lucrul cu stream-uri

Clasa	Descriere
<code>Stream</code>	Manipulare generică a unei secvențe de octeți; clasă abstractă
<code>BinaryReader</code>	Citește tipuri de date primitive ca valori binare într-o codificare specifică
<code>BinaryWriter</code>	Scrie tipuri de date primitive într-un flux binar; de asemenea scrie string-uri folosind o anumită codificare
<code>BufferedStream</code>	Atașează un buffer unui stream de intrare / ieșire; clasă sealed
<code>FileStream</code>	Atașează un stream unui fișier, permițând operații sincrone sau asincrone de citire și scriere.
<code>MemoryStream</code>	Crează un stream pentru care citirea / stocarea de date se face în memorie
<code>NetworkStream</code>	Creează un stream folosind TCP/IP
<code>TextReader</code>	Permite citire de caractere, în mod secvențial; clasă abstractă.
<code>TextWriter</code>	Permite scriere secvențială într-un fișier text; clasă abstractă.
<code>StreamReader</code>	Implementează o clasă TextReader care citește caractere dintr-un stream folosind o codificare particulară
<code>StreamWriter</code>	Extinde clasa TextWriter pentru a scrie caractere într-un stream folosind o codificare particulară
<code>StringReader</code>	Extinde clasa TextReader pentru citire dintr-un string
<code>StringWriter</code>	Scrie informație într-un string. Informația e stocată într-un obiect de tip StringBuilder

14.2.1 Clasa Stream

Clasa **Stream** este o clasă abstractă din care se derivează toate celelalte clase de lucru cu stream-uri. Metodele conținute permit citire de octeți, închidere, golire de buffer etc. Pe lângă acestea, clasa **Stream** permite atât operații sincrone, cât și asincrone. Într-o operație de intrare / ieșire sincronă,

dacă se începe o operație de citire sau scriere dintr-un / într-un flux, atunci programul va trebui să aștepte până când această operație se termină. Sub platforma .NET se poate face însă operație de intrare / ieșire în mod asincron, astfel permițând altor fire de execuție să se execute.

Metodele folosite pentru a începe o astfel de intrare asincronă sunt: `BeginRead()`, `BeginWrite()`, `EndRead()`, `EndWrite()`. Odată ce o astfel de operație se termină, se execută o metodă specificată de programator – funcție callback.

O listă a metodelor și proprietăților care sunt definite în clasa `Stream` este dată în tabelul 14.6.

Tabela 14.6: Metode și proprietăți ale clasei `Stream`

Clasa	Descriere
<code>BeginRead()</code>	Începe o citire asincronă
<code>BeginWrite()</code>	Începe o scriere asincronă
<code>Close()</code>	Închide stream-ul curent și eliberează resursele asociate cu el (socket-uri, file handles etc)
<code>EndRead()</code>	Așteaptă pentru o terminare de citire asincronă.
<code>EndWrite()</code>	Așteaptă pentru o terminare de scriere asincronă.
<code>Flush()</code>	Când este suprascrisă într-o clasă derivată, golește bufferele asociate fluxului curent și determină scrierea lor.
<code>Read()</code>	Când este suprascrisă într-o clasă derivată, citește o secvență de octeți și incrementează indicatorul de poziție curentă în stream
<code>ReadByte()</code>	Citește un byte din stream și incrementează indicatorul de poziție curent; dacă este la sfârșit de fișier, returnează -1
<code>Seek()</code>	Când este suprascrisă într-o clasă derivată, setează poziția curentă în interiorul stream-ului
<code>SetLength()</code>	Când este suprascrisă într-o clasă derivată, setează lungimea stream-ului curent
<code>Write()</code>	Când este suprascrisă într-o clasă derivată, scrie o secvență de octeți în stream-ul curent și incrementează corespunzător indicatorul poziției curente în stream
<code>WriteByte()</code>	Scrie un byte la poziția curentă din stream și incrementează indicatorul de poziție curentă
<code>CanRead()</code>	Când este suprascrisă într-o clasă derivată, returnează o valoare care indică dacă stream-ul curent poate fi citit
<code>CanWrite()</code>	Când este suprascrisă într-o clasă derivată, returnează o valoare care indică dacă stream-ul curent suportă scriere
<code>CanSeek</code>	Când este suprascrisă într-o clasă derivată, returnează o

Tabelul 14.6 (continuare)

Metoda	Descriere
	valoarea care indică dacă se poate face poziționare aleatoare în stream-ul curent
Length	Când este suprascrisă într-o clasă derivată, returnează dimensiunea în octeți a fișierului
Position	Când este suprascrisă într-o clasă derivată, returnează sau setează poziția curentă în interiorul stream-ului

14.2.2 Clasa FileStream

Există mai multe variante de obținere a unui obiect de tip `FileStream`. Clasa prezintă nouă constructori supraîncărcați. Enumerarea `FileMode` este folosită pentru a se specifica modul de deschidere a unui stream: (`Append`, `Create`, `CreateNew`, `Open`, `OpenOrCreate`, `Truncate`).

Exemplu: mai jos se creează un fișier nou (dacă nu există) sau se suprascrie unul existent:

```
FileStream f = new FileStream( @"C:\temp\a.dat", FileMode.Create );
```

De asemenea se mai poate obține o instanță a clasei `FileStream` din clasa `File`:

```
FileStream g = File.OpenWrite(@"c:\temp\test.dat");
//deschidere doar pentru citire
```

Asemănător, se poate folosi o instanță a clasei `FileInfo`:

```
FileInfo fi = new FileInfo(@"c:\temp\test.dat");
FileStream fs = fi.OpenRead();
//deschidere doar pentru citire
```

14.2.3 Clasa MemoryStream

Un obiect `MemoryStream` operează cu datele din memorie, ca și cum le-ar citi sau scrie dintr-un/într-un fișier de pe disc. Există șapte constructori pentru această clasă, dar care pot fi grupați în două categorii.

Primul tip de constructor preia un tablou de octeți pentru care poate face citire și opțional scriere. În acest caz tabloul nu va putea fi redimensionat:

```
byte[] b = {1, 2, 3, 4};
MemoryStream mem = new MemoryStream(b);
```

O altă variantă de constructor nu primește un vector de octeți, dar va putea scrie într-un tablou redimensionabil. Opțional, se specifică un `int` ca parametru al constructorului care determină dimensiunea inițială a tabloului de octeți. Datele sunt adăugate folosind metoda `Write()`:

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.IO;

namespace DemoMemoryStream
{
    class Program
    {
        public static void Main()
        {
            byte[] storage = new byte[255];

            // Create a memory-based stream.
            MemoryStream memoryStream = new MemoryStream(storage);

            // Wrap memoryStream in a reader and a writer.
            StreamWriter streamWriter =
                new StreamWriter(memoryStream);
            StreamReader streamReader =
                new StreamReader(memoryStream);

            // Write to storage, through memoryStream
            for (int i = 0; i < 10; i++)
                streamWriter.WriteLine("byte [" + i + "]: " + i);

            // put a period at the end
            streamWriter.Write('.');

            streamWriter.Flush();

            Console.WriteLine("Reading from storage directly: ");

            // Display contents of storage directly.
            foreach (char ch in storage)
```

```

        {
            if (ch == '.') break; //nothing to read beyond this point
            Console.Write(ch);
        }

        Console.WriteLine("\nReading through streamReader: ");

        // Read from memoryStream using the stream reader.
        memoryStream.Seek(0, SeekOrigin.Begin); // reset file pointer

        string str = streamReader.ReadLine();
        while (str != null)
        {
            str = streamReader.ReadLine();
            if (str.CompareTo(".") == 0) break;
            Console.WriteLine(str);
        }
    }
}

```

E de preferat să se utilizeze obiecte de tip `MemoryStream` în scopul de a accesa informația din memoria RAM, mai degrabă decât de pe disc sau din rețea. De exemplu se poate încărca un fișier de pe disc în memorie, astfel încât analiza lui să fie accelerată.

14.2.4 Clasa `BufferedStream`

C# pune la dispoziție o clasă `BufferedStream` pentru a asigura o zonă tampon în cazul operațiilor de intrare-ieșire. Constructorul acestei clase primește o instanță a clasei `Stream`.

Exemplu:

```

FileStream fs = new FileStream(@"c:\temp\a.dat", FileMode.Open);
BufferedStream bs = new BufferedStream(fs);

```

Metoda `Flush()` determină golirea bufferului asociat stream-ului.

14.2.5 Clasele `BinaryReader` și `BinaryWriter`

Cele două clase sunt folosite pentru a accesa date mai complexe decât un byte: de exemplu, pentru manipularea datelor de tip boolean, sau Decimal, sau int cu semn pe 64 de biți.

Tabelul 14.7 conține metodele puse la dispoziție de către clasa `BinaryWriter`:

Tabela 14.7: Metodele clasei `BinaryReader`

Metoda	Descriere
<code>PeekChar()</code>	Returnează următorul caracter disponibil, fără a avansa indicatorul de poziție curentă
<code>Read()</code>	Citește caractere din flux și avansează poziția curentă din acel stream
<code>ReadBoolean()</code>	Citește un Boolean din stream și avansează poziția curentă cu un byte
<code>ReadBytes()</code>	Citește un număr precizat de octeți într-un vector și avansează poziția curentă
<code>ReadChar()</code>	Citește următorul caracter și avansează poziția curentă corespunzător cu codificarea folosită pentru caracter
<code>ReadChars()</code>	Citește mai multe caractere într-un vector și avansează poziția curentă cu numărul de caractere dimensiunea de reprezentare pentru caracter
<code>ReadDecimal()</code>	Citește un decimal și avansează poziția curentă cu 16 octeți
<code>ReadDouble()</code>	Citește o variabilă în virgulă mobilă și avansează cu 8 octeți
<code>ReadInt16()</code>	Citește un întreg cu semn pe 16 biți și avansează cu 2 octeți
<code>ReadInt32()</code>	Citește un întreg cu semn pe 32 de biți și avansează cu 4 octeți
<code>ReadInt64()</code>	Citește un întreg cu semn pe 64 de biți și avansează cu 8 octeți
<code>ReadSByte()</code>	Citește un byte cu semn și avansează cu un byte
<code>ReadSingle()</code>	Citește o valoare în virgulă mobilă pe 4 octeți și avansează poziția curentă cu 4 octeți
<code>ReadString()</code>	Citește un string, prefixat cu lungimea sa, codificată ca un întreg reprezentat pe grupe de câte 7 biți
<code>ReadUInt16</code>	Citește un întreg fără semn reprezentat pe 16 biți și avansează cu 2 octeți
<code>ReadUInt32</code>	Citește un întreg fără semn reprezentat pe 32 de biți și avansează cu 4 octeți
<code>ReadUInt64</code>	Citește un întreg fără semn reprezentat pe 64 de biți și avansează cu 8 octeți

Clasa `BinaryWriter` are o metodă `Write()` supraîncărcată, care poate fi apelată pentru scrierea diferitelor tipuri de date. O mențione la scrierea de string-uri și de caractere sau vectori de caractere: caracterele pot fi codificate în mai multe moduri (ex: ASCII, UNICODE, UTF7, UTF8), codificare care se poate transmite ca argument pentru constructor.

14.2.6 Clasele `TextReader`, `TextWriter` și descendentele lor

Pentru manipularea șirurilor de caractere aflate în fișiere, dar nu numai, C# pune la dispoziție clasele abstracte `TextReader`, `TextWriter`. Clasa `TextReader` are subclasele neabstracte `StreamReader` și `StringReader`. Clasa `TextWriter` are subclasele neabstracte `StreamWriter`, `StringWriter`, `System.Web.HttpWriter`, `System.Web.UI.HtmlTextWriter`, `System.CodeDom.Compiler.IndentedTextWriter`.

Descrieri și exemple sunt date mai jos:

1. Clasele `StreamReader` și `StreamWriter` - sunt folosite pentru a citi sau scrie șiruri de caractere. Un obiect de tip `StreamReader` se poate obține via un constructor:

```
StreamReader sr = new StreamReader(@"C:\temp\siruri.txt");
```

sau pe baza unui obiect de tip `FileInfo`:

```
FileInfo fi = new FileInfo(@"c:\temp\siruri.txt");  
StreamReader sr = fi.OpenText();
```

Obiectele de tip `StreamReader` pot citi câte o linie la un moment dat folosind metoda `ReadLine()`.

Exemplu:

```
using System;  
using System.IO;  
class Test  
{  
    static void Main()  
    {  
        StreamReader sr = new StreamReader(@"c:\temp\siruri.txt");  
        String line;  
        do  
        {  
            line = sr.ReadLine();  
            Console.WriteLine(line);  
            //daca line==null, atunci se va afisa o linie vida  
        }while( line!=null);  
    }  
}
```

2. Clasele `StringReader` și `StringWriter` - permit atașarea unor fluxuri la șiruri de caractere, folosite pe post de surse de date.

Exemplu:

```
string myString = "1234567890";
StringReader sr = new StringReader(myString);

using System;
using System.IO;
using System.Xml;
class Test
{
    static void Main()
    {
        XmlDocument doc = new XmlDocument();
        String entry = "<book genre='biography' " +
            "ISBN='12345678'><title>Yeager</title>" +
            "</book>";
        doc.LoadXml(entry); //salvare in doc. xml

        StringWriter writer = new StringWriter();
        doc.Save(writer);
        string strXml = writer.ToString();
        Console.WriteLine(strXml);
    }
}
```

va afișa:

```
<?xml version='1.0' encoding='utf-16'>
<book genre='biography' ISBN='12345678'>
  <title>Yeager</title>
</book>
```

În loc ca salvarea din documentul xml să se facă într-un fișier text, se face într-un obiect de tip `StringWriter()`, al cărui conținut se va afișa.

3. `IndentedTextWriter` definește metode care inserează tab-uri și păstrează evidența nivelului de indentare. Este folosit de derivări ale clasei `CodeDom`, folosită pentru generare de cod.
4. `HtmlTextWriter` scrie o secvență HTML pe o pagină Web. Este folosit de exemplu în script-uri C#, în cazul aplicațiilor ASP.NET

14.3 Operare sincronă și asincronă

Exemplele folosite până acum au folosit un mod de operare sincron, adică atunci când se face o operație de intrare/ieșire, întregul program este blocat până când se tranzitează toate datele specificate. Stream-urile C# permit și acces asincron, permițând altor fire de execuție să fie rulate. Pentru semnalarea începutului unei operații de citire sau scriere asincrone, se folosesc `BeginRead()` și `BeginWrite()`.

Metoda `BeginRead` are prototipul:

```
public override IAsyncResult BeginRead(  
    byte[] array, int offset, int numBytes,  
    AsyncCallback userCallback, object stateObject  
);
```

Vectorul de bytes reprezintă bufferul în care se vor citi datele; al doilea și al treilea parametru determină byte-ul la care să se va scrie, respectiv numărul maxim de octeți care se vor citi. Al patrulea parametru este un delegat, folosit pentru a referi o metodă ce se execută la sfârșitul citirii. Se poate transmite `null` pentru acest parametru, dar programul nu va fi notificat de terminarea citirii. Ultimul parametru este un obiect care va fi folosit pentru a distinge între această cerere de citire asincronă și altele.

```
using System;  
using System.IO;  
using System.Threading;  
using System.Text;  
public class AsynchIOTester  
{  
    private Stream inputStream;  
    // delegated method  
    private AsyncCallback myCallBack;  
    // buffer to hold the read data  
    private byte[] buffer;  
    // the size of the buffer  
    const int BufferSize = 256;  
    // constructor  
    AsynchIOTester( )  
    {  
        // open the input stream  
        inputStream =  
            File.OpenRead(  

```

```

        @"C:\test\source\AskTim.txt");
        // allocate a buffer
        buffer = new byte[BufferSize];
        // assign the call back
        myCallBack =
            new AsyncCallback(this.OnCompletedRead);
    }
    public static void Main( )
    {
        // create an instance of AsyncIOTester
        // which invokes the constructor
        AsyncIOTester theApp =
            new AsyncIOTester( );
        // call the instance method
        theApp.Run( );
    }
    void Run( )
    {
        inputStream.BeginRead(
            buffer, // holds the results
            0, // offset
            buffer.Length, // (BufferSize)
            myCallBack, // call back delegate
            null); // local state object
        // do some work while data is read
        for (long i = 0; i < 500000; i++)
        {
            if (i%1000 == 0)
            {
                Console.WriteLine("i: {0}", i);
            }
        }
    }
    // call back method
    void OnCompletedRead(IAsyncResult asyncResult)
    {
        int bytesRead =
            inputStream.EndRead(asyncResult);
        // if we got bytes, make them a string
        // and display them, then start up again.
        // Otherwise, we're done.
    }

```

```

        if (bytesRead > 0)
        {
            String s =
                Encoding.ASCII.GetString(buffer, 0, bytesRead);
            Console.WriteLine(s);
            inputStream.BeginRead(
                buffer, 0, buffer.Length, myCallBack, null);
        }
    }
}

```

Ieșirea ar fi:

```

i: 47000
i: 48000
i: 49000
Date: January 2001
From: Dave Heisler
To: Ask Tim
Subject: Questions About O'Reilly
Dear Tim,
I've been a programmer for about ten years. I had heard of
O'Reilly books, then...
Dave,
You might be amazed at how many requests for help with
school projects I get;
i: 50000
i: 51000
i: 52000

```

Cele două fire de execuție lucrează deci concurent.

14.4 Stream-uri Web

C# conține clase gândite pentru a ușura interoperarea cu web-ul. Aducerea informației de pe web se face în doi pași: primul pas constă în a face o cerere de conectare la un server; dacă cererea se poate face, atunci în pasul al doilea constă în obținerea informației propriu-zise de la server. Cei doi pași se fac respectiv cu clasele `HttpWebRequest`, respectiv `HttpWebResponse`

Un obiect `HttpWebRequest` poate fi obținut prin metoda statică `Create()` din clasa `WebRequest`:

```
string page = "http://www.racai.ro/";  
HttpWebRequest webRequest = (HttpWebRequest)WebRequest.Create(page);  
  
Pe baza obiectului HttpWebRequest obținut se va crea un obiect HttpResponse:  
HttpResponse webResponse = (HttpResponse)webRequest.GetResponse();  
  
În final, se obține un stream prin metoda GetResponseStream():  
StreamReader streamReader =  
    new StreamReader(webResponse.GetResponseStream(), Encoding.ASCII);
```

14.5 Serializarea

Serializarea reprezintă posibilitatea de a trimite un obiect printr-un stream. Pentru aceasta, C# folosește metodele `Serialize()` și `Deserialize()` ale clasei `BinaryFormatter`.

Metoda `Serialize()` are nevoie de 2 parametri: un stream în care să scrie și obiectul pe care să îl serializeze. Metoda de deserializare cere doar un stream din care să citească, și din care să refacă un obiect (care poate fi convertit la tipul corespunzător).

14.5.1 Crearea unui obiect serializabil

Pentru ca o clasă definită de utilizator să permită serializarea, este nevoie de a preciza atributul `[Serializable]` în fața declarației clasei respective, atribut definit în clasa `System.SerializableAttribute`. Tipurile primitive sunt automat serializabile, iar dacă tipul definit de utilizator conține alte tipuri, atunci acestea la rândul lor trebuie să poată fi serializate.

Exemplu:

```
using System;  
[Serializable]  
public class BookRecord  
{  
    public String title;  
    public int asin;  
    public BookRecord(String title, int asin)  
    {  
        this.title = title;  
        this.asin = asin;  
    }  
}
```

14.5.2 Serializarea unui obiect

Codul pentru serializarea unui obiect de tipul declarat mai sus este:

```
using System;
using System.Runtime.Serialization.Formatters.Binary;
using System.IO;
public class SerializeObject
{
    public static void Main()
    {
        BookRecord book = new BookRecord(
            "Building Robots with Lego Mindstorms",
            1928994679);
        FileStream stream = new FileStream(@"book.obj",
            FileMode.Create);
        BinaryFormatter bf = new BinaryFormatter();
        bf.Serialize(stream, book);
        stream.Close();
    }
}
```

14.5.3 Deserializarea unui obiect

Deserializarea se face astfel:

```
using System;
using System.Runtime.Serialization.Formatters.Binary;
using System.IO;
public class DeserializeObject
{
    public static void Main()
    {
        FileStream streamIn = new FileStream(
            @"book.obj", FileMode.Open);
        BinaryFormatter bf = new BinaryFormatter();
        BookRecord book =
            (BookRecord)bf.Deserialize(streamIn);
        streamIn.Close();
        Console.Write(book.title + " " + book.asin);
    }
}
```

14.5.4 Date tranziente

Uneori este nevoie ca anumite câmpuri ale unui obiect să nu fie salvate: parola unui utilizator, numărul de cont al unui client etc. Acest lucru se face specificând atributul `[NonSerialized]` pentru câmpul respectiv:

```
[NonSerialized] int secretKey;
```

14.5.5 Operații la deserializare

Uneori este nevoie ca o deserializare să fie automat urmată de o anumită operație. De exemplu, un câmp care nu a fost salvat (tranzient) va trebui să fie refăcut în mod calculat. Pentru acest lucru, C# pune la dispoziție interfața `IDeserializationCallback`, pentru care trebuie să se implementeze metoda `OnDeserialization`. Această metodă va fi apelată automat de către CLR atunci când se va face deserializarea obiectului.

Exemplul de mai jos ilustrează acest mecanism:

```
using System;
using System.Runtime.Serialization;
[Serializable]
public class BookRecord: IDeserializationCallback
{
    public String title;
    public int asin;
    [NonSerialized] public int sales_rank;
    public BookRecord(String title, int asin)
    {
        this.title = title;
        this.asin = asin;
        sales_rank = GetSalesRank();
    }
    public int GetSalesRank()
    {
        Random r = new Random();
        return r.Next(5000);
    }
    public void OnDeserialization(Object o)
    {
        sales_rank = GetSalesRank();
    }
}
```

Mecanismul poate fi folosit în special atunci când serializarea unui anumit câmp care ar duce la mult spațiu de stocare consumat ar putea fi calculat în mod automat la deserializare.

Bibliografie

- [1] Joseph Albahari și Ben Albahari, *C# 7.0 in a Nutshell: The Definitive Reference*, O'Reilly Media, 2017
- [2] Jeffrey Richter, *CLR via C#*, Microsoft Press, ediția a patra, O'Reilly Media, 2013
- [3] Jon Skeet, *C# in depth*, 2019, ediția a patra, Manning
- [4] Ian Griffiths, Matthew Adams, Jesse Liberty, *Programming C#: Building Windows, Web, and RIA Applications for the .NET 4.0 Framework*, 2010, 4th edition, O'Reilly
- [5] Andrew Troelsen și Phil Japikse, *Pro C# 7: With .NET and .NET Core*, APress, 2017
- [6] Fabio Claudio Ferracchiati, *LINQ for Visual C# 2008*, Apress, 2008
- [7] Stephen C. Perry, *Core C# and .NET*, Stephen C. Perry, Prentice Hall, 2005
- [8] *C# Language Specification 5.0*, <https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=7029>
- [9] Julian Skinner și Bipin Joshi, Wrox, 2001 *Professional ADO.NET Programming*
- [10] Daniel Moth, *PLINQ*, 2009.